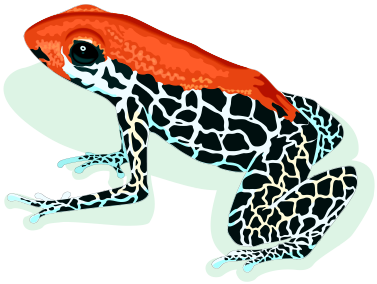
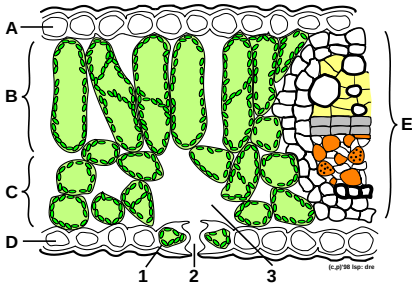
Biologie

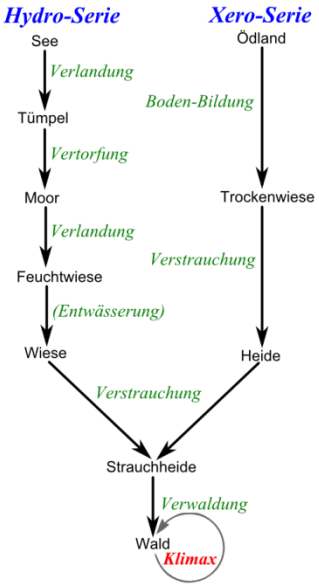
für die Sekundarstufe II

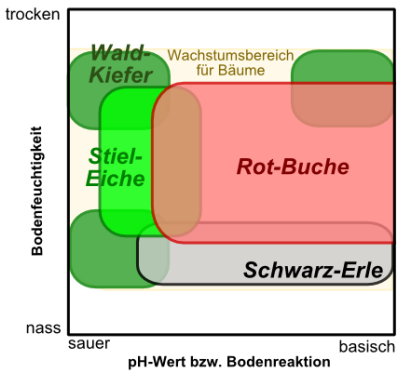
- Ökologie -

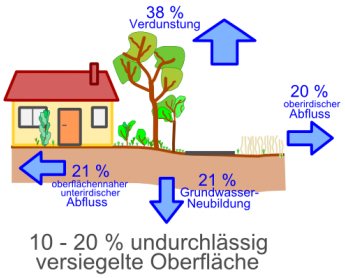
Autor: L. Drews



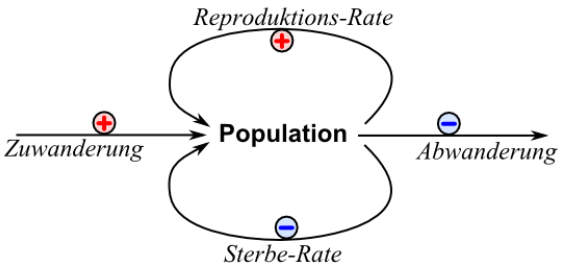


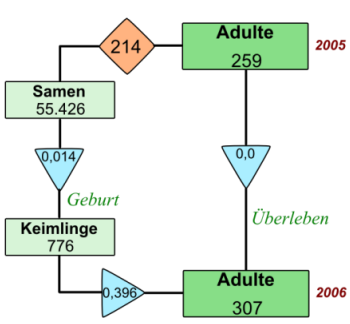






10 - 20 % undurchlässig versiegelte Oberfläche





teilredigierte Entwicklungs-Version 0.4j (2025)

(c,p) 2011 – 2025 lern-soft-projekt: drews

Legende:
mit diesem Symbol werden zusätzliche Hinweise, Tips und weiterführende Ideen gekennzeichnet

Nutzungsbestimmungen / Bemerkungen zur Verwendung durch Dritte:

(1) Dieses Skript (Werk) ist zur freien Nutzung in der angebotenen Form durch den Anbieter (lern-soft-projekt) bereitgestellt. Es kann unter Angabe der Quelle und / oder des Verfassers gedruckt, vervielfältigt oder in elektronischer Form veröffentlicht werden.

(2) Das Weglassen von Abschnitten oder Teilen (z.B. Aufgaben und Lösungen) in Teildrucken ist möglich und sinnvoll (Konzentration auf die eigenen Unterrichtsziele, -inhalte und -methoden). Bei angemessen großen Auszügen gehören das vollständige Inhaltsverzeichnis und die Angabe einer Bezugsquelle für das Originalwerk zum Pflichtteil.

(3) Ein Verkauf in jedweder Form ist ausgeschlossen. Der Aufwand für Kopierleistungen, Datenträger oder den (einfachen) Download usw. ist davon unberührt.

(4) Änderungswünsche werden gerne entgegengenommen. Ergänzungen, Arbeitsblätter, Aufgaben und Lösungen mit eigener Autorenschaft sind möglich und werden bei konzeptioneller Passung eingearbeitet. Die Teile sind entsprechend der Autorenschaft zu kennzeichnen. Jedes Teil behält die Urheberrechte seiner Autorenschaft bei.

(5) Zusammenstellungen, die von diesem Skript - über Zitate hinausgehende - Bestandteile enthalten, müssen verpflichtend wieder gleichwertigen Nutzungsbestimmungen unterliegen.

(6) Diese Nutzungsbestimmungen gehören zu diesem Werk.

(7) Der Autor behält sich das Recht vor, diese Bestimmungen zu ändern.

(8) Andere Urheberrechte bleiben von diesen Bestimmungen unberührt.

Rechte Anderer:

Viele der verwendeten Bilder unterliegen verschiedensten freien Lizenzen. Nach meinen Recherchen sollten alle genutzten Bilder zu einer der nachfolgenden freien Lizenzen gehören. Unfreie Bilder oder Graphiken sind entsprechend gekennzeichnet. Für diese liegen dem Autor entsprechende Genehmigungen vor, die eine Nutzung im Rahmen des Skriptes und seiner angestrebten Verwendung ermöglichen. Unabhängig von den Vorgaben der einzelnen Lizenzen sind zu jedem extern entstandenen Objekt die Quelle, und wenn bekannt, der Autor / Rechteinhaber angegeben.

public domain (pd)	Zum Gemeingut erklärte Graphiken oder Fotos (u.a.). Viele der verwendeten Bilder entstammen Webseiten / Quellen US-amerikanischer Einrichtungen, die im Regierungsauftrag mit öffentlichen Mitteln finanziert wurden und darüber rechtlich (USA) zum Gemeingut wurden. Andere kreative Leistungen wurden ohne Einschränkungen von den Urhebern freigegeben.
gnu free document licence (GFDL; gnu fdl)	
creative commens (cc) creative commons	BY: od. neu … Namensnennung … nichtkommerziell … in der gleichen Form … unter gleichen Bedingungen
Die meisten verwendeten Lizenzen schließen eine kommerzielle (Weiter-)Nutzung aus!	

Bemerkungen zur Rechtschreibung:

Dieses Skript folgt nicht zwangsläufig der neuen **ODER** alten deutschen Rechtschreibung. Vielmehr wird vom Recht auf künstlerische Freiheit, der Freiheit der Sprache und von der Autokorrektur des Textverarbeitungsprogramms microsoft ® WORD ® Gebrauch gemacht.

Für Hinweise auf echte Fehler ist der Autor immer dankbar.

Hauptthemen-Verzeichnis

Inhaltsverzeichnis: 4

0. Vorbemerkungen 12

1. Einordnung und Begriff der Ökologie 16
1.1. Forschungsgegenstände und –ebenen in der Ökologie 21

2. Autökologie 25
2.1. allgemeine einführende Betrachtungen 26
2.2. Umweltfaktoren und die Anpassung der Organismen 30
2.3. räumliche und zeitliche Strukturierung von Umwelt-Faktoren 188
2.4. kombinatorische Wirkung von Umwelt-Faktoren 200

3. Demökologie 233
3.1. Grundlagen 233
3.2. Populations-Dynamik 244
3.3. Verhalts-Ökologie 295

4. System-Ökologie 299
4.1. die Sphären der Ökosysteme 321
4.2. Stoff- und Energie-Flüsse in Ökosystemen 351
4.3. Klassifikation von Ökosystemen 391
4.4. ausgewählte Ökosysteme 397
4.5. Veränderung von Ökosystemen 466
4.6. die Gaia-Theorie 473
4.7. Ökologie und Evolution 476

5. Human-Ökologie 483
5.1. anthropogene Beeinflussung von Umweltfaktoren 486
5.2. Human-Demökologie 490
5.3. Ernährungs-Ökologie 493

6. angewandte Ökologie 494
6.1. Arten-, Natur- und Umweltschutz 494
6.x. Invasions-Biologie (Invasions-Ökologie) 518
6.x. politische Effekte im Umweltschutz 522
6.x. Rohstoff-Gewinnung und ihre Umwelt-Wirkungen 524
6.x. Aspekte des Umweltschutzes in speziellen Ökosystemen 528
6.x. Ökosystem-Modellierung 551
6.x. globale Klima-Veränderungen und globale Erwärmung 552

Literatur und Quellen: 557

Inhaltsverzeichnis:

Seite

Inhaltsverzeichnis: 4

0. Vorbemerkungen 12
Kapitel-Quellen und weiterführende Links: 14
Definition(en): 14

1. Einordnung und Begriff der Ökologie 16
Definition(en): Ökologie 16
Exkurs: weitere (z.T. historische) Definitionen der Ökologie 17
1.1. Forschungsgegenstände und –ebenen in der Ökologie 21
Autökologie 21
Demökologie / Populationsökologie 21
Synökologie 21
Systemökologie 22
Human-Ökologie 22
theoretische Ökologie 22
kybernetische Ökologie 22
praktische und angewandte Ökologie 22
Landschafts-Ökologie 23
Feuer-Ökologie 23
Verhaltens-Ökologie 23
Evolutions-Ökologie 23
Paläo-Ökologie 23
Pflanzen-Ökologie 24
Tier-Ökologie 24
Mikroben-Ökologie 24
molekulare und chemische Ökologie 24

2. Autökologie 25
Definition(en): Autökologie 25
Definition(en): Individuum / Organismus 25
Definition(en): Art / Spezies 25
2.1. allgemeine einführende Betrachtungen 26
Definition(en): System 28
Definition(en): Umwelt (Umgebung) 29
2.2. Umweltfaktoren und die Anpassung der Organismen 30
Definition(en): Umwelt-Faktor 30
Definition(en): Habitat 32
2.2.1. abiotische Umweltfaktoren 33
Definition(en): abiotische Umwelt-Faktoren 33
Definition(en): Toleranz 34
Definition(en): ökologische Potenz 34
Definition(en): Adaptation 34
Toleranz-Kurven zu einem Umweltfaktor 35
Definition(en): ökologisches Optimum 35
Definition(en): ökologisches Pessimum 36
Definition(en): Reaktions-Norm 36
Definition(en): physiologische Potenz 38
Definition(en): ökologische Potenz 40
2.2.1.x. Temperatur 41
VAN'T-HOFFsche Regel (RGT-Regel) 42
Regel(n): VAN'T-HOFFsche Regel / 42
Reaktionsgeschwindigkeits-Temperatur-Regel (RGT-Regel) 42
Präferenz (Vorzugs-Temperatur) 43
Anpassungs-Strategien: 46
Vernalisation / Frost-Bedürfnis / Jarowisation 46
Pyrophyten 47
wechselwarme Organismen 49

gleichwarme Tiere ... 51
Regel(n): ALLENsche Regel / Proportions-Regel ... 56
Regel(n): BERGMANNsche Regel / Größen-Regel ... 57
Regel(n): HESSEsche Regel / Herzgewichts- / Herzgrößen-Regel ... 61
Regel(n): GLOGERsche Regel / Färbungs-Regel ... 62
2.2.1.x. Wasser ... 68
2.2.1.x.1. Wasser allgemein / Wasser als Grundstoff ... 69
2.2.1.x.2. Umweltfaktor Wasser als Lösungsmittel ... 71
biogene Entkalkung ... 73
2.2.1.x.3. pH-Wert des Wassers ... 75
2.2.1.x.4. Niederschlag ... 76
2.2.1.x.5. Luftfeuchtigkeit ... 76
2.2.1.x.6. Anpassungen der Organismen an den Umwelt-Faktor Wasser ... 77
2.2.1.x.6.1. Anpassungen von Pflanzen an den Umwelt-Faktor Wasser ... 80
wechsel-feuchte Pflanzen ... 82
eigen-feuchte Pflanzen – Tropophyten ... 83
wandlungsfähige Pflanzen – Tropophyten ... 92
2.2.1.x.6.2. Anpassungen von Tieren an den Umwelt-Faktor Wasser ... 93
2.2.1.x.6.3. Anpassungen von Procyten und Pilzen an den Faktor Wasser ... 98
2.2.1.x. Licht ... 99
Energie-Haushalt von Organismen ... 100
2.2.1.x.y. Licht als Energie-Lieferant ... 100
physiologische Wirkungen von Licht bzw. besonders farbigen / gefärbtem Licht 107
2.2.1.x.y. Licht als Orientierungshilfe - Phototropismus ... 108
2.2.1.x.y. Licht als Zeitgeber - Photoperiodismus ... 109
Definition(en): Photoperiodismus ... 109
2.2.1.x. Sauerstoff / Cohlendioxid ... 119
Definition(en): anaerober Stoffwechsel ... 119
Definition(en): aerober Stoffwechsel ... 119
2.2.1.x. Wind ... 121
2.2.1.x. Nährstoffe (allgemein); Nahrung ... 124
Anpassungs-Strategien ... 124
r-Strategie ... 124
K-Strategie ... 124
2.2.1.x. edaphische Faktoren (Boden-Faktoren) ... 126
2.2.1.x.1. Boden-Art und -Struktur ... 127
2.2.1.x.2. Boden-pH-Wert ... 129
2.2.1.x.2. Boden-Nährsalze ... 130
2.2.1.x. Salzgehalt (des Wassers) / Salinität ... 132
Exkurs: Holzbohrasseln – Schädlinge oder Nützlinge? ... 133
2.2.1.x. orographische Faktoren (Gelände-Faktoren) ... 135
2.2.1.x.1. Höhenlage ... 135
2.2.1.x.2. Relief ... 136
2.2.1.x. Radioaktivität ... 136
2.2.1.x. Lautstärke und Lärm ... 137
2.2.1.x. elektromagnetische Strahlung (Elektro-Smog) ... 142
2.2.1.x. chemische Stoffe ... 142
2.2.1.x. Tektonik und Vulkanismus ... 142
2.2.1.x. der Mond und andere außerirdische Umweltfaktoren ... 143
Ebbe und Flut / Gezeiten (Tiden) ... 143
2.2.1.x. Versuche / Praktikum zu abiotischen Faktoren ... 145
2.2.2. biotische Umweltfaktoren ... 149
Definition(en): biotische Umwelt-Faktoren ... 149
2.2.2.1. intraspezifische (biotische) Faktoren ... 153
Definition(en): intraspezifische biotische Faktoren ... 153
2.2.2.1.1. (innerartliche / intraspezifische) Konkurrenz ... 153
Definition(en): intraspezifische Konkurrenz ... 154
2.2.2.1.2. Gedränge(-Faktor) ... 154
Definition(en): Populations-Dichte ... 154
2.2.2.1.3. Dispersion ... 154

Definition(en): Dispersion ... 155
2.2.2.1.4. Territorialität ... 155
Definition(en): Territorialität ... 156
2.2.2.1.5. Verbandsbildung ... 157
2.2.2.1.6. Jagd / Nahrungssuche ... 157
2.2.2.1.7. Kannibalismus ... 157
2.2.2.1.8. Fortpflanzung ... 158
2.2.2.1.9. Brutpflege ... 158
2.2.2.2. interspezifische biotische Faktoren ... 160
2.2.2.2.0. Kurz-Überblick und Einteilung ... 160
Definition(en): interspezifische biotische Faktoren ... 160
Definition(en): Abiose (ökologisch) ... 161
Definition(en): Symbiose (i.w.S.) ... 161
Definition(en): Muturalismus ... 162
Definition(en): Antibiose ... 162
2.2.2.2.x. (interspezifische, zwischenartliche) Konkurrenz ... 164
2.2.2.2.1. (zwischenartliche / interspezifische) Konkurrenz ... 167
Definition(en): interspezifische Konkurrenz ... 167
2.2.2.2.2. Symbiose (i.w.S.) / Mutualismus ... 168
Praxis-Beispiel: Symbiose beim Grünen Pantoffeltierchen ... 172
2.2.2.2.3. Symbiose (i.e.S.) / Eusymbiose ... 174
Definition(en): Symbiose (i.e.S.) / Eusymbiose ... 174
2.2.2.2.4. Parasitismus ... 175
Definition(en): Parasitismus ... 176
2.2.2.2.5. Räubertum (Räuber-Beute-Bezeihung, Nahrungs-Beziehung) ... 177
Definition(en): Räuber-Beute-Beziehung ... 177
Definition(en): Mimese ... 179
Definition(en): Aposematismus (Warnfärbung) ... 179
Definition(en): Mimikry ... 180
2.2.2.2.6. Neutralismus ... 181
Definition(en): Neutralismus ... 181
2.2.2.2.7. Probiose / Karpose ... 181
Definition(en): Phoresie ... 182
Definition(en): Probiose ... 183
2.2.2.2.8. Kommensalismus ... 183
Definition(en): Kommensalismus ... 183
2.2.2.2.9. Sozial-Parasitismus ... 183
2.2.2.2.10. Protokooperation ... 184
Definition(en): Protokooperation ... 184
2.2.2.2.11. Territorialität ... 185
2.2.2.3. Umweltfaktor Mensch ... 186
2.2.2.3.1. Veränderung von abiotischen Umweltfaktoren ... 186
2.2.2.3.2. Veränderung von biotischen Umweltfaktoren ... 186
2.3. räumliche und zeitliche Strukturierung von Umwelt-Faktoren ... 188
2.3.1. zeitliche Gliederung von Umwelt-Faktoren ... 188
Definition(en): Phänologie ... 193
2.3.2. räumliche Gliederung von Umwelt-Faktoren ... 195
2.3.3. Kombination von räumlicher und zeitlicher Gliederung ... 196
Beispiel: Hecke ... 196
Beispiel: Wiesen / Trocken-Rasen ... 196
Beispiel: Wald ... 197
Beispiel: See ... 198
2.4. kombinatorische Wirkung von Umwelt-Faktoren ... 200
Definition(en): Geotop / Physiotop ... 200
Definition(en): Klimatop ... 200
Definition(en): Pedotop ... 200
Definition(en): Hydrotop ... 201
2.4.2. gemeinsame Betrachtung von mehreren Umweltfaktoren ... 202
2.4.2.1. Temperatur und Niederschlag ... 202
2.4.2.2. Temperatur und Luftfeuchtigkeit ... 202
2.4.3. Kombination aller Umweltfaktoren ... 203
Definition(en): Biotop ... 203
Definition(en): Biotop-Typ ... 203

Definition(en): Biotop-Komplex ... 204
Definition(en): Biom / Bioformation / Biotop-Formation ... 204
Definition(en): Biom-Typ / Bioregion ... 205
Definition(en): Phytotop ... 205
Definition(en): Zootop ... 205
synökologisches Optimum ... 205
Definition(en): ökologische Nische ... 207
Definition(en): ökologische Lizenz / Stelle ... 208
Definition(en): Stellen-Äquivalenz ... 209
Definition(en): autökologisches Optimum ... 209
Definition(en): synökologisches Optimum ... 209
Konkurrenz-Ausschluss-Prinzip ... 212
Bonitierung ... 217
Definition(en): Bonitierung ... 217
2.4.3.x. Anpassungen von Pflanzen an die Standort-Bedingungen ... 221
2.4.3.x. Zeiger-Arten ... 222
Definition(en): Zeiger-Art / Indikator-Organismus ... 222
2.4.4. Anpassungs-Stategien ... 226
2.4.4.1. allgemeine Anpassungs-Strategien ... 226
2.4.4.2. Anpassungs-Strategien bei Pflanzen ... 226
2.4.4.3. Anpassungs-Strategien bei Tieren ... 228

3. Demökologie ... 233
3.1. Grundlagen ... 233
Problem-Fragen für Selbstorganisiertes Lernen ... 233
Definition(en): Demökologie / Populations-Ökologie ... 233
Definition(en): Art / Spezies ... 233
Definition(en): Population ... 234
Definition(en): MENDEL-Population ... 235
Definition(en): Biogreographie ... 236
Ring-Spezies ... 238
Populations-Dichte ... 240
Definition(en): Populations-Dichte ... 240
Definition(en): intrapopulares Gleichgewicht ... 242
Definition(en): interpopulares Gleichgewicht ... 243
3.2. Populations-Dynamik ... 244
3.2.1. Ein-Spezies-Modelle / -Betrachtungen ... 244
Definition(en): Modell ... 248
Exkurs: Populations-Matrizen und -Vektoren ... 249
Populationen und ihre Entwicklungs-Strategien ... 251
Definition(en): r-Strategie ... 251
Definition(en): K-Strategie ... 253
Definition(en): Gefüge ... 254
3.2.1.1. (ungebremste / unbegrenzte) Populations-Entwickung ... 254
3.2.1.2. unbegrenzte Populations-Entwickung mit Zu- und Ab-Wanderung ... 255
Definition(en): offene Population ... 256
Definition(en): geschlossene Population ... 256
Definition(en): Migration ... 256
Definition(en): Immigration ... 256
Definition(en): Emigration ... 256
Definition(en): Migrations-Rate ... 257
3.2.1.3. prinzipielle Populations-Entwickung ... 257
3.2.1.4. begrenzte Populations-Entwicklung / Populationen und Ressourcen ... 258
Definition(en): Umweltwiderstand ... 258
3.2.1.5. demographische Betrachtungen von Populationen ... 263
Definition(en): Kohorte ... 263
Definition(en): Demographie ... 264
abstrakte Modell-Formen: ... 265
3.2.1.5.1. Sterbe-Kurven – Sterbe-Tafeln ... 268
3.2.1.5.2. Überlebens-Kurven – Lebens-Tafeln ... 270
3.2.1.6. Krankheiten / Infektionen ... 272
Berechnungs-Modelle: ... 274
Exkurs: Prozess-Führung in microbiologischen Produktions-Systemen ... 281
3.2.2. Multi-Spezies-Modelle / -Betrachtungen ... 282
Definition(en): Gemeinschaft ... 282

3.2.2.1. interspezifische Konkurrenz ... 282
3.2.2.2. Räuber-Beute-Beziehungen (Prädation, Episitismus) ... 284
3.2.2.3. Parasitismus ... 288
3.2.2.5. Symbiosen ... 289
3.3. Verhalts-Ökologie ... 295
Definition(en): Verhaltens-Ökologie ... 295

4. System-Ökologie ... 299
Definition(en): System-Ökologie ... 299
Definition(en): Ökosphäre ... 300
4.0.0. System-Theorie der Ökosysteme ... 302
Definition(en): Ökosystem (aus der Sicht der System-Theorie) ... 302
Definition(en): Umwelt (Umgebung) ... 302
Definition(en): Emergenz ... 303
Definition(en): Homöostase ... 303
Definition(en): Ökosystem (weitere mögliche Definitionen) ... 306
Definition(en): (Ökosystem-)Integrität ... 307
Definition(en): Resistenz ... 308
Definition(en): Resilienz ... 308
Definition(en): ökologisches Gleichgewicht ... 309
Definition(en): Ökotop / Geoökotop ... 309
Definition(en): Ökoregion / Ökoprovinz / Ökodistrikt ... 309
Definition(en): Ökosystem-Typ ... 310
Definition(en): Zonobiom ... 310
Definition(en): Standort-Faktoren ... 310
Definition(en): Biogeozönose (Groß-Ökosystem) ... 310
Definition(en): ökologische Widerstandsfähigkeit ... 310
Definition(en): ökologischer Widerstand ... 310
Definition(en): (Stoff-)Kreislauf ... 311
Mechanismen der Stabilisierung von Ökosystemen ... 311
Kompensation ... 311
Interaktion ... 312
4.0.1. Ökogeographie ... 314
Definition(en): Ökogeographie ... 314
Definition(en): endemisch ... 314
Definition(en): generalistisch ... 314
4.0.2. Modellierung von Ökosystemen ... 316
Definition(en): ganzheitliches Ökosystem-Modell ... 317
Definition(en): Meso-Kosmos ... 317
Definition(en): Mikro-Kosmos ... 317
konzeptionelle Modelle ... 318
Definition(en): Konzept-Modell / Kompartiment-Modell ... 318
analytische Modelle ... 319
Definition(en): analytisches Modell ... 319
Simulations-Modelle ... 320
Definition(en): Simulations-Modell ... 320
funktionelle / deterministische und stochastische Modelle ... 320
4.1. die Sphären der Ökosysteme ... 321
Definition(en): Sphäre ... 321
Definition(en): trophogene Zone ... 322
Definition(en): tropholytische Zone ... 322
Definition(en): Kompensations-Zone ... 322
4.1.1. Geosphäre ... 324
4.1.1.1. Lithosphäre ... 325
Definition(en): Lithosphäre ... 325
Platten-Tektonik ... 325
Vulkanismus ... 326
4.1.1.2. Pedosphäre ... 327
Definition(en): Pedosphäre ... 327
4.1.1.2.1. Boden-Region ... 328
Definition(en): Boden ... 329
Definition(en): Pedogenese ... 330
4.1.2. Atmosphäre ... 332
Definition(en): Atmosphäre ... 333
4.1.3. Hydrosphäre ... 338
Definition(en): Hydrosphäre ... 338

Definition(en): Hydrobiosphäre ... 339
Meeres-Strömungen ... 339
kleiner Wasser-Kreislauf ... 342
4.1.3.1. Kryosphäre ... 344
Definition(en): Kryosphäre ... 344
4.1.4. Biosphäre ... 345
Definition(en): Biosphäre ... 345
Definition(en): Biozönose ... 345
Definition(en): Vegetations-Zone ... 345
Definition(en): Biom ... 346
Definition(en): Biochorie ... 346
Definition(en): Pflanzen-Gesellschaft ... 346
Definition(en): Biogeozön-Komplex (Lebens-Gemeinschaften) ... 347
Definition(en): Biogeozön (Lebens-Gemeinschaft) ... 347
Definition(en): Synusie ... 347
Definition(en): Phytozönose ... 347
Definition(en): Assoziation ... 347
Definition(en): Zoozönose ... 347
Definition(en): Produzenten ... 347
Definition(en): Konsumenten ... 348
Definition(en): Destruenten ... 348
4.1.5. Anthroposphäre ... 348
Definition(en): Anthroposphäre ... 349
Sukzession und Klimax ... 349
Definition(en): Ökozone ... 349
4.2. Stoff- und Energie-Flüsse in Ökosystemen ... 351
Definition(en): Trophie ... 351
Definition(en): Autotrophie ... 351
Definition(en): Heterotrophie ... 352
Definition(en): Mixotrophie ... 352
Definition(en): Saprobie ... 352
Definition(en): Primär-Produktion ... 352
Definition(en): Sekundär-Produktion ... 352
Definition(en): Primär-Konsumtion ... 352
Definition(en): Sekundär-Konsumtion ... 353
Definition(en): Tertiär-Konsumtion ... 353
Definition(en): Akkumulation ... 353
4.2.1. Nahrungsbeziehungen ... 355
Definition(en): Produzenten ... 356
Definition(en): Konsumenten ... 357
Definition(en): Destruenten ... 357
Definition(en): Reduzenten ... 357
Trophiestufen-Pyramiden ... 357
Definition(en): Nahrungsstufen-Pyramide ... 357
Nahrungsketten ... 358
Definition(en): Nahrungskette ... 358
Nahrungsnetze ... 359
Definition(en): Nahrungsnetz ... 360
Definition(en): Trophie-Ebene / Nahrungs-Stufe ... 360
Produktion, Produktivität und Effizienz in Ökosystemen ... 362
Definition(en): Biomasse ... 362
Definition(en): Brutto-Produktion ... 363
Definition(en): Netto-Produktion ... 363
Primär-Produktivität ... 363
Definition(en): Brutto-Primärproduktivität ... 364
Definition(en): Netto-Primärprodukttvität ... 364
Sekundär-Produktivität ... 365
Definition(en): Sekundärproduktivität ... 365
Definition(en): Wirkungsgrad einer Nahrungsstufe ... 368
Bio-Akkumulation / Bio-Magnifikation ... 369
4.2.2. der Cohlenstoff-Kreislauf ... 374
4.2.3. der Stickstoff-Kreislauf ... 378
zentrale chemische Vorgänge ... 378
Definition(en): Tot-Zone / Todes-Zone ... 381
Definition(en): Verweilzeit ... 381
4.2.4. Phosphor-Kreislauf ... 384
4.2.5. Schwefel-Kreislauf ... 389

Definition(en): Erosion ... 390
Definition(en): Emission ... 390
4.3. Klassifikation von Ökosystemen ... 391
Definition(en): Biodiversität ... 395
Definition(en): euriökes Ökosystem ... 396
Definition(en): stenökes Ökosystem ... 396
Definition(en): eutrophes Ökosystem ... 396
Definition(en): oligotrophes Ökosystem ... 396
4.4. ausgewählte Ökosysteme ... 397
Problem-Fragen für Selbstorganisiertes Lernen ... 397
4.4.1. aquatische Ökosysteme ... 399
Ökosystem: Süßwasser-See ... 400
Definition(en): Eutrophierung ... 407
Definition(en): Selbstreinigung ... 410
Ökosystem: Fließgewässer ... 412
Ökosystem: Ozean / Meer ... 416
Definition(en): photische Zone ... 420
Ökosystem: Ostsee ... 423
Ökosysteme: Fluß-Delta, Mangroven ... 427
4.4.2. terrestrische Ökosysteme – Land-Ökosysteme ... 433
Definition(en): Pflanzen-Gesellschaften ... 433
4.4.2.1. großräumige Ökosysteme ... 434
4.4.2.1.1. Ökosysteme: Wiesen, Steppen, … ... 434
4.4.2.1.2. Ökosysteme: Wüsten ... 436
4.4.2.1.3. Ökosystem: Urwald ... 439
4.4.2.1.4. Ökosystem: Wald ... 442
4.4.2.1.x. Ökosystem: Buschwald ... 446
4.4.2.1.x. Ökosystem: Savanne ... 446
4.4.2.1.x. Ökosystem: suptropische Wüste ... 447
4.4.2.1.x. Ökosystem: gemäßigtes Grasland / Pärie ... 447
4.4.2.1.x. Ökosystem: arktische Tundra ... 447
4.4.2.2. großräumige, urbane Ökosysteme ... 448
4.4.2.2.x. Ökosystem: Acker(land), Weiden, Triften ... 448
Definition(en): Urbanisierung ... 452
4.4.2.2.x. Ökosystem: Hecke ... 453
Exkurs: BENJES-Hecke – Funktionen und Anlage ... 458
4.4.2.2.x. Ökosystem: Stadt ... 458
4.4.2.3. kleinräumige Ökosysteme ... 460
4.4.2.3.1. Ökosystem: Baum ... 460
4.4.2.3.x. Ökosystem: Baum-Rinde ... 461
Biochorie – Kleinst-Ökosystem ... 462
4.4.2.3.x. Ökosystem: Mensch ... 463
4.5. Veränderung von Ökosystemen ... 466
Definition(en): Sukzession ... 466
Definition(en): Klimax ... 469
4.6. die Gaia-Theorie ... 473
4.7. Ökologie und Evolution ... 476
Kapitel-Quellen und weiterführende Links: ... 477
5. Human-Ökologie ... 483
Definition(en): Human-Ökologie ... 483
Definition(en): Biotechnik ... 485
Definition(en): Biotechnologie ... 485
5.1. anthropogene Beeinflussung von Umweltfaktoren ... 486
CO_2 / Temperatur ... 486
Wasser / Wasserhaushalt ... 487
Luft / Wind / Sauerstoff / Cohlendioxid ... 489
Luft-Verschmutzung ... 489
5.2. Human-Demökologie ... 490
5.3. Ernährungs-Ökologie ... 493
6. angewandte Ökologie ... 494

6.1. Arten-, Natur- und Umweltschutz 494
Problem-Fragen für Selbstorganisiertes Lernen 494
Definition(en): Biodiversität 495
Muster der Biodiversität 496
Biodiversitäts-Hotspot's 498
Beeinflussung der natürlichen Ökosysteme durch massive Eingriffe des Menschen 498
Negativ-Beispiele 498
Positiv-Beispiele 499
Urbanisierung 499
Definition(en): Globalisierung 501
Antike 502
Mittelalter 502
Industriealisierung 502
20. Jahrhundert 502
aktuell 503
Umwelt-, Natur- und Artenschutz 505
Definition(en): Umweltschutz 505
Definition(en): Naturschutz 505
Definition(en): Artenschutz 506
Nachhaltigkeit im Umweltschutz 509
Definition(en): Nachhaltigkeit 510
Definition(en): minimal invasive Beeinflussung 511
Definition(en): Neobiota 511
betrieblicher Umweltschutz und Umwelt-Management 513
Umwelt-Managementsystem nach EMAS 513
Bio-Produktion / Bio-Produkte 515
6.x. Invasions-Biologie (Invasions-Ökologie) 518
Definition(en): Invasionsbiologie 518
Definition(en): invasive Art 518
Definition(en): Neobiota 519
Definition(en): Invasions-Arten 519
6.x.y. Beispiele Neobiota / invasive Arten 521
6.x. politische Effekte im Umweltschutz 522
6.x. Rohstoff-Gewinnung und ihre Umwelt-Wirkungen 524
Definition(en): Regeneration 524
Definition(en): Recycling 524
CO_2-Anstieg in der Atmosphäre – natürliche Schwankung oder anthropogener Einfluss 527
6.x. Aspekte des Umweltschutzes in speziellen Ökosystemen 528
6.x.2. Süßwasser-Gewässer 528
Saprobien-System 531
Definition(en): Sabrobien 531
Definition(en): Saprobien-System 531
6.x.2.1. Seen 536
6.x.2.2. Fließgewässer 539
nachwachsende / regenerative Rohstoffe und Ressourcen 545
Nachhaltigkeit 545
Öko-Bilanz 546
Syndrome des globalen Wandelns 547
Definition(en): Ökoeffizienz 549
Definition(en): Ökoeffektivität 549
6.x. Ökosystem-Modellierung 551
6.x. globale Klima-Veränderungen und globale Erwärmung 552
Definition(en): Wetter 552
Definition(en): Klima 552
Definition(en): Klima-Wandel 554
Definition(en): Treibhaus-Effekt 554
Literatur und Quellen: 557

0. Vorbemerkungen

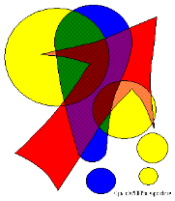
Die Namen von Wissenschaftlern oder Autoren bzw. deren Namen in abgeleiteten Begriffen werden in diesem Skript in Großbuchstaben geschrieben. So wird dann schnell klar ob der KOCH ein Wissenschaftler (KOCH) oder ein Meister der Küche (Koch) war, dem wir eine Entdeckung zu verdanken haben. In einem ganz schlecht zu verstehenden Kontext könnte KOCH aber auch eine Abkürzung sein, die vielleicht auch so K.O.C.H. geschrieben werden sollte.
Am Ende der Abschnitte sind Quellen und weiterführende Literatur oder gar Internet-Adressen (Link's) angegeben. Leider kann bei den Internet-Adressen nicht für die Gültigkeit oder Verfügbarkeit garantiert werden. Mit aktuellen Suchmaschinen lassen sich die Begriffe und Themen aber hochaktuell nachrecherchieren.
Noch ein Hinweis zu den Urheberrechten. Alle Erkenntnisse dieses Skriptes stammen nicht von mir. Sie wurden von mir nur zusammengetragen und eventuell neu zusammengestellt. Ich habe immer versucht – und tue es immer noch – alle Themen gründlich zu recherchieren. Wenn an einzelnen Stellen die wirklichen – ganz speziellen – Urheber nicht zu erkennen sind oder mir unbekannt geblieben sein, dann verzeihen Sie mir bitte. Für korrigierende Hinweise bin ich immer offen. Die meisten Abbildungen sind anderen Quellen nachempfunden oder nachgezeichnet. Auch hier hoffe ich, keine schützenswerten Ideen geklaut zu haben. Die Graphiken und Fotos aus anderen Quellen sind immer mit der Quelle selbst angegeben. Bei freien Quellen ist der Autor oder Urheber – soweit ermittelbar – in Klammern mit angezeigt.
Oft werden Sie unorthodoxe Standpunkte und Theorien vorfinden. Die habe ich mir nicht ausgedacht. Sie sind heute in der Wissenschaft heiß diskutiert oder auch schon anerkannt. Viele traditionelle Lehrbücher mögen Veränderungen in wissenschaftlichen Lehren und Erkenntnissen überhaupt nicht. Gerade deshalb stelle ich solche Skripte – wie dieses – zusammen. Auch wenn einige Theorien nicht wahrer sind, als so manche traditionelle, ist ein Beschäftigen mit ihnen – auch für Schüler – ein sehr sinnvoller Arbeitsgegenstand.
Vielleicht schaffe ich es auch mal wieder, die eine oder andere pseudowissenschaftliche These ganz "ernsthaft" mit aufzunehmen. Hier sei es die Aufgabe der Lernenden den Unsinn vom Sinnvollen zu trennen oder die Theorien der Unwissenschaftlichkeit zu überführen – viel Spaß! Nicht alles was geschrieben steht, ist auch wahr – auch wenn wir dies gerne glauben mögen.
Bei allem Wahrheitsgesäusel darf man nicht vergessen, dass vieles in der Biologie – auch bis heute – noch Spekulation, Theorie und These ist. Die Schul-Biologie schöpft sowieso nur den Rahm ab. Vieles wird idealisiert – und damit auch schnell falsch – dargestellt. Wissenschaft ist ein dynamischer Prozess – er wird von Menschen für Menschen gemacht und ist damit mindestens zweiseitig fehleranfällig. Dem Einen gelingt es nicht, das auszudrücken, was er sagen möchte und der andere hört nur einzelne Fakten oder das, was er gerne hören möchte. Da ist es sehr schwer Verantwortlichkeiten festzulegen. Jeder sollte auf seiner Seite das beste tun und draus machen.
Viele Themen oder Sachverhalte werden mehrfach und an verschiedenen Stellen im Skript auftauchen. Dies liegt einfach an der starken Verzahnung der Themen. Querverbindungen sind weitesgehend als Link's (➔ Verknüpfungen) angegeben. Je nach Dateiform funktionieren diese dann auch zumindestens auf Computern. In der Papierform müssen Sie sich an den Begriffen und Überschriftennummern orientieren. Andere Skripe werden mit einem Buch-Symbol und einem Kurznamen gekennzeichnet (🕮 **Genetik**).
Inhaltlich geht das Skript in vielen Fällen über die konkreten Forderungen des Lehrplans für Gymnasium, Fachgymnasium und die Fachoberschule hinaus. Damit ergeben sich pädagogische Freiheiten für den Lehrer und der interessierte Schüler / Student hat Gelegenheit sich angrenzende Themen zu erschließen.
Ich will mich hier auch absichtlich von den Lehrbüchern im Foto-Alben-Format absetzen, die oft eine tiefgreidfende Arbeit mit Texten gar nicht mehr zulassen. Für viele Schüler kommt dann der große Schock, wenn sie auf einmal im Studium ganze Fachbücher lesen müssen.

Bis dahin sind sie kaum mit Fach-Texten konfrontiert worden, die länger als eine halbe Seite waren.

wo allgemeine Grundkenntnisse aus anderen Wissenschaften gebraucht werden, die von grundlegender Bedeutung für das Verständnis eines Sachverhaltes sind, dann werden diese meist als Exkurs näher erläutert. Die Sachverhalte sollen nicht nur einfach aufgezählt und gepredigt, sondern auch verstanden werden. Die Auswahl erfolgt nach meinen Lehr-Erfahrungen. Besonderer Wert wird auch auf solche Sachverhalte gelegt, die in der populären Literatur zu oberflächlich oder vielleicht auch falsch dargestellt werden. Das Skript soll es auch ermöglichen ergänzende Aufgaben und Übungen zu ermöglichen, oder auch mal einen – über das Maß hinausgehenden – Schüler-Vortrag od.ä. vorzubereiten.

Fachbegriffe und vor allem viele chemische Stoff-Namen sind echte Zungenbrecher. Wenn man bei ihnen nicht weiss, wie sie in Silben zerlegt und wo betont werden müssen, dann können sie zu echten Kommunikations-Hindernissen werden. Wir wollen hier eine neue Formatierung versuchen, um wenigstens ein wenig Abhilfe zu schaffen. Die Silben bzw. Wortstämme einzelner Fachwörter werden mit unterschiedlichen Farbtönen hinterlegt. Die besonders zu betonenden Silben – zumeist die vorletzte – werden nochmals extra eingefärbt.

Colorierung 5,7-Dichlorhexadecansäure



Aus Layout- und Aufwands-Gründen wird aber nicht jedes Fachwort und auch nicht jede Wiederholung so gestaltet. Vielmehr sollen neu eingeführte Wörter so charakterisiert werden und solche Begriffe, die lange nicht aufgetaucht sind oder nur selten benutzt werden. An Erfahrungen und Verbesserungs-Vorschlägen hinsichtlich dieser Formatierung bin ich immer interessiert.
Da ich erst in den neuen Texten ab der Version von 2012 mit dieser Formatierung anfange, werden ältere Text-Teile diese Formatierung erst nach ihrer Überarbeitung erhalten. Ich verstehe die Formatierung auch als Hilfsmittel und nicht als obligatorisches Mittel!

Sollten wichtige Themen oder ökologische Aspekte mit allgemeinem Interesse fehlen, dann ist ein Hinweis an die / den Autor(en) gewünscht.
Spezialwissen gehört aber in spezielle Literatur. Deren Autoren sind weitaus kompetenter.

immer hinterfragen, auch ich bin nicht frei von Fehlern oder subjektiven Betrachtungen (bin schließlich Naturwissenschaftler und Lehrer)
einseitige Aussagen für oder gegen ein ökologisches Problem oder zu einem ökologischen Sachverhalt sollten auch hinsichtlich Abhängigkeit der betreffenden Person gemacht werden
die Lobby-Arbeit hat zugenommen und die vorhandenen Abhängigkeiten sind manchmal sehr subtil und verstörend
einseitig ausgewählte und falsch interpretierte Daten
Ökoverbände die solange klagen, bis sie eine große Spende / Förderung erhalten
Lehr-Personen, die nur dann von der Industrie Forschungs-Aufträge bekommen, wenn sie genehme Ergebnisse produzieren
akademische Arbeiten die nur kopiert wurden; oder aber akademische Titel, die erkauft wurden

die Liste ist bestimmt noch erweiterbar
gerade bei komplexen Sachverhalten ist es schwierig für Fach- oder Themen-fremde Personen die Manipulationen, Fehlinformationen, Fehler und Täuschungen zu erkennen

also auch ALLES! was hier in diesem Skript steht, sollte immer wieder geprüft und aktualisiert werden, ich tue mein Möglichstes dazu

Kapitel-Quellen und weiterführende Links:

/1/ http://de.wikepedia.org oder www.wikipedia.org

empfehlenswerte Suchmaschinen im Internet:
/i/ www.google.de
/ii/ www.exalead.de
/iii/ de.vivisimo.com
/iiii/ www.msn.de

Gerade in der Ökologie ist die eindeutige Bestimmung von Begriffen wichtig. All zu oft versteht man umgangssprachlich oder im populären Gebrauch den einen oder anderen Begriff ganz anders.
Es wird wohl keinen Begriff geben für den nur eine Definition möglich ist. Wir bieten hier, wenn bekannt, immer mehrere Definitionen an. Das gibt zum Einen die Möglichkeit einen Begriff auch besser zu verstehen und zum Anderen auch die Chance bestimmte Aspekte hervorzuheben. Es kann also sein, dass ein Kurs-Leiter – bedingt durch seinen Fokus in der Ökologie – mal die eine oder andere Definition bevorzugt.

Definition(en):

Für Laien sind die Fachnamen für Tier- oder Pflanzen-Gruppen schwer einer taxonomischen Ebene zuzuordnen. Wir verwenden deshalb in den Skripten eine zusätzliche Kennzeichnung, die den Gruppen-Namen vorgesetzt wird. So kann auch der wenig geschulte Anfänger erahnen, wie groß die angesprochene Gruppe wirklich ist. Die Kennzeichnung ist **kein** Standard sondern nur ein Versuch für ein Hilfsmittel.

Taxonomische Ebenen

Taxon (deutsch)	interne Abkürzung
Domäne	(D)
Reich	(R)
Abteilung	(Ab)
Stamm	(S)
Klasse	(K)
Ordnung	(O)
Familie	(F)
Gattung	(G)
Art	(A)

Taxon (wissenschaftlich)	interne Abkürzung
domain	(do)
regnum	(r)
diverso	(di)
phylum	(p)
classes	(c)
ordo	(o)
familia	(f)
genus	(g)
species	(s)

Differenzierung der Kapitel und Abschnitte über die Überschriften-Farbe
dient als Orientierungshilfe, ist aber kein ultimatives System
spiegelt meine persönliche Einstufung wieder und orientiert sich weitgehend am Lehrplan für Mecklenburg-Vorpommern
bestimmend ist immer der eigene Kurs-Leiter

klassische schwarze Überschrift

Abschnitt enthält Basis-Wissen
mit diesen Abschnitten sollte man sich immer auseinandersetzen

blaue Überschrift

ist Stoff für fortgeschrittene Kurse (gemeint Leistungs-Kurse oder Hauptfächer)
orientiert sich an Prüfungs-Inhalten
viele Themen werden inhaltlich schnell mal vorausgesetzt

rote Überschrift

spannende Themen für Experten oder Beispiel-Themen von Kurs-Leitern
kann man, muss man aber nicht unbedingt
solche Themen werden in Prüfungen usw. sicher immer mit informativen Begleittexten vorkommen

System aber nur auf höheren Gliederungs- / Überschriften-Ebenen verwendet
bei kleinen Abschnitten bleibt die schwarze Farbe (weil es sonst übermäßig bunt wird (ist jetzt schon an der Grenze)

(c,p) 2011-2025 lsp: dre

1. Einordnung und Begriff der Ökologie

relativ junger Zweig der Biologie

oikos (altgriech.: Haus, Haushalt)

zuerst sprach man allgemein von einer "Abhängigkeit der Lebewesen von der Umwelt"
später stellte sich heraus, dass die Abhängigkeit nicht einseitig ist, sondern die Lebewesen genauso abhängig von der Umwelt sind, wie auch die Umwelt (also z.B. andere Organismen) auch wieder von den anfänglich betrachteten Lebewesen abhängt

Definition(en): Ökologie
Ökologie ist die Wissenschaft, die sich mit den Wechselbeziehungen zwischen den Organismen und zwischen Organismen und der Umwelt beschäftigt
Ökologie ist die gesamte Wissenschaft von den Beziehungen des Organismus zur umgebenden Außenwelt, worunter man (i.w.S.) alle Existenz-Bedingungen verstehen kann.
Okologie ist die Lehre / Wissenschaft von den Ökosystemen. (ELLENBERG (1973))
Ökologie ist die Lehre vom Haushalt der Natur. (THIENEMANN (1956))
Die Ökologie ist die Wissenschaft vom Stoff- und Energiehaushalt der Biosphäre und ihrer Untereinheiten sowie von den Wechselbeziehungen zwischen den Organismen, zwischen Organismen und den auf sie wirkenden Umweltfaktoren sowie zwischen den einzelnen unbelebten Umweltfaktoren. (BICK (1998))
Die Ökologie ist das Studium der Interaktionen zwischen Lebewesen und ihrer Umwelt.

mit vielen Querverbindungen zu anderen Wissenschaften
verbindende Wissenschaft zwischen den verschiedenen Naturwissenschaften und den Zweigen der Biologie

traditionell der Biologie zugeordnet:
alle biologischen Teildisziplinen sind maßgeblich integriert:

Beziehungen der "Ökologie" zu anderen Teilbereichen der Biologie

• **Cytologie**	unterschiedliche Strukturen bei Bakterien/Blaualgen sowie Pflanzen, Tieren und Pilzen
• **Botanik**	Morphologie und Anatomie der Pflanzen Anpassung(s-Bildung)en
• **Physiologie**	Beeinflussung des biochemischen Organismen-Verhalten's
• **Zoologie**	Morphologie und Anatomie der Tiere Anpassung(s-Bildung)en
• **Genetik**	Anpassungs-Fähigkeit der Organismen Veränderungen nach Mutationen Mutagene
• **Abstammungslehre / Evolutionslehre**	Anpassung und Einnischung (ökologische Nischen)
• **Mikrobiologie**	spezielle Leistungen von Bakterien, Blaualgen, Pilzen
• **…**	

Exkurs: weitere (z.T. historische) Definitionen der Ökologie

die folgenden Definitionen sind genau so Diskussions-fähig, wie die oben angegebenen
ob sie besser oder schlechter sind, liegt vielfach im Auge des Betrachters und / oder der individuellen Vorlieben für bestimmte Aspekte der Ökologie

KREBS (1985)
Ökologie ist die Wissenschaft, die sich mit den Wechselbeziehungen befasst, die die Verbreitung und das Vorkommen der Organismen bestimmen.

Ökologie ist die System-Wissenschaft, die wissenschaftliche Erkenntnisse aus verschiedenen Biologie-Bereichen und anderen Wissenschaften zusammmenfasst / neu strukturiert, wobei den Gegebenheiten eines Standortes eine große Bedeutung zugesprochen wird.

notwendige wissenschaftliche Quellen für die "Ökologie"

• **Chemie**	Stoffe (Wasser, Sauerstoff, Cohlendioxid) chemische Reaktionen () pH-Wert …
• **Physik**	physikalische Errosion Bewegung Strahlung …
• **Geologie und Geographie**	Gesteinsbildung Errosion Bodenbildung …
• **Metreologie und Klimatologie**	Wind Klima, Wetter Durchschnitts-Temperaturen, … …
• **Astronomie**	Mond Sonne Strahlung …
• **Landwirtschaft und Bodenkunde**	Bodenbildung Bodenverdichtung …
•	…

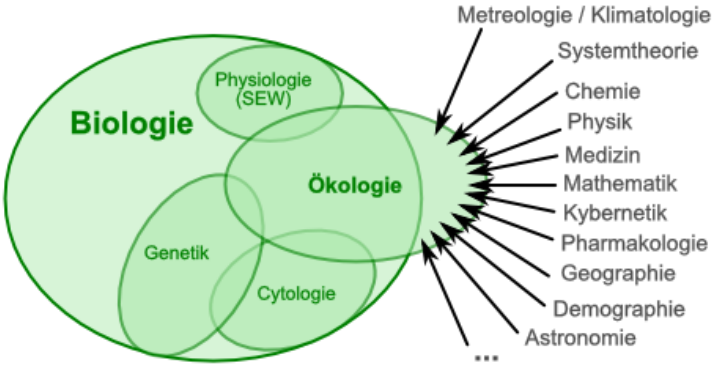
mit zunehmender Theoretisierung auch:

moderne / aktuelle Einflüsse auf die "Ökologie"

• **Mathematik**	Modellbildung …
• **Systemtheorie**	Modellbildung Voraussagen / Risiko-Abschätzungen Beziehung zwischen System-Elementen …
• **Kybernetik und Informatik**	Modellbildung Voraussagen / Risiko-Abschätzungen Stoff- und Energie-Flüsse …
•	
•	
• **Medizin**	Verweildauer / Akkumulation von Stoffen …
•	

sehr komplex
erfordert eine intensive Ursachen-Forschung und Hinterfragung der beobachteten Phänomene

oft wird der Eindruck vermittelt Ökologie kann jeder, da braucht man nur so bischen "rumlabern", je einfacher und pauschaler, umso besser
sehr gefährlicher Trugschluß
spätestens beim Prüfen in der Praxis / Realität scheitert dieses Konzept



Ökologie erfordert viel Wissen und Können – noch dazu aus vielen der oben genannten Wissenschaften
Trugschlüsse bzw. oberflächliche, einseitige und fachlich deklassierte (andere würden sagen "dumme") Aussagen sind dann die Folge, wenn man die Gesamtheit / Komplexität der Ökologie ignoriert

In der Öffentlichkeit gibt es gerne schnelle und einfache Antworten auf ökologische Fragen und Probleme. Die scheinen plausibel.

> Über Dinge von denen man nichts versteht, kann man am besten diskutieren.
> Heinz BREMER

Aber gerade in der Ökologie ist das Meiste nicht einfach und gerade heraus. Oft sind viele Hintergrund-Informationen wichtig und versteckte Beziehungen zu beachten.
Radikale ökologische Gruppen verbreiten schnell und verstärkt populäre Thesen, die einer genaueren Betrachtung nicht (vollständig) standhalten. Es entstehen schnell Filter-Blasen, wenn man sich auch mal rechts und links auf anderen Infomations-Quellen herumtreibt. Jeder, der behauptet er habe absolut recht, der lügt schon an dieser Stelle. Es gibt immer mindestens zwei Betrachtungs-Möglichkeiten und –Richtungen, die auch immer einer (mehr oder weniger große) Bedeutung haben.

Weiterverwendung von Erkenntnissen aus der Ökologie in vielen Bereichen der Wissenschaft und Wirtschaft

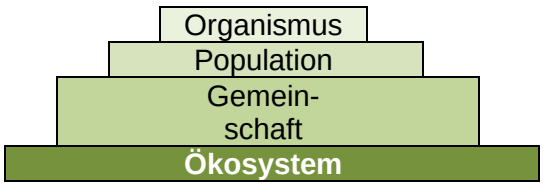
die "Ökologie" nutzende Wissenschaften / Bereiche / …

• **Philosophie**	allgemeine Gesetzmäßigkeiten Argumente für Klärung der Grundfrage der Philosophie (Was war zuerst da?) …
• **Politik**	Umweltschutz Nachhaltigkeit Voraussagen / Risiko-Abschätzungen …
• **Wirtschaft**	Ressourcen-Schonung / Ressourcen-Gewinnung Nachhaltigkeit Ökonologie …
•	

1.1. Forschungsgegenstände und –ebenen in der Ökologie

So breit wie die Ökologie aufgestellt ist, so breit sind auch die Zugänge zu ihr. Vor nicht so langer Zeit ermöglichte ein Lehrplan für die Oberstufe noch einen historisch-, kybernetisch-, … und / oder System-orientierter Zugang. Das war natürlich angesicht einer einheitlichen Abitur-Prüfung kaum durchzuhalten.
In der klassischen Ökologie – so wie sie die meisten allgemeinen Lehrbücher sehen – werden mehrere Ebenen definiert. Diese sind natürlich genau so fließend und durchlässig, wie es die Biologie selbst ist.

Betrachtungs-Ebenen in der Wissenschaft Ökologie sind zum Einen die Organismen selbst als Individuum. In der nächsten Ebene folgt die Population, die andere Organismen der eigenen Art mit einschliessen.
Weitere Arten werden in der dritten Ebene mit einbezogen. Diese Ebene ist die Gemeinschaft. Die vierte Ebene ist das Ökosystem.



Autökologie

Ökologie der Arten
beschäftigt sich mit den Wechselwirkungen der **Individuen** bzw. einer einzelnen Art (als Gruppe von sehr ähnlichen Individuen) mit ihrer Umwelt
in den meisten Fällen steht das einzelne Individuum im Mittelpunkt, die Mitgleider der Art werden mehr zur statistischen Sicherung, der Verallgemeinerung und zur Kennzeichnung der Variabilität herangezogen
es werden die Auswirkungen der einzelnen Umweltfaktoren auf die Individuen bzw. auf die Art untersucht; die Individuen reagieren zumeist mit konkreten Reaktionen die Arten zeigen in evolutionären Zeiträumen Anpassungen an spezielle Ausprägungen der Umweltfaktoren

Demökologie / Populationsökologie

sie setzt sich mit den Wechselwirkungen der Individuen einer Art mit anderen Mitgliedern der gleichen **Population** / Art oder mit den Induviduen anderer Arten / Populationen auseinander
besonders steht hier die Populations-Dymnamik im Vordergrund
Modelle und Simulationen sind ein beliebtes Mittel der Forschung
es wird weniger das einzelne Individuum betrachtet sondern vielmehr die Auseinandersetzung mit anderen Individuen (→ Biozönose → 4.1.4. Biosphäre)

Synökologie

In der dritten Betrachtungs-Ebene der Ökologie beschäftigt man sich mit der Gemeinschaft. Das schließt die Population der eigenen Art sowie Populationen anderer Arten mit ein.
Vielfach werden die verscheidenen Beziehungen auch gleich in der Autökologie unter den biotischen Umweltfaktoren betrachtet.
oft ist dieser Bereich mit Aut- und Demökologie verbunden, klare Grenzen sind vielfach schwer zu ziehen – es ist eben Ökologie

Systemökologie

ihr Inhalt sind die **Ökosysteme**, es werden also die Lebensräume (**Biotope**) und die darin lebenden Arten (Lebens-Gemeinschaften, Biozönosen) als Gesamtheit betrachtet, deren innere Strukturen und das Zusammenspiel der Elemente untersucht

Neben der klassischen Teilung können auch spezielle Aspekte oder Organismen in den Mittelpunkt der betrachtungen gestellt werden. Dementsprechend gibt besondere "Ökologien". Die folgenden Beispiele sind nur eine Auswahl:

Human-Ökologie

in ihrem Mittelpunkt steht der **Mensch**, es werden Elemente der Aut-, Dem- und Syn-Ökologie einbezogen oder hier auch wieder unterschieden
Diese innere Unterteilung nach den Strukturen der klassischen Ökologie finden wir meist auch wieder in den anderen Spezial-Gebieten.
in modernen sozio-ökologischen Betrachtungen der Huma-Ökologie werden zusätzlich soziologische, psychologische, pädagogische Aspekte in die Forschung mit einbezogen

theoretische Ökologie

betrachtet die Individuen und deren Umwelt aus allgemeiner Sicht, dabei werden vorrangig andere theoretische Wissenschaften – wie die Mathematik, System-Theorie, Kybernetik, … - als Grundlage genutzt
abstrahieren und verallgemeinern die Erkenntnisse der anderen Teil-Bereiche der Ökologie
arbeiten ex-situ und in-situ
besondere Leistungen dieses Teil-Gebietes sind mathematische Modelle und deren praktische Umsetzung und Benutzung in Simulationen

kybernetische Ökologie

vorrangig System-theoretische und kybernetische Betrachtung der Ökosysteme
Modellierung von Populationen und Ökosystemen
Fokus auch auf Informations-Austausch zwischen den Komponenten der Forschungs-Elemente in der Ökologie

praktische und angewandte Ökologie

untersucht Auswirkungen von antropogenen Aktivitäten auf die Ökosysteme und versucht Richtlinien und Ratschläge zu entwickeln, welche dann zu solchen Aktivitäten führen sollen, welche die Natur weniger belasten und damit langfristig auch für den Menschen zu besseren Lebens-Bedingungen führen sollen
Nachhaltigkeit

Landschafts-Ökologie

beschäftigt sich mit menschlichen Einflüssen / Veränderungen / … von Ökosystemen und Landschaften
meist ist das Ziel der Erhalt der Situation / Gegebeneheiten (Urwälder, Steppen, Küstenschutz, …) oder eine Renaturierung (Moore, (mitteleuropäische) Urwälder, …)
Beseitigung von Altlasten (Erz-Abraum-Halden, Tagebau-Wüsten, …)
Planung von Nutz-Ökosystemen, …

Feuer-Ökologie

knüpft an die System-Ökologie (Stichwort: Sukzession (→ 4.5. Veränderung von Ökosystemen))
befasst sich mit Effekten rund um Busch- und Wald-Brände
oft sind die – scheibar "unökologischen" – Feuer-Katastrophen wichtige Bestandteile der normalen Vorgänge in Ökosystemen
schafft Platz für Neuanfang, Samen werden keimfähig, …
Bereitstellung von Mineralien (Asche), besondere Form der Destruation

Verhaltens-Ökologie

hier stehen die Verhaltensweisen und deren Wirkung auf die Umwelt sowie die Beeinflussung des Verhalten's durch Umweltfaktoren im Vordergrund

Evolutions-Ökologie

Einbeziehung von genetischen und evolutionären Aspekten in die ökologischen Betrachtungen

Paläo-Ökologie

beschäftigt sich mit den geschichtlichen (prähistorischen) Aspekten in der Ökologie
sie versucht die z.B. die Umwelt-Bedingungen früherer Erdzeitalter zu charakterisieren
Ableitung von ökologischen Beziehungen aus Fossilien
Rekonstruktion von prähistorischen Ökosystemen
Untersuchung von Katastrophen und Aussterbe-Ereignissen aus ökologischer Sicht

Untergliederung auch nach den betrachteten Organismen-Gruppen praktiziert, aber selten als Forschungszweig erschöpfend:

Pflanzen-Ökologie

Tier-Ökologie

Mikroben-Ökologie

vor allem auch bei Betrachtung von Biozönosen / Mikro-Ökosystemen wie es z.B. ein einzelner Mensch ist
seine Darm-Flora und –Fauna, Parasiten, Kommensalen, …

molekulare und chemische Ökologie

beschäftigen sich mit ökologischen Fragen auf der Ebene von einzelnen Molekülen und chemischen Reaktionen
ist aber eher von geringer Bedeutung innerhalb der "Ökologien"
mehr Nischen-Forschung

aus praktischer Sicht werden manchmal auch die verschiedenen Ökosysteme / Ökosystem-Typen als Abgrenzungs-Merkmal benutzt:
so gibt es z.B. die:

- marine Ökologie (Meeres-Ökologie)
- limnische Ökologie (Süßwasser-Ökologie, Limnologie)
- Boden-Ökologie
- terrestrische Ökologie (Festlands-Ökologie)

2. Autökologie

Definition(en): Autökologie
Die Autökologie ist in der Ökologie die isolierte Betrachtung der Beziehungen eines Organismus (praktisch auch der Population) zu seiner (/ ihrer) Umwelt.

Definition(en): Individuum / Organismus
Ein Individuum / Organismus ist ein einzelner Vertreter einer Art.

Definition(en): Art / Spezies
Die Art ist eine Gruppe von Individuen, die sich durch einen bestimmten Typus und spezielle Merkmale von anderen Organismen-Gruppen unterscheiden. Im Allgemeinen sind die Individuen untereinander Fortpflanzungs-fähig und bilden wieder Fortpflanzungs-fähige Nachkommen.
Die Art ist ein bestimmter Organismen-Typus.

Aufgaben:

1. ***Finden Sie weitere Definitionen für Autökologie! Diskutieren Sie diese hinsichtlich Inhalt und Umfang!***
2.

2.1. allgemeine einführende Betrachtungen

Systeme bezeichnen Prinzipien, nach den Dinge / Objekte / Prozesse geordnet werden können → Ordnungs-System / Hierarchien / …

hier mehr allgemeine Objekte, die als Ganzes in Beziehung zu einer / ihrer Umgebung gesehen werden
die meisten System machen den Eindruck eines eigenständigen und (weitgehend) unabhängigen Objektes

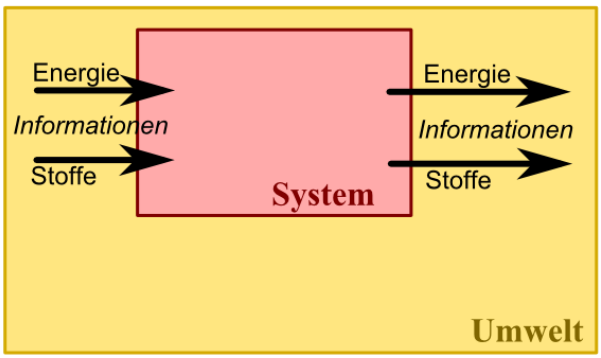
umgangssprachlich weit verbreitet und meist für recht komplexe / schwierige / unübersichtliche Sachverhalte benutzt

- Finanzsystem
- Redoxsystem
- Computersystem
- Sonnensystem
- Ökosystem
- politisches System
- Rechtssystem
- Verkehrssystem
- Moral-System
- …

System als allgemeines und künstlich abgegrenztes Objekt wird in seiner Umgebung / Uwelt betrachtet und die Beziehungen zwischen beiden betrachtet

Systeme haben Ein- bzw. Zugänge (Input's) und Aus- bzw. Abgänge (Output's)

praktisch immer werden Energie und Stoffe (Materie) zwischen System und Umgebung ausgetauscht

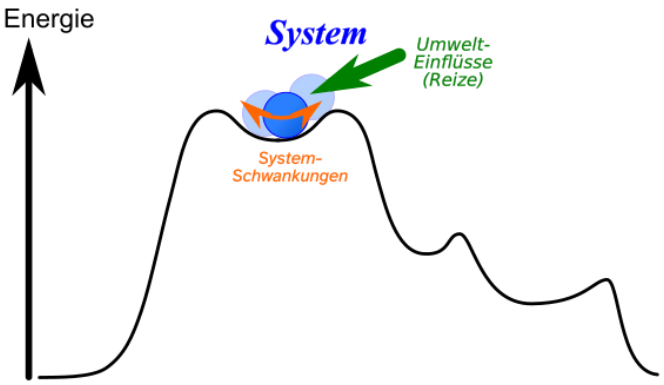


i.A. kommt es zu einem ständigen Durchlauf (troughput) der Energie und Stoffe
innerhalb des System werden Energie und Stoffe umgewandelt
typischerweise sind Input und Output ungefähr gleichgroß, so dass der Eindruck eines Kontinuums entsteht, praktisch handelt es sich aber um eine Fließgleichgewicht (dieses muss nicht zu jeder zeit bestehen)
viele System können Stoffe und Energie zeitweilig speichern und so einen Gradienten zur Umgebung aufbauen
in einigen Fällen ist im System auch eine Stoff- bzw. Energie-Senke, die aber vom System (aktiv) aufrechterhalten wird

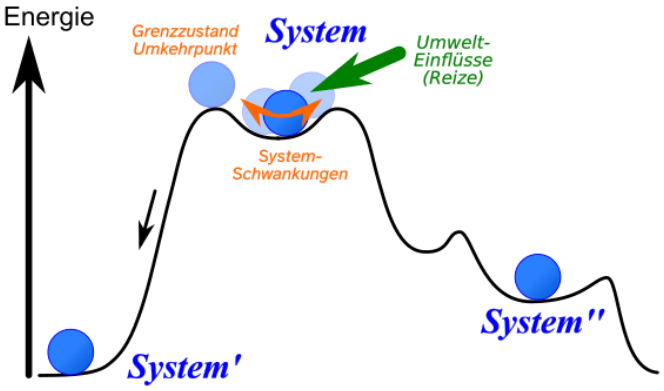
mit der Energie bzw. den Stoffen können Informationen verbunden sein
einige Wissenschaftler sehen auch eher einen Dreiklang von Stoff, Energie und Information

moderne Betrachtungen gehen heute eher nur noch von Energie und Materie als Tausch-Objekte aus
ob es sich dann um Informationen handelt, hängt vom empfangenden System ab

Systeme reagieren auf die Umgebungs-Faktoren ("Reize")
innerhalb bestimmter (Reaktions-)Grenzen verhält sich das System relativ gleichförmig und gleicht Schwankungen der Umgebungs-Faktoren aus (dynamisches Gleichgewicht)
bei sehr großen Schwankungen oder quantitativen (oder qualitativen) Veränderungen gerät das System aus seinem Gleichgewicht und es wird zerstört oder verliert seine üblichen System-Eigenschaften



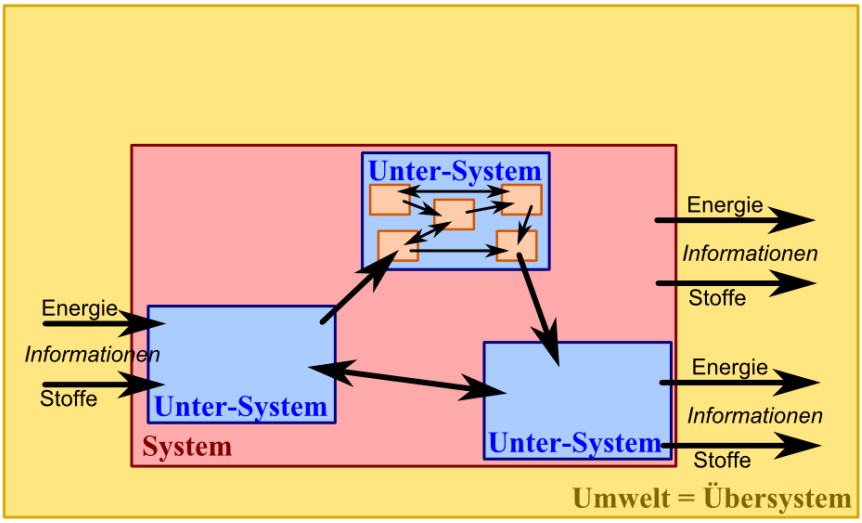
aufgebaute Gradienten zerfallen, d.h. die gespeicherten Stoff- und Energie-Potentiale werden abgebaut
üblicherweise bildet sich nun ein neues System (in Abb.: System"), mit völlig neuartigen Strukturen und Merkmalen
sind die Beeinflussungen zu stark, kann das System vollständig zusammenbrechen und quasi in einen "toten" Endzustand verfallen



Systeme lassen sich hierarchisieren, d.h. man kann untergeordnete aber auch übergeordnete System definieren

System-Komponenten können wieder (kleinere) Systeme oder Elemente sein

sie haben für sich wieder bestimmte Eigenschaften, Funktionen und Fähigkeiten



atomare Elemente von Systemen lassen sich nicht weiter zerlegen bzw. deren Zerlegung sprengt die Betrachtungs- bzw. Modell-Ebene

Systeme müssen auch immer aus mindestens zwei verschiedenen – üblich sind meist deutlich mehr – Elementen zusammengesetzt sein
die meisten System-Grenzen ergeben sich offensichtlich aus der gemeinschaftlichen "Hülle" der System-Elemente; häufig muss aber auch eine System-Grenze durch den menschen definiert werden (das trifft z.B. fast immer auf die Ökosysteme zu!)

Systeme sind dadurch gekennzeichnet, dass ihre Eigenschaften über die bloße Summation / Vereinigung der Merkmale ihrer Elemente hinausgehen.

die Interaktion mit der Umgebung erfolgt ganzheitlich, mit anderen Worten, das System scheint als ein Objekt mit der Umwelt zu interagieren
die Elemente bzw. Untersysteme sind durch Relationen / Verknüpfungen miteinander verbunden
das Gesamt-Verhalten wird meist schon ab zwei eigenständigen und gekoppelten Unter-Systemen so komplex (nicht-linear), dass man kaum die nächsten Zustände voraussagen kann
die Relationen können gerichtet oder ungerichtet / beidseitig gerichtet sein

biologische System besitzen als besondere Eigenschaft die Selbstreproduktion

vorrangiger Zweck ist Schaffung von Objekten, die wissenschaftlich betrachtet werden können

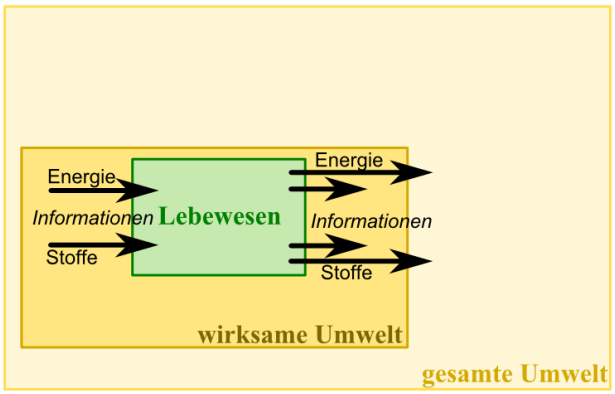
Definition(en): System
Ein System ist die Gesamt von zueinadergehörenden und miteionander verknüpften Elementen, die nach außen hin als abgegrenzte Einheit betrachtet werden können.
Ein System ist ein funktionell und ev. auch räumlich abgegrenztes Objekt der Realität. Im Allgemeinen weist ein System eine höhere Komplexität als seine Untersysteme auf. Die Gesamt-Funktionalität eines Systems ist größer als die Summe der Funktionalitäten der Untersysteme.
Ein System ist eine Struktur, die als Organisations-Form aus mehreren Komponenten / Elementen besteht und als solche mit der Umgebung interagiert.

in der Ökologie spielen System ab Ebene Organismus (selten auch bis runter zur Zelle) eine Rolle bei den übergeordneten Systemen wird meist beim Sonnensystem begrenzt

die wirksame Umwelt ist durch Faktoren gekennzeichnet, die auf das System eine direkte Wirkung haben

man spricht auch von primären Faktoren sekundäre Faktoren wirken indirekt über andere (meist mehrere) primäre Faktoren

für ein System sind praktisch nur die primären Faktoren relevant
viele Forscher betrachten deshalb auch nur diese und unterscheiden nicht zwischen primären und sekundären Faktoren



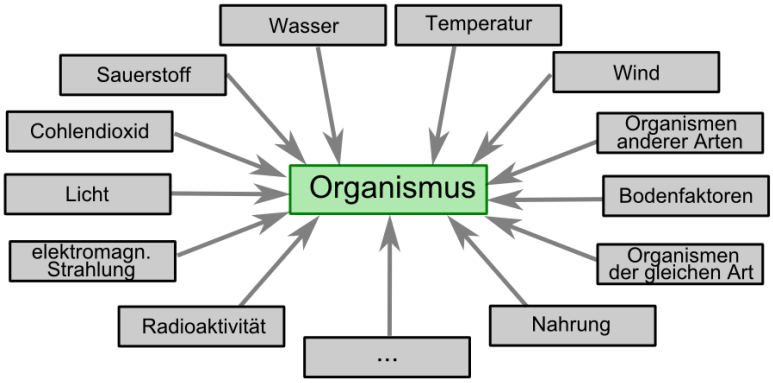
Definition(en): Umwelt (Umgebung)
Die Umwelt ist (der Teil der) / die Umgebung, mit der das System Stoffe und Energie (und darüber auch Informationen) austauscht.
Umwelt ist alles, womit ein System in kausalen Beziehungen steht.
Umwelt ist die komplexe Außenwelt von Systemen.
Die Umgebung eines Lebewesens, ist das, was auf dieses einwirkt und seine Lebensumstände beeinflusst. (Jakob Johann VON UEXKÜLL (1909)

Aufgaben:

1. ***Stellen Sie sich selbst als System dar und ordnen Sie die wesentlichen Begriffe der System-Theorie dieser Skizze zu!***
2. ***Geben Sie typische Unter- und Übersysteme zu Ihnen selbst als System an!***
3. ***Stellen Sie die über- und untergeordneten System-Ebenen für einen einzelnen Organismus zusammen! Charakterisieren Sie immer Beispiel-haft welche System-Beziehungen auf der jeweiligen Ebene bestehen!***
4. ***Ein Forscher behauptet: "Sie sind das System, dass genau aus x-Milliarden Systemen besteht, genausoviele x-Milliarden Zellen, wie Sie enhalten." Diskutieren Sie die Aussage!***

(c,p) 2011-2025 lsp: dre

2.2. Umweltfaktoren und die Anpassung der Organismen



Definition(en): Umwelt-Faktor
Ein Umwelt-Faktor ist ein bestimmtes Element der Umwelt, das mit dem Organismus und u.U. auch noch anderen Umwelt-Faktoren wechselwirkt.
Umwelt-Faktoren sind die Elemente der Umwelt, die mit dem Organismus wechselwirken. Sie haben i.A. einen hemmenden oder fördernden Einfluss - z.T. auch beides.

früher wurde gerne in primäre und sekundäre Umweltfaktoren unterschieden
besonders bei Pflanzen üblich

zu den primären Faktoren sollen Wärme, Wasser, Licht und Nährstoffe (i.w.S.) zählen, also Faktoren die unmittelbar wirken
bei den sekundären Faktoren ist die Wirkung weniger eindringlich, zu ihnen gehören Klima, Wetter, Wind, Boden, Beweidung, Geschlechtspartner, Feinde, Konkurrenten, …

da die Abgrenzung aber sehr willkürlich ist hat sie sich nicht durchgesetzt

auch die folgende Einteilung hat ihre Grenzen, ist aber aus wissenschaftlicher Sicht u.U. sinnvoll, sie bleibt aber auch willkürlich und muss damit immer wieder definiert werden

fundamentale Umwelt-Fakoren

- Temperatur
- Wasser
- Sauerstoff / Cohlendioxid
- Nährstoffe
- Geschlechtspartner
-

Gestalt-bildende bzw. Entwicklungs-bestimmende Faktoren

- Rhythmen / Zyklen (Licht / Temperatur / …)
- Geschlechtspartner
-

Raum-Orientierungs-Faktoren

- Schwerkraft
- Strömung
- Licht

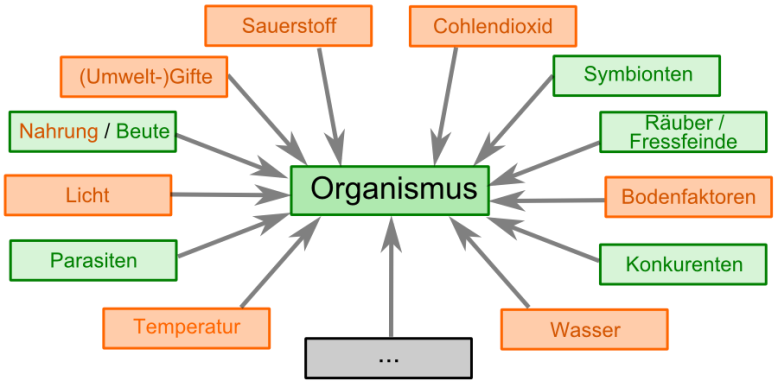
Zeit-Orientierungs-Faktoren

- Rhythmen / Zyklen
-

wie man sieht können bestimmte Faktoren mehrfach in verschiedenen Gruppen auftreten dies ist bei wissenschaftlichen Betrachtungen oft hinderlich

heute üblich ist die einfache Unterteilung in **abiotische und biotische Faktoren**

eine Zuordnung der meisten Faktoren ist eindeutig
meist ist das auf der Ebene des einzelnen Organismus oder der Art klar durchführbar
nur wenige Faktoren sind beiden Gruppen zuzuordnen



abiotische Umweltfaktoren	biotische Umweltfaktoren
Temperatur Licht Wind Wasser Strahlung Gifte / Stoffe / Medikamente / …	Konkurenten Beute Räuber / Freßfeinde Parasiten Symbionten
Boden-Eigenschaften (edaphische Faktoren) Landschaftstruktur / Höhenlage (orographische Faktoren) Höhlen / Behausungen	Rang / Gruppen-Stellung
Boden Verteilungen / Lage Fremd-Gehäuse	

Definition(en): Habitat
Das Habitat ist die gesamte Kombination von (abiotischen und biotischen) Umwelt-Faktoren einer Art / Population bzw. eines Individuums.

In kaum einem Habitat herrschen gleichmäßige (homogene) und unveränderliche Bedingungen. Fast alle Umwelt-Faktoren unterliegen in der freien Natur einer mehr oder weniger großen räumlichen und / oder zeitlichen Gliederung oder auch Strukturierung (→ 2.3. räumliche und zeitliche Strukturierung von Umwelt-Faktoren und 2.4.3. Kombination aller Umweltfaktoren).

2.2.1. abiotische Umweltfaktoren

Definition(en): abiotische Umwelt-Faktoren
Abiotische Umweltfaktoren sind alle die nicht-lebenden Elemente, welche die Lebensweise eines Individuums / einer Art systemisch beeinflussen.
Abiotische Umweltfaktoren sind die ein Lebewesen beeinflussenden Elemente der Umgebung, welche selbst weder von Lebewesen verursacht und / oder (primär) beeinflusst werden.

von größerer Bedeutung:

- Klima
  - Strahlung
  - Temperatur
  - Luftfeuchtigkeit
  - …
- Boden
  - Humus-Gehalt
  - Bodenstruktur, Körnung
  - …
- Licht
  - Energie-Quelle
  - Rhythmik
  - …
- Wasser
  - Wasserangebot
  - …
- Feuer
  - Pärie-Brände
  - Samen-Keimung
  - …
- Relief
  - Wetterseite
  - …
- chemische Faktoren
  - Nährsalze
  - Giftstoffe
  - …
- mechanische Faktoren
  - Schneelast
  - Wind
  - Mahd
  - …

Propriozeption: Wahrnehmung von Bewegungen und räumlicher Orientierung aufgrund von Reizen aus dem Körperinneren (z.B.: Lagesinn)

Definition(en): Toleranz
Die Toleranz ist die Spannbreite der Quantität eines Umwelt-Faktors innerhalb dessen ein Organismus / eine Art / eine Population diesen (zumindestens kurzzeitig) erdulden kann (überleben kann).

Minimum und Maximum begrenzen den Toleranz-Bereich nach unten und oben. Sie stellen die absoluten Grenzen hinsichtlich eines Umweltfaktors dar. Jenseits dieser Grenzen ist kein Überleben für diese Art möglich. Die Tolenranz-Kurven und der Toleranz-Bereich gelten im Allgemeinen für die gesamte Art. Einzelne können ohne weitere noch engere Toleranz-Bereiche besitzen, die aber immer innerhalb des Toleranz-Bereiches der Art oder Population liegen. Der Toleranz-Bereich ist indirekt genetisch vorbestimmt. Die gebildeten Enzyme, die ausdifferenzierten Zellen, die gebildeten Organe sind nur innerhalb bestimmter Bedingungen funktionsfähig. Man spricht deshalb beim "normalen" Toleranz-Bereich häufig auch vom physiologischen Toleranz-Bereich, die die meisten Faktoren letztendlich innerhalb des Stoffwechsels (end-)wirken.
Der Bereich eines Umwelt-Faktors innerhalb dem die Art "normal" leben kann, nennt man ökologische Potenz. Die Art kann sich in diesem Bereich fortpflanzen und normal auf andere Umwelt-Faktoren reagieren.

Definition(en): ökologische Potenz
Unter ökologischer Potenz versteht man die Fähigkeit eines Organismus / einer Art / einer Population die Schwankungen eines Umweltfaktors (im Rahmen der normalen Ausprägung der anderen Umwelt-Faktoren) zu ertragen, auf diesen passend zu reagieren und zumindestens über einen ausgedehnten Zeitraum zu überleben und sich fortzupflanzen.

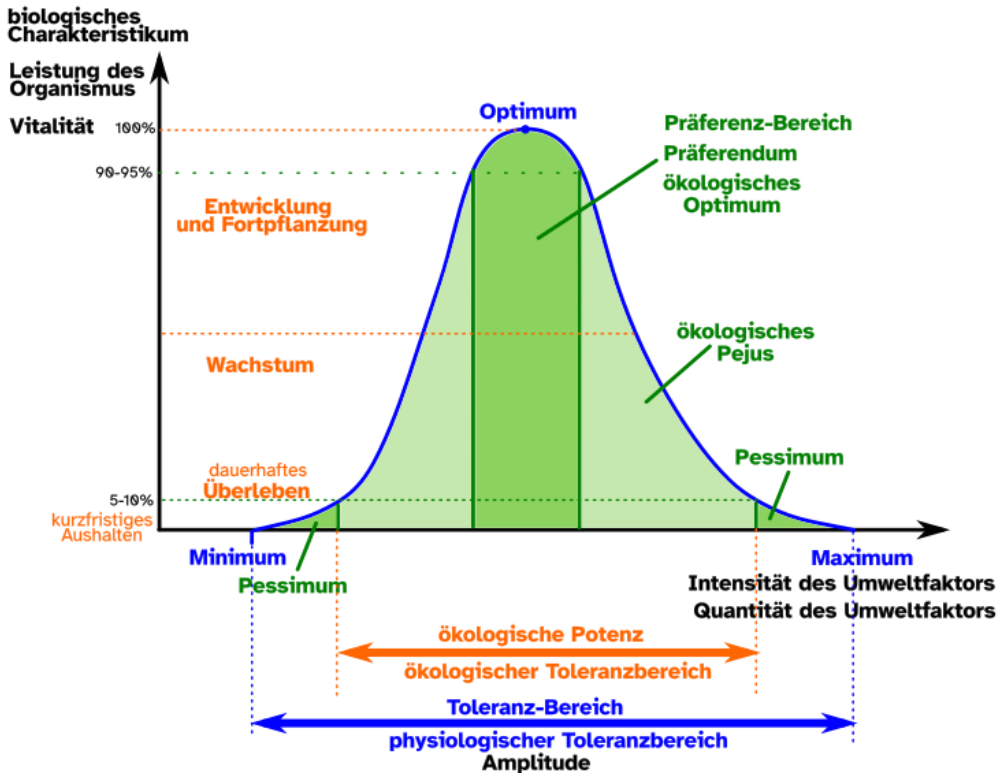
Reaktionsfähigkeit gegenüber einem Umweltfaktor
ökologische Toleranz
begrifflich häufig mit der ökologischen Potenz gleichgesetzt, vielfach aber nur auf den einzelnen Faktor selbst betrachtet

Definition(en): Adaptation
Adaptation ist die phylogenetische (evolutionäre, stammesgeschichtliche) Anpassung der Population (/ Gruppe gleichwertiger Individuen) an bestimmte (vorhandene und sich ändernde) Umweltbedingungen.

Grundlage für Verschiedenartigkeit der Organismen sind Mutationen (Veränderungen des genetischen Material's).

Toleranz-Kurven zu einem Umweltfaktor

Reaktions-Kurven auf einen Umweltfaktor



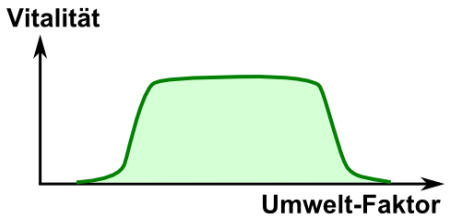
Im Bereich des Optimum's (Präferendum) herrschen die besten Bedingungen bezüglich des betrachteten Umwelt-Faktor's. Hier kann sich der Organismus am Besten – eben optimal – entwickeln. Für einzelne Lebens-Abschnitte können die Optima aber sehr unterschiedlich innerhalb des Toleranz-Bereiches liegen.
In Kombination mit anderen Umwelt-Faktoren ergibt sich aber oft ein stark verändertes Bild (→ synökologisches Optimum).
An den Rändern des Toleranz-Bereiches ist ein Überleben (und meist wirklich nur dieses) möglich. Diese Bereiche werden Pessimum genannt.
Toleranz-Gesetz von SHELFORD (1913) ist eine Erweiterung des Minimum-Gesetzes (→ 2.4. kombinatorische Wirkung von Umwelt-Faktoren). Es besagt, dass nicht nur das Minimum eines Umweltfaktor's, sondern auch sein Maximum, die Existenz einer Art bestimmt.

Definition(en): ökologisches Optimum
Das ökologische Optimum ist die Ausprägung eines Umwelt-Faktors, bei der die Organismen eines Population unter natürlichen Bedingungen die besten Überlebens-Chancen haben.
Das ökologische Optimum ist die Ausprägung eines Umwelt-Faktors, bei dem die Art / Population am Induvidienreichsten ist.

Definition(en): ökologisches Pessimum
Das ökologische Pessimum ist die Ausprägung eines Umwelt-Faktors, bei dem ein Individuum / die Organismen einer Population unter natürlichen Bedingungen gerade noch (zeitweise) eine Überlebens-Chance haben.
Das ökologische Optimum ist die Ausprägung eines Umwelt-Faktors, bei dem die Art / Population am Induvidienärmsten ist.

Pejus
Zwischen-Bereich / Zwischen-Stadium
normal genutzter / besuchter Bereich des Umweltfaktors
z.B. bei täglichen Wanderungen / Tagesgängen / …

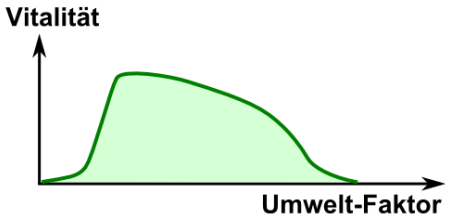
euryök
eurypotent, eurytolerant, großer / breiter Toleranz-Bereich



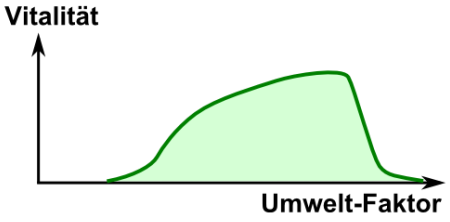
z.B. gegenüber Nahrung Mensch (*(s) Homo sapiens sapiens*); *Schwein ((s) Sus scrofa*), *Haus-Ratte ((s) Rattus rattus*)
Kakerlake (*(s) Blatta orientalis*);

typisch sind globale Verbreitung – meist auch über alle Kontinente oder bei isolierten Kontinenten über große Gebiete mit unterschiedlichsten Lebensbedingungen

gleiches gilt für die Ozeane oder andere Gewässer als Lebensraum für Wasser-lebende Organismen
kosmopolitisch, ubiquitär (lat.: ubique = überall)



zum Minimum hin lastiger Graph zeigt uns (bei einer eurypotenten Art) an, dass die Individuen der bestreffende Art **hypoök** (hypopotent) sind

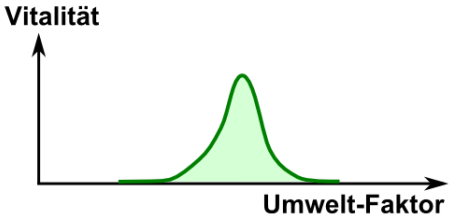


bei einer Verschiebung des Optimum's hin zum Maximum wir die Art als **hyperök** (hyperpotent) bezeichnet

Definition(en): Reaktions-Norm
Die Reaktions-Norm ist die (aus der Genetik stammende) Variationsbreite eines Phänotyps, die sich basierend auf einem Genotyp durch einwirkende Umweltfaktoren entwickeln kann.

manchmal auch noch in älterer Literatur **Modifikationsbreite**

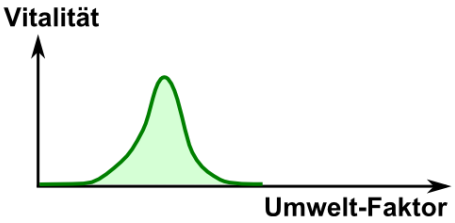
stenök
stenopotent, stenotolerant, kleiner / enger Toleranz-Bereich
dienen dann als Zeiger-Arten, an ihnen läßt sich die Quantität eines Umwelt-Faktors in bestimmten Grenzen erkennen



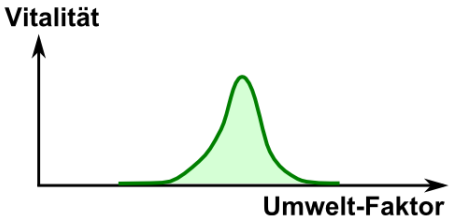
stenök gegenüber Nahrung (meist hochgradige Spezialisierung) sind Koala (*(s) Phascolarctos cinereus*), Panda (*(s) Ailuropoda spec.*)

Verbreitung von stenöken Organismen ausgesprochen regional
auch endemisch (altgriech.: endemos = einheimisch, heimisch)
meist nur kleine und sehr ähnliche Lebensräume
geographisch ev. schmale Verbreitungs-Bänder oder -Streifen

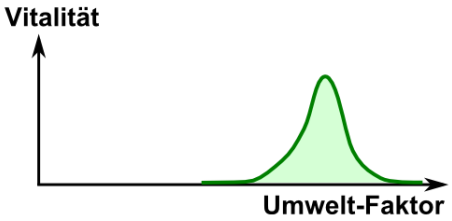
oligopotent
ein relativ im unteren Bereich des Umwelt-Faktors liegende ökologische Potenz (im Vergleich zu den meisten anderen Arten stenök)



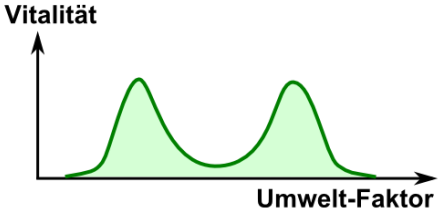
mesopotent
ein relativ im mittleren Bereich des Umwelt-Faktors liegende ökologische Potenz (im Vergleich zu den meisten anderen Arten stenök)



polypotent
ein relativ im oberen Bereich des Umwelt-Faktors liegende ökologische Potenz (im Vergleich zu den meisten anderen Arten stenök)



selten zwei oder mehr Optima
solche Kurven weisen eher auf das hintergründige Wirken eines weiteren Faktors (z.B. einer konkurrierenden Art) hin (→ synökologischen Optimum)



z.B.

Umwelt-Faktor	Benennung		Bemerkungen
	breite Toleranz	schmale Toleranz	
Temperatur	eurytherm	stenotherm	
Salzgehalt	euryhalin	stenohalin	
Feuchtigkeit	euryhygr	stenohygr	
Sauerstoff-Gehalt	euryoxygen	steno(o)xygen	
Wasser-Tiefe (Druck)	eurybatisch	stenobatisch	
Nahrung / Nahrungs-Quellen	euryphag (polyphag)	stenophag (mono- od. oligophag)	
geographische Verbreitung	eurytop	stenotop	

/nach de.wikipedia.org/

Definition(en): physiologische Potenz
Die physiologische Potenz ist die unter experimentellen Bedingungen ausgetestete Toleranz gegenüber einem Umweltfaktor.
Die physiologische Potenz beschreibt den Wertebereich eines bestimmten Umweltfaktor's, in dem ein bestimmter Organismus überleben und sich fortpflanzen kann. (Die Beeinflussung durch andere Umweltfaktoren ist hierbei ausgeschlossen.)

wichtig zum Einordnen der Toleranz-Kurven ist die Kenntnis über die Ermttlung der Daten außer dem untersuchten Faktor sind alle anderen auf typische Standard-Bedingungen oder optimale Lebens-Bedingungen für die Organismen definiert / festgelegt

ob die physiologischen und ökologischen Bereiche also ausgelebt werden können, hängt ganz entscheidend auch von weiteren Faktoren ab (→ synökologisches Optimum)

Modifikation

Angepasstheit der Arten

Extremophilie
Anpassung an extreme Umweltbedingungen, zumeist nur einer oder wenige Faktoren betroffen
Bezeichnungen werden meist für die – aus menschlicher Sicht – herausragenden Eigenschaften(-Kombinationen) benutzt

thermophile
an Temperaturen über 80 °C angepasst

psychrophile
an Temperaturen unter 15 °C angepasst

kryophile
an Temperaturen unter -10 °C angepasst

xerotolerante
kommen in Wasser-armen Lebensräumen vor

halophile
an Salzgehalte über 0,2 mol/l / angepasst

methanophile
an hohe Methan-Gehalte angepasst

alkaliphile
an pH-Werte > 9 angepasst

acidophile
an pH-Werte < 3 angepasst

barophile
an hohen hydrostatischen Druck angepasst

radiophile
tolerieren ionisierende Strahlung

endolithe
leben im Inneren von Gesteinen

oligotrophe
leben unter Nährstoff-armen Bedingungen

toxitolerante
tolerieren einen oder mehrere toxische / giftige Stoffe

ökologische Nische (→ 2.2.2.2.x. (interspezifische, zwischenartliche) Konkurrenz)

Definition(en): ökologische Potenz
Die ökologische Potenz ist die unter natürlichen Bedingungen ausgetestete Toleranz gegenüber einem Umweltfaktor unter der Einbeziehung konkurrierender Arten.
Die physiologische Potenz beschreibt den Wertebereich eines bestimmten Umweltfaktor's, in dem ein bestimmter Organismus überleben und sich fortpflanzen kann. (Die Beeinflussung durch andere Umweltfaktoren und konkurrierende Arten ist hier vorhanden.)

interessante Links:

http://www.philipphauer.de/info/bio/toleranzbereich/ sehr gutes Material zum Thema "Toleranzbereich"

Aufgaben:

1. *Warum sind die oben genannten Extremophilen eigentlich so was besonderes? Wo liegen die Herausforderungen für die Organismen?*

2.2.1.x. Temperatur

Wirkung auf andere / Beziehung zu anderen abiotische(n) Faktor(en), z.B.:

- Verdunstung
- Niederschlags-Formen
- …

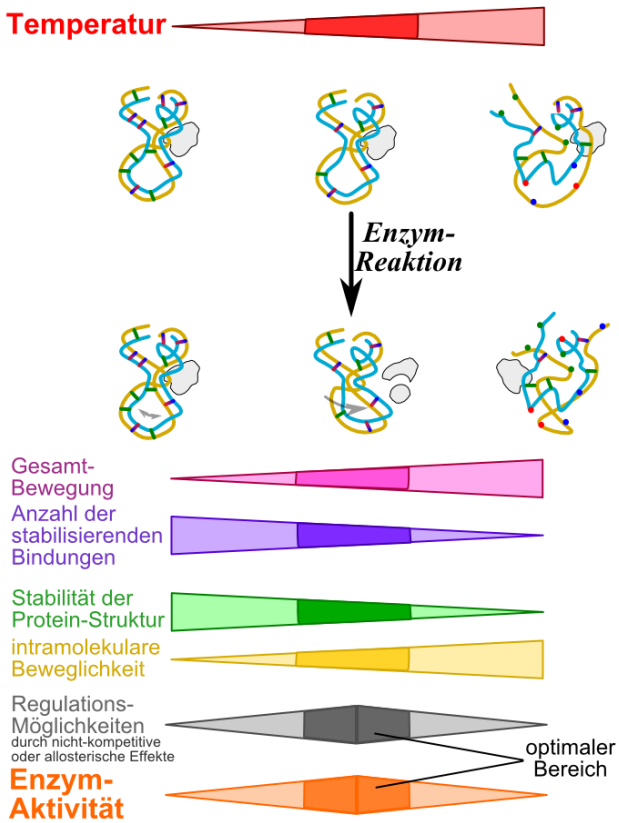
wirkt zumeist über den Stoff- und Energiewechsel (zentraler Angriffspunkt)
besonders die Proteine sind Temperatur-empfindlich

besonders betroffen sind die enzymatischen Reaktionen

Enzyme sind sehr empfindlich gegenüber Veränderungen der Umgebungsbedingungen, besonders hinsichtlich Temperatur und pH-Wert

Ursache liegt in der notwendigen Passung von Substrat und dem aktiven Zentrums des Enzyms (Schlüssel-Schloß-Prinzip)
bei höheren Temperaturen geht durch die starke Wärme-Bewegung vor allem die Tertiär- und Quartiär-Struktur verloren
bei tieferen Temperaturen sind die Peptid-Ketten zu unbeweglich, so dass sie die natürliche Funktion nicht erfüllen können

geringfüge Veränderungen der Umgebungs-Bedingungen bewirken auch Veränderungen des aktiven Zentrums, aber auch der Protein-Strukturen, die quasi wie ein Werkzeug bzw. Roboter eine bestimmte Veränderung des Substrates vornehmen. bei nicht passender / nicht funktionierender Protein-Struktur auch kein oder nur ein verzögerter Arbeitsgang möglich (internes Räderwerk funktioniert nicht oder sehr schlecht)



Zusammenhänge zwischen verschiedenen Faktoren und der Protein-Stabilität
Q: veränd. u. erweit.. nach /11, S. 104/

(gerade der eigentliche Reaktions-Mechanismus und das Entlassen des Produkt's sind von Bewegungen bestimmter Ppeptid-Abschnitte abhängig)
das bedeutet Veränderung der Stoffwechel-Leistung und damit der Leistung der Zelle oder gar des ganzen Organismus

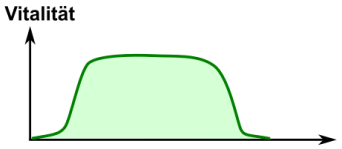
Aufgaben:

1. *Wiederholen (/Recherchieren) Sie die Wirkung von Temperatur und pH-Wert auf die Enzyme!*
2. *Skizzieren Sie ein Diagramm, aus dem die Temperatur-Abhängigkeit eines Enzym's dargestellt ist!*

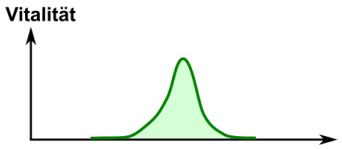
Anpassungs-Möglichkeiten / -Strategien zur besseren Toleranz höherer Temperaturen:

- Nutzung und Entwicklung alternativer Stoffwechsel-Wege (Metabolismen)
- Nutzung der thermischen Energie selbst als Energie-Quelle
- Auslese zu thermostabilen Protein-Strukturen
- Auslese zu thermostabilen Membran-Strukturen (z.B. zur besseren Aufnahme von Proteinen)
- Verkürzung der Lebens-Zyklus eines Proteins (z.B. durch schnellere Resynthese oder Abbau-Prozesse)

eurytherm gegenüber der Temperatur (→ euryök) sind z.B. Ratte (*(s) Rattus rattus*), Purpur-Seerose (*(s) Nymphea ruba*); Rotbuche (*(s) Fagus sylvatica*)



stenotherm gegenüber der Temperatur (→ stenök) sind z.B. Bachforelle (*(s) Salmo trutta*), Schneealgen (diverse Arten); Schwarz-Erle (*(s) Alnus glutinosa*)



Lebens- / Bewegungs-Aktivität

Bezeichnung	**Temperatur-Bereich**		
kryophil	unter -10 °C		
psychrophil	unter 15 °C		
mesophil	20 – 45 °C		
thermophil	45 – 80 °C		
hyperthermophil	über 80 °C		

Aklimatisierung möglich (z.B. Zoo-Tiere), auch durch Anpassung (z.B. Einwanderungs-Arten (Immigranten)), z.B. Tiger-Mücke
Haltung im Zoo etc. bleibt aber innerhalb der Toleranz – nicht aber immer innerhalb der ökologischen Potenz → trotzdem schwere Zucht

VAN'T-HOFFsche Regel (RGT-Regel)

Regel(n): VAN'T-HOFFsche Regel / Reaktionsgeschwindigkeits-Temperatur-Regel (RGT-Regel)
Die VAN'T-HOFFsche Regel ist eine physikalisch-chemische Regel, die den prinzipiellen Zusammenhang zwischen der Veränderung von Reaktions-Geschwindigkeiten und ähnlichen physikalischen Größen in Abhängigkeit von Temperatur-Veränderungen beschreibt.
Erhöht man die Temperatur um 10 K (= 10 grd), dann verdoppelt bis verdreifacht sich die Reaktionsgeschwindigkeit. In seltenen Fällen kann sie auch bis zum zehnfachen steigen. Einige wenige Reaktionen sind nicht von der Temperatur abhängig!

besonders im Stoffwechsel wichtig
im biologischen Umfeld durch Gefrier-Temperatur und Denaturierungs-Effekte begrenzt

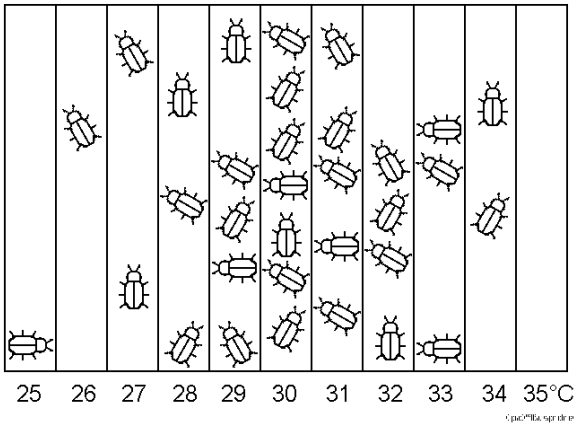
Wirkung unterschiedlicher Oberflächen-Strukturen und –Färbungen

dunkle Haut absorbiert Licht besser als helle
glatte Haut, Hautschuppen, Federn und Haare reflektieren Licht stärker aus gewellte / raue
steht aber im Widerspruch zu Tarneigenschaften, die werden durch hohe Reflexion eher verringert
dafür bessere Erkennung von Sexual-Partner oder bei Warntrachten (Mimikry → 3.2.2.2. Räuber-Beute-Beziehungen (Prädation, Episitismus))

Präferenz (Vorzugs-Temperatur)

Temperatur-Orgel

in einer ansonsten gleich-förmigen Umgebung werden Temperatur-Bereiche geschaffen
durch mehrfache Zählungen (auch zu unterschiedlichen Zeiten) werden Verteilungen / Häufigkeiten erfasst
die Häuffigkeiten können in Diagrammen dargestellt werden
Ergbnisse entsprechen weitgehend den Toleranz-Kurven
(natürlicher-weise werden die Pessima gemieden)



Dominanz
Wechsel zwischen unterschiedlichen Stoffwechsel-Prozessen

Änderung der Körper- bzw. Fell-Farbe (dunkle Färbungen absorbieren besser die Wärme)
Ausbildung von Winter- und Sommer-Fell bzw. Gefieder

Geschlechts-Festlegung / Geschlechts-Determinierung

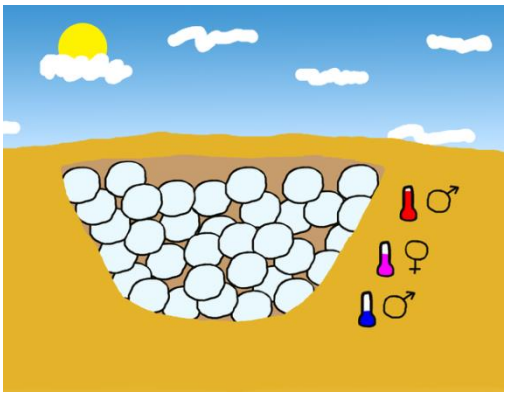
z.B. *Florida-Aligatoren*

bei der Brut vorherrschende Temperatur bestimmt über das Geschlecht der schlüpfenden Tiere; bei 34 °C entwickeln sich Männchen bei 30 °C Weibchen

besonders ausgeprägt und untersucht bei Schildkröten, Aligatoren und Krokodilen (alles Kriechtiere)

temperature-dependent sex determination (TGD)

thermo-sensitive Phase (TSP, thermosensitive period) allgemein im ersten Drittel der embryonalen Phase (im Ei)

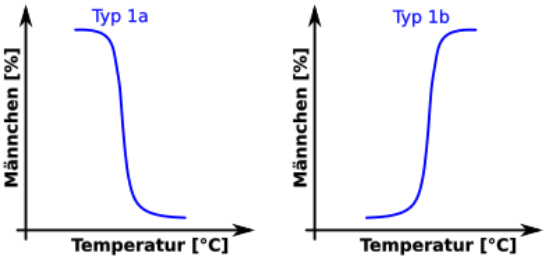


Temperatur-Unterschiede und Geschlechts-Ausprägung in einem Gelege
Q: en.wikipedia.org (Planetseeker)

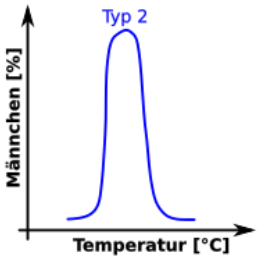
In einigen Gelegen kommt es durch Vergärungs-Prozesse in der Auspolsterung mit Pflanzen-Resten zu leichten Temperatur-Anstiegen in Vergleich zum umgebenen Sand.

Typ 1a: (auch IA) höhere Temperaturen bewirken mehr Weibchen, niedere mehr Männchen, gefunden bei den meisten Schildkröten (z.B. Nordamerikanische Buchstaben-Schmuckschildkröte, *(s) Trachemys scripta*)

Typ 1b: (auch IB) höhere Temperaturen bewirken mehr Männchen, niedere mehr Weibchen



Typ 2: höhere und niedrigere Temperaturen befördern Weibchen; typisch für Krokodile und Echsen (z.B. Amerikanischer Alligator, *(s) Alligator mississippiensis*); Leopard-Gecko, (s) Eublepharis macularius)



1? (Oliv-Bastardschildkröte, *(s) Lepidochelys olivacea*)
1? (Zierschildkröte , *(s) Chrysemys picta*)
bei einigen Arten entscheiden wenige Grad Celsius über das ausgeprägte Geschlecht

verantwortliches Enzym ist die Aromatase (gespr: Aroh-mah-tase)
Enzym wandelt Testosteron in Östrogen um

die Aromatase wurde auch bei Fischen gefunden und scheint hier ähnlich zu wirken

Umschaltung der Fortpflanzung / Vermehrung

z.B. zwischen Parthenogenese und Gonochorismus
(Ausbildung von Männchen; z.B. Wasserfloh)

Transpiration

auch kühlender Effekt durch Entzug der notwendigen Energie aus dem Körper

vielfach unterschätzt in ihrer Bedeutung werden tiefe Temperaturen
sie

- verringern die Enzym-Aktivität dramatisch (z.B. bei Keim-hemmenden Enzymen)
- lassen das Zellwasser gefrieren und verhindern damit den Stoff-Transport und die Verwendung von Wasser als Ausgangsstoff
- mechanische Zerstörungen durch Bildung von Wasser-Kristallen

unter ungefähr -1 °C werden in normalen Zellen die meisten Lebens-Funktionen unmöglich (Gefrieren des Plasma)
in Regionen mit tieferen Temperaturen entweder als gleichwarmes Tier (mit eigener Wärme-Produktion) oder mit speziellen Frostschutz-Strategien

Aufgaben:

1. *Erstellen Sie ein Diagramm aus der beobachteten Temperatur-Orgel (siehe weiter oben)! Kennzeichnen Sie darin die typischen Bereiche und Werte eines Toleranz-Diagramm's!*
2. *Ordnen Sie das Beispiel-Gelege einem Temperatur-Wirk-Typ zu! Begründen Sie Ihre Wahl!*
3. *Warum ist eine Temperatur-Erhöhung von 1 bis 2 grd so bedeutsam für die Florida-Aligatoren! Liegen solche Veränderungen nicht auch im Bereich der Wetter-bedingten Schwankungen über die Jahre hinweg?*
4. *Um welche Art von Wärme handelt es sich, wenn die zur Auspolsterung dienenden Pflanzen-Teile anfangen wärmer zu werden, um Assimilations- oder Dissimilations-Wärme oder keins von beidem? Begründen Sie Ihre Meinung!*
5. *Setzen Sie die Diagramme zur Temperatur-Abhängigkeit der Geschlechts-Ausprägung und der klassischen Temperatur-Toleranz in Beziehung! Was gilt denn nun, z.B. für Schildkröten? (Schildkröten sind wechselwarme Tiere mit einem typischen Temperatur-Optimum von 32 – 35 °C und einer Vorzugs-Temperatur von 25 bis 38 °C. Unter 8 °C verfallen sie in einer Winterstarre. Bei Temperaturen von 42 bis 44 °C denaturieren bei den Schildkröten die ersten Proteine. Die kritische Temperatur wird mit 2 bis 3 °C angegeben.)*
6. *Recherchieren Sie die Art der Vermehrung von Wasserflöhen über den Verlauf einer Vegetations-Periode bzw. über den Existenz-Bereich eines Klein-Ökosystem's (z.B. Tümpel oder Teich)!*
7. *Warum stellen "normale" Zellen erst bei ungefähr -1 °C die Lebens-Funktionen ein und nicht 0 °C? Erläutern Sie ausführlich!*

Anpassungs-Strategien:

- "Frostschutz-Mittel", Erhöhung der Menge gelöster Stoffe im Zellplasma; Einsatz bestimmter Stoffe (z.B. Glycerol und andere mehrfache Alkohole (Polyhydroxy-Verbindungen), z.B. auch Ethylenglycol)
- Antifrost-Proteine; setzen ebenfalls den Gefrierpunkt des Zellplasmas bzw. der Körperflüssigkeiten herab (z.B. bei Fischen in polaren Gewässern (z.B. Eisfische, Winterflundern, …)
- Einsatz "kryoprotektiver Substanzen", wie z.B. Zucker-Derivate, nicht-toxischer Aminosäuren und bestimmte Salze

z.B. Arktischer Laufkäfer *(s) Pterostichus brevicornis* kann in der Winterform mit einem Glycerol-Gehalt von rund 22 % noch Temperaturen bis – 35 °C überleben (Sommerform enthält 1 % Glycerol und stirbt bei unter - 7 °C)

Vernalisation / Frost-Bedürfnis / Jarowisation

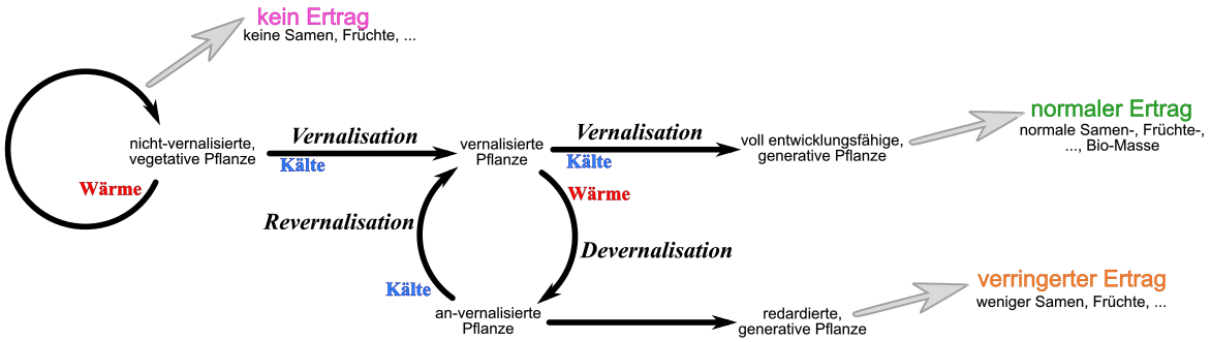
vernalis, lat.: Frühlings-; jarowoi, russ.: Sommer-
def. als Übergang von der vegetativen in die generative Phase bei einer Pflanze durch Kälte-Einwirkung
in den meisten Fällen geht es um die Blüh-Indikation, statt Laubblättern werden dann später (im Sommer) Kelch-, Kron-, Staub- und Frucht-Blätter angelegt

z.B. wird Winter-Getreide im Herbst gesät, die Körner keimen und bilden kleine Pflänzchen
im Winter befinden sich die Pflänzchen in einem Ruhezustand (Knospen- und Keim-Ruhe) → Dormanz
diese Entwicklungs-Ruhe kann durch Kälte gebrochen werden (Stratifikation)

notwendige Frost- bzw. Tief-Temperatur-Phase (-2 – 5°C (selten 0 – 10 °C); bestimmte Länge oder / und Temperatur-Tiefe) zur Weiter-Entwicklung / Entwicklung bestimmter Organe / Erreichung bestimmte Entwicklungs-Stufe / Reife-Stufen usw.
bei Winter-Getreide ist ausgeprägter Frost erforderlich; steigert die Horst-Bildung, d.h. es bilden sich mehrere Wurzel-basierte Halme

auch Zeitgeber-Funktion
z.B. bei *Winter-Getreide, Rübe, Sellerie, Kohl, Bilsenkraut, Fingerhut*
umfangreich erforscht durch Gustav GASSNER
obligatorische Vernalisation … unbedingt notwendige Kälte-Einwirkung für Weiterentwicklung der Pflanze
fakultative Vernalisation … nicht unbedingt notwendige Kälte-Einwirkung; sie beschleunigt aber Blüten-Bildung

Giberellin-Gabe (Pflanzen-Hormon) kann Vernalisation ersetzen / simulieren
solche Ersatz-Behandlungen werden **Vernilisation** genannt
molekularer Ablauf bzw. Wirk-Prinzip nicht (vollständig) geklärt (es wird ein Pflanzen-Hormon vermutet, dass erst nach einer ausreichenden Kälte-Periode gebildet wird)
(mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit könnte es auch die Zerstörung eines (anderen) Pflanzen-Hormons sein, dass die Laubblatt-Bildung fördert oder die Bildung der Geschlechts-Organe verhindert? Das würde den normalen / üblichen biochemischen Prinzipien übereinstimmen / zu erklären sein).
unerwüschte Vernalisation z.B. bei Zuckerrüben, wenn diese im späten Frühling Frost bekommen; es bilden sich dann vorrangig blühende Pflanzen, die keine optimale Rübe (als eigentliche Nährstoff-Speicher für die Überwinterung zum 2. Jahr (2-jährige Pflanze)) bilden



Aufgaben:

1. *Der Biologie-Schlaumeier des Kurses behauptet, dass die Vernalisation ganz entscheidend vom sowjetischen Forscher Dimitry Jarow (1876 - 1937) erforscht wurde, weshalb gerade im russisch-slawischen Sprachraum von Jarowisation gesprochen wird. Bilden Sie sich eine Meinung zu dieser Behauptung und begründen Sie diese!*
2. *In einem Diagramm soll die Blüh-Indikation (generative Pflanze) in Abhängigkeit von der Kälte-Summe dargestellt werden. Schlagen Sie ein passendes Diagramm vor und begründen Sie den Aufbau und den Graphen!*
3. *Planen Sie ein Experiment, mit dem Sie die Kälte-Summen-These überprüfen können!*

Pyrophyten

benötigen sehr hohe Temperaturen – meist Feuer – zur optimalen Entwicklung
durch das Feuer werden z.B. sehr dicke Samen-Schalen gesprengt oder bestimmte Enzyme (Keim-Inhibitoren) deaktiviert,
es können aber auch Nachbar-Pflanzen (als Konkurrenten) abgetötet, Zapfen geöffnet (verklebendes Harz verbrennt), zusätzliche Nährstoffe (Asche) bereitgestellt, … werden
z.B. werden überwuchernde Pflanzen vernichtet, während andere Jung-Pflanzen eine neue Chance auf Licht bekommen
oft sind die Pyrophyten Pionier-Pflanzen in Sukzessions-Systemen
aktive Pyrophyten: bei ihnen wird das vegetative Wachstum durch Feuer / hohe Temperaturen gefördert
bei einigen aktiven Pyrophyten ist das Feuer direkt für die Samen-Keimung notwendig
passive Pyrophyten sind durch spezielle Bildungen (z.B. dicke Borke (Korkeiche), Wurzelstöcke, …) an das Auftreten gelegentlicher Feuer angepasst, sie brauchen das Feuer aber nicht unbedingt für ihre Entwicklung

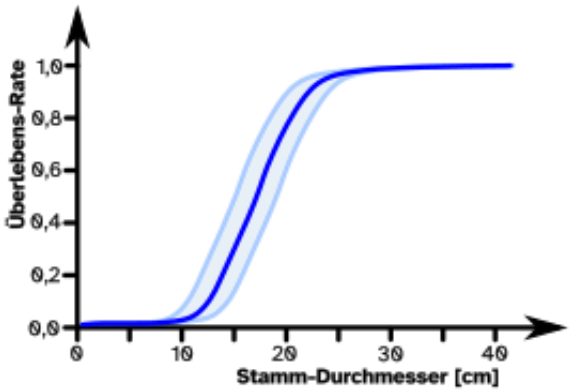
in vielen Ökosystemen (Gras-Landschaften, Eukalytus-Haine, Kork-Eichen-Wälder sind gelengentliche Feuer normal und die Organismen haben sich daran angepasst
für uns Menschen wirkt das Feuer ungewöhnlich und wohl auch bedrohlich, weil wir der Natur hier zu dicht auf die Pelle gerückt sind oder zu oft Feuer auslösen
langfristiges Verhindern der natürlichen Feuer verhindert die Regeneration der Organismen-Gesellschaften / des Ökosystem's

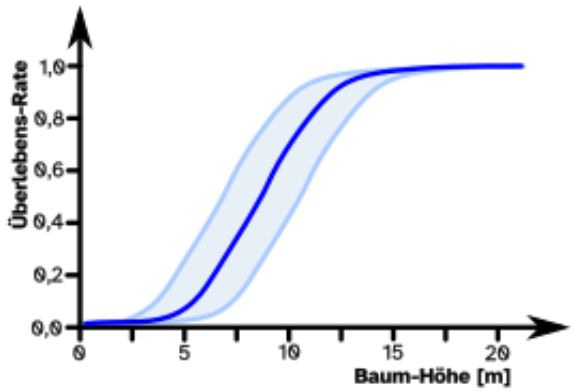
Beispiele: Korkeiche (*(s) Quercus suber*), Venusfliegenfalle, Mammutbäume, "Feuer-Lilie" *(s) Lilium pyrophilum*

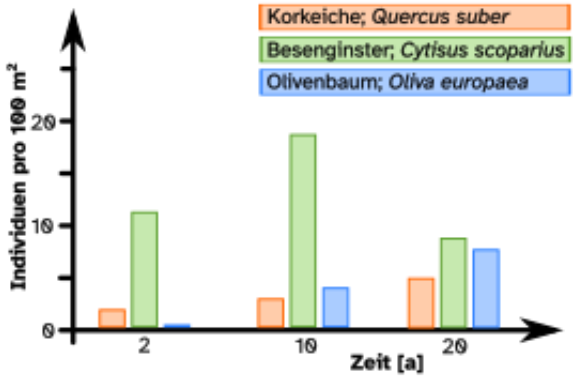
Aufgaben:

(Thema und Daten aus einer Aufgabe der Internationalen Biologie-Olymiade (2021))

1. *In Portugal und im westlichen Spanien – einem Hauptverbreitungsgebiet's der Korkeiche ((s) Quercus suber) – kommt es alle paar Jahre im Sommer zu Waldbränden. Diese werden zumeist durch Blitze verursacht. Forscher interssierten sich nun dafür, wie die Überlebens-Raten der Bäume von deren Höhe und Stammdurchmesser abhängen.*







   a) *Interpretieren Sie die zugehörigen Diagramme!*
   b) *Bei Langzeit-Untersuchungen verfolgten sie auch die Häufigkeit verschiedener Arten in einem bestimmten Abschnitt. Werten Sie das Säulen-Diagramm aus!*
   c) *Stellen Sie Vermutungen für die Verteilung der Arten in den Jahren 5 und 30 nach einem Waldbrand auf! Begründen Sie diese!*
   d) *U.a. auch in den Gebieten der sich entwickelnden Korkeichen-Wälder ist die Strauch-artig wachsende Zistrose ((s) Cistus spec.) heimisch. Sie verbreitet sich über rund 1 mm große Samen. Der Strauch verbrennt bei einem Waldbrand vollständig oberirdisch ab.*
   Nach einem Feuer nimmt die Zahl der Keimlinge ungefähr um das Zwanzigfache zu. Erklären Sie die deutlich veränderte Keimungs-Häufigkeit nach einem Feuer!
   e) *Analysieren und vergleichen Sie die Strategien von Korkeiche und Zistrose, um sich an mögliche Waldbrände anzupassen!*
   f) *Stellen Sie eine oder mehrere begründete Hypothesen auf, wie sich der Klima-Wandel mit steigenden Durchschnitts-temperaturen und immer häufigen Extremwettern auf die Entwicklung der Korkeichen-Wälder auswirken könnte!*

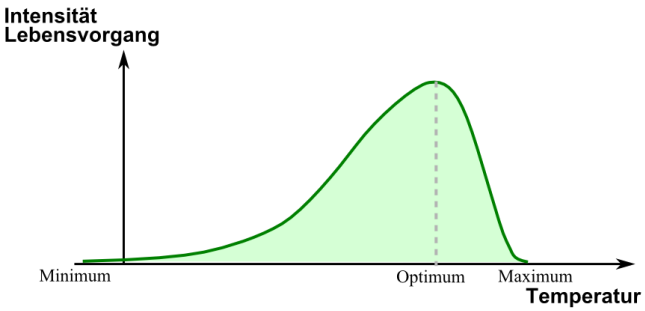
(c,p) 2011-2025 lsp: dre

wechselwarme Organismen

poikilotherm
ektotherm – Regulation der Temperatur von Außen / durch die Umwelt

praktisch alle Organismen außer den Vögeln und den Säugetieren
meist wird der Begriff poikilotherm nur auf Tiere angewendet
im Prinzip gelten die Merkmale und Zusammenhänge aber auch auf Pflanzen, Pilze und Mikroben zu.

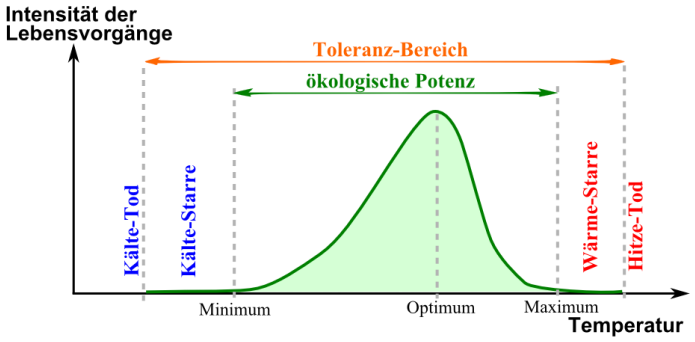
den Wechselwarmen fehlt die Möglichkeit große Mengen an Wärme (z.B. durch die Zellatmung) zu produzieren
es fehlen aber auch die Mechenismen für eine notwendige Kühlung bei erhöhten Umgebungs-Temperaturen

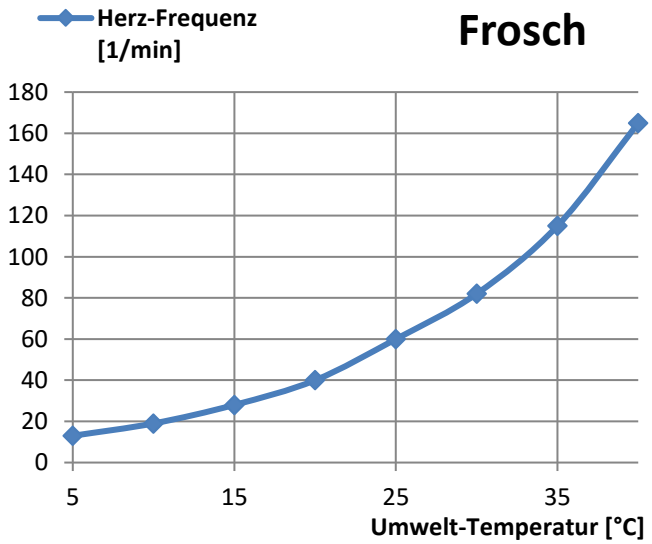


ev. waren auch einige Saurier (als eine ausgestorbene Kriechtier-Gruppe) schon gleichwarm (homoiotherm (→ gleichwarme Tiere)

Lebensvorgänge und vor allem deren Intensität ist von der Temperatur abhängig
in den meisten Fällen eine klassisches Abhängigkeits-Verhältnis, dass auf die Basis der Lebens-Vorgänge – die Proteine – hinweist
Körper-Temperatur wird bei den Wechselwarmen fast ausschließlich (direkt) durch die Umgebungs-Temperatur bestimmt, nur sehr geringer Zusatz durch biochemische Vorgänge

Felsen usw. können dabei auch bis in die späten Abendstunden noch reichlich (vom Tag gespeicherte) Wärme abgegeben





/Daten-Q: http://www.philipphauer.de/info/bio/wechselwarm-gleichwarm/

Entwicklungs-Dauer nimmt mit steigender Temperatur exponentiell ab

Entwicklungs-Geschwindigkeit $v_{Entw.}$
ist das Reziproke der Entwicklungs-Dauer $t_{Entw.}$

thermaler Entwicklungs-Nullpunkt T_0 (Schnittpunkt der Reziproken-Gerade mit der Temperatur-Achse)

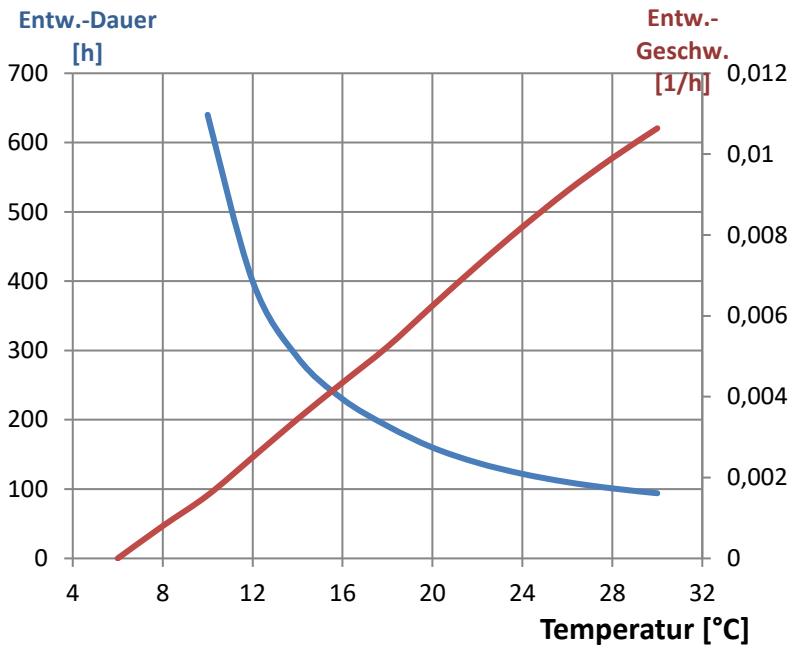
für die Erreichung eines bestimmten Entwicklungs-Punktes wird eine Art-spezifische Temperatur-Summe (besser Wärme-Summe) benötigt

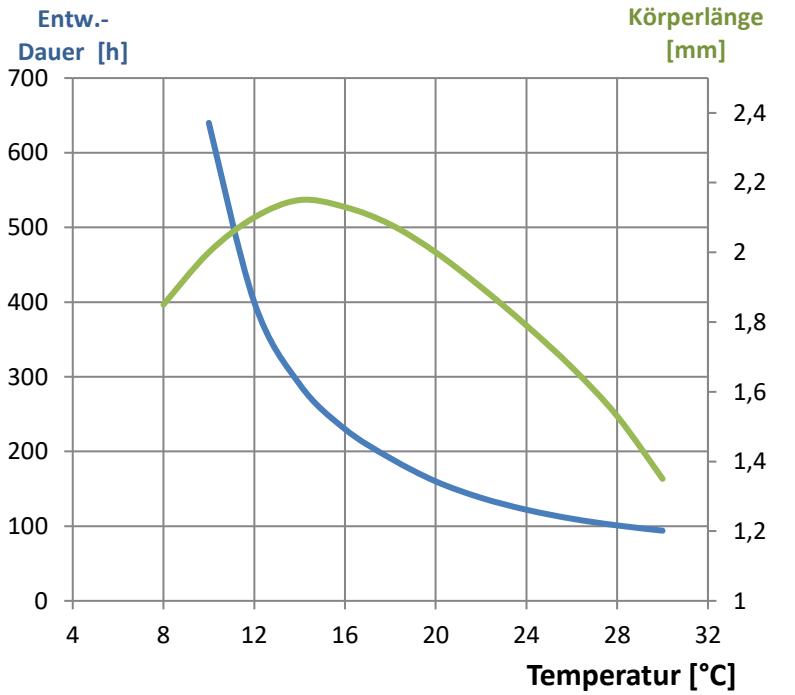
die Art-spezifische Thermal-Konstante c lässt sich über

$$c = t_{Entw.} \cdot (T - T_0)$$

berechnen. Damit lassen sich z.B. Zeitpunkte für Fütterungen oder der Einsatz von Schädlings-Bekämpfungs-Mitteln bestimmen.

bester Biomasse-Gewinn (größte erreichte Körperlänge) zeigt Optimum an, bei niedrigeren oder höheren Temperaturen erfolgt ein verstärkter Verlust z.B. durch Zell-Atmung und Transpiration





Abhängigkeit der Entwicklungs-Dauer, –Geschwindigkeit und Körperlänge von der Temperatur
(s) Aphis fabae (A) Schwarze Bohnenblattlaus
/Daten-Q: 7, S. 408/

Kälte-Starre
Winter-Starre, Tod-ähnlich, kaum nachweisbarer Stoff- und Energie-Wechsel
Körpertemperatur im Prinzip gleich der Umwelt-Temperatur
auch Zeitgeber-Funktion

letale Temperaturen: Zaun-Eidechse -1,3 °C; Insekten-Eier -40 °C

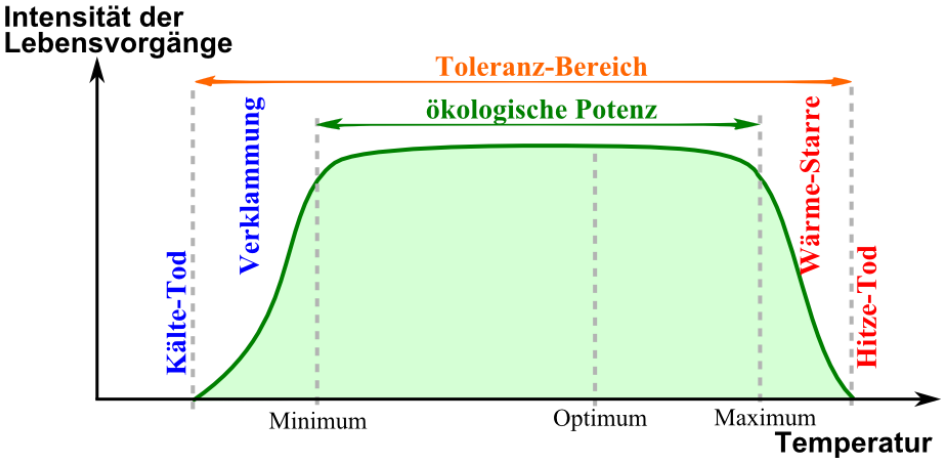
Estivation
Sommer-Starre
Rückzug, um hohen Umgebungs-Temperaturen auszuweichen
Lurche, die sich im feuchten Schlamm fast ausgetrockneter Wasserstellen vergraben

gleichwarme Tiere

homoiotherm
endotherm – Regulation der Körper-Temperatur von Innen heraus

vollkommen gleichwarme Tiere
Säugetiere, Vögel
wirklich nur für Tiere beobachtet
alle anderen Organismen fehlt die Möglichkeit große Mengen an Wärme (z.B. durch die Zellatmung) zu produzieren
es fehlen aber auch die Mechenismen für eine notwendige Kühlung bei erhöhten Umgebungs-Temperaturen

unvollkommen gleichwarem Tiere
Kloakentiere, einige Vögel

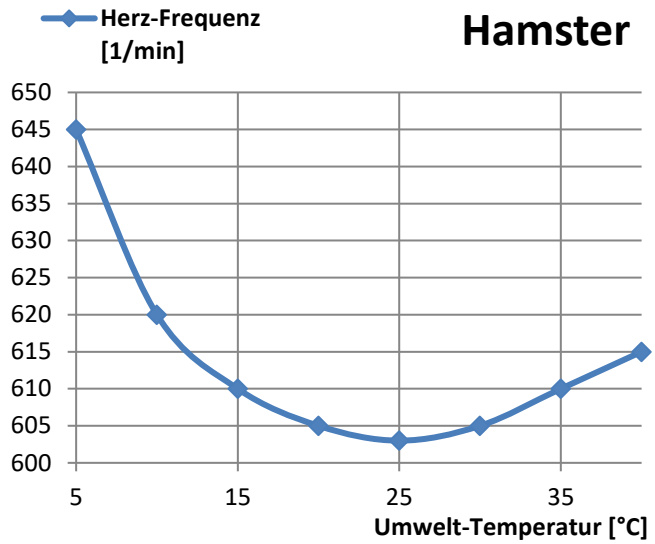


wesentlicher Anteil zur Körper-Temperatur aus intensiven biochemischen Vorgängen
verbrauchen bis 90% ihrer Energie-Aufnahme für die Produktion und Regulation der Körper-Temperatur (Körper-Wärme)
viele Organismen müssen sogar Kühl-Mechnismen besitzen, um eine Überhitzung zu vermeiden
Beispiele sind Elephanten und Flusspferde
dazu gehören auch wir Menschen (→ Haar-Losigkeit der großen Körper-Oberfläche; Transpiration; ev. auch aufrechter Gang)

müssen häufiger fressen als Wechselwarme
bedingt durch nachteilige Netto-Produktions-Effizienz (NPE; →)
NPE rund 10x höher als bei wechselwarmeen Organismen

dieser Effekt hat auch entscheidende Auswirkungen auf die Nahrungsmittel-Versorgung für uns Menschen
z.B. kosten 100 kJ bei der Verwendung von Mais oder Soja 0,275 €

verwendet man dagegen Rind-Fleisch, dann liegen die energetischen Kosten schon bei 5,225 €
selbst Milch schlägt mit 4,400 € energetischen Kosten zu



/Daten-Q: http://www.philipphauer.de/info/bio/wechselwarm-gleichwarm/

evolutionäre Vorteile:
höhere Ausdauer (z.B.: Flucht, Jagd, Balz u. Paarung, Aufzucht der Nachkommen, …)
Besetzung neuer Nischen (Nacht- und z.T. längere Dämmerungs-Aktivität)
verbesserte Hirn-Leistung

Nachteil rund 30x größerer Energie-Bedarf
im Vergleich zu großen Echsen immer noch rund 10x höherer Bedarf

Wärme-Verlust: praktisch nur Wärmeabgabe (Wärme-Leitung, Konduktion) ruhiges Umgebungs-Medium

$Q\ [J] = k\ [W/m^2K] * A\ [m^2] * t\ [s] * DT\ [K]$

dazu kommen weitere Verluste durch:
Strömung
Strahlung ($P\ [W] = s\ [W/m^2K^4] * e\ [\ ] * A\ [m^2] * (T_1^4 – T_2^4)\ [K^4]$)
Verdunstung (Evaporation) ($Q\ [J] = r\ [J/kg] * m_{KG}\ [kg]$)

Körper-Oberfläche ($A_K = 0{,}202 * m_{KG}^{0{,}425}\ [kg] * h^{0{,}725}\ [m]$) für Mensch!

Winterschlaf (Hibernation)
verfallen in der kalten Jahreszeit in einen Ruhe-Zustand, aus dem sie aber nach einer Störung schnell wieder in einen Normal-Zustand zurückkehren können
bei häufigen Störungen können die Fett-Reserven aber schnell verbraucht werden, so dass sie dann ev. verhungern
neben der Temperatur sind wohl auch Veränderungen der Tageslängen und damit verbundene geringe UV-Bestrahlungen für das Auslösen der Hibernation verantwortlich
in den Tieren verändert sich dabei die Hormon-Produktion

Kälte-Ruhe
Winter-Ruhe, tiefer Dauerschlaf, Stoff- und Energie-Wechsel verlangsamt,
Körper-Temperatur ist größer als Umwelt-Temperatur; aber deutlich abgesenkt
beim Erreichen der Letal-Temperatur erfolgt Weck-Reiz
auch Zeitgeber-Funktion

letale Temperaturen: Igel 2 °C; Hamster 4 °C

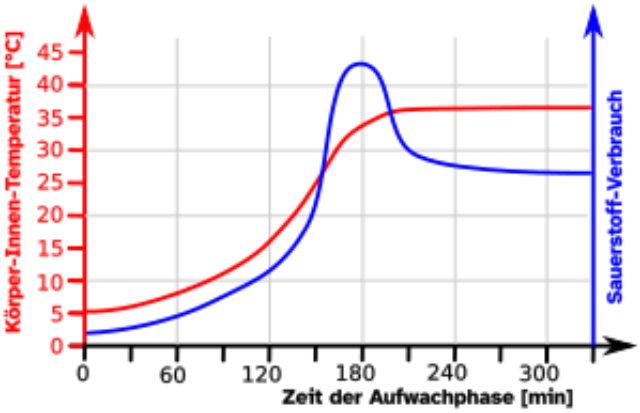
Winter-Ruhe
verlängerter Ruhe-Schlaf; Stoff- und Energie-Wechsel normal; Körper-Temperatur normal
Weck-Reiz schon bei steigenden Temperaturen möglich / Unterbrechung der Ruhe-Phase
auch Zeitgeber-Funktion

z.B. Eichhörnchen

Tier-Art	Winter-schlaf [Mo]	
Dachs	3 – 3 ½	
Eichhörnchen	2 – 3 ½	
Feldhamster	2 – 3 ½	
Fledermäuse	5 – 6	
Haselmaus	6 – 7	
Igel	3 – 4	
Murmeltier	5 – 6	
Siebenschläfer	6 – 7	
Ziesel	3 – 4	

Aufgaben:

1. *Interpretieren Sie das nebenstehende Diagramm für die Aufwach-Phase eines Hamster's nach dem Winterschlaf!*
2. *Igel (Erinanus europaeus), Murmeltier (Marmota marmota) und der Ziesel (Spermophilus ctellus) sind Bewohner Pärie-ähnlicher Lebensräume. Ziesel werden zwischen 13 und 40 cm groß (Kopfrumpflänge, KRL) und wiegen zwischen 85 und 1'000g. Murmeltiere bringen ungefähr 3'000 g auf die Waage und bei ihnen beträgt die KRL 40 bis 50 cm. Der europäische Igel wiegt normalerweise zwischen 450 bis 470 g. Er kann aber vor dem Winterschlaf auch bis 1'500 g schwer werden. Seine KRL beträgt 22 bis 30 cm.*
   Werten sie die Tabelle aus und stellen Sie mögliche Zusammenhänge zur Kopfrumpflänge bzw. zum typischen Gewicht her!



Daten-Q: https://www.philipphauer.de/info/bio/wechselwarm-gleichwarm/

	Herzschläge pro min		Atemzüge pro min	
	schlafend	wach	schlafend	wach
Igel	bis 21	bis 320	bis 1	bis 50
Murmeltier	5	80	0,2	30
Ziesel	bis 5	bis 378	bis 4	bis 200

Daten-Q: https://www.philipphauer.de/info/bio/wechselwarm-gleichwarm/

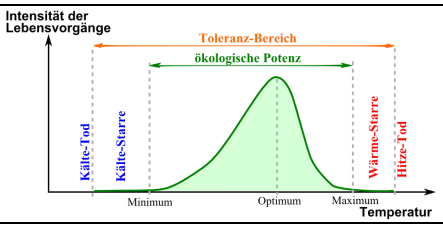
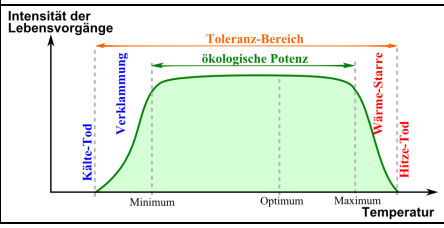
Anpassungen der gleichwarmen Tiere
gute (isolierende) Körper-Abdeckung (Fell, Gefieder, Unterhaut-Fettgewebe, …)
Einrichtungen zur Wärme-Abgabe / Kühlung und Aufnahme (Schweißdrüsen, Zunge, // dunkle Haut)
Leistungs-fähiger Blutkreislauf
präzises Regel-System mit fein verteilten Sensoren und unterschiedlichen Reaktions-Möglichkeiten in verschiedenen Körperregionen

Vorteile der Homoiothermie
breiter Aktions-Bereich (auch in klimatisch ungünstigen Regionen und zu ungünstigeren Zeiten (Nacht-Aktivität))

Nachteile der Homoiothermie
großer Energie-Verbrauch
ev. spezielle Verhaltens-Muster (Winterruhe, Winterschlaf, Wander-Bewegungen, Anlegen von Fett-Reserven)

Aufgaben:

1. *Berechnen Sie die Verteuerungs-Faktoren für die energetischen Kosten von Fleisch und Milch ausgehend von Mais!*
2. *Diskutieren Sie, ob eine vollständige Umstellung auf eine vegane Ernährung sinnvoll ist! Beachten Sie auch auf nicht-ökolgische Aspekte!*

	wechselwarme poikilotherme ektotherm	gleichwarme homoiotherme endotherme
Beispiele	(Bakterien und Blaualgen Pflanzen Pilze) Hohltiere Würmer Spinnen Insekten Fische Amphibien Kriechtiere (Saurier ✞)	(einige Saurier ✞) Vögel Säugetiere (unvollkommen gleichwarm: Kloakentiere, einige Vögel)
Merkmale	Körper-Temperatur ändert sich in Abhängigkeit von der Umgebungs-Temperatur	Körper-Temperatur in weiten Grenzen konstant
mögliche Vorteile	geringer Energie-Bedarf geringer Nahrungs-Bedarf in kälteren Zeiten keine Reserven notwendig	Aktivität in einem größeren Umwelt-Temperatur-Bereich (eurytherm)
mögliche Nachteile	Inaktivität bei geringeren Umwelt-Temperaturen (Gefahr zur Beute zu werden) geringe Verbreitung	hoher Energie-Verbrauch Reserven / Speicher notwendig diverse Anpassungen (z.B. Isolation) und Verhaltensweisen (z.B. Wanderungen, Winterschlaf) notwendig
Art der Temperatur-Regulation	nur geringfügig durch bestimmte Verhaltensweisen möglich (z.B. Sonnenbaden)	durch Stoffwechsel-Abwärme und Transpiration / Wärme-Ableitung
begrenzender Umweltfaktor	Temperatur	Nahrung / Kühlung / Wärme-Produktion durch Muskel-Zucken
mögliches Verhalten im Winter	Kälte-Starre	durchgehende Aktivität möglich ev. Winter-Schlaf od. Kälte-Ruhe
		
Gemeinsamkeiten	lebende Organismen erzeugen immer Abwärme (Organismen sind (im Kern) also mehr oder weniger wärmer als die Umgebung) die Bewegung von Cytoplasma / Gewebe-Flüssigkeit / Blut od.ä. sorgt für die Verteilung der Wärme im ganzen Körper	

Regel(n): ALLENsche Regel / Proportions-Regel
Die ALLENsche Regel ist eine ökogeographische Regel, die das beobachtete Phänomen der Verkleinerung des Körper-Anhänge (Ohren, Schwanz, Extremitäten) im Zusammenhang zur steigenden geographischen Lage des Lebensraums beschreibt.
Vergleichbare gleichwarme / homoiotherme Organismen besitzen umso kleinere exponierte Körper-Teile (Körper-Anhänge (Ohren, Schwanz, Extremitäten)) je kälter ihr Lebensraum bzw. je größer die geographische Breite ihres Lebensraums ist.

auch **2. Klima-Regel** (was aber etwas vom Kern der Regel ablenkt), die Regel bezieht sich nicht auf das Klima, sondern auf die Wirkungen des Klima's auf Organismen
sachlich wird nur ein Bezug zwischen geographischer Breite (Polar- bzw. Äquator-Nähe) und bestimmten Morphologie-Merkmalen hergestellt
Joel Asaph ALLEN (1838 – 1921)

Fuchs-Art ***Canis …***	**Lebens-raum**			
Polarfuchs ***C. lagopes***	Tundra			 Q: de.wikipedia.org (Marcel Burkhard)
Rotfuchs ***C. vulpes***	gemäßigte Breiten			 Q: de.wikipedia.org (U.S. Fish & Wildlife Service)
Fennek ***C. zerda***	Wüste			 Q: de.wikipedia.org (ladypine)

mögliche Kenngrößen: Beinlänge, Ohrenlänge; Ohrengröße, Schwanzlänge bzw. –Größe, Schnauzen-Länge, …

Regel(n): BERGMANNsche Regel / Größen-Regel
Die BERGMANNsche Regel ist eine ökogeographische Regel, die das beobachtete Phänomen der Vergrößerung des Körper-Volumens bzw. der Körper-Masse im Zusammenhang zur steigenden geographischen Lage des Lebensraums beschreibt.
Vergleichbare gleichwarme / endotherme Organismen sind umso größer / voluminöser je kälter ihr Lebensraum bzw. je größer die geographische Breite ihres Lebensraums ist.

auch **1. Klima-Regel** (Klima ist aber nicht der Wirkteil der Regel, sondern – zumindestens teilweise – die Ursache)
Carl BERGMANN (1847)

Link (original-Quelle):
Ueber die Verhältnisse der WÄRMEÖKONOMIE DER THIERE zu ihrer Größe von Carl BERGMANN (Göttinger Studien 1847)
https://books.google.de/books?id=EHo-AAAAcAAJ&dq=inauthor:Carl+inauthor:Bergmann&pg=PA1&hl=de#v=onepage&q&f=false

Pinguin-Art Spheniscus … Aptenodyptes …	Körper-länge [cm]	Körper-masse [kg]	Feder-länge [cm]			Vorkommen (südl. Breite)
Galapagos-P. ***S. mendiculus***	50 - 55	2,0 - 2,2	2,1		 Q: de.wikipedia.org (putneymark)	0° (Äquator)
Humboldt-P. ***S. humboldti***	65	4,5	2,1		 Q: de.wikipedia.org	5 – 35
Magellan-P. ***S. magellanicus***	70 - 72	4,5 – 5,0	2,4		 Q: de.wikipedia.org (U.S. NASA)	34 – 56
Königs-P. ***A. patagonica***	95	15	2,9		 Q: de.wikipedia.org (Ben Tubby)	50 – 60
Kaiser-P. ***A. forsteri***	110 -120	30 - 40	4,2		 Q: de.wikipedia.org (Ian Duffy)	65 – 70

/Daten-Q: de.wikipedia.org/

weitere beobachtete Beispiele: Bären, Hunde / Wölfe, Füchse, Wildschweine

ursachlicher Zusammenhang ist die ungleichmäßige Vergrößerung der Körper-Oberfläche (nur mit 2. Dimension, quadratisch) zum Körper-Volumen (3. Dimension, kubisch)
bei größeren Objekten nimmt das Verhältnis von Oberfläche zu Volumen immer mehr ab

Modell Kugel:

Kugel	A	B	C	D	E	F	Tendenz
Radius [i.E.]	1	2	3	4	5	6	
Durchmesser {i.E.]	2	4	6	8	10	12	
Oberfläche [i.E.^{2}]	12,56	50,24	113,04	200,96	314,00	452,16	
Volumen [i.E.^{3}]	4,18	33,47	112,97	267,78	523,00	903,74	
Verhältnis Oberfläche zu Volumen	3,005	1,501	1,001	0,751	0,6	0,5	

Aufgaben:

1. *In der obigen Tabelle wurden ja sehr starke Vergrößerungen für den Kugel-Radius angenommen. Funktioniert der Effekt auch bei kleineren Veränderungen z.B. zwischen 1 und 2? Erstellen Sie dazu eine passende Tabellenkalkulation mit geeigneten/m Diagramm(en)!*
2. *Auf einer Internetseite (lehrerfortbildung-bw.de) wird der folgende Versuchs-Aufbau vorgeschlagen!*
   Vier Kartoffeln (je 2 vergleichbar kleine und große) werden auf die gleiche Temperatur erhitzt. Dann wird immer jeweils eine Kartoffeln mit 2 Kupfer-Blechen als Ohren versehen, die andere bleibt ohne "Ohren". Die Kartoffeln werden dann in eine PETRI-Schale gelegt und über ungefähr 25 bis 30 min die Kern-Temperatur (mit einem Digital-Thermometer) verfolgt.
   a) Setzen Sie sich mit dem Aufbau / der Planung des Experiment's auseinander!
   b) Welche Regel(n) werden hier geprüft! Begründen Sie Ihre Aussage!
   c) Führen Sie das Experiment aus! Erstellen Sie dann mit Hilfe einer Tabellenkalkulation geeignete Auswertungs-Diagramme!

ab einem bestimmten Körper-Volumen ist die Wärme-Produktion auch bei wecheselwarmen Tieren größer als die einfache Wärme-Abgabe über die Haut, daraus folgt eine Art Übergang zum gleichwarmen Status, die Körper-Temperatur sinkt in der Nacht / bei geringerer Außen-Temperatur nur sehr gering
??? passive Homoiothermie
wahrscheinlich auch bei Dinosauriern
Federn deshalb wahrscheinlich zuerst als Wärmeschutz (Daunen-Federn) und dann später für Flug-Zwecke (Schwung-Federn)
der zusätzliche Isolierungs-Effekt ermöglichte erst den Aufbau einer stabilen Körper-Temperatur
Hautplatten der Echsen und Federn entstehen aus verwandten Hautschichten, bei vielen Vögeln ist eine teilweise Hornplatten-Haut z.B. an den Beinen zu beobachten
wahrscheinlich hatten viele – vorrangig kleinere – Saurier-Arten Federn

ein wichtiger Grund für "Notwendigkeit" von Temperatur-Regulationen waren wahrscheinlich extrem aktive innere Organe (mit sehr vielen Mitochondrien); Wärme fiel als Neben-Produkt

an und musste zum Schutz vor Überhitzung (Denaturierung der Proteine) schnell abgeführt werden

ähnliche Tendenzen bei Staaten-bildenden Insekten, durch Muskeln und Flügel-Zittern werden im Brut-Bereich und rund um die Königin eine Temperatur von 35 °C erzeugt
Kühlung wird u.U. durch Rein-Fächeln von frischer Luft in den Bau und durch Wasser-Verdunstung erreicht

Theorie / Hypothese der aeroben Kapazität
1979 von Albert BENNETT u. John RUBEN
Hauptaugenmerk auf Ausdauer
maximale Stoffwechsel-Rate (aerobe Kapazität)
zwei Behauptungen

- Evolution richtet sich nicht auf die Temperatur aus, sondern auf die gesteigerte Aktivität.
- Zwischen der maximalen Stoffwechsel-Rate und der Ruhe-Stoffwechsel-Rate besteht ein notwendiger Zusammenhang.

maximale Stoffwechsel-Rate (maxSWR) ist def. als der Sauerstoff-Verbrauch bei maximalster (äußerster) Körper-Leistung
Ruhe-Stoffwechsel-Rate (RSWR, resting metabolic rate (RMR)) ist der Sauerstoff-Verbrauch in der Ruhe (ohne körperliche Aktivität) [ml/h]

empirisch begründete Behauptung: maxSWR ≈ 10x RSWR

theoretisch ist Zusammenhang zweifelhaft, Zusammenhang weit verbreitet aber auch viele Ausnahmen bekannt (bei Gabel-Bock ist der Faktor 65; bei vielen Reptilien Faktor rund 40); wahrscheinlich gibt es in dieser Kombination evolutionäre Vorteile (Aufwand und Nutzen optimal kombiniert)

einige Pflanzen produzieren (zumindestens) an speziellen Pflanzen-Teilen oder Organen deutlich überhöhte Temperaturen, die auch konstant gehalten werden
z.B.: (A) Stink-Kohl (*(s) Symplocarpus foetidus*) und andere Aronstab-Gewächse (*(f) Araceae*): sie halten in der Blüten-Knospe eine stabile Temperatur von rund 20 °C; von den Mitochondrien erzeugt
dies wird über eine gesteigerte Stoffwechsel-Rate erreicht

im braunen Fett-Gewebe wird im Gegensatz zum weißen (auch als beiges bezeichnet) Wärme produziert, dabei wird überschüssige chemische Energie verbraucht
Mitochondrien in braunem Fett-Gewebe produziert ein spezielles Protein (Uncoupling Protein-1 (UCP-1)), das für ein Leck (für Protonen) in der inneren Mitochondrien-Membran sorgt. Dadurch wird kein oder nur wenig ATP produziert. Es kommt zu einer sogenannten Entkopplung der Atmungs-Kette. Die umgesetzte Energie aus Citrat-Cyclus und Atmungs-Kette wird vorrangig als Wärme frei.

Regel(n): HESSEsche Regel / Herzgewichts- / Herzgrößen-Regel
Die HESSEsche Regel ist eine ökogeographische Regel, die das beobachtete Phänomen der Vergrößerung des Herz-Gewichtes (gemeint: Herz-Masse) im Zusammenhang zur steigenden geographischen Lage des Lebensraums beschreibt.
Vergleichbare gleichwarme / endotherme Organismen besitzen schwerere / größere Herzen je kälter ihr Lebensraum bzw. je größer die geographische Breite ihres Lebensraums ist.

Ursache für die zunehmende Herz-Größe ist die Notwendigkeit einer effektiveren Wärme-Verteilung und der erhöhten Stoffwechsel-Leistung allgemein.
Richard HESSE verstand seine öko-geographische (bio-geographische) Regel als Ergänzung zur BERGMANNschen Regel.
Ein Beispiel ist der Haussperling *(s) Passer domesticus*. In Tübingen (49° N) beträgt die Herz-Masse durchschnittlich 13,1 g, in Hamburg (53° N) schon 14,0 g. In Sankt Petersburg (Russland, 60° N) konnte man 15,7 g messen.
Eine weitere öko-geographische Regel stammt von GLOGER. Diese bezieht sich aber auf die Luftfeuchte als ursächlichen Faktor. Deshalb besprechen wir diese Regel auch dort (→ 2.2.1.x.5. Luftfeuchtigkeit).

Aufgaben:

1. *Erstellen Sie aus den Daten der Tabelle zu den Pinguin-Arten geeignete Diagramme, welche die Zusammenhänge der ALLENschen Regel darstellen!*
2. *Prüfen Sie, ob sich das Beispiel Pinguine als Beleg für die oben genannte ökogeographische Regel benutzen lässt!*
3. *Angenommen, durch irgendwelche Umwelt-Veränderungen (Veränderungen von Meeres-Strömungen, Aussetzen von Arten, …) gelangen die verschiedenen Pinguine auf die Nordhalbkugel. Stellen Sie mindestens zwei Hypothesen auf, welche die Verteilung der Pinguin-Arten in ihrem neuen Lebensraum beschreiben!*
4. *Ermitteln Sie die Jahresdurchschnitts-Temperaturen der Orte zum Haussperling-Beispiel zur HESSEschen Regel! Stellen Sie einmal die Herz-Größe in Abhängigkeit vom geographischen Breitengrad und einmal von der Jahresdurchschnitts-Temperatur graphisch dar!*

für die gehobene Anspruchsebene:

5. *BERGMANN führt in seiner Publikation diverse Beispiele aus dem Bereich der Vögel auf! Leider sind wenige Körper-Maße angegeben. Recherchieren Sie ein Beispiel (mit 5 Arten) oder 2 Beispiele mit 2 bis 3 Arten) hinsichtlich der Körpermaße nach dokumentieren Sie diese in einer Tabelle und als Diagramme gegen die geographische Breite!*

Als öko-geographische Regel ist auxh die von GLOGER (1833) bekannt geworden. Sie stellt einen Zusammenhang zwischen der vorherrschenden Wärme-Einstrahlung bzw. der Umwelt-Temperatur und der Körper-Färbung her.

Regel(n): GLOGERsche Regel / Färbungs-Regel
Die GLOGERsche Regel ist eine ökogeographische Regel, die das beobachtete Phänomen der Verringerung der Pigmentierung (Färbung) im Zusammenhang zur steigenden geographischen Lage des Lebensraums beschreibt.
Vergleichbare Organismen besitzen eine umso stärkere Pigmentierung je wärmer ihr Lebensraum bzw. je kleiner die geographische Breite ihres Lebensraums ist.

komplexe und Übungs-Aufgaben:

1. Bei biometrischen Untersuchungen von Papageitauchern ((s) Fratercula arctica) wurden die folgenden Daten erfasst.

Rasse	Untersuchungs-Gebiet / Region	geogr. Breite	min. Flügel-Länge [mm]	max. Flügel-Länge [mm]
1	Balearen	40° N	140	145
2	Spitzbergen, Nord-Norwegen	70° N	170	180
3	Süd-Grönland, Island	60 – 70° N	155	170
4	Irland, England, Schottland	50 – 60° N	150	160

Erklären Sie die regional unterschiedlichen Flügel-Längen!
Stellen Sie die Flügel-Längen in einem geeigneten Spannweiten-Diagramm dar!



Papageitaucher
Q: de.wikipedia.org (Andreas Trepte)

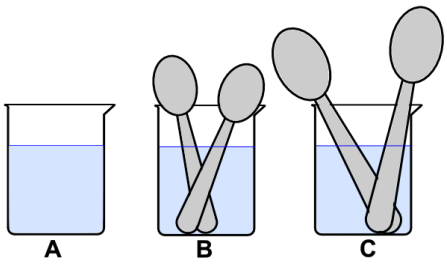
2. Aus vorhergehenden Untersuchungen weiss man, dass sich die Flügel-Länge proportional zur Körper-Größe (üblich 28 – 34 cm) verhält. Welche Temperatur-bezogene Klima-Regel(n) gelten / gilt hier? Erläutern Sie Ihre Wahl!

3. Von einem Studenten werden die beiden nebenstehenden Labor-Versuche zur Verdeutlichung der Prinzipien hinter öko-geographischen Regeln vorgeschlagen.

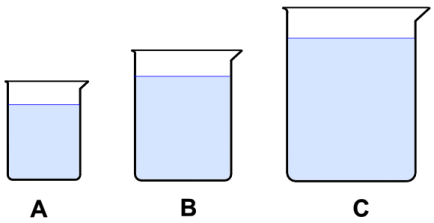
a) Um welche Regel handelt es sich bei welchem Experiment? Begründen Sie Ihre Wahl!

b) Welche Beobachtungs-Ergebnisse erwarten Sie bei den Versuchen? Stellen Sie passende Diagramme (Skizzen) auf!

c) Geben Sie für jedes Experiment eine Erklärung des System-Verhaltens an!



Becherglas	A	B	C
Füllung	Wasser	Wasser Teelöffel	Wasser Esslöffel
Start-Wasser-Temperatur [°C]	60	60	60

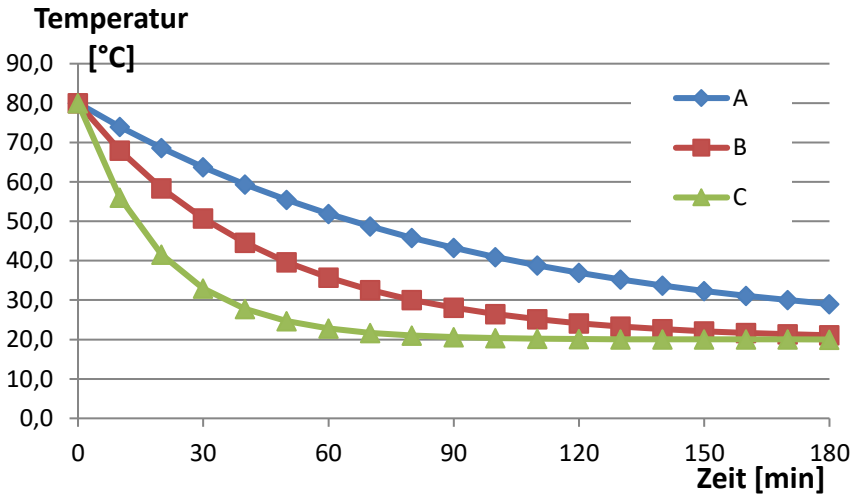


Becherglas	A	B	C
Füllung	Wasser	Wasser	Wasser
Start-Wasser-Temperatur [°C]	60	60	60

4. Von einem Kartoffelkäfer wurde der Sauerstoff-Verbrauch bei verschiedenen Temperaturen erfasst. Werten Sie die Daten aus!

Temperatur [°C]	O_2-Verbrauch [µl / (g [Körpermasse] * h]
7	61
10	80
15	127
20	200
25	291
30	366

5. Drei Körper wurden auf 80 °C erwärmt. Danach wurden die Körper in einen Raum mit konstant 20 °C Raum-Temperatur gebracht. Das nachfolgende Diagramm stellt die Temperatur-Veränderungen im Beobachtungs-Zeitraum dar.



a) Prüfen Sie, ob mit dem Experiment das Prinzip einer ökogeographischen Regel wiederspiegelt! Wenn JA, dann erläutern Sie welche das ist und welche physikalischen / chemischen Prozesse dahinterstecken! Wenn NEIN, dann erläutern Sie, worin Sie die Probleme / Fehler / … in diesem Versuch sehen bzw. warum eine Überprüfung so nicht möglich ist!

b) Eignet sich der Versuch zum direkten Nachweis der Gültigkeit der folgenden Temperatur-Beziehungen? Begründen Sie jeweils!

b^2) RGT-Regel

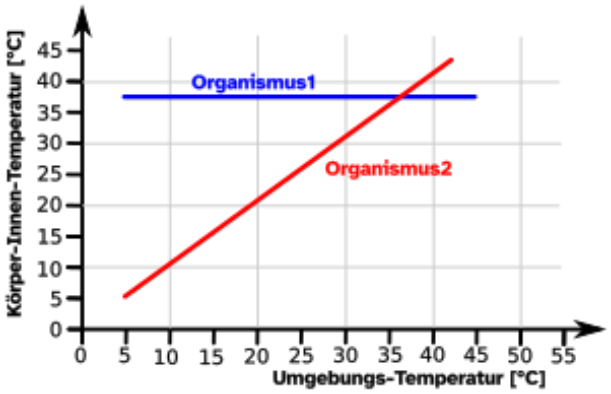
b^3) BERGMANNsche Regel

b^4) ALLENsche Regel

b^5) 0. Hauptsatz der Thermodynamik

6. Ordnen Sie die Graphen aus dem Diagramm geeigneten Organismen(-Gruppen) zu und begründen Sie die Zuordnung!

7. Stellen Sie Vermutungen über den weitren Verlauf der Graphen auf, wenn die Umgebungs-Temperatur weiter gesteigert wird! Begründen Sie Ihre Vermutungen!



8. Eidechsen kommen in verschiedensten Regionen vor. So lebt die Wald-Eidechse (Lacerta vivipara) bis hoch nach Nord-Skandinavien. Sie hat bei einem Gewicht von 5 g eine Rumpf-Länge (Kopfspitze bis Schwanzansatz) von 7 cm und einen Schwanz von 12 cm. Südlich ist sie bis Nord-Italien und Nord-Spanien vertreten. Praktisch von ganz Mitteleuropa ist sie in Asien in einem breiten Streifen bis hin zum Stillen Ozean anzutreffen. Damit ist sie die am weitesten verbreitete Eidechsen-Art. Sie ist bis in Höhen von 3'000 m beobachtet worden. 2016 war die Wald-Eidechse das Reptil des Jahres in Deutschland.
Die Smaragd-Eidechse (Lacerta bilineata) kommt von Nordspanien bis hoch nach Nord-Frankreich und Italien vor. Ihre Gesamtlänge beträgt 30 cm. Der Rumpf ist 14 cm lang bei einer Gesamtmasse von 35 g.
Die auch bei uns heimische Zaun-Eidechse (Lacerta agilis) ist insgesamt 24 cm lang, wobei 15 cm auf den Schwanz abfallen. Sie ist von der Balkan-Halbinsel im Süden bis zu den Ländern und Dänemark im Norden verbreitet. Sie wiegt durchschnittlich 18 g.
a) Stellen Sie die Daten zu den Eidechsen in einer geeigneten Tabelle zusammen!
b) Prüfen Sie, ob die Eidechsen auch als Beispiel für eine ökogeographische Regel dienen können!


Smaragdeidechse, Weibchen
Q: de.wikipedia.org (Jeffdelonge)


Waldeidechse, Männchen
Q: de.wikipedia.org (Marek Szczepanek)


Zauneidechse, Männchen
Q: de.wikipedia.org (böhringer friedrich)

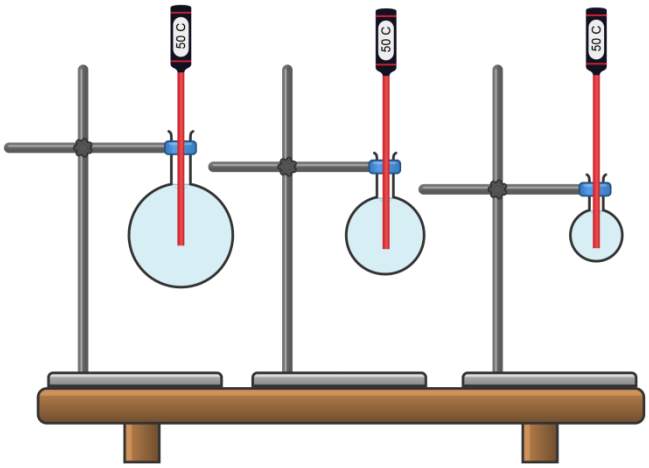
erweitertes / zusätzliches / unverwertetes Material

Q: CLARKE, Andrew; PÖRTNER, Hans-Otto: Temperature, metabolic power and the evolution of endothermytto: .-Biological Reviews (2010) 000-000; Cambridge Philosophical Society

Gegenüberstellung weiße(s) und braune(s) Fettzellen / Fettgewebe → https://www.deutsche-apotheker-zeitung.de/daz-az/2011/daz-49-2011/braunes-fettgewebe-physiologische-funktion-und-relevanz

Experiment zur BERGMANNschen Regel

Materialien / Geräte:
3 unterschiedliche große Gefäße (optimal: Rund-Kolben mit gleicher oberer Öffnung; alternativ ERLENMEYER-Kolben); 3 Thermometer (vorzugsweise digital); ev. Stative / Stopfen für die frei Aufhängung der Thermometer im Glas-Gefäß



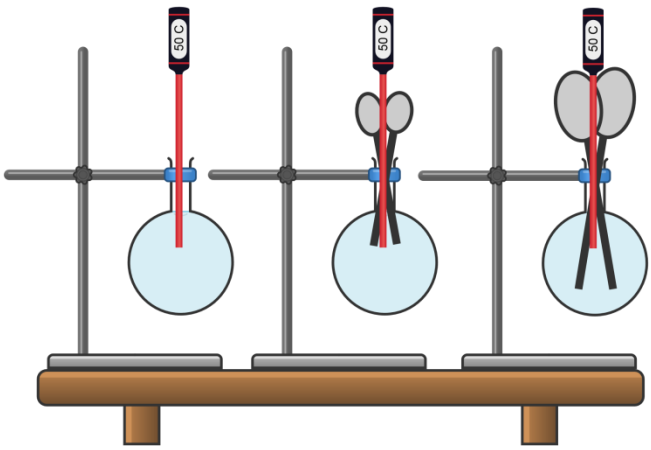
Hinweise:
Experiment kann in Gruppen erfolgen (Daten müssen vergleichbar aufgenommen und dann ausgetauscht werden!)

Durchführung / Ablauf:
- Aufbau der Anordnung (vergleichbar!)
- Wasser im Kocher auf rund 40 – 60 °C erwärmen
- Gefäße mit Wasser bis z.B. Hals-Ansatz befüllen und ev. verschließen
- Temperatur sofort und alle 5 min messen (nach 30 - 40 min oder bei ausbleibenden Veränderungen beenden)

Abwandlungen / Verbesserungen:
Verwendung von Fönen zur Simulation von Wind (es reicht ein vergleichbares Experiment zu einem Kolben!)
Verfolgung der Temperatur mit Daten-Logger (z.B. Taschenrechner, Tablet, PC, …) für deutlich mehr Meßwerte (s.a. → 🕮 **Stoff- und Energiewechsel**)

Experiment zur ALLENschen Regel

Materialien / Geräte:
3 gleiche Gefäße (Bechergläser, ERLENMEYER-Kolben, …) für 100 bis 200 ml Wasser; 2 Teelöffel, 2 Esslöffel, Wasser-Kocher; 3 Termometer (vorzugsweise digital); ev. Stative / Stopfen für die frei Aufhängung der Termometer im Glas-Gefäß (Löffel können seitlich mit Stopfen eingeklemmt werden)



Hinweise:
Experiment kann in Gruppen erfolgen (Daten müssen vergleichbar aufgenommen und dann ausgetauscht werden!)

Durchführung / Ablauf:
- Aufbau der Anordnung (vergleichbar!)
- Wasser im Kocher auf rund 40 – 60 °C erwärmen
- Gefäße mit gleicher Wassermenge befüllen und ev. verschließen
- Temperatur sofort und alle 5 min messen (nach 30 - 40 min oder bei ausbleibenden Veränderungen beenden)

Abwandlungen / Verbesserungen:
statt der Löffel können auch Cupfer-Bleche (ev. als Ohren geformt / ausgeschnitten verwendet werden (→ stärkerer Effekt wegen sehr hoher Wärme-Leitfähigkeit von Cu)
Verwendung von Thermo-Gefäßen mit breitem Deckel (für Eis) (ev. auch isolierte Kaffebecher) (→ Wärme-Abgabe nur über Anhänge)
Verwendung von Fönen zur Simulation von Wind
Verfolgung der Temperatur mit Daten-Logger (z.B. Taschenrechner, Tablet, PC, …) für deutlich mehr Meßwerte (s.a. → 🕮 **Stoff- und Energiewechsel**)

2.2.1.x. Wasser

Funktionen / Bedeutung des Wasser's in (und an) Lebewesen

• **Grundstoff Grundbaustein**	Lebewesen bestehen (immer) zum größten Teil aus Wasser (durchschnittlich zu 70 %) → wichtig für Masse und Volumen der Organismen
• **Lösungsmittel**	löst polare Stoffe (Salze, Proteine, niedermolekulare Kohlenhydrate, …) unpolare Stoffe werden nicht gelöst → können deshalb als Speicherstoffe und / oder Abgrenzungen dienen gelöste Stoffe sorgen für eine Gefrierpunkts-Erniedrigung
• **Reaktionsmittel**	für viele Zerlegungs-Reaktionen gebraucht (→ Hydrolyse(n) (von Fetten, hochmolekularen Kohlenhydraten und Proteinen)) chemischer Verbrauch von Wasser wird bei Bildungs-Reaktionen von Fetten, hochmolekularen Kohlenhydraten und Proteinen frei → Assimilations-Wasser
• **Transportmittel**	für gelöste Stoffe und Wärme (→ Kreisläufe, Wärme-Haushalt, …) für kolloidal gelöste Stoffe ist Wasser das(!) Transportmittel
• **Quellmittel**	Proteine und viele höher-molekulare Kohlenhydrate nehmen viel Wasser in ihre Molekül-Struktur auf → Volumen-Vergrößerung; Wasser-Speicher
• **Lebensraum**	evol. erster Lebensraum der Organismen, heute immer noch große Mengen von Arten direkt oder indirekt von Wasser als Lebensraum abhängig viele Organismen-Gruppen leben bis heute nur aquatisch osmotische Situationen möglich, die ev. Nachregulationen erfordern
• **Tugor**	verantwortlich für den Zell-Innendruck → reguliert Öffnung und Schließung der Spaltöffnungen (Stomata)
• **…**	Dichte-Anomalie Gefrierpunkt begrenzt Lebens-Raum in Richtung tiefere Temperaturen

Wasser ist durch mehrere Anomalien gekennzeichnet. Damit sind Eigesnschaften oder deren Ausprägungen gemeint, die man eigentlich nicht erwarten würde, wenn man vergleichbare Stoffe / Moleküle betrachtet. Als wesentliche Ursache für die abweichenden Merkmale können die ausgeprägten Wasserstoff-Brücken-Bindungen (WBB) zwischen den Wasser-Molekülen angesehen werden (s.a. → 2.2.1.x.2. Umweltfaktor Wasser als Lösungsmittel).
Die bekannteste Anomalie ist die Dichte-Anomalie. Kern ist der Fakt, dass Wasser bei 4 °C die größte Dichte besitzt und auch bei -4 °C eine anormale kleine Dichte hat.
Die Dichte-Anomalie ist eine wesentliche Grundlage für die Wasser-Stagnation und –Zirkulation in Seen (→ Ökosystem: Süßwasser-See) und Ozeanen (→ Ökosystem: Ozean / Meer).

2.2.1.x.1. Wasser allgemein / Wasser als Grundstoff

Benennung / Reservoir	Menge / Volumen [km³]	Anteil am Gesamt-wasser der Erde [%]	
Salzwasser			
Weltmeere	1'348'000'000	97,39	
Süßwasser			
Polareis, Gletscher, Meereis	27'820'000	2,01	
Grundwasser, Bodenwasser	8'062'000	0,58	für Land-Lebewesen direkt nutzbar
Seen, Flüsse	225'000	0,02	
-- Baikalsee	23'615		
-- Bodensee	48		
-- Müritz	0,74		
--			
Atmosphäre	13'000	0,001	

Beim klimatischer Wasserhaushalt betrachtet man die Wasser-Aufnahme bzw. Wasser-Verfügbarkeit im Verhältnis zur Wasser-Abgabe (Wasser-Entzug)
Wenn reichlich Wasser vorhanden ist – also mehr als der Organismus braucht – dann spricht man von humiden Verhältnissen.

arid	humid
negativer Wasser-Haushalt	positiver Wasser-haushalt
geringe / seltene Niederschläge	häufige / umfangreiche Niederschläge

Bei ariden Bedingungen bedarf es einer zusätzlichen Wasser-Versorgung, da die Umgebung (z.B. wegen hohenen Temperaturen) viel Wasser entzieht.

Klassifikation der Fließgeschwindigkeit von Fließgewässern

Fließge-schwindigkeit [m/s]	Klassi-fika-tion	Bezeichnung	Beschreibung	
< 0,03	I	nicht erkennbar f.	fast stehend od. Kehrströmung	
0,03 – 0,1	II	träge fließend	Strömung sehr schwach, aber erkenn-bar fließend	
0,1 – 0,3	III	langsam fließend	erkennbar fließend; Wasserspiegel fast glatt	
0,3 – 1	IV	schnell fließend	Strömung mit mäßiger Turbulenz	
> 1	V	reißend	turbulente Wasserbewe-gung	
> 1	VI	stürzend	äußerst turbulent; laut rauschend	

Tiere	
Organismus od. Gruppe	**Wassergeh-alt [%]**
Flußkrebs	84
Forelle	75
Küchenschabe	61
Mensch	73
Pantoffeltierchen	89
Quallen	99
Regenwürmer	87
Wasserfrosch	80

Pflanzen	
Organismus od. Gruppe	**Wasser-gehalt [%]**
Gurke	96 – 97 %

Tiere	
Teil od. Gewebe	**Wassergeh-alt [%]**

Pflanzen	
Teil od. Gewebe	**Wasser-gehalt [%]**
Früchte	85 – 95
Holz, frisch	50
Laub, frisch	80 – 90
Samen, Fett-speichernde	5 – 7
Samen, reif	10 – 15
Wurzeln	70 – 95
Zellplasma	85 – 90

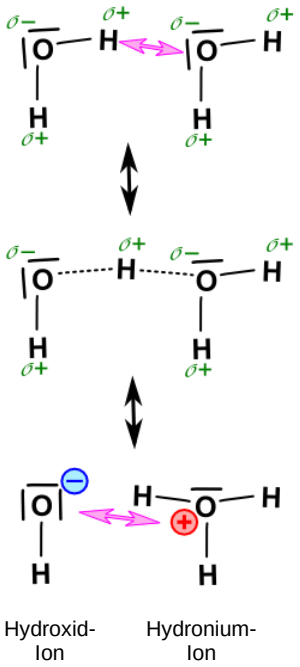
Aufgaben:

1.
2. *Der Physik-Schlaumeier des Kurses behauptet, dass die Titanic nur deshalb untergegangen ist, weil das Wasser eine Dichte-Anomalie hat. Setzen Sie sich mit dieser Behauptung auseinander!*
3. *Warum ist eigentlich der Schutz der heimischen Gewässer (Seen, Flüsse, Grundwasser) so wichtig?*

2.2.1.x.2. Umweltfaktor Wasser als Lösungsmittel

besonders wichtig Löslichkeit der Gase Sauerstoff, Cohlendioxid, Ammoniak, Schwefelwasserstoff und Stickstoff
in marinen Ökosystemen auch noch Methan (→ Bildung von Methanhydrat)
Sauerstoff, Methan, Stickstoff und ähnliche Gase werden praktisch nur physikalisch gelöst
abhängig von Temperatur, mit steigender Temperatur sinkt die Löslichkeit der Gase
bei kleineren Temperaturen können sich die Moleküle gut zwischen den Wasser-Molekülen (Wasser-Clustern) aufhalten
steigt die Temperatur, das entspricht ja der schnelleren Bewegung der Teilchen, dann werden die sehr locker an die Wasser-Teilchen gebundenen Moleküle (also die "gelösten" Gase) aus den Molekül-Lücken verdrängt

die zwischen den Wasser-Molekülen bestehenden **Wasserstoff-Brückenbindungen** bewirken den flüssigen Zustand von Wasser bei 20 °C



Die Wasserstoff-Brückenbindugen bilden sich, weil innerhalb der Wasser-Moleküle starke Verschiebungen der Bindungs-Elektronen vorliegen
Sauerstoff ist elektronegativer ("Elektronen-geiler") als Wasserstoff
es bilden sich **partielle** ("teilweise") **Ladungen**
im Wasser orientieren sich die Moleküle entsprechend der Ladungen zueinander aus
bei einer (weiteren) Annäherung der Moleküle passiert es, dass die teilweise positiv geladenen Wasserstoff-Atome mehr von einem Nachbar-Molekül (dessen teilweise negativ geladenen Sauerstoff-Atom) angezogen werden, als vom eigenen Sauerstoff-Atom
Das andere Molekül übernimmt in seltenen Fällen (1 : 10'000'000) den Wasserstoff als Ion.
Das Ion des Wasserstoff's ist ja praktisch nur der Atomkern (entspricht einem Proton). Das aufnehmende Wasser-Molekül wird so zum **Hydronium-Ion**, das andere zum **Hydroxid-Ion**.
Die verschiedenen Vorgänge stehen in dynamischen Gleichgewichten – es werden ständig neue Beziehungen aufgebaut und auch wieder gelöst.

Cohlendioxid, Ammoniak und Schwefelwasserstoff sind auch chemisch in Wasser löslich

$$CO_2 + H_2O \rightleftharpoons \underset{\text{Cohlensäure}}{H_2CO_3}$$

$$H_2CO_3 + 2\,H_2O \rightleftharpoons \underset{\text{Hydronium-Ion}}{2\,H_3O^+} + \underset{\text{Carbonat-Ion}}{CO_3^{2-}}$$ Säure-Base-Reaktion

→ pH < 7 → Das Lösen von Cohlendioxid ergibt eine schwache Säure.

$$NH_3 + H_2O \rightleftharpoons \underset{\text{Ammonium-Ion}}{NH_4^+} + \underset{\text{Hydroxid-Ion}}{OH^-}$$ Säure-Base-Reaktion

→ pH >7 → Löst sich Ammoniak in Wasser, dann entsteht eine schwache Base.

$H_2S + 2\,H_2O \rightleftharpoons 2\,\mathbf{H_3O^+} + S^{2-}$ (Sulfid-Ion) Säure-Base-Reaktion

→ pH ≤ 7 → Das Lösen von Schwefelwasserstoff erzeugt nur eine sehr sehr schwache Säure (praktisch neutral). Die Sulfid-Ionen sind aber für viele Organismen giftig.

besonders im Zusammenspiel mit Calcium-Ionen ergeben sich eine Vielzahl von Reaktionen, die von Ausfällungen und Auflösungen geprägt sind und stark in den Stoffwechsel von Organismen eingreifen

$Ca^{2+} + CO_3^{2-} \rightleftharpoons CaCO_3\downarrow$ Fällungs-Reaktion

$CaCO_3 \overset{H_2O}{\rightleftharpoons} Ca^{2+} + CO_3^{2-}$ (schwer-lösliches Salz / Carbonat)

Gleichgewicht bei den Ausgangsstoffen

Calciumcarbonat wird durch Kohlensäure (bzw. anderen Säuren) wieder aufgelöst, zuerst Umwandlung in Hydrogencarbonat:

$CaCO_3 + H_2CO_3 \rightleftharpoons Ca(HCO_3)_2$ (Calciumhydrogencarbonat)

Auflösung des Hydrogencarbonates in Wasser:

$Ca(HCO_3)_2 \overset{H_2O}{\rightleftharpoons} Ca^{2+} + 2\,HCO_3^-$ (lösliches Salz / Carbonat)

Hydrogencarbonat-Ion

bei Temperatur-Erhöhung kann es zum Zerfall des Hydrogencarbonat-Ions kommen:

$HCO_3^- \rightleftharpoons CO_2\uparrow + OH^-$

dies bewirkt in Folge dann wieder durch das Lösen im Wasser die Bildung von Carbonat-Ionen (CO_3^{2-}).

Reaktionen spielen z.B. eine Rolle bei:

- Bildung von Schalen und Gehäusen
- Aufnahme und Nutzung als CO_2-Quelle für die Photosynthese (durch Pflanzen)
- Einlagerungen in Zellwände
- biogene Entkalkung
- …
- Verkalkung von Röhren und technischen Apperaturen zur Wasser-Aufbereitung

biogene Entkalkung

Wasser-Pflanzen entziehen dem Wasser das notwendige CO_2 für ihre Photosynthese (📖 **SEW**)
viele Pflanzen nutzen dazu das Hydrogencarbonat (früher auch Bicarbonat genannt)
Aus dem Bicarbonat wird dann Cohlenstoffdioxid und es bleiben Hydroxid.Ionen im Wasser übrig

Ursache: ↘ (Entzug durch Pflanzen)

$$HCO_3^- \rightleftharpoons CO_2 + OH^-$$

Wirkung: ↘ c; ↗ c; pH

die gebildeten Hydroxid-Ionen lassen den pH-Wert des Wasser's steigen
das Gleichgewicht wird in Richtung der CO_2-Bildung verschoben
die überschüssigen Hydroxid-Ionen reagieren nun verstärkt mit weiterem Hydrogencarbonat unter Bildung von Carbonat (früher auch Monocarbonat) und Wasser

Ursache: ↗

$$HCO_3^- + OH^- \rightleftharpoons CO_3^{2-} + H_2O$$

Wirkung: ↘ ↗

dadurch wird dieses Gleichgewicht ebenfalls in Richtung Produkte verschoben
die jetzt in größerer Menge vorliegenden Carbonat-Ionen
diese reagieren mit den gelösten Calcium-Ionen zu schwerlöslichem Calciumcarbonat

Ursache: ↗

$$Ca^{2+} + CO_3^{2-} \rightleftharpoons CaCO_3\downarrow$$

Wirkung: ↘ ↗

das sowieso schon in Richtung Produkt gelagerte (Löslichkeits-)Gleichgewicht wird weiter in Richtung des schwerlöslichen Salzes verlagert
Chemiker kennen das als Veränderung von Löslichkeits-Gleichgewichten durch gleich-ionigen Zusatz. Da das Löslichkeits-Produkt (Produkt der Konzentration der gelösten Ionen) für jedes Salz konstant ist, bleibt dem Gleichgewicht nur die Veränderung in Richtung ausgefälltem Salz (Prinzip von LECHATELIER))
letztendlich kommt es zu einer verstärkten Ausfällung von Calciumcarbonat
dieses kann sich auf Pflanzen und anderen Oberflächen absetzen oder aber auch als Mikro-Kristalle (kolloidal) gelöst das Wasser trüben
sowohl die Wasser-Trübung als auch abgesetztes Calciumcarbonat auf Blättern und Stengeln behindern die weitere Photosynthese und das Pflanzen-Wchstum
positiver Nebeneffekt aus der Sicht des Menschen ist die Bildung von weicherem Wasser
in der Natur stört der Calcium-Mangel aber bei der natürlichen Bildung z.B. von Muschel- und Schnecken-Schalen
der Begriff Entkalkung bezieht sich darauf, dass nun weniger Calcium-Ionen vorhanden sind
das abgesetzte / niedergeschlagene Calciumcarbonat kann

bei einer Temperatur-Erhöhung oder auch stark bewegtem Wasser kann es zum Zerfall des Hydrogencarbonat-Ions kommen:

$$HCO_3^- \rightleftharpoons CO_2\uparrow + OH^-$$

dieses Cohlendioxid entweicht aus dem Wasser und ist für die Wasser-Pflanzen als Nährstoff verloren

$$CO_2 = \frac{KH}{2{,}8} \cdot 10^{7{,}91 - pH}$$ CO_2 [mg/l] KH (Karbonathärte) [°dH]

z.B. für Aquarien optimal ein CO_2-Gehalt von 10 bis 40 mg/l

in den letzten Jahrzehnten kommt es durch antropogene Cohlendioxid-Freisetzung zu einem erhöhten CO_2-Eintrag in die Weltmeere
letztendlich versauern die Meere dadurch, ihr pH-Wert sinkt
die zusätzliche Säure bewirkt stärke Auflösung von marinen Kalk (Muschel-Schalen, Korallen-Gerüste, …)

Aufgaben:

1. ***Erläutern Sie chemischen Gleichungen und die dargestellten Gleichgewichte zur biogenen Entkalkung!***
2. ***Entwickeln Sie ein Fluß-Diagramm, dass die Vorgänge der biogenen Entkalkung abbildet! (Stoffe können als Zustände (Stoffmenge) verstanden werden)***
3. ***Der Biologie-Schlaumeier des Kurses behauptet, dass sich deshalb auf Pflanzen relativ viel Kalk absetzten kann, weil die Pflanzen Photosynthese betreiben. Setzen Sie sich mit dieser Aussage auseinander!***
4. ***Könnte man nicht CO_2 aus Verbrennungs-Vorgängen für die Verbesserung der CO_2-Versorgung in (biogen) verkalkten Seen einsetzen? Diskutieren Sie diese Idee!***
5. ***Wie wirkt sich der anthropoge Cohlendioxid-Eintrag in die Meere auf das folgende chemische Gleichgewicht aus? Kennzeichnen Sie Ursache(n) und Wirkung(en) mit entsprechenden Wirk-Pfeilen! (Nutzen Sie das obige Schema!)***

   $HCO_3^- \rightleftharpoons CO_2 + OH^-$
6. ***Der Bio-Schlaumeier meint nun, dass sich biogene Entkalkung und anthropogener CO_2-Eintrag in einem neuen Gleichgewicht einpegeln und dann z.B. die Muscheln und Schnecken wieder normale / normal-dicke Schalen bilden. Diskutieren Sie diese Behauptung(en)!***

Natriumchlorid / Kochsalz / Meersalz → Salinität (→ 2.2.1.x. Salzgehalt (des Wassers) / Salinität)
andere Ionen bei → Nährsalzen (→ 2.2.1.x.2. Boden-Nährsalze)

2.2.1.x.3. pH-Wert des Wassers

Art / Gruppe	pH-Bereich
Pflanzen	

Art / Gruppe	pH-Bereich
Tiere	
Bachforelle	5,5 – 9,4
Barsche	?? – 9,2
Hecht	4,0 – 10,8
Karpfen	4,5 – 10,8
Karpfensetzling	?? – 6,0
Regenbogenforelle	4,5 – 9,4

diverse Pflanzen sind stenök hinsichtlich bestimmter pH-Wert-Bereiche
diese werden dann als Zeiger-Pflanzen (→ 2.4.3.x. Zeiger-Arten) zur Charakterisierung der Ökosysteme / Lebensräume / Pflanzen-Gesellschaften benutzt

Die Versauerung eines Gewässers ist geprägt durch die Steigerung der Konzentration der Wasserstoff-Ionen.

Genau diese wird ja mit dem pH-Wert ausgedrückt.
Es handelt sich um eine exponentielle Beziehung.

$$pH = -\lg c[H^+] \quad \text{bzw.} \quad pH = -\lg c[H_3O^+]$$

Steigt die Konzentration der Wasserstoff-Ionen um das 10fache, dann erniedrigt (negatives Vorzeichen vor dem Logarithmus) sich der pH-Wert um 1.
Mit der Versauerung von Gewässern kommt gleichzeitig auch zu einem Anstieg der Konzentration von Sulfat- und Nitrat-Ionen. Aluminium-, Calcium- und Magnesium-Ionen werden vermehrt aus dem Untergrund gelöst.

Aufgaben:

1. *Berechnen Sie die Konzentration der Wasserstoff-Ionen (Hydronium-Ionen) für die folgenden pH-Werte!*
2. *Ein fast ausgetrockneter Stausee ist z.Z. gerade mal mit 1 km³ Wasser gefüllt. Bei Messungen des pH-Wertes fand man einen Wert von 5. Wieviel (reines Gletscher-)Wasser wird benötigt, um einen pH-Wert von 7 zu erreichen? Reicht eigentlich die Kapazität des Stausee's von 5 km³ dafür aus? Oder geht das überhaupt nicht, weil das Verdünnen einer Säure immer wieder eine Säure ergibt? Begründen Sie Ihre Meinung u.a. auch durch geeignte Berechnungen!*
3. *Der Chemie-Schlaumeier der Klasse behauptet, dass man einen basischen Stausee niemals von pH=8 auf einen neutralen Wert bringen kann. Setzen Sie sich mit dieser Aussage auseinander!*

2.2.1.x.4. Niederschlag

ombrogen = durch Regen entstehend / bedingt

vor allem Winter-Niederschläge bewirken starke mechanische Belastungen
gefrorenes Wasser steht nicht für Lebens-Prozesse zur Verfügung – praktisch im Winter Wasser-Mangel (Mangel an flüssigem Wasser)
ist auch für den Blatt-Abwurf bei Laubbäumen ursächlich

starke Effekte bei der Verwitterung und Auswaschung von Gesteinen
größere Erosion kann den Halt von Pflanzen gefährden, weil Wurzeln freigespült werden
außerdem kommt es meist zur Auslaugung des Boden's

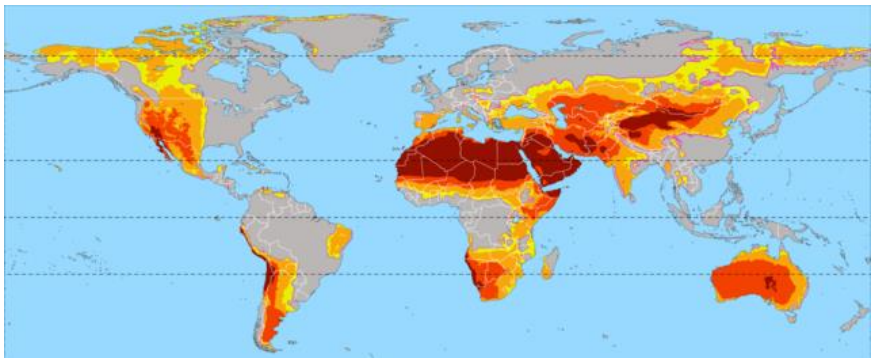
für Pflanzen bringt das oberflächlich verfügbare Wasser viele gelöste Stoffe (Nährstoffe) mit sich, diese werden z.B. aus den obersten Boden-Schichten gelöst

2.2.1.x.5. Luftfeuchtigkeit

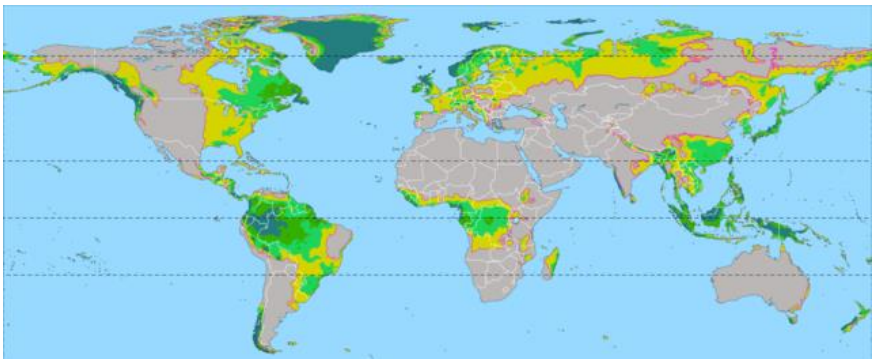
Die Luftfeuchtigkeit hat größere Bedeutung für die Organismen hinsichtlich der Austrocknung sowie Verdunstung und Transpiration.
Daneben steigt bei größerer Luftfeuchtigkeit allgemein die Gefahr eines Pilz-Befalls.

Bei Pflanzen und Tieren gibt es Beispiele, bei denen diese ihren Wasser-Bedarf über die Aufnahme aus der Luft decken. Dahingehend sind vorrangig Wüsten-Lebewesen mit solchen Anpassungen ausgestattet. Dazu gehören z.B. größere Anhängsel oder Flächen, die kälter als der restliche Körper ist oder abgeschattet sind. Dadurch steigt die Bildung von Tau, der dann über Rinnen usw. gesammelt wird.

Regel: Zunahme der Färbung / Pigmentierung im Zusammenhang mit einer Annährung an den Äquator
GLOGERsche Regel (s.a. → 2.2.1.x. Temperatur)
Besonders bei Vögeln tritt das verstärkt auf. Die Pigmentierung ist aber wohl eher durch die steigende Luftfeuchtigkeit hin zum Äquator verursacht. Als Erklärung geht man davon aus, dass die – in dunkler Haut und Federn verstärkt vorkommenden – Pigmente von bestimmten Haut- und Federn-zersetzenden Bakterien nicht so gut abgebaut werden können.



Trocken-Klimate / aride Lebens-Bedingungen
Q: de.wikipedia.org (Führtenleser)



Feucht-Klimate / humide Lebens-Bedingungen
Q: de.wikipedia.org (Führtenleser)

2.2.1.x.6. Anpassungen der Organismen an den Umwelt-Faktor Wasser

osmo-konform
Organismen können den Wasserhalt und die Osmo-Rgulation nicht aktiv beeinflussen
sie sind praktisch von den umgebenden osmotischen Verhältnissen abhängig und auf passende Lebensräume eingeschränkt

deshalb auch manchmal als poikilosmotisch Organismen bezeichnet

meist sind die Lebewesen und / oder deren Zellen isotonisch zur Umgebung
meist isotonisch zum Meerwasser

Vorteil:
- keine extra Energie-Verbrauch für Regulation des Wasserhaushalts
- Elektrolyte liegen im geeigneter (Gesamt-)Menge vor
- …

Nachteile:
- starke Abhängigkeit von sich verändernden Umgebungs-Bedingungen (Wasser)
- …

osmo-regulierend
Organismen können ihren Wasserhaushalt und den Wasser-Austausch mit der Umgebung aktiv beeinflussen

auch als homoiosmotisch bezeichnet, sie halten ihren eigenen Elektrolyt-Haushalt auch gegen Veränderungen in der Umwelt konstant

sie sind weniger von den umgebenden osmotischen Verhältnissen abhängig und können so mehr Lebensräume nutzen

Vorteil:

- geringere Abhängigkeit von sich verändernden Umgebungs-Bedingungen (Wasser)
- größere Verbreitungs-Gebiete möglich
- …

Nachteile:

- extra Energie-Verbrauch für Regulation des Wasserhaushalt's
- …

Für Land-Pflanzen sind Lebensräume mit Salz-haltigem Boden oder an Salzwasser-Küsten (z.B. Mangroven) sehr schwierig. Sie benötigen unbedingt Wasser für die Photosynthese. Neben der Verwendung als Ausgangsstoff in den Licht-abhängigen Reaktionen (Lichtreaktionen) wird es auch zum Öffnen der Spalt-Öffnungen gebraucht. Nur dann kann der zweite Ausgangsstoff – das Cohlenstoffdioxid – aus der Umgebung aufgenommen werden. Eine gefilterte Aufnahme von Wasser in den Wurzeln ist nur in einem geringen Umfang möglich. Das aufgenommene Wasser ist immer Salz-haltig. Dieses Salz-Wasser gelangt nun bis in die Laubblätter und muss nun transpiriert werden. Da das Wasser dabei verdunstet, bleibt Salz zurück. Das Salz kann sich z.B. als Kristalle auf den Blättern absetzen, oder es werden besonders dicke Blätter mit Salzwasser-Speichern angelegt.



Salz-Kristall-Bildung
an einem Mangroven-Baum
Q: de.wikipedia.org (ulf Mehlig)

Eine einfache osmotische regulierung finden wir mit der sogenannten pulsierenden Vakuole in einigen tierischen Einzellern (z.B. *(a) Paramecium spec.* (Pantoffeltierchen)). Diese ist <u>nicht</u> direkt mit den Vakuolen pflanzlicher Zellen vergleichbar. Gleichwohl sind auch sie für die Regulation des Wasserhaushaltes verantwortlich.
Pantoffeltierchen leben im Süßwasser. Bedingt durch einen hohen Anteil an gelösten Stoffen im Cytoplasma (dadurch relativ weniger Wasser) kommt es zu einer ständigen Wasseraufnahme in die Zelle. Irgendwann würde die Zelle platzen.



Pantoffeltierchen, *(g) Parameceum*
Q: www.flickr.com (→ www.carolina.com)

Die pulsierende Vakuole "sammelt" das überschüssige Wasser aus dem Cytoplasma. Sie ist durch ein feines Kanälchen mit der Außenwelt verbunden. Mittels einer Kontraktion wird der Inhalt der Vakuole in den extrazellulären Raum abgeleitet. Diese Kontraktionen finden in regelmäßigen Abständen statt. Deshalb spricht man von einer pulsierenden / kontraktilen Vakuole.

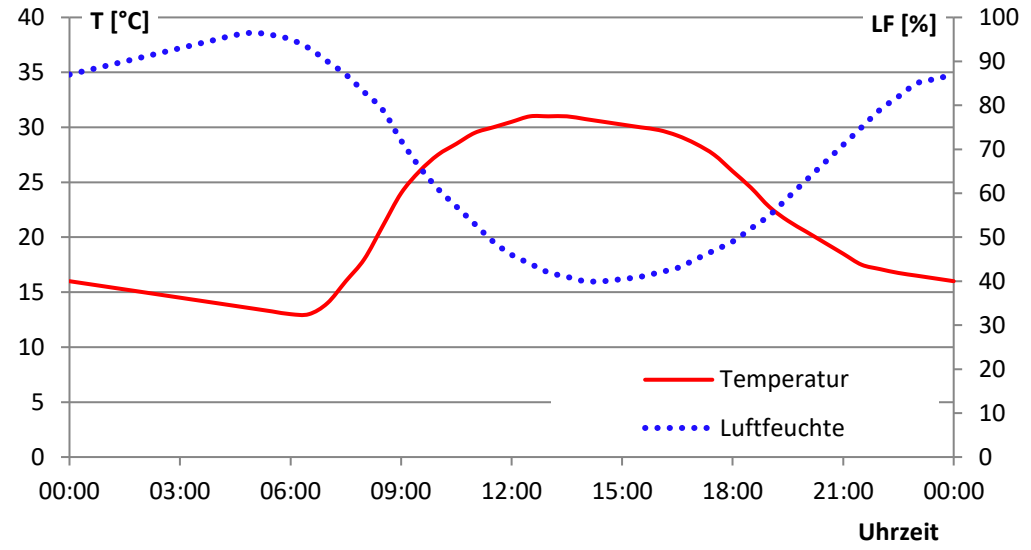


EM-Aufnahme
Q: www.ebiomedia.com

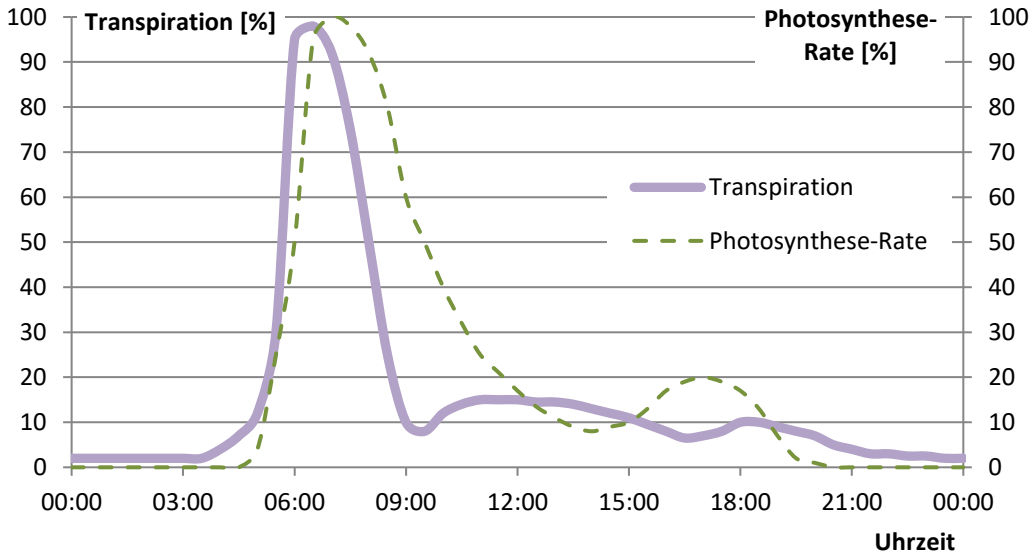
2.2.1.x.6.1. Anpassungen von Pflanzen an den Umwelt-Faktor Wasser

Wasserhaushalt: Wasseraufnahme vorrangig über Wurzel, aber auch über Blatt- oder Sproß-Oberfläche, notwendig, um auch die benötigten anorganischen / mineralischen Ionen aufnehmen zu können
Wasser-Abgabe vorrangig über Spaltöffnungen der Laubblätter, dadurch entsteht Transpirations-Sog
Wasser besondes bei krautigen Pflanzen und Laubblättern zur Aufrechterhaltung der Struktur notwendig (Tugor)
ohne ausreichenden Tugor öffnen auch die Spaltöffnungen nicht; Wasser-Mangel bewirkt Verschluss der Stomata (Spaltöffnungen)
damit fehlt die Möglichkeit Cohlenstoffdioxid aus der Umgebungsluft aufzunehmen

Tagesverlauf von Temperatur und Licht haben zur Luftfeuchtigkeit gegenläufige Veränderungen



Pflanzen reagieren mit ungleichförmiger Photosynthese und Transpiration
starker Selektions-Druck mit stark differenzierten Anpassungen



Aufgaben:

1. *Erklären Sie die Kurven-Verläufe der beiden obigen Diagramme zuerst jeweils einzeln und dann im Zusammenhang!*
2. *Stellen Sie Hypothesen für den Fall auf, dass die Luftfeuchtigkeit – z.B. durch trockne Winde – ganztägig auf unter 60 % sinkt!*
3. *Wie können Pflanzen eigentlich an Tagen mit "geschlossenen" Spaltöffnungen überleben? Geben Sie mindestens zwei Wege für eine Versorgung mit ausreichend Energie an!*

Daten zu Spaltöffnungen

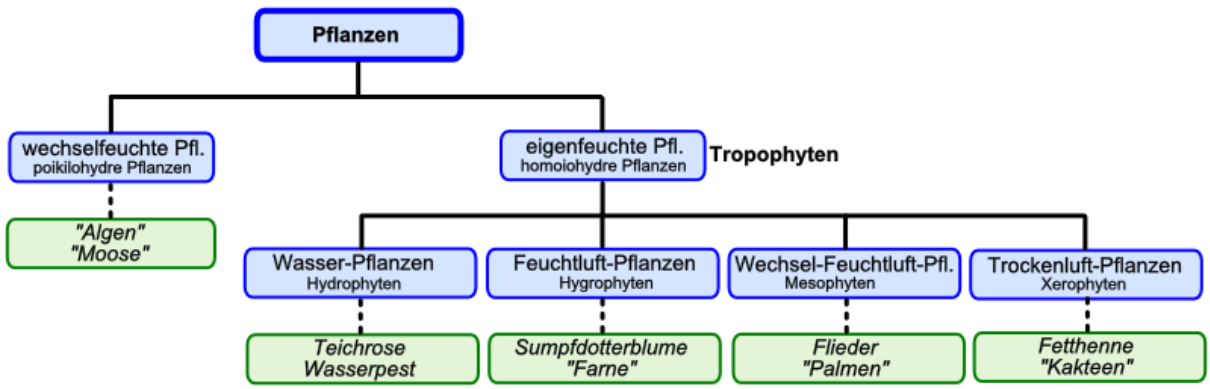
Pflanzen-Gruppe	Anzahl Stomata	Poren-Anteil an Blattfläche [%]	
Kräuter, sonnige Standorte	100 – 200	0,8 – 1,0	
Kräuter, schattige Standorte	40 – 100	0,8 – 1,2	
Gräser	50 – 100	0,5 – 0,7	
Palmen	150 – 180	0,3	
Waldbäume, tropisch	200 – 600	1,5 – 3,0	
Laubbäume, sommergrün	100 – 500	0,5 – 1,2	
Hartlaub-Gewächse, immergrün	100 – 500	0,2 – 0,5	
Nadelbäume	40 – 120	0,3 – 1,0	
Zwergsträucher, immergrün	100 – 300	0,3	
Wüstensträucher	150 – 300	0,3 – 0,5	
Sukkulenten	15 – 50	0,1 – 0,4	

Q: ausgewählte Daten /37, S. 282 (nach LACHER, 1991)/

Aufgaben:

1. *Entwickeln Sie ein Verfahren, um die Daten aus der Tabelle zu den Spaltöffnungen u.a. auch graphisch auszuwerten!*
2. *Erläutern Sie die von Ihnen erzeugten Diagramme! Diskutieren Sie diese innerhalb des Kurses!*

Pflanzen werden nach den vorherrschenden Feuchtigkeits-Verhältnissen in ihrem Lebensraum in mehrere Gruppen eingeteilt. Die speziellen morphologischen, anatomischen und physiologischen Anpassungen stützen dieses Einteilungs-Prinzip.



wechsel-feuchte Pflanzen

auch, aber seltener: poikilohydre / poikilohydrische Pflanzen)
Lebens-Aktivität von der Umgebungs-feuchte bzw. von der Menge des verfügbaren Wassers abhängig

Algen, Moose, verschiedene (einfache) Farne

vor allem der Fortpflanzungs-Zyklus ist vom Vorhandensein des Wasser's geprägt

Die Farn-Pflanze "Rose von Jericho" ist ein Extrem-Beispiel für die Anpassung an die Wasser-Verhältnisse in der Wüste. In der meisten Zeit überlebt sie ausgetrocknet als braunes Knäul. Steht nach einem der seltenen Regen genug Wasser zur Verfügung dann ergrünt das Farn und bildet an der Unterseite der Blätter Sporen. Diese werden bei der nachfolgenden Trockenheit verbreitet. Anfeuchten Stellen könnd die Sporen dann zu neuen Pflanzen heranwachsen.





Rose von Jericho ((*s) Anastatica hierochuntica*)
oben: im ausgetrockneten Zustand
unten: nach Wasser-Gabe
ungefähr 2 Tage später
Q: www.flickr.com (

Moose
in feuchten Wäldern, meist halb- bis voll-schattige Standorte
können Trocken-Zeiten überstehen und "leben" wieder auf, wenn genug Wasser vorhanden ist

haben kein Stütz- und kein Leit-Gewebe

Blättchen sehr dünn, meist nur zwei-schichtig

komplizierte Vermehrung über Sporen, die auf Wasser zur Verbreitung und der weiteren Entwicklung angewiesen sind

Farne

Parallel- oder Schwestern-Gruppe zu den Samen-Pflanzen

bilden für die Verbreitung Sporen
Sporen-meist als braune Sporen-Kapseln zu erkennen; Sporen selbst sind kaum sichtbar

Sporen brauchen zur Verbreitung trocknere Zeit
für die Weiterentwicklung der Spore wird Wasser gebraucht

sie besitzen Leit- und Stütz-Gewebe

werden wegen der typischen Eigenschaften auch Gefäß-Sporen-Pflanzen genannt

mehr an schattigen Standorten, da kaum Schutz vor Austrocknung vorhanden ist

Aufgaben:

1. *Informieren Sie sich über verschiedene Überlebens-Strategien von Pflanzen während Trocken-Zeiten!*

eigen-feuchte Pflanzen – Tropophyten

Gegengruppe zu den wechsel-feuchten Pflanzen (→)
auch, aber seltener: homöohydre / homoiohydre / homoiohydrische / (gleichfeuchte) Pflanzen

verschiedene Untergruppen, die sich am verfügbaren Wasser orientieren und die Pflanzen ähnliche morphologische und anatomische Merkmale zeigen

Einteilungs-Übersicht s.a.w.v. → 2.2.1.x.6.1. Anpassungen von Pflanzen an den Umwelt-Faktor Wasser

Lebens-Aktivität von der Umgebungsfeuchte bzw. von der Menge des verfügbaren Wassers unabhängig
haben Anpassungen, um mit Über- oder Unterangeboten an flüssigem / verfügbarem Wasser klar zu kommen

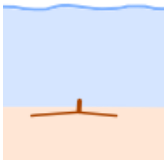
typische Beispiele:
"Farne", "Samenpflanzen"

Wasser-Pflanzen (Hydrophyten)

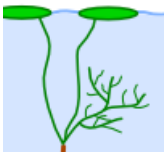
Pflanzen im oder direkt auf dem Wasser (Schwimm-Pflanzen)
Flüsse, Seen, Meere



Amazonas-Risenseerose, (s) Victoris amazonica
Q: de.wikipedia.org (Kett)



wenig ausgeprägtes Wurzel-System; häufig mit Wurzelstock (Fixierungs-Funktion)
Aufnahme der Nährstoffe direkt über die Epidermis (nicht über die wenigen Wurzeln / Wurzelhaare)
Spross mit weiträumigen Interzellularen (Luftgewebe = Aerochym); Transport von Cohlendioxid in tiefer unter Wasser liegende Pflanzenteile

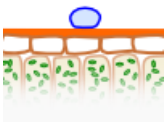


Blätter mit ausgeprägtem Schwamm-Gewebe (= Aerochym)
Schwimm-Blätter sind praktisch gedreht (Spaltöffnungen und Schwamm-Gewebe oben, Palisaden-Gewebe unten)
meist keine oder spezielle Cuticula mit Lotus-Effekt (Wasser perlt ab)
aber auch (lebende) Trichome, die ebenfalls eine Wasser-abweisende, pelzige Oberfläche bilden



typische Beispiele:
Teichrose, (s) Nuphar spec.
Seerose, (s) Nymphaea spec.
Wasserpest, (s) Elodea canadensis
Wasserhahnenfuß, (s) Ranunculus aquatilis
Laichkraut, (s) Potamogeton spec.





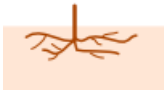


Schwimmfarn, Salvinia spec.
Q: de.wikipedia.org (Kurt Stüber)

Feucht(-Luft)-Pflanzen (Hygrophyten)

Lebensraum von einem Wasser-Überschuß geprägt (Auen(-Wälder), Sümpfe, Feucht-Wiesen, Moore, …, tropische Regenwälder)

meist Flachwurzler
ausgeprägtes Xylem (Wasser-Leitgewebe) für einen schnellen Wasser-Transport
krautig bis leicht verholzt
viele und große Blätter mit vielen und großen Spaltöffnungen
Blätter bleiben längerfristig an der Pflanze (Abwurf erst, wenn sie Stoff-wechsel-mäßig am Ende sind)





dünne Cuticula



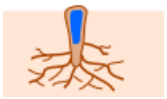
typische Beispiele:
Sumpfdotterblume, (s) Caltha palustris





Wechselfeucht(-Luft)-Pflanzen (Mesophyten)

tiefes ausgeprägtes Wurzelsystem
z.T. Wasser-Speicherfähigkeit im Wurzel-Gewebe
Sproß-Achse mit verstärkter Rinde
Abwurf (Abszission) von Laub / Blättern in Wasser-armen Zeiten
Laubblätter ev. mit reflektierender Cutikula, die auch vor Ausstrocknung der oberen Epidermis schützt
kleine(re) Spaltöffnungen (an der Unterseite des Blattes)



Anpassung der Photosynthese durch C4-Mechanismus (räumliche Trennung von erster CO_2-Fixierung und dem Umsatz (der Assimilation) im CALVIN-Zyklus)
besondere Blatt-Anatomie (zur räumlichen Trennung der CO_2-Bindung)



Mesophyll und Leitbündelscheiden-Zellen
Mesophyll entspricht einer Mischung von Palisaden und Schwamm-Gewebe, hier Fixierung des CO_2 in Form von Apfelsäure (Malat)
Leitbündelscheiden-Zellen umschließen die Leitbündel; sie verarbeiten das Malat dann im CALVIN-Zyklus weiter (genaueres im Skript → 🕮 **Stoff- und Energie-Wechsel**)



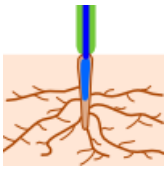
typische Beispiele:
Birke, (s) Betula spec.
Eiche, (s) Quercus spec.
Flieder, (s) Syringa spec.
"Palmen", "Laubhölzer", "Kulturpflanzen"





Trocken(-Luft)-Pflanzen (Xerophyten)

Standorte mit wenig verwertbarem Wasser
(heiße und kalte Wüste, Schnee- und Gletscher-Flächen, Steppen, Tundren, …)
neben Kakteen und Agaven gehören z.B. auch die meisten Nadelbäume zu den Xerophyten



tiefes, weit-verzweigtes Wurzel-System, um auch tiefer liegende Rest-Feuchtigkeiten / Wasser-Quellen zu nutzen; weiterhin sind die Pflanzen mit diesem Wurzel-System auch befähigt bei Regenschauern schnell größere Wasser-Mengen aufzunehmen
Sproß-Achse meist verdickt, im Inneren mit Wasser-Speichergewebe; grün
CAM-Photosynthese (nachts CO_2-Aufnahme und –Speicherung; Verbrauch aus Speicher am Tag)



Blätter verkleinert od. fehlen ganz; Umbildung der Laubblätter zu Dornen, Nadeln, …
Ausrichtung der Blätter vertikal in N-S-Richtung
eingestülpte Spaltöffnung, bei vielen Kakteen praktisch an der Oberseite / Oberfläche liegend, (oft trockne) Trichome zur Bildung einer Luft-Isolations-Schicht

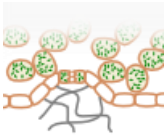


typische Beispiele:
Fetthenne oder Mauerpfeffer, (s) Sedum spec.
"Kakteen", "Lebende Steine", "Steingartengewächse"



große "Gruppen" sind die Hartlaub-Gewächse oder auch Mittelmeer-Fauna

sowie die Sukkulenten



Hartlaub-Gewächse

glänzende Suberin-Schicht (Wachs) als Cuticula, zur Verstärkung der Licht-Reflexion
dicke (Gummi- bis Leder-artige) Blätter mit vielen Gewebe-Schichten und z.T. auch Wasser-Speichergewebe

oft viele ätherische Inhalts-Stoffe (Verwendung als / für Arzneimittel oder Gewürze)



Gummibaum, *(s) Ficus elastica*
Q: de.wikipedia.org (4028mdk09)

typische Beispiele:
Gummibaum, (s) Ficus elastica
Lorbeer, (s) Laurus nobilis



Echter Lorbeer, *(s) Laurus nobilis*
Q: de.wikipedia.org (Abb. aus altem Botanik-Buch "Köhler's Medizinalpflanzen")

Sukkulenten

starke Rückbildung der Laubblätter (sehr klein oder Umbildung zu Dornen usw.) → Blatt-Metamophosen
stark verdickte Spross-Achsen → quasi senkrechtes Nadelblatt (bietet der Sonne nur eine relativ geringe Fläche an)

Stamm-Sukkulente (Platikladien)
klassische Kakteen



Wüsten-Kaktus
Q: www.flickr.com (Francoise Gaujour)

Blatt-Sukkulente (Phyllokladien)
Geld- od. Pfennig-Baum
Aloe vera
Agave
"Steingarten-Gewächse"; (F) Dickblatt-Gewächse
(F) Wolfsmilch-Gewächse

Q: de.wikipedia.org ()

Wurzel-Sukkulente

Q: de.wikipedia.org ()

<u>Aufsitzer-Pflanzen (Epiphyten)</u>

gemischte botanische Gruppen mit Vertretern aus vielen Familien, aber auch aus anderen Gruppen, die nach dem Wasser-Angebot unterteilt wurden

haben selbst (fast) keine Wurzeln (Durchdringung der Rinde der tragenden Bäume kaum möglich

für parasitische Arten sind Wurzel-artige Gebilde bekannt, die direkt die Transport-Gefäße der Wirte anzapfen

Bromelien
Trichter-förmige Blatt-Rosette mit zentralem Wasser-Reservate
gut ausgebildete Cuticula

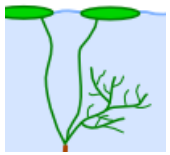
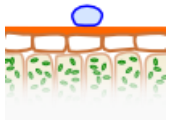
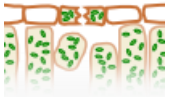
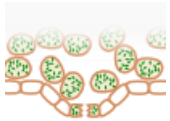
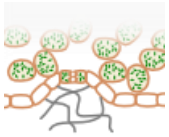
Tillsantien

Lebensräume tropische Regenwälder od. ähnliche Gebiete mit sehr feuchter Luft (z.B. Sümpfe, Mangroven, …)
nehmen Wasser nur aus der Luft auf
strukturierte Cuticula oder Trichome, um Luftfeuchtigkeit kondensieren zu lassen

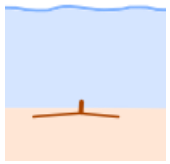
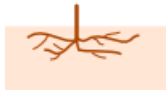
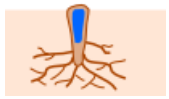
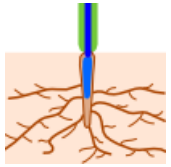
Orchideen

feuchte, wärmere Wälder
keine Primär-Wurzeln sondern nur Sproß-bürtige Sekundär-Wurzeln
mehr Luft-Wurzeln
dienen der Atmung
ausgeprägte Mykorrhizen bei der Nährstoff-Aufnahem (Wurzeln) und bei der Samen-Keimung

sind aber keine Schmarotzer, nehmen vor allem Luftfeuchtigkeit in ihrem exponierten Lebensraum in den Baumkronen bzw. am Boden auf

	Hydrophyten	Hygrophyten	Meso(hydro)phyten	Xerophyten	Epiphyten
klimatischer Wasser-haushalt	humid	humid	arid	arid	humid
Wasser-Verfügbarkeit					
Beispiele	*Teichrose* *Wasserpest* *Wasserhahnenfuß* *Laichkraut*	*Sumpfdotterblume*	*Birke, Eiche, Flieder* *"Palmen"* *"Laubhölzer"* *"Kulturpflanzen"*	*Fetthenne* *"Steingartengewächse"* *"Kakteen"* *"Lebende Steine"*	
(Laub-)Blätter					
-- Jahresgang	F S H W	F S H W	F S H **W**	F S H W	
-- Blatt-Oberfläche					
-- Spaltöffnungen					
-- An-zahl					
Formen der Photosynthese (CO_2-Fixierung)	C_3	C_3	C_3, C_4 (, CAM)	C_3, C_4. CAM	

(c,p) 2011 – 2025 lern-soft-projekt: drews

	Hydrophyten	Hygrophyten	Mesophyten	Xerophyten	Epiphyten
Sproßachse					
Wurzel(-System)					

Angaben schematisch und grob allgemeingültig (genauere Erklärungen → siehe Text)

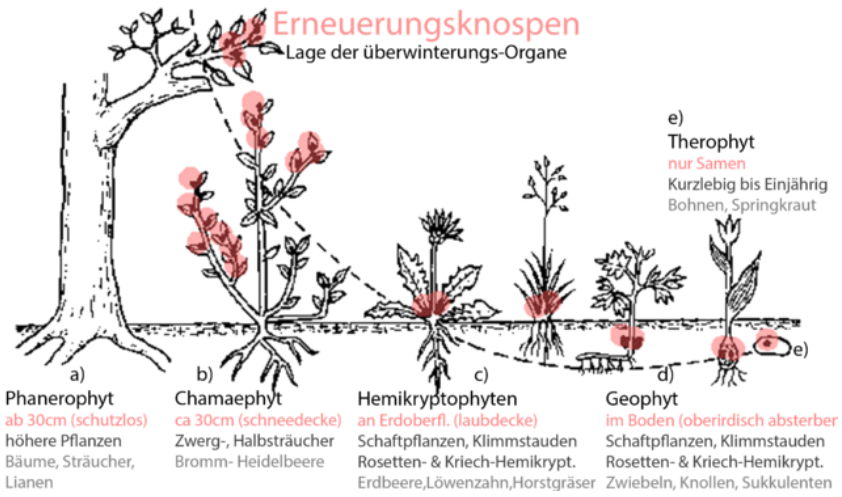
(c,p) 2011-2025 lsp: dre

wandlungsfähige Pflanzen – Tropophyten

Begriff der Tropophyten ist mehrfach belegt und als Über-Kategorie für unterschiedliche Klassifizierungen benutzt
heute benutzt man mehr die Unterteilung hinsichtlich des Wasser-Angebotes für die Pflanzen-Typen (→ eigen-feuchte Pflanzen – Tropophyten)

Lebensform von Pflanzen – keine taxonomische Kategorie; physiologische / ökologische Gruppe; Lebensform-Typen nach RAUNKIÆR (1919)
phytoökolische Klassifikation
später (1967) von ELLENBERG und MÜLLER-DOMBOIS überarbeitet und weiter unterlegt

Veränderung Aussehen und Laubabwurf bei Wassermangel
(durch das Abwerfen der Blätter wird aus einem Hyrophyten ein Xerophyt)



Lebensform-Typen nach RAUNKIÆR
Q: de.wikipedia.org (PowerlockeDurim)

dazu gehören Phaneophyten, Xerophyten; Hemikryptophyten und Kryptophyten
sie werden nach der Lage der Erneuerungs-Knospen (Erneuerungs- bzw. Überdauerungs-Organe) unterschieden

Phanerophyten sind ausdauernde verholzte Pflanzen, die mit Hilfe von Erneuerungs-Knospen Wasser-arme Zeiten (z.B. den Winter) überstehen; die Knospen befinden sich erhöht an den Ästen
Beispiel sind die Laub-abwerfenden Bäume und Sträucher

Chamaephyten sind ausdauernde verholzte Pflanzen, die mit Hilfe von Erneuerungs-Knospen Wasser-arme Zeiten (z.B. den Winter) überstehen; die Knospen befinden so tief an den Ästen, dass Schnee sie ev. bedeckt

Hemikryptophyten sind mehrjährige krautige Pflanzen oder Stauden, deren Erneuerungs-Knospen / (Neu-)Triebe an der Erdoberfäche liegen und ev. vollständig von einer Schnee-Schicht überdeckt werden

Kryptophyten sind mehrjährige Pflanzen, deren Erneuerungs-Knospen / (Neu-)Triebe unter der Erdoberfäche liegen
typische Überdauerungs-Formen sind Knollen, Zwiebeln und Rhizome
hierzu gehören z.B. Sumpfpflanzen (Helophyten), Wasserpflanzen (Hydrophyten) und Geophyten (Landpflanzen)

Therophyten sind meist nur einjährige Pflanzen, sie bilden (nur) Samen als Überdauerungs-Form

heute wird mehr die Unterscheidung in wechsel- und eigen-feuchte Pflanzen vorgenommen

moderne Einteilung nach POTT und HÜPPE	
• **Xerophyten**	trockne Standort • Therophyten (kurzlebige Pflanzen; Samen sind Überdauerungs-Organe) • Geophyten (Pflanzen mit unterirdischen überdauerungs-Organen) • Sklerophyten (Hartlaubgewächse) • Rutenpflanzen (z.B. Ginster) • Dornbuschgewächse (verdickte und verdornte Blätter) • Sukkulente (Stamm- und Blatt-Sukkulente)
• **Mesophyten**	mäßige Standorte
• **Hygrophyten**	feuchte Standorte
• **Helophyten**	"Sumpfpflanzen"
• **Hydrophyten**	"Wasserpflanzen"
• **Epiphyten**	"Aufsitzerpflanzen"
• **Halophyten**	salzhaltige Standorte
• **Pyrophyten**	an Feuer angepasste Pflanzen

2.2.1.x.6.2. Anpassungen von Tieren an den Umwelt-Faktor Wasser

wenige wechsel-feuchte Organismen
z.B. Bärtierchen überleben auch längere Trocken-Phasen
physiologische Prozesse stoppen und starten unmittelbar in Abhängigkeit vom Wasser-Angebot

insgesamt sind Tiere viel abhängiger vom Wasser und seiner Aufnahme (→ z.B. auch trinken)
Durst sehr starker Trieb (gleich nach Sauerstoff-Bedarf / Atmen)

durch die ausgeprägte Beweglichkeit können die Tiere zum / vom Wasser wegwandern
Rückzug in kühlere Höhlen mit geringerem Verdunstungs-Anspruch
Nutzung von Kondensations-Wasser in Höhlen, Blätten, …
Veränderung der Aktivitäts-Muster; → Dämmerungs-aktive Tiere

im Wasser lebende Tiere

Bsp.: Miesmuschel

ist isoton → keine Osmo-Regulation

Bsp.: Zuckmücke
ist hypoton →

Salzwasser-Fische sind **hypoosmotische Regulierer**, d.h. sie haben im Körper-Inneren einen niedrigeren osmotischen Wert / Druck als er in der Umgebung herrscht.
sachlich ist der Gehalt an gelösten (osmotisch wirksamen) Stoffen im Inneren kleiner als im Umgebungswasser (typischer Meerwasser-Salzgehalt 35‰ = 3,5 %)
normalerweise würde es zum ständigen Wasser-Verlust führen
um dem entgegen zu wirken, scheiden sie ständig aktiv Salz über die Kiemen aus
zu den hypoosmotischen regulierern gehören praktisch alles Meeres-Tiere.

Süßwasser-Fische gehören zu den **hyperosmotischen Regulierern**. Sie verfügen im Inneren über eine höhere Konzentration an gelösten Stoffen. Normalerweise würden sie sehr viel Wasser aufnehmen. Viele Süßwasser-Fische nehmen über die Kiemen aktiv Elektrolyte (Salze) auf (→ Ionen-Pumpen →). Überschüssiges Wasser wird in den Nieren abgesondert und in die Umgebung über den (sehr dünnen) Urin abgegeben.

Feuchtluft-Tiere
nehmen Wasser über die Haut / Körper-Oberfläche auf (Haut-Atmer)

Trockenluft-Tiere
verhindern Verdunstung / Wasser-Verluste durch:
Gehäuse, Panzer, Federn, Haare (Fell)
Hautschuppen
Wasser-arme Ausscheidungs-Produkte

typischerweise assoziieren wir mit Trockenluft vor allem heiße Wüsten
aber auch Schnee- und Eis-Wüsten sind Wasser-arm, gemeint ist das verfügbare (flüssige / trinkbare) Wasser

z.B. Wüstenspitzmaus

z.B. Kamel / Dromedar
schönes Beispiel mit vielen charakteristischen Anpassungen an ein Leben in Steppen, Savannen und Wüsten
vertragen bis zu 30% Wasser-Verlust bezogen auf das Körper-Gewicht
können sehr große Mengen Wasser trinken (mehrere Eimer in unter einer Stunde; 135 l/10 min); Wasser wird zuerst nur in das Blut aufgenommen
sehr sparsamer Umgang mit Wasser, geringe Wasser-Abgabe an Umgebung
wenig und hoch-konzentrierter Urin
im Höcker wird Fett gespeichert, dass wieder in Energie und Wasser zerlegt werden kann (Fett-Stoffwechsel)
stark aufgefächerte Nasen-Innenflächen zur Resorption von Restfeuchte aus der Luft und Rückresorption aus der Aus-Atemluft
schwitzen wenig, kleine Ohren und kurze Nase

z.B. Mehl-Käfer; *(s) Tenebrio molitor*
und seine Larven (Mehl-Würmer) kommen ohne extra Wasser aus, ihnen reicht das Rest-Wasser im Mehl / Getreide und das Dissimilations-Wasser (Oxidations-Wasser)
ähnlich sind die Verhältnisse bei vielen Wüsten-Bewohnern





Mehlkäfer und seine Larven ("Mehlwürmer")
Q: de.wikipedia.org (Didier Descouens; Raimond Spekking)

$$C_6H_{12}O_6 + 6\ O_2 \longrightarrow 6\ CO_2 + \mathbf{6\ H_2O} \qquad \Delta_R H = -2870\ kJ / mol$$

Angaben je 100 g **Inhaltsstoffe**	**Mehlwürmer**	
	blanchiert u. gefriergetrocknet	**gefriergetrocknet**
ursprüngliches Wasser	enthalten	nicht enth.
Fett	15,7 g	31,0 g
-- davon gesättigte Fettsäuren	3,9 g	4,5 g
Kohlenhydrate	2,6 g	11,6 g
-- davon Zucker	2,6 g	0,5 g
Eiweiß	22,0 g	45,1 g
Salz	0,1 g	0,4 g
Energie	**244 kcal**	**516 kcal**

Daten-Q: de.wikipedia.org/wiki/Mehlkäfer

Aufgaben:

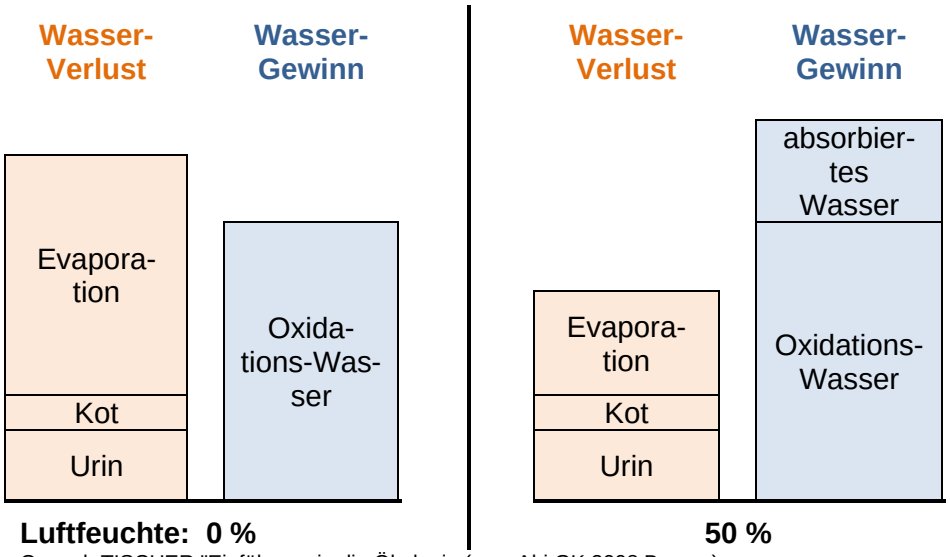
1. *Berechnen Sie den Wasser-Gehalt lebender Mehlwürmer!*
2. *Wo genau in der Dissimilation wird Wasser produziert? Erläutern Sie kurz auch die Vorgänge in den einzelnen Abschnitten (benötigte und produzierte Stoffe, notwendige Energie-Träger bzw. –Äquivalente und Coenzyme)!*

Wasser-Bilanz je 100 g Nahrung		Wanderratte	Kängeruratte
Lebensraum		kosmopolitisch	endimisch (Mexiko, USA)
Körpergewicht		245 g	105 g
Kopf-Rumpf-Länge		230 mm	150 mm
Wasser-Aufnahme	Trinken	25 g	--
	Nahrungs-Wasser	12 g	6 g
	Oxidationswasser	46 g	54 g
	Summe:	**83 g**	**60 g**
Wasser-Abgabe	Aus-Atemluft u. Verdunstung	50 g	44 g
	Urin	25 g	13 g
	Kot	8 g	3 g
	Summe:	**83 g**	**60 g**
	Bilanz:	ausgeglichen	ausgeglichen

Daten-Q: Natura – Oberstufe; Klett-Verl.; de.wikipedia.org

Aufgaben:

1. *Vergleichen und analysieren Sie die Wasser-Bilanz von Kängururatte und Wanderratte!*
2. *Für die Kängeruratte wurden bei unterschiedlicher Umgebungs-Feuchte untrschiedliche Wasser-Bilanzen beobachtet.*



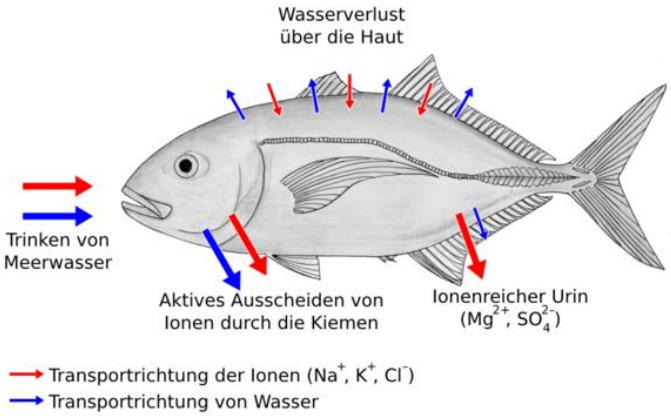
Q: nach TISCHER "Einführung in die Ökologie (aus: Abi GK 2008 Bayern)

Erklären Sie das Phänomen auch in Bezug zur oben angegebenen Wasser-Bilanz (Vergleich Wanderratte und Kängururatte)!

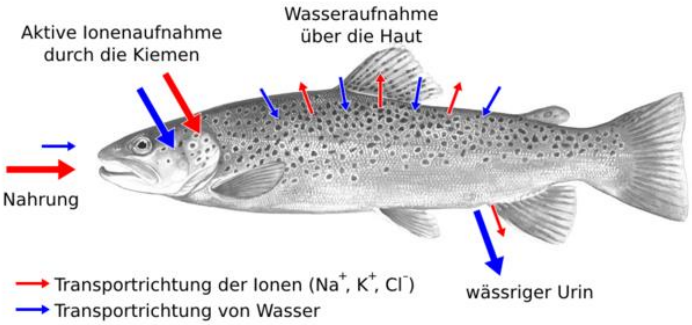
3. *Zu den Schwarzkäfern gehört der Nebeltrinker-Käfer ((s) Onymacris unguicularis). Informieren Sie sich über die Anpassungen dieses Käfers an seinen Lebensraum – die Namib-Wüste!*

komplexe Aufgaben:

1. Pantoffeltierchen leben im Süßwasser. Skizzieren Sie sich ein Tierchen mit einer pulsierenden Vakuole! Kennzeichnen Sie die Wege des Wasser's (Wasserhaushalt) in die Skizze! Erläutern Sie die Vorgänge, die für die Wasser-Bewegung/-Transporte sorgen!
2. Erläutern Sie anhand der Abbildungen die Osmo-Relation für einen Salz- und einen Süß-Wasserfisch!
3. Vergleichen Sie die Osmo-Regulation für Süß- und Salz-Wasser-Fische!
4. Erläutern Sie die Vorgänge der Osmo-Regulation bei Süß- und Salzwasser-Fischen auf der Basis des wirklich beweglichen Stoffes – dem Wasser!
   Gehen Sie dabei auf die jeweils vorherrschenden Wasser-Anteile ("Wasser-Konzentrationen") ein!
5. Besonders für Fische des Brackwasser's ist die Osmo-Regulation besonders schwierig. Erläutern Sie, warum das so ist! (Beachten Sie die Ursprungs-Gebiete der Brackwasser-Arten.)



Osmo-Regulation bei einer Stachelmakrele



Osmo-Regulation bei einer Bachforelle
Q: de.wikipedia.org (Biezl)

2.2.1.x.6.3. Anpassungen von Procyten und Pilzen an den Faktor Wasser

Procyten und Pilze sind mehr wechsel-feucht
stecken Wasser-Mangel gut weg und können auch austrocknen

Kapsel-Bildung bei Procyten

einige Procyten bilden Dauerzellen oder Sporen
Lebens-Vorgänge sind extrem reduziert (praktisch null), wenn wieder Wasser verfügbar ist, dann laufen wieder die "normalen" Lebens-Vorgänge ab
Frisch-Hefe im Bäcker-Bereich (Aktivierung mit (Feuchtigkeit und) Zucker)

höhere Pilze sterben bei andauerndem Wasser-Mangel ab, Überleben über Sporen

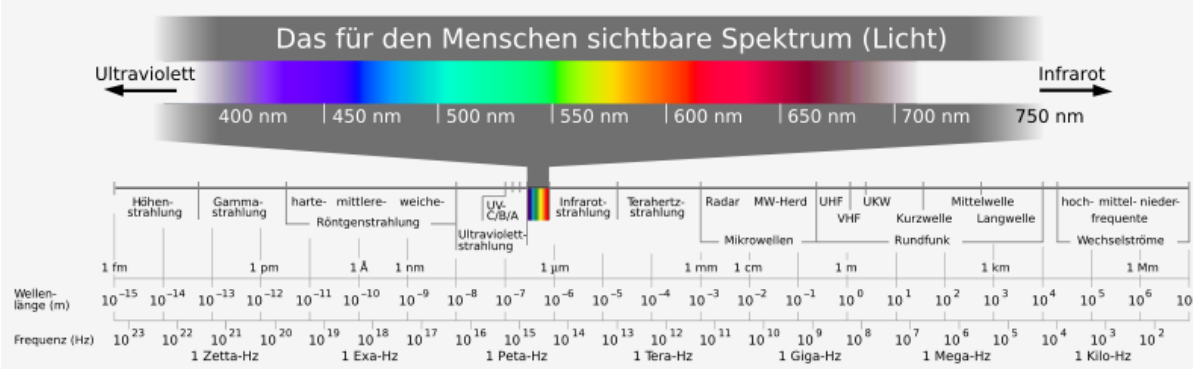
siehe auch Wasser in Lebensmitteln (Stichwort: aktives Wasser; a_w)
→ 🕮 **Ernährungslehre – Lebensmittel und ihre Bestandteile – Teil 2: Wasser, …**

Aufgaben:

1. *Recherchieren Sie, was genau sich hinter dem a_w-Wert verbirgt! Erkunden Sie den a_w-Wert, unter dem Lebensmittel (mikrobiologisch) unbegrenzt haltbar sind! Erklären Sie den Effekt!*

Vorkommen	Volumen [10^6 km^3]	Volumen-Anteil [%]	Oberfläche [10^6 km^2]	durchn. Tiefe [m]	durchschn. Verweilzeit	
Ozeane und Meere	1'370	94	361	2'500	4000 a	
Seen und Speicher	0,13	< 0,01	1,55	0,25	10 a	
Sümpfe und Moore	< 0,01	< 0,01	< 0,1	0,007	5 a	
Flüsse und Kanäle	< 0,01	< 0,01	< 0,1	0,003	2 Wo	
Boden-Wasser	0,07	< 0,01	130	0,13	2 Wo – 50 a	
Grundwasser	60	4	130	120	2 Wo – 100'000 a	
Eiskappen und Gletscher	30	2	17,8	60	500 a	
Atmosphäre	0,01	< 0,01	504	0,025	10 d	
Lebewesen	< 0,01	< 0,01	< 0,1	0,001	1 Wo	

2.2.1.x. Licht



Lage des Lichtes im Spektrum der elektromegnetischen Strahlung
(oben: sichtbares Spektrum)
Q: de.wikipedia.org (Horst Frank + Phrood + Anony)

wichtige Fakten:
Frequenz und Wellenlänge einer elektromagnetischen Strahlung verhalten sich reziprok zueinander
das Licht ist nur ein sehr kleiner Teil des gesamten elektromagnetischen Spektrum's (Gesamtheit der elektromagnetischen Strahlung)
ein hohe Frequenz (z.B. violettes Licht) ist mit einer kleinen Wellenlänge verbunden
Licht mit einer größeren Wellenlänge hat eine kleinere Frequenz (z.B. rotes Licht)
an den sichtbaren Bereich schließt sich in Richtung rotem Licht (kleine Frequenz und große Wellenlänge) der Infrarot-Bereich an, der von uns als Wärme-Strahlung wahrgenommen wird. Energetisch gesehen ist sie Energie-ärmer als das sichtbare Licht. Wärme-Strahlung kann sich in vielen Stoffen ausbreiten.
In Richtung violettem Licht (große Frequenz und kleine Wellenlänge) folgt der Energie-reiche Ultraviolett-Bereich. Ultraviolettes Licht (nichtsichtbar) ist sehr Energie-reich und zerstört schon biologische Strukturen.

→ Atmosphäre, Ozon-Schicht als Schutz-Schild vor der ultravioletten Strahlung der Sonne aber auch Absorption der Wärme-Strahlung → Treibhau-Effekt
näheres dazu → 4.1.2. Atmosphäre

Albedo (Rückstrahlung)

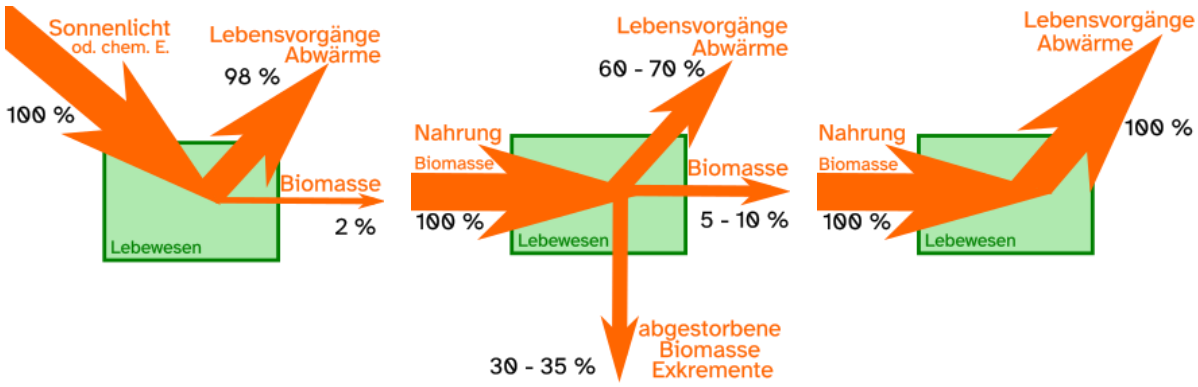
Region	Albedo [%]
aride Regionen	
Wüste	25 – 30
Sanddüne (trocken)	35 – 45
Sanddüne (feucht)	20 – 30
Wadi-Vegetation	36 – 39
Zwergstrauch-Halbwüste	28 – 33

Region	Albedo [%]
humide Regionen	
grüne Wiese	10 – 20
Laub-abwerfender Wald	10 – 20
Nadelwald	5 – 15
Kulturland	15 – 25

arid bedeutet, dass die Umgebung trocken ist – also wenig Wasser zur Verfügung steht (Niederschläge kleiner als Verdunstung (durch Organismen))
humide Bedingungen besagen einen Wasser-Überschuß, es steht mehr Wasser zur Verfügung, als gebraucht wird
s.a. → 2.2.1.x.5. Luftfeuchtigkeit

Energie-Haushalt von Organismen

Pflanzen, Tiere sowie Pilze und Bakterien zeigen unterschiedliche Energie-Flüsse.



Produzenten (Pflanzen)	Konsumenten (Tiere)	Destruenten (Pilze u. Bakterien)

Aufgaben:

1. ***Wieviel Energie aus dem Licht kommt maximal bei den Destruenten an, wenn eine kurze Nahrungs-Kette von Produzent, Konsument und Destruent angenommen wird?***
2. ***Kalkulieren Sie die Veränderungen, wenn sich die Nahrungs-Kette um einen zweiten Konsumenten verlängert!***
3. ***Der Biologie-Schlaumeier fragt sich, ob Nahrungs-Ketten eigentlich beliebig lang werden können? Stellen Sie eine Hypothese auf!***

2.2.1.x.y. Licht als Energie-Lieferant

hier nur Kurz-Darstellung der Photosynthese
ausführlicher im Skript → 🕮 **SEW** ("Stoff- und Energiewechsel")

$$6\ CO_2 + 6\ H_2O \rightarrow C_6H_{12}O_6 + 6\ O_2 \qquad \Delta_R H = 2822\ kJ/mol;\ \Delta_R G = 2872\ kJ/mol$$

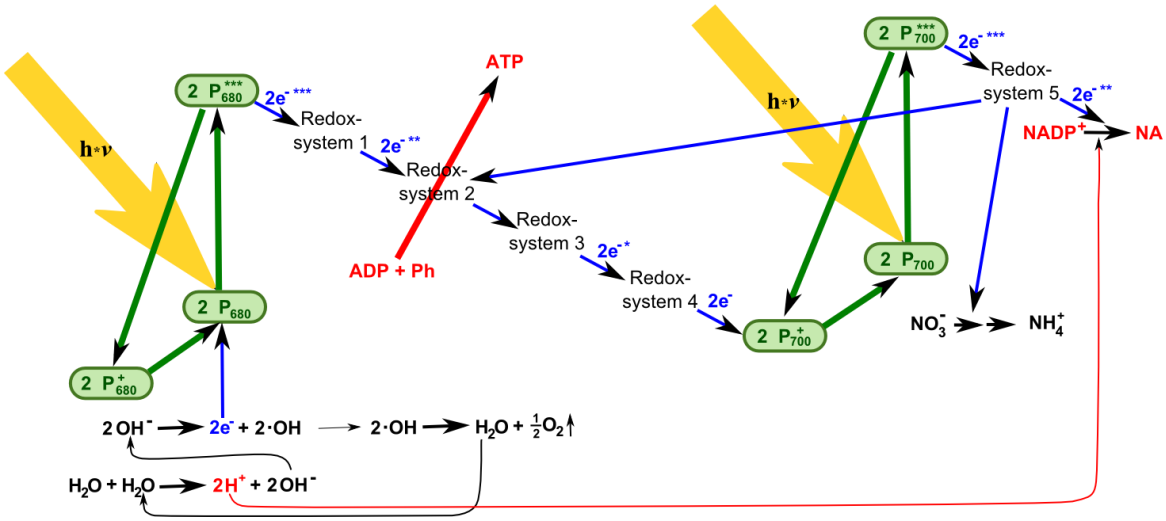
Photosynthese wird in zwei Abschnitte geteilt, die aber direkt nebenläufig sind
d.h. die Licht-unabhängigen Reaktionen (Dunkel-Reaktionen) laufen nur ab, wenn gleichzeitig die Licht-abhängigen Reaktionen (Licht-Reaktionen) ablaufen
(Ausnahme CAM-Pflanzen)
einige Licht-Reaktionen können auch unanbhängig von den verbrauchenden Dunkel-Reaktionen ablaufen. In diesem Fall wird nur ATP als Energie-Äquivalent produziert.

Abschnitte der Photosynthese

- **Licht-abhängige Reaktionen** (Licht-Reaktionen)
  Reaktionen am Chlorophyll
  Umwandlung von Licht-Energie in chemische Energie
  Spaltung des Wassers und Bildung des Sauerstoffs

- **Licht-unabhängige Reaktionen** (CALVIN-Cyclus; Dunkel-Reaktionen)
  Bindung des Cohlendioxid's
  Umsetzung der gewonnenen chemischen energie in Energie-reiche organische Stoffe

Licht-abhängige Reaktionen (Primär-Reaktionen)



Die Licht-Energie wird vom Chlorophyll (Photosystem II, Photsystem 680) dazu benutzt, um aus Hydroxid-Ionen Elektronen abzuziehen. Die Hydroxid-Ionen werden dadurch zum Radikal. Unter Paarung der Elektronen binden sich zwei Radikale zu einem Wasser-Molekül. Als Nebenprodukt entsteht ein Sauerstoff-Atom, dass sich wiederum mit einem zweiten zum Sauerstoff-Molekül bindet.
Die Hydroxid-Ionen für die Chlorophyll-Reaktion enstammen dem Ausgangsstoff Wasser. Dieses zerfällt in Wasserstoff-Ionen und Hydroxid-Ionen (Auto-Protolyse des Wasser's; Photolyse des Wasser's). Die Wasserstoff-Ionen werden dann später in verschiedenen Vorgängen weitergenutzt.
Verfolgen wir nun den Weg der Elektronen in den Licht-Reaktionen. Das mit den Elektronen neutraliserte Chlorophhyll wird durch Licht angeregt. Der Farbstoff Chlorophyll absorbiert dabei Licht-Energie und erreicht dadurch einen aktivierten Zustand. Das angeregte Chlorophyll gibt nun Energie-reiche Elektronen an eine Redox-Kaskade. In dieser wird die Energie aus den Elektronen in kleinen Schritten entzogen. Am Redox-System 2 (Cytochrom b) wird die entnommene Energie dazu benutzt, um Protonen in das Lumen der Thyllakoide zu pumpen. An einer ATP-ase können diese Protonen dann wieder zurück in das Stroma fließen. Dabei wird aus ADP und einem Phosphat-Rest ATP produziert.
Die Energie-armen Elektronen werden nach der Redox-Kaskade auf ein zweites Chlorophyll-System übertragen. Dort werden sie wiederum mit Licht-Energie aufgeladen. Nach diesem Chlorophyll können die Elektronen auf verschiedene Weise genutzt werden. Zum Einen

können die Elektronen in die Redox-Kaskade zurückfließen und zur ATP-Produktion genutzt werden. Sie fließen dann praktisch im Kreis. Man nennt diese Photosynthese-Leistung auch zyklische Photo-Phosphorilierung.
Ein zweiter Weg ist die Nutzung der Energie-reichen Elektronen zur Bildung von Enzym-gebundenem Wasserstoff. Dazu werden z.B. die Wasserstoff-Ionen (Protonen) aus der Photolyse des Wasser's gebraucht. Der Enzym-gebundene Wasserstoff wird in den Licht-unabhängigen Reaktionen zur Herstellung von Glucose benötigt (→ CALVIN-Zyklus).
Eine dritte Alternative ist die Produktion von Ammonium-Ionen, die dann in der Herstellung von Aminosäuren – also letztendlich von Proteinen – verwendet werden können.
Die verschiedenen Alternativen und die cyclische Photophosphorilierung ermöglichen es der Pflanze auch bei CO2-Mangel (z.B. bei geschlossenen Spaltöffnungen) weiterhin die Sonnen-Energie zu nutzen. Schließlich können sie Pfanzen dem Sonnenlicht nicht ausweichen, sie müssen die Energie unbedingt umsetzen.
Chemisch gesehen sind die Licht-abhängigen Reaktionen:

$$12\ H_2O + 12\ NADP^+ + 18\ ADP + 18\ Ph \xrightarrow{h * \nu} 6\ O_2 \uparrow + 12\ NADPH_2^+ + 18\ ATP$$

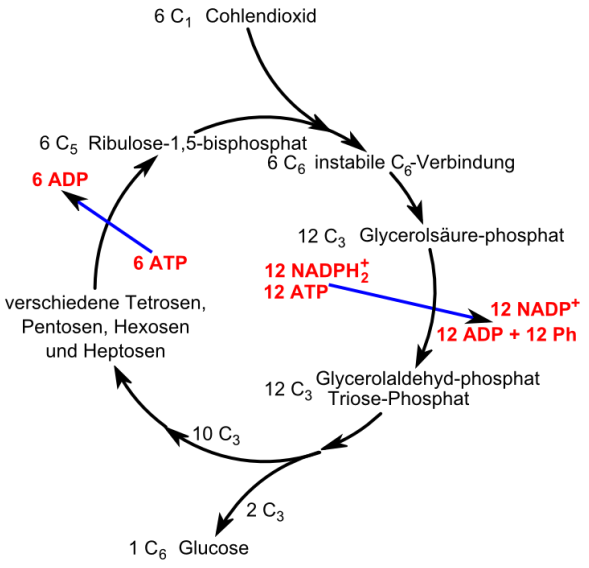
Dabei wurden gleich die Stoffmengen betrachtet, die für die Produktion von einem Mol bzw. einem Molekül Glucose gebraucht werden.

Aufgaben:

1. *Erläutern Sie was man genau unter zyklischer Photophosphorilierung versteht! Erklären Sie den Begriff!*
2. *Es soll auch eine nicht-cyclische Photophosphorilierung geben. Sehen Sie diese? Erläutern Sie deren Ablauf / Prinzip!*

Licht-unabhängige Reaktionen (Sekundär-Reaktionen)

In den Licht-unabhängigen Reaktionen (CALVIN-(BENSON-)Cyclus, Dunkel-Reaktionen, Tricarbonsäure-Cyclus) findet nun die Umwandlung von Cohlendioxid zu Glucose statt. Man spricht auch von der Cohlenstoff-Fixierung.
Für die Reaktionen werden die verschiedenen Energie-Äquivalente aus den Primär-Reaktionen gebraucht.
Entgegen der vielleicht durch die ältere Bezeichnung der Sekundär-Reaktionen als Dunkel-Reaktionen, finden die Reaktionen grundsätzlich nur am Tag bei Licht-Einfall statt. Sie sind zwar selbst nicht direkt vom Licht abhängig, aber von den Energie-Äquivalenten, die von den Primär-Reaktionen gebildet werden.



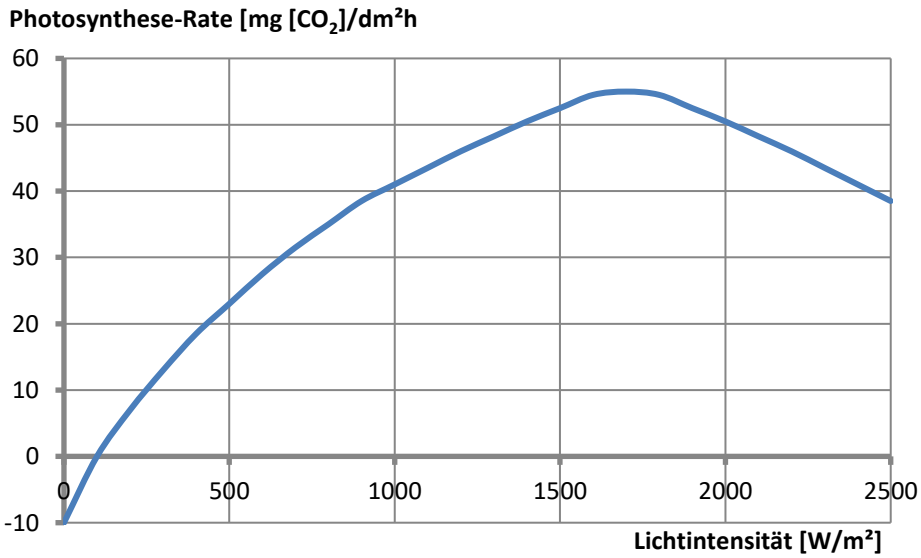
$$6\ CO_2 + 12\ NADPH_2^+ + 18\ ATP \longrightarrow C_6H_{12}O_6 + 12\ NADP^+ + 18\ ADP + 18\ Ph + 6\ H_2O$$

Aufgaben:

1. *Addieren Sie die chemischen Gleichungen der Teilreaktion der Photosynthese zu einer exakten chemischen Gleichung!*
2. *Vergleichen Sie die resiltierende Gleichung mit der offiziellen Gesamt-Gleichung der Photosynthese!*
3. *Der Biologie-Schlaumeier des Kurses behauptet, dass Pflanzen die Sekundär-Reaktionen der Photosynthese mit der Energie aus der Glykolyse – und damit auch nachts – ablaufen lassen könnten. Setzen Sie sich mit dieser These auseinander!*

Photosynthese – gemeinsames Wirken von Licht-abhängigen und –unabhängigen Reaktionen

Entgegen der begrifflichen Implikation von Licht- und Dunkel-Reaktionen finden alle Abschnitte der Photosynthese nur am Tag (beim Vorhandensein von Licht) statt.
Dabei sind die Vorgänge der Licht-Reaktionen direkt vom Licht abhängig. Deshalb nutzt man heute auch lieber den Begriff der Licht-abhängigen Reaktionen.
Die Dunkel-Reaktionen sind zwar nicht direkt vom Licht abhängig, aber indirekt schon. Sie benötigen ATP-Energie und Enzym-gebundenen Wasserstoff (Reduktions-Äquivalente) für den Aufbau der Glucose. ATP und Coenzym-gebundener Wasserstoff wird praktisch parallel im CALVIN-Zyklus bei der Produktion der Glucose verbraucht. Beide Energie-Äquivalente können nicht gespeichert werden, sie befinden sich in einem ständigen Strom von Aufbau und Abbau.
In der Nacht verbrauchen die Pflanzen einen Teil der produzierten Glucose. Die Zellen müssen ja auch im Dunklen mit Energie versorgt werden. Die Glucose wird dabei ganz "normal" in den Mitochondrien veratmet. Dazu müssen die Pflanzen auch wieder einen Teil – des von ihnen produzierten Sauerstoffs aufnehmen.



experimentelle Untersuchung der Abhängigkeit
der Photosynthese-Rate von der Lichtstärke

Wenn sich die von den Chloroplasten gebildeten Glucose-Mengen mit den veratmeten Glucose-Mengen die Waage halten, dann spricht man vom Kompensations-Punkt. Meist ist dabei die für die Photosythese notwendige Licht-Intensität interessant.

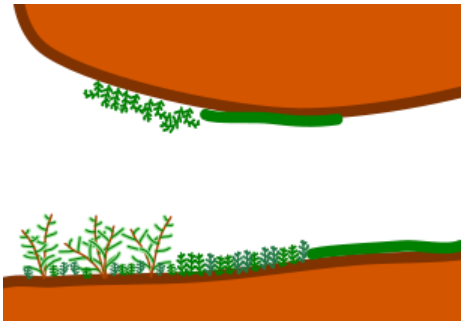
Bei höherer Licht-Einstrahlung überwiegt die Glucose-Produktion. Dann wird eher das CO_2 der limitierende Faktor. Viel Licht bedeutet ja auch mehr Wärme und somit mehr Verdunstung. Wasser wird zum Mangelobjekt. Der Tugor der Zellen sinkt und die Spaltöffnungen schließen. Somit kommt dan auch kein CO_2 in die Blätter.
C4-Pflanzen trennen durch einen CO2-Speicher-Trick, die Licht-abhängigen und –unabhängigen Reaktionen auch zeitlich über den Tag. Für sie stimmt die Begrifflichkeit von Licht- und Dunkel-Reaktionen zumindestens teilweise.
Da bei hohen Licht-Intensitäten die Photosysteme aber nicht abgeschaltet werden können, werden alternative Stoffwechselwege eingeschlagen. Dazu gehören die cyclische Photophosphorilierung, die Aminosäure-Produktion und letztendlich die Produktion von Tertiärstoffwechsel-Produkten (Luxus-Stoffwechsel).
Bei einer geringeren Licht-Einstrahlung muss die notwendige Energie für die Lebens-Prozesse aus der gespeicherten Glucose (in Form von Stärke) gewonnen werden.

Aufgaben:

1. ***Interpretieren Sie den Graph von der experimentellen Untersuchung der Abhängigkeit der Photosynthese-Rate von der Lichtstärke als Toleranz-Kurve!***
2. ***In der freien Natur kommen nur Lichtstärken bis ungefähr 1500 W/m² vor. Welcher Widerspruch scheint sich durch diesen Fakt zu ergeben? Wie kann der Effekt erklärt / der Widerspruch aufgelöst werden?***
3. ***Der Biologie-Schlaumeier des Kurses behauptet, er könne ohne ein Lebewesen auch nur ansehen zu müssen anhand seiner Energie-Signatur eine Zuordnung zu einer der großen ökologischen Organismen-Gruppen vornehmen. Setzen Sie sich mit dieser Behauptung auseinander!***

Gruppe	**Licht-Minimum** **[%]** von der Gesamt-Lichtmenge	**Bemerkungen**
Sonnen-Pflanzen		immer 100 % Licht-Genuß
Schatten-Pflanzen		immer unter 100 % Licht-Genuß
Licht-neutrale Pflanzen		existieren bei jeder Licht-Menge über ihrem Minimum
Schatten-Gewächse (trop. Regenwälder)	0,3	
Farne	0,2 – 1,0	
Schatten-Moose, div. Grünalgen	0,1 – 0,2	
endolithische Algen	< 0,1	

allg. Reihung
Samen-Pflanzen – Farne – Moose – Algen
z.B. gut an Höhlen-Eingängen beobachtbar



relativer Lichtgenuß entspricht dem notwendigen Licht-Minimum

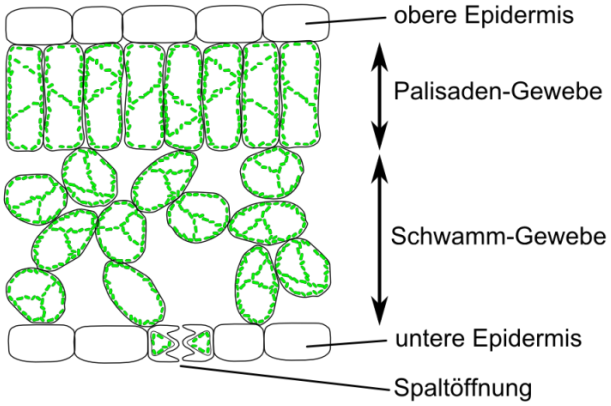
Licht-Gehölze

Pflanzen-Name (dt.)	wiss. Name	rel. Licht-Genuß [%] (Licht-Minimum)	
Europäische Lärche	*Larix decidua*	20	
Vogelbeere	*Sorbus aucuparia*	12	

Schatten-Gehölze

Pflanzen-Name (dt.)	wiss. Name	rel. Licht-Genuß [%] (Licht-Minimum)	

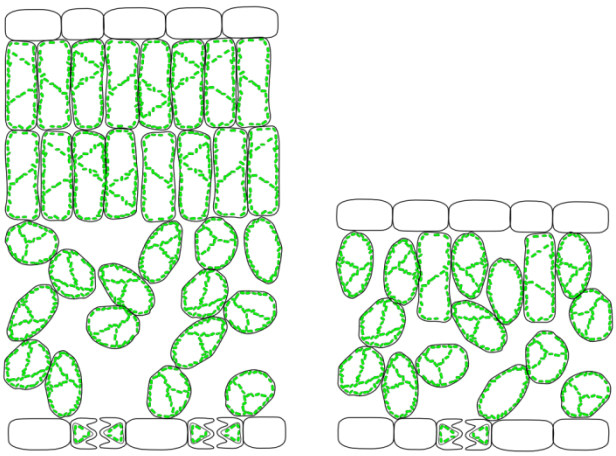
Zur Widerholung zeigen wir den Aufbau eines Laubblatt's. So besteht dann auch die Möglichkeit, die verschiedenen Anpassungen an veränderte Licht-Verhältnisse besser zu erkennen.
Die oberste und unterste Zell-Schicht eines Laubblattes ist die Epidermis. Sie kann – vor allem auf der Oberseite – noch von einer Wachsschicht – der Cutikula – bedeckt sein. Bei den "normalen" Laubblättern sind in der unteren Epidermis die Spalt-Öffnungen eingebaut. Sie fallen in der Draufsicht durch ihre paarige Anordnung und den Nierenförmigen Bau auf.



Laubblatt mit Geweben, Schnitt (Schichtung)

Spaltöffnungen sind i.A. die einzigen Zellen der Epidermis, die Chloroplasten enthalten.
Die Licht-zugewandte Zell-Schicht im Inneren ist das Palisaden-Gewebe. Hier sind dicht an dicht langestreckte Zellen angeordnet, die auch noch einen erhöhten Chloroplasten-Gehalt haben. Das Palisaden-Gewebe ist der Haupt-Ort der Photosynthese in einem Laubblatt. In Richtung der Spaltöffnungen folgt dann das Schwamm-Gewebe. Die Zellen liegen hier locker beieinander und bilden so große Interzellularen, durch die Luft für den Gas-Austausch fließen kann.

Die Blätter werden noch von Leitbündeln durchzogen, in denen Wasser in die Blätter und die Assimilations-Produkte in die Rest-Pflanze transportiert werden.
Blätter, die ständig höheren Licht-Intensitäten ausgesetzt sind, haben einen leicht veränderten Bau. Das Palisaden-Gewebe kann doppel-schichtig ausfallen und das Schwamm-Gewebe ist gewöhnlich noch lockerer. Man nennt diese Blätter auch Sonnenblätter.
Schattenblätter findet man eher an den Licht-abgewandten Seiten von Pflanzen (z.B. Bäume). Bei ihnen verschmelzen Palisaden und Schwamm-Gewebe. Oft sind die Schattenblätter auch deutlich dünner und großflächiger, als die Sonnenblätter.


Sonnenblatt und Schattenblatt einer Pflanze

Vergleich von Licht- und Schattenblättern einer Buche

Merkmal Eigenschaft	Schatten-blätter	Einheit	Licht-blätter	insgesamt	
Einzelblatt					
Oberfläche (beide Seiten)	72	cm^2	50		
Volumen	0,338	cm^3	0,458		
Verhältnis A_0 zu V	213	1 / cm	109		
Zahl der Spaltöffnungen	400.000	[ ]	800.000		
Palisaden-Oberfläche	410	cm^2	542		
Schwamm-Parnchym	205	cm^2	271		
Chloroplasten-Oberfläche im Palisaden-Gewebe	360	cm^2	875		
Baum					
Alter		a		115	
Höhe		m		27	
Stamm-Durchmesser		cm		40	
Anzahl Blätter		[ ]		200.000	
Trockengewicht		g		2.400	
Zahl der Spaltöffnungen		[ ]		120.000.000.000	
Blattoberfläche		cm^2		1.220	
absorbierende Zellwandfläche		cm^2		15.000	
Chloroplasten-Oberfläche		cm^2		18.000 – 20.000	

Q: /37, S. 278/

Aufgaben:

1. *Vergleichen Sie Schatten- und Sonnen-Blätter in einer Tabelle mit ausgewiesenen Unterschieden und Gemeinsamkeiten!*
2. *Erläutern Sie den unterschiedlichen Bau von Sonnen- und Schatten-Blättern in Bezeug auf ihre Funktion(en)!*

für die gehobene Anspruchsebene:

3. *Warum sind Schatten-Blätter eigentlich meist großflächiger als Sonnen-Blätter? Stellen Sie mindestens eine Hypothese auf!*

physiologische Wirkungen von Licht bzw. besonders farbigen / gefärbtem Licht

bei Pflanzen bewirkt hellrotes Licht (660 nm) die Umwandlung von inaktivem Phytochrom 660 (P_{660}) in das aktive Phytochrom 730 (P_{730}) – einem sehr wichtigen (zentralen) Enzym / Redox-System in der Photosynthese (Lichtreaktionen); Licht mit der Wellen-Länge 730 nm – also dunkelrot – deaktiviert das Phytochrom 730 wieder zurück zum P_{660} ; Die Rückwandlung passiert auch im Dunklen – praktisch von allein.

In einiger Literatur findet man auch leicht abweichende Angaben zu den Absorbtions-Maxima bzw. zur wirksamen Lichtwellenlänge. Alternativ zu oben beschriebenen 660/730-nm-Phytochrom-System liegen die wirksamen Wellenlängen hier bei 680 und 720 nm.

Werden in Experimenten ungefähr gleichlange hellrote und dunkelrote Beleuchtungs-Phasen benutzt, dann überwiegt die Wirkung der hellroten Belichtung. Dies kann auch durch Normal-Licht erreicht werden. Normallicht enthält ungefähr die gleichen Anteile des relevanten hell- bzw. dunkelroten Licht's. Die physiologische Wirkung des hellroten Lichtes ist aber stärker.

Das Hellrot-Dunkelrot-System steckt auch hinter den verschiedenen Keim-Typen bei Pflanzen. Lichtkeimer entwickeln sich als Samen nur aus dem gequollenen Zustand weiter, wenn sie belichtet werden. Zu den Lichtkeimern zählen z.B. Kopfsalat, Fingerhut, und Tabak. Bei Dunkelkeimern (Kürbis, Fuchsschwanz) ist Dunkelheit notwendig, um die Keimung fortzusetzen.

Heute wissen wir, dass es eigentlich nur das hellrote Licht (HR) ist, welches die Keimung der Lichtkeimer befördert. Dunkelrotes Licht (DR) verzögert die Keimung der Lichtkeimer.

siehe auch Kurztag-Pflanzen (KTP) und Langtag-Pflanzen (LTP) (→ 2.2.1.x.y. Licht als Zeitgeber - Photoperiodismus)

Chloroplasten werden bei vielen Keimlingen erst gebildet, wenn Licht auf die Keimspitze fällt. Fehlt das Licht, wächst der Keimling besonders schnell – die Pflanze vergeilt. Dieser Effekt dient dem schnellen "Umwachsen" des Licht-Hindernis (Etiolation, Schattenmeidungs-Reaktion), da der Keimling ja möglichst schnell Licht für seine Eigenversorgung durch Photosynthese angewiesen ist. Die Ressourcen des Samens reichen meist nur kurzfristig.

weiterhin werden beeinflusst:
Öffnung und Schließung der Spaltöffnungen (einige Zellen der Epidermis, die Photosynthese betreiben können)
Chloroplasten-Bewegung
Phototropismus (Wachstum in Richtung des Lichts)

auch bei Tieren sind Wirkungen von hell- und dunkelrotem Licht bekannt (??? Stimulierung des Ferkel-Wachstum)
drittes Auge (besser: zusätzlicher Licht-Sinn) auch beim Menschen, genaue Lage (Netzhaut, Hinterkopf, Stirn) ist umstritten
Untersuchung z.T. deshalb schwierig, weil Licht-Empfinden z.B. Blinden auch mit Wärme verbunden ist

2.2.1.x.y. Licht als Orientierungshilfe - Phototropismus

Wachstum von Sproßspitzen in Richtung des Licht's
Wachstum von Wurzelspitzen vom Licht weg

Drehung von Blättern vertikal in Ost-West-Ausrichtung bzw. horizontal in Nord-Süd-Richtung in Sonnen-ärmeren Gebieten

vertikale Drehung der Blätter in Nord-Süd-Richtung bei Pflanzen in sehr sonnigen Gebieten

2.2.1.x.y. Licht als Zeitgeber - Photoperiodismus

Dass das Licht bestimmte Reaktionen – auch solche außerhalb der Photosynthese – auslösen kann, stellt schon Julius SACHS im 19. Jhd. fest. Er beleuchtete die Blätter einer im Dunklen gehaltenen Ackerwinde (*(s) Convolvulus arvensis*) und kurz darauf öffneten sich die (unbelichteten) Blüten.
Schon länger war bekannt, dass z.B. einige Pflanzen, wie der Spinat (*(s) Spinacia oleracea*) oder der Kopfsalat (*(s-) Lactuca sativa var. capitata*) in den Tropen zwar prächtig wuchsen, aber einfach keine Blüten bildeten. Das Samen-Material musste also immer wieder neu aus den gemäßigten Breiten – den "Heimatländern" von Spinat und Kopfsalat eingeführt werden.

Definition(en): Photoperiodismus
Photoperiodismus ist die Fähigkeit von Organismen bestimmte Perioden (z.B. Tageslänge, Mondphase, Jahreszeit) zu bestimmen / erkennen und auf diese zu reagieren.
Fotoperiodismus ist das Phänomen, dass Organismen (hauptsächlich Pflanzen und photosynthetische Einzeller) bestimmte morphologische Veränderungen in Abhängigkeit von Tageslängen bzw. Belichtungszeiten stattfinden.

Die wirkliche Erforschung des Photoperiodismus bekann in den 30iger Jahren des letzten Jahrhunderts. Wigthman W. GARNER und Harry A. ALLARD fanden in einem Tabakfeld eine Tabak-Pflanze (*(s) Nicotiana tabacum*), die riesengroß wuchs. Sie wurde "Maryland Mammoth" (dt.: "Marryland-Mammut") genannt. Später stellte sich heraus, dass es eine Mutante war. Die war natürlich für die Tabak-Bauern interessant. Große Pflanzen bilden große Blätter, aber in diesem Fall leider keine Blüten. GARNER und ALLARD nahmen die Pflanzen mit in ein Gewächshaus, um sie vor dem Winter-Forst zu schützen. Im Dezember bildete die Pflanze dann überraschend Blüten.
Die eigentliche Arbeits-Pfanze von GARNER und ALLARD war später die Hülsenfrucht Soja(bohne) (*(s) Glycine max*). Sie wollten durch Experimente herausfinden, inwieweit sich die Erntezeitpunkte durch veränderte Aussaaten beeinflussen lässt. Die Planzen blüten aber immer erst im September, bildeten dann die Früchte und konnten immer nur zur gleichen Zeit gerntet werden.
Nach verschiedenen Experimenten mit kontrollierten Temperaturen, Wasser- und Nährstoff-Angeboten blieb nur noch die Tageslänge als Faktor über.

Pflanzen "messen" Zeiträume auf 10 bis 15 min genau.

hängen bestimmte Bildungen (des äußeren Baus) von ausgewählten Faktoren ab, dann spricht man von Morphosen

fotoperiodische Blüh-Induktion bzw. -Indikation

Lang-Tag-Pflanzen (LTP)

Pflanzen benötigen sehr lange Tages-Licht-Phasen (gut über 12 Stunden), um Blüten anzusetzen und dann später Früchte und Samen zu bilden
blühen auch im Dauerlicht

viele Pflanzen der gemäßigten Breiten wachsen in tropischen oder subtropischen Bedingungen vegetativ deutlich besser und wirtschaftlicher (z.B. Kopfsalat), eine Früchte- oder Samen-Bildung erfolgt aber nicht, Samen müssen immer wieder importiert werden
Spinat braucht z.B. mindesten 14 h Licht (über einen Zeitraum von mindestens 14 d) für die Auslösung einer Blüten-Bildung

bei vielen Arten reichen schon einzelne bzw. wenige Tage mit langer Belichtung aus, um die – dann irreversibel ablaufende – Blütenbildung auszulösen

Pflanzen der gemäßigten Breiten sowie polare Pflanzen sind häufig Langtags-Pflanzen

qualitative / absolute / obligate Langtag-Pflanzen
Blütenbildung nur dann, wenn Langtag-Bedingung erfüllt ist
z.B.: Roggen, Schwarzes Bilsenkraut, Weichweizen, Wiesen-Lieschgras

quantitative / fakultative (/ relative) Langtag-Pflanzen
Blütenbildung durch Langtag-Bedingungen beschleunigt, keine kritischen Tageslängen
z.B.: Acker-Schmalwand, Kartoffel, Sommer-Weizen, Winter-Weizen

Kurz-Tag-Pflanzen (KTP)

Pflanzen benötigen eine Dunkelphase, die (deutlich) länger als 12 Stunden ist
eigentlich besser Lang-Nacht- oder Lang-Dunkelphase-Pflanze

quantitative / fakultative (/ relative) Kurztag-Pflanzen:
Blütenbildung durch Kurztag-Bedingungen beschleunigt, keine kritischen Tageslängen
z.B. Reis, Blaue Prunkwinde, Spitzwegerich

qualitative / absolute / obligate Kurztag-Pflanzen:
Blütenbildung nur dann, wenn Kurztag-Bedingung erfüllt ist (Langnacht), es gibt also eine kritische Photoperiode (iFPP, Dunkelphase), die notwendig ist
z.B. Arabica-Kaffee, Garten-Fuchsschwanz, Herbst-Chrysantheme, Sojabohne, Hanf

Tag-neutrale Pflanzen (TNP)

können sowohl unter LT- bzw. KT-Bedindungen blühen
spielen aus wissenschaftlichem Interesse eine geringe Rolle

z.B.: Acker-Hellerkraut, Einjähriges Rispenkraut, Gewöhnliches Greiskraut, Topinambur

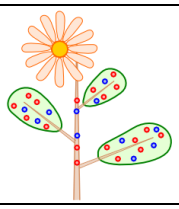
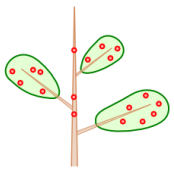
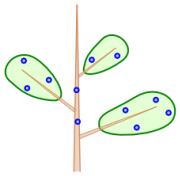
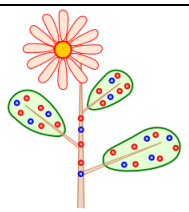
es gibt desweiteren noch **Langkurztag-Pflanzen (LKTP)** und **Kurzlangtag-Pflanzen (KLTP)** sie benötigen unterschiedliche aufeinanderfolgende Licht-Rhythmen und blühen dann nur im Frühjahr oder im Herbst

Beispiele für Langkurztag-Pflanzen:
Nachtjasmin, Kalanchoe (Brutbatt, GOETHE-Pflanze)

Beispiele für Kurzlangtag-Pflanzen:
Marien-Glockenblume, Weiß-Klee, Kalanchoe (Flammendes Käthchen)

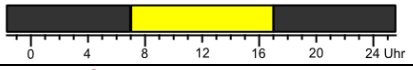
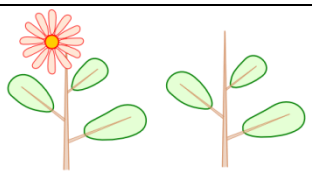
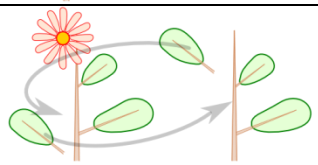
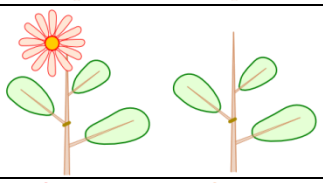
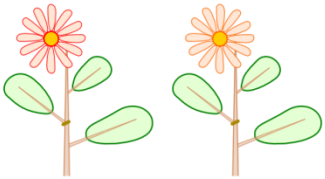
von der Florigen-Theorie zur 2-Komponenten-Theorie

von Michael CHAILAKHYAN (1936) aufgestellte These, das ein stofflichen (hormoneller) Stimulus die Blühte initialisiert; bisher wurde ein solcher Stoff (- das Blüh-Hormon -) aber nicht gefunden
ev. auch Kombinations-Effekt aus zwei Pflanzen-Hormonen bzw. Hormon-Gruppen (Gibberilline und Anthesine)

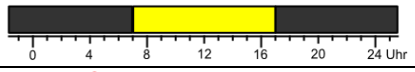
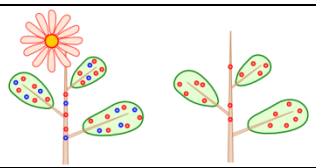
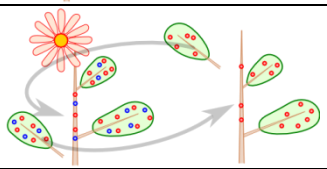
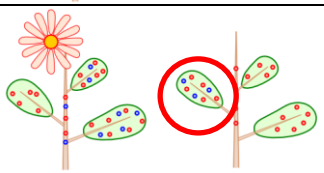
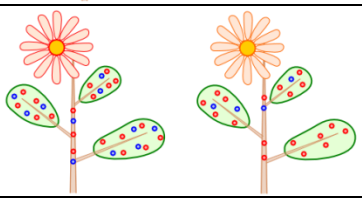
	Kurztags-Pflanze	Langtags-Pflanze
Kurztag		
Langtag		

Nachweis der Existenz eines solchen Stoffes – des Florigen oder einen direkt gekoppelten Prozesses – kann man durch Experimente erzielen

Man hält eine Langtags- (LTP) und eine Kurztags-Pflanze (KTP) aus der gleichen Pflanzen-Familie bei Kurztags-Bedingungen. Die LTP kommt typischerweise nicht zum blühen. Von der – normal zur Blüte gekommenen – Kurztags-Pflanze, die bei gleichen KT-Bedingungen gehalten wurde, nimmt man nun ein Blatt ab und pfropft es auf die LTP. Die LTP wird weiterhin bei KT gehalten – und blüht!
Die Erklärung der Versuchs-Beobachtungen könnte unter Verwendung der Florigen-Theorie folgendermaßen aussehen:

	Kurztags-Pflanze (KTP)	Langtags-Pflanze (LTP)
Licht-Bedingung → KT		
Aufzucht bis erste Blüten erscheinen		
Blatt-Tausch zwischen LTP und KTP		
weitere Aufzucht bei obigen Bedingungen		
Versuchs-Ende (Beobachtung)		

Bei der KT-Aufzucht bildet die KTP sowohl das Gibberellin (**blau**) als auch die Anthesine (**rot**). Es bilden sich in der Konsequenz Blüten. Die LTP kann unter KT-Bedingungnen nur Geberellin bilden und kommt nicht zur Blüten-Bildung.
Wird nun ein Blatt der blühenden KTP auf die LTP gepfropft, dann werden mit dem Blatt auch Anthesine auf die LTP übertragen. Trotz den weiterhin herrschenden KT-Bedingungen – die LTP dürfte also nicht blühen – bildet diese doch Blüten. Die dafür notwendigen Anthesine stammen also aus dem aufgepfropften Blatt (s.a. Abb. roter Kreis).

	Kurztags-Pflanze (KTP)	**Langtags-Pflanze (LTP)**
Licht-Bedingung → KT		
Aufzucht bis erste Blüten erscheinen		
Blatt-Tausch zwischen LTP und KTP		
weitere Aufzucht bei obigen Bedingungen		
Versuchs-Ende		

Aufgaben:

1. ***Prüfen Sie, ob der oben beschriebene Versuch so schlüssig ist, oder auch anders interpretiert werden könnte! Welche Kontroll-Versuche müssen betrieben werden, damit die Interpretation im Sinne der Florigen-Theorie vorgenommen werden kann?***
2. ***Wie müsste ein Experiment, das von Anfang an unter Langtags-Bedingungen ablaufen soll, ausgehen? Stellen Sie Thesen auf! Skizzieren Sie die hormonellen Bedingungen für die einzelnen Phasen des Experiments!***

Untersuchung der genauen physiologischen Vorgänge mit Störlicht- und Pfropf-Experimenten.

schon volles Mondlicht mit einer Leistungsdichte von 0,005 W/m^2 überschreitet die Lichtempfindlichkeit vieler Pflanzen-Arten hinsichtlich Störlicht (allgemein rund 10^{-2} bis 10^{-3} W/m^2)

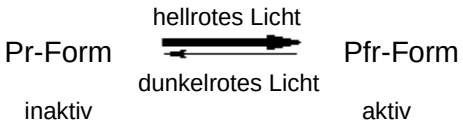
LT-Pflanzen, die unter KT gehalten werden, blühen nicht. Werden sie nun in der Dunkel-Phase kurz mit Hellrot-Licht beschienen, dann bilden sie trotzdem Blüten.
Kommt danach aber eine (kurze) Dunkelrot-Belichtung, dann wird der Effekt aufgehoben.

Pflanzen verfügen in den Laubblättern über bestimmte Phytochrome, also lichtempfindliche Pflanzenfarbstoffe. Sie werden deshalb auch als Photorezeptoren bezeichnet. Einige von ihnen reagieren auf Rotlicht.
Diese Rotlicht-Rezeptoren reagieren schon auf extrem kurze Belichtungs-Phasen. Bei einigen Arten reichen schon Hellrotlicht-Blitze zur Auslösung eines Effektes aus.
Am längsten untersucht ist das Phytochrom A (PHYA).
Das die Phytochrome bzw. die induzierenden Systeme nur in den Blättern der Pflanzen vorkommen, zeigte Michael CHAILAKHYAN (1936) durch Belichtungs-Versuche an teilweise entlaubten Pflanzen.

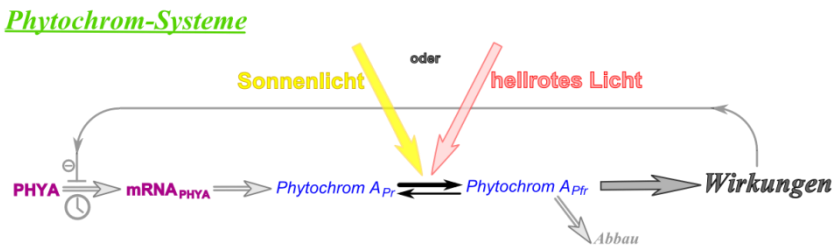
Die Wirkung erfolgt scheinbar vorrangig in den Blüten oder entsprechenden Knospen, so dass von einem Transport des auslösenden Faktors ausgegangen werden muss. Er nannte diesen Faktor / Stoff Florigen. Florigen sollte der Botenstoff der circadianen Pflanzen-Uhr (Tages-Rhythmik) sein.
Bei Pfropfungen von Blättern verwandter Arten konnte der Faktor sogar übertragen werden. Als Transport-Weg fand er die Rinde (Phloem). Wurde sie entfernt (ringsherum um den Stengel unterbrochen), dann zeigte der im Blatt gebildete Faktor keine Wirkung an den Sproßspitzen (Knospen).
Als Transport-Geschwindigkeit konnte man Werte zwischen 2 und 4 mm/h identifizieren.

Der Faktor bzw. das Florigen schien ein universeller Faktor in vielen Pflanzen zu sein, nur finden bzw. analytisch nachweisen konnte man ihn nicht.
Da der Stoff nicht zu finden war, ging man dann einer von Kombinations-Wirkung mehrerer (mindestens von zwei) Stoffe(n) aus. Aber auch diese konnten nicht klar nachgewiesen werden.

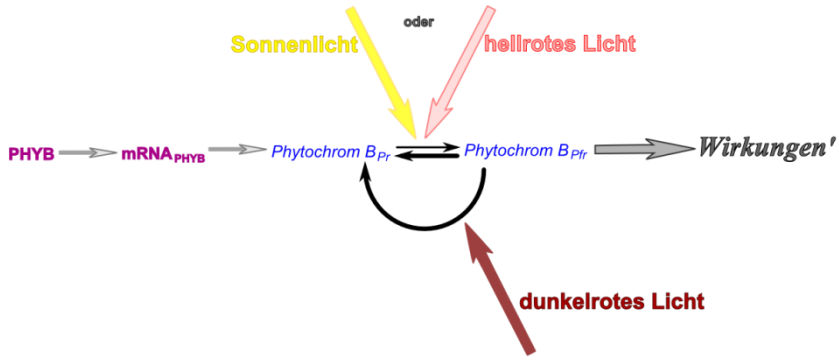
Der hier betrachteten Rotlicht-Rezeptoren (PHYA) kommen in zwei Formen vor, die durch Hell- bzw. Dunkelrot-Licht in die jeweils andere Form überführt werden.



Die Pfr-Form geht auch ohne Licht langsam in die inaktive Pr-Form über. Dies passiert üblicherweise im Dunklen und wird deshalb als Dunkel-Revision (Dunkel-Konversion) bezeichnet.



Das Phytochrom B (PHYB) spricht auf die gleichen Wellenlängen des Lichtes an und wandelt sich genauso um. Die resultierenden Wirkungen sind andere und z.T. denen des Phytochrom A entgegengesetzt. PHYB ist somit ein weitgehender Antagonist zu PHYA.



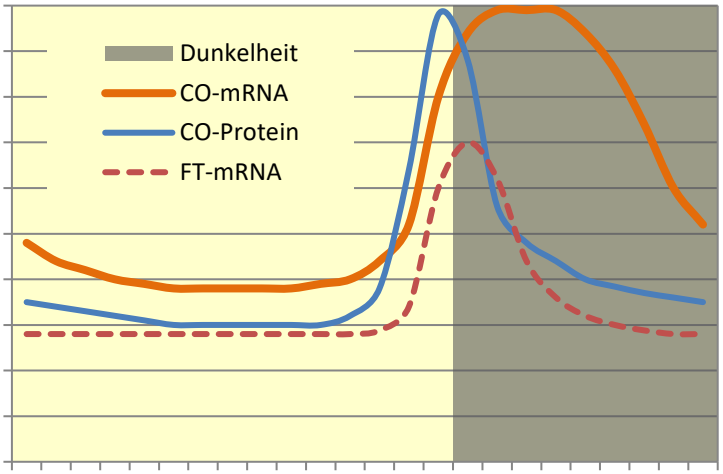
Membran-Hypothese

nimmt an, dass die Membran-Durchlässigkeit für bestimmte Stoffe sich durch das P660/720-Phytochrom-System verändert und dadurch die verschiedenen physiologischen Forlgevorgänge ausgelöst bzw. ermöglicht werden.

differentieller Genaktivierung (Hypothese der differentiellen Gen-Expression)

für diese These sprechen neuere molekular-genetische Untersuchungen an der Modell-Pflanzen Ackerschmalwand (*(s) Arabidopsis thaliana*) deren Genom (aus rund 25'000 Genen) vollständig entschlüsselt wurde.
Bei Untersuchungen des genetischen Material's von Blüh-Mutanten fand man zwei auffällige Gene. Das eine wurde CONSTANS (CO) und das andere FLOWERING LOCUS T (FT) genannt.

Langtag-Pflanze im Langtag



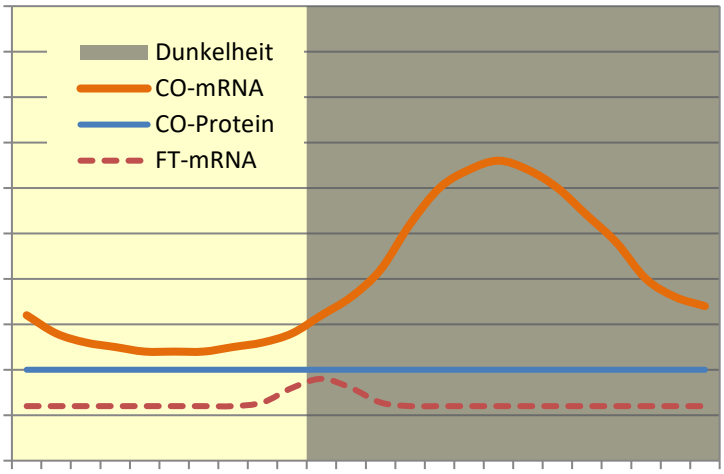
circadiane Rhythmik bestimmter mRNA und Proteine
(CO.mRNA und CO-Protein relative Skalierung;
FT-mRNA im Vergleich dazu)

Das CONSTANS-Protein (CO-Protein) wird ausschließlich im Phloem ausgereifter Laubblätter gebildet
bei Pfropfungs-Versuchen ist die Menge an verfügbarem CO-Protein aber zu gering, um eine Wirkung zu erzielen, deshalb kann es nicht der direkte Blüh-Faktor sein

das CO-Protein schaltet weitere Gene ein, z.B. FT (FLOWERING LOCUS T)

FD steuert nun wiederum Gene, vor allem solche, die die Spezialisierung der Stammzellen in den Teilungs-Zentren (Sproß- u. Wurzel-Sitze, Knospen) steuert und mit festlegt, was aus den einzelnen Stammzellen dann für spezielle Zellen gebildet werden.
FT ist ein sehr kleines Protein, das nicht selbst aktiviert, sondern es bindet sich an ein weiteres Protein (FD). Das FT-Protein ist der Anfang einer typischen Signal-Kaskade.

Langtag-Pflanze im Kurztag



(alle Werte relativ zum obigen Diagramm)

FD und FT müssen zum Wirken zusammenkommen
das FT-Protein entstspricht dem imaginären Florigen
2007 konnte es George COUPLAND et.al. mittels eines fluoreszierenden Proteins – welches an das FT gekoppelt wurde – nachweisen, dass das FT in der Pflanze transportiert und verteilt wird
durch Pfropfungs-Versuch mit Mutanten, die kein FT bilden können, wurde nachgewiesen, dass genau das FT der Florigen-Faktor ist

nach 12 h Tageslicht kann das CONSTANS-Gen zum ersten Mal am Tag expremiert (abgelesen) werden

Nach neueren Erkenntnissen (2007) sind der Blaulicht-Rezeptor (Cryptochrom (CRY) und das Phytochrom A (PHYA) =) an der Blühindikation beteiligt. Phytochrom A spricht auf dunkelrotes Licht an, bei Rezeptoren sind für die Aktivierung des CONSTANS-Gen verantwortlich

an langen Tagen bewirken die Rezeptoren (bzw. deren Messenger), dass das frisch gebildete CONSTANS-Protein wieder abgebaut wird
das CONSTANS-Protein indiziert dann die Blüten-Bildung (eben nur an Langtagen)
als Gegenspieler wirkt das Phytochrom B, was für den Abbau des (alten (Vortags-))CO-Proteins verantwortlich ist

typisch blaues Licht enthält mehr hellrote als dunkelrote Anteile

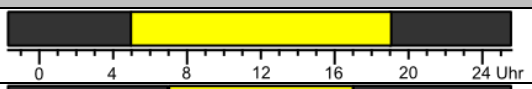
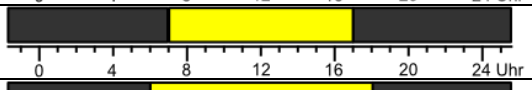
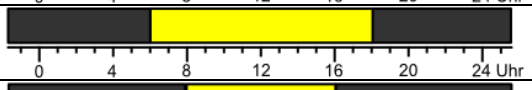
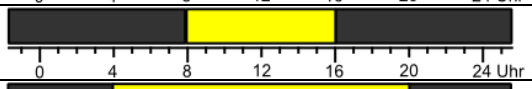
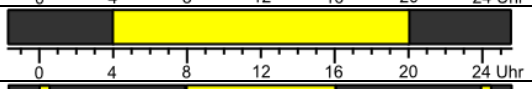
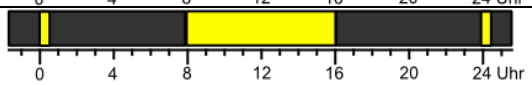
Quellen / Links:
http://www.max-wissen.de/public/downloads/maxheft5843
http://www.spektrum.de/lexikon/biologie-kompakt/phytochrome/9036

Blüh-Indikation beim Weihnachtsstern (*(s) Euphobia pulcherrima*)

Der Weihnachtsstern ist eine ausgeprägte Kurztagspflanze. Charakteristisch sind die roten Hochblätter (Brakteen), die keine Blüten sind, sondern nur intensiv gefärbte Laubblätter. Die Blüten, die unscheinbar in der Mitte der Hochblätter stehen, sind grüngelblich und eingeschlechtig.
Hochblätter und Blüten bildet der Weihnachtsstern nur dann, wenn die Belichtungsdauer deutlich unter 12 Stunden am Tag ist. Es werden mehrere Wochen gebraucht, bis die Pflanzen das gewünschte Aussehen haben. Vor allem die Dunkelphase darf dabei nicht unterbrochen werden.

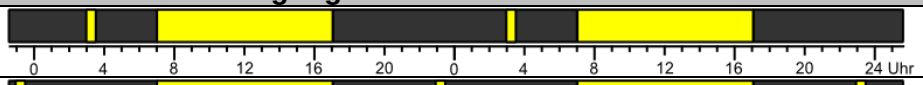
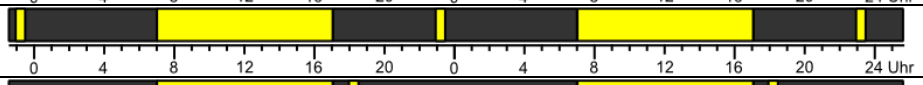
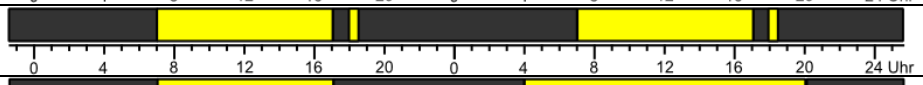
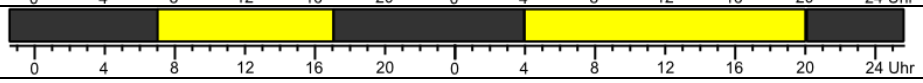

blühender Weihnachtsstern
Q: de.wikipedia.org (US DA, Scott Bauer)

Im Falle einer Unterbrechung beginnt die Uhr für die Dunkelphase wieder von vorne zu laufen.
Durch morgentliche Kälte-Reize wird der im Handel bevorzugte kompakte Wuchs gefördert.
Der Weihnachsstern ist ein Wolfsmilchs-Gewächs. In den Blättern und Stielen fließt der weiße Latex – der Milchsaft. Seine Giftigkeit wird vielfach diskutiert. Ein Hautkontakt sollte vermieden (reizende Diterpene) und der Zugang für Kinder und Haustiere immer kontrolliert werden.

Exp.	Licht-Dunkel-Bedingung	Beobachtung	Deutung
1		keine Blüten	Langtag → keine Blühindikation
2		Blüten	Kurztag → Blühindikation
3		Blüten	Kurztag → Blühindikation
4		Blüten	Kurztag → Blühindikation
5		keine Blüten	Langtag → keine Blühindikation
6		keine Blüten	keine ausreichende Dunkelphase → kein Kurztag → keine Blühindikation

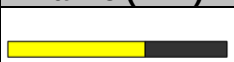
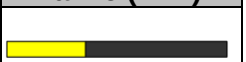
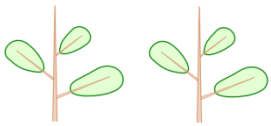
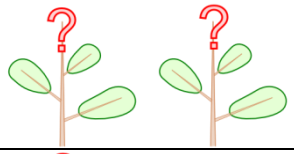
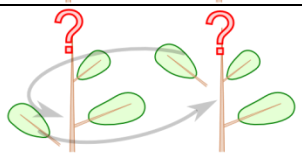
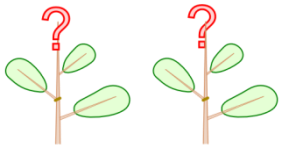
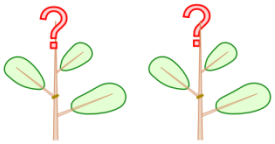
Aufgaben:

1. *Bei weiteren Versuchen soll die Blühindikation bei Weihnachtssternen untersucht werden. Es werden die folgenden Licht-Dunkel-Bedingungen verwendet.*

Exp.	Licht-Dunkel-Bedingung
1	
2	
3	
4	

Stellen Sie Hypothesen für die einzelnen Experimente auf!

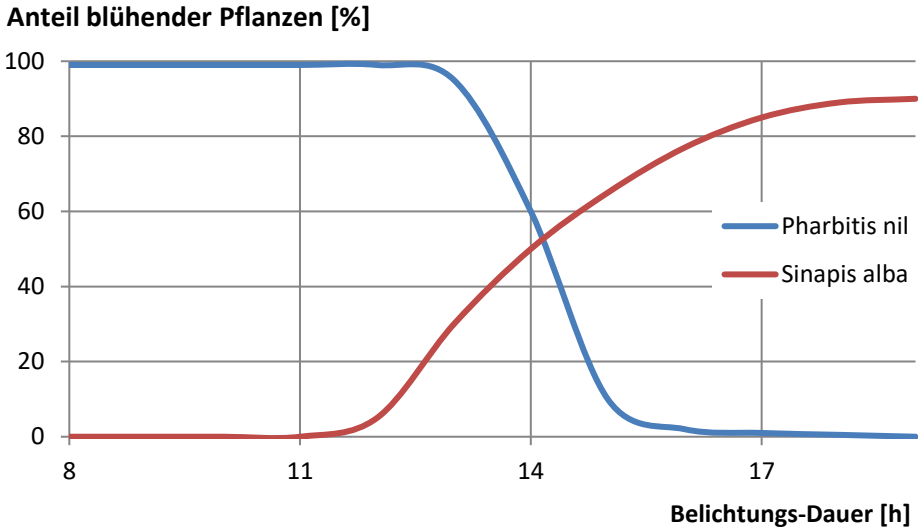
2. *Von zwei Pflanzen-Arten aus einer Pflanzenfamilie, die unter speziellen Beleuchtungs-Bedingungen aufgezogen werden, werden einzelne Laub-Blätter ausgetauscht und aufgepfropft. Stellen Sie Hypothesen hinsichtlich der Blüten-Bildung über den gesamten Verlauf des Experimentes auf (Fragezeichen)!*
3. *Mit welchen Veränderungen muss man als Experimentator rechnen, wenn die benutzten Lichtbedingungen bei den beiden Pflanzen von Anfang an getauscht werden!*

	Kurztags-Pflanze (KTP)	Langtags-Pflanze (LTP)
Licht-Bedingung(en)		
Start mit blütenlos vorgetrieben Pflanzen		
Aufzucht bis ev. erste Blüten erscheinen (müssten)		
Blatt-Tausch zwischen LTP und KTP		
weitere Aufzucht bei obigen Bedingungen		
Versuchs-Ende (wenn ev. auch neue Blüten gebildet sein könnten)		

Begründen Sie Ihre Voraussagen!

4. *Im letzten Jahr war der Biologie-Schlaumeier mit seinen Eltern auf Hawaii zum Urlaub. Unter anderem haben sie dieses Ziel gewählt, weil es geographisch etwas unter dem Nördlichen Wendekreis liegt und damit ganzjährig tropisches Klima aufweist. Auf der Insel Haben sie u.a. den großen und noch aktiven Vulkan Kilauea auch eine Plantage mit Blatt-Salat besucht. Die Pflanzen werden riesig und bilden Medizin- bis Wasserball-große Köpfe. Der Biologie-Schlaumeier behauptet nun, dass er sich von den Pflanzen Samen abgenommen hat, und diese nun im Gewächshaus des Familien-Garten's anbauen und züchten will. Setzen Sie sich mit der Behauptung auseinander*

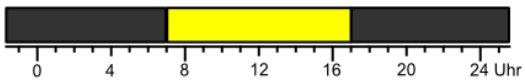
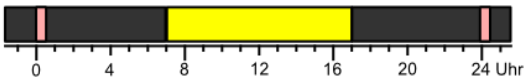
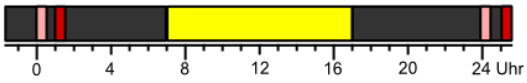
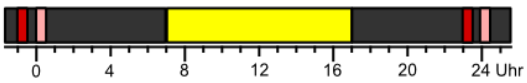
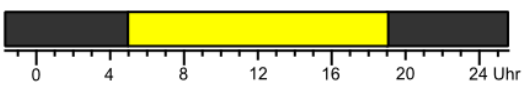
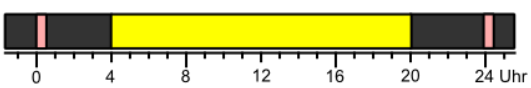
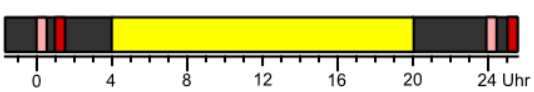
5. Von zwei Pflanzen-Arten sind die Anteile blühender Pflanzen in Abhängigkeit von der täglichen Belichtungs-Dauer erfasst worden. Interpretieren Sie die dargestellten Daten!



(s) Pharbitis nil = (A) Blaue Prunkwinde || (s) Sinapis alba = (A) Weißer Senf

für die gehobene Anspruchsebene:

6. In verschiedenen Versuchen soll die Blühindikation bei Langtags- sowie Kurztags-Pflanzen untersucht werden. Es werden die folgenden Licht-Dunkel-Bedingungen verwendet. Weiterhin werden Bestrahlungen mit hellroten und dunkelroten Licht gemacht!

Exp.	Belichtungs-Muster	LT-Pflanze	KT-Pflanze
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			

Erklären Sie die Ergebnisse der einzelnen Experimente!

Zeitgeber Licht bei Tieren

Östrus der Pferde-Stute an Langtag geknüpft

bei Schafen ist Kurztag (Übergang zum Herbst) für Keimzell-Aktivierung verantwortlich

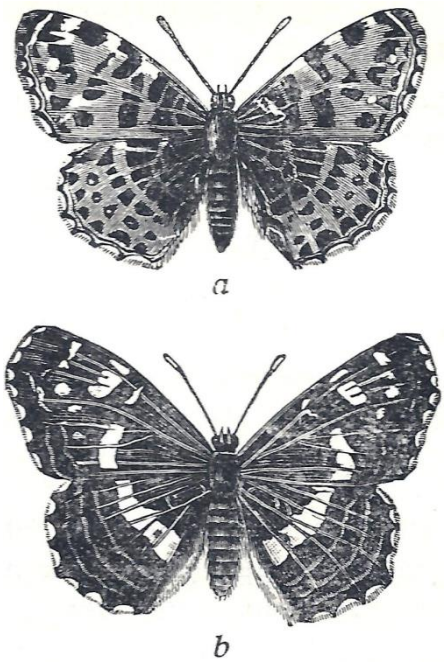
Vogel-Zug

Umschaltung der Fortpflanzungs-Art z.B. bei Blattlaus
von vegetativer zu generativer / geschlechtlicher
im Sommer Parthenogenese, vivipar (lebendgebärend); bei Unterschreiten der Taglichtlänge unter 14 Stunden Übergang zu miktischen (sex-befähig), Eier-legenden Weibchen

Saison-Dimorphismus

beim Landkärtchen-Falter (*(s) Araschnia levana* (Frühlingsform) / *(s) Araschnia prorsa* (Sommer-form))

ältere Gattungs-Bezeichnung *Vanessa*



"Das Landkärtchen"
(*(s) Vanessa prorsa-levana*):
a Frühjahrsgeneration (V. levana),
b Herbstgeneration (V. prorsa)"
Q: /36, S. 177/

2.2.1.x. Sauerstoff / Cohlendioxid

Definition(en): anaerober Stoffwechsel
Der anaerobe Stoffwechsel ist der Stoffwechsel von Organismen, bei dem kein freier (/ atmosphärischer) Sauerstoff (aus dem Umgebungs-Medium) verbraucht wird.

Definition(en): aerober Stoffwechsel
Der aerobe Stoffwechsel ist der Stoffwechsel von Organismen, bei dem freier (/ atmosphärischer) Sauerstoff (aus dem Umgebungs-Medium) verbraucht wird.

Für den aeroben Stoffwechsel ist es egal, ob der Sauerstoff direkt aus der Luft stammt, oder ob er gelöst im Wasser war. Die Menge an gelöstem Sauerstoff im Wasser (rund 0,000'5 %) ist allerdings deutlich kleiner, als der in der Luft (rund 21 %).

Der Sauerstoff-Gehalt in aquatischen Ökosystemen ist praktisch immer limitierend.
Neben dem direkt verfügbaren Sauerstoff-Gehalt wird in der Praxis oft noch ein zweiter Wert betrachtet. Hierbei handelt es sich um den Sauerstoff-Bedarf. Dieser wird von den Einträgen (Sauerstoff-Zufluß durch neues Wasser, Lösen des Sauerstoff aus der Luft, Produktion durch die Pflanzen) und dem praktischen Verbrauch (Atmung, Verrottung, chemische Reaktionen) bestimmt. In der Praxis unterscheidet man zwei spezielle Sauerstoff-Bedarfs-Größen. Der Biologische Sauerstoff-Bedarf BSB (auch: Biochemischer Sauerstoff-Bedarf; engl.: biochemical oxygen demand (BOD)) betrachtet den für den Abbau der vorhandenen biotischen Stoffe notwendigen Sauerstoff. Dazu misst man den Sauerstoff-Verbrauch der Bakterien und anderen Mikroorganismen bei 20 °C, den diese für den Abbau der vorhandenen organischen Stoffe benötigen. Der Chemische Sauerstoff-Bedarf CSB (engl.; chemical oxygen demand (COD)) betrachtet auch noch die chemische umsetzbaren Inhaltstoffe des Wasser. Um diese ebenfalls zu oxidieren, ist noch wesentlich mehr Sauerstoff notwendig. Deshalb sind CSB-Werte immer größer als BSB-Werte. Als Oxidation-Mittel verwendet man Kaliumdichromat, das als stark (oxidierend) gilt.
Da die Zeit bei den biologischen Umsetzungs-Vergängen eine Rolle spielt und die ermittelten Werte vergleichbar sein sollen, werden die Werte für den Biologischen Sauerstoff-Bedarf für definierte Zeit-Räume ermittelt. Üblich sind der BSB_2, BSB_5 und BSB_∞ für 2 bzw. 5 Tage oder eben bis zum vollständigen (beliebiglangen) Abbau. In den ersten zwei Tagen sind aber noch nicht alle Umsetzungs-Vorgänge ausreichend fortgeschritten bzw. angelaufen, so dass man lieber den BSB_5 verwendet. Der BSB_5 macht grob geschätzt 70% des BSB_∞ aus.

$$BSB_5 \approx BSB_2 \cdot 1{,}85 \quad \text{(Süßwasser)}$$

Sättigungs-Konzentration (Meerwasser) für Sauerstoff (bei 100% Luftfeuchte, 1013,25 hPa, 20,95% Luft-Sauerstoff-Gehalt)

$$c[O_2] = -173{,}43 + 249{,}63\,\hat{A} \cdot \frac{100}{T} + 143{,}35\,\hat{A} \cdot \ln\frac{100}{T} - 21{,}85\,\hat{A} \cdot \frac{T}{100} + S \cdot \left(-0{,}0331 + 0{,}0143\,\hat{A} - 0{,}0017\,\hat{A} \cdot \left(\frac{T}{100}\right)^2\right)$$

Â … T … Temperatur [K] S … Salz-Gehalt [‰]

$\frac{ml}{l}$ Â · $44{,}615 = \frac{\mu mol}{l}$ (Umrechnung für Meerwasser)

Süßwasser

Wasser-Temperatur [°C]	Sättigung für Sauerstoff [mg/l]	Sättigung für Cohlenstoff-dioxid [mg/l]
0	14,57	3'400
1	14,17	
2	13,79	
3	13,43	
4	13,07	
5	12,74	2'800
6	12,41	
7	12,11	
8	11,81	
9	11,53	
10	11,25	2'400
11	11,00	
12	10,75	
13	10,51	
14	10,28	
15	10,07	2'000
16	9,85	
17	9,65	
18	9,45	
19	9,27	
20	9,10	1'750
21	8,91	
22	8,74	
23	8,58	
24	8,42	
25	8,27	1'500
26	8,11	
27	7,95	
28	7,81	
29	7,67	1'300

Aufgaben:

1. *Erstellen Sie ein Diagramm über die Abhängigkeit der Sauerstoff-Sättigung von der Wasser-Temperatur!*
2. *Interpretieren Sie das Diagramm!*

Kohlenstoffdioxid ist für Pflanzen einer der wichtigsten Nährstoffe und für Tiere als Abprodukt bedeutsam. Steigt die Konzentration des CO_2's bei atmenden Organismen zu hoch, dann wird i.A. die Atmung - und dann letztendlich die Sauerstoff-Versorgung – behindert.
Im Wasser liegt Kohlenstoffdioxid mit Carbonat- und Hydrogencarbonat-Ionen in Gleichgewichten vor. Die Gleichgewichte sind pH-abhängig.
Sinkt der pH-Wert unter 5, dann dominiert CO_2. Carbonat-Ionen sind erst über einem pH-Wert von 9,5 in nenneswerter Menge vorhanden. Die gesamte Menge an gelöstem, gebundenem,

anorganischen Kohlenstoff wird unter der Größe DIC (disolved inorganic carbon) zusammengefasst.

$$DIC = c[CO_2] + c[HCO_3^-] + c[CO_3^{2-}]$$

Die Zellatmung von Pflanzen und Tieren lässt den CO_2-Gehalt vor allem nachts ansteigen. Bei einsetzender Photsynthese am Tag sinkt der DIC-Wert.
Durch die verschiedenen Prozesse verändert sich auch der pH-wert in den dichter bewachsenen Pflanzen-Regionen (Lithoral). Er kann im Tages-Verlauf zwischen 6 und 10 schwanken.

Aufgaben:

1. ***Geben Sie die Brutto-Gleichungen für die Photosynthese und die Zellatmung an!***
2. ***Entwickeln Sie ein Fließ-Schema, das die Einflußfaktoren auf den DIC beschreibt!***

2.2.1.x. Wind

Wind-Flüchter

Pflanzen, die z.B. an Küsten regelmäßig oder dauerhaft Winden ausgesetzt sind, wachsen vom Wind weg. Dabei entwickeln sich bisweilen bizare Formen.



Wind-Flüchter (Dänemark, Nordküste Seeland)

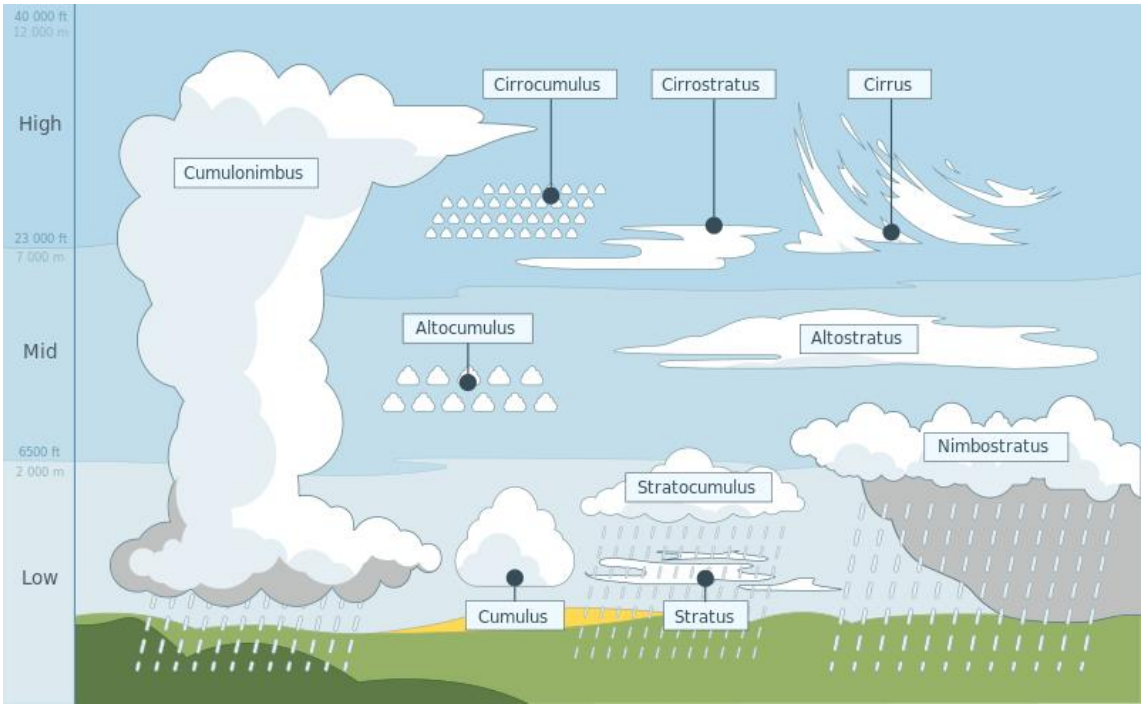
Winde sind auch die Ursache für Wellen-Bewegungen, die z.B. an den Küsten der Meere einen starken Einfluss auf die Ökosysteme haben.
Salziges Spritzwasser wird oft bis zu 100 m auf Land verweht. Das abgelagerte Salz beeinflusst die osmotischen Verhältnisse in den dortigen Sträucher-Streifen oder Feuchtwiesen sehr stark.

BEAUFORT-Skala

Wind-Stärke [Bf]	Bezeich-nung	Wind-Geschwindigkeit [m/s]	Wind-Geschwindigkeit [km/h]	Wind-Wirkung Merkmale	
0	Windstille, umlau-fend	0,0 – 0,5	0 – 2	keine Bewegung von Blättern; Rauch steigt senkrecht empor; spiegelglatte See	
1	leiser Zug	0,3 – 1,5	2 – 5	kaum merklich; Wind-Richtung nur durch abgelenkten Rauch erkennbar; Windflügel und Windfahnen unbewegt; leichte Kräuselwellen	
2	leichte Brise	1,6 – 3,3	6 – 11	schwache Bewegung von Blättern und Wimpeln; Blätter rascheln; Wind im Gesicht spürbar; kleine, kurze Wellen, Oberfläche glasig	
3	schwache Brise	3,4 – 5,4	12 – 19	bewegt Blätter, schwache Zweige und Wimpel; Anfänge der Schaumbildung	
4	mäßige Brise	5,5 – 7,9	20 – 28	bewegt dünne Zweige und Äste, wirbelt Staub auf; loses Papier wird vom Boden abgehoben; kleine, länger werdende Wellen	
5	frische Brise	8,0 – 10,7	29 – 38	bewegt stärkere Äste und kleine Bäume; Wind deutlich hörbar; mäßige Wellen von großer Länge; überall Schaumköpfe	
6	starker Wind	10,8 – 13,8	39 – 49	bewegt stärkere Äste und mittlere Bäume; an Häusern und festen Gegenständen hörbar; hörbares Pfeifen an Drahtseilen und Telefonleitungen; größere Wellen mit brechenden Köpfen; überall weiße Schaumflecken	
7	steifer Wind	13,9 – 17,1	50 – 61	bewegt Bäume; fühlbarer Widerstand beim Gehen im Gegenwind; weißer Schaum von den brechenden Wellenköpfen legt sich in Schaumstreifen in die Windrichtung	
8	stürmi-scher Wind	17,2 – 20,7	62 – 74	bricht Zweige ab; erheblicher Gehwiderstand; Fensterläden werden geöffnet; ziemlich hohe Wellenberge; deren Köpfe werden verweht; überall Schaumstreifen	
9	Sturm	20,8 – 24,4	75 – 88	bricht größere Äste ab; kleine Schäden an Häusern; Gartenmöbel werden umgeworfen und verweht; beim Gehen erhebliche Behinderungen; hohe Wellen mit verwehter Gischt; Brecher beginnen sich zu bilden	
10	schwerer Sturm	24,5 – 28,4	89 – 102	entwurzelt Bäume; deckt leichte Dächer ab; größere Schäden an Häusern; sehr hohe Wellen; weiße Flecken auf dem Wasser; lnge, überbrechende Kämme; schwere brecher	selten im Landesinneren (nur an Berg)
11	orkanartiger Sturm	28,5 – 32,6	103 – 117	heftige Böen; starke Sturmschäden, deckt schwerere Dächer ab; schwere Schäden in Wäldern (Windbruch); Autos werden aus der Spur geworfen; Gehen unmöglich; brüllende See; Wasser wird waagerecht weggeweht; starke Sichtbehinderung	sehr selten im Landesinneren (nur an Bergspitzen) ≡ Tropischer Sturm

Wind-Stärke [Bf]	Bezeich-nung	Wind-Geschwindigkeit		Wind-Wirkung Merkmale	
12	Orkan	32,7 – 36,9	118 – 133	schwere Verwüstungen; zerstört leichte Häuser; See vollkommen weiß; Luft mit Schaum und Gischt gefüllt; keine Sicht mehr	≅ Hurrikan Kat. 1
13			134 – 149		
14			150 – 166		≅ Hurrikan Kat. 2
15			167 – 183		
16			184 – 202		≅ Hurrikan Kat. 3
17			> 202		≅ Hurrikan Kat. 4
			>250		Hurrikan Kat. 5

Die Windstärken 13 und höher gehören nicht zur ursprünglichen BEAUFORT-Skala. Sie wurden zur vergleichenden Charakterisierung von Hurrikan's später aufgenommen.



Wolken-Typen
Q: de.wikipedia.org (Valentin de Bruyn)

2.2.1.x. Nährstoffe (allgemein); Nahrung

typisch ist eine Begrenzung der Entwicklung vieler Arten durch die zur Verfügung stehenden Nährstoffe bzw. die Nahrung allgemein (Substrat-Limitation)
Ursache ist die Konkurrenz mit Art-Genossen und Artfremden um die gleichen Ressourcen

Anpassungs-Strategien

Anpassung (Adaptation)

r- und K-Strategie entstammen begrifflich der Demökologie

r-Strategie

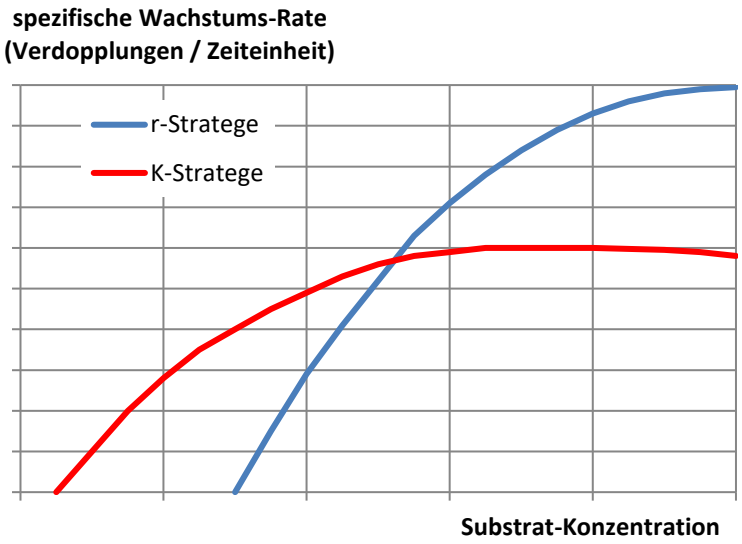
Organismen habe hohe Wachstums-Rate (**r**), die aber nur bei großen Nährstoff-Kapazitäten bzw. –Konzentrationen realisiert werden können
innerhalb kürzester Zeit können dann viele Nachkommen gezeugt werden, die die Ressourcen maximal ausnutzen / ausbeuten
verbleiben meist nur kurzfristig im Lebensraum
ziehen weiter oder bilden Überdauerungs-Organe etc. aus, um zumindest Phasen der Regeneration der Ressourcen zu überleben

von WINOGRADSKY (1925) als **Zymogene** bezeichnet (sich zeitweilig durchsetzende)
z.B. Gattungen *Bacillus, Aspergillus, Penicillium*

K-Strategie

Organismen sind an eine begrenzende Nährstoff-Kapazitäten (**K**) / limitierende Nährstoff-Konzentrationen angepasst
meist mit intensiverer / effektiver Nutzung gekoppelt; d.h. hier liegt auch der Anpassungs-Schwerpunkt
es werden schon kleinste Mengen / Konzentrationen genutzt
besetzen den Lebensraum meist längerfristig

nach WINOGRADSKY (1925) **Autochtome** (einheimisch, angepasst)



in Misch-Kulturen aus r- und K-Strategen setzen sich bei hoher Substrat-Konzentration / -Kapazität die r-Strategen durch und unterdrücken die K-Strategen, mit sinkender Substrat-Menge verdrängen dann die K-Startegen die r-Strategen

nach WINOGRADSKY (1925) zusätzlich noch Allochthone ("Andersartige", "Fremdartige"; "Verschiedenartige"), dass sind solche Organismen, die sich zymogen ("zurückgezogen"; "abwartend", "in Lauerposition") verhalten, aber eingeschleppt wurden; sie können sich (unter bestimmten Bedingungen) zeitweilig durchsetzen

z.B. (*s) Escherichia coli* (Darm-Bakterium) in Nährstoff-armen Lebensräumen nicht vorkommend, bei starkem Nährstoff-Eintrag (organische Stoffe; z.B. Fäkalien) entwickelt sich die Mikrobe explosionsartig und wird dann zum Problem (Infektions-Gefahr für Badende usw.)

bei Misch-Substraten und Misch-Ernährungen wird Situation schnell unübersichtlich und kompliziert / komplex

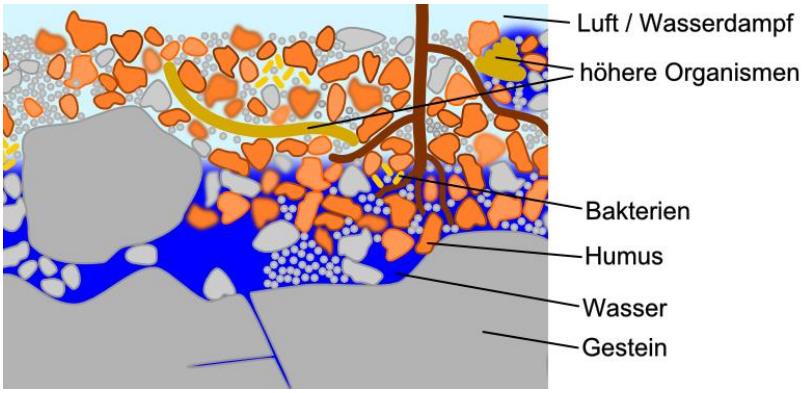
siehe auch → Populationen und ihre Entwicklungs-Strategien

2.2.1.x. edaphische Faktoren (Boden-Faktoren)

extreme Durchmischung der Haupt-Sphären

ganz spezieller Lebensraum

Edaphon ist die Boden-Lebensgemeinschaft

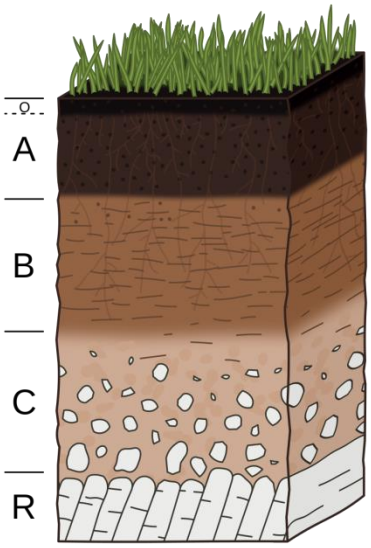


Boden-Horizonte

Unter der sogenannten Auflage (O-Horizont) – die meist aus den verrottenden Blättern der letzten Jahre gebildet wird – folgt zuerst der Humus-haltige Mutterboden (Ober-Boden, A-Horizont).
Intensiv belebte Zone auch mit höheren Organismen.
Der Braun-Ton wird im Wesentlichen von den vorhandenen Humus-Anteilen bestimmt.
Die festen Bestandteile bilden rund 50 %. Die andere Hälfte wird zu unterschiedlichen Teilen von Wasser und Luft gebildet.

Der Unter-Boden (B-Horizont) ist durch die – aus der Ober-Schicht ausgewaschenen – Humus-Bestandteile bräunlich gefärbt. Das anorganische Material sind Ton-Minerale. In dieser Schicht dominieren Bakterien. Der Boden-Luft-Anteil sinkt praktisch auf null. Die Lücken zwischen den festen Bestandteilen werden fast ausschließlich von Wasser gefüllt.

Der C-Horizont (Untergrund) ist praktisch nur noch anorganisches Material. Steine und deren Verwitterungs-Produkte (Sand, …) bestimmen die Struktur und den Inhalt.

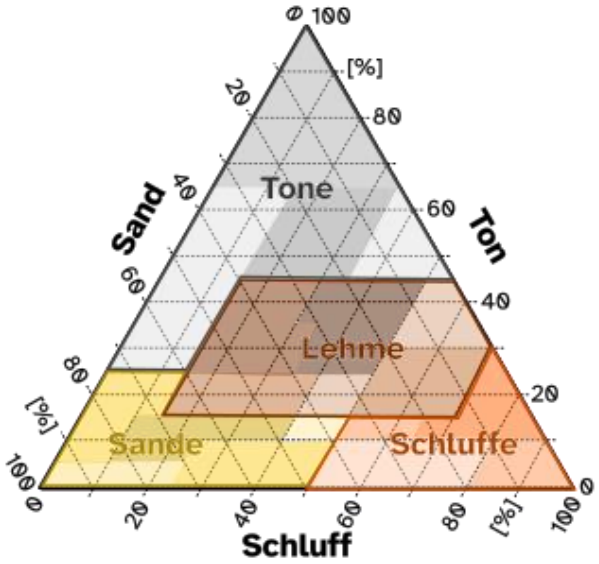


Haupt-Boden-Horizonte
Q: de.wikipedia.org
(Thomás Kebert & umimeto.org)

Der gesamte Boden wird von einer Gesteins-Schicht getragen – dem sogenannten R-Horizont. Dieser gehört sachlich zur Lithosphäre (→ 4.1.1.1. Lithosphäre).

2.2.1.x.1. Boden-Art und -Struktur

Haupt-Bestandteile des festen, anorganische Material's sind Ton, Sand und Schluff.
Diese unterscheiden sich vorrangig in der Körnung. Tone haben eine Korn-Größe bis 2 µm. Mit einer Körnungs-Größe von 2 bis 63 µm folgen der Schluff. Für Sand wird eine Korn-Größe von 0,063 bis 2 mm angegeben.
Je nach Mischung entstehen unterschiedliche Boden-Arten.
Neben der Körnung spielt auch der Humus-Gehalt eine wichtige Rolle.



Bodenarten-Dreieck; vereinfacht nach STAHR

Körnung

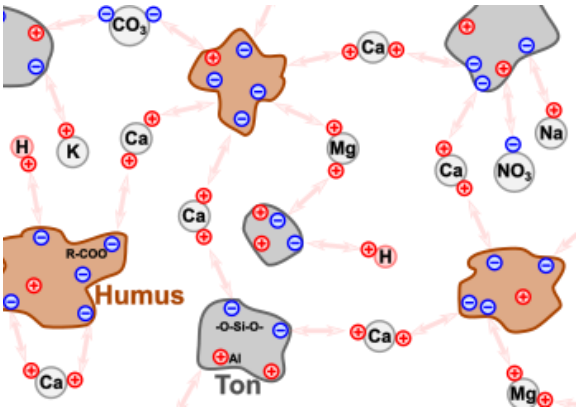
durchschnittlicher Partikel-Durchmesser [mm]	Bezeichnung der Fraktion	
< 0,002	**Ton**	
0,002 – 0,063	Fein- bis Grob-**Schluff**	**Lehm** ist Gemisch aus Ton, Schluff und Sand
0,063 – 2,0	Fein- bis Grob-**Sand**	
2 – 63	Fein- bis Grob-**Kies**	
63 – 200	Grob-**Steine**, **Geröll**	
> 200	**Geschiebe, Blöcke**	

Körnung bestimmt Durchlüftung und Durchwässerung (Durchfluß, Wasserhaltevermögen)
Angriffsfläche für Wurzeln (Halt und Nährstoffe) nimmt mit der Korn-Größe ab

Humus-Gehalt

Humus-Gehalt	Huminsäure-Gehalt	Merkmale, Eigenschaften	
Humus-reich		dunkelbraun, erwärmt sich in der Sonne, gute Durchlüftung	
Humus-arm		hell,	

Ton-Humus-Komplex
→ 4.1.1.2. Pedosphäre



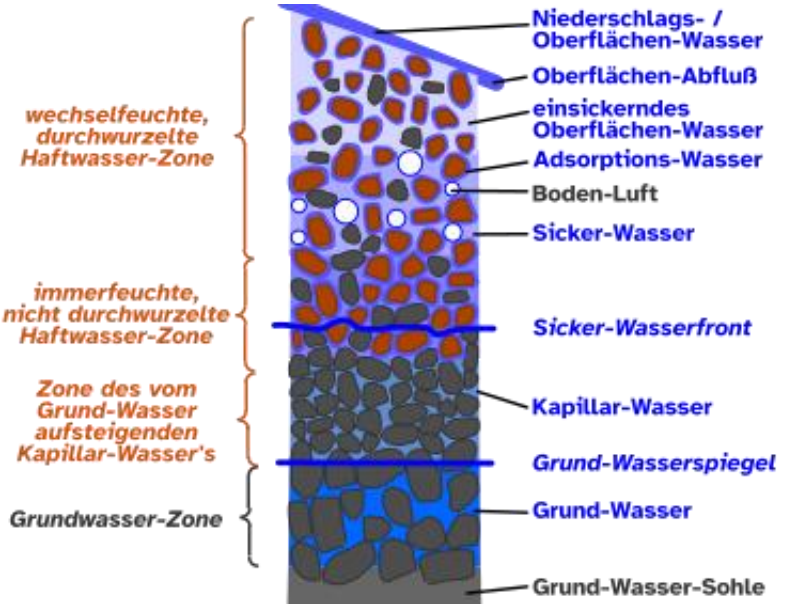
Humus ist die organische Boden-Substanz

Humus enthält neben Huminsäuren noch weitere organische Substanzen
dazu gehören Kohlenhydrate (rund 50 % (Cellulose, Stärke, Zucker)), Lignin (Holzstoff (10 – 40 %)) und verschiedene größere Stickstoff-haltige Substanzen (unter 10 %)

anorganischer Gegen-Part sind die Ton-Minerale und Gesteine
sind der anorganische Teil der Boden-Substanz
die Ton-Minerale enthalten viele lösliche Metall-Ionen, die als mineralische Nahrung für die Pflanzen notwendig sind
Ammonium als Stickstoff-basiertes Kation spielt eine ganz

anionische Nichtmetall-Ionen, wie z.B. Phosphat und Nitrat, zeigen ebenfalls unterschiedliches Lösungs-Verhalten
nähreres zu den Nährstoff-Ionen bei den Kreisläufen (→ 4.2. Stoff- und Energie-Flüsse in Ökosystemen)

Bodenwasser



nach: /35; S.44/

Phänomen der Wasser-Aufnahme durch die Wurzel
im Wesentlichen durch Osmose bedingt
Nährsalze werden in gelöster Form mitaufgenommen

Transpirations-Sog (über die Spaltöffnungen) sorgt für den Transport in Blätter

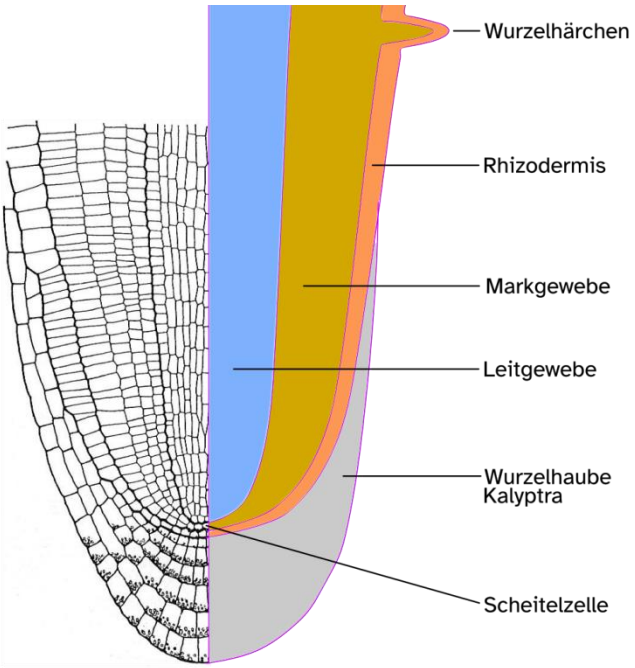
mehrschichtiger Bau

mit Schichte, die ein Rückfluss des Wasser's wieder in den Boden weitgehend verhindern

zentral Leitgewebe, mit dessen Hilfe das Wasser in Richtung Krone / Blätter transportiert wird (Xylem)

gegenläufiges Leitgewebe, dass Stoff aus den Blättern in die Wurzel, z.B. zum Speichern oder für Symbionten (→ Mykoriza), transportiert

Scheitel-Zellen bilden durch Zell-Teilung (→ Mitose) immer wieder neue Zellen, die sich dann ausdifferenzieren



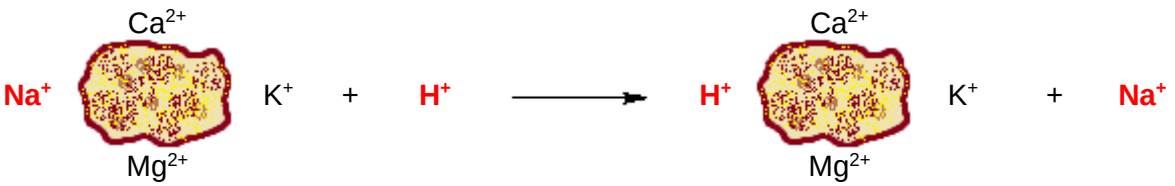
2.2.1.x.2. Boden-pH-Wert

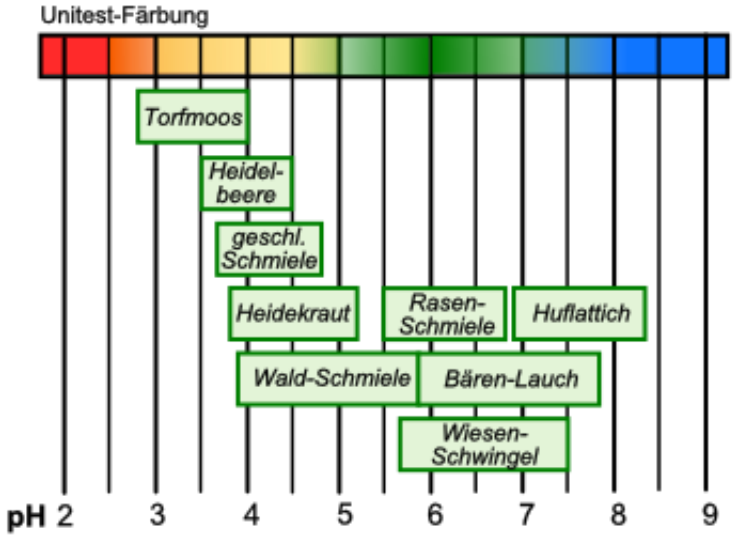
Der Boden-pH-Wert zählt zu den wichtigsten Boden-Charaketeristika. Er bestimmt ganz entscheidend mit darüber, ob und welche Pflanzen auf einem bestimmten Boden wachsen können.

Boden-Reaktion

pH-Wert-Bereich	Bezeichnung	
> 11,0	äußerst alkalisch	
10,0 – 11,0	sehr stark alkal.	
9,0 – 10,0	stark alkalisch	
8,0 – 9,0	mittel alkalisch	
7,5 – 8,0	schwach alkalisch	
7,0 – 7,5	sehr schwach alk.	
7,0	neutral	
6,5 – 7,0	sehr schwach s.	
6,0 – 6,5	schwach sauer	
5,0 – 6,0	mittel sauer	
4,0 – 5,0	stark sauer	
3,0 – 4,0	sehr stark sauer	
< 4,0	äußerst sauer	

Boden-Puffer





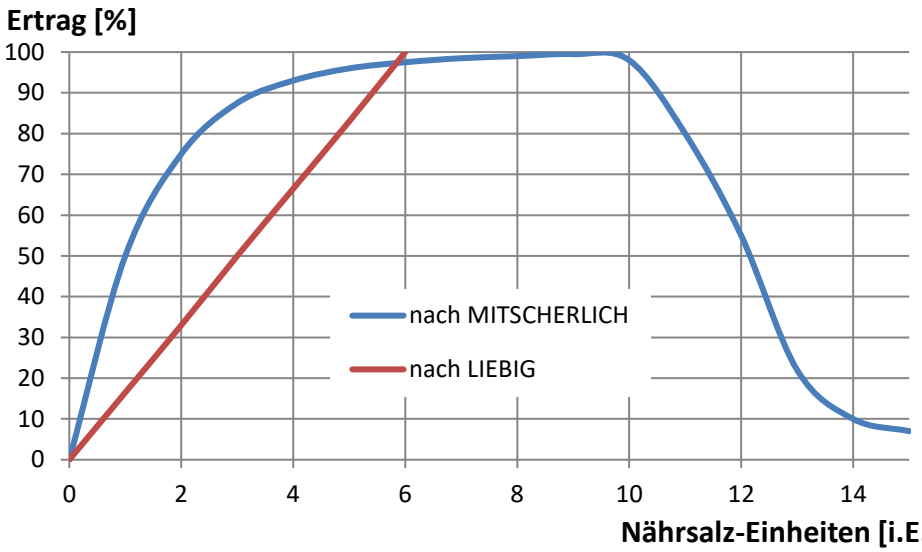
2.2.1.x.2. Boden-Nährsalze

besonders für Pflanzen / autotrophe Organismen, die sich von anorganischen Energie-armen Stoffen ernähren

wichtige Nährsalz-Ionen:

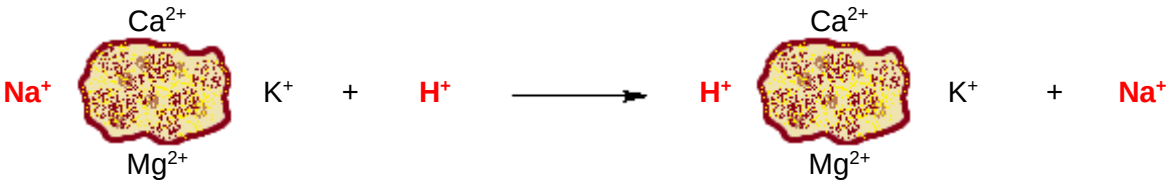
Ion	Name	Bedeutung	Gebrauch im Stoffwechsel
NH_4^+	Ammonium-Ion	Stickstoff-Quelle	Aminosäure- und Nucleinbase-Synthesen
NO_3^-	Nitrat-Ion	Stickstoff-Quelle	Aminosäure- und Nucleinbase-Synthesen
NO_2^-	Nitrit-Ion	Stickstoff-Quelle	Aminosäure- und Nucleinbase-Synthesen
PO_4^{3-}	Phosphat-Ion	Phosphor-Quelle	ATP, Phosphorsäure
S^{2-}	Sulfid-Ion	Schwefel-Quelle Ersatz für O_2	Aminosäure-Synthese Photo- und Chemosynthese
SO_3^{2-}	Sulfit-Ion	Schwefel-Quelle	Aminosäure-Synthese Chemosynthese
SO_4^{2-}	Sulfat-Ion	Schwefel-Quelle	Aminosäure-Synthese Chemosynthese

Ammonium-Ionen werden von den Boden-Partikeln (besonders vom Humus) gut gehalten und wandern nur sehr langsam in Richtung Grundwasser
Nitrat wird dagegen kaum absorbiert, vieles wird direkt in das Grundwasser ausgewaschen
hier stellt es ein Problem für die Trinkwasser-Aufbereitung dar, da Nitrate nur schwer aus dem Wasser zu entfernen sind und als sehr bedenklich bis giftig gelten



Q: nach /11 , S. 22/

Boden als Ionen-Reservoir und -Tauscher



Ionen-Austausch (HOFMEISTERsche Ionen-Reihen)

	Li	Na	Rb	Cs
	Mg	Ca	Sr	Ba
Austausch-Fähigkeit				
Hydrathülle				

lyotrophe Reihe

Na < K < Mg < Ca < Ba < H

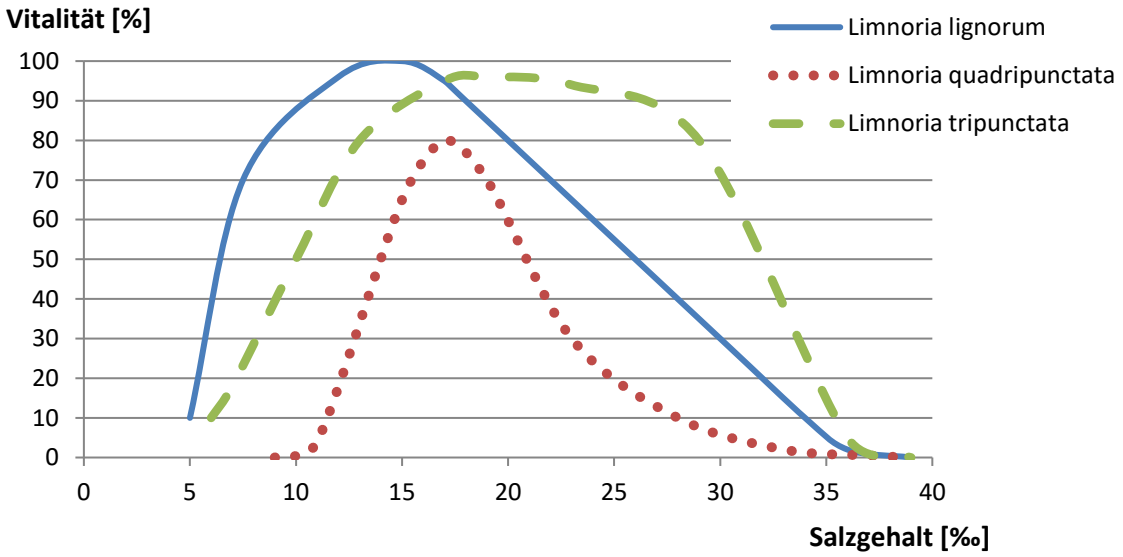
Zeiger-Pflanzen

Bestimmte Pflanzen sind hinsichtlich bestimmter Ionen oder pH-Werte angewiesen und stenök. Solche Pflanten wachsen dann nur in eng begrenzten gebieten, genau dort, wo die passenden Eigenschaften des Boden's vorhanden sind. Sie zeigen praktisch die / bestimmte Boden-Merkmale an.

2.2.1.x. Salzgehalt (des Wassers) / Salinität

osmotischer Faktor
zu geringer Salz-Gehalt (der Umgebung) bewirkt i.A. eine erhöhte Wasser-Aufnahme durch den Organismus
dieser muss das zusätzliche / viele Wasser wieder los werden

bei erhöhter Salinität kommt es zu einem Wasser-Mangel im Organismus, der Organismus muss Wasser – z.B. durch "Trinken" – aufnehmen
od. ev. das überschüssige Salz aus dem Körper in anderer Form abgeben
in Frage kommen z.B. noch konzentrierte Ausscheidungen oder das Auskristallisieren von Salz (z.B. an Blatt-Spitzen → Guttation)



ökologische Potenz von Holzbohrasseln der Gattung Limnoria im Lebensraum

Aufgaben:

1. *Prüfen Sie das obige Digramm hinsichtlich der maximal erreichten Vitalität auf fachliche Richtigkeit! Erläutern Sie Ihren Standpunkt!*
2. *Interpretieren Sie das Diagramm! Ordnen Sie die Organismen hinsichtlich ihrer Toleranz verschiedenen Typen zu!*
3. *In der Literatur wird manchmal von meso-, eury- und stenohalinen Organismen gesprochen. Können Sie den Holzbohrasseln aus dem Diagramm diese Begriffe zuordnen? Begründen Sie Ihre Meinung und ev. Zuordnung!*

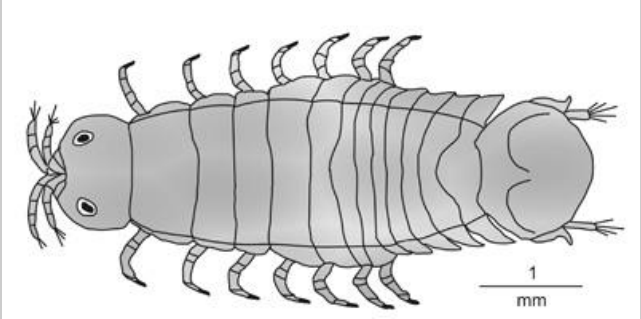
Exkurs: Holzbohrasseln – Schädlinge oder Nützlinge?

bohren in Holz und Algen

kräftige Mundwerkzeuge

sowohl auch Holz von Schiffen oder Hafen-Anlagen

Verdauung der Cellulose und des Lignin's erfolgt durch eigene Enzyme (keine Symbiose mit Mikroorganismen)



Klein wie ein Reiskorn, aber großen Hunger auf Holz: Die Holzbohrassel (Limnoria lignorum).
Q: http://www.fuwa-ev.de/index.php?id=35

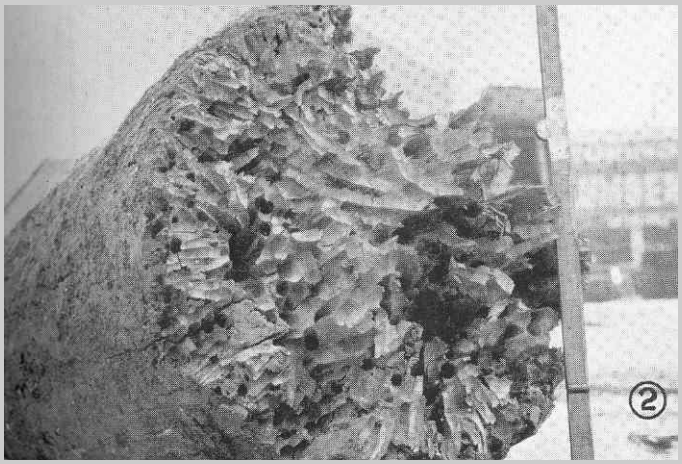
das Holz selbst muss aber schon durch Pilze befallen sein

die Pilze versorgen die Holzbohrasseln mit verschiedenen Vitaminen und speziellen Proteinen

weltweite Verbreitung wahrscheinlich erst mit dem Schiffs-Verkehr

da sie Sauerstoff-liebend sind dringen sie meist nur wenige Zentimeter in das Holz ein
zuerst wird nur der weiche Holzanteil gefressen, die harten Strukturen bleiben als Lamellen zurück
die angefressenen Holz-Strukturen werden dann durch Wellengang und Wasserströmung weiter abgetragen, so das neue Holz-Schichten für die Holzbohrasseln nutzbar werden
innerhalb eines Jahres könne die Asseln einen Stamm von 30 cm Durchmesser zerstören
die Tragfähigkeit bzw. die Funktion des Holzes in der Nutz-Konstruktion ist schon viel früher nicht mehr gegeben

die Asseln bohren aber auch Quegänge, damit ein ständiger Frisch-Wasserstrom möglich ist
besonders die Jungtiere benötigen frisches Wasser mit reichlich Sauerstoff



Schadbild der Holzbohrassel
(in 7 Jahren zerstörter Holzpfahl)
Q: commons.wikimedia.org
(San Francisco Bay Marine Pilling Committee)

im Frühjahr produziert ein Holzbohrassel-Pärchen 10 bis 12 Larven, die Larven fressen sich in Seitengängen zum Muttergang weiter durch das Holz
zum Ende des Winter's schwärmen sie dann aus

früher fuhren die Seeleute mit ihren Schiffen regelmäßig Süßwasser-Häfen an, da die Asseln Süßwasser nicht vertragen

heute wird über die Nutzung der Holzbohrasseln zur Umsetzung von Stroh zu Bio-Ethanol geforscht
die Asseln sind sehr effektive Cellulose-Umsetzer
derzeit sind 60 Enzyme bekannt, die die Asseln zur Cellulose- und Lignin-Zersetzung nutzen

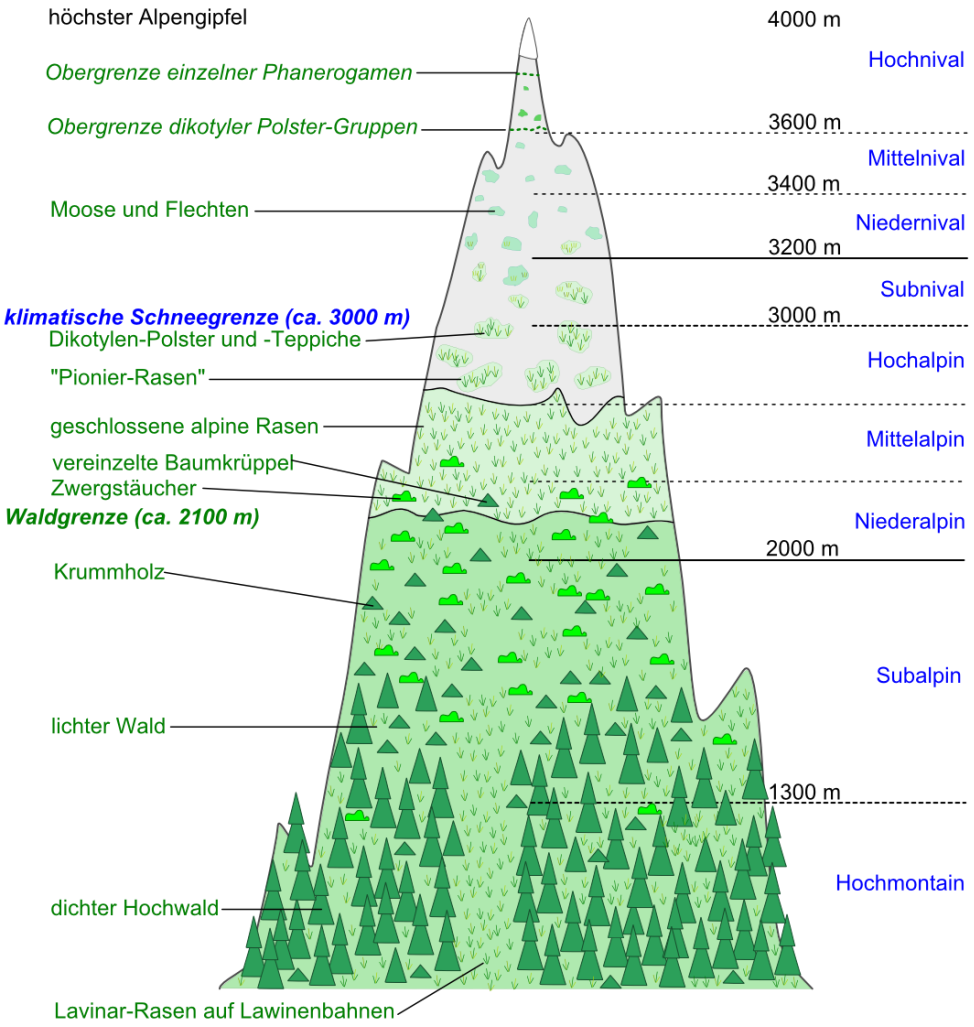
Q: http://www.readersdigest.de/n%C3%BCtzlicher_sch%C3%A4dling

Q: http://www.fuwa-ev.de/index.php?id=35

2.2.1.x. orographische Faktoren (Gelände-Faktoren)

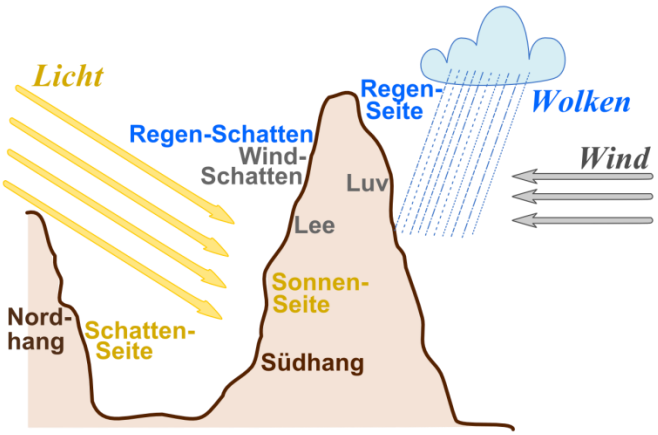
hierzu gehören z.B. die Höhenlage und das Relief
sie bestimmen regional eine Vielzahl anderer Umwelt-Faktoren → Mikroklima

2.2.1.x.1. Höhenlage



Höhenzonierung der Alpen (Formations-Mosaik)
aus Q: /35, S. 39 (nach REISGL u. PITSCHMANN, geänd.: Dre)/

2.2.1.x.2. Relief



2.2.1.x. Radioaktivität

natürliche Strahlung (insg. 2,4 mSv)
kosmische Quellen rund 0,3 mSv
terrestrische Quellen rund 0,5 mSv

künstliche Strahlung durchschnittlich 1,55 mSv

Strahlenschäden (beim Menschen nach kurzzeitiger Bestrahlung)

Strahlendosis	Symptome / Schadwirkungen		
0,1 – 0,5	keine akuten Schäden; geringfügige Blutbild-Veränderungen → Spätschäden möglich		
0,5 – 1,0	Hautrötung; Veränderung des Blutbildes; ev. Übelkeit, Erbrechen; nach einigen Tagen: Haar-ausfall		
1,0 – 2,0	Übelkeit, Erbrechen; Schädigung des Knochen-marks und des Immun-Systems; verschlechter-tes Allgemeinbefinden; erste Tote		
2,0 – 4,0	Sterberate 20% in 2- 6 Wo; Überlebende benö-tigen 3 Mo zur Genesung		
4,0 – 5,0	schwere Einschränkung des Allgemeinbefin-dens; stark erhöhte Infektions-Anfälligkeit; Blut-bildungs-Störungen; Fieber; Sterberate 50 % in 4 Wo; Genesungszeitraum 6 Mo		
5,0 – 7,5	…, schwere Schädigung des Magen-Darm-Traktes; blutige, schleimige Durchfälle; innere und äußere Blutungen; Geschwüre im Mund- und Rachen-Bereich; geringe Überlebensrate		
7,5 – 10,0	praktische Sterberate 100%;		
50	sofort einsetzende schwerste Erkrankungen; Tod innerhalb einer Wo		
100	Lähmung (Schädigung des Nerven-Systems) und schneller Tod;		

2.2.1.x. Lautstärke und Lärm

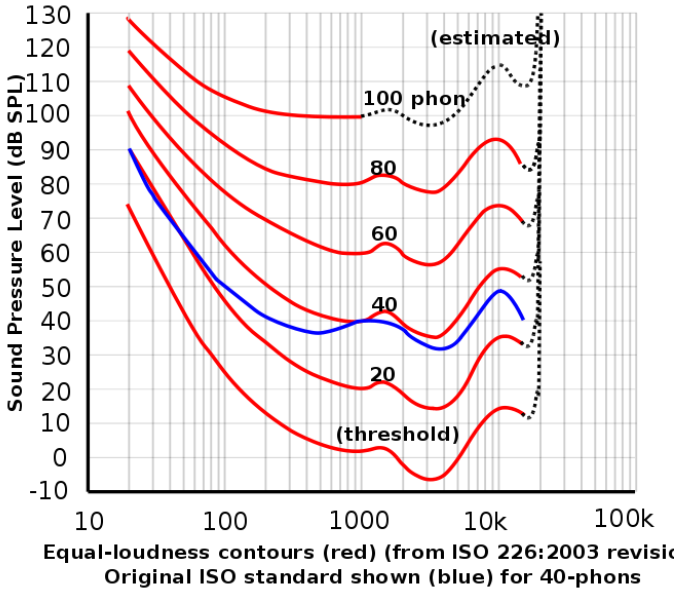
Wal-Strandungen werden häufig auf akustische Tests (aktive Sonare z.B. zur U-Boot-Ortung) oder unterseeische Explosionen zurückgeführt

Fluglärm; Starten und Landen von Flugzeugen; Überflug von Wohngebieten

Arbeits-Klima

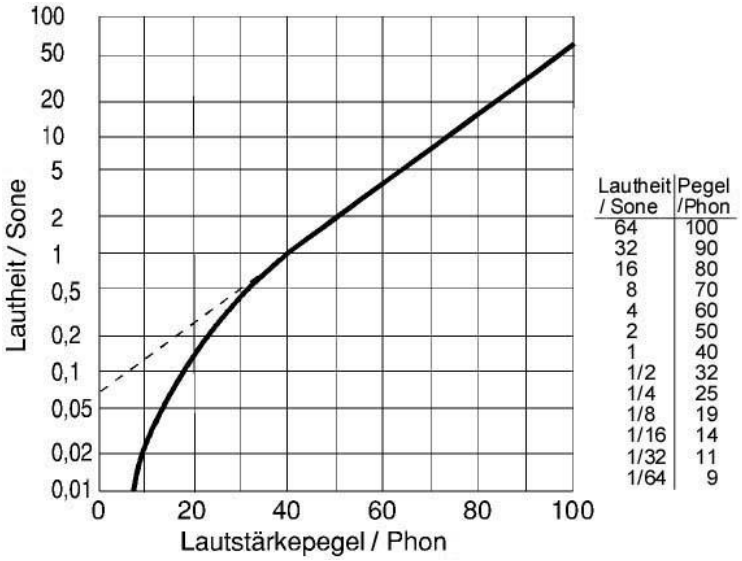
Beschreibung Geräusch, Lärm-Quelle	Entfernung zur Schall-Quelle [m]	Schall-Pegel [dB(A)]	Schall-Intensität [W / m^2] = [Pa]	Lautheit [Sone]
Hörschwelle (2 kHz)	0	0		0
Blätter-Rauschen, ruhiges Atmen	0	10		0,02
sehr ruhiges Zimmer	0	20 – 30	10^{-10} – 10^{-9}	0,15 – 0,4
Nebenstraße, Kühlschrank-Brummen		30		
normale Hintergrund-Geräsche im Haus		30 – 40	10^{-9} – 10^{-8}	
normale Unterhaltung	1	40 – 60	10^{-8} – 10^{-5}	1 – 4
"Zimmerlautstärke" von Radio und Fernseher	1	55 – 65	10^{-6} – 10^{-5}	4
Schreibmaschine		65 – 75	10^{-5} – 10^{-4}	
Büro, Haushalt		70		
PKW	10	60 – 80	0,02 – 0,2	4 – 16
Mindestlautstärke einer Fahrrad-Klingel		75		
PKW (Stadtverkehr)		70 – 88	10^{-4} – 10^{-3}	
Kinderlärm, Schreien, Staubsauger		80		
Gehöhrschädigung bei langfristiger Einwirkung		85		
Umwelt-freundliche Rasenmäher, Laubbläser, Heckenscheren		88		
LKW (Stadtverkehr)		85 – 90	10^{-4} - 10^{-3}	
Schnarchen, Autohupe		90		
Presslufthammer, Discothek		90 – 105	10^{-3} – 0,5	64
Motorrad, Kreissäge, Oktoberfestzelt		100		
Hauptverkehrsstraße	10	80 – 90	0,2 – 0,63	16 – 32
Düsenflugzeug (Probelauf, Start)		105 – 130	0,5 – 50	
Schädigung des Gehöhrs schon bei kurzzeitiger Einwirkung		105 – 140	1 – 100	
Rock-Konzert		110		
Kampfflugzeug	100	110 – 140	6 – 200	130 - 1000
Schrei-Rekord, Vuvuzela, Techno-Disco		120	20	260
Sirene	20	130		650
Schmerzschwelle		135	100	675
Gewehrschuß	1	140		
Düsenflugzeug	30	150		
Geschütz-Knall		160		
Bundeswehr-Gewehr G3	0	168		
Ohrfeige	0	170		
Pistole P1	0	171		
Kinder-Spielzeugpistole	0	180		

Q: /37; S. 403 (nach BURK 1993)/; de.wikipedia.org; …



Wahrnehmung gleicher Lautstärke
((**rot**) nach ISO 226 (2003)
und nach ursprünglicher Norm (**blau**))
Q: de.wikipedia.org (Lindosland)

subjektive Lautheit N wird in Sone angegeben



Lautheit / Sone	Pegel /Phon
64	100
32	90
16	80
8	70
4	60
2	50
1	40
1/2	32
1/4	25
1/8	19
1/16	14
1/32	11
1/64	9

Zusammenhang zwischen Lautstärke-Pegel
und Lautheit
Q: de.wikipedia.org (BLAUERT, Skyhead)

Lästigkeit, wichtige Schwellen und Grenzwerte	Schallpegel [dB(A)]	
Grenzwert für gewerblichen Arbeitslärm, nachts	25	
erste Beeinträchtigung der Schlaf-Qualität	40	
Obergrenze Tagesgeräusche in Wohngebieten	45	
Störung der Kommunikation (0 – 20 % Gestörte)	45	
vegetative Reaktionen im Schlaf	50	
Störung der Kommunikation (noch 99 % Satzverständlichkeit)	55	
Streß-Grenze (Lautstärke-Begrenzung bei MP3-Playern)	60	
Schwellenwert für das Aufwachen	60	
Schädigung des vegetativen Nervensystems; erhöhtes Risiko für Herz-Kreislauf-Erkrankungen (30 – 70 % Gestörte)	65	
Beschwerde-Schwelle (5 – 15 % der Betroffenen)	70	
deutlich nachweisbare vegetative Beeinträchtigungen und Schädigungen (60 – 95 % stärker Gestörte)	75	
Grenzwert für Ohr-nahes Spielzeug; Gehörschutz im gewerblichen Bereich	85	
Auslösegrenze für Lärmschwerhörigkeit	85	
empfohlene Lärmbegrenzung für Discotheken und Musik-Veranstaltungen	95	
deutliche Krankheits-Symptome	100	
Schmerzschwelle, Gehörschädigung	130	
innere Verletzungen, Haut-Verbrennungen; möglicher Tad	190	
max. Schalldruck	194	Erreichen des Atmosphärendrucks

Q: /div./

Immissionsrichtwerte (TA-Lärm)

Gebiet / Region / Objekt	Zeitraum	[db(A)]	
nur gewerbliche od. industrielle Anlagen		70	
vorwiegend gewerbliche Anlagen	tagsüber	65	
	nachts	50	
gleichviele gewerbliche Anlagen und Wohnungen	tagsüber	60	
	nachts	45	
vorwiegend Wohnungen	tagsüber	55	
	nachts	45	
ausschließlich Wohnungen	tagsüber	50	
	nachts	35	
Kurgebiete, Krankenhäuser, Pflegeeinrichtungen	tagsüber	45	
	nachts	35	
mit Anlage verbundene Wohnungen	tagsüber	40	
	nachts	30	

Q: Technische Anleitung zum Lärm; Nacht: 22:00 bis 6:00 Uhr

Tinnitus-Auslöser:

Streß
private und berufliche Probleme
Einschlaf-Störungen
regelmäßige Einnahme von ASS-Schmerz-Tablette

vermeidbare Auslöser:
große Lautstärken in Discotheken, Rock-Konzerten, Arbeiten mit Maschinen (Gehörschutz)

Tinnitus-Grade	Beschreibung	
1. Grad	leichtes Ohrgräusch, welches noch nicht als störend empfunden wird	
2. Grad	Ohrgeräusche werden nur in großer Stille wahrgenommen (z.B. Einschlafen), nur zu diesen Zeiten als störend empfunden	
3. Grad	Ohrgeräusche führen im Alltag zu dauernden Beeinträchtigungen	
4. Grad	Ohrgeräusche führen zu Ängsten und Depressionen; Erliegen von Aktivitäten	

Q: //

2.2.1.x. elektromagnetische Strahlung (Elektro-Smog)

SAR … specific radiation absorbtion rates; spezifische Absorbtions-Rate für elektromagnetische Strahlung (Mikrowelle-Wattstärke) z.B. bei Handy's etc.; Angabe in [W / kg [biologisches Gewebe]]
Grenzwert (Deutschland) 2 W / kg; USA 1,6 W / kg
Gefahr der Erwärmung des Gewebes (→ Vermeidung von längeren Telefonaten in elektromagnetisch abgeschirmten Räumen (Gebäude, Autos, Tunnel, Keller, Fahrstuhl)
Kinder und Jugendliche stärker gefährdet (→ ev. Headset, Ohrhörer) wegen dünnerer Knochen und die verschiedenen Gewebe entwickeln sich stärker
auch erhöhte Gefährdung durch Freisprech-Einrichtungen nachgewiesen

von Kritikern gefordert Grenzwert 0,2 W / kg

2.2.1.x. chemische Stoffe

Letal-Dosis / letale Dosis = Menge / Dosis eines Stoffes der bei 50% der Organismen eine tödliche Wirkung hat
LD_{50} meist bezogen auf kg [KG] = Kilogramm [Körpergewicht]

2.2.1.x. Tektonik und Vulkanismus

da eher zufällige und seltene Ereignisse, haben Erdbeben und Vulkan-Ausbrüche nur einen geringen Effekt auf den einzelnen Organismus
gemeint hier als abiotischer Faktor
trotzdem kann ein solches Ereignis aber trotzdem dramatische Folgen für einzelne Organismen – aber meist eher für die ganze Population – haben

oft sind langfristige Folgen durch Klima-Veränderungen eher wirksam

Haze-Effekt / Haze effect / Dunst-Effekt-Kühlung
durch Vulkane (Staub- und Asche-Wolken), Smog und Feinstaub (z.B. Sahara-Staub) kann es zur deutlichen Absorption von Sonnen-Licht kommen, dadurch sinkt die Temperatur im betroffenen Gebiet
der Effekt kann z.B. bei größeren Vulkan-Ausbrüchen recht großflächig ausfallen
z.B. ist der Meteorien-Einschlag vor 65 Millionen Jahren nicht durch seine direkte Wirkung für die Saurier usw. tödlich gewesen, sondern die Jahrhunderte-lange Abkühlung und der daraus resultierende Verlust an Nahrung (Veränderung der Pflanzen-Welt und der abgeleiteten Nahrungs-Ketten)

2.2.1.x. der Mond und andere außerirdische Umweltfaktoren

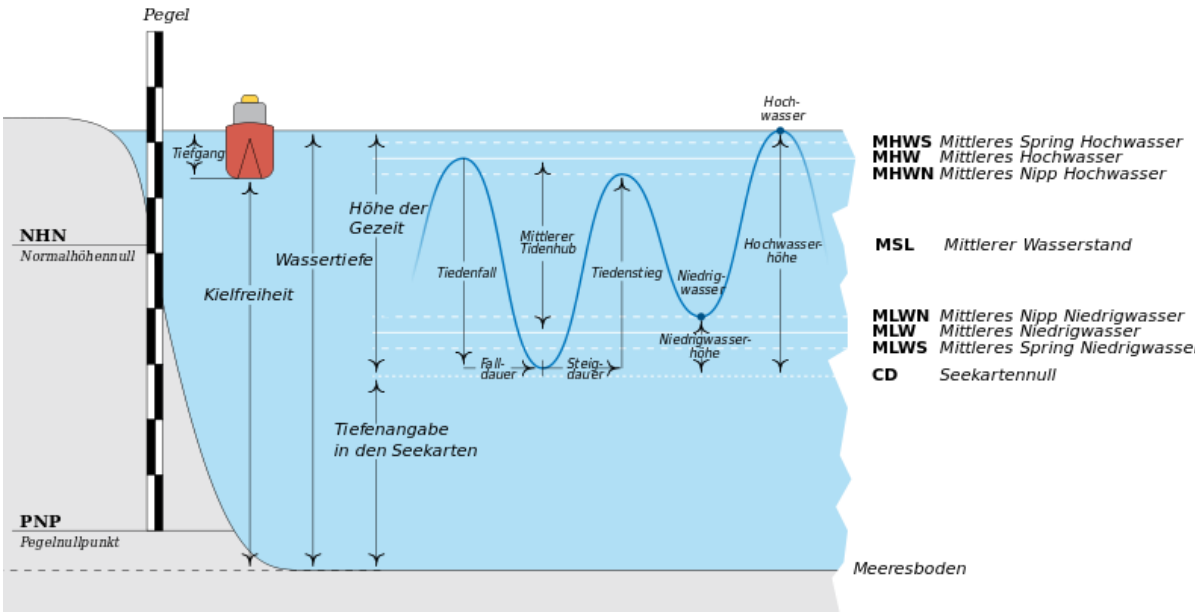
Ebbe und Flut / Gezeiten (Tiden)



Gezeiten im Bay of Fundy
Q: de.wikipedia.org (Tttrung (Samuel Wantman))

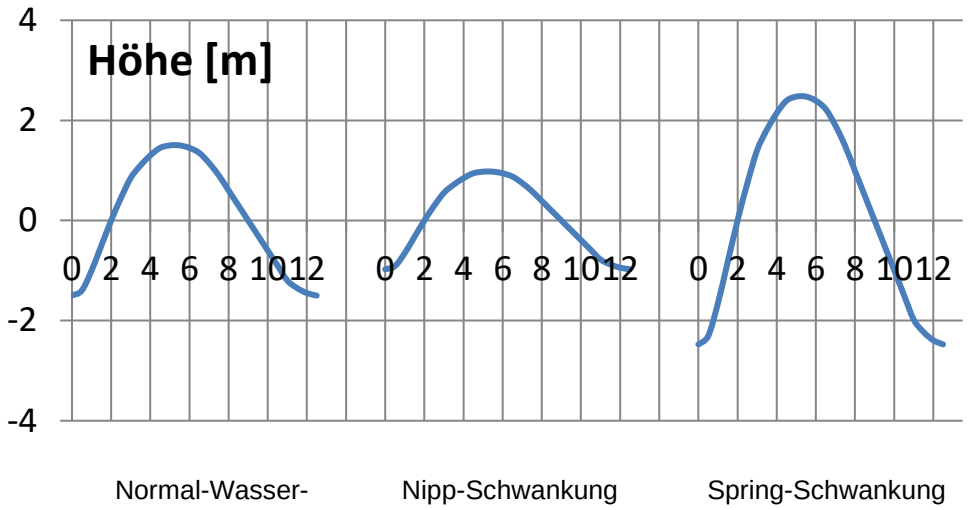
abhängig von Mond- und Sonnen-Position; Gravitation wirkt auf Wasser-Masse

normale Phasenlänge 12 Stunden und 24 Minuten



Gezeiten-Begriffe
Q: de.wikipedia.org (Benedikt.Seidl)

Nippflut (in der Deutschen Bucht) alle 14 Tage (ein paar Tage nach Halbmond)



Normal-Wasser-stands-Schwankung z.B. für Hamburg

Nipp-Schwankung

Spring-Schwankung

(c,p) 2011-2025 lsp: dre

2.2.1.x. Versuche / Praktikum zu abiotischen Faktoren

Diese Versuche können mit Haushaltsmitteln und auch zuhause durchgeführt werden! Trotzdem bitte unbedingt die allgemeinen Regeln und Vorsichtsmaßnahmen beim Experimentieren beachten!

Abhängigkeit der Samen-Entwicklung von ausgewählten abiotischen Faktoren

Materialien / Geräte:

Senf-Samen (Senf-Saat, Senf-Körner; Samen sollten nicht älter als 1 Jahr sein); ersatzweise Kresse-Samen, Mungo-Bohnen; PETRI-Schalen, Marmeladen- / Gemüse-Konserven-Gläser (z.B. Meerrettich- od. Tomatenmark-Gläschen); unbedrucktes Küchenpapier od. einfache Zellstoff-Taschentücher; ev. Termometer bzw. andere Meßgeräte für die zu beobachteten Faktoren; ev. Schaltuhr; demineralisiertes / abgekochtes Wasser; Lineal; ev. Digitalkamera od.ä. zur Dokumentation

Vorbereitung:

- Senfkörner (ev. aus Gewürz-Mischungen (Einlege-Gewürz für Gurken)) sollten vorher in Wasser gewaschen werden
- auswählen, welche Bedingungen untersucht werden sollen (hängt von Jahreszeit und verfügbaren Experimentier-Umgebungen ab!)
- Vergleichs-Experiment planen / ansetzen; Vergleichs-Bedingungen festlegen!
- Vorschläge für Versuchs-Bedingungen:
  a) Temperatur (z.B.: draußen, Zimmertemperatur, wärmerer Ort, Wärmplatten, …)
  b) Licht (nur dunkel, nur hell (nicht oder gering wärmende Lampe! (z.B. LED), 6 h hell + 18 h dunkel; 12 h hell + 12 h dunkel, 18 h hell + 6 h dunkel)
  c) Wasser (feucht, mit Wasser-Überstand (untergetaucht), kein weiteres Wasser (Wasser-Streß))
  d) Luft-Zusammensetzung (mit zusätzlichem Sauerstoff, mit zusätzlichem Cohlendioxid, …)
  e) … (der Kreativität sind kaum Grenzen gesetzt)

Durchführung / Ablauf:

- Papier so zuschneiden / falten, dass es auf dem Boden der Gefäße passt (ev. mehrschichtig)
- Papier gut anfeuchten (ganz leichter Überstand an Wasser)
- 10, 20 od. 30 Senf-Körner auf dem Papier verteilen (ev. mit Holzstäbchen od. Strohhalmen gleichmäßig auf dem Boden verteilen)
- Gefäße den ausgewählten Bedingungen aussetzen und über 5 Tage beobachten; ev. regelmäßig feucht halten
- Beobachtung der Keimung, Messung der Keimlings-Größe / -Länge
- die Beobachtungen sind statistisch auszuwerten
- für Fehlerbetrachtungen und allgemeine statistische Aussagen sind die Beobachten aller Arbeitsgruppen zusammenzufassen!

als **alternatives Untersuchungs-Objekt** ist die Wasserlinse (*(s) Lemna spec.* ;"Enten-Grütze" / "Enten-Flott") geeignet
als Gefäße können Marmeladen- oder Bechergläser verwendet werden
zu einem Drittel mit Wasser füllen; ev. locker abdecken
es werden zur Analyse die Blätter (alle paar Tage) gezählt
untersuchbare Umweltfaktoren (Temperatur, O_2, CO_2, Nährstoffe (z.B. Dünger oder Aquarienwasser), Gifte (Cupfersulfat, …), pH-Wert, …
empfehlenswert ist Foto-Dokumentation als Zusatz zu den Beobachtungen

Wasser als Quellmittel

Materialien / Geräte:
feine / dünnwandige Reagenzgläser (ev. auch Vanille-Röhrchen aus dem Supermarkt); Erbsen (getrocknet); Stopfen; demineralisiertes / abgekochtes Wasser; ev. Digitalkamera od.ä. zur Dokumentation

Durchführung / Ablauf:
- Erbsen locker in des Röhrchen / Reagenzglas füllen mit Wasser auffüllen; fest verschließen
- ev. regelmäßig photographieren
- mehrere Tage beobachten

systemische / kombinatorische / synökologische Wirkung von Umweltfaktoren

Materialien / Geräte:
ausgewählte Planze oder Pflanzen-Gruppe (an einem Standort); geeignete Meßgeräte (Lineal, Waage, …)

Durchführung / Ablauf:
- ein bestimmtes – quantitativ erfassbares – Merkmal (Eigenschaft, Pflanzen-Teil) wird ausgewählt
- Dokumentation des Standortes (Himmels-Richtung, Umgebung, …) durch Foto's
- alle Pflanzen bzw. alle Teile werden hinsichtlich des gewählten Merkmales vermessen
- Auswertung der gesammelten Daten (Anzahl von Teilen / Pflanzen in Abhängigkeit vom ausgewählten Merkmal (Messwerte bzw. Gruppen von Messwerten))

Materialien / Geräte:

Durchführung / Ablauf:
-

(c,p) 2011-2025 lsp: dre

Wasser als Quellmittel II

Materialien / Geräte:
Ziegelstein mit Bohrloch (mind. halb so tief, wie der Ziegelstein in Bohrrichtung lang ist); Erbsen (getrocknet); Stopfen; demineralisiertes / abgekochtes Wasser; ev. Digitalkamera od.ä. zur Dokumentation

Durchführung / Ablauf:
- Erbsen in das Bohrloch füllen; mit Wasser auffüllen und fest verschließen
- den Ziegelstein in der Nähe des Borloches regelmäßig mit Wasser begießen / feucht halten
- ev. regelmäßig photographieren
- mehrere Tage beobachten

Experiment für Zuhause

Grundlagen / Prinzipien:

Materialien / Geräte:

Hinweise:

Vorbereitung:

Durchführung / Ablauf:
-

Zusatzuntersuchung:

Experiment für Zuhause

Grundlagen / Prinzipien:

Materialien / Geräte:

Hinweise:

Vorbereitung:

Durchführung / Ablauf:
-

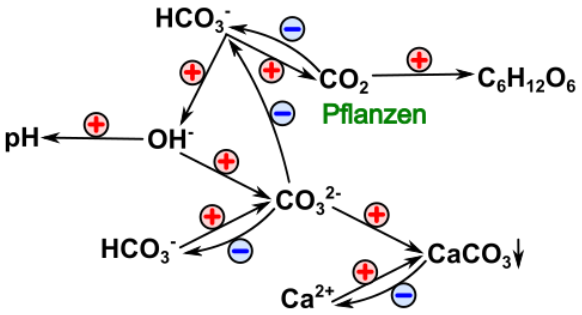
Zusatzuntersuchung:

komplexe Aufgaben (z.B. zur Vorbereitung auf eine Klausur):

1.

2. In der modernen Ökologie wird sehr häufig von biogener Entkalkung gesprochen. Sie soll ein Zeichen für ungünstige abiotische Lebensbedingungen für Pflanzen und Tiere sein.

Ein Schema, dass die Prozesse darstellen soll, ist das angegebene Fluß-Diagramm.



a) Stellen Sie die chemischen Gleichungen für die Zusammenhänge auf! Orientieren Sie sich an den vorgegebenen Reaktions-Partnern! Einfache Moleküle können Sie ergänzen, damit die Gleichungen ausgeglichen sind.

I) HCO_3^- (Hydrogencarbonat) + OH^- — CO_2-Entzug durch Pflanzen

II) + H_2O $C_6H_{12}O_6$ + — Photosynthese

III) HCO_3^- + OH^- + H_2O — Säure-Base-Reaktion

IV) Ca^{2+} + $CaCO_3\downarrow$ (Kalk) — Fällungs-Reaktion

b) Leiten Sie die grobe Lage der chemischen Gleichgewichte aus dem Diagramm ab! Kennzeichnen Sie die vorherrschende Reaktion (Hin oder Zurück) mit einem dickeren Pfeil.

c) Interpretieren Sie das Fluß-Diagramm!

d) Leiten Sie aus dem Diagramm den Begriff biogene Entkalkung ab und erläutern Sie ihn kurz!

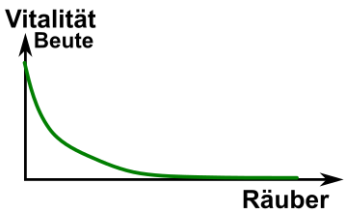
e) Stellen Sie (mind. 2) Hypothesen auf, warum die biogene Entkalkung negative Wirkungen auf Pflanzen und / oder Tiere hat! Begründen Sie immer kurz!

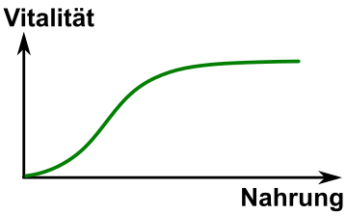
3.

2.2.2. biotische Umweltfaktoren

Für die meisten Lebewesen sind abiotischen Umweltfaktoren unmittelbar wirkend. Die Organismen müssen atmen, Wasser aufnehmen, genügend Wärme vorfinden usw.
Die Beziehungen zu anderen Arten oder den Indivuen der gleichen Art sind da eher sekundär oder tertiär. Sekundär meint, dass die Organismen nicht ständig mit diesen Faktoren konfrontiert sind oder sein müssen, sie aber trotzdem eine exzistentielle Bedeutung haben. Dazu gehören z.B. Beute, Freßfeinde, Räuber, Parasiten, Krankheits-Erreger usw.
Die Mitglieder der eigenen Art sind da eher nachgeordnet. Sie werden irgendwann für Paarung, Brutpflege usw. usf. gebraucht. Solche tertiären Faktoren wirken seltener und meist auch kurzfristiger.
Biotische Umweltfaktoren sind also immer von Interaktionen zwischen Organismen geprägt. Im Allgemeinen beeinflussen sich die Arten in einem Lebensraum – die Biozönose – direkt oder indirekt. Die Arten sind durch unterschiedlichste Beziehungen miteinander verknüpft. Das beginnt bei den üblichen Nahrungs-Beziehungen (Fressfeinde; Räuber-Beute-Beziehungen) und den besetzten ökologischen Funktionen (Produzenten → Konsumenten → Destruenten) und endet in hochspezialisierten Lebens-Gemeinschaften, wie z.B. Parasitismus, Symbiose, ….
Wegen der breiten Überschneidung von autökologischen und demökolgischen Aspekten beim Betrachten von biotischen Umweltfaktoren wird oft ein extra Ökologie-Teilgebiet aufgemacht – die **Synökologie** oder **Gemeinschafts-Ökologie**.

Sie untersucht die verschiedenen Organismen-Gemeinschaften – also sowohl die eigene Art als auch die anderen, mit den der Organismus Beziehungen hat.
Die Demökologie betrachtet ansonsten vorrangig die Populations-Größen. In der Autökologie untersuchen wir bei den biotischen Faktoren mehr die Wirkung der fremden Arten auf das einzelne Individuum. Die typischen Toleranz-Kurven kommen hier weniger zum Zug.
So ist eben für einen Hasen die steigende Anzahl von Füchsen (Räubern) immer Vitalitäts-feindlich.
Betrachtet man dagegen das Angebot an Nahrung (Pflanzen allg.), dann ergibt sind anfänglich eine klassische Toleranz-Kurve, die aber nach dem Erreichen des Optimum's praktisch nicht mehr sinkt.
Bei den biotischen Umweltfaktoren geht es mehr um die direkten (eher qualitativen) Organismen-Organismus-Beziehungen.





Definition(en): biotische Umwelt-Faktoren
Biotische Umweltfaktoren sind alle von lebenden Elementen (inklusive Viren und anderen biotischen Systemen) ausgehende Einwirkungen, welche die Lebensweise eines Individuums / einer Art systemisch beeinflussen.
Biotische Umweltfaktoren sind die ein Lebewesen beeinflussenden Elemente der Umgebung, welche von anderen Lebewesen verursacht (und / oder primär von ihnen beeinflusst) werden.

Grundsätzlich unterscheiden wir nach den Beziehungen innerhalb der eigenen Art und den Beziehungen zu anderen Arten.

Alle Faktoren, die innerhalb der eigenen Art eine Rolle spielen, werden als **intraspezifische Faktoren** / Beziehungen zusammengefasst. Die Beziehungen zu den anderen Arten ordnet man den **interspezifische**n Faktoren zu.
Die Gesamtheit der Vertreter aller in der Gemeinschaft wirksamen Arten werden **Heterospezies** genannt.
Die Klassifikation von Interaktionen zwischen Organismen ist relativ schwierig, da die jeweilige Beeinflussung auf verschiedenen Ebenen oder Kanälen und mit unterschiedlichen Intensitäten erfolgt.
Schon bei der Abschätzung, ob die Wirkung eines anderen Organismus positiv oder negativ (aktivierend oder hemmend) ist, kann meistens gar nicht so klar gesagt werden. Selbst der beste Nahrungs-Symbiont ist vielleicht auch wieder ein Sauerstoff-Konkurrent.

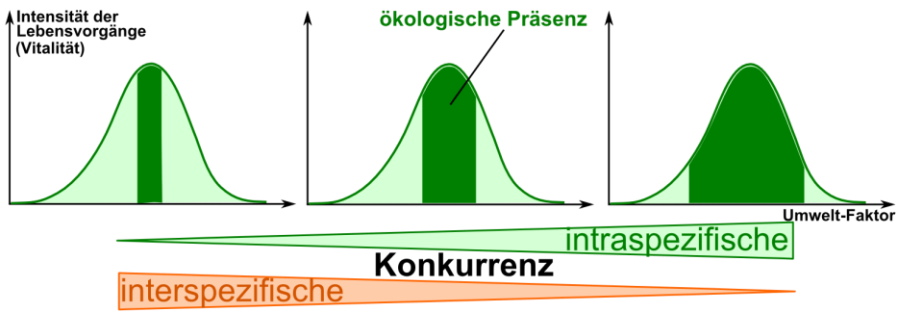
Interaktions-Typ	**Wirkung** auf Art2 Org.2 (Umgebung / sekundärer Organismus)	**Wirkung** auf Art1 Org. 1 betrachteter Organismus	**Interaktionen**	**Beispiele**
Abiose			**keiner der Organismen beeinflusst den anderen**	
Neutralismus	0	0	keiner der beiden Organismen erhält einen Vor- oder Nachteil	
	0	0		
Parabiose Metabiose			**einer der Organismen erfährt einen Vorteil, der andere wird nicht beeinflusst**	
Kommensalismus	+	0	der Kommensale / Mitesser (Org. 2) nutzt den anderen Organismus (Wirt; Org. 1) ohne in zu schaden oder zu bevorteilen	
Karprose	+	0		
	+	0		

Interanktions-Typ	**Wirkung** auf Art2 Org.2 (Umgebung / sekundärer Organismus)	**Wirkung** auf Art1 Org. 1 betrachteter Organismus	**Interaktionen**	**Beispiele**
Symbiose (i.w.S.)			**beide Organismen erhalten einen Vorteil**	
Symbiose (i.e.S.)	+	+		
Muturalismus	+	+		
	+	+		

Antibiose			**eine oder beide Organismen erhalten einen Nachteil**	
		Antibiont (Verursacher)		
	–	0		
Amensalismus	– (Geschädigter)	0 (Verursacher)	Art 1 wird durch die Interaktionen behindert / benachteiligt, ohne dass sich für die Art 2 ein Vorteil oder Nachteil ergeben würde (Nutznießertum)	Herdentiere zertrampeln Uferpflanzen und verdichten den Boden
	0	+	Art 1 hat (leichte) Vorteile, ohne dass Art 2 eine Rückwirkung auf Art 1 hat oder von dieser benachteiligt wird	Nutzung von Trampel-Pfaden, umgewüllten Boden (z.B. Samen-Eintrag)
Konkurrenz (zwischenartliche, interspezifische)	–	–	direkte und indirekte gegenseitige Behinderung / Benachteiligung, da Anspruch auf die gleichen Ressourcen erhoben wird	
Konkurrenz (innerartliche, intraspezifische)	–	–	direkte und indirekte gegenseitige Behinderung / Benachteiligung, da Anspruch auf die gleichen Ressourcen erhoben wird	
	–	–		
???biose				
Parasitismus	+ Parasit	– Wirt	die eine – meist kleinere – Art (Org. 2, Parasit) erhält durch Ausnutzung / Benachteiligung von Art 1 (Wirt) einen Vorteil	Malaria
Räuber-Beute-Beziehung Räubertum	+ Räuber	– Beute	Nahrungs-Beziehungen; Trophie-Beziehungen	
	–	–		
	–	–		
	–	–		

ökologische Präsenz ((bevorzugter) Lebens- oder Anwesenheits-Bereich)

stärkere interspezifische Konkurrenz bewirkt i.A. eine Einengung des genutzten Lebens-Bereiches auf das Optimum der physiologischen Toleranz



Veränderung der ökologischen Präsenz in Konkurrenz-Situationen
Q: nach ODUM (1980)

Eine Verstärkung der intraspezifischen Konkurrenz bewirkt dagegen eher eine breitere Nutzung der ökologischen Potenz / des Toleranz-Bereich's.
Je nach Stärke der Konkurrenz / der Durchsetzungs-Kraft der anderen Art sowie der Lage ihres Optimum's kommt es zur einer Verschiebung des Nutz-Bereich's (ökologische Präsenz) bezüglich dieses Umwelt-Faktor's (→ Konkurrenz-Ausschluss-Prinzip)

Exoproteasen = Enzyme, die von Organismen nach außen abgegeben werden und dort ein gewisses (Rest-)Wirkungs-Spektrum haben

Aufgabe:

1. ***Skizzieren Sie die drei Toleranz-Kurven mit den entsprechenden ökologischen Präsenz-Bereichen für die zweite (orange) Art (die Art, die interspezifisch konkurriert)! Erläutern Sie Ihre Kurven und erklären Sie die Wirk-Mechanismen!***
2. ***In der Natur soll alles einen Sinn machen. Welchen Sinn machen negative oder fehlende Wirkungen in biotischen Beziehungen? Erläutern Sie Ihren Standpunkt!***
3. ***Der Biologie-Schlaumeier des Kurses behauptet, dass sich die drei (grünen) Toleranz-Kurven jeweils in der ökologisch Präsenz verschmälern, wenn eine zweite Art intraspezifisch konkurriert. Setzen Sie sich mit der Behauptung auseinander!***

für die gehobene Anspruchsebene:

x. ***Nehmen wir an, dass die in den drei (grünen) Toleranz-Kurven betrachtete Art mit zwei oder drei anderen Arten in Konkurrenz steht. Wie könnten die Toleranz-Kurven für diese konkurrierenden Arten aussehen? Erläutern Sie Ihr Vorgehen und die resultierenden Vermutungen!***

2.2.2.1. intraspezifische (biotische) Faktoren

Eigentlich schließt der Begriff intraspezifisch schon ein, dass es sich um einen biotischen Faktor handelt. Wir betrachten in der Biologie schließlich nur lebende Systeme, wie z.B. die Arten. Die Beziehungen zur eigenen Art sind sehr vielseitig. Bei manchen Arten beschränkt sich das auf die Fortpflanzung, bei anderen sind die Beziehungen durch ständiges Miteinanderleben sehr ausgeprägt.

besonders bedeutsam Konkurrenz um Nahrung (als Ressource) und Sexual-Partner
bei vielen Arten aber auch ausgeprägte Brutpflege oder gemeinsames Jagen usw.

Definition(en): intraspezifische biotische Faktoren
Intraspezifische biotische Umweltfaktoren sind Beeinflussungen der Lebensvorgänge eines Individuums durch andere (Art-gleiche) Individuen bzw. die eigene Population.

2.2.2.1.1. (innerartliche / intraspezifische) Konkurrenz

besonders Konkurenz um Nahrung und Sexualpartner
starke Triebe

intraspezifische Konkurrenz drängt die schwächeren Organismen in die Randgebiete des Lebensraumes bzw. in die Grenzbereiche der möglichen Ausprägungen der abiotischen Faktoren
(bei der interspezifischen Konkurrenz wird dagegen die Art zu ihrem Optimum bezüglich des / der abiotischen Faktor(en) gedrängt)

Umweltfaktoren, um die es eine inner-artliche Konkurrenz gibt:

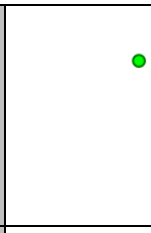
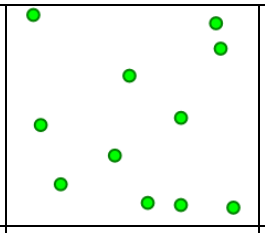
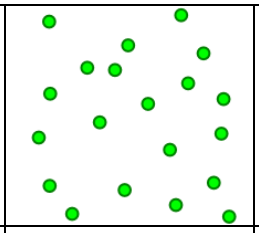
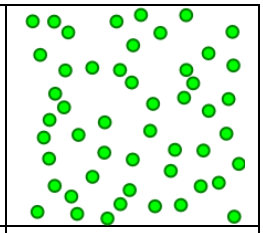
- abiotische Faktoren
  - Nahrung (bei Pflanzen: Nährsalze, Licht)
  - Lebensraum
  - Brut- / Nist- / Schlaf-Plätze
  - Wasser / Luftfeuchtigkeit
  - Sauerstoff- / Kohlenstoffdioxid-Menge / -Gehalt
  - …
- biotische Faktoren
  - Nahrung (bei Tieren: andere Tiere (Beute) oder Pflanzen)
  - Sexual- / Brut-Partner
  - …

Definition(en): intraspezifische Konkurrenz
Intraspezifische Konkurrenz ist die Auseinandersetzung von Individuen / Populationen einer Art um eine begrenzte Ressource.
Der direkte oder indirekte Kampf von Individuen einer Art (bzw. ihrer Populationen) um eine begrenzte Ressource heißt intraspezifische Konkurrenz.

2.2.2.1.2. Gedränge(-Faktor)

drückt die Auswirkungen von Veränderungen in der Populations-Dichte auf das Individuum bzw. die Population aus
ein steigender Gedränge-Faktor (steigende Populations-Dichte) bewirkt steigenden sozialen Stress
häufig gleichbedeutend mit Populations-Dichte verwendet
Populations-Dichte ist ja nur die auf eine Flächen-Einheit bezogene Populations-Größe
bei einer unveränderlichen Ausbreitungs-Fläche der Population sind Populations-Größe und –Dichte völlig äquivalent

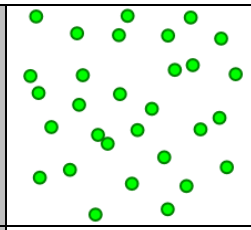
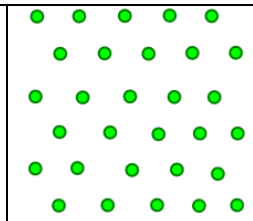
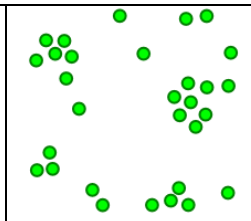
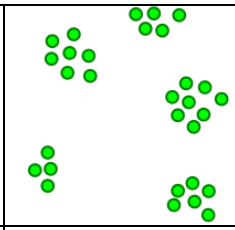
Definition(en): Populations-Dichte
Die Population-Dichte beschreibt die (quantitative und qualitative) Verteilung der Population in einem abgerenzten Lebensraum.

2D-Darstel-lung				
Benennung				

2.2.2.1.3. Dispersion

Dispersion ist die Verteilung der Individuen einer Art in einem Lebensraum

Dispersion – Verteilung der Individuen im Raum

2D-Darstel-lung				
Benennung	zufällig	uniform	kumular (ungleichmäßig ge-häuft)	imular (gleichmäßig ge-häuft)

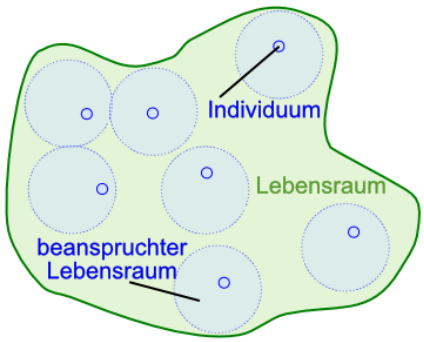
Definition(en): Dispersion
Die Dispersion ist sowohl ein quantitatives als auch ein qualitatives Beschreibungs-Maß für die Verteilung von Organismen (einer Art) in einem Lebensraum.

2.2.2.1.4. Territorialität

beschreibt den Anspruch auf einen bestimmten Ausschnitt des Lebensraums

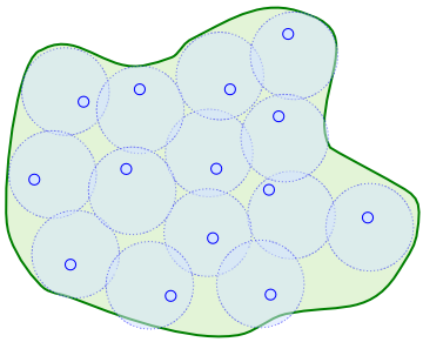
notwendig für ausreichende Nahrungs-Quellen
Ruhe bei Paarung / Brutpflege usw.

kaum Territorial-Kämpfe
kaum innerartlicher Stress

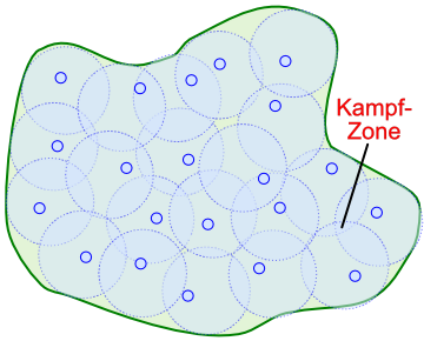


bei höherer Individuen-Dichte steigt Konkurrenz um Nahrung, Sexual-Partner, Nist-Gelegenheiten etc.

häufiger Territorial-Kämpfe
gute Austausch-Möglichkeiten für Gene (Gen-Pool)
steigendes Verletzungs-Risiko, Abwerbung von Sexual-Partnern
Störung der Brutpflege relativ gering



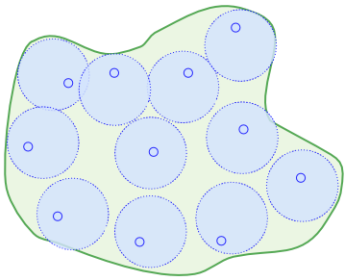
weniger Umwelt-Resourcen, als gebraucht werden
Mangel an Nahrung / Sexual-Partnern / …



sehr häufig Territorial-Kämpfe
gute Austausch-Möglichkeiten für Gene (Gen-Pool)
starker Auslese-Druck
hohes Verletzungs-Risiko, häufige Abwerbung von Sexual-Partnern / Fremdgehen
Störung der Brutpflege häufiger
geringerer Aufzuchts-Erfolg aufgrund der Nahrungs-Mangels
sehr starker innerartlicher Stress → steigender / Beginn von Kanibalismus

Definition(en): Territorialität
Die Territoritalität beschreibt den Anspruch eines Organismus auf bestimmte Ressourcen (i.A. Lebensraum).

eher mittlere Belegung / Ausnutzung des Lebensraums
zufällige Lage der Territorien, weil ja auch andere Faktoren stimmen müssen
Vermeidung / Reduktion von Auseinandersetzungen



2.2.2.1.5. Verbandsbildung

	für Beute	für Räuber
Vorteile	• Schutz • Vortäuschung der Größe • Nichtfassbarkeit des Einzelnen •	• größerer Jagderfolg • größe Beute möglich • effektive Ausnutzung großer Beutestücke •
Nachteile	• Nahrungsressorcen müssen geteilt werden • auffälliger als Einzeltiere •	• Nahrung / Beute muss geteilt werden • ev. Rang-Kämpfe •

Stock-Bildung bei Arten mit eingeschränkter Mobilität

Gruppen-Bildung
z.B. Überwinterungs-Gemeinschaften, Schlaf-Gemeinschaften, Brut-Gemeinschaften / Brut-Kolonien, Schwärme, Herden, Tier-Züge; Tier-Staaten

--

anonyme Verbände (Tier-Staaten, Herden, Schwärme, …)

individualisierte Verbände (Rudel, Familien, …)
Rang-höhere Tiere haben höhrere Fortpflanzungschancen
auch schwächere Tiere, die alleine keine Chance hätten, können im verband überleben

2.2.2.1.6. Jagd / Nahrungssuche

Tiere streifen am Tag durch die Landschaft, in der Dämmerung und zur Nacht treffen sich die Tiere zum "Erfahrungs-Austausch" (z.B. Krähen, Kraniche, Wildgänse)

gemeinsame Jagd im Verband
Wölfe, Löwen, Hyänen

Pelikane bilden Halbkreis und treiben Fisch-Schwärme zusammen und in Richtung Ufer

2.2.2.1.7. Kannibalismus

besonders bei höheren Populations-Dichten und Nahrungs-Knappheit
aber auch Fressen der Nachkommen eines Vorgängers nach der Übernahme eines Rudel's durch neues α-Tier (genetische Auslese)

2.2.2.1.8. Fortpflanzung

Formen der Paar-Bildung (Monogamie, Polygamie, Promiskuität, ++ Übergänge)

ganz besonders von Populations-Dichte abhängig
ansonsten Langstrecken-Kommunikation notwendig (Düfte (Pheromone), Töne (Laute, Getrampel, …), …)

optimale Populations-Dichte bedeutet gut Auswahl und Kombinations-Möglichkeiten der Sexual-Partner (Gen-Pool, Rekombination)

kleine Populationen besitzen immer nur eingeschränkten Gen-Pool (weniger verschiedene Individuen und weniger Kombinations-Möglichkeiten)
größere Populationen enthalten meist keine neuen genetischen Merkmale, nur Dopplungen oder Neukombinationen der Merkmale der wahrscheinlich erfolgreichsten Organismen (Auslese-Effekt)
trotzdem bleiben viele rezessiv vererbten Merkmale in der Population / im Gen-Pool
diese kann bei Umwelt-Veränderungen von Vorteil sein

2.2.2.1.9. Brutpflege

Großeltern, Tanten, Jugendliche usw. helfen bei der Brutpflege (breite Streuung der Leistungs
→ sehr effektiv; Lern-Effekt für Jüngere; Erfahrungs- und Traditions-Weitergabe durch Ältere)

Nesthocker

viele Säuger (Höhlen-Bewohner)

Nestflüchter

viele Säuger (Herden-Tiere)

Sonderfall Traglinge

Beuteltiere, Affen, Menschen

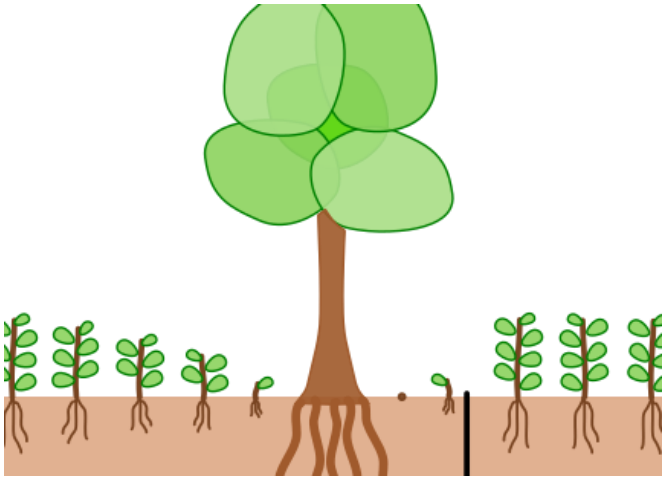
intraspezifische Parabiose
beide Partner (Parabionten) sind miteinander verwachsen
z.B. das deutlich kleinere Männchen vieler Tiefsee-Antennenfische (*(o-) Ceratioidei*) wird vom Weibchen in ihre Körperoberfläche integriert
Blutkreisläufe verwachsen miteinander; Männchen wird vom Weibchen mit versorgt
nicht selten mehrere Männchen auf einem Weibchen
Anpassung an die Tiefsee, wo das Finden von Geschlechts-Partner (z.T. sehr) schwierig ist

Aufgaben:

1. *Stellen Sie die intraspezifischen Umweltfaktoren für einen (allgemeinen) Organismus in einer MindMap dar!*
2. *Walnuss-Bäume geben den Stoff Junglon in den Boden ab. In einem Experiment wurden die Jonglon-Konzentrationen im Boden gemessen und das Wachstum von Keimlingen in der Umgebung erfasst. Desweiteren wurde eine Plastik-Barriere in 1,2 Abstand in den Boden eingelassen.*

Sommer	Junglon [µg/g[Trockengewicht Boden]] im Abstand … vom Stamm			
	0,0 m	1,0 m	2,5 m	4,2 m
ohne Barriere	1,40	1,45	0,75	0,50
mit Barriere	2,50	2,70	0,05	0,00

Herbst				
ohne Barriere	2,00	1,05	0,40	0,25
mit Barriere	2,50	1,95	0,05	0,00



   a) *Stellen Sie eine Vermutung auf, welche Wirkung Junglon auf die Keimlinge hat! Welche ökologische Funktion hat dies?*
   b) *Stellen Sie die Daten in geeigneten Diagrammen dar!*
   c) *Beschreiben Sie die Ergebnisse des Experiment's!*
3.

2.2.2.2. interspezifische biotische Faktoren

2.2.2.2.0. Kurz-Überblick und Einteilung

Bi-Systeme → zwischen zwei Arten → typisch
es kommen auch Tri-Systeme vor → relativ häufig bei Parasitismen
sonst eher selten, da indirekte Abhängigkeiten nur Entwicklungs-fähig sind, wenn einer der Partner Vorschuss leistet bzw. die Mini-Kreise durch den Ausfall eines Elementes sehr stör-anfällig sind.

Definition(en): interspezifische biotische Faktoren
Interspezifische biotische Umweltfaktoren sind Beeinflussungen der Lebensvorgänge eines Individuums durch andere (Art-fremde) Individuen bzw. deren Population.

interspezifische Beziehungen

• **Abiose (Neutralismus)**	keine gegenseitige Beeinflussung
• **Pro- od. Para- od. Metabiose**	einseitige Bevorteilung
• **Symbiose (i.w.S.)**	beidseitiger Vorteil
• **Antibiose**	gegenseitige Benachteiligung

nachfolgend stellen wir einige Faktoren kurz und allgemein vor
eine ausführliche Darstellung – z.T. anhand konkreter Beispiele – folgen dann in kleineren Kapiteln (→)
vor der Lektüre der Spezial-Kapitel sollte der einführende Teil bearbeitet werden, da die Begriffe nur hier definiert werden.

Umweltfaktoren, um die es eine außer-artliche Konkurrenz gibt:

- abiotische Faktoren
  - Nahrung (bei Pflanzen: Nährsalze, Licht)
  - Lebensraum
  - Sauerstoff- / Kohlenstoffdioxid-Menge / -Gehalt
  - Wasser / Luftfeuchtigkeit
  - …
- biotische Faktoren
  - Nahrung (bei Tieren: andere Tiere (Beute) oder Pflanzen)
  - Räuber
  - …

Neutralismus (Abiose)

zwei Arten im gleichen Lebensraum beeinflussen sich gegenseitig in gar keiner Form
typischer Fall in vielen Ökosystemen, durch Einnischung kaum gegenseitige Konkurrenz / Beeinflussung
vollzogene Konkurrenz-Vermeidung über Selektion / Auslese
durch zeitliches, räumliches und funktionelles Auseinandergehen beeinflussen sich die Wirkbereiche hauptsächlich im Rand- bzw. Überschneidungs-Bereich
jede Art hat quasi seinen speziellen Wirkbereich, der die Wirkbereiche der anderen Arten kaum überschneidet

ausführlich (→ 2.2.2.2.6. Neutralismus)

Definition(en): Abiose (ökologisch)
Unter Abiose versteht man in der Ökologie die fehlende Beeinflussung einer Art durch eine andere.

Pro-, Para od. Metabiose

eine Art ist durch das Zusammenleben bevorteilt, für die andere ergibt sich kein Einfluß
→ Karpose, Kommensalismus

ausführlich (→ 2.2.2.2.7. Probiose / Karpose)

Symbiose (i.w.S.)
beide Arten ziehen Vorteile aus der Beziehung
Symbiose (i.e.S.) / Eusymbiose / obligatorische Symbiose (→ 2.2.2.2.3. Symbiose (i.e.S.) / Eusymbiose)
die Beziehungen beider Arten sind so intensiv, dass mindestens eine nicht mehr ohne die andere überleben kann
z.B. Blattschneiderameisen und bestimmte Pilze

Definition(en): Symbiose (i.w.S.)
Unter Symbiose versteht man das zeitweise oder dauerhafte Zusammenleben von mindestens zwei verschiedenen Arten unter gegenseitiger Bevorteilung.
Eine Symbiose ist eine Nutz-Gemeinschaft von Organismen verschiedener Arten.

ausführlich (→ Symbiose (i.w.S.))

Muturalismus
regelmäßige, aber nicht notwendige, Beziehung der beiden Arten zum gegenseitigen Vorteil mehr im Sinne einer lockeren Kooperation
ev. schwere Abgrenzung zur Symbiose (die mehr aus notwendiges Zusammenleben / feste Kooperation verstanden wird)
z.B. Madenhacker auf Elephant; Putzerfische an Haien

Definition(en): Muturalismus
Unter Muturalismus versteht man das Zusammenleben verschiedener Arten, bei den das Zusammenleben gegenseitige Vorteile (z.B. Strukturen, Verhaltensweisen, Produkte) bringt.

ausführlicher (→ Mutualismus)

Protokooperation / Allianz
lockere Form der Symbiose, beide Arten haben Vorteile beim Zusammenleben, sind aber eigenständig voll lebensfähig
beide Partner profitieren von der Anwesenheit des anderen

ausführlicher (→ Protokooperation (Allianz))

Antibiose
für eine oder beide Arten in der Beziehung ergeben sich Benachteiligungen

Amensalismus
eine Art wird geschädigt, ohne dass die andere einen Vor- oder Nachteil hat
(z.B. der Zug von Huftieren auf der gleichen Route zerstört die Vegetation)

dazu gehören:
- Interferenz
- Parasitismus
- Räuber-Beute-Beziehungen

Definition(en): Antibiose
Eine Antibiose ist die Beeinflussung einer Art durch eine andere, bei der diese die Benachteiligte im Wachstum und / oder der Entwicklung hemmt, anderweitige Nachteile bringt oder u.U. sogar tötet.

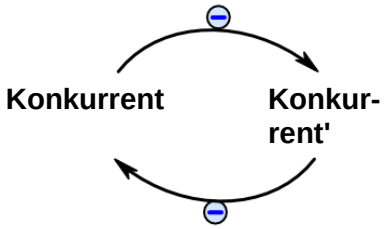
nachfolgende Betrachtungen gehen genaue auf die einzelnen Beziehungens-Typen ein,

Reihenfolge orientiert sich am steigenden Schädigungs-Potential (als Orientierungs-Größe) zuerst bezüglich des Ausgenutzten zum Vorteil des Nutznießers (meist der Namensgeber der Beziehung)

2.2.2.2.x. (interspezifische, zwischenartliche) Konkurrenz

Anspruch auf die gleichen Ressourcen / Nahrungs-Quellen / Wasser
bedeutsamster Faktor, da er den täglichen Überlebenskampf betrifft

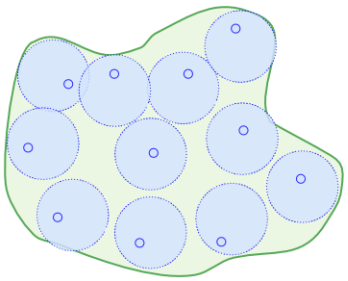
konkurrierende Arten werden bezüglich der wirkenden Umweltfaktoren hin zu den Optima gedrängt (s.a. synökologisches Optimum; → synökologisches Optimum)



beide Arten benachteiligen sich gegenseitig
duzu ist keine indivuellen Auseinandersetzung / kein induvidueller Kampf etc. notwendig
der eine frißt einfach die Nahrung, die auch der andere beansprucht
die eine Art / das eine Individuum besetzt schon einen Brut-Platz, den der andere ebenfalls nützen möchte
es kommt selten zu Verdrängungs-Kämpfen

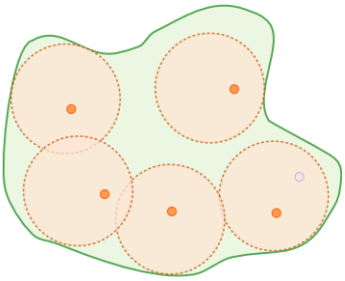
Territorialität

erste Art
eher mittlere Belegung / Ausnutzung des Lebensraums
zufällige Lage der Territorien
Vermeidung / Reduktion von Auseinandersetzungen



zweite Art
anderes Nahrungs-Spektrum

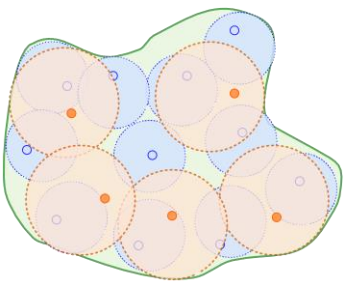
gleicher Lebensraum kann von anderer Art anderweitig belegt werden



Anpassung:

Konkurrenz-Vermeidung

Einnischung
Territorien überlagern sich
sehr optimale Nutzung der Gesamt-Kapazität(en) des Lebensraumes

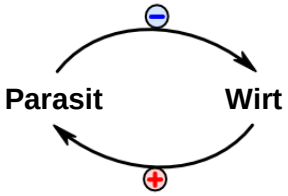


2.2.2.2.x. Prädation, Parasitismus

Schmarotzertum
eine Art zieht aus der Beziehung einen Nutzen, die andere wird dabei deutlich benachteiligt

evolutionäre Funktion wird in der Auslese schwächerer Wirte gesehen
I.A. werden die Organismen, die von Parasiten befallen sind, deswegen darausfolgend als schwach angesehen, das ist falsch
fitte Organismen werden statistisch seltener von Parasiten befallen, sie sind scheinbar besser gegen diese gerüstet
schwache / geschwächte / genetische benachteiligte Organismen werden eher von Parasiten befallen und so ausgelesen
es gibt Gene, die einen Parasiten-Befall erschweren oder unmöglich machen

hohe / bessere Anpassung des Parasiten an den Wirt ermöglicht eine bessere Verbreitung / Ausdehnung der (Parasiten-)Populations-Größe



i.A. kommen Parasit und Wirt in stabilen Mengen vor
durch Störungen des ökologischen Systems kann es zu einem verstärkten Ausprägung der Parasiten kommen

Parasitoide bzw. Raubparasiten führen letztendlich zum Tod des Wirtes
z.B. Schlupfwespen-Larven in Raupen od. anderen Larven

Unterscheidung nach dem Ort (am Wirt)

• **Ekto-Parasitismus (Außen-Parasitismus)**	Parasit sitzt auf dem Wirt auf oder in der Haut
• **Endo-Parasitismus (Ento-Parasitismus, Innen-Parasitismus)**	Parasit lebt im Inneren des Wirtes

i.A. wird hier "innerhalb" auch einschließlich Magen-Darm-Trakt verstanden

Unterscheidung nach der Größen-Dimension des Parasiten

• **Mikro-Parasitismus**	Parasit ist sehr klein; kommt in größerer Zahl vor; parasitäre Wirkung erst bei größerer Zahl der Parasiten (vorher eher keine nennenswerte Wirkung → probiotische Wirkung) diese Form des Parasitismus wird eher als allgemeine Erkrankung (als als Parasitismus) gesehen Beispiele: Viren, Bakterien, aber auch Würmer
• **Makro-Parasitismus**	Anzahl der Parasiten bestimmbar / abzählbar, meist nur wenige / einzelne Parasit ist meist größer, aber immer noch kleiner als Wirt (selten gleiche Größe wie Wirtes) Beispiele: Würmer, Bandwürmer

zeitliche Dauer der parasitären Beziehung

• **periodischer Parasitismus**	leben nur zu bestimmten Entwicklungs-Phasen parasitisch (haben nicht-parasitische Lebens-Phase(n))
• **permanenter Parasitismus**	leben während des gesamten Lebens parasitisch (keine nicht-parasitische Lebens-Phase)

Unterscheidung nach der Dauer der parasitären Beziehung

• **temporärer Parasitismus**	leben nur in bestimmten (meist sehr kurzen) Phasen auf dem Wirt (z.B. Stechmücke zur Nahrungs-Aufnahme)
• **stationärer Parasitismus**	verbleiben ständig od. während einer Entwicklungs-Phase ihrem Wirt treu; wechseln nur beim Tod des Wirtes
•	

Unterscheidung nach der Abhängigkeit des Parasiten vom Wirt

• **obligatorischer Parasitismus**	Wirt ist für das Überleben / Fortpflanzen des Parasiten notwendig
• **fakultativer Parasitismus**	Parasit kann auch ohne Wirt überleben / sich fortpflanzen
•	

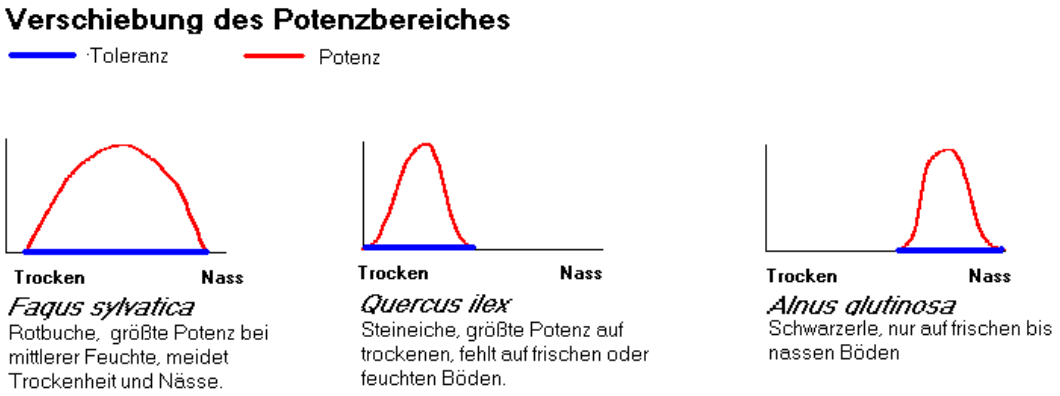
weitere spezielle Formen des Parasitismus

• **Brut-Parasitismus**	
• **Klepto-Parasitismus**	
• **Hyper-Parasitismus**	ein Parasit wird von einem eigenen Parasiten befallen (parasitische Kaskade)
• **Super-Parasitismus**	übermäßige parasitische Belegung / Belastung als üblich
• **Opportunismus**	eigentlich eher harmlose Parasiten / Kommensalen führen unter bstimmten Bedingungen zu ernsthaften Erkrankungen / Schädigungen bis hin zum Tod

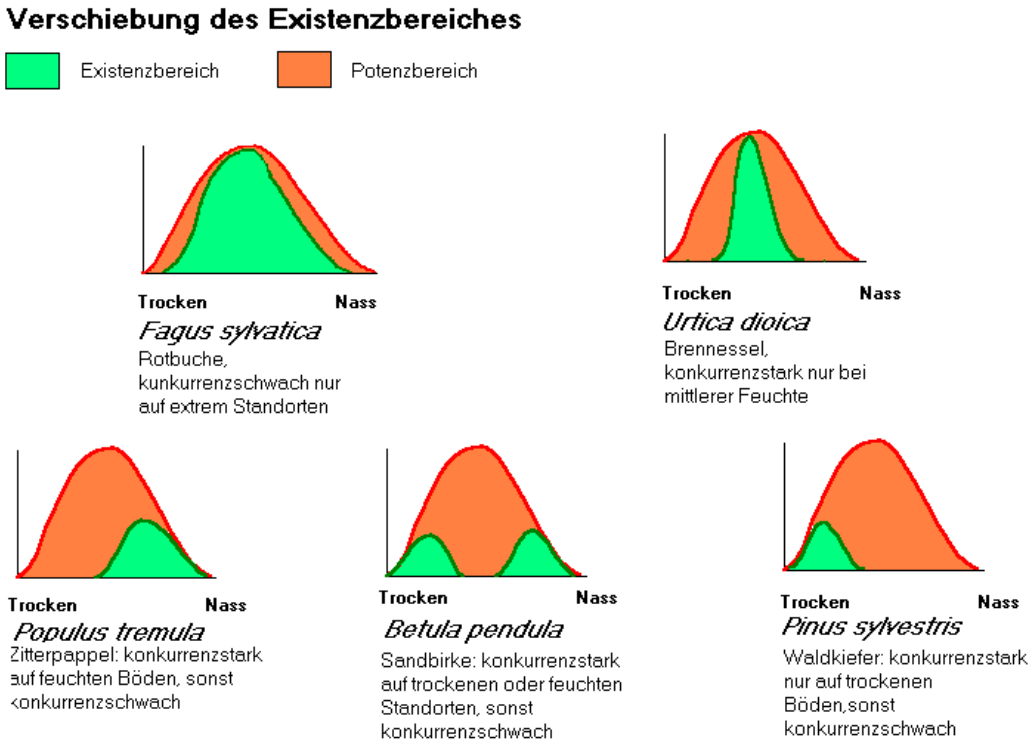
2.2.2.2.1. (zwischenartliche / interspezifische) Konkurrenz

Überschattung der niederen Pflanzen / Pflanzen unterer Vegetations-Schichten durch größere Sträucher und Bäume → Licht-Konkurrenz
meist verbunden mit Konkurrenz hinsichtlich Wasser und Nährsalzen, da größere Pflanzen i.A. auch größere / tiefere Wurzeln haben

Definition(en): interspezifische Konkurrenz
Die Auseinandersetzung von zwei oder mehr Arten (/ Biozönosen / Ökosystemen) um die gleiche, begrenzte Ressource heißt interspezifische Konkurrenz.
Interspezifische Konkurrenz ist der direkte oder indirekte Kampf mehrerer Individuen von verschiedenen Arten um eine begrenzte Umweltressource.



Q: de.wikipedia.org (Brummfuss)



Q: de.wikipedia.org (Brummfuss)

2.2.2.2.2. Symbiose (i.w.S.) / Mutualismus

Begriff sehr unterschiedlich abgegrenzt, z.T. überschneidend definiert
im englischsprachigen Raum u.U. noch anders benutzt

historisch wurde der Begriff vom deutschen Botaniker Anton DE BARY 1878 als das enge Zusammenleben ungleichnamiger Arten verstanden
Begriff schloß damals auch Kommensalismus und Parasitismus mit ein

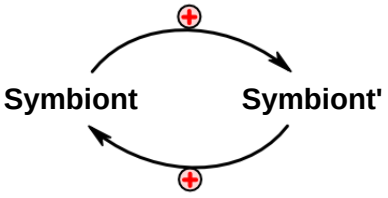
im heutigen Sinne (Zusammenleben ungleichnnamiger Arten mit gegenseitiger Vorteilnahme) wurde dann 1910 von russischen Biologen Konstantin S. MEREŽKOWSKI geprägt

beide Arten ziehen Vorteile aus dem Zusammenleben

Art der Abhängigkeit nicht spezifiziert

Entwicklung der einzelnen Arten erfolgt als Co-Evolution ("Symbiogenese")
kann zu neuen Arten führen

Holobiont



$$\frac{dN_1}{dt} = r_1 \cdot N_1 \left(1 - \frac{N_1}{K_1} + b_{12} \cdot \frac{N_2}{K_1}\right)$$

$$\frac{dN_2}{dt} = r_2 \cdot N_2 \left(1 - \frac{N_2}{K_2} + b_{21} \cdot \frac{N_1}{K_2}\right)$$

N_1 … Populations-Größe (Population 1)
r_1 … Wachstums-Rate (Population 1)
K_1 … (Umwelt-)Kapazität bezüglich Pop. 1
b_{12} … positiver Wechselwirkungs-Koeffizent (von Population 1 auf Population 2)
N_2 … Populations-Größe (Population 2)
r_2 … Wachstums-Rate (Population 2)
K_2 … (Umwelt-)Kapazität bezüglich Pop. 2
b_{21} … positiver Wechselwirkungs-Koeffizent (von Population 2 auf Population 1)

Grund-Typen von Symbiosen

Stoffwechsel-Symbiose
gegenseitiger Austausch von Stoffen / Stoffwechsel-Produkten
z.B. Baum und Wurzel-Pilz (Mykorrhiza)

Verhaltens-Symbiose
Art-untypisches Verhalten, um Leistungen anderer Organismen zu empfangen
z.B. Raubfische und Putzerfische

genetische Symbiose
durch Übernahme von fremden Gen-Material's in das eigene Genom Zusammenleben von fremden Arten oder ihren Bestandteilen in einem Organismus
z.B. Meeres-Nacktschnecke *Elysia* mit Algen(-Chloroplasten) (und Virus) (→ aggressive Symbiose)

Typen nach dem Grad der wechselseitigen Abhängigkeit

Protokooperation (Allianz)
beide Arten ziehen bei einem gemeinsamen Zusammenleben aus diesem Vorteile gegenüber einem Nicht-Zusammenleben
lockerer Zusammenschluss, beide Partner sind aber nicht aufeinander angewiesen
können sich gut entwickeln und fortpflanzen, durch Symbiose-Partner ist biologische Fitness aber größer

Mutualismus
regelmäßige, aber nicht lebens-notwendige Wechsel-Beziehung zwischen zwei Arten

Eusymbiose / obligatorische Symbiose
mindestens ein Partner ist ohne den anderen nicht mehr überlebensfähig
Wechselbeziehungen zwischen den beiden Arten sind notwendig, um das (eigene) Überleben zu sichern
(→ 2.2.2.2.3. Symbiose (i.e.S.) / Eusymbiose)

Typen von Symbiosen nach ihrer räumlichen Strukturierung

Ektosymbiose
beide Arten sind räumlich getrennt aufeinander / nebeneinander (Ektosymbiont)
z.B. Bestäuber und Blüten; Seeanemone und Clownfisch

Endosymbiose
eine Art (Endosymbiont) lebt in der anderen
z.B. Darm-Bakterien (Entero-Bakterien); Knöllchen-Bakterien in den Wurzeln von Hülsen-Früchten; Zooxanthellen in Riff-bildenden Korallen

Parabiose
beide Partner (Parabionten) sind miteinander verwachsen
z.B. Männchen des Fisches (()) wird vom Weibchen in ihre Körperoberfläche integriert

Typen von Symbiosen nach ihrer Funktion / ihrem Ziel

Fortpflanzungs-Symbiose
die Fortpflanzung der einen Art ist nicht oder nur in sehr geringem Maße ohne die andere Art möglich
z.B. Bestäuber (z.B. Bienen) und Blüten

Bitterling und Teichmuschel
Bitterling legt seine Eier in den Innenraum einer Teichmuschel ab, hier entwickeln sich die Larven, als kleine Fische schwärmen sie dann später aus
die Muschel gibt in dem Augenblick, wenn der Bitterling seine Eier in sie ablegt, ihre Larven frei
diese klammern sich an den Flossensäumen fest und lassen sich so verbreiten

Symbiose zum Schutz vor Feinden
die eine Art schützt durch ihre natürlichen Waffen und Schutzmechanismen die andere Art mit
z.B. Ameisen und Blattläuse

besondere Formen / Typen von Symbiosen

aggressive Symbiose
Virus, Meeres-Nacktschnecke (*(s) Elysia chlorotonia*) und Alge
Nacktschnecke ist ein "Pflanzentier"
Anfang Frühling geben die hermaphoroditem Eltern-Tiere ihre Eier in Brackwässer des nordwestlichen Nordatlantik ab. Nach einer Woche schlüpfen die Larven, die sich im Plankton treibend nach der Faden-förmigen Meeres-Alge (*(s) Vaucheria litorea*) umschauen
die Zellwände der Alge werden aufgeraspelt und der Inhalt der Zelle ausgesaugt
dabei werden die Chloroplasten nicht verdaut, sondern in speziellen Zellen gesammelt, wo sie weiter Photosynthese betreiben
wenn genug Chloroplasten angesammelt sind, reduziert die Schnecke ihr Maul und stellt vollständig auf "Solar"-Betrieb um
interessanterweise werden die Chloroplasten auch von der Schnecke mit solchen Proteinen versorgt, die sonst im Genom der Alge codiert sind
sehr wahrscheinlich ist irgendwann in der Evolution ein Gen-Transfer von der Alge zur Schnecke passiert, denkbar ist dies z.B. durch die Wirkung eines Virus (derzeitige Forschungen bestätigen diese These)
zum "Eindringen" der Pflanzen-Gene in die Schnecken-Zellkerne ist nämlich die riverse Transkriptase notwendig, die RNA in DNA wandeln kann, die kenn man nur von RNA-Viren
als weiteres Phänomen in dieser Lebens-Gemeinschaft kommt es mit dem natürlichen Ende des Lebens-Zyklus der Schnecke zum neuen Frühjahr hin zu einer extremen Viren-Entwicklung in den Schnecken, dies passiert scheinbar aus dem Nichts heraus, die Schnecken werden krank und sterben
die Krankheit wird aus den Schnecken heraus wahrscheinlich durch den gleichen Retro-Virus verursacht, der "vorher" das Solar-Leben der Schnecke erst ermöglicht hat
Grenzfall hin zum Parasitismus

für die Alge scheint es auf den ersten Blick gar keine Symbiose, sondern ein Beute-Verhältnis zu sein, sie wird schließlich gefressen und stirbt als Einheit
eine Symbiose ist es, weil die Algen von einem (anderen) Virus befallen werden
durch die Integration in die Schnecke entziehen sie sich dem Zugriff dieses Virus'

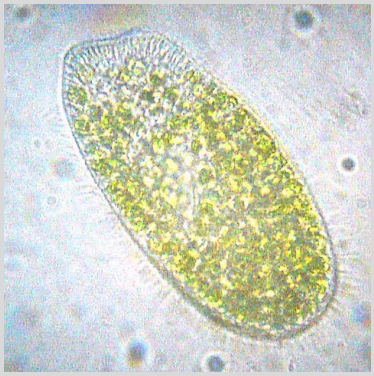
Praxis-Beispiel: Symbiose beim Grünen Pantoffeltierchen

(s) Paramecium bursaria
(p) Ciliophora (Wimperntierchen); tierischer Einzeller
lebt in stehenden Nährstoff-reichen Gewässern

rund 100 µm lang (90 – 150 µm)

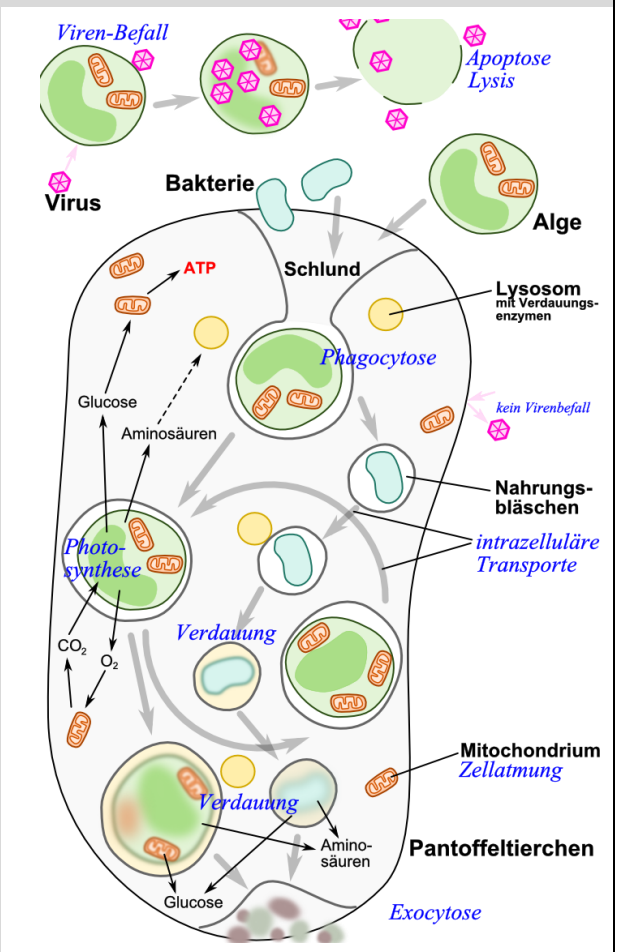
zwei kontraktile Vakuolen
bewimperter Schlund-Trichter
durch die auf der gesamten Oberfläche verteilten Wimpern sind die Pantoffeltierchen gezielt beweglich und schwimmen zu Bereichen, wo die Algen gute Photosynthese-Bedingungen vorfinden

symbiotische Grünalgen z.B. aus der *(g) Chlorella*
liegen relativ fest im Rindenplasma oder bewegen sich mit dem Entoplasma


Paramecium bursaria
Q: en.wikipedia.org (Bob Blaylock)

Pantoffeltierchen bietet den Algen einen stabilen, geschützten Lebensraum
Fressfeinde der Alge können das wesentliche größere Pantoffeltierchen nicht fressen

Algen geben gebildeten Sauerstoff an das umgebende Pantoffeltierchen ab, für das Pantioffeltierchen verbessert sich dadurch die Sauerstoff-Versorgung deutlich, auch dann wenn z.B. eutrophierte Gewässer an Sauerstoff-Mangel leiden
dadurch sowohl für die Alge, aber besonders für das Pantoffeltierchen deutlich länger gute Überlebensbedingungen
das aus der Zellatmung stammende (z.B. bei Fortbewegung besonders umfangreich freigesetzte) Cohlendioxid nutzen die Algen für ihre autotrophe Assimilation
dagegen geben die Algen überschüssig produzierte Photosynthese-Produkte und abgeleitete Stoffe (z.B. Aminosäuren, Kohlenhydrate) an das Pantoffeltierchen ab
insgesamt werden viele organische Grundstoffe zwischen den Zellen ausgetauscht



viele Stickstoff-Verbindungen (z.T. Abfall-Stoffe der tierischen Stickstoff-Assimilation (heterotroph)) werden von den Algen zur Aminosäure-Bildung (Photorespiration) genutzt
heterotrophe Ernährung von Bakterien (lassen sich gut mikroskopisch mittels Vital-Färbungen im Pantoffeltierchen beobachten)
Bakterien werden durch Phagocytose am Schlund aufgenommen
im Zell-Inneren verschmelzen die Nahrungs-Vesikel mit Lysosomen, die Verdauungs-Enzyme in das Nahrungs-Vesikel einbringen, Bakterien werden von den Enzymen angegriffen und zerstört

Nährstoffe werden über verschiedenste Membran-basierte Transport-Vorgänge ins Zell-Innere aufgenommen und vom Pantoffeltierchen selbst genutzt oder den Algen zur Verfügung gestellt
frei lebende Chlorella werden von speziellen Viren angegriffen, welche die Algen zur Reproduktion der Viren-Partikel parasitieren
Viren können nur an der Chlorella-Oberfläche andocken und dort die Infektion starten
die Oberfläche der Pantoffeltierchen enthält keine passenden Signal-Proteine
die Chlorella-Algen, die im Inneren kreisen, können nicht direkt von Viren befallen werden
beim Fressen infizierter Algen besteht zwar auch die Möglichkeit einer weiteren Viren-Verbreitung, dies ist aber meisten nur eine lokale Infektion (nur innerhalb eines Pantoffeltierchens), das Pantoffeltierchen stirbt nicht an freigesetzten Viren (beim Absterben der befallenen Algen) ; Viren sind im ungeeigneten Medium und werden meist von den Enzymen des Pantoffeltierchens zerstört

interessante Zusatzinformationen, Kulturanleitung(en), …, interssante Links:
http://www.lebendkulturen.de/kult_parabursaria.html

Aufgaben:

1. *Beschreiben Sie die Ernährung des Pantoffeltierchen's von Bakterien und Algen mit Hilfe der Skizze im Exkurs!*
2. *Stellen Sie in einer Tabelle die Leistungen der Symbiose-Partner zusammen, die sie jeweils für den anderen bereitstellen!*
3. *Ordnen Sie die Symbiose beim Grünen Pantoffeltierchen verschiedenen Symbiose-Typen zu! Begründen Sie Ihre Zuordnung!*

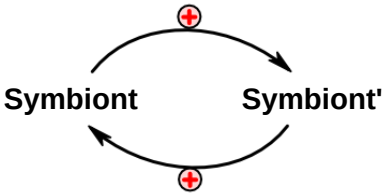
für die gehobene Anspruchsebene:

4. *Die Symbiose zwischen der Chlorella-Alge und dem Pantoffeltierchen wird von Biologen gerne als Beleg für die Möglichkeit der endosymbiontischen Entstehung von Plastiden (hier z.B. Chloroplasten) betrachtet. Erläutern Sie diese Aussage genauer!*

2.2.2.2.3. Symbiose (i.e.S.) / Eusymbiose

beide Arten haben Vorteile vom Zusammenleben
die Beziehung ist aber für mindestens eine Art unbedingt notwendig

obligatorische Symbiose, echte Symbiose



Definition(en): Symbiose (i.e.S.) / Eusymbiose
Unter Symbiose versteht man das zeitweise oder dauerhafte Zusammenleben von mindestens zwei verschiedenen Arten zum gegenseitigen Vorteil. Beide Arten sind aufeinander angewiesen und können i.A. nicht ohne die andere Art weiterleben. Die Arten sind an dieses Zusammenleben angepasst und zeigen ein zielgerichtetes / angeborenes Verhalten.

z.B.

- Rind (Wiederkäuer) und Pansen-Bakterien
- Flechten (Organismen-ähnliche Verbindung von Pilzen und Algen)
- allg. höhere Tiere und Darm-Bakterien
- Mykorrhiza-Pilze und Bäume / Mykorrhiza-Pilze und Orchideen
- Chemoautotrophe Bakterien in marinen Ringelwürmern (Vielborstern) oder zwischen Zellen von Wenigborstern sowie auch bestimmten Einzellern (Lebensraum "Schwarze Raucher" auf dem Meeresgrund)
- Symbiose zwischen Rispengras, einem Schimmel-Pilz und einem Virus in den heißen Quellen des Yellowstone-Nationalparkes (USA)
- Rispengras (*(s) Dichanthelium lanuginosum*) und auch der Pilz (*(s) Curvularia protuberata*) für sich sind nur bis 38 °C Temperatur-tolerant, wird der Pilz vom Virus CthTV (Curvularia thermal Tolerance Virus), dann ist die Gemeinschaft bis fast 70 °C lebensfähig
- Putzsymbiose (Madenhacker auf Büffel)
- Eiche und Eichenhäher (Nahrung für Vogel, Vogel verbreitet Samen)
- Ameise und Blattlaus (Ameise beschützt, Blattlaus gibt Honigtau als Nahrung für Ameisen)
- Clownfisch u.ä. und Seeanemone(n) (

2.2.2.2.4. Parasitismus

Mücke-Mensch-Malaria

Tri-System

Malaria-Erreger *(s) Plasmodium spec.*
Einzeller, der die Roten Blutkörperchen (Erythrocyten) befällt, sich dort vermehrt und bei der synchronen Zerstörung der Blutzellen zur Verbreitung die Fieber-Anfälle auslöst

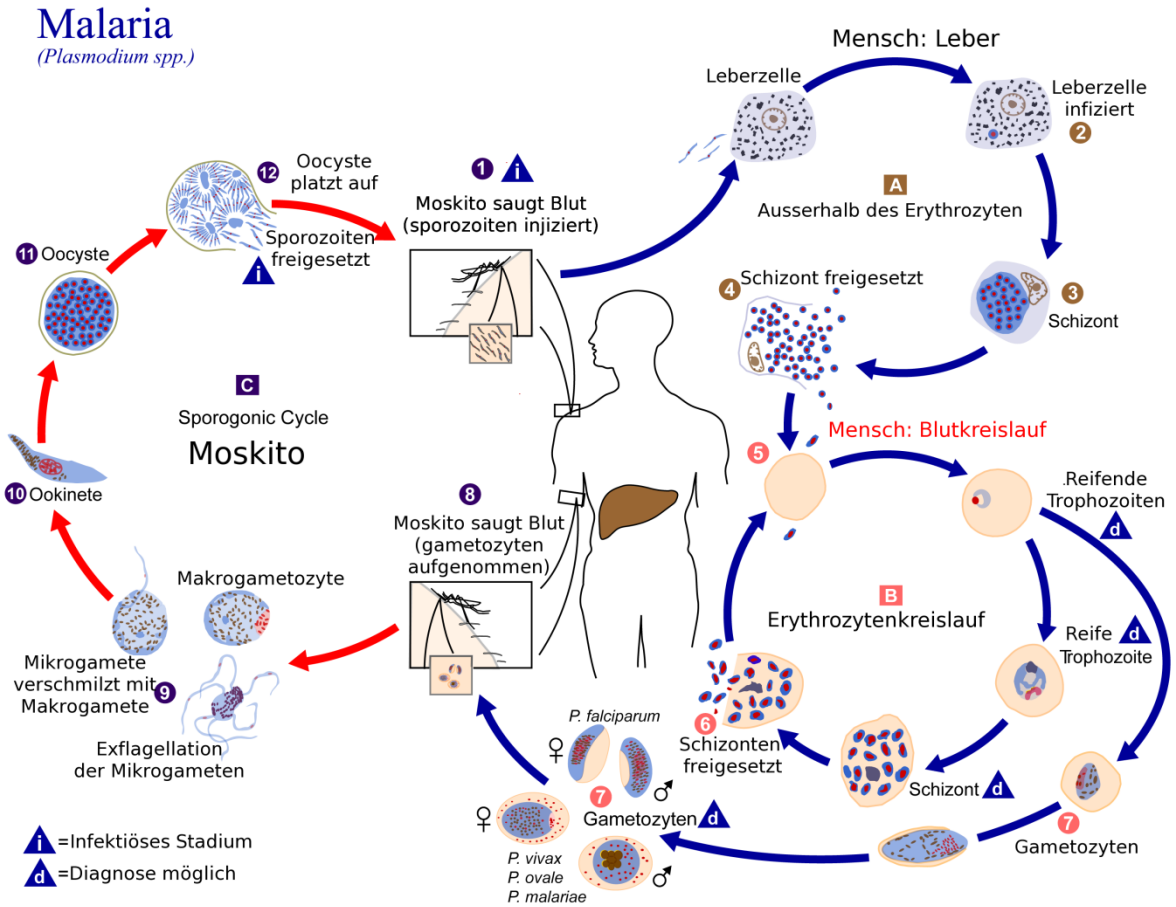
Mücke *(s) Anopheles spec.*
überträgt die Plasmodien von Mensch zu Mensch

Mensch *(s) Homo sapiens sapiens*
eigentlicher Wirt, befallen werden die roten Blutzellen



Anopheles-Mücke beim Saugen
Q: de.wikipedia.org (CDC, James GATHANY)

Bevorteilung der Menschen mit Sichelzellen-Anämie (heterocygote Merkmals-Träger), hier finden die Plasmodien nicht genug Wirtszellen, deshalb geringe Ausbreitung und deutlich weniger / schwächere Fieber-Anfälle
homocygote Merkmals-Träger (→ Genetik) sind allerdings insgesamt sehr schwach und erreichen selten die Geschlechtsreife



Lebens-Zyklus des Malaria-Erregers
Q: de.wikipedia.org (Chb)

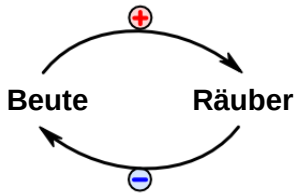
Definition(en): Parasitismus
Parasitismus ist die Gemeinschaft von Organismen zum einseitigen (Primär-)Nutzen einer Art (Parasit) mit meist nicht-existensbedrohendem Nachteil für den Wirt. (Für die parasitierte Art ergeben sich häufig indirekte / sekundäre Vorteile (Selektions-Druck, Auslese, …)
Parasitismus beschreibt das Zusammenleben einer ausgenutzten Art (Wirt), deren Ressourcen von einer anderen Art – dem Parasit – zu dessen Überleben abgezweigt werden.

Aufgaben:

1. *Beschreiben Sie mit eigenen Worten den Lebens-Zyklus des Malaria-Erregers anhand des Schema's!*
2.
3.

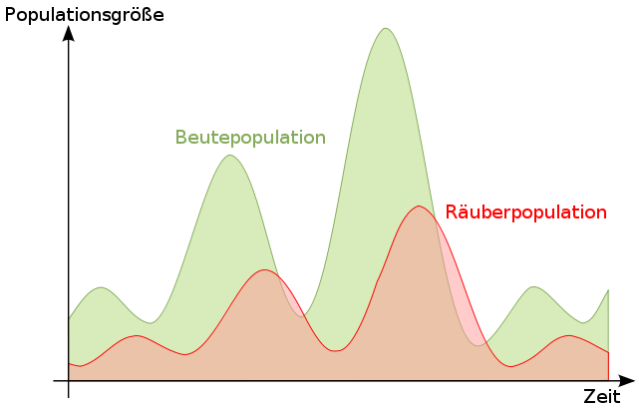
Läßt man das Fehlen einiger Merkmale des Lebens bei Viren und anderen probiotischen Strukturen mal außen vor, dann kann man die Beziehung dieser zu den anderen Organismen sicher als Parasitismus betrachten. Die Viren benutzen / mißbrauchen den genetischen Apparat der Wirte für die eigene Reproduktion. Die abgegebenen "infektiösen" Strukturen (z.B. Virionen) können entfernt auch als "Sporen" verstanden werden.
In der modernen Forschung mehren sich aber auch Erkenntnisse, dass es zwischen den Viren und den Wirten Symbiose-ähnliche Beziehungen gibt. Dabei liefern die Viren genetisches Material an den Wirt, der zu dessen weiteren Bevorteilung führt. Allerdings scheint es vor diesem symbiotischen Zustand immer erst eine Phase zu geben, in der der Virus eher den Wirt schädigt. Erst in folgenden Generationen oder Lebensphasen des Wirtes kommt es zu ev. durch Mutationen und Auslese zu einem "friedlicheren" Miteinander.

2.2.2.2.5. Räubertum (Räuber-Beute-Bezeihung, Nahrungs-Beziehung)



Definition(en): Räuber-Beute-Beziehung
Räuber-Beute-Beziehungen sind Beziehungen von tierischen Arten, die im gleichen Nahrungsnetz / der gleichen Nahrungs-Kette unmittelbar / direkt aufeinander folgen.

genauer siehe unter Demökologie (→ 3.2.2.2. Räuber-Beute-Beziehungen (Prädation, Episitismus))



Populations-Schwankungen von Räuber und Beute nach dem LOTKA-VOLTERRA-Modell
Q: de.wikipedia.org (Curtis Newton)

Schutz vor Feinden

aktiver Schutz vor Feinden, …:

- Verhalten (z.B.:)
  - Flüchten (z.B.:)
  - Beißen (z.B.: Ratten, Eichhörnchen)
  - Totstellen (z.B.: Unke)
- Gifte (z.B.: Spinnen, Skorpione)
- Sekrete (z.B.: Stinktier, Wanzen, Kröten)
- Hufe (z.B.: Zebra, Büffel)
- Gehörn (z.B.: Hirsch, Ziege)
- Stacheln (z.B.: Wespe, Biene)

passiver Schutz vor Feinden, …:

- Gifte (z.B.: Brennnessel, Kugelfisch, Pilze, Quallen)
- Größe (z.B.: Elephant, Wal)
- Panzer (z.B.: Walnüsse, Muscheln, Schnecken, Krebse, Schildkröten)
- Stachelkleid (z.B.: Rose, Igel)
- Tarntracht (z.B.: Birkenspanner)
- Mimese (z.B.: Lebende Steine, Wandelndes Blatt, Stabheuschrecken, Spanner-Raupen)
- Schrecktracht (z.B.: Unke, Raupe des Großen Gabelschwanzes, Abendpfauenauge)
- Warntracht (z.B.: Wespen)
- Mimikry (z.B.: Hornissenschwärmer)

Population wird zwar durch erste Opfer (Lern-Opfer bei den Räubern) dezimiert, aber insgesamt bleibt die Art geschützter,
schlechte Erfahrungen (Aversion) bleibt bei mehrjährigen Tieren meist auch längerfristig erhalten (meist nur kurze Auffrischeung der Lern-Erfahrung notwendig)

z.B. der Falter *(s) Danaus plexippus* wird durch Fressen an Herz-Glycosid-haltigen Pflanzen (als Raupen) (z.B. *(A) Fingerhut (s) Digitalis*) für Vögel ebenfalls giftig, praktisch sind zwar nur rund 25 % giftig, die ungiftigen sind aber für Vögel nicht zu unterscheiden

Schutztrachten bei Tieren

• **Tarntracht**	Farbanpassung an die Umgebung extrem: beim Chamäleon, Plattfische
• **Nachahmungs-Tarntracht** **Mimese**	Nachahmung von Objekten aus dem Lebensraum z.B.: Wandelndes Blatt, Stabheuschrecken
• **Warntracht** **(Aposematismus)**	intensive, auffällige Färbung (gelb, gelb-schwarz, rot, rot-schwarz z.B.: Salamander, Pfeilgiftfrösche
• **Schein-Warntracht** **Mimikry**	Nachahmung einer Warntracht oder des Aussehens von ungenießbaren bzw. wehrhaften Tieren z.B.: Schwebfiege ahmt Wespe nach z.B.: Erdwanze macht (übel-schmeckende) Feuerwanze nach

Definition(en): Mimese
Mimese ist die Form der Tarnung eines Individuums / einer Art, bei der Elemente oder Details der Umwelt nachgeahmt werden.
Unter Mimese versteht man die Anlage von Nachahmungs-Tarntrachten bei Tieren.

Mimese
Tarn-Tracht / Tarn-Verhalten

Tarn-Aspekt steht im Vordergrund
Auffälligkeit verringend

Plattfische
Insekten (z.B. wandelndes Blatt, Stab-Heuschrecken, Raupen)
Laubfrosch



Wandelndes Blatt
((s) *Phyllium spec.*)
Q: de.wikipedia.org (Sandilya Theuerkauf)

Definition(en): Aposematismus (Warnfärbung)
Aposematismus ist das Phänomen, dass gefährliche / ungenießbare Arten sich ihren Feinden mit hellen / grellen Farben / Farb-Kontrast (oder anderen starken Reizen) zeigen und diese quasi warnen.

Beispiele:
Feuerwanzen
Wespen

evolutionäre Entstehung strittig

schwarz-gelb oder rot-schwarz

z.B. junge Jäger – z.B. ein Insekten-fressender Vogel – der eine Wanze frisst oder eine Wespe fressen will, der hat durch den üblen Geschmack bzw. das Stech-Ereignis ein nachaltiges Lern-Ergebnis

danach werden Insekten mit solchen Mustern / Aussehen gemieden



Feuerwanze; (s) Pyrrhocoris apterus
Q: de.wikipedia.org (Aka)

Definition(en): Mimikry
Mimikry ist die Nachahmung von anderen Tieren oder deren Signalen durch eine eigentlich ungefährliche Art.
Unter Mimikry versteht man die Anlage von Scheinwarntrachten bei Tieren.

Vortäuschung

Auffälligkeit hervorhebend

Mimikry
Warn-Tracht / Warn-Verhalten

z.B.
Blatt-Wanzen
(graue / braune Färbung der Weibchen vieler Vögel (besonders Boden-Bewohner)
Schwebfliegen / Wespen
Feuerwanzen
Marienkäfer
Harlekin-Wanze



Farbähnlichkeit einer Schwebfliege mit einer Wespe (Warntracht)
Q: de.wikipedia.org (André Karwarth)

BATEsche Mimikry
eine harmlose Art täuscht die Gestalt, die Farbgebung, die Bewegung oder Signale einer gefährlichen, giftigen oder wehrhaften Art vor

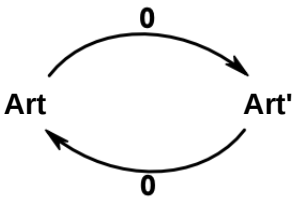
MÜLLERsche Mimikry
beschreibt das mehrfache Vortäuschen (eines Farb-Musters) durch mehrere andere Arten

Räuber-Strategien (als Anpassung an / gegen die Schutztrachten)

- Fangzähne (z.B.: Raubkatzen)
- Fangbeine (z.B.: Gottesanbeterin)
- aggressiver Mimikry (z.B.: Anglerfisch)
- Gifte (z.B.: Spinnen, Nesseltiere, Skorpione)
- Fangnetze (z.B.: Netzspinnen)
- Ultraschall (z.B.: Fledermäuse)

2.2.2.2.6. Neutralismus

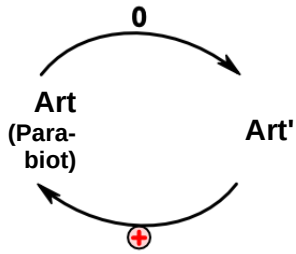
Definition(en): Neutralismus
Neutralismus ist das Beziehungs-freie Nebeneinander zweier Arten.
Neutralismus ist das Fehlen von Wechselbeziehungen zwischen zwei zusammenlebenden Arten.



2.2.2.2.7. Probiose / Karpose

auch Parabiose

einseitiger Vorteil für die eine Art, ohne die andere zu schaden oder zu bevorteilen

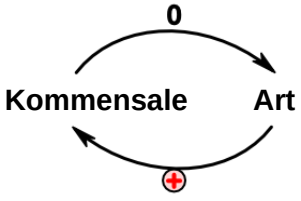


Probiose

- Phoresie (Transportgemeinschaft)
- Kommensalismus (Mitessertum)
- Symphorismus / Epökie (Aufsitzertum)
  - Synökie (Wohngemeinschaft)
  - Parökie (Beisiedlung)
  - Entökie (Einmietung)
  - Metabiose (Nachnutzertum)

Formen:
Kommensalismus

Mitessertum, die bevorteilte Art lebt von den Nahrungs-Rückständen, können u.U. (z.B. Nahrungs-Mangel) aber zu indirekten Konkurrenten werden
z.B. Aas-Fresser (Geier, Schakale,)



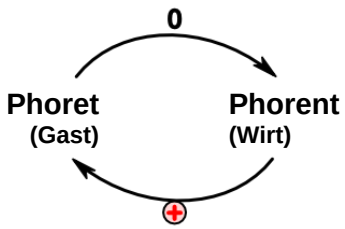
ausführlicher → 2.2.2.2.8. Kommensalismus

Phoresie
vorübergehende Transport-Gemeinschaft, Der Gast (Phoret) nutzt ein anderes Lebewesen (meist ein Tier) (Wirt od. Phorent) zum Ortwechsel.
z.B. Kletten (z.B. Samen von Disteln) werden von Vögeln oder Pelztieren verbreitet
Schiffshalter-Fische ((s)) werden von schnell schwimmenden Fischen (z.B. Haie) verbreitet / wandern indirekt mit diesen mit
Art-fremde Milben auf anderen Tieren

Definition(en): Phoresie
.

auch Parabiose

einseitiger Vorteil für die eine Art, ohne die andere zu schaden oder zu bevorteilen



Symphorismus / Epökie
Aufsitzertum, leben auf der Oberfläche anderer Organismen ohne diese zu beeinflussen
z.B. Moose, Flechten und Farne auf Bäumen, Orchideen und Bromelien auf Bäumen
bestimmte Algen leben im Fell der Faultiere oder auf dem Schild von Schildkröten
Seepocken auf Walen
pflanzliche Aufsitzer – Epiphyten – sind durch eine Vielzahl von Anpassungen (- besonders an die Faktoren (Wasser und Nährsalze)) geprägt (→ Aufsitzer-Pflanzen (Epiphyten))

Synökie
Nutzung der Wohnstätte eines anderen Tieres, Gastgeber duldet die Gäste in weiten Grenzen, erst bei Gefährdung der eigenen Nahrungs- oder anderer Ressourcen werden die Gäste vertrieben oder bekämpft
z.B. Springschwänze, Larven bestimmter Schwebfliegen, Langfühlerschrecken, Ameisenfischchen und bestimmte Kurzflügler-Käfer in Ameisen-Hügeln (Ameisen-Gäste)
Fledermäuse nutzen u.a. auch die verlassenen Bauten von Buntspechten

Parökie
Beisiedlertum, beide Arten leben in direkter Nachbarschaft, die eine Art erhält Schutz und Nahrung, die andere Art nutzt z.B. deren Aufmerksamkeit bei Feind-Annäherung oder scheuchen unerwünschte Insekten (z.B. Heuschrecken) auf der Weide auf

Entökie
Einmietertum, Gast wohnt im oder am Körper einer anderer Art, Gast nutzt z.B. Giftigkeit des Wirtes, ohne selbst davon betroffen zu sein
z.B. Clownsfisch und ähnliche Korallen-Fische sowie verschiedene Garnelen in Seeanemonen

Metabiose
Nutzung der Leistungen einer anderen Art, z.B. als Nachfolger in Wohnbauten
z.B. Grünspechte und Hohltauben nutzen Höhlungen der Buntspechte

Definition(en): Probiose
Unter Probiose versteht man eine einseitige Vorteilsnahme der einen Art (z.B. als Mitesser, Mitbewohner, Träger) ohne das dabei die andere Art beeinflusst wird.

2.2.2.2.8. Kommensalismus

Mitessertum, Tischgenosse (= lat.: commensalis)

z.B. Löwen und Geier sowie Schakale

Definition(en): Kommensalismus
Beim Kommensalismus handelt es sich um eine einseitige Vorteilsnahme der einen Art (z.B. als Mitesser) ohne dass dabei die andere Art beeinflusst wird.

beim Menschen viele Ekto- und Endokommensalen, die scheinbar keinen Vorteil für den Menschen bringen
in jüngster Zeit mehren sich die Nachweise, dass es sich eher um Mutualismus (→ ; Symbiose mit gegenseitigem Vorteil) handelt
die "Kommensalen" sorgen für ein gesundes Klima bzw. ein schützendes Milieu

2.2.2.2.9. Sozial-Parasitismus

bei einsetzender Schädigung des Wirtes – praktisch in der Übergangs-Phase vom Kommensalismus zum Parasitismus – beobachten wir den Sozial-Parsitismus
die Ameise *(s) Anergates atratulus*, die selbst keine Arbeiter bildet, ist ein Sozial-Parasit im Nest der Rasenameisen der Gattung *Tetramorium*, sie veranlasst die Arbeiter, die eigene Königin zu töten, *Anergates* lässt dann die eigene Brut von den *Tetramorium*-Arbeitern aufziehen; die *Tetramorium*-Kolonie selbst stirbt nach und nach aus



parasitische Rasenameise

nach neueren Taxonomien wird *Anergates* auch zur Gattung *Tetramorium* dazugezählt, die Art heißt in der modernen Literatur deshalb *(s) Tetramorium atratulum*

(g-) Anergates
Q: en.wikipedia.org (casent0010835)

Feldwespen der Gattung *Polistes* werden von einer ähnlichen Wespen-Art *(s) Sulcopolistes atrimandibularis* sozial-parasitiert (gehören zu einer Untergattung von *Polistes*)
Polistes-Weibchen leben in kleinen Gruppen in eine Höhle, es gibt eine Rangordnung und nur das Ranghöchste Weibchen legt Eier, die Rang-niederen Weibchen betreuen die Brut
Sulcopolistes dringt in die Höhle ein und setzt sich durch besondere Verhaltensweisen an die Spitze der Rangordnung, sie legt dann Eier, welche von den Feldwespen betreut werden
Die Wespe Sulcopolistes hat den deutschen Namen Berg-Feldwespen-Kuckuckswespe.



Gallische Feldwespe
(s) Polistes dominula
Q: de.wikipedia.org (Fritz Geller-Grimm)

Kuckuck als Brut-Parasit
oft gehört, aber kaum jemals gesehen
verschiedene Gruppen, die sich jeweils auf bestimmte Wirts-Arten spezialisiert haben und die Farbe der Eier ihrer Wirte nachmachen
der in Amerika lebende Nordamerikanische Kuckuck brütet seine Eier selbst aus, dort betreibt der Stärling *(s) Molothrus ater* (gehört zu den Sperlingen) Brut-Parasitismus (wie der europäische Kuckuck)
Kuckucks-Junge reißen den Schnabel besonders weit auf und zeigen rötlichen Rachen (Signal für Fütterungs-Verhalten (Schlüssel-Reiz des Instinkt-Verhaltens), wachsen auch besonders schnell (überragen schnell die Wirtsvogel-Jungen
die Wirts-Jungen werden vom Kuckucks-Nestling aus dem Nest gedrängt



(Europäischer) Kuckuck
Q: de.wikipedia.org (Vogelartinfo)

Gelege mit Kuckucks-Eiern (immer jeweils das größte)



Neuntöter



Gartengrasmücke



Goldammer



Gartenrotschwanz

Q: de.wikipedia (Grüner Flip)

2.2.2.2.10. Protokooperation

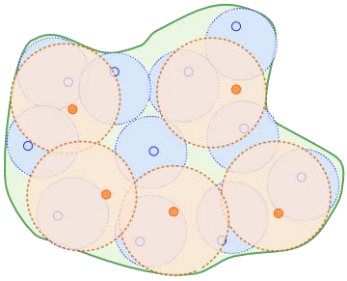
Definition(en): Protokooperation

Unter Protokooperation versteht man das zeitweise oder dauerhafte Zusammenleben von mindestens zwei verschiedenen Arten zum gegenseitigen Vorteil. Die Arten sind an dieses Zusammenleben angepasst und zeigen ein zielgerichtetes / angeborenes Verhalten, können aber ohne die andere Art auskommen / leben.

z.B.
Seeanemone und Taschenkrebs
Süßwasser-Polyp und Chlorella-Algen

2.2.2.2.11. Territorialität

im Allgemeinen überschneiden / überlagern sich die Territorien verschiedener Arten
durch die Einnischung kommt es zum Konkurrenz-Ausschluss
beide Arten können im gleichen Lebensraum besetzen, ohne sich zu schaden / beeinflussen



2.2.2.3. Umweltfaktor Mensch

Mensch hat stärkere Veränderungen in den Ökosystemen / auf der Erde in den letzten 10'000 Jahren bewirkt als die Natur in zig Millionen Jahren bzw. größere Umwelt-Veränderungen an den Grenzen der Erdzeitalter

kein anderer Organismus, nicht einmal ganze Gruppen von Organismen sind nicht in der Lage solche gravierenden Veränderungen zu erzeugen / bewirken

2.2.2.3.1. Veränderung von abiotischen Umweltfaktoren

Treibhaus-Gase, Klima-Erwärmung
CO2, Methan, Wasserdampf, Stäube / Aerosole

neben natürlichen Treibhaus-Effekten kommt starker künstlicher / anthropogener Effekt dazu
an einzelnen Systemen geht man davon aus, dass erste Kipp-Punkte schon überschritten sind
(Tauen des Permafrost-Boden's, Enteisung der nördlichen Polkappe (Meeres-Eisschmelze))
steigende Wasserspiegel in den Ozeanen → Veränderung der Licht-Reflexion und -Absorption
Veränderung von Meeres-Strömungen, weil die notwendigen Temperatur-Gefälle (unterschiedliche Wasser-Dichte) wegfallen bzw. sich verändern

oszillierende / schwankende Meß-Werte bie einer insgesamt steigenden Tendenz

mehr Energie in der Athmosphäre und in den Ozeanen bedeutet mehr Stürme / Extremwetter / …

Städte als Licht- und Wärme-Inseln / -Hotspot's

2.2.2.3.2. Veränderung von biotischen Umweltfaktoren

Ausrottung von Arten / Arten-Sterben

Migration von Arten

Überspringen von Art-Grenzen bei Parasiten durch Intensiv-Wirtschaft

Über-Population Mensch
Übernutzung der natürlichen Ressourcen

Eingriff in natürliche Nahrungs-Ketten (z.B. durch Bejagung / Befischung, Monokulturen)

Besiedlung praktisch der gesamten Erde
z.T. sehr große Ressourcen-Bedarfe in unwirklichen Gebieten
Eindringen in eigentlich Menschen-freie Gebiete / Ökosysteme
nachhaltige Veränderung der besiedelten Ökosysteme

Mensch als hoch-mobiles Ökosystem
Verbreitung von Arten

Schaffung neuer Ökosysteme (z.B. Städte)

aus ökologischer Sicht, sind wir das größte Problem, das die Erde hat
trotzdem ist es ökologisch insoweit unbedenklich, da die Ökosysteme (Biosphäre / Gaia) auf die Veränderungen reagiert und anpasst
viele Organismen werden diese Veränderungen nicht überleben – ähnlich wie bei den großen Massen-Aussterbe-Ereignissen in der Erdgeschichte
ob wir Menschen die Veränderungen überleben und in welcher Menge, wird die Zukunft zeigen

2.3. räumliche und zeitliche Strukturierung von Umwelt-Faktoren

spezifische Veränderlichkeit eines Umweltfaktors in Raum und Zeit muß innerhalb der Toleranzgranzen erfolgen
wenn nicht innerhalb des gesamten Lebens-Zyklus oder innerhalb des gesamten Lebensraums passende Lebens-Bedingungen herrschen, dann ist das Überleben nicht gesichert
es kommt zur Einschränkung der Aufenthalts-Zeiträume oder des Lebensraum's, wenn Existens-Bedingungen nicht durchgehend vorhanden sind

2.3.1. zeitliche Gliederung von Umwelt-Faktoren

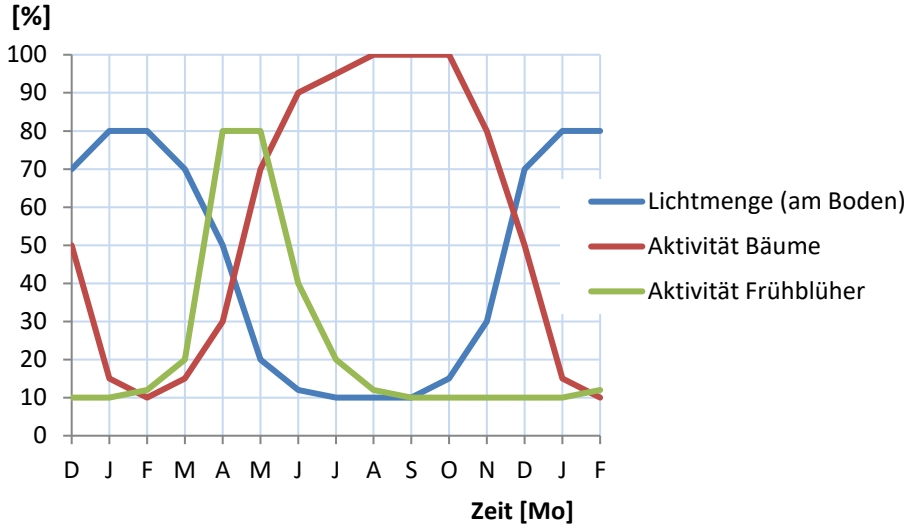
urtümliche oder fast ständig präsente (permanente) Veränderlichkeit der Ausprägungen eines Umwelt-Faktors

Rhythmen sind dann für (die einzelnen) Organismen interessant, wenn die Periodik innerhalb ihres Lebens-Alters liegen
für die Art sind u.U. auch andere (längere) Rhythmen interessant, da sie der Konstanz der Art entgegenwirken und somit die Art-Neubildung befördern
auch Synchronisations-Muster für Geschlechts-Reife wichtig; diese sind dann genetisch programmiert (z.B. unterschiedliche Zyklen bei Zikaden (folgen Primzahl-Zahren (z.B. 13 und 17)) und deren Disharmonien mit den Zyklen ihrer Feinde

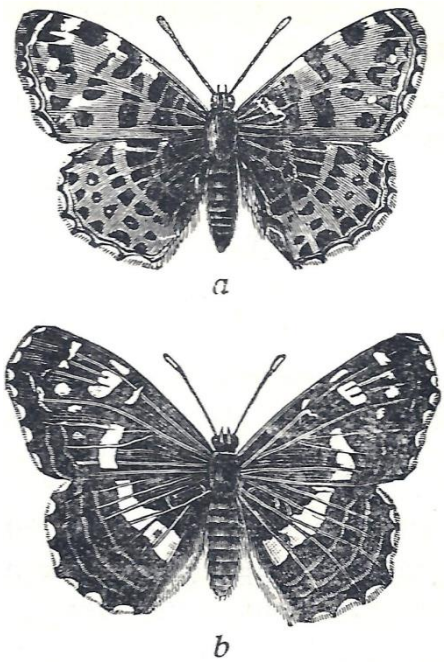
typische Periodiken / zeitliche Gliederung

Beschreibung / Benennung	Zeitdauer, typisch (Minima - Maxima)	typische Auswirkungen, Beispiele	weitere (mögliche) Bezüge
Galaktische Rhythmik **(Rotation der Milchstraße)**	225 – 250 Mio a	größere Arten-Sterben; Ursachen in Diskussion	
-Rhythmik **(Pendel-Bewegung der Sonne durch galaktische Scheibe)**	65 Mill. a (60 - 90)	verstärkte Meteoriten-Einschläge; große Arten-Sterben	
Pendel-Bewegung der Erde auf Sonnen-Umlaufbahn	30 – 40 Mio a	ev. Arten-Sterben wegen größerer Klima-Schwankungen; Gebirgsbildung	
diluviale Rhythmik (glaziale Rhythmik)	auf der Erde grob alle 25 – 50 Mio. a zuletzt rund alle 140'000 a Kalt- bzw. Warmzeiten	Verbreitung der Populationen / notwendige Wanderungs-Bewegungen, …	
MILANKOVITCH-Zyklus (Schwankungen der Erdumlaufbahn)	19'000 (25'800) – 100'000 (405'000) a	langfristige Klima-Veränderungen (kleine) Warm- und Kalt-Zeiten	
Planeten-Bahn-Rhythmik **(Jupiter, Saturn, Uranus, Neptun)**	2318 a	längerfristige Klima-Veränderungen	-

Planeten-Bahn-Rhythmik **(Venus, Erde, Jupiter, Saturn)**	983 a	mittelfristige Klima-Veränderungen	-
Sonnen-Rhythmik (SUESS-DE-VRIES-Zyklus)	193 a	stärkere Strahlen-Belastung → Mutationen; Sterblichkeit	-
Sonnen-Rhythmik (SCHWABE-Zyklus)	11 a (11 – 14)	stärkere Strahlen-Belastung → Mutationen; Sterblichkeit	-
mehrjährige Klima-Schwankungen	3 – 7 a	deutliche Schwankungen von Populations-Größen	
Planeten-Umlauf **circ(a)annuale R.** **annuale R.**	Erde: 1 a = 365,25 d	Jahreszeiten Regenzeit, Klima, Wetter Aspekt-Folge Fruchtbarkeits-Zeiten	
Jahreszeiten	rund 3 Mo	Entwicklungs-Phasen von Pflanzen auch: Langtag- bzw. Kurztag-Bedingungen für Blüh-Indikation	phänomelogische Jahreszeiten
Mond-Phasen **lunare Rhythmik**	29,5 d ≈ 4 Wo	weiblicher Zyklus Fortpflanzung bei einigen Fischen, Quallen, Kalmaren, …	oft auch mit annualem Rhythmus kombiniert
Gezeiten (Springflut)	14 d	Fortpflanzung von Watt- und Feuchtwiesen-Bewohnern	
Wochen-Rhythmik	1 Wo = 7 d	in urbanen Siedlungs-Räumen / Erholungs-Gebieten	(fast) ausschließlich anthropogen
Erd-Rotation **circadiane R.** **diurnale R.**	1 d = 24 h	Tag / Nacht (Hell-Dunkel-Phasen) Ebbe und Flut (12 h-R.)	
innere Uhr(en)	Mensch: rund 25 h		basiert auf circadianer R.
Gezeiten (Ebbe und Flut)	12,5 h	Ebbe und Flut	
Zell-Uhr / Zell-Teilung	10 min – n 10 a	Spaltung / Teilung (Zelle) Mitose Meiose	
Lebensdauer	(n 10 min – n 100 a)		

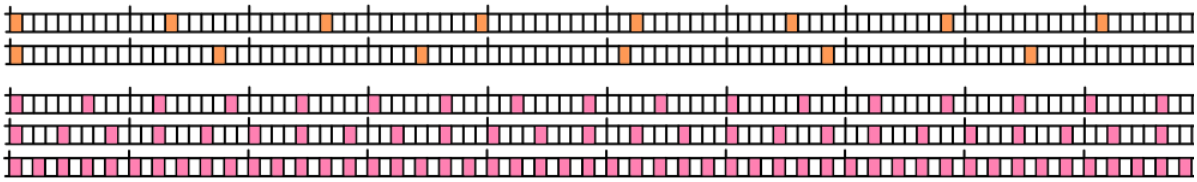


zeitliche Gliederung von Umwelt-Komponenten im Jahres-Rhythmus
in einem Mitteleuropäischen Mischwald



"Das Landkärtchen (Vanessa prorsa-levana):
a Frühjahrsgeneration (V. levana),
b Herbstgeneration (V. prorsa)"
Q: /36, S. 177/

unterschiedliche Fortpflanzungs-Rhythmiken bei diversen Zikaden-Arten
bei vielen Arten 13 oder 17 Jahre (!Primzahlen)
Erklärung über die Fortpflanzungs-Rhythmen der Feinde, ihre Fortpflanzungs-Rhytmen liegen bei 2, 4 oder 6 Jahren
Zikaden erreichen so, dass sie sehr wenige "Kontakte" mit ihren Feinden bekommen



Fortpfanzungs-Rhythmen von Singzikaden (oben: orange) und ihren Feinden (unten: purpur)

Aufgaben für die gehobene Anspruchsebene:

1. *Berechnen Sie, alle wieviele Jahre beide Zikaden-Arten und alle drei Räuber sich treffen würden!*
2. *Stellen Sie in einem Diagramm die produzierten Nachkommen pro Jahr für Rhythmen von einem bis 20 Jahre dar!*
3. *Berechnen Sie die überlebenden Nachkommen pro Jahr, wenn ein Feind die Nachkommen jeweils um 25% reduziert!*
4. *Interpretieren Sie das Diagramm zu ausgewählten Rhythmen in einem Mitteleuropäischen Mischwald!*

Blumen-Uhr

Pflanze (dt. Name)	wissenschaftlicher Name	Blüh-Zeit
Zeit-Raster für die Tag-Nacht-Gleiche		
Wiesen-Bocksbart	*Tragopogon pratense*	
Taghammerstrauch	*Cestrum diurnium*	
Dreifarbige Winde	*Convolvulus tricolor*	
Natterkopfartiges Wurmkraut	*Picris echioides*	
Blaue Rasselblume	*Catananche cuerulea*	
Dach-Pippau	*Crepis tectorum*	
Wilde Zichorie	*Cichorium intybus*	
Sanddistel	*Sonchus oleraceus*	
Knolliger Löwenzahn	*Leontodon tuberosum*	
Sibirischer Mohn	*Papaver nudicaule*	
Rotes Habichtskraut	*Hieratium rubrum*	
Zaunwinde	*Convolvulus sepium*	
Sichelsalat	*Lampsana rhagadiolus*	
Purpurroter Hasenlattich	*Prenanthes purpurea*	
Gewöhnlicher Löwenzahn	*Taraxacum officinale*	
Tingitanische Gänsedistel	*Picridium tingitanium*	
Alpen-Pippau	*Crepis alpina*	
Krokusblättriger Bocksbart	*Tragopogon crocifolium*	
Braunrote Taglilie	*Hemerocalis fulva*	
Wiesenferkelkraut	*Hypochoeris pratensis*	
Savoyer Habichtskraut	*Hieratium sabaudum*	
Roter Pippau	*Crepis rubra*	
Acker-Gänsedistel	*Sonchus arvensis*	
Doldenförmiges Habichtskraut	*Hieratium umbellatum*	
Kriechendes Habichtskraut	*Hieratium pilosella*	
Mauer-Habichtskraut	*Hieratium murorum*	
Weiße Seerose	*Nymphaea alba*	
Gelbe Teichrose	*Nymphar luteum*	
Ringelblume	*Calendula officinalis*	
Spießförmiger Löwenzahn	*Leontodon hastile*	
Schlauchförmiges Steinkraut	*Alyssum utriculatum*	
Abgebissenes Habichtskraut	*Hieratium praemorsum*	
Alpen-Milchkraut	*Sonchus alpinum*	
Bärtige Mittagsblume	*Mesembryanthemum barbatum*	
Geflecktes Ferkelkraut	*Hypochoeris maculata*	
Ästige Graslilie	*Anthericum ramosum*	
Weiße Graslilie	*Anthericum album*	
Herbst-Löwenzahn	*Leontodon autumnum*	
Echtes Habichtskraut	*Hieratium auricula*	
Ackergauschheil	*Anagallis arvensis*	
Sprossende Nelke	*Dianthus prolifer*	
Kahles Ferkelkraut	*Hypochoeris glabra*	

(c,p) 2011-2025 lsp: dre

Pflanze (dt. Name)	wissenschaftlicher Name	Blüh-Zeit
Zeit-Raster für die Tag-Nacht-Gleiche		□□□□□□■■■■■■□□□□□□□□□□□□
Acker-Ringelblume	*Calendula arvensis*	□□□□□□□□□◢■■…
	Mesembryanthenum cristallinum	□□□□□□□□□◢■■■■■◣□□□□□□□□
Gelbe Taglilie	*Hemerocallis flava*	□□□□□□□□□□◢■■…
Doldenblütige Vogelmilch	*Ornithogalum umbellatum*	□□□□□□□□□□◢■■…
Malven (fast alle Arten)	*Malva*	□□□□□□□□□□◢■■…
Rotblühende Sanddistel	*Arenaria rubra*	□□□□□□□□□□◢■■■◣□□□□□□□□□
Ringelblume	*Calendula chrysamthemifolia*	□□□□□□□□□□◢■■■■◣□□□□□□□□
Rote Lilie	*Tigridia pavonia*	□□□□□□□□□□◢■■…

Q: /37, S. 296 f. (nach Daten und Fakten Biologie 1979)

Definition(en): Phänologie
Die Phänologie untersucht die Auswirkungen von Umwelt-Veränderungen (hauptsächlich Wetter / Klima) auf periodisch ablaufende Lebens-Vorgänge (Lebens-Zyklen).

Untersuchung des Blüh-Start's bei bestimmten Pflanzen-Arten im Vergleich zu anderen Jahreng
weiterhin werden z.B. auch die Bildungen der Früchte (z.B. Menge der Bucheckern) analysiert
viele Früchte sind häufig Zeichen für kommende strengere Winter

aktuell ist zu beobachten, dass die üblichen (Bauern-)Regeln nicht mehr passen
neben der begrenzten Gültigkeit (es sind eben nur Wahrscheinlichkeits-Aussagen) kommt auch noch die aktuelle globale Klima-Veränderung dazu

phänomenologische Unterteilung des Jahres

Jahreszeit	Pflanzen-Welt	ungefähre Lage im Kalende	Tier-Welt
Vorfrühling	Schneeglöckchen-Blüte	Februar	
	Haselnuss-Blüte	März	
	Huflattich-Blüte	März	
	Schwarz-Erlen-Blüte	März	
	Sal-Weiden-Blüte	März	
Erstfrühling	Forsythien-Blüte	März	
	Stachelbeeren-Blüte	April	
	Buschwindröschen-Blüte	April	
	Löwenzahl-Blüte	April	
	zum Ende hin: Kirsch-Blüte, Pflaumen-Blüte, Birnen-Blüte, Schen-Blüte, Ahorn-Blüte	April	
Vollfrühling	Apfel-Blüte, Flieder-Blüte	April	
	zum Ende hin: Himbeer-Blüte	Mai	
	Stieleichen-Blattaustrieb	Mai	
		Mai	
Frühsommer	Holunder-Blüte, Schlehen-Blüte,	Mai	
	Gräser-Blüte, Wald-Geißblart-Blüte	Juni	
		Juni	
		Juni	
Hochsom-mer	Wegwarte-Blüte, Linden-Blüte,	Juni	
	Kartoffel-Blüte,	Juli	
	Johannesbeer-Reife	Juli	
		Juli	
		Juli	
Spätsommer	Früh-Zwetschge-Reife	August	
	Früh-Apfel-Reife	August	
	Birnen-Reife, Ebereschen-Reife	August	
		August	
Frühherbst	Holunderbeeren-Reife	August	
	Haselnuss-Reife	September	
	Herbstzeitlosen-Blüte	September	
	Zwetschgen-Ernte, Birnen-Ernte	September	
Vollherbst	Quitten-Reife; Walnuss-Reife	September	
	Wein-Laubverfärbung	Oktober	
	Wildlaubbäume-Blattverfärbung (Eiche, Kastanie)	Oktober	
	Eicheln fallen	Oktober	
	Apfel-Ernte, Rüben-Ernte		
Spätherbst	Eichen-Blattfall,	Oktober	
	Rosskastanien-Blattfall	Oktober	
Frühwinter		November	
Vollwinter		Dezember	
Spätwinter		Januar	
		Februar	

2.3.2. räumliche Gliederung von Umwelt-Faktoren

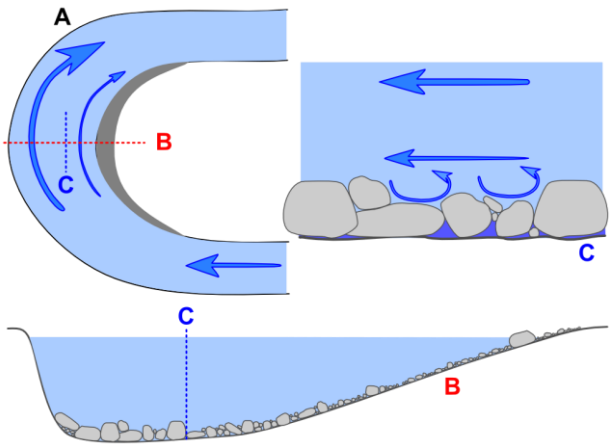
besonders gut beobachtbar und charakterisierbar in Ökosystemen oder Habitaten, in denen es keine oder nur geringfügige zeitliche Veränderungen gibt

z.B. Smocker in der Tiefsee

aber auch Lebensräume im Inneren z.B. von Lebewesen (Parasiten oder Kommensalen im Darm) oder Larven oder Pilze im Holz von Bäumen

die unterschiedlichen Strömungen / Strömungs-Stärken bieten für viele Organismen geeignete (Art-spezifische) Lebensräume (→ Einnischung)

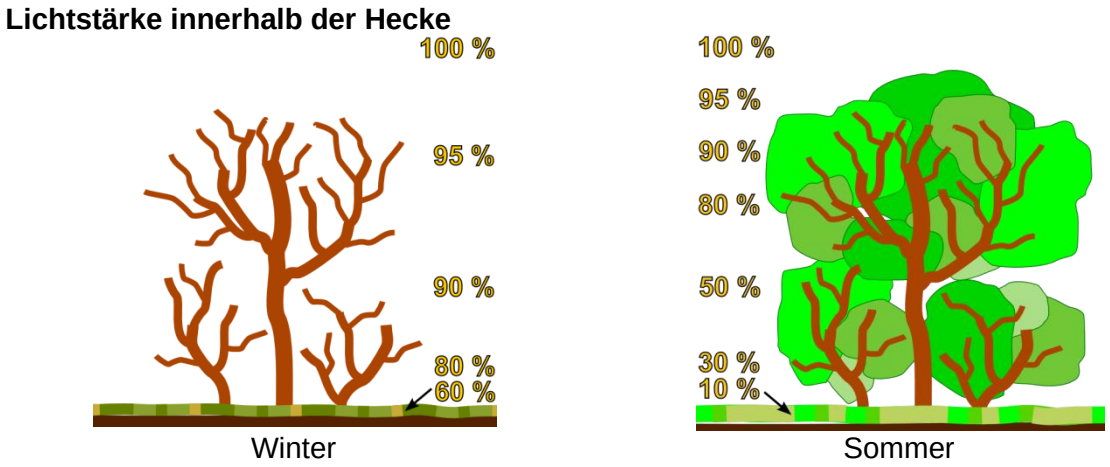
z.B. unterschiedlich große Steine an den verschiedenen Stellen im Fluss



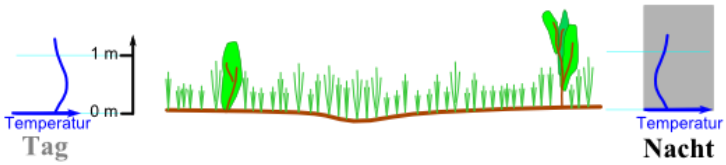
A .. Strömungs-Verhältnisse an einer Fluß-Biegung
B .. Querschnitt durch Fluß-Biegung
C .. Bildung von Wirbeln und Todwasser-Zonen
(Abbildungen nicht Maßstabs-gerecht zueinander!)

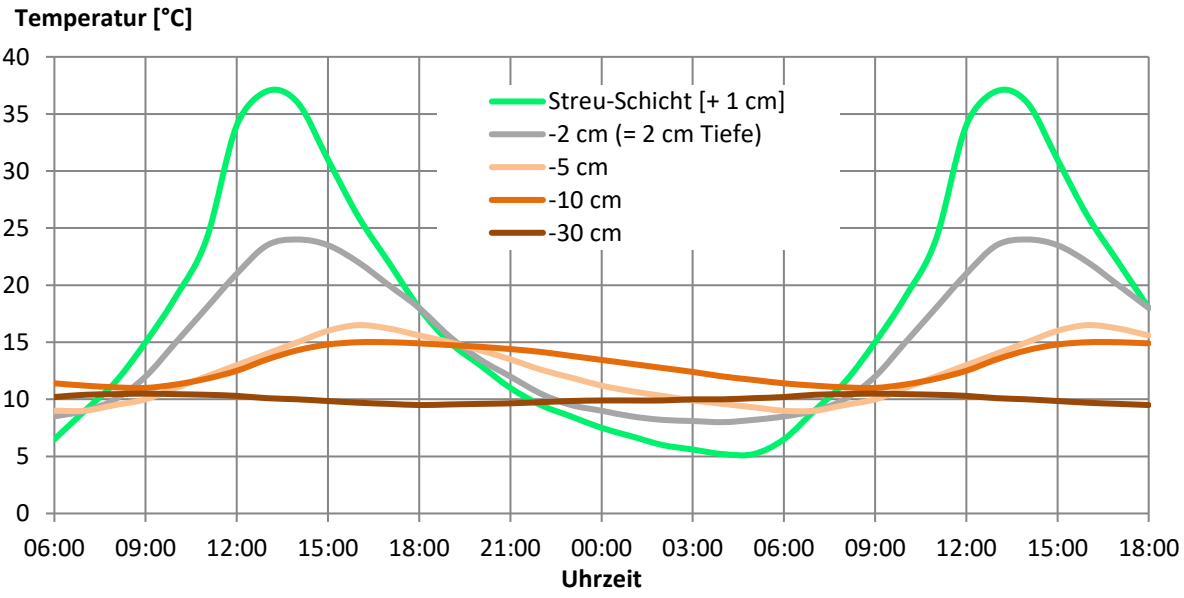
2.3.3. Kombination von räumlicher und zeitlicher Gliederung

Beispiel: Hecke



Beispiel: Wiesen / Trocken-Rasen

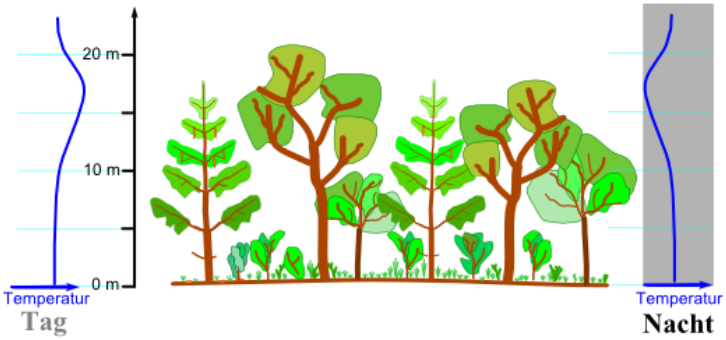




Aufgaben:

1. *Interpretieren Sie das Diagramm zu den Temperatur-Verläufen in den Schichten einer Wiese!*

Beispiel: Wald



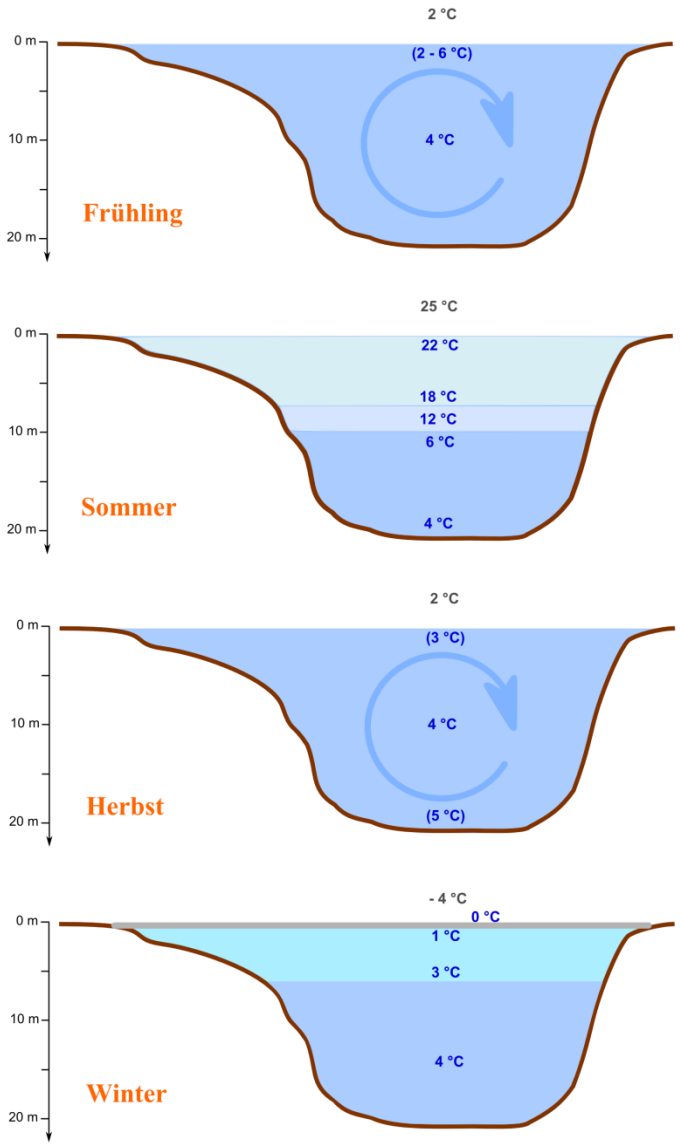
Aufgaben:

1. *Interpretieren Sie die Temperatur-Veränderungen in den Schichten eines Waldes am Tag und in der Nacht!*
2.
3.

Beispiel: See

Veränderung der Temperatur in einem typischen See in Raum und Zeit ist vorrangig von der umgebenden Luft-Temperatur abhängig. Bei Seen in geothermisch aktiven Gegenden muss natürlich auch die Erwärmung über das Gestein oder heiße Zuflüsse (heiße Quellen) beachtet werden.
Die für die üblichen Betrachtungen verwendeten Seen sind klassische Flachland-Seen ohne geothermale Einflüsse. Die Seen der Mecklenburger Seenplatte können als Beispiele gelten.
Im fortgeschrittenen Frühjahr finden wir fast im gesamten Wasser-Körper eine Temperatur von 4 °C vor. Es gibt keine Schichtung mehr. Temperatur und Nährstoffe sind gleichmäßig im Wasser verteilt.

Mit dem Sommer kommt es zu einer immer stärkeren Erwärmung der Luft-Schichten über dem See und auch der oberen Wasser-Schichten. Da warmes Wasser eine geringere Dichte hat – als das Wasser mit 4 °C (größte Dichte) – verbleibt das wärmere Wasser an der See-Oberfläche bzw. im oberen Wasser-Körper – dem Epilimnion. Durch die Dichte-Unterschiede kommt es zur Ausbildung von Schichten im Wasser-Körper. Die auffälligste Schicht ist die sogenannte Sprungschicht im Bereich zwischen 8 bis 12 m. Innerhalb von 1 bis 2 m kommt es zu einer sprunghaften Verringerung der Temperatur. In der Nacht sinken die Oberflächen-Temperaturen wieder und es kommt zu einer lokalen Zirkulation. Wärmeres Wasser aus dem Bereich oberhalb der Sprungschicht ist nun leichter (weniger dicht) als das (Nacht-)kältere Oberflächen-Wasser. Am Ende der Nacht ist das Epilimnion recht gut durchmischt und hat die Wärme des Tages gut aufgenommen und gewissermaßen gespeichert.
Im Verlauf des Sommers wird das Epilimnion immer wärmer und drückt die Sprungschicht (Metalimnion) immer tiefer. Nach und nach erwärmt sich der gesamte See.
Die Bewegungen des Wasser's bleibt auf die Schichten begrenzt.

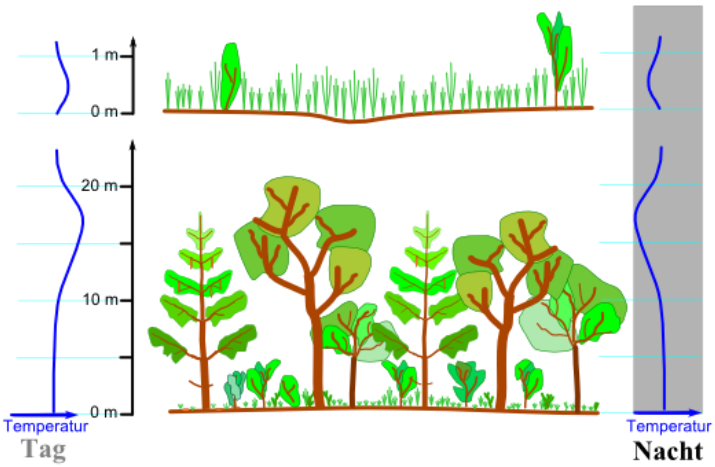


Man spricht von der **Sommer-Stagnation**.
Der Herbst ist von kälteren Luft-Temperaturen begleitet. Das Oberflächen-Wasser kühlt sich immer mehr ab und wird dadurch dichter.Das kältere sinkt es in die tieferen Schichten. Somit kommt es zu einer – den ganzen See betreffenden – Zirkulation. Sie wird **Herbst-Zirkulation**

genannt und bewirkt eine gleichmäßige Durchmischung des Wasser-Körpers. Die Sommer-Schichten werden dabei vollständig aufgelöst.
Im Winter sammelt sich das Wasser mit der größten Dichte (bei 4 °C) im unteren Bereich des Sees. Da die kälteren Oberflächen-Schichten eine geringere Dichte haben, verbleiben sie oberhalb und bilden gewissermaßen eine Isolierschicht. Denn je kälter es wird, umso leichter wird das Wasser und sammelt sich immer oberhalb von "wärmeren" Schichten. Bei ausreichend tiefen Temperaturen bildet sich eine Eis-Schicht auf dem See, die den Isolier-Effekt noch verstärkt. Die Wasser-Bewegungen sind sehr gering. Wir sprechen von der **Winter-Stagnation**.
Mit dem beginnenden Frühling gelangt wieder Wärme in die See-Oberfläche. Hat das Wasser dort dann eine leicht höhrere Temperatur als in den nocht kalten Schichten (1 – 4 °C), dann werden diese Schichten durchmischt. Die Zirkulation erfasst den gesamten See und bewirkt eine gleichmäßige Temperatur (4 °C), wie im Herbst. Diese Groß-Zirkulation wird **Frühjahr-Zirkulation** genannt und bewirkt eine Nährstoff-Verteilung im gesamten Wasser-Körper.

Aufgaben:

1. *Erläutern Sie die Temperatur-Veränderungen in einem See von Herbst bis zum Sommer im nächsten Jahr!*
2. *Eutrophe Seen – also Seen mit zu großem Nährstoff-Gehalt werden im Sommer über große Pumpen von Grund her belüftet.*
   a) *Wie verändern sich die Temperatur-Verhältnisse dabei über Jahr hinweg gesehen? Erklären Sie!*



Q: nach /11, S. 29/

   b) *Stellen Sie Vermutungen auf, welche Funktionen die Belüftung hat!*
   c) *Erklären Sie, warum man nicht zu den anderen Jahreszeiten belüftet!*
3. *Vergleichen und interpretieren Sie die Temperatur-Verläufe!*

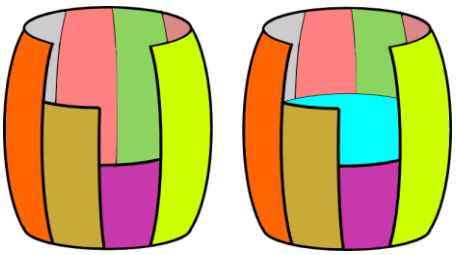
2.4. kombinatorische Wirkung von Umwelt-Faktoren

Wirkungs-Gesetz der Umwelt-Faktoren (oft auch als Minimum-Regel beschrieben)

Der Umwelt-Faktor, der am weitesten vom Optimum entfernt ist, bestimmt die Häufigkeit der Art am Wirkort.

schon von LIEBIG (1855 / 1862) formuliert, der ausdrückte, dass der Ernte-Ertrag von dem Nährstoff bestimmt wird, von dem es am meisten mangelt
→ **Ertrags-Gesetz**

Tonnen-Modell
Latten stellen die einzelnen Umwelt-Faktoren (Mineralstoffe) als relative Größen dar
die Breite einer Latte kann zusätzlich noch als Anteil am Gesamt-Effekt eingezogen werden
die mögliche Füll-Höhe ist der mögliche Ertrag, er wird von der kürzesten Latte bestimmt
für einen optimalen (maximalen) Ertrag (maximale Füllhöhe) müssen alle Faktoren zu 100% erfüllt sein



Tonnen-Modell zum Minimum-Gesetz

Minimum-Gesetz

Das Minimum-Gesetz wurde von SPRENGEL (1839) aus der LIEBIG-Formulierung (Ertrags-Gesetz) abgeleitet, in dem er es auf alle Nährstoffe bezogen
Der jeweils in der geringsten Menge (Ausprägung) vorkommende Wachstumsfaktor begrenzt das Wachstum → Minimum-Faktor

von MAYER (1869) auf alle Umweltfaktoren verallgemeinert und dann auch für die Tierhaltung genutzt

Definition(en): Geotop / Physiotop
Das Physiotop ist der abitiosche Teil eines Biotops.

Definition(en): Klimatop
Das Klimatop ist die Gesamtheit der klimatischen Umwelt-Bedingungen eines Biotops.

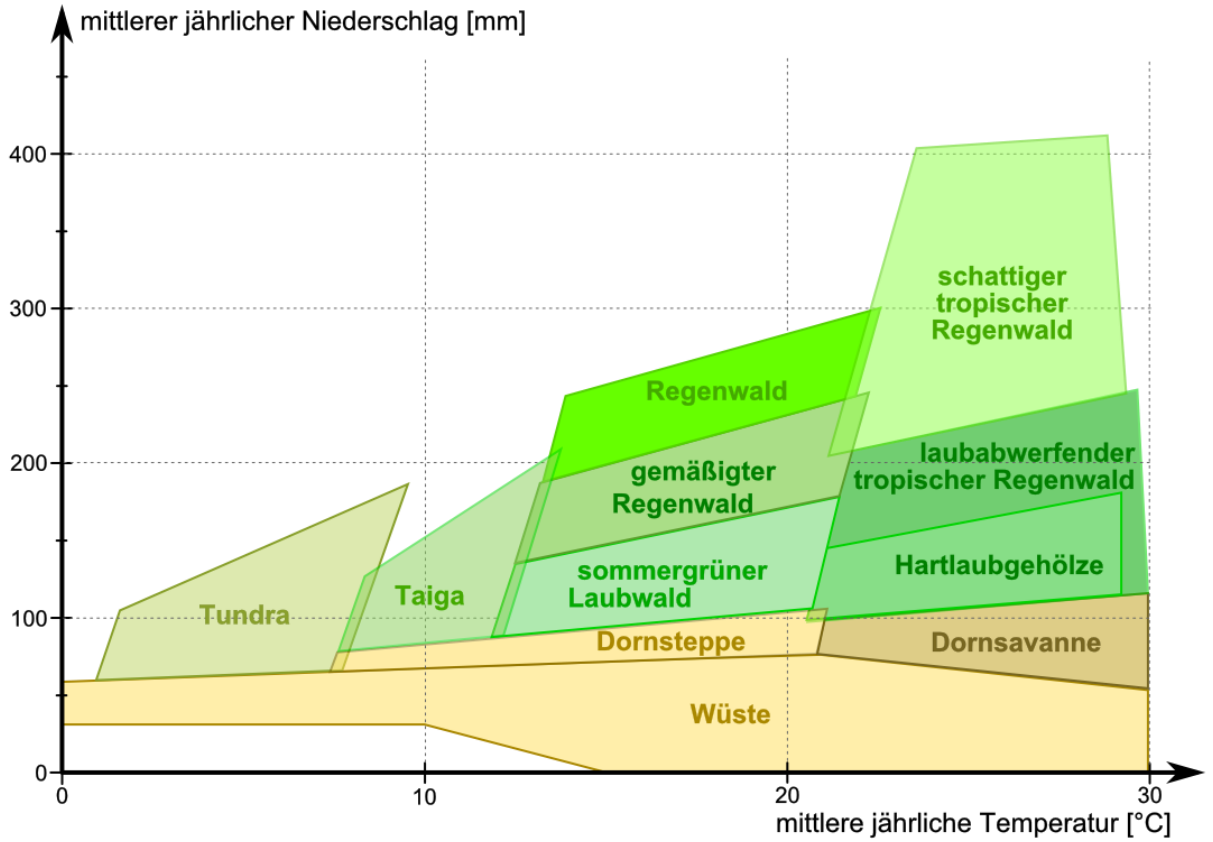
Definition(en): Pedotop
Das Pedotop ist die Gesamtheit der Boden-Bedingungen eines Biotops.

Definition(en): Hydrotop
Das Klimatop ist die Gesamtheit der Wasser- und hydrostatischen Bedingungen eines Biotops.

2.4.2. gemeinsame Betrachtung von mehreren Umweltfaktoren

2.4.2.1. Temperatur und Niederschlag

Die Kombinationen von Temperatur und Niederschlag / Wasser-Verfügbarkeit bestimmen wesentlich die Bedingungen für Ökosysteme



nach Q: /39, S. 215/

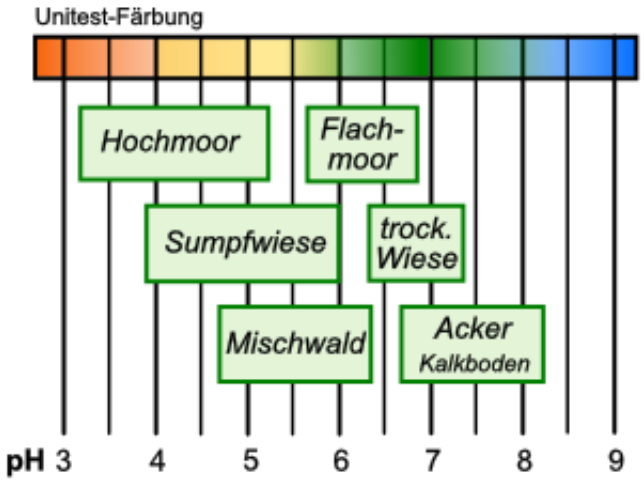
2.4.2.2. Temperatur und Luftfeuchtigkeit

z.B. Kiefernspinner Lindner neu, S. 352

2.4.3. Kombination aller Umweltfaktoren

Definition(en): Biotop
Das Biotop ist der (natürliche) Lebensraum einer Biozönose / von Organismen, der durch definierte / natürliche Grenzen und einer Mindestgröße sowie charakteristischen (Umwelt-)Merkmalen bestimmt ist.
Ein Biotop ist ein konkreter Lebensraum von Organismen mit abgegrenzter, in sich relativ einheitlicher / gleichmäßer Beschaffenheit von abiotischen und biotischen Umwelt-Bedingungen.
Das Biotop ist der abiotische Teil eines Ökoystems. Der biotische Teil ist die Biozönose.
Ein Biotop ist ein räumlich abgegrenztes Gefüge mit einer spezifischen Gestalt, das aus physikalischen und chemischen Komponenten / Elementen (z.B. Bodenstruktur, Klima, …) zusammengesetzt ist.
Ein Biotop ist ein künstlich (vom Menschen / von der Wissenschaft) abgegrenzter Lebensraum

Definition(en): Biotop-Typ
Eine abstrakte Zusammenfassung ähnlicher Biotope nennt man einen Biotop-Typ.
Ein Biotop-Typ ist eine Zusammenfassung / Klassifizierung ähnlicher Biotope unter bestimmten Merkmalen / Kriterien.



für Mecklenburg-Vorpommern relevante Biotop-Typen

Biotop-Typ	Untertyp			
Feuchtbiotope				
	naturnahe Moore			
	naturnahe Sümpfe			
	Sölle			
	Röhrichtbestände und Riede			
	Seggen- und Binsen-reiche Naßwiesen			
Gewässerbio-topе				
	naturnahe und unverbaute Bach- und Flußab-schnitte einschließlich der Ufervegetation			
	Quellbereiche, einschl. d. Uferveg.			
	Altwässer, einschl. d. Uferveg.			
	Torfstiche, einschl. d. Uferveg.			
	stehende Kleingewässer, einschl. d. Uferveg.			
	Verlandungsbereiche stehender gewässer			
Trockenbiotope				
	Zwergstrauch- und Wacholderheiden			
	Trocken- und Magerrasen			
	aufgelassene Kreidebrüche			
Gehölzbiotope				
	naturnahe Bruch-, Sumpf- und Auwälder			
	naturnahe Wälder und Gebüsche trockenwar-mer Standorte			
	naturnahe Feldgehölze			
	naturnahe Feldhecken			
Küstenbiotope				
	Fels- und Steilküsten			
	Strandwälle			
	Dünen			
	Salzwiesen			
	Marine Block- und Steingründe			
	Windwattflächen			
	Boddengewässer mit Verlandungsbereichen			

nach /42, S. 265 f/

Definition(en): Biotop-Komplex
Ein Biotop-Komplex eine Gruppe / ein Mosaik aus verschiedenen, konkreten und benach-barten Biotopen, die zu einer abstrakten Einheit zusammengefasst wurden.

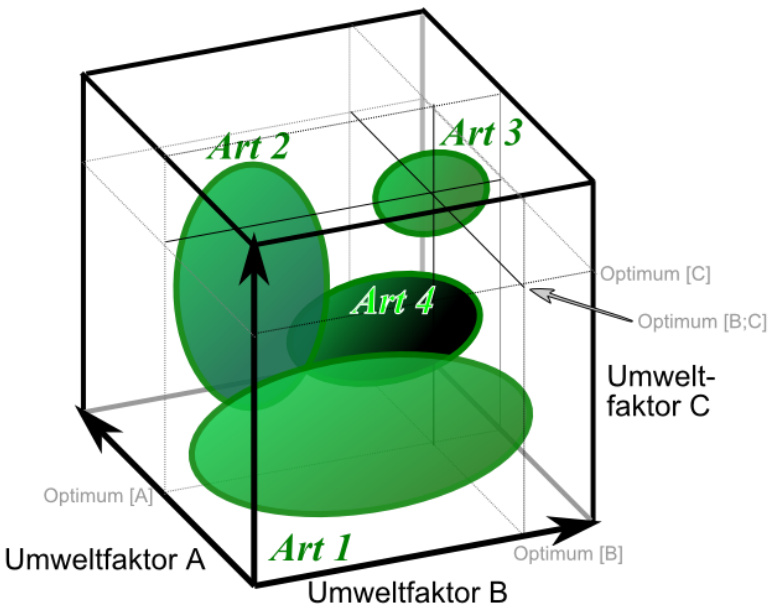
Definition(en): Biom / Bioformation / Biotop-Formation
Ein Biom ist ein konkreter, klimatisch einheitlicher Groß-Lebensraum als Grundeinheit eines Ökosystems. Das Biom umfast alle in diesem Groß-Lebensraum herschenden abiotischen und biotischen Umweltfaktoren.
Ein Biom ist ein geographisch begrenzter Lebensraum mit charakteristischen Umwelt-Be-dingungen.

Definition(en): Biom-Typ / Bioregion
Ein Biom-Typ ist eine abstrakte Zusammenfassung gleichartiger oder ähnlicher Biome (mit ihren charakteristischen Lebensgemeinschaften).
Ein Biom-Typ ist eine Gruppe ähnlicher oder sachlich zusammengehörender Biome.

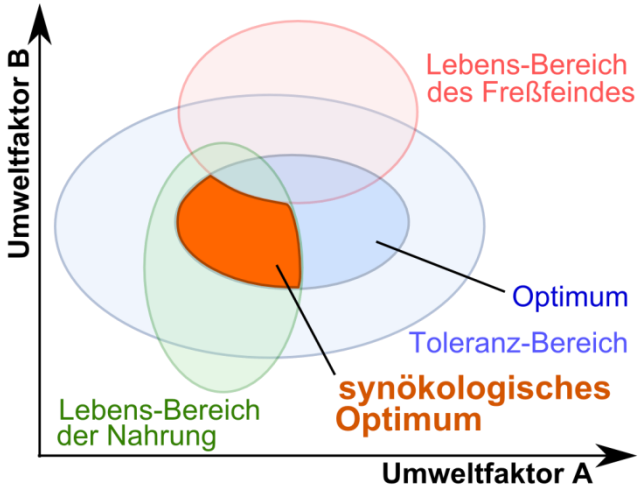
Definition(en): Phytotop
Das Phytotop ist der Lebensraum der Pflanzen in einem Biotop.

Definition(en): Zootop
Das Zootop ist der Lebensraum der Tiere in einem Biotop.

synökologisches Optimum



Lebensgemeinschaft-liches Optimum



vereinfachte Darstellung des synökologischen Optimums (für zwei Umwelt-Faktoren)

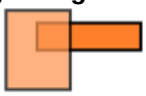
MITSCHERLICH ()
Gesetz vom abnehmendern Ertrags-Zuwachs (Wirkungs-Gesetz der Wachstums-Faktoren)
durch Steigerung eines jeden Wachstums-Faktor wird der Pflanzen-Ertrag gesteigert
Steigerung erfolgt proportional, wird aber immer geringer, umsomehr man sich dem Optimum (Höchstertrag nähert
bei gleichbleibende Zunahme eines Faktor's verringert sich Zuwachs am Ertrag immer mehr, je dichter man am Höchstwert des Ertrag einwirkt
eine über den Höchstertrag weitergeführte Zunahme eines Faktors bewirkt dann wieder eine Reduierung des Ertrags (z.B. bei Überdüngung)

LUNDEGÅRDH ()
biologisches Realtivitäts-Gesetz
beschreibt die gegenseitige Abhängigkeit der Umweltfaktoren, die das Pflanzen-Wachstum beeinflussen, sowie deren relative Höhe ihres Wirkungsgrad's
die relative Bedeutung eines Umweltfaktor's in der Nähe des Optimum's ist unbedeutend / minimal, dagegen im Bereich der Pessima sehr hoch

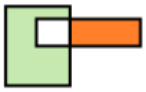
Aufgaben:

1. *Warum werden bei der graphischen Ermittlung des synökologischen Optimums für einzelne biotische Faktoren mal die Differenz und mal der Schnitt benutzt? Muss das nicht einheitlich erfolgen, damit alle Faktoren gleichberechtigt betrachtet werden? Stellen Sie Ihren Standpunkt vor und begründen Sie diesen!*
2. *Überlegen Sie sich, wie die Lebens-Bereiche von Parasiten, Krankheits-Erregern und Symbionten liegen und mit welchen Mengen-Operationen diese integriert werden müssten!*
3.

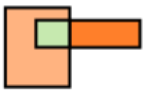
Mengen-Algebra



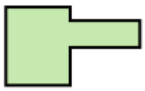
Original-Mengen (orange)



Differenz-Menge (grün)



Schnitt-Menge (grün)



Vereinigungs-Menge (grün)

Definition(en): ökologische Nische
Unter der ökologischen Nische versteht man die Gesamtheit biotischer und abitischer Umwelt-Faktoren, die eine Art / Population zum Überleben benötigt.
Die ökologische Nische beschreibt die Funktion einer Art im Ökosystem / Beziehungsgefüge einer Lebensgemeinschaft. (Die ökologische Nische stellt quasi die Aufgabe / den "Beruf" einer Art im Umwelt-Gefüge dar.)
Die ökologische Nische ist das Art-eigene Wirkfeld, das durch die Gesamtheit aller vorhandenen (und wirkenden) abiotischen und biotischen Faktoren ermöglicht wird.
Die ökologische Nische ist eine Konstellation / ein Muster von bestimmten Umweltfaktoren und stammesgeschichtlich sowie evolutionären Spezialisierungen, die es verschiedenen Arten ermöglicht, in einem Ökosystem nebeneinander (relativ Konkurrenz-frei) zu koexistieren / zusammenzuleben.

wahrscheinlich zuerst von GRINNELL () im Jahr 1917 benutzt
als Bereich der Erde verstanden, in dem bestimmte Umwelt-Faktoren wirken (auch als Standort-Faktoren bezeichnet) und in dem die Organismen / Arten / Populationen überleben

ähnliches Verständnis im Jahr 1927 bei Charles ELTON () zu finden, er legte aber besonderen Wert auf die Funktion einer Art in der / seiner Lebensgemeinschaft

Konzept von George Evelyn HUTCHINSON (1903 – 1991)
gilt als Vater der Limnologie / Vater der Ökologie
Begriffs-Verständnis baut auf GRINNELL und ELTON auf

Lebensraum einer Art / Population ist durch bestimmte Kombination von Umwelt-Faktoren charakterisiert, die Gesamtheit der Umwelt-Faktoren stellt einen n-dimensionalen Hyper-Raum dar

ausführlich durch JÖRGENSEN (1992) und FRÄNZLE (1997) dargestellt (Nischen-Theorie)

Fundamental-Nische (fundamentale Nische) bezeichnet die ökologische Nische, die aufgrund der ökologischen Potenz alleine von einer Art benutzt wird
in der biologischen Praxis aber eigentlich eher selten beobachtbar
Untersuchungen zur Fundamental-Nische erfolgen meist unter Laborbedingungen

Real-Nische (realisierte Nische; reele Nische) ist die wirklich von einer Art benutze ökolgische Nische
diese ergibt sich aus dem synökologischen Optimum
die Real-Nische ist Teil der Fundamental-Nische

betrachtet man die Angebote / Nutzungs-Möglichkeiten eines Ökosystem's durch Organismen, dann spricht man von **ökologischen Lizenzen** oder auch **ökologischen Stellen**
oft – und so auch von GÜNTHER (1949) gedacht – sind ökologische Lizenzen mehr die noch freien Nutzungs-Chancen
der Begriff wurde dann ab 1972 von OSCHE stark verbreitet, wird heute aber wieder weniger genutzt
wenn man die ökologische Nische als Planstelle in einem Ökosystem betrachtet, dann ist die ökologische Lizenz eine freie Planstelle
ökologische Nischen bieten Arten, die über entsprechende ökologische Potenzen (→) verfügen, sich in das Ökosystem einzugliedern und sich eine ökologische Nische zu sichern
oft sind diese Vorgänge durch genetische / evolutionäre Vorgänge begleitet und immer mehr verfestigt (→ Anpassung → 🕮 **Evolution**)

Definition(en): ökologische Lizenz / Stelle
Eine ökologische Lizenz ist ein (spezielles) Nutzungs-Angebot – eine Nutzungs-Möglichkeit – welche durch ein Ökosystem gegeben ist.
Ökologische Lizenzen sind die bereitstehenden Nutzungs-Möglichkeiten eines Biotop's / Ökosystem's, die von den derzeit ansässigen Arten nicht genutzt werden.
Eine Ressource, die ein Ökosystem bietet, wird ökologische Stelle bzw. Lizenz genannt.

Arten haben mehrere Möglichkeiten, der Konkurrenz auszuweichen. So können sie ihr Nahrungs-Spektrum erweitern – dies nennt man Generalisierung – oder sie spezialisieren sich immer weiter.
Durch Generalisierung und Spezialisierung ist in den Ökosystemen eine Koexistenz vieler Arten möglich. Wir sprechen auch vom Konkurrenz-Ausschluß.

bestimmte ökologische Nischen werden manchmal von wenig verwandten Arten in ähnlicher Weise genutzt, hier spricht man von Stellen-Äquivalenz
während oft Vögel mit harten Schnäbeln die Rinde von Bäumen nach Insekten absuchen übernimmt diese "Funktion" (ökologische Nische) auf Madagaskar das Fingertier (*(s) Daubentonia madagascariensis*)
Das Fingertier verfügt über für Lemuren (Primaten-Gruppe) untypische lange Krallen-Finger und ein außergewöhnliches Gebiß.

Definition(en): Stellen-Äquivalenz
Unter Stellen-Äquivalenz versteht man die Nutzung einer (vergleichbaren) ökologischen Lizenz durch verschiedene (taxonomischen) Organismen-Gruppen in z.B. verschiedenen gorgraphischen Regionen.
Wird die gleiche ökologische Nische von nicht (näher) verwandten Arten (aus unterschiedlichen Organismen-Gruppen) genutzt, dann spricht man von Stellen-Äquivalenz.
Stellen-Äquivalenz oder ökologische Äquivalenz ist die Erscheinung, dass die gleiche ökologische Planstelle in (meist geographisch getrennten) Ökosystemen in der gleichen Weise genutzt werden.

In der **Neutralen Theorie** (HUBBELL (1997)) wird die herausragende Bedeutung der Konkurrenz bestritten. Alle Arten werden als gleich betrachtet. Damit spielen auch die ökologischen Nischen und Einnischungen eine geringere Rolle. Dafür werden zufällige Faktoren, wie Einwanderung, Aussterben als stärker wirksam betrachtet.
Das Verhalten der Art – des Individuum's – wird von der Häufigkeit der Art im Ökosystem geprägt. Seltene Arten werden eher aussterben als häufige.
Das Besetzen einer (indivuduellen) ökologischen Position ist nur nach dem Absterben eines anderen Individuum's möglich. Die Organismen besetzen Regenerations-Nischen. Wegen des zufälligen Charakter's der verschiedenen Vorgänge wird auch von einen "Lücken-Lotterie" gesprochen.

Für die einzelnen Arten lassen sich bei schrittweiser Erweiterung der betrachteten Umweltfaktoren unterschiedliche "Optima" definieren.

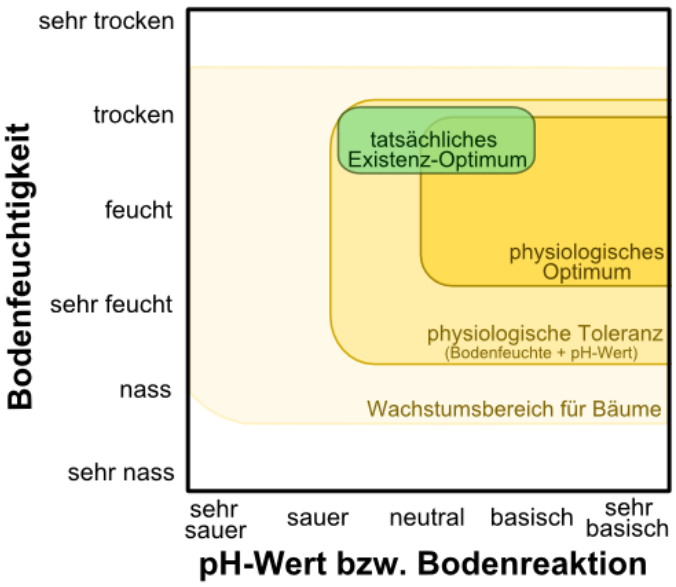
Definition(en): autökologisches Optimum
Das autökologische Optimum ist der Vorzugsbereich eines Individuums / einer Art / einer Population bezüglich eines (einzelnen) Umweltfaktors.
→ ökologisches Optimum (s.a. unter: 2.2.1. abiotische Umweltfaktoren)

praktisch unter künstlichen Bedingungen erfoscht; ergibt normalerweise Glockenkurve
bei der gemeinsamen Betrachtung von zwei Umweltfaktoren ergibt im (3D-)Diagramm eine Berg- und Tal-Landschaft
ab drei Faktoren kaum noch experimentell zu erfassen; mehrdimensionales Ergebnis(-Diagramm) / mehrdimensionaler Ereignisraum
in der Natur / unter natürlichen Bedingungen wirken Vielzahl von Faktoren gleichzeitig und gemeinschaftlich

Definition(en): synökologisches Optimum
Das synökologische Optimum ist der Vorzugsbereich eines Individuums / einer Art / einer Population bezüglich aller (natürlich einwirkenden) Umweltfaktoren.
Das synökologische Optimum ist der natürliche Vorzugsbereich eines Individuums / einer Population / einer Art (hinsichtlich aller seiner / ihrer) Umweltfaktoren.

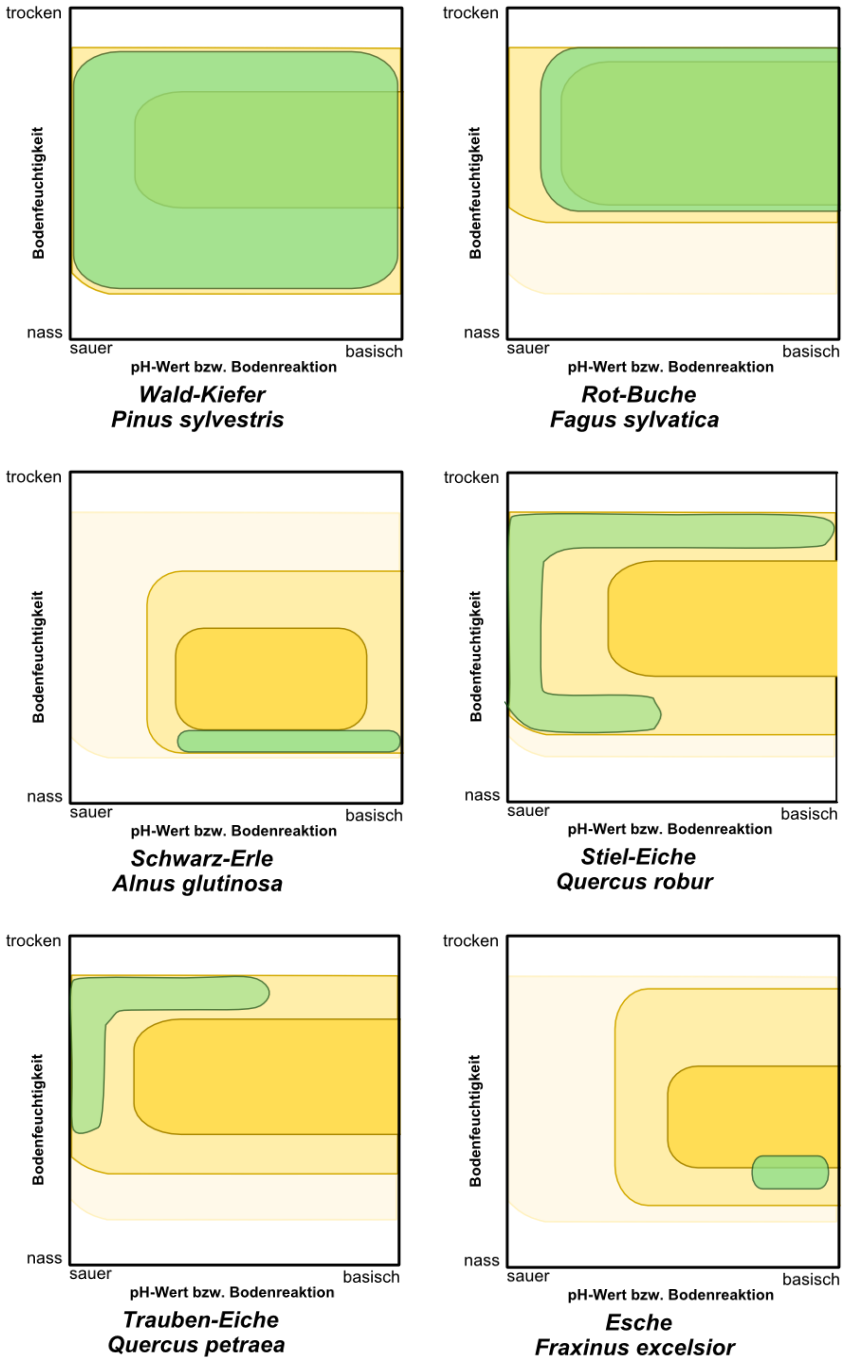
unter natürlichen Bedingungen wird die Verbreitung einer Art bzw. die besetzung einer ökologischen Nische durch das synökologische Optimum bestimmt
es charakterisiert den praktischen (natürlichen) Verbreitungs-Bereich in Ökosystemen
in den Rand-Bereichen des synökologischen Optimum's verschlechtern sich die Umwelt-bedingen für die Art

ELLENBERG führte – besonders für Bäume – die sogenannten Ökogramme ein. Bei diesen werden die beiden zentralen Faktoren – Boden-Feuchtigkeit und Boden-Reaktion – auf die Achsen eines zweidimensionalen Diagramms abgetragen. Mittels Flächen werden die verschiedenen ökologischen Verbreitungs-Informationen dargestellt. Im nebenstehenden Beispiel ist ganz blassgelblich der Wachstums-Bereich für die Bäume (in den gemäßigten Breiten) gekennzeichnet. Für alle konkreten Arten liegen die Bereiche der ökologischen Toleranz (nur auf Boden-Feuchte und –reaktion bezogen) innerhalb dieser Verbreitungs-Grenzen. Wieder innerhalb liegt der optimale Bereich. Die Ermittlung der Toleranzen erfolgte immer als Einzel-Pflanze oder in einer Rein-Kultur.



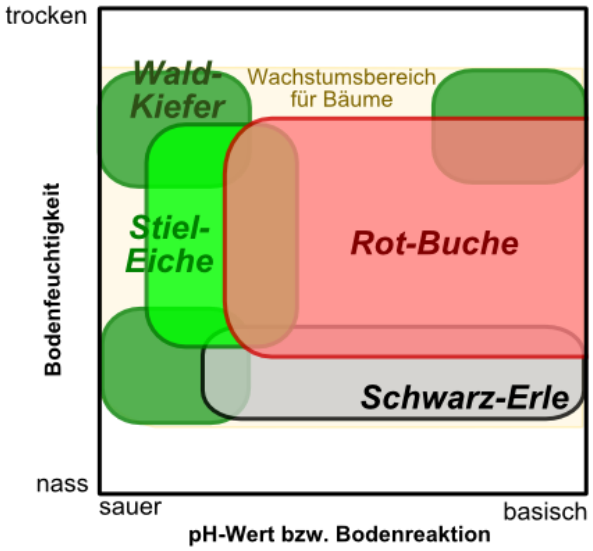
Ökogramm

Etwas verschoben liegt die wirkliche Verbreitung der Beispiel-Art, wenn die Konkurrenz anderer Arten ins Spiel kommt. Oft verschiebt sich nun das tatsächliche Existenz-Optimum in den Rand-Bereich der physiologischen Toleranz. Nur wenige Arten sind so Konkurrenz-stark, dass sie auch in ihrem physiologischen Optimum verbreitet sind. Solche Arten sind dann die dominierenden in gemischten Beständen.



Ökogramme für verschiedene Baum-Arten
nach ELLENBERG (hier schematisch)

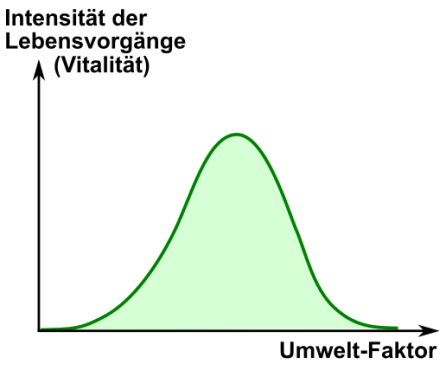
(c,p) 2011-2025 lsp: dre



synökologische Optima verschiedener Baum-Arten;
echte Lebensräume der Bäume unter
gegenseitigen Konkurrenz-Bedingungen

Konkurrenz-Ausschluss-Prinzip

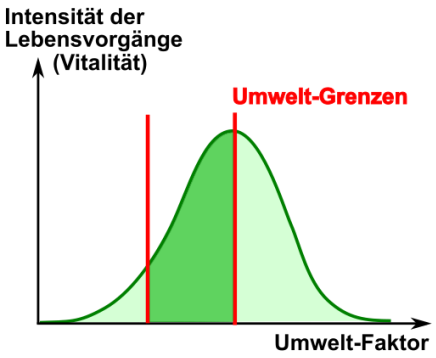
Fundamental-Nische (fundamentale Nische)



ist der Lebensraum, in dem die Art / Population aufgrund ihrer ökologischen Potenz leben **könnte**
praktisch nur unter theoretischen, abstrakten oder Labor-Bedingungen erfassbar

Begriff der Nische von GRINNELL (1917) eingeführt
schon früher in der biolgischen Wissenschaft aufgetaucht, aber nicht weiter beachtet worden
ELTON (1927) führt den Begriff dann nochmals ein, wahrscheinlich unabhängig von GRINNELL

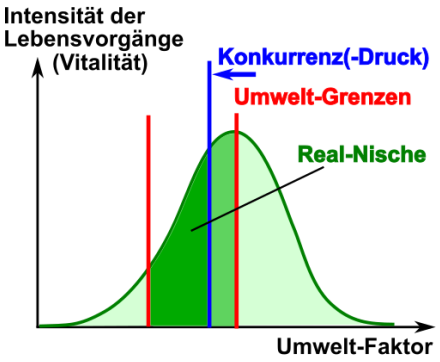
HUTCHINSON prägte den Begriff der Nische in dem Sinn, wie wir ihn heute in der Ökologie verstehen
er erklärte die Nische über die n-dimensionale Beschränkung des Lebensraum's durch die einzelnen wirkenden Umweltfaktoren (Einzel-Dimensionen) → synökolgisches Optimum (→ 2.4.3. Kombination aller Umweltfaktoren)



in der Natur wird die Fundamental-Nische (= der Toleranz-Bereich) durch die herrschenden Umwelt-Bedingungen eingeschränkt

Real-Nische (realisierte Nische)

ist der Lebensraum der wirklich genutzt wird, ist Teil der Fundamental-Nische
meist durch Konkurrenz mit Art-Genossen oder anderen Arten / Populationen eingeschränkt, da diese eine ähnliche / benachbarte / die gleiche Nische besetzen



auch Funktion einer Art innerhalb des Ökosystems verstanden; auch als ökologische Planstelle bezeichnet

z.B. Produzent, Konsument, Räuber, aber auch detaillierter z.B. Dämmerungs-Jäger, Putzer-Fische
charakteristisch ist eine gleichartige ökologische Funktion und Lebensform-Typus

→ Stellen-Äquivalenz (ökologische Äquivalenz)

Beispiele:

Fisch-fressende Vögel der Galapagos-Inseln
behindern sich nur wenig, obwohl sie sich praktisch von den gleichen Fischen ernähren

- Albatros (jagt weit draußen auf dem Ozean)
- Blaufuss-Tölpel (Stoß-Taucher in Küstennähe)
- Braun-Pelikan (Stoß-Taucher)
- Fregattvogel (Jagd von der Wasser-Oberfläche, indem er anderen Vöglen die Beute abjagt)
- Gabelschwanz-Möwe (jagt nachts von der Wasser-Oberfläche aus)
- Masken-Tölpel (Stoß-Taucher, weiter draußen zwischen den Inseln)
- Pinguin (jagt in Küstennähe unter Wasser)

Enten an einem See

- Stock-Ente
- Gründel-Ente
- Reiher-Ente
- Gänsesäger

Galapagos-Finken
unterschiedliche Lebensräume und Nahrung
sehr starke Anpassung der Schnäbel (die Grundform und die Farbe des Gefieders hat sich nur geringfügig geändert)
näher besprochen beim Thema → adaptive Radiation im Skript → 🕮 **Evolution**

Watt-Vögel

- Austernfischer
- Pfuhlschnepfe
- Küsten-Seeschwalbe
- Rotschenkel
- See-Regenpfeifer
- Strand-Regenpfeifer
- Sturm-Möwe
- …

Aufgaben:

1. ***Erkunden Sie, wie die Enten an einem See einer Konkurrenz weitgehend auf dem Weg gehen!***
2. ***Recherchieren Sie die Lebensräume und die Nahrung der verschiedenen Watt-Vögel!***
3.

ökologische Nische / ökologische Funktion	Afrika	Asien	Europa	Nord-Amerika	Süd-Amerika

(c,p) 2011 – 2025 lern-soft-projekt: drews

Paradox des Planktons
scheinbar ist das Konkurrenz-Ausschluss-Prinzip bei See- od. Meeres-Plankton ausgeschlossen, hier existieren viele Arten in der gleichen (homogenen) Umwelt und konkurrieren um die gleichen (wenigen) Umwelt-Faktoren (hier: Licht, Phosphor, Stickstoff)

Ansätze zur Lösung des Paradoxons / differnzierte Betrachtung der Nische:

räumliche Variabilität
innerhalb des Lebensraumes gibt es weitere – feiner differenzierte – Lebensräume mit speziellen Kombinationen von (ev. nur bestimmten / weiteren) Umweltfaktoren, in diesen Teil-Lebensräumen sind einzelne Arten im (z.T. nur geringfügigen) Konkurrenz-Vorteil

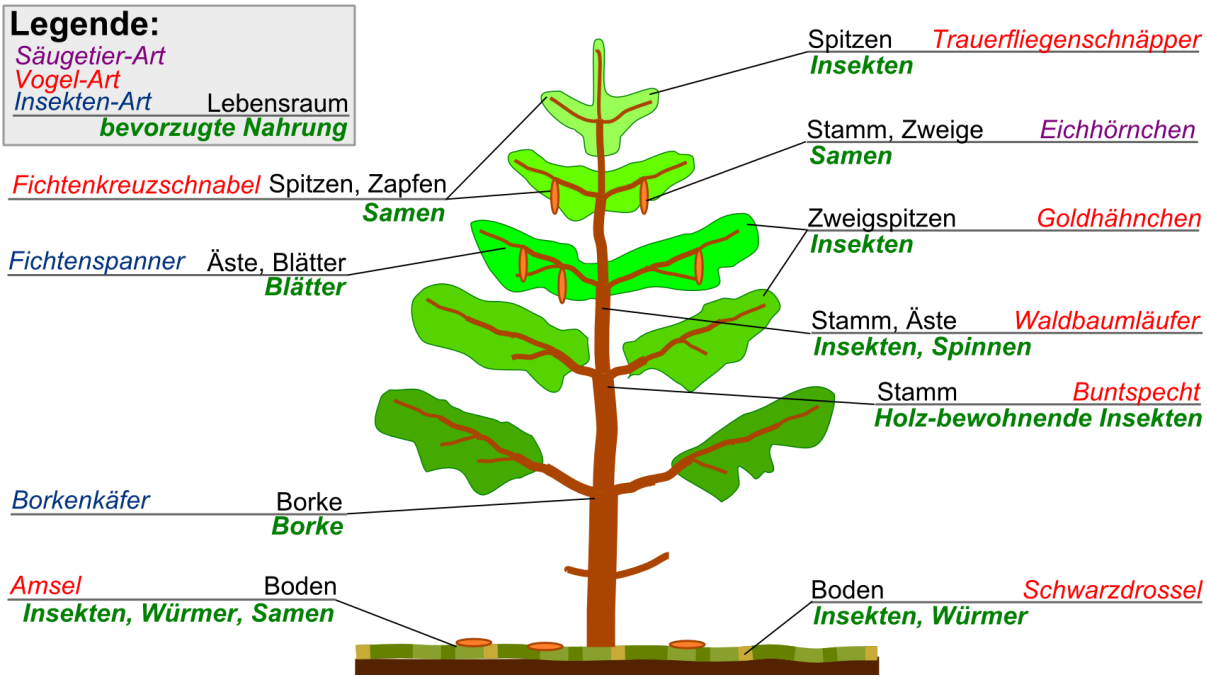
zeitliche Variabilität
die Umweltfaktoren verändern sich in bestimmten Zeitabschnitten (Tag/Nacht, Mond-Monat, Saison, Jahr) und schaffen dadurch spezielle, temporäre Lebensbedingungen (→ zeitliche Nische)

trade-offs
geht von dominierenden "Super-Arten" aus, diese sind den anderen Konkurrenten in allen Belangen überlegen, der Vorteil auf der einen Seite wird mit Nachteilen in anderen Bereichen erkauft (engl.: trade off)
z.B. kann eine Art nicht zugleich große und vielzählige Samen / Samenzellen / Nachkommen usw. bilden

Modifikation durch biologische Interaktion
die Konkurrenz-Fähigkeit wird durch durch andere Arten (besonders durch Räuber (Prädatoren)) verstärkt, die Räuber verstärken den Beute-Druck auf die eigentlich überlegende Art, die eigentlich unterlegende Art wird nicht so stark bejagt und kann deshalb nebenbei überleben

Einnischung
durch (weitere) Spezialisierung kommt es zu immer besseren Anpassungen an immer speziellere Lebensbedingungen, dadurch Ausweichung vom interspezifischen Konkurrenz-Druck
(z.B. DARWIN-Finken auf den Galapagos-Inseln)

moderne / konkurrierende Ansichten gehen davon aus, dass stochastische Effekte eine stärkere oder ebenfalls bedeutsame Rolle spielen
dazu gehören Zu- und Ab-Wanderung, zufällige Reihenfolge-Änderungen, Neu-Entstehung von Arten, individueller Tod eines Haupt-Räubers
→ Lücken-Lotterie / Regenerations-Nischen
die "Neutrale Theorie" setzt auf die alleinige Wirkung der stochastischen Elemente

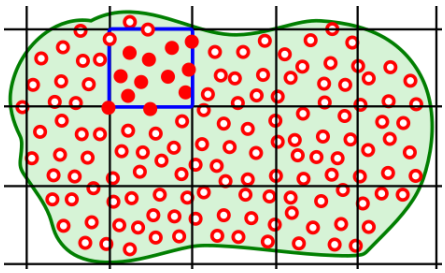


Lebensraum Fichte (Auswahl)

Bonitierung

Methode zum Erfassen der in einem Ökosystem vorkommenden Arten
beinhaltet oft auch eine quantitative Erfassung der Populationen

Definition(en): Bonitierung
Bei der Bonitierung werden die Arten, deren Individuen-Zahlen und Vitalitäten wissenschaftlich erfasst.



Hohenheimer Grundwasser-Versuch

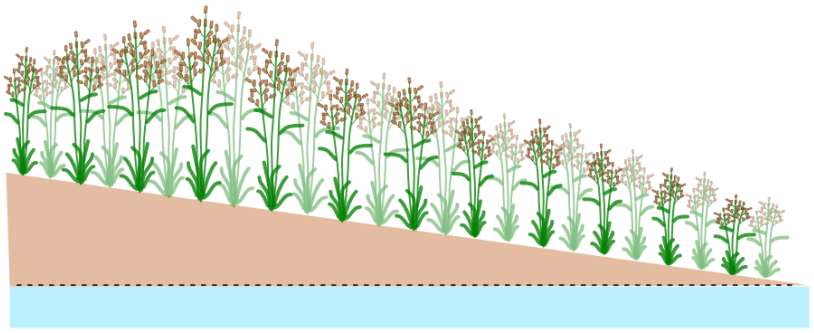
Der nebenstehende Versuch wurde 1952 von ELLENBERG und WALTER geplant und durchgeführt. Später setzt LIETH und BORMANN die Versuche mit anderen Arten und auch in anderen Ökosystem-Situationen fort.

In Beeten mit kontinuierlich veränderter Grundwasser-Durchfeuchtung werden drei verschiedene Gras-Arten (im Original-Versuch sogar vier) ausgesät.

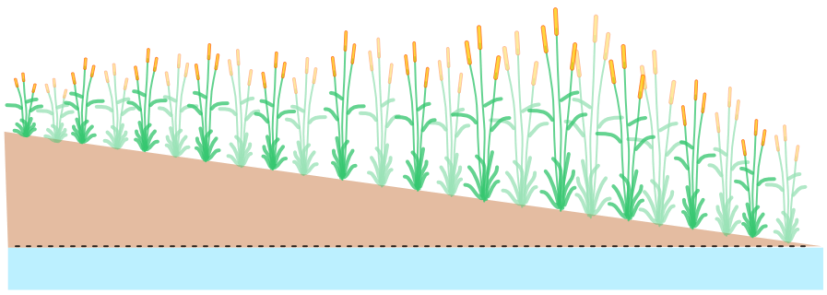
Die Beete waren jeweils rund 10 m lang und der Boden von 0,5 bis letztendlich 2 m hoch. Die vollständige Durchfeuchtung (hellblau) betrug 0,5 m.

In separaten Versuchen wurden die Gräser Aufrechte Trespe (*(s) Bromus erectus)*, Wiesen-Fuchsschwanz (*(s) Alopecurus pratensis)* und Glatthafer (*(s) Arrhenatherum elatius*) in jeweils eigenen Beeten gehalten.

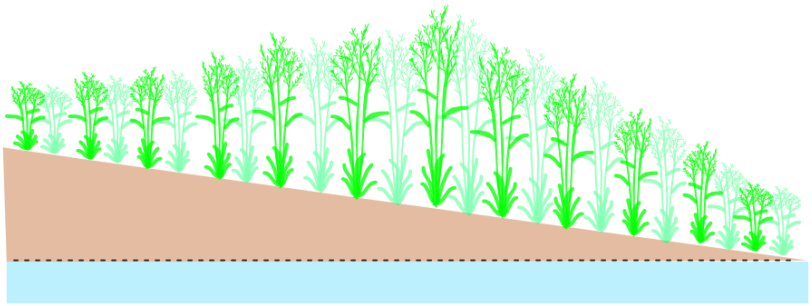
In einem weiteren Versuch sähten die Wissenschaftler die Gräser gemeinsam in einem Beet aus.



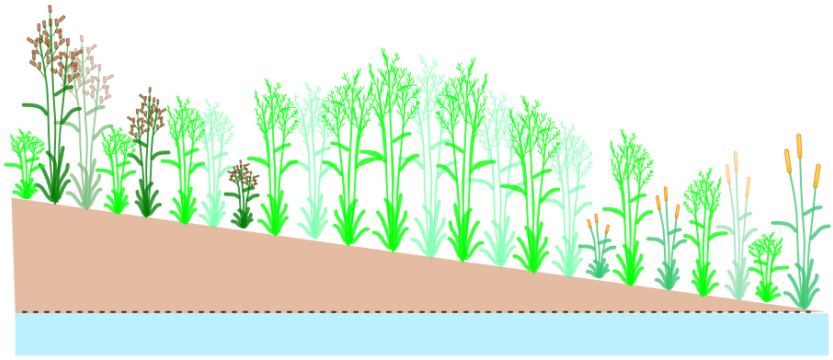
Einzel-Aussaat von Aufrechter Trespe



Einzel-Aussaat von Wiesen-Fuchsschwanz



Einzel-Aussaat von Glatthafer



gemeinsame Aussaat von Aufrechter Trespe, Wiesen-Fuchsschwanz und Glatthafer

Aufgaben:

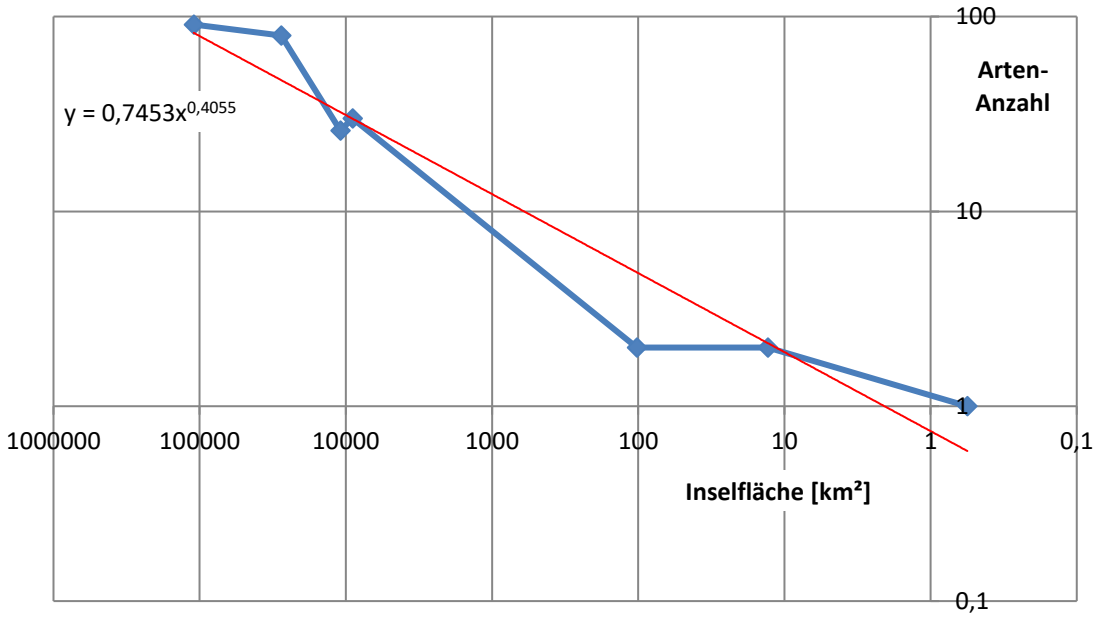
1. ***Erläutern Sie Aufbau des Hohenheimer Grundwasser-Versuches!***
   Welchem Zweck dient der gemeinsame Anbau / die gemeinsame Aussaat der drei Gräser?
2. ***Erstellen Sie Diagramme für die Wuchshöhe in Abhängigkeit von der Wasser-Verfügbarkeit (Grundwasser-Stand)! Zum Ausmessen reicht es, wenn Sie die dunkler gezeichneten Pflanzen (der ersten Reihe) benutzen!***

(c,p) 2011-2025 lsp: dre

3. Einige Wissenschaftler nennen den Versuchs-Aufbau auch eine Bodenfeuchtigkeits-Orgel. Erläutern Sie die Beweggründe für eine solche Bezeichnung!

Regel
eine zehnfach größere Insel beherbergt ungefähr doppelt so viele Arten





Insel-Flächen (v.l.n.r. Kuba, Haiti, Jamaika, Puerto Rico, Montserrat, Saba, Redonda und dort lebende Antillen-Pfeilfrösche (Eleutherodactylus) und Leguane (Anolis)
Daten-Q: www.caribherp.org (Arten); de.wikipedia.org (Flächen))

2.4.3.x. Anpassungen von Pflanzen an die Standort-Bedingungen

mit besonderer Betonung auf dem Faktor Wasser schon weiter vorne ausführlich dargestellt (→ 2.2.1.x.6.1. Anpassungen von Pflanzen an den Umwelt-Faktor Wasser)

2.4.3.x. Zeiger-Arten

Definition(en): Zeiger-Art / Indikator-Organismus
Unter einer Zeiger-Art versteht man eine Art, welche die quantitative (oder selten auch die qualitative) Ausprägung eines Umwelt-Faktors anzeigt. Durch das Vorhandensein einer Zeiger-Art kann auf die Ausprägung eines (dominierneden) Umwelt-Faktors geschlossen werden.

Flechten als Zeiger für den Zustand des Ökosystems

Flechten-Gruppe	**Lebensbereich**	**Wald- bzw. Baum-Gefährdung**		
Bart-Flechten	Reinluft-Zone		keine	
Strauch-Flechten	äußere Kampf-zone		beginnend	
Blatt-Flechten	mittlere Kampf-zone		mittlere / stärkere	
Krusten-Flechten	innere Kampf-zone		sehr starke	
***keine* (Flechten-Wüste) (Algen)**	stark verunrei-nigte Luft		extreme (Baum-Tod)	

(c,p) 2011-2025 lsp: dre

Zeiger-Pflanzen

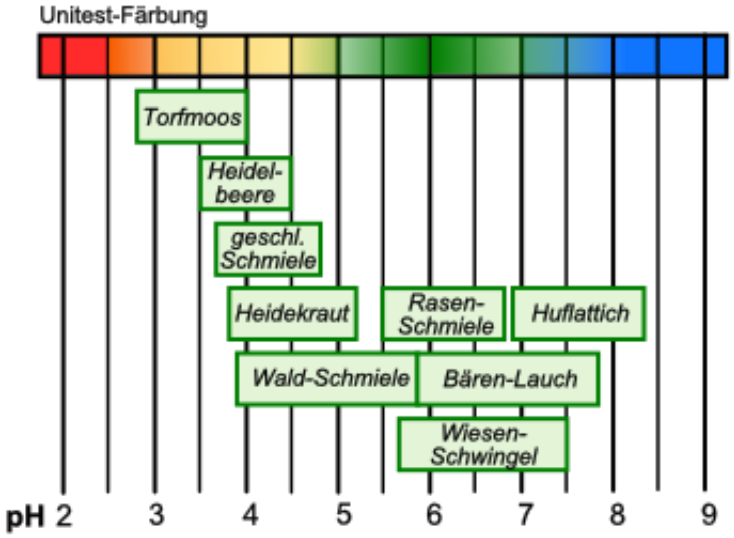
Umwelt-Faktor	Ausprä-gungs-Rich-tung	Pflanzen-Name (dt.)	Name (wiss.)	
Licht (Sonne)	hoch	*allg. Wüsten- u. Step-pen-Pfl.* *(F) Steingarten-Ge-wächse* *Klette* *Hundsrose* *Wacholder*		
	niedrig → schattig	*Sauerklee* *Efeu* *Hasenlattich*	*Oxalis acetosella* *Prenanthes purpurea*	
Wasser	hoch → feucht, nass	*Sumpf-Dotterblume* *Sumpfehrenpreis*	*Caltha palustris*	
	Feuchtezahl 9 durchnässte Böden	*Wasserminze*		*Nasswiesen, Ufer, Gräben*
	Feuchtezahl 8			
	Feuchtezahl 7 feuchte, nicht nasse Böden	*Kohl-Distel*		*Feuchtwiesen*
	Feuchtezahl 6			
	Feuchtezahl 5 frische Böden	*Wiesenkerbel*		*Fettwiesen, Weg-ränder*
	Feuchtezahl 4			
	Feuchtezahl 3 trockne Böden	*Karthäuser Nelke*		*Kalk-Magerrasen, sonnige Hänge*
	Feuchtezahl 2			
	Feuchtezahl 1 sehr trockne Böden	*Frühlings-Fingerkraut*		*Trockenrasen, fel-sige Hänge*
	niedrig → trocken	*Zypressen-Wolfsmilch* *Wundklee* *Kleiner Wiesenknopf*		

→ *s.a. nächste Seite*

Umwelt-Faktor	Ausprägungs-Richtung	Pflanzen-Name (dt.)	Name (wiss.)	
Boden-Faktoren				
Salzgehalt	hoch	*Queller* *Salzkraut* *Sode* *Strandhafer* *Strandflieder* *Strandaster* *Strandnelke*	*Salicornia europaea* *Salsola kali* *Sueda maritima* *Limonium vulgare* *Aster tripolium*	
Stickstoff-Gehalt	hoch	*Brennnessel* *Hollunder* *Bärenklau* *Weiße Taubnessel* *Wiesen-Kerbel*	*Urtica dioica* *Heracleum sphondylium* *Anthriscus sylvestris*	
	niedrig	*Preiselbeere* *Arnika* *Zittergras*		
Phosphat-Gehalt	hoch	*Brennnessel*	*Urtica dioica*	
	niedrig			
pH-Wert	hoch → basisch (Kalk)	*Küchenschelle* *Leberblümchen* *Stengelloser Enzian* *Silberdistel*		
	niedrig → sauer	*allg. Moose* *Gelbe Lupine* *Heidekraut* *Besenginster* *Heidelbeere* + feucht: *( ) Seggen* *+ sandig: Adlerfarn*	 *Vaccinium myrtillus* *(g) Carex* *Pteridium aquilinum*	
Magnesium	hoch	*Serpentin-Streifenfarn*		
Zinkcarbonat	hoch	*Galmeiveilchen*		
weitere Faktoren				
benutzte Wege	hoch	*Wegerich*		
Boden-Verdichtung	hoch	*Kriechender Hahnenfuß*	*Ranunculus repens*	

Für Seen hat man u.a. den Saprobien-Index (→ Saprobien-System) als Bewertungs-Kennzahl entwickelt. Die Saprobie wird oft als die Summe aller der Netto-Produktion entgegengesetzten Prozesse definiert. Dabei werden vor allem die Abbau-Prozesse von organischen Materialien unter Sauerstoff-Verbrauch herangezogen.
Neben dem Saprobien-Index existiert auch ein Makrophyten-Index, der nach dem gleichen Schema ermittelt wird. Letztendlich gibt ses verschiedenen praktikable Bewertungs-Systeme für Gewässer.

Belastungsgrad	Trophie	Gesamt-Phosphor TP [µg/l]	Makrophyten-Index	Saprobien-Stufe	Saprobien-Index
sehr gering	oligotroph	<10	1,00 – 2,40	oligosaprob	1,0 – 1,8
gering	oligo-mesotroph	10 – 15	2,40 – 2,70		
mäßig	mesotroph 1	15 – 20	2,70 – 2,95		
mäßig – erheblich	mesotroph 2	20 – 30	2,95 – 3,30	mesosaprob	
erheblich	eutroph 1	30 – 40	3,30 – 3,55		
stark	eutroph 2	40 – 55	3,55 – 3,90		
sehr stark	eutroph 3	> 55	3,90 – 5,00	polysaprob	



2.4.4. Anpassungs-Stategien

2.4.4.1. allgemeine Anpassungs-Strategien

vieles evolutionäre Strategien (genaueres im Skript → 🕮 **Evolution**)

Anpassungs-Strategien sind z.B.:

- weitere Differenzierung der Gewebe / Zellen
- Spezialisierung / Einnischung
- …

2.4.4.2. Anpassungs-Strategien bei Pflanzen

Nach GRIME drei Typen von Strategien bei Pflanzen

Konkurrenz-Strategie (C-Strategie)
Dominanz im Verbreitungs-Gebiet durch Streitigmachen der Ressourcen
im Allgemeinen werden Stress und Störungen aber gemieden, bzw. werden nicht so gut toleriert

C-Strategen sind Pflanzen, die durch ihre Wuchsstärke und breite Toleranz gekennzeichnet sind

z.B. *(s) Miscanthus sinensis* (China-Schilf)
aber auch: diverse Knöterich-Arten, Sonnenblumen

Störungs-Toleranz-Strategie / Ruderal-Strategie (R-Strategie)
unter Störungen wird hier die mechanische Beeinflussung / Beeinträchtigung z.B. durch Tritte oder anderen Nutzungs-Druck betrachtet

Störungen sind immer von der Beschädigung oder Zerstörung von Biomasse begleitet
gegen Tritte ist z.B. der Huflattich *(s) Tussilago farfara* widerstandsfähig

bei dieser Strategie wird die verbesserte Anpassung an Lebensräume mit häufigen Störungen gefördert; typische Lebensräume mit vielen Störungen sind z.B. Fluss-Ufer, Wiesen

Mittel sind z.B. hohe Reproduktions-Raten (→ r-Strategie)



Huflattich (*Tussilago farfara)*
Q: pixabay.com (anaterate)

viele ein- oder zwei-jährigen Arten bzw. kurzlebige Stauden-Arten zählen zu den R-Strategen
sie sind typische Pionier-Pflanzen bei der Erschließung neuer Ökosysteme

Stress-Toleranz-Strategie (S-Strategie)
Stress bei Pflanzen meint ein Zuviel oder Zuwenig von bestimmten Faktoren
herausragende Stress-Faktoren für Pflanzen sind Mangel bzw. Überschuss an Wasser, Licht, Wärme und Nährstoffe

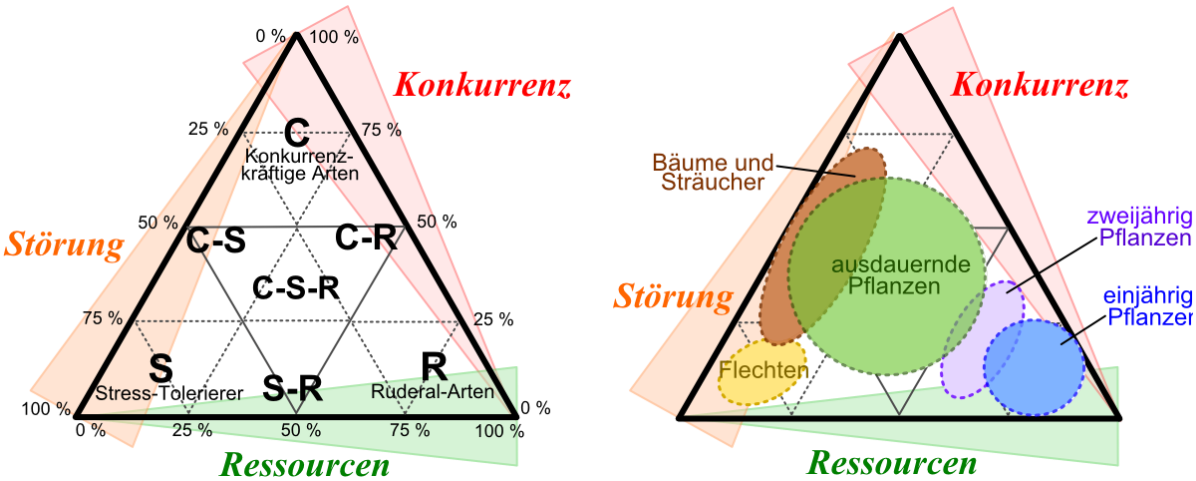
S-Strategen versuchen durch spezielle Anpassungen, die problematischen Umweltfaktoren zu umgehen oder deren negative Wirkung zu verringern

typische Vertreter sind Geophyten, wie z.B. Tulpen und Narzissen oder Sukkulenten, wie Steinbrech oder Mauerpfeffer / Fetthennen ((*g) Sedum*)

in der Natur sind reine Strategen relativ selten, häufig werden zwei oder auch alle drei Strategien verfolgt, man spricht von intermediären Strategien



Scharfer Mauerpfeffer; *(s) Sedum acre*
Q: de.wikipedia.org (Carl Axel Magnus Lindman)



C-S-R-Modell bzw. Grund-Strategien nach GRIME (links)
Einordnung von Lebensformen-Typen in das Modell (rechts)

2.4.4.3. Anpassungs-Strategien bei Tieren

(c,p) 2011-2025 lsp: dre

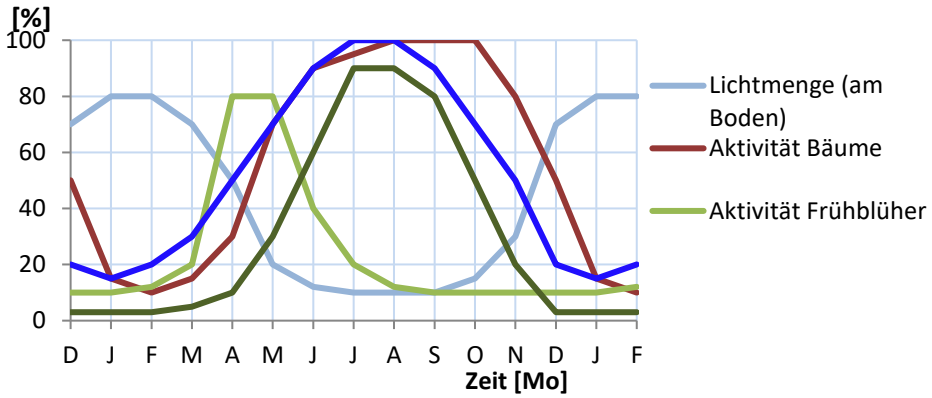
Aufgaben:

1. *Bei der Bonitierung von Laubblätter an einer Rotbuche ((s) Fagus sylvatica) wurde u.a. die folgenden Daten ermittelt.*

Fundort	besonnte Seite der Krone	nahe dem Kronen-Rand; unbesonnte Seite der Krone	Innenbereich der Krone
Merkmale	sehr dick derb mittelgroß	mitteldick weich sehr groß	(sehr) dünn (sehr) weich klein
Anteil [%]	30	50	20
Spaltöffnungen [1/mm²]	450	300	275
Lichtintensität [%]	100	60	40
Transpiration (Anteil) [%]	43	45	12

   a) *Vergleichen Sie die Daten in einfachen (Säulen-)Diagrammen!*
   b) *Charakterisieren Sie die verschiedenen gefundenen Blätter und ordnen Sie diesem einem geeigneten Typ zu!*

2. *In einem Laubwald wurden über viele Monate hinweg die Licht-Verhältnisse und die Aktivität von verschiedenen Pflanzen beobachtet.*



   Interpretieren Sie das Diagramm! Erklären Sie die unterschiedlichen Aktivitäten der verschiedenen Pflanzen-Typen im Jahres-Verlauf!

3. *Prüfen Sie mit Hilfe der nachfolgenden Tabelle, ob für die Tiger auch die Temperatur-bezogenen (ökogeographischen) Klima-Regeln gelten!*



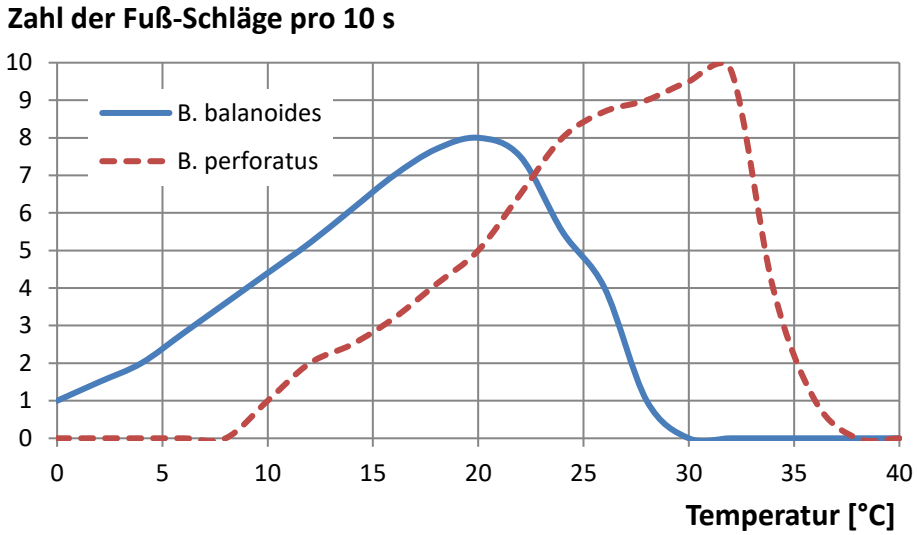
Heimat-Gebiete der Tiger
Orginal-Karte: de.wikipedia.org (TUBS);
geänd. u. beschr.: dre

2. Für die verschiedenen Tiger kann man die folgenden Kenndaten finden.

(max.) Kenngröße Merkmal ♂♂ ♀♀ Art	Masse [kg]	Körper-Länge [cm] (♂♂ | ♀♀)	Schwanz-Länge [cm]	Haar-Längen [mm]		
Bali-Tiger (✞) *Panthera tigris balica*	100 80	220 220				Q: de.wikipedia.org ()
Bengal-Tiger **Königs-Tiger** **Indischer Tiger** *Panthera tigris tigris*	300 180	310 270		Sommer (Rücken 15; Bauch: 30) Winter (Rücken: 17 – 25)		 Q: de.wikipedia.org (Anant)
Indochinesischer Tiger *Panthera tigris corbetti*	190 120	275 255				 Q: de.wikipedia.org (Accipiter)
Java-Tiger (✞) *Panthera tigris sondaica*	140 100	245 <				 Q: de.wikipedia.org (Andries Hoogerwerf)
Sibirischer Tiger **Amur-Tiger** **Ussuri-Tiger** *Panthera tigris altaica*	305 165	220	100			 Q: de.wikipedia.org (Appaloosa)
Südchinesischer Tiger *Panthera tigris amoyensis*	175 115	265 240				 Q: de.wikipedia.org (J. Patrick Fischer)
Sumatra-Tiger *Panthera tigris sumatrae*	140 90	250 230		10 – 15		 Q: de.wikipedia.org (Captain Herbert)

komplexe Aufgaben (Autökologie):

1. Seepocken sind 1 bis 1,5 cm große festsitzende Krebse. Sie sind von einer festen Kalkschicht umgeben und setzen sich an Steinen, Holzkonstruktionen, Schiffen, Kaimauern, Seezeichen usw. fest. Durch eine Öffnung am oberen Gehäuse-Teil können die Krebse ihre Beine nach außen strecken. So erzeugen sie einen Wasserstrom zur Versorgung mit Sauerstoff-haltigem Wasser und filtern Nahrungs-Partikel heraus.
   Im nachfolgendem Diagramm sind die Frequenzen der Beinschläge im Zusammenhang mit der Temperatur von zwei verschiedenen Seepocken-Arten von der englischen Seeküste zusammengetragen.
   a) Erläutern Sie am Beispiel der Seepocken den Begriff der "ökologischen Potenz" ("ökologische Valenz") und vergleichen Sie die beiden Arten hinsichtlich ihrer "ökologischen Potenz"!
   b) Balanus balanoides müsste bei 20°C die höchste Populations-Größe erreichen. In der Natur ist das meist nicht so. Erläutern Sie, wodurch unter natürlichen Verhältnissen verhindert wird, dass eine Population ihre maximale Größe erreicht!



2. In Mitteleuropa gehören alle Wildschweine der Art Sus crofa an. Sie bilden aber mehrere Rassen, die sich z.B. in der Körpergröße unterscheiden. Ein beobachtetes Maß ist die Schädellänge. Westrussische Wildschweine haben im Schnitt Schädellängen von 46 cm. Die Schädel der Wildschweine in Deutschland sind zwischen 38 und 41 cm lang. Mit 32 cm sind die Schädel der Wildschweine in Südspanien 3 cm kleiner als die der nordspanischen Tiere.
   a) Nennen Sie die ökogeographische Regel, die den aufgezeigten Sachverhalt beschreibt! Erläutern Sie, welche physiologischen Hintergründe für den Effekt verantwortlich sind!
   b) Nennen Sie eine weitere ökogeographische Regel und erläutern Sie kurz ihren Inhalt!
   c) Stellen Sie zwei Hypothesen bezüglich der zweiten ökogeographischen Regel auf, die von Forschungs-Gruppen überprüft werden können!

3. In verschiedenen Versuchen werden die Veränderungen von Populations-Dichten bei zwei Mehlkäferarten (Tribolium castaneum und Tribolium confusum) untersucht. Als Nahrung wurde Weizenkleie verwendet. Die Zucht-Gefäße unterschieden sich nur hinsichtlich der Parameter-Kombinationen. Die Gefäße vom Typ "WF" waren warm und feucht, die vom Typ "KT" kalt und trocken. Die Populations-Größen waren zu Beginn jedes Versuches gleich groß.

Es wurden die folgenden Versuche und Beobachtungen gemacht:

Ver-such	Bedingungen und Beobachtungen
A	T. cas. im Gefäß vom Typ "WF" → die Population wächst
B	T. cas. in einem "KT"-Gefäß → Population wächst, geringere Populationsgröße als bei Versuch A
C	T. con. im Gefäß vom Typ "WF" → die Population wächst
D	T. con. im Gefäß vom Typ "KT" → die Population wächst deutlich schneller als im Versuch C
E	T. cas. und T. con. gemeinsam in einem "WF"-Gefäß → die Population von T. con. wird immer kleiner, die Population von T. cas. wird größer
F	T. cas. und T. con. zusammen in einem Gefäß vom Typ "KT" → Population von T.con. wächst und die von T. cas. wird immer kleiner und verschwindet dann vollständig

a) Interpretieren Sie die Versuche!

b) Stellen Sie eine Hypothese für die Situation auf, dass beide Mehlkäfer-Arten in ein Gefäß mit mittleren Temperatur- und Feuchte-Bedingungen verbracht werden!

interessante Links:
http://mscm.dkrz.de/overview_i18n.html?locale=DE (Monash simple climate model)

3. Demökologie

3.1. Grundlagen

Problem-Fragen für Selbstorganisiertes Lernen
Was sind Populationen? Welche Beziehungen haben Populationen (als Ganzes) zur Umwelt? Welche Beziehungen haben Populationen untereinander? ? Lassen sich die Beziehungen von Populationen modellieren? Wie lauten die LOTTKA-VOLTERRA-Regeln?

Während sich die Autökologie um die Beziehungen der einzelnen Organismen zur Umwelt beschäftigt und Gruppen von Organismen nur für statistische Zwecke zusammengefasst wurden, geht es in der Demökologie um die Populationen und ihre Beziehungen zur Umwelt. Dabei kommen auch wieder andere Populationen ins Spiel. Wie verhalten sich also z.B. Populationen verschiedener Arten zueinander.

Definition(en): Demökologie / Populations-Ökologie
Die Demökologie ist der Teil der Ökologie, de sich mit den Wechselwirkungen der Populationen untereinander und mit der Umwelt beschäftigt.

Definition(en): Art / Spezies
Unter einer Art / Spezies versteht man die Fortpflanzungs-Gemeinschaft (morphologisch, anatomisch und genetisch) recht ähnlicher Organismen, die wieder Fortpflanzungs-fähige Nachkommen zeugen können.

Der zentrale Begriff der Demökologie ist die Population. Dabei handelt es sich zuerst einmal um die Abgrenzung einer zusammengehörenden Gruppe Organismen einer Art als funktionelle Einheit.

Definition(en): Population
Eine Population ist eine zusammengehörende Gruppe von Organismen (zumeist einer Art / Rasse / Gruppe), die in einem abgerenzten Lebensraum (Wohn-Areal) leben und eine Fortpflanzungs-Gemeinschaft bilden.
Eine Population ist die faktische oder potentielle Fortpflanzungs-Gemeinschaft innerhalb eines Biotop's.
Eine Population ist eine Gruppe von Individuen (i.A. der gleichen Art), die durch Interaktionen zwischen den Gruppenmitgliedern geprägt ist und die wiederum auf die Individuen und die Gruppe (und ihre Eigenschaften und ihr Verhalten) zurückwirkt
Eine Population ist eine Gruppe sich kreuzender Organismen derselben Art, die gleichzeitig in einem bestimmten Gebiet leben.
Eine Population sind die Individuen einer Art, die in einem bestimmten Gebiet vorkommen und das Potential haben miteinander zu interagieren.

Arten / Klassifizierung von Populationen

Abhängigkeiten der Populations-Entwicklung von abiotischen und biotischen Faktoren
Zusammenhänge zwischen Populationen

Modellierung der Populations-Entwicklung

populus, lat.: das Volk, der Stamm, die Einwohnerschaft

Die Individuen einer Population stellen im Normalfall eine Fortpflanzungs-Gemeinschaft dar. Dies wird besonders interessant, wenn es um genetische Vorgänge innerhalb der Population geht.

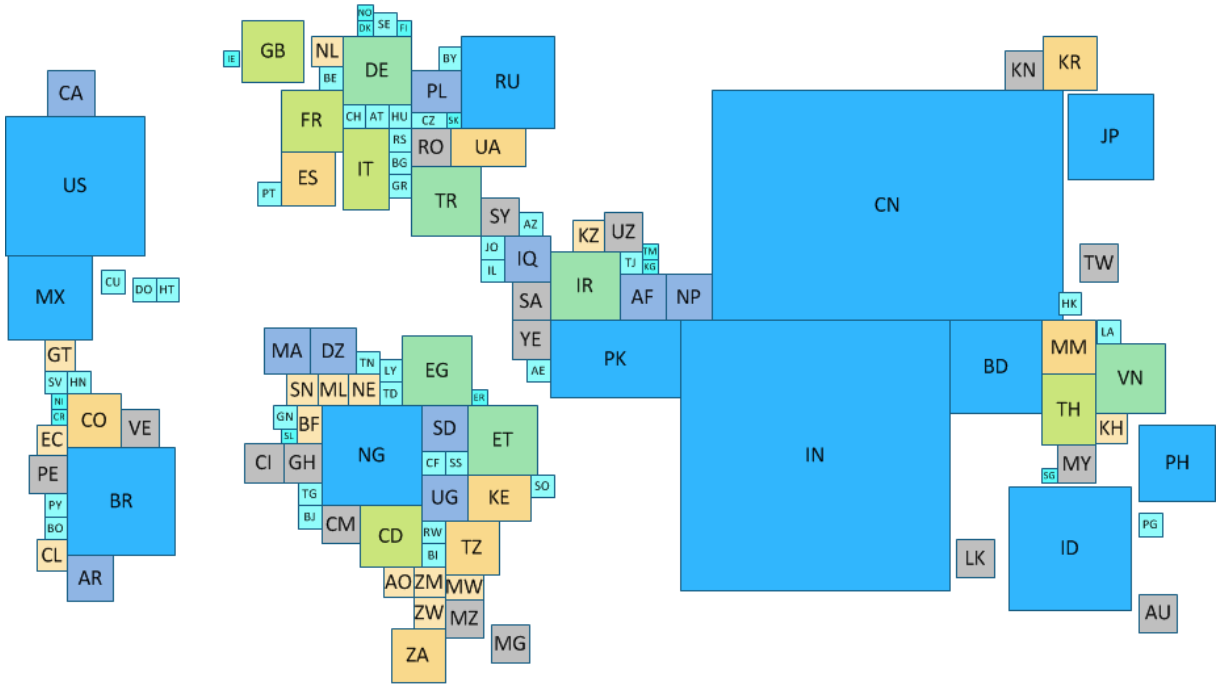


Bevölkerungs-Angabe auf einem amerikanischen Ortsschild
Q: www.flickr.com (Alessandro Valli)

Unter ökologischen Gesichtspunkten spielen die Fortpflanzungs-Gemeinschaften eine geringere Rolle. Deshalb bleibt bleibt i.A. auch bei der Art-bezogenen Abgrenzung der Population. Kommen allerdings genetische Effekte mit hinein – wie z.B. ein neues Anpassungs-Merkmal, eine vererbte Immunität usw. usf. - dann teilt man die Population u.U. in mehrere MENDEL-Populationen. Diese Populationen müssen in ihren Fortpfanzungs-Vorgängen deshalb nicht zwangsläufig den MENDELschen Regeln (→📖 **Genetik Teil 1**) folgen. Vielmehr soll darauf hingedeutet werden, dass genetische Gründe für eine Populations-Abgrenzung verwendet wurden.

Definition(en): MENDEL-Population
Eine MENDEL-Population ist eine zusammengehörende Gruppe von Organismen (zumeist einer Art / Rasse / Gruppe), die in einem abgerenzten Lebensraum (Wohn-Areal) leben, eine geschlechtliche Fortpflanzungs-Gemeinschaft bilden und genetisch über mehrere Generationen miteinander verbunden sind.

MENDEL-Populationen sind die Basis für die statistische Betrachtung innerhab der Genetik. Aus den Fortpflanzungs-Beziehungen einzelner Organismen könnte man keine allgemeingültigen Regeln ableiten.
Es können aber auch andere Gründe für Population-Bildungen geben. Gerade bei uns Menschen sind geographische und politische Kriterien ein starkes Argument für Populations-Abgrenzungen.



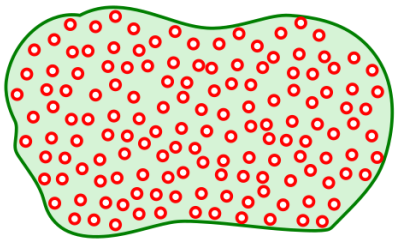
Population der Menschen nach Ländern (Stand: 01.07.2012)
Q: www.geohive.com

Nicht zu vernachlässigen sind bei Menschen auch religiöse Populations-Bildungen. Konfessions-übergreifende Ehen sind immer noch deutlich seltener als solche, die innerhalb einer Religions-Gruppe gebildet werden. Selbst wenn diese Populationen in einem Land (Staat) zusammenleben und somit eine klassische Population bilden, sind sie oft in konfessionelle Teil-Populationen unterteilt. U.U. stellen sie dann eigenständige Populationen dar, die diffus (im Land) verteilt sind.
Selten wird zur Festlegung der Population über Art-Grenzen hinweg gearbeitet. In diesen Fällen werden dann ökologische oder größere taxonomische Gruppen betrachtet. Die Plankton-Population ist dann z.B. die Gesamtheit der planktischen Lebewesen in einem Gebiet.

Definition(en): Biogreographie
Die Biogeographie ist die Fächer-übergreifende Wissenschaft, die sich mit der geographischen Verbreitung von Organismen (zumeist einer einzelnen Art) beschäftigt.
Die Biogeographie ist das Studium der geographischen Verteilung / Verbreitung von Lebewesen und abiotischen Faktoren (, die die Verbreitung beeinflussen).

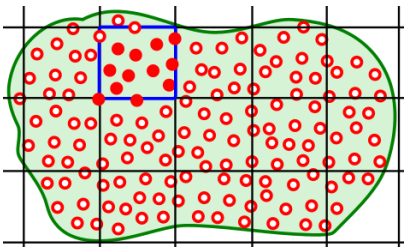
Ermittlung einer Populations-Größe

bei einer bekannten Fläche des Lebensraum's der Population kann über eine Stichprobe auf einem Teilgebiet die Gesamtgröße hochgerechnet werden
sehr gut geeignet für Pflanzen oder klar abgegrenzte Lebensräume, wie Seen oder Wälder



zu ermittelnde Population

$$Population = \frac{GesamtFläche \cdot Zählung}{StichprobenFläche}$$



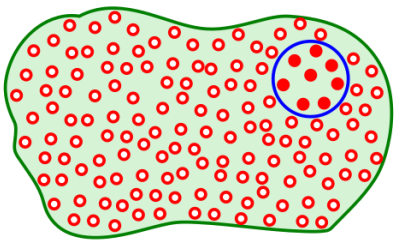
Stichprobennahme über ein Raster

statistische Absicherung durch mehrere – zufällig ausgewählte – Stichproben-Flächen

bei unklaren Größen bezüglich des Lebensraum's kann auch eine indirekte Ermittlung erfolgen

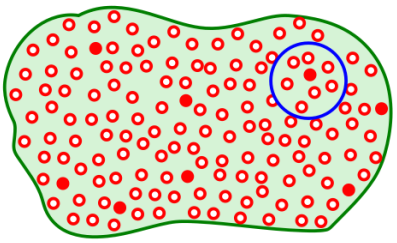
z.B. durch Fänge und Markierungen wird indirekt die Populations-Größe berechnet

es werden Tiere einer Population eingefangen, gezählt, markiert und wieder freigelassen → M1



Zählung/Markierung1

nach einer bestimmten Zeit werden wieder Tiere gefangen, die markierten und nicht-markierten gezählt, neu markiert und wieder frei gelassen → M2 und U2



Zählung2

$$Population = \frac{GesamtZählung1 \cdot GesamtZählung2}{WiedergefundeZählung1} \qquad Pop = \frac{M1 \cdot (M2 + U2)}{M2}$$

statistische Absicherung durch z.B. mehrere Markierungen bei der 1. Zählung
mehrere Zählungen in der 2. Runde

diverse Probleme

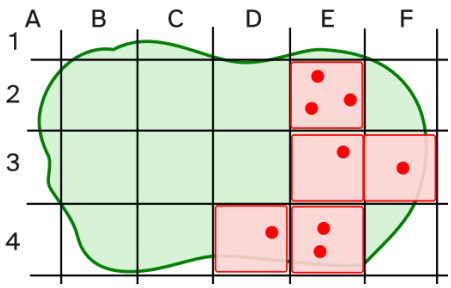
einmal gefangene Tiere vermeiden ev. einen 2. Fang
die Größe der 1. Markierungs-Gruppe ist zu klein, es werden keine Tiere wiedergefunden
Lebensdauer liegt unterhalb des Abstand's zwischen den Zählungen

Komponenten (Bestimmungsstücke) einer Population

• **Homogenität der Organismen einer Gruppe (meist Art)**	
• **Fähigkeit der Kreuzung untereinander oder** • **Fähigkeit zur Reproduktion der Gruppe**	
• **lokale Koexistenz**	
• **Panmixie**	unbeschränkte Partner-Wahl

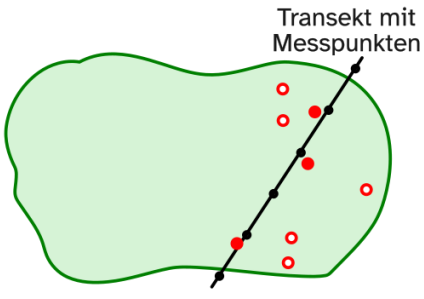
Die Art-Definition wird in der Ökologie meist nicht so extrem betrachtet, wie es die Genetik und Systematisierung machen. Durch die großen Mitglieder-Zahlen normaler Populationen spielen die wenigen Abweichler / Nicht-Eindeutigen keine Rolle.
Welche Probleme es aber auch schon auf ökologischer Ebene geben kann, sehen wir in den nachfolgen Beispielen. Hierbei geht es um langgestreckte Verbreitungs-Gebiete, an deren Ende sich Individuen (eigentlich) einer Art befinden, die aber doch schon wieder (genetisch / verhaltens-biologisch) soweit voneinander entfernt sind, dass Kreuzungen nicht mehr möglich sind.

Raster-Kartierung



Für eine Raster-Kartierung wird eine geographische Region in (Plan-)Quadrate geteilt. Der Gitter-Abstand wird oft an die zu analysierende Organismen-Gruppe angepasst.
Jedes Vorkommen in einem Quadrat wird gekennzeichnet. Der genaue Fundort wird dabei nicht im Raster vermerkt.
Bei dieser Beobachtungs-Art können auch gut Halb-Profi's oder Amateure Daten liefern.

Transekt-Kartierung



Die Transekt-Kartierung benutzt einen Transekt durch die Landschaft / das Ökosystem. Ein Transekt ist eine definierte / festgelegte Linie durch die Region. Optimal ist es eine Querschnitts-Linie, die viele innere Strukturen beinhaltet. Auf der Linie werden regelmäßig angeordnete Beobachtungs-Punkte festgelegt.
Zur Kartierung werden an den Beobachtungs-Punkten alle Arten einer Organismen-Gruppe auf, direkt neben und oberhalb der Linie aufgenommen.
Die Beobachtung an einem Transekt kann regelmäßig wiederholt werden.
Die Transekt-Kartierung eignet sich für qualitative Untersuchungen, ev. auch mit einem zeitlich-historischen Bezug.

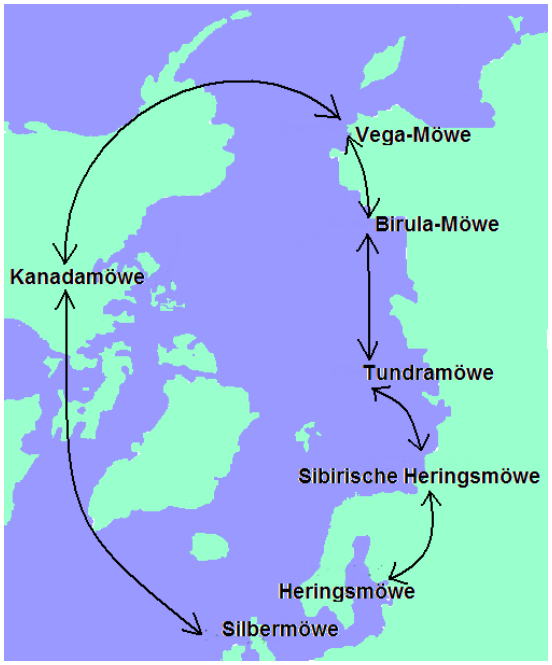
Ring-Spezies

Beispiel Herings- und Silbermöwen

aktuelle genetische Untersuchungen konnten die vollständige gerichtete Speziation aber nicht genau belegen, ev. sind weitere Kreuzungen möglich und vollzogen worden



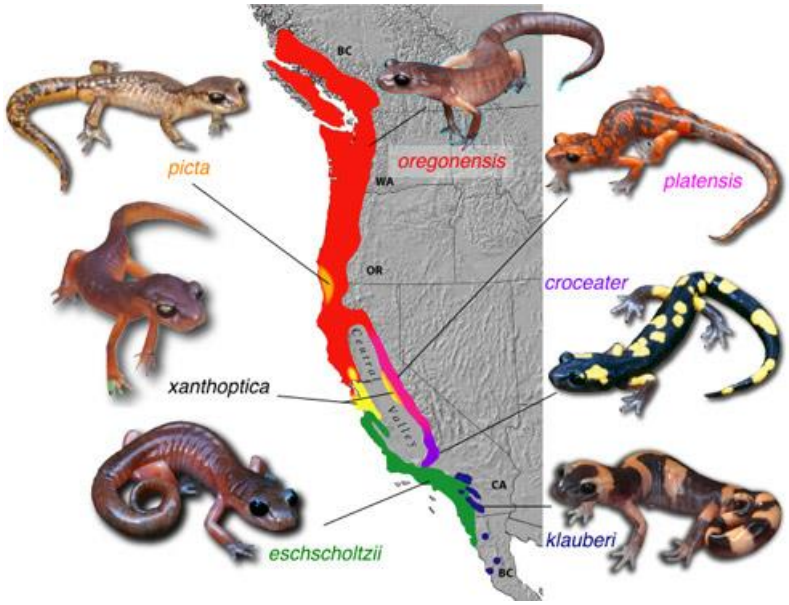
Silbermöwe (vorn) und Heringsmöwe in Norwegen
Q: de.wikipedia.org (Tomasz Sienicki)



Verbreitungs- und Kreuzungs-Gebiete verschiedener Möwen-Arten (?) der Silber-Herings-Möwen-Gruppe
Q: de.wikipedia.og (Imoen, bearb.: drews)

weitere Beispiele:

Salamander der Gattung Ensatina
sind ingförmig um das Central Valley in Kalifornien verbreitet; zwischen den einzelnen Arten gibt immer einen geringen Gen-Austausch / Gen-Fluss



Verbreitung verschiedener Tiger-Salamander-Arten rings um das Central Valley
Q: http://evolution.berkeley.edu/evolibrary/article/0_0_0/devitt_02

um das Himalaya-Gebirge bilden Populationen verschiedener Unterarten des **Grünlaubsänger** (*(s) Phylloscopus trochiloides*) einen Ring
→ allopatrische Art-Bildung (→ Evolution) Art-Bildung durch räumliche Trennung / Isolierung von Populationen einer Art



Grünlaubsänger
Q: de.wikipedia.org (J. M. Garg)

mehr Strahlen-förmig ist die Verbreitung der Pflanzen-Art ((s) ***Euphobia tithymaloides***) ein Verbreitungs-Gebiet reicht von Mexiko bis nach Südamerka, das andere von Mexiko über die karibischen Inseln bis nach Jamaika
beide Gruppen koexistieren ohne beobachtbaren Gen-Fluss



Euphobia tithymaloides
Q: en.wikipedia.org (Tau'olunga)

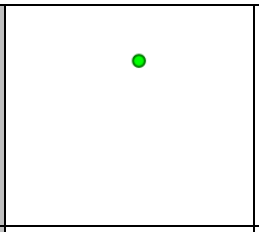
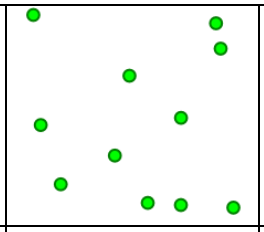
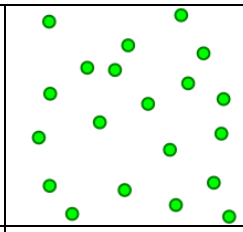
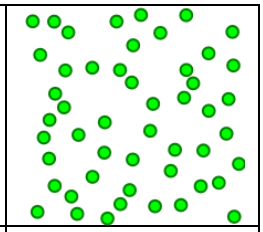
Populations-Dichte

Oft spielt es nicht nur eine Rolle wieviele Mitglieder eine Population hat, sondern in welchem Verhältnis sie zum Lebensraum stehen. Wenige Heuschrecken in der Savanne fressen das Gras / die Vegetation anders ab, als Heuschrecken-Schwärme. Als Mass wurde die Populations-Dichte (ρ … sprich: *roh*) festgelegt. Sie beschreibt das Verhältnis der Populations-Mitglieder zu ihrem Lebensraum.

$$\rho_{Pop} = \frac{N}{A_0}$$

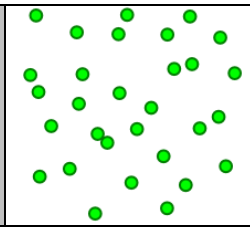
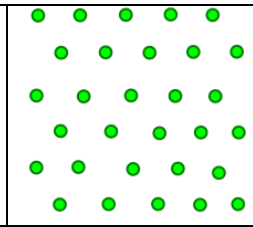
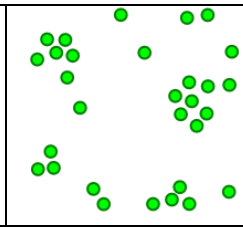
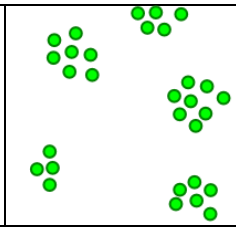
ρ_{Pop} … Populations-Dichte
N … Anzahl der Individuen in der Population (bezogen auf die betrachtete Fläche)
A_0 … (betrachtete) Fläche

Definition(en): Populations-Dichte
Die Population-Dichte beschreibt die (quantitative und qualitative) Verteilung der Population in einem abgerenzten Lebensraum.

2D-Darstellung				
Benennung				

Als weitere Eigenschaften betrachten wir aber auch die Verteilung innerhalb des gesamten Lebens-Raum's. In der Ökologie spricht man auch von Dispersion.

Dispersion – Verteilung der Individuen im Raum

2D-Darstellung				
Benennung	zufällig	uniform	kumular (ungleichmäßig gehäuft)	imular (gleichmäßig gehäuft)
Beispiele	Pflanzen mit Wind-verteilten Samen (z.B. Löwenzahn)	Teritorial-Vögel (z.B. Pinguine)	Pflanzen mit Ausläufern	Horst-Bildner Tierherden

(c,p) 2011-2025 lsp: dre

Ein und derselbe Lebensraum kann von unterschiedlich großen und unterschiedlich verteilten Populationen besiedelt sein.

Tier-Art (dt. Name)	wiss. Name	Populations-Dichte [1 / m^2]
Luchs	*Lynx lynx*	0,000.000.001
Rothirsch	*Cervus elaphus*	0,000.001
Kohlmeise	*Parus major*	0,000.1
Kieferneule (Schmetterling)	*Panolis flammea*	0,01
Steinkriecher (Hundertfüßer)	*Lithobius calcaratus*	1
Schnellkäfer	*Athous subfuscus*	100
Springschwanz	*Collembola*	10.000
Rädertierchen	*Rotatoria*	1.000.000

Q: /37, S. 323 (nach Lexikon Biologie Bd. 10, 1992)/

Welche Umwelt-Faktoren wirken nun auf die Population als Ganzes ein? Das sind natürlich zuersteinmal auch wieder die klassischen abiotischen und biotischen Faktoren.
Die Demökologie betrachtet die Beziehungen der gesamten Population zur Umwelt. In der Praxis hat es sich dabei bewährt, zwischen solchen Faktoren zu unterscheiden, die von der Populations-Dichte abhängen von solchen, die nicht von dieser abhängen.

Dichte-abhängige Faktoren

- (intraspezifische) Konkurrenz
- Nahrung
- Versteck-Möglichkeiten
- sozialer Streß (Gedränge-Faktor)
- Feinde, Parasiten
- Pathogene, infektiöse Krankheiten
- Geburten-Rate
- Sterbe-Rate, reproduktive Selbstbeschränkung
- Zu- und Abwanderung

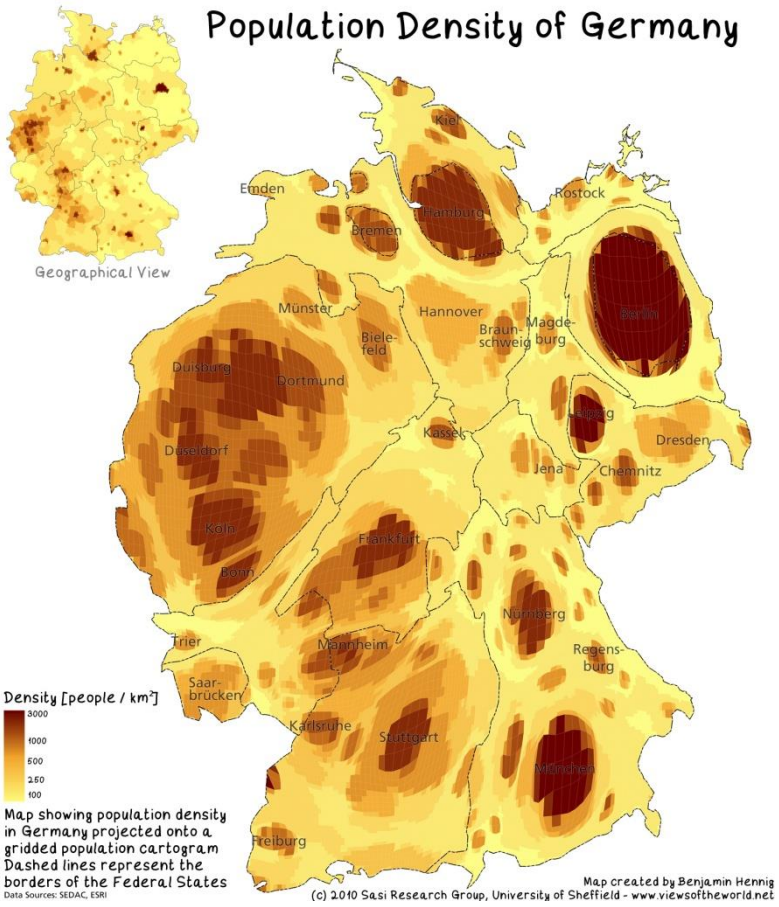
Dichte-abhängige Faktoren wirken zumeist begrenzend auf die weitere Entwicklung der Populations-Größe.

Dichte-unabhängige Faktoren

- Klima (Temperatur, Niederschläge, Luftfeuchtigkeit, Wind, …)
- Katastrophen
- unspezifische Fress-Feinde
- zwischenartliche Konkurrenz (Nutzung der unterschiedlichen ökologischen Nischen)
- nicht-infektiöse Krankheiten
- Pestizide, Giftstoffe

Die Dichte-unabhängigen Faktoren wirken meist proportional oder als Glocken-Funktion (umgekehrt parabolisch) auf das Populations-Wachstum. Ist z.B. die Temperatur optimal, dann kann sich die Population vergleichweise gut fortpflanzen. Ist sie dagegen zu gering oder zu hoch, dann beeinflusst dies auch das Fortpfanzungs-Verhalten und damit die Populations-Größe. Es handelt sich hier also genau um die Einflüsse / Beziehungen, die wir in der Autökologie so ausführlich besprochen haben.
Ein Beispiel für eine proportionale Abhängigkeit sind Gifte. Geringe Mengen schäden die Population wahrscheinlich nur geringfügig. Mit steigenden Mengen im System steigt auch der

Wirk-Effekt. Letztendlich wird eine sehr große Gift-Menge / -Konzentration auch die gesamte Population beeinflussen.



Q: www.viewsoftheworld.net

Innerhalb der biotischen Umwelt-Beziehungen haben wir nach intra- und interspezifischen Beziehungen unterschieden. Sie machen einen großen Teil demökologischer Betrachtungen aus.
Kennzeichen für stabile Systeme sind Populationen, die sich in Gleichgewichten befinden. Von intrapopulare Gleichgewichten spricht man, wenn man nur die einzelne Population betrachtet. Wenn sich diese in einem Gleichgewicht befindet, dann werden es wahrscheinlich auch die Teil-Population (z.B. Jungtiere, Alttiere, Weibchen, Männchen, …) sein. Natürlich können die Populations-Größen mit den Jahreszeiten oder anderen Rhythmen schwanken. Der langfristige / Rhythmen-übergreifende Trend ist hier bedeutsam.
Populationen sollten sich aber auch Populations-übergreifend in Gleichgewichten befinden. Diese bezeichnen wir als interpopular. Frißt ein Räuber seine gesamte Beute, dann wird sich auch seine Population langfristig nicht stabilisieren können.

Definition(en): intrapopulares Gleichgewicht
Das intrapopulare Gleichgewicht ist ein biologisches Gleichgewicht (längerfristig stabiles, dynamisches Fließgleichgewicht) innerhalb einer Population.

Definition(en): interpopulares Gleichgewicht
Das interpopulare Gleichgewicht ist ein biologisches Gleichgewicht (längerfristig stabiles, dynamisches Fließgleichgewicht) zwischen voneinander abhängigen Populationen.

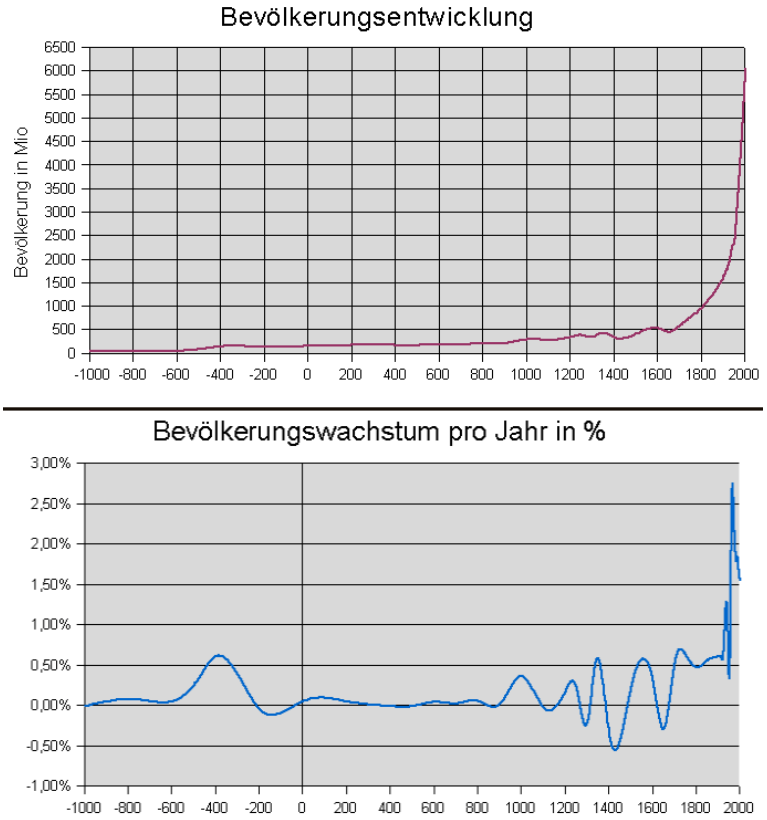
Aufgaben:

1. *Erstellen Sie eine Übersicht (wie bei der Unterscheidung der abiotischen und biotischen Faktoren in der Autökologie) für die Umweltfaktoren, die auf eine Population einwirken! Kennzeichen Sie die abiotischen und biotischen Faktoren unterschiedlich und geben Sie dazu immer an, ob die Beeinflussung gleichgerichtet oder entgegengesetzt erfolgt! Überlegen Sie sich auch, ob eine Proportionalität oder eher eine Glocken-förmige Abhängigkeit besteht! Begründen Sie immer jeweils Ihre Wahl!*
2. *Nehmen Sie die Population Ihrer Stadt / Ihres Landkreise / Bundeslandes und analysieren Sie welche Teil-Populationen es gibt! Welche dieser Teil-Populationen bilden deutliche Fortpflanzungs-Gruppen und sind damit für die Entwicklung der Populations-Größe relevant? Welche dieser Teil-Populationen haben kaum einen Einfluß auf die Entwicklung der Populations-Größe? Begründen Sie Ihre Standpunkte!*
3. *Übernehmen Sie die Tabelle und ordnen Sie die Einflußfaktoren auf die Populations-Größe ein!*

Einfluß-Faktoren auf die Populations-Größe		**Dichte-abhängig**	**Dichte-unabhängig**
abiotisch			
biotisch	**intraspezifisch**		
	interspezifisch		

3.2. Populations-Dynamik

Aus dem Sozialkunde- oder Geographie-Unterricht kennen wir Diagramme über die Populations-Entwicklung der Menschen in den letzten Jahrzehnten / Jahrhunderten / Jahrtausenden.
In der Demökologie interessiert uns ganz besonders die Populations-Dynamik.
Wie verhält sich die Populations-Größe, wenn bestimmte interne oder externe Parameter auf sie einwirken? Welche dieser Einflüsse ist langfristig bedeutsam oder nur temporär interessant?
Aber auch die Frage nach dem Aussterben einer Population stellt sich immer wieder.
Die Einflüsse des Menschen werden dabei immer interessanter, da Kontrollen / Gesetze / .. häufig viel zu spät greifen.
In der Demökologie wird sehr viel mit mathematischen Modellen gearbeitet.



Entwicklung der Weltbevölkerung (oben: absolute Zahlen; unten: relativer Zuwachs)
Q: de.wikipedia.org (Anton)

Wir unterscheiden hier Modelle, die sich nur mit einer Art beschäftigen – die sogenannten Ein-Spezies-Modelle –, von solchen, die mehrere Arten betrachten (Multi-Spezies-Modelle).

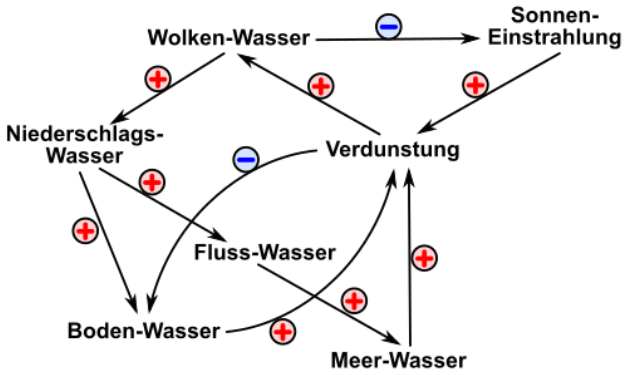
Aufgaben:

1. ***Interpretieren Sie das obige Diagramm!***
2. ***Setzen Sie beide Diagramme in Beziehung und machen Sie Aussagen zur intra- und interpopularen Stabilität!***

3.2.1. Ein-Spezies-Modelle / -Betrachtungen

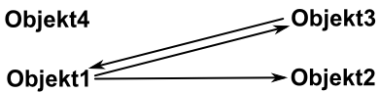
Je nach den angesetzten Zielen kann man ganz unterschiedliche Modell-Typen benutzen. Interessieren nur grobe Aussagen / Tendenzen, dann reichen vielleicht Fluß-Schemata schon aus. Für genaue quantitative Betrachtungen müssen dann unterschiedliche mathematische Methoden verwendet werden. Man kann z.B. mit Funktionen oder stochastischen Hilfsmitteln arbeiten.
Einige typische Modell-Arten sein hier kurz vorgestellt. Sie eignen sich jeweils für unterschiedliche, allgemeine oder spezielle Fragestellungen.

Fluß-Diagramme / Fließ-Schemata



Fließ-Schema zum Wasserkreislauf

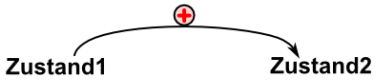
Fließ-Schemata stellen Beziehungen zwischen verscheidenen Faktoren eines Problem's dar. Dabei werden Bestände bevorzugt. Im nebenstehenden Schema sind das z.B. die Wasser-Arten. Es können aber auch andere Faktoren (hier z.B. Sonnen-Einstrahlung und Verdunstung mit integriert werden. Wichtig ist ersteinmal nur, dass es eine Beziehung zu mindetens einem anderen Objekt gibt. Die Pfeile geben an, dass zum einen eine Beziehung zwischen den verbundenen Objekten existiert und zum anderen in welche Richtung die Beziehung zu verfolgen ist.



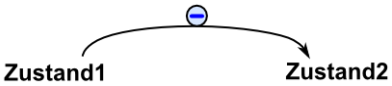
Um Wirkungen später ev. zu verfeinern und um die Art der Kopplung genauer erkennen zu können, werden immer nur einseitig gerichtete Pfeile verwendet. Objekte, die keine Beziehungen haben, sollten (zumindestens ersteinmal) weggelassen werden (hier: zB. Objekt4).

Als Kopplung wird i.A. eine (einfache) Ursache-Wirkungs-Beziehung unterstellt. Die Art der Ursache-Wirkungs-Beziehung (Kopplung) wird durch eingekreiste Plus- bzw. Minus-Zeichen gekennzeichnet.

Dabei steht das Plus-Zeichen für eine gleichgerichtete Proportionalität. D.h. wenn sich die Ursache vergrößert, bedeutet das auch mehr Wirkung. Natürlich gilt auch andersherum: Wenn die Ursache geringer wird, dann verkleinert sich auch die Wirkung.



Entgegengesetzte Proportionalität wird durch ein Minus-Zeichen gekennzeichnet. Dies kann dann so übersetzt werden: Wenn die Ursache größer wird, dann verkleinert sich die Wirkung. Auch hier gilt natürlich auch die umgekehrte Beziehung, je kleiner die Ursache, umso größer ist die Wirkung.



Seltener findet man als Wirkungs-Beziehung ein Stufen-Symbol. Dies steht für eine schlagartige Vergrößerung / Verkleinerung oder das Umschalten zu einem anderen Niveau.

Mit einer Uhr werden verzögerte Prozesse angezeigt.

In allen Fällen kommt es nicht wirklich auf genaue / konkrete Werte drauf an. Vielmehr sollen die grundsätzlichen qualitativen Beziehungen dargestellt werden. Vielfach haben die Fließ-Schemata aber einen semi-quantitativen Charakter.

Aufgaben:

1. ***Übernehmen Sie nur das Beziehungs-Geflecht Wolken-Wasser, Verdunstung und Sonnen-Einstrahlung aus dem Wasserkreislauf-Flussdiagramm! Interpretieren Sie zuersteinmal ganz mechanisch die einzelnen Beziehungen!***
2. ***Formulieren Sie die Beziehungen nun – unter Verwendung Ihrer naturwissenschaftlichen Allgemeinbildung - in wohlgeformte Sätze!***
3. ***Interpretieren Sie das gesamte Fließ-Schema (Wasserkreislauf) in einem allgemein-verständlichen Text!***

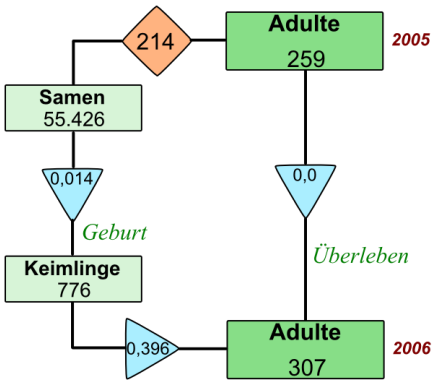
Link:
https://ncase.me/loopy/ (sehr, sehr einfache Simulations-App (auf qualitativer Ebene)) zum Verständnis des Prinzip's

Lebenstafeln

durch Zustände und Übergang-Wahrscheinlichkeiten zwischen den / einzelnen Zuständen gekennzeichnet

in den (grünlichen) Rechtecken sind die Zustände und deren Bestände (bzw. Populations-Dichten) verzeichnet
Zeit-Angaben sind neben den Zuständen (hier weinrot) notiert

im (orangen) Rhombus wird die (durchschnittliche) Nachkommens-Zahl / Nachfolge-Zahl je vorhergehenden Zustand angegeben



einfache / grundsätzliche Lebenstafel
(Beispiel einjährige Samenpflanze)

die (bläulichen) Dreiecke stellen die Übergangswahrscheinlichkeiten zwischen den Zuständen dar; die werden auch Raten genannt und entsprechen mathematischen Faktoren oder Konstanten (für dieses Modell)
für deterministische Modelle sind es dann die Faktoren mit denen sich der nachfolgende Zustand aus dem vorlaufenden berechnen lässt

Aufgaben:

1. *Vollziehen Sie die Berechnungen der obigen Lebenstafel einmal nach! Kommen Sie jeweils auf die gleichen Zahlen oder hat sich hier der Fehlerteufel eingeschlichen?*
2. *Erstellen Sie mit Hilfe einer Tabellenkalkulation (z.B. Excel, Calc, Planmaker, …) ein Modell der weitern Populations-Entwicklung der einjährigen Samenpflanze (siehe Lebenstafel)! Achten Sie darauf, dass die Zustands-Größen und die Raten nachträglich geändert werden können!*
3. *Erstellen Sie ein passendes Diagramm in der Tabellenkalkulation. Drucken Sie sich dieses aus!*
4. *Verändern Sie das Modell nun jeweils einzeln wie nachfolgend gefordert bis ins aktuelle Jahr! Beachten Sie, dass die ursprünglichen Werte immer wieder zurückgesetzt werden müssen!)*
   a) die adulte Population (2005) hätte 391 Mitglieder
   b) die Keimungs-Rate verringert sich auf 0,012
   c) die Entwicklung der Keimlinge zu den Adulten der neuen Generation vergrößert sich um 10 %
   d) es überleben immer 50 % der Adulten eines Jahres

dynamische Modelle

Hierunter verstehen wir quantitativ geprägte Fließ-Schemata. Sie ähneln den oben besprochenen Fluß-Diagrammen, nur dass jetzt genaue Raten, Funktionen usw. die einzelnen Beziehungen charakterisieren.
Im Verborgenen arbeiten dann klassische mathematische Funktionen und Gleichungs-Systeme (s.a. nächste Modell-Art).

In den Lebenstafeln steckt viel von so einem dynamischen Modell. Einzig eine Feingranulierung ist hier nicht möglich. Wir können in den Lebenstafeln eben immer nur von Generation zu Generation rechnen. Echte dynamische Modelle lassen eine beiliebe Feinteilung der Zeit zu.

mathematische Formeln / Gleichungs-Systeme / Funktionen

Die i.A. bei Biologen unbeliebteste Form der Modellierung sind mathematische Formeln, Gleichungs-System oder Funktionen. Sie stellen die höchste Abstraktions-Form dar. Mittel mathematischen Ausdrücken sollen Populations-Größen, neue Generationen, Raten usw. usf. berechnet werden.
Für Simulationen kann man aber kaum auf sie verzichten. Bei den Lebenstafeln haben wir ja praktisch auch schon mathematisch modelliert. Ihre Tabellenkalkulationen sind typisch dafür. Als einfache und gut nachzuvollziehende Berechnungen kann man mit Tabellenkalkulationen viele Simulationen erstellen und auch gleich mit Real-Daten vergleichen.

In den Lebestafel wird praktisch folgendes Rechen-Prinzip umgesetzt:

$$N_{t+1} = N_t + B - D + I - E$$

Eine neue Populations-Größe (N_{t+1}) ergibt sich aus der alten Populations-Größe (N_t) erweitert um die Nachkommen (B) und die Immigranten (I) und veringert um die Gestorbenen (D) und die Emigranten (E).

t … Zeit-Punkt
t+1 … nächster Zeit-Punkt (= Zeitpunkt + Takt)
N … Individuen-Zahl (Populations-Größe)
B … Nachkommen (Birth)
D … Gestorbene (Dead)
I … Eingewanderte (Immigranten)
E … Ausgewanderte (Emiganten)

Für die nächste Generation benutzt man die gerade berechnete Populations-Größe als N_t und verfährt immer so weiter.
Ungünstig bei diesem Verfahren ist die strenge zeitliche Stufung. Die vorgebenen Nachkommen, Gestorbenen usw. gelten nur für die angegebene Zeitspanne ($\Delta t = t - (t+1)$). Will man größere oder kleinere Zeit-Takte benutzen, dann müssen diverse Anpassungen vorgenommen werden oder man arbeitet mit Differential-Gleichungen. In der Demökologie dominieren Modelle mit Differential-Gleichungen. Sie sind für sich leicht zu handhaben. Das Lösen ist aber ungleich komplizierter.
Praktisch muss immer geprüft werden, was man berechnen will und wie genau die Werte sein müssen.

stochastische Modell

Stochastische Modelle beruhen auf statistische Aussagen, Wahrscheinlichkeiten und Zufalls-Generatoren (z.B. Würfel). Auf den ersten Blick scheinen solche Modelle in der Biologie keinen Sinn zu machen. In der Praxis nehmen sich gute stochastische Modelle nichts im vergleich zu nummerischen / mathematischen oder dynamischen Modellen.
Die Genauigkeit der Parameter bestimmt immer über das Ergebnis. Hinter den Raten in den Lebenstafel stecken praktisch ja auch nur Wahrscheinlichkeiten. In stochastischen Modellen

wird aber z.B. ausgewürfelt, welcher Samen keimt und welcher nicht. Da kann es denn auch mal sein, dass so unwahrscheinliche Kombinationen (wie z.B. 3 Sechsen hintereinander) auftreten und die die nächste Generation bestimmen.
Stochastische Modelle sind in Diagrammen an zittrigen Kurven oder mehreren parallelen Kurven zu erkennen. Das deutet auf mehrere Simmulations-Durchläufe hin, um das Ergebnis statistisch abzusichern. In deterministischen Modellen kommt meist bei jedem Durchlauf das gleiche Ergebnis heraus.
Gerade für komplexe Simulationen in der Biologie haben stochastische Modelle meist die Nase vorn, weill sie die biologische Zufälligkeit eher abbilden als streng deterministische Modelle.

Definition(en): Modell
Ein Modell ist ein (von Menschen erzeugtes) Abbild der Realität / Praxis, bei dem nur ausgewählte Eigenschaften / Merkmale / Details dargestellt werden. Ein Modell dient der bildlichen Darstellung, der Vereinfachung der Zusammenhänge und / oder Komplexität, der Klärung wissenschaftlicher Fragen, der Berechnung von Zuständen (des Praxis-Systems) usw. usf.

Abschätzung der zukünftigen Entwicklung einer Population

$$N_{t+1} = N_t \cdot S + N_t \cdot S \cdot B = (1 + B) \cdot N_t \cdot S$$

B … Fortpflanzungs-Erfolg
(Nachkommen pro Individuum)
S … Überlebens-Rate [%]

Exkurs: Populations-Matrizen und -Vektoren

Mit Hilfe von Matrixen und Vektoren kann man die Populationen und Populations-Entwicklungen modellieren.
Der Vorteil liegt in den standardisierten Rechen-Verfahren mit Matrizen. Diese sind häufig mit sehr effektiven Algorithmen in Computern umgesetzt. So lassen sich dann viele Simulationen vornehmen, die dann vielleicht zu besseren Modellen bezüglich der Populations-Dynamik führen.

Die S-Werte (steht für survival) in der Diagonale geben an, wieviele Individuen in der jeweiligen Klasse / Gruppe verbleiben.

Ü =

	Samen 1	Keimlinge 2	Juvenile 3	Aldulte1 4	Adulte2 5	Adulte3 6	
1	$S_{11}=0$						Samen
2		S_{22}					Keimlinge
3			S_{33}				Juvenile
4				S_{44}			Adulte1
5					S_{55}		Adulte2
6						S_{66}	Adulte3

Der Rückschritt in eine vorgelagerte Klasse wird als Regression verstanden und als R-Werte in die Matrix notiert. Sie liegen praktisch über der Diagonalen. Rück-Entwicklungen können z.B. durch Fraß-Schäden oder Extremwetter-Lagen passieren.

Dem entgegen werden die Übergänge / Weiter-Entwicklungen in die nächsthöhere Klasse als G-Werte (für growth (Wachstum)) unterhalb der Diagonale eingetragen.

Ü =

	Samen	Keimlinge	Juvenile	Aldulte1	Adulte2	Adulte3	
Samen	$S_{11}=0$	R_{12}					Samen
Keimlinge	G_{21}	S_{22}	R_{23}				Keimlinge
Juvenile		G_{32}	S_{33}	R_{34}			Juvenile
Adulte1			G_{43}	S_{44}	R_{45}		Adulte1
Adulte2				G_{54}	S_{55}	R_{56}	Adulte2
Adulte3					G_{65}	S_{66}	Adulte3

Es folgen zur Vervollständigung noch die Fruchtbarkeits-Werte (f für fecundity). Diese liegen in der oberen Zeile und kennzeichnen die gebildeten Samen.

Ü =

	Samen	Keimlinge	Juvenile	Aldulte1	Adulte2	Adulte3	
Samen	$S_{11}=0$	R_{12}		F_{14}	F_{15}	F_{16}	Samen
Keimlinge	G_{21}	S_{22}	R_{23}				Keimlinge
Juvenile		G_{32}	S_{33}	R_{34}			Juvenile
Adulte1			G_{43}	S_{44}	R_{45}		Adulte1
Adulte2				G_{54}	S_{55}	R_{56}	Adulte2
Adulte3					G_{65}	S_{66}	Adulte3

Für die weiteren Berechnungen werden nun Beobachtungs-Werte oder Modell-Werte für die einzelnen Variablen (Übergänge) eingetragen.

Ü =

	Samen	Keimlinge	Juvenile	Aldulte1	Adulte2	Adulte3	
Samen	**0**	**0**		**0,1**	**6**	**1**	Samen
Keimlinge	**0,4**	**0,4**	**0**				Keimlinge
Juvenile		**0,6**	**0,4**	**0**			Juvenile
Adulte1			**0,6**	**0,5**	**0,1**		Adulte1
Adulte2				**0,5**	**0,6**	**0,2**	Adulte2
Adulte3					**0,3**	**0,1**	Adulte3

Die Werte stellen praktisch Faktoren dar. Man kann sich die Matrix auch als Gleichungs-System vorstellen (genau das steckt ja hinter der aufgestellt Matrix).
z.B. für die Keimlinge würde die Gleichung lauten:
$G_{t+1} = 0{,}4*S + 0{,}4*K + 0*J + 0*A_1 + 0*A_2 + 0*A_3$
Diese müssen dann mit den konkreten Individuenzahlen aus einer (beobachteten / berechneten) Generation angewendet. Für unser Beispiel sei das der Zeitpunkt t.
$G_{t+1} = 0{,}4 * 45 + 0{,}4 * 2 = 18{,}8 \approx 19$

G_t =

	Anzahl	
Samen	**45**	Samen
Keimlinge	**2**	Keimlinge
Juvenile	**6**	Juvenile
Adulte1	**17**	Adulte1
Adulte2	**14**	Adulte2
Adulte3	**2**	Adulte3

Für die Berechnung der nächsten Generation (G_{t+1}) stellen wir alle Gleichungen auf.
Wir finden darin sowohl die Faktoren (**blau**) als auch die Indivuduen-Zahlen (**rot**) der alten Generation wieder.
Die nicht gebrauchten Multiplikationen wurden der Übersicht halber nicht eingefärbt.
Es ergibt der Klassen-Vektor für die Nachfolge-Generation. Mit dieser könnte man dann die nächste Generation berechnen usw. usf.

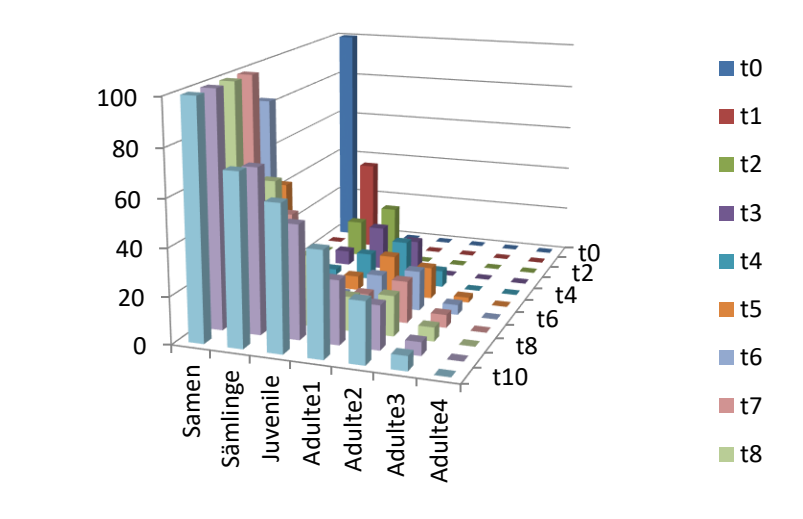
$$G_{t+1} = \begin{vmatrix} 0 & *45 + 0 & *2 + 0 & *6 + 0{,}1*17 + 6 & *14 + 1 & *2 \\ 0{,}4*45 + 0{,}4*2 + 0 & *6 + 0 & *17 + 0 & *14 + 0 & *2 \\ 0 & *45 + 0{,}6*2 + 0{,}4*6 + 0 & *17 + 0 & *14 + 0 & *2 \\ 0 & *45 + 0 & *2 + 0{,}6*6 + 0{,}5*17 + 0{,}1*14 + 0 & *2 \\ 0 & *45 + 0 & *2 + 0 & *6 + 0{,}5*17 + 0{,}6*14 + 0{,}2*2 \\ 0 & *45 + 0 & *2 + 0 & *6 + 0 & *17 + 0{,}3*14 + 0{,}1*2 \end{vmatrix}$$

	Anzahl	
	0 *45 + 0 *2 + 0 *6 + 0,1*17 + 6 *14 + 1 *2	Samen
	0,4*45 + 0,4*2 + 0 *6 + 0 *17 + 0 *14 + 0 *2	Keimlinge
	0 *45 + 0,6*2 + 0,4*6 + 0 *17 + 0 *14 + 0 *2	Juvenile
	0 *45 + 0 *2 + 0,6*6 + 0,5*17 + 0,1*14 + 0 *2	Adulte1
	0 *45 + 0 *2 + 0 *6 + 0,5*17 + 0,6*14 + 0,2*2	Adulte2
	0 *45 + 0 *2 + 0 *6 + 0 *17 + 0,3*14 + 0,1*2	Adulte3

G_{t+1} =

Anzahl	
88	Samen
19	Keimlinge
4	Juvenile
14	Adulte1
17	Adulte2
4	Adulte3

Ausgehend von nur 100 Samen ergibt sich z.B. über 10 Simulations-Takte ein interessantes Bild.



 (c,p) 2011-2025 lsp: dre

Populationen und ihre Entwicklungs-Strategien

Für Populations-Modelle geht man meist von einer **ideale**n **Population** aus, d.h. es gibt zwischen den Individuen keine Fortpflanzungs-Hindernisse. Solche Hindernisse können bei den **reale**n **Population**en z.B. die räumlichen Distanzen oder geographische Hindernisse (Flüsse, Straßen, Inseln, …) sein. Ideale Populationen sind eigentlich geschlossen. Für Modelle mit Zu- und Abwanderung müssen hier Einschränkungen und Korrekturen vorgenommen werden.
In der Natur gibt verschiedene Strategien der Fortpflanzung und Brutpflege. Ziel ist es immer die Ressourcen bestmöglich auszunutzen und den Fortbestand der Art (der Population) zu sichern.
Wir unterscheiden zum einen die sogenannten **r-Strategen**, die es mit einer großen Vermehrungs-Rate versuchen, und zum anderen die **K-Strategen**, die sich mit eher kleinen Nachkommens-Zahlen an der Umwelt-Kapazität (K) orientieren.
Die **r-Strategen** versuchen es mit sehr großen Nachkommenzahlen. Sie haben große Wurf-Größen oder bilden z.B. riesigen Mengen an Samen. Die Ontogenese dieser Arten erfolgt relativ schnell. Es handelt sich auch meist nur um kleine Arten mit relativ kurzen Lebens-Spannen oder –Zyklen. Eine Brutpflege erfolgt nicht. Unter den r-Strategen wird die ungeschlechtliche Fortpflanzung / Vermehrung bevorzugt. In kritischen / veränderlichen Zeiten kann aber auf bei vielen Arten auf die Möglichkeit der geschlechtlichen Fortpflanzung zurückgegriffen werden (, wenn es sie denn gibt). Die r-Strategen werden schnell Geschlechts-reif und können dann über viele Jahre / Lebens-Zyklen Nachkommen produzieren.
Wir finden bei den r-Strategen eher anonyme Verbände (z.B.: Schwärme, Herden, …) und kaum ein Territorial-Verhalten.
Die Gehirn-Entwicklung ist meist gering, Lern-Vorgänge sind eher gering ausgeprägt.

Definition(en): r-Strategie
Die r-Strategie ist eine Fortpflanzungs-Strategie, bei der die Arten auf eine hohe Reproduktions-Rate (r) setzen. Die r-Strategen produzieren über die verfügbare Kapazität des Biotops hinaus Nachkommen und überlassen sie meist unbetreut der Natur.

In der Natur gibt es einige Faktoren, die genau diese Strategie fördern bzw. die Arten bevorteilen, die eine r-Strategie betreiben können.
So kommen diese Arten mit Umwelt-Bedingung gut klar, die relativ stark schwanken. Langfristig müssen die Bedingungen aber eher konstant oder periodisch wiederkehrend sein. Die Populations-Größe kann durch die große Nachkommens-Zahl immer schnell an die herrschenden Bedingungen angepasst werden. Gibt es gute Bedingungen, dann überleben eben viele Nachkommen, wenn die Bedingungen eher schlecht sind, dann steigt die Sterbe-Rate.
I.A. werden Arten bevorteilt, die eine Sterbe-Rate haben, die weitgehend von der Populations-Dichte selbst abhängt. Die Populations-Größe schwankt also immer sehr stark. Es sind zuerst soviel Nachkommen da, dass die Kapazitäts-Grenze deutlich überschritten wird. Durch Nahrungs-Mangel, Freßfeinde, Krankheiten und Streß sterben dann eher viele Organismen und letztendlich ist eine Population vorhanden, die knapp unter der Kapazitäts-Grenze agiert. Arten mit einem unpersönlichen Paarungs-Verhalten und ungeschlechtlicher Fortpflanzung sind bei schwankenden Umwelt-Bedingungen bevorteilt.
r-Strategen findet man häufig bei Neu- oder Wieder-Besiedlungen (→ 4.5. Veränderung von Ökosystemen).

Beispiele:
Kleinkrebse, Blattläuse, Kakerlacken, Mäuse, Blaumeisen, Sperlinge, Bienen, Ameisen
Heringe, Makrelen, Haie, Bakterien, Blaualgen, …

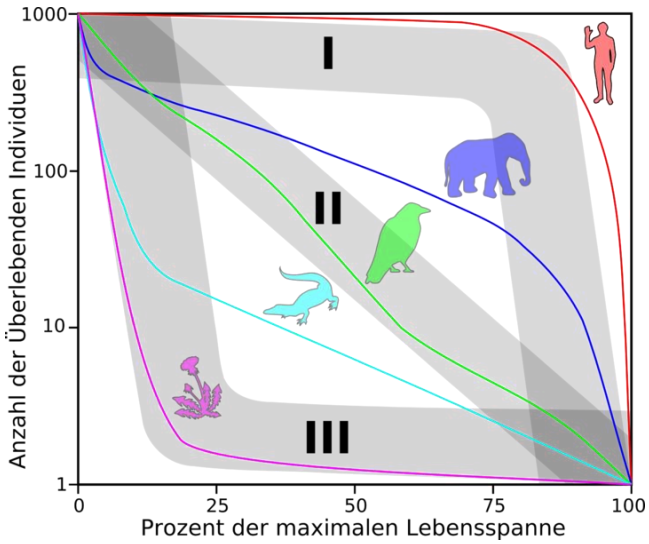
Ein anderes Konzept ist bei den K-Strategen hinterlegt. Sie haben sehr geringe Vermehrungs-Raten. Diese liegen knapp über 1. Das bedeutet, dass pro geschlechts-reifen Organismus nur ein Nachkomme erzeugt wird. Um das zu realiseren, stecken die K-Strategen viel Energie und Zeit in die Brutpflege.

tpypische Eigenschaften von K-Strategen:
geringe Vermehrungsrate
(komplizierte) Paarungsrituale; innere Befruchtung
wenige Nachkommen; kleine Wurfgrößen
langsame Individual-Entwicklung (Ontogenese)
lange Geburten-Abstände
größere Körpergröße
intensive / umfangreiche Brutpflege
großes (Leistungs-fähiges) Gehirn
geschlechtliche Fortpflanzung bevorzugt / dominierend
individualisierte Verbände

K-Strategie-fördernde Bedingungen in der Umwelt
Umwelt-Bedingungen relativ konstant; langfristig aber veränderlich
von der Popuations-Dichte abhängige Sterberate
gesättige Habitate / Umwelt-Kapazität ausgenutzt
ältere Habitate / Ökosysteme
geringe räumliche Ausbreitung (begrenzte Habitate)
relativ großer Anspruch auf ein Terretorium

Beispiele:
Bären, Biber, Wale, Primaten, Menschen, Maubrüter (Fische), Seepferdchen (Fische),

Zwischen r- und K-Strategien gibt es in der Natur alle möglichen Übergänge.
demographische Effekte werden später (→ 3.2.1.5.2. Überlebens-Kurven – Lebens-Tafeln) erläutert



Überlebens-Kurven verschiedener Organismen(-Typen) / Fortpflanzungs-Strategien
Q: de.wikipedia.org (Kuebi)

Simulation der verschiedenen Modelle mit deterministischen oder stochastischen Verfahren

Prüfung der Simulations-Ergebnisse an und mit der Praxis bringt meist recht gute Ergebnisse für die prinzipiellen Zusammenhänge und langfristige Effekte. Im Detail weichen Praxis-Werte immer mehr oder weniger von den Simulations-Ergebnissen ab, da die verwendeten Modelle immer (bewußte) Vereinfachungen sind. Die Modelle blenden immer bestimmte Faktoren aus,

entweder weil sie nicht bekannt sind oder weil sie zuerst einmal als nicht so relevant eingeschätzt werden. Erst wenn die Simulations-Ergebnisse zu stark von der Praxis abweichen, dann wird das Modell ev. durch weitere Details ergänzt.

Definition(en): K-Strategie
Die K-Strategie ist eine Fortpflanzungs-Strategie, die über eine gezielte Ausnutzung der Kapazitäten (K) des Biotops gesteuert sind. Die K-Strategen produzieren relativ wenige, aber gut betreute Nachkommen.

Kennzeichen / Merkmale	**r-Strategie (r-Selektion)**	**K-Strategie (K-Selektion)**	
Fortpflanzungs-Rate (r)	**hoch**	gering	
Population an der Kapazitäs-Grenze lebend	selten nein	**ja**	
Anzahl der Nachkommen	groß	klein	
Lebendauer	gering	hoch	
Sterblichkeit der Nachkommen	hoch	gering	
Zeit bis zur Geschlechtsreife	kurz	lang	
Zeitpunkt der 1. Reproduktion	früh	spät	
Zeitdauer zwischen zwei Reproduktions-Zyklen	gering (ev. überlappend)	groß (ev. keine weiteren)	
Größe der Nachkommen bzw. der Eier	klein	groß	
Größe bzw. Leistungsfähigkeit des Gehirns	klein	groß	
Fürsorge der Eltern Brutpflege	gering od. keine	hoch bzw. sehr ausgeprägt	
Selbstständigkeit der Nachkommen	hoch	gering	
Sterblichkeits-Rate (gesamt)	hoch	gering	
Mutations-Anfälligkeit	hoch	gering	
Anpassung an geänderte Umwelt-Bedingungen	gut schnell	schlecht langsam	
Besiedlung neuer Lebens-Räume	gut schnell	schlecht langsam	
Beispiel(e)	***Hering, Ameisen Bienen***	***Mensch, Wale Bären, Biber Affen***	

Beispiel: Feldmaus *(s) Microtus arvalis*

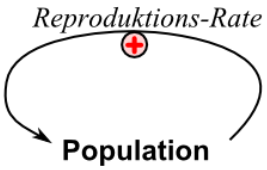
Merkmal / Eigenschaft / Kenngröße	Wert
Lebenserwartung	2 a
Gewicht	20 – 30 g
Nahrungs-Bedarf	10 g [Trockengewicht] / d
Getreide -Verbrauch	2 – 3 kg / a
Geschlechtsreife der ♀♀	nach 13 d
Tragzeit	20 d
Wurf-Größe	4 – 6 (- 12)
Wurf-Anzahl	9 – 10 / a
Saugzeit	17 – 20 Tage
erneutes Decken nach Wurf	sofort

Q: /37, S. 329 (nach ESCHENHAGEN, 1991)/

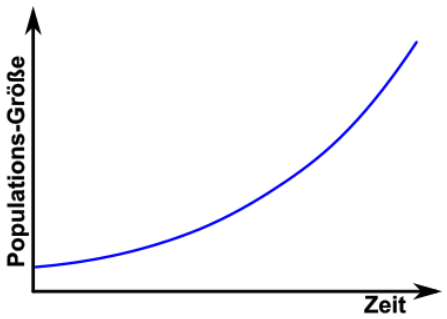
Definition(en): Gefüge
Ein Gefüge ist ein Netzwerk von Ursachen und Wirkungen.
Ein Gefüge ist ein Kausal-Netzwerk.

3.2.1.1. (ungebremste / unbegrenzte) Populations-Entwickung

klassischer Aufschwung-Kreis, Wachstums- bzw. Eskalations-Kreis
für Population gibt es (zuerst einmal) keine Begrenzungen in ihrer Dynamik



wegen dem resultierenden Graph auch exponentielles Wachstum genannt



Für den Populations-Zuwachs ist die Geburten-Raten N (Natalität) verantwortlich:

$$Pop_{t+1} = Pop_t + Pop_t \cdot N$$

Der Nachteil dieser einfachen Formel ist die Zeit- bzw. Simulation-Abhängigkeit der Natalitäts-Rate.
Wir können immer nur Populations-Größe / -Dichte für den Simulations-Takt berechnen.
Kennt man z.B. nur die Natalität für den Zeitraum von einem Jahr, dann sind verlässliche Berechnungen eben auch nur für Jahres-Takte möglich.
(Wir befinden uns hier auf der Ebene von analytischen Modellen (→ analytische Modelle).)

Für realistischere Simulationen ((echte) Simulations-Modelle → Simulations-Modelle) verwendet man Differential-Gleichungen. Damit lassen sich die Populations-Größen / -Dichten zu jedem beliebigen Zeitpunkt berechnen.
Differential-Gleichungen sind aber lange nicht so einfach zu berechnen und bringen meist bei so einfachen und allgemeinen Betrachtung keine Vorteile.

$$dPop = N \cdot dt$$

bzw.:

$$\frac{dPop}{dt} = N$$

alle Individuen, die zu einem bestimmten Zeitpunkt (oder in einem Zeitfenster) geboren sind, nennt man Kohorte

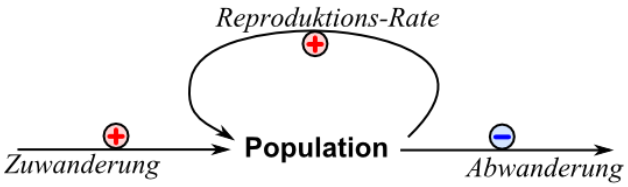
Aufgaben:

1. ***Wie kommt man von eine Differenzen-Gleichung zu einer differentierten Form? Lassen Sie sich das Prinzip der Differential-Gleichung von einem Kurs-Teilnehmer erklären, der auch einen Mathematik-Kurs mit erhöhtem Anspruch belegt hat!***
2. ***Lassen Sie sich mit einem Tabellenkalkulations-Programm einen Graphen für eine Modell-Population (ohne Beschränkungen) zeichnen!***
3. ***Wenn Sie es nicht schon gemacht haben, verbessern Sie die Kalkulation so, dass über der Daten-Tabelle die Ausgangs-Population und die Natalität eingeben kann! Experimentieren Sie mit verschiedenen Parameter-Kombinationen!***

3.2.1.2. unbegrenzte Populations-Entwickung mit Zu- und Ab-Wanderung

Migration

Imigration + Emigration



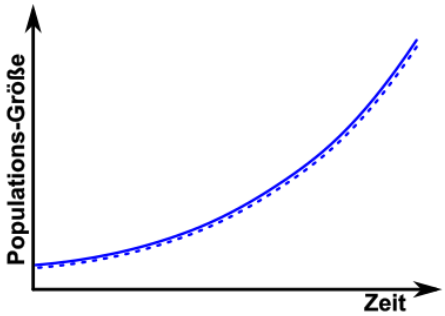
Modell
Emigration und Immigration gleich groß

$$Pop_{t+1} = Pop_t + Pop_t \cdot N + Immi - Emi$$

für eine von der Populations-Größe oder –Dichte abhängige Emigration ändert sich die Berechnungs-Formel nur geringfügig:

$$Pop_{t+1} = Pop_t + Pop_t \cdot N + Immi - Pop_t \cdot ER$$

dabei ist ER nun die Emigrations-Rate (im Vergleich zu Emi – der Anzahl emigrierter Populations-Mitglieder)



Populations-Dynamik mit Migration;
Modell der exponentiellen Entwicklung
als gestrichelter Graph

bei den klassischen Modellen werden Emigration und Immigration meist nicht betrachtet bzw. als gleich groß betrachtet

Definition(en): offene Population
Eine offene Population ist eine Population mit Zu- und Abwanderung.

Definition(en): geschlossene Population
Eine geschlossene Population ist eine Population ohne Zu- und Abwanderung.

Definition(en): Migration
Migration (Tierwanderung) sind die (gerichteten) Zu- und Abwanderungsbewegungen von Teilpopulationen in ein Populations-Territorium.
Migration ist die (saisonalen) Bewegung von Organismen (zumeist Tiere) über größere Entfernungen (deutlich über Reviere, … hinaus), um optimale Lebens-Bedingungen vorzufinden.

Tierwanderungen finden neben der Reaktion auf Konkurrenzdruck und Veränderungen von Ressourcen auch zu Paarungs-Zwecken statt
z.B. Aale, Lachse, Wale, Schildkröten, Kröten, Wander-Falter (Monarch-Falter)
Bei Massen-Einwanderungen z.B. Wander-Heuschrecken spricht man auch von Invasionen. Sie erhöhen den Konkurrenzdruck sehr stark und führen meist zum extrem schnellen Aufbrauchen der Ressourcen.
Emigrationen finden vorrangig bei steigendem Konkurrenzdruck oder dem Versiegen von Ressourcen statt
z.B. Wanderungen der Lemminge

Definition(en): Immigration
Immigration ist die Einwanderung einer externen Teil-Population in eine Bestands-Populations.

Definition(en): Emigration
Emigration ist die Auswanderung einer Teil-Population aus der Bestands-Population in externe Lebensräume.

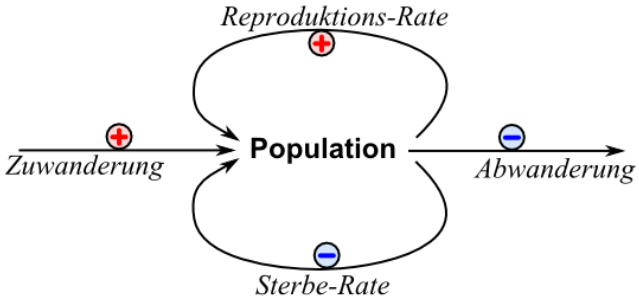
Definition(en): Migrations-Rate
Die Migrations-Rate beschreibt den Anteil der (ein- und aus-)wandernden Individuen bezüglich der Gesamtpopulation.

Aufgaben:

1. *Wie verändern sich der Graph für die Populations-Dynamik für die folgenden Situationen?*
   a) *Emigration ist größer als die Immigration*
   b) *Immigration ist größer als die Emigration*
   c) *Emigration ist von der Populations-Größe abhängig (zu Beginn sind Immigration und Emigration gleich groß)*

3.2.1.3. prinzipielle Populations-Entwickung

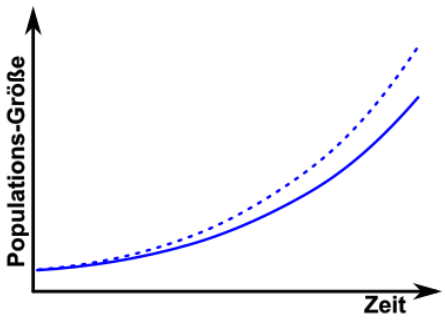
unterer Teil ist typischer Abschwung-Kreis (Deeskalations-Kreis)
insgesamt (Eskalations- und Deeskalations-Kreis) ergeben Gleichgewichts- bzw. Stabilisierungs-Kreis)
typisches Fließ-Gleichgewicht (wenn Zu- und Abwanderung und die Raten gleichgroß sind; meist nur über lange Zeiträume in der Natur erreichbar)



unter der üblichen Modell-Annahme, dass Zu- und Abwanderung gleich groß ist und somit vernachlässigt werden kann, gilt:

$$Pop_{t+1} = Pop_t + Pop_t \cdot N - Pop_t \cdot M$$

wobei M die (natürliche) Sterberate (Mortalität)



Will man wieder Differential-Gleichungen einsetzen, dann laut diese:

$$dPop = (N - M) \cdot dt \qquad \text{bzw.:} \quad \frac{dPop}{dt} = N - M$$

3.2.1.4. begrenzte Populations-Entwicklung / Populationen und Ressourcen

logistisches Wachstum

intraspezifische Konkurrenz
vorrangig um Nahrungs-Quellen
aber auch um Fortpflanzungspartner

Eigenschaften der innerartlichen Konkurrenz

- letztendlicher od. ultimativer Effekt (ist der durch die Konkurrenz verringerte Beitrag eines Individuum zur nächsten Generation (/zu allen nachfolgenden Generationen)
- die Ressource um die konkurriert wird, ist limitiert (begrenzt)
- Reziprozität (die innerartliche Konkurrenz wirkt sich gleichermaßen begrenzend auf alle Individuen aus)
- Dichte-Abhängigkeit

Definition(en): Umweltwiderstand
Unter dem Umweltwiderstand versteht man alle die Populations-Größe bzw. –Dichte eingrenzenden / beschränkenden Faktoren.

Begrenzend wirken die verschiedensten Umwelt-Widerstände und Kapazitäten bzw. Ressourcen. Die wichtigste – und praktisch immer begrenzte – Ressorce ist sicher die Nahrung für die Population. Unendliche neue Lebensräume ("große unbewohnte Inseln") sind eben ein Traum. Für uns waren sie eine gut geeignete Modell-Vorstellung, aber dadurch sind die Modelle wenig Praxis-tauglich.

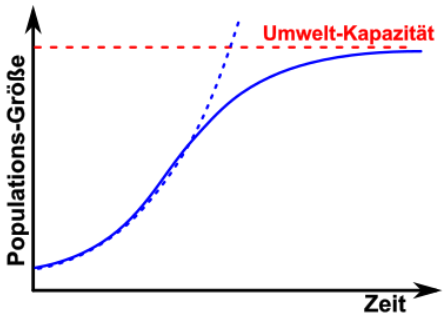
$$dPop = \left(r \cdot Pop_t - \frac{r}{K} \cdot Pop_t^2\right) dt \qquad \text{bzw.:} \quad \frac{dPop}{dt} = r \cdot Pop_t - \frac{r}{K} \cdot Pop_t^2$$

Diese Formel stammt von Pierre-François VERHULST (1804 – 1849).
Der begrenzende Faktor wird in den Modellen meist als Kapazität eingeführt. Dabei ist die Kapazät K die für die betrachtete Ressource mögliche Populations-Größe.
Wenn wir z.B. die Kanninchen auf einer großen Insel betrachten, dann ist die Kapazität die Anzahl der Kanninchen, die durch die vorkommende Nahrung (Ressource) ernährbar sind.
Es ist nicht die Menge an Nahrung! Diese ist meist nicht nur Zahlen-mäßig größer, sondern vor allem stellt sie viel mehr Biomasse dar (siehe dazu genauer → 4.2.1. Nahrungsbeziehungen).

Die numerische Lösung (nach Integration) ist auch schon etwas komplexer:
Eine Zuordnung von Teil-Funktionen zu biologischen Sachverhalten ist praktisch nicht mehr möglich.

$$Pop_t = \frac{1}{\left(\frac{1}{Pop_0} - \frac{1}{K}\right) \cdot e^{-rt} + \frac{1}{K}}$$

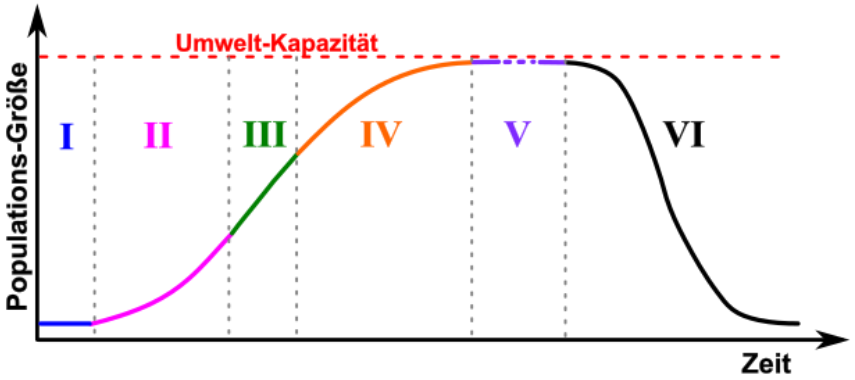
Simulationen ergeben dann immer die typischen S-förmigen / sigmoiden / logistischen Graphen.



Populations-Dynamik mit einer Kapazität;
Modell der exponentiellen Entwicklung
als gestrichelter Graph

Betrachtet man den logistischen Graphen genauer, dann lassen sich mehrere Abschnitte / Phasen charakterisieren.

Phase I; lag-Phase
Anlauf-Phase, Phase des verlangsamten Wachstums, auch Null-Wachstum
ist in der Praxis dadurch bestimmt, dass die betrachtete Population erst anfängt, sich fortzupflanzen
in den klassischen Modellen entfällt diese Phase in den meisten Fällen, da hier keine Effekte zu beobachten sind



Abschnitte des logistischen Wachstum

Phase II; log-Phase
zeitweise expotentielles Wachstum
der begrenzende Faktor – die Ressource spielt bei der aktuellen Populations-Größe / -Dichte keine Rolle
es ist genug für alle da
die Population entwickelt sich ungebremst (exponentiell)

Phase III; lin-Phase
lineares Wachstum
nahe am Wende-Punkt sind die Steigerung der Populations-Größe / -Dichte durch Geburten sowie die Begrenzung durch Ressource ungefähr gleich groß, die Population wächst scheinbar linear
nur ein sehr schwacher Effekt der begrenzenden Faktoren zu beobachten

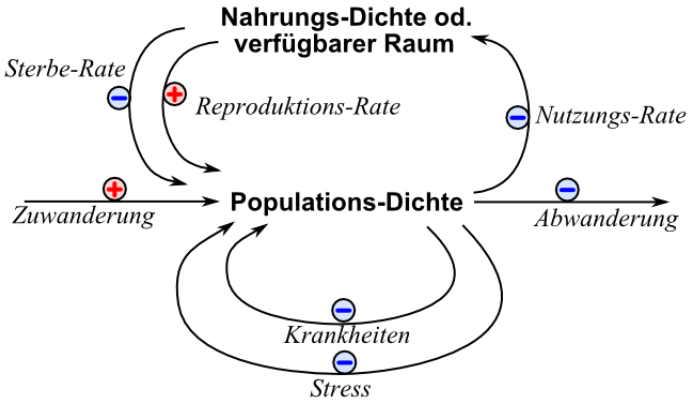
Phase IV
verzögertes Wachstum
die begrenzende Ressource beginnt merklich zu wirken, z.B. wird Nahrung oder Platz knapper
noch ist für alle genug da, aber der eine oder andere findet nicht mehr ganz so optimale Bedingungen vor

Phase V
stationäre Phase
die Population befindet sich in einem dynamischen Gleichgewicht

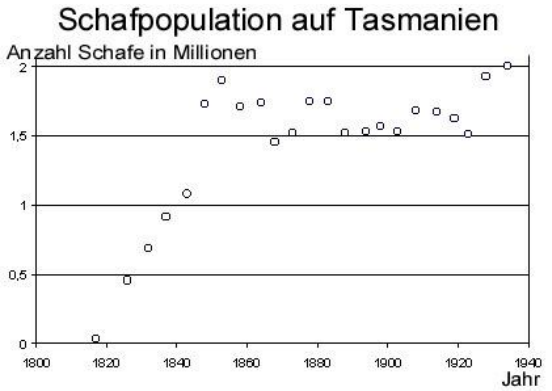
die Natalität hält sich mit den begrenzenden Effekten (Mortalität + Ressourcen) im Gleichgewicht

Phase VI
Absterbe-Phase
ist für bestimmte Situationen relevant, wenn z.B. die Ressource aufgebraucht ist und nicht regeneriert wird. Das könnte z.B. ein Gär-Ballon (Fermenter) sein, bei dem der Zucker der Weintrauben aufgebraucht ist.
Es können aber auch Folge-Vorgänge eine Rolle spielen. Im Fall des Gär-Ballon's sterben die Hefe-Zellen auch ab, wenn der Alkohol-Gehalt zu groß wird (meist um 10 – 14 Vol.%).
Die Hefe-Zellen vergiften sich praktisch selbst.

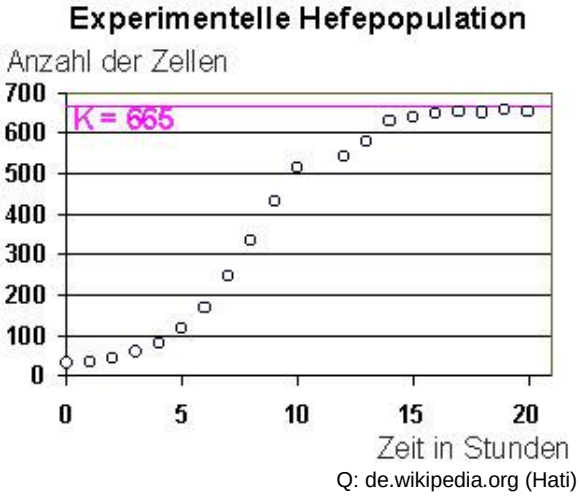
Das Modell lässt sich schrittweise um weitere Faktoren und Effekte erweitern.
Je mehr Faktoren im Spiel sind, umso schwieriger wird es, die Populations-Entwicklung voraus zu sagen. Trotz aller Schwankungen ergeben sich meist aber Systeme, die relativ stabil sind und nicht zusammenbrechen.
Für viele Untersuchungen benutzt man standardisierte Modelle zum Vergleich, um dann spezielle Einflüsse genauer erkennen.



Wie realistisch die Modelle sind, zeigt sich in der Überprüfung mit Praxis-Daten.
Legt man z.B. in die Daten aus der Analyse der Schaf-Population in Tasmanien eine Ausgleichs-Kurve, dann werden einzelne Abschnitte aus dem Modell-Graphen ersichtlich.
Die Schwankungen ergeben sich aus vielen Ursachen. Wichtige Gründe sind die natürliche Verzögerung in Nahrungs-Ketten sowie klimatische Effekte.
Um solche natürlichen Daten nachzuvollziehen, greift man dann meist auf stochastische (nicht-deterministische) Modelle zurück.
Diese zeigen dann mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit solche oder ähnliche Dynamiken.
Dichter am Modell sind Labor-Untersuchungen. Hier entsprechen die Modelle eher den vorgefundenen Praxis-Daten.
Die Kapazität K ist dabei das Wirk-Ergebnis von allen vorhandenen Faktoren.



Q: de.wikipedia.org (Hati)



Q: de.wikipedia.org (Hati)

Die Kapazität – hier K = 665 – ist die in Zellen umgerechnete Beschränkung des System's. Nur soviele Zellen kann das System tragen.

Aufgaben:

1. *Bestimmen Sie die Kapazitäts-Grenze für die Schafs-Population!*
2. *Erstellen Sie aus dem Fließdiagramm (der begrenzten Entwicklung) eine numerische Berechnungs-Formel für die Populations-Größe!*
3. *Passen Sie die Formel so an, dass die Populations-Dichte berechnet wird!*
4. *Wiederholen Sie die Prozesse der alkoholischen Gärung (ausgehend vom Zucker)!*
5. *Informieren Sie sich, wie man z.B. aus süßem Obst (z.B. Pflaumen) zuhause einen Obstwein herstellt! Warum muss eigentlich der Ballon mit einem Gär-Aussatz versehen werden? Wie hoch wird der Ethanol-Gehalt werden, wenn man keine speziellen Hefe-Kulturen zusetzt, sondern die natürlichen Hefen auf dem Obst ausnutzt?*
6. *In einem Gär-Ballon wurde Wein mit Dessert-Weinhefen angesetzt. Diese Hefen können bis zu 18 Vol% Ethanol produzieren. Der Zucker aus den Trauben (schlechte Ernte) reicht für 12 Vol.% Ethanol.*
   a) *Wie könnte man die Ethanol-Produktionen steigern? Prüfen Sie, ob das von Ihnen vorgeschlagene Vorgehen für verkäuflichen Dessert-Wein zulässig ist!*
   b) *Erstellen Sie ein Diagramm, aus dem die Populations-Dichte über den gesamten Verlauf im Ballon ersichtlich wird!*
   c) *Erstellen Sie ein vergleichbares Diagramm über den Verlauf des Alkohol-Gehalt's!*
7. *Recherchieren Sie – z.B. auf Wikipedia – wie man von der Differential-Gleichung zur nummerischen / integrierten Lösung kommt!*
8. *Eiswein ist ein vergleichsweise doppelt so teurer Wein. Er wird aus Trauben produziert, die solange an den Rebstöcken bleiben, bis sie Frost bekommen haben. Sie sollen nun entscheiden, ob Sie doppelt so teuere Dessert-Weinhefe oder einfache Weinhefe einsetzen wollen! Wie entscheiden Sie sich? Begründen Sie Ihre Position!*

experimentelle Daten für die innerartliche Konkurrenz für ausgewählte Ackerkräuter (nach PALMBLAD (1968))

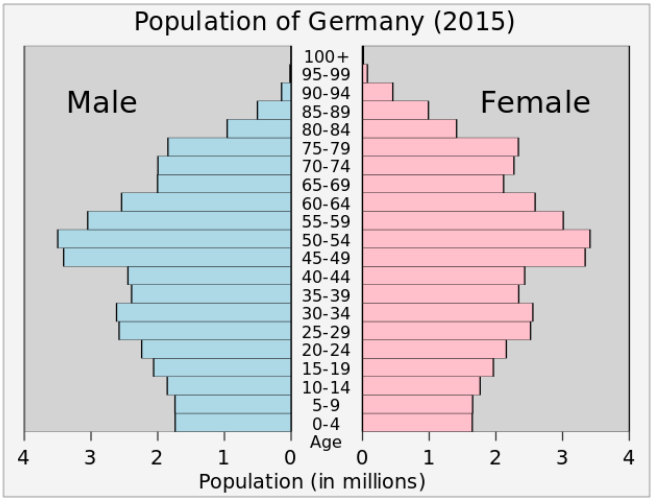
Art	***Hirtentäschel*** *Capsella bursa-pastoris*					***Breitwegerich*** *Plantago major*					***Kanadisches Berufkraut*** *Conyza canadensis*				
Einsaat-Dichte	1	5	50	100	200	1	5	50	100	200	1	5	50	100	200
Keimung [%]	100	100	83	86	83	100	100	93	91	90	100	87	56	54	52
Mortalität [%]	0	0	1	3	8	0	7	6	10	24	0	0	1	4	8
Reproduzierende (Rep.) [%]	100	100	82	83	73	100	93	72	62	34	100	87	51	42	36
Vegetative [%]	0	0	0	0	2	0	0	15	29	32	0	0	4	8	8
durchschn. Trockengewicht [g]	2,01	3,44	4,83	4,51	4,16	8,05	11,09	13,06	13,74	12,57	12,70	17,24	17,75	16,66	18,32
mittlere Samen-Zahl [1/Rep.]	23.741	6.102	990	451	210	11.980	2.733	228	126	65	55.596	13.710	1.602	836	534
Gesamt-Samen-Anzahl	23.741	30.509	40.311	37.196	30.074	11.980	12.670	8.208	6.552	4.420	55.596	59.625	40.845	35.264	38.376
$k_{Keimung}$	0,00	0,00	0,08	0,07	0,08	0,00	0,00	0,03	0,04	0,05	0,00	0,06	0,25	0,27	0,28
$k_{Mortalität}$	0,00	0,00	0,01	0,02	0,04	0,00	0,03	0,03	0,05	0,13	0,00	0,00	0,01	0,03	0,08
$k_{vegetativ}$	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,08	0,19	0,29	0,00	0,00	0,03	0,08	0,08
$k_{Fekundität}$	0,00	0,59	1,38	1,72	2,05	0,00	0,64	1,72	1,98	2,27	0,00	0,61	1,54	1,82	2,02
k_{gesamt}	0,00	0,59	1,47	1,81	2,19	0,00	0,67	1,86	2,26	2,74	0,00	0,67	1,83	2,20	2,46
weitere Merkmale	ein- bis zweijährig, Kreuzblütler traubiger Gesamtblütenstand (12 –) 20 – 40 Samenanlagen je Fruchtknoten, ungeflügelte Samen					mehrjährig ähriger Blütenstand Früchte enthalten rund 30 Samen Wind- u. Tierstreuer					ein- bis zweijährig, Korbblütler rispiger Gesamtblütenstand 50 – 65 Einzelblüten je Korbblüte Windverbreiter				
	 Q: de.wikipedia.org (??? Smartbyte)					 Q: de.wikipedia.org (Frank Vincentz)					 Q: de.wikipedia.org (Michael Becker)				

Daten-Q: /33 , S. 58, de.wikipedia.org/

(c,p) 2011 – 2025 lern-soft-projekt: drews

3.2.1.5. demographische Betrachtungen von Populationen

Bei der genauen Untersuchung von Populationen interessieren nicht nur die Gesamtzahlen der Population, sondern auch deren Zusammensetzung. Am Verbreitesten ist die Analyse nach Altersgruppen. Es lassen sich aber auch andere Kriterien für Gruppen- bzw. Kohorten-Bildungen verwenden. Dazu gehören z.B. Entwicklungs-Stadien (Säuglinge, Kleinkinder, Kinder, …) oder Funktions-Gruppen (z.B. bei den Bienen: Bau-Biene, Sammen-Biene, Kundschafterin, …).
Auch eine Folge von Stadien einer Erkrankung (Gesunde, Infizierte, Erkrankte, Immune), wie wir sie schon besprochen haben (→ 3.2.1. Ein-Spezies-Modelle / -Betrachtungen) sind für demographische Betrachtungen interessant.
Klassisch werden die Alters-Kohorten hintereinander betrachtet.
Gemeinsam ist allen Diagrammen, dass es eine Reihenfolge von unten nach oben gibt. Beim Alter oder altersbedingten Entwicklungs-Gruppen ist das i.A. gegeben.
Gerne werden Alters-Pyramiden für die Darstellung der Zusammensetzung einer Population genutzt.
Der allgemeine Aufbau ist schnell erklärt. Auf der zentralen vertikalen Achse (y-Achse) werden die Altersgruppen (Kohorten) aufgetragen. Zumeist werden die weiblichen und männlichen Individuen einzeln erfasst und beidseitig von der vertikalen Achse als Balken-Diagramm dargestellt.



Alters-Pyramide für Deutschland (2015)
Q: de.wikipedia.org (Kmf164)

Je nach Daten-Material werden entweder die exakten Anzahlen oder die relativen Anteile dargestellt.
Für die menschliche Population auf der Welt, in einzelnen Staaten, Städten und kleinen Gemeinden sind solche Pyramiden fast immer gut erstellbar, da zum einen genügend Daten zur Verfügung stehen und zum anderen ein erhöhtes Interesse an der Auswertung der Daten besteht.

Definition(en): Kohorte
Eine Kohorte ist eine definierte Gruppe einer Population.
Unter einer Kohorte versteht man Jahrgänge oder Gruppen von Jahrgängen einer Population.
Kohorten sind Rangstufen / Entwicklungs-Gruppen in Populationen.

Definition(en): Demographie
Demographie (Bevölkerungswissenschaft) ist die Wissenschaft, die sich statistisch und theoretisch mit Entwicklungen in der Bevölkerung und untergeordneten Gruppierungen beschäftigt.
Demographie ist die Wissenschaft, die sich mit der Dynamik einer Population / Bevölkerung beschäftigt.

abstrakte Modell-Formen:

a) lineare / klassische Pyramiden-Form

Auch als gleich-schenklige Dreiecks-Form bezeichnet. Grundlage dieses Modells ist eine gleichmäßig wirkende Sterbe-Rate über alle Kohorten hinweg. Geht man von einer bestimmten Geburtenzahl aus, dann hat von Kohorte zu Kohorte immer leicht reduzierte Mitglieder-Zahlen. Die Reduzierung wird eben durch die Sterbe-Rate (Mortalitäts-Rate) bestimmt. Da die Kohorten immer gleichmäßig kleiner werden, ergibt sich das Bild einer Stufen-Pyramide. Für vergleichende Betrachtungen benutzt man häufig nur die Hüll-Kurven.

Irgendwann ist die ursprüngliche Kohorte dann vollständig gestorben. Dieses repräsentiert die Pyramiden-Spitze. Heute finden wir menschliche Populationen mit klassischer Pyramiden-Alters-Verteilung in einigen Entwicklungs-Ländern, und ländlich, christlich-konservativen Staaten der USA. Für Deutschland und Östereich war um 1890 die Bevölkerungs-Verteilung eine Pyramide.

Die Pyramiden-Form ist eine Zeichen für optimale, gut eingestellte Verhältnisse in größeren und älteren Populationen in der freien Natur.

b) verbreiterte / modifizierte Pyramiden-Form / Pagoden-Form

Ist die Population durch eine steigende Geburten-Rate (Natalitäts-Rate) geprägt, dann ergibt sich eine veränderte Pyramiden-Form. Sie wird nach unten hin immer dicker. Die nachfolgenden Generationen / Kohorten sind immer größer als die vorlaufenden. Der Effekt wird noch durch eine früh-einsetzende und relativ große Sterblichkeit verstärkt.

In den meisten – sehr armen (Entwicklungs-)Ländern auf der Erde kann man genau diese Alterstruktur beobachten.

c) Bienenstock-Form

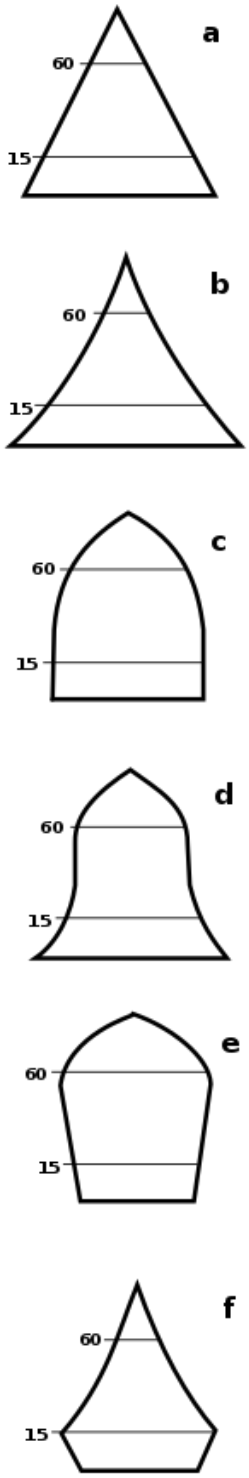
Kommt es erst im hohen Alter zu einer höheren (natürlichen) Sterblichkeit, dann sind die jüngeren Kohorten meist relativ gleichgroß. Typisch ist nur eine geringe Sterblichkeit (z.B. Erkrankungen, Unfälle, …).

Bevölkerungen, die wenig von besonderen Einflüssen (Kriege, Hungersnöte, Seuchen, …) beeinflusst wurden, bilden die "gesunde" / wünschenswerte Bienenstock-Form als Alters-Verteilung. Wenn sich die Geburtenzahlen in den nächsten Jahren weiterso entwickeln, dann sind die USA ein Staat, der dieses Demogramm erreichen kann.

Die Bienenstock-Form gilt unter Demographen als Ideal für menschliche Populationen.

d) Glocken-Form

Die Glocken-Form ergibt sich für Populationen, die nach langer optimaler Entwicklung, relativ plötzlich mit neuen Ressourcen, politischen oder ähnlichen Entwicklungen konfrontiert werden. Sie bieten z.B. neues Potential für eine erweiterte Populations-Entwicklung durch eine gesteigerte Natalität oder Überlebensrate in jungen Kohorten. Das kann z.B. das Überstehen eine Seuche, die Eroberung neuer Ressourcen / Ländereien oder die Förderung von Familien und Kindern sein.



typische Formen von Alters-Strukturen
Q: de.wikipedia.org (Rosso Robot)

e) Zwiebel- / Urnen-Form

Die Urnen-Form wird auch als überspitzte Zwiebel-Form bezeichnet. Besonders charakteristisch ist ein hoher Anteil älterer Kohorten. Solche Alters-Verteilung findet man in Industrie-Staaten, reicheren (Entwicklungs-)Ländern oder Ländern mit restriktiver Geburten-Kontrolle. Zumeist ergibt sich nach und nach im unteren Bereich eine Säulen-artige Hüllkurve.
Im Extremfall wird der Überhang in den älteren Kohorten so groß, dass eine **Pilz**-Form entsteht. Soe einen Effekt haben z.B. die Baby-Boomer (besonders Geburten-starke Jahrgänge 1955 - 69) in der Alters-Verteilung von Deutschland verursacht.

f) Tannenbaum- / Tropfen-Form

Die Tannenbaum- bzw. Tropfen-ähnliche Alters-Verteilung ergibt sich in speziellen Populationen. Dazu gehören z.B. Szene-Städte oder Innenstädte. Diese sind besonders für junge Leute interessant. Sie leben mehr oder weniger alleine (Alleinstehende) und haben kleine Kinder. Ältere Personen – dann auch als Familie mit Kindern – werden in die Rand-Städte oder ländlichen Räume verdrängt.

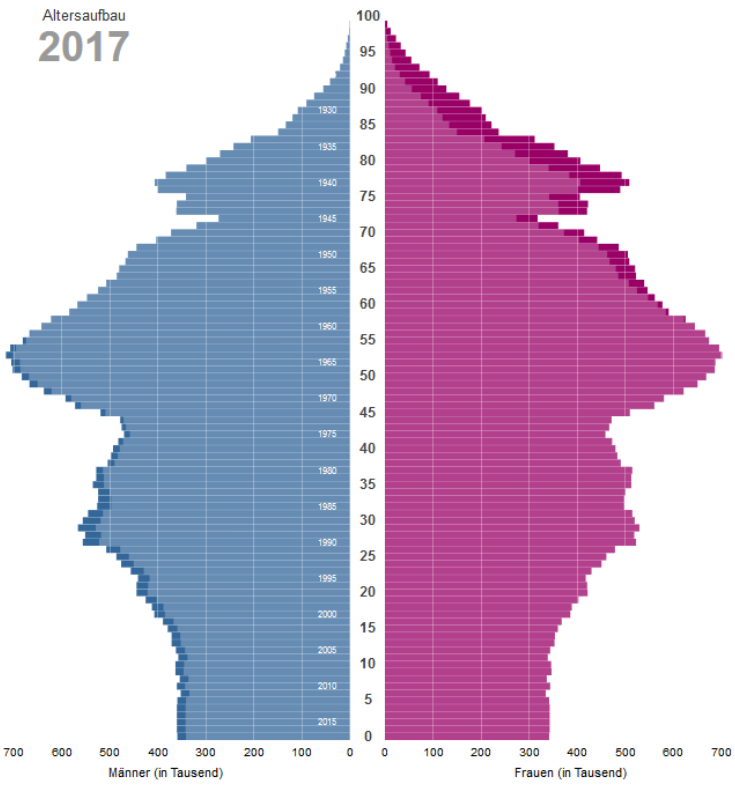
Die Zwiebel- und die Tannenbaum-Form sind keine stabilen Alters-Verteilungen und gehen meist in andere Formen über. In Menschen-Populationen wird vielfach die typische Reihe:

a → b → f → c → e

beobachtet.

Aufgaben:

1. ***Skizzieren Sie sich die Alterpyramiden der oben erwähnten Folge nebeneinander!***
   Kennzeichnen Sie sich bestimmte ausgewählte Kohorten, die Sie Modell-mäßig verfolgen wollen! Erklären Sie, wie sich diese Reihe entwickeln kann!
2. ***Das Statistische Bundesamt Deutschland gibt für das Jahr 2017 eine Vorausberechnung der Bevölkerungs-Struktur aus der Modellsicht von 2015 an (siehe Abb.).***
   a) ***Ordnen Sie die Alters-Pyramide einer Grundform zu!***
   b) ***Interpretieren Sie die Alters-Pyramide!***
3. ***Machen Sie begründete Voraussagen über den Aufbau der Alters-Pyramide (für Deutschland) in 20 Jahren!***



koordinierte Bevölkerungsvorausberechnung für Deutschland (Modell von 2015)
Q: https://service.destatis.de/bevoelkerungspyramide/#!y=2017

(Hinweis: die farblich stärker hervorgehobenen Ränder stellen die Überhänge zum anderen Geschlecht dar.)

https://www.learner.org/wp-content/interactive/envsci/demographics/demog.html (online-Simulator (engl.))

Aufgaben:

1. ***Welche(s) Land / Länder haben eine mit Deutschland vergleichbare Bevölkerungs-Pyramide?***
2. ***Bilden Sie im Kurs 2-Personen-Team's, die sich jeweils mit einem Land beschäftigen! Bereiten Sie einen kleinen Vortrag zur Populations-Simulation für das gewählte Land vor!***
3. ***Experimentieren Sie mit den verschiedenen Modell-Parametern! Dokumentieren und Interpretieren Sie die Simulationen!***
4. ***Ist es möglich, dass in dem gewählten Land eine Bienenstock-Form für die Pyramide entsteht? Welche Modell-Parameter sind dafür notwendig? Wie könnten solche Parameter in der Praxis realisiert werden?***

3.2.1.5.1. Sterbe-Kurven – Sterbe-Tafeln

Ursprünglich für Versicherungen entwickelt sind Sterbe-Tafeln heute ein breit genutztes Arbeitsmittel in der Demographie. Mittlerweile werden die Sterbe.Tafeln auch für diverse Pflanzen und Tiere erarbeitet.
Für Versicherungen war es immer wichtig abzuschätzen, wie lange die einzelnen Individuen (statistisch) noch leben. Ihr wichtigster Wert in den Sterbe-Tafeln ist deshalb die durchschnittliche (Rest-)Lebenserwartung. Diese wird in einer etwas aufwendigeren Berechnung aus der Beobachtung der Sterbe-Fälle einer Population oder einer Kohorte (Sterbetafel-Bevölkerung) abgeleitet.
Die klassischen Sterbe-Tafeln (z.B. Statistisches Bundesamt (Destatis)) für die menschliche Bevölkerung haben den folgenden Aufbau.

vollendetes Alter in Jahren	Sterbe- / Überlebens-Wahrscheinlichkeit von Alter x bis x+1		Überlebende im Alter x	Gestorbene im Alter x bis x+1	von den Überlebenden im Alter x: bis zum Alter x+1 durchlebte	von den Überlebenden im Alter x: insgesamt noch zu durchlebende Jahre	durchschnittliche Lebenserwartung im Alter x in Jahren
x	q_x	p_x	l_x	d_x	L_x	T_x	e_x

Dabei wird von bekannten Sterbe- und Überlebens-Wahrscheinlichkeiten ausgegangen. Versicherungen können nicht ständig alle Daten neu erfassen. Sie verlassen sich auf die Statistik-Ämter, die die Sterbe-Fälle überwachen. Deshalb werden in der beobachtenden Demographie auch die Wahrscheinlichkeiten aus den Beobachtungs-Daten berechnet. Praktisch reicht es entweder die aktuell noch lebenden (l_x) oder die gestorbenen Kohorten-Mitglieder (d_x) zu erfassen. Alle weitern Werte lassen sich dann für eine bekannte Kohorten-Größe berechnen. Beim Menschen geht von 100'000 lebend Geborenen aus. Meist wird dabei gleich von Anfang nach Geschlecht getrennt gearbeitet.

vollendetes Alter in Jahren	Überlebende im Alter x	Gestorbene im Alter x bis x+1	Sterbe- / Überlebens-Wahrscheinlichkeit von Alter x bis x+1		von den Überlebenden im Alter x: bis zum Alter x+1 durchlebte	von den Überlebenden im Alter x: insgesamt noch zu durchlebende Jahre	durchschnittliche Lebenserwartung im Alter x in Jahren
x	l_x	d_x	q_x	p_x	L_x	T_x	e_x

Die Berechnungs-Formeln lassen sich natürlich jederzeit auch für andere Berechnungen umstellen.

Besonders interessant ist die Summe T_x. Sie stellt die noch verbleibenden Lebens-Jahre für die gesamte Kohorte dar. Aus dieser wird dann die durchschnittliche Rest-Lebenserwartung ermittelt.

$$l_0 = 100000$$

$$d_x = l_x - l_{x+1}$$

$$l_x = d_x + l_{x+1}$$

$$q_x = \frac{d_x}{l_x}$$

$$p_x = 1 - q_x$$

$$L_x = \frac{l_x + l_{x+1}}{2}$$

$$T_x = \sum_{y \geq x} L(y)$$

$$e_x = \frac{T_x}{l_x}$$

Aufgaben:

1. *Für die Dali-Bergschafe ((s) Ovis dalli) wurde ausgehend von 1'000 lebend geborenen Tieren die Sterbe-Fälle erkundet und eine Sterbe-Tafel abgeleitet.*
   Übernehmen Sie Daten und berechnen Sie (z.B. mit einer Tabellenkalkulation) die Lebenserwartung für die einzelnen Alters-Intervalle!
2. *Von den Dali-Bergschafen ((s) Ovis dalli) sind die folgenden Diagramme aus einer Sterbe-Tafel abgeleitet worden. Die Sterbe-Tafel ging von 1000 Neugeborenen aus. Interpretieren Sie die Diagramme! Ordnen Sie Diagramm 4 einem Vermehrungs-Strategie-Typ zu und prüfen Sie, ob diese Zuordnung passt!*

Alters-Intervall	Zahl der Gestorbenen im Intervall
0 – 0,5	54
0,5 – 1	145
1 – 2	12
2 – 3	13
3 – 4	12
4 – 5	30
5 – 6	46
6 – 7	48
7 – 8	69
8 – 9	132
9 – 10	187
10 – 11	156
11 – 12	90
12 – 13	3
13 – 14	3
x	d_x

Daten-Q: openstax.org (PDF: APbiology; S. 1599)

Diagramm 1

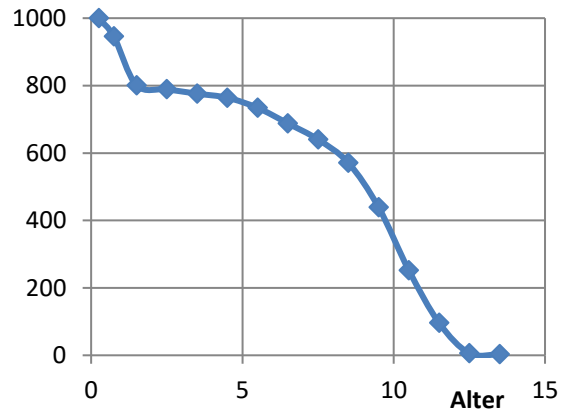


Diagramm 2

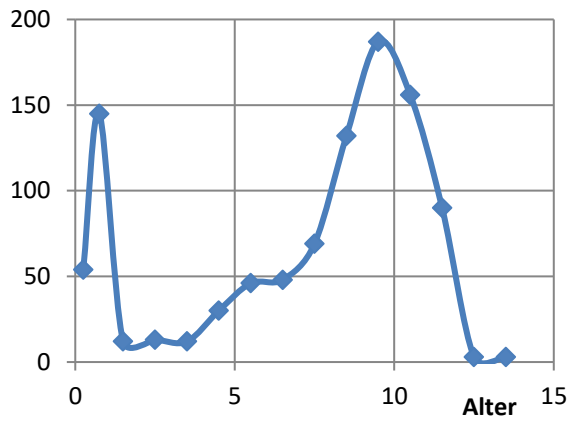


Diagramm 3

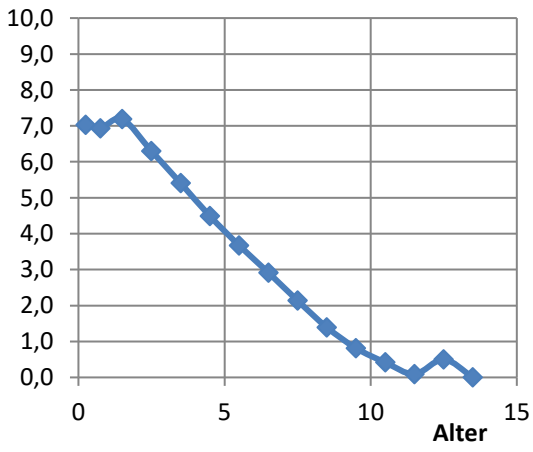
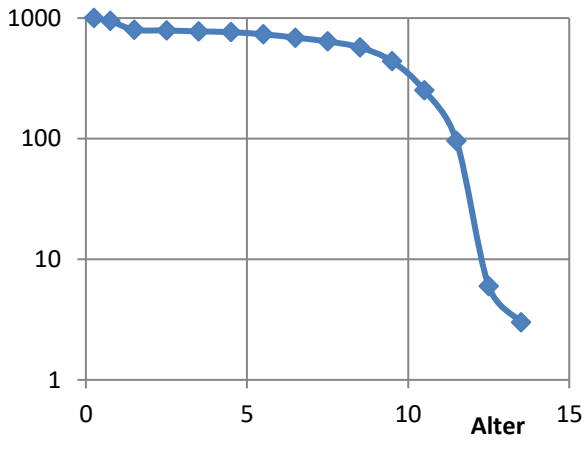


Diagramm 4

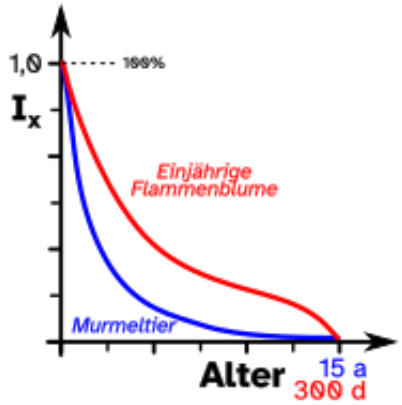


3.

3.2.1.5.2. Überlebens-Kurven – Lebens-Tafeln

Neben den Alters-Verteilungen über die gesamte Population hinweg, interessieren die Ökologen auch die individuellen Überlebens-Chancen. Daraus lassen sich Information über die maximale Lebens-Erwartung und die zwischen-zeitlichen Sterbe-Wahrscheinlichkeiten ableiten. Dabei werden Krankheiten, Parasiten-Befall, natürliche Unfälle usw. betrachtet, aber auch wie häufig ein Organismus mit einem bestimmten Alter zur Beute wird.

Oft sind die **Überlebens-Kurven** graphische Umsetzungen von **Kohorten-Lebens-Tafeln**. In ihnen werden tabellarisch die einzelnen Kohorten (Alters-Stadien) zahlen-mäßig erfasst.



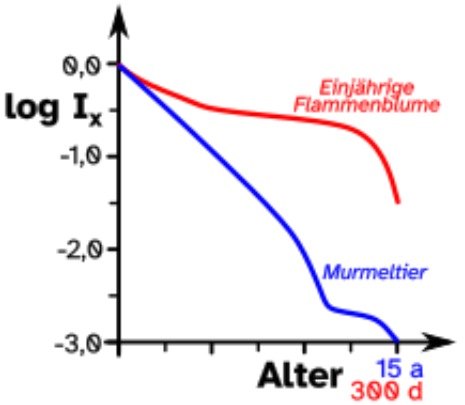
Die Überlebens-Kurven stellen den Zusammenhang zwischen dem überlebten Anteil der Ursprungs-Kohorte (Individuen-Zahl I) und deren Alter(s-Klasse) dar. Der jeweilige Anteil für eine Altersklasse x wird mit I_x bezeichnet.

In der Praxis haben sich zwei Darstellungs-Formen durchgesetzt. Bei der ersten wird die Individuen-Zahl I linear auf der y-Achse abgetragen, bei der zweiten der Logarithmus der Individuen-Zahl (log I).

Die direkte Darstellung der Individuen-Zahl zeigt die zeitliche Veränderung der Lebens-Erwartung bei den Organismen.

In der logarithmischen Darstellung sind dagegen Aussagen über die Veränderung der Sterblichkeit (Mortalitäts-Rate) mit zunehmendem Alter möglich.

In der Praxis haben sich drei Typen von Überlebens-Kurven herauskristallisiert.



nach Q: /43, S. 191/

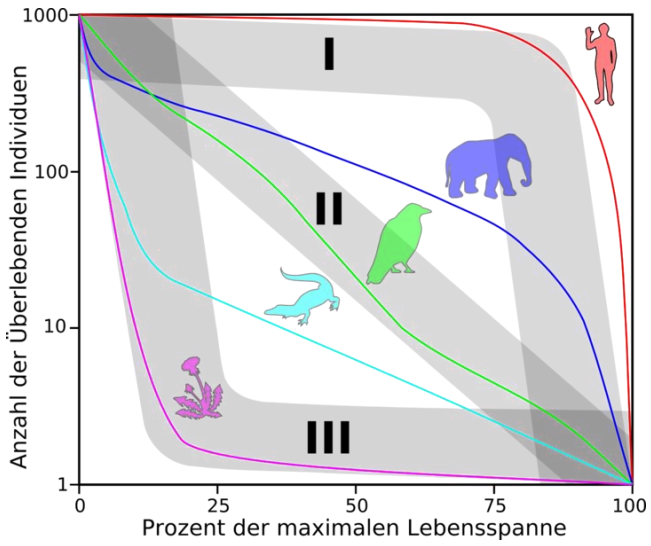
Für die meisten Tiere und Pflanzen ist eine relativ hohe Sterblichkeit in den frühen Lebens-Phasen typisch. Nach dem Erreichen einer bestimmten Größe / eines bestimmten Alters / Entwicklungs-Stand's wird das Sterblichkeits-Risiko kleiner und bleibt dann mehr oder weniger konstant.

Für Menschen ergibt sich eher eine hohe Sterblichkeit zum Ende des möglichen Alter's.

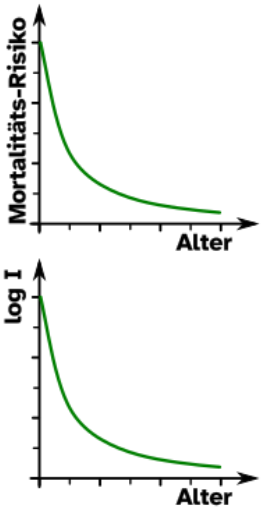
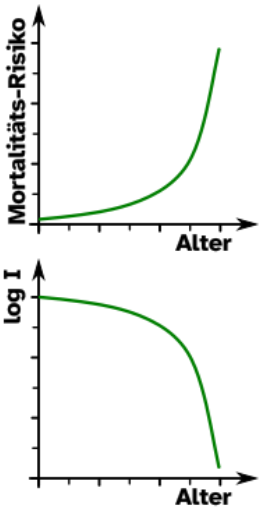
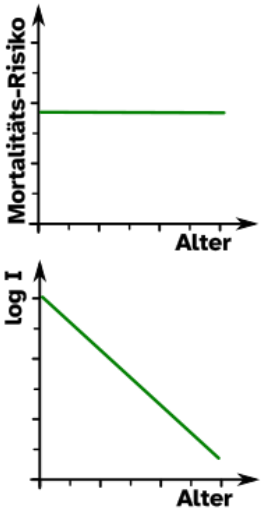
Eine nahezu konstante Sterblichkeit ergibt sich beim dritten Typ, der z.B. für eingelagerte Samen beobachtet wurde. Auch bei Vögeln beobachten wir eine gleichbleibende Sterblichkeit über das gesamte Leben hinweg.

Die drei Grund-Typen sind in der folgenden Tabelle noch einmal vergleichend dargestellt.

Die hier mit I und III beschrifteten Typen entsprechen den schon von uns charakterisierten Überlebens- bzw. Fortpflanzungs-Strategien (**r- und K-Strategie**) (→ Populationen und ihre Entwicklungs-Strategien).



Überlebens-Kurven verschiedener Organismen(-Typen) / Fortpflanzungs-Strategien
Q: de.wikipedia.org (Kuebi)

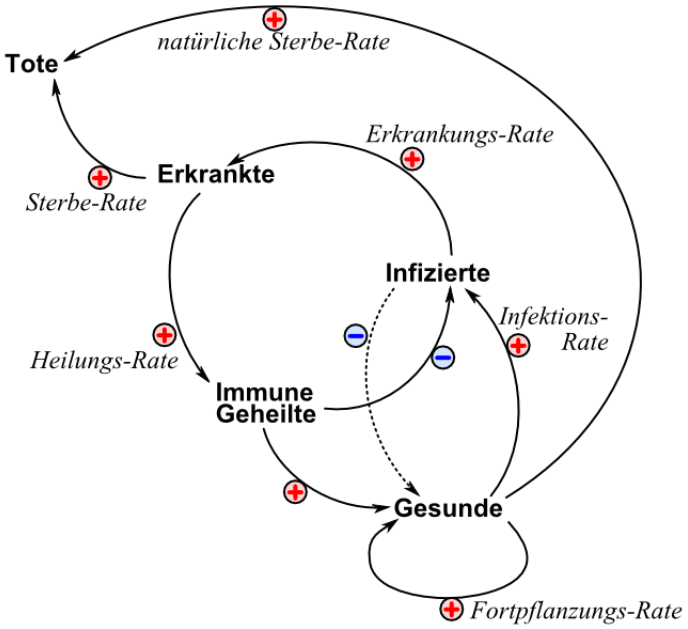
Typ III	Typ I	Typ II
		
typisch für die meisten Pflanzen und Tiere	z.B. Menschen, Primaten	z.B. eingelagerte Samen, Vögel
keine Brut-Pflege **r-Strategen**	mit intensiver Brut-Pflege **K-Strategen**	mit Brut-Pflege Übergangs-Strategen

3.2.1.6. Krankheiten / Infektionen

Ausbruch des Hanta-Virus' (Sin Nombre; Virus ohne Namen) 1993 im Südwesten der USA
besonders unter indigener Bevölkerung
offenbar hatten einige der Navajo-Heiler die Epidemie vorhergesagt
sie hatten Zusammenhänge zwischen Regenfällen und der der Mäuse-Population beobachtet

die Modelle für Infektions-Krankheiten müssen immer sauber definiert werden

typische Fragen sind:
Wie unterscheidet man genau Infizierte und Erkrankte?
Gibt es Infizierte, die ohne Erkrankung wieder in die Gruppe der Gesunden übergehen ODER sind diese Individuenen dann immun?
Sind Erkrankte nach Durchlaufen der Symptome dann immun?
Können Immune – z.B. nach einer bestimmten Zeit – wieder infiziert werden?



Aufgaben:

1. **Informieren Sie sich unter dem angegebenen Link über den "Ersten Ausbruch" und das Hanta-Virus selbst!**
   https://www.cdc.gov/hantavirus/outbreaks/history.html

Für ein umfassendes Verständnis der Zusammenhänge und der Wirkung einzelner Faktoren und Parameter sollte Modelle immer schrittweise entwickelt werden. Dann ist auch eine theoretische Prüfung der Simulations-Ergebnisse möglich. Dazu variiert man die Parameter und prüft dann, ob die Simmulationen die erwarteten Ergebnisse liefert.
Scheinbar falsche Ergebnisse müssen aber genau geprüft werden. Nicht immer sind die Vorstellungen und Erwartungen, die wir ansetzen wirklich die richtigen.

wichtige Parameter für die Beschreibung von Infektions-Risiken

Reproduktions-Zahl
oft auch Ansteckungs-Rate
gibt die durchschnittliche Anzahl an Organismen aus einer Nicht-immunen Population, die von einer Quelle infiziert werden / wurden

in Epidemien / Pandemien ist es das Ziel diese Zahl unter 1 zu drücken
schon geringe Veränderungen dieses Parameters bedeuten große Wirkungen auf das Seuchen-Geschehen

	Ausgangs-Pop.: 1'000 Inkubations-Zeit: 3 Tage		
Reproduk-tionszahl	**Infizierte nach**		
10,0			
2,0			
1,5			
1,2			
1,1			
1,0			
0,9			
0,8			
0,5			
0,1			

Verdopplungs-Zeit
beschreibt den Zeitraum, indem es zur Verdopplung der Infizierten kommt

https://www.learner.org/wp-content/interactive/envsci/disease/disease.html (online-Simulator (engl.))

"schöne" Modelle und Einstellungen

Lektion (Lesson)	**Erkrankung (Disease)**	**Populations-Dichte (Population Density)**	**Poplations-Mix (Population Mixing)**	**Geimpfte (Vaccinated)**
Virgin Field	Red Death	Medium	Medium	
Virgin Field	Red Death	Low	Medium	
Vaccination	Impfluenza	High	High	5 %
Vaccination	Impfluenza	High	High	50 %
Pandemic	Kold	Medium	Medium	10 %
Pandemic	Kold	Medium	Medium	20 %

Berechnungs-Modelle:

SI-Modell

→ Grund-Modell (ohne Genesung, …)
S(t) … Anzahl der zum Zeit-Punkt Gesunden (**S**usceptible (dt.: Anfällige))
I(t) … Anzahl der zum Zeit-Punkt Infizierten (**I**nfectious (dt. Angesteckte))
N … GesamtZahl der Individuen

Bedingungen:

- Population konstant (keine Toten, keine Geburten)
- Infizierte sofort ansteckend
- Gesunde erkranken mit der Rate a > 0
- (alle Klassen bleiben im biologisch sinnvollen Bereich: S(t) ≥ 0, endlich sowie I(t) ≥ 0, endlich)
- alle Gruppen interagieren (zufällig und) untereinander mit der gleichen Wahrscheinlichkeit

als Differential-Gleichungen:

S' = -a I S $\qquad \frac{dS}{dt} = -a \cdot \frac{S}{N} \cdot I$

I' = a I S $\qquad \frac{dI}{dt} = a \cdot \frac{S}{N} \cdot I$

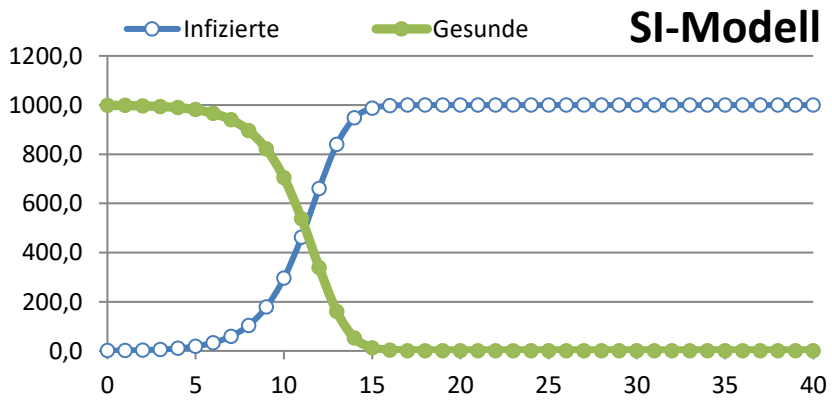
bei: $N = S + I$

numerische Gleichungen:

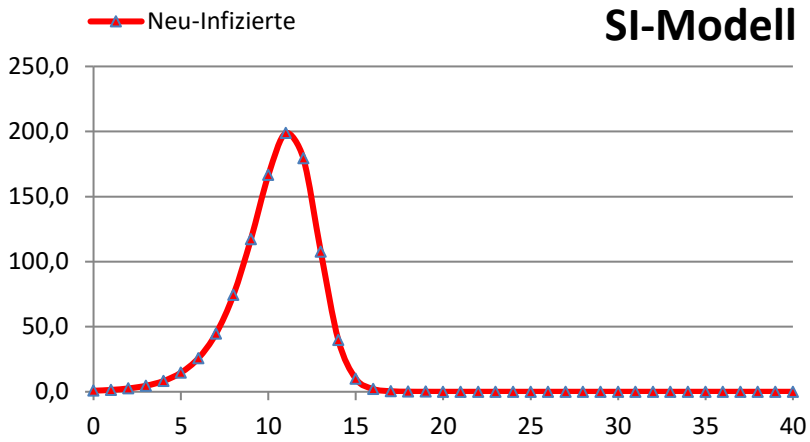
$\frac{\Delta S}{\Delta t} = -a \cdot \frac{S}{N} \cdot I$ $\qquad$ S(t+1) = S(t) + (-a * I(t) * S(t) / N(t))
= S(t) * (1 - a * I(t) / N(t))

$\frac{\Delta I}{\Delta t} = a \cdot \frac{S}{N} \cdot I$ $\qquad$ I(t+1) = S(t) + (-a * I(t) * S(t) / N(t))
= S(t) * (1 + a * I(t) / N(t))

Erkrankungs-Rate
a = 0,8



 (c,p) 2011-2025 lsp: dre



SIS-Modell

→ Grund-Modell mit Genesung (Rück-Übergang zu den Gesunden (Nicht-Infizierten))
S(t) … Anzahl der zum Zeit-Punkt Gesunden
I(t) … Anzahl der zum Zeit-Punkt Infizierten
N … GesamtZahl der Individuen

Bedingungen:

- Infizierte erholen sich mit der Rate b > 0
- sonst wie SI-Modell

als Differential-Gleichungen:

S' = -a I S + b I

$$\frac{dS}{dt} = -a \cdot \frac{S}{N} \cdot I + b \cdot I$$

I' = a I S - b I

$$\frac{dI}{dt} = a \cdot \frac{S}{N} \cdot I - b \cdot I$$

bei: $N = S + I$

numerische Gleichungen:

$$\frac{\Delta S}{\Delta t} = -a \cdot \frac{S}{N} \cdot I + b \cdot I$$

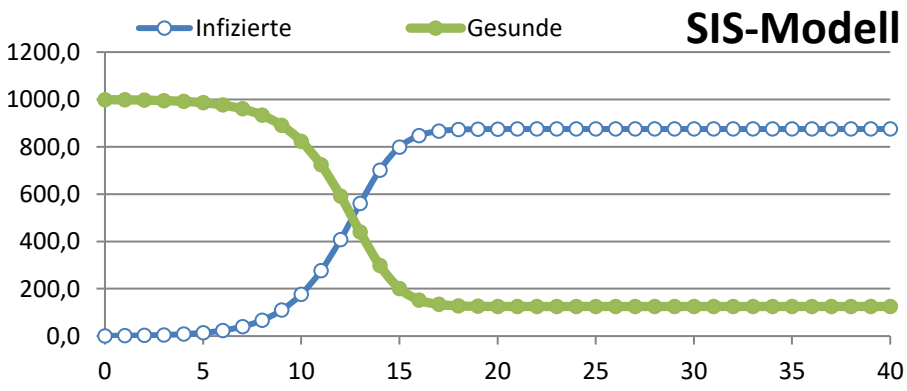
S(t+1) = S(t) + (-a * I(t) * S(t) / N(t)) + b * I(t)
= S(t) * (1 - a * I(t) / N(t)) + b * I(t)

$$\frac{\Delta I}{\Delta t} = a \cdot \frac{S}{N} \cdot I - b \cdot I$$

I(t+1) = S(t) + (-a * I(t) * S(t) / N(t)) - b * I(t)
= S(t) * (1 + a * I(t) / N(t)) - b * I(t)

Erkrankungs-Rate:
a = 0,8

Genesungs-Rate:
b = 0,1



Auf den ersten Blick würde man denken, das Modell bringt weniger Infizierte als das SI-Modell. Was aber schnell übersehen wird, ist der Fakt, dass beim SI-Modell die Populations-Gruppen

manifest sind. Hier handelt es sich um ein dynamisches Gleichgewicht. Einmal genesende Individuen können sich wieder infizieren und wieder gesunden usw. usf.

Aufgaben:

1. Erstellen Sie ein vergleichendes Diagramm für die "Neu-Infizierten" (im Vergleich zum SI-Modell)!

SIR-Modell

→ Einbeziehung von Immunen

R(t) .. Anzahl der zum Zeit-Punkt Immunen (**R**ecovered (dt.: Rekonvaleszente (/ Genesende)))

Bedingungen:

- Population konstant (keine Toten, keine Geburten)
- Krankheits-Tote sind über R(t) erlaubt
- jedes Individuum kann die Krankheit nur einmal durchlaufen
- sonst wie SIS-Modell

als Differential-Gleichungen:

S' = -a I S $\quad \frac{dS}{dt} = -a \cdot \frac{S}{N} \cdot I$

I' = a I S - b I $\quad \frac{dI}{dt} = a \cdot \frac{S}{N} \cdot I - b \cdot I$

R' = b I $\quad \frac{dR}{dt} = b \cdot I$

bei: $N = S + I + R$

numerische Gleichungen:

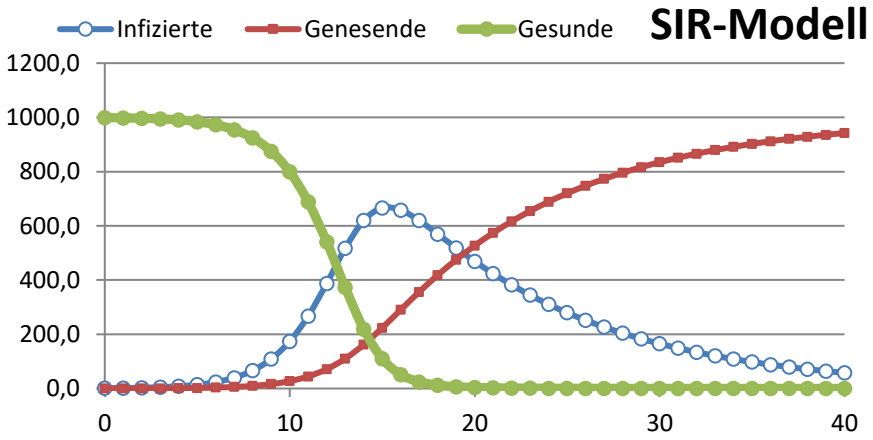
$\frac{\Delta S}{\Delta t} = -a \cdot \frac{S}{N} \cdot I$ $\quad$ S(t+1) = S(t) + (-a * I(t) * S(t) / N(t))
= S(t) * (1 - a * I(t) / N(t))

$\frac{\Delta I}{\Delta t} = a \cdot \frac{S}{N} \cdot I - b \cdot I$ $\quad$ I(t+1) = S(t) + (-a * I(t) * S(t) / N(t)) - b * I(t)

$\frac{\Delta R}{\Delta t} = b \cdot I$ $\quad$ R(t+1) = b * I(t)

Erkrankungs-Rate:
a = 0,8

Genesungs-Rate:
b = 0,1



Aufgaben:

1. *Erstellen Sie ein vergleichendes Diagramm für die "Neu-Infizierten" (im Vergleich zum SI-Modell)!*
2. *Überlegen Sie sich, was sich im Diagramm (Modell) ändern würde, wenn die zugelassenen Toten (in der R-Gruppe ("Genesende" / "Immune") mit einbezogen werden? (Annahme: z.B. 10 %; neu anzuzeigende Gruppen: "lebende Immune" und "Tote (Immune)")*

SIRS-Modell

→ zeitlich begrenzte Immunität

Bedingungen:

- Population konstant (keine Toten, keine Geburten)
- keine Krankheits-Tote
- Immune verlieren Immunität mit Rate c > 0
- sonst wie SIR

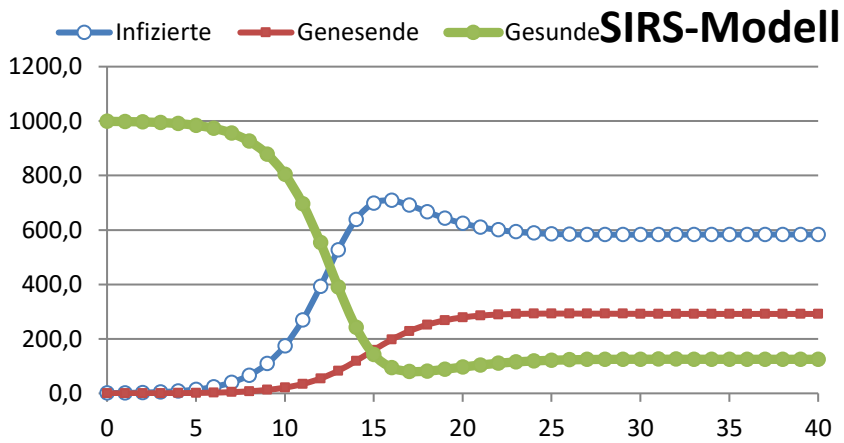
als Differential-Gleichungen:

$$S' = -a\,I\,S + c\,R$$

$$I' = a\,I\,S - b\,I$$

$$R' = b\,I - c\,R$$

a = 0,8
b = 0,1
c = 0,2



Aufgaben:

1. *Interpretieren Sie das Diagramm!*
2. *Stellen Sie mindestens eine Hypothese für den Modell-Fall auf, dass sich die Immunitäts-Verlust-Rate c halbiert!*
3. *Diskutieren Sie die Hypothese im Kurs!*

für die gehobene Anspruchsebene:

4. *Leiten Sie die andere Form der Differential-Gleichungen (dx/dt), die Differenzen-Gleichungen und die nummerischen Formeln für dieses Modell ab!*

dynamisches SIRS-Modell

→ Berücksichtigung von Geburten und natürlichen Todesfällen

Bedingungen:

- Population konstant (gleichviele Toten und Geburten)
- Geburten-Rate = Sterbe-Rate d > 0
- sonst wie SIR

als Differential-Gleichungen:

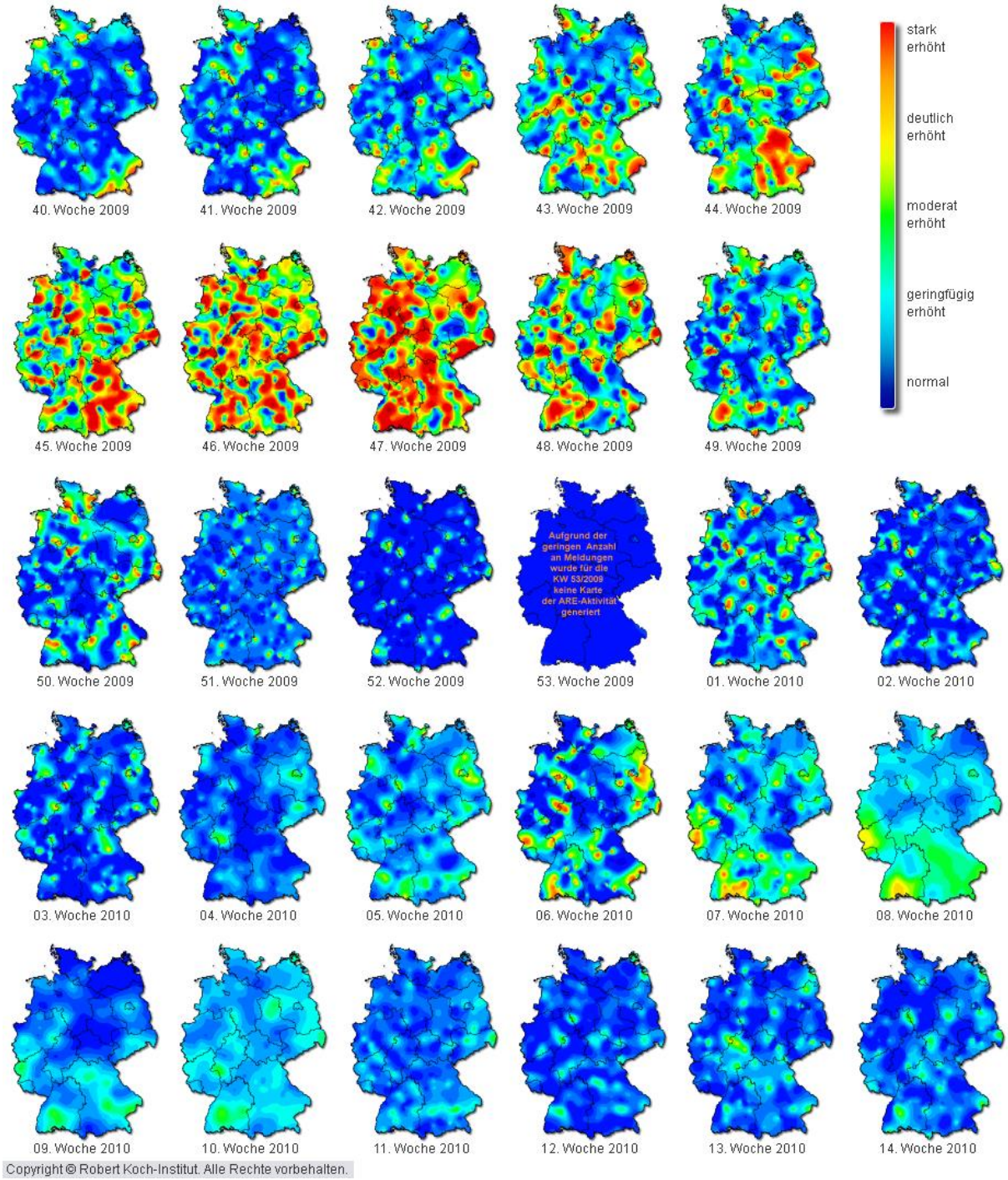
$$S' = -a\,I\,S + c\,R - d\,S + d\,N$$

$$I' = a\,I\,S - b\,I - d\,I$$

$$R' = b\,I - c\,R - d\,R$$

(c,p) 2011-2025 lsp: dre

Beispiel: Grippe (Influenza)



Aktivität der respiratorischen Infektionen (Grippe-Saison 2009/10)
Q: www.rki.de (mit freundlicher Genehmigung)

China braucht keine Atomwaffen, um Krieg gegen die Welt zu führen. Es braucht bloß keine Antibiotika mehr zu liefern. Der Rest erledigt sich in wenigen Wochen.
???

Leider ist jetzt schon vorauszusehen, dass alle Wahrnungen und Beteuerungen in der Krise nicht das Papier wert sind, auf dem sie geschrieben wurden. Irgendwie braucht die Menschheit einen externen Entscheider. Aber, ob der sich melden wird, wo er sich so lange ruhig verhalten hat?

Eigentlich braucht es nur eines Grippe-Virus' mit einer längeren Inkubations-Zeit und einer höheren Sterbe-Rate und schon löst sich das biologische / ökologische Problem unserer Erde von alleine:
die Überbevölkerung mit Menschen.
lsp:dre

Vielleicht brauchen wir doch eine andere Lösung!

(c,p) 2011-2025 lsp: dre

Exkurs: Prozess-Führung in microbiologischen Produktions-Systemen

Bei Ausnutzung von Micro-Organismen in der Produktion sind demökologische Aspekte unbedingt zu beachten. Zu wenige Organismen sind uneffektiv und bei zu großen Organismen-Dichten können negative Effekte auftreten. Hier gilt es die richtige Wahl zu terffen und die Produktion geeignet zu kontrollieren.

für hoch-effektive und hoch-reine Produktionen, z.B. Medikamente, Chemikalien (Ascorbinsäure, Zitronensäure, Aminosäuren, …), setzt man **definierte Nähr-Medien** ein
klar definierte Produktions-Bedingungen und -Abläufe

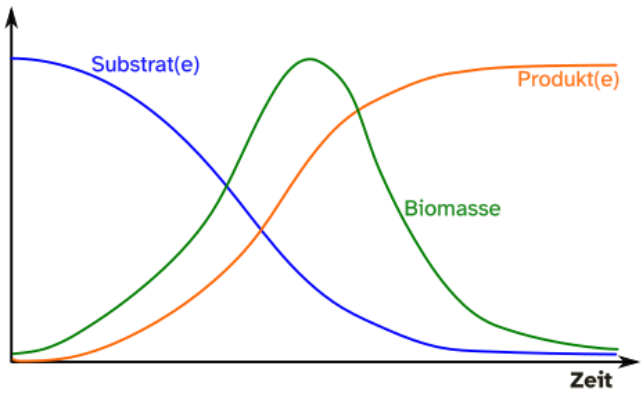
im Gegensatz kann man auch **komplexe Nähr-Medien** einsetzen
das sind z.B. Abfälle aus der Lebensmittel-Industrie, Gülle, Belebtschlamm aus Wasser-Aufbereitungsanlagen usw. usf.
wechselnde Zusammensetzung mit unterschiedlichsten Konzentrationen
erfordern angepasste Produktions-Bedingungen und -Abläufe

Batch-Prozess-Führung

zu einer definierten Substrat-Menge wird eine Start-Kultur zugesetzt

Start-Kultur wird meist unabhängig von der Produktion gezüchtet und kultiviert

im Reaktor / Fermenter entwickeln sich die Micro-Organismen und setzen das Substrat um
ev. werden Zusatz-Stoffe, wie z.B. Sauerstoff eingeleitet

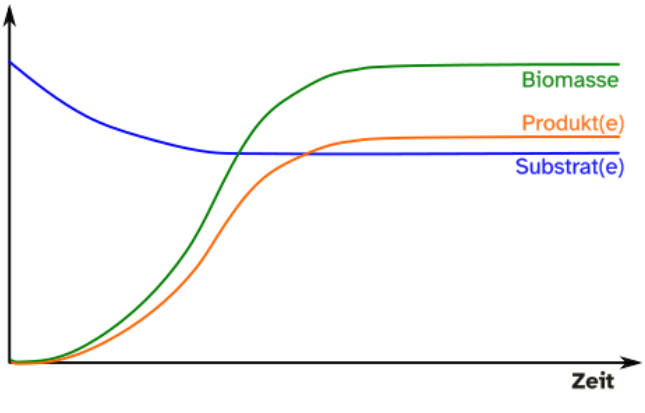


ist das ursprüngliche Substrat umgesetzt oder verändert sich die Produkt-Menge nicht mehr, dann kann die Produktion in diesem Batch abgebrochen und der gesamte Ansatz weiterverarbeitet werden
Reaktor / Fermenter wird geleert und für den nächsten Batch (Ansatz) vorbereitet

kontinuierliche Prozess-Führung

Start ist genauso wie beim Batch-Verfahren

nach einer Anlauf-Phase kann eine bestimmte Menge Produkt entnommen / abgetrennt werden
fehlendes Substrat wird ersetzt
alle Parameter werden ständig kontrolliert und möglichst konstant gehalten

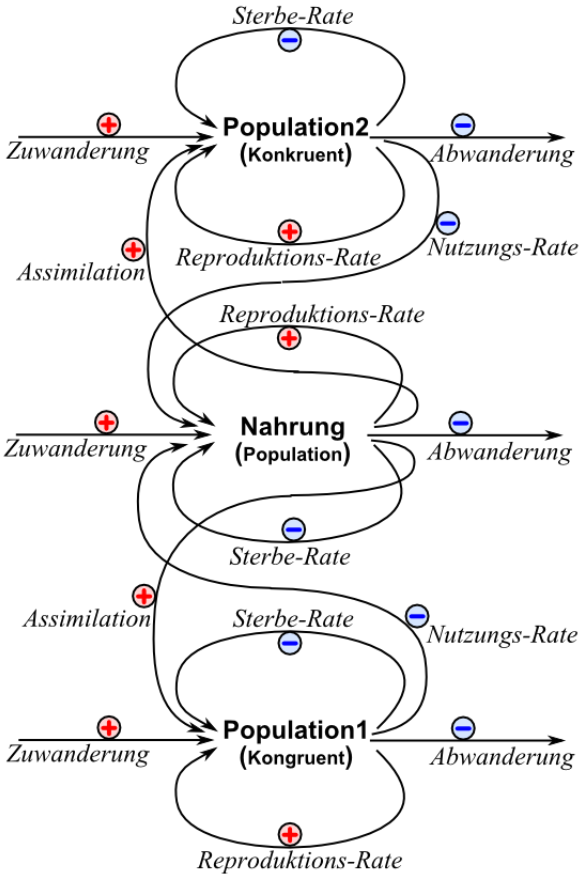


3.2.2. Multi-Spezies-Modelle / -Betrachtungen

Definition(en): Gemeinschaft
Eine (biologische) Gemeinschaft besteht aus den mit einer Population interagierenden anderen Populationen und ihren Beziehungen untereinander.

3.2.2.1. interspezifische Konkurrenz

Auf den ersten Blick würde man denken, dass die Quasi-Spiegelung der einen Nutz-Population nur eine Zweiteilung der Nahrung zur Folge hat. Da aber jede Population eigene Raten und Faktoren hat, kommt es zu einem stark nicht-deterministischen Verhalten des Gesamtsystem's (Modell's). Die Dymnamik nimmt stark zu.



nachfolgenden Modell von LOTKA und VOLTERRA ist sowohl für die interspezifische, als auch für die intraspezifischen Konkurrenz geeignet.

$$\frac{dP_A}{dt} = a_A P_A \left(1 - \frac{(P_A + cP_B)}{K_1}\right.$$

$$\frac{dP_B}{dt} = a_B P_B \left(1 - \frac{(P_B + dP_A)}{K_2}\right.$$

a_x … intrinsische Wachstumsrate; c, d … Wechselwirkungs-Konstanten; K … Kapazität

es gilt: $K = K_1 + K_2$

Mit den nachfolgenden Vereinfacherungen lassen sich die Gleichungen besser benutzen:

$u_1 = \frac{x}{K_1}$ $u_2 = \frac{y}{K_2}$ $p_A = c\,\frac{K_2}{K_1}$ $p_B = d\,\frac{K_1}{K_2}$ $p_{BA} = \frac{a_B}{a_A}$ $r = a_A \cdot t$

um zu dimensionslosen Größen zu gelangen und dann diese (einfacher händelbaren) Berechnungs-Formeln zu erhalten:

$$\frac{du_A}{dr} = u_A\,(1 - u_A - p_A \cdot u_B)$$

$$\frac{du_B}{dr} = p_{BA} \cdot u_B\,(1 - p_B \cdot u_A - u_B)$$

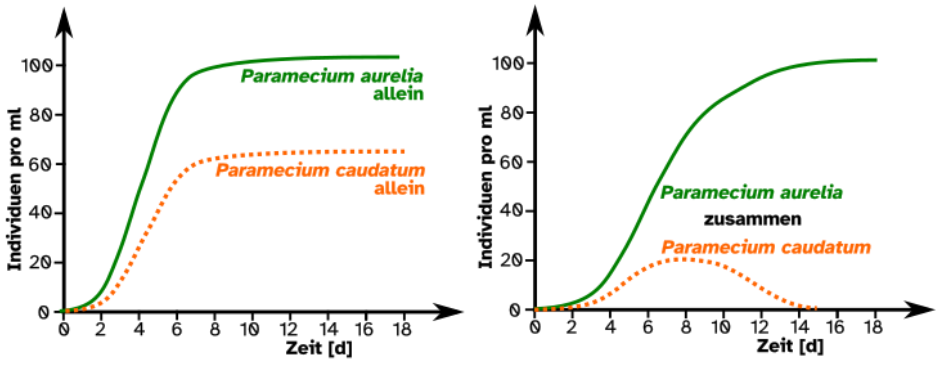
daraus lassen sich zusätzliche Fixpunkte berechnen, die stabile Gleichgewichte darstellen:

$u_A^* = \frac{1 - p_A}{1 - p_A \cdot p_B}$ Der Fixpunkt u_A^* steht für …

$u_B^* = \frac{1 - p_B}{1 - p_A \cdot p_B}$ Mit u_B^* beschreibt man …

aus den Formeln des Modells lässt sich ableiten, dass die intraspezifische Konkurrenz stärker wirkt als die interspezifische
→ Ableitung einer Koexistenz von zwei Arten
→ abstrakte Grundlage des Konkurrenzausschluss-Prinzips

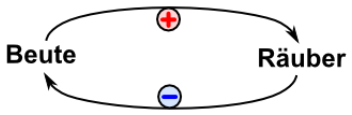
Beispiel einer Koexistenz:
Miesmuschen (*(s) Mytilus californianus*), Käferschnecken, Napfschnecken, Seepocken und Entenmuscheln konkurrieren an der Felsenküste in stark überlappenden ökologischen Nischen ()
alle dienen dem Seestern (*(s) Pisaster ochraceus*) als Nahrung
fällt eine Art aus (Experiment oder Erkrankung / Parasit), dann bleiben nur eine bis zwei Arten übrig
das ursprüngliche mehrartige Gefüge wird durch die Räuber so kontrolliert, dass die eigentlich dominierende Art in der Konkurrenz-Situation in Grenzen gehalten wird; dadurch wird Konkurrenz für die anderen Arten gemindert und sie können sich fortpflanzen

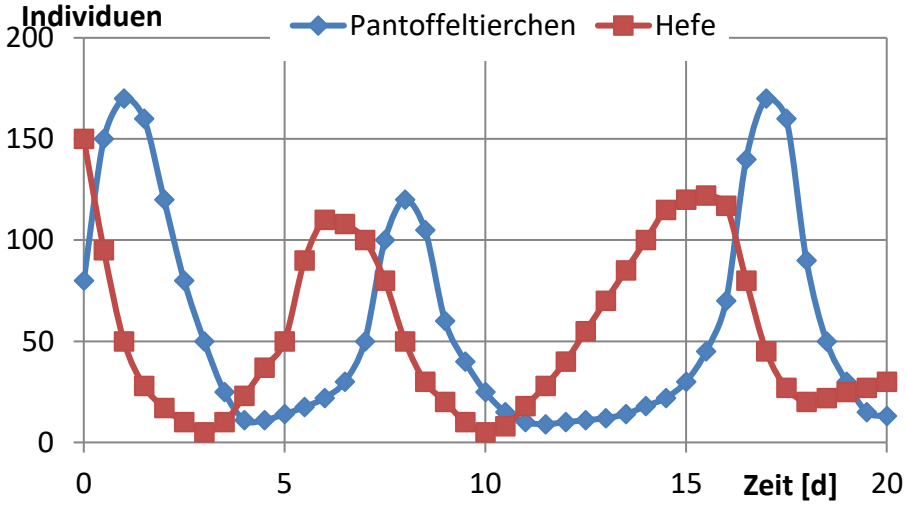


3.2.2.2. Räuber-Beute-Beziehungen (Prädation, Episitismus)

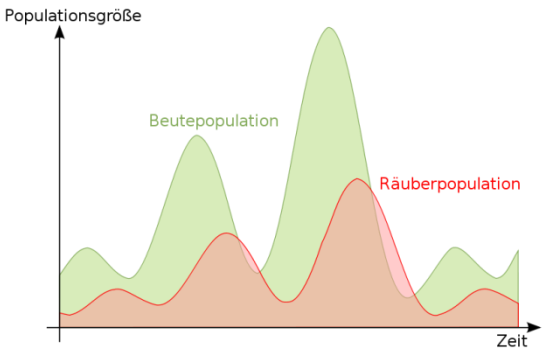
meint Fress-Beziehungen zwischen lebenden Arten
Aas-Fresser usw. sind ausgeschlossen (fehlende Reaktions-Möglichkeit der Nahrungs-Grundlage)

klassischer Gleichgewichts- bzw. Stabilisierungs-Kreis





Räuber-Beute-Beziehung zwischen dem Pantoffeltierchen *(s) Paramecium aurelia* und der Hefe *(s) Saccharomyces exiquus* (unter Labor-Bedingungen)
Individuen-Zahlen beziehen sich auf 0,2 g der Kultur-Lösung



schematische Darstellung
des LOTKA-VOLTERRA-Modells
Q: de.wikipedia.org (Curtis Newton)

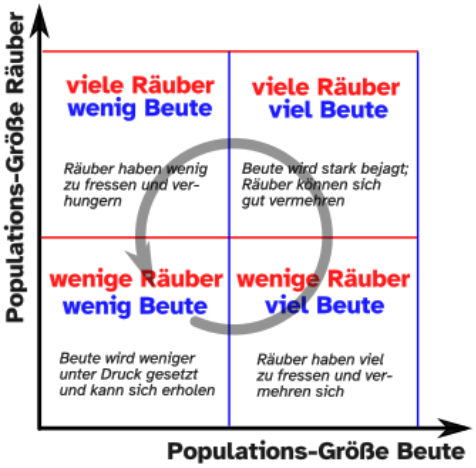
$$\frac{dN_1}{dt} = N_1 \cdot (a_1 - b_2 \cdot N_2)$$

$$\frac{dN_2}{dt} = N_2 \cdot (c_2 - d_1 \cdot N_1)$$

1 … Beute
2 … Räuber
N … Populations-Größe (Populations-Dichte)
a … (ungestörte) Reproduktions-Rate
b … Fress-Rate (pro Beute-Individuum) = Sterbe-Rate
c … (nat. Alters-)Sterbe-Rate (ohne Beute)
d … Reproduktion (pro Beute-Individuum)

einen interessanten Graph erhält man, wenn die Räuber-Population in Abhängigkeit von der Beute-Population betrachtet wird

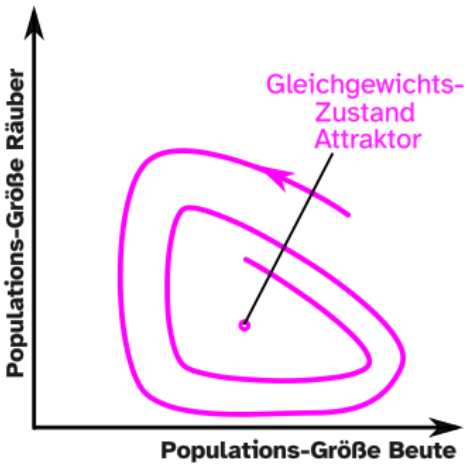
in einem vereinfachten (semi-quantitativen) Diagramm lassen sich die Zusammenhänge verständlich darstellen



im (vollständig quantitativen) Diagramm ergibt sich ein Kreis- oder Spiral-förmiger Graph, der Aussagen über die Stabilität der Beziehung zulässt

ungestörte (und ausreichend große) Systeme laufen einem Gleichgewichts-Zustand zu
dieser Zustand wird in dynamischen Systemen Attraktor genannt (lat.: *ad trahere* = zu sich hinziehen)
besonders gut ist der Attraktor in den Phasen-Diagrammen zu erahnen

in der Natur kommen ständig weitere Faktoren oder Störungen dazu, so dass letztendlich das Räuber-Beute-Verhältnis immer um diesen Attraktor schwingt

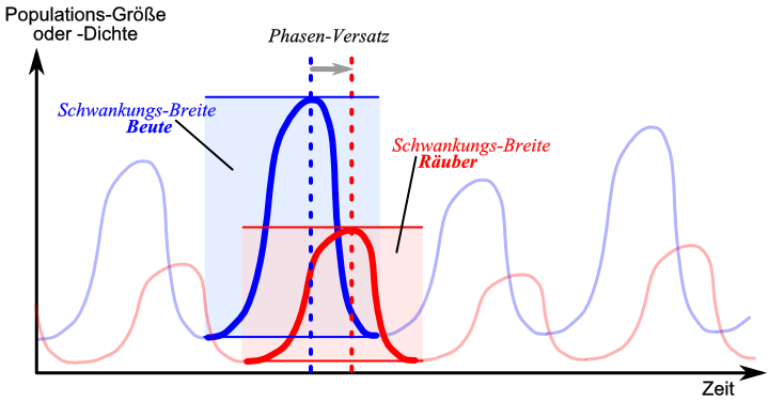


Phasen-Diagramm eines ungestörten Räuber-Beute-System's (in einer Simulation)

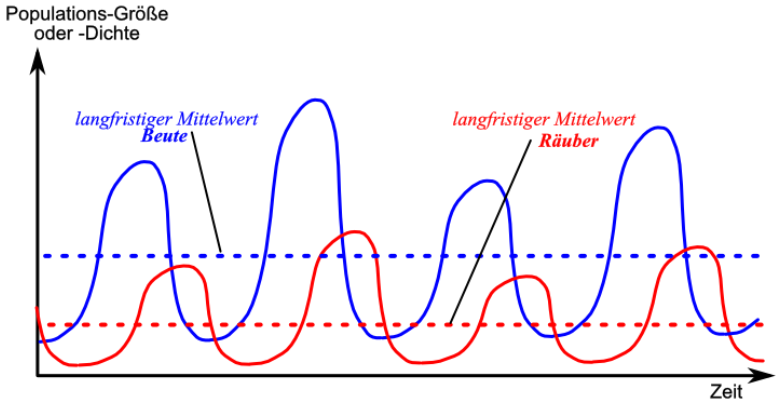
stabile Systeme (→ 4. System-Ökologie) erkennt man am Hinlaufen zum Attraktor
bei instabilen Systemen weitet sich der Graph immer mehr, bis schließlich bei einer Komponente (Räuber oder Beute) die Null-Linie geschnitten wird. In dem Fall ist die betreffende Population dann aus dem System raus (ausgerottet / ausgestorben).

Regeln (Gesetze) von LOTKA und VOLTERRA
auch Population-ökologische Regeln

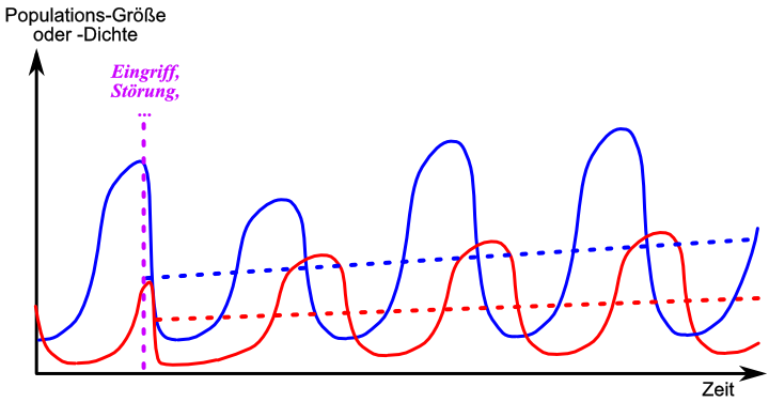
1. VOLTERRA-Regel (periodische Schwankung der Populationen)
Die Individuen-Zahlen der Beute- und der Räuber-Population schwanken – bei ansonsten konstanten Bedingungen – periodisch und zeitlich versetzt zueinander.



2. VOLTERRA-Regel (Konstanz der Mittelwerte)
Die durchsschnittliche Größe der Beute- und Räuber-Population sind konstant.



3. VOLTERRA Regel (schnelleres Wachstum der Beute-Population)
Bei einer (zeitlich begrenzten) Störung der Räuber-Beute-Beziehung erholt sich die Beute-Population schneller als die Räuber-Population.



 (c,p) 2011-2025 lsp: dre

Paul ERRINGTON fand in seinen Untersuchungen (1946) bei der Räuber-Beute-Beziehung zwischen Bisamratten (*(s) Ondatra zibethicus*) und Minks (*(s) Neovison vison*) aber auch ein abweichendes System-Verhalten. Die Minks sind zwar die Haupt-Räuber der Bisamratten, aber die Population der Bisamratten wird nicht wirklich von ihnen kontrolliert. Vielmehr jagen / fressen die Minks nur kranke, alte und schwache Ratten. Es werden also nur Tiere aus dem System entfernt, die entweder sowieso gestorben wären oder sich evolutionär / synökologisch im Pessimum befinden. Die Population der Bisamratten wird vorrangig von der eigenen Besatzdichte bestimmt. Die Nahrung der Bisamratten (vorrangig Wasserpflanzen, selten Muscheln, Schnecken, Insekten, Larven) und der Raum für die Errichtung von Bauen sind die limitierenden Faktoren für die Population.

Anteil der Knorpel-Fische (*(c) Selachii*, Haie) am Fischfang der Fischerei-Häfen

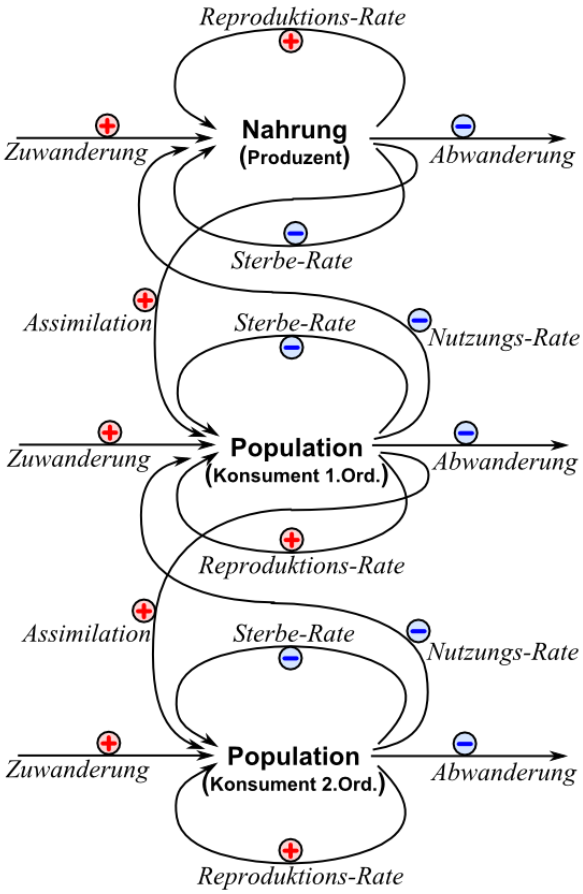
Jahr 19.. Ort	05	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Trieste		5,7	8,8	0,5	15,7	14,6	7,6	16,2	15,4		19,9	15,8	13,3	10,7	10,2
Fiume						11,9	21,4	22,1	21,2	36,4	27,3	16,0	15,9	14,8	10,7
Venise	21,8										30,9	25,3	25,9	26,8	26,6

Daten-Q: de.wikipedia.org ← VOLTERRA, Vito: Lecons sur Theorie Mathematique de la Lutte pour la Vie

Aufgaben:

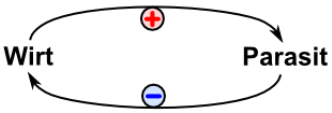
1. *Informieren Sie sich über das Wator-Modell (Wa-Tor-Simulation; DEWDNEY + WISEMAN). Was soll mit diesem Modell berechnet / dargestellt werden? Beschreiben Sie den Aufbau des Modells!*
2. *Suchen Sie sich im Internet eine Simulation zum Wator-Modell oder programmieren Sie eine einfache Simulation (z.B. in Kooperation mit einem Informatik-Kurs)! Probieren Sie einige Simulationen durch! Machen Sie ev. Ausdrucke von den zeitlichen Verläufen der "Populations-Größen"!*

Solange man nur das "einfache" Modell einer Nahrungs-Kette betrachtet, scheint das System noch übersichtlich.
Bedingt durch die schon aufgezeigten Verzögerungen in der Reaktion der einzelnen Populationen mit ihren jeweils eigenen Dynamiken, kommt es über größere Zeiträume zu einem sehr komplexen – kaum sicher vorhersagbaren System-Verhalten.
In der Natur sind die Systeme aber noch komplexer und tiefer gestaffelt. Dazu kommen Konkurrenz, Parasitismus, Symbiose usw. usf.
Die Populations-Modelle haben immer nur eine sehr eingeschränkte Gültigkeit. In den meisten Fällen geht es auch mehr um die Prinzipien, die hinter den Beziehungen stecken.



Links:
http://www.leinweb.com/snackbar/wator/ JAVA-Applet (setzt installiertes JAVA voraus!)
http://wator.beltoforion.de/wator_de.html#idIntro Info u. Download eines Bildschirmschoners
http://www.isleroyalewolf.org/overview/overview/at_a_glance.html Wölfe und Elche auf der Insel "Isle Royale" (engl.)

3.2.2.3. Parasitismus



3.2.2.5. Symbiosen

Zusammenleben von Lebewesen unterschiedlicher Arten (DE BARY, Anton; 1873; dt. Botaniker; im Original: "Zusammenleben unterschiedlich benannter Organismen") (aus /1/ S. 47)

$$\frac{dX}{dt} = (a + cY) \cdot X \cdot (1 - \frac{X}{K_1})$$

$$\frac{dY}{dt} = (b + dX) \cdot Y \cdot (1 - \frac{Y}{K_2})$$

X … Abundanz der Spezies x
Y … Abundanz der Spezies y
K_1 … Umweltkapazität der Spezies x
K_2 … Umweltkapazität der Spezies y
a … (intrinsische) Wachstumrate der Spezies x
b … (intrinsische) Wachstumrate der Spezies y
c … (ökologische) Interaktionsrate der Spezies x mit y
d … (ökologische) Interaktionsrate der Spezies y mit x

die Abundanz ist die Individuen-Zahl bezogen auf ein Habitat
die Abundanz kann der Populations-Dichte bei unveränderlichen Habitats-Größen gleichgesetzt werden

für den Fall einer Beeinflussung der Wachstumsraten durch die Symbiose

$$\frac{dX}{dt} = aX \cdot (1 - \frac{X}{K_1 + cY})$$

$$\frac{dY}{dt} = bY \cdot (1 - \frac{Y}{K_2 + dX})$$

für den Fall einer Anpassung an die Umwelt-Kapazitäten durch die Symbiose (primärer Effekt)

$$\frac{dX}{dt} = aX \cdot (1 - \frac{X}{K_1} - \frac{Y}{K_1})$$

$$\frac{dY}{dt} = bX \cdot (1 - \frac{Y}{K_1} - \frac{X}{K_1})$$

Aufgaben:

1. Stellen Sie die folgenden Primärdaten in einem Zeit-Diagramm dar!

Jahr	Elche	Wölfe
1930	1500	0
1935	300	0
1942	1200	0
1949	250	
1959	520	20
1960	550	22
1961	580	22
1962	610	23
1963	640	20
1964	670	27
1965	700	29
1966	730	27
1967	830	23
1968	930	23
1969	1100	17
1970	1100	18
1971	1250	20
1972	1300	23
1973	1250	24
1974	1250	31
1975	1150	41
1976	1050	44
1977	900	33
1978	800	40
1979	850	43

Jahr	Elche	Wölfe
1980	750	50
1981	700	30
1982	750	13
1983	800	24
1984	850	25
1985	1050	23
1986	1050	20
1987	1100	16
1988	1200	12
1989	1350	12
1990	1400	15
1991	1500	12
1992	1600	12
1993	1800	13
1994	2050	17
1995	2150	16
1996	2400	21
1997	850	24
1998	900	14
1999	1000	25
2000	1050	29
2001	1200	18
2002	1150	16
2003	850	18
2004	700	29
2005	500	30
2006	450	30
2007	350	21
2008	700	23
2009	600	24

Jahr	Elche	Wölfe
2010	550	19
2011		
2012		
2013		
2014		
2015		
2016		
2017		
2018		
2019		
2020		

Q: http://www.isleroyalewolf.org/population_dynamics

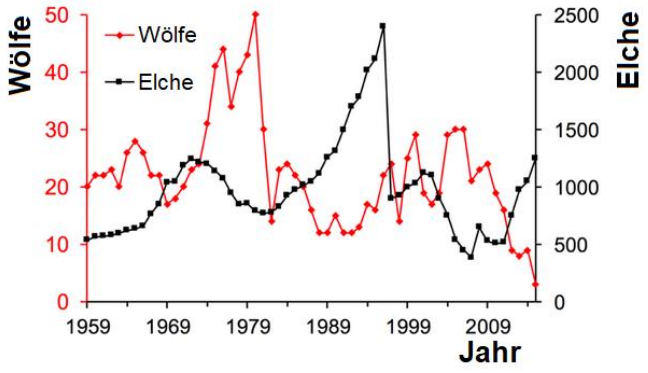
(Daten von der Insel "Isle Royale"; vor 1949 gab es auf der Insel keine Wölfe; 1949 kam es zur vollständigen Vereisung des Sees)

Interpretieren Sie das Diagramm!

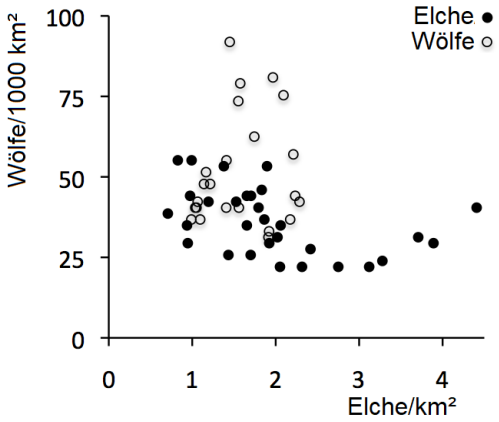
2.

neue Daten und Diagramme

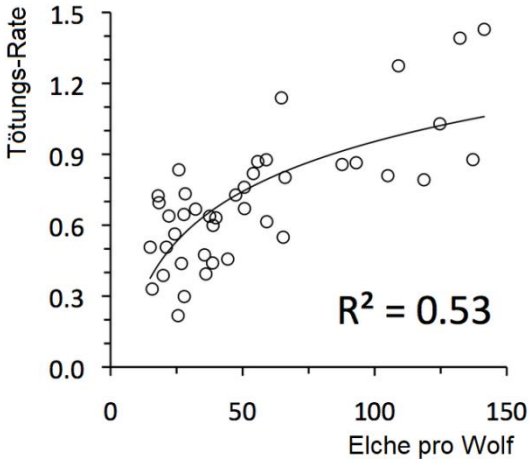
https://isleroyalewolf.org/http%3A//www.cpc.ncep.noaa.gov/products/precip/CWlink/pna/nao.shtml



Populations-Größen der Wölfe und Elche
auf der Insel Royale
Q: https://isleroyalewolf.org (leicht geänd.: dre)



Beziehungen der Populations-Dichten
Q: https://isleroyalewolf.org (leicht geänd.: dre)



Tötungs-Rate in Beziehung
zum Elch-Wolf-Verhältnis
Q: https://isleroyalewolf.org (leicht geänd.: dre)

Zusatz-Informationen:
Zusammenbruch der Wolfs-Population 1980 wegen einer eingeschleppten Hunde-Krankheit (Hunde-Parvo-Virus)
1996 Zusammenbruch der Elch-Population, wegen des bis dato strengsten Winters und einem Ausbruch der Elch-Zecken
späte 1990er wurde die Inzucht unter den Wölfen durch einen eingewanderten Wolf (Nr. 93) aus Kanada (durch DNA-Analysen im Kot identifiziert) eingeschränkt
höchste Tötungs-Rate 1992 (fast doppelt so hoch im Vergleich zum Durchschnitt)
niedrigste Rate 1981

Einfluss-Faktoren auf die Population der Elche
vor 1981 war der regulierende Effekt durch die Wölfe mit 35 % am größten; das Klima wirkte zu 10 % und das Futter zu 12 %
nach 1981 veränderten sich die Verhältnisse; nun dominierte das Klima mit 40 % und es folgte das Futter mit 20 %; die Wölfe wirkten nur noch mit 2 %

in der Wolfs-Population macht sich immer mehr der Inzucht-Faktor bemerkbar (bis zu 33 % Mißbildungen (an der Wirbelsäule))

der eingewanderte Wolf Nr. 93 paart sich seit seinem Erscheinen vermehrt mit der Stamm-Population (er ist in der Fittness dem alten Rudel-Führer deutlich überlegen)
gefördert wurde der Erfolg des Wolfes Nr. 93 auch durch die relativ geringe Populations-Größe zum Zeitpunkt seiner Einwanderung

interessante Literatur:

BOSSEL, Hartmut: Modellbildung und Simulation – Konzepte, Verfahren und Modelle zum Verhalten dynamischer Systeme.-Braunschweig/Wiesbaden: Vieweg Verl.-1994.-2. veränd. Aufl.
ISBN 3-528-15242-7 → mit einer Sammlung verschiedenster Modelle (System-Zoo)

Forschungs-Frage: Beeinflusst die Populations-Dichte bei Senf- und / oder Kresse-Keimlingen die Entwicklung der Keimlinge?

Aufgaben:

1. *Stellen Sie eine begründete Hypothesen zur Forschungs-Frage auf!*
2. *Notieren Sie Aufgabe und die Hypothesen in einem Übersichts-Protokoll!*
3. *Diskutieren Sie die verschiedenen Hypothesen im Kurs! Entscheiden Sie sich im 2er-Team für eine konkrete experimentell zu prüfende Aussage!*
4. *Bereiten Sie ein passendes Kurz-Protokoll für den ausgewählten Versuch (siehe untere Vorschläge) vor!*
5. *Führen Sie dann (z.B. zuhause) den passenden Versuch durch! Bearbeiten Sie parallel das Protokoll weiter! Eine Foto-Dokumentation (z.B. mit angelegtem Lineal und einem Smartphone / einer Digital-Uhr (mit Datum / Uhrzeit-Anzeige)) gehört begleitend zum Protokoll.*
6. *Werten Sie Ihren Versuch aus! Notieren / Beschreiben Sie die Beobachtungen und Ergebnisse im Protokoll!*
7. *Vergleichen Sie die Ergebnisse im Kurs!*
8. *Erarbeiten Sie sich Erklärungen für die Ergebnisse!*

Versuch: Einfluss der Populations-Dichte auf die Keim-Entwicklung

Materialien:
Senf- oder Kresse-Samen; Küchen-Papier (od. Handtuch-Papier); Messzylinder (10 od. 20 ml); 2 Plastik-Schalen (z.B. Margarine-Dosen); Lineal; Smartphone

Durchführung:
1. Legen Sie die beiden Plastik-Schalen mit mehreren Schichten Fließ-Papier aus
2. Geben Sie die gleiche Menge Wasser in die Schalen (Papier gut anfeuchten; leichter Wasser-Überstand ist ok)
3. Legen Sie in die eine Schale die Samen im Abstand von 1 cm zueinander, in der anderen Schale werden die Samen deutlich dichter gelegt
→ Beobachtung / Foto
4. Stellen Sie die Schalen an einem wärmeren, belichteten Ort auf (auf möglichst gleiche Bedingungen achten!)
5. Halten Sie das Papier in den Schalen feucht; dabei darf aber immer nur die gleiche Menge Wasser nachgegossen werden (Orientierung an dem feuchteren Schälchen!)
6. Beobachten Sie regelmäßig (mindestens 1x am Tag) (ev. tauschen Sie täglich die Positionen und Richtung der Plastik-Schälchen)
→ Beobachtungen (mit Messung der Länge der Keimlinge) / Foto's

Versuch: Einfluss Art-fremder Samen auf die Keim-Entwicklung

Materialien:
Senf- und Kresse-Samen; Küchen-Papier (od. Handtuch-Papier); Messzylinder (10 od. 20 ml); 3 Plastik-Schalen (z.B. Margarine-Dosen); Lineal; Smartphone

Durchführung:
1. Legen Sie die beiden Plastik-Schalen mit mehreren Schichten Fließ-Papier aus
2. Geben Sie die gleiche Menge Wasser in die Schalen (Papier gut anfeuchten; leichter Wasser-Überstand ist ok)
3. Legen Sie in die eine Schale die eine Art Samen im Abstand von 2 cm zueinander, die 2. Art wird auf Lücke gelegt

(c,p) 2011-2025 lsp: dre

4. Legen Sie in die beiden anderen Schalen nach dem gleichen Muster jeweils nur die Samen einer Art (→ gleiche Samen-Dichte!)
→ Beobachtung / Foto
5. Stellen Sie die Schalen an einem wärmeren, belichteten Ort auf (auf möglichst gleiche Bedingungen achten!)
6. Halten Sie das Papier in den Schalen feucht; dabei darf aber immer nur die gleiche Menge Wasser nachgegossen werden (Orientierung an dem feuchtesten Schälchen!)
7. Beobachten Sie regelmäßig (mindestens 1x am Tag) (ev. tauschen Sie täglich die Positionen und Richtung der Plastik-Schälchen)
→ Beobachtungen (mit Messung der Länge der Keimlinge) / Foto's

weitere mögliche Forschungs-Fragen:

-

3.3. Verhalts-Ökologie

auch Ethökologie, Ethoökologie

Definition(en): Verhaltens-Ökologie
Die Verhaltens-Ökologie ist ein moderner Zweig der Evolutions-Biologie, der sich mit den Wechselwirkungen von Umwelts-Faktoren und dem Verhalten von Organismen beschäftigt.
Die Verhaltens-Ökologie ist der Teil der Biologie, der die Evolution der Verhaltensweisen in Abhängigkeit von den Umwelt-Bedingungen untersucht.

Kernfragen der Forschung in der Verhaltens-Ökologie:

- Wie haben sich die heute beobachtbaren Verhaltensweisen (in der Evolution) entwickelt?
- Welches sind die ultimativen Ursachen für bestimmtes Verhalten?
- Welchen Überlebenswert bringt bestimmtes Verhalten?
- Welche Rolle spielt das Verhalten für das Überleben in einem Ökosystem?
- Warum leben manchen Arten allein und andere in Gruppen?
- Wie findet ein Konsument seine Nahrung und lohnt sich der Aufwand?
- Durch welche Faktoren wird die Reviergröße bestimmt?
- Welche Kriterien werden bei der Partner-Wahl bevorzugt?
- Wie beinflussen die Umweltfaktoren das soziale Verhalten von Organismen?
- Welche Gene bestimmen ein bestimmtes Verhalten?
- Welche Gene spielen eine Rolle bei der (Ko-)Evolution von Sklavenhaltern und ihren Wirten (Gene unter Selektion)?
- Welche Ursachen haben bestimmte Verhaltens-Variationen (innerhalb einer Art)?
- Welche Gene vermitteln die Nischenanpassung zwischen eng verwandten Arten?
- Wie passen sich Arten an bestimmte Umgebungen an?
- Wie groß ist das Anpassungs-Potential einer Art an bestimmte / mehrere / alle Umwelt-Faktoren?
- Welche physiologischen Unterschiede gibt es zwischen Populationen einer Art, die aus unterschiedlichen klimatischen Verhältnissen stammen?
- Welche physiologischen Unterschiede gibt es zwischen Arten desselben klimatischen Ursprungs?
- Welche Umwelt-Faktoren bestimmen die Verhaltens-Typen (Kasten-Verhalten; Verhaltens-Phänotypen) z.B. bei Staaten-bildenden Insekten?
- Was ist die genetische Grundlage der Anpassung an unterschiedliche/ähnliche Temperaturregime?
- Welche epigenetischen (transgenerationelle) Effekte werden durch welche Umwelt-Faktoren bedingt?
- …

die Verhaltens-Ökologie kann als Grenzforschung in den Bereichen Ökologie, Evolution, Verhaltens-Biologie, Physiologie, Genetik und Populations-Biologie verstanden werden

arbeitet mit vielen mathematischen Modellen, bedient sich aber auch in der Spiel-Theorie

Nachrichten und Informationen aus Literatur, Presse und Internet:

Wölfe als Verhütungsmittel

VERHALTEN **Die Anwesenheit von *Canis lupus* hat erhebliche Auswirkungen auf den Hormonhaushalt von Hirschkühen**

1995 und 1996 wurden in einem Teil des Yellowstone-Nationalparks Wölfe ausgewildert. Schon bald darauf begann die Zahl der Wapitihirsche zu sinken – und zwar allem Anschein stärker, als es allein durch den Beutefang der Raubtiere zu erklären war.



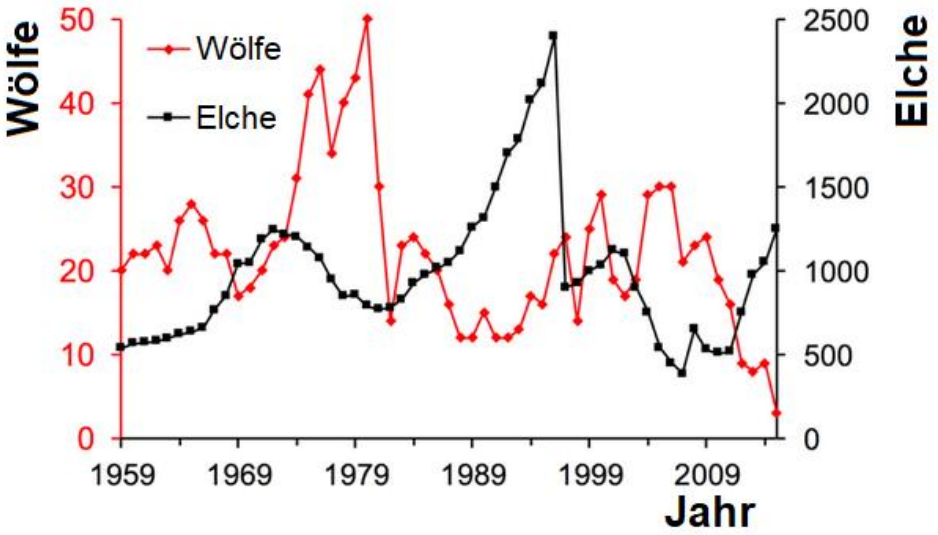
Q: de.academic.ru/pictures/dewiki/51/3wapitis.jpg
(Bild nicht mit Original-GEO-Artikel identisch!)

Der Ökologe Scott Creel und seine Kollegen von der Montana State University sind dem Rätsel nachgegangen. Ergebnis: Die Furcht vor Wölfen senkt bei den Hirschkühen den Spiegel des Sexualhormons Progesteron erheblich – mit Konsequenz für die Geburtenzahl. Gemessen an einer üblichen jährlichen Reproduktionsrate von 30 Kälbern auf 100 Mütter, fiel die Quote auf bis zu acht Nachkommen pro 100 Kühe. Je mehr Wölfe in einem Gebiet lebten, desto geringere Mengen Progesteron fanden sich in Kotproben der Hirschkühe.

Die Biologen führen diesen Zusammenhang auf das so genannte antiprädatorische Verhalten zurück. Verstärkte Wachsamkeit und die Suche nach sicheren Winterquartieren kosten Energie – die sonst in die Fortpflanzung investiert würde. Die Folge: Die Kühe sind seltener trächtig.

/Q: IN: GEO 04/2007 S. 193/

Alterszusammensetzung von Populationen



Q: https://www.isleroyalewolf.org/population_dynamics

komplexe Aufgaben (Demökologie):

Q: Aufgaben 1 - 3 nach /12/

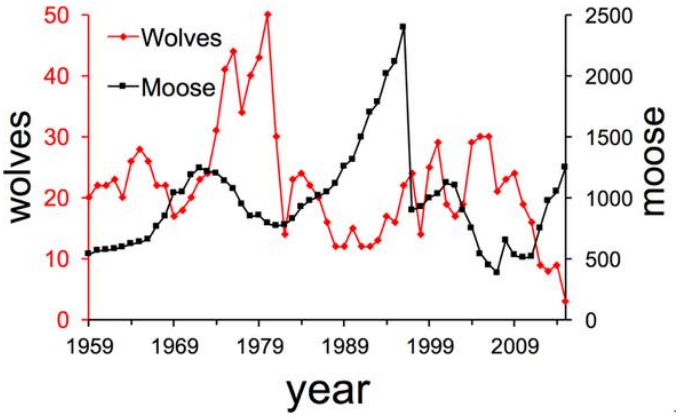
1. Lemminge sind arktische Wühlmäuse, deren Populationen besonders starken Schwankungen unterliegen. Wissenschaftler glauben, dass es einen Zusammenhang zwischen den Populations-Größen der Lemminge, der Polargänse und der Polarfüchse gibt. In einer Zeitung erschien ein kurzer Bericht, der sinngemäß folgende Aussagen machte: Die Populationsgrößen der Lemminge und der Polargänse schwankt ungefähr im gleichen Takt. Zwischen beiden Populationen gibt es aber kaum Überschneidungen hinsichtlich der beanspruchten Ressourcen. Polarfüchse ernähren sich u.a. von Lemmingen und Polargänsen.
   a) Erklären Sie die gegenseitige Abhängigkeit der Populations-Größen von Lemmingen und Polarfüchsen!
   b) Stellen Sie Hypothesen über die Gründe für den Gleichtakt der Populationsgrößen von Lemmingen und Polargänsen auf!
   c) Warum sind Untersuchungen zu Populations-Größen und deren gegenseitige Abhängigkeiten in polaren Gebieten besser möglich, als in gemäßigten oder tropischen Regionen? Erklären Sie!
2. Rachel CARSON (1907 - 1964) berichtet in ihrem Buch "Der stumme Frühling" ("Silent Spring", 1962) von dem Versuch die Kriebelmücke durch Sprühgifte (vorrangig DDT) auszurotten. Nach der Aktion stellte man eine siebzehn mal höhere Population-Größe, als vor der Sprühaktion fest. Erklären Sie das Phänomen!
3. Für Charles DARWIN waren die Phänomene der Populations-Dynamik ein wichtiger Ausgangspunkt für seine Evolutions-Theorie. In seinem Buch "Die Entstehung der Arten durch natürliche Zuchtwahl" heißt es:

   > *"Der Elefant vermehrt sich langsamer als alle anderen Tiere, und ich habe mir die Mühe gemacht, das wahrscheinliche Minimum seiner natürlichen Vermehrung zu berechnen. Man kann ziemlich sicher annehmen, daß er nach dreißig Jahren seine Fortpflanzung beginnt und sie bis zum neunzigsten Lebensjahr fortsetzt, daß er während dieser Zeit sechs Junge hervorbringt und bis zum hundertsten Jahr lebt. In diesem Fall würde es nach Verlauf von 740 bis 750 Jahren etwa 19 Millionen Elefanten als Abkömmlinge eines Paares geben."*

   a) Geben Sie möglichst viele Faktoren an, durch die das Populations-Wachstum begrenzt wird! Erläutern Sie die Wirk-Mechanismen der einzelnen Faktoren immer kurz!
   b) Welchem Entwicklungs-Modell entsprechen die Annahmen von DARWIN? Erläutern Sie das Modell anhand einer graphischen Darstellung der Populations-Entwicklung (ganz allgemein)!
   c) Zeigen Sie, wie man sich die natürlichen Verhältnisse in der Elephanten-Population vorstellen muss! Erstellen Sie dazu ein passendes Fluss-Diagramm sowie ein Populationsgröße-Zeit-Diagramm!
   d) Erläutern Sie das Populationsgröße-Zeit-Diagramm für die natürlichen / typischen Verhältnisse in der Elephanten-Population! Gehen Sie dabei auf die einzelnen Phasen in der Populations-Entwicklung ein!
   e) Der Handel mit Elfenbein – den Stoßzähnen der Elephanten – ist international streng verboten. Mit den Zähnen könnten aber viele Menschen in der region genung Geld für ihren Lebens-Unterhalt verdienen. Diskutieren Sie die Sachverhalte aus ökologischer Sicht!

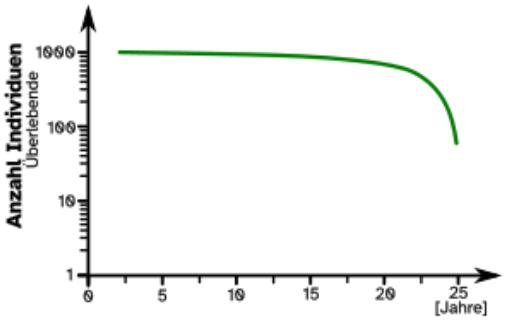
Q: Aufgaben 1 - 3 nach /12/; 3 deutlich erw.: dre

4. *Im Internet ist das nebenstehende Diagramm zu finden. Bedeutet dies nun dass die Populations-Entwicklung der Wölfe im Zusammenhang zu den Moosen erfolgt oder dass die Wölfe sich gar von den Moosen ernähren?*
   Klären Sie das Phänomen auf und erläutern Sie die Zusammenhänge!

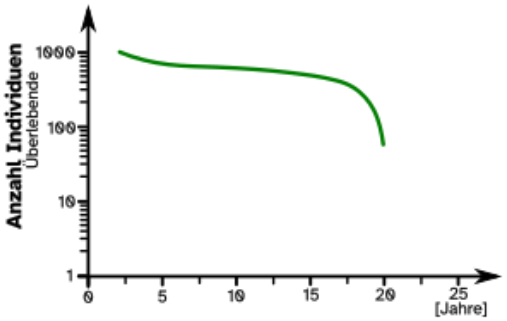


Q: http://www.isleroyalewolf.org/population_dynamics

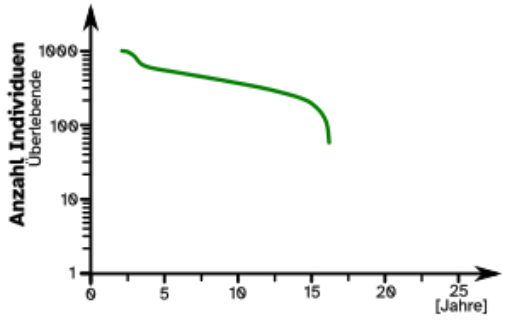
5. *In Sanddünen und auf kargem Boden lebt die einjährige Pflanze (s) Erophila versa, das Frühlings-Hungerblümchen (selten auch: (s) Draba verna). Ihre Vegetationsdauer beträgt durchschnittlich 70 Tage. Bei unterschiedlichen Keimlings-Dichten ergaben sich die angegebenen Überlebens-Kurven. Die Daten wurden jeweils aus mehreren Kohorten gemittelt.*
   a) *Welche grundsätzlichen Aussagen kann man aus den Überlebens-Kurven (Individuen-Zahl I gegen die Zeit) machen? Erläutern Sie!*
   b) *Vergleichen Sie die verschiedenen Überlebens-Kurven!*
   c) *Interpretieren Sie die Überlebens-Kurven!*
   d) *Welche der angegebenen Keimlings-Dichten ist die natürlichste? Stellen Sie eine begründete Hypothese auf!*
   e) *Wie müssten die Kurven eigentlich beginnen? Erläutern Sie Ihr Vorgehen und die Auswahl der Graphen!*



1 – 2 Keimlinge pro dm²



15 – 30 Keimlinge pro dm²



55 Keimlinge pro dm²

Q: nach /43, S. 195/

4. System-Ökologie

Kern der System-Ökologie ist das Ökosystem

Grundlage für die Betrachtung der Ökosysteme ist die System-Theorie. Deren Grundzüge haben wir schon vorne (→ 2.1. allgemeine einführende Betrachtungen) vorgestellt.

Es folgt eine weitere Betrachtung von System vor Allem bezüglich des System-Verhaltens (→ 4.0.1. System-Theorie der Ökosysteme). Zum einen interessieren uns die Faktoren und Zusammenhänge, die das Ökosystem so stabil im Gleichgewicht halten. Und zum anderen möchten wir viel über das zeitliche Verhalten der Systeme wissen. Bei der Besprechung der einzelnen Ökosysteme stehen mögliche Unterteilungen, die räumlichen Gliederungen, die dort lebenden Organismen mit ihren Anpassungen sowie die anthropogenen Einflüsse im Vordergrund.

Ökosysteme sind:

- **offen** (tauschen Stoff, Energie und Information mit Umgebung aus)
- **dynamisch** (in sich und in der Zeit veränderlich)
- strukturiert (räumlich, zeitlich, …)
- aus abiotischen und biotischen Komponenten zusammengesetzt (Biotop + Biozönose)
- reale Raum-Einheiten und abgrenzbar
- (subjektive und / oder definierte) Konstrukte des Betrachter's
- **komplex** (bestehen aus vielen Elementen und Beziehungen)
- besitzen innere Stoff- und Energie-Kreisläufe (mit Speicher-Funktion)
- im Fließ-Gleichgewicht (oder streben ihn an)
- selbstregulierend
- sich selbst organisierend
- quasi-stabil (gute Resilenz und Resistenz)
- ((von rein phys. u. chem. Sys.) abweichender) Gleichgewichts-Zustand wird mit Energie-Aufwand (durch die biol. Sys.) aufrechterhalten (→ thermodynamisch instabil)
- …

und

- haben eine Historie (Geschichte, Vergangenheit) und eine (wahrscheinliche, noch offene) Zukunft; sie unterliegen der Evolution

Begriff seit seiner breiteren Einführung nach 1935 (TRANSLEY) expotentielle Nutzung und Erforschung

Definition(en): System-Ökologie
Die System-Ökologie ist ein Teilgebiet der Ökologie, das sich mit den Sphären und Ökosystemen sowie deren Wechselwirkungen untereinander beschäftigt.
Die System-Ökologie ist die Ökosystem-Lehre.

Ökosystem
nach Daniel BOTKIN: Gruppe von Lebensgemeinschaften verschiedener Arten, die zur gleichen Zeit am gleichen Ort leben und gemeinsam einen Zustrom von Energie und Materie nutzen

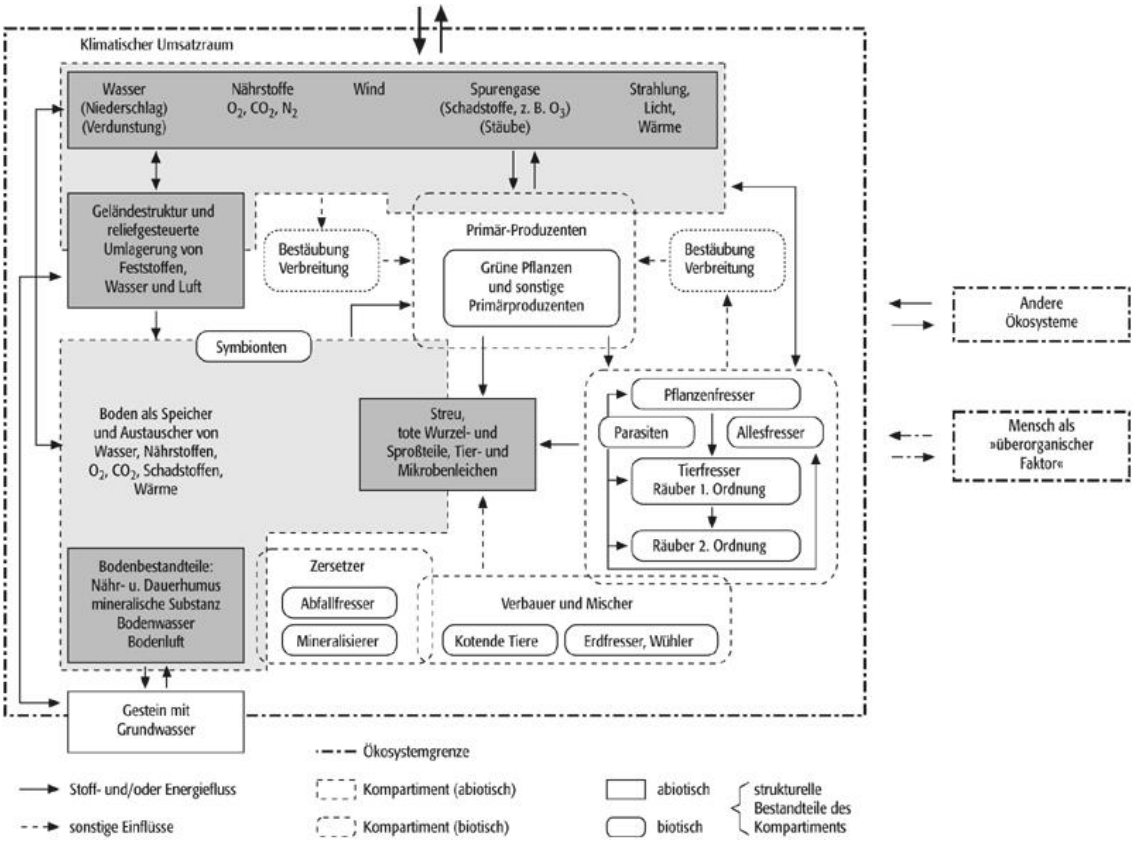
Ökosystem ein Ausschnitt aus der Erdoberfläche, in dem Energie und Materie durch das Wirken der Organismen schnelle Kreisläufe durchlaufen; mit angrenzenden Ökosystemen wird Energie begrenzter und langsamer ausgetauscht bzw. in größeren Kreisläufen transportiert

Definition(en): Ökosphäre
Die Ökospäre ist die Gesamtheit aller belebten Räume der Erde einschließlich aller dynamischen Beziehungs-Gefüge zwischen den Lebewesen (Biosphäre) und der unbelebten Natur (Geosphäre, Hydrosphäre, Atmosphäre, …).

Ökosysteme als Struktur-, Funktions- und Produktions-Einheit

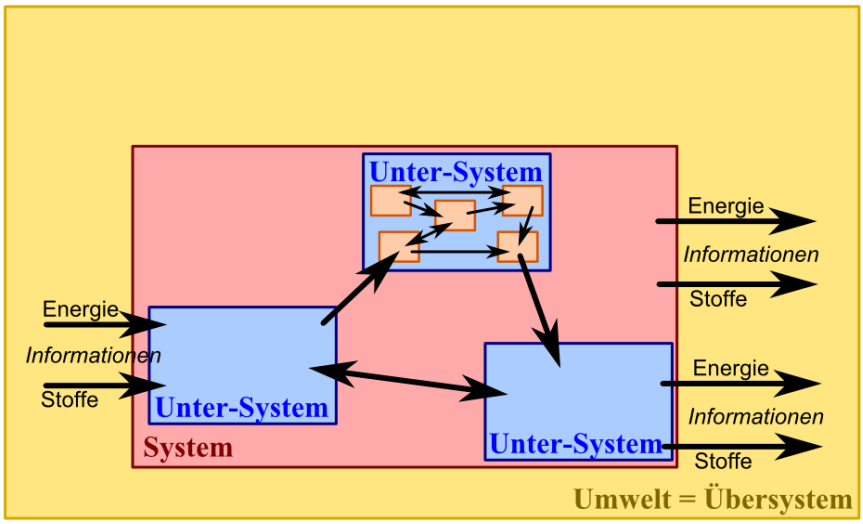
Die räumliche und zeitliche Struktur eines Ökosystem's entsteht durch das Zusammenwirken der Wuchs- und Lebensformen sowie der ökologischen Potenz und der gegenseitigen Konkurrenz der Organismen.
Räumliche und zeitliche Strukturierungen ermöglichen eine optimale Nutzung der Umwelt-Faktoren und ressourcen und ermöglichen anderseits wieder diffenzierte Umwelt-Bedingungen in verschiedenen Räumen oder Zeit-Einheiten des Ökosystem's.

In jedem Ökosystem kommt es zum ständigen Stoff-Umsatz, der durch die Vertreter der Ernährungs-Stufen Produzenten, Konsumenten und Reduzenten (Destruenten) realisiert wird. Der Stoff-Strom verläuft innerhalb von Nahrungs-Ketten und ist nicht umkehrbar.
Der Stoff-Strom ist mit einem Energie-Fluß (Energie-Strom) verbunden. Jedem Glied der Nahrungs-Kette steht ungefähr ein Zentel bis ein Zwanzigstel der vom vorgeschalteten Glied aufgenommen Energie zur Verfügung.



Q: https://www.spektrum.de/lexikon/geographie/oekosystem/5666 (Modell nach H.-J. Klink)

4.0.0. System-Theorie der Ökosysteme



Definition(en): Ökosystem (aus der Sicht der System-Theorie)
Ein Ökoystem ist ein funktionell und meist räumlich gut abgegrenzter Lebensraum (Biotop) mit den darin lebenden Organismen (Biozönose). Ein Ökosystem weist als Gesamtheit eine höhere Komplexität als seine Bestandteile auf. Die Gesamt-Erscheinungsbild eines Ökosystem's ist größer als die Summe der Funktionalitäten von einzelnen Populationen und abiotischen Zusammenhängen.
Ein Ökosystem ist eine in der Natur existierende Einheit von Organismen-Gemeinschaften (Biozönosen) und die auf sie wirkenden Umwelt-Faktoren (Biotop) einschließlich der zwischen beiden Komponenten bestehenden wechselseitigen Beziehungen.

Definition(en): Umwelt (Umgebung)
Die Umwelt ist (der Teil der)/ die Umgebung, mit der das Individuum Stoffe und Energie (und darüber auch Informationen) austauscht.
Umwelt ist alles, womit ein Organismus in kausalen Beziehungen steht.
Umwelt ist die komplexe Außenwelt von Organismen.
Die Umgebung eines Lebewesens, ist das, was auf dieses einwirkt und seine Lebensumstände beeinflusst. (Jakob Johann VON UEXKÜLL (1909)

Wie schon erwähnt, sind Ökosysteme mehr als das einfache Nebeneinanderleben von Populationen in einem Biotop. Die System-Ökologie interessiert sich nun vor allem für die neuartigen Merkmale, Zusammenhänge usw., die erst im direkten Miteinander der vielen Arten entstehen. Diese zusätzlichen / neuartigen Merkmale fassen wir unter **Emergenz** zusammen.

Definition(en): Emergenz
Unter Emergenz versteht man die Herausbildung neu(artig)er Eigenschaften, Strukturen und Verhaltensweisen eines System's infolge des Zusammenspiel's seiner Elemente. Die besonderen Eigenschaften, Strukturen und Verhaltensweisen lassen sich i.A. nicht einfach und offensichtlich aus den einzelnen Elementen ableiten.

Ein herausragendes Merkmal der Ökosysteme ist – wenn man sie von außen betrachtet – ihre scheinbare Unveränderlichkeit und Stabilität. Man spricht auch von einer **Homöostase**. Selbst Stürme oder kleine Katastrophen beeinflussen die Ökosysteme zwar, aber irgendwie kehren sie wieder in ihren alten Zustand zurück.
Besonders interessant ist dabei, dass wenn man sich die einzelen Komponeten ansieht, diese Stabilität gar nicht da ist. Organismen kommen dazu, werden geboren, aber sterben auch wieder. Insgesamt scheinen sich Zugänge und Abgänge die Waage zu halten. Im Inneren bewegt sich aber alles – es ist dynamisch. So ein Gleichgewicht wird **Fließ-Gleichgewicht** genannt. Alle Ökosysteme sind Fließ-Gleichgewichte.

Definition(en): Homöostase
Unter Homöostase versteht man den (scheinbaren) Gleichgewichtszustand (Fließgleichgewicht) offener, dynamischer Systeme.

Begriff und Verständnis geht auf Claude BERNARD (1860) zurück und wurde um 1930 durch Walter CANNON und Karl Ludwig VON BERTALANFFY erweitert
Ein System in der Homöostase ist ein **Homöostat**.

da der Begriff Stase auf Stillstand deutet, wird heute immer stärker von **Homöodynamik** gesprochen, was aber wiederum den Charakter des scheinbaren Stillstand / Gleichstands / Gleichgewichtes deutlich macht

Ökosysteme bestehen aus einer großen Vielzahl von Elementen und Relationen
Faktoren (Elemente und Relationen) wirken immer im Komplex

schon das Zusammenspiel von zwei Populationen (z.B. Räuber-Beute) kann zu einem sehr komplexen – nur im groben vorhersagbaren – System-Verhalten führen

Rolle des Faktor's	**Einfluss auf andere Faktoren**	**Beeinflussbarkeit**
aktiv	stark	gering
passiv / reaktiv	gering	stark
kritisch	stark	stark
puffernd	gering	gering

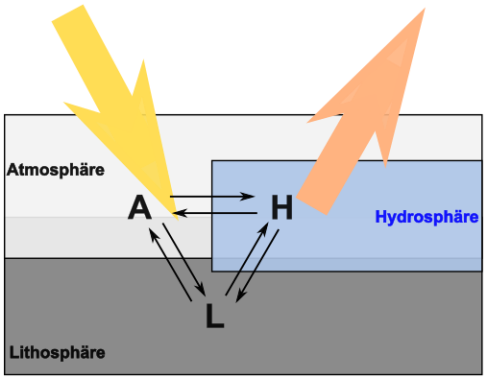
viele Einfluss-Faktoren mit beachtlicher räumlicher und zeitlicher Gliederung (→ 2.3. räumliche und zeitliche Strukturierung von Umwelt-Faktoren)

dazu kommen diverse "störende" Einflüsse, die von stärkeren Wetter-Ereignissen bis zu großen athropogenen Eingriffen reichen

Ökosysteme sind thermodynamisch gesehen offene Systeme

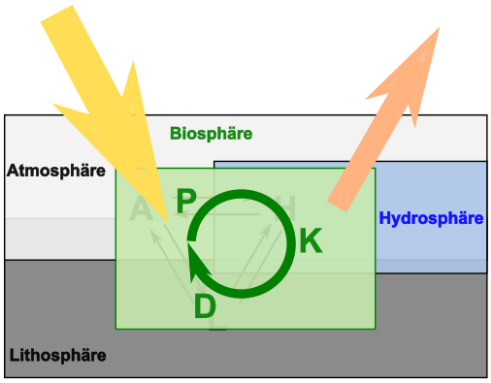
Ökosysteme besitzen ein sehr hohes Maß an Selbstorganisation und Selbstregulation
selbstreferentiell und selbststrukturierend
insgesamt in sich negativ rückgekoppelte Systeme

tote / nicht lebende Systeme (z.B. Mars, Venus, …) sind durch langfristige gleich-große Energie-Ein- und Abstrahlung gekennzeichnet
zwischen den Komponenten (hier Litho-, Hydro- und Atmospäre) wird langfristig nur sehr wenig Energie hin- und her-transportiert und umgewandelt
kurzfristig (z.B. in Tages- und Jahres-Rhythmiken) können die Energie-Mengen schon beachtlich sein, gleichen sich aber innerhalb der Rhythmik i.A. wieder aus
die Systeme befinden sich in thermo-dynamischen und chemischen Gleichgewichten



bei lebenden Systemen verbleibt ein deutlicher Teil in der Biosphäre
Energie wird hier zyklisch im System gehalten (viel Energie steckt in den geschaffenen Ordnungs-Strukturen und (thermodynamischen und chemischen) Ungleichgewichten)

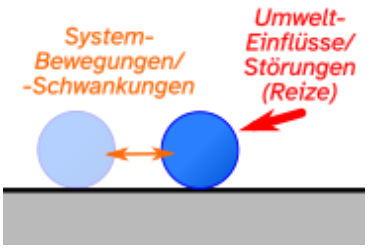
mit dem Absterben der Biosphäre wurden sich die Strukturen abbauen und es würde wieder zur Angleichung von Energie-Zufuhr und -Abgang eintreten



s.a. Gaia-Theorie (→)

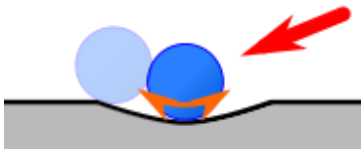
Die meisten Ökosystem sind sehr stabile Konstrukte. Sie reagieren recht gut auf Störungen (natürliche und künstliche Veränderungen / Beeinflussungen) und kehren mehr oder weniger schnell in den stabilen / vorherigen (Gleichgewichts-)Zustand zurück.
Modell-haft kann man sich das bei der Lage-Erhaltung eines Ball's verdeutlichen.

Bei einem instabilen / fragilen System reichen schon kleinste Störungen aus, um den aktuellen System-Zustand zu verändern. In vielen Fällen ist auch keine Rückkehr zum ursprünglichen Zustand mehr möglich.



instabiles / fragiles System
(schon kleinste Beeinflussungen verändern den System-Zustand dauerhaft)

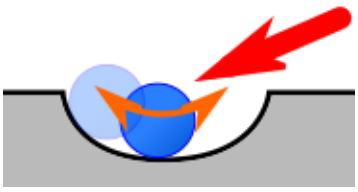
Mit steigender Stabilität kann das System immer größere Beeinflussungen verkraften. Es kehrt dann in den ursprünglichen Zustand zurück.
Beim sehr stabilen System müssen die Umwelt-Einflüsse sehr groß sein, um das System aus dem Gleichgewicht zu bringen.



stabiles / robustes System
(das System kann Störungen bis zu einem bestimmten Maß ausgleichen)

zur Charakterisierung der Stabilität eines Ökosystem's betrachtet man die Eigenschaften **Resilenz** und **Resistenz**

Resistenz (Widerstand(sfähigkeit)) ist die Fähigkeit trotz Störungen im Gleichgewicht zu bleiben



sehr stabiles / robustes System
(nur durch sehr große Störungen aus dem Gleichgewicht zu bringen

Resilenz (Abfederungs-Vermögen) (lat.: zurückspringen) ist dabei die Geschwindigkeit, mit der ein Ökosystem eine Störung wieder ausgleichen kann und zum typischen Gleichgewichts-Zustand wieder zurück gelangt
statt von Resilenz wird auch gern der Begriff der **Elastizität** benutzt

manche Ökosysteme besitzen nur wenige Arten mit riesigen Populationen (z.B.
andere Ökosysteme sind mit fast unendlichen Artenzahlen ausgestattet, bei denen manche Populationen bis auf sehr kleine Größen beschränkt sind

Stabilität durch Kompartmentierung
Verfügt ein Ökosystem über vielgestaltige und manigfaltige Möglichkeiten bei den verschiedenen Umweltfaktoren, dann bietet es viele Lebensräume und ökologische Nischen.
Populationen können bei Änderungen einzelner Faktoren auf ähnliche Strukturen (Kompartimente) ausweichen.

Stabilität durch die Biozönose
Im Allgemeinen gilt, dass Biozönosen mit einer breiten Biodiversität stabiler sind als einfache Lebensgemeinschaften. Fällt dann eine Art aus, dann kann ihr Platz durch andere Arten übernommen werden.
Vielgestaltige Biozönosen haben eine hohe Resistenz und Resilenz. Durch die feine und dünne Verteilung der Mitglieder der Population ist auf dieser Ebene eine geringere Resilenz zu beobachten.

Stabilität durch Regulation und Kontrolle
Die Kapazitäten an Ressourcen bestimmen die Möglichkeiten der Nutzer. Man spricht von einer Bottom-up-Kontrolle.
Bei einer Top-down-Kontrolle bewirken z.B. Räuber oder Parasiten die Größe der trophisch untergeordneten Population bzw. der Wirte. Auch bei konkurrierenden Arten ist der gemeinsame Räuber das regulierende Element (Prädatoren-vermittelte Koexistenz / -Kontrolle).

Stabilität durch Schlüssel-Arten
Oft bestimmen einige wenige Arten über die Stabilität eines Ökosystem's. Fallen diese (Schlüssel-)Arten aus oder werden sie nachhaltig gestört, dann hat dies meist auch größere Auswirkungen auf das Ökosystem.
Fällt dagegen eine von mehreren konkurrierenden Nischen-Nutzer aus, dann hat dies auf den Gesamt-Zustand des System's meist nur eine kleine Wirkung (z.B. Wegfall eines spezialisierten Parasiten)

Ökosystem-Elemente besitzen unterschiedlich ausgeprägte Speicher-, Transport- und Puffer-Funktionen

künstlich abgegrenztes Ökosystem besitzt Energie- und Stoff-Inputs (Einträge), die im Fließ-Gleichgewicht proportional zu den Outputs (Austräge) sind

trotz Vielgestaltigkeit und hoher Variabilität gibt es einheitliche / vergleichbare Strukturierungen
z.B. ökologische Funktionen / ökologische Nischen

Definition(en): Ökosystem (weitere mögliche Definitionen)
Ein Ökosystem ist ein zusammengehörender Verbund von verschiedenartigen Elementen (Pflanzen, Tiere, Pilze, …, nicht-lebende Natur) in einem definierten / räumlich abgegrenzten Lebensraum, der durch charakteristische abiotische und biotische Faktoren gekennzeichnet ist.
Ein Ökosystem ist ein charakteristisches, dynamisches Beziehungsgefüge zwischen bestimmten Lebewesen und charakteristischen Umweltbedingungen.
Ein Ökosystem ist ein relativ stabiles Raum-Zeit-Gefüge von Biotop und Biozönose.
Ein Ökosystem ist die Gemeinschaft lebender Organismen und ihrer Wechselwirkungen mit ihrer abiotischen Umwelt.

der Begriff Ökosystem ist Rang- und Dimensions-los, d.h. die Größe eines Ökosystem's ist sehr variabel

einfache und komplizierte Ökosysteme
natürliche und künstliche Ökosysteme

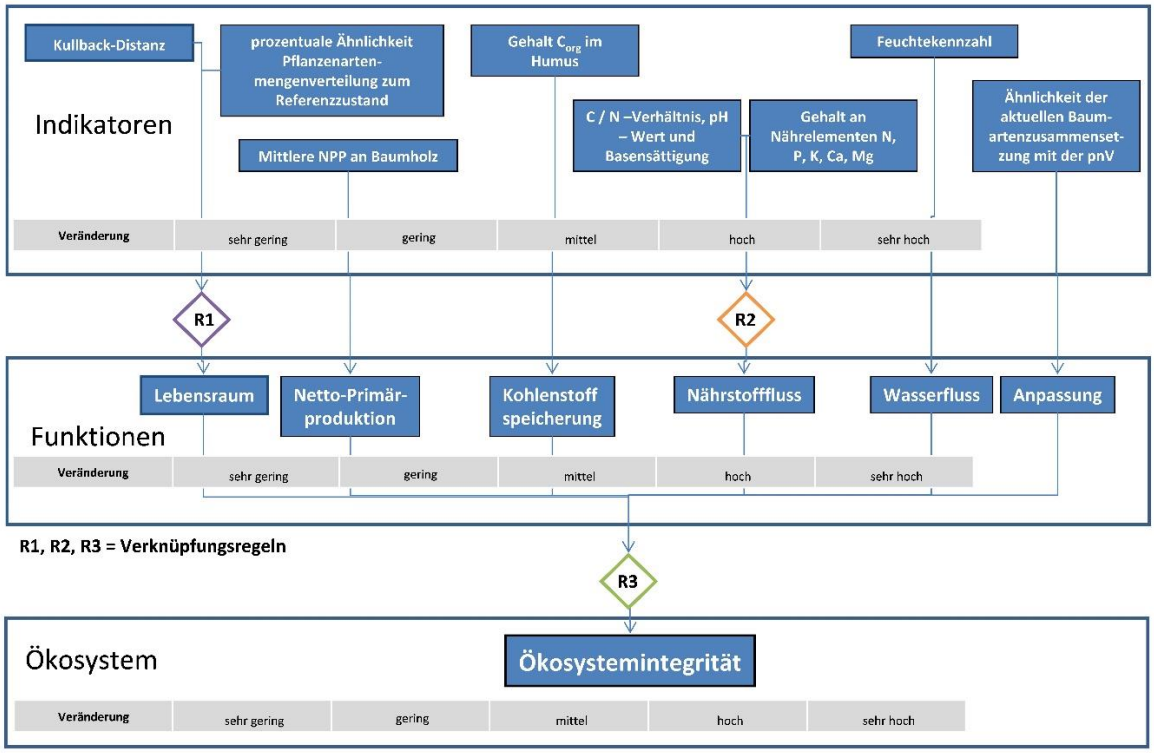
natürliche Ökosysteme werden häufig grob nach Salzwasser-, Süßwasser- und Land-Ökosysteme unterschieden

Ökosystem-Integrität

Merkmale:

- Selbstorganisations-Fähigkeit
- Funktionalität und Übereinstimmung der abiotischen und biotischen Faktoren mit dem Standort-Potential
- …

Definition(en): (Ökosystem-)Integrität
Unter Ökosystem-Integrität versteht man die Fähigkeit eine (Öko-)System's, seine Struktur und Funktionen (dauerhaft / langfristig) aufrechtzuerhalten.
Integrität beschreibt die innere Konsistenz mit stabilen Elementen und ungestörten Funktions-Abläufen.



Q: https://www.umweltbundesamt.de/themen/luft/luftschadstoffe-oekosysteme/wirkungen-auf-oekosysteme/oekosystemintegritaet#regelbasierte-einstufung-der-okosystemintegritat (S. Nickel (Universität Vechta))

Definition(en): Resistenz
Resistenz ist die Fähigkeit eines System's äußere oder innere Veränderungen / Beeinflussungen auszugleichen / abzufedern.
Die Resistenz ist die Widerstandsfähigkeit eines System's gegenüber Beinflussungen.

Definition(en): Resilienz
Resilienz ist die Fähigkeit eines System's nach einer Veränderung / Beeinflussung wieder in den ursprünglichen Zustand / das ursprügliche Gleichgewicht zurückzukehren.

nach JAX (1992) kann festgestellt werden

- Ökosysteme stellen reele Raum-Einheiten dar und lassen sich als solche (künstlich) abgrenzen
- Ökosysteme sind Konstrukte des Beobachters / Beschreibers
- Ökosysteme bestehen aus wechselwirkenden biotischen und abiotischen Komponenten / Elementen
- Ökosysteme befinden sich (längerfristig) in einem Fließgleichgewicht und / oder streben eins an
- Ökosysteme sind kybernetische Systeme mit einer begrenzten Fähigkeit zur Selbstregulation

Definition(en): ökologisches Gleichgewicht
Das ökologische Gleichgewicht ist das, in bestimmten Grenzen schwankende, Fließ-Gleichgewicht eines Ökosystem (bezüglich einzelner und / oder aller Faktoren), so, dass das Ökosystem sich (längerfristig) selbst reproduziert.
Das ökologische Gleichgewicht ist ein konstanter Biomasse-Strom in einem Ökosystem.
Das ökologische Gleichgewicht ist quasi-stationärer Zustand eines Ökosystem's, in dem sich die einzelnen Struktur-Elemente in einem relativ stabilen, aber dynamischen, Verhältnis zueinander befinden. Im ökologischen Gleichgewicht kann das Ökosystem Schwankungen und Störungen (bis zu einer bestimmten Stärke) intern ausgleichen.

Definition(en): Ökotop / Geoökotop
Ein Ökotop ist ein konkreter Bereich / Raum innerhalb eines Ökosystems mit allen konkreten (abiotischen und biotischen) Umwelt-Faktoren.

Definition(en): Ökoregion / Ökoprovinz / Ökodistrikt
Eine Ökoregion ist der konkrete Raum eines (großräumigen) Ökosystems.
Eine Ökoregion ist die Zusammenfassung gleichartiger (verbundener und isolierter) Ökosysteme mit ihren gleichartigen Biotopen und Biozönosen. (z.B. (Vernetzung) alle Buchen-Wälder)

Definition(en): Ökosystem-Typ
Ökosystem-Typen sind abstrakte Zusammenfassungen von ähnlichen oder sachlich zusammengehörenden Ökosystemen.
Ein Ökosystem-Typ ist eine Gruppe von Ökosystemen mit ähnlichen oder charakteristischen Merkmalen.

Definition(en): Zonobiom
Ein Zonobiom ist die Gesamtheit aller Biome einer Klimazone.

Definition(en): Standort-Faktoren
Standort-Faktoren sind die abiotischen und biotischen Einflussgrößen, die einen Lebensraum / Wohnort / Standort charakterisieren und sich auf die dort ansässigen Lebewesen auswirken.

Definition(en): Biogeozönose (Groß-Ökosystem)
Die Biogeozönose ist das dynamische Beziehungs-Geflecht zwischen den Lebewesen (Biozönose) und ihrer Umwelt (Biotop, Biom). Die Biogeozönose kann auch mit einem Ökosystem gleichgesetzt werden.

Definition(en): ökologische Widerstandsfähigkeit
Unter der ökologischen Widerstandfähigkeit versteht man die Geschwindigkeit, die ein Ökosystem benötigt, um nach einer Störung wieder ins Gleichgewicht zu gelangen.

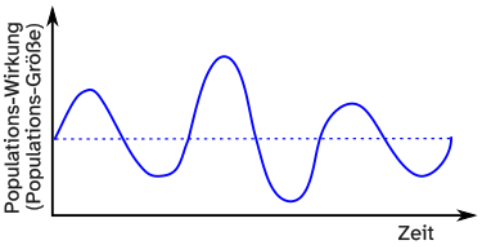
Definition(en): ökologischer Widerstand
Der ökologische Widerstand ist die Fähigkeit eines Ökosystem's trotz einer Störung im Gleichgewicht zu bleiben.

Systeme in der Ökologie sind durch viele – ineinander greifende – (Stoff-)Kreisläufe und langfristig eher ausgeglichene, dynamische Gleichgewichte gekennzeichnet.

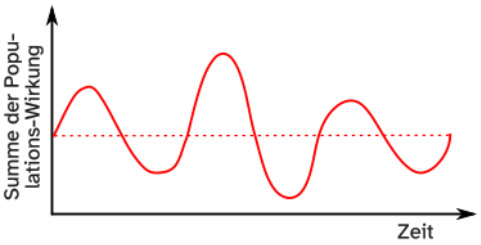
Definition(en): (Stoff-)Kreislauf
Ein (Stoff-)Kreislauf ist ein periodischer, im Wesentlichen geschlossener, von mehreren Prozessen getragener Ablauf, bei dem die Ausgangs-Situation / der Ausgangs-Stoff wieder erreicht wird.
(Stoff-)Kreisläufe umfassen mehrere – in einem abgegrenzten und zusammenhängenden Prozess-System – ablaufende Vorgänge, die von einem Stoff oder Zustand wieder zu diesem zurückführen.

Mechanismen der Stabilisierung von Ökosystemen

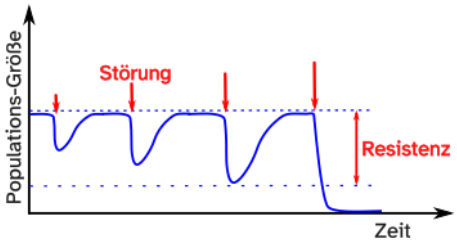
hängt die Leistung eines System's nur von einer Komponente (einer Art) ab, da schwankt die Leistung praktisch mit der Größe / Menge der Komponente



die Schwankungen der tragenden Komponente wird nach außen im vollen Ausmaß sichtbar



Stabilitäts-Maße sind die **Resilenz** und die **Resistenz**. Unter der Resistenz wird die Fähigkeit eines System's (hier Bsp.: Populations-Größe) Störungen auszugleichen. Man spricht auch von der Widerstands-Fähigkeit. Wird die Störung zu groß, kann das system nicht mehr in das ursprüngliche Gleichgewicht zurückgelangen.





Die Resilenz beschreibt die Geschwindigkeit (/ die Zeit, die das System braucht), um den ursprünglichen Zustand (das ursprüngliche Gleichgewicht) wieder zu erreichen.

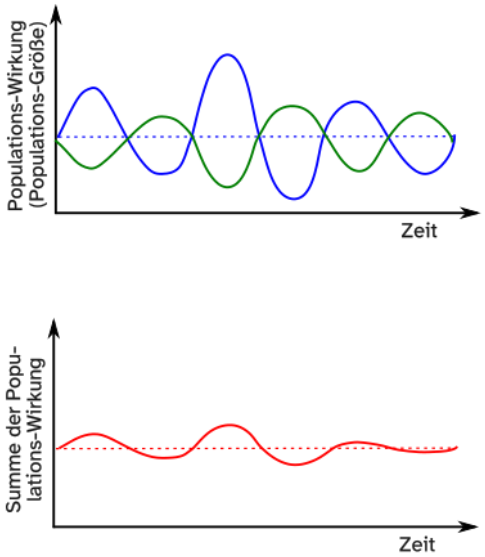
Kompensation

Wirkungen der einen Art (einer Komponente des System's) werden durch Phasen-verschobene Wirkungen einer anderen Art (Komponente) begleitet

Wirkungen summieren sich zu einem ausgeglichenem Gesamt-System-Verhalten

das Wachstum der einen Population behindert das Wachstum der anderen (negative Wechselwirkungen / Wirk-Beziehung)

es müssen aber keine direkten Beziehungen zwischen den Populationen bestehen, vielfach ist es die unterschiedliche (entgegengesetzte) Reaktion auf einen (abiotischen) Umweltfaktor



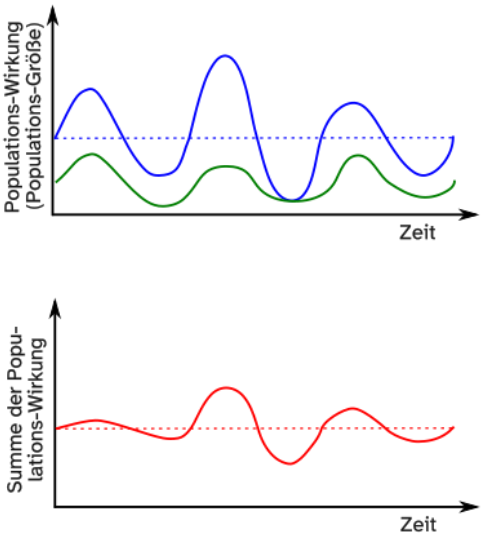
Beispiel: Gesamt-Photosynthese eines System's wird von zwei Arten bestimmt. Hat die eine eine größere Ausprägung (wegen z.B. eines zufällig veränderten Parameter's), dann kann sich die andere Art nicht so gut entwickeln. Im nächsten Jahr startet die zweite Art besser und benachteiligt die andere Art / überläßt der anderen Art mehr Ressourcen.

→ extraspezifische Konkurrenz / Konkurrenz-Ausweichung

Interaktion

Wirkungen der einen Art (einer Komponente des System's) werden durch (korrigierende) Wirkungen einer anderen Art (Komponente) begrenzt oder ausgeglichen
beide Wirkungen laufen weitgehend Phasen-synchron ab, die Wirkungen korrigieren sich
wächst die eine Population, kann auch eine andere Population davon profizieren (positive Wechselwirkungen / Wirk-Beziehung)

Räuber-Beute-Beziehungen fallen eher in diesen Bereich, da sie weitgehend Phasen-synchron ablaufen, wenn auch die Phasen leicht verschoben sind



Kompensation und Interaktion führen zu stabileren System-Zuständen. Die Beeinflussung einer Komponente wird durch die andere Komponente abgedämpft.
Im Allgemeinen gilt, dass je höher die Zahl der wirksamen Komponenten ist, umso stabiler ist das gesamte System.

da die Komponenten aber immer spezialisierter sind, kann der Ausfall einer Komponente eine Kette von verbundenen Komponenten bewirken
fällt bei einem auf eine bestimmte Pflanze spezialisiertem Insekt die Pflanze weg, dann stirbt u.U. das Insekt
der Effekt kann sich in der Nahrungskette fortsetzen

mehr Arten bedeuten meist auch größere Abstände zwischen den Individuen
das macht z.B. die geschlechtliche Fortpflanzung schwieriger, …

derzeit geht man davon aus aus, dass die Variations-Breite im Ökosystemen von Umweltfaktoren darüber entscheidet, ob eine große Diversität vorteilhaft ist

4.0.1. Ökogeographie

Ganz entscheidend für die herrschenden Umweltbedingungen sind geographische Aspekte. Auf welchem Kontinent befindet sich das Biotop? Handelt es sich um eine Insel? Welche Böden gibt es in der Region? Wie isoliert ist der Lebensraum? Ist das Gebiet gerade erst durch geographische Vorgänge entstanden? Was für Flüsse durchziehen das Gebiet? Welche klimatischen Bedingungen herrschen? Welchen Einfluß haben Meeres-Strömungen?

Viele dieser Fragen haben wir schon indirekt und einzeln betrachtet. In der Ökogeographie versucht man die Effekte zu sammeln und zu systematisieren.

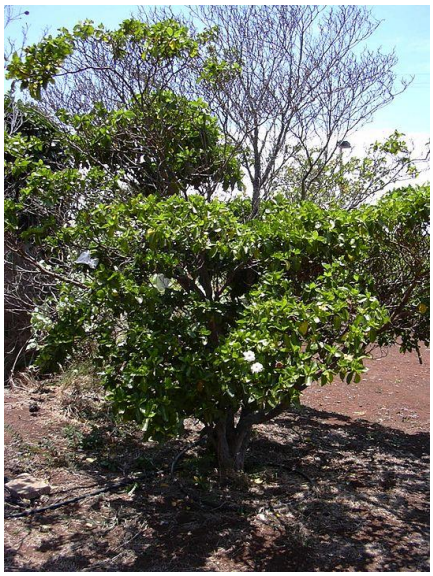
Definition(en): Ökogeographie
Ökogeographie ist die fachübergreifende Wissenschaft, die sich mit der geographischen Verteilung der Umweltfaktoren und der Verbreitung der Organismen beschäftigt.

Definition(en): endemisch
Als endemisch wird eine Art oder Gruppe von Organismen bezeichnet, die natürlicherweise nur einem (kleineren) eingegrenzten geographischen Gebiet vorkommt.

Definition(en): generalistisch
Als generalistisch wird eine Art oder Gruppe von Organismen bezeichnet, die natürlicherweise in vielen (- auch unterschiedlichen -) geographischen Gebieten vorkommt.

Ein Beispiel für eine extrem endemische Art ist *(s) Gardenia brighamii* – die Wald-Gardenie – auf Hawaii. Von diesem kleinen Baum bzw. Strauch gibt es geschätzt nur 15 bis 20 Exemplare.
Bei den Tieren können wir uns vielleicht die Galapagos-Riesenschildkröte (*(s) Chelonoidis nigra porteri*) als eine endemische Art merken. Aufgrund der fehlenden Feinde konnte sie gigantische Größe entwickeln. Sie zählt auch als Beispiel für den Insel-Gigantismus.
Weitere Endemismen sind der

- Insel-Graufuchs
- Komodowaran
- St.-Helena-Riesenohrwurm
- Zwergfaultier
- …
-



Wald-Gardenie (*Gardenia brighamii*)
Q: de.wikipedia.org (Forest & Kim Starr)

Auch Deutschland hat seine endemischen Arten. Das sind z.B.:

- Badischer Riesenregenwurm
- Bayrisches Löffelkraut
- Gelbes Galmei-Veilchen

…

	endemische Arten		
Land / Region	**Pflanzen**	**Tiere**	**insge-samt**
Deutschland	42		
Östereich	150	575	741
Schweiz	6	33	39
Spanien	500		

Art-Mächtigkeit beschreibt den Deckungs-Grad und die Individuen-Zahl einer Art in einem Biotop.

Bewertungs-Skala der Art-Mächtigkeit

Zeichen	Kriterium / Beschreibung
r	Individuen-Anzahl sehr spärlich (1 – 5), Deckungs-Grad sehr gering
+	Individuen-Anzahl spärlich, Deckungs-Grad gering
1	Individuen-Anzahl zahlreich(er), Deckungs-Grad sehr gering
2	Individuen-Anzahl sehr zahlreich, Deckungs-Grad 5 – 25 %
3	Individuen-Anzahl beliebig, Deckungs-Grad 25 – 50 %
4	Individuen-Anzahl beliebig, Deckungs-Grad 50 – 75 %
5	Individuen-Anzahl beliebig, Deckungs-Grad 75 – 100 %

Der Deckungs-Grad gibt an, wieviel Prozent der Bodenfläche von der Art bedeckt wird (gemeint i.A. Pflanzen in einem zufällig ausgewählen Quadratmeter)

4.0.2. Modellierung von Ökosystemen

größere, aber auch viele kleine Experimente verbieten sich in Ökosystemen
vielfach können wir die Folgen gar nicht vollständig voraussehen
viel zu groß wäre auch die Gefahr, dass Organismen sterben oder gar Populationen / Arten aussterben könnten

außerdem sind Ökosysteme so komplex, dass die Wirkungen von Experimenten garnicht erkennbar werden, da sie von anderen Faktoren ausgeglichen oder begleitet werden
echtes wissenschaftliches Experimentieren ist also sehr schwierig

besser ist es, mit Modellen zu arbeiten und Simulationen durchzuführen
was bleibt ist aber das Problem, dass die Simulations-Ergebnisse mit praktischen Daten abgeglichen werden müssen, um die Qualität von Modellen bewerten zu können

Nachbilden und Verstehen der Zusammenhänge und Komplexität
Ermöglichen von Vorhersagen über das System-Verhalten
Erkunden der Grenzen der Stabilität und Selbstregulation
Vorhersagen über anthropogene Einflüsse auf Ökosysteme

Untersuchung der Ökosystem-Dynamik
gemeint sind Veränderungen in der Ökosystem-Struktur, der Umwelt (als Störung) und durch interne Kräfte

Modell-Arten für Ökosysteme

• **ganzheitliches Modell**	- versucht die Zusammensetzung, die Interaktionen und die Dynamik des gesamten Ökosystem's zu quantifizieren und in funktionellen Zusammenhängen abzubilden - meist sind diese Modelle aus Kosten- oder ethischen Gründen nicht realisierbar - viele Ökosysteme viel zu groß und / oder zu komplex, um praktikable Modelle aufstellen zu können
• **Mesokosmos-Modell**	- Abtrennung eines Teil's des Ökosystem für die quantitative Betrachtung
• **Mikrokosmos-Modell**	- vollständige Neuerschaffung eines Ökosystems unter (Innen- oder Außen-)Labor-Bedingungen - es bleibt immer die Frage, ob Mikrokosmos wirklich ein reales Ökosystem abbildet - Verifizierung des Modell's erfordet praktisch wieder einen ganzheitlichen Ansatz
•	

(c,p) 2011-2025 lsp: dre

Modellierungs-Arten

• **konzeptionelles Modell**	- besteht im Wesentlichen aus Fluß-Diagrammen (Fließ-Schemata) - besonders für Energie- und Stoff-Flüsse geeignet - nur qualitative und semi-quantitative Ergebnisse möglich - Aussagen sehr fraglich / ungenau und wenig abgesichert
• **analytisches Modell**	- besteht aus einfachen mathematischen und logischen Funktionen - meist nur sinnvolle Aussagen für künstlich bestimmte Kategorien oder pauschale bzw. gedachte Komponenten - lassen grobe Tendenzen / Veränderungen erkennen - semi-quantitative Aussagen möglich - gewissen Variabilität in den Ausgangs-Bedingungen möglich
• **Simulations-Modell**	- bilden Ökosystem anhand komplexer Funktionen möglichst vollständig ab - sehr aufwändig - recht genaue quantitative Aussagen möglich - meist auch feinere Untersuchungen / Analysen / Simulationen für Teil-Systeme oder Komponenten möglich - lassen sich mit veränderten Anfangs-Bedingungen mehrfach durchführen
•	

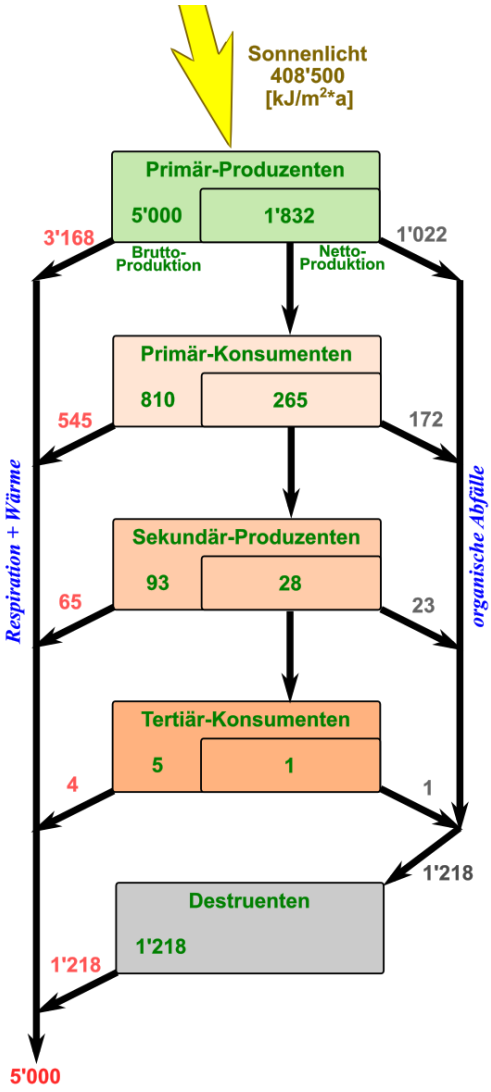
Definition(en): ganzheitliches Ökosystem-Modell
Ein ganzheitliches Ökosystem-Modell bildet ein Ökosystem vollständig und quantifiziert in seiner Struktur und Dynamik ab. Die Erstellung von ganzheitlichen Modellen ist aus ethischen, ökonomischen und logistischen kaum möglich und meist nur für sehr kleine oder künstliche Ökosysteme realisierbar.

Definition(en): Meso-Kosmos
Ein Meso-Kosmos ist ein künstlich eingeschränkter / begrenzter Teil eines Ökosystem, für den die Struktur, die Dynamik und die Kenndaten beispielhaft erfasst werden.

Definition(en): Mikro-Kosmos
Ein Mikro-Kosmos ist eine künstliche Nachbildung eines Ökosystem's (unter Labor-Bedingungen), um die Strukturen und die Dynamik zu erforschen.

konzeptionelle Modelle

typisch sind **Fluss-Diagramme**, bei denen Elemente des Ökosystems über Wirk-Pfeile miteinander verbunden sind
an die Pfleile werden durch Plus- bzw. Minus-Zeichen die Art des Zusammenhang's notiert
Mit einem Plaus (+) werden gleichgerichtete Ursache-Wirkungs-Beziehungen gekennzeichnet.
Die Beziehung kann dann z.B. als Satz so formuliert werden:
Je größer die Ursache, desdo größer ist auch die Wirkung.
Natürlich gilt auch die umgekehrte beziehung:
Je kleiner die Ursache, umso kleiner ist die Wirkung.
Ein Minus-Zeichen (-) wird für eine entgegengesetzt gerichtete Ursache-Wirkungs-Beziehung verwendet. Hier lauten die Interpretationen:
Je größer die Ursache ist, umso kleiner ist die Wirkung. Bzw. für die anderen Fall: Je kleiner die Ursache wird, desdo größer wird die Wirkung.
Diverse Beispiele haben wir ausführlich schon in der Demökologie (→ 3.2. Populations-Dynamik) besprochen.
Eine andere – weit verbreitete – Darstellung von Zusammenhängen sind **Kompartiment-Modelle**.
Zwischen den Ökosystem-Elementen (Kompartimenten) werden wiederum Wirk-Pfeile gezeichnet.
Dieses Mal werden die Beziehungen – z.B. Närstoff- oder Energie-Flüsse – als Werte notiert. Hier sind also quantitative Informationen zu den Ursache-Wirkungs-Beziehungen bekannt. Bei Fluss-Diagrammen spielten ja nur qualitative Aussagen eine Rolle.
Ein weiterer Unterschied ist die Auswahl der der Modell-Elemente. Während man bei Fluss-Diagrammen beliebige Elemente und / oder Unterelemente bzw. Prozesse als Modell-Element nutzen kann, sind es bei Kompartiment-Modellen eher vergleichbar Elemente einer System- bzw. Struktur-Ebene.



konzeptionelles und analytisches Modell (Kompartiment-Modell) (nach ODUM, 1940er Jahre) für das Quell-Ökosystem Silver Springs

Definition(en): Konzept-Modell / Kompartiment-Modell
Ein Konzept-Modell (Kompartiment-Modell; konzeptionelles Modell) ist ein qualitatives Struktur-Modell (meist in Form eines Fließ- bzw. Fluss-Diagramm's), dass die Wechselwirkungen zwischen (den) verschiedenen Elementen (Kompartimenten) eines (Öko-)System's abbildet.

analytische Modelle

Vom guten Kompartiment-Modell zum analytischen Modell ist es nicht weit. Sind die Werte in einem Kompartiment-Modell bekannt, dann findet sich meist auch schnell ein mathematisches Berechnungs-Modell.
So können wir z.B. für das Modell von ODUM die folgenden Formeln ableiten:

$$BruttoProduktion = NettoProduktion + (Respiration + Wärme)$$

$$BruttoProduktion' = NettoProduktion - organischAbfälle$$

Die Gleichungen / Funktionen bilden einfach nur die Beziehungen zwischen den System-Elementen ab. Wie genau diese Beziehungen funktionieren, bleibt verborgen. Solche Zusammenhänge werden dann in echten Simulations-Modellen vertieft.
Je nachdem, welche Daten man von einem Ökosystem hat, lassen sich dann die anderen Werte berechnen. Die Formeln werden dazu einfach umgestellt.

Aufgaben:

1. *Bilden Sie das Silver-Springs-Beispiel in einer Tabellenkalkulation nach! Entscheiden Sie welche Daten bekannt sein sollen (z.B. Brutto- und Netto-Produktion) und welche Sie berechnen wollen (dann z.B. Respiration+Abwärme und organischeAbfälle)!*
2. *Berechnen Sie zusätzlich die Effektivität für die Trophie-Ebene (Brutto-/Netto-produktion) sowie zwischen den Trophie-Ebenen (Tranfer-Effizienz)!*

Definition(en): analytisches Modell
Ein analytisches Modell ist eine Sammlung mathematischer Formeln, mit dem die Auswirkungen (in Strukturen und Dynamik) von Umwelt-Störungen in einem Ökosystem simuliert / verhergesagt werden soll.

Simulations-Modelle

Bilden mit ihren Gleichungen und Funktionen auch die hinterliegenden Detail's ab. Sie berechnen z.B. genau die Photosynthese und den CO_2-Verbrauch in der Primär-Produktion. So lassen sich auch weitergehende Effekte analysieren und z.B. die Auswirkung einer CO_2-Erhöhung in der Atmosphäre nicht nur für die Primär-Produktion voraussagen

Definition(en): Simulations-Modell
Ein Simulations-Modell ist ein Computer-Programm, dass ein Ökosystem ganzheitlich und sehr differenziert modelliert und es ermöglicht Vorhersagen zu Umweltstörungen zu tätigen.

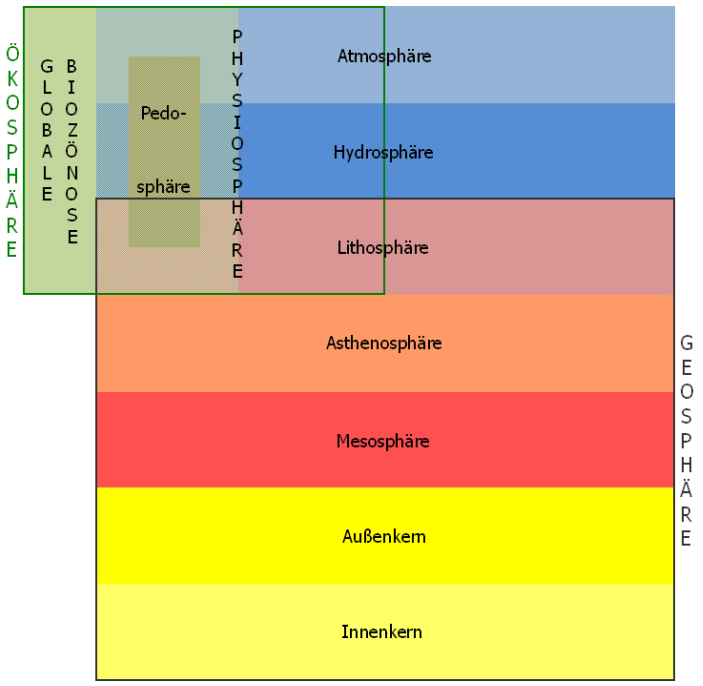
funktionelle / deterministische und stochastische Modelle

In deterministischen Modellen bestimmen mathematische Funktionen die Simulationen.
Bei gleichen Ausgangs-Bedingungen ergeben sich immer die gleichen Simulations-Ergebnisse. Man startet deshalb mehrere Simulationen mit leicht voneinander abweichenden Ausgangs-Bedingungen und mittelt dann die Einzel-Ergebnisse.

Bei stochastischen Modellen wird mit Wahrscheinlichkeiten gerechnet und in jeder Simulation und jedem Schritt neu "gewürfelt". Damit ergeben sich immer wieder unterschiedliche – z.T. chaotische – Verläufe. Mittelt man aber genügend Simulationen, dann ergeben sich meist die gleichen Ergebnisse, wie wir sie aus deterministischen Modellen erhalten.
Stochastische Modelle zeigen uns aber in jedem Durchlauf, dass eben viele Zufälle eine Rolle spielen können. Eine graphische Darstellung der Einzel-Durchläufe zeigt auch immer schön die Spannbreite der zu erwartenden – zufälligen und ev. auch extremen – Ereignisse.

In der Praxis werden die besten Ergebnisse meist bei Kombinationen der Modell-Arten erreicht. Vor allem in den Bereichen, die man genau kennt, nutzt man deterministische teil-Modelle. Die etwas unbestimmteren Teile werden durch stochastische Modelle repräsentiert. Auch hier werden viele Simulations-Durchläufe genutzt, um gemittelt eine sehr wahrscheinliche Vorausage zu erhalten.

4.1. die Sphären der Ökosysteme



die Erdsphären
Q: de.wikipedia.org (Dreisam)

Begriff Späre ist von lat.= *spaera* (Gewölbe, Himmelsgewölbe, Hohlkugel) abgeleitet

Definition(en): Sphäre
Eine Sphäre ist eine Schicht / eine Hülle um ein Objekt, die durch bestimmte Merkmale oder Schichtdicken charakterisiert wird.

Reliefsphäre (früher Morphosphäre / Geomorphosphäre) beschreibt die Oberflächen-Formen an der Grenzfläche Lithosphäre zur Atmosphäre bzw. Hydrosphäre
praktisch die Außenhaut der Lithosphäre (zur Atmosphäre hin)
beschreibt also die Formen von Bergen, Tälern, Hängen, Hügelland usw. usf.
sachlich eine verfomte Fläche – also keine Sphäre im Sinne einer Schicht oder Hülle – die i.A. drei-dimensional verstanden wird
für biologische und ökologische Betrachtung von untergeordneter Bedeutung; wichtig in der Geographie

Gliederung nach Lage:

• **subaerische Reliefsphäre**	Relief der terrestrischen Erdoberfläche
• **submarine Reliefsphäre**	Relief des Meeresgrundes
• **subglaziale Reliefsphäre**	Relief unter Gletschern und dem Inlandeis
• **litorale Reliefsphäre**	Relief der Küsten (Übergang submarine und subaerische Reliefsphäre)

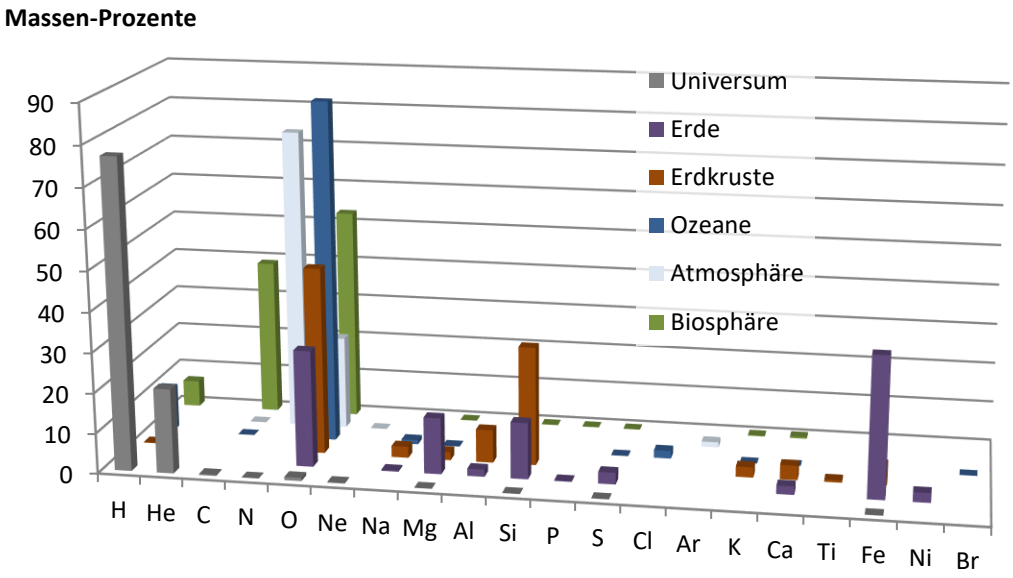
Gliederung nach vorherrschenden Relief-bildenden Vorgängen:

• **Reliefsphäre der Abtragungsgebiete**	durch Abtragung und Erosion gebildetes Relief
• **Reliefsphäre der Transportgebiete**	durch Transport-Vorgänge geformtes Relief
• **Reliefsphäre der Ablagerungsgebiete**	durch Ablagerung und Sedimentation gebildetes Relief

Definition(en): trophogene Zone
Die trophogene Zone ist der Nährstoff-erzeugende Bereich (Schicht) einer Sphäre.
Die trophogene Zone ist der Bereich einer Sphäre, in der die Produzenten leben können (normalerweise aufhalten.

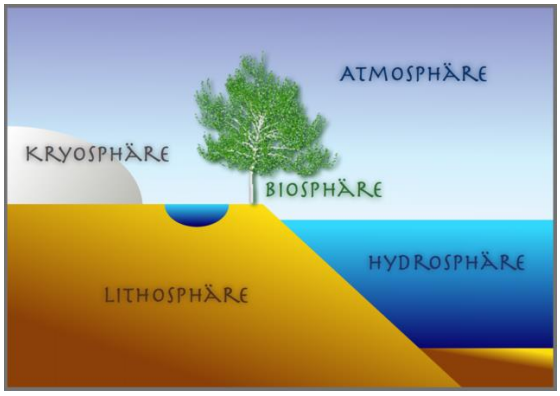
Definition(en): tropholytische Zone
Die tropholytische Zone ist der Nährstoff-zersetzende / -umwandelnde Bereich (Schicht) einer Sphäre.
Die tropholytische Zone ist der Bereich einer Sphäre, in der sich die Konsumenten und Destruenten leben können / normalerweise aufhalten.

Definition(en): Kompensations-Zone
Die Kompensations-Zone ist der Grenzbereich zwischen trophogener und tropholytischer Zone.

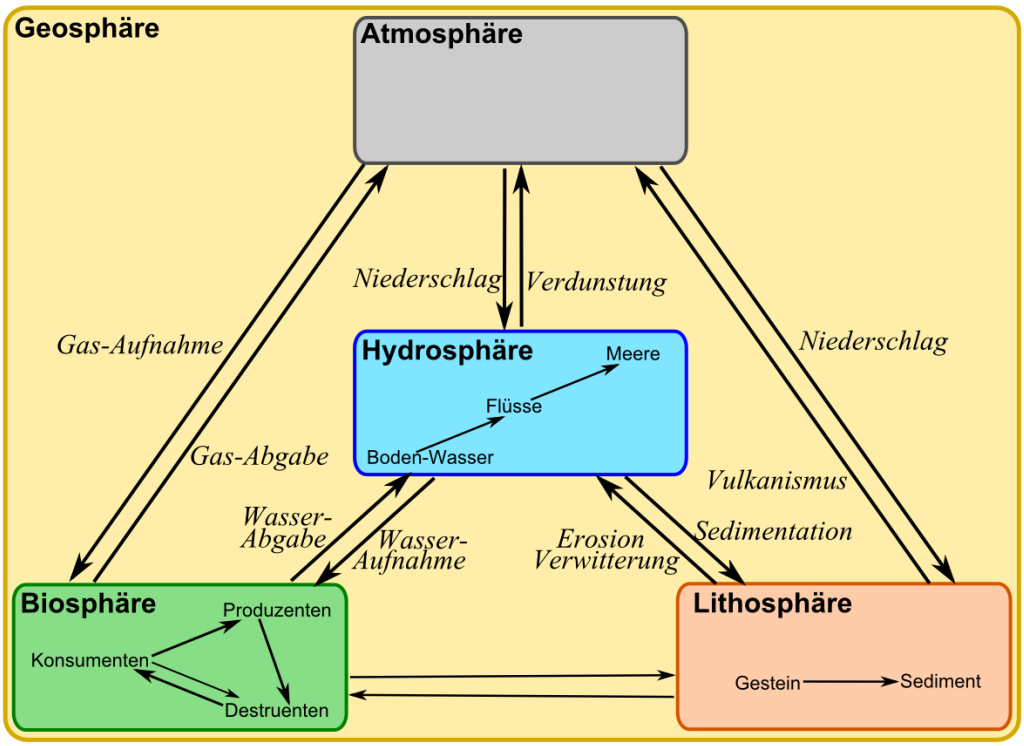


Massen-Prozent-Anteile der jeweils 10 (bei Athmospäre nur 5) häufigsten Elemente
Daten-Q: /41, S. 1/

4.1.1. Geosphäre

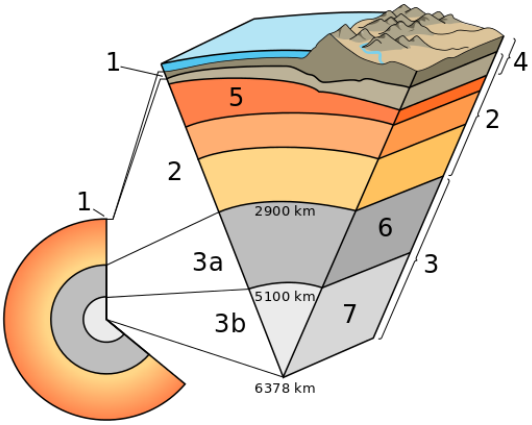


Verbund der Sphären
Q: de.wikipedia.org (Hannes Grobe)



4.1.1.1. Lithosphäre

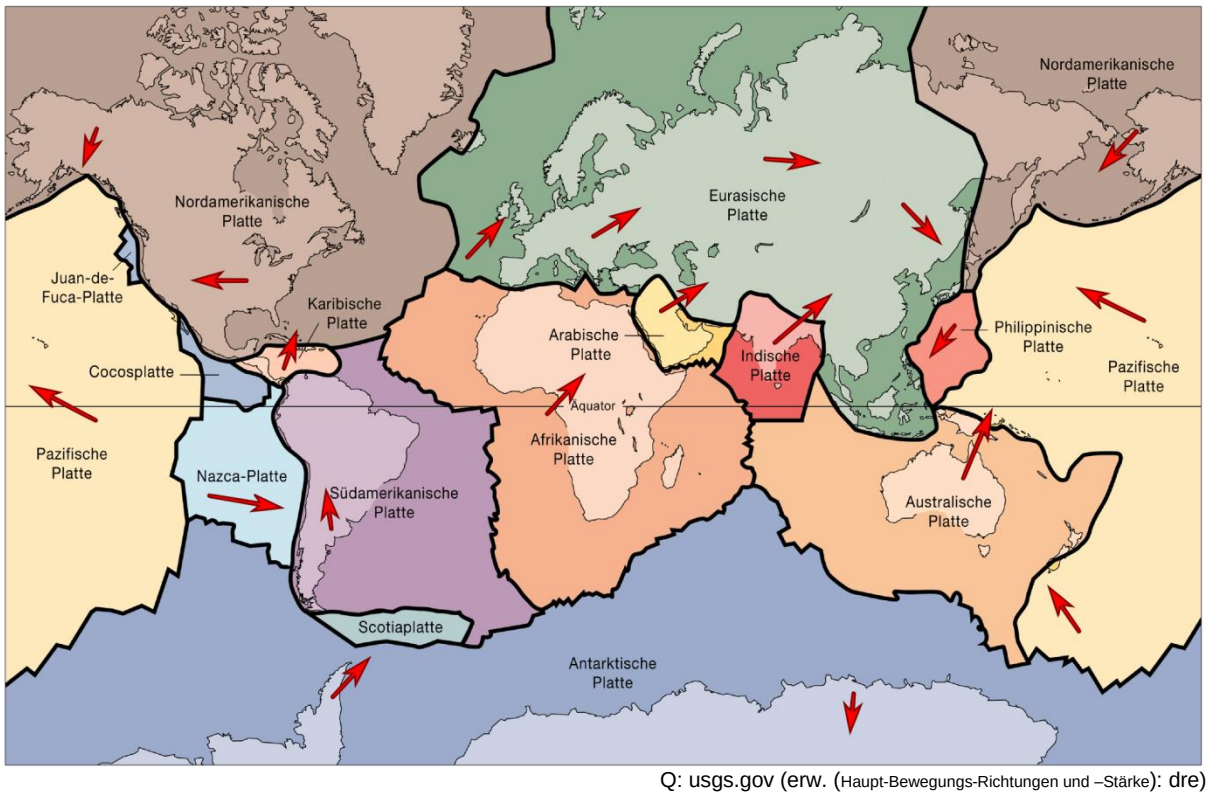
frei übersetzt: steinerne Hülle



innerer Bau der Erde
Q: de.wikipedia.org (Anosofiapaixao)

Definition(en): Lithosphäre
Die Lithosphäre ist die äußere, feste Schicht des Erdkörpers.
Die Lithosphäre ist die Gesteinshülle der Erde.

Platten-Tektonik

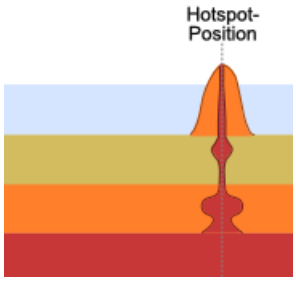


Q: usgs.gov (erw. (Haupt-Bewegungs-Richtungen und –Stärke): dre)

Subduktion
Schiebung / Bewegung einer tektonischen Platte unter eine andere

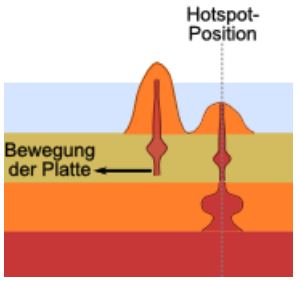
→ Erdbeben

Vulkanismus



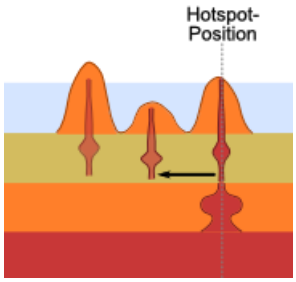
biologisch vor Allem für neue Lebensräume interessant
vor allem aus ökologischer und evolutions-biologischer Sicht

völlig neue Entwicklungen möglich
Zufalls-bestimmte Neubesiedlung

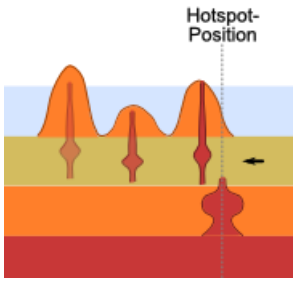


Herausbildung neuer Ökosysteme
je nach Richtung von tektonischer Bewegung und allgemeinen Wind- und Wasser-Bewegungen
z.T. sogar immer nur Besiedlung von weiter entfernten Inseln oder Festländern möglich
oder eben von vorliegenden Inseln der Gruppe

→ Radiation, Auslese, …

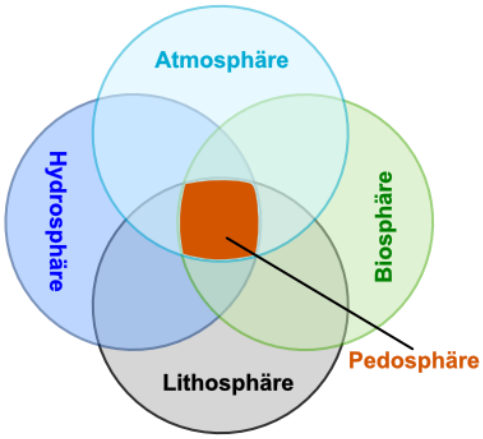


→ Sukzession



4.1.1.2. Pedosphäre

eine ausgesprochene Misch-Sphäre



beinhaltet Athmosphäre, Lithosphäre, Hydrosphäre und die Biosphäre

ist ein sehr komplexes System, dass aber auch durch viele Faktoren empfindlich gestört werden kann

der Neu-Aufbau eines Boden's kann Jahrzehnte dauern

schwere Schädigungen können zum Total-Verlust führen, der u.U. auch nicht mehr wieder gut zu machen ist

zumeist völlig übersehen wird die extrem große Speicher-Kapazität für Cohlenstoff
geschätzt 1'700 Gt (ohne Permafrost-Böden!)
in der Vegetation dagegen nur 450 Gt und in der Athmosphäre 870 Gt

allerdings Mensch-gemacht (seit Beginn des Industrie-Zeitalter's) 25 Gt aus Boden freigesetzt und in der Athmosphäre nun 280 Gt mehr C
Freisetzung derzeit 10 Gt/a

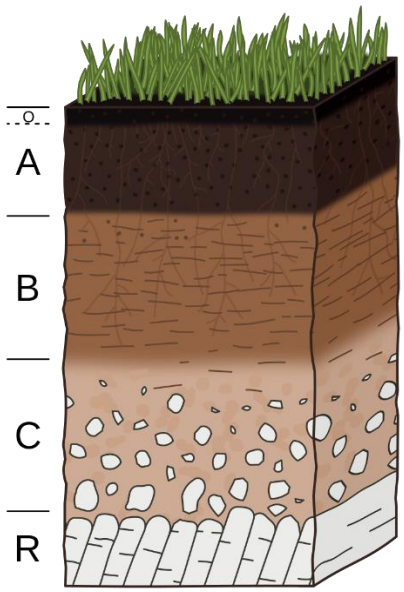
Definition(en): Pedosphäre
Die Pedosphäre ist der Bodenraum / die von Böden eingenommene Erdoberfläche.

Funktionen des Bodens:

- Tragfläche
- Rohstoff-Ressource
- Informationsträger
- Ausgleichskörper
- Filter und Puffer
- Lebensraum
- Bio-Reaktor
- Pflanzen-Standort

4.1.1.2.1. Boden-Region

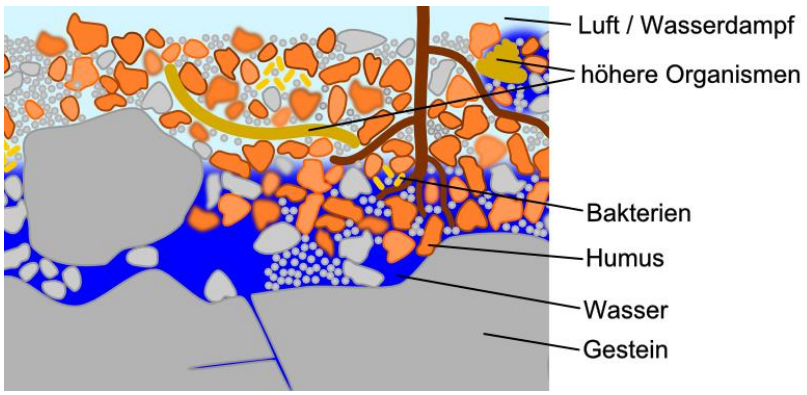
??? Abgrenzung / Horizonte



Darstellung typischer Horizonte von Böden in der Landwirtschaft in gemäßigten Zonen (0-, A-, B-, C-)
Q: de.wikipedia.org (Tomáš Kebert & umimeto.org)

extreme Durchmischung der Hauptsphären

ganz spezieller Lebensraum



Biomasse im Boden:

- pflanzliche Bestandteile
  - lebende Wurzeln, Algen (an der Boden-Oberkante)
  - abgestorbenes pflanzliches Material (Blätter, alte Wurzeln, Tot-Holz) (Pflanzen-Exsudate)
- saprotrophe Mikroorganismen (ernähren sich von totem organischen Material)
- Mykorrhiza-Pilze (leben symbiotisch mit Pflanzen)
- tierische, saprotrophe Organismen (Regenwürmer, Asseln, Springschwänze, Tausendfüßer, …=

Edophan ist die Gesamtheit, der im Boden lebenden Organismen

wichtig ist die Durchmischung (Bioturbation) des Bodens durch höhere Organismen (Würmer, Schnecken, Insekten, Maulwürfe, …)

Mykorrhiza-Pilze nicht im C-Kreislauf des Boden's eingebunden, da sie C-Verbindungen aus den Pflanzen nutzen; durch freigesetzte Stoffe wird aber eine Anlagerung von größeren organischen Molekülen an Ton-Mineralien gefördert (postiver Einfluß auf C-Speicherung)
die weitere Zersetzung von Lignin und Tanninen wird dadurch verzögert
Mykorrhiza-Pilze aber im Stickstoff-Kreislauf aktiv

Wurzel-Exsudate (bestimmte abgesonderte organische Stoffe) fördern die Zersetzung von Boden-Bestandteilen durch die Mikroorganismen und damit die Nährstoff-Freisetzung für die Pflanzen
wichtig sind hier die verschiedenen Stickstoff-Ionen (NH_4^+, NO_x^{n-})
durch die Aufnahme dieser Ionen durch die Pflanzen kommt es zu einem relativen Stickstoff-Mangel im Boden, was sich begrenzend auf andere Organismen auswirkt und damit den C-Umsatz deutlich einschränkt
besonder bei den Böden der nordischen Nadel-Wälder zu beobachten (hier sind die Böden sehr bedeutsame C-Speicher)

Pedogenese (Boden-Bildung) sehr komplexer, variabler, z.T. langwieriger und störanfälliger Vorgang

50 % feste Bestandteile / 50 % Poren (zu 50 % mit Wasser gefüllt, 50% Bodenluft)
bei festen Bestandteilen 40 – 47 % mineralische Bestandteile; 3 – 10 organische Substanzen in Torf-Böden bis 25 % organische Bestandteile

mineralische Bestandteile
hauptsächlich Silikate, besonders Tonmineralien (schichtförmige, quellfähige Aluminiumsilkate (z.B. Koalinit: $Al_2[(OH)_4Si_2O_5]$ und Montmorillonit: $Al_2[(OH)_2Si_4O_{10}]*n\ H_2O$))
diverse Ionen (Ca^{2+}, Mg^{2+}, K^+, Na^+, NO_3^-, NH_4^+, PO_4^{3-}, …) Kationen an den Tonmineralien gebunden
es kommt zum Austausch von Al^{3+}-Ionen gegen Mg^{2+}-Ionen; Einlagerung weiterer Kationen als Ladungsausgleich

organische Bestandteile
Humus = abgestorbene tierische und pflanzliche Biomasse, charakteristisch sind hochmolekulare Huminstoffe; an verschiedenen funktionellen Gruppen werden Nährstoff-Ionen gebunden; binden aber auch Schwermetalle
z.T. sind die Huminstoffe wasserlöslich → dunkle Farbe von Bodenwasser
Ackerböden enthalten 1 – 2 %; gute Schwarzerde bis 7 % Huminstoffe; Weideböden meist mit rund 10 % Humus

im Boden sind die anorganischen und organischen Bestandteile über verschiedenste Bindungen und Kräft aneinander gebunden / geheftet → Ton-Humus-Komplex

schwache Huminsäuren greifen langsam die Tonmineralien an und bauen sie so ab → Freisetzung neuer Nährstoff-Ionen

Boden funktionier wie Ionen-Austauscher
bei saurem Regen werden die Nährstoff-ionen durch die überschüssigen Wasserstoff-Ionen verdrängt / ausgewaschen → Boden versauert
mögliche Gegenmaßnahme ist Kalken (Zusatz von Ca^{2+})

Definition(en): Boden
Der Boden ist die oberste, feingliedrige, belebte Schicht der Lithospäre.

Boden entsteht im Wesentlichen durch Erosion von Gesteinen und Lebens-Aktivitäten von hier wirkenden Organismen.
Neubildung pro Jahr nur rund 0,1 mm
bewohnt von der Makrofauna (Säugetiere), Mesofauna (Würmer, Insekten) und Mikroorganismen (Bakterien, Pilze)

Boden-Versiegelung und Boden-Verfestigung große aktuelle Boden-ökologische Probleme
→ Erdrutsche, Überschwemmungen, …
Nährstoff-Übersättigung durch Überdüngung / unkontrollierte Düngung
Auswaschung überschüssiger Nährstoffe (führt zu Eutrophierung von Grundwasser, flüssen und Seen)
Schadstoff-Belastung (Herbizide, Schwermetalle, Biozide, …)

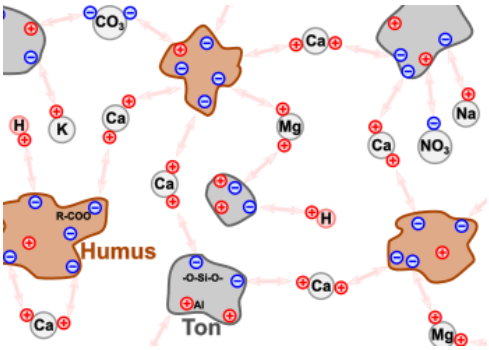
Definition(en): Pedogenese
Unter Pedogenese versteht man die Prozesse der Boden-Bildung.

kurz-fristige C-Speicherung im Boden in Form schwerer abbaubarer organischer Moleküle (Lignin, Tannine, Chitin) → Jahre bis Jahrzehnte
mittelfristige C-Speicherung (Jahrzehnte bis Jahrhunderte) in Boden-Aggregaten (Komplexe aus Ton, Chitin, Tanninen usw.)
über einen Zeitraum von Jahrhunderten bis Jahrtausenden erfolgt die lang-fristige Speicherung von C in Anlagerungs-Komplexen von kleineren organischen Molekülen an und in Ton-Mineralien / -Schichten

bei einer Untersuchung der Auswirkungen von Baum-Anpflanzungen hat man beobachtet, das zwar die C-Speicherung in der Vegetation besser wurde, aber die C-Speicherung im Boden deutlich verschlecht war
wahrscheinlich liegt dies an den veränderten Verhältnissen für die Boden-Bewohner und deren C-Speicher-Aktionen
neues Organismen-System muss sich erst neu herausbilden, dauert deutlich länger als Jahrzehnte

Humus-Ton-Komplex

fehlender oder geringerer Humus-Anteil bewirkt schlechteres Wasser-Speichervermögen
Teilchen liegen dichter beeinander
es fehlen die wichtigen Ca^{2+}-Ionen als Pflanzen-Nährstoff
kaum noch Ionen-Austausch-Kapazitäten



Ammonium-Ionen werden gut an Ton und Humus gebunden
Nitrate werden, wenn sie nicht direkt von den Pflanzen aufgenommen werden, eher ausgewaschen und gelangen dann im Grundwasser

Löslichkeit der verschiedenen Mineralien im Bodenwasser in Abhängigkeit vom Boden-pH-Wert

Boden-Reaktion		sauer					neutral			basisch				
pH-Wert		4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0	9,5	10
Bor	**B**													
Calcium	**Ca**													
Eisen	**Fe**													
Kalium	**K**													
Kupfer	**Cu**													
Magnesium	**Mg**													
Mangan	**Mn**													
Molybdän	**Mo**													
Phosphor	**P**													
Schwefel	**S**													
Stickstoff	**N**													
Zink	**Zn**													

Aufgaben:

1. *Erläutern Sie die Bedeutung der Ton- und der Humus-Partikel im Boden!*
2. *In einem Sitka-Fichten-Wald in Wales (Großbritanien) wurden abgegrenzte Wald-Stücke wöchentlich mit Stickstoff-Dünger versorgt. Der Stickstoff war dabei radioaktiv (^{15}N). Die Beobachtung des Stickstoff's erfolgte dann über mehrere Jahre hinweg.*

	$NaNO_3$	NH_4NO_3
Menge ^{15}N [kg/ha*a]	35	35
Bäume	32 %	32 %
Humus-Schicht	17 %	45 %
Boden (25 cm tief)	16 %	0 %
Grundwasser	35 %	23 %

   Analysieren Sie die Beobachtungen!
   Stellen Sie eine Hypothese auf, wie sich die verschiedenen Stickstoff-haltigen Ionen im Boden verteilen!
3. *Geben Sie eine Empfehlung, welcher Stickstoff-Dünger ev. in der Landwirtschaft eingesetzt werden sollte!*

4.1.2. Atmosphäre

Luft-Hülle der Erde

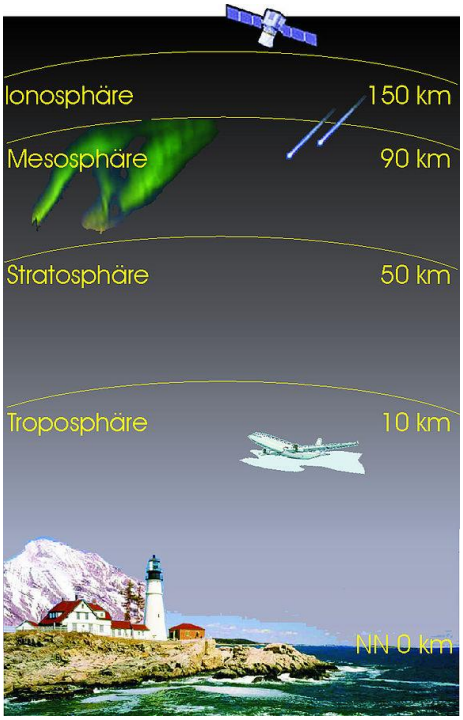
Leben bis untere Mesospäre nachgewiesen

99 % des überirdischen Lebens spielt sich aber in der (unteren Hälfte der) Troposphäre ab

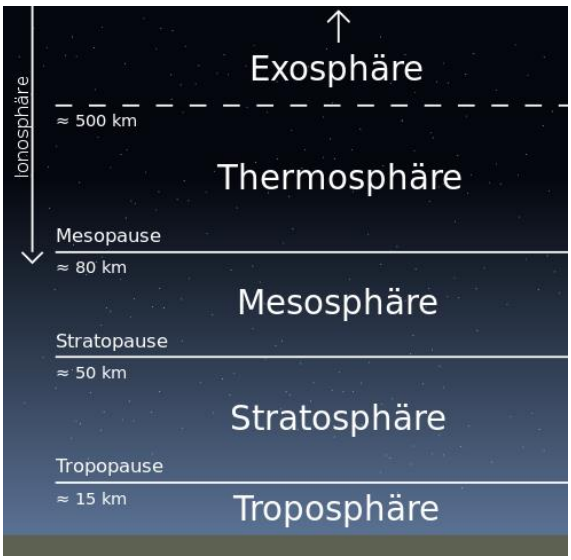
Masse der Erde ist groß genug, um die Masse der Gase dicht am Planeten zu halten

(Mars scheint z.B. zu klein zu sein, und hat deshalb wohl auch einen Großteil seiner Atmosphäre und vor llem sein oberirdisches Wasser verloren)

trotzdem immer auch große Verluste an Gasen in den Weltraum



Hauptspären der Atmosphäre
Q: de.wikipedia.org ()



Q: de.wikipedia.org (Niko Lang)

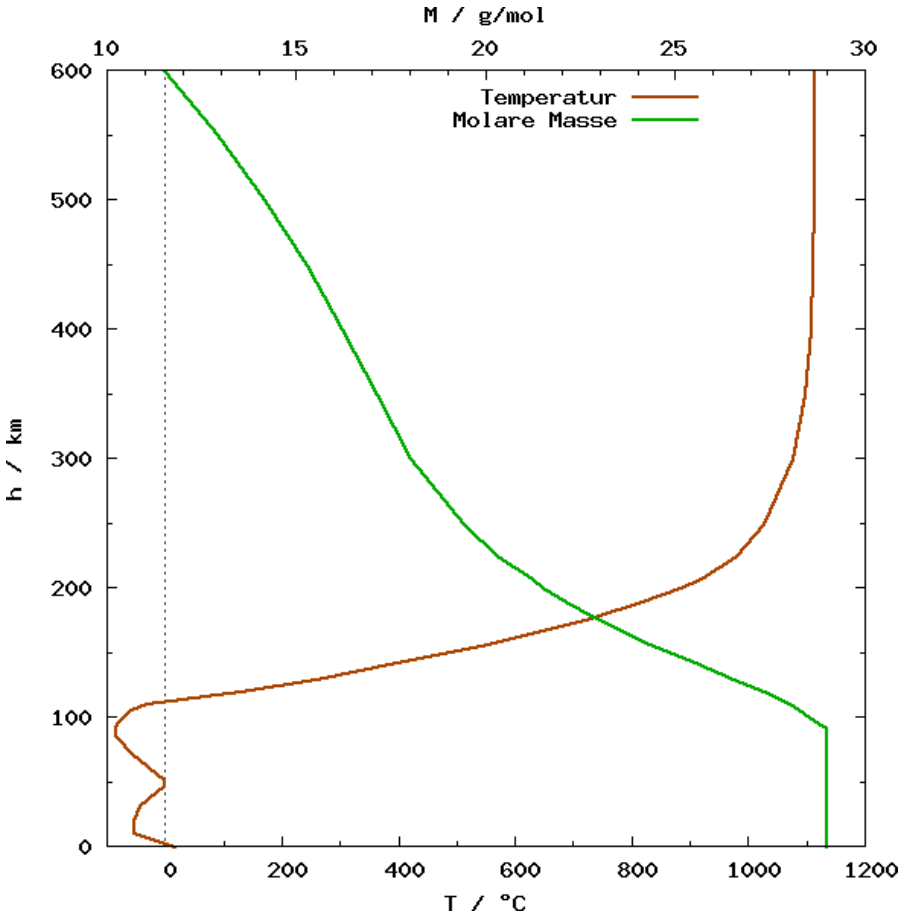
Definition(en): Atmosphäre
Die Atmospäre ist die Lufthülle der Erde.

bis 10 km Höhe Troposphäre Lebensraum der Lebewesen, Bereich des Wetter-Geschehens

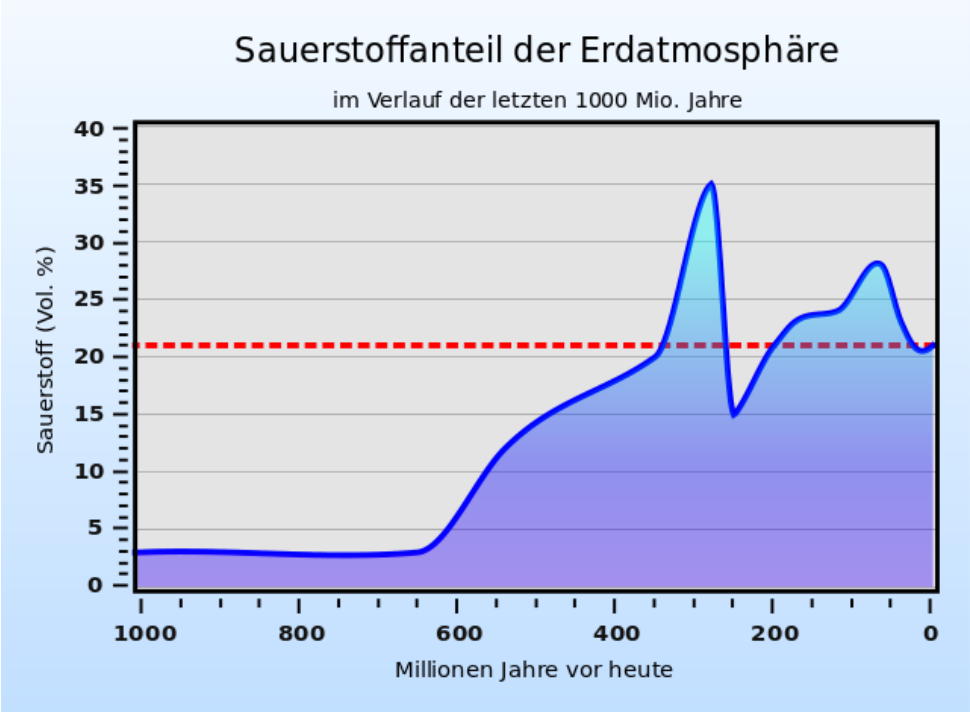
über 10 km Höhe bis rund 50 km Stratosphäre; z.B. Ozon-Schicht

bis 100 km relativ homogene Gas-Mischung, lediglich der Wasser-Gehalt nimmt zu den höheren Schichten immer mehr ab (Homosphäre)
in 100 km Höhe die Turbopause (Grenzschicht zwischen Homosphäre und Hetrosphäre)
über 100 km Höhe Hetrosphäre, gekennzeichnet durch Gase im atomaren Zustand (Sauerstoff, Helium, Wasserstoff) aber auch Ozon

wichtig für die chemischen Reaktionen in der Atmosphäre sind Radikale
Radikale sind Atome oder Atom-Gruppen mit einem ungepaarten Außen-Elektron
dieses ist besonders reaktions-freudig, es brauch zur Stabilisierung (Bildung einer Bindung) ein anderes ungepaartes Elektron – also ein anderes Radikal
Radikale enstehen in der höheren Atmosphäre durch die starke Strahlung der Sonne



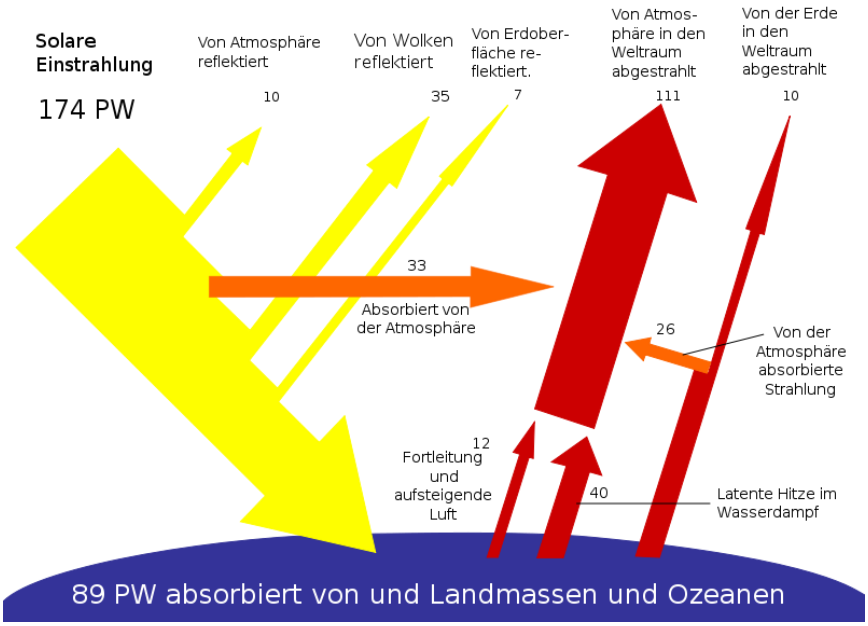
Veränderung der molaren Masse und der Tempertur innerhalb der Atmospäre
Q: de.wikipedia.org (SiriusB)



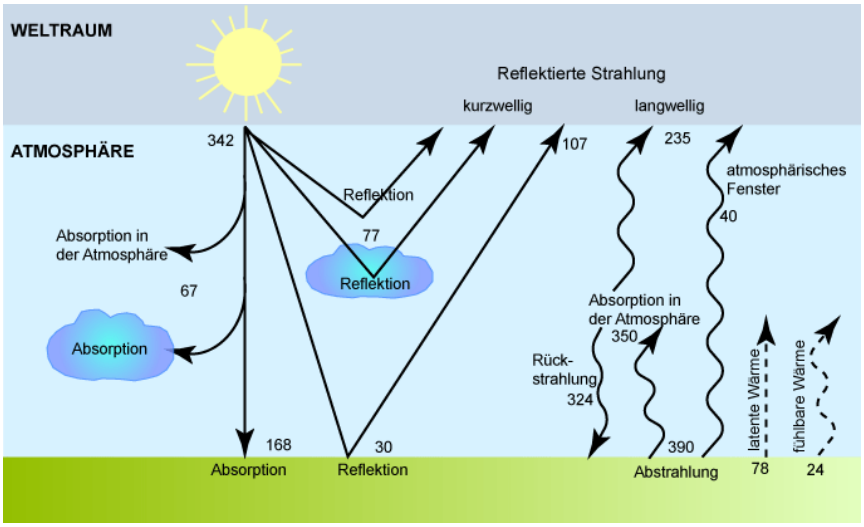
Veränderung des Sauerstoff-Gehaltes
in den letzten 1 Mrd. Jahren der Erdgeschichte
Q: de.wikipedia.org (LordToran)

aus heutiger ökologischer Sicht ist die historische Veränderung des Sauerstoff-Anteil's in der Atmosphäre nicht so spannend, da sind die Evolutions-Biologen ganz anders interessiert
scheinbar hat sich der Gehalt von aktuell 20,7 % kaum geändert und ist wohl derzeit auch sehr stabil
anders sieht es beim Cohlenstoffdioxid aus
mit seinen kaum 0,4 % scheint es ein unwichtiges Gas zu sein
es bestimmt aber wichtige Absorbtions-Merkmale der Atmosphäre
es absorbiert besonders Wärme-Strahlung (IR; Infrarote Strahlung)
CO_2 zählt deshalb zu den bedeutsamsten Treibhaus-Gasen, da es quasi die Wärme-Strahlung einfängt und dann in der Atmosphäre auf die anderen Luft-Bestandteile weiterverteilt, so dass die gesamte Atmosphäre sich immer mehr aufheizt
in der Erdgeschichte gab es sicher schon mehrere Phasen mit einem deutlich höheren CO2-Gehalt, aber niemals zu Zeiten der höheren Organismen und die Veränderungen haben sich auch niemals so schnell vollzogen
Erdzeitalter mit einem hohen CO_2-Level waren immer auch sehr heiße Erdzeitalter

das Herunterspielen oder Ignorieren der Veränderungen des CO_2-Gehaltes in der Luft wird sich als einer der größten Fehleinschätzungen herausstellen



Q: de.wikipedia.org (User A1 + Matt)



Q: wiki.bildungsserver.de (Kathi)

weiter gute Übersicht: Wie funktioniert das? S. 41 (→ Übersichten kombinieren!!!)

Strahlungs-Bilanz der Erde

Einstrahlung 178.000 TW a = 1.559.280.000 TW h = 1.559 EW h = 5,62 * 10^{24} J = 5,62 10^{12} TJ = 5,62 * 10^{6} EJ

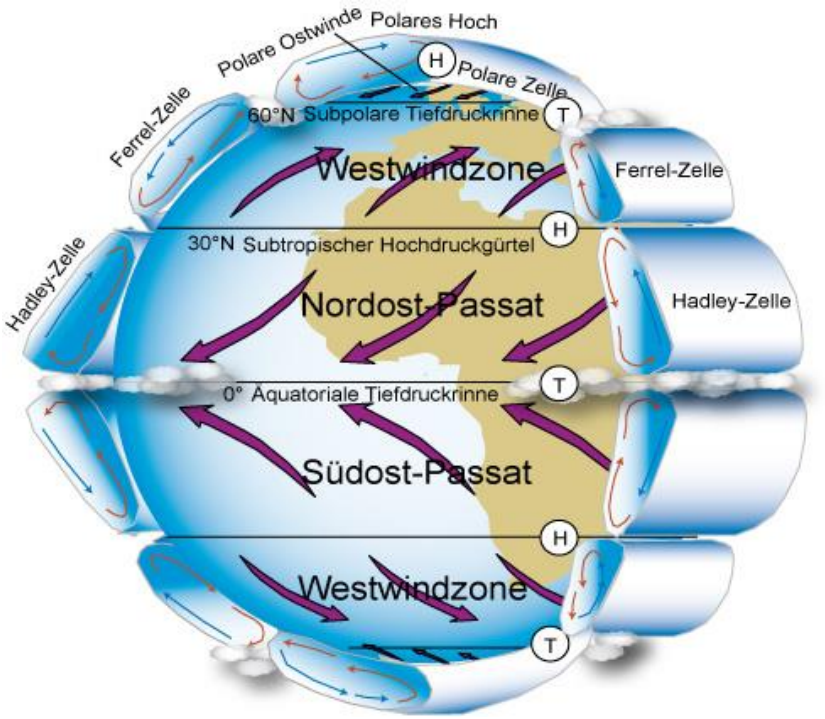
andere Angabe: 174 PW

Wind-Entstehung durch Ausgleich unterschiedlicher Druck-Verhältnisse; entstehen z.B. durch Erd-Erwärmung durch die Sonne (warme Luft steigt nach oben, Luftdruck sinkt dadurch → Tiefdruck-Gebiet (kurz: Tief); an anderer Stelle Abkühlung der Erdoberfläche (z.B. Nachts) → Hochdruck-Gebiet (kurz: Hoch); Luft fließt vom Hochdruck- zum Tiefdruck-Gebiet; Ablenkung

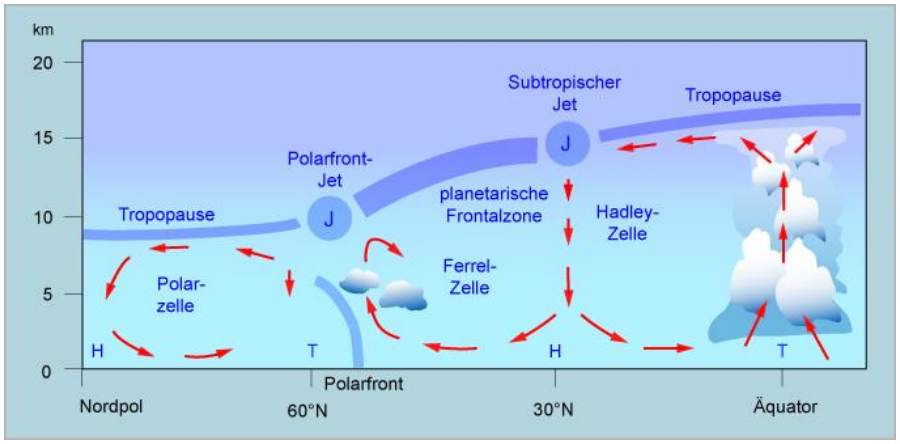
durch CORIOLIS-Kraft (Erdrotation) Bildung von Wirbeln (Nordhalb-Kugel in Uhrzeiger-Sinn (Ablenkung nach rechts), Südhalb-Kugel entgegengesetzter Uhrzeiger-Sinn)

einen großen Einfluss auf das Wetter hat z.B. der Jetstream in der höhreren Troposphäre
normalerweise sinus-förmig und langsam über die Erde wandernd
in der letzten Zeit häufig kaum noch ein Wanderung, dadurch können sich extrem stabile Wetter-Situationen herausbilden, die meist von Trockenheit auf der einen und Wasser-Überschuß auf der anderen Seite bedeutet
praktisch kommt es zu klimatischen Veränderungen

Landwind-Systeme
→ *Wie funktioniert das? S. 47*



Q: wiki.bildungsserver.de (Dieter Kasang)



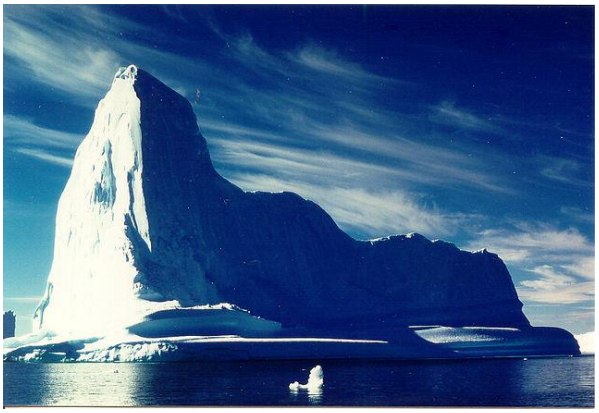
Q: wiki.bildungsserver.de (Dieter Kasang)

Bergwind-Systeme
→ *Wie funktioniert das? S. 47*

Wolken-Entstehung durch Abkühlung des Wasserdampfes in der Luft / Senkung der Aufnahmefähigkeit der Luft für Wasser (steigende relative Luftfeuchtigkeit) an geladenen Kondensations-Keime (z.B. Staub-Partikel,), A
Ladung durch Strahlung

4.1.3. Hydrosphäre

Wasser ist der einzige Stoff, der in allen drei Aggregatzuständen unter natürlichen Bedingungen auf der Erde vorkommt.
allgemein als Voraussetzung für die Entstehung von Leben angesehen (gilt zumindestens für Erd-ähnliches Leben aus Proteinen und Nukleinsäuren)



Wasser in seinen drei Aggregatzuständen
Q: de.wikipedia.org (Sir48)

unbeachtet ist in der Tabelle gebundenes Wasser in Mineralien bzw. freies Wasser in unteren Gesteinschichten

Wasser-typ / Vorkommen	Volumen [km³]	Anteil [%]	
Meerwasser	1'338'000'000	96,54	
salziges Grundwasser	12'870'000	0,93	
Salzseewasser	85'000		
gesamt (Salzw.)	**1'350'955'000**	**97,47**	
Eis	24'364'000	1,76	
süßes Grundwasser	10'535'000	0,76	
Bodenfeuchte	16'000		
Oberflächenwasser	105'000		
atmosphärisches W.	13'000		
organismisches W.	1'000		
gesamt (Süßw.)	**35'029'000**	**2,53**	
gesamt (irdisches W.)	**1'385'984'000**	**100**	

im atmospärischen Wasser ist besonders viel Austausch-Bewegung
ungefähr alle 10 Tage wird das gesamte Wasser einmal erneuert

Definition(en): Hydrosphäre
Die Hydrosphäre ist der Raum der Erde, der durch Wasser – besonders in der flüssigen Form charakterisiert ist.

Modell-Gleichungen zur Beschreibung des Wasser-Kreislaufes (Wasser-Haushalt des Territoriums)

$R = U + S$

$P = U + S + E$

$W = P - S - U + E$

$K_u = \frac{K}{W}$

$K_E = \frac{F}{W} = 1 - K_u$

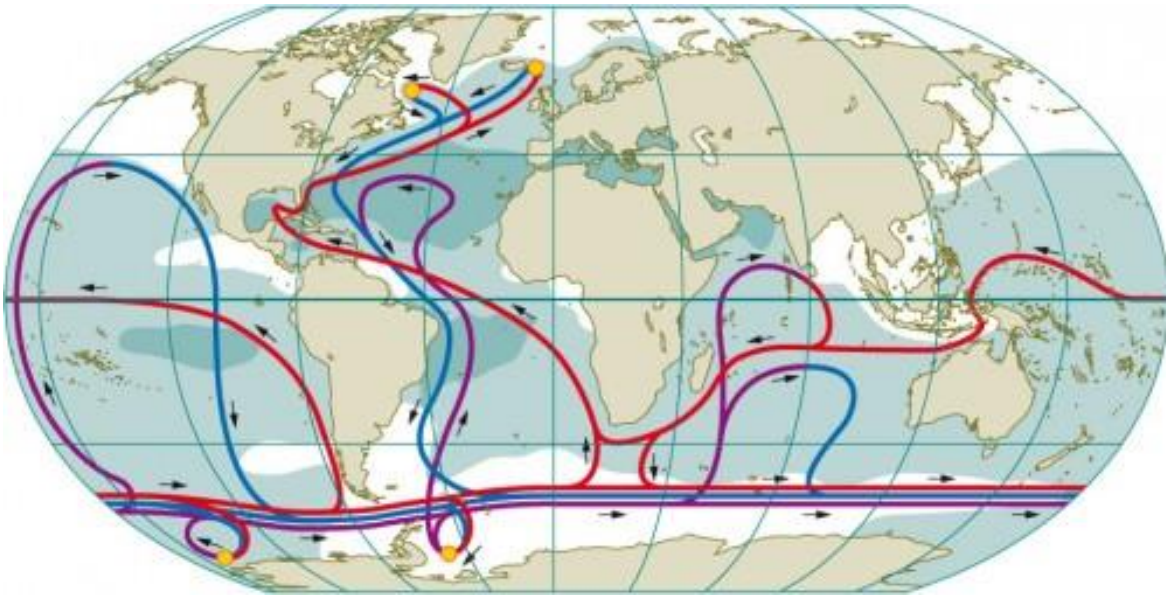
R .. Gesamt-Abfluss
U .. (ständiger) unterirdischer Abfluss
S .. oberirdischer Abfluss
P .. atmosphärischer Niederschlag
E .. Verdunstung
W .. Bodenfeuchte (jährliche Infiltration, jährliche Erneuerung der Bodenfeuchte)
K_u .. Koeffizient der Speisung der Flüsse durch Grundwasser
K ..
K_E .. Koeffizient der Verdunstung
F ..

nach: LWOWITSCH (1959, 1963); aus /38, S. 172/

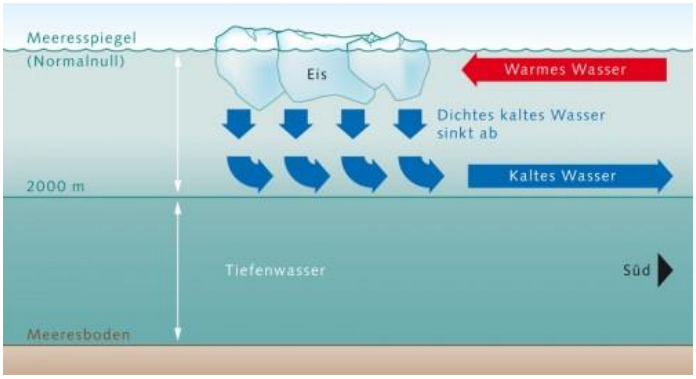
Hydrobios = Halobios + Limnobios

Definition(en): Hydrobiosphäre
Die Hydrobiosphäre ist der Wasser-Raum der Erde, der von Organismen besiedelt ist.

Meeres-Strömungen



ozeanische Strömungen
(blau: kaltes, salzreiches (Tiefen-)Wasser; rot: warmes (Oberflächen-)Wasser;
gelbe Punkte: Konvektionszonen; weiße Flächen: niedriger Salzgehalt;
dunklere Wasserflächen: salzreiche Gebiete)
Q: worldoceanreview.com (wor-1)

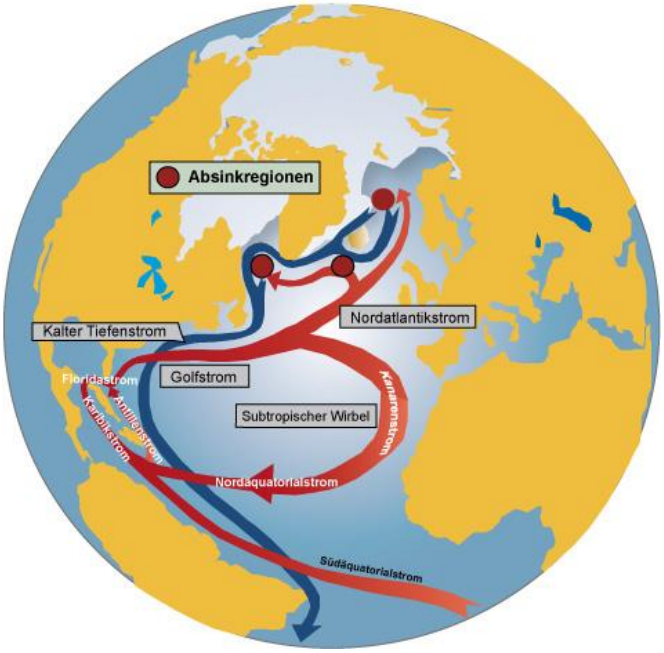


Konvektion im Nordadlantik
(kaltes Salz-haltiges Wasser sinkt ab, Nährstoff-reiches Tiefenwasser steigt an anderer Stelle auf)
Q: worldoceanreview.com (wor-1)

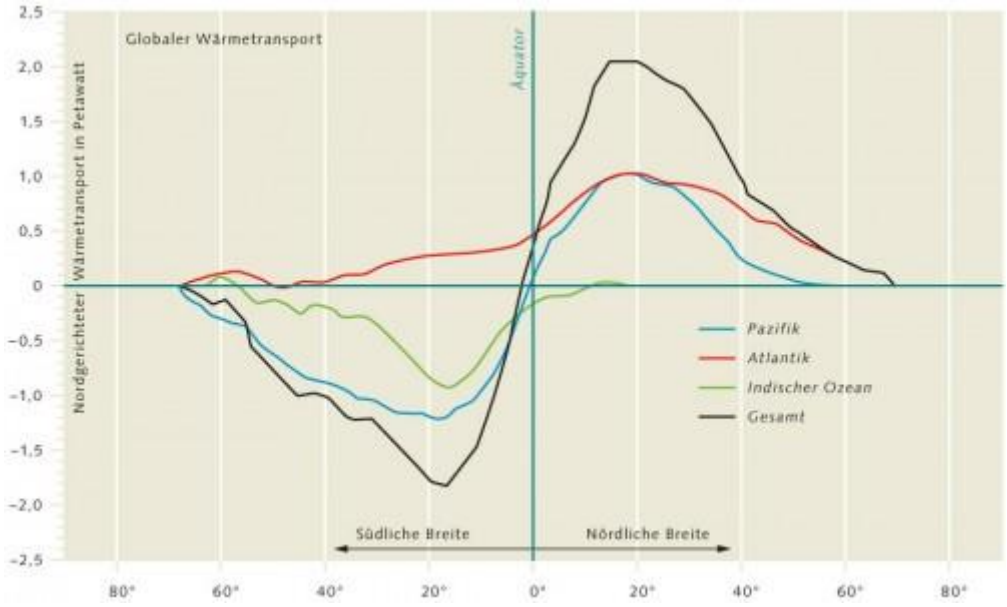
ausgeprägte Strömungs-Konstellation bestimmt Biomasse-Produktion, Wetter → Klima Europa; besonders Nordeuropa

z.Z. Absinken der Strömungs-Intensität beobachtet

? Gefahr des Zusammenbruch des Golfstrom → ??? Gefahr des Zusammenbruchs des nordatlantischen Systems



die Wasserzirkulation im Nordatlantik
Q: wiki.bildungsserver.de (Dieter Kasang)



Warmetransporte der Ozeane
Q: worldoceanreview.com (wor-1)

Motor ist Westwind-Drift um die Antarktis und die Temperatur-Unterschiede zwischen den polaren und äquatorialen Wasser-Massen
kaltes Wasser ist dichter und sinkt ab
warmes Wasser steigt auf
Richtungen von den Formen der Kontinente bestimmt und vom unterseeischen Boden-Relief

Wellen-Bildung ist von den Winden abhängig

kleiner Wasser-Kreislauf



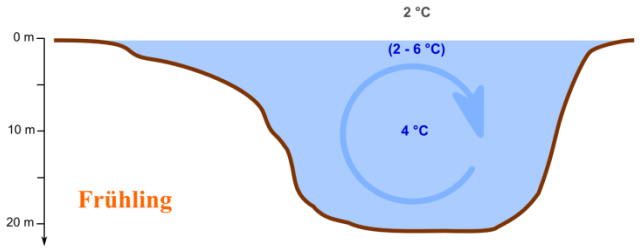
Wasserkreislauf
Q: de.wikipedia.org (USGS; http://ga.water.usgs.gov)

wichtige Grund-Prozesse im Wasser-Kreislauf

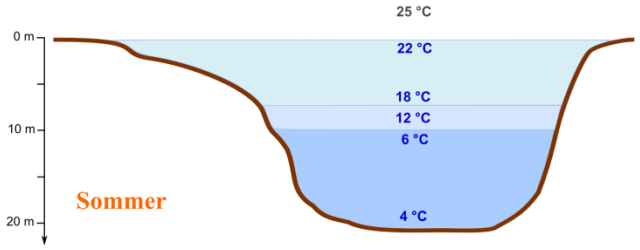
- Verdunstung und Sublimation
- Kondensation und Niederschläge
- Schnee-Schmelze und Oberflächen-Abfluss
- Strom-Fluss

In Süßwasser-Seen / Binnen-Seen gibt es Wasser-Bewegungen, die durch die jahreszeitlichen Temperatur- und Wind-Verhältnisse bedingt sind

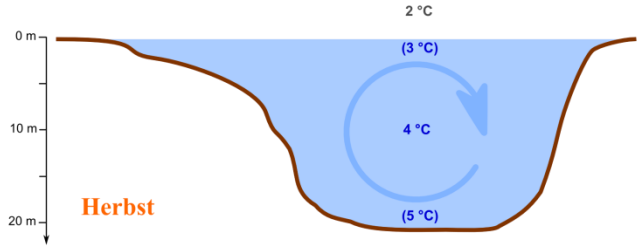
Frühlings-Zirkulation



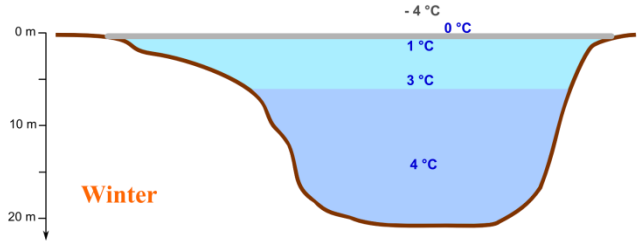
Sommer-Stagnation



Herbst-Zirkulation



Winter-Stagnation

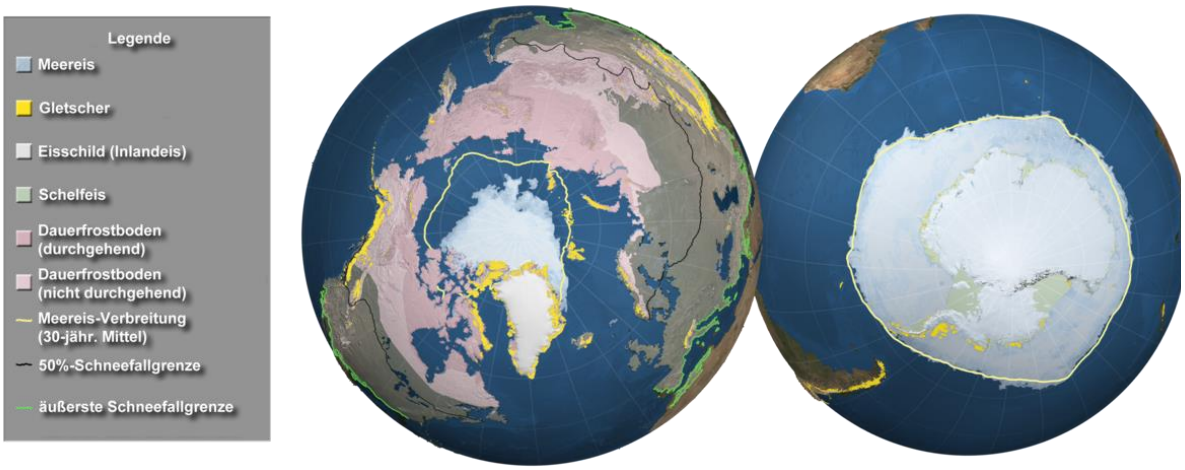


Stagnation = stabile Wasser-Schichtung ohne bzw. mit wenigen Austausch-Bewegungen
Zirkulation = verteilende / vermischende Bewegung des Mediums

ähnliche Verhältnisse findet man auch in Binnen-Meeren vor
in Meeren liegt die Temperatur-Sprungschicht aber deutlich tiefer
im Ozean bis ungefähr 120 m

4.1.3.1. Kryosphäre

wichtiger Tei-Bereich der Hydrosphäre
in die Kryosphäre wird aber auch der gefrorene Boden (Permafrost-Boden) mit einbezogen



Kryosphäre der Erde
Q: de.wikipedia.org (Goddard Multimedia)

Definition(en): Kryosphäre
Die Kryosphäre ist der Raum der Erde, der durch gefrorenes Wasser und Boden charakterisiert ist. Zur Kryosphäre gehören die Polarkappen, das Eis der Meere, Flüsse und Seen sowie die Gletscher und der der Permafrost-Boden.

rund 10 % der Landfläche und rund 6,5 % der Wasser-Oberfläche

rund 30 Mill km^3 Wasser (rund 69 % des globalen Süßwasser) gebunden

vollständiges Schmelzen würde eine Anhebung des Meeres-Spiegels um 70 m bedeuten
bei einer Eiszeit senkt sich der Meeres-Spiegel bis zu 120 m

bedeutsam wegen der Reflexion von Strahlung aus dem Weltall (**Albedo**)
beträgt zwischen 50 und 90 % → globale Erwärmung (aber auch dadurch mehr Wolken etc. mehr Rückstrahlung und Absorbtion in der höheren Atmosphäre) trotzdem aber Verstärkung des Energie-Eintrags in die Atmosphäre (Wolken bilden isolierende Schicht vor allem für Wärme-Strahlung)

4.1.4. Biosphäre

allgemein schwierig zu fassen
z.T. abstrakte Modelle (Funktionen der Organismen in der Biosphäre: Produzenten, Konsumenten und Destruenten)

besser auf der Ebene der Ökosysteme fassbar

Definition(en): Biosphäre
Die Biosphäre ist der Raum der Erde, der von Lebewesen bewohnt und genutzt wird.
Die Biosphäre – auch Biogeosphäre oder Geobiosphäre – ist die Gesamtheit der belebten Räume auf der Erde.
Die Biosphäre ist der belebte Raum der Erde. (praktisch das größte (bekannte) Ökosystem)

Definition(en): Biozönose
Eine Biozönose ist die Kombination / Gemeinschaft verschiedenster Arten von Organismen in einem abgegrenzten Lebensraum (Biotop). früher auch: Biocoenose
Eine Biozönose ist ein stabiles Gefüge von verschiedenen, charakteristischen Populationen, die in einem Biotop zusammenleben.
Eine Biozönose ist die Lebensgemeinschaft von Organismen in einem Ökosystem.
Die Biozönose ist der biotische Teil eines Ökoystems. Der abiotische Teil ist das Biotop.
Die Biozönose ist die Summe aller Populationen bzw. Populations-Teile in einem Biotop.

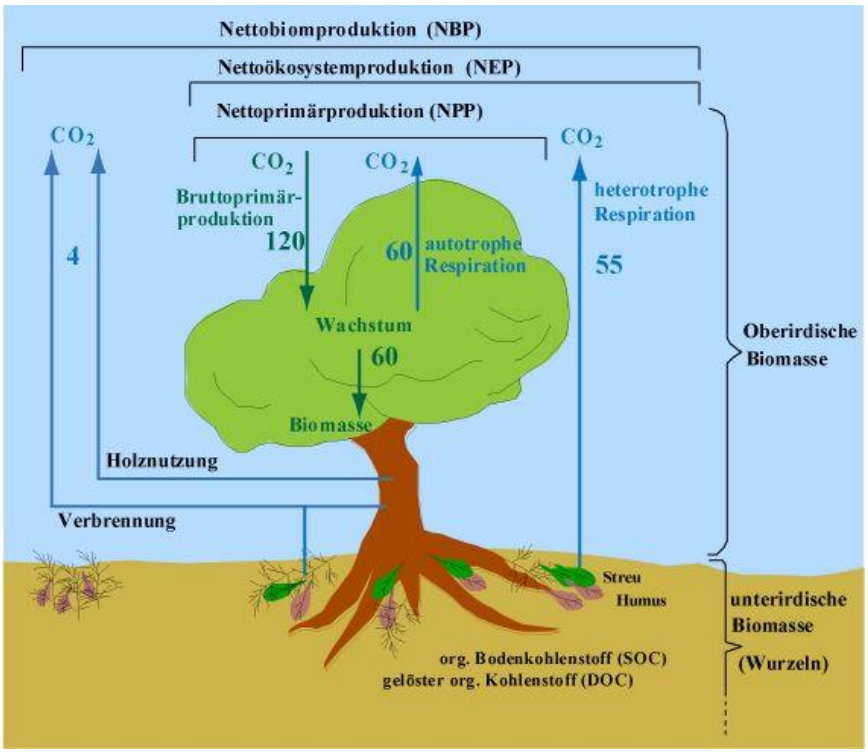
Biozönotik oder Biozönologie ist ein Teilgebiet der System-Ökologie

Begriff 1877 von Karl August MÖBIUS nach Untersuchungen auf einer Austern-Bank geprägt (als "Lebensgemeinschaft" verstanden)
alte Schreibweise: Biocönose, Biocoenose

Definition(en): Vegetations-Zone
Eine Vegetations-Zone ist die Zusammenfassung aller gleichartigen oder sachlich zusammengehörenden Pflanzenformationen einer Klimazone.

Definition(en): Biom
Das Biom ist die vorherrschende Lebensgemeinschaft (Biozönose) oder gleich das gesamte vorherrschende Ökosystem eines ausgedehnten Bereiches der Erdoberfläche.
Ein Biom ist ein konkreter Großlebensraum mit seinen potentiell darin vorkommenden Organismen sowie den unbelebten Umweltfaktoren.

der Begriff Biom wird heute auch als **Bio**for**m**ation intepretiert



CO_2-Kreislauf
Q: wiki.bildungtsserver.de (Kathi)

Definition(en): Biochorie
Biochorien sind Ansammlungen von Arten und Lebenwesen an bestimmten Orten in einem Lebensraum / Ökosystem (z.B. Aas, Nester, absterbenden Bäume, …).
Biochorien sind die Lebensgemeinschaften von kleinen / abgegrenzeten Kleinst- bzw. Mikro-Ökosystemen.

Definition(en): Pflanzen-Gesellschaft
Eine Pflanzen-Gesellschaft ist eine typische Lebensgemeinschaft mehrerer Pflanzen-Arten auf ähnlichen / gleichen Biotopen.

Definition(en): Biogeozön-Komplex (Lebens-Gemeinschaften)
.

Definition(en): Biogeozön (Lebens-Gemeinschaft)
.

Definition(en): Synusie
.
Teilsystem

Definition(en): Phytozönose
Die Phytozönose ist die Gemeinschaft aller Pflanzen-Arten eines Biotops.

Definition(en): Assoziation
Eine Assoziation ist eine Kombination typischer / charakteristischer Pflanzen-Arten auf ähnlichen / gleichen Biotopen.

Definition(en): Zoozönose
Die Zoozönose ist die Gemeinschaft aller Tier-Arten eines Biotops.

Einteilung der Organismen nach ihrer ökologisch-trophischen Funktion:
drei große Gruppen: Produzenten, Konsumenten und Destruenten

Definition(en): Produzenten
Produzenten sind die Lebewesen, die aus anorganischen, Energie-armen Stoffen mit Hilfe externer Energie organische, Energie-reiche Stoffe / Biomasse bilden.

Definition(en): Konsumenten
Konsumenten sind die Lebewesen, die sich von anderen Organismen (Produzenten oder Konsumenten) ernähren und dabei die organischen, Energie-reichen Stoffe umwandeln und zur Energie-Gewinnung abbauen.

Destruenten (Remineralisierer)

Definition(en): Destruenten
Destruenten sind die Lebewesen, die (zumeist) abgestorbenes organisches, Energie-reiches Material (Organismen oder deren Absonderungen und Überreste) in Energie-ärmere organische und / oder anorganische Stoffe umwandeln.

Mineralisation = Rückführung der organischen Substanzen in anorganische Moleküle und / oder Ionen

Gliederung nach Größe / Umfang
Ökosphäre
Ökosystem
Ökozone
Ökoregion
Ökochorie / Ökochore (Übergänge zwischen Ökochoren sind die Ökotone)

Ökotop
Physiotop

4.1.5. Anthroposphäre

sachlich Teil der Biosphäre
Teil der Biosphäre, in der der Mensch lebt und die er beeinflusst
zusätzliche Struktur-Ebenen / Aspekte lassen aber Extrastellung zu
Soziosphäre
Technospäre

Definition(en): Anthroposphäre
Die Anthroposphäre ist der Raum der Erde sowie der erdnahe Bereich, der von Menschen bewohnt und genutzt wird.

Sukzession und Klimax

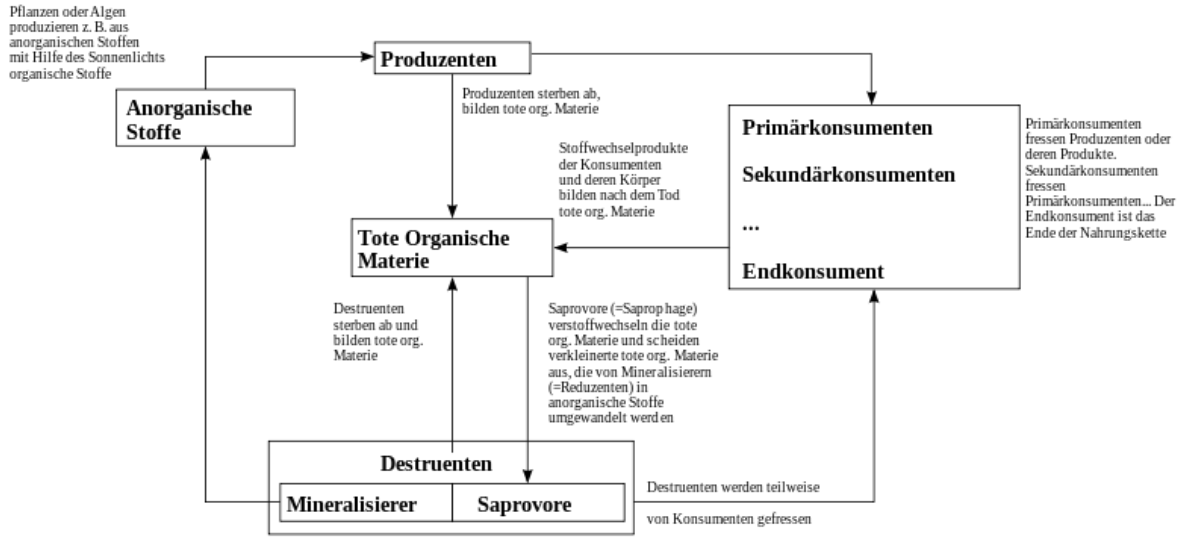
Definition(en): Ökozone
Eine Ökozone ist eine großräumige Zusammenfassung gleichartiger oder sachlich zusammengehörender Ökosysteme, die auf Grund gleicher oder ähnlicher Land- oder Boden-Formen, Vegetationszonen, Zonobiome und auch der Nutzung durch den Menschen charakterisiert sind.

Flächen-Bedarf **Okosystem-Typ**	**Minimal-Areal**	
groß		
Baum-arme Flächen-Biotope	100 – 1.200 ha 500 -1.200 ha	
Flach- und Hochmoore	500 -1.200 ha	
subatlantische Heiden		
Küsten-Salzwiesen	500 -1.200 ha	
Watt	1.000 – 20.000 ha	
durchschnitl. Flächen-Biotope	200 – 800 ha	
Trockenrasen		
Wälder		
Heiden		
Hoch- und Niedermoore		
oligotrophe Seen	100 ha	
Wälder	100 ha 200 – 800 ha	
Moore	100 ha 200 – 800 ha	
Heiden	50 ha	
Fließ-Gewässer (Oberläufe)	50 ha	
mittel		
Magerrasen	10 ha	
Feuchtwiesen	10 ha	
Salzstellen (Binnenland)	10 ha	
Binnendünen	5 ha	
Auen-Wälder	5 ha	
Hochstauden-Fluren	5 ha	
Trockenrasen	3 ha	
Sand- und Fels-Fluren	3 ha	
klein / gering		
Teiche	1 ha	
Tümpel	1 ha	
Quell-Töpfe	1 ha	
Hohlwege	1 ha	
Hang-Aufschlüsse	1 ha	
Kleinbiotope	10 -100 m^2	
Tümpel		
Weiher		
Quellen		
Wasserfälle		
Wild-Pfade		
Salzstellen		
Saumbiotope	5 – 10 km x 3 – 50 m	
Wald-Ränder		
Ufer-Streifen		
Röhrrichte		
Bäche		

Q: /37, S. 349 (nach JEDICKE 1990)/, /37, S. 350 (nach Öko-Almanach 91/92)/

4.2. Stoff- und Energie-Flüsse in Ökosystemen

Stoffkreisläufe:
Stoffumsetzung innerhalb der Ökosysteme erfolgt innerhalb schneller als zwischen verschiedenen / angrenzenden Ökosystemen, aber kein System ist vollständig isoliert oder verwertet Stoffe / Elemente / ... alleine oder unabhängig



Q: de.wikipedia.org (Blerim Haliti, MichaelFrey, Biggerj1)

Energie-Flüsse vorrangig linear durch das Ökosystem
zirkulierender Energie-Teil relativ gering (steckt in der Biomasse)

Ökosysteme sind durch ein weitgehendes (bis vollständiges) Recycling ihrer Stoffe gekennzeichnet
durch Fließgleichgewicht überdeckt

Funktions-Stufen fassen Organismen mit ähnlichem Energie-Verarbeitungs-System (Ernährungs-Typus) zusammen

Definition(en): Trophie
Unter der Trophie versteht man die Funktions-Stufe autotropher Organismen.

Definition(en): Autotrophie
Ist die Ernährungsweise / Ernährungsform, mit der sich Organismen aus (Energie-armen) anorganischen Stoffen heraus selbst mit (Energie-reichen) organischen Stoffen versorgt. Als Energie-Quellen werden entweder chemische Prozesse (Redox-Reaktionen) oder Licht benutzt.

Definition(en): Heterotrophie
Ist die Ernährungsweise / Ernährungsform, die ihren Energie- und Stoff-Bedarf aus Energie-reichen, organischen Stoffen decken und Energie-ärmere Stoffe abgeben.
Heterotrophie ist die Ernährungsweise von Organismen, die auf verschiedene organische Nährstoffe angewiesen sind.

Definition(en): Mixotrophie
Ist die ständige oder zeitweise Kombination bzw. der mögliche Wechsel zwischen der autotrophen und der hetereotrophen Ernährung.

Definition(en): Saprobie
Unter der Saprobie versteht man die Funktions-Stufe **heterotropher** Organismen.

Definition(en): Primär-Produktion
Unter der Primär-Produktion versteht man die Gesamtheit der autotrophen Biomasse-Produktion.

Definition(en): Sekundär-Produktion
Unter der Sekundär-Produktion versteht man die Gesamtheit der von heterotroph lebenden Organismen betriebene Biomasse-Produktion.

Definition(en): Primär-Konsumtion
Die Primär-Konsumtion beschreibt den Energie-Anteil bzw. die produzierte Biomasse, die die Produzenten für ihre eigenen Lebens-Prozesse benötigen. Grobe Schätzungen gehen von 90 bis 95 % Primär-Konsumtion (von der Primär-Produktion) aus.

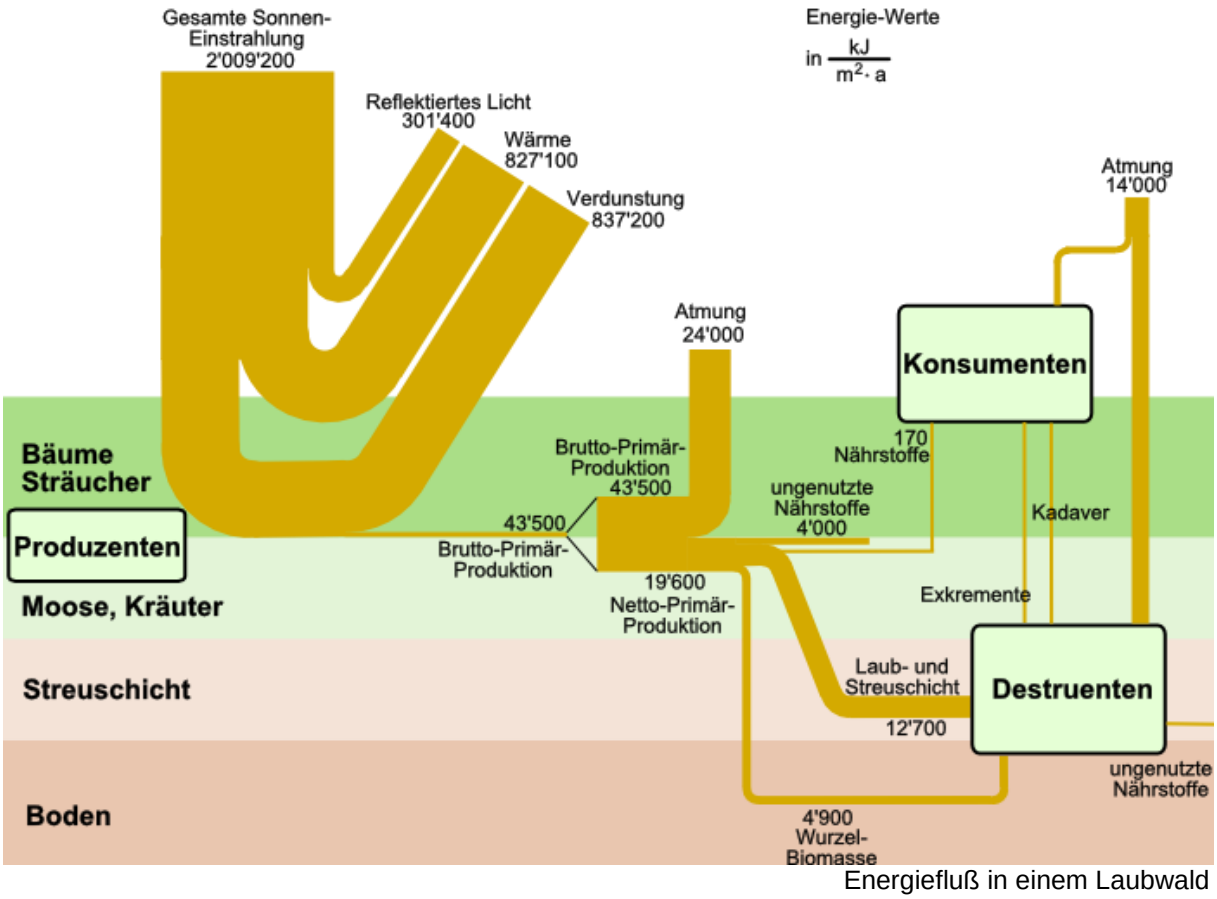
Brutto-Primärproduktion = Netto-Primärproduktion + Primär-Konsumtion

Definition(en): Sekundär-Konsumtion
.

Definition(en): Tertiär-Konsumtion
.

Das Weiterreichen der Biomasse bzw. der Stoff-gebundenen Energie von Trophie-Stufe zu Trphie-Stufe ist mit einer Akkumulation bestimmter – eher störender – Stoffe verbunden basiert darauf, dass bestimmte Stoffe z.B. in Fett-Gewebe gespeichert / abgelagert werden aber auch bedingt durch fehlende Abbau-Möglichkeiten

Definition(en): Akkumulation
Unter Akkumulation versteht man die Anreicherung bestimmter Stoffe (z.B. Gifte, Schwermetalle, …) in Nahrungsketten / Stoff-Kreisläufen.



Energiefluß in einem Laubwald
(nach GOSZ et.al.; 1978)

	Trophie (Ernährung)			
	Autotrophie		Heterotrophie	
	Phytoautotrophie	**Chemoautotrophie**	"Photoheterotrophie"	"Chemoheterotrophie"
Energie-Quelle(n)	einzige Energie-Quelle ist Licht	einzige Energie-Quelle sind anorg. Stoffe (Redox-Systeme)	Licht organische Verbindungen als H-Quelle	
stoffl. Energie-Quellen / Ausgangsstoffe	CO_2, H_2O	H_2, H_2S, HNO_2, NH_3, Fe^{2+}		Kohlenhydrate(, Eiweiße, Fette)
energetische Produkte				CO_2, H_2O
Nährstoffe	CO_2, H_2O			**Kohlenhydrate**, Eiweiße, Fette
Produkte	**Kohlenhydrate**, (**Eiweiße**, Fette), O_2	**Kohlenhydrate**, (**Eiweiße**, Fette), O_2		
Organismen(-Gruppen)	grüne Pflanzen	Archaeen Bakterien	einzelne rote und grüne Schwefel-Bakterien	Konsumenten, Destruenten
	meist auch C-, N- und S-autotroph	häufig auch C-, N- und S-autotroph		

(c,p) 2011 – 2025 lern-soft-projekt: drews

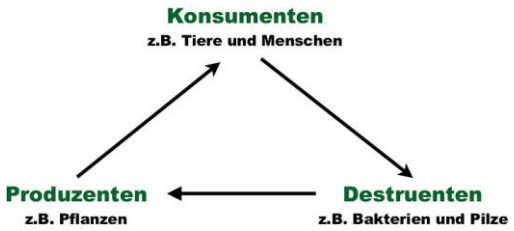
4.2.1. Nahrungsbeziehungen

Ernährungs-Art / -Typ	Nahrung Energie-Gewinn	Beispiel(e)	
autotroph			
Photosynthetisierer			
grüne Pflanzen Blaualgen	durch Photosynthese 6 CO_2 + 6 H_2O → $C_6H_{12}O_6$ + 6 O_2 $\Delta_R H$ = +2872 kJ/mol	*Eiche* *Wasserpest* *Kugel-Alge* *Faden-Alge*	
Chemosynthetisierer			
Schwefelbakterien			
Eisenbakterien			
Knallgasbakterien			
Methanbakterien			
heterotroph			
Herbivore Phytophage	Pflanzenfresser	*Rind* *Reh*	
Carnivore Zoophage	Tierfresser / Fleischfresser	*Fuchs*	
Omnivore	Allesfresser	*Mensch* *Schwein*	
Detritophage	Abfallfresser	*Regenwurm*	
Saprophage	Moderfresser (ernähren sich von totem oder zersetzten organischen Stoffen)	*Fliegen-Maden* *Pilze*	
Nekrophage	Aasfresser	*Geier* *Totengräber* *Hyänen*	
Coprophage	Kotfresser	*Fadenwürmer*	

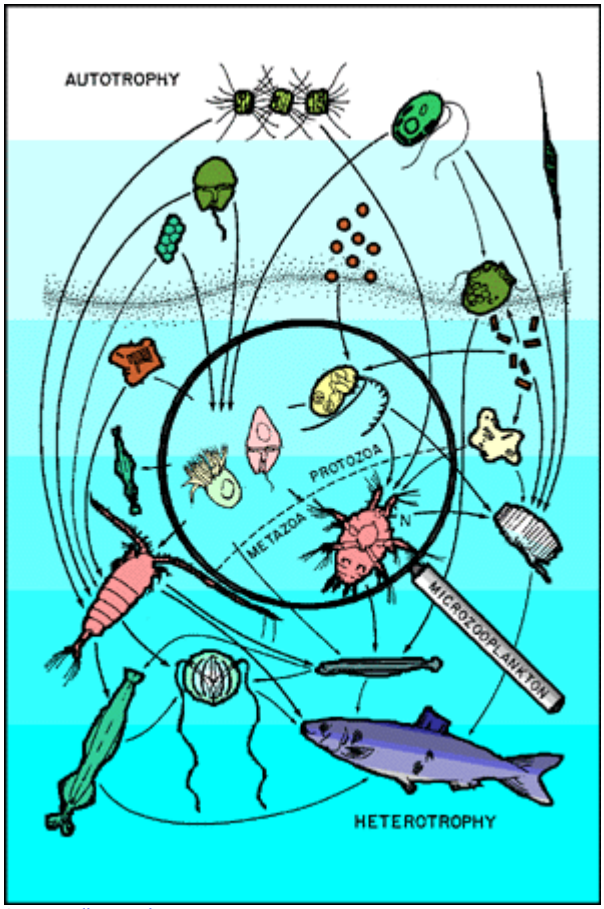
Trophiestufe	typische Vertreter-Gruppen / Ernährungs-Art / -Typ	Beispiele
Primärproduzenten	autotrophe Organismen (mit Photo- oder Chemo-Synthese) grüne Pflanzen, Algen, Blaualgen	*Weizen; Klee; Kastanie; Kugelalge; Blasentang; Fadenalge*
Primärkonsumenten Konsumenten 1. Ordnung	Herbivore bzw. Phytophagen	*Feldmaus, Reh, Rind, Wildente, Insekten-Larven, Kaul-Quappen*
Sekundärkonsumenten Konsumenten 2. Ord.	Carnivore bzw. Zoophagen	*Mauswiesel, Fuchs, Teichfrosch*
Tertiärkonsumenten Konsumenten 3. Ord.; Endkonsumenten	Übercarnivore bzw. Gipfel-Raubtiere	*Mäusebussard, Seeadler, Storch, Mensch*
Destruenten und Reduzenten Zersetzer	Detritophagen, Saprophagen, Nekrophagen und Coprophagen	*Regenwurm, Fadenwürmer, Schwarzer Pinsel-Schimmel, Steinpilz, Totengräber, Mistkäfer*

trophische Gliederung

(c,p) 2011 – 2025 lern-soft-projekt: drews



Q: de.wikipedia.org (GFJ)



Q: www.liv.ac.uk

Definition(en): Produzenten
Produzenten sind autotroph lebende Organismen, die aus anorganischen (Energie-armen) Nährstoffen organische und Energie-reiche Biomasse (Stoffe) bilden. Als Energie-Quelle dienen entweder die Strahlungs-Energie der Sonne (→ Photosynthese) oder chemische Vorgänge (→ Chemosynthese).

Definition(en): Konsumenten
Konsumenten sind heterotroph lebende Organismen, die sich von pflanzlichen (Konsumenten 1. Ordnung) oder tierischer Biomasse (Konsumenten 2. od. 3. Ordnung) ernähren. Sie wandeln Körper-fremde, organische Stoffe in Körper-eigene um. Die notwendige Energie wird durch Abbau eines Teil's der Energie-reichen, organischen Stoffe gewonnen.

Definition(en): Destruenten
Destruenten sind heterotroph lebende Organismen, die Energie-reiche Biomasse in Energie-ärmere organische und letztendlich in (Energie-arme) anorganische Stoffe abbauen.
Destruenten sind die Lebewesen, die sich von toter Biomasse ernähren (und sie (letztendlich) in anorganische Stoffe zersetzen).

Reduzenten sind die sogenannten Mineralisierer
sie gehören zu den Destruenten, sind praktisch die Organismen-Gruppe, die den letzten Abbau-Schritt hin zum anorganischen Material realisert
oft nicht extra betrachtet

Definition(en): Reduzenten
Reduzenten sind heterotroph lebende Organismen, die Energie-haltige organische Stoffe in Energie-arme anorganische Stoffe abbauen.

Trophiestufen-Pyramiden

Definition(en): Nahrungsstufen-Pyramide
Eine Nahrungsstufen-Pyramide ist ein – nach bestimmten quantitativen und oder semiquantitativen Kriterein – hierarchisch geordnetes Nahrungs-Beziehungs-Gefüge.
Eine ökologische Pyramide (auch: ELTONsche Pyramide) ist eine graphische Darstellung der trophisch-gestuften Strukturen eines Ökosystem's). Für die quantitative Charakterisierung der Stufen werden die Biomasse, die Individuen-Zahlen oder die Energie-Beträge benutzt.

Nahrungsketten

Reihe aus Produzent, Primär-Konsument (Planktivor, Pflanzen-Fresser), ev. weiteren Sekundär-Konsumenten (Primär-Verbraucher) und dem Gipfel-Raubtier (Tertiär-Konsument; Sekundär-Verbraucher; Apex-Konsument)
Sekundär- und Tertiär-Konsumenten sind Carnivore (Fleisch-Fresser)
jede dieser Gruppen / Organismen stellen eine trophische Ebene dar

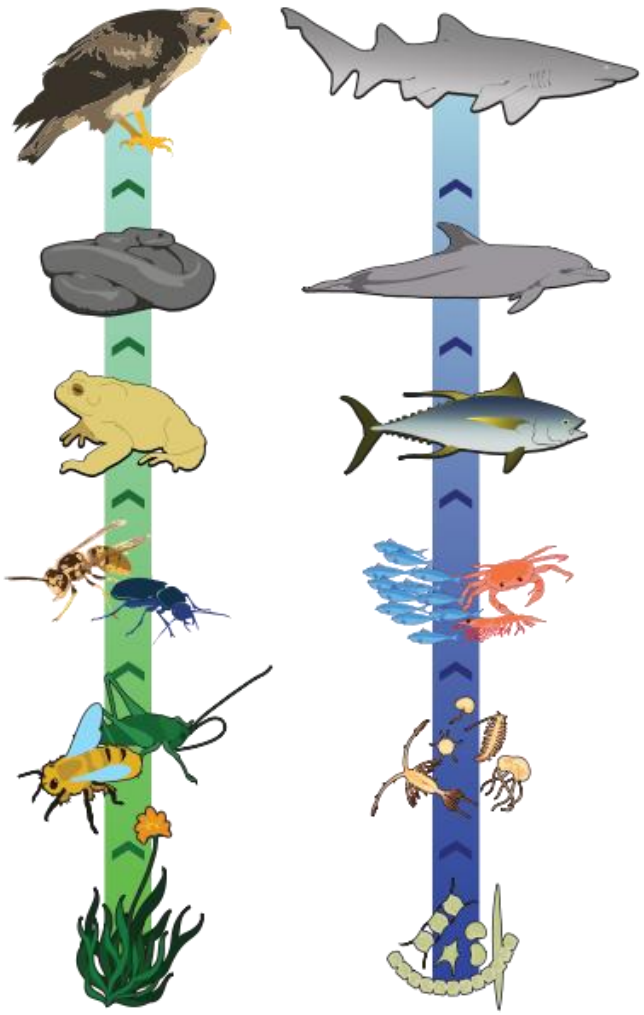
i.A. idealisierte, stark vereinfachte, metaphorische Betrachtung
stark populäre und alltägliche Vorstellung von Nahrungs-Beziehungen

Nahrungs-Beziehungen werden auf eine einzigen Pfad reduziert

Definition(en): Nahrungskette
Eine Nahrungskette ist eine – meist idealiserte – lineare Darstellung der Abfolge von Organismen, durch die Nährstoffe und Energie fließt.

trophische Ebenen in Nahrungsketten

Trophie-Stufen



terrestrische und aquatische Nahrungs-Kette
Q: commons.wikimedia.org (LadyofHats)

(c,p) 2011-2025 lsp: dre

schließt man die Destruenten mit in die Nahrungs-Kette ein, da entsteht ein **Nahrungs-Kreis**, da die von den Destruenten gebildeten anorganischen Stoffe das Ausgangs-Material für die Produzenten bilden

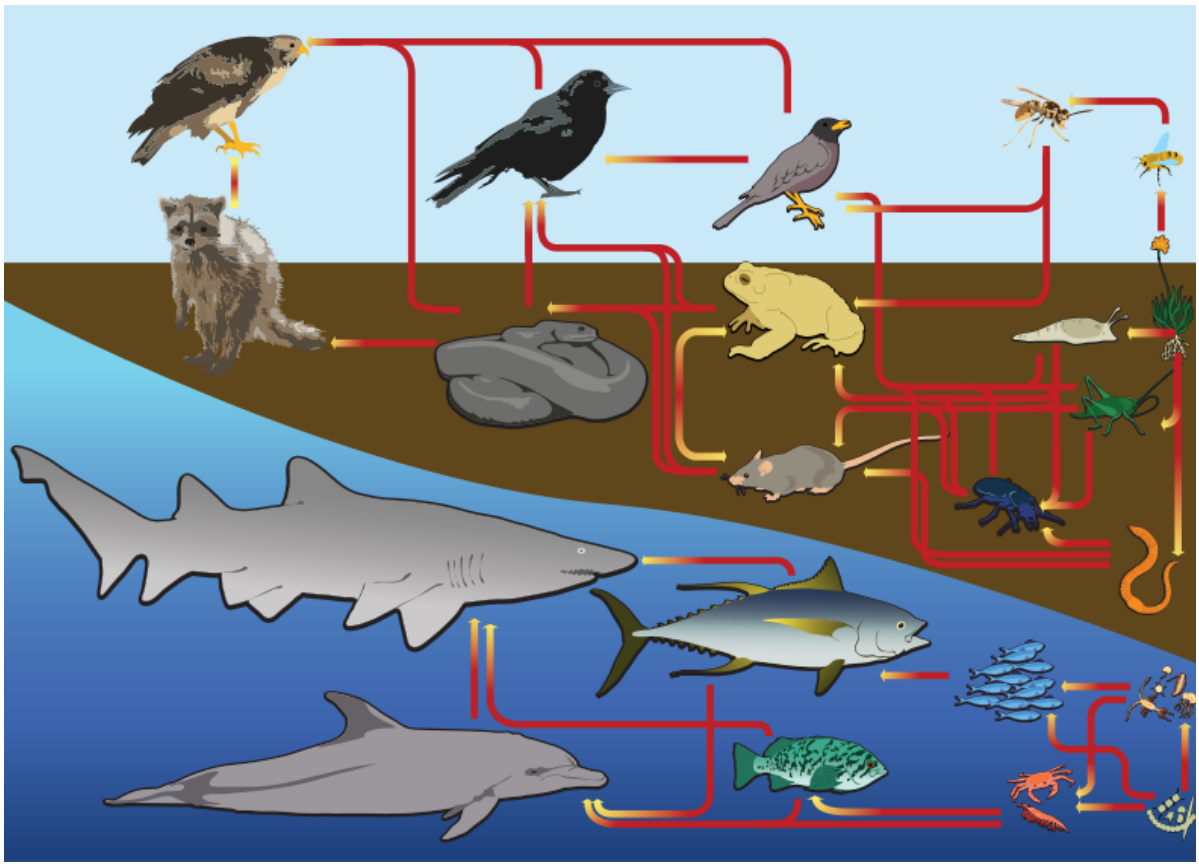
> Eines stellt die Natur aus dem anderen her,
> und sie läßt immer Neues entstehen
> aus anderer Dinge Verwesung.
> LUKREZ

Die Betrachtung von Nahrungs-Kreisen erfolgt aber nur selten in der Ökologie.

Nahrungsnetze

vermaschtes System mehrerer Nahrungsketten od. –Beziehungen
können auch Trphie-Stufen überspringen
für einzelne Arten ist auch bekannt, dass sie sich aus mehreren Trophie-Stufen bedienen
realistischere Betrachtung der Nahrungs-Beziehungen
schwerer nachzuvollziehen, bleiben oft trotzdem beschränkt

sehr schwer zu modellieren und simulieren
mit geeigneten Modellen sind aber deutlich bessere Vorhersagen möglich, als bei Nahrungsketten-Modellen



Beispiele für terrestrische und aquatische Nahrungs-Beziehungen (Nahrungs-Netze)
Q: commons.wikimedia.org (LadyofHats)

Grund-Typen von Nahrungs-Netzen

- **Weide-Nahrungsnetz**
  (Gras-Nahrungsnetz, Weidenetz)
- **dendritisches Nahrungsnetz**
  (Dentritusnetz)

Definition(en): Nahrungsnetz
Ein Nahrungsnetz ist eine – realistischere – verzweigte Darstellung der Abfolgen von Organismen, durch die Nährstoffe und Energie fließt.

nach neueren Forschungs-Ergebnissen scheinen die Gipfel-Raubtiere ein höheres Risiko zu haben, auszusterben

obwohl sie meist viele Beute-Tiere haben, ist die veränderte Menge an Organismen dann das Problem, sie finden zu wenig Nahrung bzw. müssen zu lange Wege zurücklegen / zu große Räume durchstreifen, um ausreichend Nahrung zu bekommen
lange Lebens-Zyklen erschweren eine Anpassung an neue Situationen
Beute usw. haben kürzere Lebens-Zyklen und können sich insgesamt schneller anpassen

Definition(en): Trophie-Ebene / Nahrungs-Stufe
Eine Nahrungsstufe ist der Energie-Gehalt einer Organismen-Gruppe mit einer bestimmten Stoffwechsel-physiologischen bzw. ökologischen (Grund-)Funktion.
(Typische) Trophie-Stufen von Ökosystemen sind die (Primär-)Produzenten, Primär-, Sekundär- und Tertiär-Konsumenten sowie die Destruenten. (Produzenten = Pflanzen, grüne Algen und Bakterien / Blaualgen; Primär-Konsumenten = Pflanzenfresser; Sekundär-Konsumenten = Fleischfresser 1. Ord.; Tertiär-Konsumenten = Fleischfresser 2. Ord.; Räuber; Destruenten = Zersetzer (Bakterien, Pilze, Würmer, …))
Die trophische Ebene ist die Position einer Art oder Arten-Gruppe in einer Nahrungskette oder einem Nahrungsnetz.

https://www.learner.org/wp-content/interactive/envsci/ecology/ecology.html (online-Simulator zu Nahrungs-Beziehungen (engl.))

Aufgaben (zum online-Simulator):

1. *Dokumentieren Sie für die folgenden Aufgaben Ihre Hypothesen, Simulations-Daten und Interpretationen in einem Dokument! (von den Simlations-Ergebnissen machen Sie z.B. Bildschirm-Ausdrucke / -Foto's)*
2. *Besuchen Sie den online-Simulator von learner.org (Ecology Lab) und führen Sie eine Simulation mit den Grund-Einstellungen durch! Interpretieren Sie die Simulations-Ergebnisse (Diagramm)!*
3. *Erstellen Sie nun eine Nahrungskette und stellen Sie zuersteinmal eine / mehrere Hypothese(n) über den erwarteten Verlauf der Graphen auf! Lassen Sie dann die Simulation laufen! Werten Sie die Simulations-Daten im Vergleich zu Ihren Voraussagen aus!*
4. *Erstellen Sie sich ein Nahrungsnetz nach Ihren Vorstellungen (aber nicht alle Beziehungen!)! Stellen Sie wieder Hypothesesen auf, führen Sie die Simulationen durch und werten Sie die Daten aus!*
5. *Wechseln Sie zum Modell "Food Web" und führen Sie äquivalente Experimente durch!*

Produktion, Produktivität und Effizienz in Ökosystemen

Produktion (w) beschreibt die Masse (Substanz) oder die Energie als Menge bzw. dessen Zugewinn im Element; Veränderung nach einer gewissen Zeit (hier Zeit-Punkte 1 und 2)

$$Produktion = Biomasse_2 - Biomasse_1 = \Delta BM$$

$$Produktion = Energie_2 - Energie_1 = \Delta E$$

Die **Produktivität (P)** ist ein spezifisches Vergleichmaß, bei dem die Produktion auf die Fläche und die Zeit bezogen werden
Mit **Effizienz** beschreibt man die Effektivität, mit der die Biomasse bzw. Energie einer Trophie-Ebene in die nächstfolgende übergeht. Damit hier keine Verwechslung mit der Energie entsteht, benutzen wir in der Ökologie immer den erweiterten Begriff der Transfer-Effizienz (TE).

Definition(en): Biomasse
Die Biomasse ist die Gesamtheit des organischen Materials in einem Ökosystem / begrenzten Lebensraum / künstlichen Unterteilungs-Abschnitt (z.B. m^2, m^3, km^2 oder km^3)
Die Biomasse ist die gesamte organische Substanz, die durch Organismen erzeugt wird.
Biomasse ist die in einem abgegrenzten Lebensraum vorhandene organische Substanz.
Die Biomasse ist die Gesamtheit aller durch Lebens-Vorgänge hervorgebrachter und wieder verfügbar gemachter organischer Substanzen in einem bestimmten Ökosystem / Lebensraum / …
Die Biomasse eines Ökosystem's ist die Gesamtmasse aller (aktuell) lebenden und früher lebenden Organismen innerhalb einer trophischen Ebene zu einem bestimmten Zeitpunkt. Zumeist wird als Basis / Bezugsgröße eine Fläche von einem Quadratmeter genutzt.)

Primär-Produktion

betrachtet die Stoff- und Energie-Umsätze der Produzenten – also mit anderen Worten in der Ebene der Primär-Produktion, die der Pflanzen.
In Systemen, in denen die Antriebs-Energie nicht durch die Sonne bereitgestellt wird, sondern durch chemische Vorgänge (→ Chemosynthese → 🕮 **SEW**) sind die Primär-Produzenten natürlich die entsprechenden Mikroorganismen.
Es wird zwischen Brutto- und Netto-Produktion unterschieden. Die Brutto-Produktion ist die gesamte Assimilation von Cohlenstoff
Auf der Ebene der Primär-Produktion betrachten wir also die Brutto-Primärproduktion und die Netto-Primärproduktion.
Da die Produktion und auch die Respiration immer für das gesamte Ökosystem gelten, ist deren Erfassung und Vergleichbarkeit kaum möglich.

$$BruttoPrimärProduktion = NettoPrimärProduktion + Respiration$$

Definition(en): Brutto-Produktion
Die Brutto-Produktion ist die gesamte assimilierte Biomasse eines Organismus / einer Population / einer Trophie-Ebene.

Definition(en): Netto-Produktion
Die Netto-Produktion ist die Differenz zwischen Brutto-Produktion und der abgestrahlten Atmungswärme.

Primär-Produktivität

Für eine bessere Vergleichbarkeit haben Ökologen deshalb die **Produktivität** als Größe definiert, die die Produktion auf eine bestimmte (Ökosystem-)Fläche und Zeit-Einheit bezieht. Typisch sind ein Quadratmeter (m^2) und ein Jahr (a). Für zeitliche Analysen – z.B. den Verlauf der Produktivität während eines Jahres – können natürlich auch kleinere Zeit-Einheiten gewählt werden (z.B. Monat [Mo]).
Vielfach wird auch nur der Cohlenstoff betrachtet, so dass dann z.B. g [C] / m^2 * a (Gramm Cohlenstoff pro Quadratmeter und Jahr) als Einheit zu finden ist.
Praktisch ist die Produktivität ein relatives Geschwindigkeits-Maß für die Stoff- bzw. Energie-Umsätze in einem Ökosystem.
Die **Primär-Produktivität** bezieht sich auf die Produzenten des Ökosystem's. Unter ihr versteht man die Rate mit der Pflanzen Biomasse pro Flächen- und Zeit- Einheit umsetzen.

$$PrimärProduktivität = \frac{BioMasse}{Fläche \cdot Zeit} \qquad \text{bzw. kurz:} \quad PP = \frac{BM}{A_0 \cdot t}$$

In der Praxis ist eine Netto-Produktivität leichter zu erfassen. Sie entspricht der vorhandenen Biomasse der entsprechenden Organismen – also bei der **Primärproduktion** der Biomasse der Pflanzen – im Untersuchungs-Gebiet.
Die Brutto-Produktion ist wegen der ständigen "Verluste" durch Dissimilation schwerer zu fassen.
Man kann aber mit radioaktiven Cohlenstoff (C14) und Sauerstoff (O18) arbeiten. Damit können die Stoffwege für Cohlenstoff und Sauerstoff quantitativ verfolgt werden. Solche Untersuchungen sind aber eher nur in künstlichen Ökosystemen möglich. In aquatischen Ökosystmen benutzt man z.B. $NaH^{14}CO_3$ (Natriumhydrogencarbonat mit radiaktivem Cohlenstoff).
Eine alternative Variante ist die Verfolgung der Assimilation des auch natürlich vorkommenden radioaktiven Cohlenstoff's. Mit der Assimilation steigt die Menge des C14 in den Pflanzen, da die "überschüssigen" Assimilate eingespeichert / für den Biomasse-Aufbau benutzt werden. Damit steigt die gebundene C14-Menge und entsprechend die messbare Radioaktivität.
Brutto- und Netto-Primärproduktion unterscheiden sich im Betrag um die Respiration (R; den Eigen-Verbrauch und die Abwärme).
Als Berechnungs-Formel ergibt das:

$$\boldsymbol{BruttoPrimärProduktivität = NettoPrimärProduktivität + Respiration}$$

kurz: $$\boldsymbol{BPP = NPP + R}$$

oder umgestellt: $NPP = BPP - R$ bzw. $R = BPP - NPP$

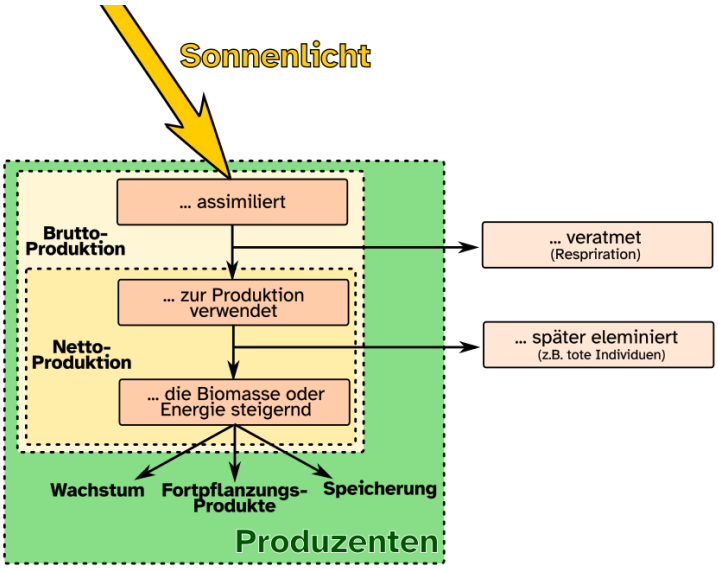
Weiterhin kann die Brutto-Primärproduktivität auch über die fixierte Energie oder die neu gebundene Masse an Cohlenstoff erfasst werden:

$$BPP = \frac{E_{fix}}{A_0 \cdot t} = \frac{\Delta m[C]}{A_0 \cdot t}$$

Die Netto-Primärproduktion ist auch über die Veränderung der Biomasse zugänglich:

$$NPP = \frac{\Delta BM}{A_0 \cdot t}$$

Allgemein kann man feststellen, dass die Netto-Primärproduktivität mit der Länge der Vegetations-Periode zunimmt.



ökologische Effizienz (Produzenten)
Q: https://www.spektrum.de/lexikon/biologie/oekologische-effizienz/47456
geänd. u. erweitert: dre

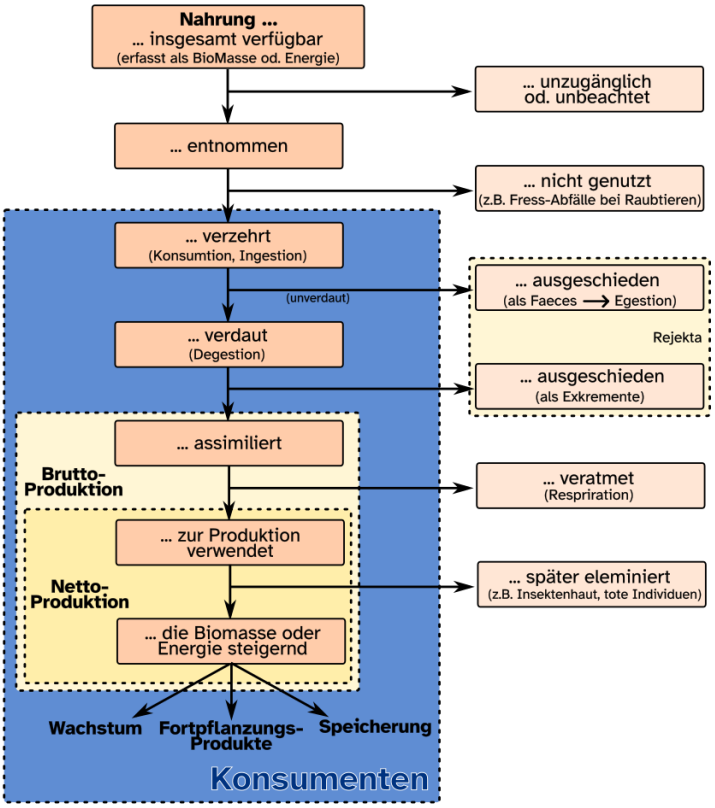
Die NPP kann aber durch mangelnde – sich im Minimum befindliche – Faktoren begrenzt sein (→ Minimum-Gesetz). Dies gilt besonders für Nährstoffe und das Sonnenlicht.

Definition(en): Brutto-Primärproduktivität
Die Brutto-Primärproduktivität ist die gesamte Fixierung von Energie in der autotrophen Assimilation (Photo- od. Chemosynthese).

Definition(en): Netto-Primärprodukttvität
Die Netto-Primärproduktivität ist die als Nahrung verfügbare Biomasse, die von autotrophen Organismen (im Laufe eines Jahres / einer bestimmten Zeit-Spanne) bereitgestellt wird.
Die Netto-Primärproduktivität ist die effektiv in den Produzenten fixierte Energie. Dabei handelt es sich um den um die Respiration und Abwärme reduzierten Energie-Betrag ausgehend von der Brutto-Primärproduktivität.
Die Netto-Primärproduktivität ist die jährliche Kohlenstoff-Bindung (autotrophe Assimilation) eines Ökosystem's abzüglich der für den Eigenbedarf der Produzenten dissimilierten Kohlenstoff-Menge.

grob gesagt ist die Netto-Primärproduktivität die – durch Pflanzen langfristig – gebundene Kohlenstoff-Menge
gefressene Pfanzen gehen dann in die Sekundär-Produktion (in Tieren gebundener Kohlenstoff) ein

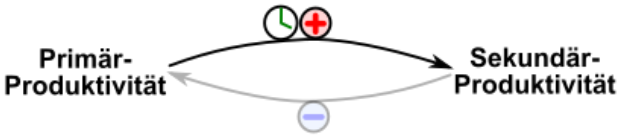
Sekundär-Produktivität



ökologische Effizienz (Konsumenten)
Q: https://www.spektrum.de/lexikon/biologie/oekologische-effizienz/47456
geänd. u. erweitert: dre

$$Sekundär Produktivität = \frac{BioMasse[Konsumenten]}{BioMasse[Produzenten]}$$ bzw. kurz: $$SP = \frac{BM'}{BM}$$

zwischen der Primär- und der Sekundär-Produktivität besteht eine positive Beziehung
wegen des Zeit-Bedarf's für die Assimilation-Vorgänge lassen sich die Wirkungen immer leicht Zeit- bzw. Phasen-versetzt beobachten



Definition(en): Sekundärproduktivität
Die Sekundär-Produktivität ist die Rate der Biomasse-Produktion durch Heterotrophe.

Für Ökologen ist zudem interessiert, wie effektiv ein Organismus bzw. die Organismen einer Trophie-Ebene arbeiten. Wie gut nutzen die Organismen die Stoffe aus der Brutto-Produktion, um eigene Biomasse zu produzieren, die ja dann wieder (als Nahrung) in die nachfolgende Trophie-Ebene übergehen kann.
Im Allgemeinen bezeichnet man das beschreibende Maß dafür als Wirkungs-Grad. In der Ökologie nennen wir ihn dann entsprechend **ökologischer Wirkungsgrad**:

$$\eta = \frac{NPP}{BPP}$$

Der Wirkungs-Grad ist entweder ein Wert zwischen 0 und 1. Dabei bedeutet eine 0, dass keine Energie bzw. Biomasse gebildet wird. Eine 1 würde dagegen aussagen, dass die gesamte Energie bzw. Biomasse der Brutto_Produktion auch in der Netto-Produktion wiederzufinden ist. So etwas ist energetisch nicht möglich. Zum Einen ist bei jeder Energie-Umwandlung ein Energie-"Verlust" als Abwärme zu beobachten und zum Anderen benötigen alle System – und ganz besonders die lebenden – Energie für den eigenen Betrieb.

ökologische Effizienz

Weiterhin ist in Nahrungs-Beziehungen interessant, wieviel von einer Trophie-Ebene in der nächten wiederzufinden ist. Wir wollen wissen wie effektiv Biomasse bzw. Energie von der folgenden Trophie-Ebene ausgenutzt wird.
Das Maß für die Effektivität wird **trophische Transfer-Effizienz** (auch: Energie-Übertragungs-Effizienz; Trophieebenen-Transfer-Effizienz) genannt. In der Ebene der Pflanzen ist das dann die primäre Transfer-Effizienz (PP). Berechnet wird die trophische TransferEffizienz (TTE) als Quotient der Netto-Produktivitäten der aufeinanderfolgenden Trophie-Stufen:

$$trophischeTransferEffizienz = \frac{NettoProduktion}{NettoProduktion'} \qquad \text{bzw. kurz:} \quad TTE = \frac{NP}{NP'}$$

Etwas anders betrachtet auch so bestimmbar:

$$trophischeTransferEffizienz = \frac{verfügbareEnergie}{gebundeneKörpereigeneEnergie}$$

$$trophischeTransferEffizienz = \frac{Biomasse' - Biomasse}{Respiration} = \frac{\Delta BM}{R}$$

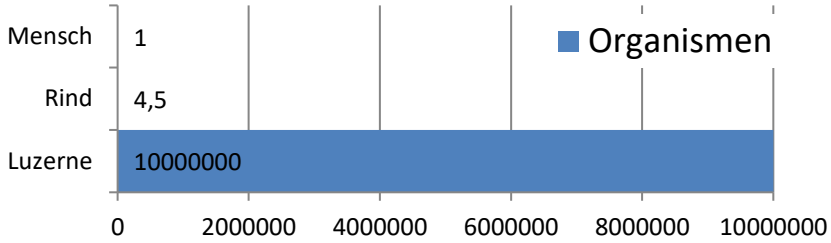
Der berechnete Wert liegt also immer zwischen 0 und 1 und kann aber auch (mit 100% multipliert) als Prozent-Wert ausgedrückt werden.
Eine Produktivität von 0 besagt, dass keine NettoProduktion erfolgte. Der Wert 1 – was einem 100%igen Übergang der Brutto-Produktion in die Netto-Produktion entsprechen würde – ist natürlich praktisch nie erreichbar. Bei jeder Energie- oder Stoff-Umwandlung wird auch Wärme-Energie frei. Weiterhin ist auch immer eine Regeneration der eigenen Biomasse notwendig, da ja ständig Abbau-Prozesse ablaufen. Typischerweise liegen die Produktivitäts-Raten zwischen 3 und 30% (0,03 – 0,3).

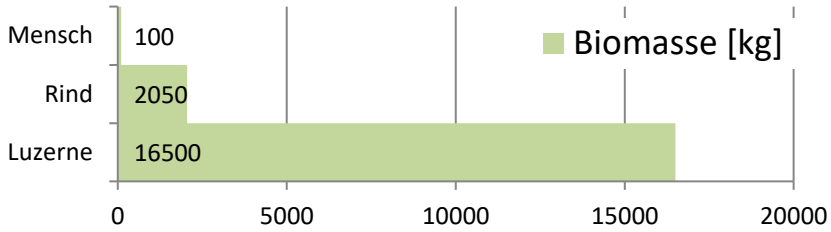
Um die verschiedenen Trophie-Ebenen gegenüberzustellen, bieten sich verschiedene Bezugs-Punkte an. Im Allgemeinen sind das die Individuen, die Biomasse und die Energie.

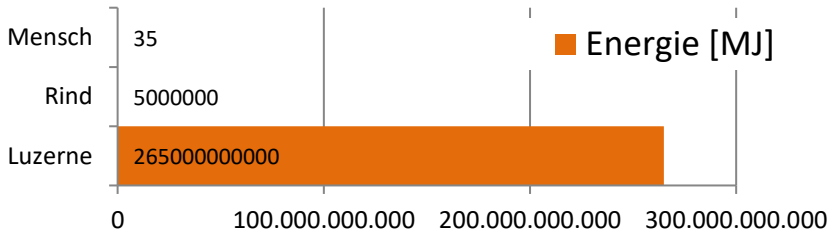
Zu Veranschaulichung werden meist Pyramiden verwendet.

Sie wurden erstmal von Charles ELTON in den 1920er Jahren eingeführt.

Wie unterschiedlich die Pyramiden aber aussehen können, sehen wir an der nebenstehend ausgewählten Nahrungskette.





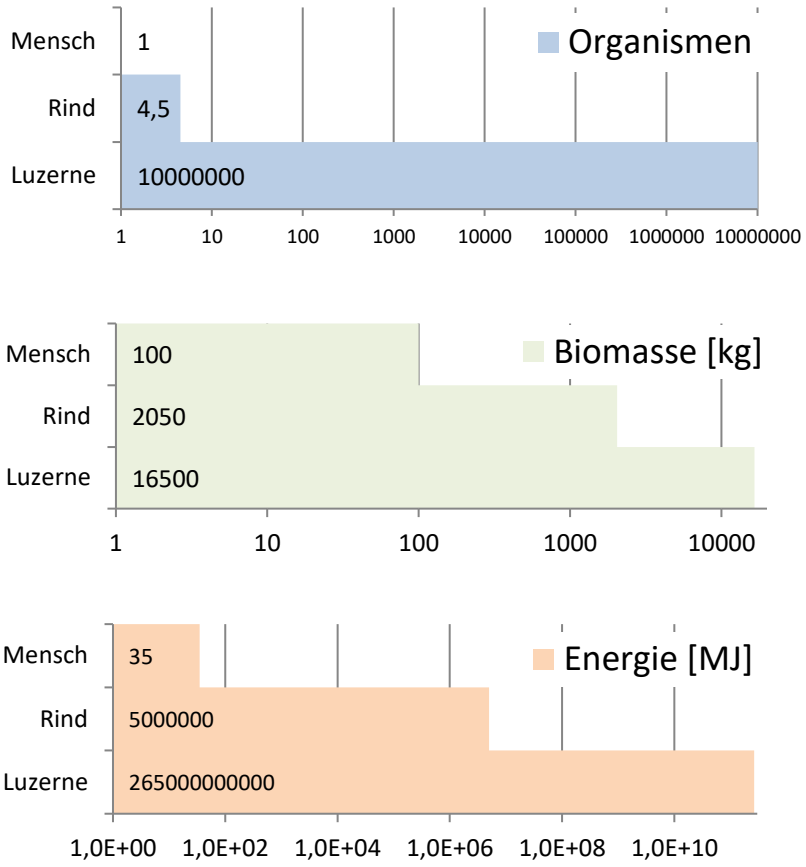


Betrachtet man dagegen die Biotop-Pyramiden, da kommt man zu einer völlig anderen Darstellung. Hier beanspruchen die Gipfel-Raubtiere einen wesentlich größeren Raum (bzw. Fläche) als die Produzenten.

Gipfel-Raubtier hat zwar eine ähnliche Effektivität bei der Energie-Umsetzung aus seiner Beute, wie die Beute von seiner Nahrung usw.

die notwendigen Flächen für Konsumenten höherer Ordnung werden aber immer größer, da die primäre Netto-Produktion begrenzt ist, die Gipfel-Konsumenten aber nur einen Bruchteil nutzen können, die anderen Teile stecken in den anderen Trophie-Stufen bzw. werden von denen verbraucht (Energie-Verluste beim Leben und bei Energie-Umwandlungen → es gilt 2. Hauptsatz der Thermodynamik)
deshalb effektiv meist nur 4 – 5, selten 6 Trophie-Stufen in einer gedachten Nahrungs-Kette vorhanden und auch nur möglich

Um die kleinen Werte in solchen Diagrammen nicht ganz untergehen zu lassen, nutzt man einen mathematischen Trick für die Skalierung der x-Achse. Diese wird nicht – wie meist üblich – linear geteilt, sondern logarithmisch. D.h. statt der additiven Erweiterung, vergrößern sich die Werte pro Skalen-Einheit um eine Zehner-Potenz. Dies erfordert eine erhöhte Aufmerksamkeit hinsichtlich der Abschätzung der Werte-Vergleiche als auch bei der konkreten Ablesung von Werten.



bei parasitischen, destruktiven bzw. reduzierenden Nahrungs-Beziehungen drehen sich die Pyramiden oftmals wieder um

Trophiestufe	aufgenommene Energie [kJ]	gespeicherte Energie [kJ]	ökologischer Wirkungsgrad [%]	
Tertiär-Konsumenten	60	20		
			5,0	
Sekundär-Konsumenten	1.190	210		
			8,9	
Primär-Konsumenten	13.400	4.525		
			19	
Primär-Produzenten	70.500	35.000		

Q: /37, S. 261 (nach KUTTLER, 1993)/

Definition(en): Wirkungsgrad einer Nahrungsstufe

Der Wirkungsgrad einer Nahrungsstufe gibt an, welcher Anteil an Energie / Biomasse aus der vorherigen Stufe in ihr wieder aufgeht..

$$Q_N = \frac{Nettoenergie\ Stufe\ N \cdot\ 100\%}{Bruttoenergie\ StufeN} = \frac{Nettobiomasse\ StufeN \cdot 100\%}{Bruttobiomasse\ SufeN} = \frac{100\% \cdot Bruttoenergie\ StufeN-1}{Bruttoenergie\ StufeN}$$

Kompensations-Ebene ist der Bereich, in dem die eigene Primär-Produktion von der eigenen Heterotrophie aufgebraucht wird

Trophie-Ebene	relativer Energie-Inhalt [kJ/m² a]		
Primär-Produzenten	21'000		
Primär-Konsumenten	3'400		
Sekundär-Konsumenten	380		
Tertiär-Konsumenten	21		

weitere Formeln zur Berechnung von Effizienzen:

$$NettoProduktionsEffizienz = \frac{NettoKonsumentenProduktivität}{Assimilation} \qquad NPE = \frac{NKP}{A}$$

$$TTE = trophischeTransferEffizienz$$
$$TTE = KonsumptionsEffizienz \cdot AssimilationsEffizienz \cdot ProduktionsEffizienz$$
$$TTE = KE \cdot AE \cdot PE$$

aquatische Ökosysteme	NPP	terrestische Ökosysteme	NPP
Meere der gemäßigten Breiten	16,3	tropische Regenwälder	17,8
tropische und subtropische Meere	13,0	Savannen	16,8
Küstenbereiche	10,7	Kulturland	8,0
polare Meere	6,4	Laub-Nadel-Mischwälder	3,1
Salzmarschen / Ästuare / Seetang	1,2	immergrüne Nadel-Wälder	3,1
Korallenriffe	0,7	mehrjähriges Grasland	2,4
		saisonal grüne Laub-Wälder	1,5
		saisonal grüne Nadel-Wälder	1,4
		breitlaubige Sträucher mit unbedecktem Boden	1,0
		Tundra	0,8
		Wüste	0,5
Summe:	**48,3**	**Summe:**	**56,4**

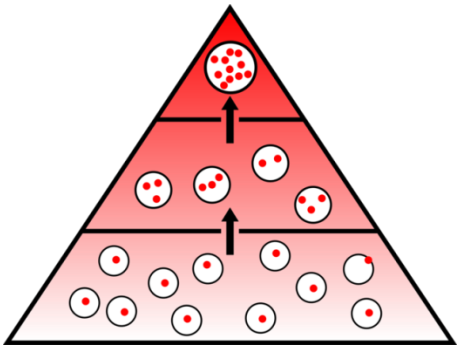
DatenQuelle: /43, S. 430/; Angaben in Pg [C]/a

Bio-Akkumulation / Bio-Magnifikation

mit Nahrungs-Ketten bzw. –Netzen entsteht das Problem, dass sich bestimmte Gifte oder auch andere problematische Stoffe immer mehr anreichern

besonders relevant für Stoffe, die biologisch kaum oder praktisch garnicht abbaubar sind.
vielfach lagern sie sich in Fett- oder Muskel-Gewebe ab
man spricht von Akkumulation

durch das Gefressenwerden gelangt die schon akkumulierte in die nächste Trophie-Stufe
die Organismen in dieser Stufe müssen aber vile von der Nahrung aufnehmen
somit nehmen sie auch viel von den problematischen Stoffen auf, die sich nun wieder im Fett- oder Muskel-Gewebe ablagert
in der nächsten Trophie-Stufe potenziert sich der Effekt weiter
der Effekt wird Bio-Magnifizierung (Bio-Vergrößerung) genannt



Schema zur Anreicherung von Schadstoffen in einer Nahrungskette
Q: de.wikipedia.org (Martin-rnr)

entdeckt und intensiv untersucht von Rachel CARSON (1960er Jahre)
beobachte das Pestizid DDT (Dichlordiphenylchlorethan)
es war damals eines der stärksten eingesetzten Pestizide
bei den Spitzen-Konsumenten der untersuchten Nahrungs-Kette (Vögel) beobachtete man eine deutliche Erhöhung der Eischalen-Brüchigkeit (durch schwindende Dicke)
in der Folge gingen viele Vogel-Populationen zurück
in den 1970er Jahren wurde dann DDT zuerst in den USA und dann später auch in vielen anderen Ländern verboten

DDT ist heute noch in Ökosystemen nachweisbar, obwohl kaum noch neuer Stoff in die Umwelt gelangt
gehört zum "Dreckigen Dutzend" (dirty dozen)

weitere Stoffe und Stoff-Gruppen, die heute als sehr problematisch angesehen werden

- Schwermetalle (besonders Quecksilber, Cadmium, Blei)
- polychlorierte Biphenyle (PCB's)
- radioaktive Stoffe (Strontium-90 (^{90}Sr), Kalium-20 (^{20}K), …)
- Plastik → Mikroplastik
- …

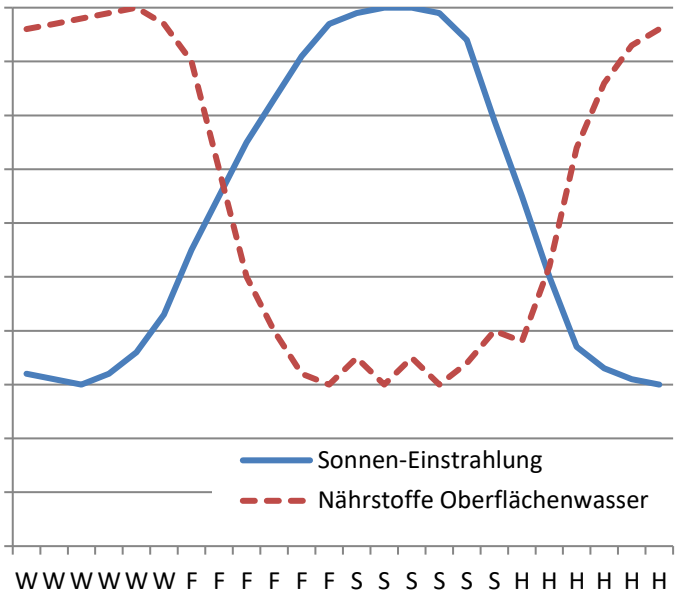
(c,p) 2011-2025 lsp: dre

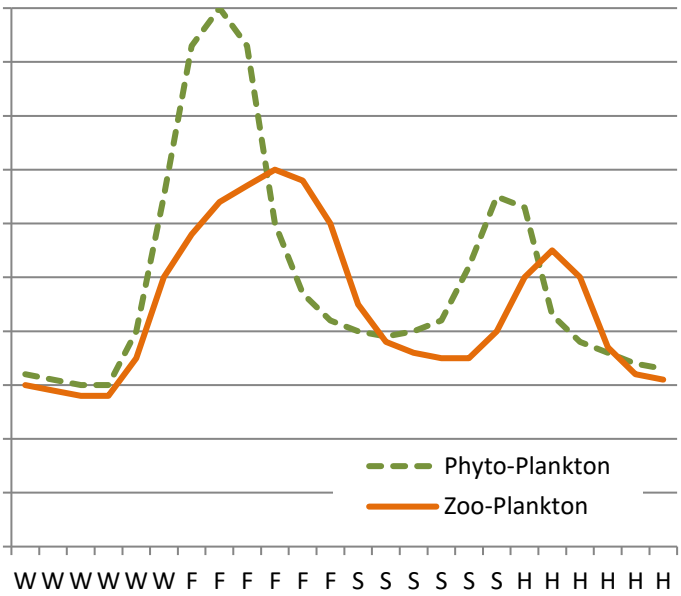
Aufgaben:

1. *Rechnen Sie die angegebenen Produktivitäts-Werte in die Einheit g/m² *a um!*

tropische Regenwälder	10 – 30 t/ha*a
sommergrüne Laubwälder	5 – 20 t/ha*a
Kuturland	2 – 10 t/ha*a
Tundra / Wüsten / …	0,1 – 4 t/ha*a
Ozeane	0,002 – 4 t/ha*a

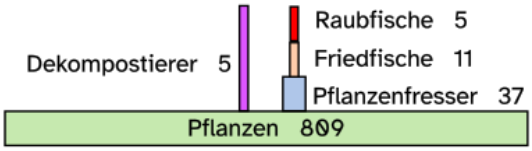
2. *Besonders für die Ozeane schwanken die Angaben zur Produktivität sehr stark. Stellen eine oder mehrere Hypothesen auf, warum es solche Unterschiede gibt!*
3. *Vergleichen Sie die Netto-Primärproduktivität aquatischer und terrestischer Ökosysteme! Nutzen Sie die dazu die ausführliche Tabelle!*
4. *In den nebenstehenden Diagrammen sind die Jahresgänge verschiedener Faktoren im Wattenmeer schematisch dargestellt. Interpretieren Sie die Diagramme zuerst einzeln und dann gemeinsam!*
5. *Recherchieren Sie was das (ökolgische) "dreckige Dutzend" genau ist und was dazu gehört! Wählen Sie sich eines der gemeinten Objekte heraus und recherchieren Sie die Wirkungen auf den menschlichen Organismus und in Ökosystemen! Welche Schutz-Maßnahmen wurden national und international bisher ergriffen?*



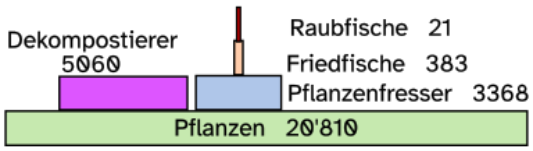


6. *Welche Konsequenzen hinsichtlich der menschlichen Ernährung sollten aus den Erkenntnissen (von Aufg. 5) gezogen werden? Begründen Sie jeweils!*
7. *Was bedeuten eigentlich die hochgestellten Zahlen z.B. bei ^{14}C (Cohlenstoff-14)? Was hat das mit Radioaktivität zu tun?*

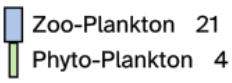
8. *In einem Ökosystem beobachten wir Regenwürmer, Gräser, Hirsche, Käfer, Kräuter, heterotrophe Boden-Organismen (Bakterien und Pilze) und Löwen. Erstellen Sie ein Schema der trophischen Struktur. In diesem Schema soll ersichtlich sein, woher die Organismen Nährstoffe/Nahrung und Energie beziehen (Input's) und wohin ihre Abgaben (Output's) gehen. Schätzen Sie (grob) die Energie-Einheiten für die einzelnen Organismen ab, wenn man den Bezugs-Punkt für den Gipfel-Organismus 100 (Energie-)Einheiten annimmt!*
9. *Vergleichen und interpretieren Sie die folgenden Trophie-Pyramiden aus verschiedenen Ökosystemen! (Die Schichten bei kleinen Werten sind nicht Maßstabs-getreu.)*



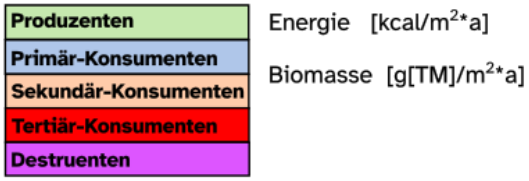
Silver Springs (Florida); Biomasse

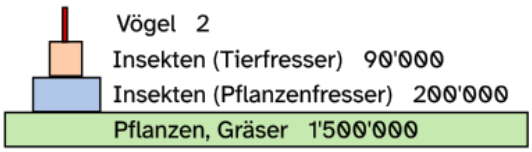


Silver Springs (Florida); Energie

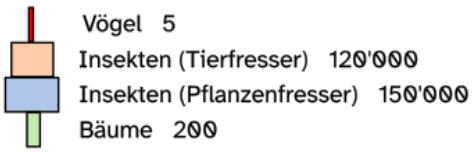


Ärmelkanal (Europa); Biomasse





Grasland; Individuen



gemäßigter Wald (Sommer); Individuen

Q: Daten aus /B, Kap. 37/

10. *Für eine Raupe wurden die folgenden energetischen Werte ermittelt. Sie gab Faeces mit einem Energie-Gehalt von 100 J ab nachdem sie 200 J in Form von Blatt-Material aufgenommen hat. Ihr eigener Zuwachs an Energie betrug 33 J (in Form von Biomasse). Für die Lebens-Vorgänge wurden 67 J verbraucht.*
    a) *Erstellen Sie ein Fluß-Diagramm, dass die Energie-Flüsse der Raupe darstellt!*
    b) *Erweitern Sie das Diagramm um die quantitativen Energie-Werte und /oder –Flüsse!*
    c) *Berechnen Sie die Netto-Konsumenten-Effizienz für die Raupe!*

11. Analysieren Sie das Nahrungs-Netz aus Produzenten, Konsumenten und Destruenten! Das Ökosystem soll aus Wald, Wiese und einem See bestehen.

a) Identifizieren Sie die / den Primär-Produzenten!

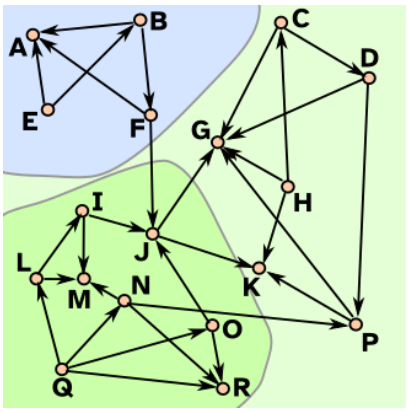
b) Finden Sie die längste Nahrungs-Kette (ohne Destruenten)!

c) Geben Sie eine Kette von Organismen an, die einen Energie-Fluss aufzeigt!

d) Stellen Sie eine Hypothese auf, um was es sich bei J handeln könnte! Begründen Sie!

e) Diskutieren Sie den Total-Ausfall der folgenden Organismen!

e1) B e2) G e3) I e4) J e5) A+E

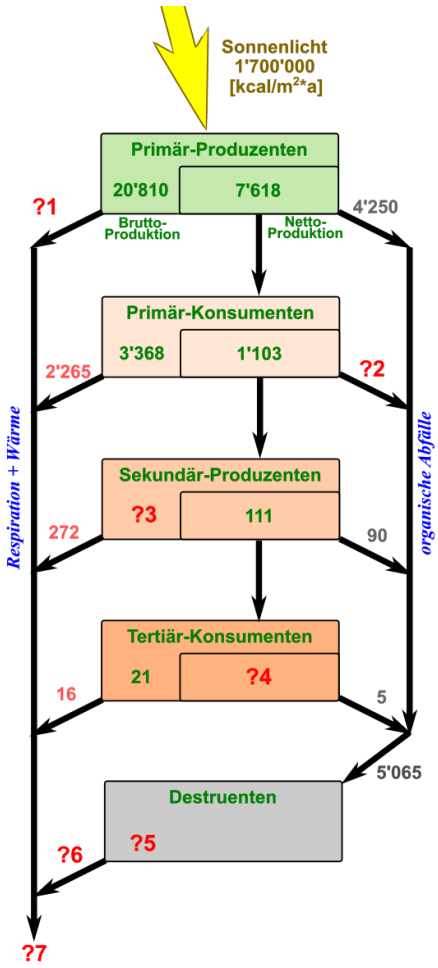


f) Übertragen Sie das Nahrungs-Netz in eine Form, die die Trophie-Ebenen (z.B. in Form einer ELTON-Pyramide) darstellt!

g) Schätzen Sie die Energie-Menge für die anderen Organismen ab, wenn die Gipfel-Konsumenten immer auf eine Energie-Einheit kommen müssen. (Die Aufteilung der Energie-Flüsse erfolgt immer gleichteilig! Die Transfer-Effizienz wird bei den Pflanzenfressern auf 5% und bei den anderen Konsumenten auf 10% angesetzt. Bei unklaren Situationen dürfen Sie begründete Bedingungen festlegen!)

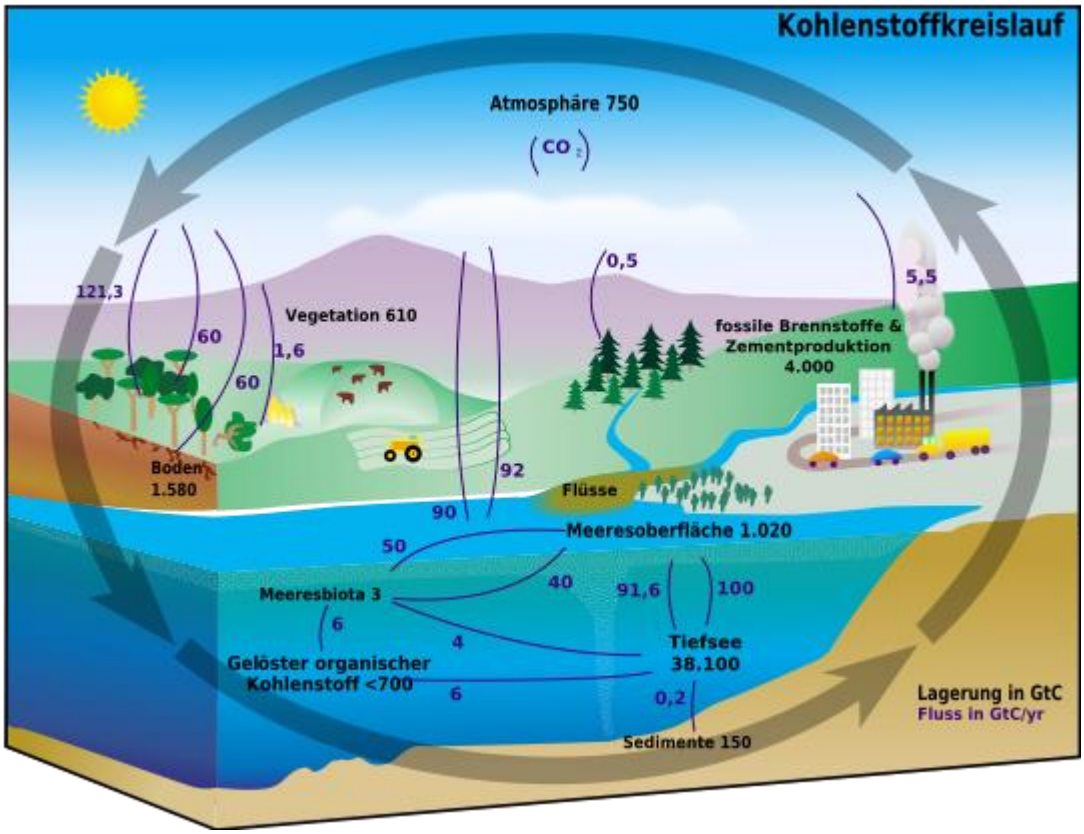
h) In das Ökosystem wandert ein Bär (Z) ein. Positionieren Sie ihn in das Nahrungsnetz und diskutieren Sie die möglichen Veränderungen!

12. Beim Zeichnen eines Energie-Fluss-Modell (von ODUM) zum Silver Springs Quell-Gebiet sind einige Daten in der vorgelegten Skizze undeutlich gewesen. Diese hat der Zeichner nun mit nummerierten Fragen-Zeichen versehen. Helfen Sie dem Zeichner und liefern ihm die fehlenden Energie-Werte!



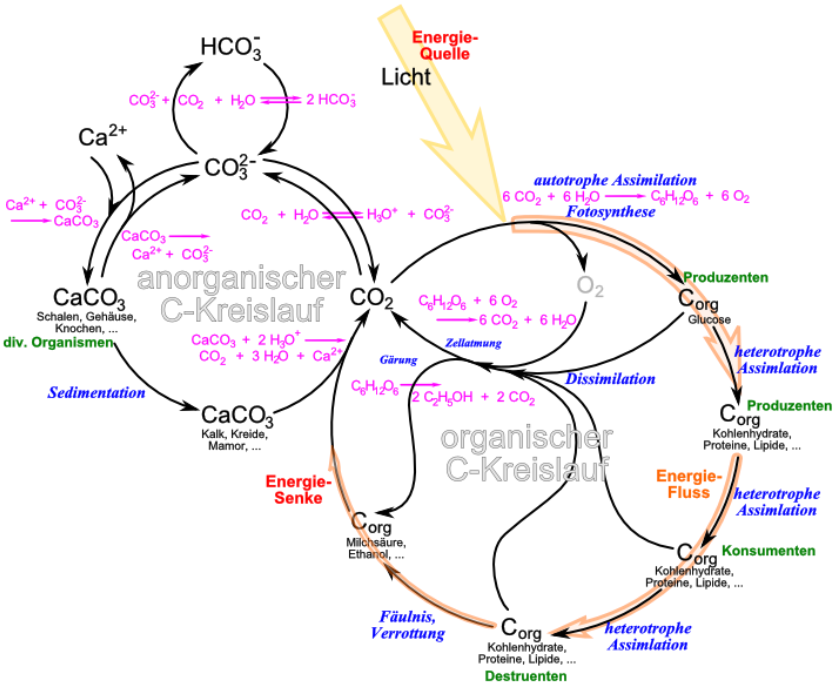
4.2.2. der Cohlenstoff-Kreislauf

Kohlenstoff (C; Cohlenstoff) ist das zweihäufigste Element in lebenden Organismen. Es ist die Basis aller organischen Stoffe und damit auch der Stoffe in Zellen und Organismen. Die besondere Binde-Fähigkeit ermöglich Makro-Moleküle, wie wir sie von Kohlenhydraten, Proteinen und Nukleinsäuren kennen.



quantitative Betrachtung des Cohlenstoff-Kreislauf's
Q: de.wikipedia.org (FischX)

Die biochemischen und chemischen Zusammenhänge sind sehr komplex. Nebenstehend eine andere Darstellung unter Einbeziehung von einfachen – auch Chemie und Biologie bekannter – Gleichungen. Die biochemischen Betrachtungen lassen sich im Skript Stoff- und Energiewechsel vertiefend erarbeiten bzw. wiederholen.
Der äußere – große – Kreis hat viele Analoga zu anderen trophischen Systemen und Stoff-Kreisläufen.

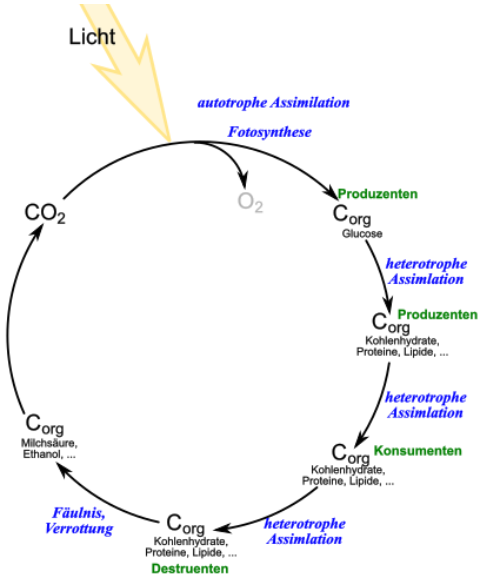


Cohlenstoff-Kreisläufe und Energie-Fluss

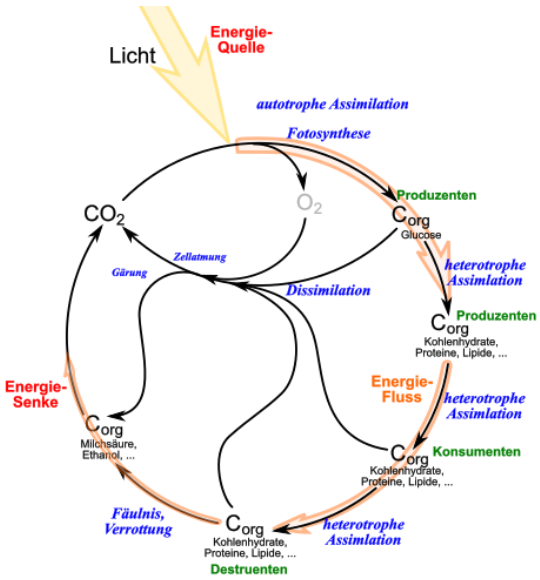
Der biologische Cohlenstoff-Kreislauf wird durch Cohlenstoffdioxid, die Nährstoffe (Kohlenhydrate, Fette und Proteine) gebildet. Durch Licht- oder chemische Energie wird der Kreislauf angetieben. Der assimlierte Cohlenstoff aus dem CO2 ist zuerst als Glucose verfügbar. In verschiedenen Metabolismen werden dann weitere organische Verbindungen produziert, die letztendlich den Stoffwechsel einer Zelle ausmachen.
Die assimierenden Organismen – von uns auch Produzenten oder einfach nur Pflanzen genannt – bilden die Nahrung für weitere Organismen. Diese heterotrophen Lebewesen wandeln die Nährstoffe im Wesentlich nur für sich selbst um. Die notwendige Energie dafür, wird über die Dissimilation aus den gleichen Nährstoffen gewonnen. Meist werden sie auf die Ebene von Glucose oder einfachen Grund-Bausteinen (z.B. Acety-CoA oder Triosen) in die Energie-Gewinnung eingeschleust.
Bei der aeroben Dissimilation wird das gesammte organische Molekül (typischerweise Glucose) wieder zurück in Cohlenstoffdioxid zurückgeführt.

Primäres Produkt ist dabei die Glucose. Diese kann in andere Kohlenhydrate umgewandelt werden. Dabei kommt den Speicher-Stärken (Amylose, Amylopektin, Glykogen) und dem Baustoff Cellulose eine besondere Rolle zu. Weitere abgewandelte Kohlenhydrate stecken in den genetischen Materialien RNS und DNS.

Aus Glucose oder den verschiedenen Zwischen-Produkten in der Glycolyse und dem Citrat-Cyclus können weitere Nährstoff-Arten produziert werden. Hier nehmen z.B. das Glycerolaldehydphosphat (GAP) und die aktivierte Essigsäure (Acetyl-Coenzym A (AcCoA) eine zentralle Stellung ein. Aus beiden können z.B. Fette und andere Lipide produziert werden. Weiterhin sind sie Ausgangsstoffe für die Bildung von Aminosäuren.
Pflanzliche Kohlenhydrate, Proteine und Fette sind die Nährstoffe für die Konsumenten (1. Ordnung). Sie verdauen die Pflanzen und resorbieren die Nährstoff-Bausteine.
Diese Bausteine werden dann in assimilatorischen Prozessen in Körper-eigene Kohlenhydrate, Proteine und Fette umgewandelt.



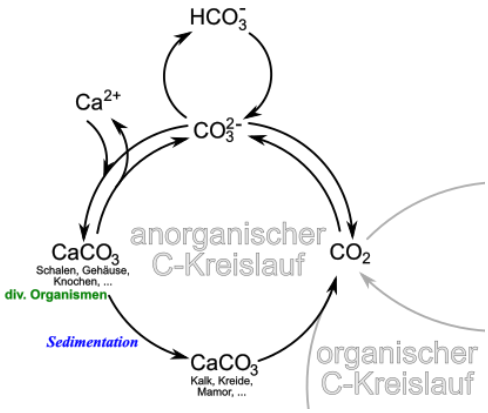
organischer Cohlenstoff-Kreislauf (Assimilations-Wege)



organischer Cohlenstoff-Kreislauf
(mit Dissimilation und Energie-Fluss)

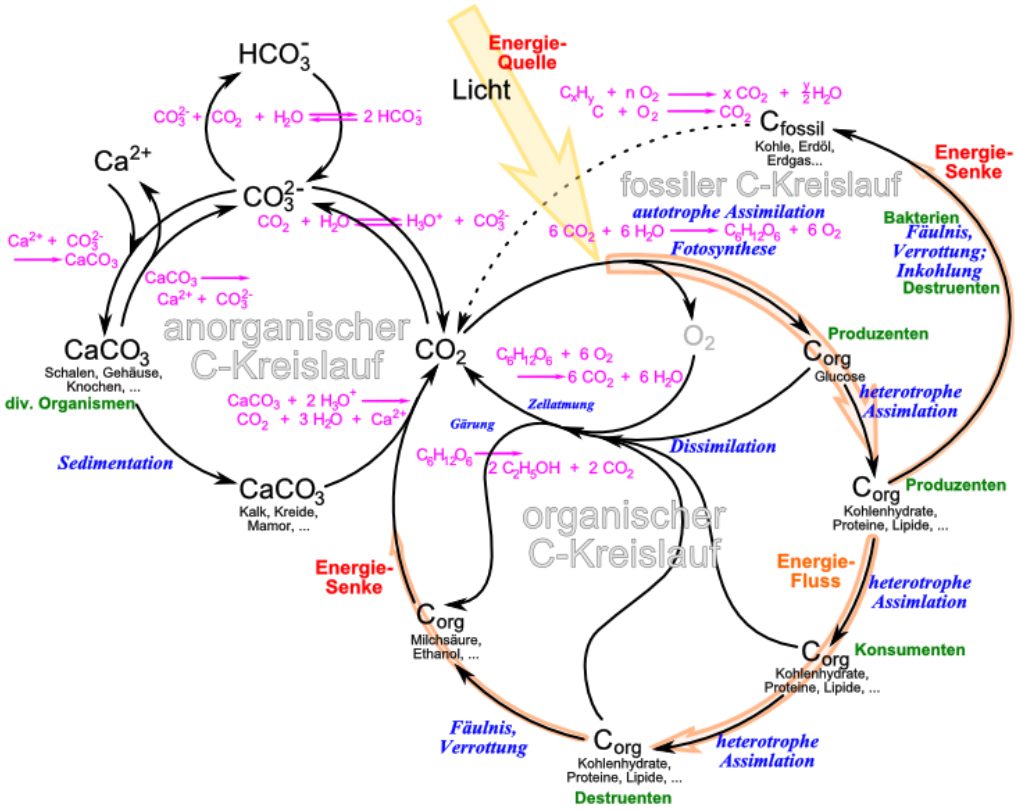
Ein Teil wird in dissimilatorischen Vorgängen entweder in Energie-ärmere organischen Materialien abgebaut (→ Gärungen) oder gleich ganz zu Energie-armen, anorganischem Cohlendioxid umgesetzt. Dann handelet es sich um die Zellatmung.
Bei der Konsumtion der nächsten Stufen in der trophischen Kette (Konsumenten 2. und 3. Ordnung) passiert praktisch nichts anderes.
Da die Organismen irgendwann sterben, stellt ihre Biomasse auch dann noch eine wichtige Nahrung dar. Die Destruenten zerlegen die organischen Stoffe bis hinunter zum Cohlendioxid. Dieser steht dann wieder den Produzenten als Nährstoff zur Verfügung. Der Kreislauf ist damit geschlossen.

Neben dem organischen Cohlenstoff-Kreislauf spielen die rein chemischen Vorgänge um Cohlendioxid und einige seiner anorganischen Verbindungen eine große Rolle in der Natur.
Besonders die Lösungs-Gleichgewichte zwischen CO_2 und den gelösten Carbonat- (CO_3^{2-}) und Hydrogencarbonat-Ionen (HCO_3^-; veraltet: Bicarbonat) sind für die Organismen wichtig.
Das Hydrogencarbonat ist gut löslich und bildet fast 90 % des anorganischen Cohlenstoff's in den Ozeanen. Es dient hier als CO_2-Quelle für die Produzenten.
Über Jahrmillionen Jahre ist viel Cohlenstoff in verschiedenster Form in der Erde gespeichert worden. Das ermöglichte überhaupt erst den relativ hohen Sauerstoff-Anteil in unserer Atmosphäre. Ohne den freien Sauerstoff sind höhere Organismen kaum denkbar.



anorganischer Cohlenstoff-Kreislauf

Große Cohlenstoff-Reservoirs sind die verschiedenen Carbonate – wie Mamor, Kalkstein und die Kreide. Neben der Kreide stammen auch Erdöl, Erdgas, Braun- und Steinkohle aus organischen Quellen.
Sie stellen unter Beobachtung des Cohlenstoff riesige Speicherstätten dar.
Da Kohle, Eröl und Erdgas vor allem als Energie-Träger genutzt werden, gelangt dieser Kohlenstoff als Verbrennungs-Produkt wieder in die aktiven Kreisläufe. Die globale Erwärmung ist ein Folge-Ergebnis, da Cohlendioxid einen Treibhaus-Effekt bewirkt. Es absobiert Wärme-Strahlung, die sonst wieder ins Weltall abgestahlt werden würde.
Betrachtet man alle "Kreisläufe" gemeinsam, dann ergibt sich ein recht komplexes Stoff- und Energie-Fluss-System.

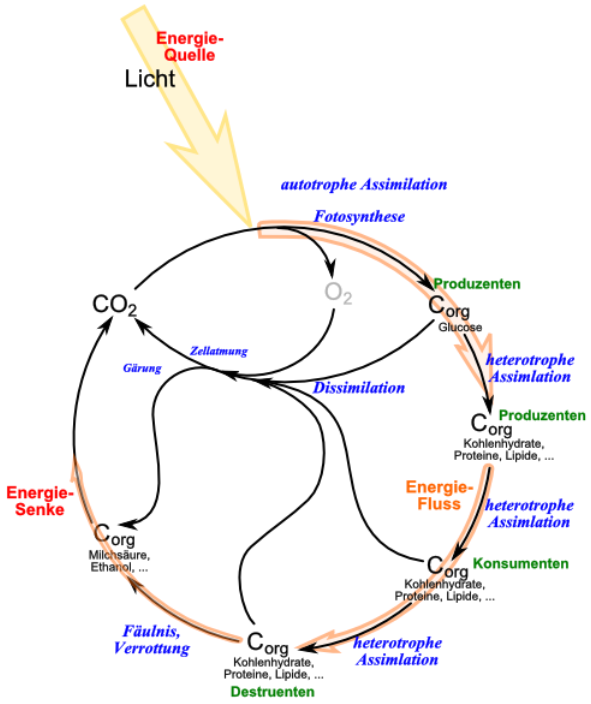


erweiterter (biogeochemischer) Cohlenstoff-Kreislauf

 (c,p) 2011-2025 lsp: dre

Aufgaben:

1. Stellen Sie die wichtigsten Nährstoff-Gruppen von heterotrophen Organismen unter besonderer Beachtung des ev. vorhandenen Cohlenstoff's vor!
2. Erläutern Sie das nebenstehende Schema aus stofflicher und energetischer Sicht!
3. Ein Schüler aus der 9. Klasse erzählt, seine Lehrerin hätte behauptet, es gäbe einen großen und kleine Cohlenstoff-Kreislauf! Erklären Sie dem Schüler, was es damit auf sich hat!
4. Kopieren Sie sich die Cohlenstoff-Kreisläufe indem Sie nur die Stoffe und die Verbindungen übernehmen! Machen Sie aus diesem Schema ein Fluß-Diagramm! Ergänzen Sie dazu immer die Wirk-Beziehungen (⊕ oder ⊖)!



5. Stellen Sie mindestens zwei Hypothesen auf, wie sich eine zukünftig weitersteigende Cohlenstoffdioxid-Menge in den Ökosystemen auswirken könnte!

für die erhöhte Anspruchebene:

6. Passen Sie die Hypothesen (von Aufg. 4) auf die eine – den anorganischen Kreislauf – einschließende Betrachtung an!
7. Diskutieren Sie weitere Veränderungen der Hypothesen, wenn man auch den fossilen Kreislauf mit einschließt!

4.2.3. der Stickstoff-Kreislauf

Stickstoff steckt vorrangig in Proteinen und Nukleinsäuren

Stickstoff scheint mit seinem riesigen Vorkommen von 78 % in der Luft (als N_2) eigentlich kein Problem zu sein. Tatsächlich ist Stickstoff aber einer der limitierenden Faktoren in biologischen Systemen. Dies liegt daran, dass der elementare Luft-Stickstoff nicht für Pflanzen als Produzenten nutzbar ist. Stickstoff ist eine Reaktions-träges (inertes) Gas. Erst nachdem er in lösliche Ionen, wie Ammonium und Nitrat umgewandet wurde, können Pflanzen ihn aufnehmen.

zentrale chemische Vorgänge

Proteolyse

$(NH_2)_2CO_3 + H_2O \longrightarrow 2\ NH_3 + CO_2$

Nitrifikation

Nitrosomonas: $\overset{\pm 0}{2\ NH_4^+} + 3\ O_2 + 2\ H_2O \longrightarrow \overset{+3}{2\ NO_2^-} + 4\ H_3O^+$ ***Oxid.***

Nitrobacter: $\overset{+3}{2\ NO_2^-} + O_2 \longrightarrow \overset{+5}{2\ NO_3^-}$ ***Oxid.***

Luftstickstoff-Fixierung:

$\overset{\pm 0}{N_2} + 6\ e^- + 6\ H^+ \longrightarrow \overset{-3}{2\ NH_3}$ ***Red.***

Denitrifikation

$\overset{+5}{2\ NO_3^-} + 12\ H^+ + 10\ e^- \longrightarrow \overset{\pm 0}{N_2} + 6\ H_2O$ ***Red.***

Stickstoff-Assimilation

Nitrat-Reduktion

$\overset{+5}{NO_3^-} \xrightarrow[-\ FAD^+ + Mo^{6+}]{+\ FADH_2 + Mo^{5+}} \overset{+3}{NO_2^-} \longrightarrow \overset{+1}{X_1} \xrightarrow{+\ FADH_2} \underset{(NH_2OH)}{\overset{-1}{X_2}} \xrightarrow{-\ FAD+} \overset{-3}{NH_3}$

Ammoniak-Assimilation

$NH_3 + H_2O \longrightarrow NH_4^+ + OH^-$

Aminierung

α-Ketoglutamat + NH_4^+ $\xrightarrow[-\ NADP]{+\ NADPH_2;\ \mathbf{GDH}}$ Glutamat (Glu) (Glutaminsäure)

Glutamat + NH_3 $\xrightarrow[-\ ADP]{+\ ATP;\ \mathbf{GS}}$ Glutamin (Gln) (Glutamin)

(GDH … **G**lutamat**d**e**h**ydrogenase; GS … **G**lutamin**s**ynthetase)

Glutamin + α-Ketoglutamat $\xrightarrow{+\ 2<H>;\ \textbf{GOGAT}}$ 2 Glutamat

(GOGAT … **G**lutamin**o**xy**g**lutamat**a**mino**t**ransferase)

Anammox-Assimilation

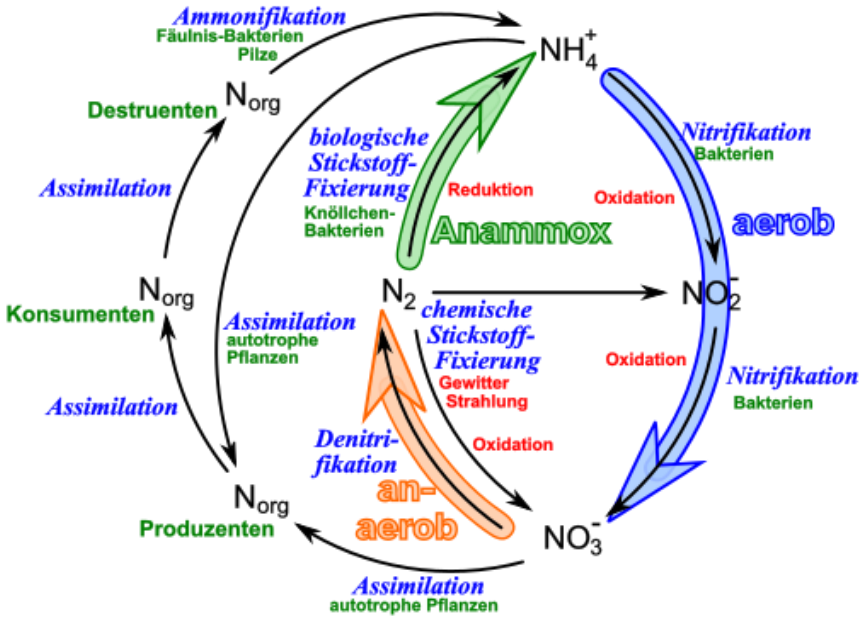
$\overset{-3}{NH_4^+} + \overset{+3}{NO_2^-} \longrightarrow \overset{\pm 0}{N_2} + H_2O$

Oxid. + Red.
(*Synproportionierung*)

Sukzession
???
u.U. folgen die verschiedenen Stickstoff-Nutzer in der Zeit hintereinander (auch räumliche Strukturierung möglich)

Baum-Art	Zersetzungs-dauer [a]	C : N-Verhältnis des Laubes
Schwarzerle	1,0	15 : 1
Esche	1,0	21 : 1
Ulme	1,0	28 : 1
Traubenkirsche	1,5	22 : 1
Hainbuche	1,5	23 : 1
Linde	2,0	37 : 1
Ahorn	2,0	52 : 1
Eiche	2,5	47 : 1
Birke	2,5	50 : 1
Zitterpappel	2,5	63 : 1
Fichte	3,0	48 : 1
Buche	3,0	51 : 1
Roteiche	3,0	53 : 1
Kiefer	3,0	66 : 1
Douglasie	3,0	77 : 1
Lärche	5,0	113 : 1

Zersetzungsdauer von Fall-Laub (nach SCHALLER (1962))



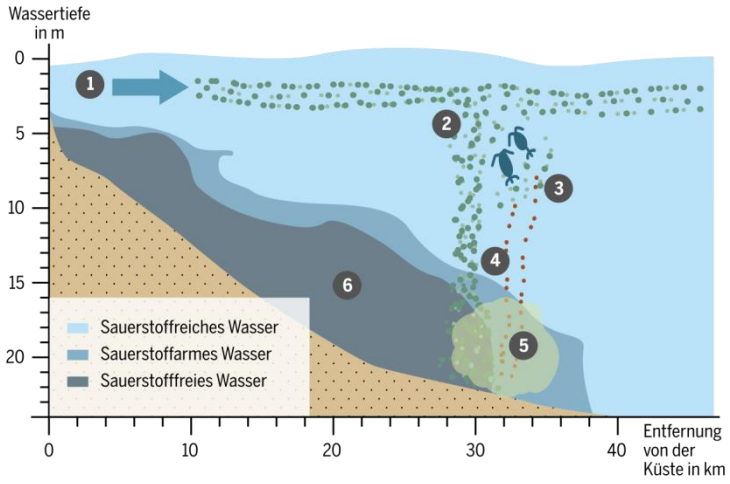
Radioaktiver Stickstoff (N-15; ^{15}N) wird gerne für die Verfolgung von Stoff-Flüssen benutzt dabei geht es vorrangig um die Proteine, da sie die kürzeren Verweilzeiten in den biologischen Systemen haben. Die zweite Stickstoff-haltige Stoffgruppe in Organismen sind die Nukleinsüren (RNS und DNS). Sie können mehr als Speicher verstanden werden.

Durch menschliche Aktivitäten kommt bio-verfügbarer Stickstoff auf zwei Wegen in die Ökosysteme. Der größte Anteil wird bei der Verbrennung fossiler Brennstoffe so nebenbei freigesetzt. Dabei handelt es sich vorrangig um Stickstoff-Oxide. Diese können sich gut in Wasser lösen und bilden dann verschiedene anorganische Stickstoff-Säuren. Diese beinflussen den pH-Wert aquatischer System nachhaltig.
Der zweite anthropogene Eintrags-Weg ist der über Düngemittel (Kunstdünger). Dabei sind vor allem die überschüssigen oder ausgewaschenen Dünger-Bestandteile das Problem. Sie gelangen in die nachfolgenden aquatischen Ökosysteme und stören hier die Gleichgewichte. Kommt mehr Stickstoff in die Ökosysteme, dann ist dieses zuersteinmal kein limitierender Faktor mehr. Man spricht auch von **Eutrophierung**.
Die Produktion des Ökosystem's wird gesteigert. Problematisch wird dann aber die Entsorgung der "überschüssigen" Biomasse durch die Destruenten. Sie benötigen zusätzlichen Sauerstoff, den die natürlichen Systeme aber nicht enthalten und auch nicht nachliefern können. Es kommt zu starken Sauerstoff-Mangel-Situationen (**Hypoxie**), die oft mit einem Absterben des Ökosystem's verbunden sind.
Es kann zur Bildung von **Tot-Zonen** (auch: Todes-Zonen) kommen. Dies sind Ökosysteme oder größere Bereiche, in denen kein Leben mehr möglich ist. Die Gleichgewichte sind aus dem Tritt gekommen und umgekippt. Eine Regeneration ist ein sehr langwieriger Prozess und starke Umwelt-Veränderungen. In der Ostsee sind das z.B. starke Salzwasser-Einbrüche nach langen Nordwest-Stürmen.
In umgekippten Süßwasser-Seen versucht man mit Sediment-Entfernung, Wasser-Austausch und / oder Tiefen-Belüftung die Tot-Bereiche wieder zu beleben.

Erläuterung zur Abbildung:

1 Nährstoffreiches Wasser strömt ein.
2 Algen wachsen unnatürlich stark und sterben wieder ab.
3 Zooplankton ernährt sich von den Algen.
4 Bakterien ernähren sich vom Kot des Zooplanktons und von den abgestorbenen Algen.
5 Bakterien verbrauchen den Sauerstoff im Wasser beim Abbau des Kots und der abgestorbenen Algen.
6 Sinkt der Sauerstoffgehalt des Wassers unter ein bestimmtes Niveau, fliehen die Meerestiere oder sterben.

Quelle: Meeresatlas 2017

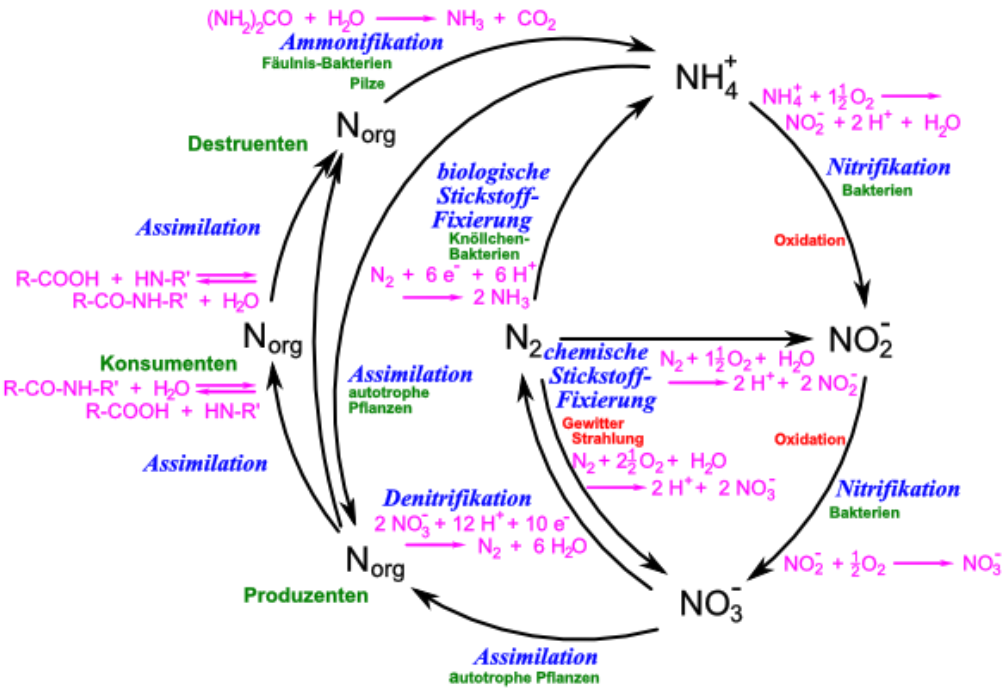


Ausbildung einer Tot-Zone
Q: de.wikipedia.org (Heinrich-Böll-Stiftung – Meeresatlas 2017 (https://www.boell.de/sites))

Definition(en): Tot-Zone / Todes-Zone
Eine Tot-Zone (Todes-Zone) ist ein Beeich innerhalb eines Ökosystem's, indem die typische, normalerweise dort vorkommende Flora und Fauna nicht mehr existieren kann. In den meisten Fällen sind essentiellen Faktoren stark verändert (z.B. Nährstoff, Giftstoffe) oder erschöpft (z.B. kein Sauerstoff mehr).

Definition(en): Verweilzeit
Die (durchschnittliche) Verweilzeit ist die Zeit-Dauer die ein Objekt normalerweise (durchschnittlich) braucht, um einen Bereich zu durchwandern.
Die Verweil-Zeit ist die (durchschnittliche) Dauer, die ein Objekt in einen Reservoir verbleibt.

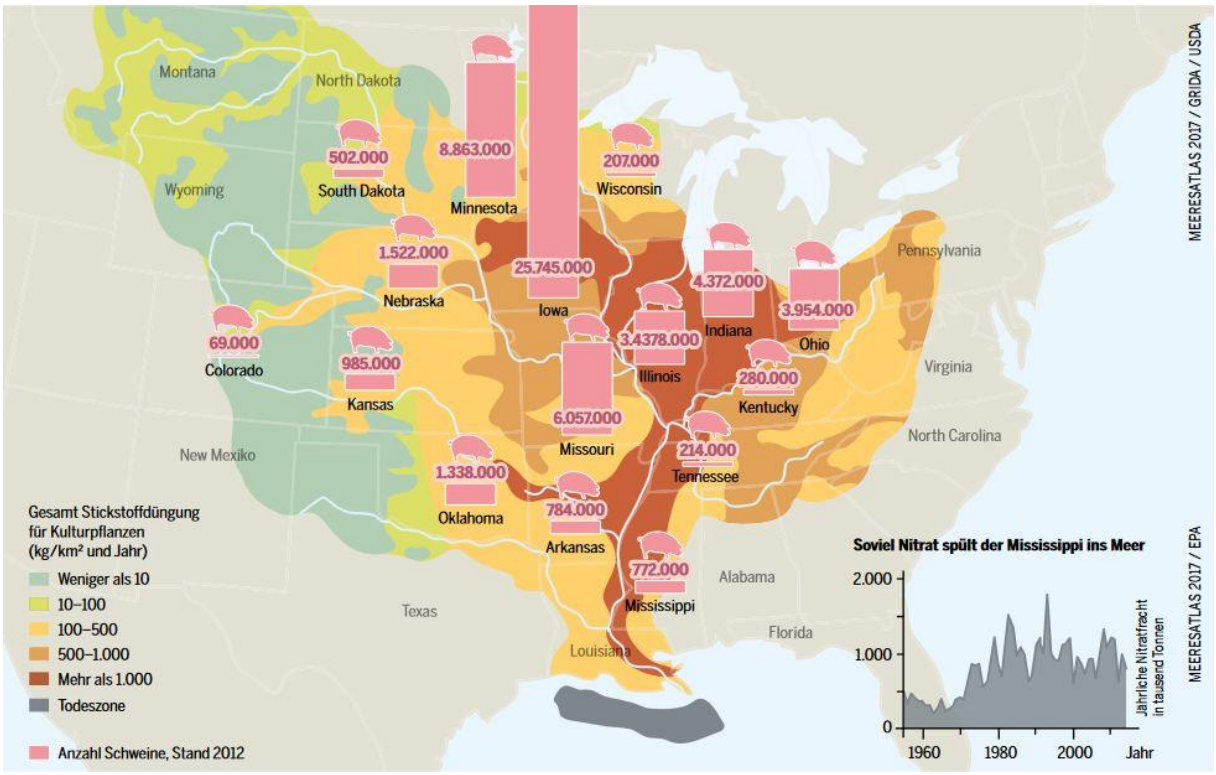
Stickstoff-Kreislauf mit Reaktions-Gleichungen



 (c,p) 2011-2025 lsp: dre

Aufgaben:

1. *Erläutern Sie den Stickstoff-Kreislauf! (Die chemischen Vorgänge (Gleichungen) brauchen Sie nicht unbedingt mit einzubeziehen.)*
2. *Skizzieren Sie sich einen Stickstoff-Kreislauf ab! Es reichen die Stoffe und deren Stoff-Wege! Ergänzen Sie dann die anthropogenen Einflüsse!*
3. *Bauern behaupten immer wieder, dass sie ohne die reichliche Stickstoff-Düngung nicht genug Erträge erzielen können. Zeigen Sie einem Bauern auf, welche Konsequenzen sein Tun langfristig auch auf ihn selbst haben wird!*
4. *Erklären Sie die Ausbildung der Todes-Zone im Golf von Mexiko!*



Q: de.wikipedia.org (Heinrich-Böll-Stiftung – Meeresatlas 2017)

5. *Recherchieren Sie, was die Darßer Schwelle mit den Todes-Zonen in der Ostsee zu tun hat!*
6. *In einem Sitka-Fichten-Wald in Wales (Großbritanien) wurden abgegrenzte Wald-Stücke wöchentlich mit Stickstoff-Dünger versorgt. Der Stickstoff war dabei radioaktiv (^{15}N). Die Beobachtung des Stickstoff's erfolgte dann über mehrere Jahre hinweg.*

	$NaNO_3$	NH_4NO_3
Menge ^{15}N [kg/ha*a]	35	35
Bäume	32 %	32 %
Humus-Schicht	17 %	45 %
Boden (25 cm tief)	16 %	0 %
Grundwasser	35 %	23 %

   Analysieren Sie die Beobachtungen!
   Stellen Sie eine Hypothese auf, wie sich die verschiedenen Stickstoff-haltigen Ionen im Boden verteilen!
7. *Geben Sie eine Empfehlung, welcher Stickstoff-Dünger ev. in der Landwirtschaft eingesetzt werden sollte!*

4.2.4. Phosphor-Kreislauf

P gehört zu den Mengen-Elementen, d.h. in den Organismen / Zellen muss es in mittleren Größen-Ordnungen aufgenommen werden
essentiell

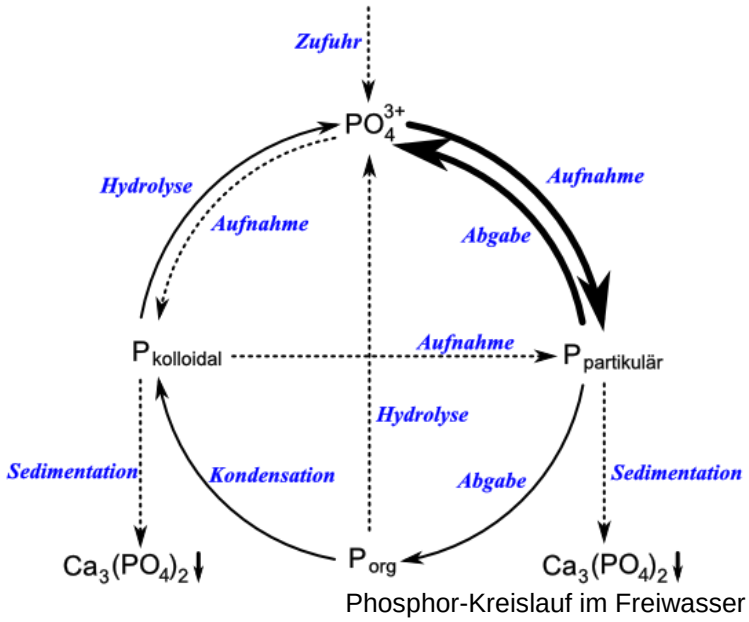
während C und N in der Natur scheinbar unbegrenzt vorkommen, besteht an P eine ständige Mangel-Situation
Menge auf der Erde begrenzt (→ begrenzt biologische Systeme)
auch als limitierender Faktor bezeichnet

in den Organismen / Zellen vorrangig als:

- gelöstes Phosphat (PO_4^{3-}) meist als Ph oder als eingekreistes P in biochemischen Übersichten
- ATP / ADP / AMP
- RNS / DNS (ebenfalls als Phosphat-Rest)
- Phospholipide (in Biomembranen)
- cAMP (cyclisches AMP als Signalstoff (z.B. für Energie-Mangel))
- zeitweilig fixiert in Knochen, Zähnen, …

Phosphat zirkuliert praktisch ständig in den Nahrungs-Ketten und mit den anderen Stoffkreisläufen
kaum chemische Veränderungen, nur immer wieder neuer Einbau bzw. Ausbau aus den organischen Substanzen

Wasser-Kreislauf von verwitterten Mineralien über die Flüsse in die Meere (Einschleusung)
Assimilation durch Bakterien, Plankton, Algen; Weitergabe an die Konsumenten; (teilweiser) Kurzschluss über die Abgabe von Exkrementen, Urin, totes organisches Material; Umsetzung durch Destruenten wieder in relativ gut verfügbares Phosphat (z.B. gelöst oder in Organismen gebunden)
ein Teil des Phosphates gelangt über die Vögel wieder an Land, dort als Guano (umgesetzter Vogel-Kot) abgelagert
teilweise Fixierung (Ausschleusung) über schwerlösliche Phosphate (Mangan- und Eisen-Komplexe)



Phosphor-Kreislauf im Freiwasser
geändert nach: /34, S. 42/

Dies passiert z.B. auch in eutrophierten Gewässern.
Die Verweilzeit von schwer-löslichen Phosphaten im Ozean schwankt zwischen 20'000 und 100'000 Jahren.

Land-Kreislauf geht z.B. vom gelösten oder mineralischen Phosphaten im Boden aus; Aufnahme durch Pflanzen; Weitergabe an Konsumenten; Rückführung über Destruenten (einschließlich des Kurzschlusses über absterbende Produzenten, Konsumenten und deren Ausscheidungen usw.)

Phosphorsäure ist eine Säure, die ausgesprochen stufig dissoziert:

H_3PO_4 ⇌ $H^+ + H_2PO_4^-$ ***1. Dissoziations-Stufe***
Phosphorsäure — Dihydrogenphosphat-Ion

$H_2PO_4^{2-}$ ⇌ $H^+ + HPO_4^{2-}$ ***2. Dissoziations-Stufe***
Dihydrogenphosphat-Ion — Hydrogenphosphat-Ion

HPO_4^- ⇌ $H^+ + PO_4^{3-}$ ***3. Dissoziations-Stufe***
Hydrogenphosphat-Ion — Phosphat-Ion

zusammengefasst ergibt das die klassische Dissoziations-Gleichung:

H_3PO_4 ⇌ $3\ H^+ + PO_4^{3-}$ ***Summen-Gleichung***

Praktisch ist es so, dass zuerst einmal nur die 1. Dissoziation stattfindet. Erst, wenn z.B. die Wasserstoff-Ionen (H^+) durch Hydroxid-Ionen (OH^-) neutralisiert wurden, dann findet die 2. Stufe statt. Für die 3. Stufe gilt das gleiche Prinzip. Verdünnungen haben ähnliche Wirkungen. Durch die Abstufung kommt es nun dazu, dass bei veränderlichen Zugaben (Säure oder Base) die Phosphorsäure eine ausgleichende / stabilisierende Wirkung auf den pH-Wert der Lösung hat. Man sagt, sie puffert die Fremdeinflüsse ab. Stoff-Gemische, die so etwas können, nennen wir (Säure-Base-)**Puffer**. Phosphat, Dihydrogenphosphat und Hydrogenphosphat bilden ein solches **pH-Puffer-System**. Man spricht hier konkret von einem (Hydrogen-)Phosphat-Puffer.

Fächer-übergreifende Aufgaben:

1. ***Zeigen Sie auf, wie man die 3 Stufen-Gleichungen zu einer Summen-Gleichung zusammenfasst!***
2. ***Kursteilnehmer, die auch Chemie belegen, formulieren die DissoziationsGleichungen nach BRØNSTED (also mit dem reagierenden Wasser)!***

anthropogener Einfluss durch verstärketen Eintrag von z.B. Guano oder mineralischen Phospahten als Dünger in die Kreisläufe
ausgeschiedenes oder ausgewaschenes Phosphat gelangt u.a. über das Grundwasser in die Meere
hier ist es dann so verdünnt, dass es praktisch nicht wieder künstlich zurückgewonnen werden kann
nur über die gesteigerte Produktivität (leichte Eutrophierung der Meere) und die langsame Akkumulation in den Nahrungs-Ketten gelangt es wieder zurück in die land-Ökosysteme

selbst in den internen Kreisläufen wird Phosphat immer nur gebunden oder abgespalten
in der Zelle gibt es nur relativ wenig Energie-Träger-Moleküle, wie z.B. ATP, sie werden bei Bedarf aufgebaut (Dissimilation und autotrophe Assimilation) und wieder abgebaut (Energie-verbrauchende Prozesse)
ATP usw. wird und kann nicht gespeichert werden; ständiges Fließ-Gleichgewicht; starke Kopplung zwischen Energie-liefernden (ATP-bildenden) und Energie-verbrauchenden (ATP-nutzenden) Vorgängen

Phosphor kommt auf der Erde sehr beschränkt vor
praktisch der begrenzende Faktor für viele andere Kreisläufe / Entwicklungen
→ Minimum-Gesetz

besonders dramatisch wird der P-Mangel in den nächsten Jahren auch dadurch, dass übermäßig gedüngt wird, der Überschuß an P wird in die tieferen Boden-Schichten gespült und steht nicht mehr zur Verfügung
P wird in Waschmitteln usw. ebenfalls teilweise aus den regulären Stoff-Kreislauf entzogen oder erst stark verzögert wieder verfügbar gemacht (schlechte biol. Abbaubarkeit einiger Tenside etc.)

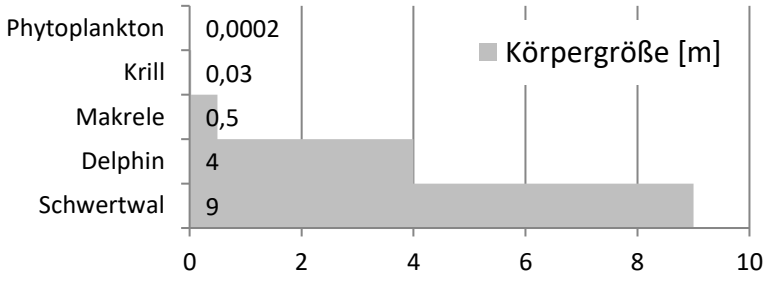
es wird damit gerechnet, dass die P-Quellen / -Reserven (Guano, …) in den nächsten Jahren / Jahrzehnten aufgebraucht sind und dann P auch für Menschen eine echte Mangelware wird ungünstige Prognosen gehen von einem ersten Mangel ab dem Jahr 2020 aus
Preise für Dünger mit P dürften deutlich steigen und damit für Entwicklungs-Nationen schwerer erreichbar sein
Verteuerung der Produkte

Recycling von organischem Material durch Kompostierung kann einen Großteil des Phosphor im Nutzungs-Bereich verbleiben lassen
weiterhin sparsame (optimale) und gezielte Düngung (Überschüsse müssen unbedingt verhindert werden!

nachhaltiger Umgang mit Phosphat-haltigen Stoffen
90 % der globalen Phosphor-Produktion wird für die Düngemittel-Produktion verbraucht
Rückgewinung von sedimentierten Phosphaten (Eisen(II)-phosphat ($Fe_3(PO_4)_2$)) od. aus Mineralen (Apatit = verschiedene Calcium-Salze mit Phosphat- und anderen Ionen) angestrebt

Aufgaben:

1. *Stellen Sie die Gleichungen für die Bildung von ATP aus AMP sowie dem Abbau von ATP zu AMP auf! Geben Sie auch immer an, ob es sich um endo- oder exotherme (endergone / exergone) Vorgänge handelt!*
2. *In der nebenstehenden Pyramide sind die Körpergrößen-Proportionen innerhalb einer Nahrungskette dargestellt. Erläutern Sie den Zusammenhang!*



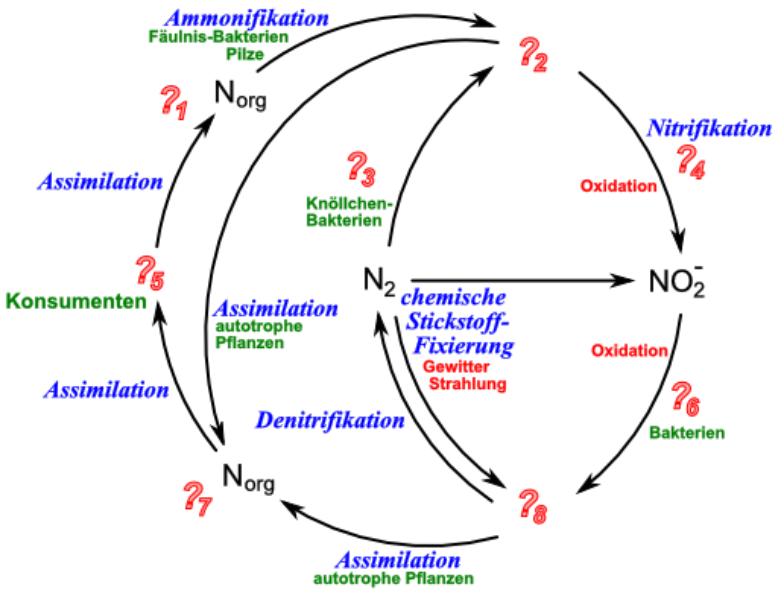
3. *Von verschiedenen Ökosystemen sind die nachfeolgenden Kenndaten bekannt bzw. berechnet worden.*

Ökosystem / Vegetations-Einheit	**Fläche [10^6 km^2]**	**Netto-Primär-Produktivität [g / m^2 a]**	**weltweite Netto-Primär-Produktion [10^9 t / a]**	**Speicherung an Phytomasse [kg / m^2]**	**weltweite Phytomasse [10^9 t]**	**jährliche Energie-Fixierung [10^{18} J]**
Flüsse und Seen	2,0	500	1,00	0,020	0,040	19,26
Sümpfe und Marschen	2,0	2.000	4,00	12,000	24,000	70,32
(sub-)tropische Regenwälder	17,0	2.200	37,40	45,000	765,000	583,53
Regen-grüne Monsunwälder	7,5	1.600	12,00	35,000	260,000	197,58
temperate Regenwälder	5,0	1.300	6,50	35,000	175,000	
Sommer-grüne Laubwälder	7,0	1.200	8,40	30,000	210,000	134,79
boreale Nadelwälder	12,0	800	9,60	20,000	240,000	120,56
Waldsteppen, Hartlaub-Gehölze	8,5	700	6,00	6,000	50,000	-
tropische Savannen	15,0	700	10,50	4,000	60,000	175,81
temperate Steppen	9,0	600	5,40	1,600	14,000	74,34
Halbwüsten, Dorngebüsche	18,0	90	1,60	0,700	13,000	22,60
extreme Wüsten, Gletscher	24,0	3	0,07	0,020	0,500	0,42
Wiesen d. gemäßigten Zone	9,0	500	4,70	1,500	14,000	
Tundra und Hochgebirge	8,0	140	1,10	0,600	5,000	20,09
Kulturland	14,0	650	9,10	1,000	14,000	158,23
offene Ozeane	332,0	125	41,50	0,003	1,000	833,85
Kontinental-Schelf	27,0	350	9,50	0,010	0,300	178,32
Watt	2,0	2.000	4,00	1,000	2,000	75,35
Zonen aufsteig. Tiefenwassers	0,4	500	0,20	0,020	0,008	4,15
Algenbestände, Riffe	0,6	2.500	1,60	2,000	1,200	-
Fluß-Mündungsgebiete	0,4	1.500	2,10	1,000	1,400	-
Kontinente, total	**149,0**	**773**	**115,00**	**12,300**	**1.837,0**	
Ozeane, total	**361,0**	**152**	**55,00**	**0,010**	**3,9**	
Biosphäre, total	**510,0**	**333**	**170,00**	**3,600**	**1.841,0**	

Q: /37, S. 228 (aus Lexikon der Biologie Bd. 10; nach LIETH/STEGEMANN in KUTTLER), 35, S. 117/

   a) *Übernehmen Sie die Daten in ein Tabellenkalkulations-Programm (z.B. microsoft-EXCEL, openoffice- bzw. libreoffice-CALC)!*
   b) *Gruppieren Sie die vergleichbaren Ökosysteme und ordnen Sie diese innerhalb der Gruppe nach einem weiteren Kriterium (z.B. Nord-Süd-Reihenfolge)!*
   c) *Stellen Sie die Fläche und die weltweite Nettoprimär-Produktion sowie die Fläche und die Phytomasse in Säulen-Diagrammen dar! (Ev. benutzen Sie einzelne Diagramme für die Gruppen!)*
   d) *Interpretieren Sie die Diagramme!*

4. *Ergänzen Sie die mit Fragezeichen gekennzeichneten Fehlstellen! Gleichen Sie im Kurs oder mit dem Partner das Schema ab!*
5. *Erläutern Sie den Stickstoff-Kreislauf anhand des fertigen Schema's!*
6. *Von zwei Nahrungs-Beziehungen sind diverse Informationen gesammelt worden.*



Land-Ökosystem

Organismen-Art	Lebensraum [ha]	durchschnitliche Nachkommenzahl [1 / a 10^5 ha]	
Feldmaus	0,000.5 – 0,001	75.000.000 – 120.000.000	
Maulwurf	0,005 – 0,01	15.000.000 – 18.000.000	
Kaninchen	0,1 – 2,0	120.000 – 430.000	
Mauswiesel	4 – 6	12.000 – 17.000	
Hermelin	8 – 12	5.000 – 8.500	
Rebhuhn	30	4.800 – 12.000	
Feldhase	15 – 30	3.600 – 10.000	
Mäusebussard	100 – 800	60 – 90	
Fuchs	700 – 1.500	40 – 100	
Uhu	6.000 – 8.000	4 – 6	
Steinadler	8.000 – 14.000	1 – 2	

Q: /37, S. 245 (nach KLÖTLI 1993)/

Gewässer-Ökosystem

Organismen-Art	Lebensraum [ha]	durchschnitliche Nachkommenzahl [1 / a 10^5 ha]	
Wanderratte	0,001 – 0,005	70.000.000 – 120.000.000	
Stockente	10 – 30	11.000 – 16.000	
Knäkente	30 – 50	1.800 – 3.300	
Bläßhuhn	30	2.400 – 3.600	
Graureiher	10	3.800 – 6.200	
Haubentaucher	40 – 70	600 – 800	
Rohrweihe	1.000 – 2.000	18 – 30	
Fischotter	5.000 – 7.000	4 – 8	
Seeadler	6.000 – 12.000	1 – 2	

Q: /37, S. 245 (nach KLÖTLI 1993)/

a) Setzen Sie sich mit der folgenden These auseiunander!

Je höher das Tier in der Nahrungskette steht, umso größer ist sein benötigter Lebensraum, und umso weniger Nachkommen kann es in diesem großziehen.

b) Stellen Sie die passenden Nahrungs-Ketten zusammen und notieren Sie sich darin die zugehörigen Tabellen-Daten!

c) Interpretieren Sie die zu den Nahrungsketten passenden Daten!

4.2.5. Schwefel-Kreislauf

Schwefel scheint auf den ersten Blick ein nicht so wichtiges Element in biologischen Systemen zu sein. Das ist aber ein gewaltiger Irrtum. Schwefel gehört zu den 5 wichtigsten Elementen in Organismen (Eselsbrücke: das Wörtchen: **SCHON**).
Schwefel steckt vorrangig in Proteien. Dort stabilisiert es über die sogenannten Disulfid-Brücken (Schwefel-Brücken) die Tertiär-Strukturen der Eiweiße (🕮 **Cytologie; 🕮 organische Chemie**).
Aber auch als anorganische Stoffe sind Schwefel-Verbindungen für Organismen sehr wichtig. Die Schwefel-Verbindungen sind z.B. Nährstoffe für chemosynthetisch aktive Mikro-Organismen (H_2S, SO_3^{2-}, SO_4^{2-}) oder aber auch als Gift für höhere Organismen (H_2S). In wässrigen Lösungen zeigen die Schwefel-Verbindungen eher saure pH-Werte. Somit können sie auch als Umweltfaktor eine Rolle spielen.
Ähnlich wie beim Cohlenstoff können wir beim Schwefel auch anorganische Beziehungen und einen organischen Kreislauf unterscheiden.
Elementarer Schwefel kann von Organismen praktisch nicht genutzt werden. Bei Verbrennungen bildet sich aber Schwefeldioxid, das sich gut in Wasser löst und hier die schweflige Säure (H_2SO_3) bildet. Gerade auch bei Vulkan-Ausbrüchen entsteht viel natürliches Schwefeldioxid.
In der höheren Atmosphäre kann Schwefeldioxid mit Ozon zu Schwefeltrioxid reagieren. Dieses löst sich ebenfalls sehr gut in Wasser und bildet dort die weitaus aggressivere Schwefelsäure (H_2SO_4). Das in Lösung vorliegende Sulfat-Ion (SO_4^{2-}) bildet z.B. mit Calcium-Ionen das schwerlösliche Calciumsulfat (Gips; $CaSO_4$). Über diesen Stoff sind dann z.B. auch der Schwefel- und der Kalk-Kreislauf miteinander verbunden. Die im Gips ausgefällten Calcium-Ionen stehen für Organismen nicht mehr zur Verfügung. Kalk-Bildungen, wie z.B. Muschel-Schalen oder Korallen-Stöcke, werden so behindert.
Viel Schwefel kommt in Form gelöster Ionen durch die Gesteins-Verwitterung wieder zurück in die belebte Natur.
Ein Teil des Schwefel's wird in elementarer Form durch marine Sedimentation langfristig aus den Kreisläufen entzogen.
Bei der Verbrennung von fossilen Brennstoffen wird der enthaltene Schwefel (bis rund 3%) als Schwefeldioxid frei. Seit vielen Jahren ist zwar eine Entschweflung der Abgase vorgeschrieben, die greift aber nur bei großen Anlagen.

Aufgaben:

1. *Wiederholen Sie Säure-Bildung aus Nichtmetalloxid und Wasser!*
2. *Woher stammt eigentlich der elementare Schwefel, der marin sedimentiert wird?*
3. *Stellen Sie ein Fluß-Diagramm zu den aufgezeigten anorganischen Vorgängen rund um den Schwefel auf!*
4. *Ergänzen Sie Ihr Schema nun um wichtige chemosynthetische Vorgänge!*
5. *Bringen Sie nun in Ihr Schema die Vorgänge ein, die den Weg des Schwefel's in Organismen beschreiben!*
6. *Vervollständigen Sie Ihr Schema nun noch um anthropogene Effekte!*
7. *Stellen Sie Ihr Schema im Plenum vor und diskutieren Sie verschiedene Vorschläge!*

Definition(en): Erosion
Erosion ist die Zerstörung und der Abtrag / die Abtragung von Gesteinen und Boden durch Niederschläge, Temperatur-Unterschiede, fließendes Wasser, Eis, Wellenschlag, chemische und biochemische Vorgänge.

Definition(en): Emission
Emission ist die Abgabe von Stoffen (auch Rauch, Gase, Gerüche, Abwässer), Licht, Wärme, Geräusche und Strahlung an die Umwelt.

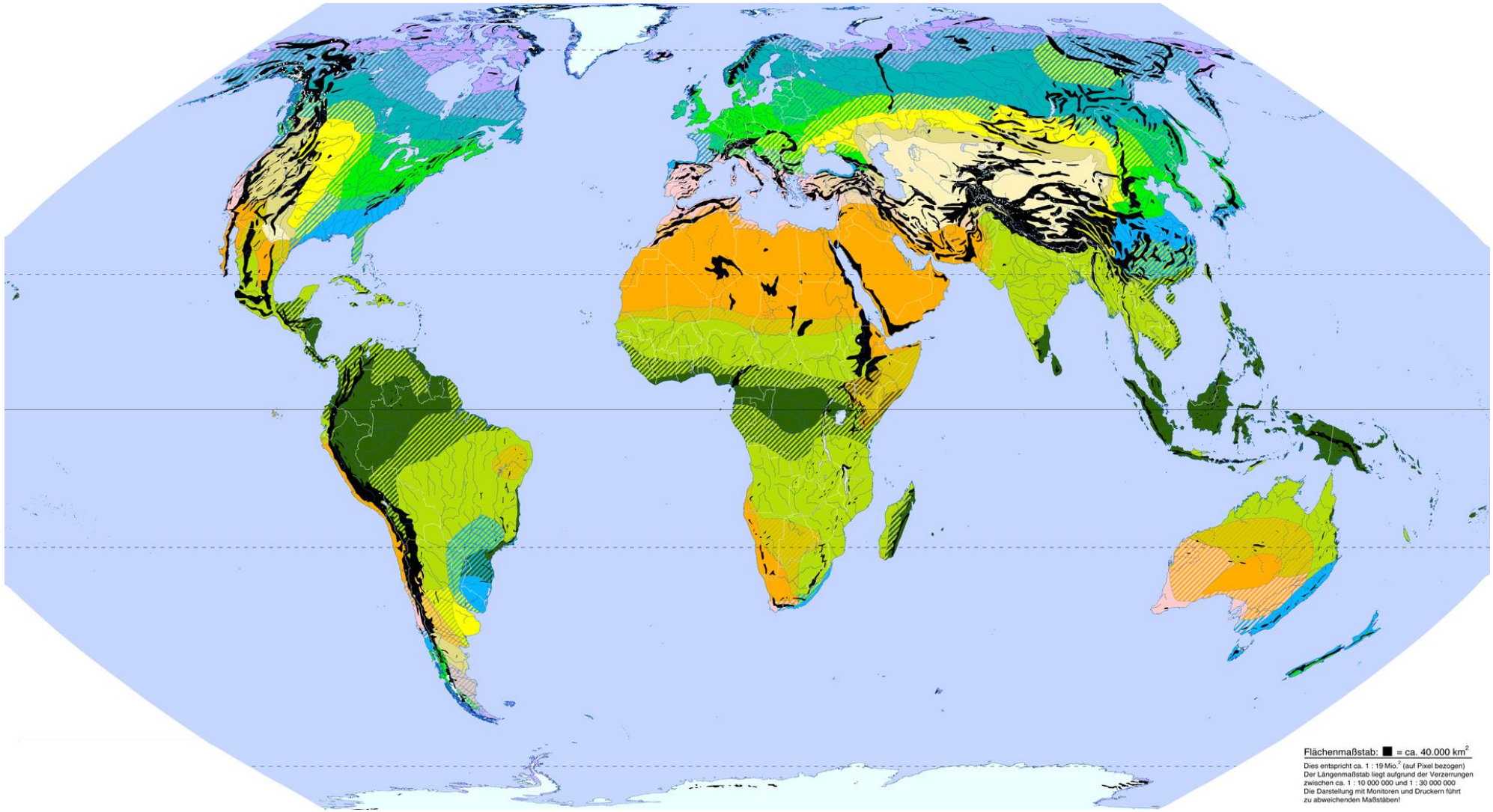
4.3. Klassifikation von Ökosystemen

Einordnung

- **Biosphäre**
- **Ökoregion / Biom**
- **Ökotop**
- **Biotop**

Legende zur Abb. auf der nächsten Seite:

I – *Zonobiom der tropischen Regenwaldgebiete*		ca. 9 %	
II – *Zonobiom der tropisch-subtropischen Regenzeitenwälder und Savannen*		ca. 20 %	
III – *Zonobiom der heißen Halbwüsten und Wüsten*		ca. 13 %	
IV – *Mediterranes Zonobiom* (Warmtemperate, dürre- und episodisch frostbelastete Gebiete mit Hartlaubwäldern)		ca. 2 %	
V – *Lorbeerwald-Zonobiom* (Warmtemperate, regenreiche, episodisch frostbelastete Gebiete mit immergrünen Wäldern)		ca. 3 %	
VI – *Nemorales Zonobiom* (Winterkalte Gebiete mit sommergrünen Wäldern)		ca. 5 %	
VII a) – *Winterkaltes Vollwüsten-Zonobiom*			(4 %)
VII b) – *Winterkaltes Halbwüsten-Zonobiom*	VII =	ca. 12 %	(3 %)
VII c) – *Winterkaltes Steppen-Zonobiom*			(5 %)
VIII – *Boreales Zonobiom* (Winterkalte Nadelwaldgebiete)		ca. 10 %	
IX – *Polares Zonobiom* (Tundren und polare Wüsten)		ca. 10 %	
Eisschilde und Gletscher		ca. 5 %	
Gebirgszüge (Orobiome)		ca. 11 %	



Zonobiome

Q: de.wikipedia.org (Ökologix)

(c,p) 2011 – 2025 lern-soft-projekt: drews

Biom-Typen nach WHITTAKER (1976) beschreiben Systeme, die klassisch als Ökosysteme gefasst werden
eigentlich beschreibt das Biom nur die Gesamtheit aller Lebewesen in einem Biotop (Lebensraum) / die vorherrschende Lebensgemeinschaft eines Biotops

Biom-Typ-Nr.	(engl.) Bezeichnung (WHITTAKER)	deutsche Bezeichnung		Bild / Symbol
1	tropical rain forests	tropischer Regenwald		
2	tropical seasonals forests (deciduous / semideciduous)			
3	temporate giant rainforests			
4	other temporate rainforests			
5	temporate deciduous rainforests			
6	temporate evergreen rainforests			
7	subartictic-subalpin needle-leaved forests			
8	elfin woodlands			
9	thorn forests and woodlands			
10	thorn scrub			
11	temporate woodlands			
12	temporate shrublands			
13	savannas	Savannen		
14	temporate grasslands			
15	alpine grasslands	Alpenwiesen		
16	tundras	Tundra		
17	tropical and subtropical deserts	tropische und subtropische Wüsten		
18	warm-temperate deserts			
19	cool- temperate deserts			
20	arctic-alpine deserts	Eis-Wüsten		
21	cool-temperate sphagnum bog			
22	tropical fresh-water swamp forests			
23	temporate fresh-water swamp forests			
24	mangrove swamps	Mangroven		
25	saltmarshes	Salzmarschen		

klassische Einteilung in: terrestrische und aquatische Ökosysteme

relativ häufig werden die großenräumigen (klassischen) Ökosysteme von kleinräumigen Ökosystemen (Mikro-Ökosysteme) unterschieden
typisches großräumiges Ökosystem ist z.B. der Wald od. Ozean
relativ gut abgrenzbares und hochkomplexes Ökosystem mit vielen typischen Strukturen, Abläufen usw.
stark eigenständig
ein einzelner Baum stellt für viele Organismen einen – in sich relativ abgeschlossenen – klar begrenzten und ebenfalls hoch komplexen Lebensraum dar
stark strukturiert (räumlich und zeitlich) → praktisch ein kleines Ökosystem (→ Mikro-Ökosystem)

(c,p) 2011 – 2025 lern-soft-projekt: drews

Einteilung der terrestrischen Ökosysteme nach vorherrschenden Pflanzen-Typus:

- Wald
- Steppe
- Heide
- Wüste
- Felder
- Hecken
- …

aquaische Ökosysteme werden nach der Wasserart und dann nach Größe oder Fließverhalten unterteilt

- marine Ökosystem
  - Ozeane
  - Meere
  - Brackwasser
  - Küsten
  - …
- limnische Ökosysteme:
  - stehend:
    - (Meere)
    - Seen
    - Teiche
    - Weiher
    - …
  - fließend:
    - Quelle
    - Bach
    - Fluß
    - Strom
    - Kanal
    - …

manchmal betont, aber in der ökologischen Konsequenz eher unbedeutend, ist die Einteilung in natürliche und künstliche Ökosysteme
typische natürliche Ökosysteme sind

- Ozeane
- Urwälder
- Polarwüsten
- Sandwüsten
- …

mehr oder weniger stark vom Menschen beeinflusst oder gar vollständig von ihm aufgebaut:

- Weiden
- Forste
- Acker
- Kanäle
- Städte
- …

z.T. völlig neuartige Strukturierungen
neuartige Zusammenstellung von Arten in neuartigen Beziehungssystemen
neue Lebensräume

aus vorrangig ökologischer Sicht unterscheidet man euriöke und stenöke Ökosysteme

euriöke Systeme sind durch hohen Arten-Zahlen und zumeist sehr geringe Individuen-Zahlen gekennzeichnet, man spricht auch von hoher biologischer Vielfalt (hohe Biodiversität)

typische euriöke Systeme sind:
- Urwälder
- Ozeane
- Hecken
- …

als Gegenpol finden wir Ökosysteme mit einer geringen biologischen Vielfalt (geringe Biodiversität), bei denen die Arten-Zahlen ausgesprochen klein sind, dafür aber sehr große Individuen-Zahlen zu beobachten sind

zu den eher stenöken Systemen gehören:
- subpolare Meere
- Steppen
- …

andere Kombinationen von Arten-Zahl und Individuen-Zahl eher selten:
geringe Arten-Zahl und geringe Individuen-Zahl:
- Wüsten
- Polar-Gebiete
- …

Ökosysteme mit hoher Arten-Zahl und zugleich hoher Individuen-Zahl nicht bekannt
instabil, weil Kapazitäts-Grenzen fast überall überschritten oder ausgelastet sind
ev. in urbanisierten Ökosystemen (? wenn es denn solche sind) bzw. Neuerschließungen von Lebensräumen in Grenzgebieten von mehreren anderen – zusammentreffenden (stabilen) – Ökosystemen

Definition(en): Biodiversität
Biodiversität beschreibt die Vielfalt der Arten in einem Ökosystem.
Die Biodiversität beschreibt die Anzahl von Arten sowie die Anzahl von Organismen-Gruppen (Arten von Arten).
Biodiversität beschreibt die Arten-Vielfalt sowie die genetische Vielfalt der Arten und Organismen-Gruppen in einem bestimmten Ökosystem.
Biodiversität (von engl. biological diversity) ist ein Maß für die Vielfalt der Organismen / Arten / Ökosysteme in einem bestimmten Lebensraum / Ökosystem / Bereich.
Unter Biodiversität vesteht man die biologische Vielfalt eines Systems.
Biodiversität beschreibt das Spektrum des Lebens in einem Lebensraum.

1986 von W. G. ROSEN eingeführt
international schnell verbreitet und akzeptiert, 1992 auf der Umweltkonferenz in Rio de Janeiro dominierender Begriff

Definition(en): euriökes Ökosystem
Euriöke Ökosysteme sind Arten-reiche, Individuen-arme Ökosystem mit stark vernetzen (weichen, flexiblen) Gefügen.

Definition(en): stenökes Ökosystem
Stenöke Ökosysteme sind Arten-arme, Individuen-reiche Ökosysteme mit wenig vernetzten (aber starken) Gefügen. Sie sind zumeist durch extreme Umwelt-Bedingungen geprägt.

Einteilung nach dem Nährstoff-Reichtum

Biomasse-Produktion als Kriterium
eutrophe Systeme produzieren sehr viel Biomasse auf den Raum bzw. die Fläche betrachtet
oligotrophe Systeme produzieren kaum, sehr wenig oder gar keine Biomasse
meist recht ähnliche Zuordnung im System der euriöken und stenöken Systeme
praktisch häufiger mehr im direkten Vergleich von ähnlichen Ökosystem benutzt
im Vergleich gleichartiger Ökosysteme sind oligotrophe Systeme meist typischer und stabiler

eutrophe Ökosysteme
- Urwälder
- Konvektionszonen der Ozeane (Ozeanauftrieb)
- …

oligotrophe Ökosystem
- Wüsten
- …

Definition(en): eutrophes Ökosystem
Ein eutrophes Ökosystem ist ein Ökosystem, bei dem sehr großen Mengen an Biomasse (durch erhöhten Nährstoff-Eintrag meist im Überschuß) produziert wird.

Definition(en): oligotrophes Ökosystem
Ein oligotrophes Ökosystem ist ein Ökosystem, bei dem nur wenig Biomasse produziert wird.

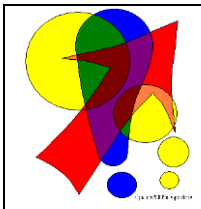
4.4. ausgewählte Ökosysteme

Problem-Fragen für Selbstorganisiertes Lernen
Welche Faktoren charakterisieren ein Ökosystem? Wie lässt sich das Ökosystem intern einteilen / klassifizieren / …? Welche zeitlichen und räumlichen Gliederungen / Struktorierungen sind vorhanden? Welche speziellen Begriffe / Begriffs-Systeme existieren im Zusammenhang mit dem Ökosystem? Wie sind die Begriffe definiert / abgegrenzt? Welchen anderen Begriffen entsprechen sie ev.? Wie haben sich Pflanzen und Tiere an die speziellen Bedingungen angepasst? Welche Pflanzen- und Tier-Arten bzw. –Gruppen kommen im Ökosystem besonders häufig vor / sind charakteristisch für das Ökosystem? Welche (speziellen / konkreten) Nahrungs-Beziehungen (Ketten / Netze) und Stoff-Kreisläufe sind vorhanden? Welche anthropogenen Einflüsse beobachten wir in jüngster Zeit (letzte 50 – 100 (- 250) Jahren? Welche Wirkungen / Zerstörungen sind zu beobachten / zu erwarten?

In der Ökologie werden terrestische und aquatische Ökosysteme unterschieden.
Zu den aquatischen Ökosystemen (→ 4.4.1. aquatische Ökosysteme) gehören die Salzwasser-und die Süßwasser-Systeme.
Die terrestischen Ökosysteme (→ 4.4.2. terrestrische Ökosysteme – Land-Ökosysteme) umfassen alle auf dem Land befindlichen Systeme. Diese können auch kleine aquatische Ökosysteme enthalten.

Aufgaben:

1. *Wählen Sie sich in Absprache mit dem Kursleiter und der anderen Kursteilnehmern ein Ökosystem aus!*
2. *Erstellen Sie sich eine Material-Sammlung zu dem Ökosystem! Die Papier-Literatur und die genutzten Internet-Quellen sollten den gleichen Anteil ausmachen! Die bearbeiten Quellen und Bücher etc. sind vorschriftsmäßig zu dokumentieren!*
3. *Vereinbaren Sie ev. innerhalb des Kurses ein grobes Raster / die Haupt- bzw. Gliederungs-Punkte für die Dokumentation / Vorstellung der Ökosysteme! (Ausnahmen und Spezialitäten sollten natürlich immer möglich sein!)*
4. *Stellen Sie als Ergebnis der selbstständigen Arbeit eine Dokumentation / Vorstellung des Ökosystems vor (Als Formen sind denkbar: Ausformulierte Dokumentation (quasi ein Kapitel dieses Scriptes; ausführliches Handout mit ausführlichen Stichpunkten; eine Website / ein Hypertext-System (Wert wird auf die inhaltliche Gestaltung gelegt!) / ein oder (besser) mehrere Video-Vorträge (a' la "youtube"). Weitere Formen in Absprache mit dem Kursleiter möglich!)*
5. *Bereiten Sie eine Vorstellung Ihres Ökosystems in einem 30 bis 45 min langen (Schüler-)Vortrag vor! (Der Vortrag muss auch gehalten werden!)*

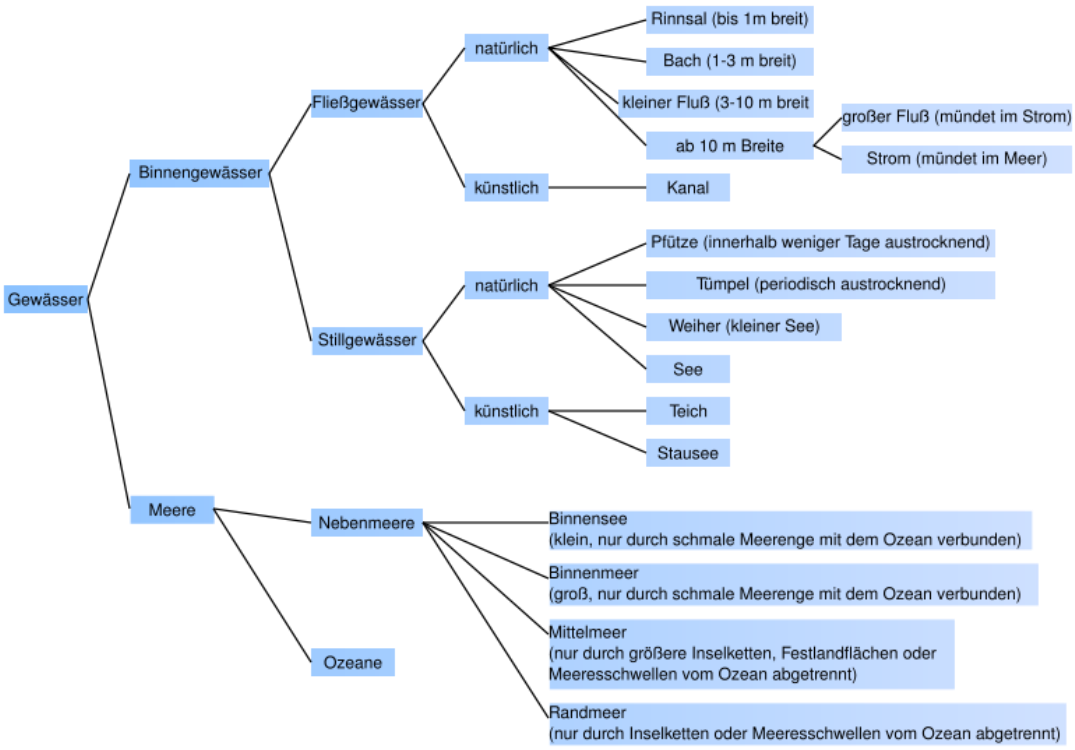


Bemerkungen zur Vollständigkeit dieses Skriptes / bzw. zu ev. nachfolgend fehlenden Seiten:

Aus methodischen Gründen kann es sein, dass das Ihnen vorliegende Skript ab hier sehr unvollständig ist. Mit anderen Worten, es fehlen die nächsten Kapitel. Das ist dann wahrscheinlich Absicht. Sie sollen nicht das Ökosystem aus meiner Sicht – eben dem Skript - umsetzen, sondern sich das System aus einer Vielzahl von Quellen selbst erschließen!

4.4.1. aquatische Ökosysteme

Aquatische Ökosysteme beinhalten sowohl Salzwasser- als auch Süßwasser-Ökosysteme. Die aquatischen sind immer von terrestischen Systemen begrenzt. Die Grenzen können sehr scharf sein – z.B. Felsen-Küsten – aber auch recht breit. Ein Beispiel für ein breites – kontinuierlich übergehendes Grenzgebiet kann das Wattenmeer verstanden werden. Je nach Betrachtung wird das Watt auch als eigenständiges Ökosystem betrachtet.
Im Vergleich zu terrestischen Ökosystemen ist Wasser praktisch nie ein begrenzender Faktor. Der evolutionäre Übergang vom Wasser- zum Landleben (s.a. 🕮 **Evolution**) hat aber an die Organismen viele neue morphologische, anatomische und physiologische Anforderungen gestellt.
Besonders bei den Süßwasser-Systemen unterscheiden wir stehende und fließende Gewässer. Bei den stehenden und den Meeres-Systeme lassen sich ähnliche Schichten definieren, die aber unterschiedliche Mächtigkeiten besitzen.
Die Systeme werden von den Umweltfaktoren Licht, Temperatur, Dichte und dem Salz- bzw. Nährstoff-Gehalt dominiert.
Korallen-Riffe, Fluß-Mündungen, Mangroven, Binnenmeere (z.B. die Ostsee (→ Ökosystem: Ostsee) und die Tiefsee sind Salzwasser-Ökosysteme, die durch viele spezielle Faktoren charakterisiert sind. In ihnen finden wir eine große Biodiversität.
Feuchtgebiete, wie Feuchtwiesen und Moore sind Grenzfälle zwischen auqutischen und terrestischen Ökosystemen. Oft wandelt sich der dominierende Teil im Laufe der Existenz (→ 4.5. Veränderung von Ökosystemen).
Aquatische Ökosysteme werden gerne als Muster-Beispiele für Ökosysteme genutzt, da sie sich scheinbar sauber abgrenzen lassen (Ufer, Strand, …). Praktisch ist das mehr ein psychischer Effekt beim Betrachter als eine wirkliche ökologische Begrenzung.



Einteilungs-Möglichkeit der Gewässer
Q: de.wikipedia.org (Brackenheim + Ladyt)

Ökosystem: Süßwasser-See

Allgemeines

eigentlich gehören Seen zu den global weniger bedeutsamen Ökosystemen, sie machen gerade 1,8 % der Erdoberfläche aus, darin sind schon die Flüsse mit eingerechnet

aber für uns eher größere Bedeutung, da sie in Deutschland recht häufig beobachtbar sind und zum anderen auch schön abgrenzbar sind
dadurch ist eine bessere systemische Betrachtung möglich
scheinbar sauber abgegrenztes Ökosystem, beim genauen Hinsehen ist diese Abgrenzung eher schwammig
gehören zu den limnischen Ökosystemen (Süßwasser-Ökosysteme)
Still-Gewässer, stehende Gewässer

in vielen Lehrplänen ein gefordertes Ökosystem
wir beziehen uns hier auch vornehmlich auf die Seen in Mitteleuropa bzw. betrachten die allgemeingültigen Fakten und Zusammenhänge

-Arten / -Typen

- (klassischer) See
- Weiher
- Tümpel
- Pfütze
- Soll
- Teich
- Stausee

sachlich unterscheiden sich die obengenannten "Seen" in vielen Aspekten (z.B. Tiefe, Natürlichkeit, Existenz-Dauer, …), trotzdem sind sie in vielen Punkten doch recht ähnlich

unser "Standard"-See ist ungefähr 20 m tief mit einer Fläche von mindestenz 200 m^2
typisch sind eher 500 bis 1'000 m^2 für kleinere Seen
große Seen sind z.B. die Müritz (113 km^2), der Schweriner See (62 km^2) oder der in Deutschland größte See – der Bodensee (536 km^2)

in limnologischen Definitionen werden Seen mit einer Mindest-Tiefe von 10 m und einem fehlenden direkten Abfluss in ein Meer charakterisiert
Zu- und Abfluss ist im Verhältnis zum See-Wasser-Volumen sehr gering
Seen mit einer Tiefe von 2 bis 10 m werden auch als Flachseen bezeichnet

klassische Weiher sind bis 2 m tief und führen dauerhaft Wasser

bei Tümpeln ist die Tiefe meist deutlich geringer und sie trocknen regelmäßig aus

Pfützen existieren nur wenige Tage und sind nur wenige Zentimeter tief

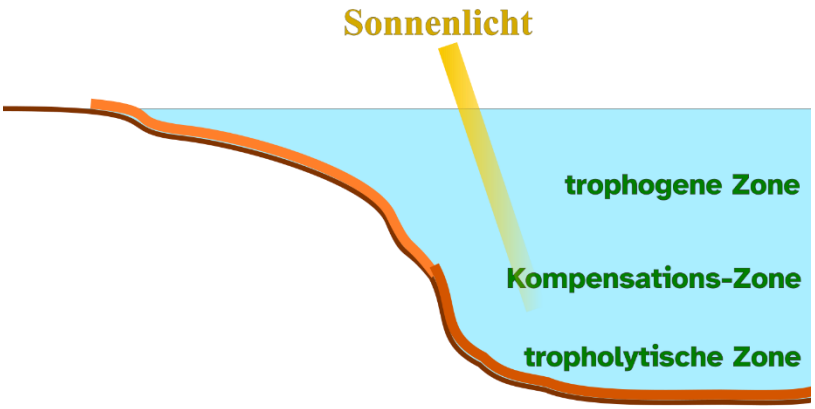
Sölle haben einen glazialen Ursprung und meist nur bis 1 m tief
oft kreisrund mitten auf Feldern liegend
sind mit Grundwasser verbunden und können deshalb schlecht von Feldern beseitigt werden
→ es bleiben Feucht- / Nass-Zonen, die keine Wachstums-Bedingungen für die klassischen Feld-Früchte bieten

ein Teich ist ein künstlich angelegtes Still-Gewässer
meist zur Fisch-Zucht genutzt

Stauseen dienen vornehmlich der Regulation der Flüsse und der Trinkwasser- und Industrie-brauchwasser-Versorgung

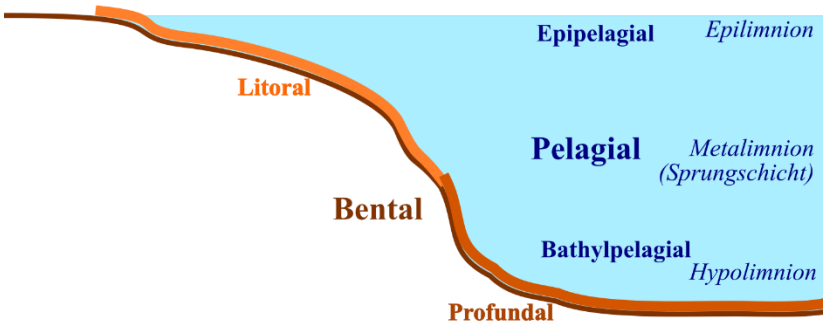
-Regionen / Bereiche / Zonierung

in der trophogenen Zone kommt genug Licht an, um Photosynthese zu betreiben



die Kompensations-Zone ist durch gleichgroße Photosynthese und Atmung gekennzeichnet
Kompensations-Ebene = ist der Bereich, in dem die eigene Primär-Produktion vom der eigenen Heterotrophie aufgebraucht wird

unterhalb der Kompensations-Zone dominiert die Atmung bzw. bei Sauerstoff-Mangel auch die Gärung

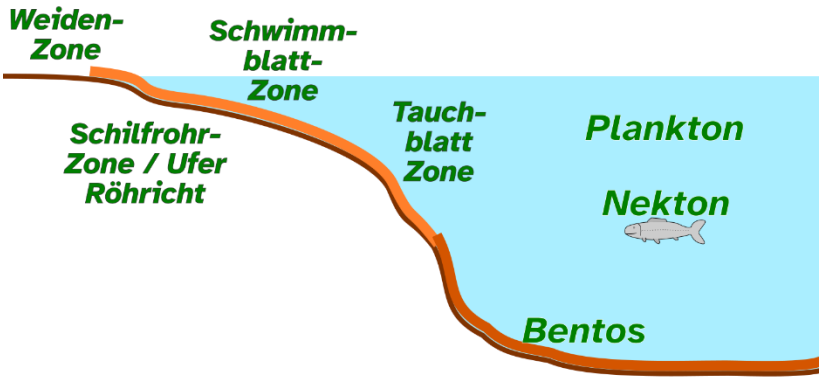


Bathypelagial = tiefe Freiwasser-Zone, in der keine photoautotrophen Organismen mehr leben
Benthal = gesamter Gewässer-Grund aus Litoral und Profundal
Epilimnion = Oberflächen-Wasser (unterscheidet sich durch seine Temperatur (und weitere abiotische Faktoren) von den darunterliegenden Wasser-Schichten
Epipelagial = Freiwasser-Zone, in der genügend Licht für das Leben autotropher Organismen vorhanden ist
Hypolimnion = Tiefenwasser, das in (tieferen) Seen fast immer eine Temperatur von 4 °C besitzt
Litoral = Gewässergrund des Uferbereiches, in dem photoautotrophe Organismen gedeihen
Metalimnion = zwischen Epilimnion und Hypolimnion liegende Region (Temperatur-Sprung-Zone)
Profundal = Gewässergrund des Tiefwassers, der frei vom Pflanzen-Wachstum ist

Sediment = Ablagerung von Schweb-Teilchen in Schichten (auf dem Grund)

Plankton = das Schwebende / das Getriebene
Nano-Plankton = sehr / mikroskopisch kleines Plankton (vor allem Einzeller (Algen, Bakterien, Ei-Zellen, …), aber auch totes (klein-formatiges) Material

submerse Pflanzen = Wasser-Pflanzen, leben untergetaucht



das Ökosystem charakteresierende abiotische Umweltfaktoren

hydrostatischer Druck = Wasser-Druck, durch die darüberliegende Wasser-Säule in (tieferen) Gewässern; an der Oberfläche 1 atm (= 101,325 kPa) pro 10 m Tiefe kommt jeweils 1 atm dazu

interstitieller Uferwasser-Bereich = Zone, in der das Grundwasser bis an die Oberfläche reicht (Interstitien sind die Zwischenräume zwischen den Boden-Teilchen)

typische Faktoren zur Charakterisierung der Gewässer-Güte:

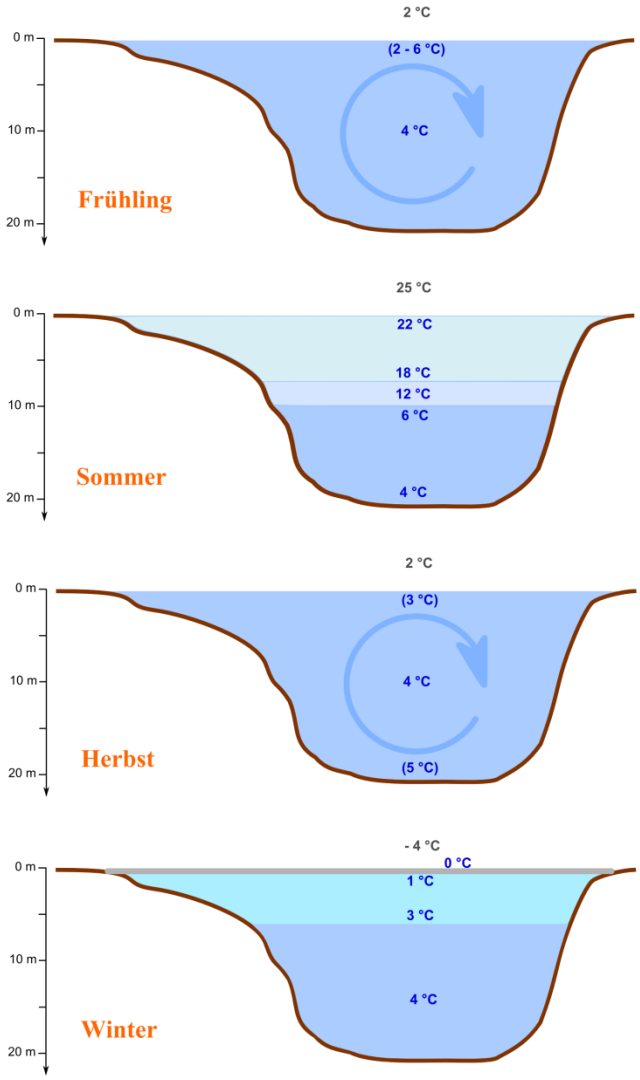
- physikalische Faktoren:
  - Temperatur
  - Sichttiefe
  - (elektrische) Leitfähigkeit

- chemische Faktoren:
  - pH-Wert
  - Feststoff-gehalt
  - Wasserhärte
  - Säure-Kapazität
  - Sauerstoff-Gehalt, Sauerstoff-Sättigung
  - Phosphat-Gehalt (Phosphor-Gehalt)
  - Stickstoff-Gehalt (Arten der Verbindungen und Mengen)
  - Spurenelemente
  - anorganische Schad- und / oder Giftstoffe
  - organische Verbindungen (Herbizide, Tenside, …)

Temperatur und Temperatur-Veränderungen bestimmen die Wasser-Bewegungen innerhalb des gesamten Freiwasser-Bereich's

Ursache ist die unterschiedliche Dichte des Wasser's bei verschiedenen Temperaturen

dazu kommt Dichte-Anomalie des Wasser's



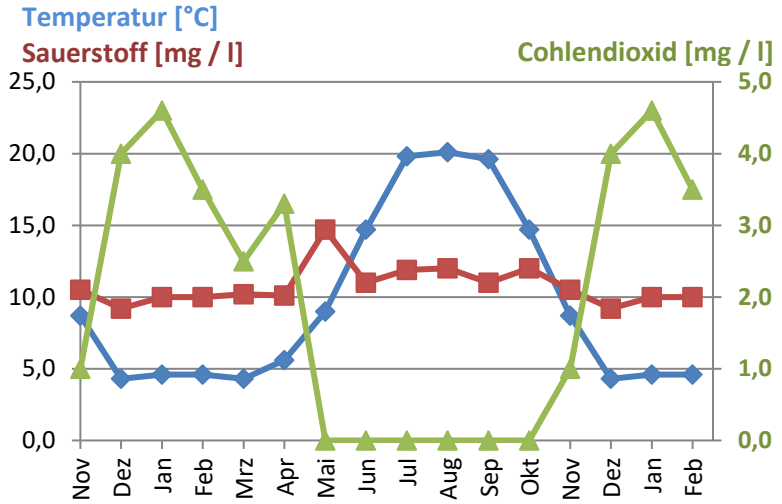
Stagnation = stabile Wasser-Schichtung ohne bzw. mit wenigen Austausch-Bewegungen
Zirkulation = verteilende / vermischende Bewegung des Mediums

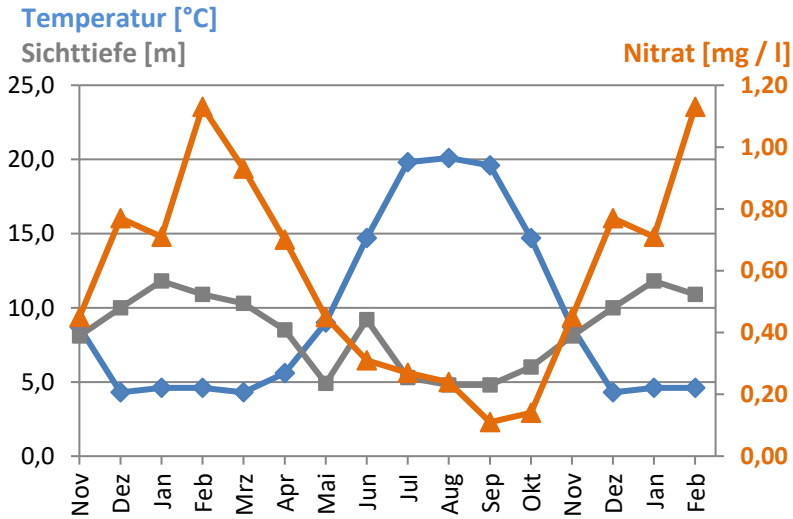
Veranschaulichung: Wärme-Bewegung von Wasser

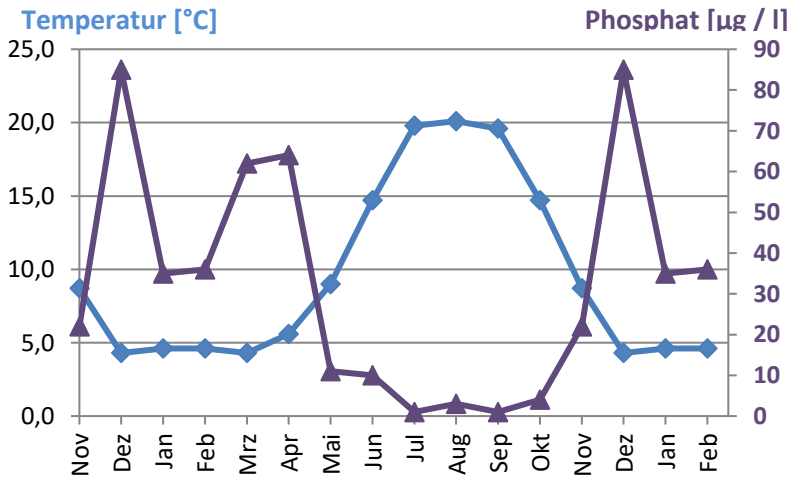
Materialien / Geräte:
Vollglas-Aquarium od. Pneumatische Wanne od.ä.; Schultinte (z.B. 2 – 3 Füller-Patronen) od. ä. (2 Farben); Glas-Trichter; Fläschchen; Zwirn od. dünnes Band

Durchführung / Ablauf:
- Pneumatische Wanne mit Wasser füllen - im Becherglas reichlich Salz in Wasser lösen; Tinte dazugeben; verrühren
- Fläschchen mit Zwirn anbinden und über Trichter jeweils mit warmen bzw. (sehr) kaltem Wasser halb bis dreiviertel voll befüllen
- je Fläschen eine Farbe (Tinte) hinzugeben und ev. mit dem jeweiligen warmen/kalten Wasser auffüllen
- Fläschen an verschiedenen Stellen (nicht direkt am Rand!) im Becken versenken
- Beobachtung ev. auch nach mehreren Stunden; 1 / 2 Tagen

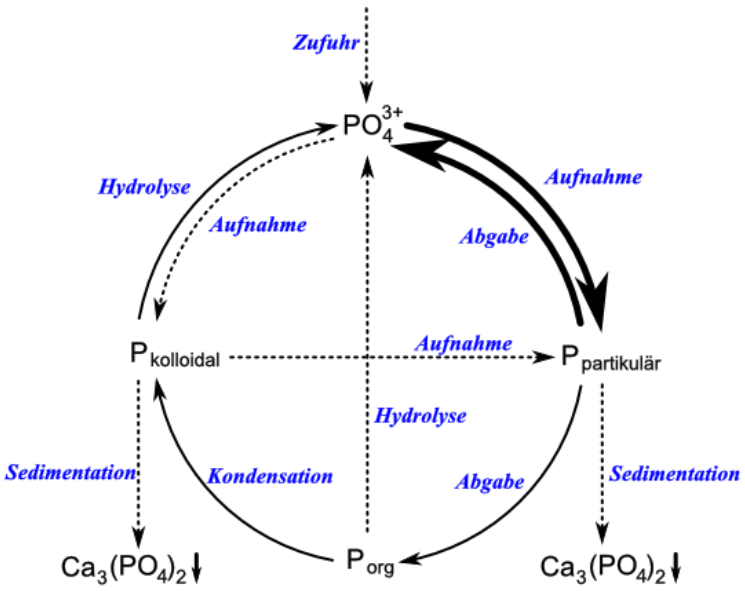
Jahres-Verlauf ausgewählter abiotischer Ökofaktoren (Bsp.: Bodensee)







Hinweis!: die Temperatur ist in den unteren Diagrammen
nur zur Orientierung noch einmal miteingezeichnet!
Daten-Q: /37, S. 206 (nach HOLL, 1988)/



Phosphor-Kreislauf im Freiwasser
geändert nach: /34, S. 42/

typische Organismen-Arten / -Gruppen

Plankton-Arten

Bezeichnung	Größe	Bestandteile
Picoplankton	< 1µm	
Ultraplankton	1 – 5 µm	
Nanoplankton	5 – 50 µm	
Mikroplankton	50 – 500 µm	
Mesoplankton	0,5 – 1,0 mm	
Makroplankton	1,0 – 5,0 mm	
Megaplankton	> 5 mm	
Nanoplankton		Eier, Bakterien, Einzeller, Flagellaten, Larven, …
Phyto-Plankton		Blau-Algen (ev. ↑) Grün-Algen (Braun-, Kiesel-, Armleuchter-, Rot-Algen, …)
Zooplankton		Rädertierchen (( ) *Rotatoria*) Rundwürmer (( ) *Nemathelminthes*) Gliederfüßer (( ) *Arthropoda*)

typische Pflanzen-Arten / -Gruppen

ein- und mehrzellige Algen
Schwimmpflanzen
Laichkräuter
Schilf
Ufer-Bäume

typische Tier-Arten / -Gruppen

Larven vieler Insekten (Eintagsfliegen, Libellen)
Insekten
Frösche, Kröten, Molche
Fische (Rotfeder, Barsch, Hecht, Zander)
Vögel (Enten, Rallen, Uferschwalben, Haubentaucher

besondere Anpassungen der Pflanzen

Schwimmpflanzen haben Spaltöffnungen auf der Oberseite der (Schwimm-)Blätter
wenig ausgeprägtes Wurzel-Werk → Nährstoff-Aufnahme über die Blätter und Stengel
Wasser-abweisende Cuticula (z.T. mit Lotus-Effekt) bei Schwimm-Blättern

Gas-basierte CO_2-Aufnahme durch gelöstes CO_3^{2-} ersetzt

mehr vegetative Vermehrung
viele Blüten-Pflanzen (Samen-Pflanzen) bilden sehr selten Blüten aus

besondere Anpassungen der Tiere

Kiemen-Atmung
Stromlinien-förmiger Bau
schleimige / feuchte Haut
Betonung von chemischer Sensorik (Nase, Gaumen, Zunge) gegenüber optischen (Auge)
Stromlinien-Organ zur Aufnahme von Strömungs- und Bewegungs-Informationen
Schwimmblase
osmotische Regulation z.B. über Niere
Schwimmhäute zwischen den Zehen usw.; Flossen

Einfetten / Eintalgen des Gefieder's

aktuelle Tendenzen, Probleme und anthropogene Einflüsse

Eutrophierung von Ökosystemen

wird im Allgemeinen durch verstärkte Einträge / Bereitstellung von Nährstoffen verursacht
meist sind es die Elemente Stickstoff und Phosphor die eigentlich in den meisten Ökosystemen begrenzt zur Verfügung stehen → sie limitieren die Biomasse-Produktion und den Biomasse-Umsatz zwischen den Trophie-Ebenen
durch mehr Nährstoffe wird nun mehr Biomasse produziert, ein Großteil steigt in den Trophie-Ebenen auf
insgesamt wird aber auch deutlich mehr Abprodukte gebildet, dabei nimmt die tote Biomasse eine besondere Rolle ein, für den Abbau wird Sauerstoff gebraucht, der fehlt meistens bzw. wird / kann nicht ausreichend bereitgestellt werden (z.B. in Seen ist die Aufnahme- und Transport-Fähigkeit begrenzt)
Es kommt zu einem Sauerstoff-Mangel (Sauerstoff-Zerrung). Z.B. entstehen in Seen tote Zonen, zum einen aus dem Sauerstoff-Mangel heraus und zum anderen, weil beim Abbau von organischem Material z.B. die giftigen Stoffe / Gase Ammoniak und Schwefelwasserstoff

entstehen. In den toten Zonen ist kein höheres Leben möglich. Selbst eine Existenz von anaeroben Destruenten ist wegen der Giftigkeit des Mediums nur eingeschränkt möglich.

Definition(en): Eutrophierung
Eutrophierung ist die Zunahme von Nährstoffen (besonders von Stickstoff- und Phosphor-Verbindungen) in einem Ökosystem / Lebensraum (zumeist Gewässer oder Böden gemeint).

sinnvolle Maßnahmen sind nur starke Reduktion des Nährstoff-Eintrag's und die Entfernung von überschüssiger Biomasse
begleitend sind Durchlüftungen und die chemische Entfernung / Fällung von Stoffen / Nährstoffen angebracht
in Seen versucht man z.B. eine Tiefenwasser-Belüftung, womit Luft (Sauerstoff) in die tieferen Wasserschichten (tote Zonen) gebracht wird und eine Zirkulation der Wassermassen angestrebt wird

Klassifizierung

Klasse	Beschreibung / Merkmale	durchsch. Sommer-Sichttiefe [m]	untere Makrophyten-Grenze [m]	Organismen / -Gruppen
oligotroph	Nährstoff-arm, klar, stehende Oberflächen-Gewässer; geringe Plankton-Produktion am Ende der Stagnationsphase noch 70 % Sauerstoff-Sättigung; heller Seegrund	> 6	> 8	oligosaprobe Insekten-Larven; Planarien; Wassermoos; farblose Zuckmücken-Larven
meso-troph	geringes Nährstoff-Angebot, mittlere Plankton-Produktion, am Ende der Stagnationsphase 30 - 70 % Sauerstoff-Sättigung; grauer Seegrund, ev. schlammig	3 – 6	5 – 8	Schilf; Wasserpflanzen; Wasserwanzen; Wasserasseln;farblose und rote Zuckmücken-Larven;
eutroph	Nährstoff-reich; Oberflächen-Wasser z.T. mit Sauerstoff übersättigt; Tiefenwasser Sauerstoff-arm (0 – 30 % Sättigung);schlammiger Uferbereich; Seegrund mit schwarzgrauem Schlamm bedeckt	1,5 – 3	2,5 – 5	rote Zuckmücken-Larven ev. Schwefelbakterien
hocheu-troph		1,0 – 1,5	1,5 – 2,5	
polytroph	sehr Nährstoff-reich, am Ende der Stagnationsphase unter 30 % Sauerstoff-Sättigung; z.T. Sauerstoff-frei zeitweise an der Oberfläche mit Sauerstoff übersättigt und Schwefelwasserstoff-Bildung; schwarzer Faulschlamm am Grund	0,5 – 1,0	0,5 – 1,5	Schwefelbakterien in der Tiefe sehr häufig
hochpoly-troph		0,2 – 0,5	< 0,5	
hyper-troph		< 0,2		

	oligothropher See	mesotropher See	eutropher See
	abiotische Kriterien		
Sommerfarbe	bläulich, klar gänzende / klar reflektiernde Oberfläche		grünlich bis grau, trüb matte Oberfläche; ev. mit Schaum
Strukturierung	eher tief, oft mehr als 100 m; schmales Litoral (Ufer); steiles Ufer großer Wasserkörper		eher flach, oft weniger als 50 m; breites Litoral; flaches Ufer eher kleiner Wasserkörper
Wasser-Volumen-Verteilung	kleines Epilimnion (obere Freiwasserzone); großes Hypolimnion (Bodenwasserzone)		großes Epilimnion; kleines Hypolimnion
Licht-Eindringtiefe Fotosynthese-schicht	15 – 20 m tief	2 – 5 m tief	0,5 – 1 m tief
Temperatur	kühl(er)		warm / wärmer
Sauerstoff-Gehalt	praktisch gesätigt (alle Schichten rund 8 mg/l)		stark Temperatur- und Tiefen-abhängig; im Epilimnion Übersättigung; im Hypolimion: Sauerstoff-Mangel (Sauerstoff-Zehrung)
Sicht	15 – 20 m Min.: 1 – 2 m) Boden z.T. belichtet		max. 2 m wenige cm bis 0,5 m Boden praktisch unbelichtet
Nährstoffgehalt	gering (Nährstoff-arm)		hoch (Nährstoff-reich)
Phosphat-Gehalt	gering (limitierender Faktor)		hoch (kein limit. F.)
Seeboden Sediment	häufig belichtet; mineralische Schlammschicht anorganisch (Kalkreich)		dunkel organische Schlammschicht; schwarzer Faulschlamm mit Gas-Bildung (Methan + Schwefelwasserstoff)
	biotische Kriterien		
Artenzahl	mittel		gering
im Epilimnion	mittel		mittel
im Hypolimnion	mittel		nur anaerobe Mikroorganismen
Biomasse	gering		hoch
Nahrungs-Kreislauf	geringe Primärproduktion; (geringe Fotosynthese(rate))		hohe Primärproduktion; (hohe Fotosynthese(rate)
Pflanzenwuchs	gering		stark
Nährschicht	klar; wenig Plankton		trüb; viel Plankton

Kompensations-zone	breit / tief		schmal / flach
Zehrschicht	kaum od. nicht ausgebildet	vorhanden (z.T. nur zeitweilig)	stark ausgebildet

oligo- bis meso-trophe Gewässer besitzen die Fähigkeit der Selbstreinigung
bei stehenden Gewässern aber sehr viel langsamer, als bei fließenden
ausführliche Besprechung bei den Fließ-Gewässern (→ Ökosystem: Fließgewässer und → 6.x.3.2. Fließgewässer)

Definition(en): Selbstreinigung
Unter der Selbstreinigung versteht man die Gesamtheit der Vorgänge, durch die größere / ungewöhnliche, natürliche Abweichungen von Umweltfaktoren und / oder anthropogene Belastungen ausgeglichen werden und sich wieder in Richtung der natürlichen Maße bewegen.

inwieweit die Selbstreinigung funktioniert, hängt von folgenden Faktoren ab:
- Art der Veränderung (eingeleiteter Stoff oder Energie) (qualitativer Aspekt)
- Größe und Dauer der Veränderung (quantitativer Aspekt)
- Art und Menge der natürlich vorkommenden und einwanderungsfähigen Organismen
- Art und Menge weiterer Nährstoffe oder limitierender Faktoren
- Lage des ökologischen Gleichgewichtes vor der Veränderung
- mögliche / tolerierte Schwankungsbreite der Umweltfaktoren im Ökosystem

Aufgaben:

1. *Von einem See wurden über viele Jahre hinweg verschiedene Parameter (relative Größen) erfasst. Stellen Sie die Daten aus der Tabelle in ein bis zwei Diagrammen dar, so dass die Verläufe zueinander ausgewertet werden können! Interpretieren Sie die Diagramme / Daten aus der Tabelle!*

Jahr(e)	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55
Sauerstoff-Gehalt	65	65	65	65	60	55	48	35	20	3	17	30
Nährstoff-Zufuhr	35	35	35	35	36	38	45	50	60	80	60	40
Produzenten	25	25	25	25	27	30	36	45	35	12	20	25
Konsumenten	22	22	22	22	24	27	32	40	30	7	22	27
anaerob. Reduzenten	10	10	10	10	11	13	15	19	22	24	23	22
aerob. Reduzenten	7	7	7	7	8	10	10	8	5	1	2	3

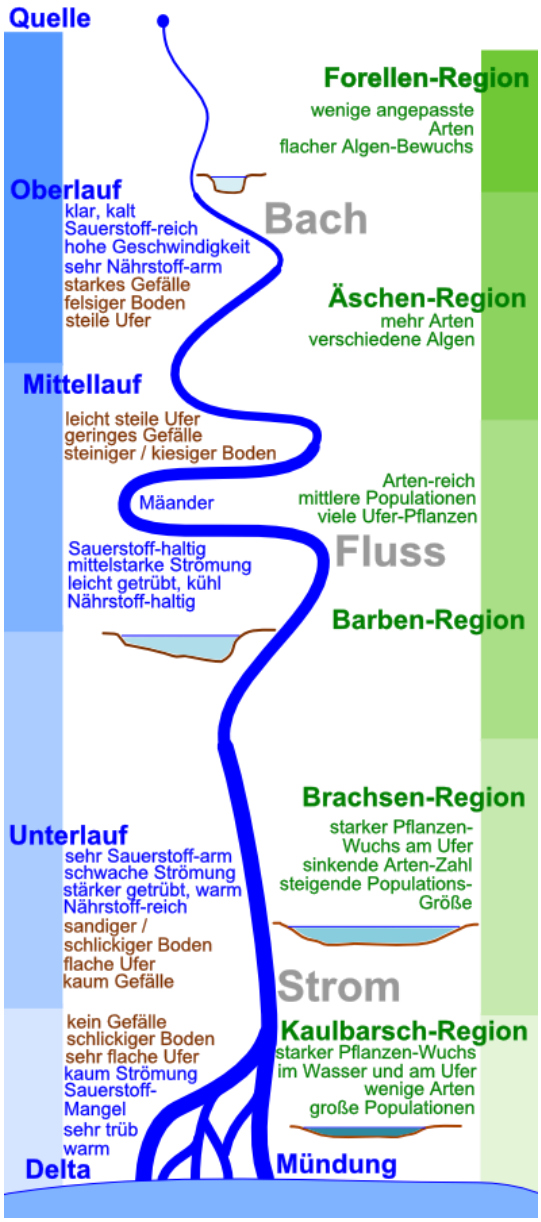
2. *In mittleren und größeren Seen ändert sich im Verlauf eines Jahres der Sauerstoff-Gehalt und die Temperatur sehr stark. In der nachfolgenden Tabelle sind grobe Mittelwerte von Oberflächen- und Tiefen-Wasser zusammengestellt.*

Wassertiefe [m]	O_2 [mg / l]				Temperatur [°C]			
Jahreszeit	W	F	S	H	W	F	S	H
1	11	8	1	5	0	5	20	3
25	8	6	0	4	4	4	4	4

   a) *Erklären Sie, warum sich die Wasser-Schichten im Winter nicht vermischen!*
   b) *Vergleichen Sie den Sauerstoff-Gehalt zu den verschiedenen Jahreszeiten und erklären Sie, wie die Unterschiede zustande kommen!*
   c) *Erläutern Sie, wann und wie es zur sogenannten "Algenblüte" kommen kann!*
   d) *In einen größeren See soll in naher Zukunft ständig warmes Wasser (aus einer Kühl-Anlage) eingeleitet werden. Machen Sie mindestens 3 Vorhersagen, wie sich das Ökosystem verändern könnte! Legen Sie die Zusammenhänge ausführlich dar!*

Ökosystem: Fließgewässer

Allgemeines



-Arten / -Typen

nach Größe:

- Quelle
- Wasserfall
- Rinnsal
- Bach
- Fluss
- Strom
- Delta

(c,p) 2011-2025 lsp: dre

das Ökosystem charakteresierende abiotische Umweltfaktoren

im Verlauf eines Fließ-Gewässers sehr stark differenziert
charakteristisch aber gerichtete Strömung von Quelle in Richtung Mündung, die zumindestens für den Wasser-Körper eine ständige Erneuerung bedeutet
für viele Arten – besonders bei stärker Strömung gibt es kein Zurück
schwierig auch für Pflanzen, eine einfache Neu-Besiedlung / Ausbreitung nur in Richtung Mündung möglich; bedarf also anderer Ausbreitungs-Mechanismen

praktisch keine stationären Stoff-Kreisläufe (wie bei stehenden Gewässern) sondern Fließ-Gleichgewichte / mobile Stoff-Kreisläufe
"Kreisläufe" können eher als Spiralen verstanden werden, die im Flußlauf liegen
Spiralen bilden sich auch quer zur Fließ-Richtung
diese Besonderheit ist auch die Basis für die ausgeprägte Selbstreinigungs-Fähigkeit von Fließ-Gewässen

typische Organismen-Arten / -Gruppen

durch die sehr starke Differenzierung sind kaum durchgehende Arten-Vorkommen bekannt
insgesamt kann man aber eine hohe Biodiversität feststellen
es gibt viele ökologische Nischen, die in den verschiedenen Regionen und Fließgewässer-Arten ganz unterschiedlich besetzt sind
über die gesamte Länge eines größeren Flusses betrachtet, gehören sie zu den Arten-reichsten Ökosystemen

typische Pflanzen-Arten / -Gruppen

typische Tier-Arten / -Gruppen

besondere Anpassungen der Pflanzen

starke Wurzel-Bildungen
im Delta dann eher, wie in Seen, schwächer ausgebildet

besondere Anpassungen der Tiere

aktuelle Tendenzen, Probleme und anthropogene Einflüsse

wegen der Attraktivität besonders stark von Menschen besiedelt
gebraucht für:

- Transport
- Industrie (Rohstoff, Kühlwasser, Abwasser-Entsorgung)
- Trinkwasser-Versorgung
- Naherholung (Baden, Wassersport)
- natürliche Grenze / natürlicher Schutz (schwer zu überwinden)
- …

früher erfolgte vielfach eine ungefilterte Entsorgung von Abwässern in den Fluss (schließlich war das Problem schnell weggespült, und was unterhalb am Fluss passiert, interessierte weniger)
besonders kritisch sind Industrie-Abwässer mit Schwer-Metallen, Säuren, Basen, Nebenprodukte der chemischen und pharmazeutischen Industrie
in der pharmazeutischen werden besonders viele biologisch wirksame Produkte erzeugt, viele der Neben- und Zwischen- Produkte sind auch schon biologisch wirksam

heute starke Reinigung vorgeschrieben
Industrie nutzt kleine Recycling-Kreisläufe
Abwässer aus Klär-Anlagen haben vielfach schon Trinkwasser-Qualität

problematisch sind und bleiben Unfälle und Havarien
Brechen von Barrieren, Tank's, Rohrleitungen usw.
setzen unkontrolliert und massiv Stoffe frei, die von den Flüssen kaum sinnvoll aufgenommen werden können

in Entwicklungsländern wird oft die industrielle Entwicklung vor den Umweltschutz gestellt
Versorgung der aktuellen Bevölkerung ist wichtiger als die Betrachtung einer Zukunfts-Sicherheit

biologische Selbstreinigung
Limnologie in der Praxis
/34, S. 109/

STREETER-PHELPS-Modell:

stark vereinfachtes Modell für die Selbst-Regulation und die Selbst-Reinigung eines fließenden Gewässer's

S[1] <= S[0] - S[0] * k[Abb] * dt
C[1] <= Sä - (k[Abb] * S) / (k[WB] - k[Abb]) * (e^(-k[Abb] * dt) - e^(-k[WB] * dt)) - (Sä - C[0]) * e^(-k[WB] * dt)

Näherung der Sauerstoff-Sättigung Sä:

Sä <= 14,54 - 0,39 * T + 0,01 * T * T

k[T] <= 0.2 * 3^(T/10) - 0,04 * 6,5^(T/10) / (0.2 * 3^(T[Vorg]/10) - 0,04 * 6,5^(T[Vorg]/10))

S[1] <= S[0] - S[0] * k[Abb] * k[T] * dt

"Kleinmachnow"-Gleichungen:
aus einem BASIC-Kleincomputer-Programm zum Thema:
S[1] <= S[0] - S[0] * k[Abb] * dt
C[1] <= C[0] - S[0] * k[Abb] * dt + k[WB] * (Sä - C[0]) * dt

http://www.lern-soft-projekt.de/Extras/SPM-Setup.exe

Ökosystem: Ozean / Meer

eigentlich das ursprüngliche Ökosystem – hier entstand wahrscheinlich vor 3,5 Mrd. Jahren das erste Leben
heute machen Meeres-Ökosysteme immer noch 75 % der Erdoberfläche aus

häufig werden drei Grundsysteme unterschieden:

- Flachwasser
- Tiefseewasser
- Tiefseeoberfläche

zu den Flachwasser-Ökosystemen werden neben vielen anderen Systemen die besonders Arten-reichen Korallen-Riffe und die Mangroven gezählt

das Phyto-Plankton der Ozeane führt 40 % der Photosynthese auf der Erde aus

Allgemeines

ältestes Ökosystem
ev. nur durch Tiefsee-Ökosysteme (sogenannte "Raucher") übertroffen, wenn sich diese als ein Ort der Entstehung der ersten Zelle(n) herausstellen sollten
einzelne Schlote existieren nur kurze Zeit (mehrere Jahre / Jahrzehnte), neue Schlote entstehen dann an einer anderen Stelle und es bildet sich dort wieder ein neues Ökosystem (mit einer eigenen Sukzessions-Abfolge)

trotzdem hat sich das Ökosystem immer weiterentwickelt, es gibt kaum Arten, die aus den Anfängen überlebt haben
in sich aber extrem stabiles Ökosystem (bei einer Betrachtung von Außen)

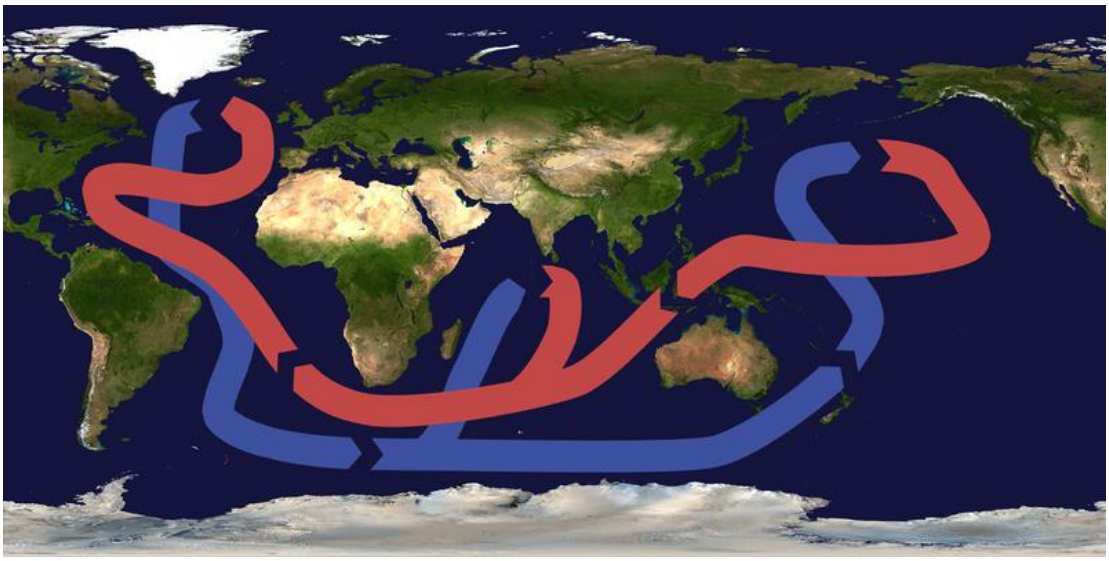
größte Ökosysteme
sowohl hinsichtlich Fläche und Volumen
nur noch in der Größe durch die Bio-Geo-Sphäre übertroffen

-Arten / -Typen

- Ozean (im engeren Sinn)
- Meere
- …

oft werden die Küste und die Tiefsee als eigenständige Ökosysteme betrachtet
dann sind die Meere und Ozeane mehr die Freiwasser-Bereiche

das Ökosystem charakteresierende abiotische Umweltfaktoren



globales Strömungs-Band (vereinfacht)
Q: de.wikipedia.org (Brisbane)

Sauerstoff-Gehalt relativ gering (auch im Vergleich zur Luft)
maximal 6,4 ml pro 1'000 ml Meerwasser (35 und 10 °C) → 0,6 %
wird nur an der durchwirbelten Oberfläche erreicht; ansonsten liegt der Sauerstoff-Anteil im gesamten Meerwasser bei durchschnittlich 1 % des Sauerstoff-Anteils in der Luft → 0,02 %
Sauerstoff-Mangel ab den nicht mehr fotosyntetischen aktiven Schichten → Sauerstoff-Zerrung durch Vorrang des Abbau's von organischem Material vor dem Aufbau
kaltes Wasser löst Sauerstoff besser als warmes → darauf ruht der wesentliche Effekt von aufsteigendem Tiefenwasser (viele anorganische Stoffe, wenig organische Rest-Materialien und sehr gute Aufnahme-Fähigkeit für Luftsauerstoff)

Verhältnisse der Gase (Luft: 78 : 21 : 0,03) für Stickstoff, Sauerstoff und Cohlendioxid verschiebt sich im Meer-Wasser zu 63 : 34 : 1,6
die Löslichkeit der Gase im Wasser ist speziell

Meerwasser-Menge kann insgesamt rund 40x mehr Cohlendioxid aufnehmen / speichern als die Luft / Atmosphäre

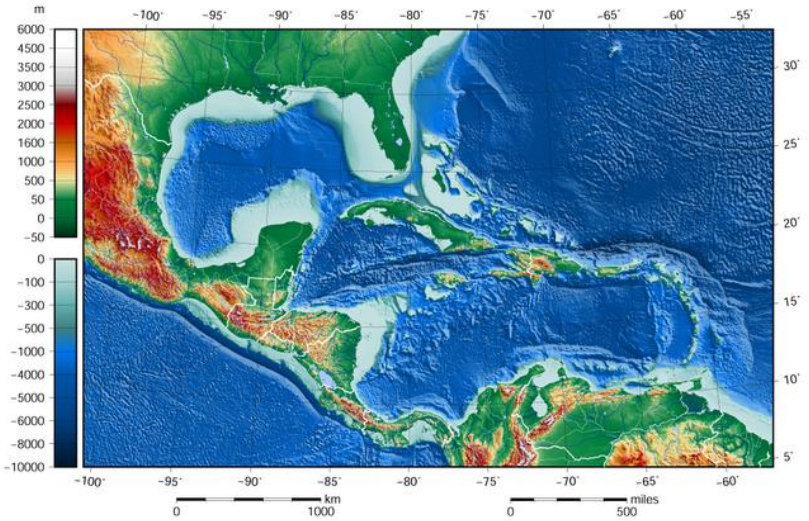
Karibisches Meer

Seiten-Meer des Atlantik's

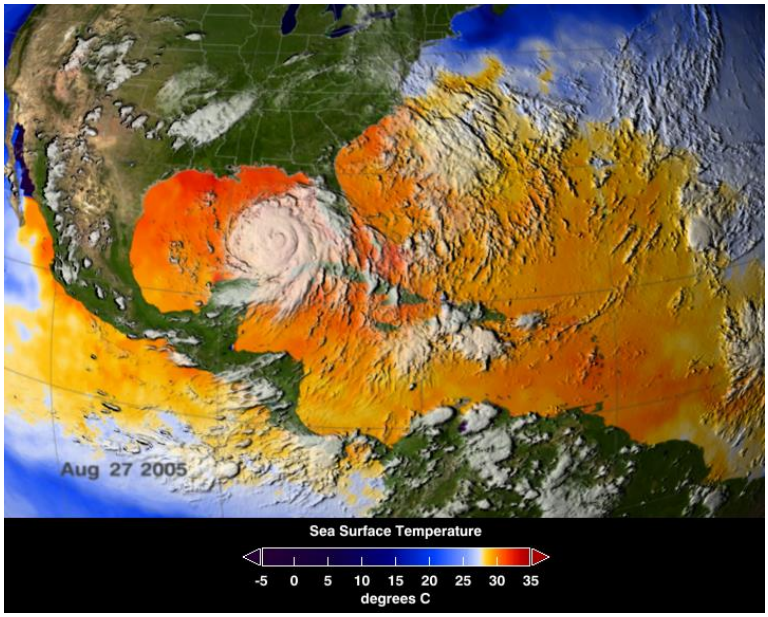
durchschnittliche Tiefe um 4'000 m
größte Tiefe rund 7'700 m

hydrologisch gut vergleichbar mit Ozean
durch die natürlichen Grenzen und die "überblickbare" Größe beliebtes Forschungs-Gebiet

warmer Oberflächen-Strom vom Atlantik (Nord-Äquatorial-Strom) zum Golf von Mexiko
Effekte El Niño und La Niña

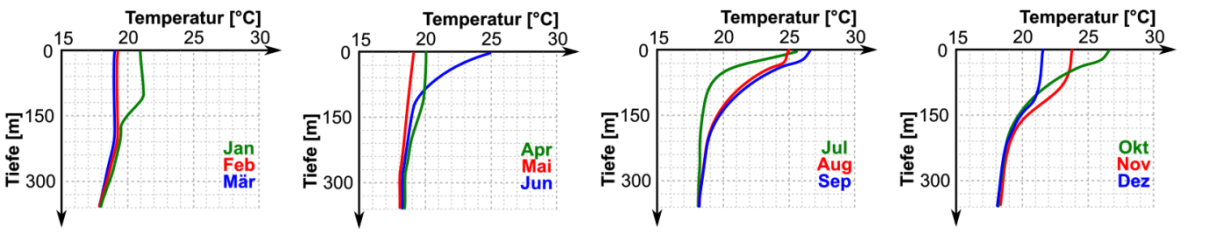


Reliefkarte des Karibischen Meeres
Q: en.wikipedia.org (GLOBE + ETOPO1)



Oberflächen-Temperatur während Hurrikan Katrina (2005)
Q: en.wikipedia.org (Janet13)

saisonale Temperatur-Veränderungen



nach Q: openstax.org (APBiology)

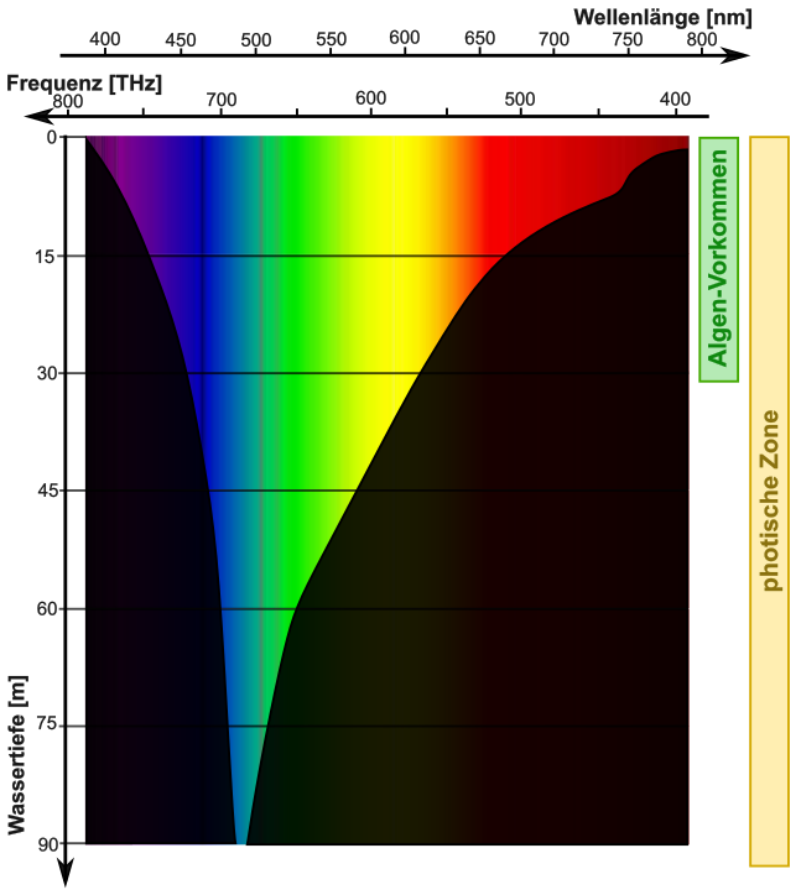
tropisches bis subtropisches Wetter mit vielen Stürmen

Aufgaben:

1.
2. *Prüfen Sie, ob es auch im Karibischen Meer ein Temperatur-Sprungschicht gibt! Wenn JA, charakterisieren Sie diese (Tiefe, Zeitraum, Temperatur-Unterschied), wenn NEIN, dann begründen Sie Ihre Entscheidung!*
3. *Recherchieren Sie, um was für Effekte es sich bei El Niño und La Niña handelt!*

Licht und Licht-Spektrum

photische Zone entspricht der photogenen Zone
Licht
je nach Wellenlänge (Farbe) des Licht's dringt dieses unterschiedlich tief in den Wasser-Körper ein
im Ozean ist die photische Zone 150 bis 200 tief, darunter herrscht Dunkelheit (die nur durch Biolumineszenz unterbrochen wird)



Definition(en): photische Zone
Die photische Zone ist die mit Licht durchdrungene (obere) Schicht des Gewässer's (Ozean's).
Die photische Zone ist die Schicht eines Gewässer's (Ozean), in der Photosynthese stattfindet.

typische Organismen-Arten / -Gruppen

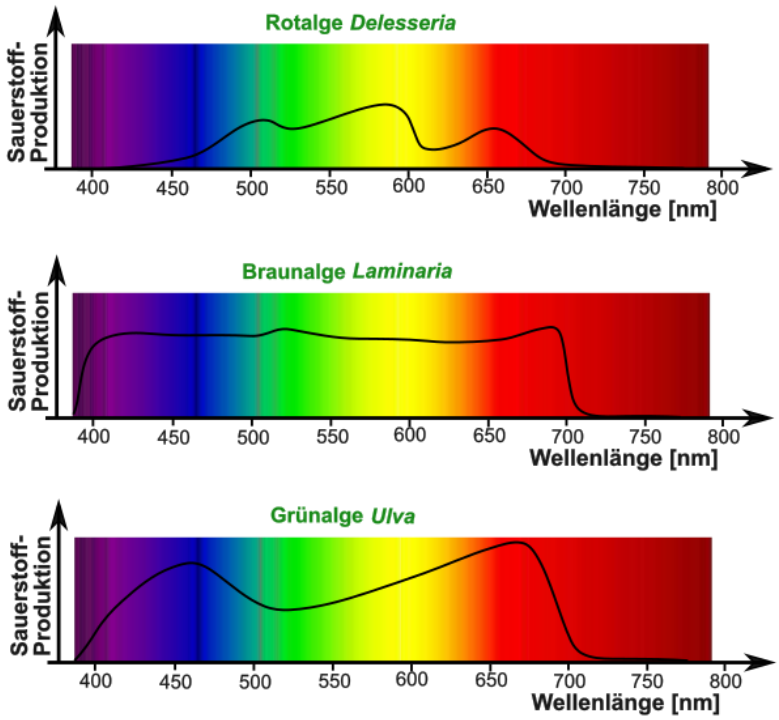
hohe Biodiversität, in den Kern-Bereichen nur ein Bruchteil der Arten wirklich bekannt und schon gar nicht erforscht

typische Pflanzen-Arten / -Gruppen

Algen (einzellig bis mehrzellig) (von planktisch bis sessil)
Seegras (Samenpflanzen aus der Ordnung der Froschbissgewächse (*(o) Alismatales*)
Kelp (Braunalge) → Kelp-Wälder werden oft als eigenständiges Ökosystem betrachtet

Aufgaben:

1. *Erläutern Sie die Licht-verhältnisse im Ozean anhand des obigen Diagramm's! Erklären Sie, wie es zu diesem Phänomen kommt!*
2. *Die Algen Delesseria, Laminaria und Ulva bewohnen unterschiedliche Wasserschichten. Ordnen Sie die Algen in der Reihenfolge ihrer Dominanz im Vorkommensbereich der Algen! Begründen Sie Ihre Anordnung!*



3. *Wie verändern sich die Verbreitungs-Bereiche der anderen Algen, wenn z.B. durch einen Viren-Befall die Rotalge nicht mehr im Ökosystem präsent ist? Stellen Sie eine Hypothese auf!*

typische Tier-Arten / -Gruppen

Fische
Vögel (mehr im Küsten-Bereich)
einige Säugetiere, die sich wieder zurück an das Wasser-Leben angepasst haben (z.B. Wale, Robben, Seelöwen, …)
Weichtiere (Schnecken, Muscheln)
Würmer
Krebstiere (Krabben, Krebse, Garnelen)
Seesterne
Quallen

besondere Anpassungen der Pflanzen

da sie quasi im Urmedium leben, kaum Osmo-Regulation notwendig
benötigen gelöstes CO_2 in Form von CO_3^{2-} für die Photosynthese; Aufnahme über die Zell-Oberfläche
Braunalgen haben Haft-Organ bzw. Wurzel-artiges Gebilde (Rhizoide) zur Anhaftung an Steinen usw.
sessile Samenpflanzen haben Wurzel-Geflecht, was hauptsächlich der Fixierung dient

Seetang-Flöße (aus abgerissenen Pflanzenteilen gebildete wilde Geflechte) dienen zum Transport von größeren Tieren (Ratten, Vögeln, …) und Samen vieler Land-Pflanzen (z.B. Kokos-Palmen) über die Ozeane → Besiedlung von (neu-gebildeten / unbewohnten) inseln

besondere Anpassungen der Tiere

in der Tiefsee sind Schwimmblasen Öl-gefüllt
feinere Skelette; dünnere Schalen und Panzer
Biolumineszenz als Mittel zur Abwehr, Anlocken von Nahrung und Sexual-Partnern
hoher Ca-Bedarf bei Schalen-bildenden Organismen

aktuelle Tendenzen, Probleme und anthropogene Einflüsse

großes Problem Überfischung
z.T. unkontrollierte Entnahme
selbst Jungfische werden gefangen und da sie nicht wirklich als Lebensmittel (Speise-Fisch) genutzt werden können, zu Fischmehl verarbeitet
z.T. sehr starke Beeinflussung der Nahrungsketten
auch Fortpfanzungs-Systeme anderer Arten werden gestört, da diese die Bereiche in denen die Fisch-Schwärme vorkommen, oft auch als Ort für Paarung und Laichen verwenden

Mikroplastik / Plastik-Müll
Plastik zersetzt sich erst in Jahrhunderten; davor Bildung von Mikroplastik (durch Brandung usw.); Mikroplastik wird von Filtrierern mit Plankton aufgenommen und akkumuliert dann in den Nahrungs-Netzen

drohendes Problem Rohstoff-Gewinnung aus der Tiefsee (Mangan-Knollen)
hinterlassen Spuren, die selbst nach Jahrzehnten nicht verschwunden / ausgeglichen sind (Prozesse verlaufen in der Tiefsee i.A. sehr langsam; u.a. wegen der geringen Temperatur und nur geringen Wasser-Bewegungen)

Ökosystem: Ostsee

Allgemeines

Binnenmeer

junges Brackwasser-Meer mit abwechslungsreicher Geschichte (Wechsel vom Süßwasser-Meer zum Salzwasser- / Brackwasser-Meer mehrfach hintereinander (in relativ kurzer Folge))

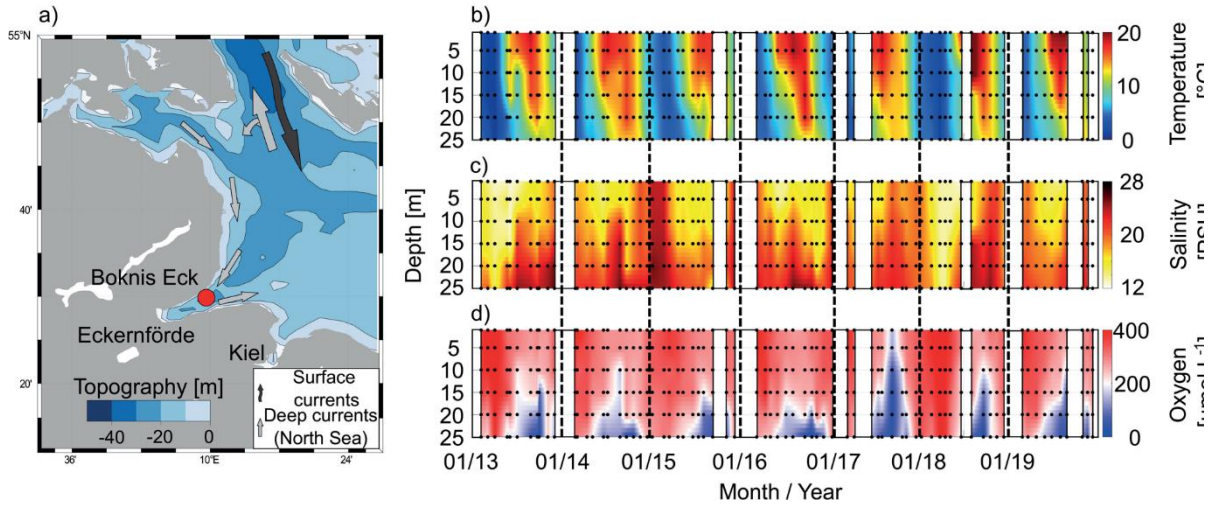
trotzdem einige endemische (nur hier vorkommende) Arten
für Evolutions-Biologen sehr interessanter Forschungs-Gegenstand

-Bereiche / Zonen

Salzwasser hat höhere Dichte, deshalb vorrangig in der Tiefe
Hindernisse, wie die Darßer Schwelle behindern die Ausbreitung des Salzwasser's

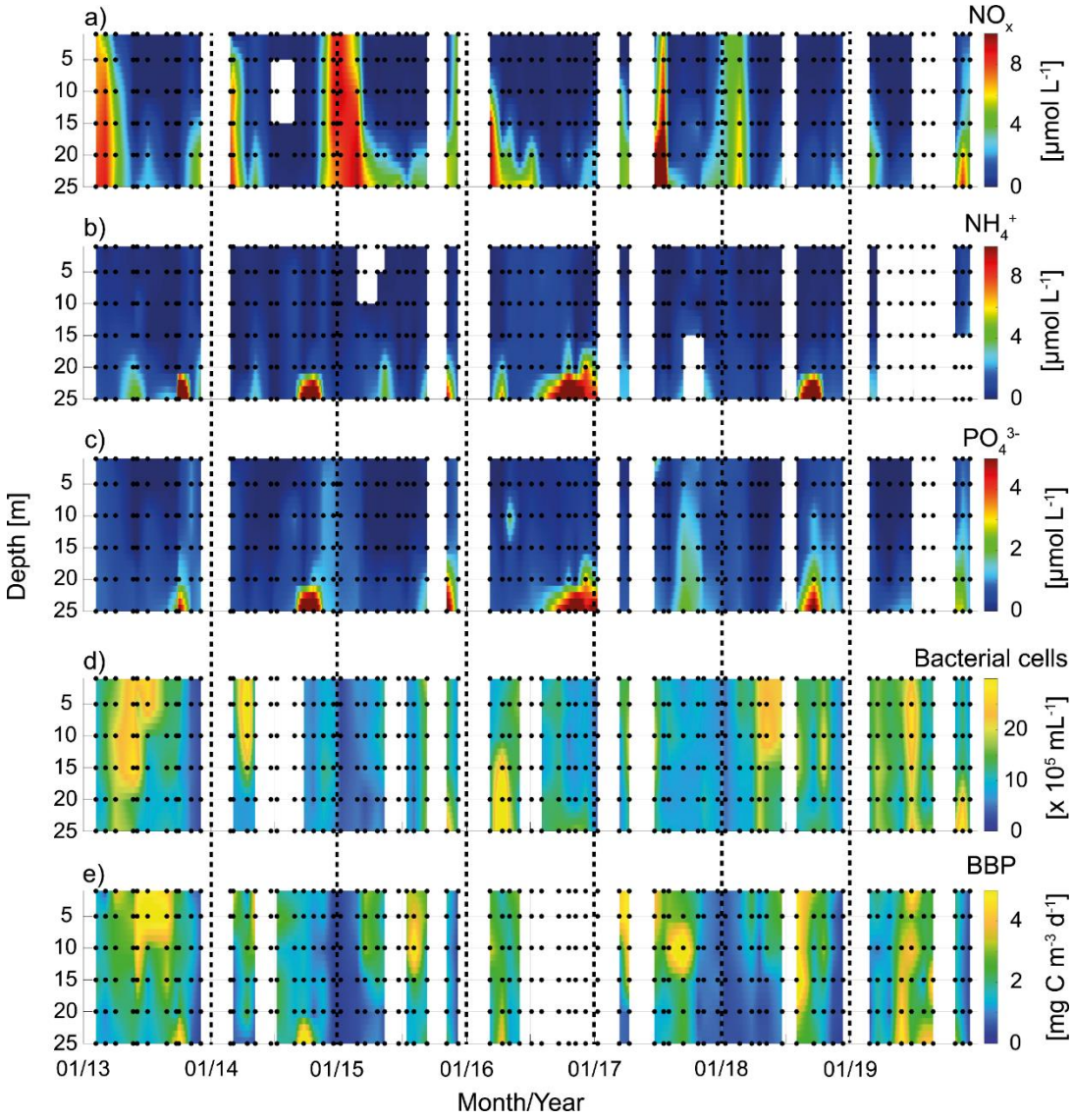
das Ökosystem charakteresierende abiotische Umweltfaktoren

systemische Betrachtung der Umweltfaktoren



Standort von Boknis Eck in (**a**), Temperatur, Salzgehalt und Sauerstoff in (**b** – **d**). Punkte in (**b** – **d**) zeigen Zeitpunkt und Tiefe der Probenentnahme an; weiße Lücken bedeuten, dass in diesem Monat keine Probenentnahme stattfand. Siehe Abb. S1 im Anhang für die übergeordnete Region. Die Daten werden im Zeitraum von 2013 bis 2019 angezeigt. Die Karte in (**a**) wurde mit der M_Map-Toolbox in Matlab® 2023a

Q: https://www.nature.com/articles/s41598-024-80451-w/figures/1 (originaler Bildtext übers.: google-chrome)



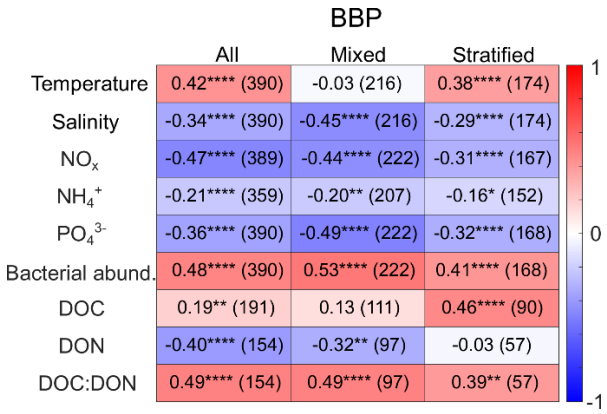
Zeitreihen von Tiefenprofilen von NOx (NO2- + NO3-) in (**a**), NH4 + in (**b**), PO43- in (**c**), Bakterienhäufigkeit in (d **)** und bakterieller Biomasseproduktion (BBP) in (**e**). Punkte zeigen Probenahmezeit und -tiefe an; weiße Lücken bedeuten, dass in diesem Monat keine Probenahme stattfand. Die Daten werden im Zeitraum von 2013 bis 2019 angezeigt.
Q: https://www.nature.com/articles/s41598-024-80451-w/figures/2 (orig. Bildtext übers.: google-chrome)

Aufgaben:

1. ***Interpretieren Sie die Daten beider Abbildungen für das Jahr 2013!***
2. ***Notieren Sie von Ihnen erkannte / hergestellte Zusammenhänge in einem Fließ-Diagramm!***
3. ***Interpretieren Sie die Daten beider Abbildungen gemeinschaftlich für die Jahre!***

Für die systemische Betrachtung wollen wir nun wissen, wieweit die einzelnen Umweltfaktoren wirken. Für jeden einzelnen Faktor haben wir die Beziehungen schon besprochen (→ 2. Autökologie (abiot. u. biot. Umweltfaktoren)). Interessant ist nun die gemeinschaftliche Wirkung – vor allem bei sehr vielen Faktoren.
Hier helfen i.A. nur mathematische Analysen.
Ein Korrelations-Koeffizient gibt an, ob zwischen zwei Größen (gegeben als Daten-Paare) eine (mathematische) Beziehung / ein (statistischer) Zusammenhang hergestellt werden kann. Das heißt nicht, dass diese Beziehung auch wirklich existiert (s.a. → 🕮 **Evolution** (Erklärungen / Zusammenhänge)).
Der Koeffizient kann zwischen +1 und -1 leigen. Dabei bedeutet eine +1 eine 100 %ige positiv gekoppelte Beziehung zwischen den Daten. Bei einem Koeffizienten von 0 muss man von überhaupt keiner Beziehung ausgehen (die Daten sind zufällig verteilt). Der Wert von -1 für r bedeutet, dass eine 100 %ige negative Beziehung vorliegt.
Für metrische (z.B. Zeit, Temperatur, Größe, …) Daten ergibt sich bei r = +1 z.B. für einen linearen Zusammenhang eine steigende Gerade im Diagramm, wobei alle Daten-Punkte auf der gerade liegen. Bei r = 0 sind die Daten-Punkte wild verteilt. Für r = - 1 liegen wieder alle Daten-Punkte auf einer Gerade, die allerdings einen negativen Anstieg hat.
SPEARMANS Rangkorrelations-Koeffizient (r_s) berechnet die Korrelation für ordinale (geordnete (mit unterschiedlichen Abständen) Daten (z.B. Schulnoten, …).

Heatmap's stellen die Zahlenwerte über eine Farb-Skala dar. Für jeden einzelnen Parameter (hier die Umweltfaktoren Temperatur, Salzgehalt, …) wird eine eigene Skala verwendet. Dies ist hier nicht nötig, da alle Werte (hier Korrelations-Koeffizienten) nur Werte zwischen -1 und 1 einnehmen können. Für eine positive Kopplung / Beziehung / Bewertung wird die eine Farbe benutzt (meist rot), für die negative Beziehung eine andere (meist blau).
In vielen Fällen werden die Daten-Reihen dann noch nach der gesamten Beziehungs-Stärke sortiert, um bedeutsame Faktoren noch besser identifizieren zu können (hier nicht erfolgt).
Die zweite Dimension (hier die Spalten) stellen verschiedene Beobachtungs-Objekete wie z.B. zu vergleichende Arten, Populationen, Mutanten, … (hier Mess-Situationen).



Spearmans Rangkorrelationskoeffizienten (r_s) aufgelistet auf einer Heatmap für BBP und alle Umweltparameter außer Sauerstoff. Die erste Spalte enthält alle Daten von 2013 bis 2019, die weiter in Daten aus der gemischten und der geschichteten Saison unterteilt wurden (Tabelle S2). Sternchen zeigen Signifikanzniveaus an; keine Sternchen zeigen $p > 0{,}05$ an. Die Anzahl der Datenpunkte in jeder Korrelation ist in den Klammern aufgeführt.
Q: https://www.nature.com/articles/s41598-024-80451-w/figures/4
(orig. Bildtext übers.: google-chrome)

Der Signifikanz-Test gibt an, wie zuverlässig die berechneten Werte sind. Beim Berechnen des Signifikanz-Wertes muss man sich entscheiden, als wie sicher die Daten betrachtet werden sollen. Streuen die Daten stärker als es laut vorgegebenen Signifikanz-Niveau's sein dürfte, dann wird der Signifikanz-Test abgelehnt.

Q: Hepach; Pointek; Bange et. al.: Enhanced warming and bacterial biomass production ….- Sci Rep. 14 (2024)
https://www.nature.com/articles/s41598-024-80451-w

typische Pflanzen-Arten / -Gruppen

typische Tier-Arten / -Gruppen

besondere Anpassungen der Pflanzen

besondere Anpassungen der Tiere

aktuelle Tendenzen, Probleme und anthropogene Einflüsse

Veranschaulichung: Salzwasser-Einstrom in der Ostsee u. die Darßer Schwelle

Materialien / Geräte:
Vollglas-Aquarium od. Pneumatische Wanne od.ä.; Plastik-Streifen od. Handtuch od.ä. Barriere; Wasser; Kochsalz; Schultinte (z.B. 2 – 3 Füller-Patronen); Glas-Trichter; großes Becherglas

Durchführung / Ablauf:
- Pneumatische Wanne mit Plastik-Streifen od.ä. in zwei Bereiche unterteilen (die Höhe des Hindernis sollte nur 2 – 3 cm betragen)
- Wanne mit Wasser füllen (Schwelle muss deutlich unter der Wasser-Oberfläche liegen)
- im Becherglas reichlich Salz in Wasser lösen; Tinte dazugeben; verrühren
- Glas-Tricher auf einer Seite der Schwelle gerade in Wasser eintauchen und langsam das gefärbte Salzwasser eingießen
- Beobachtung ev. auch nach mehreren Stunden; 1 / 2 Tagen

Link:
Simulation zur Ostsee: https://ostsee-der-zukunft.experience-science.de

Ökosysteme: Fluß-Delta, Mangroven

Allgemeines

sind die tropischen Ufer- / Küsten-Wälder im Meer- oder Brack-Wasser und meist auch unter Gezeiten-Einfluss

natürlicher biologischer Erosions-Schutz; Wellen wird rund 75 % ihrer Energie entzogen
sehr differenziertes Ökosystem, nahe an Urwäldern
Kinderstube vieler Tier-Arten



Mangrove
Q: pixabay.com (sarangib)

gelten als Land-Bildner

gehören mit der Produktion von rund 3 kg Biomasse pro Quadratmeter und Jahr zu den produktivsten Ökosystem auf der Erde (nur tropische Urwälder sind noch produktiver)

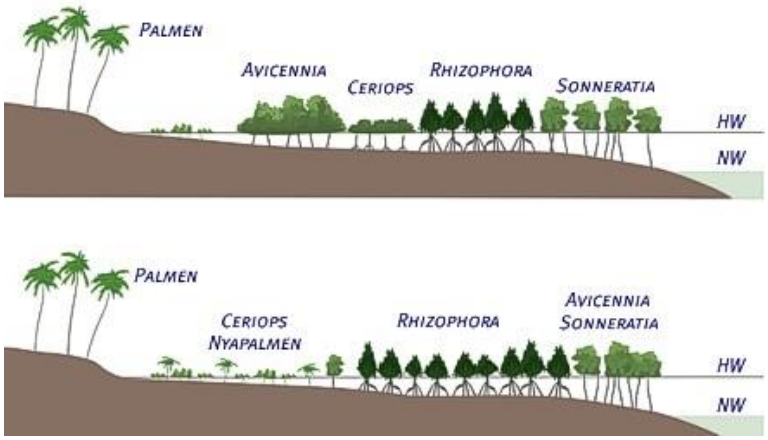
-Arten / -Typen

vertikale Zonierung

- **Kronendach** — Lebensraum für Schlangen und Vögel
  eher Land-Bewohner
- **Gezeiten-Zone** — wechselnde Wasser-Stände
  Muscheln, Seepocken, Krebse, Krabben
  Seekühe
- **Mangroven-Saum** — ständig Wasser (Brack- bis Meer-Wasser)
  mehr Meeres-Bewohner
  verschiedenste Jung-Fische, Krebse, Algen, Schwämme, Seeanemonen; Langusten, Garnelen, Kofferfische

horizontale Zonierung

zur Land-Seite hin steigt die Salz-Konzentration im Boden
im Meeres-Bereich ist der Salzgehalt des Bodens mit dem des Meerwasser identisch



Mongroven-Zonierung
(oben: Ost-Afrika; unten: Nord-Austarlien)
Q: http://www.lighthouse-foundation.org/index.php?id=74

das Ökosystem charakteresierende abiotische Umweltfaktoren

Salz-haltiges Grund- und Umgebungs-Wasser, warmes Wasser
Gezeiten; Strömungen (mit wenigen Wellen)

starke Sedimentation von Sauerstoff-armen Schlick (2 bis 4 mm/a)
Boden schon nach wenigen Millimetern Tiefe praktisch Sauerstoff-frei

typische Pflanzen-Arten / -Gruppen

immergrüne Salz-tolerante Pflanzen aus verschiedenen Pflanzen-Familien

Rote Mangroven nur bedingt Salz-tolerant, besonders bei erhöhter Aufkonzentrierung am Gezeiten–Rand überfordert; nimmt kaum Salz in die Pflanze auf

stärker Salz-resistent ist die Schwarze Mangrove *(s) Avicennia germinans*; besitzt Atem-Wurzeln, die aus dem unterirdischen – eher waagerechten – Wurzel-System nach oben wachsen; filtert Salz aus dem aufgenommenen Wasser



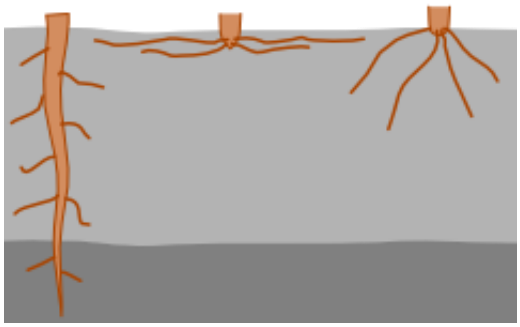
Wurzel-Geflecht
Q: pixabay.com (hbieser)

typische Tier-Arten / -Gruppen

wenige Insekten-Arten; die meisten Insekten kommen nicht mit dem Süßwasser-Mangel und der hohen Sonnen-Intenzität klar

besondere Anpassungen der Pflanzen

besonders auffällige Anpassung aller typischen Pflanzenarten sind besondere Wurzel-Formen



Pfahl-, Flach- und Herz-Wurzelsystem

Grundformen sind das Pfahl-Wurzelsystem, deren Hauptwurzel bis zum festen Untergrund hinunterreicht, das Flach-Wurzelsystem mit großen Abdeckungs-Flächen und das Herz-Wurzelsystem, das von mehr strahlenförmig-stift-artigen Wurzeln geprägt ist

die meisten Wurzeln / Atem-Wurzeln sind mit Lenti-Zellen ausgestattet
Lenti-Zellen sind Zellhaufen aus speziellen Zellen, die stark verkorkt sind
Zellwände sind mit Suberin – dem Kork-Stoff – verstärkt
wegen ihres Aussehens werden die Ausstülpungen auch Kork-Warzen genannt.
beim Absterben der Kork-Zellen lösen sich die Zellen leicht voneinander und schaffen dadurch kleine Interzellular-Räume durch die Gase diffundieren können
Wasser kann aufgrund seine Oberflächen-Spannung nicht in diese Räume eindringen.



Lenti-Zellen (Kork-Zell-Haufen)
hier beim *(A) Schwarzem Holunder*
Q: de.wikipedia.org (Ulf Mehlig)

viele Früchte / Samen keimen noch an der Mutter-Pflanze, verankern sich schnell nach dem Abwurf oder lösen sich erst von dern Rest-Samen, wenn die Wurzeln sich ein Stück eingegraben haben

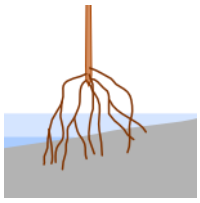
sonst sind Früchte und Aus- bzw. Ableger durchweg schwimm-fähig
dudurch gute Ausbreitungs-Chancen

Atem-Wurzeln (Pneumatophoren)
mit Lenti-Zellen, nur für Gase durchlässig (nicht für Wasser)
Gas-Aufnahme bei Ebbe

Samen werden nicht immer abgeworfen, sondern keimen an der Mutter-Pflanze, bilden dann Wurzeln und trennen sich dann später ab
dadurch entstehen schwer zu streifende Dickichte, die als Schutz-Zonen von verschiedenen Tier-Arten oder Jung-Tieren genutzt werden

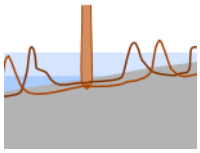
Wurzel-Typen der Mangroven

- **Stelz-Wurzeln**



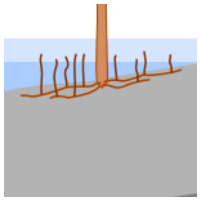
stark ausgprägte Ast-artige Wurzeln; mit Nachbar-Pflanzen entstehen für größere Tiere undurchdringliche Geflechte
im oberirdischen Bereich mit vielen Lenti-Zellen versehen
Basis auch für Algen und damit eine ausgeprägte Kinderstube für diverse Krebstiere und Fische
z.B.: *(g) Phizophora; (g) Pandanus*

- **Knie-Wurzeln**



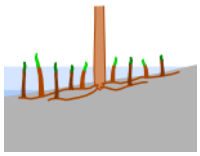
auch "Atem-Knie" genannt
am Knie sind besonders viele Lenti-Zellen
z.B.: *(g) Bruguiera*

- **Stift-Wurzeln**



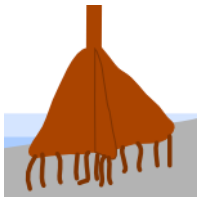
auch Atemwurzeln / Pneumatophoren
kommen senkrecht aus dem Boden; Stift-förmiges Aussehen; entstammen einem waagerechten Flach-Wurzel-System; meist außen mit Chloroplasten-haltigen Zellen
z.B.: *(g) Avicennia*

- **Kegel-Wurzeln**



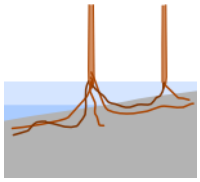
Atemwurzeln / Pneumatophoren
kommen senkrecht aus dem Boden; Kegel-förmige Grund-Struktur; entstammen meist einem waagerechten Flach-Wurzel-System; meist außen mit Chloroplasten-haltigen Zellen
z.B.: *(s) Sonneratia alba*

- **Brett-Wurzeln**



reichen nur wenig tief in den Boden, dort dann von kamm-artigen feineren Wurzeln fortgesetzt
sehr standfeste Struktur
z.B.: *(s) Hertiera littoralis; (s) Pelliciera rhizophorae*

- **Ausbreitungs-Wurzeln**



dienen der Standfestigkeit und als Ausleger
unterirdisch besitzen sie ein feines Wurzel-Geflecht
z.B.: *(g) Ceriops*

- ***keine Luftwurzeln***

bei mehr Land-wärts lebenden Arten
in Böden, die Sauerstoff-reicher und weniger Salz-belastet sind

Pflanzen können z.B. in Blättern Salz speichern / ablagern; die häufig dick-fleischigen Blätter werden bei zu großem Salzgehalt / ausgelastetem Speicher abgeworfen
Salz-Drüsen an den Blättern, Salz-haltiges Wasser wird an ihnen verdunstet, dabei bleiben Salz-Kristalle zurück

Wasser-Aufnahme nach dem Mikro-Filtrations-Prinzip

besondere Anpassungen der Tiere

wenig Spezialisierungen bekannt
typische Einnischung in geeignete Lebens-Räume

aktuelle Tendenzen, Probleme und anthropogene Einflüsse

Küsten-Wälder gehören meist keinem, selten sind Verantwortlichkeiten geklärt
dadurch ungestrafte und ungebremste Nutzung möglich

z.T. starke – wahrscheinlich nicht wieder gutzumachende – Zerstörung in einigen Ländern
z.B. Indien um 95 % seiner Mangroven aus reinem Holznutzungs-Interesse
meist aus Armut wildes Abholzen
heute starke Nutzung der Ufer-Bereiche; Fluß-Mündungen und Rest-Mangroven für die Shrimp-Zucht (Garnelen-Zucht)

Neu-Aufforstung fast unmöglich, da nach Abholzung auch die Boden-Erosion stark zunimmt und völlig veränderte Untergründe zurück lässt

verstärkt wird der Effekt noch durch eine extrem hohe Chemikalien-Belastung aus den Fisch- und Chrimps-Farmen

weitere Nutzungen
Früchte
Gerbstoffe / Rinden
verschiedene Pflanzen-Teile als Heil- und Arznei-Mittel
Fischfang

langfristige geschätzte Fang-Reduzierung bei Fischen nach Zerstörung von Mangroven bis zu 90 %

verlorengegangene Puffer-Wirkung bei Überschwemmung geht nach Abholzung verloren
bei einer großen Sturmflut 1991 starben rund 1'000 Menschen; bei einer vergleichbaren Sturmflut 1960 – bei noch vorhandenen Mangroven – gab es keine Menschen-Opfer

Problem Plastik-Müll
verfängt sich im Wurzel-Gestrüpp
Abbau erfolgt kaum, bietet zwar auch neue Lebensräume, gefährdet aber viele Arten, die Plastik-Teile mit Nahrung verwechseln
Plastik verbleibt dann im Verdauungs-Trakt – kann diesen verstopfen oder durch scharfe Kanten nachhaltig schädigen



Hochmoor
Q: pixabay.com (herbert2512)

4.4.2. terrestrische Ökosysteme – Land-Ökosysteme

Terrestische Ökosyteme sind immer Lang-gebunden. Die meisten Ökosysteme befinden sich auf der Erdoberfläche und schließen die dünne Boden-Schicht mit ein. Höhlen stellen in vieler Hinsicht eine Ausnahme dar.
Die größeren terrestischen Ökosystem sind:

- tropische Feuchtwälder (tropische Urwälder)
- Savannen
- subtropische Wüsten
- (Ur-)Wälder der gemäßigten Breiten (gemäßigte Wälder)
- Grasländer (gemäßigtes Grasland)
- boreale Wälder
- arktische Tundra
- …

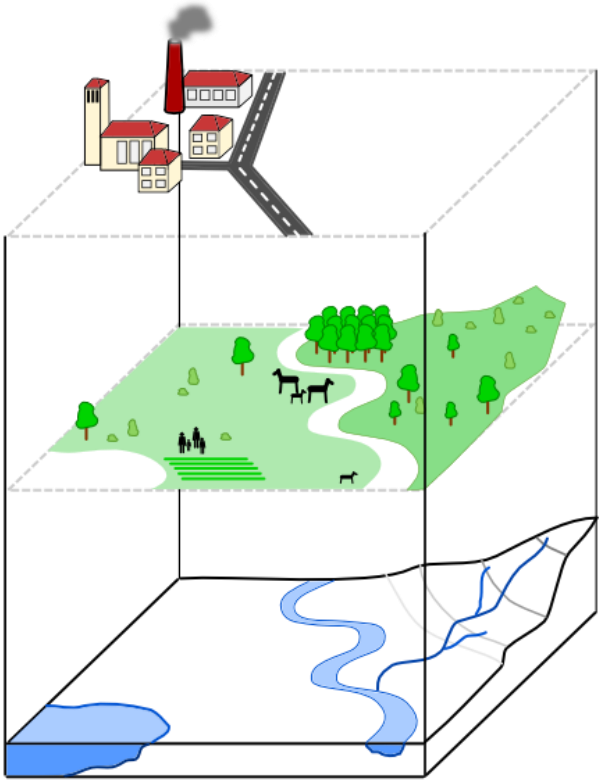
Dominierende Faktoren sind die Temperatur und die Wasser-Verfügbarkeit. Je weiter die Ökosysteme vom Äquator entfernt liegen, umso stärker schwanken viele Umweltfaktoren im Jahres-Verlauf.
Wälder und die feuchten Gebiete sind i.A. durch eine hohe Primär-Produktion geprägt. Die Artenzahl ist groß. Selten sind die Individuen einer Art in großer Zahl vorhanden.
Trockne Ökosysteme sind durch extreme Temperaturen gekennzeichnet und haben eher eine geringere Biodiversität. Dafür kommen die Individuen einer Art in größerer Anzahl vor.
Der dauerhafte oder temporäre Wasser-Mangel erschwert die Lebens-Vorgänge.

Definition(en): Pflanzen-Gesellschaften
Pflanzen-Gesellschaften sind für bestimmte Lebensräume / Kombinationen von Umwelt-Bedingungen typische / charakteristische Kombinationen von Pflanzen-Populationen. Sie werden (meist) nach charakteristischen / dominierenden Arten benannt.



Landschaft (Gesamtheit)

Schichtung stellt auch historische Abläufe und Abfolgen dar



Schichten-Modell (nach TOMASEK)
abiotische-natürliche (unten), biotische (mittig) und abiotisch-künstliche Schicht

4.4.2.1. großräumige Ökosysteme

4.4.2.1.1. Ökosysteme: Wiesen, Steppen, …



mongolische Steppe
Q: pixabay.com (jackmac34)

Allgemeines

-Arten / -Typen



Feuchtwiese mit Stelzvogel
Q: de.wikipedia.org (Tom_Rabe)

das Ökosystem charakteresierende abiotische Umweltfaktoren

typische Pflanzen-Arten / -Gruppen

typische Tier-Arten / -Gruppen

besondere Anpassungen der Pflanzen

besondere Anpassungen der Tiere

aktuelle Tendenzen, Probleme und anthropogene Einflüsse

4.4.2.1.2. Ökosysteme: Wüsten



Sandwüste
Q: pixabay.com (GregMontani)

Allgemeines

Wüsten-Arten / -Typen

- **Fels- und Stein-Wüsten** — auch Hammada genannt
  70 % Anteil an Wüsten weltweit
  wenig bis keine Vegetation
- **Kies- und Geröll-Wüsten** — meist Übergang zwischen Fels- und Sand-Wüsten
  Auch Serir genannt
- **Sand-Wüsten** — 20 % Anteil an Wüsten weltweit
  Quarzsand
  starke Temperatur-Schwankungen (tags sehr heiß)
  auch als Erg bezeichnet
- **Dünen** — Feissand
- **Salz-Wüsten** — meist ausgetrocknete Binnen-Seen
- **Eis-Wüsten / Kälte-Wüsten** — 10 % Anteil weltweit
  nicht über 5 °C bis -50 °C im Winter
  Küsten häufig Fisch-reich → viele Großsäuger als Räuber

ökologisch bedeutsam sind die Oasen
tropische Lebensräume, da punktuell ausreichend Wasser (meist Grundwasser-Austritte) vorhanden ist
wichtige Funktionen als Brut- und –Gebiet, Ausgangs-Punkt / Zwischenstop für Tier-Wanderungen (Vogelzug)

Halbwüsten als Übergangs-Gebiet zwischen Nutz- und Ur-Flächen zu den Wüsten
Steppen, Trocken-Gras-Landschaften
meist von Wüsten-Bildung (Desertifikation) gefährdet

das Ökosystem charakteresierende abiotische Umweltfaktoren

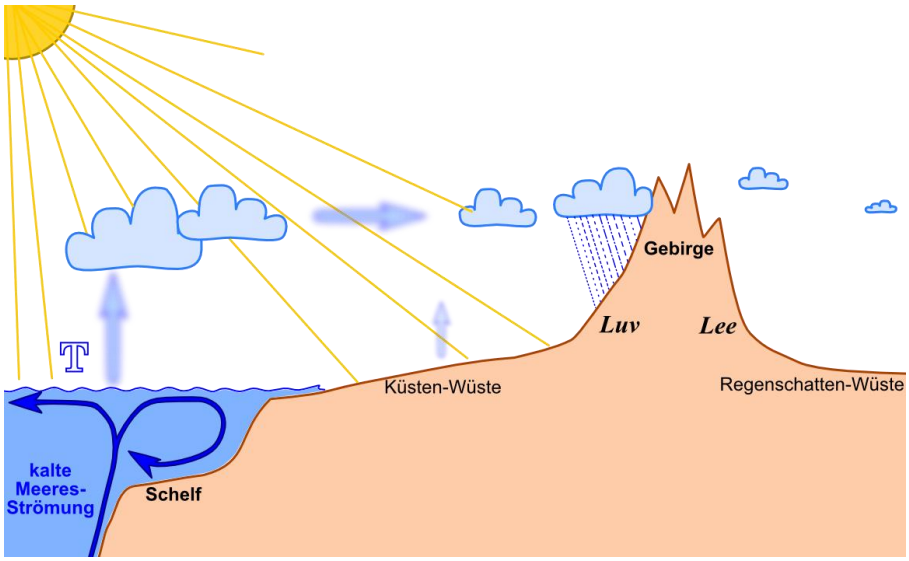
Tages-Unterschiede vieler Faktoren größer als Jahres(zeiten)-Schwankungen
aride Verhältnisse (Wasser-Mangel): Wasser fehlt ganz und gar oder steht nicht in verwertbarer Form vor

typische Pflanzen-Arten / -Gruppen

Kakteen

typische Tier-Arten / -Gruppen

Insekten, Spinnen, Schlangen, Echsen, wenige Säuger (Wüstenfuchs (Fennek))



Wüsten-Bildung an der Luv- und Lee-Seite eines Gebirges
Q: nach /11, S. 41/

besondere Anpassungen der Pflanzen

verkleinert Blätter / ev. nur noch Dornen (Oberflächen-Verringerung für Photosynthetische Fläche), Dornen sind Tau-Sammel-Punkte
Wachs-artige Blatt- und Stengel-Überzüge (Suberin) (wirken reflektierend, Hemmung der Verdunstung)
besondere Mechanismen der C-Assimilation (C4, CAM)
vertragen höhere Salz- und Mineralien-Konzentrationen
dicke Stämme mit Wasser-Speichergewebe
sehr lange / tiefe Wurzeln; stark verzweigt

besondere Anpassungen der Tiere

ovale Blutkörperchen
können in kurzer Zeit viel Wasser aufnehmen ohne zu Platzen; dadurch wird das Blut und der Körper insgesamt nicht verwässert (Konstanthaltung der gelösten Stoffe)

Höcker der Dromedare und Kamel sind Fett-Speicher, die nicht als Wasserspeicher fungieren

WasserGewinn durch Veratmung von Fetten

sehr effektive Nieren, die kaum Verlaust-Wasser haben

hohe Stoffwechsel-Raten

kleines Herz
reduzierter Stoffwechsel; häufig äußerst flexibel (große Varianz)

aktuelle Tendenzen, Probleme und anthropogene Einflüsse

derzeit fortschreitende Wüsten-Bildung (Desertifikation)
Wirkung durch menschliche Aktivitäten verstärkt
mögliche Ursachen: globale Erwärmung, Übernutzung von Wirtschaftsflächen, Abholzung, falsche Bewässerungs-Methoden; Überwaidung; steigende Welt-Bevölkerung; zunehmender Tourismus; …
1/3 der landwirtschaftlichen Nutzflächen sind von Desertifikation bedroht; 12 Mill. km^2 (? pro Jahr) weltweit
Wander-Völker sollen seßhaft werden; führt zur Übernutzung von Flächen und Resourcen (Wasserstellen, Oasen, …)

gute, breite Info's: http://dbbm.fwu.de/fwu-db/presto-image/beihefte/55/002/5500242.pdf

4.4.2.1.3. Ökosystem: Urwald



tropischer Regenwald
Q: commons.wikimedia.org (Yakoo1986)

Allgemeines
von Menschen meist ungenutzter und Natur-belassener, unberührter, älterer Baum-Bestand mit natürlichen Begleit-Pflanzen und -Tieren

-Arten / -Typen

Urwald-Typen

- **borealer Nadelwald**
- **tropischer Regenwald**
- **Berg-Nebelwald + Wolkenwald**

tropischer Regenwald
auch tropischer Feuchtwald
im Bereich des Äquator's verbreitet
immergrüne Vegetation, Blätter können das ganze Jahr abfallen
Temperaturen zwischen 20 und 34 °C mit 11 bis 12 Stunden Licht
Niederschläge 125 bis 660 cm jährlich mit saisonalen Schwankungen zwischen 10 und 30 cm pro Monat

100 bis 300 Baum-Arten



Regenwald in Equador
Q: commons.wikimedia.org (Fährtenleser)

Strukturierung

Stockwerke nach RICHARDS

- **Überbäume**
  Stockwerk a
  Stratum 5
  herausragende Baum-Riesen; emergent layer / trees
  40 bis 60 (selten bis 80) m hoch

- **geschlossenes Kronen-Dach**
  Stockwerk b
  Stratum 4
  hohe / ausgewachsene / alte Bäume
  canopy layer; oberer Baldachin
  20 – 30 / 40 m

- **mittlere Schicht aus Bäumen**
  Stockwerk c
  Stratum 3
  niedrige Bäume / junge Bäume
  understory layer
  15 – 20 m

- **Strauch-Schicht**
  Stockwerk d
  Stratum 2
  immature layer
  2,5 – 6 m über Boden

- **Kraut- und Boden-Schicht**
  Stockwerk e
  Stratum 1
  -0,2 – 2,5 m

Höhen-Klasse [m]	**Anzahl In-dividuen**			**Biomasse oberirdisch [kg / ha]**	**Biomasse Grobwur-zeln [kg / ha]**	**Biomasse gesamt [kg / ha]**
>30	80			267'196	15'626	**282'822**
20 – 30	335			336'104	23'441	**359'545**
10 – 20	740			56'079	6'002	**62'081**
5 – 10	1'525			13'218	1'951	**15'169**
1,5 – 5	7'450			7'333	1'542	**8'875**
< 1,5	83'650			1'449	439	**1'888**
gesamt:	**93'780**			**685'370**		**940'419**

nach ARCHIBOLD (1995) von: http://lv-twk.oekosys.tu-berlin.de/project/lv-twk/20-trop-wet2-twk.htm

alte, abgestorbene Bäume reißen beim Umstürzen große Schneisen, die aber schnell wieder zuwachsen (Regeneration des Primärwaldes)

das Ökosystem charakteresierende abiotische Umweltfaktoren

kleiner Wasser-Kreislauf
Verdunstung durch Pflanze → Wolke → Regen → Boden → Pflanze →

macht ungefähr 25 % der Wasser-Dynamik aus

großer Wasser-Kreislauf
Verdunstung durch Pflanze → Wolke → Regen → Boden → Grundwasser → Flüsse → Ozean → Verdunstung → Wolke → Regen → Boden → Pflanze →
restliche 75 % der Wasser-Bewegung (freies Wasser)

dünne Humus-Schicht (Streuschicht)
Bäume usw. sind die eigentlichen Speicher (vorrangig CO_2)
tief-brauner, Nährstoff-armer, stark saurer Boden

typische Pflanzen-Arten / -Gruppen

typische Tier-Arten / -Gruppen

besondere Anpassungen der Pflanzen

vielfach Stamm-Blütigkeit (Kauliflorie) und Stamm-Fruchtung (Kaulikarpie) als Schutz vor starken Regenschäden; ev. auch Anpassung an Bestäubung durch Vögel und / oder Fledermäuse
Bsp.: Kakao-Baum, Judas-Baum

Blätter mit lang-gezogenen Blatt-Spitzen (Ablauf-Spitzen) zum schnellen Ablaufen der Wassermassen bei starken tropischen Regenschauern

dünne Rinde, keine Borke
Verzweigung der Bäume praktisch erst auf der Ebene der Krone

kurz-lebige Samen
Lebendauer von Blättern liegt bei rund einem Jahr
ohne Synchronisation des Abwurfes

besondere Anpassungen der Tiere

aktuelle Tendenzen, Probleme und anthropogene Einflüsse

nach Abholzung / Brandrodung und kurzzeitiger Nutzung bleiben praktisch Nährstoff-freie, mineralische Böden zurück
Neubesiedlung führt nur zu Sekundärwald (mit veränderter Arten-Zusammensetzung im Vergleich zum Primärwald)

4.4.2.1.4. Ökosystem: Wald



urtümlicher Nadel-Wald
Q: de.wikipedia.org (Bru-nO)

Allgemeines

-Arten / -Typen



urtümlicher Mischwald
Q: pixabay.com (swaskalon)

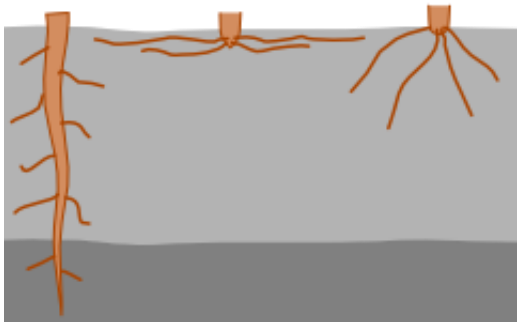
das Ökosystem charakteresierende abiotische Umweltfaktoren

typische Pflanzen-Arten / -Gruppen

Q: pixabay.com ()

typische Tier-Arten / -Gruppen

besondere Anpassungen der Pflanzen



Pfahl-, Flach- und Herz-Wurzelsystem

besondere Anpassungen der Tiere

aktuelle Tendenzen, Probleme und anthropogene Einflüsse

geschätzte Wald-Größen in den letzten 4 Jahrtausenden der Menschheitsgeschichte

Jahr	Wald-Bestand [Mrd. ha]		
2000 v.u.Z.	4,0		
1000 u.Z.	3,5		
1955	3,3		
1978	2,6		
2000	2,1		

Q: /37, S. 21/

Diversität in einem Buchen-Wald

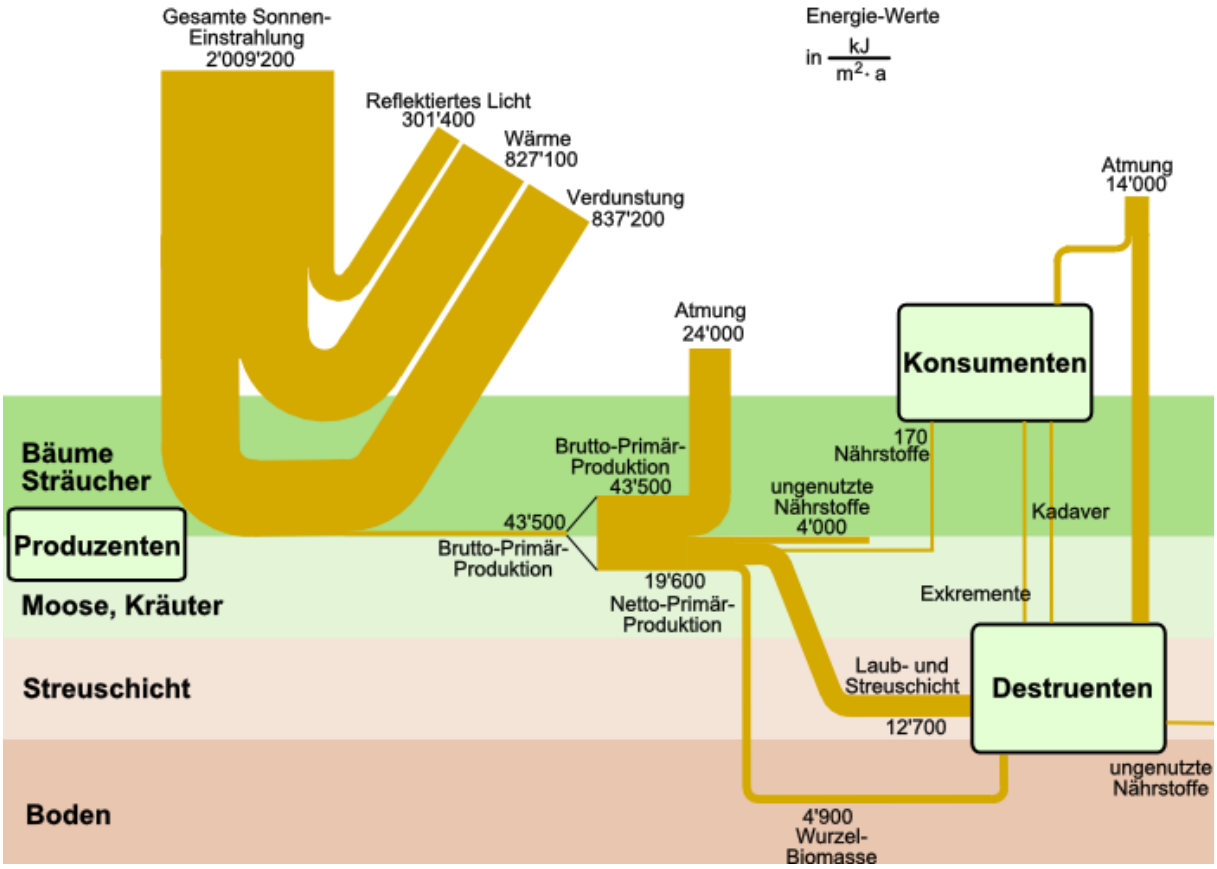
Organismen-Gruppe	ungefähre Arten-Zahl
Pflanzen	**800**
Samenpflanzen	200
Farne	15
Moose	190
Algen	160
Flechten	280
Pilze	**3.100**
andere	3.000
Schleimpilze	50

Organismen-Gruppe	ungefähre Arten-Zahl
Tiere	**7.000**
Wirbeltiere	110
Insekten	5.200
Tausendfüßer	60
Asseln	25
Spinnentiere, Bärtierchen	560
Schnecken	70
Würmer	400
Einzeller	400

Bakterien / Blaualgen	
Bakterien	130

Q: nach /37, S. 146/

eine Buchenwald beheimatet rund 20 % der in der Biogeo-Region / Klimazone bekannten Leberwesen



Energiefluß in einem Laubwald
(nach GOSZ et.al.; 1978)

Vergleich verschiedener Wald-Typen

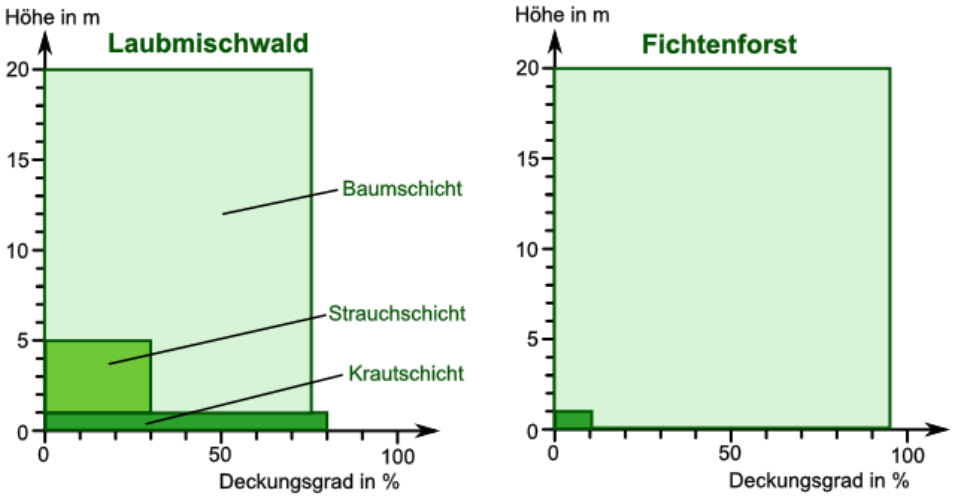
		Buchenwald, geschlossen	Eichen-Hainbuchen-Mischwald			Fichten-Forst
		 Q: de.wikipedia.org (Marlene Thyssen)				
Entstehung		natürlich	natürlich			künstlich
typische Pflanzen						
typische Tiere						
Biomasse-Produktion [t / ha]		**26636**	**12550**			**24170**
Bäume		26200	11600			23700
Sträucher		5	250			< 0,01
Kräuter, Gräser		1	220			< 0,01
Streu		430	480			470

(c,p) 2011 – 2025 lern-soft-projekt: drews

Aufgaben:

1.

2. Werten Sie die dargestellten Diagramme aus und begründen Sie die Unterschiede!



Daten-Q: Abitur 2005 (Sachsen)

3.

4.4.2.1.x. Ökosystem: Buschwald

4.4.2.1.x. Ökosystem: Savanne

großflächiges Grasland mit verstreuten Bäumen, offen und flach
Afrika, Südamerika und Nordaustralien
durchschnittliche Temperaturen 24 bis 29 °C
jährliche Niederschläge 10 bis 40 cm
ausgedehnte Trocken-Zeit(en);
in Trocken-Zeiten können Flächen-Brände auftreten (verursacht durch Blitze)
Brände wandern schnell, da sie wenig brennbare Materialien vorfinden

es herrschen Gräser und Stauden vor
Stauden haben tiefe Wurzeln oft verdickt od.ä. mit Speicher-Funktion
für normale Bäume nicht ausreichend Wasser
nur mit sehr tiefen Wurzeln, speziellen Speicher-Geweben und / oder veränderter Photosynthese (C4 oder CAM)

4.4.2.1.x. Ökosystem: suptropische Wüste

geographisch zwischen 15 und 30° nördlicher bzw. südlicher Breite liegend (um die Wendekreise des Steinbock's bzw. Krebses liegend
sehr trocken; in den meisten Jahren übersteigt die Verdunstung die seltenen Niederschläge
Niederschlags-Wasser versickert schnell im Boden; weniger als 30 cm Niederschläge pro Jahr; statistisch gleichmäßig über das Jahr verteilt, fallen aber insgesamt eher zufällig
Temperaturen für heiße und kalte Wüsten sehr unterschiedlich
Sahara und Outback in Nordaustralien unter 2 cm Niederschläge
heiße Wüsten (z.B. Sahara,) Bodenoberflächen-Temperatur bis 60 °C (tagsüber); nachts bis 0 °C runter

in kalten Wüsten geht die Nacht-Temperatur bis auf -30 °C zurück; tagsüber werden bis 25 °C beobachtet

praktisch kaum Vegetation und Fauna beobachtbar

nach Niederschläge üppiges Pflanzen-Wachstum (einjährige Pflanzen oder mehrjährige Stauden)
Pflanzen haber extrem kurze Wachstums- und Blüh-Phasen
Samen sind sehr beständig (trocknen kaum weiter aus)
Sukkulente (Kakteen, Lebende Steine) dominieren die länger lebende und beobachtbare Vegetation

Herden von Gras-Fressern; Kleinsäuger

4.4.2.1.x. Ökosystem: gemäßigtes Grasland / Pärie

4.4.2.1.x. Ökosystem: arktische Tundra

4.4.2.2. großräumige, urbane Ökosysteme

Siedlungs-Typ	Anteil nicht-heimischer Arten [%]	
Waldsiedlung	20 – 30	
Dorf	30	
Kleinstadt	35 – 40	
Mittelstadt	40 – 50	
Großstadt	50 – 70	

(FALINSKI 1971; Verhältnisse in polnischen Siedlungen)
aus /40, S. 14/

4.4.2.2.x. Ökosystem: Acker(land), Weiden, Triften

Allgemeines

historisch zumeist durch Abholzung / Rodung gewonnene Flächen, die dann in der für's Mittelalter typischen Drei-Felder-Bewirtschaftung landwirtschaftlich genutzt wurden.

Dazu wurde das verfügbare Land-Stück gedrittelt. Auf einem Stück wurde Winter-Getreide und auf einem anderen Sommer-Getreide angebaut. Ein Teil wurde sich selbst überlassen. Hier entwickelte sich eine vielgestaltige Wiese, die auch zur Heu-Gewinnung (zweimalige Mahd) und zur Beweidung genutzt wurde. Diese – quasi ruhende – Landnutzung wird Brache genannt.
Nach einem Jahr Brache wurde im Herbst geflügt und das Winter-Getreide ausgesät.

	Teilstück 1	Teilstück 2	Teilstück 3
1. Jahr	Brache (Wiese)	Sommer-Getreide (Acker)	Winter-Getreide (Acker)
2. Jahr	Winter-Getreide (Acker)	Brache (Wiese)	Sommer-Getreide (Acker)
3. Jahr	Sommer-Getreide (Acker)	Winter-Getreide (Acker)	Brache (Wiese)

Nach der Ernte des Getreides im 2. Jahr erfolgte ebenfalls eine herbstliches Pflügen. Im Frühjahr des dritten Jahres wurde das Sommer-Getreide (z.B. auch Hafer) ausgebracht und im Herbst geerntet. Auf ein Umpflügen wurde in diesem Herbst dann oft verzichtet.
Die Flur-Stücken ware durch Hecken (→) voneinander getrennt. Sie bilden die Rückzugs-Gebiete für die Wiesen-Arten in den zwei Nutzungs-Jahren. Außerden konnte so das Weide-Vieh von den Getreide-Felder fern gehalten werden.

-Arten / -Typen

das Ökosystem charakteresierende abiotische Umweltfaktoren

typische Pflanzen-Arten / -Gruppen

typische Tier-Arten / -Gruppen

besondere Anpassungen der Pflanzen

besondere Anpassungen der Tiere

aktuelle Tendenzen, Probleme und anthropogene Einflüsse

urbanisierte Version von Wiesen, Steppen (→)

vor rund 7000 Jahren begann bewußte Boden-Nutzung

von den bedeutenden 100 Arten in der Ackerwildkrautflora leben 1200 phytophage Tierarten
dazu kommen noch die Blüten-Besucher und die Konsumenten 2. Grades (zoophage Arten)

charakteristische Acker-Biotope:

- **basenreiche Äcker**
  Klatsch-Mohn und Acker-Senf
  Winter-Weizen, Winter-Gerste, Raps
  Körner-Mais, Sommer-Gerste, Zuckerrüben
- **basenarme Äcker**
  Kornblume
  Winter-Getreide (besonders: Winter-Roggen), Hafer, Buchweizen, Kartoffeln
- **Brach-Acker**
  Kratz-Distel, Acker-Klettenkerbel
  ursprünglich Ruhephase in mittelalterlicher Dreifelder-Wirtschaft
- **Lein- / Flachs-Feld**
  Lein-Nelke, Saat-Labkraut
  Faserpflanzen (Lein)
- **Hanf-Feld**
  zur Unkraut-Bekämpfung wurde …
  Hanf (THC-arme Kulturen), Faser-Hanf
- **Spargel-Acker**
  Kleine Brennesel, Kleinblütiges Knopfkraut
  Gemüse-Dauerkulturen (besondes Spargel)
- **Weinberge**
  Wilde Tulpe, Weinbergs-Lauch
  Wein, Kermesbeere
- **Hopfen-Garten**
  Vogelmiere, Hirteltäschel
  Hopfen
- **Lesesteinriegel**
  Acker-Quecke, Acker-Winde
  Grenzbereich (z.B. als Steinablage, Erosionsschutz)
- **Ackerrain / Stufenrain**
  Knäulgras, Weidelgras, Quecke
  Grenzbereich
- **Feldweg**
  Beifuß, Rainfarn, Pastinak, Wilde Möhre
  Obstbäume (Randbereich), Arbeitsweg
- **Triftweg**
  Aufrechte Trespe, Disteln
  Viehweg
- **Bauerhof**
  Kleine Brennessel, Gänse-Malve, Storchschnabel
  Lager-, Stall- und Wohnstätte
- **Bauerngarten**
  Hausgarten
  Stachelbeere, Johannesbeere, Kohl, Zwiebeln, Möhren, Bohnen, …
  Obstbäume
- **Friedhöfe (mit Kirche)**
  Rispengras, Mauerpfeffer
  religiöses Zentrum
- **öffentliche Gebäude**
  Kleines Liebesgras, Butterblume
  Arbeitsraum und Treff

charakteristische Acker-Biotope (Fortsetzung):

- **modernes Wohngrundstück** — Rotschwingel, Kriechendes Straußengras
  Wohn- und Erholungs-Bereich
- **Sumpfpfad / Steig** — Aromatischer Kälberkropf, Breit-Wegerich, Vogel-Knöterich
  Transport- und Vieh-Weg
- **Dorf- od. Landstraße** — Guter Heinrich, Eisenkraut, Schwarznessel
  Transport
- **Dorfgasse** — Vogelknöterich, Strahlenlose Kamille, Breit-Wegerich, Fingerkraut
  Gehweg
- **historische Altstadt** — Krustenflechten, Moose, Hunds-Braunwurz, Mauerpfeffer
  Wohn- und Handels-Ort, Handwerkliche Produktion
- **moderne Innenstadt** — Liegendes Mastkraut, Vogelknöterich, Franzosenkraut
  Wohn- und Handels-Ort, Dienstleistungen
- **Villengrundstück** — Purpur-Hasenlattich, Gelber Lerchensporn
  Wohn- und Erholungs-Bereich
- **Dom, Burg, Festungsmauern** — Mauerraute, Streifenfarn, Glockenblume
  Erholungs-Bereich, historisch-religiöser Bereich
- **Grünflächen, Parks** — Hirteltäschel, Kreuzkraut, Gänse-Distel, Gräser
  Erholungs-Bereich
- **Dachgärten; begrünte Dächer** — Schnittlauch, Echte Hauswurz, Weißer Mauerpfeffer
  Wasserspeicher, Schutz vor UV-Licht; Wärme-Isolation
- **Bundesstraßen Autobahnen** — Russische Melde, Abstehender Salzschwaden
  Transport-Weg
- **Hafen(-anlagen)** — Gewöhnlicher Beifuß, Gänse-Malve, Roter Gänsefuß
  Transport- und Handels-Bereich
- **Bahnanlagen, Gleise, Bahnhöfe** — Finger-Steinbrech, Scharfer Mauerpfeffer, Fetthenne
  Transport-Weg
- **Groß- und Schwer-Industrie** — Scharfer Mauerpfeffer, Klebriger Gänsefuß, Sal-Weide
  industrielle Produktion
- **Steinbruch** — Tüpfelfarn, Streifenfarn, Fetthenne, Hornkraut
  Rohstoff-Gewinnung
- **Sand-, Kies- und Ton-Abgrabungen** — Armleuchteralgen, Tausendgüldenkraut, Huflattich
  Rohstoff- / Baustoff-Gewinnung

charakteristische Acker-Biotope (Fortsetzung):

- **Kaserne, Truppenübungsplatz, Militärflächen** — Beesen-Heide, Sandkraut, Haferklee, Sandmohn
  militärische Übungen, Lager- und Wohnbereiche
- **Mülldeponie** — Große Brennessel, Kletten-Labkraut, Schwarzer Nachtschatten
  Endlagerstätte, Abfall-Lager
- **Schutt- und Trümmer-Halden** — Götterbaum, Sommerflieder, Schwarzer Holunder, Bittersüßer Nachtschatten
  Endlagerstätte, Abfall-Lager
- **Abraum-Halden** — Schmallblättriges Geiskraut, Salzkraut, Klebriger Gänsefuß
  Endlagerstätte, Abfall-Lager
- **naturnahe Kläranlagen, Rieselfelder** — Wasserlinsen, Schilf, Rohrkolben
  Abwasser-Reinigung

unerwünschte Acker-Unkäuter
Frauenspiegel, Feld-Rittersporn, Kornrade, Acker-Stiefmütterchen, Kornblume, Sand-Mohn

längstes Biotop Deutschlads → ehemalige Zonengrenze (Todes-Streifen)

Definition(en): Urbanisierung
Urbanisierung ist der Prozess der Verstädterung der Landschaft / bestimmter Ökosysteme.

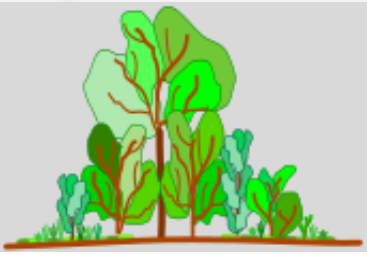
4.4.2.2.x. Ökosystem: Hecke

Allgemeines
Reihe von Baume und Sträuchern
i.A. künstlich angelegt

landwirtschaftlich / ländliche Hecken eher mit verschiedenen Grund-Strauch- bzw. Baum-Arten
in gärtnerischen Hecken dominiert meist eine Strauch-Art

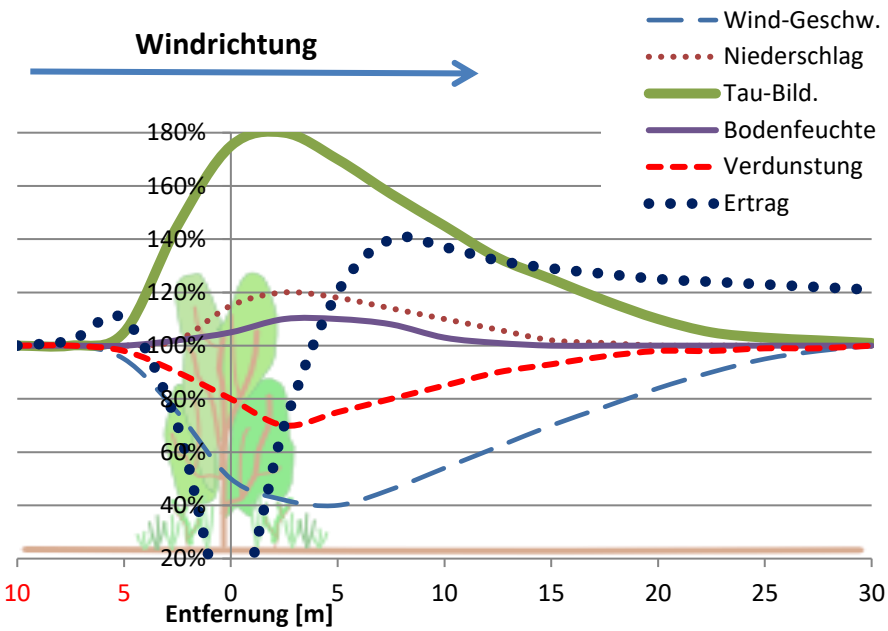
-Arten / -Typen

Hecken-Typen	
• **Niederhecke**	bis 1 m hoch
• **Hochhecke**	2 bis 6 m hoch
• **Baumhecke**	über 6 m hoch

nach der Höhe		
• **Nieder- oder Flachhecke**	bis 1 m hoch typisch sind Jung-Hecken oder künstliche Begrenzungs-Hecken	
• **Mittelhecke**	1 bis 2,5 m hoch	
• **Hochhecke**	über 2,5 m hoch	

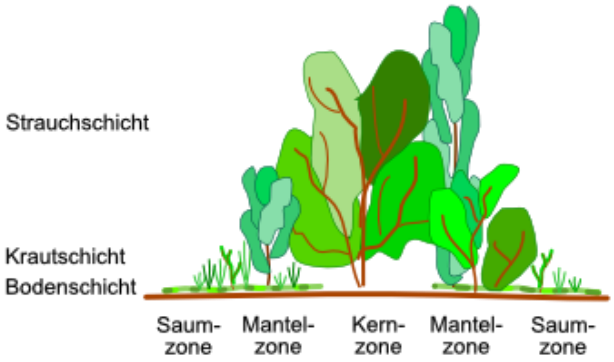
weitere Hecken-Typen
• **BENJES-Hecke**
•
•

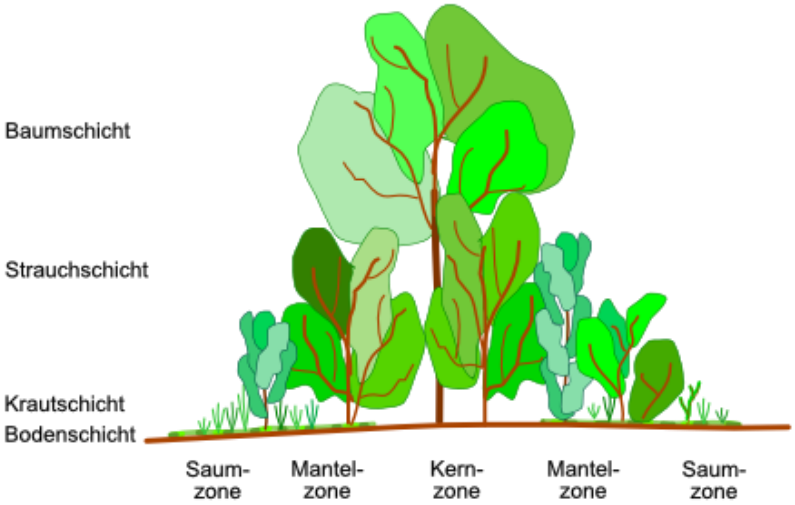
das Ökosystem charakteresierende abiotische Umweltfaktoren



nach VOGTMANN 1985

unwahrscheinlich stark strukturiert
gehört zu den vielgestaltigsten Ökosys-
temen in der gemäßigten Klima-Zone





typische Pflanzen-Arten / -Gruppen

typische Tier-Arten / -Gruppen

besondere Anpassungen der Pflanzen

besondere Anpassungen der Tiere

aktuelle Tendenzen, Probleme und anthropogene Einflüsse



Einfluss von Windschutzhecken
auf die Erträge in der Landwirtschaft
Q: de.wikipedia.org (Bundesarchiv)

lange Zeit stark unterschätztes Ökosystem

Name kommt aus dem Altdeutschen, dort wurde sie "Hag" genannt
Hagebutte ist die klassische Heckenbeere

Linien-Biotop
urbanisierte Grenze zwischen Wald (Forst) und Acker, Weiden usw. (Wiesen, Steppen, …)



BENJES-Hecke (s.a. Exkurs)
Q: de.wikipedia.org (Markus Hassler)

mit Aufkommen großer Landwirtschaftsbetriebe und Landmaschinen vielfach aus der Landschaft entfernt
starke negative Wirkungen (erwünschte Ertragsteigerung durch zusätzliche Fläche hat sich nicht erfüllt)
Verstärkung Boden-Erosion
mehr Halmbruch / Windschäden
geringere Wanderungsbewegungen zwischen angrenzenden Ökosystemen → Wegfall / Reduktion des Gen-Austausches
stärker Schädlingsbefall

heute wieder verstärktes Anlegen und erweiterte Pflege

(mögliche) Funktionen einer Hecke

- **Windschutz**
- **vielgestaltiger Lebensraum**
- **Lebensraum für Nützlinge**
- **Wanderweg / Ausbreitungsweg (Biotop-Verbund / -Vernetzung)**
- **Sichtschutz**
- **Steigerung Tau-Bildung**
- **Stabilisierung der Bodenfeuchte**
- **Deckung**
- **biologische Ungeziefer-Reduktion**
- **Ausbreitungsgrenze für (Mono-(Kultur-))Schädlinge** Unkräuter, Schädlinge
- **Erosionsschutz**
- **bilden Klein- und Mikro-Klima** (stabilisieren Temperatur, Luftfeuchtigkeit bzw. gleichen aus)
- **(Eigentums-)Grenze**
- **Erhöhung landwirtschaftlicher Erträge auf angrenzenden Nutzflächen**
- **Bienen-Standort und -Weide** auch für andere Hautflügler (Hummeln, Wespen, …)
- **Nährstoff-Speicher** Fang von Verottungs-Produkten, (Blättern, Tier-Kadaver, …)
- **Schallschutz**

fast immer werden alle Funktionen erfüllt, einzelne können aber an bestimmten Standorten bevorzugt oder reduziert sein

Exkurs: BENJES-Hecke – Funktionen und Anlage

auch Totholz-Hecke genannt

entwickelt / beschrieben / untersucht Herman BENJES (1937 – 2007); deutscher Landschaftsgärtner

Anlage:
in einem 1 bis 4 m breitem und 1 bis 1,5 m hohem Streifen wird Gestrüpp, altes Buschwerk, Mahdgut, Stroh, … aufgestapelt; Entfernung der Mittel-Linie rund 3 bis 4 von geplanter Nutzfläche
ev. können gewünschte – aber (Orts-)typische – locker mit eingepflanzt werden
Verstreuen von Samen und Beeren möglich; ev. in einem zentraler Kompost-Streifen
keine oder nur sehr kleine Unterbrechungen (Feldzufahrten usw.)
Anfang und Ende der neuen Hecke sollten andere (Wald-)ähnliche Biotope sein



junge BENJS-Hecke
Q: de.wikipedia.org (Kamel15)

billig, sehr ökologisch (sehr naturnah), kaum Menschen-Einflüsse notwendig und vorhanden

schon nach kurzer Zeit – praktisch ab sofort bietet die Anlage verschieden Arten ein Zuhause
in den nächsten Jahren starke Sukzession (bis Klimax rund 30 bis 120 Jahre)
bietet praktisch ab sofort Erosionsschutz (stärker werdend)

einige Vorteile (z.B. hinsichtlich Arten-Schutz und Biotop-Verbund sind eher langfristig

Alternativen sind z.B. gepflanzte Wall-Hecken (Knicks, Knicke, Öwer, Över, …)
Erd- Stein-, Geröll- und / oder Torf-Wälle als Grundlage

4.4.2.2.x. Ökosystem: Stadt

Allgemeines

unter ökologischer Betrachtung hat die Stadt in der Bevölkerung / unter Populär-Ökologen einen schlechten Ruf
es gehört mittlerweile zu den vielgestaltigsten, Arten-reichsten Ökosystemen
Arten-reicher selbst als weitere Umgebung

-Arten / -Typen

das Ökosystem charakteresierende abiotische Umweltfaktoren

→ SCHUBERT "Lehrbuch Ökologie"

typische Pflanzen-Arten / -Gruppen

typische Tier-Arten / -Gruppen

besondere Anpassungen der Pflanzen

besondere Anpassungen der Tiere

aktuelle Tendenzen, Probleme und anthropogene Einflüsse

4.4.2.3. kleinräumige Ökosysteme

hierzu könnte man auch schon Hecken, Felder, kleine (isolierte) Wälder usw. zählen
ich zähle hier solche Ökosysteme dazu, die in sich abgeschlossen und (im ökologischen Sinne) stabil sind und als Grundlage / Bezugssystem ein spezielles Lebewesen haben
z.B. ein separater Baum auf einer Wiese

meist Biochorie oder

Biochore → kleines Biotop

4.4.2.3.1. Ökosystem: Baum

Allgemeines

hier ein Einzel-Baum, aber auch einzelne Bäume an sich als Ökosystem (vor allem für kleinere – wenig bewegliche – Organismen)
für die ist praktisch ein Baum wie ein Kontinent und der nächste Kontinent ist scheinbar unerreichbar fern
so können die Bäume eines Waldes Sammlungen von kleinen Ökosystemen sein

-Arten / -Typen

das Ökosystem charakteresierende abiotische Umweltfaktoren

typische Pflanzen-Arten / -Gruppen

typische Tier-Arten / -Gruppen

besondere Anpassungen der Pflanzen

besondere Anpassungen der Tiere

aktuelle Tendenzen, Probleme und anthropogene Einflüsse

Forste mit ihren Mono-Kulturen bilden riesige Brutstätten für Schädlinge

Klima-Veränderungen führen in Deutschland, aber auch in den Mittelmeer-Ländern zu immer trockneren Böden
sinkende Grundwasser-Spiegel
selbst tagelanger Regen hilft nicht mehr
alte Baum-Sorten sind den aktuellen Anforderungen (Temperatur, Wasser-Mangel, Schädlinge) nicht mehr gewachsen → ganze Wälder / Forste sterben ab

4.4.2.3.x. Ökosystem: Baum-Rinde

Allgemeines

-Arten / -Typen

das Ökosystem charakteresierende abiotische Umweltfaktoren

typische Pflanzen-Arten / -Gruppen

typische Tier-Arten / -Gruppen

besondere Anpassungen der Pflanzen

besondere Anpassungen der Tiere

aktuelle Tendenzen, Probleme und anthropogene Einflüsse

Biochorie – Kleinst-Ökosystem

Ökosysteme / System-Abgrenzungen für sehr kleine Organismen (z.B. Bakterien, Käfer, Parasiten, …)

meist kein entscheidender / messbarer Einfluss auf umgebendes Ökosystem
eigene Mikro-Klima usw.

(c,p) 2011-2025 lsp: dre

4.4.2.3.x. Ökosystem: Mensch

"Das Ökosystem bin ich."

Allgemeines

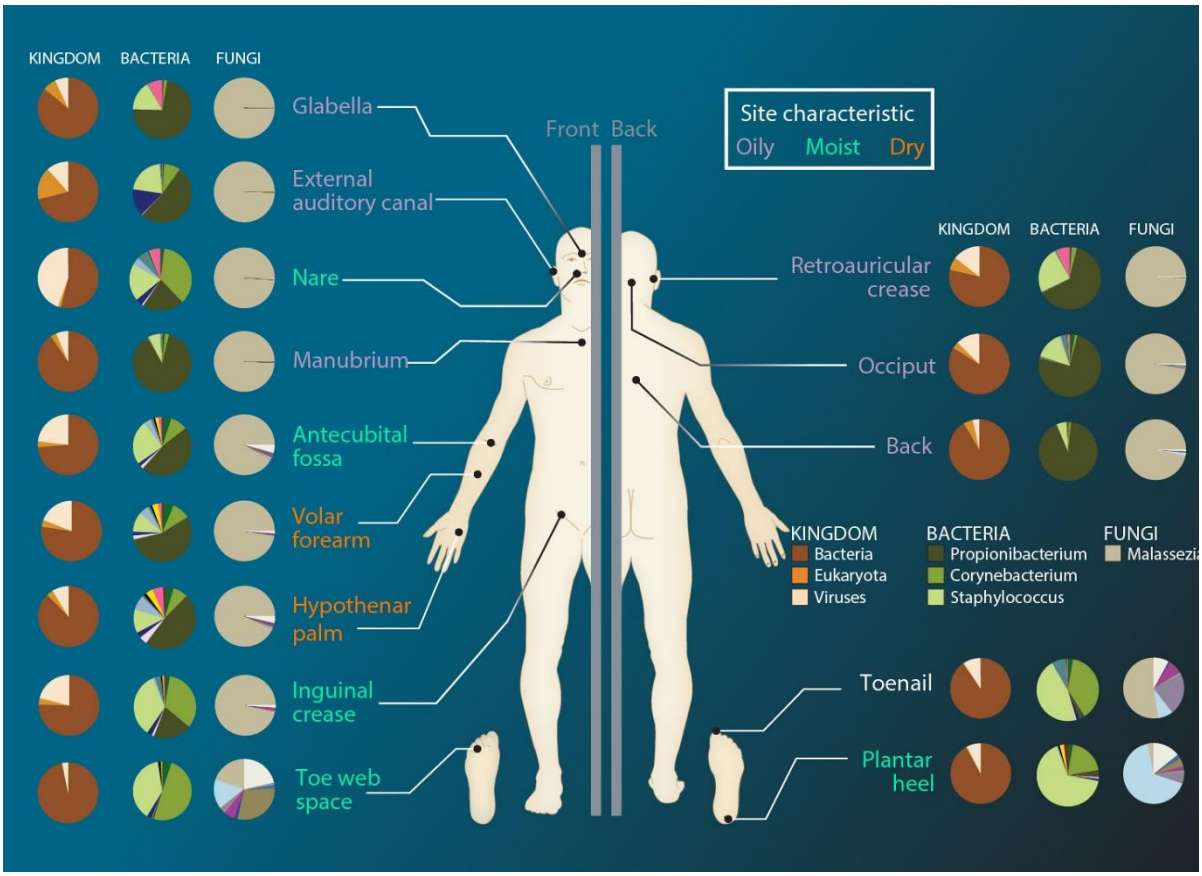
praktisch mehr Micro-Organismen (Bakterien, einzellige Tiere und Pilze) als humane Zellen

wahrscheinlich mehr als 8'000 verschiedene Arten auf und im Menschen
oft regional (Länder, Ländergruppen, Kontinente) unterschiedlich
einzelne Microorganismen haben so spezielle Lebens-Bedingungen, dass eine Nachzucht oder längere Haltung im Labor noch nicht gelungen ist
man weiss von ihnen nur, weil man genetisches Material z.B. im Kot gefunden hat

Lebens-Orte

Haupt-Orte:

- Darm / Verdauungstrakt
- Haut
- Schleimhäute
- Körper-Öffnungen (z.B. Ohren, Mund)
- Zähne
- Urogenital-Bereich (besonders weibliche Scheide)



Besiedlung des Menschen
Q: https://www.genome.gov/image-gallery#nanogallery/nanogallery2/0/27058471125

das Ökosystem charakteresierende abiotische Umweltfaktoren
relativ enger Temperatur-Bereich, lokal aber stabil
andere Lebens-Grundlagen (Nahrung) i.A. reichlich vorhanden

typische Microorganismen-Arten / -Gruppen

Symbionten

Kommensalen

Parasiten

Krankheits-Erreger

besondere Anpassungen der Microorganismen

weitere Arten / -Gruppen

Viren

Prionen

Würmer

Plattwürmer (Bandwürmer)

Insekten (z.B. Fliegen-Maden)

Spinnen (Milben)

besondere Anpassungen anderer Organismen

aktuelle Tendenzen, Probleme

Antibiotika-Einsatz
Resistenzen

übertriebene Hygiene
übermäßiges Abtöten positiv wirkender / nützlicher Organismen
unvollständiges Abtöten gefährlicher / schädlicher Organismen, die dann große Entwicklungs-Potentiale vorfinden
Zerstörung des Eigenschutzes und der angeborenen und erworbenen Immunitäten

Scheiden-Spülungen als (begleitendes) Verhütungsmittel
verstärke Ausbreitung von Scheiden-Pilzen

starke Belastung mit verschiedensten Chemikalien (Kosmetika, Zusätze in Lebensmitteln, Umweltgifte, Luft-Verunreinigungen, …)
oft zwar kleinste Mengen, deren gemeinsame Wirkung weder erforscht ist, noch abgeschätzt werden kann; Test's erfolgen i.A. nur bezüglich einer einzelnen Chemikalie und die sind i.A. auch in den verwendeten mengen völlig unbedenklich
? Zunahme von Neurodermitis, Lebensmittel-Unverträglichkeiten, Allergien, …

Jeder Mensch enthält rund drei- bis viermal soviele Mikroben wie eigene Zellen. Diese sind weitgehend lebens-notwendig und vor allem notwendig für ein gesundes Leben.

Multi-resistente (Krankenhaus-)Keime

übermäßiger Einsatz von (frei zugänglichen) Medikamenten (z.B. Protonen-Hemmer gegen Sodbrennen)
Zerstörung natürlicher Funktion (z.B. Schleim-Produktion im Magen)
Folge ist eine schwere Beeinträchtigung der Magen-Funktion und der Magen-Microorganismen
verstärkte Ausbreitung gefährlicher Keime

Aufgaben:

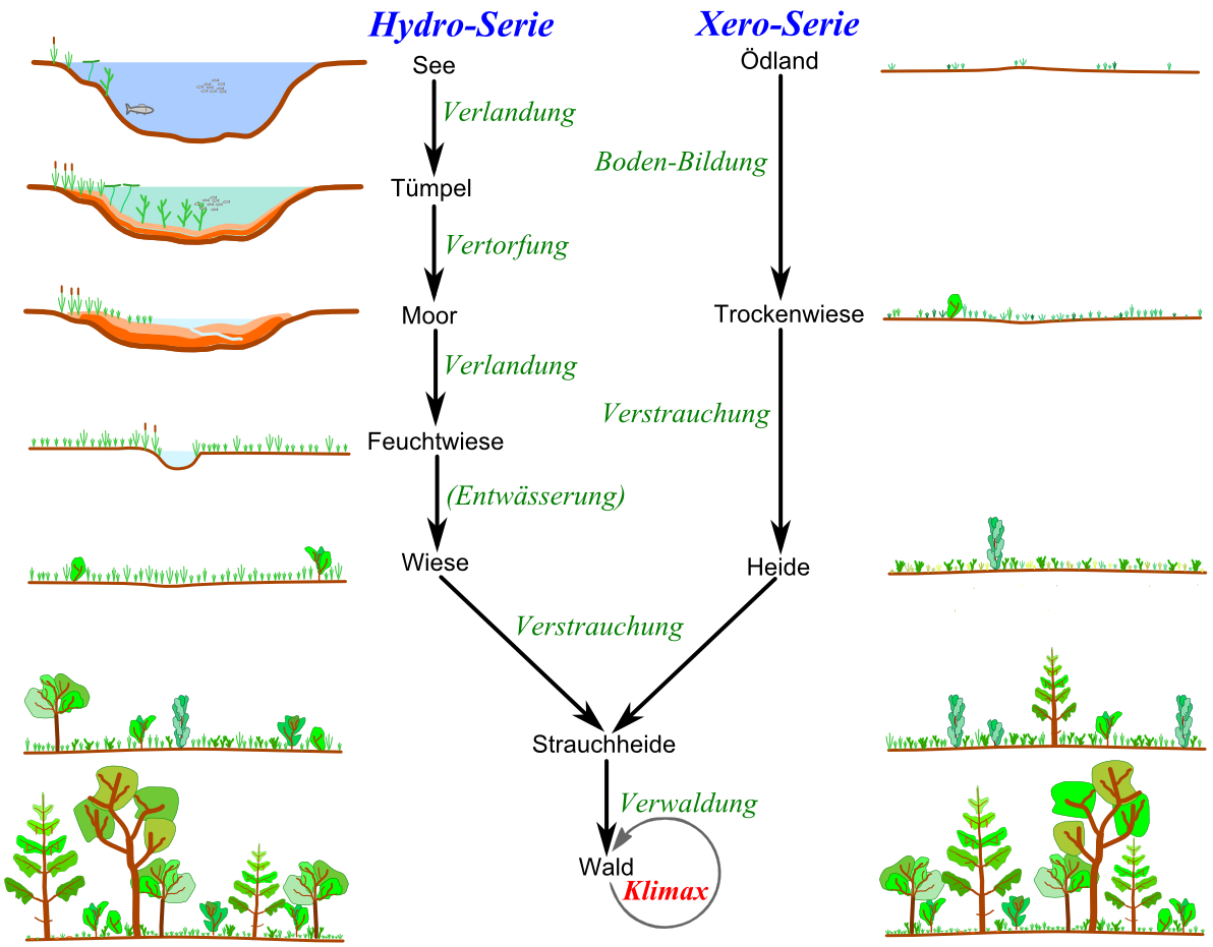
1. *Ermitteln Sie, welche Mikroorganismen(-Gruppen) in oder auf unserem Körper welche Funktionen übernehmen!*
2. *Setzen Sie sich mit der These eines Populär-Wissenschaftlers auseinander, die lautet: "Bakterien sind allesamt Krankheitserreger und sollte deshalb in unserer heimischen Lebenswelt und global ausgerottet werden."*

4.5. Veränderung von Ökosystemen

Sukzession
Syndynamik

von succedere lat. = nachrücken, nachfolgen
successor → der Nachfolger

Definition(en): Sukzession
Unter Sukzession versteht man die zeitliche Aufeinanderfolge von Lebensgemeinschaften an einem Ort. Als Basis wird zumeist die Folge von Pflanzen-Gemeinschaften genutzt.
Unter Sukzession versteht man die typische, zeitliche Aufeinanderfolge von Biozönosen in einem bestimmten Biotop / Lebensraum / Ort.



natürliche Folge durch innersystemische Faktoren

Ausgangspunkte für Sukzessionen sind meist
neu entstandene Gebiete (Vulkaninseln, Rodungen, Vulkanausbrüche mit breiten Lava- oder Asche-Flächen, …)

gestörte Ökosysteme (Meteroiten-Einschläge, Monsterwellen, Tsunamis, Wirbelstürme, Waldbrände, Brand-Rodungen, …)
vom Menschen genutzte oder neu geschaffene Flächen (z.B. Abraum-Halden)

allogene / exogene Sukzession
durch äußere Faktoren – meist abiotischer Natur – verursachte – im gewissen Sinne bzw. für das bisherige Ökosystem katastrophale Veränderungen
abiotische Faktoren verändern sich über die bisherige Spannweite hinaus oder tendieren stark / vermehrt zu den Grenzen (Pessima)

autogene / endogene Sukzession
natürliche Folgen von Arten, Gemeinschaften, Ökosystem

nachfolgende, empfindlichere Arten bilden sich im Schutz robuster Arten
Konkurrenz-schwache, stark angepasste Pionier-Arten (→ r-Strategen) werden von Konkurrenz-starken, weniger angepassten – z.T. aber stark spezialiserten / angepassten – Arten (K-Strategen) abgelöst

es bildet sich ein langfristig stabiles Ökosystem als Klimax-Stadium heraus
dieses ist aber nur pseudo-stabil; durch langfristige Klima-Veränderungen etc. folgen wieder neue (ev. noch langfristere Sukzessions-Folgen)
überlagerte zykliche Veränderungen von Umweltfaktoren (Planeten-Bahnen, Sonnen-Rhythmiken Vulkanismus, …)

regelmäßige Eleminierungs-Effekte
die Aufeinanderfolge der Organismen ist Dominanz-gesteuert (schnelleres Wachstum, bessere Ressourcen-Nutzung, …)

Schlüssel-Prozesse der Sukzession

- **Förderung** die vorherrschenden Arten fördern die Zuwanderung / Ansiedlung neuer Arten
- **Toleranz** Konkurrenz-schwache Arten werden von Konkurrenz-starken Arten abgelöst
- **Hemmung** die vorherrschenden Arten begrenzen ihre eigene Ausbreitung sowie die Einwanderung / Ansiedlung von Pionier-orientierten Arten

räumliche Veränderungen
Erosions-Prozesse (Gebirge → Flachland)
Hebung und Senkung des Bodens (auch durch Gletscher / Eiszeiten) bewirken Austrocknung / Versandung / Versalzung

räumlich-zeitliche Muster-Bildung

normale / progressive Sukzession
Entwicklung hin zu einer stabileren, höher organisierten Klimax-Gesellschaft
typisch, Evolution auf Ökosystem-Ebene

rückwärts-gerichtete / regressive Sukzession
Entwicklung zu einer instabileren, einfacher strukturierten und organisierten Organismen-Gemeinschaft hin
seltener
häufig bei Extrem-Ausprägungen von Umweltfaktoren; dramatische Veränderung mehrerer Umwelt-Bedingungen

primäre Sukzession
ablaufende Veränderungen auf neu geschaffenen, (völlig) unbelebten Lebensräumen (neue Vulkaninseln, neues Gewässer)

sekundäre Sukzession
ablaufende Veränderungen in schon besiedelten / belebten Gebieten
meist starke Störung, die das System-Gleichgewicht kippt
aber auch normale Arten-Folgen
z.B. Kahlschlag; Wald nach Walsbrand

typische zeitliche Strukturierung
Initialstadium
Pionier-Arten, große Flächenabdeckung, effektive Verbreitungs- und Vermehrungs-Mechanismen (→ r-Strategen); schnell-lebige Arten
gegenüber den einzelnen Umweltfaktoren recht tollerant (→ euryök)
bieten Enwicklungs-Chancen für neue einwandernde Arten (Wind- und Sonnen-Schutz, Humus-Schicht, Deckung, Nahrung, …
an-erodierte Gesteine lassen erste Böden entstehen; Wurzeln höherer Pflanzen können in den Lücken Halt finden
Pionier-Arten verändern die wirkenden Umwelt-Faktoren (z.B. Ansammlung von Nährstoffen (→ Akkumulation); Boden-Bildung (→ Pedogenese)

Folgestadien / Folgestadium
der Pionier-Phase folgenden Phasen / Ökosysteme
zeitlich längerfristiger stabil; geringere Dynamik
K-Strategen kommen immer häufiger vor
hohe Vielfalt an Lebensräumen (Biochorien), starke Strukturierung der Umweltfaktoren; sehr viele Kombinations-Möglichkeiten
Arten-Zahl nimmt immer weiter zu, Individuen-Zahlen (der einzelnen (nachfolgenden und vergleichbaren) Arten) sinken
Änderungs-Raten werden geringer
starke Zu- und Abwanderung von Arten

Wegen der starken Veränderungen in der Zeit werden Ökosysteme des Initial- und des Folge-Stadiums auch unreif genannt. Dagegen ist das End-Stadium ein reifes Ökosystem.

Endstadium / Klimax(-stadium)
nur noch Fließ-Gleichgewicht; kaum feststellbare äußere Dynamik, innere Dynamik stark ausgeprägt
K-Strategen beherrschen das System, vermehren sich langsamer, aber immer die Ressourcen ausschöpfend (bzw. dieses anstrebend); lang-lebige / ausdauernde Arten

beste Verwertung von Energie und Stoffen
geringe Störanfälligkeit gegenüber "normalen" äußeren (od. inneren) (Stör-)Faktoren

durch lokale Störungen (z.B. Sturm-Schäden, Veränderungen von Bach- oder Fluss-Läufen, …) können aber auch Klimax-Stadien vergehen
in der betroffenen Region beginnt dann die oder eine neue Sukzession (Mosaik-Zyklus)
im Großraum findet man oft großflächige Klimax-Stadien mit eingelagerten jüngeren Sukzessions-Stadien (Mosaik-Bildung)
über lange Zeiträume entstehen so dynamische Mosaike

typische Klimax-Gesellschaften / -Systeme
Urwälder
(Hoch-)Moore
Korallen-Riffe
Konvektions-Zonen (in den Ozeanen; Ozeanauftrieb)
oligotrophe Seen
Pärien

Definition(en): Klimax
Das dynamische Endstadium einer Sukzession nennt man Klimax. Das Klimax-Stadium wird nur durch tiefgreifende Veränderungen der Standort-Bedingungen aus dem Gleichgewicht gebracht.

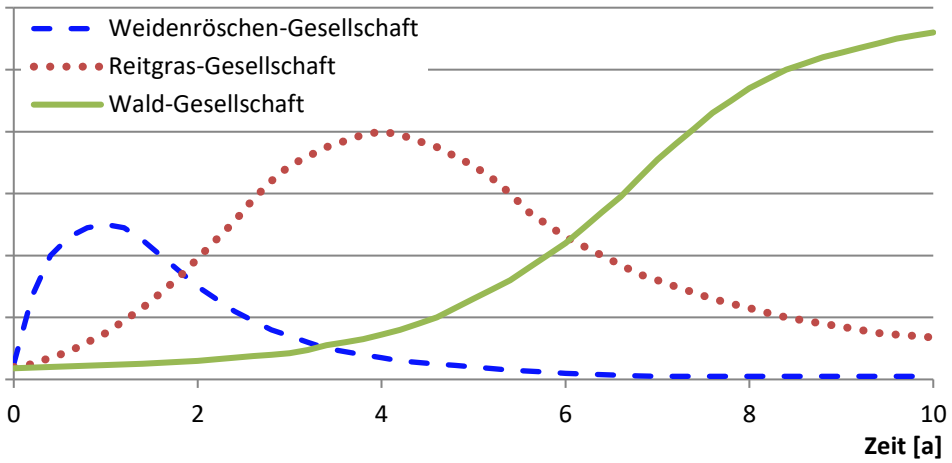
bei der modernen Mosaik-Zyklus-Theorie von K. M. ZUKRIGL wird das großflächige, einheitliche Klimax-System eher als fleckige, etwas kleinflächigere Systeme beschrieben, die sich dynamisch über das großflächige Klimax-System verteilen in intern wandern oder zyklischen Schwangungen / Veränderungen unterliegen

Biotop-Typ	**Entwicklungszeit bis zum Klimax [a]**	
Einjährige Gesellschaften u. ihre Fauna	1 – 4	
Vegetation eutropher Stillgewässer	8 – 15	
gepflanzte Hecken	10 – 15	
Pfeifengras-Wiesen; Magerrasen	Jahrzehnte	
Vegetation oligotropher Stillgewässer	ab 20 – 30	
Felshöhlen mit echten Höhlentieren	100 – 200	
Hochmoore	1.000	entspricht rund 1 m Torf

Q: /37, S. 355 (nach JEDICKE 1990/

quasi existieren mehrere kleine, sich dynamisch verteilende Klimax-Systeme, die sich nach Außen als ein großes, sehr stabiles System darstellen
innere Abgrenzung schwer festlegbar, da einzelne Systeme und die herrschenden Bedingungen recht ähnlich sind
die hoch-entwickelten Lebensgemeinschaften sind aber sehr speziell entstanden und stabil

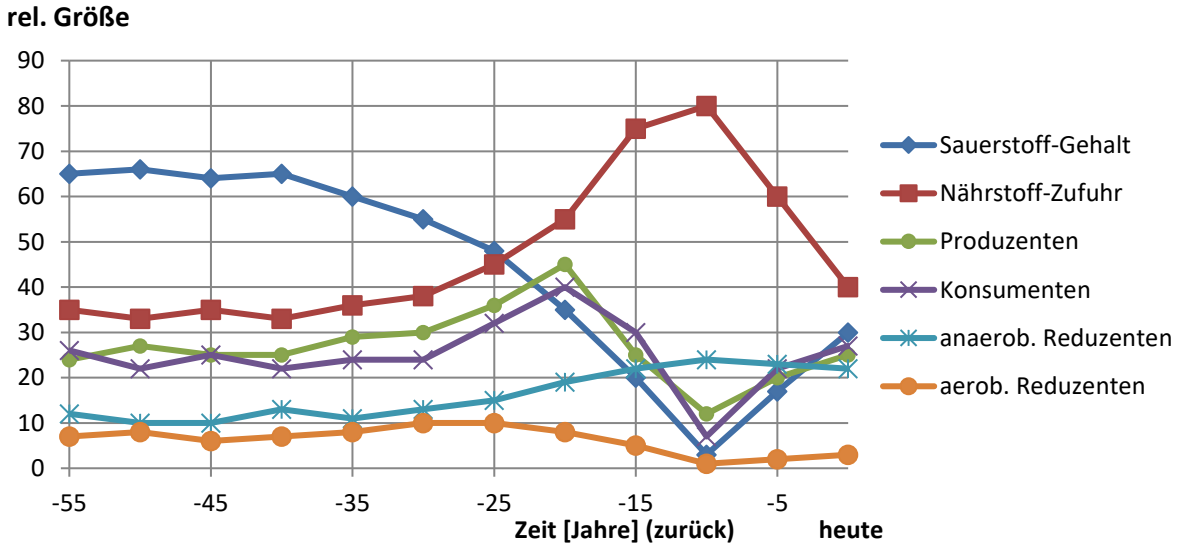
Entwicklung von Pfanzen-Gesellschaften nach einem Kahlschlag



 (c,p) 2011-2025 lsp: dre

komplexe Aufgaben (z.B. zur Vorbereitung auf eine Klausur)

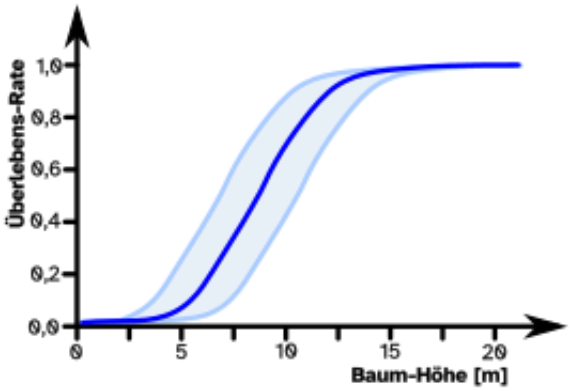
1. *Verlosen Sie im Kurs für jeden Teilnehmer zwei – der bisher besprochenen – Ökosysteme! Fertigen Sie dann eine Minimal-Übersicht (jeweils auf einer A6-Karteikarte) zu den beiden Ökosystemen an!*
2. *Präsentieren Sie Karteikarten dann z.B. an der Tafel und lassen Sie diese von den anderen Teilnehmern mit +, 0 oder – bewerten! Welche Karteikarten sind am besten gelungen? Wo sind Reserven bei den anderen Karten aufgefallen? Diskutieren Sie!*
3. *Wählen Sie im Kurs ein Ökosystem aus, das bisher noch nicht besprochen wurde!*
   a) *Machen Sie im Kurs ein Brainstorming zu diesem Ökosystem!*
   b) *Tragen Sie dann zusammen, welche schon besprochenen Fakten und Zusammenhänge auch für das Ökosystem passen!*
   c) *Prüfen Sie nun, ob diese Informationen auch wirklich zutreffen!*
   d) *Stellen Sie abschließend ein Handout (eine A4-Seite) zu diesem Ökosystem zusammen!*
4. *Von einem See sind über rund 60 Jahre verschiedene ökologische Kenndaten beobachtet worden. Vor rund 35 Jahren begann in der Umgebung des See's eine intensive Landwirtschaft, die dann wegen der bedenklichen Veränderungen in und am See auf biologischen Landbau umgestellt wurde.*
   a) *Interpretieren Sie das Diagramm zuerst einmal ohne die Beachtung der beschriebenen Ereignisse!*
   b) *Woran kann man Ereignisse in dem Diagramm erkennen? Begründen Sie Ihre Meinung!*
   c) *Können Sie den Beginn des biologischen Landbau's zeitlich genauer bestimmen? Erläutern Sie, wie Sie dabei vorgegangen sind!*



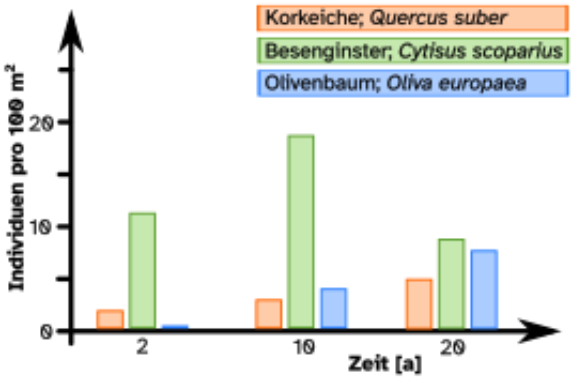
5.

6. Kork-Eichen ((s) Quercus suber) ist einer der charakteristischen Bäume in Süd-Portugal und dem südlichen Spanien. Der immergrüne Baum wird bis zu 20 m hoch und kann in seinem Leben rund 100 kg Kork liefern. Der Kork ist eine Schicht der Rinde. Kork ist sehr leicht, nicht brennbar, elektrisch und termisch isolierend.

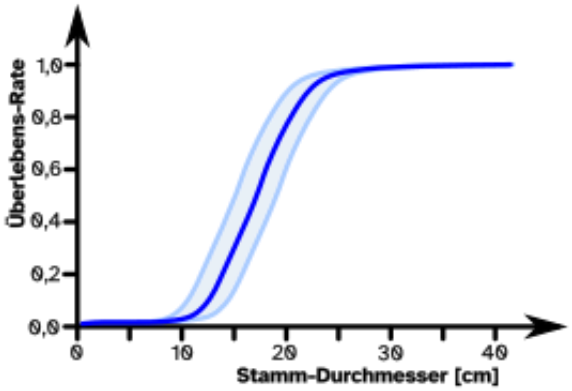
Material 1



Material 3



Material 2



Der Pantoffelholzbaum, wie die Korkeiche auch genannt wird, wächst in einer Region, die regelmäßig von Busch- und Wald-Bränden betroffen ist. Er braucht viel Licht und Wärme und kann deshalb schlecht in dichten Beständen überleben. Große Entfernungen zwischen den Bäumen erschweren aber die Bestäbung mit Fremd-Pollen.

a) Recherchieren Sie, wie früher und heute Kork gewonnen und genutzt wird!

b) Skizzieren Sie den Stamm-Querschnitt einer Ernte-reifen Kork-Eiche und benennen Sie die Schichten! Kennzeichnen Sie die Wachstums-Schicht farblich!

c) Wie schützt sich die Kork-Eiche vor einer Selbstbestäubung? Erläutern Sie!

d) Für die Erforschung der Überlebens-Wahrscheinlichkeit bei Waldbränden analysierten Forscher auch die Daten der Stämme. Interpretieren Sie die zugehörigen Diagramme (Material 1 + 2)!

e) In weiteren Forschungs-Projekten beobachtete man auch die Veränderungen des Pflanzen-Bestand's nach Bränden anhand von drei Arten. Beschreiben Sie die zeitlichen Veränderungen der Bestände auf der Grundlage von Material 3!

f) Im Mittelmeer-Raum, aber auch in Portugal und auf den Kanarischen Inseln, kommen Zistrosen vor. Diese Pflanzen sind ebenfalls häufiger Feuern ausgesetzt. Erkunden Sie wie die Zistrose Brände überstehen kann! Recherchieren Sie auch noch mindestens drei Anpassungen an regelmäßig Waldbrände und erläutern Sie diese!

nach Q: Aufgaben zur Internationale Biologie-Olympiade 2021.-"Manche mögen's heiß"

4.6. die Gaia-Theorie

gaia (alter griechischer Name für Mutter Erde) → die Erde lebt;

Ausgangs-Punkt ist die Feststellung, dass Organismen ihre Umwelt verändern

Evolution der Organismen / Arten ist mit der Evolution der Umwelt verbunden

initiale Frage war, wie man feststellt, ob ein Planet (damals ging es um Mars und Venus) Leben beherbergt

die Erde erbt von den auf ihr lebenden Organismen den Status "lebendig", aber als Gesamt-Objekt finden alle Merkmale des Lebens ihre Anwendung

- zellulärer Aufbau
- eigener Stoff- und Energie-Wechsel
- Wachstum und Entwicklung
- Fortpflanzung und Vererbung
- Reizbarkeit
- Verhalten
- Imunologie / Unterscheidung von Eigenem und Fremden
- Bewegung (aus dem Objekt selbst heraus)

kritisch wird es vielleicht beim Merkmal "zelluläre Aufbau", ist aber vielleicht nur eine Frage der Möglichkeiten des Mikroskop's mit dem wir die Erde von außen untersuchen, vielleicht ist es so eingestellt, das die Lebewesen als die Bau-Einheit angesehen werden

Gaia-Hypothese (Anfang der Siebziger Jahre des Zwanzigsten Jahrhunderts) von engl. Chemiker James E. LOVELOCK (); es werden bestimmte Eigenschaften von atmosphärischen Gasen, von Oberflächengestein und Wasser durch die Aktivitäten der / aller Lebewesen reguliert; Wachstum, Tod und Stoffwechsel beeinflussen direkt die Umgebung; das Leben als Ganzes optimierte seine Umwelt zu seinem eigenen Nutzen
physiologisch regulierte Erde; nicht: "die Erde ein einziger Organismus"; Erde hat im biologischen Sinn einen Körper, der durch komplizierte physiologische Vorgänge am Leben erhalten wird; Leben ist ein Phänomen globalen Ausmaßes
alle nutzen das gleiche Wasser und die gleiche Luft

Propriozeption: Wahrnehmung von Bewegungen und räumlicher Orientierung aufgrund von Reizen aus dem Körperinneren (z.B.: Lagesinn)
Erde insgesamt als belebtes System besitzt propriozeptives System (besser vielleicht: propriozeptive Eigenschaften / Merkmale / Systemkomponenten) und reagiert auf Veränderungen

Organismen verändern Umwelt so, dass sie abweichende Situationen von den üblichen anorganischen Gleichgewichten enthalten
z.B. Erd-Atmosphäre: die Gase Sauerstoff und Methan sind in ungewöhnlich hohen Konzentrationen (Anteilen) enthalten; es muss besondere produzierende Quellen geben (eben die Organismen), die imme wieder neue Mengen freisetzen, so das sich kein "natürliches" (anorganisch / chemisches) Gleichgewicht einstellen kann
Cohlenstoffdioxid und ??? kommen dagegen in ungewöhnlich kleiner Konzentration vor, hier müssen besondere Senken (eben die Organismen) vorhanden sein

LOVELOCK sieht eine der wichtigsten Funktionen von Gaia darin, die Temperatur auf der Erde durch Kühlung stabil zu halten
würden die Pflanzen wegfallen, dann würde sich durch sich immer mehr ansammelndes CO_2 die Temperatur auf ungefähr 50 °C erhöhen

bei 35 °C Wasser-Temperatur wäre in den Ozeanen kein Leben mehr möglich

die mittlere Temperatur der Ozeane liegt derzeit bei 15 °C und hierauf ist das Leben seit Milliarden von Jahren angepasst
schon über diese 15 °C hinweg fangen die Ozeane an abzusterben
der El nino-Effekt zeigt soetwas schon lokal begrenzt
bei höheren Temperaturen steigen die Ausgasungen von Dimethylsulfid (DMS; $(CH_3)_2S$) und Iodmethan (CH_3I) aus dem Meer.
Die Ozeane verlieren so wichtige limitierende Spuren-Elemente (I, S, Se)
weitere Probleme ergeben sich durch die veränderten (Dichte-abhängigen) Wasser-Bewegungen
kaltes, Nährstoff-reiches Tiefenwasser kann nicht mehr an die Oberfläche gelangen

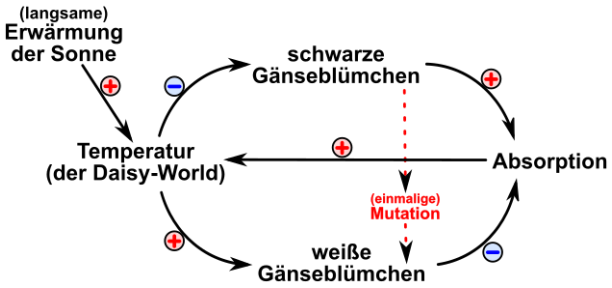
über 40 °C Durchschnitts-Temperatur auf der Erde führt zu einem extremen Treibhaus-Effekt, da sehr viel Wasser-Dampf in die Atmosphäre gelangt
Wasser in der Atmosphäre absorbiert die Wärme(Rück-)-Strahlung der Erde
die Atmospäre würde sich immer mehr aufheizen

Nachweise für seine Theorie konstruiert LOVELOCK mit seinem Modell DaisyWorld
einfache Welt-Modelle, die sich selbst regulieren, obwohl dies nicht in den Modell-Gleichungen vorgegeben ist

das Modell geht von einem Planet Daisy-Welt (gedacht als Äquivalent zur Erde) aus, der mit schwarzen Gänseblümchen bedeckt ist (geographische Unterschiede von Temperaturen usw. usf. werden ignoriert)

nun erwärmt sich die Daisy-Welt immer mehr

durch Mutation entstehen weiße Gänseblümchen, die die Strahlung besser reflektieren
wo sie leben, ist die Umgebung kühler und die Erde erwärmt sich insgesamt nicht mehr so stark

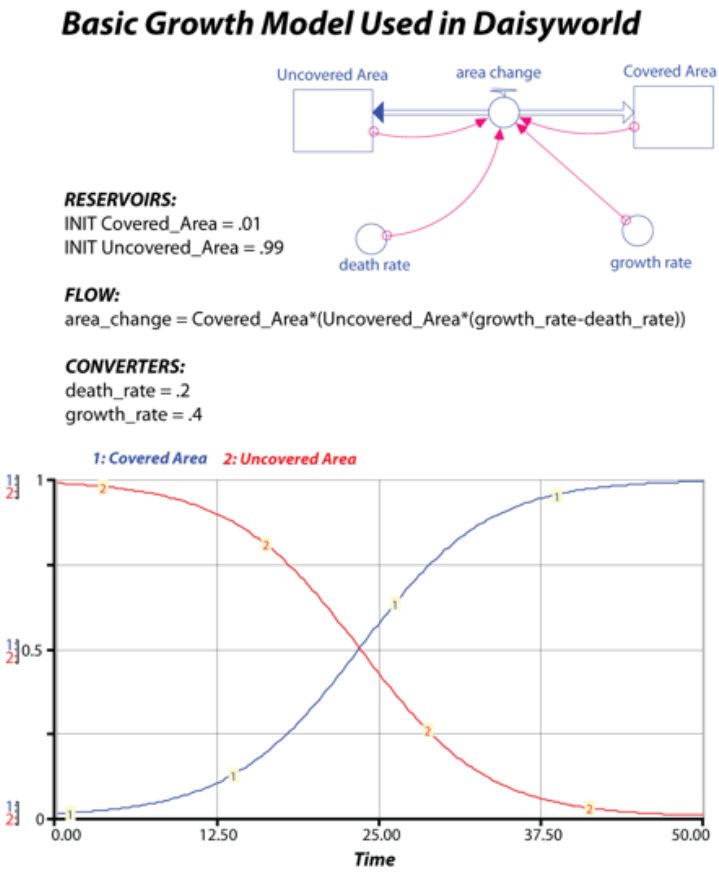


die weißen Gänseblümchen verbreiten sich immer mehr
irgendwann überwiegen die weißen Gänseblümchen und die Reflexion ist so groß, dass es zur Abkühlung der Daisy-Welt kommt
nun sind die schwarzen Gänseblümchen wieder bevorteilt, sie absorbieren die Strahlung besser und die Temperatur steigt wieder

die Beachtung von unterschiedlichen Absorptionen über die verschiedenen geographischen Breiten bringt gleiche Ergebnisse (schwarze Gänseblümchen dominieren zu den Polen, am Äquator sind es mehr weiße)
Modell lässt sich auf weitere abiotische Faktoren erweitern und um neue Arten ergänzen

> Fakten durch Glauben zu ersetzen
> wird die Bedrohung durch Umweltkatastrophen nicht beseitigen.
> James LOVELOCK ("Novozän")

es existieren auch download-bare Python-, JAVA- oder MATLAB-Modelle zum selber simulieren



Simulation mit dem Programm STELLA
Q: https://personal.ems.psu.edu/~dmb53/DaveSTELLA/Daisyworld/daisy-world_model.htm

Ich kann meine Hände verlieren
und trotzdem leben.
Ich kann meine Beine verlieren
und trotzdem leben.
Ich kann meine Augen verlieren
und trotzdem leben.
Ich kann meine Haare, Augenbrauen,
Nase, Arme und vieles andere verlieren
und trotzdem leben.
Aber wenn ich die Luft verliere,
sterbe ich.
Wenn ich die Sonne verliere,
sterbe ich.
Wenn ich die Erde verliere,
sterbe ich.
Wenn ich das Wasser verliere,
sterbe ich.
Wenn ich die Pflanzen und Tiere verliere,
sterbe ich.
All diese Dinge sind mehr ein Teil von mir,
wichtiger für jeden meiner Atemzüge
als mein sogenannter Körper.
Was ist mein wirklicher Körper?
Jack D. FORBES: "*Columbus and Other Cannibals*" (1978)

4.7. Ökologie und Evolution

Das Umwelt-Veränderungen die Evolution beeinflussen ist bekannt und auch weitgehend anerkannt. Selbst hartgesottene Kreationisten lassen sich hier den Ausweg der Mikro-Evolution. Über die Überproduktion von Nachkommen mit leicht veränderten Variationen (Mutation und Rekombination) und der nachfolgenden natürliche Selektion kommt es zur Anpassung der Organismen an die jeweils vorherrschenden Umwelt-Bedingungen.
Die Frage ist nun, beeinflusst die Evolution auch die Umwelt?
HARMON zeigte in einer 2009 veröffentlichten Arbeit, dass genau dies passieren kann.
Er arbeitete mit dem Dreistachligen Stichling (*(s) Gasterosteus aculeatus*) – ein Süßwasser-Fisch, der auch bei uns heimisch ist. In rund 10'000 Jahren hat sich der heute existierende Stichling aus einer Salzwasser-Art entwickelt. Es entstanden mehrere Unterarten, die in einzelnen Seen mehr oder weniger isoliert vorkommen. Es bildeten sich auch einzelne neue Arten, die dann in einem Zwei-Arten-System unterschiedliche ökologische Nischen (Mikro-Nischen) nutzten.
In einem groß angelegten Versuch wurde in 1'100-Liter-Becken auch Schlamm aus Süßwasser-Seen mit Zoo-Plankton und Wirbellosen als künstliche Süßwasser-Ökosysteme etabliert. In einige Becken wurde Stichlinge aus Seen gesetzt, in denen nur eine Stichlings-Art vorkommt. In die anderen Becken wurden Stichlinge aus Doppel-Arten-Systemen gesetzt. Nach kurzer Zeit kam es in den Ein-Arten-Becken zu einer Algen-Blüte, in den anderen Becken blieb diese aus.
Als charakteristischen Unterschied stellten die Forscher um HARMON fest, dass vor dem Beginn der Algen-Blüte in den nicht-blühenden Becken eine höhere Konzentration an gelöstem Kohlenstoff (DOC, dissolved organic carbon) vorlag. Diese gelösten Stoffe erzeugten eine leichte Braun-färbung, die letztendlich eine Algen-Blüte verhinderte. Das Licht konnte nicht so weit in das Wasser eindringen und begrenzte so das Algen-Wachstum. Humin- und Fulvin-Säuren und auch Humin sind ein wesentlicher Bestandteile des DOC.
In den Ein-Arten-Becken kam auch DOC vor, aber die Moleküle waren kleiner und weniger konzentriert. Die Wasser-Verfärbung war deutlich geringer.
Für die unterschiedlichen DOC-Bildungen sind die abweichenden Nischen-Nutzungen hinsichtlich der Ernährung (andere Mikro-Nischen) verantwortlich. Damit ist belegt, dass veränderte Organismen durch ihr Leben auch wiederum die Umwelt unterschiedlich beeinflussen.

Zwei Planeten treffen sich im Weltall.
Sagt der eine: "Du siehst ja gar nicht gut aus, was ist denn mit Dir?"
Da seufst der andere: "Ach, … ich habe Homo sapiens."
Darauf der erste: "Das ist echt unangenehm, das hatte ich auch mal. Das geht aber schnell vorbei."

Aufgaben:

1. *Erstellen und halten Sie einen Schülervortrag mit zugehöriger / passender Präsentation (Form ist von Ihnen zu wählen!) zu einem Ökosystem! (Die Auswahl der Ökosysteme ist im Kurs und mit dem Kursleiter abzustimmen!) Beachten Sie die nachfolgenden obligatorischen Punkte!*
   a) geographische Lage / Verteilung auf der Erde
   b) typische / charakteristische abiotische Faktoren
   c) (räumliche und / oder zeitliche) Gliederung
   d) typische Pflanzen / Tiere / Pilze / … // biotische Faktoren
   e) charakteristische Beziehungen / systemische Betrachtungen
      - Nahrungs-Ketten / -Netze / Stoff- und Energie-Kreisläufe
      - Populations-Entwicklungen
      - Sukzession
   f) anthropogene Beeinflussungen / Schutz / …
2.

für die gehobene Anspruchsebene:

x. Diskutieren Sie die Frage "Gehört der Tod zum Leben dazu?"!

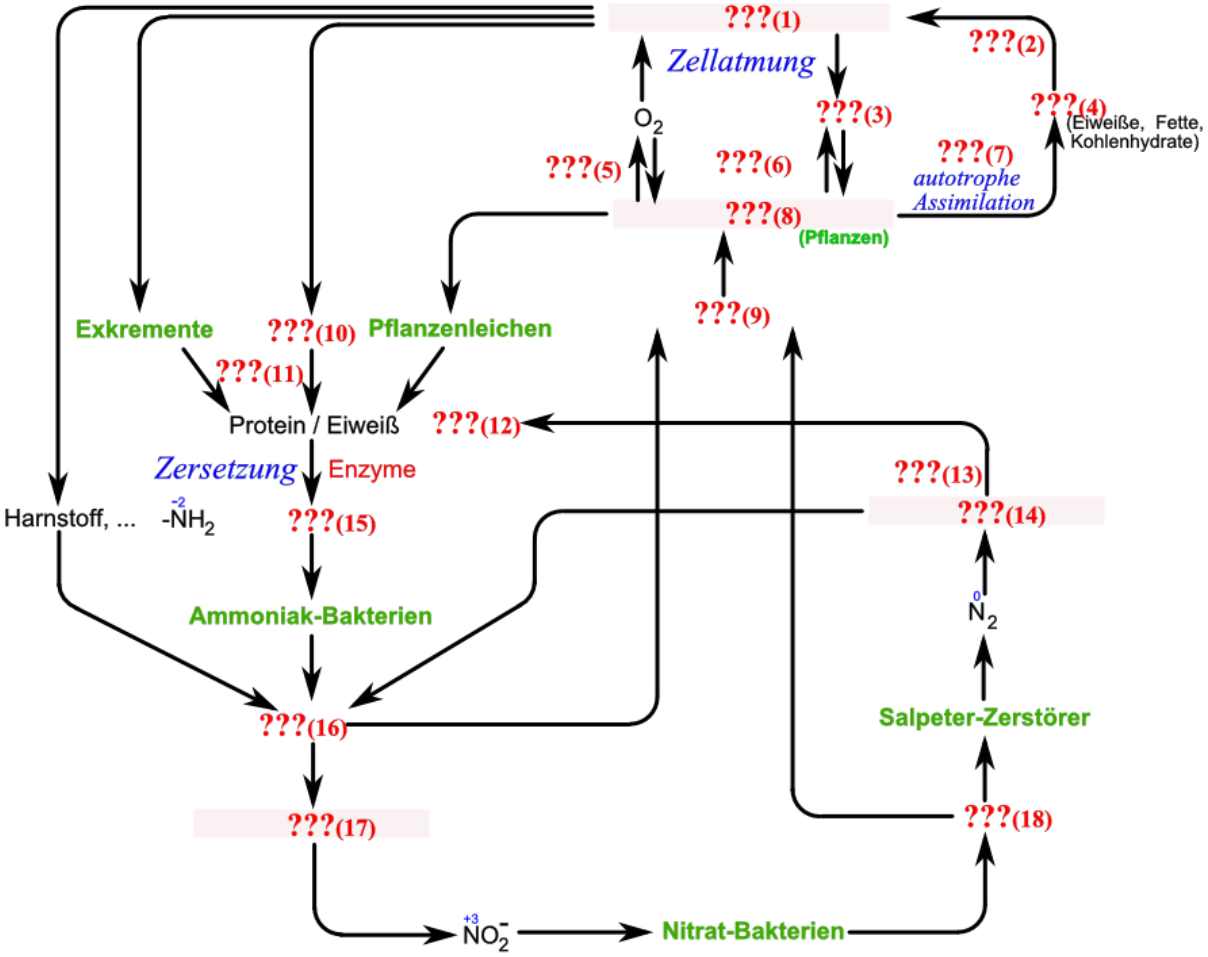
Kapitel-Quellen und weiterführende Links:

/1/ MARGULIS, Lynn: Die andere Evolution.-Heidelberg, Berlin: Spektrum Akad. Verl., 1999. ISBN 3-8274-0294-8

komplexe Aufgaben (Synökologie)

Q: Aufg. 1 - 8; geändert nach /12, 327 ff./

1. In der Natur werden die meisten Elemente in Kreisläufen genutzt. Organismen übernehmen dabei vor allem chemische Aufgaben, die natürlicherweise nicht freiwillig ablaufen würden. Die Abbildung zeigt ein Schema, dass wesentliche Teile des biotischen Stickstoff-Kreislaufes und grob einige Teile der Cohlenstoff- und Sauerstoff-Kreisläufe darstellt.



a) Ordnen Sie die folgenden Begriffe den nummerierten Fehlstellen (???(x)) zu!

A)	Nitrit-Bakterien	B)	Zellatmung
C)	CO_2	D)	Tierleichen
E)	heterotrophe Assimilation	F)	Aminosäuren
G)	Zersetzung	H)	NH_4^+
I)	autotrophe Organismen	J)	Stickstoff-Fixierung
K)	NO_3^-	L)	heterotrophe Organismen
M)	Nitrit-Bakterien	N)	-CO-NH-
O)	Photosynthese	P)	Photosynthese
Q)	anorganische Nährsalze	R)	Knöllchen-Bakterien

b) In der Fachwelt werden auch die Namen Nitrifizierungs- bzw. denitrifizierungs-Bakterien benutzt. Erläutern Sie die Begriffe Nitrifizierung und Denitrifizierung! Beurteilen Sie die Bedeutung der beiden Bakterien-Gruppen für die moderne Landwirtschaft! Ordnen Sie die genannten Bakterien den Bakterien-Namen aus dem Schema zu!

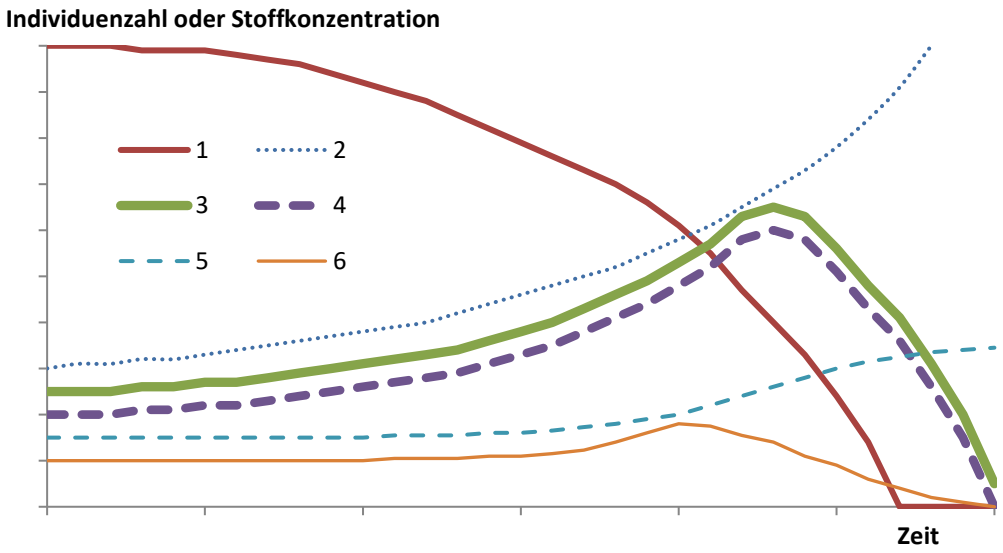
c) Leguminosen (Hülsenfrüchte, z.B. Soja, Bohnen, Linsen, Lupinen) können sehr gut auf Stickstoff-armen Böden wachsen, obwohl sie den gleichen Stickstoff-Bedarf wie andere Pflanzen haben. Erklären Sie das Phänomen!

d) Gerade die Lupine wird auf einigen Feldern im Herbst nach der Ernte der Hauptfrucht ausgesät und nach dem ersten Frost ohne eine Ernte untergeflügt. Was soll das?

e) Wo und wie könnte man die Gärungen (allg.) in obiges Schema mit einbeziehen? Skizzieren Sie betreffenden Ausschnitt heraus und kennzeichnen Sie Ihre Ergänzungen mit Sternchen (z.B. Gärung)!*

2. Eutrophierungen von Seen sind mit masiven Veränderungen der abiotischen und später auch der biotischen Umweltfaktoren verbunden. Im Diagramm sind einige dieser Faktoren oder Organismen-Gruppen dargestellt. Leider war dem Ersteller mangels biologischer Kenntnisse die Zuordnung nicht möglich. Die folgenden Stoffe, Stoffgruppen bzw. Organismen-Gruppen sollen dargestellt sein:

A)	aerobe Reduzenten	B)	Produzenten
C)	Konsumenten	D)	Sauerstoff-Gehalt
E)	Nährsalze	F)	anaerobe Reduzenten

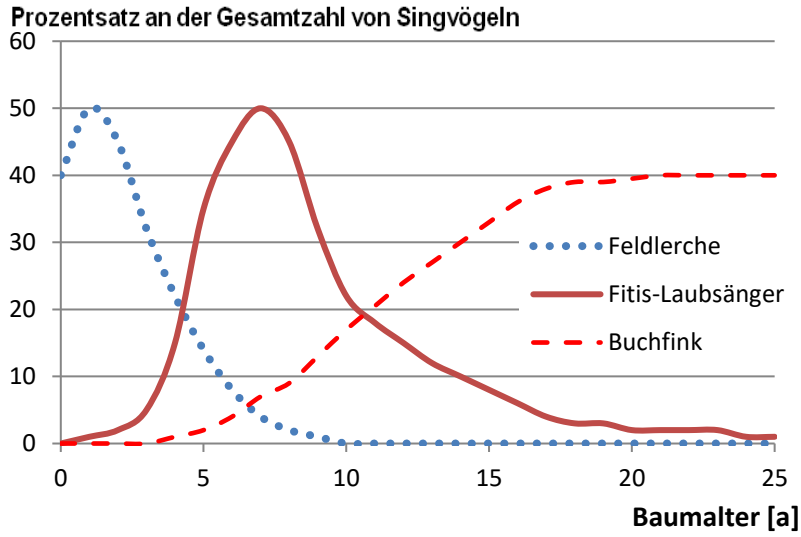


a) Ordnen Sie den Graphen 1 – 6 die Stoffe, Stoffgruppen bzw. Organismen-Gruppen A – F zu!

b) Welche Maßnahmen (mindestens 3 Vorschläge) zur Sanierung des See's hin zu seiner ursprünglichen stenotrophen Situation würden Sie empfehlen! Begründen Sie Ihre Wahl und erklären Sie, wie sich der See aus Ihrer Sicht nach der gewählten Maßnahme verändern würde!

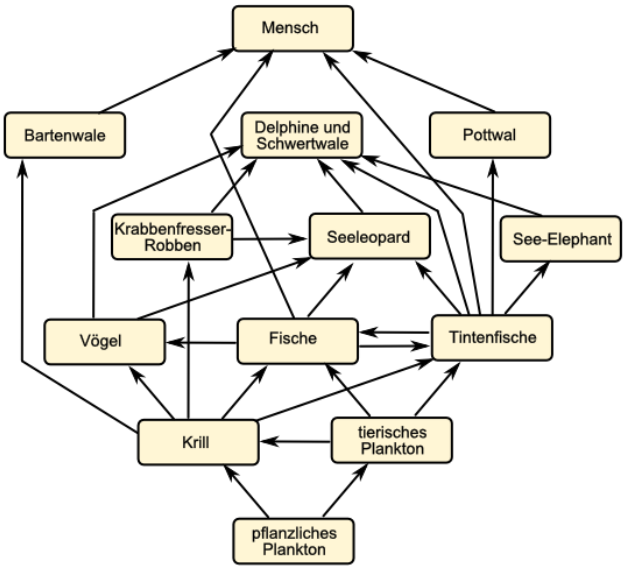
3. In Mitteleuropa sind Wälder stabile Ökosysteme mit charakteristischen Pflanzengemeinschaften und Klimax-Charakter. Die Wald-freien Flächen sind praktisch alle künstlich durch den Menschen offen gehalten. Nach Kahlschlägen oder längeren Brachen beginnt ziemlich schnell eine Verbuschung und später wieder die Bewaldung. Neben den vorherrschenden Pflanzen-Arten verändern sich auch die dominierenden Singvögel. Deren prozentuale Anteile sind im Diagramm zusammengestellt.

a) Interpretieren Sie das Diagramm! Erklären Sie, warum sich die Vogelwelt verändert! Benutzen Sie die passenden Fachbegriffe der Ökologie!



4. Im südlichen Polarmeer (Westwinddrift um die Antarktis) basiert das Nahrungsnetz vorrangig auf pflanzlichem Plankton, das fast ausschließlich vom arktischen Krill gefressen wird. Die Krill-Population bildet den Teil der Nahrungsketten, der die größte Biomasse darstellt. Im nachfolgenden Schema sind die wichtigsten Nahrungs-Beziehungen dargestellt.

a) Durch relativ starke Bejagung ist die Zahl der Bartenwale stark reduziert worden. Als Nebeneffekt wurde beobachtet, dass die Populationen der Krabbenfresser-Robben und einiger Vogel-Arten zugenommen haben und jetzt relativ stabil sind. Forscher führen das darauf zurück, dass den genannten Tieren deutlich mehr Krill als Nahrung zur Verfügung steht.



Auch die Population / Biomasse des Krill ist seit vielen Jahren stark erhöht. Warum vergrößern sich die Populationen der genannten Robben und Vögel nicht weiter, obwohl immer noch vergrößerte Mengen an Krill vorhanden ist?

b) Einige Fischerei-Experten schlagen vor, aus energetischer Sicht besser den Krill direkt zu nutzen, als die Bartenwale. Setzen Sie sich mit diesem Vorschlag auseinander!

c) Unter welchen Bedingungen ist der regelmäßige Fang von größeren Mengen Krill ohne Störung des ökologischen Gleichgewichts möglich? Erläutern Sie ausführlich!

*5.) Umweltgifte sind vielfach dadurch charakterisiert, dass sie sich innerhalb von Nahrungs-Netzen anreichern. Eines dieser Stoffe ist das Fett-lösliche Insektengift DDT (*Dichlordiphenyltrichlorethan*). Es wurde wegen einer hohen Giftigkeit bei Insekten, geringer Produktionskosten und der geringen Toxizität bei Säugetieren seit 1940 sehr breit eingesetzt. Moderne Untersuchungen zeigen Hormon-ähnliche Wirkungen im menschlichen Körper (Östrogen-Antagonist) und es besteht der Verdacht, dass DDT Krebs erzeugen kann.*

Wegen seiner Öko-Gefährlichkeit wird DDT mittlerweise zum "Dreckigen Dutzend" gezählt und ist international weitgehend verboten. Belegen Sie diese Aussage mit Hilfe der Tabelle! Erklären Sie, wie es zu diesem Effekt kommt!

Organismen(-Gruppe) (alphabetisch)	**Konzentration DDT bezogen auf das Lebendgewicht**
Möwe	$3{,}52 – 70{,}55 * 10^{-6}$
Planton-fressende Fische	$0{,}23 * 10^{-6}$
Schnecken / Muscheln	$0{,}26 – 0{,}42 * 10^{-6}$
Raubfische	$2{,}07 * 10^{-6}$
tierisches Plankton	$0{,}04 * 10^{-6}$
Wasser (relativ)	$0{,}00005 * 10^{-6}$

Gehen Sie dabei auch darauf ein, was das dreckige Dutzend ist!

6. Bei der Bonitierung eines See's wurde u.a. die aktuelle Biomasse der Organismen erfasst. Dabei wurde eine Umkehrung der Biomasse-Pyramide beobachtet.

Geben Sie eine Erklärung an, warum sich diese ungewöhnlichen Verhältnisse eingestellt haben können!

Organismen-Gruppe	**Biomasse [g/m²]**
pflanzliches Plankton	4
tierisches Plankton, Bodentiere	21

7. In einer wissenschaftliche Zeitschrift erschien 1981 ein Artikel, der so anfing:

"Die Zahl der Insekten in einem bestimmten Gebiet ist abhängig vom 'Alter der Flora. Werden in einem definiertem Areal alle Pflanzen gerodet, so beginnt eine sukzessive Neubesiedlung. Zuerst erscheinen verschiedene krautige Pflanzen und Gräser, dann die Sträucher und Büsche und schließlich Bäume. Mit der Umstrukturierung ändert sich auch die Zahl der Insekten und Individuen. …"

Q: Naturwissenschaftliche Rundschau, 5/1981

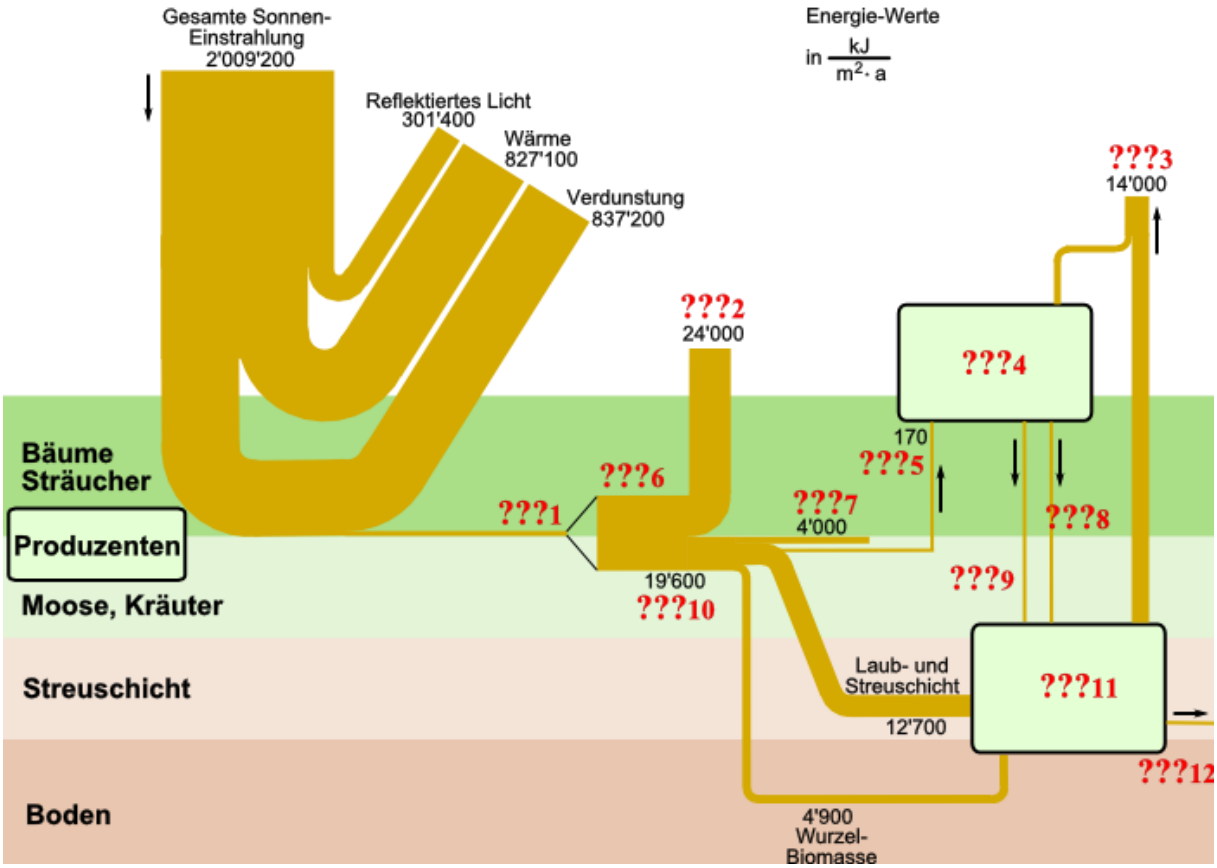
a) Skizzieren Sie in einem Diagramm die Veränderung der Biomasse bezüglich der erwähnten Pflanzen-Gruppen! Erklären Sie die Zusammenhänge!

b) In welcher Form werden sich Insektenzahlen (Arten- und Individuen-Zahlen) in den nächsten Jahren nach der Rodung verändern? Skizzieren Sie passende Diagramme und Erläutern Sie diese!

<u>für die gehobene Anspruchsebene:</u>

c) Geben Sie ein hypothetisches Diagramm an, was die Individuen-Zahlen für die genannten Pflanzen-Gruppen wiedergibt! Erläutern Sie dieses!

8. Amerikanische Ökologen um J. R. GOSZ haben den Energiefluß in einem Laubwald detailliert untersucht. Ein Übersichts-Ergebnis ist das folgende Schema.



Energiefluß in einem Laubwald
(nach GOSZ et.al.; 1978)

a) Ordnen Sie den nummerierten Fragezeichen die folgenden Begriffe zu!

A)	Atmung	B)	ungenutzte Nährstoffe
C)	Destruenten	D)	Brutto-Primär-Produktion
E)	ungenutzte Nährstoffe	F)	Atmung
G)	Brutto-Primär-Produktion	H)	Konsumenten
I)	Kadaver	J)	Netto-Primär-Produktion
K)	Exkremente	L)	Nährstoffe

b) Erläutern Sie den Weg der Nährstoffe, die Pflanzen in diesem Wald produziert haben!

c) In dem Wald ist die Atmung durch Pfanzen größer als durch die anderen Organismen zusammen. Erklären Sie, warum das so normal ist!

d) Ermitteln Sie die Primär-Produktion dieses Laubwaldes (in $kJ*m^{-2}*a^{-1}$)

e) Warum sind die Energie-Ströme bei "Reflektiertes Licht" und "Laub- und Streuschicht" scheinbar gleichgroß, obwohl die Werte etwas ganz anderes aussagen?

Q: Aufg. 1 - 8; geändert nach /12, 327 ff./

5. Human-Ökologie

Ist der Mensch eigentlch auch ein ökologisches Wesen? Gelten für ihn die besprochenen Fakten und Zusammenhänge aus der Aut-, Dem- und Sys-Ökologie? Wie passt der Mensch in Ökosystem und ist er vielleicht selbst ein Ökosystem?

sehr junges Forschungs-Gebiet, in Deutschland erst seit 1999 etabliert
im Vordergrund steht eine ganzheitliche Betrachtung der Beziehungen zwischen dem Mensch und seiner Umwelt

Definition(en): Human-Ökologie
Die Human-Ökologie ist ein Teilgebiet der Ökologie, die sich mit den Menschen und ihren Beziehungen zur Umwelt beschäftigt.
Die Human-Ökologie ist ein interdisziplinärer Forschungs-Bereich, der sich mit den ökologischen Aspekten der Populationen der Menschen und ihren Beziehungen zu Umwelt-Faktoren auseinandersetzt.
Der Wissenschafts-Bereich Human-Ökologie behandelt die Beziehungen von Menschen zu einander (aus ökologischer Sicht) und ihrer Umwelt.
Die Human-Ökologie ist die Wissenschaft von den Wechsel-Beziehungen der Menschen zu ihrer unbelebten und belebten Umwelt.

Mensch als Ökosystem (→ 4.4.2.3.x. Ökosystem: Mensch)

Hauptstränge der Human-Ökologie:
1. Strang: Herkunft aus der Biologie – die natürliche Umwelt des Menschen

2. Strang: Orientierung an sozio-kulturellen menschlichen Umwelten

3. Strang:

komplexe Aufgaben zum Einstieg:

1. ***Bewerten Sie Städte als urbane Ökosysteme aus Ihrer biologischen Sicht! Legen Sie Ihren Standpunkt begründet auf einer halben A4-Seite dar!***
2. ***Lesen Sie die BioMax-Ausgabe (→ https://www.max-wissen.de/max-hefte/biomax-32-voegel-in-der-stadt/)! Konspektieren Sie den Text!***
   (Es ist auch eine Bestellung und / oder der Download der PDF-Version möglich (→ https://www.max-wissen.de/wp-content/uploads/2020/09/Biomax-32-web.pdf).)
3. ***Bewerten Sie Städte erneut unter der Nutzung der dargestellten Fakten!***

Städte wurden lange als un-ökologisch empfunden
moderne Forschungen zeigen immer mehr, dass gerade in Städten der ökologische Bär tanzt.

je größer die Städte sind, umso mehr Arten beherbergen sie, die Arten-Vielfalt ist deutlich größer als in den umgebenen Ökosystemen
die Lebensräume sind besonders in den gemäßigkeiten Breiten ausgeglichener und Organismen-freundlicher
extrem starke Strukturierung, viele verschiedene Lebensräume (auch untypische / ungewöhnliche)

Mensch bietet zusätzliche / neuartige Nahrungs-Quellen (z.T. in schier unendlicher Größe)

trotzdem existieren mit Städten auch viele ökologische Probleme

- Zerstörung der ursprünglichen Natur, ev. auch viele Organismen / Arten im Bestand bedroht
- Veränderung der Landschaft / Flächen (Versiegelung)
- starke Veränderungen von Umweltbedingungen (Temperatur, CO_2, Ozon, Wasserhaushalt, …)
- massive Entnahme von Ressourcen
- Störung bis Zerstörung von sich selbstregulierenden Stoff-Kreisläufen
- Müll, Abwässer, Abgase

Parameter	**vergleichbares nicht-urbanes Ökosystem**	**Innenstadt**	
Klima			
Strahlung	100 %	80 -85 %	
Sonnenscheindauer	100 %	85 – 95 %	
Temperatur	100 %		0,5 – 1 °C höher
Windgeschwindigkeit	100 %	70 – 80 %	
Niederschläge	100 %	105 – 110 %	
Schneefall	100 %	95 %	
relative Luftfeuchtigkeit	100 %	92 – 98 %	
Nebel (Sommer)	100 %	130 %	
Nebel (Winter)	100 %	200 %	
Boden			
Versiegelungsgrad	< 20 %	100 %	
Vegetation			
bewachsene Fläche	95 %	1 %	
Neophyten-Anteil	10 – 15 %	20 %	
Tierwelt			

Definition(en): Biotechnik
Biotechnik ist die Nachahmung von Funktionen / Leistungen belebter Strukturen.

Definition(en): Biotechnologie
Biotechnologie ist die Ausnutzung / (Um-)Gestaltung physiologischer Funktionen / Leistungen von Organismen oder der Organismen selbst.

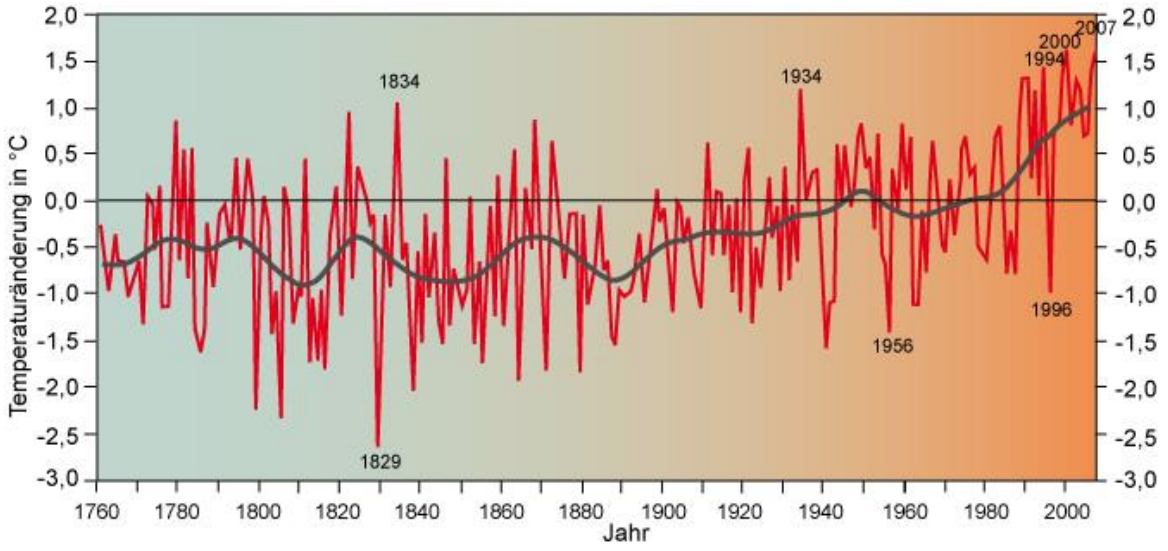
5.1. anthropogene Beeinflussung von Umweltfaktoren

Mensch ist problematischer biotischer Umweltfaktor, da seine Einflusnahme meist sehr radikal ist

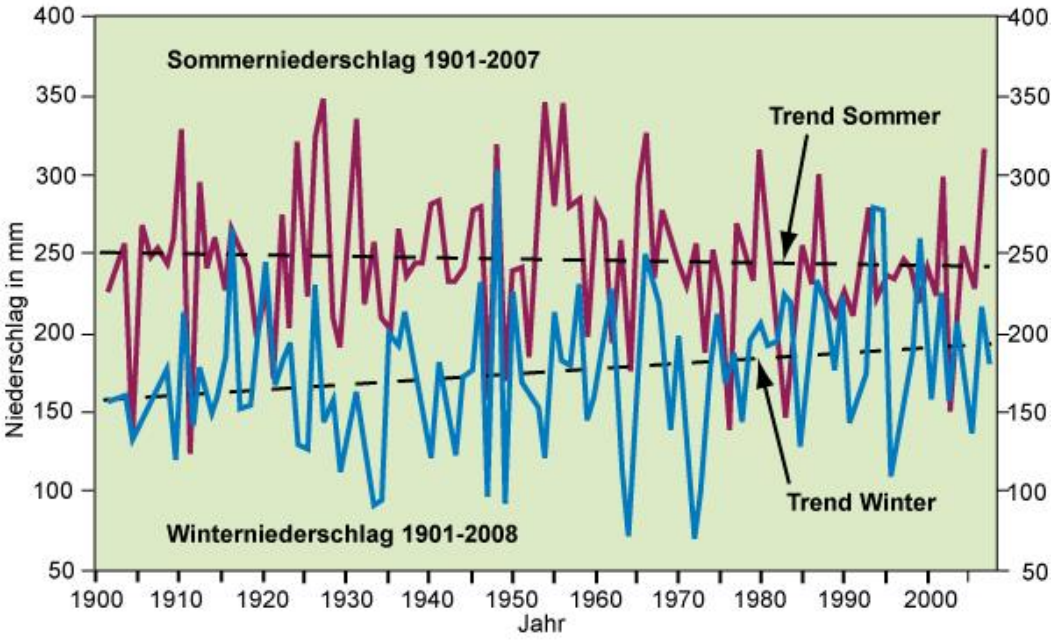
grundsätzlich hatten Ökosysteme bissher keine Chance sich an die Einflussnahme durch den Menschen "anzupassen"; Mensch agiert seit rund 2'000 dramatisch und seit 300 Jahren exzessiv
so ein "normaler" Anpassungs-Vorgang dauert 100'000 bis 10'000'000 Jahre

CO_2 / Temperatur

→ Wie funktioniert das? S. 43

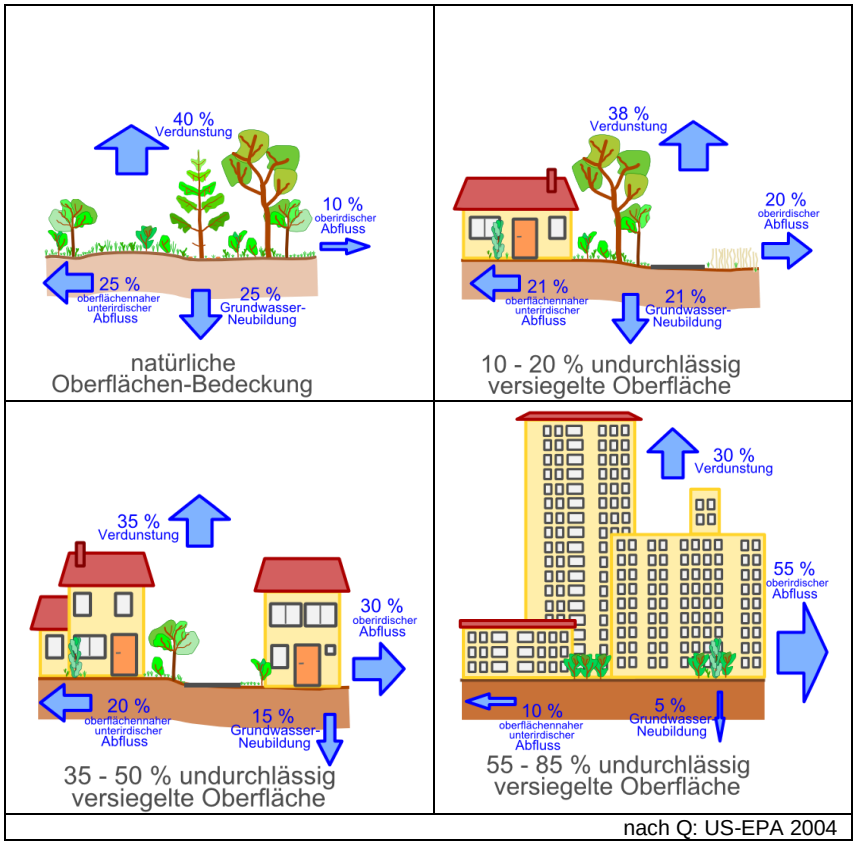


(Durchschnitts-)Temperaturen in Deutschland
Q: wiki.bildunggsserver.de (Dieter Kasang)



(Durchschnitts-)Niederschläge in Deutschland
Q: wiki.bildunggsserver.de (Dieter Kasang)

Wasser / Wasserhaushalt



nach Q: US-EPA 2004

theoretisch bedeutet eine Verdopplung des CO_2-Gehaltes eine Erhöhung der Temperatur um rund 3 K und daraus folgend eine Erhöhung der Niederschläge um 7 %

Jahr	Hawaii	Südpol	global (Meer)	
1958		314,5		
1959	316,0	315,5		
1960	316,9	316,9		
1961	317,6	317,7		
1962	318,5	317,3		
1963	319,0	318,1		
1964	319,6	318,3		
1965	320,0	319,3		
1966	321,4	320,6		
1967	322,2	321,3		
1968	323,0	321,6		
1969	324,6	322,4		
1970	325,7	324,1		
1971	326,3	324,8		
1972	327,5	325,9		
1973	329,7	327,4		
1974	330,2	328,3		
1975	331,1	329,3		
1976	332,1	330,4		
1977	333,8	331,8		
1978	335,4	333,6		
1979	336,8	334,8		
1980	338,7	336,9	338,8	
1981	340,1	338,1	340,0	
1982	341,4	339,3	340,8	
1983	343,0	341,0	342,4	
1984	344,6	342,4	344,0	
1985	346,0	343,7	345,5	
1986	347,4	345,2	346,9	
1987	349,2	346,8	348,6	
1988	351,6	348,9	351,2	
1989	351,1	349,8	352,8	
1990	354,4		354,0	
1991	355,6		355,3	
1992	356,4		356,0	
1993	357,1		356,7	
1994	358,8		358,2	
1995	360,8		360,0	
1996	362,6		361,8	
1997	363,7		362,9	
1998	366,7		365,6	
1999	368,3		367,6	
2000	369,5		368,9	
2001	371,1		370,4	
2002	373,2		372,4	
2003	375,8		375,0	
2004	377,5		376,8	
2005	379,8		378,8	
2006	381,9		380,9	
2007	383,8		382,7	
2008	385,6		384,8	
2009	387,4		388,6	

2010	389,8		386,3	
2011	391,6		390,5	
2012				

Q: http://www.esrl.noaa.gov; /37, S.65/

Luft / Wind / Sauerstoff / Cohlendioxid

Luft-Verschmutzung

Berechnung der Konzentration von Luft-Verunreinigungen an der Erd-Oberfläche

nach: BERLJAND (1970)

$$c_v = \frac{A \cdot M \cdot F \cdot m}{h^2} \cdot \sqrt[3]{\frac{N}{V \cdot \Delta T}}$$

aus /38, S. 161/

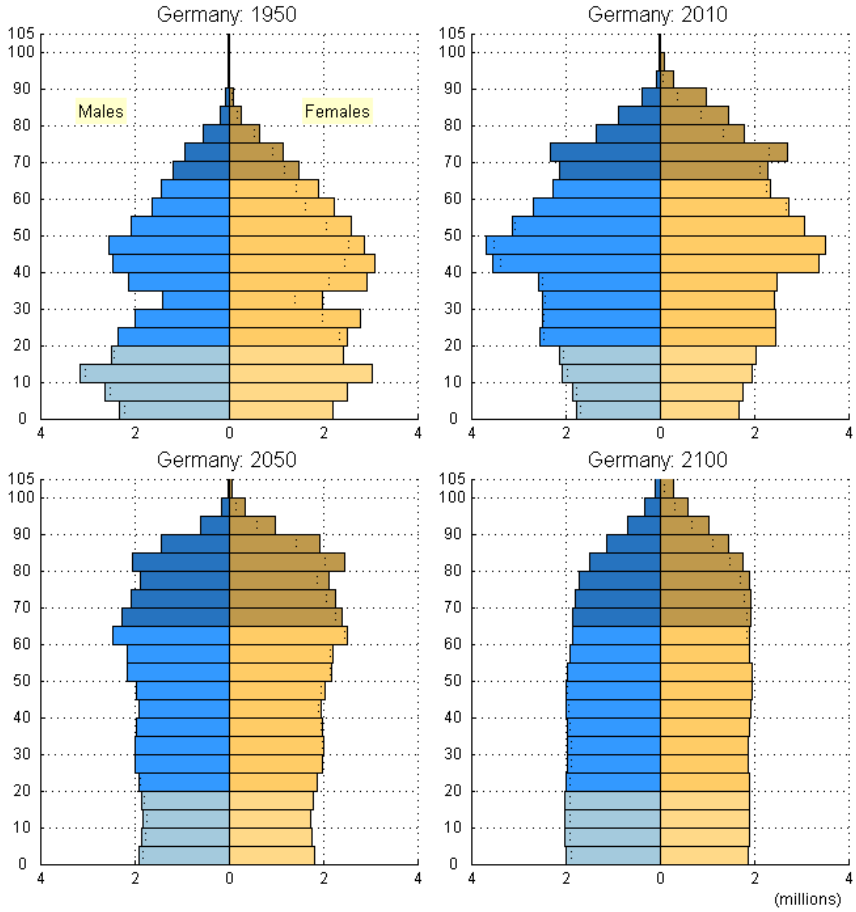
c_v .. Konzentration der Verunreinigung
A .. Faktor der vertikalen und horizontalen Durchmischung
M .. Menge der Verunreinigungen
F .. Abtransport-Konstante
m .. Abtransport-Konstante (*???*)
h .. Höhe der Schornsteine
N .. Anzahl der Schornsteine
V .. Volumen der Abgase je Zeiteinheit
ΔT .. Temperatur-Differenz zw. Abgasen und Umluft

interessante Links:
http://wiki.bildungsserver.de/klimawandel/index.php/Hauptseite

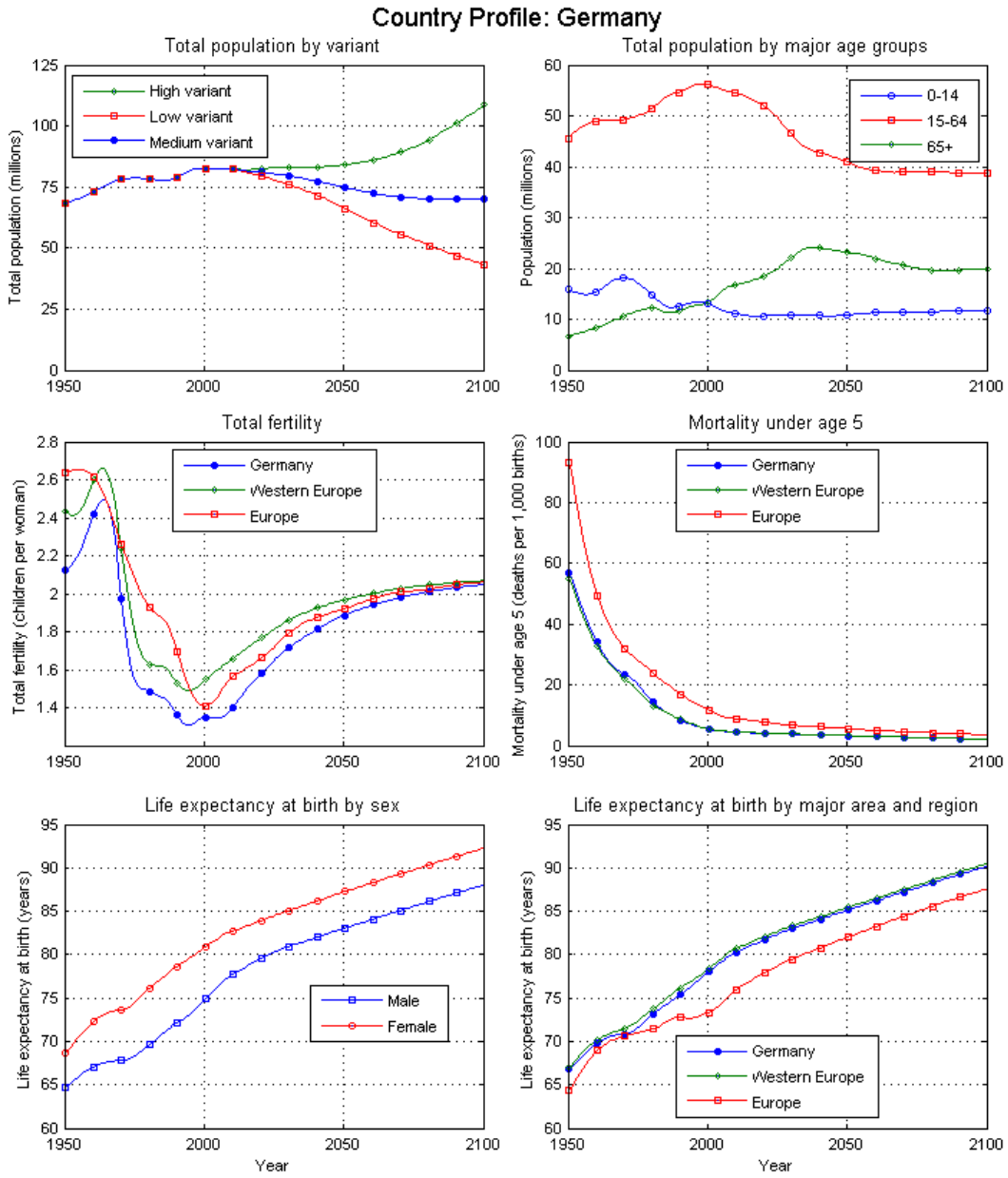
5.2. Human-Demökologie

Demographie
Besprechung schon weiter vorn → 3.2.1.5. demographische Betrachtungen von Populationen
Charakterisierung der Formen und typische Bespiele von menschlichen Populationen (Beispiel-Staaten)

Alterspyramide usw. usf.



Q: http://esa.un.org/wpp/population-pyramids/population-pyramids_absolute.htm (United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division (2011): World Population Prospects : The 2010 Revision. New York)



Q: http://esa.un.org/wpp/country-profiles/country-profiles_1.htm (United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division (2011): World Population Prospects : The 2010 Revision. New York) Stand: 24. Okt. 2012

Nutzung der Umwelt

Nutzung, Verbrauch und Ausschöpfung von Ressourcen

Klima-Nische
Bereich der Erde, in dem der Mensch natürlich verbreitet ist (sein syn-ökologisches Optimum herrscht)
das meint eine durchschnittliche Temperatur von 11 bis 15 °C (im derzeitigen Verständnis des Begriff's)
die Metrik / der Indikator Temperatur wird von vielen Forschern als geeignetes Mittel für eine Quantifizierung des Klima-Wandel's betrachtet

einseitige Orientierung auf Temperatur wird von anderen Wissenschaftlern als Schwäche angesehen; wichtiger Faktor ist z.B. auch die Wasser-Verfügbarkeit

bis 2010 würden bei einem weiteren Klima-Wandel, wie bisher, rund 1/3 der Menschheit außerhalb der Klima-Nische leben
derzeit leben mit 600 Millionen Menschen schon rund 8 % außerhalb der Klima-Nische

ökologisch bedingte Migrations-Bewegungen werden zunehmen
Q: https://www.nature.com/articles/s41893-023-01132-6

Umwelt-Belastung

Auto-Katalysator
pro km werden 2 µg Platin emmitiert → Konsequenzen usw. noch völlig offen

5.3. Ernährungs-Ökologie

sehr moderner Bereich der Ökologie

nutritional ecology (1978, GUSSOW)

Verbindung zwischen Ernährungslehre und Ökologie

Untersuchung von Ernährung und demographischen Mustern (HOCKET + HAWS, 2005)

aktuelle Schwerpunkte und Problemstellungen:

- Ressourcen-Bedarf durch aktuelle Welt-Bevölkerung
- Globalisierung und Transporte
- hohe Komplexität und Vernetzung der Beziehungen zwischen den wirkenden Faktoren
- industrielle Massenproduktion
- Beziehungs-Netzwerk aus Landwirtschaft, Ökologie, Ernährungslehre, Biologie, Ökonomie, Umweltschutz, Klima, Klima-Veränderungen, …
- Verschwendung von Lebensmitteln
- Übernutzung von Ressourcen (z.B. Überfischung, Versteppung, …)
- Art und Weise der Ernährung, vorrangig in den (reichen) Industrieländern
- Veränderung von Ernährungs-Gewohnheiten und -Konzepten (z.B. vegane Ernährung, …)
- Assimilation von Stoffen ind Nahungs- und Produktions-Ketten
- Müll-Produktion
-

Lebensmittel	CO_2-Äquivalente in g/kg Produkt bei … Produktions-Art	
	konventionell	ökologisch
Butter	23'794	22'089
Eier	1'931	1'542
Geflügel	3'508	3'039
Gemüse, unverarb.	153	130
Joghurt	1'231	1'159
Käse	8'512	7'951
Kartoffeln, unverarb.	199	138
Milch	940	883
Mischbrot	768	653
Pommes frites (TK)	5'728	5'568
Rind	13'311	11'374
Schwein	3'252	3'039
Teigwaren	919	770

Q: HOFFMANN, SCHNEIDER, LEITZMANN: Ernährungsökologie.-oekom.-S. 58

Quelle / Literatur:
HOFFMANN, Ingrid; SCHNEIDER, Katja; LEITZMANN (Hrsg.): Ernährungsökologie – Komplexen Herausforderungen integrativ begegnen.-München: oekom verl. (ISBN 978-3-86581-140-0)

6. angewandte Ökologie

6.1. Arten-, Natur- und Umweltschutz

Problem-Fragen für Selbstorganisiertes Lernen
Bedarf es wirklich eines Arten-, Natur- und Umweltschutzes? Reguliert das die Natur nicht allein? Laut Gaia-These sollte dies doch so sein?! Was ist eigentlich schützenswert? Wie kann man unerwünschte Umwelt-Veränderungen erkennen? Gibt es sichtbare Erkennungs-Merkmale in Ihrer Umgebung? Wer ist für die Schutz-Maßnahmen verantwortlich? Wer organisiert den Arten-, Natur- und Umweltschutz? Wer legt die gesetzlichen Rahmen-Bedingungen fest? Wer setzt sie durch? Kann man wegen Verstößen gegen Umwelt-Schutz-Maßnahmen überhaupt bestraft werden? Welche Strafen könnten das sein? Welche Maßnahmen und Aktionen dienen dem Arten-, Natur- und Umweltschutz? Was dient wozu? Welche Maßnahmen sind aus biologischer Sicht zielführend? Was ist das Verursacher-Prinzip? Was ist eigentlich aus biologischer Sicht das ursächliche Problem für unsere Umwelt-Probleme? Wann ist die ökologische Kapazität der Erde erreicht? Gibt es wirklich eine (unnatürliche / unnormale) Temperatur-Erhöhung auf der Erde? Sind Müll-Trennung, Fahrrad- statt Auto-Fahren, Kauf von Bio-Produkten, Vegane Ernährung, … wirklich effektiv, wenn es nur wenige tun? Macht es Sinn, wenn nur einzelne Staaten strenge Umwelt-Auflagen machen und durchsetzen? Können wir das Wirken im Arten-, Natur- und Umweltschutz den Umweltschutz-Organisationen überlassen? Sollte sie über die notwendigen Einschränkungen (für uns Bürger) bestimmen? Macht eine Bewegung wie "Friday's for future" Sinn und kann sie was bewirken? Was versteht man unter Nachhaltigkeit? Ist dies Arten-, Natur- und Umweltschutz in einem wort? Was versteht man unter Kreislaufwirtschaft? Wie könnte ein Beispiel aussehen? Welche Kreislauf-Technologien werden heute schon verwendet? Wie geht CO_2-Fixierung? Ist die CO_2-Fixierung (langfristig) der richtige Weg? Wie funktioniert Abwasser-Reinigung? Welche aktuellen Herausforderungen gibt es? Wie kommt Uran ins Trinkwasser? Welche Rolle spielt Überdüngung in der Landwirtschaft für die Umwelt / (anderen) Ökosysteme Wie lässt sich der Erfolg von Schutz-Maßnahmen erkennen / quantifizieren? Wird heute genug getan, damit Sie selbst in einer gesunden Welt leben können? Was müsste noch so unternommen werden? Tragen Sie die Maßnahmen dann auch selbst ernsthaft mit?

Kontroll-Fragen zur eigenen Bereitschaft für einen Umweltschutz

Trennen Sie immer (!) den Müll (wenn die Gelegenheit dazu da ist)?

Gehen Sie zufuss oder fahren Sie mit dem Fahrrad zur Schule, wenn es zumutbar ist?

Wie oft in der Woche lassen Sie sich mit privaten Fahrzeugen zur Schule oder zum Sport usw. bringen?

Essen Sie vegan, vegetarisch oder zumindestens "bio"?

Tragen Sie Kleidung mehrere Jahre? Tragen Sie alle der gekauften Kleidungs-Stücke?

Bringen Sie überhaupt und auch die billigen Pfand-Flaschen / -Artikel wieder zurück?

Was ziehen Sie vor, "Baden" oder "Duschen"? Wie oft "Duschen" Sie täglich? Wie lange jeweils?

…

Kern-Ziel im Umweltschutz
Erhaltung der Biodiversität

dazu gehört

- Erhaltung von Ökosystemen
- Artenschutz

Definition(en): Biodiversität
Biodiversität beschreibt die Vielfalt der Arten in einem Ökosystem.
Die Biodiversität beschreibt die Anzahl von Arten sowie die Anzahl von Organismen-Gruppen (Arten von Arten).
Biodiversität beschreibt die Arten-Vielfalt sowie die genetische Vielfalt der Arten und Organismen-Gruppen in einem bestimmten Ökosystem.
Biodiversität (von engl. biological diversity) ist ein Maß für die Vielfalt der Organismen / Arten / Ökosysteme in einem bestimmten Lebensraum / Ökosystem / Bereich.
Unter Biodiversität vesteht man die biologische Vielfalt eines Systems.
Biodiversität beschreibt das Spektrum des Lebens in einem Lebensraum.

genetische Vielfalt

(bio-)chemische Vielfalt

Ökosystem-Vielfalt

Biodiversität wird aber auch drei System-Ebenen betrachtet

- innerhalb der Art
- innerhalb der Lebensgemeinschaft (Gattung / Familie / biotische Umweltfaktoren)
- zwischen den Ökosystemen

einige verwenden als eine zusätzliche unterste System-Ebene noch den Gen-Pool

Muster der Biodiversität

mit abnehmendem geographischen Breitengrad nimmt in fast jeder taxonomischen Gruppe (Organismen-Gruppe; Arten-Gruppen) die Vielfalt (Arten-Anzahl) zu
je näher man also dem Äquator kommt, umso mehr Arten findet man innerhalb einer Organismen-Gruppe

aus der Evolutions-Lehre wissen wir, dass z.B. ein hohes Alter eines Ökosystem's die Möglichkeit bietet, durch Einnischung viele Arten auszubilden
einfach mehr Möglichkeiten für Spezialisierungen möglich

diskutiert wird auch eine hohe verfügbare Energie-Menge (z.B. in den Tropen)
der dahinterstehende Mechanismus ist aber noch nicht geklärt

auch die Frage, inwieweit eine hohe Biodiversität Ökosysteme besonders stabilisiert, ist nicht endgültig geklärt (aus theoretischen und feld-biologischen Untersuchungen heraus scheint sich die Aussage aber zu bestätigen)

Wert der biologischen Vielfalt / Biodiversität

ökonomisch
Voraussetzung für Züchtung stabiler Sorten und Rassen
Nutzung der Resistenz-Stabilität vieler Wild-Arten
pharmakologisches Potential

ökologisch
Aufrechterhaltung der Vernetzung der Ökosysteme untereinander → funktionelle Biodiversität
viele Arten auf einer Trophie-Stufe bieten Ausweichmöglichkeiten bei natürlichen Extrem-Schwankungen oder Störungen
Systeme mit höherer Biodiversität sind widerstandsfähiger gegenüber Störungen

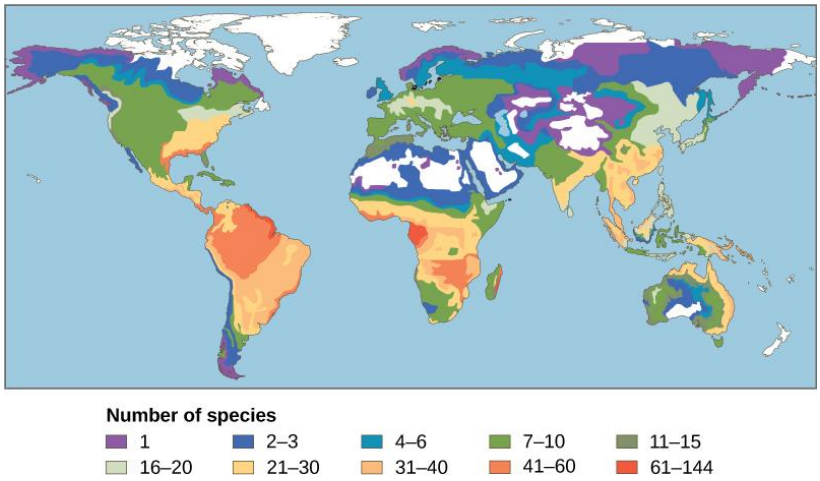
gesellschaftlich / kulturell
emotionale Wirkung der Natur

→ Gaia-Hypothese (LOVELOCK)

biologisch / systemisch (Wert in sich)
Erhalt der Biodiversität um ihrer selbst willen

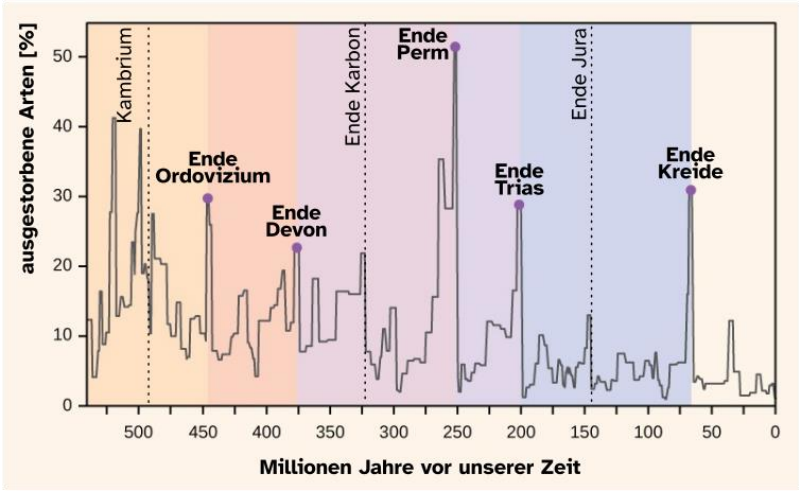
interessantes Material:
Biomax Heft 14: "Vom Wert der biologischen Vielfalt" → https://www.max-wissen.de/max-hefte/biomax-14-biodiversitaet/ (Download: https://www.max-wissen.de/wp-content/uploads/Biomax/Biomax14/Biomax-14-2021-web.pdf)

Verteilung der Biodiversität auf der Erde



Verteilung der Artenvielfalt auf der Erde (auf dem Land)
Q: /B, Kap. 38.1/

geo-historische Veränderung der Biodiversität



große Aussterbe-Ereignisse in der Erdgeschichte
Q: /B, Kap. 38.1/; leicht geänd. und erw.: dre

Aufgaben:

1.
2. *Warum liegen die größten Aussterbe-Ereignisse eigentlich fast immer am Ende von Erdzeitaltern? Erklären Sie das Phänomen!*
3.

mögliche Ursachen für die großen Aussterbe-Ereignisse:

- große tektonische Veränderungen (Platten-Verschiebungen, Auseinanderbrechen der verschiedenen Urkontinente)
- starke vulkanische Phasen (u.a. auch Super-Vulkane)
- Meteroiten- / Asteroiden-Einschläge (große oder als Schauer)
- Gamma-Strahlen einer nahen Supernova
- Veränderungen des Erdmagnetfeld's
- größere Klima-Veränderungen
- Kalt- und Warm-Phasen (relativ schnelle Wechsel)
- Wechsel / Veränderung der Rotation des Erdkern's
- Auftauchen des Menschen (nur für das Pleistozän-Ereignis und Gegenwart)
- …
- zufällige Kombination mehrerer – in sich eigentlich unbedeutender – Einzel-Ereignisse zu einer Katastrophe

Biodiversitäts-Hotspot's

gepägt von Norman MYERS ()
Konzept beschreibt geographische Regionen, die eine große Zahl endischer Arten und einen hohen Anteil degradierter (verschlechteter) Lebensräume beinhaltet

Beeinflussung der natürlichen Ökosysteme durch massive Eingriffe des Menschen

Negativ-Beispiele

- (großflächige bzw. weiträumige) Monokulturen
- Massen-Tier-Haltung
- Müll
- Fischfang / Fischwirtschaft
- Gewinnung von Rohstoffen (Bergbau)
- Erdöl-Förderung
- Abwässer
- saurer Regen
- Boden-Verdichtung und -Versiegelung
- Fluß-Begradigung oder –Umleitung
- Staudämme
- Chemie-Betriebe (im Normal-Betrieb)
- Unfälle (Freisetzung von Giften, Explosionen, …)
- Kriege

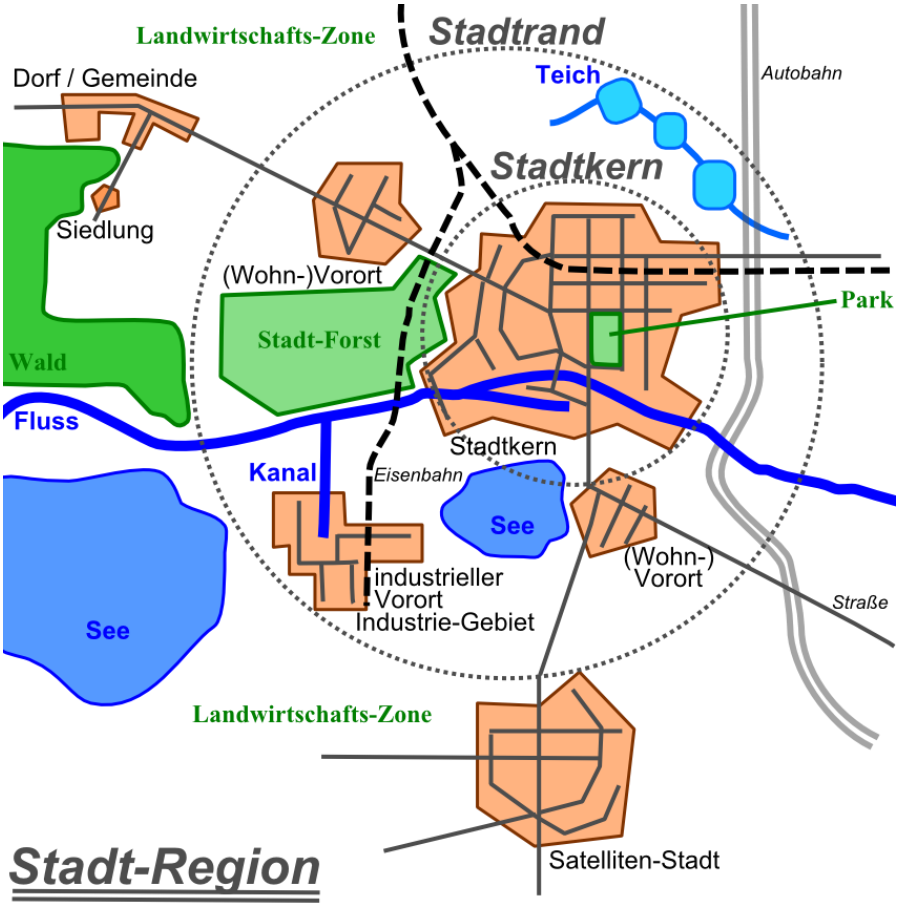
Wenn man als Umweltschützer
nicht lachen kann,
muß man weinen,
und wenn man weint,
ist man der Verzweiflung nahe.
Gerald DURRELL

Positiv-Beispiele

- biologische Schädlings-Bekämpfung (allerdings oft erst durch frühere (negativ wirkende) Aktionen hervorgerufen oder provoziert (z.B. Monokulturen, …))
- Renaturierung (allerdings erst durch frühere (negativ wirkende) Aktionen hervorgerufen oder notwendig geworden (z.B. Trockenlegung von Mooren, Tagebau, Bergbau (hier besonders Erz-Reinigung und Abraumhalden), …)

Urbanisierung

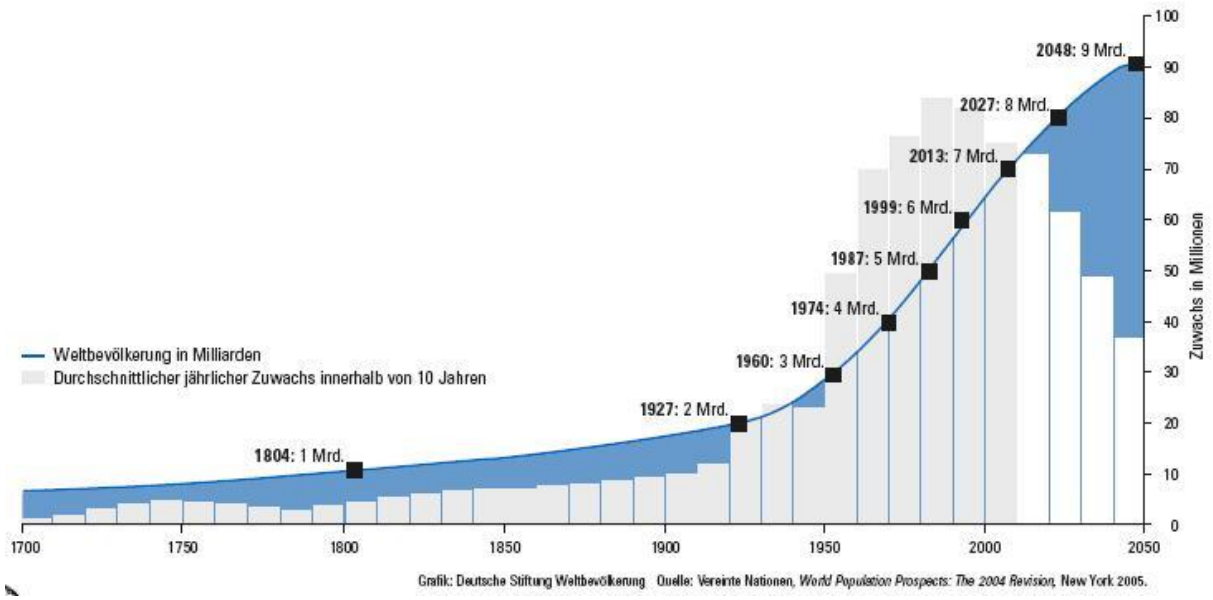
Verstädterung
Ausbreitung städtischer Lebensformen (Lebens-Räume, Okosysteme)
physische Urbanisierung → Ausbreitung der Städte und daraus folgende veränderte Bedingungen (Müll, Flächen-Versiegelung, …)
funktionelle Urbanisierung → verändertes Verhalten der Bevölkerung durch die Verstädterung (Tourismus, …)



Aufgaben:

1. ***Analysieren Sie Städte als positives oder negatives Ökosystem? (aus biologischer / ökologischer Sicht)! Geben Sie den Text ab!***
2. ***Vergeben Sie eine Bewertung der Stadt als positives bzw. negatives Ökosystem auf einer Skala von 0 (extrem negativ) bis 10 (extrem positiv)! Tragen Sie die Einzel-Bewertungen auf einer Skala ab! Ermitteln Sie den Schnitt im Kurs!***
3. ***Konspektieren Sie das BioMAX-Material "Gefiederte Großstädter" (→ https://www.max-wissen.de/max-hefte/biomax-32-voegel-in-der-stadt/ od. Download: https://www.max-wissen.de/wp-content/uploads/2020/09/Biomax-32-web.pdf) aus der Sicht der Bewertung des Ökosystem's Stadt!***
4. ***Vergeben Sie eine neue Bewertung der Stadt als positives bzw. negatives Ökosystem auf einer Skala von 0 (extrem negativ) bis 10 (extrem positiv)! Tragen Sie die Einzel-Bewertungen auf einer Skala ab! Ermitteln Sie den Schnitt im Kurs!***
5. ***Vergleichen Sie die Bewertungen (Meinungs-Breite, Bewertungs-Schnitt)!***
6. ***Analysieren Sie erneut Städte als positives oder negatives Ökosystem? (aus biologischer / ökologischer Sicht)!***
7. ***Analysen Sie, warum sich die Bewertungen geändert haben oder gleich geblieben sind! Geben Sie eine Erklärung dafür an!***

Stadt wird ökologisch nicht mehr nur in ihren politischen / Verwaltungs-technischen Grenzen gesehen, sondern es erfolgt eher eine funktionelle Grenzziehung (z.B. Pendler)



interessante Links:

http://www.berlin-institut.org/online-handbuchdemografie/bevoelkerungsdynamik/auswirkungen/urbanisierung.html Einführung in die Urbanisierung (Jürgen BÄHR) im online-Handbuch Demographie

Definition(en): Globalisierung
Unter Globalisierung versteht man die zunehmende Verflechtung und Verbreitung wirtschaftlicher und sozialer, aber auch ökologischer Beziehungen und Verbindungen im Länder- und Kontinente-übergreifendem Rahmen.

aktuell bedeutsame ökologische Probleme oder Problem-Gruppen:

- Verwüstung (Dersertifikation)
- Boden-Verdichtung und –Versiegelung durch schwere Landwirtschafts-Technik
- Beeinflussung der Wasser-Dynamik durch Staudämme, Fluß-Begradigungen, Bewässerungs-Projekte, Trinkwasser-Produktion
- Rodung und geringwertige Nutzung von Urwäldern
- Verschwendung von Ressourcen (meist aus Profit-Sucht)
- antropogen induzierte Erosion, Boden-Versalzung
- Erd-Erwärmung
- Zerstörung von Ökosystemen
- nichtabbaubare Schadstoffe
- Anreicherung von (Schad-)Stoffen ind Nahrungs-Ketten und -Netzen

aktuelle Trends des globalen Wandels in der Biosphäre

- Konversion natürlicher Ökosysteme (Umwandlung natürlicher oder naturnaher Ökosysteme in stark anthropogen geprägte; z.B. Wälder in Äcker, Wieden od. Plantagen; natürliche Wasserläufe in Kanäle)
- Fragmentierung natürlicher Ökosysteme (räumliche Zergliederung; z.B. durch Bau von Verkehrswegen)
- Schädigung der Ökosystem-Struktur und –Funktion (Verlust funktioneller Einheiten in einem Ökosystem z.B. durch Ausrottung dominanter Arten bzw. Schlüssel-Arten; Einbringung / Einwanderung nicht heimischer Arten) → ev. Massen-Entwicklungen, weil keine natürlichen Feinde vorhanden sind
- stoffliche Überlastung natürlicher Ökosysteme (zunehmende anthropogenen Übernutzung der Senken-Funktion von Ökosystemen; z.B. Überlastung von Flüssen und Seen durch die Einbringung von Abwässern)
- Gen- und Arten-Verlust (Arten-Sterben z.B. in den tropischen Regenwäldern; genetische Verarmung, Aussterben traditioneller Kultursorten (Gen-Erosion) z.B. durch Einbringung / Nutzung von Hochertrags-Sorten)
- Resistenz-Bildung (schnelle genetische Anpassung natürlicher Populationen an anthropogene Einflüsse (z.B. Resistenz von Parasiten und Krankheits-Erregern gegen Bekämpfungs-Mittel)
- Zunahme anthropogener Arten-Verschleppung (gewollte und ungewollte Verbreitung von Arten (z.B. im Ballast-Wasser von Schiffen, Schiffs-Bewuchs, Räder und Reifen, gezielte Freisetzung))
- zunehmende Übernutzung natürlicher Ressourcen (nicht nachhaltige Nutzung biologischer Ressourcen (z.B. bei der Jagd, Fischerei, Weide- und Wals-Wirtschaft)

/nach 31, S. 98 (Original-Q: "Welt im Wandel – Erhaltung und nachhaltige Nutzung der Biosphäre".-Bremerhaven: Wissenschaftl. Beirat d. Bundesregierung Globale Umweltveränderungen; 2000)/

- Einbringung Gen-veränderter Arten / Sorten

Antike

schon damals gab es erste Probleme mit Abwasser und Abfällen
erste Übernutzung der Umwelt (lokal)

deshalb schon damals in den höher entwickelten Zentren der Kultur → Trink- und Ab-Wasser-Versorgungs-Systeme

Mittelalter

geprägt von vielen Epidemien (Pest, Cholera, …)
bedingt durch wachsende Bevölkerung, hohe Konzentrationen (Populations-Dichten), mangelnde Hygenie, schlechte Ernährung
Übernutzung der Umwelt weit verbreitet (lokal)

Industriealisierung

starke, auch großräumige Übernutzung der Umwelt (extreme Abholzung)
Erschließung von Rohstoff-Quellen ohne ausgleichende oder bereinigende Maßnahmen
ausgedehnte Luft- und Gewässer-Verschmutzung; Abgase in großen Mengen
exessive Bejagung / Nutzung einzelner Arten → Artensterben

Start von Gegenmaßnahmen

Kanalisation
Kläranlagen
Stärkung des Umwelt-Interesses durch breite Natur-orientierte Bildung
Forschung noch rein biologisch
Phänomen saurer Regen

20. Jahrhundert

große Umwelt-Katastrophen (Tschernobyl, Bhopal, Seveso, …)
Fast-Zerstörung der Ozonschaicht durch FCKW
extreme Herbizide, Insektizide bis hin zu Ökoziden
genetische Forschung
Resistenzen / Allergien
HIV → AIDS
Trinkwasser als beschränkte Ressource
Müll als globales Problem
Plastik-Müll als schwer verrottbarer Müll → Bildung von Mikroplastik durch immer stärke Zerkleinerung der Plastik-Teile in den Ökosystemen
globale Verschmutzung der Meere (Tanker-Katastrophen; Öl-Pest)
Überdüngung / Eutrophierung
Bau von Umwelt-verändernden Mega-Projekten (Staudämme; Panama-Kanal, …)
Überfischung; Überweidung
globale Erwärmung (Tendenz) (Gletscher-Schmelze)
Bodenverdichtung durch große Maschinen; Flurbereinigung; Bodenversauerung
Begradigung von Flüssen
Gentechnik als Risiko-Faktor
Kriege (Giftgas, Entlaubungsmittel, Giftgas-Entsorgung in den Meeren, …)

verstärkte Wüsten-Neubildung; Versteppung
Freisetzung / Einsatz gentechnisch veränderte Organismen
großflächige Abholzung in den Urwäldern; illegaler Holzeinschlag
großflächige und dauerhafte / längerfristige Monokulturen
Landschaftszerschneidung durch neue Siedlungen und Infrastruktur-Projekte (Autobahnen, …)
(beginnender / langsamer) Klimawandel; gehäufte Smog-Bildungen; Feinstäube; Nano-Partikel
exsessiver Rohstoff-Abbau
Verklappung von Sondermüll / radioaktivem Müll in den Meeren
Müll-Verbrennung (Bildung gefährlicher Substanzen)
Erweiterung des Stoff-Spektrums (im Bereich der organischen Verbindungen) (mangelnde Untersuchungen auf ihr Gefährdungs-Potential, Synergie-Effekte, langlebige, biologisch nicht bzw. kaum abbaubare Substanzen (PCB, Dioxine, …)

bis heute laufende Gegenmaßnahmen
Entstehung einer breiten Umwelt-Bewegung (greenpeace, BUND, …)
Schaffung von Ministerien für Umweltfragen in den meisten industriellen Ländern
Antiatomkraft-Bewegung (gegen Atombomben, Atombombentests und Kernkraftwerke)
Fang-Quoten, Mindestmaschengrößen
Landschaftspflege
Gesetzgebung stärker ökologisch orientiert (Verpackungs-Verodnung, …); grüner Punkt
Gefahrgutzeichen
Umweltinformations-Systeme; Expertensysteme
starke Belastung küstennaher Meeresregionen durch Aquakulturen
Samenbanken / Gendaten-Banken

aktuell
größtes Arten-Sterben (bezogen auf die kurze Zeit, die wir Menschen das geschafft haben) begleitet von einer breiten Ignoranz durch die Bevölkerung und die Politik
erstes Arten-Sterben (Massen-Aussterben), das durch eine Art (uns Menschen) verursacht wird

weitere "ökologische" Probleme:

- Bienen- / Insekten-Sterben
- genetische Verarmung
- globale Verschmutzung der Meere (Plastik-Müll) / Mikroplastik
- fortschreitende antimikrobielle Resistenz (AMR; durch diverse Inhalts-Stoffe in Plastik (→ Mikroplastik)
- Vertreibung / Flucht großer Menschen-Gruppen
- Homogenisierung der Arten in den Ökosystemen
- fortschreitende Invasion durch einige dominante Arten (auch im globalen Maßstab)

Erst wenn der letzte Baum gerodet,
der letzte Fluss vergiftet,
der letzte Fisch gefangen ist,
werdet ihr merken,
dass man Geld nicht essen kann.
Weissagung der Cree

neue / weitere Gegenmaßnahmen
internationale Klima- und Umwelt-Gesetze
Forschung zu ökologischen Fragen und Problemen; Naturwissenschaft: Ökologie
UNO-Organisation (UNEP)

https://www.learner.org/wp-content/interactive/envsci/energy/energy.html (online-Simulator (engl.))

Film-Empfehlung:
"Jahr 2022 – die überleben wollen" (org.: "Soylent Green").-Warner (1973)

Umwelt-, Natur- und Artenschutz

Klimakrise – wichtiges Thema, aber läuft uns ja nicht weg, ist morgen auch noch wichtig, genaugenommen, sogar noch wichtiger, und übermorgen erst, so unwichtig wie heute wird's nie wieder. ZDF – heute show (15.12.2023)

mögliche Aspekte:

- ethisch
- ästhetisch
- ökologisch
- ökonomisch

Bedeutung des Naturschutzes

- Erhaltung einzelner Arten
- Erhaltung abhängiger Arten (Nahrungs-Ketten bzw. –Netze)
- Erhaltung der genetischen Reservoirs
- Erhaltung der Umwelt (abiotische und biotische (Faktoren)) des Menschen
- Erhaltung der Stabilität und der Ökosysteme selbst
- Erhaltung und Schaffung von Erholungs-Gebieten
- nachhaltige Nutzung der Natur-Ressourcen
- Beobachtung von Bio-Indikatoren

Definition(en): Umweltschutz
Der Umweltschutz ist die Gesamtheit aller Maßnahmen zur Erhaltung der Lebensgrundlage der Organismen, stabiler Ökosysteme und eines funktionierenden Naturhaushaltes.

Klimaschutz
Waldschutz
Schutz der menschlichen Gesundheit (Lärmschutz, Luftreinhaltung,)

Definition(en): Naturschutz
Der Naturschutz umfasst alle Maßnahmen zur Erhaltung bestimmter (Lebens-)Räume (Ökosysteme, Landschaften, Biotope, Biochorien, …), funktionierender ökologischer Systeme und der darin lebenden Organismen in ihrer natürlichen Vielfalt (Biodiversität).

(c,p) 2011-2025 lsp: dre

Definition(en): Artenschutz
Der Artenschutz beinhaltet alle Maßnahmen, deren Ziel es ist, bestimmte Organismen(-Arten) zu erhalten und ihre Bestände zu sichern und / gegebenenfalls wieder zu vergrößern.

rote Listen (gefährdeter Arten)
Arten-Schutzprogramme
Schutz ganzer Gruppen von Organismen (Singvögel, Tagfalter, Hautflügler)
Populations-Schutz
Gen-Banken
Erhaltungszucht-Programme / Tier-(Nach-)Zucht in Zoo's
botanischen Gärten usw.

Prinzipien der Umweltpolitik in der Bundesrepublik Deutschland

Durchsetzung des / Orientierung auf ...:

- **Verursacher-Prinzip** — Kosten für Vermeidung, Beseitigung und Ausgleich von Umweltbelastungen
  schonende und volkswirtschaftlich sinnvolle Nutzung der Umwelt; Orientierung auf Nachhaltigkeit
  Umweltauflagen
  gesamtwirtschaftlich sparsamer Einsatz von Ressourcen
  freiwillige Regeln und gesetzliche Normen / Standards
  Überwachung durch Behörden
- **Vorsorge-Prinzip** — drohende Gefahren im Vorfeld vermeiden; Vorbereitung von Maßnahmen für Katastrophenfälle
  Technikfolgenabschätzung im Voraus
  Orientierung auf Nachhaltigkeit und breiten Umweltschutz
  Umwelt-Unbedenklichkeits-Untersuchungen
- **Kooperations-Prinzip** — gemeinsames Handeln von staatlichen und gesellschaftlichen Kräften (Umweltverbände, Gewerkschaften, …) im Rahmen ihrer rechtlichen Möglichkeiten
  Einbeziehung breiter gesellschaftlicher Kräfte in das Planungs- und Realisierungs-Geschehen von Groß-Projekten
- **Gemeinlast-Prinzip** — öffentliche Hand ist für den Ausgleich von Umweltschäden etc. verantwortlich
  soll nur angewendet werden, wenn das Verursacher-Prinzip nicht greift / greifen kann
  (z.B. Altlasten, Sanierung Altdeponien, …)

breite Forschung
lernen aus den Katastrophen
Orientierung auf Zukunftsmärkte (Umweltschutz, erneuerbare Energien, Recycling, Biotechnologie, …)

durch die EU auch noch:

- **Ursprungs-Prinzip** Beseitigung von Umwelt-Belastungen bzw. –Veränderungen an der Quelle

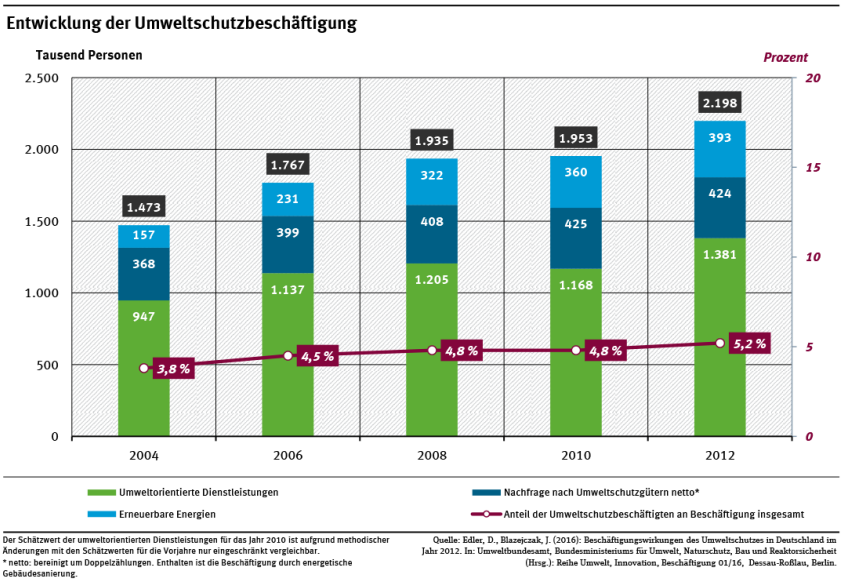
daneben die schon besprochenen Verursacher- und Vorsorge-Prinzipien

Hauptzielrichtungen:

- **Klimawandel und erneuerbare Energien**
- **nachhaltiger Verkehr**
- **nachhaltiger Verbrauch und Produktion**
- **natürliche Ressourcen**
- **öffentliches Gesundheitswesen**
- **soziale Integration, Bevölkerungsentwicklung und Migration**
- **Bereichs-übergreifende Maßnahmen als Beitrag zur Wissensgesellschaft**

Aufwendungen besonders für …:

- **Natur und biologische Vielfalt**
- **Umweltpolitik und Verwaltungspraxis**
- **Information und Kommunikation**



Q: https://www.umweltbundesamt.de/indikator-beschaeftigte-im-umweltschutz (Q: EDLER et al.)

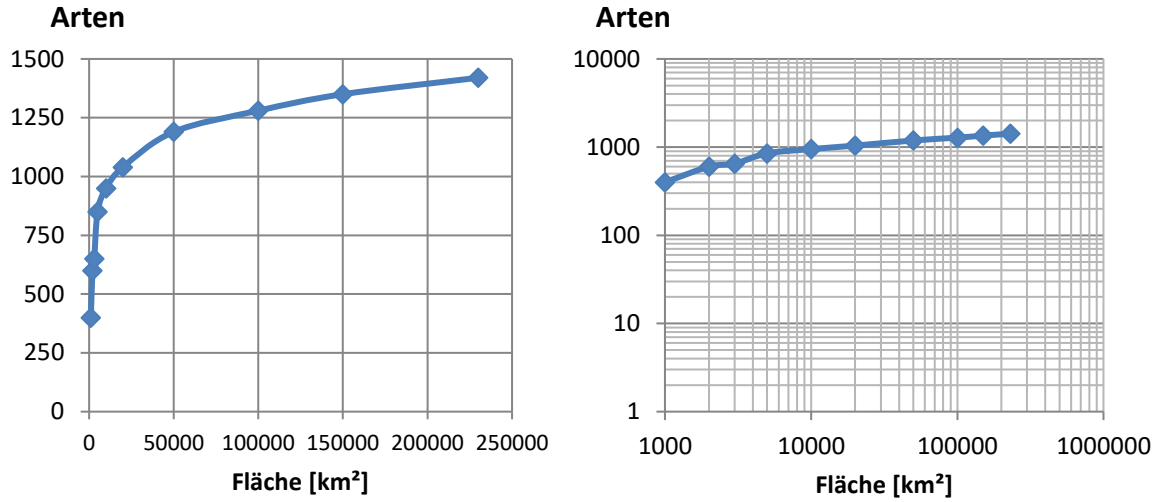
erreicht wurden schon:

- reineres Wasser (vor allem in den Flüssen)
- weniger Müll
- weniger Lärm
- reinere Luft

Arten-Flächen-Beziehung (Species-Area-Relationship)

auch Art-Gebiets-Beziehung

Bei Untersuchungen der Arten-Zahlen in Ökosystemen stellte man einen Zusammenhang zur betrachteten Fläche fest.



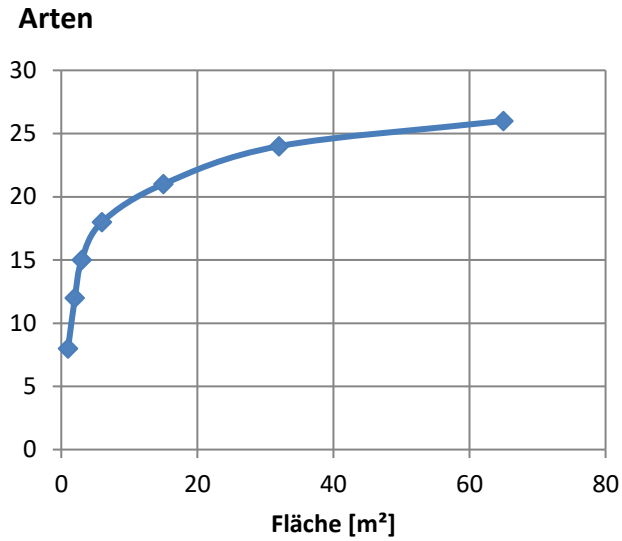
nach ROSENZWEIG 1995 (Daten-Q: https://www.cambridge.org/core/books/speciesarea-relationship/history-of-the-speciesarea-relationship/39A891387EFFD8BC9032C18070CC6917)

Die Beziehung scheint einer logarithmischen Funktion zu entsprechen. Bei kleinen Flächen-Größen steigt die Arten-Zahl schnell an. Mit zunehmender Größe erhöht sich die arten-Zahl aber immer weniger. Noch größere Flächen sind nur noch durch leicht steigende Arten-Zahlen charakterisert.
Interessant ist die doppelt logarithmische Darstellung der Arten-Zahl in Abhängigkeit von der Fläche. Hier kann man dann eine Gerade erkennen. Mit Hilfe der Gerade lässt nun leicht die zu erwartende Arten-Zahl auf anderen Flächen-Größen berechnen / voraussagen.

(c,p) 2011-2025 lsp: dre

Aufgaben:

1. *Sagen Sie die Arten-Zahl für eine Fläche von 1'000'000 km² voraus! Erläutern Sie, wie sie vorgegangen sind!*
2. *Von einem anderen Autor (SMITH; /B, Kap. 38.1) stammt das nebenstehende Diagramm. Interpretieren Sie das Diagramm!*
3. *Vergleichen Sie das Diagramm von SMITH mit dem von ROSENZWEIG! Kann es sein, dass in einem Diagramm ein Fehler steckt? Überlegen Sie sich eine Möglichkeit, wie Sie die Gültigkeit (mathematisch) prüfen können!*



Begründen Sie Ihr Urteil über die Fehlerhaftigkeit (eines) der Diagramme!

4. *Welche Konsequenzen ergeben sich aus den Diagrammen für den Naturschutz? Erläutern Sie diese!*
5. *Der Biologie-Schlaumeier des Kurses behauptet, dass durch die Züchtung neuer Sorten, z.B. bei Kartoffeln, aktiver Naturschutz ist, da die Biodiversität gesteigert wird. Setzen Sie sich mit dieser Behauptung auseinander!*

Nachhaltigkeit im Umweltschutz

durch immer stärkere Spezialisierung werden ökonomische / egoistischen (eigenzentrierte) Argumente bedeutsamer
Bauer bewirtschaftet sein eigenes Land, hat Interesse auch für seine Kinder / Enkel genau diese bedingungen zu erhalten
isolierter industrieller Viehzucht-Betrieb oder eine Feld-Wirtschaft arbeitet auf gepachtetem Land, mit geliehenem Geld und Maximal-Profit-Orientierung, kein Interesse an die Folgen über 20 oder 100 Jahre hinweg nachzudenken oder Geld zu investieren / zurückzulegen / …
Verursacher-Prinzip nicht allumfassend in Wirtschaft, Handel und Industrie umgesetzt; fehlende Gesetze, die die aktuellen Strukturen beachten; Eigenverantwortung / Selbstverpflichtung haben einen luxuriösen Charakter
Blick für folgende oder vorlaufende Probleme wird getrübt / Ausblendung / Abschieben der Verantwortlichkeit

Lieferketten-Probleme

dazu kommen pauschalisierte, oberflächliche (populär-wissenschaftliche), manchmal oder unsachliche, diskreminierende, pseudowissenschaftliche Diskussionen / Argumentationen (Deckmantel der Meinungsfreiheit)



Komponenten der Nachhaltigkeit
Q: de.wikipedia.org (nach: Johann Drèo, geänd.: dre)

Definition(en): Nachhaltigkeit
Nachhaltigkeit ist ein Handlungs-Prinzip mit dem Ziel, die ursprünglichen Eigenschaften / Merkmale eines Systems / seine Stabilität und die natürliche Regenerations-Fähigkeit vordergründig und längerfristig zu erhalten.

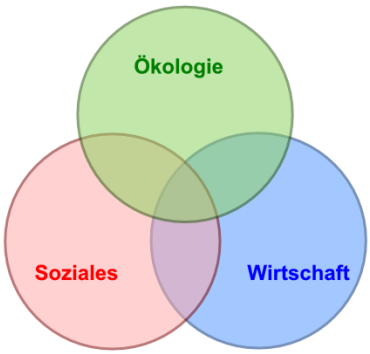
Aspekte der Nachhaltigkeit

- **Wirkung über eine längere Zeit / Dauerhaftigkeit**
- **ausgleichende und äquivalente (Gegen-)Maßnahmen /**
- **wenig Veränderungen / Erhaltung**

Enkel-gerecht

Drei-Säulen-Modell der Nachhaltigkeit

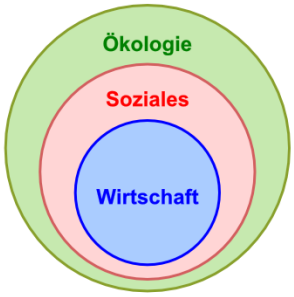
Bestandteile:
ökologische Nachhaltigkeit
ökonomische Nachhaltigkeit
soziale Nachhaltigkeit



Drei-Säulen-Modell der Nachhaltigkeit

EJeder bereich wird als gleich wichtig und gleichberechtigt angesehen.

Aussage:
Nachhaltigkeit kann nur bei gleichwertiger Rücksichtnahme auf alle drei Bereiche erreicht werden.



Vorrang-Modell der Nachhaltigkeit

Einzelne Bereiche werden in ihrer Beziehung und Abhängigkeit zueinander gesehen.

Aussage:
Keine Wirtschaft ohne eine Gesellschaft, keine Gesellschaft ohne Ökologie.

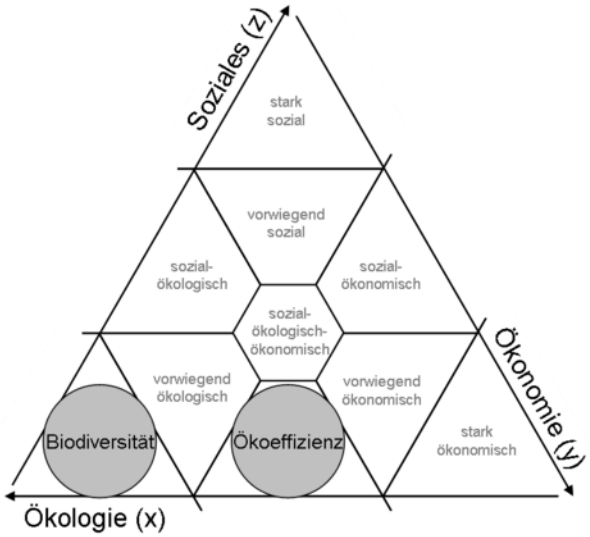
verschiedene Modelle der Nachhaltigkeit
Q: de.wikipedia.org (nach: Felix Müller; geänd.: dre)

Neuorientierung

integriertes Nachhaltigkeits-Dreieck
(GIBBSches Dreieck)

Ziel x+y+z = MAX = 100%

Komponenten selbst können max. 1/3 der Gesamthöhe einnehmen; deshalb Zusammenspiel aller Komponenten für hohe Nachhaltigkeit gefordert



integriertes Nachhaltigkeits-Dreieck
Q: de.wikipedia.org (Alexandro Kleine)

Definition(en): minimal invasive Beeinflussung

Definition(en): Neobiota
Neobiota sind fremde Arten, die sich (meist nach einer Einschleppung) in natürlichen oder halb-natürlichen Lebensräumen dauerhaft ansiedeln, die Lebensräume deutlich verändern und die natürliche Biodiversität veringern bis zerstören.



die 17 Nachhaltigkeitsziele (Sustainable Development Goals, SDGs)

- **keine Armut**
- **kein Hunger**
- **Gesundheit und Wohlergehen**
- **hochwertige Bildung**
- **Geschlechtergleichstellung**
- **sauberes Wasserund sanitäre Versorgung**
- **bezahlbare und saubere Energie**
- **Menschenwürdige Arbeit und Wirtschaftswachstum**
- **Industrie, Innovation und Infrastruktur**
- **weniger Ungleichheiten**
- **nachhaltige Städte und Gemeinden**
- **nachhaltiger Konsum und Produktion**
- **Massnahmen zum Klimaschutz**
- **Leben unter Wasser**
- **Leben an Land**
- **Frieden, Gerechtigkeit und starke Institutionen**
- **Partnerschaften zur Erreichung der Ziele**

Q: 2030-Agenda der Vereinten Nationen (Sustainable Development Goals, SDGs)

betrieblicher Umweltschutz und Umwelt-Management

Entwicklung / Umorientierung vom nachsorgenden zum vorsorgenden Umweltschutz

Umwelt-Managementsysteme
PDCA-Zyklus (**p**lan-**d**o-**c**heck-**a**ct)
Planung und Überwachung aller Betriebsabläufe

PDCA-Zyklus

1. Plan (Vorbereitung)	Bedarfs-Analyse, Möglichkeiten-Analyse (IST-Situation) Bestimmung des Handlungsbedarfs Ziel-Festlegung (gewünschter SOLL-Zustand)
2. Do (Durchführung)	Durchführung / Durchsetzung der geplanten Maßnahmen
3. Check (Überwachung)	Vergleichen der Veränderungen (IST*) mit den Zielen (SOLL)
4. Act (Reagieren, Korrigieren)	falls die Ziele nicht erreicht werden, Korrektur der Ziele (?) und / oder Maßnahmen Festlegung neuer Ziele und / oder Maßnahmen

Umwelt-Managementsystem nach EMAS

seit 1993 in der EU "Gemeinschaftssystem für das freiwillige Umweltmanagement und die Umweltprüfung" (Eco-Management and Audit Scheme, EMAS)

teilnehmende Firmen verpflichten sich Umwelterklärungen zu erstellen
enthält Ressourcen- und Energie-Verbrauchs-Angaben; Emissionen, Abfälle

Ziele:

- Verbesserung betrieblicher Abläufe, Umweltbelastungen und Umwelt-Leistungen unter Umwelt-Aspekten
- Einbeziehung der Belegschaft in kontinuierliche Verbesserungen
- Engagement im Umweltschutz
- Einhaltung der Umwelt-bezogenen Rechts- und Verwaltungs-Vorschriften
- Notfall-Planungen
- Verhinderung von Unfällen und Notfällen

Kern-Indikatoren

- Energie-Effizienz
- Material-Effizienz
- Wasser(-Verbrauch)
- Abfall(-Aufkommen)
- biologische Vielfalt
- Emissionen



Logo
Q: de.wikipedia.org
(EMAS-Verordnung)

EMAS-Schrittfolge

1.	**Umweltprüfung**	Erhebung der IST-Situation
2.	**Umweltpolitik**	Festlegung von Leitlinien, Handlungs-Grundsätzen, Zielen
3.	**Umweltprogramm**	Formulierung der Einzel-Ziele
4.	**Implementierung und Durchführung**	Aufbau von Strukturen Führen eines Managementhandbuches
5.	**Kontroll- und Korrektur-Maßnahmen**	SOLL-IST-Vergleiche Korrektur-Maßnahmen
6.	**Management Review**	Bewertung, obe Ziele erreicht wurden Bewertung der Eignung der Maßnahmen und Handlungen
7.	**Umwelt-Erklärung**	Information der Öffentlichkeit
8.	**Begutachtung**	externe Evaluation (Validierung)
9.	**Registrierung und Logo**	Lizensierung
10.	**Fortschreibung (Revalidierung)**	jährliche / zweijährige Fortschreibung des Umwelt-Managementsystems

in der EU (2015) rund 12'500 Organisationen und 4'000 Objekte / Kulturstätten registriert

Weiterentwicklung EMAS II und EMAS III (2010))

Umsetzung in Deutschland Umweltauditgesetz (UAG)
erste Seriengroß-Veranstaltung, die das Zertifikat erhielt war der Deutsche Evangelische Kirchentag
derzeit 3000 Einrichtungen etc. in Deutschland registriert

aus MV dabei z.B.:
Hochschule Neubrandenburg
TRW Airbag Systems GmbH; Laage
Hansestadt Rostock; Amt für Umweltschutz
Palmberg Büroeinrichtungen & Service GmbH

persönlicher Umweltschutz der Deutschen

1. **91 % der Deutschen finden den Umweltschutz wichtig**
2. **79 % vermeiden Abfall und Recyclen**
3. **74 % sparen Energie, indem sie Geräte od. Licht ausschalten, wenn sie nicht gebraucht werden**
4. **68 % verwenden weniger Einwegprodukte wie Plastiktüten**
5. **44 % kaufen regionale und saisonale Lebensmittel**
6. **52 % wollen energiesparende Geräte kaufen**
7. **20 % beziehen Öko-Strom**
8. **12 % investieren Geld in erneuerbare Energien**

Q: http://www.fuereinebesserewelt.info/wir-sind-besser-als-wir-denken-die-8-haeufigsten-umweltschutzmassnahmen-der-deutschen/

Bio-Produktion / Bio-Produkte

Anteil der deutschen Tierproduktion mit "Öko" bzw. "Bio" um 3% stagnierend

neuerer Trend zu vegetarischen und veganen Produkten

Ehrlichkeit bei Firmen z.T. kritisch zu sehen
Menge an Bio-gelebelter Bauwolle-Produkte übersteigt biologisch zertifizierte Produktion um ein mehrfaches



Logo Eu-Bio



Deutsches Bio-Siegel

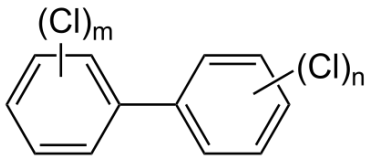
Verbraucher-Täuschung
"Made in XYZ" nach dem letzten Produktions-Standpunkt
"Art-gerechte Haltung" für Bio-Schwein sind das 2,3 m^2 Stall-Fläche; Platz pro Legehenne 800 cm^2 = 0,08 m^2 (z.B.: 20 x 40 cm)
Tötung der männlichen Küken von Lege-Hühnern (50 Millionen pro Jahr) → eigentlich sollte es schon lange verboten sein, aber mit fragwürdigen Methoden und Argumenten wird das Datum immer wieder nach hinten verschoben
auch bei "Bio" oder "Öko" Massentierhaltung möglich
Vielzahl kaum oder selbst-kontrollierter Siegel / Marken
staatliche Kontrolle schon bei konventioneller Lebensmittel-Produktion überfordert → regelmäßige Skandale mit Lebensmittel-Fälschungen (z.B. Gammenfleisch-Skandal; Pferdefleisch in Lassange, …)

neue Monokulturen
vegane Produkte, die nach Fleisch etc. schmecken sollen, enthalten oft sehr spezielle Zusatzstoffe, die nicht mehr der Grund-Idee entsprechen
oft sehr großer – z.T. sehr Ressourcen-intensiver – Umbau der veganen Ausgangsstoffe in "wohl-schmeckende" / vom Kosumenten gewünschte Produkte
oft von industriellen Prozessen begleitet (Protein-Umbau, …)

Anreicherung von Stoffen in Ökosystemen, Nahrungs-Beziehungen und Organismen

Beispiel PCB (Polychlorierte Biphenyle)

Eigenschaften:
gelblich, recht hohe Dichte, schwerer / dichter als Wasser; gut Fett-löslich, gilt als superhydrophob, elektrischer Isolator, chemisch und thermisch sehr stabil, schwer entflammbar



allgemeine Struktur-Formel der PCB
(m, n = 0, 1, 2, 3, 4 od. 5; m + n > 0)
Q: de.wikipedia.org (Jü)

Verwendung: als Isolations-Flüssigkeit in Kondensatoren (alte Waschmaschinen, Schleudern, …) und Hochspannungs-Transformatoren; Papier-Beschichtungen; Weichmacher in Kunststoffen; Zusatz bei Lacken und Farben; Hydraulik-Öl; Schmiermittel; Flammschutzmittel

Bedeutung:
gehören zum sogenannten "Dreckigen Dutzend" den 12 als besonders gefährlich und schädlich organischen Giftstoffen
je höher sie chloriert sind, um so schwerer abbaubar sind sie
nicht akut giftig, hohe Anreicherungsraten in Fett-Geweben; Langzeit-Gift
Leber-Schäden, Chlorakne, Haarausfall, übermäßige Hautpigmentierung, Schädigungen des Immunsystems und des Nervensystems, Verzögerung der Entwicklung, Frucht-schädigend, Krebs-erregend
seit 2004 weltweit verboten; derzeit nur "Altbestände" in den Ökosystemen

besondere Beachtung sollte elektrischen Altgeräten gelten, treten an elektrischen Bauteilen honiggelbe Auslauf-Flecken auf, dann könnte es sich um PCB handeln → besondere Vorsicht

Lebensraum Lebewesen	**PCB-Gehalt [mg / l] bzw. [mg / kg [Fett]]**	**Anreicherungs-Faktor**	**Bemerkungen**
Wasser	0,000.002	1	
Sediment (trocken)	0,005 – 0,16	2.500 – 80.000	
Plankton, pflanzlich	≈ 8	4.000.000	
Plankton, tierisch	≈ 10	5.000.000	
Wirbellose	5 – 11	2.500.000 – 5.500.000	
Fische	1 – 37	500.000 – 18.500.000	
Seevögel	110	55.000.000	
Meeressäuger	160	80.000.000	gilt auch für andere Gipfel-Raubtiere (z.B. Mensch)

Q: /37, S. 222 (nach FISCHER ÖKO-Almanach 91/92)/

Verursacher für Arten-Rückgang	Zahl betroffener Arten	
Landwirtschaft	513	
Forstwirtschaft und Jagd	338	
Tourismus und Erhohlung	161	
Rohstoff-Gewinnung, Kleintagebau	158	
Gewerbe, Siedlung und Industrie	155	
Wasserwirtschaft	112	
Teichwirtschaft	79	
Verkehr und Transport	71	
Abfall- u. Abwasser-Beseitigung	71	
Militär	53	
Wissenschaft, Bildung und Kultus	40	
Lebensmittel- u. pharmazeutische Industrie	8	

Q: /37; S. 362 (nach JEDICKE 1990)/

seit 2010/15 verstärkter Rückgang von Insekten-Arten

erste Länder (z.B. China, USA) haben bei bestimmten Kulturen Bestäubungs-Probleme
in China schon Versuche mit künstlicher Bestäubung (mit Pinseln)
neue Idee dazu: Einsatz von Mini-Drohnen als Bienen-Ersatz

Gefährdungs-Faktoren	Zahl gefährdeter, einheimischer Vogel-Arten	
Landwirtschaft	57	
Industrie	44	
Störungen	41	
Wasserwirtschaft	40	
Waldwirtschaft	35	
Besiedlung	23	
direkte Verluste	22	
Verkehrswege	8	

Q: /37; S. 370 (nach PLACHNER 1991)/

Gefährdungs-Faktoren	Rückgang gefährdeter Tagfalter-Arten [%]	
Landwirtschaft	69,2	
Forstwirtschaft	43,9	
Kleintagebau	36,9	
Sammler	21,9	
Siedlung und Verkehr	15,4	
Abfallbeseitigung	4,4	
natürliche Einflüsse	3,3	

Q: /37; S. 375 (nach PLACHNER 1991)/

6.x. Invasions-Biologie (Invasions-Ökologie)

moderner Zweig der Ökologie
beschäftigt sich mit der Art und Weise, wie invasive Arten mit bestehenden Ökosystemen interagieren

invasive Arten gelten als zweit- bzw. dritt-wichtigste Ursache für den Arten-Schwund

Definition(en): Invasionsbiologie
Die Invasions-Biologie ist der Teil der Ökologie, der sich mit invasiven Arten und deren Interaktionen in bestehende Ökosysteme beschäftigt.
Invasionsbiologie ist der Zweig der Biologie (Ökologie), der Ursachen, Mechanismen und Auswirkungen biologischer Invasionen erforscht.

wegen der starken Beziehung zu Evolution, Systematik und anderen Bereichen der Biologie i.A. als Invasions-Biologie bezeichnet

Definition(en): invasive Art
Eine invasive Art ist dadurch gekennzeichnet, dass sie sich nach der Neuansiedlung in einem Gebiet massenhaft entwickelt und in den lokalen Ökosystemen oder beim / für den Menschen Schaden anrichtet.

Gebiets-fremde Arten
mit oder durch den Menschen verbreitet
in relativ kurzer Zeit (gemeint sind nicht evolutionäre Zeiträume) deutliche bis dramatische Veränderungen in den heimischen Ökosystemen
Austausche gab es schon immer, nur in viel seltneren Fällen und meist nur in nah benachbarten Regionen
jetzt werden auch – vorher als unüberwindbar geltende Gebiete (Gebirge, Ozeane) – "bezwungen"

invasive Arten finden ein Ökosystem vor, indem die Ressourcen (für sie) sehr groß sind und sie kaum oder keine Feinde vorfinden (Nischen-Theorie von GRINNELL (1913)).

wir sprechen heute von "Biologischer Invasion"

Invasions-Wege:
Gleis-Anlagen
Schiffe (Schiffskörper-Bewuchs, Ballast-Wasser (Bilge))
Straßen
Müllplätze
Urlaubs-Mitbringsel

invasive Arten sind gekennzeichnet durch …:

- hohe Vermehrungs-Raten (deutlich höher als im Ursprungs-Gebiet)
- fehlende Konkurrenz
- Dominanz in den Nahrungs-Gefügen
- fehlende begrenzende (biotische) Faktoren, wie Fressfeinde, Parasiten, …
- Verdrängung heimischer / angestammter Arten

in Nordamerika breitete sich nach der Einwanderung der "Weißen" der Breitwegerich (*(s) Plantago major*) auf den Ausbreitungs-Wegen aus (von den Ureinwohnern "Fußspur des weißen Mannes" genannt)

Definition(en): Neobiota
Neobiota (selten auch "fremdländische oder exotische Arten") sind Arten. die mit bzw. nach der Eroberung von Amerika (1492, KOLUMBUS) neue Gebiete erobert haben. (Neophyta … → Pflanzen; Neozoa … → Tiere; Neomyceta … → Pilze)

Definition(en): Invasions-Arten
Invasions-Arten sind solche Arten, die sich nach der Neuansiedlung in einem Gebiet massenhaft entwickeln und in den lokalen Ökosystemen oder beim / für den Menschen Schaden anrichten.

erster großen Arten-Austausch fand vor 12'000 Jahren statt, als die Menschen im Mittelmeer-Raum und in Westasien sesshaft wurden

letzter größerer Austausch vor 500 Jahren mit dem Erreichen von Amerika durch KOLUMBUS usw.
die ab nach diesem Zeitpunkt eingewanderten Arten werden als Neueinwanderer (Neobiota) bezeichnet, die davor als Alteinwander (Archeobiota)
meist nur für die Pflanzen verwendet, weil bei ihnen die Ausbreitungen gut untersucht und dokumentiert sind

seit Beginn des 20. Jahrhundert's immer mehr steigende Arten-Zahlen und immer neue Gebiete

die Ausprägung als invasive Art durchläuft vier Phasen / Stufen:
1. Transport der Art in ein neues Gebiet
beabsichtigt oder als "Blinde Passagiere", meist mit Güter-Trasporten oder Menschen-Bewegungen
2. Etablierung im neuen Gebiet (Überleben im neuen Gebiet)
es gibt freie oder nur nur teilweise genutzt ökologische Nischen
3. Vermehrung und Bildung einer stabilen Population
Art kann auch in diese Phase noch unproblematisch sein
4. Erreichen des Invasions-Stadium's

Art dominiert neues Gebiet, breitet sich "aggressiv" auf weitere Gebiete aus

von WILLIAMSON stammt die "Zehner-Regel", die besagt, dass nur 10 % die jeweils nächste Phase erreichen
von 1'000 übertragenen Arten wird letztlich nur ungefähr ein (1) invasiv

derzeitige Tendenzen
es sind mehr invasive Arten aus Europa zu beobachten als invasive Arten nach Europa
liegt wahrscheinlich an der recht alten anthropgenen Beeinflussung der Ökosysteme (in Europa ungefähr 12'000 Jahre)
in den Zielländer ist die menschliche Nutzung oft nur wenige Hundert Jahre alt

Einwanderung von Arten aus wärmeren Regionen und Arten die eigentlich Frost-empfindlich sind
können z.B. in geschützten Ökosystemen, wie deiner Stadt, nun bestehen
z.B. Halsband-Sittich (*(s) Psittacula kramer*), Esskastanie (*(s) Castanea sativa*) und Feige (*(s) Ficus carica*)

Homogenisierung der Arten-Verteilung

Verringerung der Diversität
nachteilige Entwicklung für primär seltene Arten, die nur kleine oder spärliche Gebiete besiedelten
stärkere Entwicklung einiger weniger – aber dominierender – Arten (auf immer größeren Gebieten)
Wechsel auf neue Ökosysteme

Inseln sind stärker von Invasionen betroffen
es gibt hier gewöhlich weniger Arten, als in vergleichbaren anderen Ökosystemen
Chance freie ökologische Nischen auf Inseln zu finden ist größer
es gibt weniger Organismen und damit ist der Gen-Pool kleiner und somit auch die Anpassungs-Möglichkeiten eingeschränkt (→ 🕮 **Evolution**)

immer stärker ansteigende Nährstoff-Mengen in den Böden (Eutrophierung)

Bekämpfung von invasiven Arten mit importieren weiteren Arten gilt i.A. als problematisch

viele Negativ-Beispiele (Australien mit all seinen Plagen und eigentlich durchweg fehlgeschlagenen "biologischen Gegen-Maßnahmen"
z.B. hat die wegen der Kaninchen-Plage (1950er Jahre) aus Südamerika eingeführte Myxomythose (Kaninchen-Pest (→ Verursacher-Virus *(s) Leporipoxvirus myxomatosis*)) sich dann bis heute weltweit verbreitet

Maßnahmen müssen gut voruntersucht werden, immer speziell auf die invasive Art angepasst werden und nur bei einer echten Gefahr (für die Menschen) eingesetzt werden
es gilt hier auch unbedingt den Warnern (gern als ökolgische Spinner verunglimpft) Gehör zu schenken, eine andere Sicht (als nur wirtschaftliche Interessen) ist immer gut

6.x.y. Beispiele Neobiota / invasive Arten

frei ausgwählte Beispiele ohne Anspruch auf Vollständigkeit
soll vor allem die Breite der Arten-Vielfalt aufzeigen

Canadische Wasserpest ***(s)***

Drüsiges Springkraut ***(s)***

Japanischer Staudenknöterich ***(s)***

Riesenbärenklau ***(s)***

Bisamratte ***(s)***

Waschbär ***(s)***

Argentinische Ameise ***(s)***

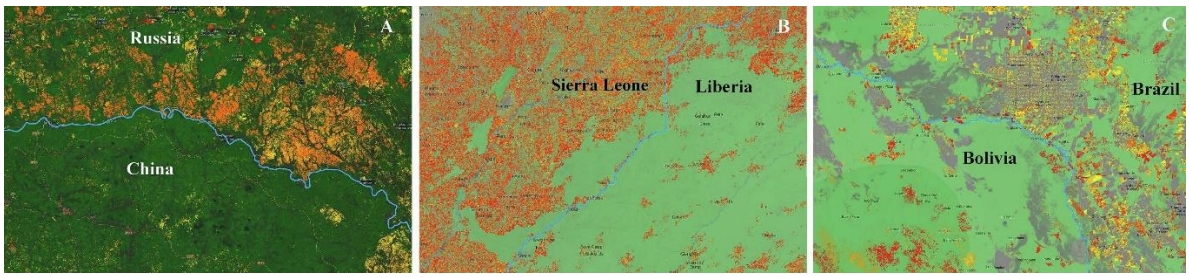
Wollhandkrabbe ***(s)***

Trapezkrabbe ***(s)***

zusätzliche Kapitel-Quelle:
KLOTZ, Stefan: Biologische Invasion – Gefahr im Verzug? – Globaler Artenaustausch, eine neue Herausforderung.-IN: BECK, Erwin (Hrsg.): Die Vielfalt des Lebens – Wie hoch, wie komplex, warum?-Weinheim: Wiley-VCH Verl., 2013.-ISBN 978-3-527-33212-0

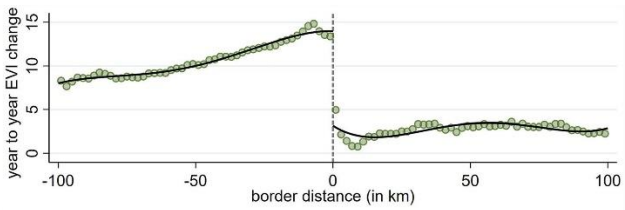
6.x. politische Effekte im Umweltschutz

Untersuchung von Vegetations-Streifen neben den Länder-Grenzen über Sateliten-Aufnahmen

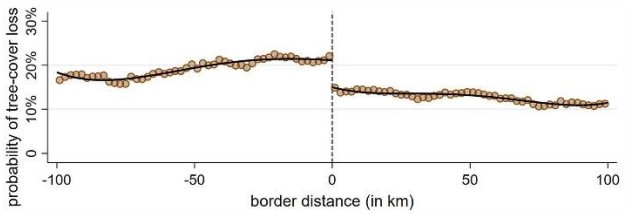


blaue Linie: Länder-Grenze; grün: Baum-Bedeckung; Verlust der Baum-Bedeckung (gelb: Anfang 2000er; orange: Anfang 2010er; rot: Ende der 2010er Jahre)
Q: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S095937802300136X?via%3Dihub
→ https://ars.els-cdn.com/content/image/1-s2.0-S095937802300136X-gr1_lrg.jpg

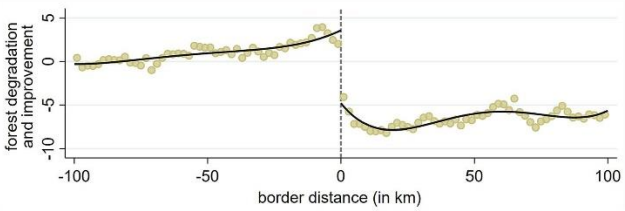
jährliche Veränderung des Vegetations-Index EVI (Enhanced Vegetation Index)



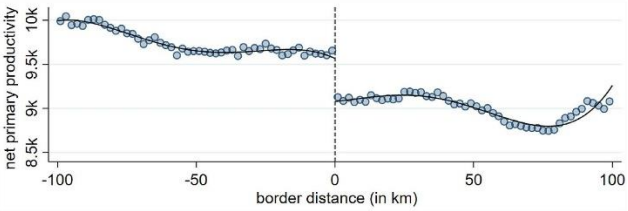
Wahrscheinlichkeit des Baum-Bestands-Verlustes



Wald-Schädugung und -Verbesserung



Wald-Netto-Primärproduktion



Abstand von der Länder-Grenze
Q: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S095937802300136X?via%3Dihub
→ https://ars.els-cdn.com/content/image/1-s2.0-S095937802300136X-gr2_lrg.jpg

Links-Rechts-Cluster-Bildung?
links Länder mit höheren durchschnittlichen Ergebniswerten, rechts, die mit den geringeren

EVI ist ein optimierter Index, der von störenden athmosphärischen und Vegetations-Merkmalen befreit ist. Er dient zur Quantifizierung des Blattgrün's in einem bestimmter Raster-Gebiet. Die Berechnung erfolgt aus Bild-Daten in mehreren Spektralbereichen (Bändern) von Sateliten.

aktuelle Kenntnise deuten darauf hin, dass ein Drittel des Baumverlust-Risiko's auf nationale Maßnahmen und Handlungen zurückgehen; zwei Drittel sind globale Effekte

Globaler Wald-Wandel: → https://glad.earthengine.app/view/global-forest-change#bl=off;old=off;dl=1;lon=20;lat=10;zoom=2;

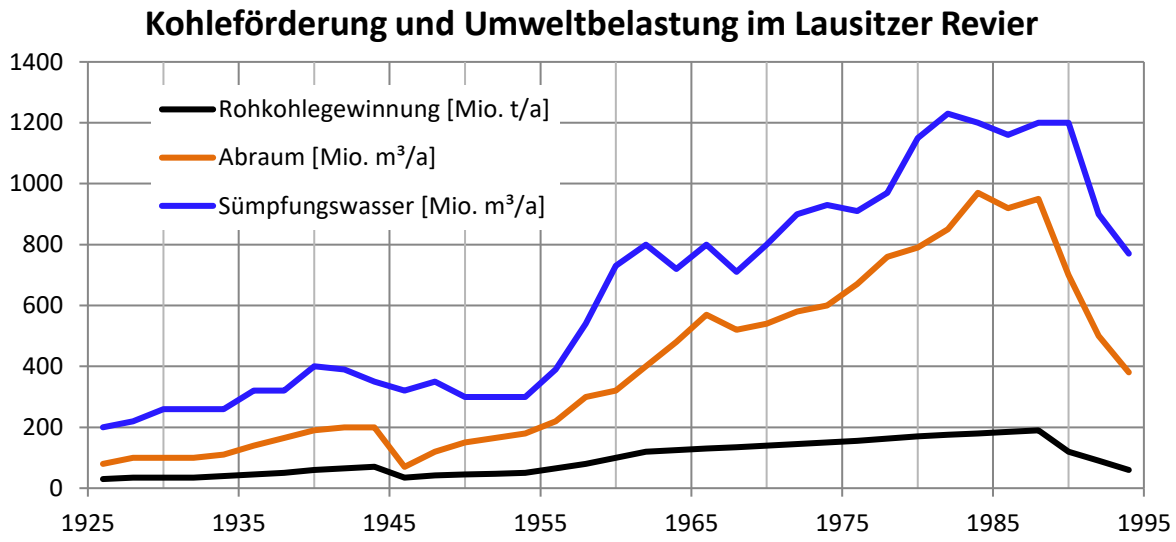
Aufgaben:

1. ***Ein Mitschüler behauptet, dass er mit seinem Handeln pratisch keinen Einfluß auf die Erhaltung von Wäldern und der Natur hat. Nur große internationale Bestimmungen (z.B. Klima-Konferenzen) können einen Effekt bringen. Setzen Sie sich mit dem Standpunkt des Mitschüler's auseinander!***

6.x. Rohstoff-Gewinnung und ihre Umwelt-Wirkungen

Definition(en): Regeneration
Unter Regeneration versteht man die Fähigkeit eines Systems / Ökosystems / Organismus wieder die optimalen Bedingungen / das ökologische Gleichgewicht zu erreichen / verloren-gegange Teile zu ersetzen.

Definition(en): Recycling
Unter Recycling versteht man die Rückführung oder Kreislauf-Nutzung von bestimmten Stoffen.



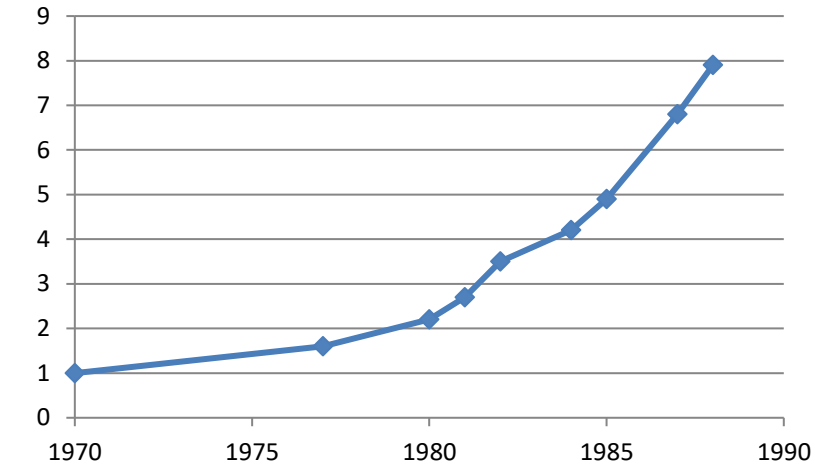
vereinfacht nach DVWK (Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau e.V.);
aus: Die Elbe und ihr Einzugsgebiet - …; Internationale Kommission zum Schutz der Elbe 2005; S. 170

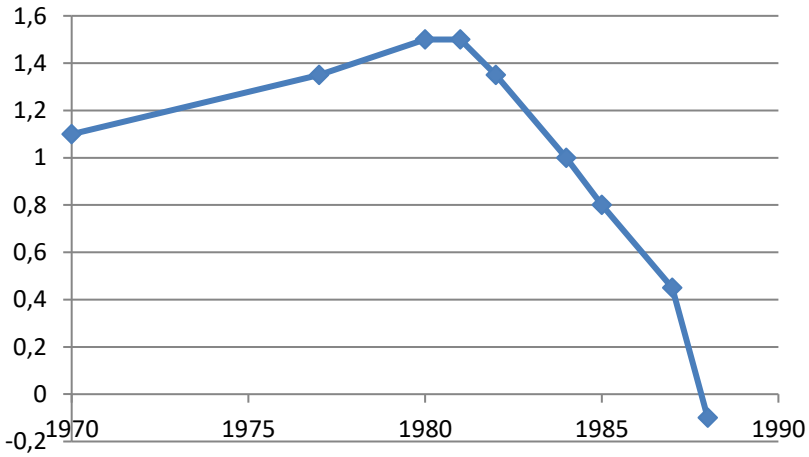
Arzneimittel	medizinische Wirkung	Stamm-Pflanze
Acetylsalicylsäure	Schmerz-lindernd; Entzündungs-hemmend	*Filipendula ulmaria* (Echtes Mädesüß) *Salix caprea* (Sal-Weide)
Codeïn	Schmerz-lindernd; Husten-Reiz-unterdrückend	*Paperver somniferum* (Schlafmohn)
Ipecacuanha	Brechreiz-auslösend	*Psychotria ipecacuanha* (Brechwurzel)
Pilocarpin	Augendruck-senkend	*Pilocarpus jaborandi* (Jaborandi)
Prostatin	gegen Gelbfieber gegen HIV-Erkrankung	*Homalanthus nutans* ()
Pseudoephedrin	Nasen-Schleimhaut-abschwellend	*Epehedra sinicia* (Meerträubl)
Chinin	Anti-Malaria-Mittel	*Cinchona pubescens* (Chinarinde(nbaum))
Reserpin	Blutdruck-senkend	*Rauvolfia serpentina* (Indische Schlangenwurzel)
Scopolamin	gegen Reise-Krankheit	*Datura stramonium* (Gemeiner Stechapfel)
Theophyllin	Bronchien-erweiternd	*Carmelia sinensis* (Schwarztee)
Vinblastin	gegen HODGKIN-Lymphon	*Catharanthus roseus* (Rosafarbende Catharanthe)

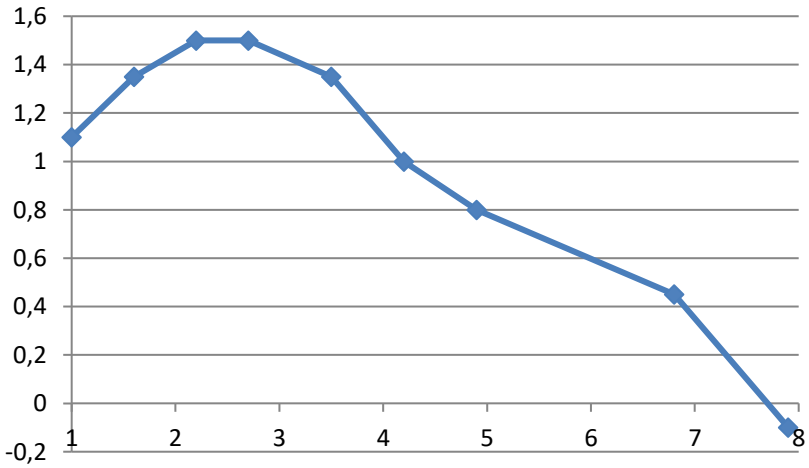
Daten-Q: KÖNIG, LINSENMAIR: Biologische Vielfalt.-Spektrum der Wissenschaften; S. 182 ff.; de.wikipedia.org

Aufgaben:

1. *Skizzieren Sie das untere Diagramm grob ab!*
2. *Ordnen Sie den Achsen die zugehörige Größe, und den Datenpunkten die zugehörige Jahreszahl zu!*
3. *Interpretieren Sie die Diagramme!*



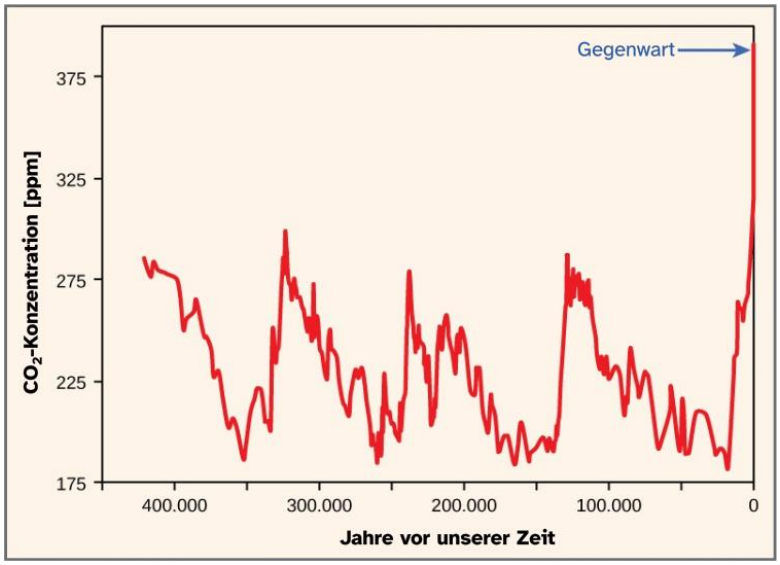




Fischerei-Aufwand (geschätzter Index) und Vermögenswerte (Mrd. CostaRica-Colones (Wert-Basis: 1984)) für das Fangebiet Costa Rica

Daten-Q: KÖNIG, LINSENMAIR: Biologische Vielfalt.-Spektrum der Wissenschaften; S. 204

CO_2-Anstieg in der Atmosphäre – natürliche Schwankung oder anthropogener Einfluss



atmosphärischer CO_2-Gehalt
in den letzten gut 400'000 Jahren
Q: /B; Kap.38.2/; leicht geänd. u. übersetzt: dre

Aufgaben:

1. *Interpretieren Sie das Diagramm!*
2. *Schätzen Sie den anthropogenen Anteil am aktuellen CO_2-Wert in der Atmosphäre ein! Erläutern Sie Ihr Vorgehen!*
3. *Setzen Sie sich mit der Behauptung auseinander, dass der aktuelle Wert des CO2 in der Atmosphäre eine ganz normale, natürliche Schwankung darstellt!*
4. *Welche Maßnahmen können Sie persönlich ergreifen, um den CO2-Gehalt zu reduzieren bzw. zu stabilisieren? Welche Maßnahmen würden Sie wirklich ergreifen? Welche Maßnahmen kommen für Sie nicht in Frage? Begründen Sie jeweils Ihren Standpunkt!*

heute immer stärker Erhaltung bzw. Erhöhung der Biodiversität das Ziel der Eingriffe durch den Menschen
Orientierungs-Grenze ist aber die natürlich vorkommende Arten-Vielfalt
zusätzliche Arten bringen i.A. nur riesige Probleme (→ Australien-Syndrom)

Australien-Syndrom

Begonnen hat hat alles mit der Besiedlung / Eroberung von Australien durch die Engländer

mitgebrachte Schafe

Kanninchen
mit Jagd-Prämien, Viren, Dingo's

Karpfen
Bekämpfung mit Koi-Herpes-Virus

Mimosen
mit Käfern (Floh-Käfer; *(s) Nesaecrepida infuscata*)

Wild-Katzen
mit Abschuß-Prämien und Gift-Köder

Stock-Käfer (Schädling auf Zuckerrohr-Feldern)
bekämpft mit Aga-Kröten, die aber wieder viele einheimische Arten fressen, bis hin zu kleinen Säugern und Waranen
gegen die Aga-Kröten hilft nichts, außer sie einzusammeln und zu töten

Kampf gegen Ziegen durch kastrierte Dingo's, die mit einer Gift-Kapsel versehen wurden
die Dingo's sollen die Ziegen dezimieren und dann nach gut 2 Jahren am Gift sterben

Wild-Pferde
bejagen

6.x.2. Süßwasser-Gewässer

Sauerstoff ist einer bedeutsamsten limitierenden Faktoren in Süß-Gewässern
relativ geringe Löslichkeit und die schwierige Nachbildung in eutrophierten Seen sind hier die entscheidenden Faktoren

Sauerstoff-Bedarf hat sich unter Limnologen frühzeitig als geeignetes Kriterium herausgestellt, um den Zustand eines See's zu charakteriseren

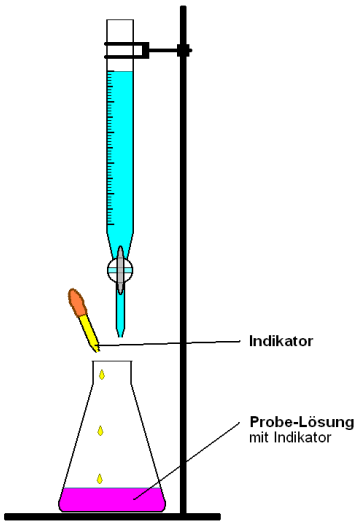
beim chemischen Sauerstoff-Bedarf (CSB bzw. COD (chemical oxygen demand)) untersucht man, wieviel Sauerstoff (in mg/l) nötigt wäre, wenn dies das einzige Oxidations-Mittel zum Oxidieren der vorhandenen organischen Stoffe wäre

dazu reicht es aber nicht einfach nur Sauerstoff einzuleiten und den Verbrauch zu messen, vielmehr muss man einige chemische Trick's ansetzen, damit auch wirklich alle Stoffe oxidiert werden
indem man ein sehr starkes Oxidations-Mittel einsetzt kann man den Sauerstoff-Bedarf recht gut – und vor allem nachvollziehbar und schnell – bestimmen
solche Oxidations-Mittel sind Kaliumdichromat und Kaliumpermanganat. dabei ist nicht das Kalium wichtig, sondern die beiden Anionen (Chromat(IV)- und Permangant()-Ion)
deren Sauerstoff wird chemisch umgesetzt, infolge der Reaktionen mit den organischen Stoffen aus dem Wasser verändern sich die Farben der Ionen (Es entstehen Ionen mit anderem Sauerstoff-Gehalt und damit anderen Oxidations-Stufen)

$$\text{organischer_Stoff} + \overset{+6}{Cr_2O_7^{2-}} \longrightarrow \text{Abbauprodukt} + \overset{+2}{Cr^{3+}}$$

orange — grünlich

leider sind die Farb-Veränderungen nicht so leicht zu beobachten, deshalb bedient man sich eines weiteren chemischen Trick's
man setzt einfach reichlich Oxidations-Mittel zu; die Menge ist vorher bestimmt / festgelegt worden (Einsatz bestimmter Volumen von genormten Lösungen)
nach der Reaktion wird dann die verbleibende Menge (die nicht für die Oxidation verbraucht wurde) mit einer anderen genormten Lösung bestimmt
hier kommt im Standard-Verfahren Ammoniumeisen(II)-sulfat und der Indikator Ferroin zum Einsatz



das Verfahren wird als Rück-Titration bezeichnet

der biologische – exakt der biochemische – Sauerstoff-Bedarf ergänzt die Information des CSB
hier misst man den Sauersroff-Bedarf für die biogenen Abbauch von organischen Materialien im Wasser
Die biologischen Vorgänge ziehen sich über viele Tage, so dass man auch den zeitlichen Faktor mit einbeziehen muss. Beim BSB_5 wird der Sauerstoff-Bedarf für den Zeitraum von 5 Tagen ermittelt. Dies ist der i.A. verwendete Wert. Für speziellere Betrachtungen – z.B. bei der Abwasser-Reinigung – verwendet man auch den BSB_2 und BSB_∞. Entsprechend dem obigen Ansatz wird hier nach 2 Tagen bzw. nach dem vollständigen Abbau gemessen.

es gibt drei Standard-Verfahren, um den BSB (orientiert auf den BSB_5) zu bestimmen:

- manometrisches Verfahren (in verschlossener Flasche, die zusätzlich reichlich Luft enthält; das gebildete CO_2 wird chemisch gebunden und der Druckverlust gemessen und in verbrauchten Sauerstoff umgerechnet)
- Verdünnungs-Methode (gearbeitet wird mit speziellen Flaschen (Karsruher od. WHEATON-Flasche), die vollständig mit verschieden verdünnten Testwasser und O_2-gesättigtem Wasser gefüllt, O_2-Bestimmung erfolgt am Anfang und nach den festgelegten Wartetagen; aus den Verdünnungs- und Messwerten wird dann der BSB berechnet)
- Sapromat-Methode (O_2-Zehrung und CO_2-Bindung erzeugen ein Steuer-Signal, dass für eine kontrollierte O_2-Einleitung sorgt; der BSB wird aus der Anzahl der Signale berechnet; diese Methode ist auch für Langzeit-Beobachtungen geeignet)

wenn der BSB_5 zwischen 50 und 100 % des CSB liegt, dann gelten die Inhaltsstoffe als biologisch gut abbaubar

liegt der BSB_5 unter der Hälfte des CSB (also unter 50 %), dann sind die Inhaltsstoffe schlecht abbaubar, sind ev. auch für die Mikroorganismen giftig oder verbleiben zu lange in den Gewässern (Abbau dauert sehr lange)
in gereinigten Abwässern liegt der B_SB5 bei 12 – 25 % des CSB (des ungereinigten Abwassers)

als Hilfsregel kann man sagen, dass der BSB5 ungefähr 70 % des BSB_∞ beträgt

häusliche Abwässer haben einen BSB5 von ungefähr 300 mg/l und einen CSB von 600 mg/l

Einwohner-Gleichwert EGW ist der Referenz-Wert für die Verunreinigung des Wassers durch einen Einwohner; verwendet in der Wasserwirtschaft, wird zum Vergleich der Verunreinigung durch Industrie und Handwerk herangezogen (zu Haushalten)
BSB5 = 60 g/d
CSB = 120 g/d
TOC = 40 g/d (Totaler Organischer Cohlenstoff)
Schwebstoffe = 60 g/d
Gesamt-Stickstoff 10 – 12 g/d
Gesamt-Phosphor 1,8 – 2,1 g/d

Hauptproblem liegt in der Eutrophierung (langfristiger übermäßiger Nährstoff-Eintrag)

Stickstoff-Einträge (1993 – 1997)

Eintrags-Art / -Typ	Menge [kt / a]	Anteil [%]
diffuse Einträge	***590***	***72***
atmospärische Disposition	10	1
Abwasser (Landwirtschaft)	15	2
Drainage	120	15
Erosion	15	2
Grundwasser	395	48
urbane Flächen	35	4
punktförmige Einträge	***230***	***28***
industrielle Direkteinleitung	25	3
kommunale Kläranlagen	205	25
gesamte Einträge	**820**	**100**

Q: Bundesumweltamt

Phosphor-Einträge (1993 – 1997)

Eintrags-Art / -Typ	Menge [kt / a]	Anteil [%]
diffuse Einträge	***24,5***	***66***
atmospärische Disposition	< 0,5	< 1
Abwasser (Landwirtschaft)	3,5	9
Drainage	3,5	9
Erosion	8	22
Grundwasser	5,5	15
urbane Flächen	4	11
punktförmige Einträge	***12,5***	***34***
industrielle Direkteinleitung	1	3
kommunale Kläranlagen	11,5	31
gesamte Einträge	**37**	**100**

Q: Bundesumweltamt

Aufgaben:

1. *Erstellen Sie geeignete Stapel-Diagramme für die Stickstoff- und Phosphor-Einträge!*

Saprobien-System

es werden bestimmte Indikator-Arten verwendet
vorrangig Wirbellose Tiere, verschiedene Wasserbewohnende einzellige oder mehrzellige Tiere
entwickelt vor ungefähr 100 Jahren von KOLKWITZ und MARSSON
Indikator-Arten besitzen einen Saprobien-Wert (s) zwischen 1,0 und 4,0 (1,0 ist Indikator-Art für oligosaprobe Systeme; 4,0 steht für eine Art mit Indikator für polysaprob)
dazu haben die Arten ein bestimmtes Indikator-Gewicht (g) mit den Werten 1, 2, 4, 8 und 16; steht für Toleranz-Breite (1 .. große Toleranz; 16 .. sehr kleine Toleranz)

Definition(en): Sabrobien
Sabrobien sind in Gewässern lebende Organismen, die organische Stoffe im Gewässer abbauen. Saprobien vollziehen eine biologische Selbstreinigung des Gewässer's.

Definition(en): Saprobien-System
Das Saprobien-System ist ein künstliches (, semiquantitatives) Bewertungs-Schema zur Ermittlung des Verschmutzungs-Grades / der Belastung (mit organischen Material) eines (Fließ-)Gewässer's.

Mikro- und Makrosapobier-Listen
Mikro-Saprobier sind einzellige Tiere (Wimpern-Tierchen (Ciliaten), Geißel-Tierchen (Flagelaten), …)
bei den Makro-Saprobiern findet man Insekten-Larven, Würmer, Asseln, Flohkrebse, Muscheln, Schnecken, Egel, …

Tabelle mit ausgew. Arten

die aus den einzelnen Liste berechneten Indizes werden und dürfen auch nicht miteinander verrechnet werden, sie stellen eigenständige Kennzahlen dar

(Indikator-Arten für das Saprobien-System haben ein Indikator-Gewicht von mindestens 4)

am untersuchten Gewässer werden die Indikator-Arten gesucht und in Häufigkeits-Stufen (von 1 für Einzelfund bis 7 für massenhaft vorkommend) erfasst; (kummulierte) Summe der A-bundanzen muss mindestens 20 ergeben, damit Wert gültig ist
Saprobien-Index wird aus den Beobachtungs-Werten berechnet (gerundet auf zwei Nachkommastellen):

$$S = \frac{\sum_{i=1}^{n} A \cdot s \cdot g}{\sum_{i=1}^{n} A \cdot g}$$

Arbeitsschritte:

- Auswahl der Probestellen
- Sammeln der dort lebenden Gewässer-Organismen
- Bestimmen der Organismen (oft im Labor)
- Auflisten der Indikator-Arten
- Berechnen des Index
- Bewerten des Index (unter Beachtung weiterer Kennzahlen (z.B. pH, CSB, BSB))

Aufgaben:

1.
2. *In neueren Interpretationen (z.B. nach der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie (→ https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2000/60/oj?locale=de)) geht man davon aus, dass jedes Fließgewässer eine gewisse Autosaprobität besitzt. Erkunden und erläutern Sie, was man unter der Autosaprobität versteht!*
3. *Der Biologie-Schlaumeier des Kurses erklärt: "Das Saprobien-System ist die Ansammlung von Organismen, die zur Selbst-Reinigung eines Gewässer's führen. Die meisten Sabrobier sind Wirbellose Tiere, die eben durch einen fehlende Zellkern und die damit fehlenden wirbelförmige Bewegung des Cytoplasma's gekennzeichnet sind. Im Saprobien-System werden die Organismen, entsprechend der Reihenfolge, in der sie bei der Selbst-Reinigung aktiv werden, in die Gruppen I bis IV eingeteilt. Die Gruppen entsprechen ungefähr der Reinigungs-Woche. Die Organismen der Saprobien-Stufe I sind z.B. besonders in der Woche 1 nach der Einleitung / Belastung eines Gewässer's zu beobachten. Den Namen trägt das System zu Ehren ihres Erfinder's Professorius SAPROBIUS, einem in der Zeit der Allchimisten berühmt gewordenen Forscher. Er ordnete damals auch alle ihm bekannten Organismen in die Familie der Saprobiener ein, die dann wissenschaflich Saprobiliae genannt wurden."*
   Setzen Sie sich mit der Darstellung des Biologie-Schlaumeier's auseinander!

Gewässer-Güteklassen / Saprobienstufe

Güteklasse Saprobien-stufe	Beschreibung / Kennzeichen	Sapro-bier-In-dex	O_2-Ge-halt [mg / l]	BSB_5 [mg [O2] / l]	NH_4^+ [mg / l]	NO_3^- [mg / l]	PO_4^{3-} [mg / l]	Keimzahl [1 / ml]	Fisch-Besatz	Plank-ton-Be-satz	Belastung
0 katharob			> 8								(vollkom-men) ohne
I oligosaprob	reines, Nährstoff-armes Wasser; stets annähernd Sauerstoff-gesät-tigt; geringer Bakterien-Gehalt; mä-ßig dicht besiedelt; vorwiegend Al-gen, Moose, Strudelwürmer und In-sekten-Larven; als Sommer-kühles Gewässer auch Laichgebiet von Salmoniden	1,0 – 1,8	> 8	1	(<) 0,1	1,2 – 1,7	0,06 – 0,08	aerobe Bak. <1.000	gering	gering	sehr gering
I – II	geringe anorganische Nährstoff-Zufuhr und organische Belastung; praktisch keine Sauerstoff-Zehrung; dicht mit gro-ßer Arten-Zahl besiedelt; als Sommer-kühles Gewässer auch Laichgebiet von Salmoniden										gering
II betamesosa-prob	mäßige Belastung; gute Sauerstoff-Versorgung; sehr große Arten-Zahl und Individuen-Dichte von Algen, Schnecken, Kleinkrebsen und In-sekten-Larven; großflächige Pflan-zen-Bestände; Arten-reiches Fisch-Gewässer	1,8 – 2,7	6	2 – 6	0,1 – 1,0	3,0 – 3,9	0,2 – 0,3	aerobe Bak. < 100.000	hoch	hoch	mäßig
II - III	organische Belastung bewirkt kritische Sauerstoff-Zehrung; Fisch-Sterben durch Sauerstoff-Mangel möglich; rück-gängige Arten-Zahl; Neigung zu Mas-sen-Entwicklungen; großflächige Be-stände von fädigen Algen										kritisch; deut-lich

(c,p) 2011 – 2025 lern-soft-projekt: drews

Güteklasse Saprobien-stufe	Beschreibung / Kennzeichen	Sapro-bier-In-dex	O_2-Ge-halt [mg / l]	BSB_5 [mg [O2] / l]	NH_4^+ [mg / l]	NO_3^- [mg / l]	PO_4^{3-} [mg / l]	Keimzahl [1 / ml]	Fisch-Besatz	Plank-ton-Be-satz	Belastung
III alphameso-saprob	starke organische, Sauerstoff-zehrende Verschmutzung; niedriger Sauerstoff-Gehalt; örtlich Faulschlamm-Ablagerungen; mehr Faden-förmige Abwasser-Bakterien und sessile Wimperntierchen als Algen und höhere Pflanzen; Massen-Vorkommen von Sauerstoff-unempfindlichen Makroorganismen (z.B. Egel, Wasserasseln); periodisches Fisch-Sterben		2	7 – 13				Bakterien < 100.000	mäßig	mäßig	stark (verschmutzt); erhöht
III - IV	weitgehend eingeschränkte Lebensbedingungen; starke Verschmutzung mit organischen, Sauerstoff-zehrenden Stoffen; niedriger Sauerstoff-Gehalt; zetweilig totaler Sauerstoff-Schwund; Trübung durch Abwasser-Schwebstoffe; ausgedehnte Faulschlamm-Ablagerungen;dicht mit Roten Zuckmücken, Wimperntierchen und / oder Schlammröhrenwürmern besiedelt; Rückgang fädiger Abwasser-Bakterien; Fische kommen nur zeitweise oder ausnahmsweise vor										sehr stark (verschmutzt); hoch

(c,p) 2011-2025 lsp: dre

Güteklasse Saprobien-stufe	Beschreibung / Kennzeichen	Sapro-bier-In-dex	O_2-Ge-halt [mg / l]	BSB_5 [mg [O2] / l]	NH_4^+ [mg / l]	NO_3^- [mg / l]	PO_4^{3-} [mg / l]	Keimzahl [1 / ml]	Fisch-Besatz	Plank-ton-Be-satz	Belastung
IV polysaprob	übermäßige Verschmutzung mit organischen, Sauerstoff-zehrenden Stoffen über lange Zeiträume und in hoher Menge; Sauerstoff nicht mehr vorhanden oder nur kurzzeitig in geringen Konzentrationen; vorwiegend Bakterien, Geißeltierchen und freilebende Wimperntierchen; keine Fische; ev. biologische Verödung		2	15	10	> 7	(>) 2,5	Bakterien > 1.000.000	keine	gering	übermäßig (verschmutzt); sehr hoch
isosaprob											
metasaprob											
hypersaprob											
ultrasaprob											

Beschreibung nach Umweltbundesamt;
BSB_5 .. biologischer Sauerstoff-Bedarf innerhalb von 5 Tagen
grau unterlegte Stufen sind zusätzlich / erweiterte Klassen

(c,p) 2011-2025 lsp: dre

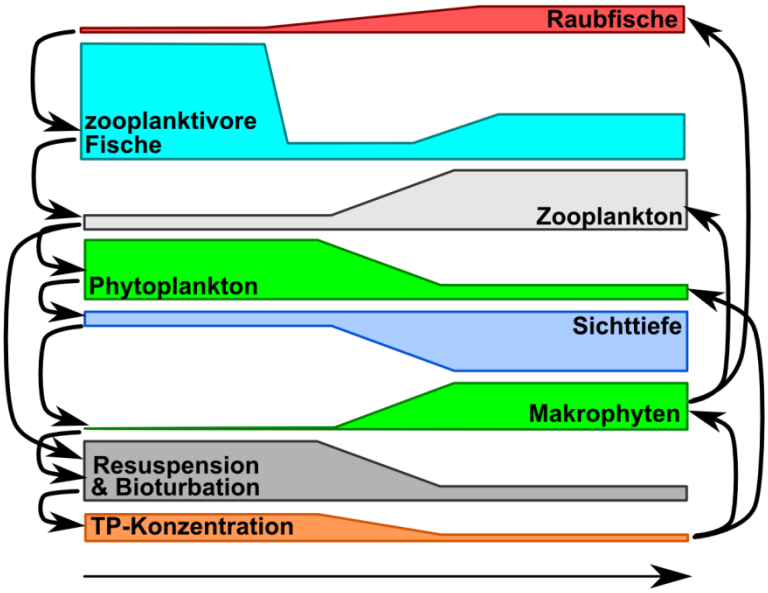
6.x.2.1. Seen

Maßnahmen in der Anfangs-Phase

- Kontrolle der Zuflüsse und Reduktion der Belastung durch die Zuflüsse
- Entfernung von Algen und Wasser-Pflanzen
- …

mögliche Maßnahmen in akuten Fällen

- Sediment-Entfernung (Entschlammung)
- Einsatz von Fällmittel (Bildung von schwerlöslichen Niederschlägen der kritischen Ionen)
- Destratifikation (Zwangszirkulation) (Erzeugung einer Konvektion in Zeiten die stagnierenden Dichte-Schichtung)
- Tiefenwasser-Belüftung
- Tiefenwasser-Ableitung (TWA)
- Biomanipulation (Eingriffe in die Nahrungsbeziehungen, um die Stoff-Kreisläufe zu verändern und Algen-Wachstum und Trübung zu reduzieren)
- …



Prinzipielle Zusammenhänge der Biomanipulation
nach Q: ZERBE, VIELGLEB: Renaturierung von Ökosystemen in Mitteleuropa, Spektrum Akad. Verl.; S. 140

vorbeugende Maßnahmen

- Vermeidung der Nährstoff-reichen Zuflüsse (ungeklärte Abwässer, Dünger-belastetes Sickerwasser von Landwirtschafts-Flächen, …)
- Vermeidung der Direkt-Besiedlung der Ufer
- …

Struktur-Güte-Klassen

Struktur-Güte-Klasse				
naturnah				
bedingt naturnah				
mäßi beeinträchtigt				
deutlich beeinträchtigt				
merklich geschädigt				
stark geschädigt				
übermäßig geschädigt				

Beispiel: Renaturierung / Restaurierung des Trummensee (bei Växjö, Schweden)

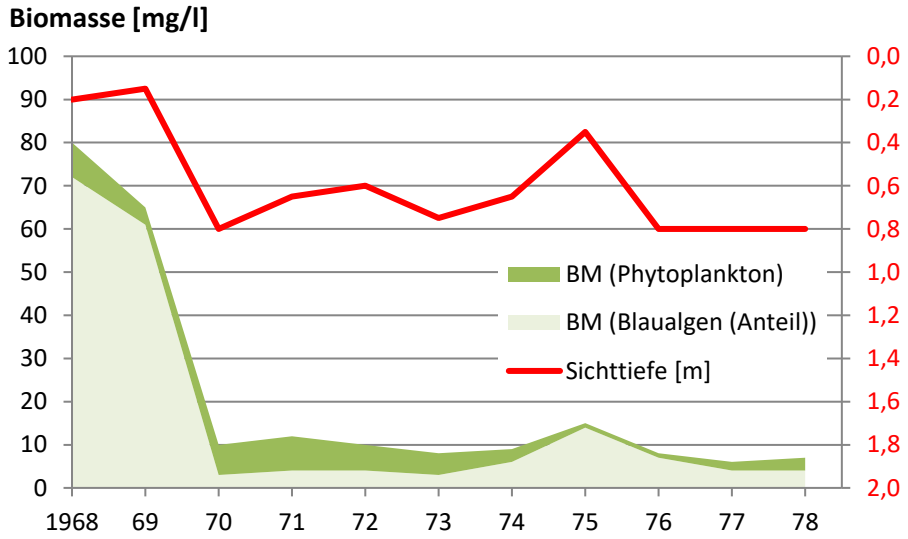
Ausgangs-Situation

vor Belastung (19 - 19) war der See

Belastungs-Phase (19.. – 19)

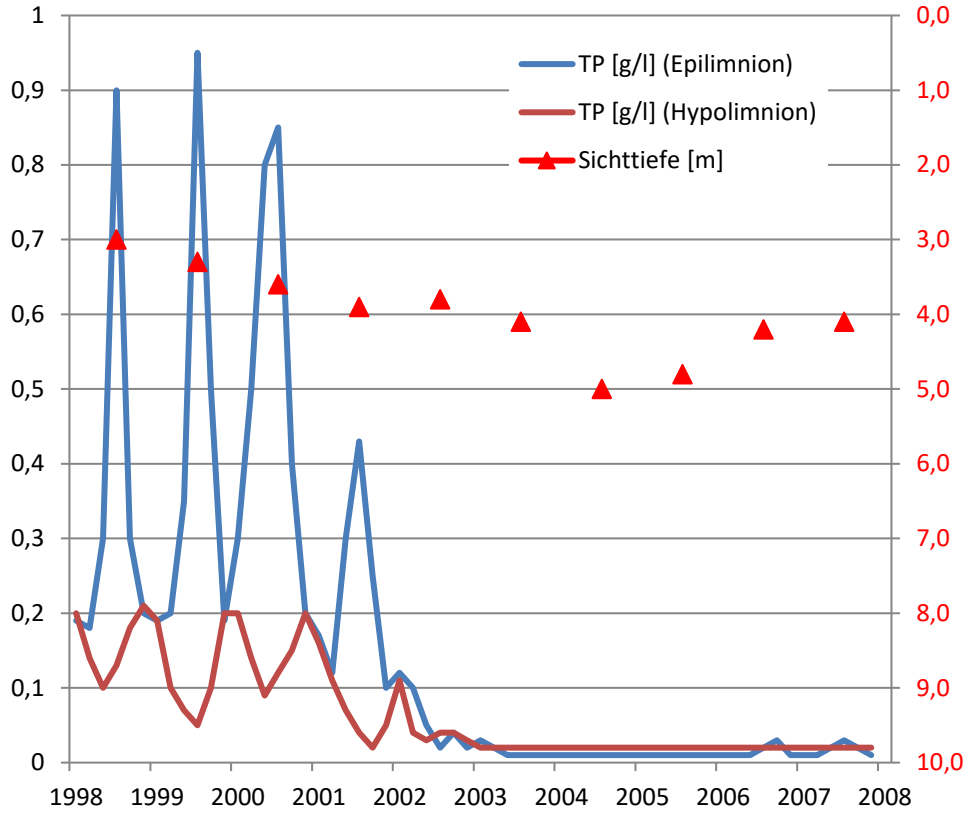
1. Versuch der Renaturierung (1960 – 1970)
Abwasserfernhaltung brachte keine nenneswerten Veränderungen

2. Renaturierung
Ausbackerung des Sees; das Schlammwasser wurde mit Chemikalien behandelt, die eine Ausfällung von Phosphaten und Stickstoff-Verbindungen bewirkten (insgesamt 50 t Phosphor und 450 t Stickstoff so aus dem Ökosystem entfernt)
im 2. und 3. Jahr wurde nochmals jeweils 30 cm Faulschlamm vom See-Grund abgebackert
dadurch stieg die See-Tiefe von 1,1 auf letztendlich 1,75 m
in den folgenden Jahren erhöhte sich die Diversität beim Phytoplankton erheblich, beim Zooplankton bleib sie stabil, dafür nahm hier die Biomasse stark ab
derzeit (über 30 Jahre hinweg) hat der See nun einen niedrigen Trophie-Status



allg. sind nur rund 2 von 15 Maßnahmen erfolgreich, da häufig Nährstoff-reiches Sickerwasser oder belastetes Grundwasser aus den anliegenden Flächen nachläuft

im Vorfeld der Sanierung durch Fällungsmittel-Gaben wurde ab 1980 in der Umgebung des Sees der Nährstoff-Eintrag großflächig verringert trotzdem war der See an sich immer noch hocheutroph nach der Behandlung hat er den Status eines leicht eutrophen Sees



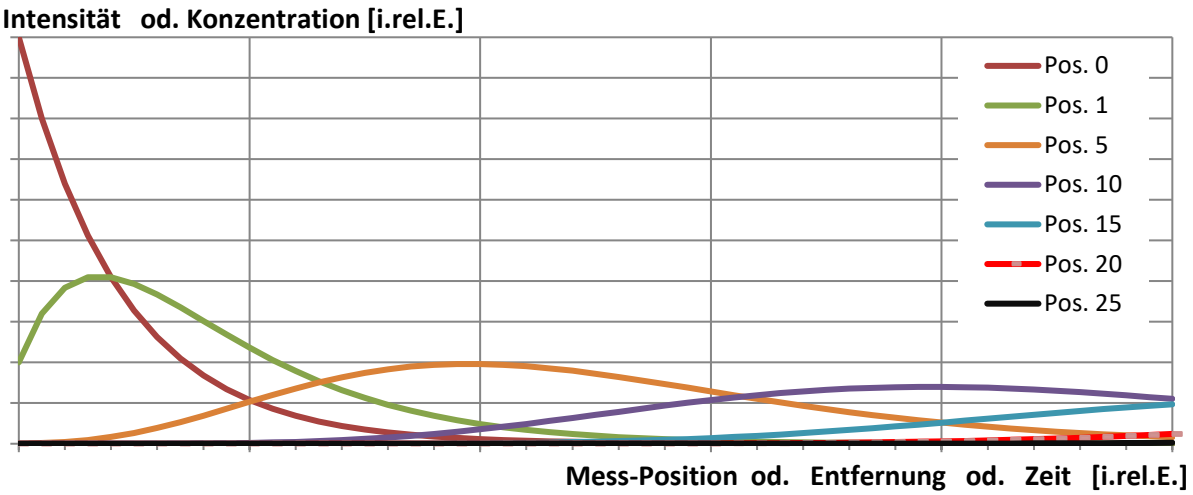
Entwicklung der Phosphor-Konzentration und der Sichttiefe während einer See-Sanierung durch zweimalige Fällungsmittel-Gabe (2001 + 2005)
Tiefwarensee (Mecklenburg-Vorpommern)
nach Q: ZERBE, VIELGLEB: Renaturierung von Ökosystemen in Mitteleuropa, Spektrum Akad. Verl.; S. 139

6.x.2.2. Fließgewässer

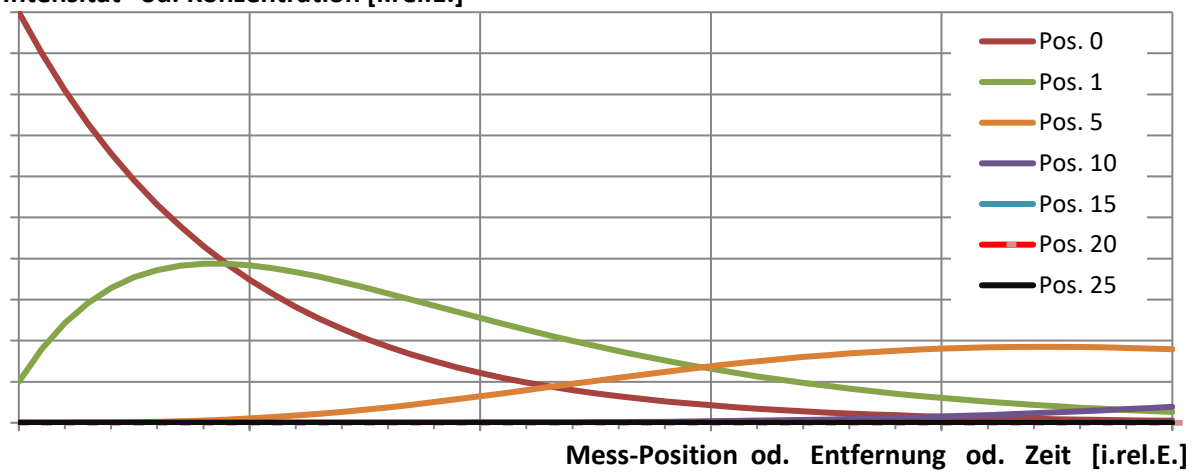
Gewässergüte-Klassen (nach Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA))
Limnologie in der Praxis
/34, S. 160/

Problem-Szenario ist die dauerhafte oder zeitweilige / akute Einleitung von Fremdstoffen in ein Fließgewässer

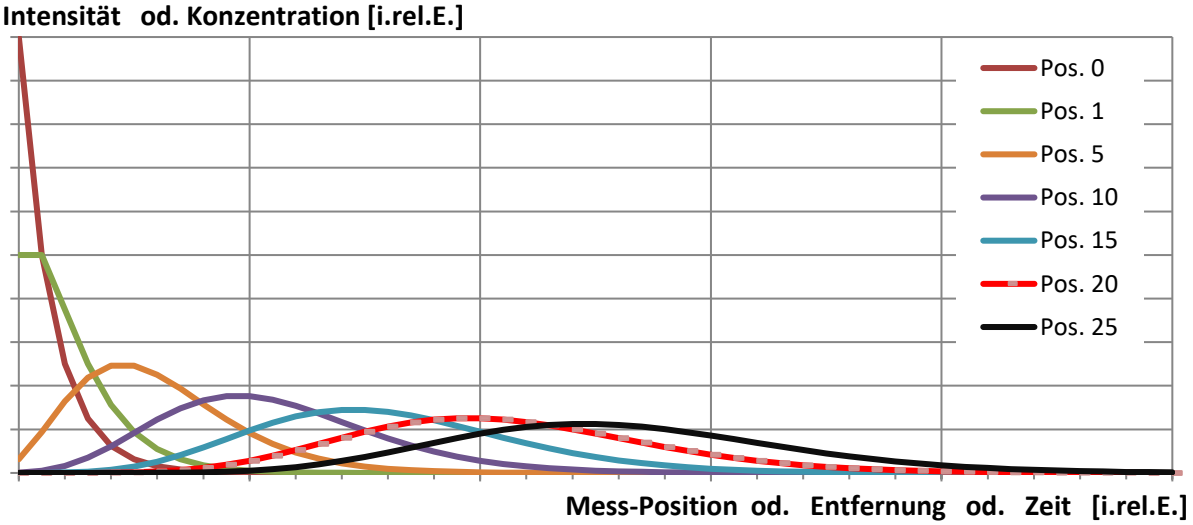
Schadwirkung ist z.B. von der Eintrags-Menge und –Art, der Fließgeschwindigkeit, der Einwirkzeit, der Durchmischung und der Entfernung vom Eintrags-Ort abhängig



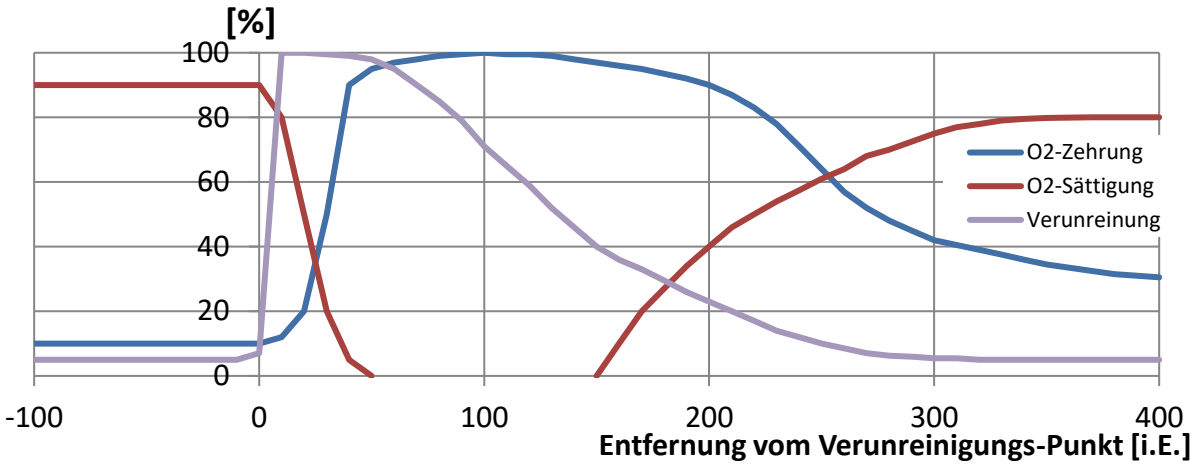
prinzipieller Verlauf der Schadstoff-Konzentration nach einem einmaligen Eintrag an Position 0 in einen homogenen Kanal (idealen Fluss); Verweil-Rate zwischen zwei Mess-Positionen 0,2 (= 20 %; entspricht einem langsamen Fluß)

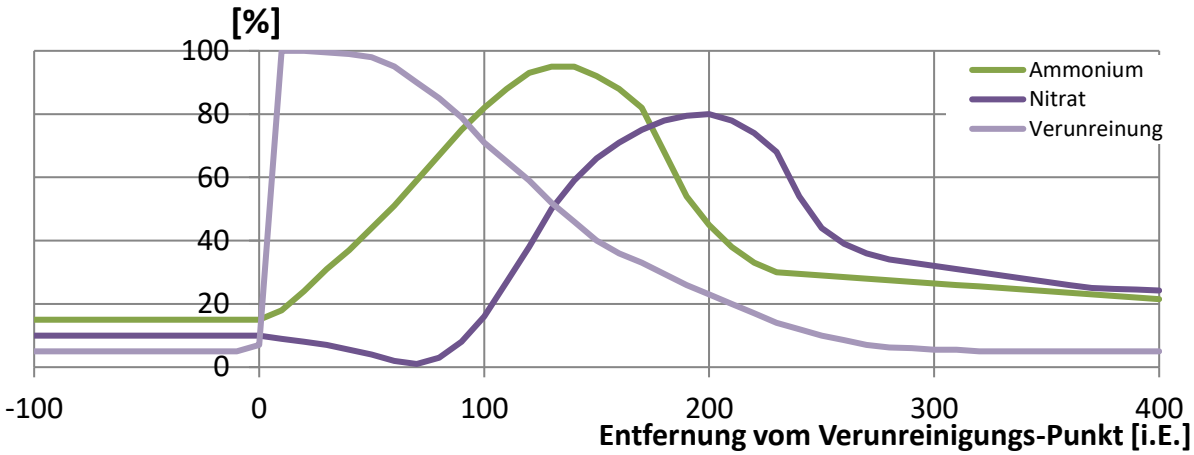


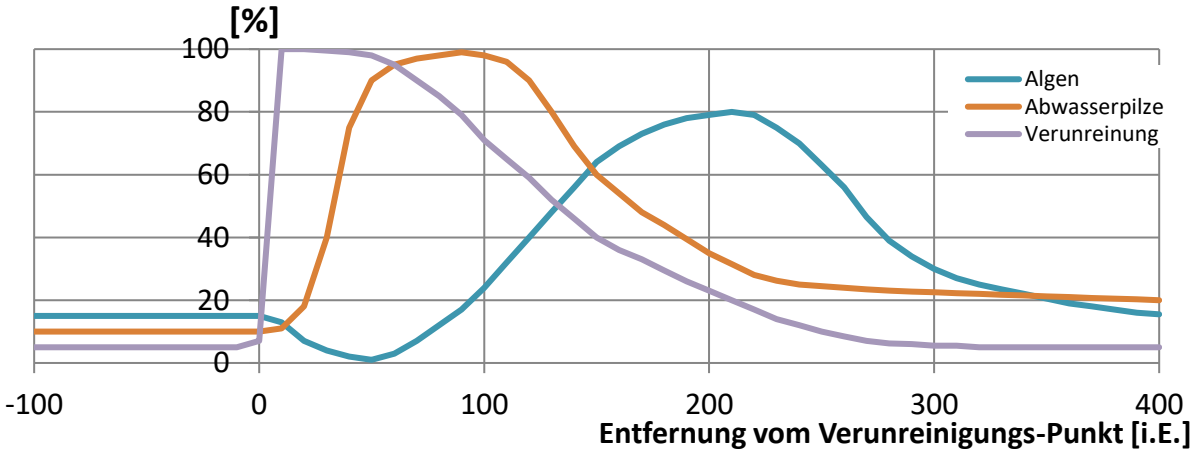
wie oben; Verweil-Rate 0,1 (= 10 %; entspricht einer mittleren Fließ-Geschwindigkeit)

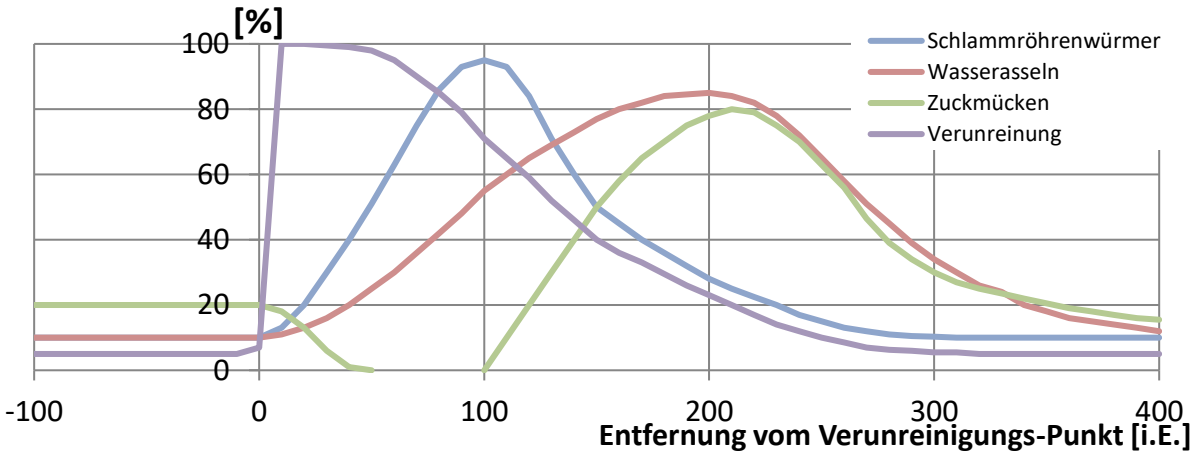


wie oben; Verweil-Rate 0,5 (= 50 %; entspricht einem sehr schnellen Fluß)


[%]
100
80
60
40
20
0
-100
0
100
200
300
400
Entfernung vom Verunreinigungs-Punkt [i.E.]
O2-Zehrung
O2-Sättigung
Verunreinung

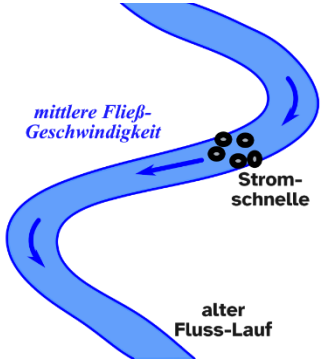
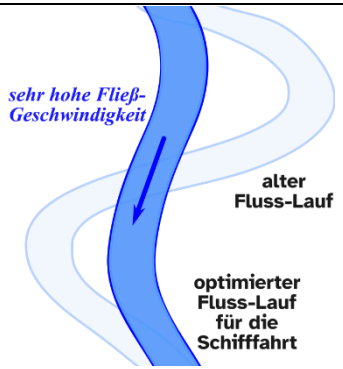
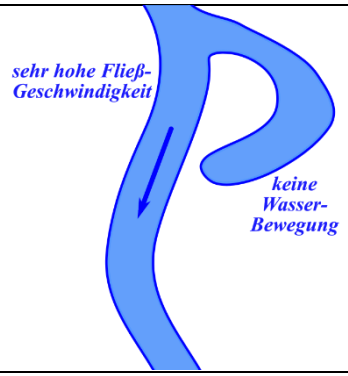
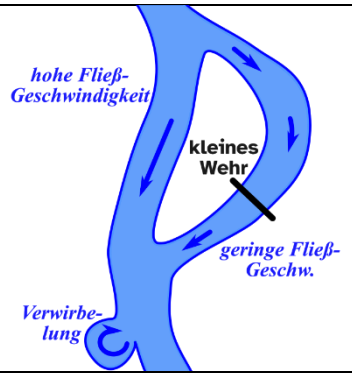

[%]
100
80
60
40
20
0
-100
0
100
200
300
400
Entfernung vom Verunreinigungs-Punkt [i.E.]
Ammonium
Nitrat
Verunreinung


[%]
100
80
60
40
20
0
-100
0
100
200
300
400
Entfernung vom Verunreinigungs-Punkt [i.E.]
Algen
Abwasserpilze
Verunreinung


[%]
100
80
60
40
20
0
-100
0
100
200
300
400
Entfernung vom Verunreinigungs-Punkt [i.E.]
Schlammröhrenwürmer
Wasserasseln
Zuckmücken
Verunreinung

Aufgaben:

1. *Im Modell eines idealisierten Flusses wurde eine Verunreinigung mit organischen (abbaubaren) Material simuliert. Analysieren Sie die (vorseitigen) Diagramme!*
2. *Erläutern Sie, wie hier die Selbstreinigung des Flusses funktioniert!*
3. *Erstellen Sie ein Fluss-Diagramm mit allen betrachteten Faktoren in den Diagrammen"! (Für verzögerte Effekte können Sie zusätzlich zur Wirkungs-Richtung auch noch ein Uhren-Symbol verwenden.)*

Situation **Maßnahmen** **Ziele**	**ursprünglicher Fluss-Verlauf**	**optimiert für Binnen-Schifffahrt**	**durchgeführte Fluss-Begradigung** **(1. Kompromiß)**	**2. Kompromiß-Lösung** **Korrektur-Maßnahmen**
Beschreibung		Wunschvorstellung der Schifffahrt	Fluß-Begradigung Altarme werden teilweise abgetrennt	Ausgleich der Probleme der Begradigung
Fluss-Verlauf				
Vorteile **Verbesserungen**	• ausgeprägte Ökosysteme • breite Ufer können größere Wasser-Mengen bei Hochwasser aufnehmen	• durchgehende Schifffahrt möglich • bei Hochwasser schneller Wasser-Abtransport • an den Ufern Bau von Straßen, Bahn-Linien und Häusern möglich	• durchgehende Schifffahrt • Bildung neuartiger Ökosysteme (z.T. wie stehende Gewässer)	• durchgehende Schifffahrt • Nebenarm bietet Fluss-ähnliche Lebensräume • gute Selbstreinigung • begrenzte (neue) Bereiche zur Aufnahme von Hochwasser
Nachteile **Probleme**	• keine durchgehende Schifffahrt möglich	• durch hohe Fließ-Geschwindigkeit nur noch begrenzte Lebensräume vorhanden • Schifffahrt verstärkt Ufer-Befestigungen und Besiedlung und damit Einträge in den Fluss • schneller Wasser-Abtransport beschädigt Ufer • keine echte Selbstreinigung (kaum Organismen vorhanden)	• durch hohe Fließ-Geschwindigkeit nur noch begrenzte Lebensräume vorhanden • Altarme eutrophieren schnell, da kaum Wasser-Bewegung und Selbstreinigung • hohe Fließ-Geschwindigkeit erzeugt Sogwirkung auf Grundwasser (Austrocknung der Fluss-Seiten)	• ungleichmäßige Wasser-Strömung mit vielen Seiten-Effekten (z.B. Vertrieb von Schiffen möglich → anspruchsvolle Schiffs-Führung)

(c,p) 2011 – 2025 lern-soft-projekt: drews

Aufgaben:

1. *Erläutern Sie die verschiedenen Situationen bei der Begradigung eines Fließgewässer's, wie z.B. des Rhein's!*
2. *Erklären Sie, warum die Selbstreinigung bei den Situationen "optimiert für Binnen-Schifffahrt" und dem "1. Kompromiß" im Vergleich zur Ursprungs-Situation deutlich zurückgeht!*
3. *Welche Effekte haben die einzelnen Veränderungen in der wasserbaulichen Gestaltung im 2. Kompromiß? Erläutern Sie diese!*
4. *Für größere und vor allem breitere Schub-Einheiten soll der Fluss verbreitert und vertieft werden. Stellen Sie eine oder mehrere Hypothesen auf, wie diese Maßnahmen die ökologischen Bedingungen und die Selbstreinigung beeinflussen würde!*

(c,p) 2011 – 2025 lern-soft-projekt: drews

nachwachsende / regenerative Rohstoffe und Ressourcen

z.B. Holz

bei vielen gut gemeinten Aktionen / Maßnahmen treten (oft durch Gewinnsucht) negative Effekte ein (Flächennutzungs-Konflikte, …)

Beispiel: Biosprit
Bedarf an Bio-Ethanol erzeugte in tropischen Ländern eine Umstellung von der Nahrungsmittel-Produktion zur profitableren Biomasse-Produktion (z.B. Zuckerrohr)
ev. auch Abholzung von Regenwald-Gebieten
begleitet von zusätzlichen Pflanzenschutzmitteln (wie sie bei großen Monokulturen immer notwendig sind)
meist Reduktion der beschäftigten Personen durch (Voll-)Mechanisierung
(oft nur noch wenige Befahrungen der Felder (Pflügen+Säen; 1 – 2x (geballter) Pflanzenschutz; Ernte))
Einfuhr von billigen (subventionierten / industriellen) Lebensmitteln aus Industrieländern zerstört die regionale Wirtschaft
Veränderung des Wasser-Bedarf's (Bewässerung der Monokulturen)
Verstärkung von sozialen Konflikten → Auswanderungs-Bewegungen

Nachhaltigkeit

Wasser-Nutzung bedeutet immer zugleich Wasser-Verschmutzung oder Beeinflussung der Hydrodynamik

Produkt / Stoff(-Gruppe)	**Zersetzungs-Dauer [a]**	
Aluminium-Dosen	8 - 100	
Glas-Flaschen	1.000.000	
Plastik-Tüten	10 – 20	
Plastik-beschichtetes Papier	5	
Plastik-Filmdose	20 – 30	
Nylon-Gewebe	30 – 40	
Gummistiefelsohle	50 – 80	
Leder	… – 50	
Wollsocken	1 – 5	
Zigarettenfilter	1 – 5	

Q: /37; S. 386 (nach BURK 1993)/

Abfall-Bestandteil Abfall-Gruppe	Verwertungs-Quote [%] (Stand 1987/88)	
Haus-Müll		
Altpapier	43,8	
Altkunststoffe	6,8	
Aluminium	38,3	
Blei	50,6	
Cupfer	38,5	
Gewerbe-Müll		
Metallabfälle (Schrott)	98,7	
Papier- und Pappe-Abfälle	80,9	
sonstige organische Abfälle (Holz- und Nahrungsmittel-Industrie)	76,4	

Q: /37; S. 386 (nach KLÖTZLI 1993)/

anthropogene Beeinflussung von Ökosystemen

Öko-Bilanz

Syndrome des globalen Wandelns

Syndrome als (typische) Krankheits-Bilder betrachtet, gleichartige Auswirkungen (Indizien,) in der Natur z.T. bei ähnlichen oder auch verschiedenartigen Ursachen (menschliche Eingriffe)

Ökosysteme sind sehr komplexe und nicht vollständig abschätzbare dynamische Systeme, z.T. mit chaotischem Verhalten

Syndrom-Gruppe "Nutzung"

Bezeichnung / Syndrom	Beschreibung	nicht kalkulierte / übersehene Faktoren	Bemerkungen
Sahel-Syndrom	landwirtschaftliche Übernutzung nicht oder wenig geeigneter Standorte	Wasser (steht nur in begrenzter Menge zur Verfügung), verstärkte Boden-Erosion	benannt nach Übergangs-Region zwischen Wüste und Savanne (Afrika)
Raubbau-Syndrom	übermäßige Nutzung / Schröpfung natürlicher / begrenzter Ressourcen Über-Ernte	natürliche Reproduktion / Regenerierung	
Landflucht- Syndrom	Aufgabe der traditionellen landwirtschaftlichen Produktionen / Abwanderung in Städte usw.	primärer Status der Landwirtschaft in Siedlungs-Gefüge	
Dust-Bowl-Syndrom	industrielle und nicht nachhaltige Bewirtschaftung von Böden und Gewässern		benannt nach den Sandstürmen in der "Staubschüssel" in Oklahoma, USA; in den 40er Jahren des 20. Jhd.
Katanga-Syndrom	Umwelt-Zerstörung durch Abbau nicht erneuerbarer Ressourcen	fehlende natürliche Reproduktion / Regenerierung	benannt nach der Rohstoff-reichen Katanga-Region in der Republik Kongo
Massentourismus-Syndrom	Erschließung und Schädigung von Naturräumen für Erhohlungszwecke	Funktionen von einzelnen Komponenten (z.B. Wäldern usw.) für die Ökosysteme	
Verbrannte-Erde-Syndrom	Umwelt-Zerstörung nach militärischer Nutzung oder Auseinandersetzung		Zerstörung der Ressourcen, um den Feind direkten und indirekten, möglichst längerfristigen Schaden zuzufügen

/nach 31, S. 40 f./

Syndrom-Gruppe "Entwicklung"

Bezeichnung / Syndrom	Beschreibung	nicht kalkulierte / übersehene Faktoren	
Aralsee-Syndrom	Schädigung durch gezielte Naturraum-Gestaltung (meist Groß- od. Prestige-Projekte)	Hydrodynamik; Überschätzung der Zuflüsse und Niederschläge; Konzentrierungs-Prozesse	benannt nach Aralsee-Projekt (Bewässerungs-Projekt) in Usbekistan / UdSSR
Grüne-Revolution-Syndrom	Umweltzerstörung durch Standort-fremder / unpassender (landwirtschaftlicher) Nutzung	fehlende Räuber-Beute-Beziehungen; Eintrag fremder Arten (z.B. Parasiten, Krankheiten, …)	
Kleine-Tiger-Syndrom	Vernachlässigung ökologischer Standards und Erfahrungen wegen Überbetonung des Wirtschaftswachstums		
Favela-Syndrom	Umweltzerstörung durch ungeregelte und unkontrollierte Urbanisierung von (essentiellen) Naturräumen	Erosion, Abfälle und Gifte, Hydrodynamik, Populationsdichte (→ Infektionen)	Favela sind die Armensiedlungen um brasilianische Großstädte herum
Suburbia-Syndrom	Landschafts- und Naturraum-Zerstörung durch (geplante od. ungeplante) Expansion von Städten und Infra-Strukturen		suburbia bedeutet Vorstadt
Havarie-Syndrom	von Menschen verursachte Umwelt-Katastrophen mit längerfristigen Auswirkungen	einzelne und kombinierte Gefahren-Potentiale	

/nach 31, S. 40 f./

Syndrom-Gruppe "Senken"

Bezeichnung / Syndrom	Beschreibung	nicht kalkulierte / übersehene Faktoren	
Hoher-Schornstein-Syndrom	(Verstärkung und Ausbreitung) der Umwelt-Belastung durch diffuse, weiträumige und scheinbar unterschwellige Verteilung; z.B. von Wirkstoffen mit langer Verweilzeit bzw. großer Halbwertzeit	Eigendynamik von Stoffen und ihren Kreisläufen; (lange) Verweil- und Halbwertzeiten; kummulative Effekte	
Müllkippen-Syndrom	Umweltbelastung durch geregelte und ungeregelte Deponierung von Abfällen; heimliche oder falsche Entsorgung von Abfällen	Eigendynamik von Stoffen und ihren Kreisläufen; (lange) Verweil- und Halbwertzeiten; kummulative Effekte kriminelle Energien; Gewinnsucht	
Altlasten-Syndrom	lokale Verseuchung von Naturgütern und der Umwelt durch Produktions-Rückstände, Reste von Unfällen	Anhäufung von Stoffen; kummulative Effekte; Gefahren-Abschätzung	

/nach 31, S. 40 f./

Syndrom-Gruppe "Slam"

Bezeichnung / Syndrom	Beschreibung	nicht kalkulierte / übersehene Faktoren	
Slam-Syndrom **Leben im Slam**	Armut als Ursache für Umwelt-Probleme und Umwelt-Probleme als Ursache für Armut; Über- und Fehl-Nutzung der Ressourcen und Strukturen	Eigendynamik von Systemen	

/nach 31, S. 40 f./

Definition(en): Ökoeffizienz
Die Ökoeffizienz ist ein relatives Maß für das Verhältnis des wirtschaftlichen Wertes eines Produkt's zu den auf die Umwelt ausgübten Auswirkungen (in gleichen Einheiten).

Ökoeffizienz hat sich zum Ziel gesetzt die natürlichen Ressourcen zu schonen und die negativen Beeinträchtigungen und Veränderungen zu minimieren
verknüpft Kosten-Bewußtsein mit der Verantwortung für die Umwelt

wichtige Prinzipien:

- Reduktion der Material- und Energie-Intensität
- Reduktion des Eintrags und der Verbreitung toxischer und anderer belastender Stoffe
- Nutzung erneuerbarer / regenerativer Energien und nachwachsender Rohstoffe
- vollständiges Recyling / Kreislauf-Wirtschaft; Verlängerung der Produkt-Lebensdauer
- Steigerung des Nutzens je Produkt bzw. Dienstleistung

oft verwechselt oder fälschlich als Ökoeffektivität bezeichnet
Ökoeffektivität ist ein Konzept von Michael BRAUNGART und William MCDONOUGH (2002)
stellt nach den Autoren einen Kontrast zur Ökoeffizienz und / oder Ökobilanz dar
ökoeffektiv sind natürliche Nährstoffe, Rohstoffe oder Baustoffe sowie biologische Kreisläufe
lassen aber auch technische Stoffe zu, wenn diese in Recycling-Prozessen immer wieder zurückgewonnen werden

Definition(en): Ökoeffektivität
Die Ökoeffektivität (Konsistenz) ist ein Konzept zur Erreichung einer vereinbarkeit von Natur, Arbeit und Technik.

Nachrichten und Informationen aus Literatur, Presse und Internet:

OZ PANORAMA

Der Multi-Milliarden-Albtraum

Chinas gigantischer Drei-Schluchten-Staudamm entwickelt sich zum Desaster: Fünf Jahre nach dem Bau ist das ökologische Gleichgewicht aus dem Lot, die Erosion schreitet fort. Und nun wächst die Angst vor einem Erdbeben.

Peking – Einst ist er mit gewaltigen Erwartungen gestartet worden, doch jetzt bereitet er nur noch gewaltige Probleme: Der gigantische Drei-Schluchten-Damm in China hat das ökologische Gleichgewicht am Yangtse-Strom durcheinandergebracht. Den Privinzen flussabwärts fehlt in der gegenwärtigen Dürre das Wasser. Am Reservoir drohen Erdrutsche.

Fünf Jahre nach der Fertigstellung bereitet das weltweit größte Wasserkraftwerk neue Kopfschmerzen. Regierungschef Wen Jiabao berief eigens eine Kabinetssitzung ein, um die Probleme zu lösen. Es geht um neue Umsiedlungen, geologische Gefahren und den Schutz der Ökologie. Der große Damm, der den Yangtse-Strom in Zentralchina staut, "beeinflusst weiter flussabwärts die Schifffahrt, die Bewässerung und die Wasserversorgung", wird offen eingeräumt.

Einige chinesische Experten geben dem Stausee eine Mitschuld für die verheerende Trockenheit am unteren Flusslauf. Befürworter des Dammes entgegnen, die Auswirkungen hätten gemildert werden können, indem zusätzliche Wasser aus dem riesigen Reservoir abgelassen worden wäre.

Kritiker sehen ihre schlimmsten Befürchtungen bestätigt. "Das Projekt hat große negative Auswirkungen mit sich gebracht, sei es ökologisch, geologisch oder auch sozial, was die Umsiedlung der Menschen betrifft", sagt der Chef des Geologischen Amtes der Provinz Sichuan, Fan Xiao. Nun müssen weitere 300 000 Menschen umgesiedelt werden, um einen Schutzgürtel zu schaffen. Ein Grund sind die unerwartet häufigen Erdrutsche, weil der ständig wechselnde Wasserstand die Ufer aufweicht. Viele Menschen sind auf höheren Hängen angesiedelt worden, wo die Böden aber nicht so fruchtbar sind und die Erosion stark ist. Die Folgekosten gehen in die Milliarden.

Ungelöst sind auch die Wasserverschmutzung. Da die Wassergeschwindigkeit von dem Damm stark gebremst wurde, ist das chemische Gleichgewicht gestört. Tonnenweise muss Müll aus dem Reservoir gefischt werden. Ob der Damm wirlich, wie einst verkündet, die Überschwemmungen am mittleren und unteren Lauf des Yangtse verhindern kann, ist heute umstritten.

Auch die Kosten schießen weiter in die Höhe. Offiziell wurden die Baukosten mit 180 Milliarden Yuan (20 Milliarden Euro) angegeben. Westliche Experten schätzen das Doppelte, chinesische Kritiker das Dreifache.

Das Jahrhundertbeben in Japan weckt Sorgen, dass so etwas auch am Yangtse passieren könnte. "Es ist nahezu unmöglich, dass es an den Drei Schluchten ein Beben der Stärke 9 wie in Japan gibt", sagt Fan Xiao und begründet das mit den unterschiedlichen geologischen Strukturen. Ein schwächeres, aber immer noch starkes Erdbeben lasse sich aber nicht ausschließen. Ob der Damm hält, ist unklar. Selbst die Regierung hat eingeräumt, dass das Füllen des Reservoirs die Zahl der Erdbeben erhöht hat. Sie bestreitet aber, dass das schwere Beben vom Mai 2008 etwas mit dem Damm zu tun hat. Damals starben in der Provinz Sichuan 87 000 Menschen.

Gewaltige Umsiedlung

Für den Bau des Drei-Schluchten-Staudamms muste die chinesiche Regierung eine gewaltige Umsiedlungsaktion starten. Das sorgte für gewaltigen Unmut in der Region

1,2 Millionen Menschen mussten für das 600 km lange Reservoir ihre Felder und Heimat verlassen.

13 große und 140 kleine Städte sowie 1350 Dörfer wurden überflutet.

/Q: IN: Ostsee-Zeitung – OZ Panorama Sonnabend/ Sonntag 21./22. Mai 2011, S. 8/

6.x. Ökosystem-Modellierung

Basis einer effektiven, zielgerichteten und nachhaltigen angewandten Ökologie

notwendig für Umweltschutz, Gefahren-Abschätzungen, Erkennen von Belastungsgrenzen

ökologische Modelle sind meist besser, wenn sie die Realität in Hinblick auf den Verwendungszweck des Modell abbilden, statt möglichst Detail-getreu

Nicht-Linearität und Komplexität bestimmen Modelle
starke Vermaschung / Vernetzung

Ökosysteme besitzen verschiedene Zustände, zwischen diesen sind Übergänge vorhanden
→ Ökossteme als "(stochastische) Automaten" (im Sinne der kybernetischen Automatentheorie GNAUCK + STRAŠKRABA (1980))

klassische Regel-Modell funktionieren in der Ökologie nur sehr selten, da die SOLL-Werte fehlen oder auch dynamisch sind
starke Schachtelung, Verzahnung und Überlappung der Regel-Systeme

deterministische Verfahren beliebter, aber schwerer erfassbar
die Wichtung der einzelnen Faktoren in einem Determinismus schwer zu ermitteln
immer stärkerer Übergang zu stochastischen Methoden

grobe Modell-Einteilung / -Klassfizierung nach mathematischen-kybernetischen Aspekten
a) Simulation anhand von einfachen oder partiellen Differentialgleichungen
b) Objekt-orientierte Programmierung und Simulation
c) Expertensysteme (logisch-formal)
d) Fuzzy-Logik-Modellierung
e) geographische Informationssysteme (GIS)
f) ökologische Informationssysteme

siehe auch: → 4.0.2. Modellierung von Ökosystemen

6.x. globale Klima-Veränderungen und globale Erwärmung

Jeder hat das Recht auf eine eigene Meinung.
Es gibt aber kein Recht auf eigene Fakten.

Definition(en): Wetter
Als Wetter bezeichnet man die spürbaren Veränderungen der Athmosphäre an einem bestimmten Ort der Erd-Oberfläche, die durch Temperatur, Sonnenschein, Niederschläge und Wind in Erscheinung tritt.
Wetter sind die kurzfristigen Bedingungen der Atmosphäre (in einem regional begrenzten Gebiet).

Definition(en): Klima
Unter Klima versteht man längerfristige Durchschnitte der dynamischen Prozesse / charakteristischen Zustands-Größen der Atmosphäre (Temperatur, Sonnenschein, Niederschläge, Wind) einschließlich der jährlichen Schwankungen in einem kleineren oder größeren (bis kontinentalen) Bereich (Micro- und Makro.Klima).
Klima sind die vorhersehbaren, atmosphärischen Bedingungen in einem bestimmten Gebiet.

Klima ist quasi der langfristige Durchschnitt des Wetter's

Klima-Wandel
weit verbreitete Veränderungen des Klima's
derzeit mehr Klima-Erwärmung, aber auch Zonen vorhanden, die sich abgekühlt haben

Haupt-Ursachen für den Klima-Wandel

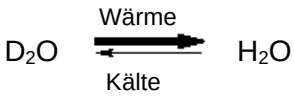
-
- kleine Kalt- und Warm-Zeiten
- Vulkanismus

(c,p) 2011-2025 lsp: dre

Argumente / Beweise für den Klima-Wandel

• **Tendenz der Jahres-Durchschnitts-Temperaturen**	allgemein steigend (rund 0,1 grd / 100 a) nur für gut 150 Jahre verfügbar aber auch Abkühlungs-Gebiete bekannt (hier –1,0 grd / 100 a)
• **Untersuchungen von Eis-Bohrkernen in der Antarktis**	Daten über die letzten 400'000 Jahre global steigende Tendenz (Temperatur und CO_2-Gehalt) mit regelmäßigen Schwankungen (Perioden-Dauer rund 90'000 Jahre) danach sind wir derzeit sowieso in einer Warm-Phase
• **Häufung von Extremwetter-Ereignissen**	häufiger und extremer (statistisch signifikant!) Jahrhundert- bzw. Jahrtausend-Ereignisse wiederholen sich in recht kurzer Zeit
• **sehr schnelle Veränderung von Temperatur und CO2-Gehalt in den letzten 200 Jahren**	ungewöhnlich hoch und schnell nicht aus natürlichen Prozessen erklärbar ganz offensichtlich durch anthropogene Freisetzung von CO_2 durch Menschen verbunden mit dem zugehörigen Treibhaus-Effekt
• **stärke Schwankungen von Wetter-Merkmalen**	Häufung
•	
•	

Eis-Bohrkern-Untersuchungen
Analyse der eingeschlossenen Luft-Bläschen
Ermittlung des eingeschlossenen CO_2-Anteil's in den Luft-Bläschen
Temperatur wird aus dem Anteil an Deuterium im umliegenden Eis (Tauwasser bei der Gewinnung der eingeschlossenen Luft)
Je höher der Deuterium-Anteil (als schweres Wasser) ist, umso kälter war es.



kleine Warmzeit von 900 bis 1300 (n.Chr.) war lediglich nur durch eine Temperatur-Erhöhung von 0,1 grd gekennzeichnet
begleitet von extremeren Wetter-Schwankungen
Auswirkungen auf Eis-Meere und Gletscher (Rückgang)
kleine Kaltzeit von 1550 bis 1850 (n.Chr.) geprägt durch Häufung kälterer und extremerer Winter
durchschnittlich zwar nur 1 grd. kälter, aber trotzdem Auswirkungen auf landwirtschaftliche Erträge und Sterblichkeit

Definition(en): Klima-Wandel
Der (globale) Klima-Wandel ist langfristige, globale Veränderung von Wetter-Mustern (mit Auswirkungen auf die (statistischen) Klima-Werte).

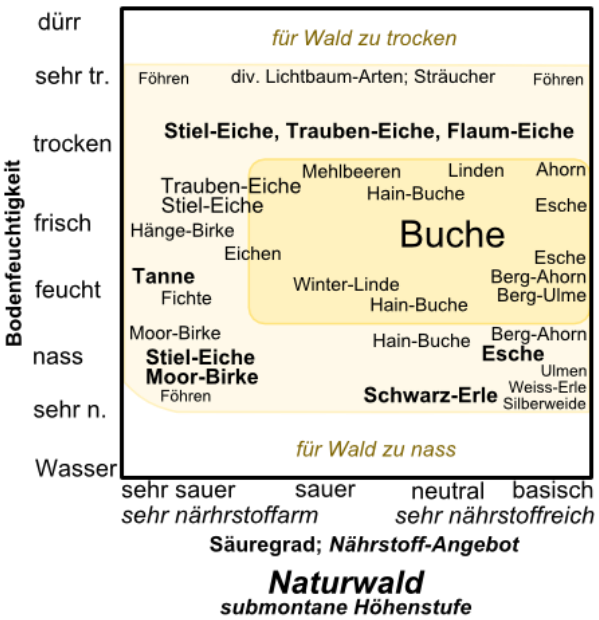
Definition(en): Treibhaus-Effekt
Der Treibhaus-Effekt ist der Anstieg der Temperatur bzw. der in der Atmosphäre enthaltenen Wärme-Menge durch bestimmte Gase. Diese Gase (z.B. CO_2, Methan, …) behindern die Wärme-Rückstrahlung der Erd-Oberfläche ins Weltall. Die Gase können natürliche oder künstliche Quellen haben.

Pflanzen sind durchschnittlich zu einer Ausbreitungs-Geschwindigkeit vonn 100 cm / Jahr fähig ändert sich z.B. die Temperatur zu schnell, dann können die einzelnen Arten ev. nicht schnell genug nach- / weg-wandern

(komplexe) Aufgaben (zur Vorbereitung auf Klausuren / Prüfungen):

x.

x. Für submontane Naturwälder stellten LEIDUNDGUT und ELLENBERG das nebenstehende Ökogramm zusammen. Die Schriftgröße drückt die konkurrenzbedingte Beteiligung an der Baumschicht aus.



Q: nach: www.gehoelze.ch; Urs-Beat Brändli

x. Sie sind der Erbe eines Farm-Landes geworden, auf dessen Fläche Sie für jede Art der Tier-Haltung vergleichbar viele Pflanzen (als Biomasse) anbauen können.

a) Wenn Sie zwischen einer reinen Pflanzen-Farm oder einer gemischten Farm mit Tier-Haltung (Tiere fressen die selbst-angebauten Pflanzen) wählen müssten, wie würden Sie sich entscheiden? Begründen Sie!

b) Sie haben sich die gemischte Farm entschieden. Welche Art der Tier-Haltung würden Sie wählen, wenn eine bestmögliche Futter-Verwertung (FCR … feed conversion ratio) für Sie im Vordergrund stehen würde? Begründen Sie die Wahl!

c) Welche Art der Tier-Haltung würden Sie wählen, wenn eine bestmögliche Futter-Verwertung für Sie im Vordergrund stehen würde, Sie aber keine Vögel züchten wollen? Begründen Sie die Wahl!

Nutz-Tier	Produktion	FCR
Broiler	36 Tage bis zum Schlachten; keine Aufzuchtkosten	1,69
Puten	126 Tage bis zum Schlachten; keine Aufzuchtkosten	2,46
Gänse	96 Tage bis zum Schlachten; keine Aufzuchtkosten	3,26
Hühner	42 Tage bis zum Schlachten; keine Aufzuchtkosten	2,41
Schweine	22 Wochen bis zum Schlachten; 4 Würfe mit 10 Ferkel	2,99
Schafe	1,72 Lämmer pro Wurf; 4 Würfe	10,4
Rinder	4 Kälber je Kuh	10,4

Daten-Q: /B, Kap. 37/ nach Bert TOLKAMP

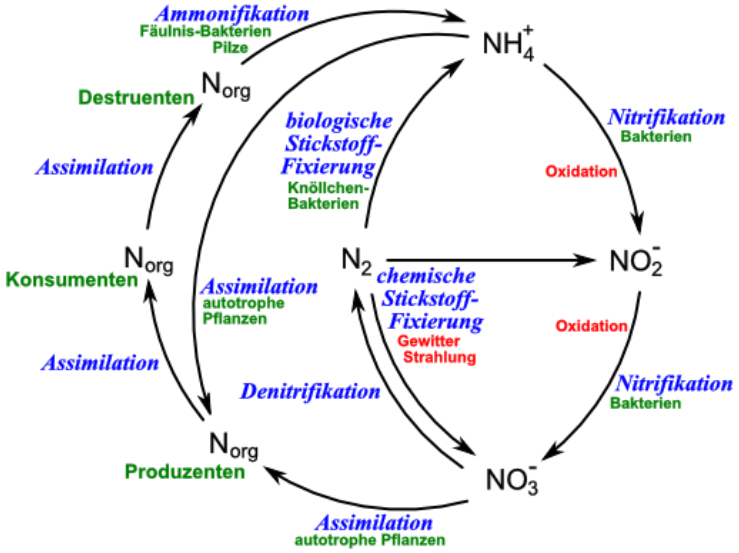
x.

x. Stickstoff ist ein wichtiges Element für lebende Systeme.

a) Erläutern Sie diesen Fakt anhand der nebenstehenden Abbildung!

b) Warum ist Stickkstoff eigentlich ein limitierender Faktor in Ökosystemen? Was ist das überhaupt?

c) Charakterisieren Sie die Rolle von Knöllchen-Bakterien in Ökosystemen!



d) Welche Wirkungen hat der übermäßige Nitrat-Dünger-Einsatz durch die industrielle Landwirtschaft?

x.

Literatur und Quellen:

/1/ CZIHAK, ... (Hrsg.):
Biologie-Springer-Lehrbuch.-Berlin, Heidelberg, New York: Springer-Verl.,1992.-5.korr.Aufl.
ISBN 3-540-55528-5

/2/ DE DUVE, Christian:
Die Zelle-Expedition in die Grundstruktur des Lebens.-Heidelberg: Spektrum d. Wiss.,1989
ISBN 3-992508-96-0

/3/ STRYER, Lubert:
Biochemie.-Heidelberg, Berlin, Oxford: Spektrum Akad. Verl.1996, 4. Aufl. (1. korr. Nachdruck)
ISBN 3-86025-346-8

/4/ KLEINIG, Hans; SITTE, Peter:
Zellbiologie.-Jena: Gustav Fischer Verl., 1986.-2. neubearb. Aufl.
ISBN 3-334-00316-7

/5/ DI TROCCHIO, Federico:
Der große Schwindel – Betrug und Fälschung in der Wissenschaft.-Reinbeck bei Hamburg: Rowolt Taschenbuch Verl.; rororo; 2003.-2. Aufl.
ISBN 3-499-60809-X

/6/ STÖCKER,... (Hrsg.):
Brockhaus ABC Biologie 1+2.-Leipzig: Brockhaus Verl.,1986.-6.überarb. u. erw. Aufl.

/7/ LIBBERT, Eike:
Kompendium der Allgemeinen Biologie.-Jena: G. Fischer Verl., 1976, 1. Aufl.
(Anmerk. des Autors: sehr kompakte und breite Darstellung der verscheidenen Bereiche der Biologie, kein klassisches Lehrbuch, in allen Auflagen als Basismaterial aber sehr geeignet!)

/9/ LINDER,... (Begr.):
Biologie-Lehrbuch für die Oberstufe.-Stuttgart: Metzlersche Verlagsbuchh.,1991.-20.Aufl.
dazu: 21. neubearb. Aufl. 1998; ISBN 3-507-10580-2

/10/ JUNKER, Reinhard; SCHERER, Siegfried:
Evolution – Ein kritisches Lehrbuch.-Gießen: Weyel Lehrmittelverl.; 2006-6. akt. u. erw. Aufl.-
ISBN 3-921046-10-6
(Anmerk. des Autors: interessantes, lesenswertes Lehrbuch, vorbildliche Gestaltung und Bebilderung, aber nichts für Anfänger oder nicht vorgebildete Schüler, kein Lehrbuch für den Biologie-Unterricht!)

/11/ SCHUBERT, Rudolf (Hrsg.):
Lehrbuch der Ökologie.-Jena: G. Fischer Verl., 1984; 1. Aufl.

/12/ BILS, Werner; DÜRR, Georg:
Übungsaufgaben zum Biologieunterricht in der Sekundarstufe II – mit Lösungen.-Heidelberg, Wiesbaden: Quelle & Meyer Verl., 1993
3., durchges. Aufl.
ISBN 3- 494-01216-4

/13/ :

ISBN

/14/ MÜNTZ, Klaus:
Stoffwechsel der Pflanzen – Ausgewählte Gebiete der Physiologie.-Köln: Aulis Verl. Deubner & Co KG; 1976
ISBN 3-7614-0267-8

/15/ WITKOWSKI, Regine; HERRMANN, Falko H.:
Einführung in die klinische Genetik.-Berlin: Akademie-Verl.,1982.-Wissenschaftliche Taschenbücher Band 171.-3.bearb. Aufl.

/16/ HAGEMANN, Rudolf, et al.:
Allgemeine Genetik.-Jena: G. Fischer Verl.,1984.-Studienreihe Biowissenschaften.-1.Aufl.

/17/ SCHEEL, Helmut; WERSUHN, Günter:
Genetik.-Potsdam:Wiss.-Tech. Zentrum der Päd. Hochsch.,1986.-Lehrmaterial zur Ausbildung von Diplomlehrern BIOLOGIE

/18/ MIRAM, Wolfgang; SCHARF, Karl-Heinz:
Biologie heute S II.-Hannover: Schroedel Schulbuchverl.; 1988.-Neubearb.
ISBN 3-507-10540-3

/19/ BERGAU,...:
umwelt biologie 7.-10. Schuljahr.-Stuttgart: Klett Schulbuchverl.,1990.-1.Aufl.

/20/ CLAUS, ...:
Natura-Biologie für Gymnasien Band 2-7.-10.Klasse.-Stuttgart, Düsseldorf, Berlin, Leipzig: Klett Schulbuchverl.,1993.-1.Aufl.
ISBN

/21/ BOSS, Norbert (Ltg.):
Lexikon Medizin – Körper & Gesundheit.-München, Wien, Baltimore: Urban & Schwarzenberg; Weyarn: Seehamer Verl.
ISBN 3-929626-45-4

/22/ PIECHOCKI, Reinhard:
Die Zähmung des Zufalls-Stabilität und Variabilität des Erbgutes.-Leipzig, Jena, Berlin: Urania.Verl.,1987.-Reihe: Wir und die Natur.-1.Aufl.

/23/ FALKENHAN (Hrsg.):
Handbuch der praktischen und experimentellen Schulbiologie-Biologische Quellen, Anhang zum Gesamtwerk.-Köln: Aulis Verl. Deubner,1976.-Band 5

/24/ GEISSLER,... (Hrsg.):
Kleine Enzyklopädie Leben.-Leipzig: Bibliogr.Inst.,1978.-2.durchges.Aufl.

/25/ HAFNER, Lutz; HOFF, Peter:
Genetik-Materialien für den Sekundarbereich II-Biologie.-Hannover: Schroedel Schulbuchverl.,1992

/26/ KINDL, Helmut:
Biochemie der Pflanzen.- Berlin, …: Springer Verl., 1991.- 3. Aufl.
ISBN 3-540-54484-4

/27/ KLEINIG, Hans; SITTE, Peter:
Zellbiologie.-Jena: G. Fischer Verl., 1986.- 2., neubearb. Aufl.
ISBN 3-334-00316-7

/28/ BERRY, Stephan:
Was treibt das Leben an? – Eine Reise in den Mikrokosmos der Zelle.-Reinbeck bei Hamburg: Rowohlt Taschenbuch Verl., 2007 (rororo science)
ISBN 978-3-499-62257-1
(Anmerk. des Autors: sehr gute – locker und populär geschriebene – Einführung in die Physiologie der Zelle → sehr empfehlenswert!!!)

/29/ SYKES, Bryan:
Keine Zukunft für Adam – Die revolutionären Folgen der Gen-Forschung.-Bergisch Gladbach: G. Lübbe Verl., 2003
ISBN 3-7857-2119-6

/30/ STREMPELL, Walter; KOCH, Albert:
Elemente der Tierphysiologie – Ein Hilfsbuch für Vorlesungen und praktische Übungen an Universitäten und höheren Schulen sowie zum Selbststudium – für Zoologen und Mediziner.-Jena: Verl. v. G. Fischer, 1923.-2., neubearb. u. erw. Aufl.

/31/ MERTZ, Torsten:
Schnellkurs Ökologie.-Köln: DuMont Literaur u. Kunst Verl., 2006
ISBN 10: 3-8321-7638-1
ISBN 13: 978-3-8321-7638-9

/32/ AHLHEIM, Karl-Heinz (Hrsg.):
Wie funktioniert das? Die Umwelt des Menschen.-Mannheim, Wien, Zürich: Meyers Lexikonverl., 1989.-3. vollst. überarb. Aufl.
ISBN 3-411-02389-9

/33/ BEGON, Michael; MORTIMER, Martin; THOMPSON, David J.:
Populationsökologie.-Heidelber, Berlin, Oxford: Spektrum Akad. Verl., 1997
ISBN 3-86025-258-5

/34/ BESCH, W.-K.; HAMM, A.; LENHART, B.; MELZER, A.; SCHARF, B.; STEINBERG, C.:
Limnologie für die Praxis – Grundlagen des Gewässerschutzes.-Landsberg /Lech: ecomed, 1992; 3. durchges. Aufl.
ISBN 3-609-73150-8

/35/ KALUSCHE, Dietmar:
Ökologie – ein Lehrbuch.-Wiebaden: Quelle & Meyer Verl.;1999.-3. grundl. überarb. Aufl. (Biologische Arbeitsbücher; 25)
ISBN 3-494-01262-8

/36/ KRAEPELIN, Karl:
Einführung in die Biologie – zum Gebrauch an höheren Schulen und zum Selbstunterricht (grosse Ausgabe).-Leipzig, Berlin: Teubner; 1926.-6. verb. Aufl. (bearb. v. Prof. Dr. C. SCHÄFER)

/37/ KALUSCHE, Dietmar:
Ökologie in Zahlen – Eine Datensammlung in Tabellen mit über 10.000 Einzelwerten.-Stuttgart, Jena, New York: G. Fischer Verl., 1996
ISBN 3- 437-20521-8

/38/ GERASSIMOW, I. P. (Hrsg.):
Mensch Gesellschaft und Umwelt – Geographische Aspekte der Nutzung der Naturressourcen und des Umweltschutzes.-Berlin: Volk u. Wissen Verl.; 1976.-1. Aufl.

/39/ RICHARD, Daniel; CHEVALET, Patrick; GIRAUD, Nathalie; PRADERE, Fabienne; SOUBAYA, Thierry:
Biologie im Überblick – Grundwissen in Lerneinheiten.-Berlin, Heidelberg: Springer-Verl.,2012
ISBN 978-3-8274-2929-2

/40/ HUTTER, Claus-Peter (Hrsg.); FINK, Conrad, OTTE, Annette:
Ackerland und Siedlung.-Stuttgart, Wien, Bern: Weitbrecht Verl., 1999
BiotopBestimmungsBücher
ISBN 3-522-72061-X

/41/ O'NEILL, Peter:
Chemie der Geo-Bio-Sphäre – Natürliche Vorgänge und Auswirkungen menschlicher Eingriffe.-Stuttgart: Ferdinand Enke Verl., 1998.-2. Aufl. (1. dt. Aufl.)
ISBN 3-432-29781-5

/42/ Anleitung für Biotopkartierung im Gelände in Mecklenburg-Vorpommern.-Schriftenreihe des Landesamtes für Umwelt und Natur M-V 1998 / Heft 1
ISSN 0944-0836
(http://www.lung.mv-regierung.de/dateien/biotopkartieranleitung.pdf#page=270)

/43/ TOWNSEND, C. R.; BEGON, M.; HARPER, J. l.:
Ökologie.-Dordrecht, Heidelberg, London, New York: Springer Verl., 2009.-2. Aufl.
ISBN 978-3-540-95806-3

/44/ :

ISBN

/45/ :

ISBN

// :

ISBN

/A/ Wikipedia
http://de.wikipedia.org

/B/ OpenStax (AP Biologie)
https://openstax.org

Die originalen sowie detailliertere bibliographische Angaben zu den meisten Literaturquellen sind im Internet unter http://dnb.ddb.de zu finden.

Abbildungen und Skizzen entstammen den folgende ClipArt-Sammlungen:

/I/ 29.000 Mega ClipArts; NBG EDV Handels- und Verlags AG; 1997

andere Quellen sind direkt angegeben.

Alle anderen Abbildungen sind geistiges Eigentum:

/II/ lern-soft-projekt: drews (c,p) 1998 - 2025 lsp: dre
für die Verwendung außerhalb dieses Skriptes gilt für sie die Lizenz:



CC-BY-NC-SA



Lizenz-Erklärungen und –Bedingungen: http://de.creativecommons.org/was-ist-cc/
andere Verwendungen nur mit schriftlicher Vereinbarung!!!

verwendete freie Software:

- **Inkscape** von: inkscape.org (www.inkscape.org)
- **CmapTools** von: Institute for Human and Maschine Cognition (www.ihmc.us)

⊞- (c,p) 2011 - 2025 lern-soft-projekt: drews -⊟
⊞- drews@lern-soft-projekt.de -⊟
⊞- http://www.lern-soft-projekt.de -⊟
⊞- 18069 Rostock; Luise-Otto-Peters-Ring 25 -⊟
⊞- Tel/AB (0381) 760 12 18 FAX 760 12 11 -⊟