

Models Standards GEOLOG

WIEDERHOLUNG

Landscape Pattern Indices | Landscape Metrics

Beschreibung
Quantifizierung

© McGarigal (2001)

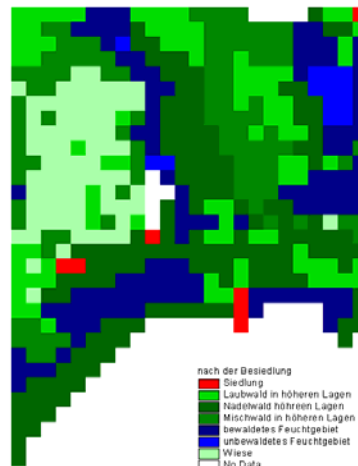
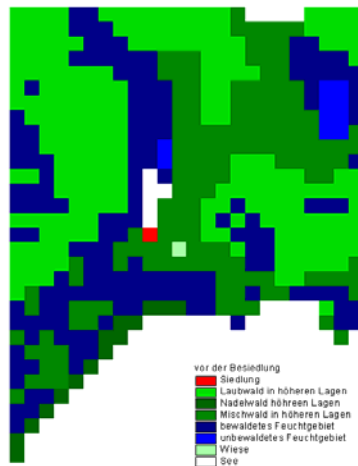
Vergleich

Aufgabe 1

- Beschreibung von Landschaftsmustern
- Analyse der Beziehung von Landschaftsmustern zur Landschaftsgeschichte

VORHER

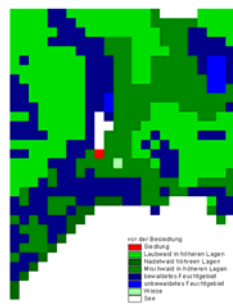
NACHHER



BS
UP

Aufgabe 1

- Beschreibung von Landschaftsmustern
- Analyse der Beziehung von Landschaftsmustern zur Landschaftsgeschichte

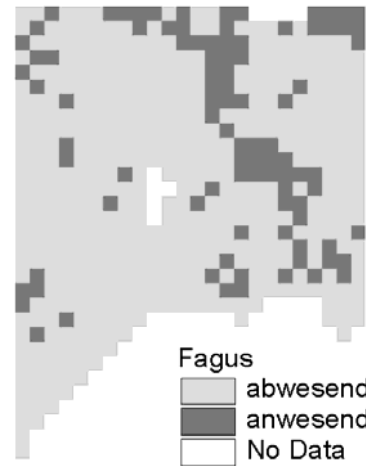
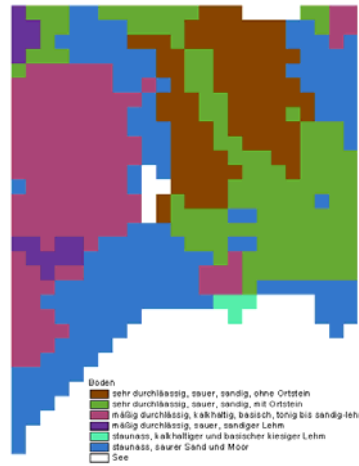


TYPE	CA	PLAND	NP	LPI	AREA_MN
Laubwald in höheren Lagen	13608.5250	27.3438	8	12.8906	1701.0656
bewaldetes Feuchtgebiet	10173.9925	20.4427	17	11.3281	598.4701
Mischwald in höheren Lagen	9590.7700	19.2708	10	15.6250	959.0770
unbewaldetes Feuchtgebiet	648.0250	1.3021	2	1.0417	324.0125
Siedlung	64.8025	0.1302	1	0.1302	64.8025
Wiese	64.8025	0.1302	1	0.1302	64.8025
Nadelwald in höheren Lagen	972.0375	1.9531	8	0.6510	121.5047

BS
UP

Aufgabe 2

- Beschreibung von Landschaftsmustern
- Analyse der Beziehung von Landschaftsmustern zur Landschaftsgeschichte
- Analyse der Gründe der Heterogenität



BS
UP

Zusammenhang zwischen räumlicher Verteilung der Bodentypen und Baumart?

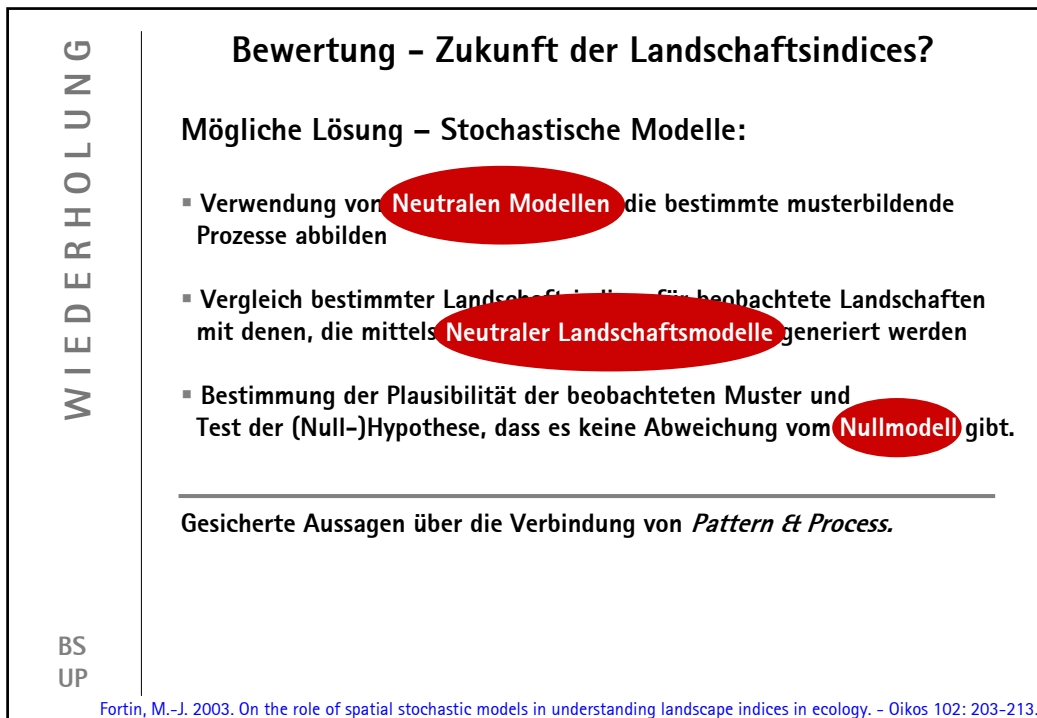
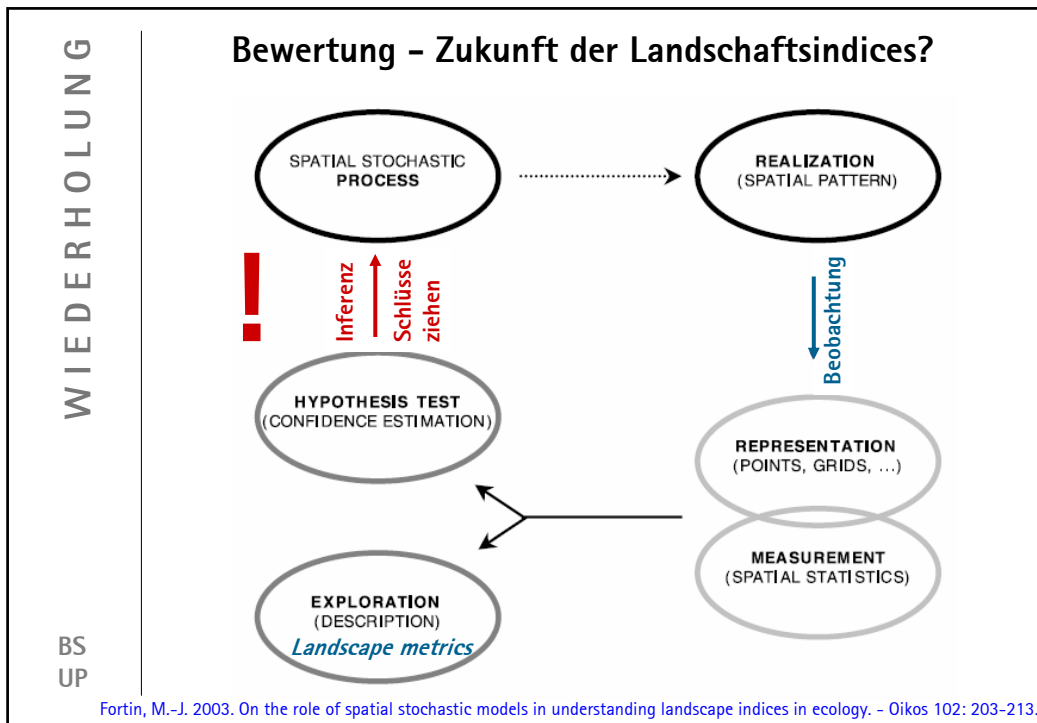
Aufgabe 2

- Beschreibung von Landschaftsmustern
- Analyse der Beziehung von Landschaftsmustern zur Landschaftsgeschichte
- Analyse der Gründe der Heterogenität



BS
UP

Zusammenhang zwischen räumlicher Verteilung der Störung und Baumart?



NLM & Konnektivität

BS
UP

Neutrale Landschaftsmodelle

NEUTRAL MODELS

Grundlage aller – experimentellen – Wissenschaft:

- Entwicklung von Hypothesen
- Durchführung von Experimenten zum Test der Hypothesen

Einfachste Hypothese: Nullhypothese – „no effect“

Unterschiede Physik vs Landschaftsökologie:

- Komplexität der Untersuchungssysteme
- Vielzahl nicht kontrollierbarer Einflussfaktoren
- Probleme beim Design: „echte“ Wiederholung oder Pseudoreplikation?
Häufig steht nur „eine“ Landschaft zur Verfügung.

BS
UP

Neutrale Landschaftsmodelle | NLMs

**Einfachste Nullhypothese in der Landschaftsökologie:
Räumliche Zufallsverteilung | *random map* =
einfachste Form des *neutral landscape model***

Geschichte:

- Idee der neutralen Modelle (Caswell 1976: Struktur von Gemeinschaften)
- Neutrale Landschaftsmodelle | NLM als Nullmodelle (Gardner et al. 1987)
- Grundlage: Perkolations-theorie (Stauffer 1985)
- Wichtige Rolle für die Entwicklung der theoretischen Landschaftsökologie
- Äquivalenz zu Nullmodellen in der Ökologie (Gotelli & Graves 1996)
- vgl. Hubbells Neutral Theory of Biodiversity & Biogeography (2001)

Caswell H 1976. Community structure: a neutral model analysis. - Ecological Monographs 46: 327-354.
Gardner RH et al. 1987. Neutral models for the analysis of broad-scale landscape pattern. - Landscape Ecology 1: 19-28.
Stauffer D 1985. Introduction to percolation theory. - Taylor & Francis.
Gotelli, N. J. and Graves, G. R. 1996. Null models in ecology. - Smithsonian Inst. Press.
Hubbell, S. P. 2001. The unified neutral theory of biodiversity and biogeography. - Princeton University Press.

Neutrale Landschaftsmodelle | NLMs

Ziele der Verwendung von NLMs

- 1) Quantifizierung der Abweichung räumlicher Charakteristika von Landschaften (Indices) von theoretischen räumlichen Verteilungen (NLMs als Referenz)

Einfluss von Prozessen auf das Landschaftsmuster

- 2) Vorhersage darüber, wie stark ökologische Prozesse, wie Tierbewegungen, Samenausbreitung, Gen- & Stoffflüsse etc. durch räumlicher Muster beeinflusst werden.

Einfluss der Landschaftsmuster auf die Prozesse

With, K. A. and King, A. W. 1997. The use and misuse of neutral landscape models in ecology. - Oikos 79: 219-229.

Neutrale Landschaftsmodelle | NLMs

Erläuterung

- 1) NLMs als Referenz / Standard – Nullmodelle der Landschaftsstruktur:
NLM produziert Muster ohne Berücksichtigung ökologischer Prozesse
- 2) Vergleich mit beobachteten Mustern oder mit vorhergesagten Mustern
alternativer Modelle, die bestimmte Prozesse berücksichtigen
- 3) Möglichkeit, den Einfluss der nicht berücksichtigten Prozesse zu testen

Neutrale Landschaftsmodelle & Perkolationstheorie

Test ist nur dann möglich, wenn das erwartete Muster bei Abwesenheit
der Prozesse bekannt ist.

Deshalb Bezug zur **Perkolationstheorie**
als Grundlage für neutrale Modelle von Landschaftsmustern.

Perkolationstheorie

Geschichte der Perkolationstheorie

- in den 40er Jahren entwickelt; Durchbruch erst Mitte 80er
- zur Beschreibung physikalischer Eigenschaften von Gelen, Polymeren etc.
- Grundlage für die Untersuchung der Bewegung von Flüssigkeiten durch poröse Materialien
- Analyse zweidimensionaler binärer Matrizen (0 | 1) (binäre Rasterkarten) in der Landschaftsökologie z.B.: Habitat vs Nichthabitat
- weitere aktuelle Anwendungen:
 - Berechnung der Leitfähigkeit & Magnetisierung von Substanzen
 - Beschreibung von Waldbränden & Epidemien
 - Design von Halbleiter-Chips
 - Erdölgewinnung aus Gesteinen
 - Espressomaschine = engl. *percolator*

Gardner, R. H., Milne, B. T., Turner, M. G. and O'Neill, R. V. 1987.
Neutral models for the analysis of broad-scale landscape pattern. - *Landscape Ecology* 1: 19-28.

NLMs – Geschichte I

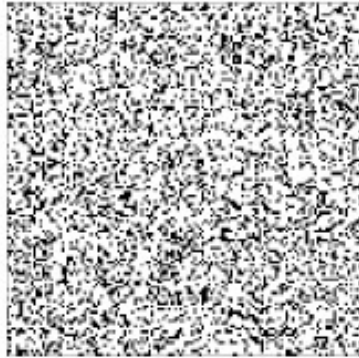
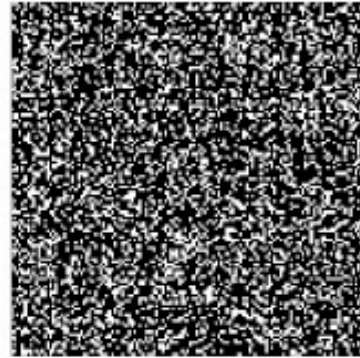
Geschichte der Neutralen Landschaftsmodelle

- **anfangs einfache binäre Zufallskarten / *random maps***
 - Raster mit m Zeilen und m Spalten
 - zufällige Verteilung von 0en (Nichthabitat) und 1en (Habitat),
z.B. für jede Rasterzelle: Ziehen einer Zufallszahl
wenn Zufallszahl $< p$, dann 1 sonst 0
 - Anteil Habitat in der Karte = p
Anteil Nichthabitat in der Karte = $1-p$

Turner, M. G., Gardner, R. H. and O'Neill, R. V. 2001. *Landscape ecology in theory and practice - pattern and process.* - Springer.

Perkolationstheorie & *Random maps*Zufallsverteilung / *random map* = *neutral landscape model*

- Binäre Zufallskarte $\{0|1\}$ mit p und $(1-p)$

 $p = 0.3$  $p = 0.7$

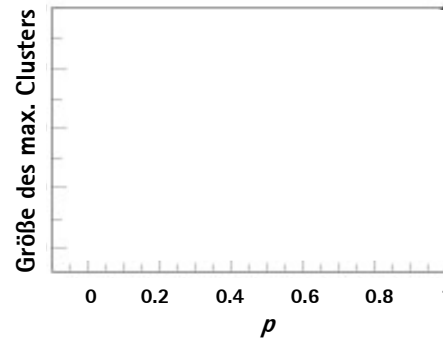
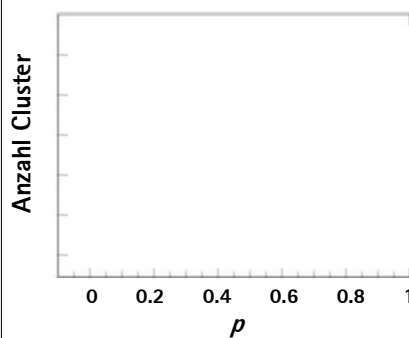
- Bildung von 1er-Patches (4er-Nachbarschaft)

Gardner, R. H., Milne, B. T., Turner, M. G. and O'Neill, R. V. 1987.

Neutral models for the analysis of broad-scale landscape pattern. - *Landscape Ecology* 1: 19-28.Perkolationstheorie & *Random maps*

Fragen der Perkolationstheorie:

- Anzahl der Patches in Abhängigkeit von p ?
- Größe des größten Patches (Clusters) in Abhängigkeit von p ?



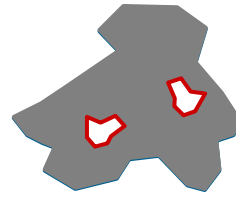
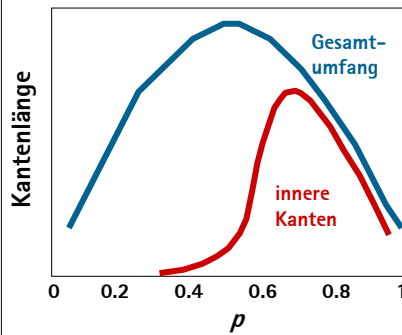
Gardner, R. H., Milne, B. T., Turner, M. G. and O'Neill, R. V. 1987.

Neutral models for the analysis of broad-scale landscape pattern. - *Landscape Ecology* 1: 19-28.

Perkolationstheorie & *Random maps*

Fragen der Perkolationstheorie:

- Anzahl der Patches in Abhängigkeit von p ?
- Anzahl der Kanten bzw. Kantenlänge in Abhängigkeit von p ?

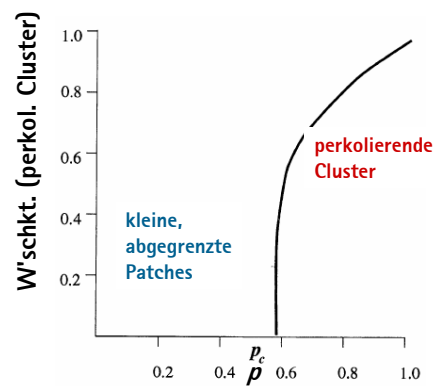
BS
UP

Gardner, R. H., Milne, B. T., Turner, M. G. and O'Neill, R. V. 1987.
Neutral models for the analysis of broad-scale landscape pattern. - *Landscape Ecology* 1: 19-28.

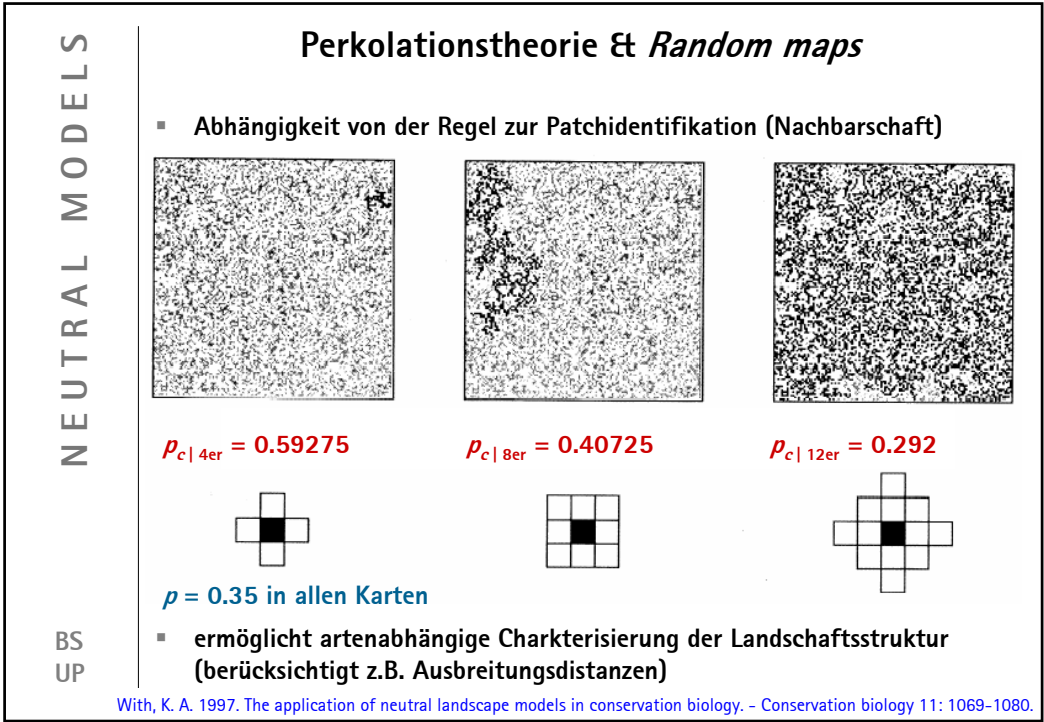
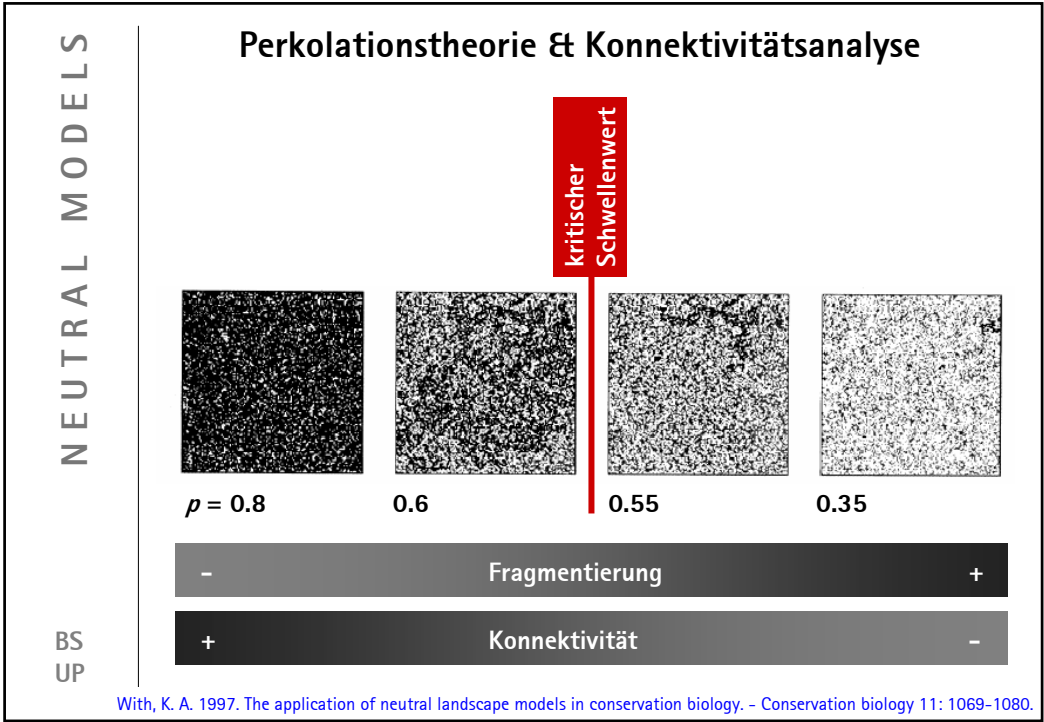
Perkolationstheorie & *Random maps*

Fragen der Perkolationstheorie:

- Ab welchem Wert von p treten "*perkolierende Cluster*" auf (Durchgängigkeit von Rand zu Rand)?
- **kritischer Schwellenwert:**
 $p_{d4er} = 0.59275$ bzw. $p_{d8er} = 0.40725$

BS
UP

Stauffer 1985, Stauffer & Aharony 1992
With, K. A. and Crist, T. O. 1995. Critical thresholds in species' responses to landscape structure. - *Ecology* 76: 2446-2459



Einfache NLMs – Ergebnisse

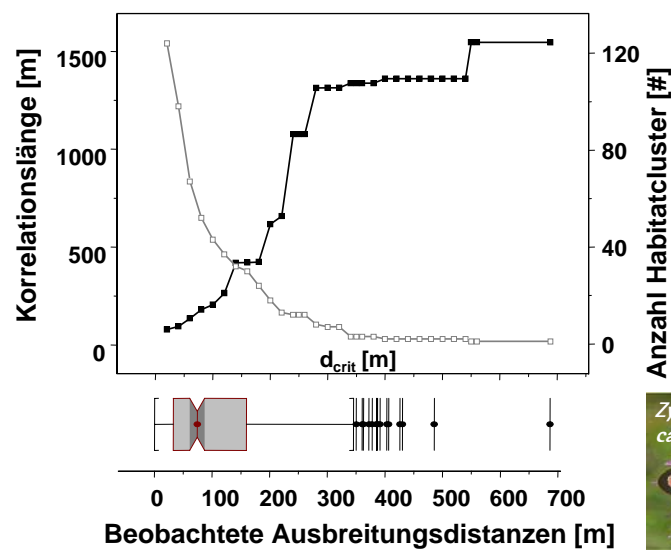
Ergebnisse aus Studien,
die Zufallskarten / *random maps* mit realen Landschaften vergleichen

- bei p nahe 0 oder 1: nur geringe Unterschiede
- in realen Landschaften:
Patchanzahl maximal bei $0.1 < p < 0.3$ (und geringer als in Zufallskarten)
Variabilität ist größer – Gründe?
- in realen und ZufallsLandschaften:
Kantenlänge maximal bei $p = 0.5$
- Konnektivität (als Vorhandensein eines perkolierenden Clusters)
verhält sich ähnlich – d.h. kritische Schwellenwerte existieren:
Beispiel: geringe Veränderungen der Landnutzung können gravierende
Auswirkung auf Metapopulationsdynamik haben!

BS
UP

Turner, M. G., Gardner, R. H. and O'Neill, R. V. 2001. Landscape ecology in theory and practice – pattern and process. – Springer.

Habitatkonnektivitätsanalyse – Ausbreitungsdistanzen

BS
UP

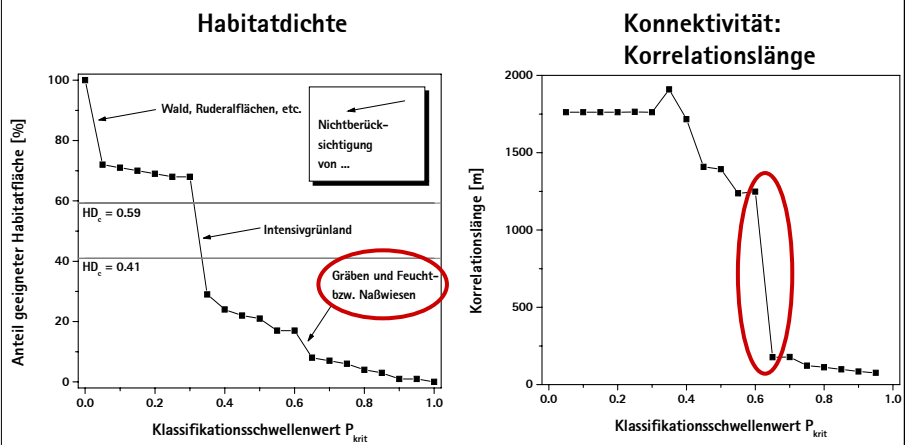
Binzenhöfer, B., B. Schröder, R. Biedermann, B. Strauß, and J. Settele 2005.
Habitat models and habitat connectivity analysis for butterflies and burnet moths Biological Conservation: in press.

Habitatkonnektivitätsanalyse - Patchqualität

Verwendung unterschiedlicher Habitateignungskarten
 P_{krit} = Schwellenwert der Vorkommenswahrscheinlichkeit



Habitatkonnektivitätsanalyse - Effekt der Habitatsdichte



Schröder, B. 2000. Zwischen Naturschutz und Theoretischer Ökologie: Modelle zur Habitateignung und räumlichen Populationsdynamik für Heuschrecken im Niedermoor.

NLMs & Landschaftsindices

Ergebnisse aus Studien, die NLMs verwendet haben,
um Landschaftsindices / *Landscape metrics* zu vergleichen

- p dominiert Werte fast aller Landschaftsindices!
- häufig Teil der Berechnung; indirekte Wirkungen:
mit zunehmendem p verringern sich die Konfigurationsmöglichkeiten
- Unterschiede im Landschaftsmuster als Ergebnis von verändertem p
- Berücksichtigung von Prozessen, die p verändern
- Indices sollten in der Nähe kritischer Schwellenwerte sensitiv reagieren!

BS
UP

Turner, M. G., Gardner, R. H. and O'Neill, R. V. 2001. *Landscape ecology in theory and practice - pattern and process*. - Springer.

NLMs – Geschichte II

Geschichte der Neutralen Landschaftsmodelle

- anfangs einfache binäre Zufallskarten / *random maps*
- später Berücksichtigung von
 - mehr als zwei Zuständen
 - räumlichen Aggregationen / Klumpungen
 - räumlichen Hierarchien (Verbindung mit Fraktaler Geometrie)

BS
UP

With, K. A. and King, A. W. 1997. The use and misuse of neutral landscape models in ecology. - *Oikos* 79: 219-229.

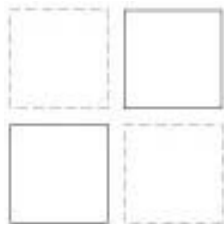
NLMs mit hierarchischer Struktur

Skalenabhängigkeit der Muster – Zufallsverteilung mit hierarchischer Struktur
curdled maps – (gerinnen = *curdling*)

Erstellung mithilfe rekursiver Verfahren

- Anzahl und Größe der Skalen / hierarchischen Ebenen
- Wahrscheinlichkeit, dass Zellen Habitat sind: p_i

Beispiel: 3 Ebenen; Zellengröße: je Faktor 0.5; 3 Wahrscheinlichkeiten:



$$p_1 = 0.50$$

BS
UP

Turner, M. G., Gardner, R. H. and O'Neill, R. V. 2001. Landscape ecology in theory and practice – pattern and process. – Springer.

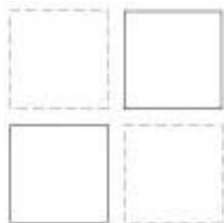
NLMs mit hierarchischer Struktur

Skalenabhängigkeit der Muster – Zufallsverteilung mit hierarchischer Struktur
curdled maps – (gerinnen = *curdling*)

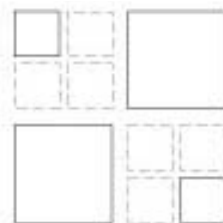
Erstellung mithilfe rekursiver Verfahren

- Anzahl und Größe der Skalen / hierarchischen Ebenen
- Wahrscheinlichkeit, dass Zellen Habitat sind: p_i

Beispiel: 3 Ebenen; Zellengröße: je Faktor 0.5; 3 Wahrscheinlichkeiten:



$$p_1 = 0.50$$



$$p_2 = 0.75$$

BS
UP

Turner, M. G., Gardner, R. H. and O'Neill, R. V. 2001. Landscape ecology in theory and practice – pattern and process. – Springer.

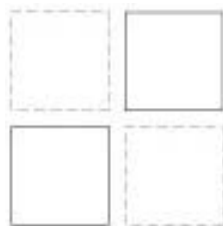
NLMs mit hierarchischer Struktur

Skalenabhängigkeit der Muster - Zufallsverteilung mit hierarchischer Struktur
curdled maps - (gerinnen = *curdling*)

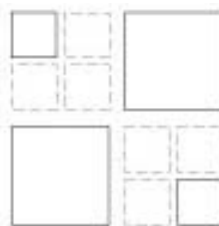
Erstellung mithilfe rekursiver Verfahren

- Anzahl und Größe der Skalen / hierarchischen Ebenen
- Wahrscheinlichkeit, dass Zellen Habitat sind: p_i

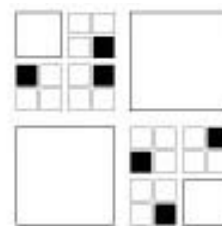
Beispiel: 3 Ebenen; Zellengröße: je Faktor 0.5; 3 Wahrscheinlichkeiten:



$$p_1 = 0.50$$



$$p_2 = 0.75$$



$$p_3 = 0.25$$

$$p_1 * p_2 * p_3 = 0.094$$

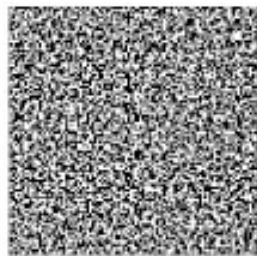
BS
UP

Turner, M. G., Gardner, R. H. and O'Neill, R. V. 2001. Landscape ecology in theory and practice - pattern and process. - Springer.

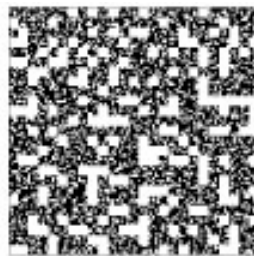
NLMs mit hierarchischer Struktur

Zufallsverteilung mit hierarchischer Struktur berücksichtigt Patchstruktur

$p = 0.52$ in allen Karten



zufällig



leichte Klumpung



schwere Klumpung

- Hierarchische Struktur: weniger Cluster, höhere Aggregation
- Perkolationschwellenwert bei L Ebenen: $p_c = 0.59275^L$

BS
UP

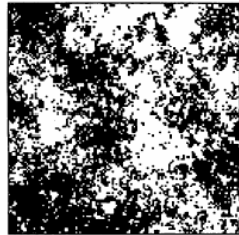
Pearson, S. M. and Gardner, R. H. 1997. Neutral models: useful tools for understanding landscape pattern. - In: Bissonette, J. A. (ed.) Wildlife and landscape ecology: effects of pattern and scale. Springer, pp. 215-230.

Fraktale Karten

Zufallsverteilung mit Klumpung – realistisch

D = Fraktale Dimension

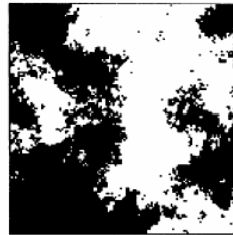
H = Autokorrelationsparameter; Klumpung



H = 0.1

D = 2.9

D = 3 - H



H = 0.5

D = 2.5



H = 0.9

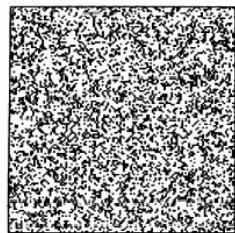
D = 2.1

BS
UP

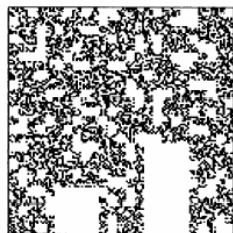
With, K. A. 1997. The application of neutral landscape models in conservation biology. - Conservation biology 11: 1069-1080.

Typen von NLMs

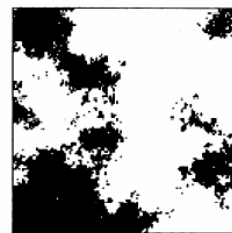
einfach zufällig



hierarchisch zufällig



fraktal



$\rho_1 = 0.85$

$\rho_2 = 0.75$

$\rho_3 = 0.55$

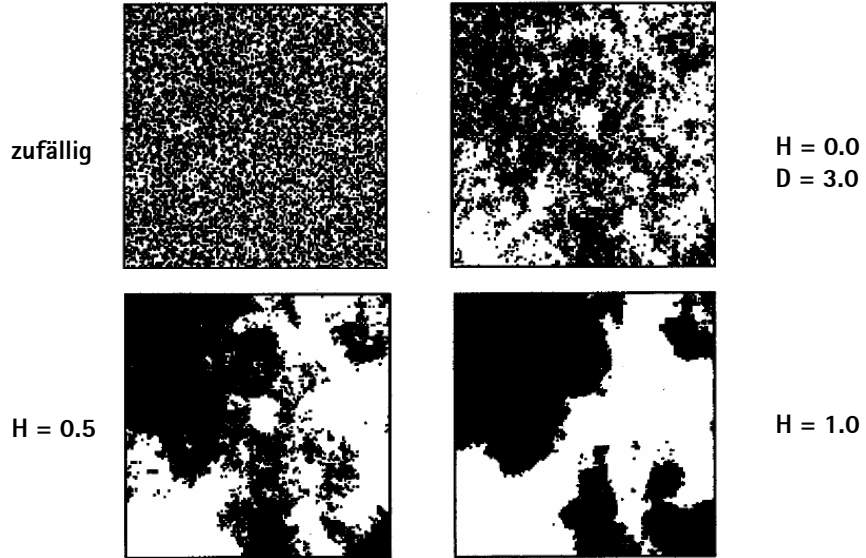
BS
UP

$\rho = 0.33$ in allen Karten

With, K. A. 1997. The application of neutral landscape models in conservation biology. - Conservation biology 11: 1069-1080.

Fraktale Karten

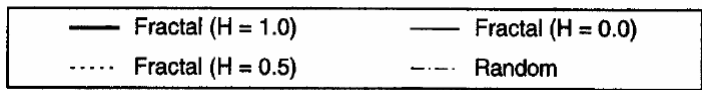
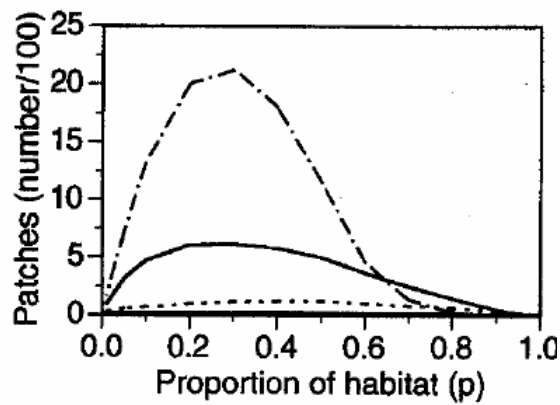
Zufallsverteilung mit selbstähnlicher Struktur $D = 3 - H$ $p = 0.5$



With, K. A. and King, A. W. 1999. Dispersal success on fractal landscapes: ... - Landscape Ecology 14: 73-82.

Fraktale Karten

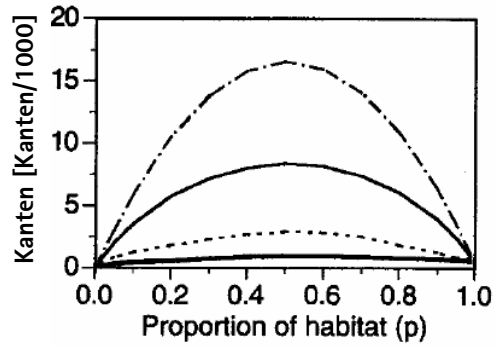
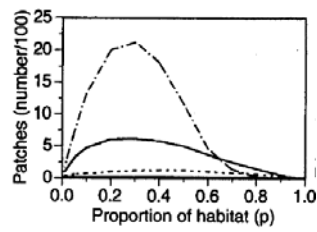
Patch-basierte *landscape metrics* gemittelt aus 10 Wiederholungen



With, K. A. and King, A. W. 1999. Dispersal success on fractal landscapes: ... - Landscape Ecology 14: 73-82.

Fraktale Karten

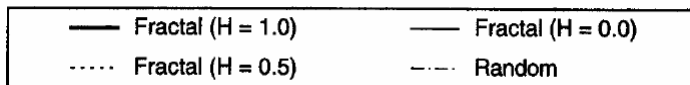
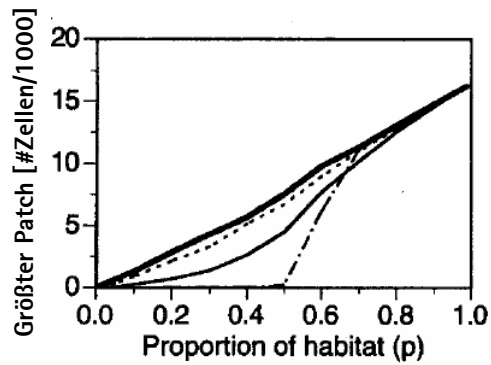
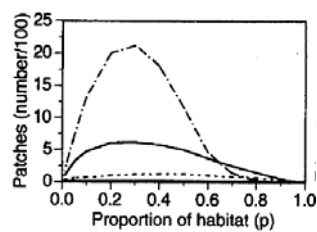
Patch-basierte *landscape metrics* gemittelt aus 10 Wiederholungen



With, K. A. and King, A. W. 1999. Dispersal success on fractal landscapes: ... - Landscape Ecology 14: 73-82.

Fraktale Karten

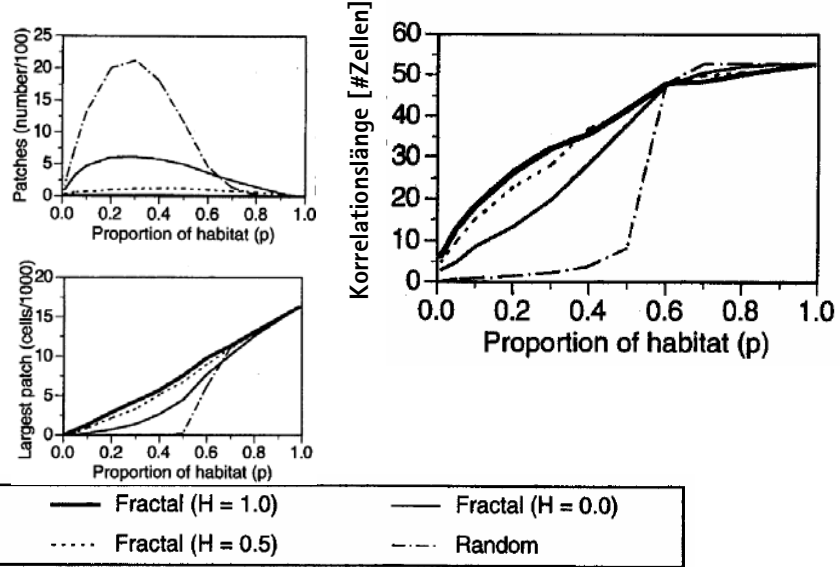
Patch-basierte *landscape metrics* gemittelt aus 10 Wiederholungen



With, K. A. and King, A. W. 1999. Dispersal success on fractal landscapes: ... - Landscape Ecology 14: 73-82.

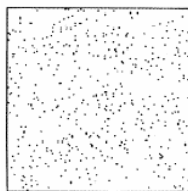
Fraktale Karten

Patch-basierte *landscape metrics* gemittelt aus 10 Wiederholungen

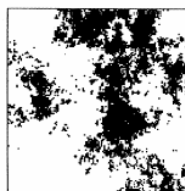


With, K. A. and King, A. W. 1999. Dispersal success on fractal landscapes: ... - Landscape Ecology 14: 73-82.

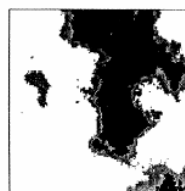
NLMs und (Meta-)Populationsstruktur



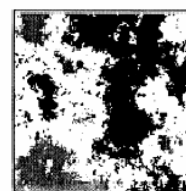
Insel-
populationen



Patchy
populations



Randeffekte



Heterogene
Landschaft,
Source/sink
populations

With, K. A. 1997. The application of neutral landscape models in conservation biology. - Conservation biology 11: 1069-1080.

Ergebnisse aus NLMs

- Veränderung von p (Habitat) verändert das Muster
- Es existieren kritische Schwellenwerte, bei denen **kleine** Veränderungen von p **sehr große** Veränderungen der Konnektivität mit sich bringen
- Kartenränder beeinflussen das Muster durch das Schneiden von Patches
- Zufallskarten haben die größte Anzahl Patches, abhängig von p
- Perkolierende Cluster
 - bei einfachen Zufallskarten : bei $p_c = \text{ca. } 0.6$
 - bei hohem oder niedrigem *Contagion* : bei $p_c > 0.6$
 - bei mittlerem *Contagion* : bei $p_c < 0.6$
- Konnektivität ist abhängig von p , von der räumlichen Anordnung und von den Nachbarschaftsverhältnissen

Gardner 1987

NLMs in der Landschaftsökologie

- 1) Entwicklung räumlicher Indizes zur Beschreibung räumlicher Muster: Testgebiete für *landscape metrics*
- 2) Vorhersage kritischer Schwellenwerte (wird er unterschritten, kommt es auf die räumliche Konfiguration an)
- 3) prozessorientierte Definition von Landschaftskonnektivität wichtig für Metapopulationen, Feuerausbreitung, Ausbreitungserfolg, ...
- 4) Nachdenken darüber, wie Arten ihren Lebensraum räumlich wahrnehmen "*species perception*"
- 5) Grundlage eines allgemeinen Modells räumlicher Komplexität
- 6) Bestimmung der ökologischen Konsequenzen räumlicher Heterogenität

With, K. A. and King, A. W. 1997. The use and misuse of neutral landscape models in ecology. - *Oikos* 79: 219-229.

Missverständnisse – NLMs in der Landschaftsökologie

- Übereinstimmung eines NLM mit einer Beobachtung bedeutet nicht, dass das NLM korrekt ist; Übereinstimmung liefert aber experimentell zu testende Hypothesen!
- Fehlende Übereinstimmung zwischen NLM & Beobachtung bedeutet nicht, dass der ausgeschlossene Prozess für das Muster verantwortlich ist
- NLM sind theoretische Konstrukte – sie lassen sich nicht direkt übertragen z.B. Naturschutzgebiet mit 59.275 % Habitat

Modellierung

System & Modell

System: gedankliches Abbild von Teilen der realen Welt
Konzept

Modell: Versuch, ein System zu beschreiben
- auf die wesentlichen Aspekte zu vereinfachen
- dabei generelle Zusammenhänge aufzuzeigen
Abstraktion & Vereinfachung

Wodurch sind Systeme charakterisiert?

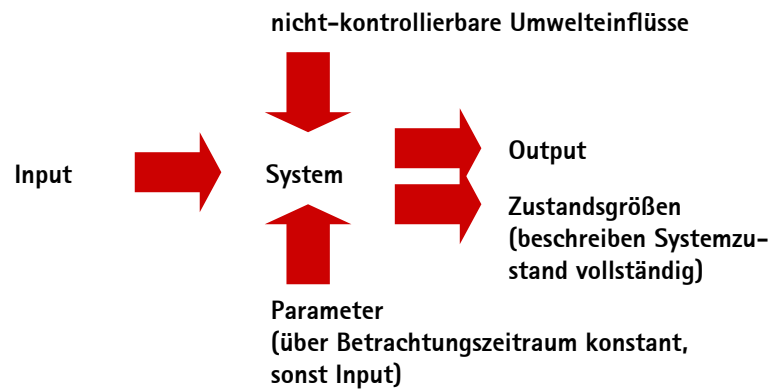
Systemelemente - Kompartimente
Systemrelationen - Beziehungen zw. den Elementen
Beziehungen zur Umwelt

Bestände und Flüsse von Stoffen, Energie & Information

dynamische vs. statisch
isoliert vs. geschlossen vs. offen

Hierarchien (Sub- & Metasysteme),
Betrachtungsebenen, Skalen,
räumliche & zeitliche Auflösung

Systemanalyse



3 Fragestellungen

-
- 1. Systemanalyse:** Input & Parameter = bekannt
 Zustandsgrößen & Output?
 Einsicht in dynamisches Systemverhalten
 - 2. Systemsteuerung:** Parameter = bekannt sowie
 Zustandsgrößen & Output = gewünscht
 Input?
 Systemmanipulation durch geeignete Mittel
 - 3. Systemgestaltung:** Input & Output = bekannt
 Parameter & Zustandsgrößen?
 Suche nach Systemstruktur
-

Einführung in die Modellierung

-
- Warum Modelle?
 - Was sind Modelle?
 - Wie wird modelliert?
 - Wie gut sind Modelle?
-

Theoretische Ökologie / Modellierung

Nachdenken über ökologische Fragen
in der Sprache der formalen Logik,
d.h. der Mathematik

Modellierung

Was ist ein Modell?

- Abstrakte Repräsentation eines Systems oder Prozesses

Wofür braucht man Modelle?

Hilfestellung bei der ...

- Formulierung von Problemen und Konzepten
- Formalisierung unseres Verständnisses
- Entwicklung von Theorien, Generierung von überprüfbaren Hypothesen
- Verallgemeinerung
- Analyse von Daten
- Kommunikation von Ergebnissen
- Erstellung von Vorhersagen
- Extrapolation (Punkt zur Fläche, Simulation in der Zeit)

Modell = Werkzeug (Denkzeug), kein Selbstzweck!

Mathematische Modelle

- organisieren das Nachdenken
 - fixieren Informationen in kurzer, präziser Form
 - liefern quantitative Ergebnisse
 - liefern zusätzliche Resultate und neue Fragestellungen
 - ermöglichen Prognosen
-

**Was wir nicht modellieren können,
das haben wir noch nicht verstanden!**

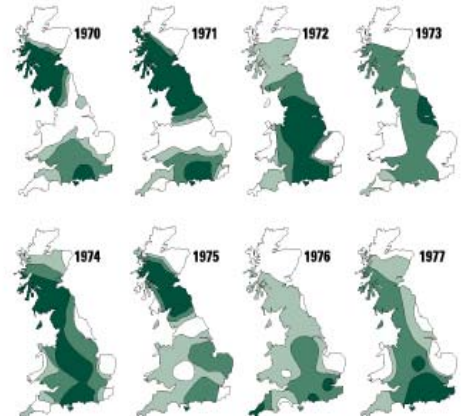
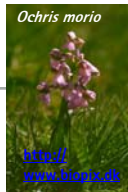
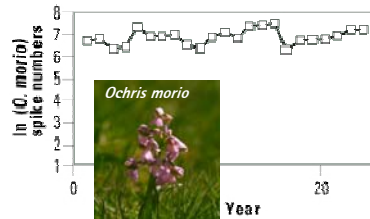
W. Durner

Fragestellung und verfügbare Daten bestimmen ...

- Modelltyp (deterministisch vs. stochastisch,
statisch vs. dynamisch, differentialgleichungs-
vs. regelbasiert)
 - räumliche und zeitliche Auflösung
 - Abstraktionsniveau
 - zugrundeliegende Annahmen
 - Geltungsbereich
-

Modellklassifikationen

- deterministisch vs stochastisch
- analytisch vs Simulation
- dynamisch vs statisch
- kontinuierlich vs diskret in der Repräsentation von Zeit & Raum
- nicht-räumlich vs räumlich



Gillman & Hails: Introduction to Ecological Modelling 1997

Zeitliche Entwicklung in der Ökologischen Modellierung

Entwicklungen in der Ökologischen Modellierung		Parallele technologische Entwicklungen
1900-1959	Lotka-Volterra models (1912) Leslie matrix models (1945)	Aerial photography
1960	First ecosystem models International Biological Program (IBP) Metapopulation model	Analogue computers
1970	Forest gap models (JABOWA/FORET) Watershed models Early landscape models	Landsat Digital computers
1980	Patch dynamics models Spatially explicit models General circulation models (GCM's) Integrated ecological-economic-social models	Geographic information systems (GIS) Personal computers Supercomputers

Turner et al. 2001

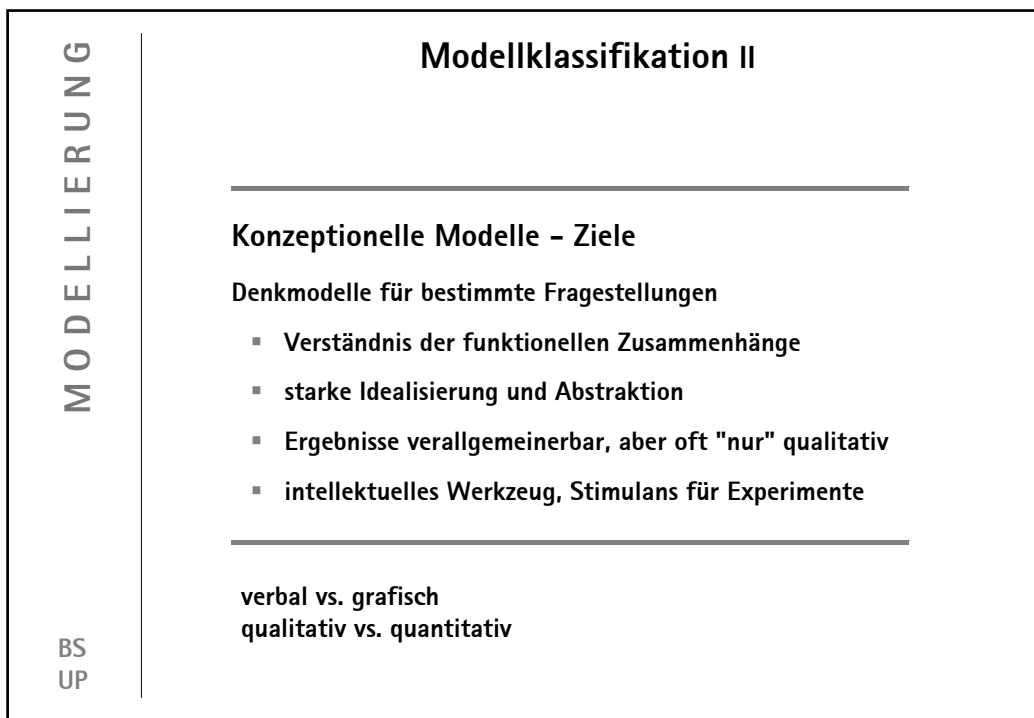
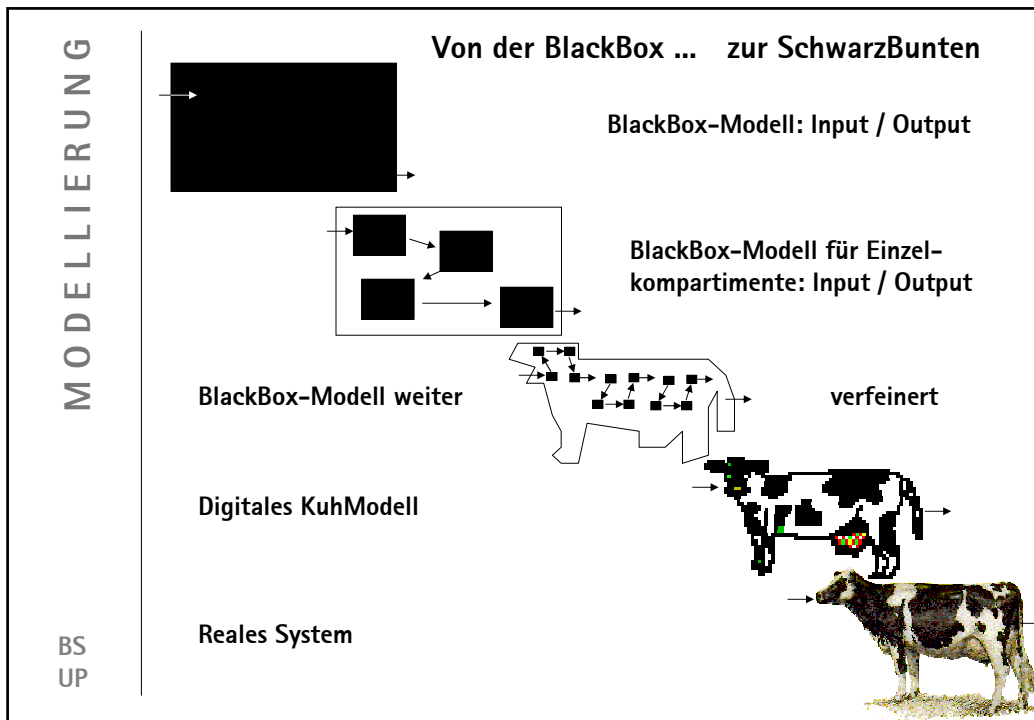
Modellklassifikation

- deskriptive, beschreibende Modelle
 - Konzeptuelle Modelle
 - Simulationsmodelle
-

Modellklassifikation I

deskriptive Modelle - Ziele

- Fixierung vorhandener Daten und Informationen in knapper und präziser Form
 - Prognose durch Intra-/Extrapolation
 - keine Erklärung der zugrundliegenden Mechanismen / BlackBox!
-



Konzeptionelle Modelle - Qualität

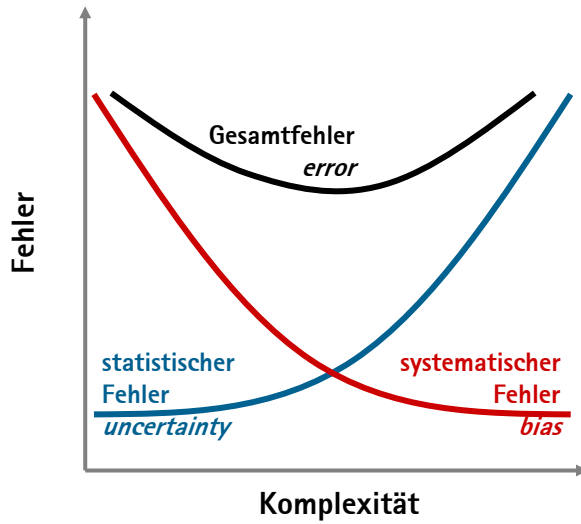
- Qualität ist abhängig davon, wie gut die Fragen beantwortet werden
 - keine Nachahmung der Natur, sondern Denkzeug
 - keine Lösungsrezepte für praktische Fragestellungen, sondern zeigen, wo die Knackpunkte liegen
 - Sensitivitätsanalyse: systematisches Variieren aller Teile
 - wichtig sind: Einfachheit, Klarheit, Übersichtlichkeit
-

Modellklassifikation III

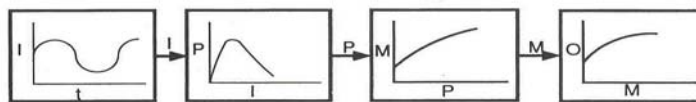
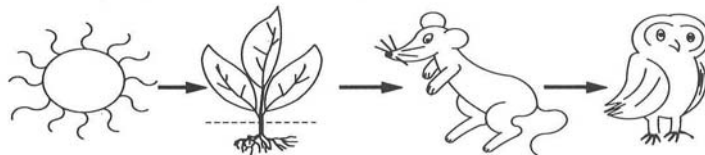
Simulationsmodelle - Ziele

- Abbild der Natur, um durch Simulation die Wirkung verschiedener Änderungsszenarien auszuprobieren
 - Quantifizierung
 - Detailliertheitsgrad? Schlüsselfaktoren?
 - wenn zu komplex → kein Verständnis!
-

Komplexität und Fehler



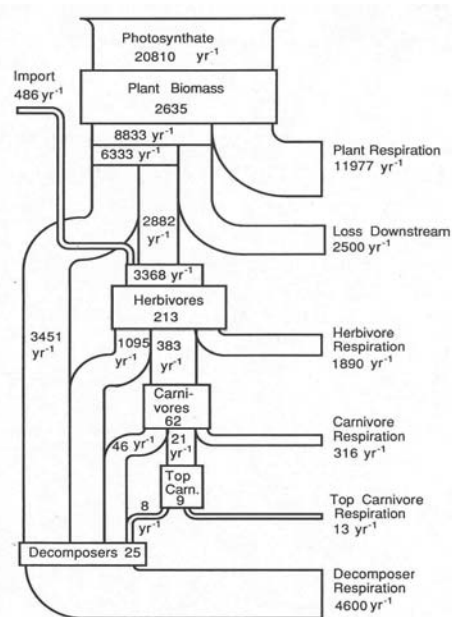
Modellbildung



Schritte der Modellbildung

- 1) Problemdefinition (Modellzweck, Zieldefinition)
- 2) Konzeptuelles Modell (Systemgrenzen, Modellkomponenten und Beziehungen zwischen ihnen, Zustandsvariablen, Treibervariablen, räumliche und zeitliche Auflösung, Skala, Anfangsbedingungen)
- 3) Auswahl des Modelltyps
- 4) Modellentwicklung (Diagramm -> mathematische Formulierung)
- 5) Implementation (Umsetzung in Computerprogramm)
- 6) Parameterschätzung
- 7) Modellevaluierung (Modellgüte, Sensitivitätsanalyse, Unsicherheitsanalyse)
- 8) Verifizierung und Validierung
- 9) Durchführung von Experimenten und Produktion der Vorhersagen

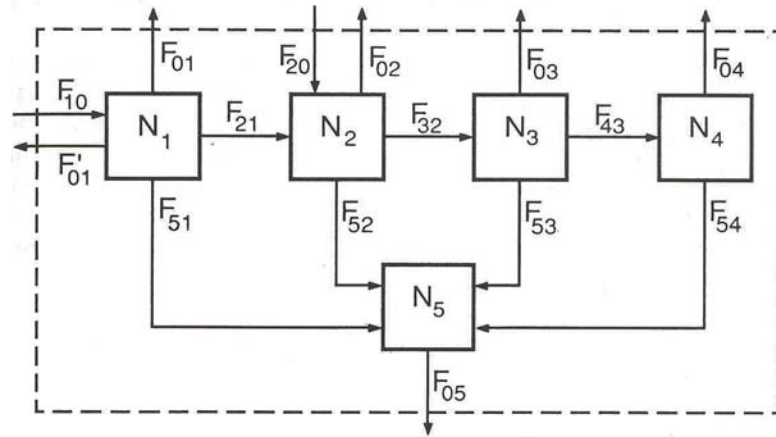
Modellbildung I - konzeptuelles Diagramm



Energiediagramm der Biozönose in Silver Springs, Florida
[yr⁻¹ = pro Jahr]

basierend auf Odum (1957) & Patten (1971) aus Keen & Spain (1992)

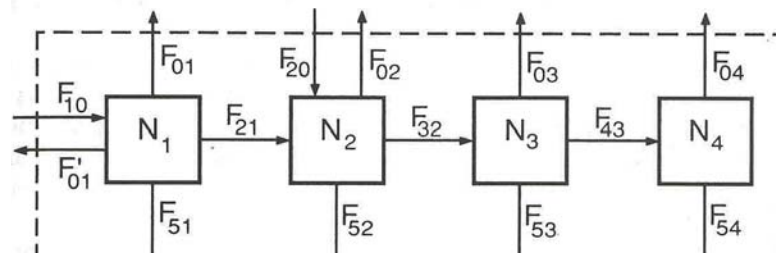
Modellbildung II - Blockdiagramm des Kompartimentmodells



BS
UP

basierend auf Patten, B.C., ed. 1971: Systems analysis and simulation in ecology. Academic Press, New York.

Modellbildung III - Formulierung der Modellgleichungen



$$\frac{dN_1}{dt} = F_{10} - F_{21} - F_{01} - F_{51} - F'_{01}$$

F_{ij} : Fluss von Kompartiment i zu Kompartiment j

Gleichungen:
formale Beschreibungen der Stoff- und Energieflüsse
zwischen den Kompartimenten

BS
UP

Massen- und Energiebilanzen müssen stimmen ...

Schwierigkeiten bei der Modellbildung

- 1) Kenne Dein Modell! (Annahmen, Gültigkeitsbereich)
- der Teufel liegt im Detail.
- 2) *Don't fall in love with your model!* (Hilborn & Mangel 1997)
- 3) Modelle sind immer Vereinfachungen der Realität.
- 4) Erhöhung der Modellkomplexität garantiert keine verbesserten Vorhersagen;
Fehlerfortpflanzung;
„tolle“ Methoden bedeuten nicht automatisch gute Modelle!
- 5) Modellierenden fehlen immer Daten.

Hilborn, R. and Mangel, M. 1997. *The ecological detective - confronting models with data.* - Princeton University Press.

Ockham's razor

Ziehe niemals mehr Annahmen heran,
als zur Erklärung notwendig sind.

Wilhelm von Ockham 14. Jh

Ein Modell sollte so komplex wie nötig,
aber so einfach wie möglich sein!

Ein perfektes Modell ist ...

- allgemeingültig
- realistisch
- präzise
- einfach

Levins 1968

For any complex problem there is a solution that is concise, clear, simple, and wrong.

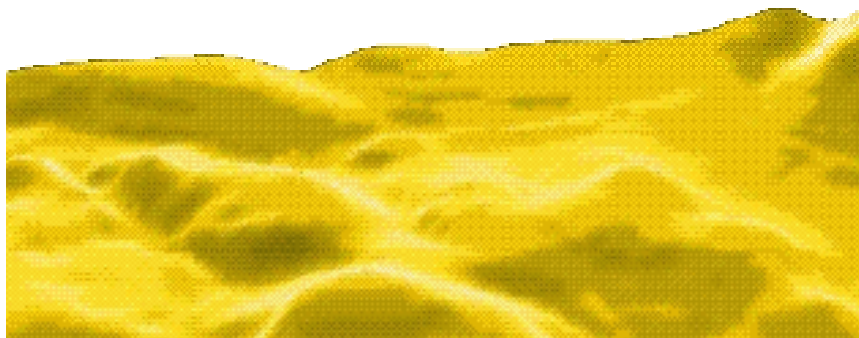
H.L. Mencken in Thomas Kapielski: Sozialmanierismus

Beispiele

Modell-Beispiele

Inhalt | Ziel/Fragestellung | Zuordnung

- Digitales Geländemodell | DGM:
- Repräsentation der Geländeoberfläche
- Informationsverdichtung, deskriptiv

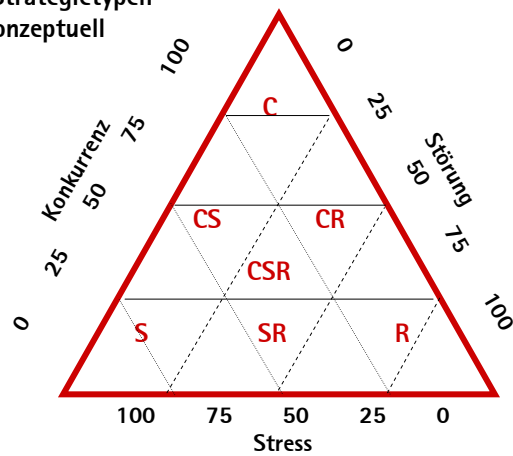


BS
UP

Modell-Beispiele

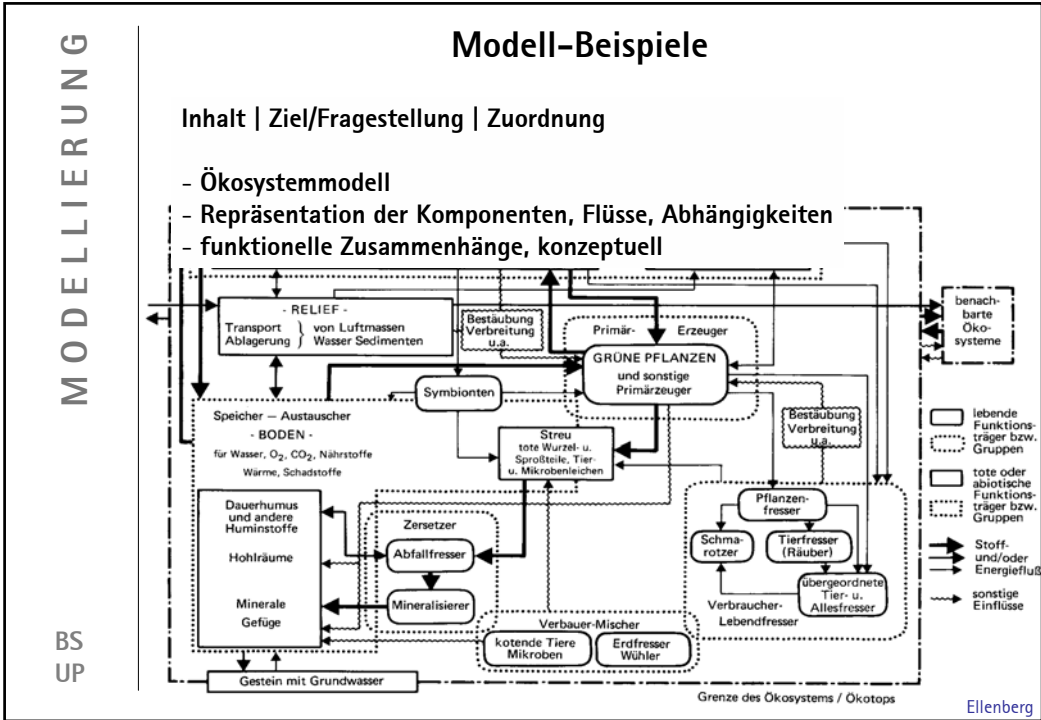
Inhalt | Ziel/Fragestellung | Zuordnung

- Modell der Pflanzenstrategien | CSR:
- Einteilung von Pflanzen in Strategietypen
- Informationsverdichtung, konzeptuell

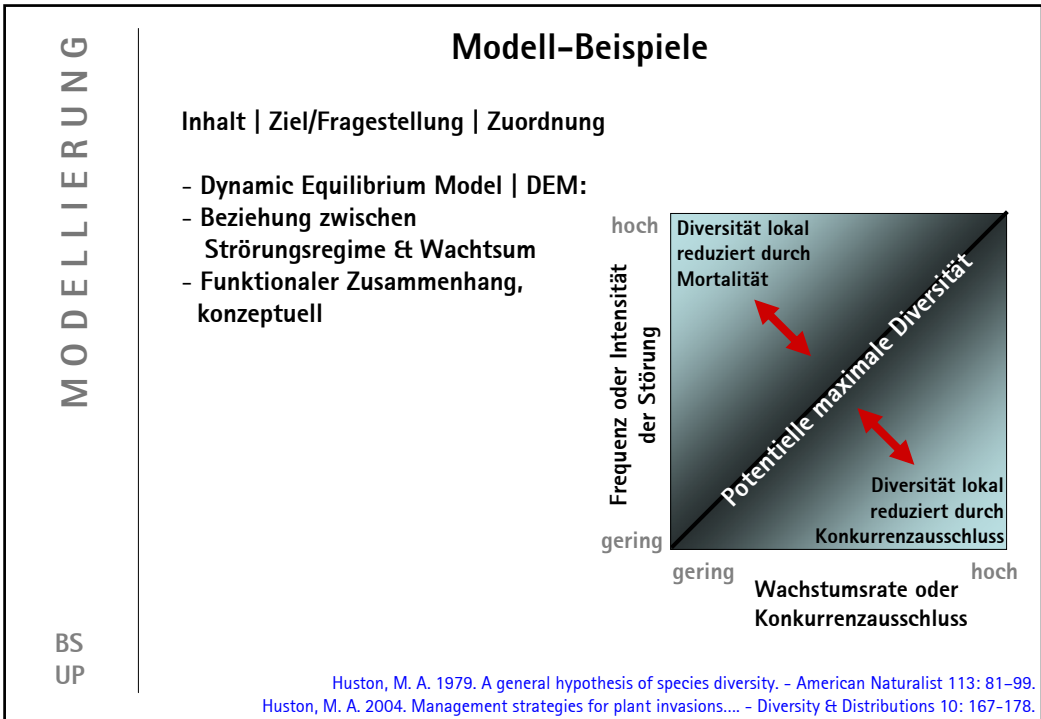


BS
UP

Grime, J. P. 1979. Plant strategies and vegetation processes. - Wiley.



BS
UP

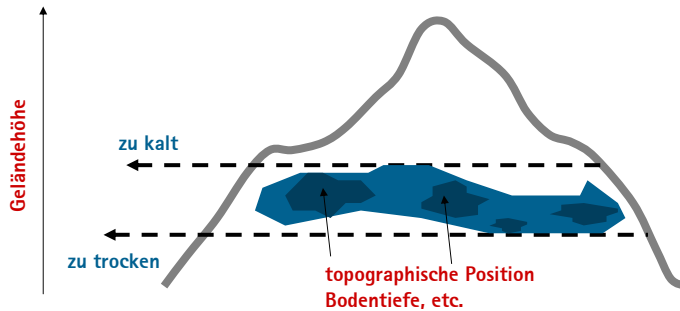
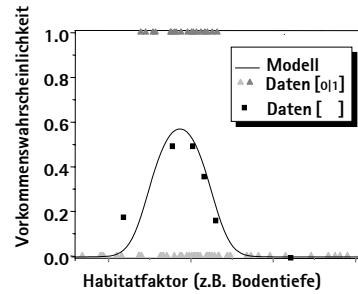


BS
UP

Modell-Beispiele

Inhalt | Ziel/Fragestellung | Zuordnung

- Habitatmodell:
- Beziehung zwischen Umweltparametern und Verbreitung von Arten
- Funktionaler Zusammenhang, deskriptiv

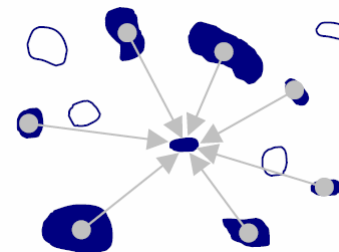
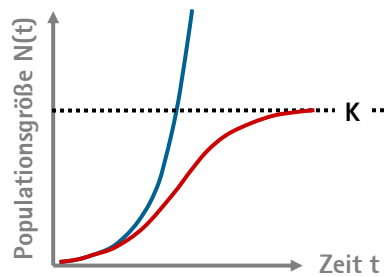


BS
UP

Modell-Beispiele

Inhalt | Ziel/Fragestellung | Zuordnung

- Populationsdynamische Modelle & Metapopulationsmodelle:
- Beschreibung des Wachstums von Arten, Populationen
- individuen-, altersklassen, stadien- oder differenzialgleichungsbasiert
- Funktionaler Zusammenhang, Konzept ... Simulation



BS
UP

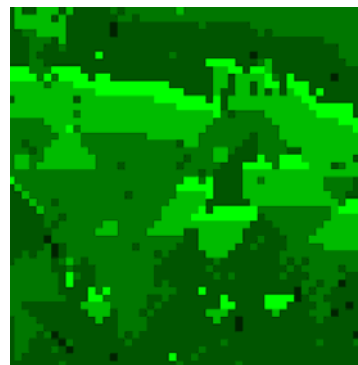
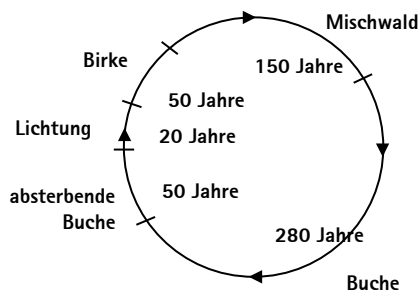
Modell-Beispiele

Inhalt | Ziel/Fragestellung | Zuordnung

- Mosaikzyklusmodell / Zelluläre Automaten:
- Beschreibung eines Mosaikzyklus
- Funktionaler Zusammenhang, Konzept ... Simulation

Legende

- Lichtung
- Birke
- Mischwald
- Buche
- absterbende Buche



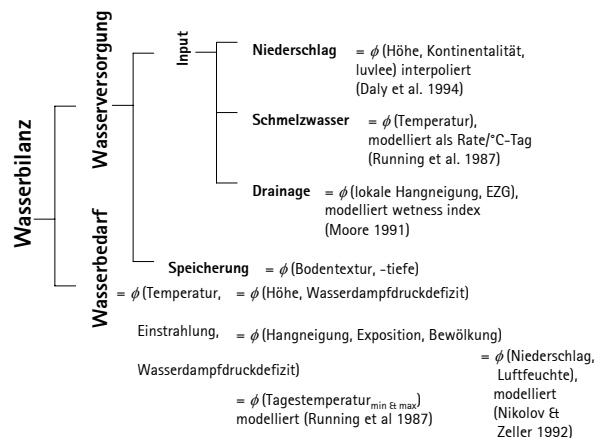
Remmert 1991; Wissel 1991

BS
UP

Modell-Beispiele

Inhalt | Ziel/Fragestellung | Zuordnung

- Modellierung des Landschaftswasserhaushalts
- Kopplung verschiedener Teilmodelle
- Funktionale Zusammenhänge deskriptiv ... ± mechanistisch, Simulation



BS
UP