

BIOTIK

Ecosystem engineers | ecosystem engineering

Ecosystem engineering bedeutet ...

- Schaffung, physikalische Veränderung oder Zerstörung von Habitaten durch Organismen - *ecosystem engineers*
- Veränderung der Ressourcenverfügbarkeit für andere Organismen
- z.B. Korallen – liefern Lebensraum Riff, verändern Strömungsverhältnisse

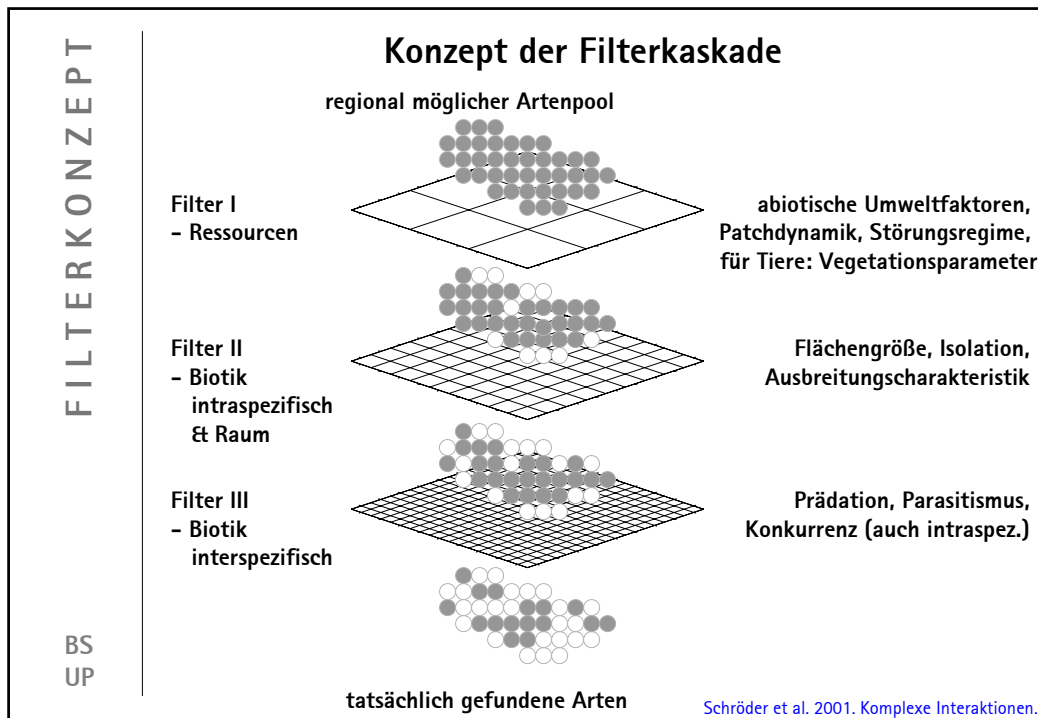
- *Autogenic engineering*: Organismen sind Teil des veränderten Habitats:
z.B. Bäume in einem Wald
- *Allogenic engineering*: Organismen verändern andere Habitate :
z.B. Biber, die mit gefälltten Bäumen einen Damm bauen

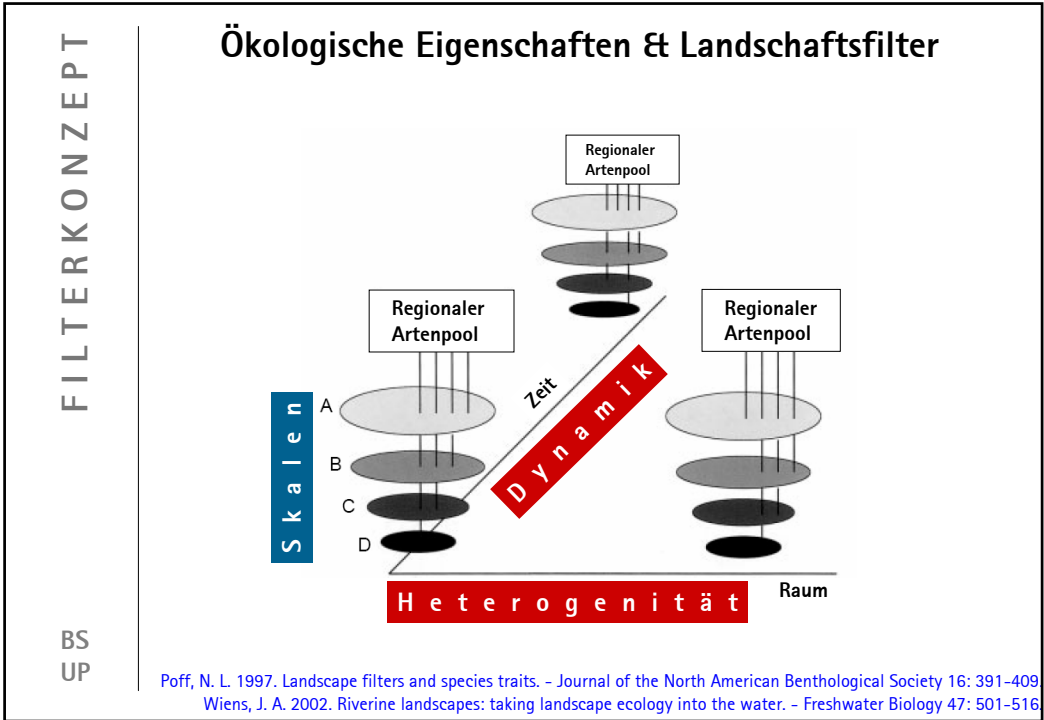
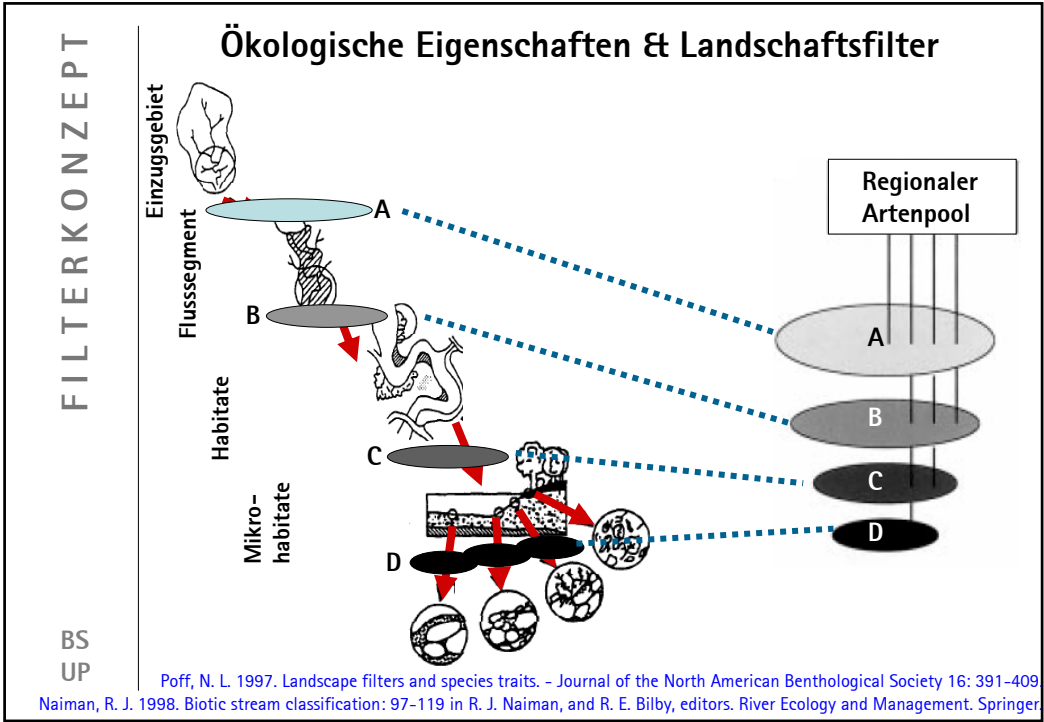
BS
UP

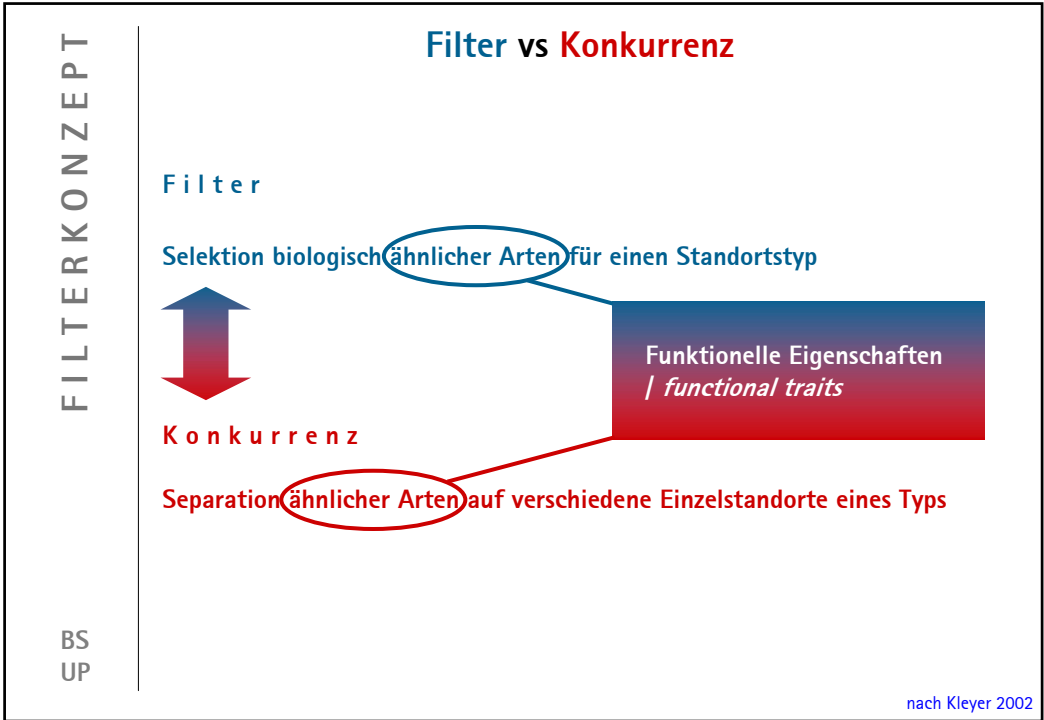
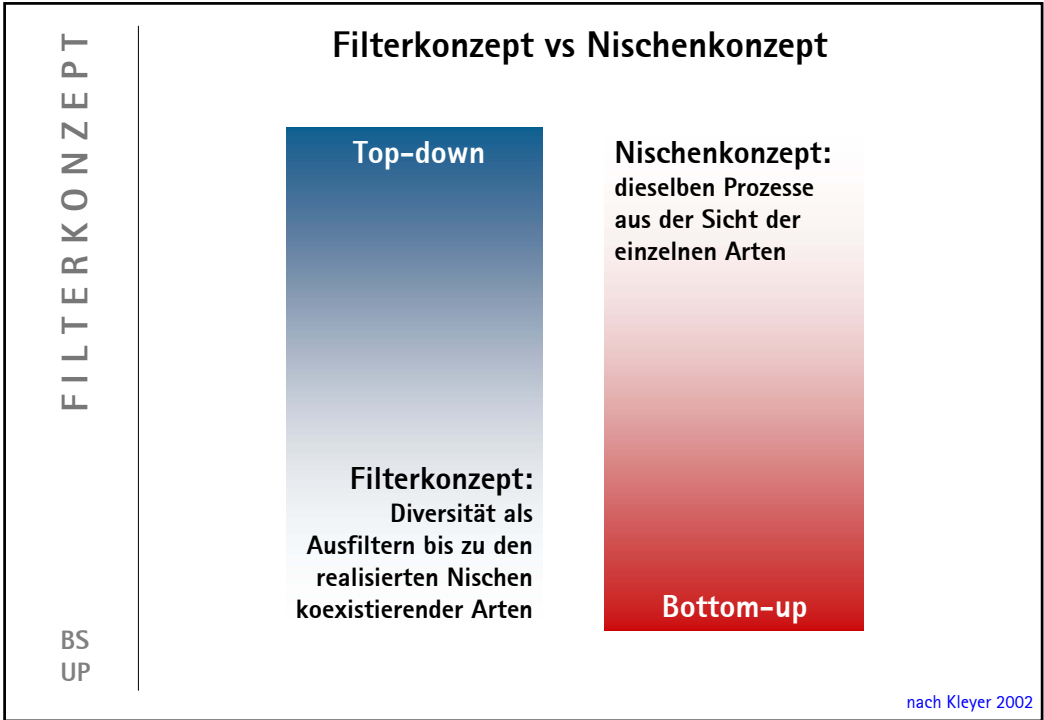
Jones CG, Lawton JH & Shachak M 1994. Organisms as ecosystem engineers. - *Oikos* 69: 373-386
Wilby A 2000. Ecosystem engineering: a trivialized concept? - *Trends in Ecology and Evolution* 17: 307
Crooks JA 2002. Characterizing ecosystem-level consequences of biological invasions: the role of ecosystem engineers. - *Oikos* 97: 153-166

Filter- konzept

BS
UP







nach Kleyer 2002

Funktionelle Gruppen

BS
UP

Funktionelle Pflanzentypen - *plant functional types*

Def.:

Gruppen von Pflanzenarten, die ähnliche biologische Merkmale aufweisen bezüglich:

- Ausbreitung
- generativer Reproduktion
- vegetativer Regeneration
- Diasporenbank
- vertikaler und lateraler Expansion

und sich deshalb bei Standortveränderungen ähnlich verhalten.

F
U
N
C
T
I
O
N
A
L
G
R
O
U
P
S

BS
UP

Gitay H & Noble IR (1997). What are functional types and how should we seek them?
In: Smith TM, Shugart HH & Woodward FI (Eds.), *Plant functional types* (pp. 3-19). Cambridge: Cambridge University Press.

Funktionale Eigenschaften - *functional traits*

Response traits

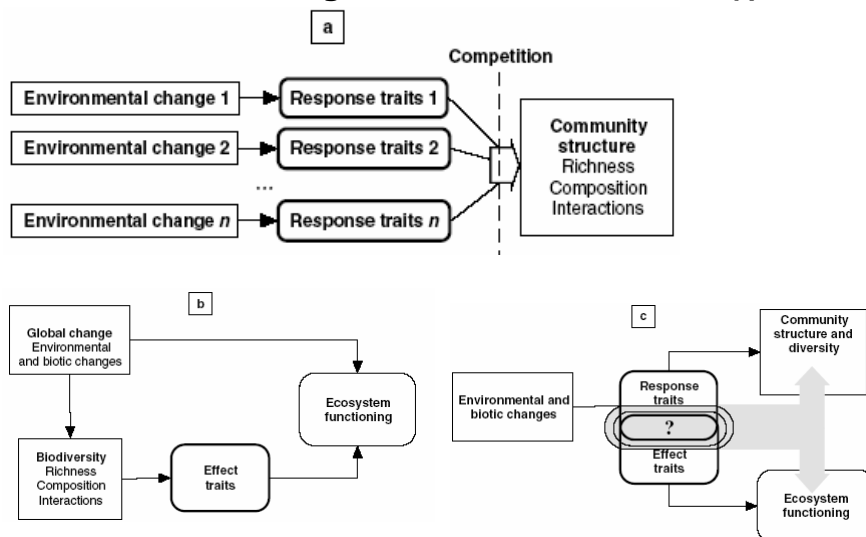
Reaktion auf
Umwelteigenschaften
wie Ressourcen
oder Störungen

Effect traits

Einfluss auf die
Funktionen von Ökosystemen:
wie biogeochemische Kreisläufe,
Resistenz gegen Invasionen
oder die Stabilität
gegenüber
Störungsereignissen

Lavorel, S. & Garnier, E. 2002. Predicting changes in community composition and ecosystem functioning from plant traits: revisiting the Holy Grail. - *Functional Ecology* 16: 545-556.

Funktionale Eigenschaften - *functional types*



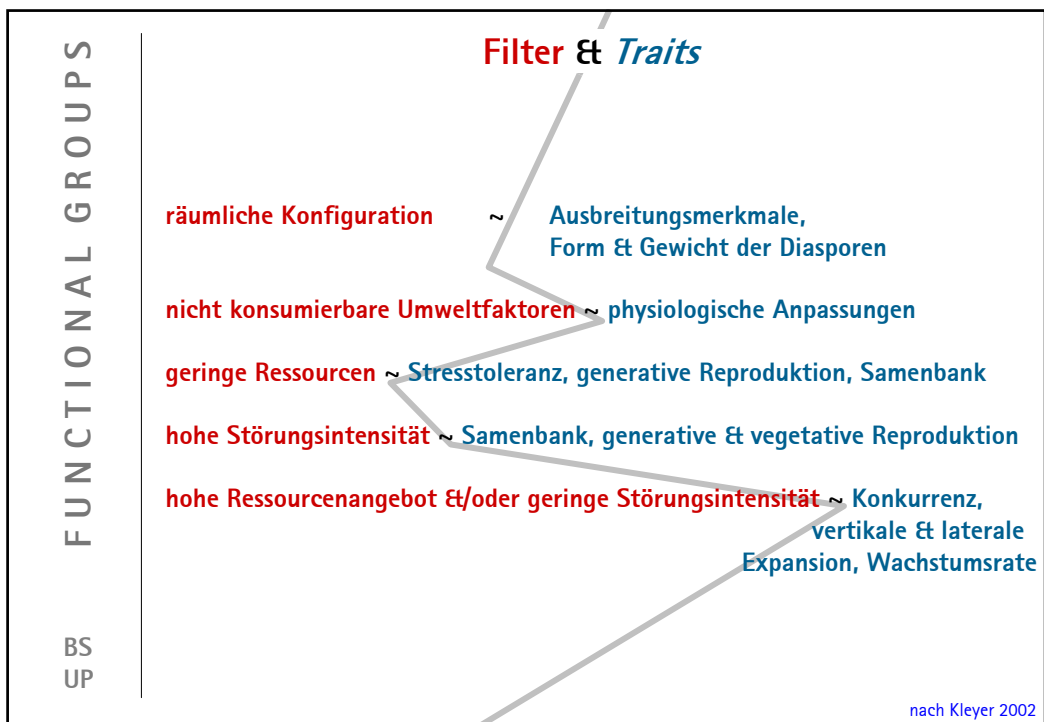
Lavorel, S. & Garnier, E. 2002. Predicting changes in community composition and ecosystem functioning from plant traits: revisiting the Holy Grail. - *Functional Ecology* 16: 545-556.

FUNCTIONAL GROUPS

Prozesse ~ Pflanzeigenschaften / *traits*

Prozesse	„ <i>hard trait</i> “	„ <i>easy trait</i> “ (Messgrößen)
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Etablierung - Keimlingswachstum 	Samengewicht, Wachstumsrate	Samengewicht Blattflächenindex (SLA)
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ausbreitung - im Raum - in der Zeit 	Ausbreitungsdistanz Langlebigkeit	Samengewicht Samengewicht & -form
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Persistenz - Samenproduktion - Konkurrenzkraft - Langlebigkeit - Reaktion auf Störung, Störungsvermeidung 	Fekundität Konkurrenzverhalten Lebensdauer Wiederaustrieb Phänologie, Verdaulichkeit	Samengewicht, oberirdische Biomasse Wuchshöhe, Biomasse Lebenszyklus Wiederaustriebs, SLA

Weier, E. et al. 1999. A common core list of plant traits for functional ecology. – J Veg Sci 10: 609-620.



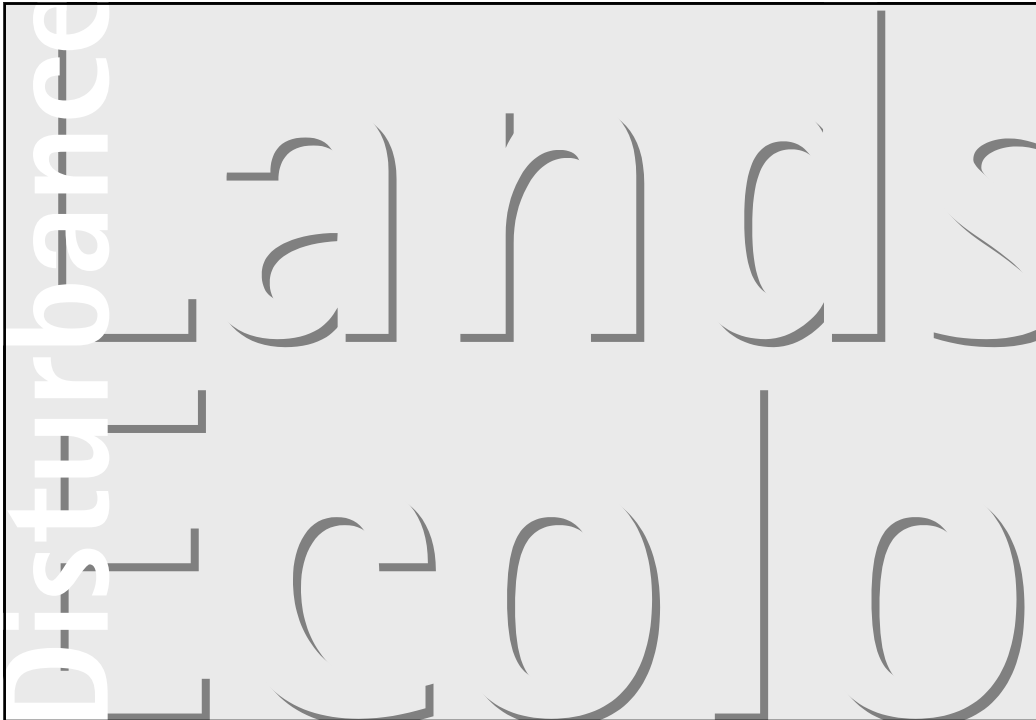
Koexistenz & *Traits*

Mechanismen der Koexistenz?

Interspezifische *trade-offs* zwischen ...

- a) Konkurrenzkraft vs Ausbreitungsfähigkeit
- b) Konkurrenzkraft vs Anfälligkeit gegenüber Krankheiten & Fraß
- c) Toleranz gegenüber ungünstigen Verhältnissen vs Fähigkeit, kurzfristige Ressourcenverfügbarkeit gut auszunutzen
- d) Fähigkeiten, alternative Ressourcen in einer heterogenen Landschaft nutzen zu können

[Tilman, D. 2000. Causes, consequences and ethics of biodiversity. - Nature 405: 208-211.](#)

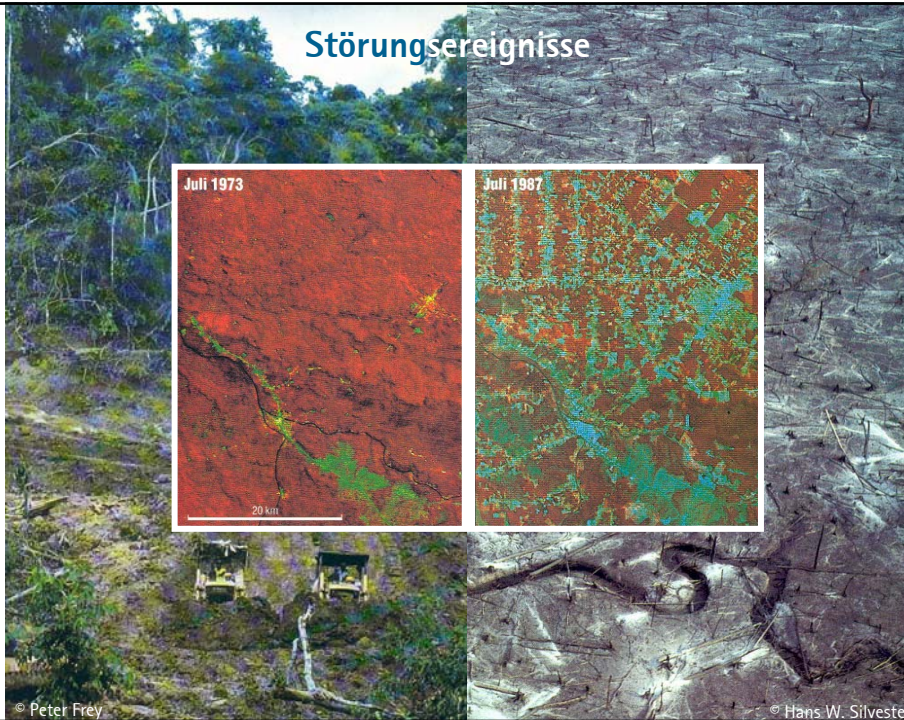


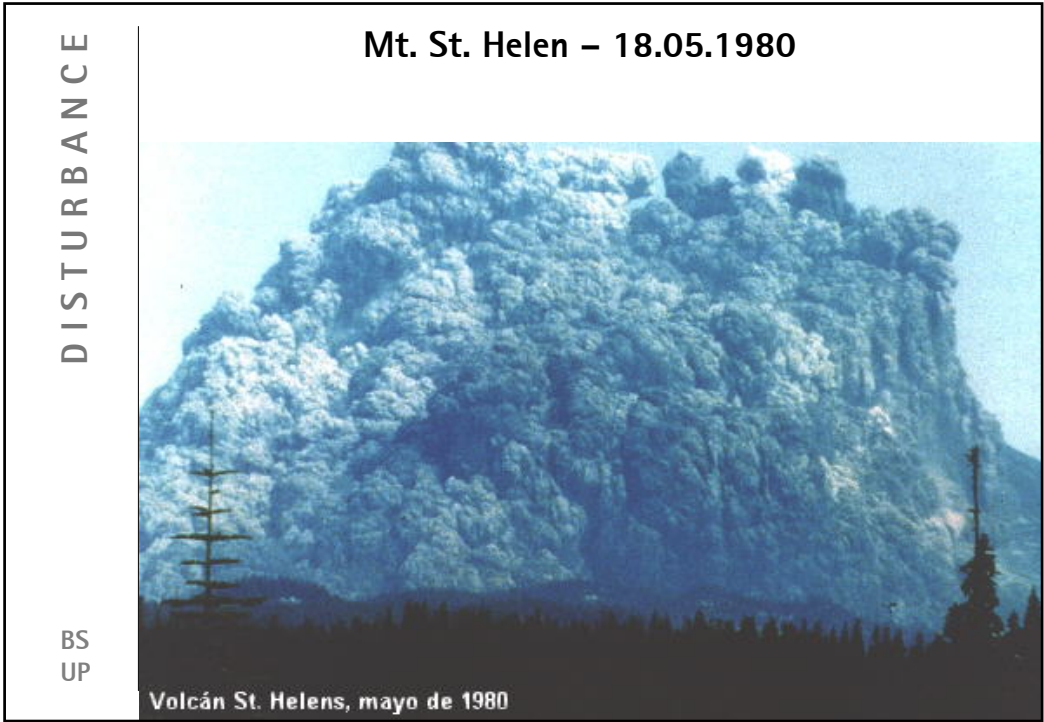
Was ist der Grund für Landschaftsheterogenität?

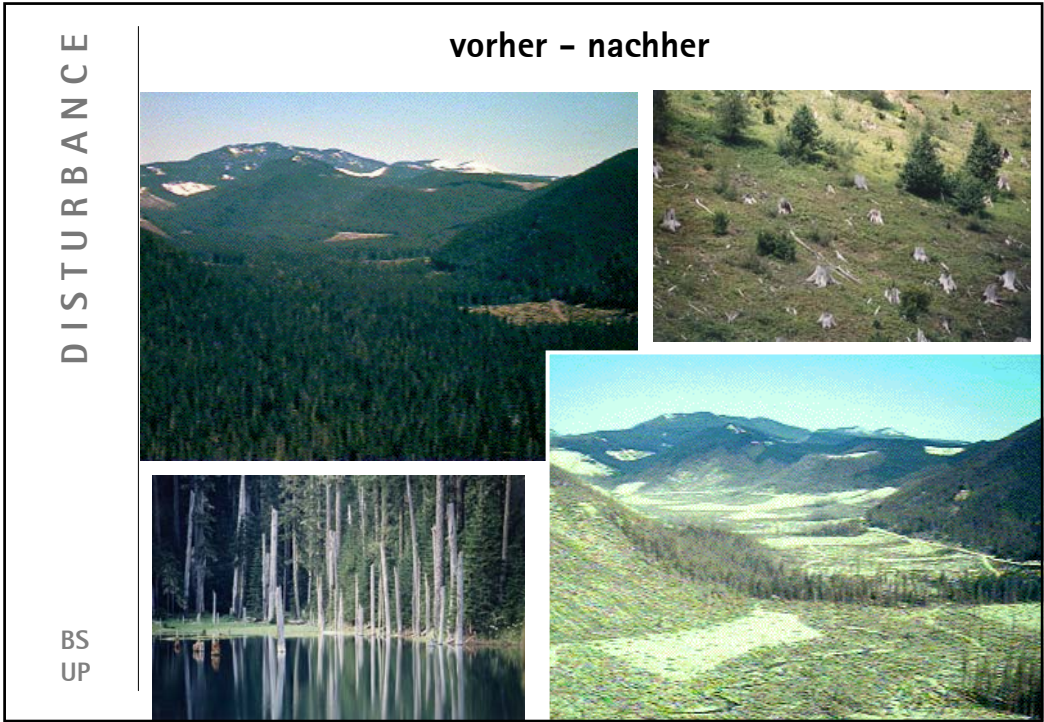
- Abiotische Bedingungen (Boden, Topographie, Klima, ...)
- Biotische Interaktionen (Sukzession, Konkurrenz, Räuber-Beute-Beziehungen, Parasitismus, Ausbreitung, ...)
- **Störungsregime (natürlich vs anthropogen)**



Störungsereignisse







DISTURBANCE

Störungereignisse – invasive Arten

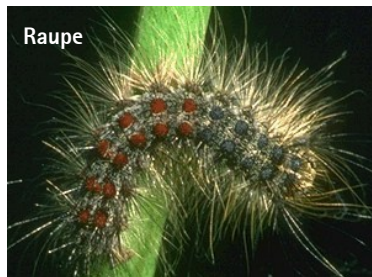
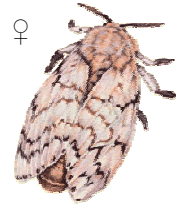
Schwammspinner – *Lymantria dispar* | gypsy moth



1868/9 nach N'amerika verschleppt

Ausbreitung nach Westen:
10-15 km/a

wichtiger Schädling in
Eichenwäldern

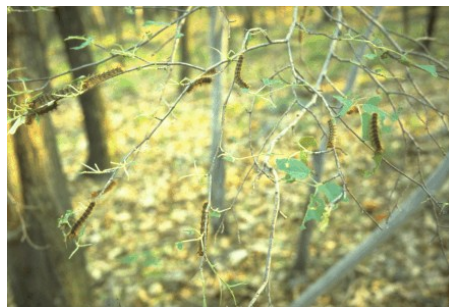


Kalamitäten v.a. in
sommerwarmen Gebieten

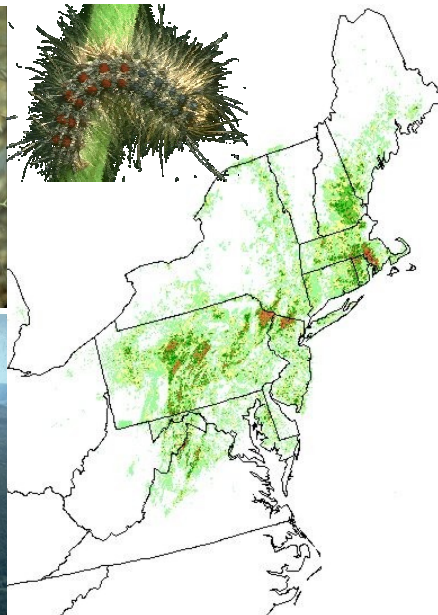
BS
UP

DISTURBANCE

Störungereignisse – invasive Arten



Defoliated ridge-top, Western Massachusetts



BS
UP

<http://www.fs.fed.us/ne/morgantown/4557/gmoth/defoliation/>

DISTURBANCE

Dynamisches Management durch Störungen






BS
UP



MOSAİK-Projekt

DISTURBANCE


Störung - Definitionen

Störung / *disturbance*


- Typen: physikalisch – biologisch – Interaktionen

- Ursprung: endogen vs exogen



Exogenous



Endogenous

BS
UP

Störung - Definition

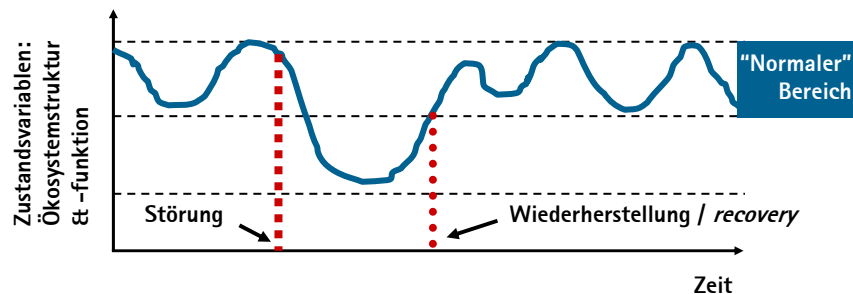
Störung / *disturbance*

In Raum & Zeit diskretes Ereignis, das ein Ökosystem, eine Gemeinschaft oder eine Populationsstruktur zerstört (*disrupt*) und die Ressourcenverteilung oder die physikalische Umwelt verändert.

Für die Organismen bedeutet dies:
Umverteilung und schnelle Bereitstellung von Ressourcen

Störung - Definition

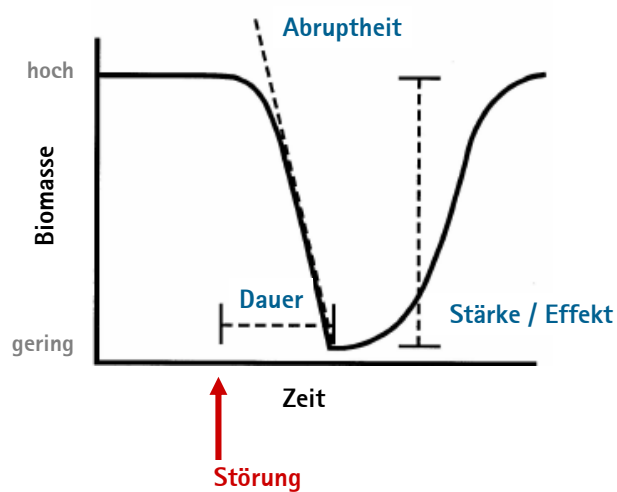
- Diskretes Ereignis vs chronischer Stress oder Hintergrundvariabilität
- Störungsereignisse führen zu signifikanten Änderungen des Systems.



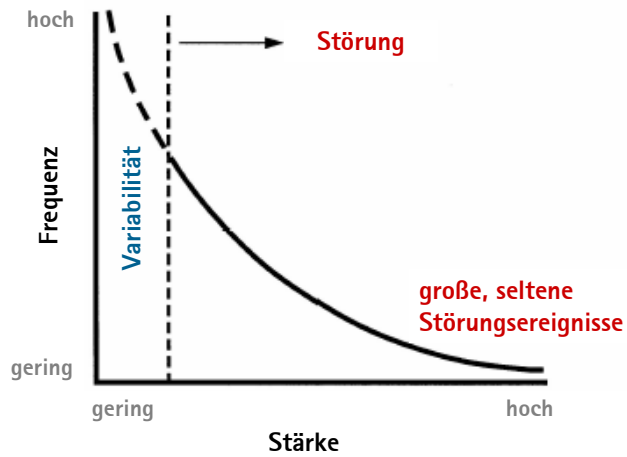
Störungsereignisse - Charakteristika

- Fläche, Ausdehnung
- Häufigkeit, Wahrscheinlichkeit des Auftretens [Hfkt. pro Jahr]
- Wiederkehrintervall = $1/\text{Häufigkeit} = 1/\text{Frequenz}$
- Intensität / *intensity* (gemessen in geeigneter physikal. Einheit: z.B. Temperatur eines Feuers, Windgeschwindigkeit)
- Schwere / *severity* (bezogen auf den Effekt, gemessen in Mortalität, Anteil zerstörter Biomasse)
- Vorhersagbarkeit; Synergismen; räumlicher Zusammenhang; Ausbreitungsgeschwindigkeit („Ansteckungsgefahr“ / *contagion*)
- Tiefe (bei Eingriffen in die Vegetationsdecke sind die Folgen ober- bzw. unterirdischer Störungsereignisse unterschiedlich)

Charakteristika von Störungen

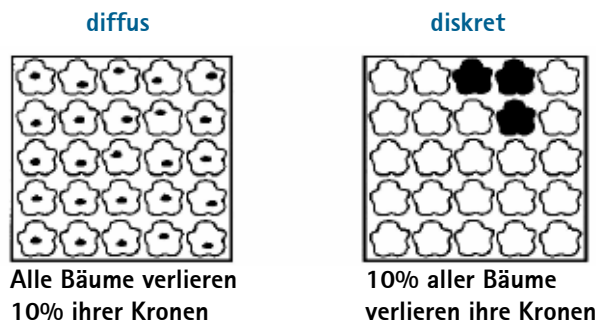


Verhältnis von Frequenz und Stärke von Störungen



Turner, M. G., Baker, W. L., Peterson, C. J. & Peet, R. K. 1998. Factors influencing succession: lessons from large, infrequent natural disturbances. - *Ecosystems* 1: 511-523.

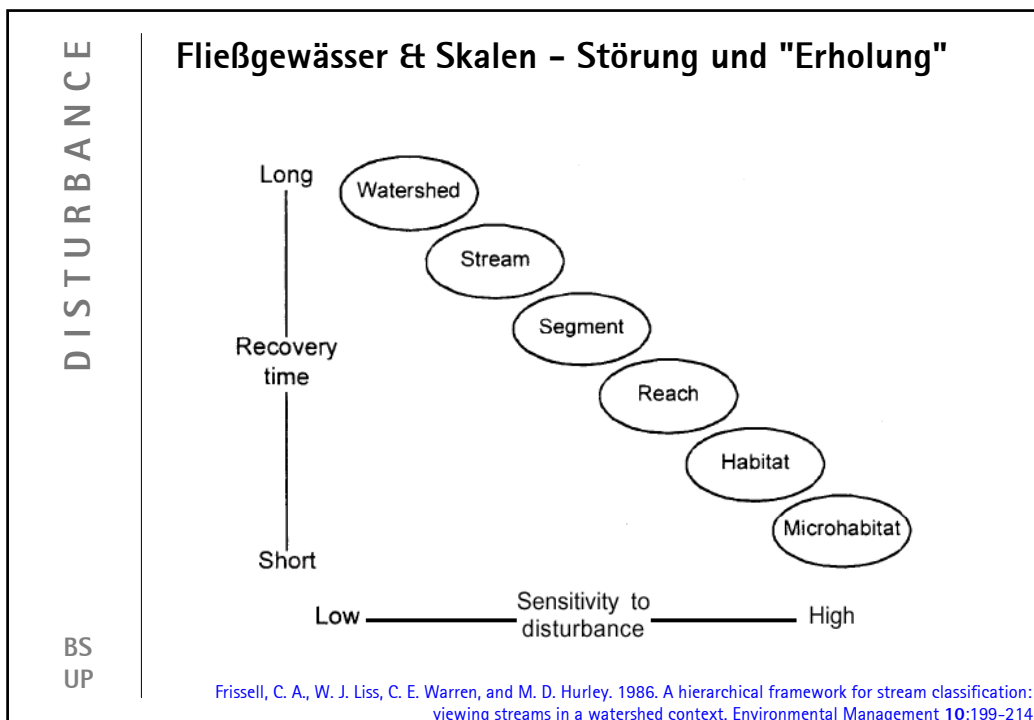
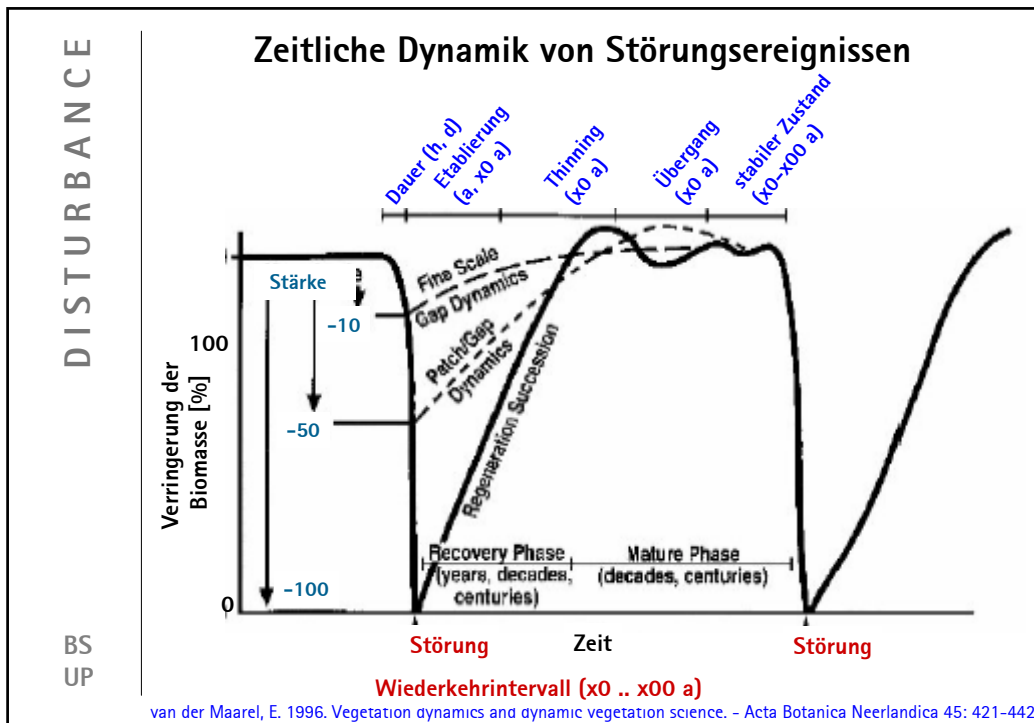
Diffuse vs diskrete Störungen



Abhängigkeit von der Beobachtungsskala



White PS & Jentsch A 2001. The search for generality in studies of disturbance and ecosystem dynamics. - *Progress in Botany* 62: 399-450.



Minimum dynamic area

Störung / *disturbance*

- Innerhalb oder außerhalb des Systems? – abhängig vom Bezugsrahmen!
- Störung auf einer Skala
geht einher mit Stabilisierung auf einer höheren Skala
sensu Watt's *unit pattern* → *minimum dynamic area*

Minimal dynamic area vergrößert sich mit:

- mit zunehmender Intensität und Schwere;
- mit zunehmender Variabilität der Intensität & Schwere
(d.h. mit abnehmender Vorhersagbarkeit);
- mit abnehmender Häufigkeit (*space-for-time substitution* !);
- mit zunehmender Störungsdauer
bzw. Wiederherstellungszeit oder Sukzessionsrate.

Störungs- regime

STÖRUNGSREGIME


Störungsregime – Definition


Störungsregime / *disturbance regime*
Summe aller Störungen, die eine Landschaft beeinflussen.

Borkenkäfer




Schälen durch Huftiere






Große, seltene Brände

Windwurf



© McGarigal 2001

Zeitskalen!
Raumskalen!
Intensitäten!



Kleine, häufige Feuer

BS
UP

STÖRUNGSREGIME

Störungsregime

3 Komponenten

- nicht-räumliche Komponenten:
Frequenz und Intensität der Störung
- Räumliche Komponenten:
Ausdehnung & Form der individuellen Störungen
- Raum-zeitliche Komponenten von Gruppen von Störungen:
Räumliche & zeitliche Autokorrelation zwischen einzelnen Störungen

BS
UP

Moloney, K. A. & Levin, S. A. 1996. The effects of disturbance architecture on landscape-level population dynamics. – Ecology 77: 375-394.

Dimensionen des Störungsregimes

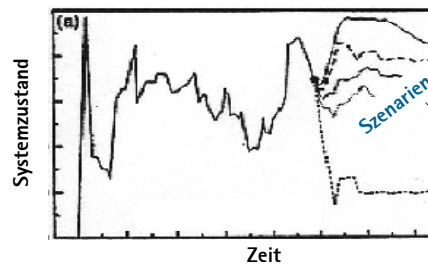
... relativ zur ökologischen Einheit, d.h.

- **Störungsdauer & -frequenz**
relativ zu Lebensdauer/Wiederherstellungszeit der Organismen/Ökosysteme
- **Störungsintensität & -frequenz**
relativ zur Empfindlichkeit / Sensitivität der Sukzessionsstadien
- **Ausdehnung der Störung**
relativ zur Populationsgröße oder zur Ausdehnung der Landschaft
- **räumliche Form und Verteilung der Störung**
relativ zur Heterogenität des Systems
- **Störungsspezifität**
relativ zu den vorhandenen Arten, Altersklassen oder Landschaftsformen

White PS & Jentsch A 2001. The search for generality in studies of disturbance and ecosystem dynamics. - Progress in Botany 62: 399-450.

Störungsregime - Funktionen

- Störungen können wesentliche Funktionen haben, die zur Erhaltung der Struktur & Funktionen einer Landschaft notwendig sind!
- Alle Ökosysteme weisen natürliche Störungsregime auf, an die sie angepasst sind.
- Außergewöhnliche Störungen können ein System nachhaltig verändern und sie irreversibel in **alternative Zustände** überführen.



aus Wallin et al. 1995

Menschlicher Einfluss auf Störungsregime

- Veränderung von Häufigkeit, Intensität
- Einführung neuer Störungen (z.B. großflächige Rodungen (und Einführung / Veränderung chronischen Stresses)
- Landnutzung führt häufig zu Homogenisierung (Unterdrückung natürlicher Prozesse)
- u.U. Erhöhung der Anfälligkeit gegenüber Störungen (z.B. Anfälligkeit von Monokulturen ggü. Schädlingen)



Landschaft beeinflusst Störungsregime

Einfluss der Landschaft auf das durch die Störung hervorgerufene Muster

- räumliche Position → Anfälligkeit
- Sukzessionsstadium → Anfälligkeit

Einfluss des Landschaftsmusters auf die Ausbreitung der Störung

- Homogenität steigert häufig die Ausbreitung
 - Ausbreitung von Schädlingen in Agroökosystemen
 - Ausbreitung von Waldbränden
 - Gegenbeispiel: Wildverbiss in fragmentierten Wäldern höher

Störungsregime beeinflusst Landschaft

Einfluss der Störung auf das Landschaftsmuster

- Mosaik



M. G. Turner

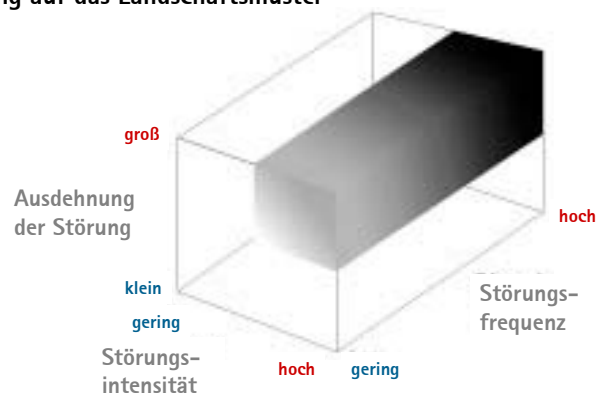
Yellowstone Nationalpark nach Waldbränden 1988

Turner, Gardner, O'Neill 2001

Störungsregime beeinflussen Landschaften

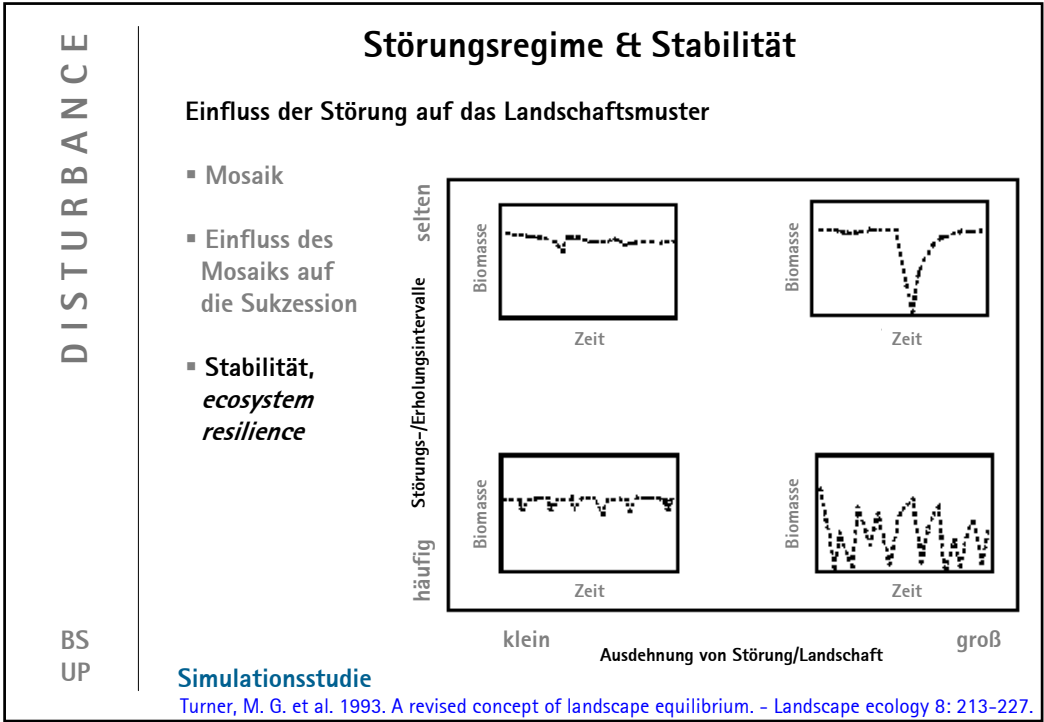
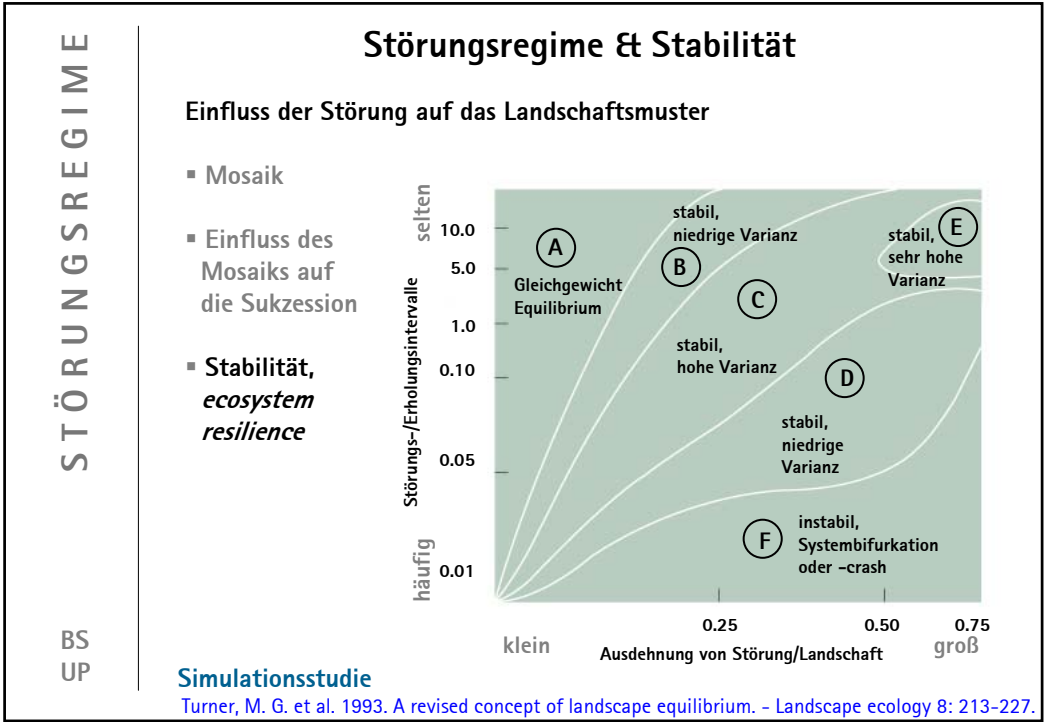
Einfluss der Störung auf das Landschaftsmuster

- Mosaik
- Einfluss des Mosaiks auf die Sukzession



	Sukzession vorhersagbar
	Sukzession vorerst schwer vorhersagbar, räumliche Dynamik ist wichtig
	Sukzession vorerst schwer vorhersagbar, neue Entwicklungswege möglich

Turner, Gardner, O'Neill 2001



Stabilität

BS
UP

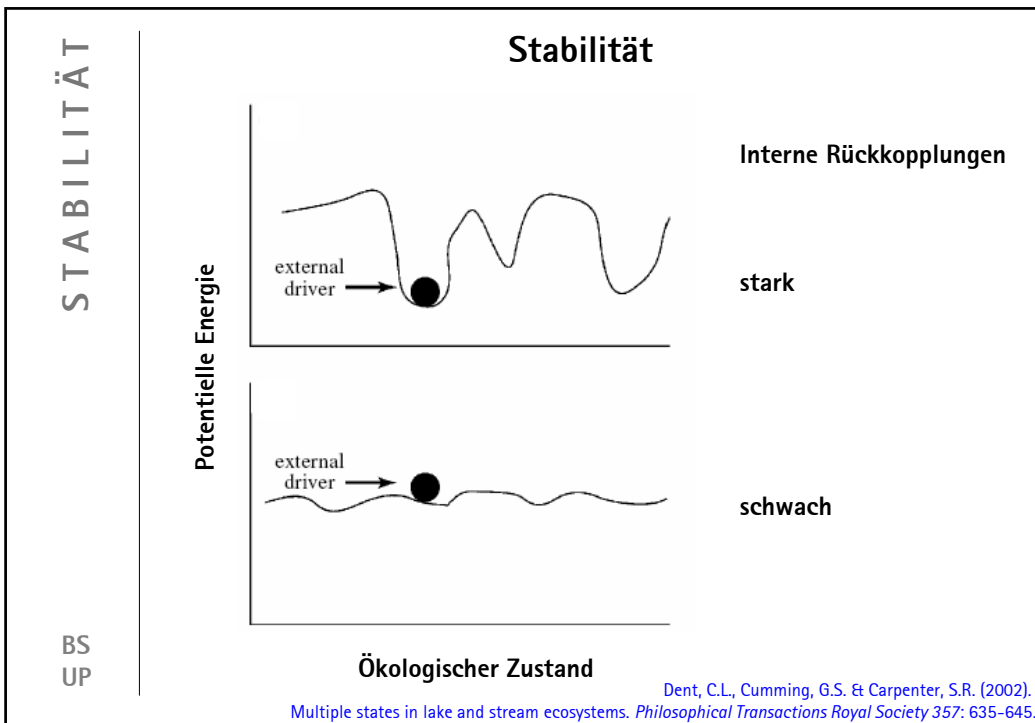
Stabilität & Persistenz et al. - Definitionen

STABILITÄT

- **Stabilität / *stability***
Tendenz eines Systems, auf einem stabilen Zustand zu bleiben
- **Persistenz / *persistence***
Zeitraum, in dem ein System in einem definierten Zustand bleibt
- **Resistenz / *resistence***
Fähigkeiten eines Systems, Störungen abzuf puffern
- **Elastizität, Resilienz / *resilience***
Fähigkeit eines Systems, zum Zustand vor der Störung zurückzukehren
- **Wiederherstellung / *recovery***
Geschwindigkeit, den vorherigen Zustand nach einer Störung wieder zu erreichen.

BS
UP

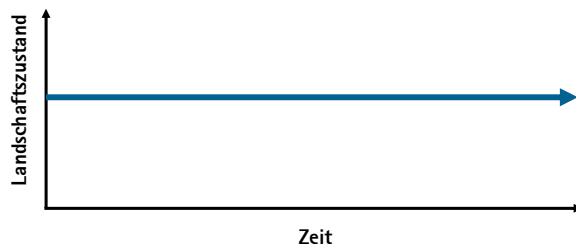
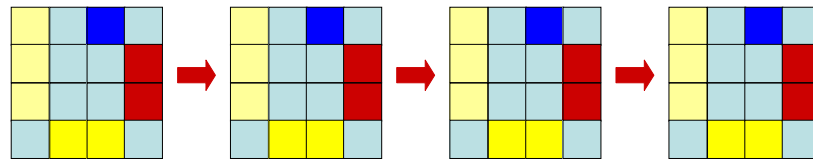
Holling, C.S. (1973). Resilience and stability of ecological systems. *Annual Review of Ecology & Systematics* 4: 1-23.



- Stabilität**
- STABILITÄT
- Stabilität ...**
- möglich in Systemen mit geringer Resistenz sowie schneller Wiederherstellung und hoher Elastizität
 - dann häufig charakterisiert durch geringe Biomasse.
 - möglich in Systemen mit hoher Resistenz
 - dann häufig charakterisiert durch viel Biomasse
- BS
UP

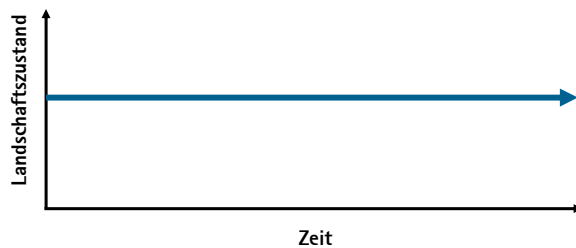
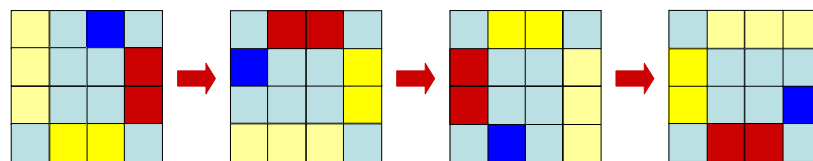
Konzepte von Störung & Gleichgewicht

Absolute Konstanz: keine Änderung in der Zeit



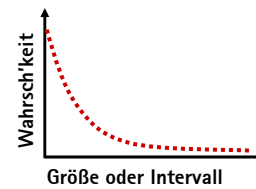
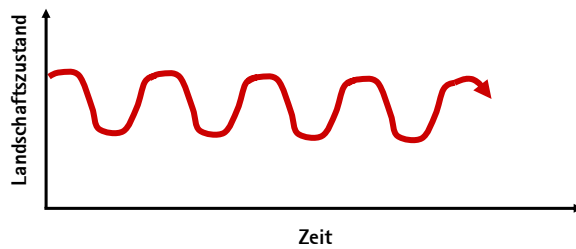
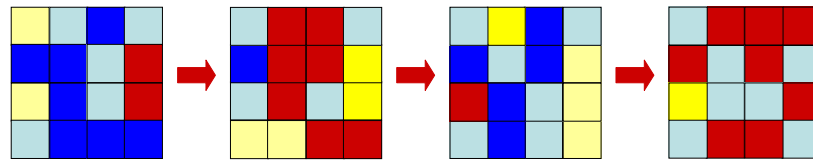
Konzepte von Störung & Gleichgewicht

Mosaikzyklus / *shifting mosaic steady state*: konstante Anteile jedes Patchtyps; Erzeugen neuer Patches durch Störung steht im Gleichgewicht mit der Entwicklung älterer Patches durch Sukzession



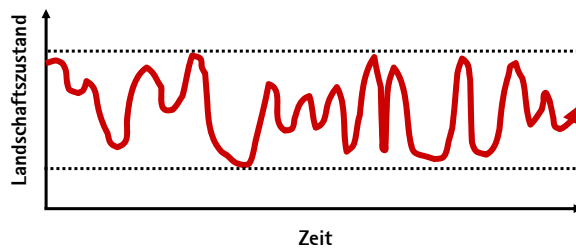
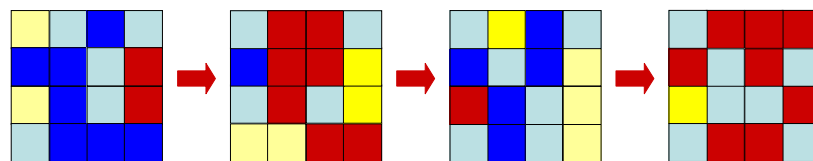
Konzepte von Störung & Gleichgewicht

Stationärer Prozess: Abfolge von Zufallsprozessen, deren Verteilung in Zeit & Raum konstant ist



Konzepte von Störung & Gleichgewicht

Eingeschränktes, dynamisches Gleichgewicht:
stochastische Störungsereignisse ergeben zufällige Veränderungen in der Landschaft, die bestimmte Grenzen nicht über-/unterschreiten.



Gleichgewicht vs Dynamik – 2 Paradigmen

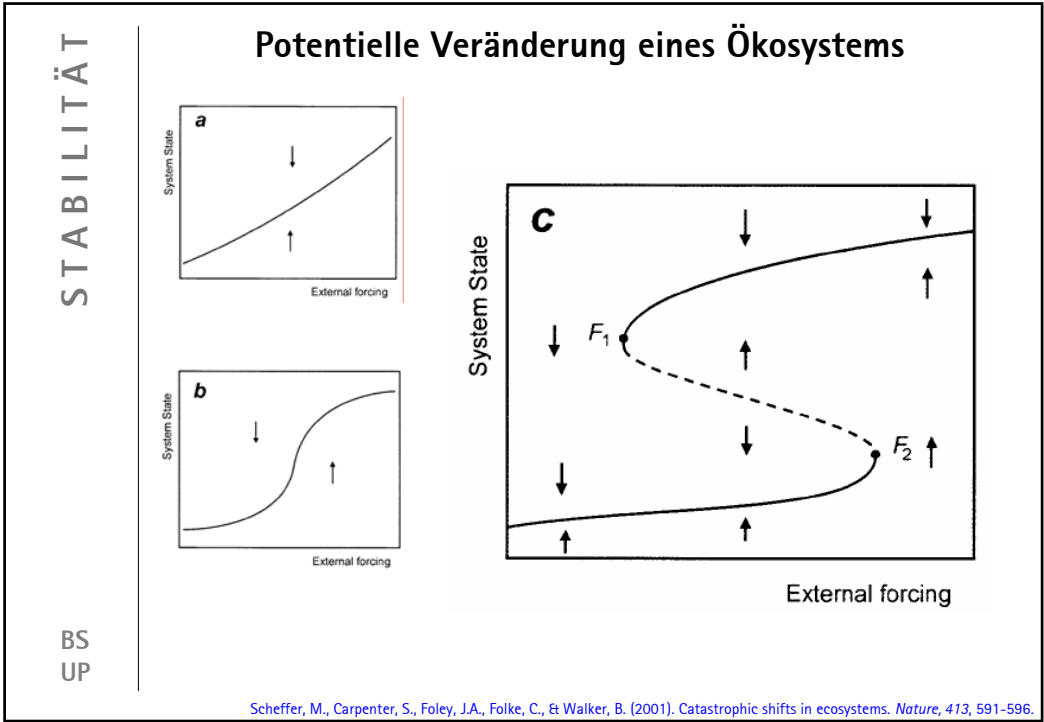
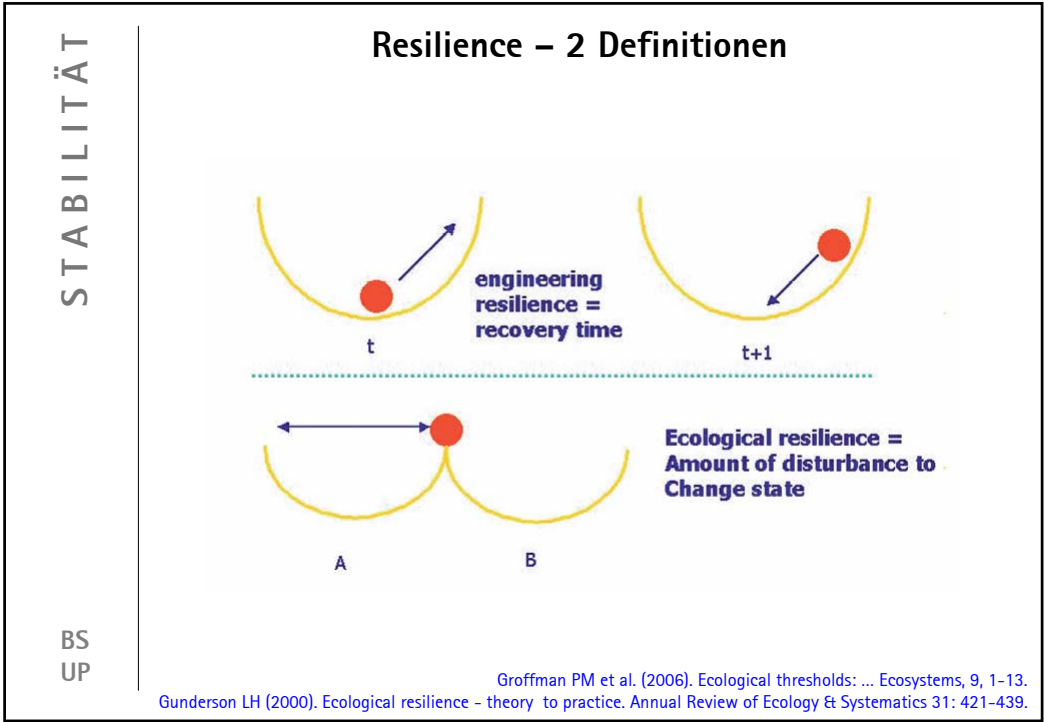
Gleichgewichtsparadigma

- Artenzusammensetzung der Gesellschaften sind +/- konstant
- Störung & Sukzession verändern die Gemeinschaften; im Zentrum steht die Klimaxgesellschaft
- Ökosystem kann aus sich selbst heraus verstanden werden; intern Regulation

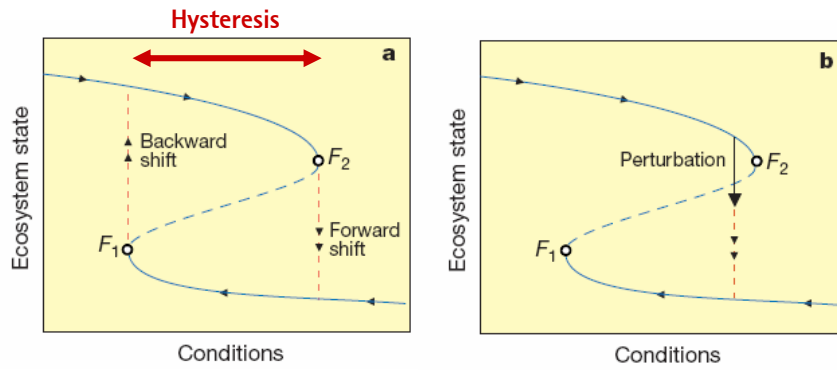
Dynamik-Paradigma

- Störung ist ein essentieller Bestandteil der Ökosysteme
- Artenzusammensetzung kann einen Gleichgewichtszustand erreichen als Interaktion aus Störungen und Systemantworten
- Ökosysteme müssen innerhalb eines größeren raumzeitlichen Kontextes verstanden werden

Alternative
stabile
Zustände

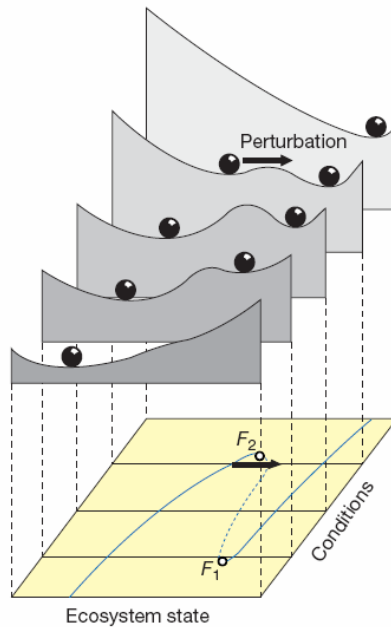


Wechsel zwischen verschiedenen alternativen Zuständen



Scheffer, M., Carpenter, S., Foley, J.A., Folke, C., & Walker, B. (2001). Catastrophic shifts in ecosystems. *Nature*, 413, 591-596.

Alternative stabile Zustände & Störungen

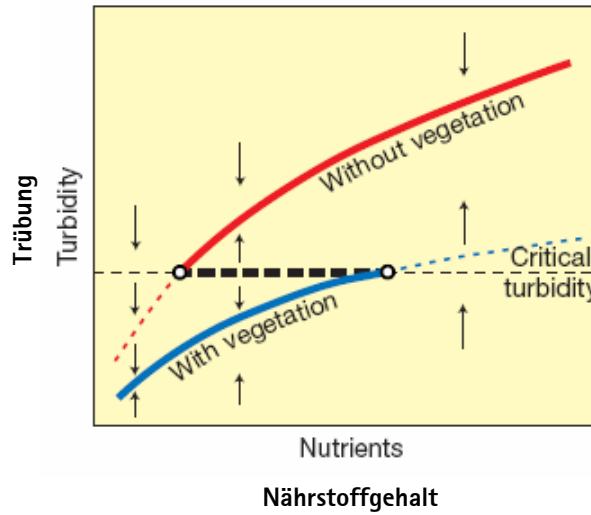


- stability landscapes
- Tal: stabiles Gleichgewicht
 - Hügel: instabiler Bereich

Scheffer, M., Carpenter, S., Foley, J.A., Folke, C., & Walker, B. (2001). Catastrophic shifts in ecosystems. *Nature*, 413, 591-596.

Alternative stabile Zustände - Beispiel

Flache Seen

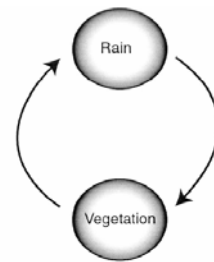
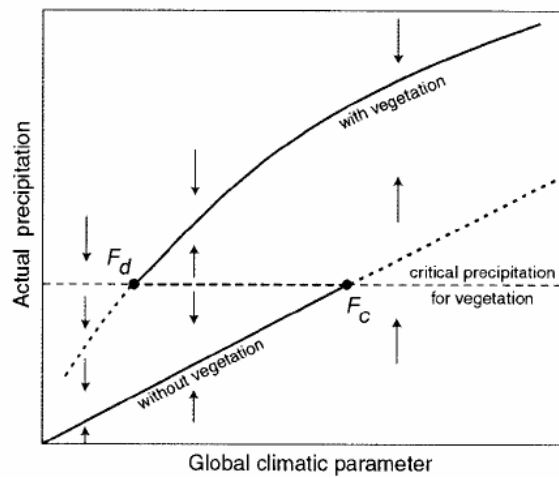


BS
UP

Foley JA, Coe MT, Scheffer M & Wang G 2003. Regime shifts in the Sahara and Sahel: Interactions between ecological and climatic systems. *Ecosystems*, 6, 524-532.

Alternative stabile Zustände - Beispiele

Sahel



positive
Rückkopplung
zwischen
Niederschlag
& Vegetation

BS
UP

Foley JA, Coe MT, Scheffer M & Wang G 2003. Regime shifts in the Sahara and Sahel: Interactions between ecological and climatic systems. *Ecosystems*, 6, 524-532.

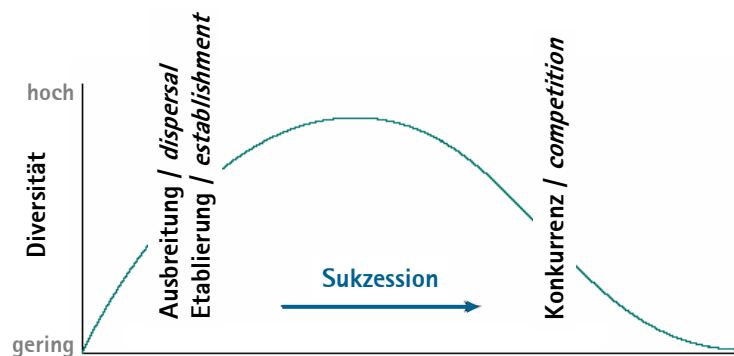
Auswirkungen von Störungen auf die Biodiversität

IDH

BS
UP

Intermediate disturbance hypothesis

Konkurrenz in stabilen, geschlossenen Systemen führt im Verlauf der Sukzession zum Konkurrenzausschluss / *competitive exclusion*.
Störung führt das System zurück in jüngere Sukzessionsstadien.

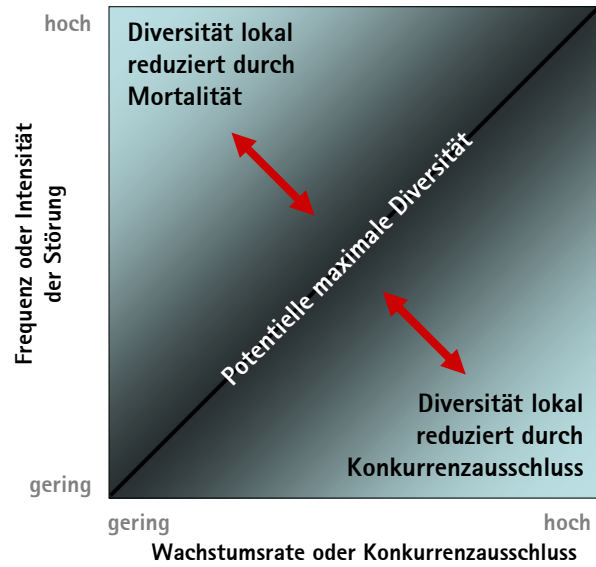


Frequenz : häufig → selten
Intensität : groß → gering
Zeit seit S. : kurz danach → lange später

Connell, J. H. 1978. Diversity in tropical rain forests and coral reefs. - Science 199: 1302-1309.

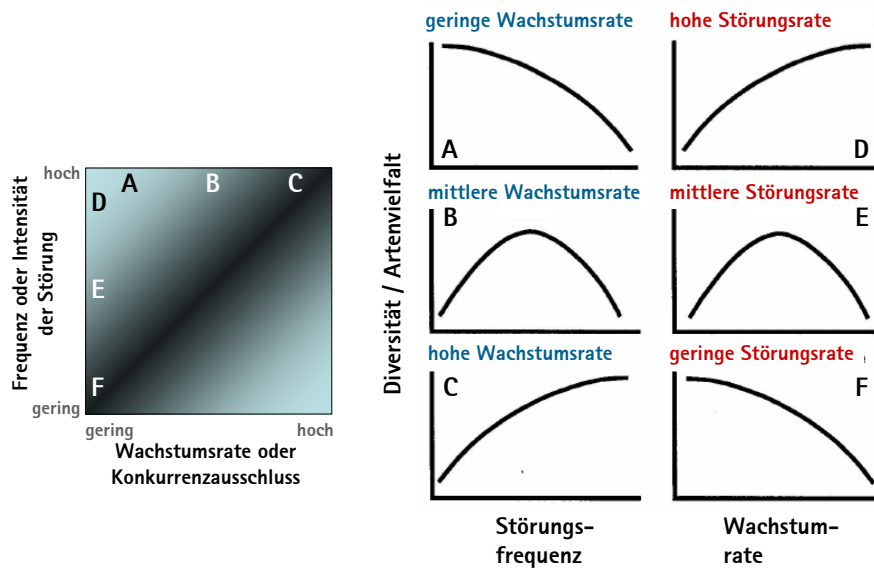
BS
UP
STÖRUNG & DIVERSITÄT

Dynamic equilibrium model der Diversität



Huston, M. A. 1979. A general hypothesis of species diversity. - American Naturalist 113: 81-99.
 Huston, M. A. 2004. Management strategies for plant invasions... - Diversity & Distributions 10: 167-178.

Dynamic equilibrium model



Huston, M. A. 2004. Management strategies for plant invasions - Diversity & Distributions 10: 167-178.

