

Syndrome des globalen Wandels

- ein analytisches Werkzeug zur Detektion von globalen Mustern der Nicht-Nachhaltigkeit

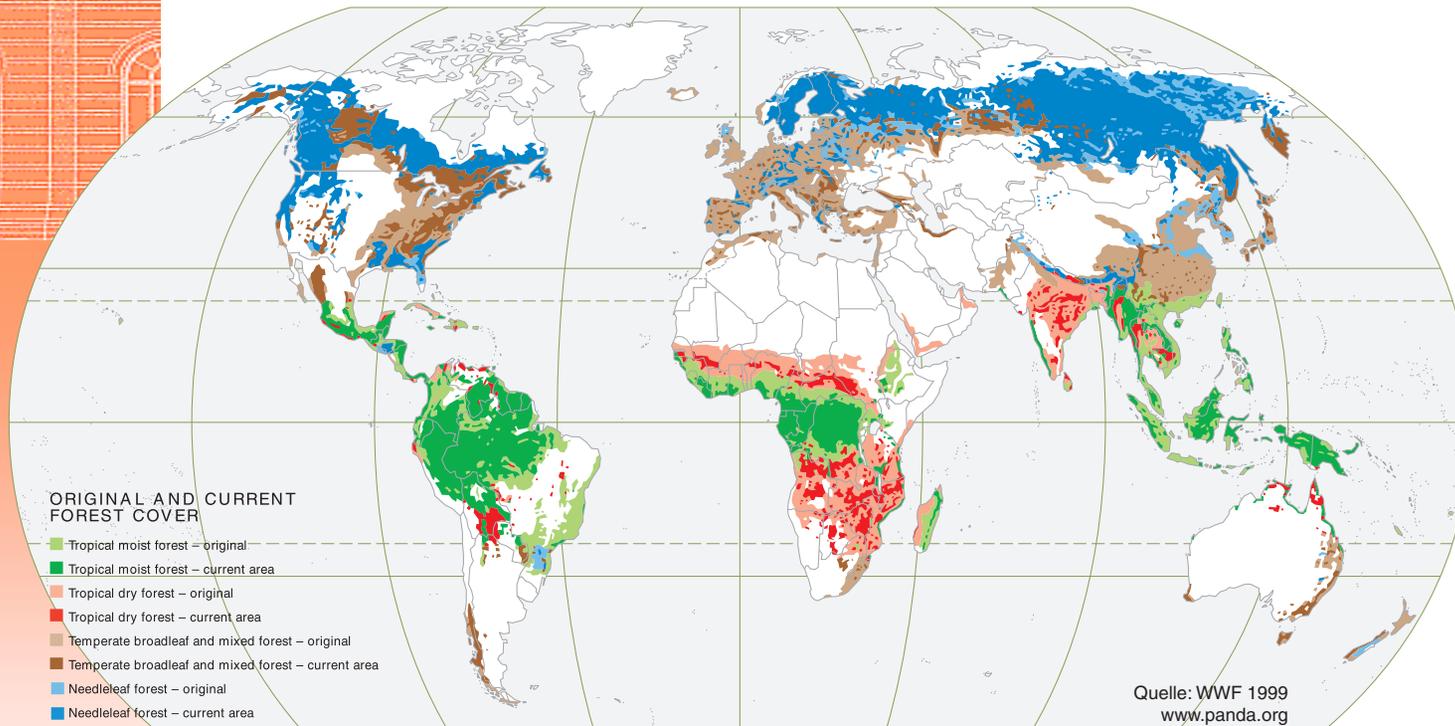
Dr. J.P. Kropp

Materialien: www.pik-potsdam.de/nsp/

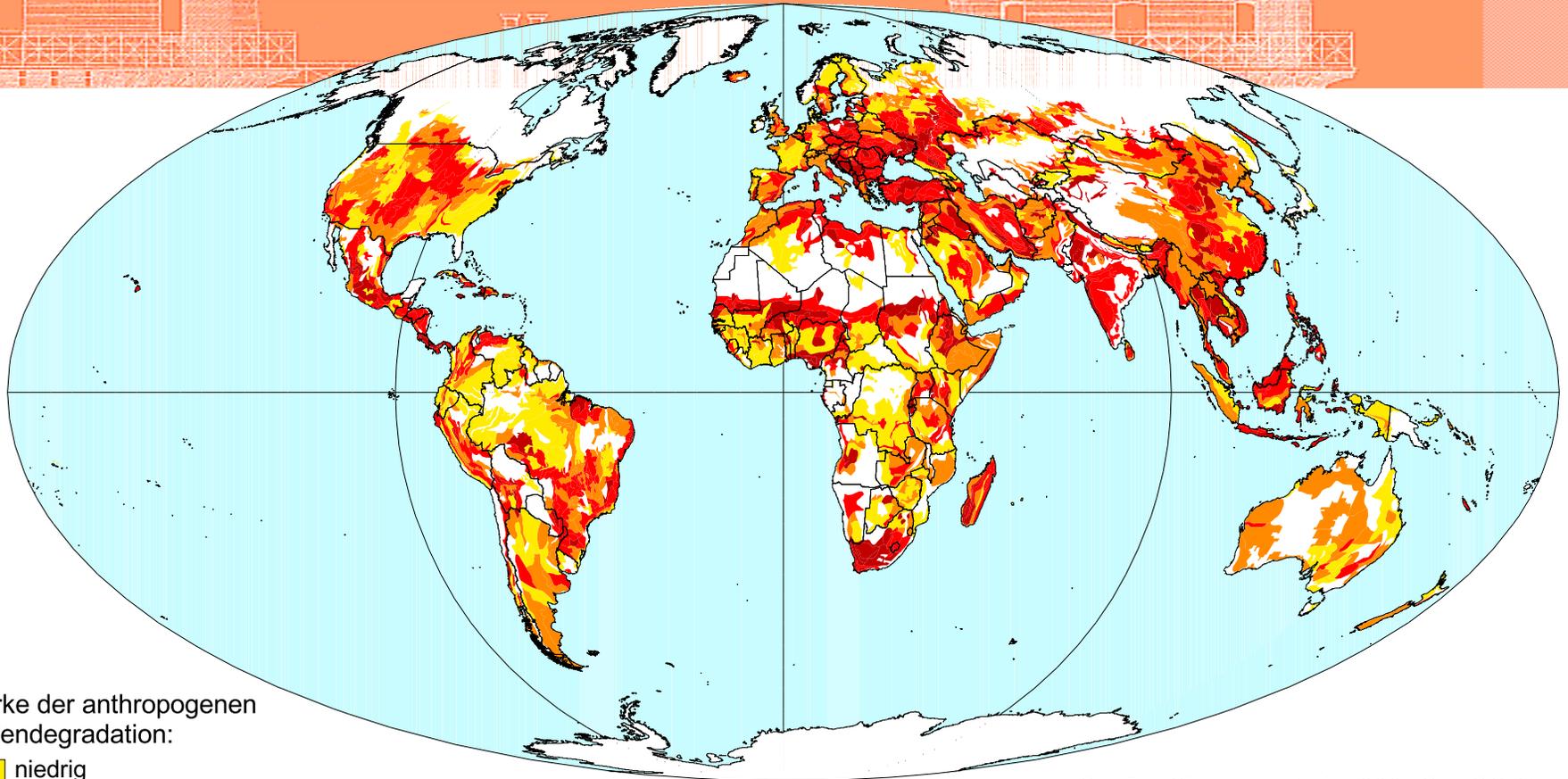


- Ansatz: heuristisch, basierend auf Literaturanalyse
- Idee: viele Mechanismen sind global ähnlich
- Ziel: Erklärung globaler “Kernprobleme”
- Komponenten: Symptome (Subdynamik des GW)
- Syndrome selbst

GW-Kernproblem: Globale Entwaldung



GW-Kernproblem: Anthropogene Bodendegradation

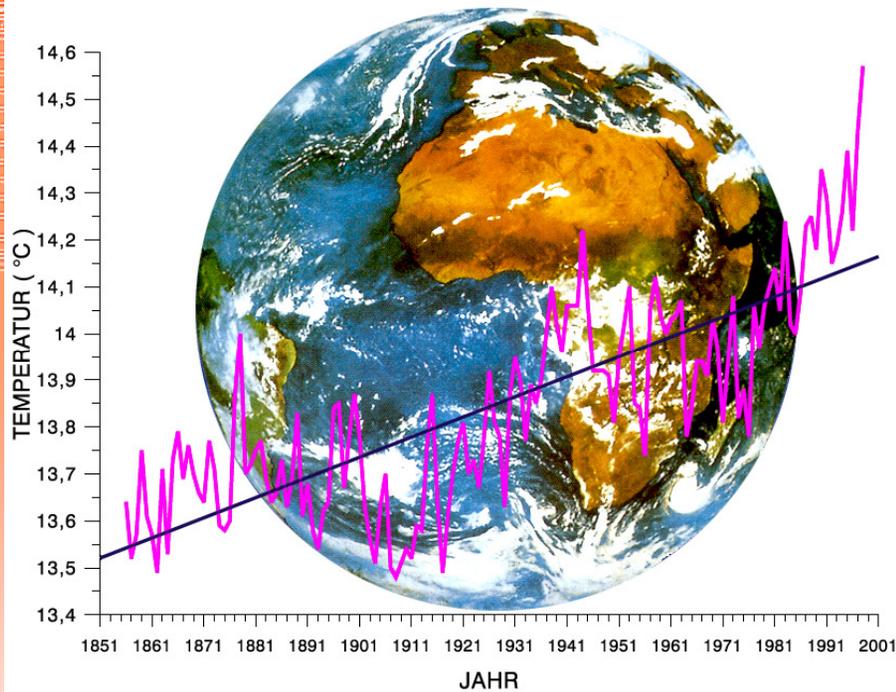


Stärke der anthropogenen
Bodendegradation:

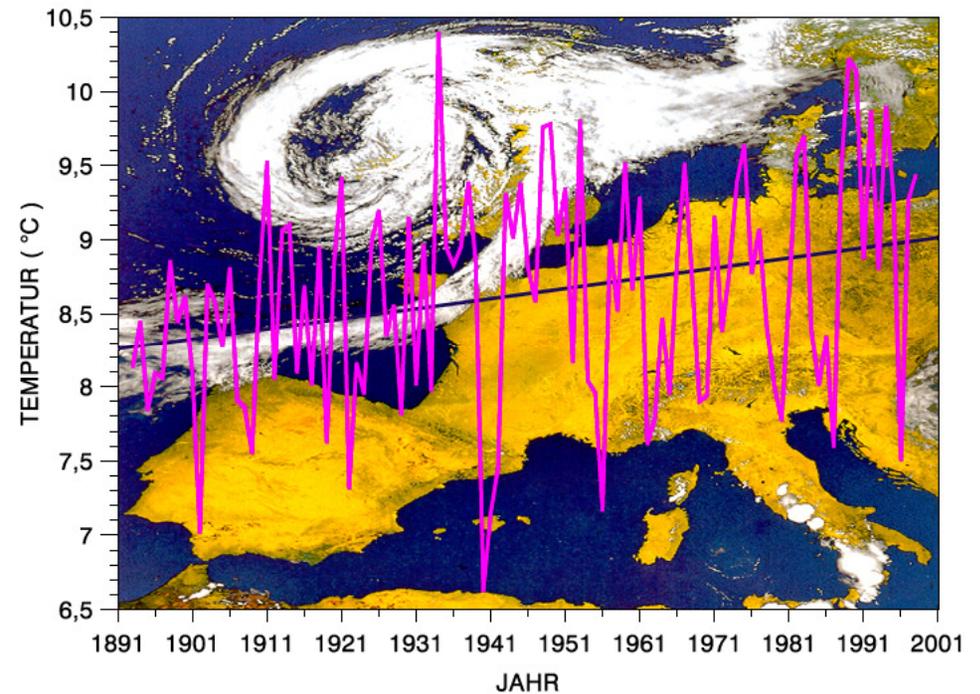


Quelle: Oldeman et al. 1990 (GLASOD)
Global Assessment of Human
Induced Soil Degradation

GW-Kernproblem: Globaler Klimawandel



Globale Erwärmung seit 1900 ca. 0.8°C



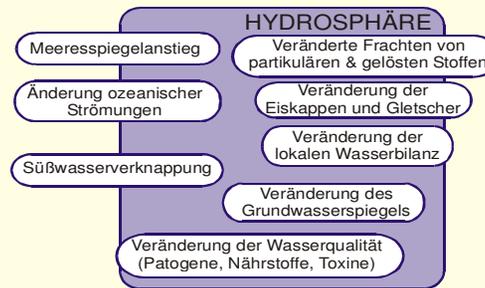
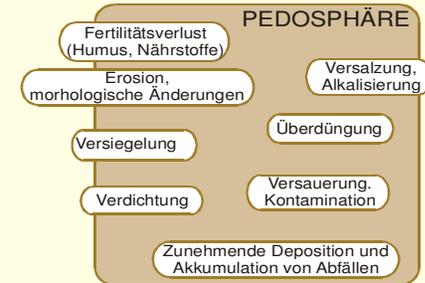
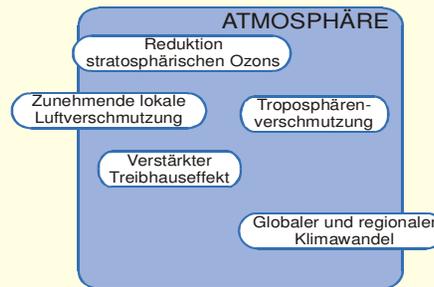
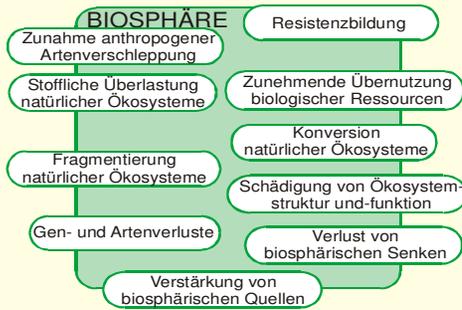
Temperaturzunahme in Potsdam seit
1900-1914/1994-2008 um 1.23°C
(Jahresmittel T)

Übersicht

- Analyse typischer anthropogener **Schädigungsmuster des Globalen Wandels** (GW)
- Identifikation der regionalen Anfälligkeit gegenüber anthropogenen Gefährdungsmustern
- Abschätzung der Stärke des Auftretens der Gefährdungsmuster
- Identifikation von regionalen und globalen Auswirkungen dieser Muster
- Prognose möglicher Entwicklungen der Gefährdungsmuster
- Identifikation und Bewertung von präventiven und kurativen Handlungsoptionen

Symptomsammlung

Symptomsammlung zum Globalen Wandel



Stand: 1999

Liste der Syndrome (WBGU 1994)

Table 1. 16 syndromes of global change as assessed by the German Advisory Council on Global Change ^[44].

Syndrome name	Short description of the mechanism
Utilisation syndromes	
Sahel Syndrome (*)	Overcultivation of marginal land.
Overexploitation Syndrome (*)	Overexploitation of natural ecosystems.
Rural Exodus Syndrome	Environmental degradation due to abandonment of traditional agricultural practices.
Dust Bowl Syndrome (*)	Non-sustainable agro-industrial use of soils and water.
Katanga Syndrome	Environmental degradation due to depletion of non-renewable resources.
Mass Tourism Syndrome	Development and destruction of nature for recreational ends.
Scorched Earth Syndrome	Environmental destruction due to war and military action.
Development syndromes	
Aral Sea Syndrome (*)	Environmental damage to natural landscapes as a result of large-scale projects.
Green Revolution Syndrome (*)	Environmental degradation due to un-adapted farming methods.
Asian Tiger Syndrome (*)	Disregard for environmental standards in the context of rapid economic growth.
Favela Syndrome (*)	Environmental degradation due to uncontrolled urban growth.
Urban Sprawl Syndrome	Destruction of landscapes due to planned expansion of urban infrastructure.
Disaster Syndrome	Singular anthropogenic environmental disasters with long-term impact.
Sink syndromes	
High Stack Syndrome	Environmental degradation as a result of large-scale dispersion of emissions.
Waste Dumping Syndrome	Environmental degradation due to controlled and uncontrolled waste disposal.
Contaminated Land Syndrome	Local contamination of the environment at industrial locations.

The syndrome names either sketch the main mechanism involved or represent a paradigmatic area where the respective mechanism can be observed. The syndromes are classified into three groups, reflecting the general properties of their underlying mechanism. The seven syndromes indicated with an asterisk are included in the panoramic view presented in this paper.

Syndrome des GW - Anthropogene Schädigungsmuster

- **Interaktionsmuster** komplexer Phänomene
- **interdisziplinäre und intersektorale Ursache-Wirkungskomplexe**
- **charakteristische Konstellation** von **Symptomen** des GW
- über die einzelnen **Sphären des Erdsystems** hinweg formuliert

Bisher wurden 16 Syndrome in folgende Gruppen identifiziert:

Syndromgruppe „**Nutzung**“

- unangepaßten Nutzung von Naturressourcen als Produktionsfaktoren

Syndromgruppe „**Entwicklung**“

- Mensch-Umwelt-Probleme aus nicht-nachhaltigen Entwicklungsprozessen

Syndromgruppe „**Senken**“

- Umweltdegradation durch nicht angepaßte zivilisatorische Entsorgungsanforderungen

Das Syndromkonzept

KERNPROBLEME	
Klimawandel	X
Bodenerosion	X
Entwaldung	X
Armut/Unterernährung	X
Entwicklungsdisparitäten	X
Biodiversitätsverlust	
Bevölkerungswachstum	X
Süßwasserverknappung	X
Anspruchssteigerung	

Das Sahel-Syndrom:

Landwirtschaftliche
Übernutzung schlechter
Standorte durch
verarmende Bevölkerung



Das Syndromkonzept

KERNPROBLEME		
Klimawandel	X	X
Bodendegradation	X	X
Entwaldung	X	X
Armut/Unterernährung	X	
Entwicklungsdisparitäten	X	
Biodiversitätsverlust		X
Bevölkerungswachstum	X	
Süßwasserverknappung	X	X
Anspruchssteigerung	...	X

Das Dust-Bowl-Syndrom:

Profitorientierte nicht-nachhaltige industrielle Nutzung von Böden und Gewässern

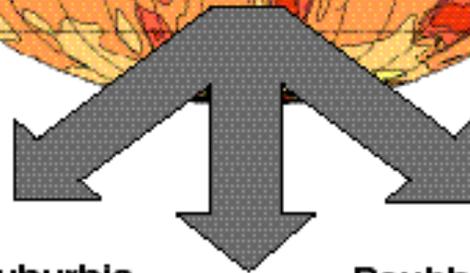
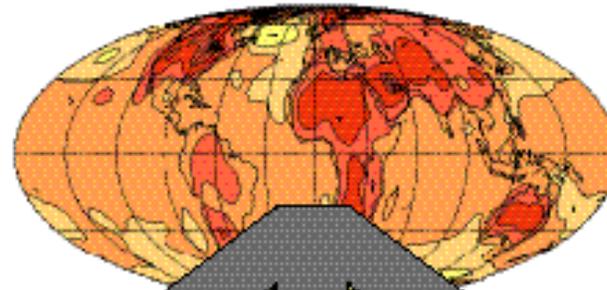


Zuordnungsmatrix

	Boden- degradation	Klimawandel	Biodiversitäts- verluste	Globale Entwaldung	Süßwasser- verknappung	Übernutzung & Verschmutzung der Weltmeere	Globale Entwick- lungsdisparitäten
SAHEL-SYNDROM	●	●	●	●	●		●
RAUBBAU- SYNDROM	●	●	●	●	●	●	●
LANDFLUCHT-SYNDROM	●						
DUST-BOWL-SYNDROM	●	●	●	●	●		●
KATANGA-SYNDROM	●		●	●	●		●
MASSENTOURISMUS-SYNDROM	●	●	●	●	●	●	●
VERBRANNT-ERDE-SYNDROM	●	●	●			●	
ARALSEE-SYNDROM	●	●	●	●	● ⁺		●
GRÜNE-REVOLUTION-SYNDROM	●	●	●		●		●
KLEINE-TIGER-SYNDROM	●	●	●	●	●		●
FAVELA-SYNDROM	●				●		●
SUBURBIA-SYNDROM	●	●	●		●		
HAVARIE-SYNDROM	●		●		●	●	
HOHER-SCHORNSTEIN-SYNDROM	●	●	●	●	●	●	
MÜLLKIPPEN-SYNDROM	●	●	●		●	●	
ALTLASTEN-SYNDROM	●		●		●		

Strategie

GLOBALER ÜBERBLICK
GLOBALE KERNPROBLEME
GENERALISIERTES WISSEN
UM DIE MECHANISMEN
GLOBALE DATENSÄTZE



**SYNDROME
des
GLOBALEN
WANDELS**

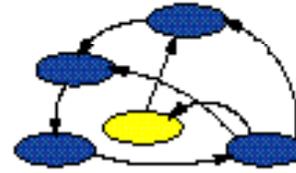
Dust-Bowl



Suburbia

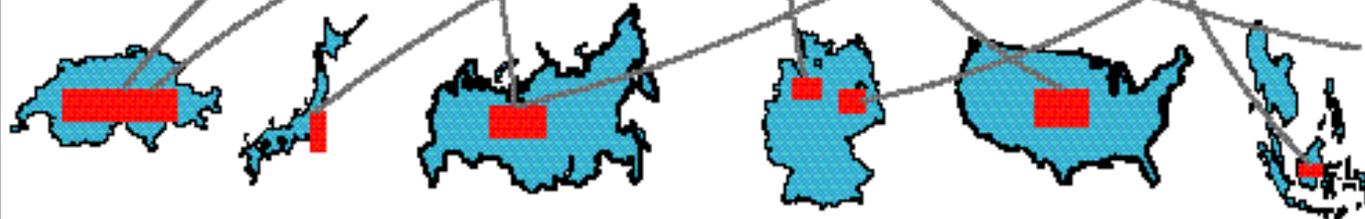


Raubbau



SYMPTOM

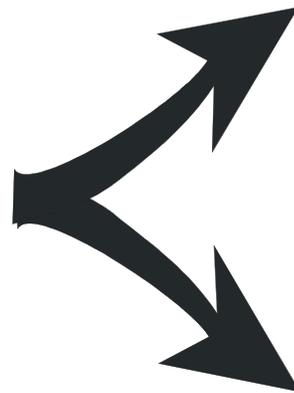
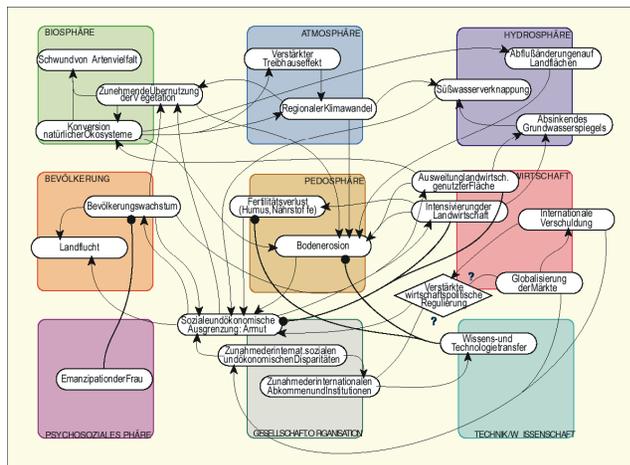
z.B. 
**Ökosystem-
Konversion**



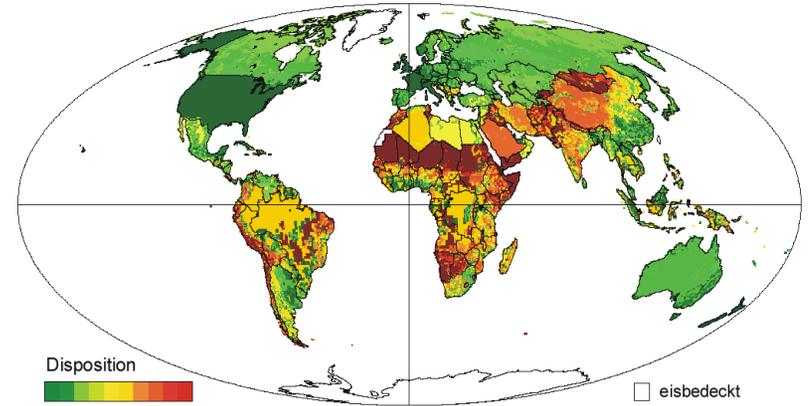
DETAILLIERTE LOKALE UND REGIONALE PROBLEMLAGEN & FALLSTUDIEN

Das Beziehungsgeflecht als Grundlage zur Syndromdiagnose

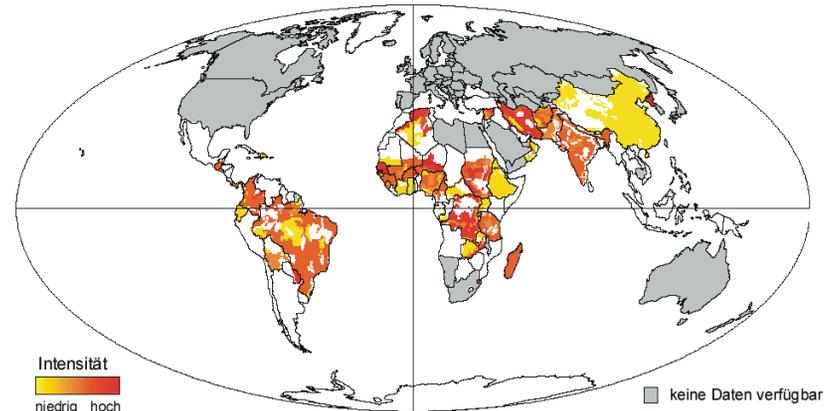
syndromspezifisches
Beziehungsgeflecht



Disposition



Intensität



Stufen der Syndromanalyse

1. Hypothesenbildung:

⇒ durch Expertenwissen und Fallstudienanalyse gesteuert

- verbale Beschreibung des nicht-nachhaltigen Ursache-Wirkungsmusters
- Erstellung eines syndromspezifischen Beziehungsgeflecht mit den wichtigsten Symptomen (Trends) und ihren Wechselwirkungen

2. Syndromdiagnose:

- GIS-gestützte Datenanalyse
- geographische Beschreibung und Lokalisierung

3. Syndromprognose:

- modellgestützte Prognose der dynamischen Musterverläufe
- Syndromvalidierung (Hindcasting) durch Fallstudienauswertung
- Bewertung von präventiven und kurativen Handlungsempfehlungen

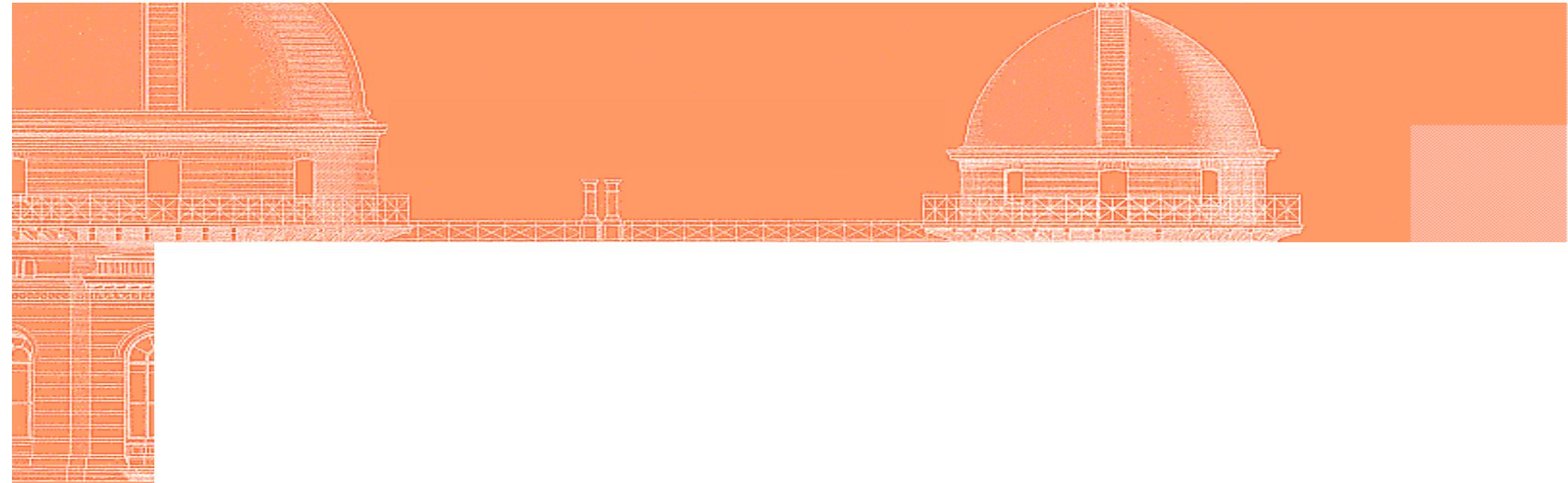
Syndromdiagnose

Fragestellungen in der Syndromdiagnose:

- Welche Regionen sind Anfällig für das Syndrom (DISPOSITION)?
- *Welche Faktoren lösen den Ausbruch eines Syndroms aus (EXPOSITION)?*
- In welchen Regionen ist das Syndrom aktiv (INTENSITÄT)?

Analysemethoden:

- Verwendung von Konzepten der **Fuzzy-Logic** zur **Integration qualitativer** und **quantitativer Informationen** über Zustände und Beziehungen
- **Räumliche Verortung** mit Hilfe eines Geographischen Informationssystems (**GIS**)



Beispiele



Syndrome des GW - *Das Sahel-Syndrom*



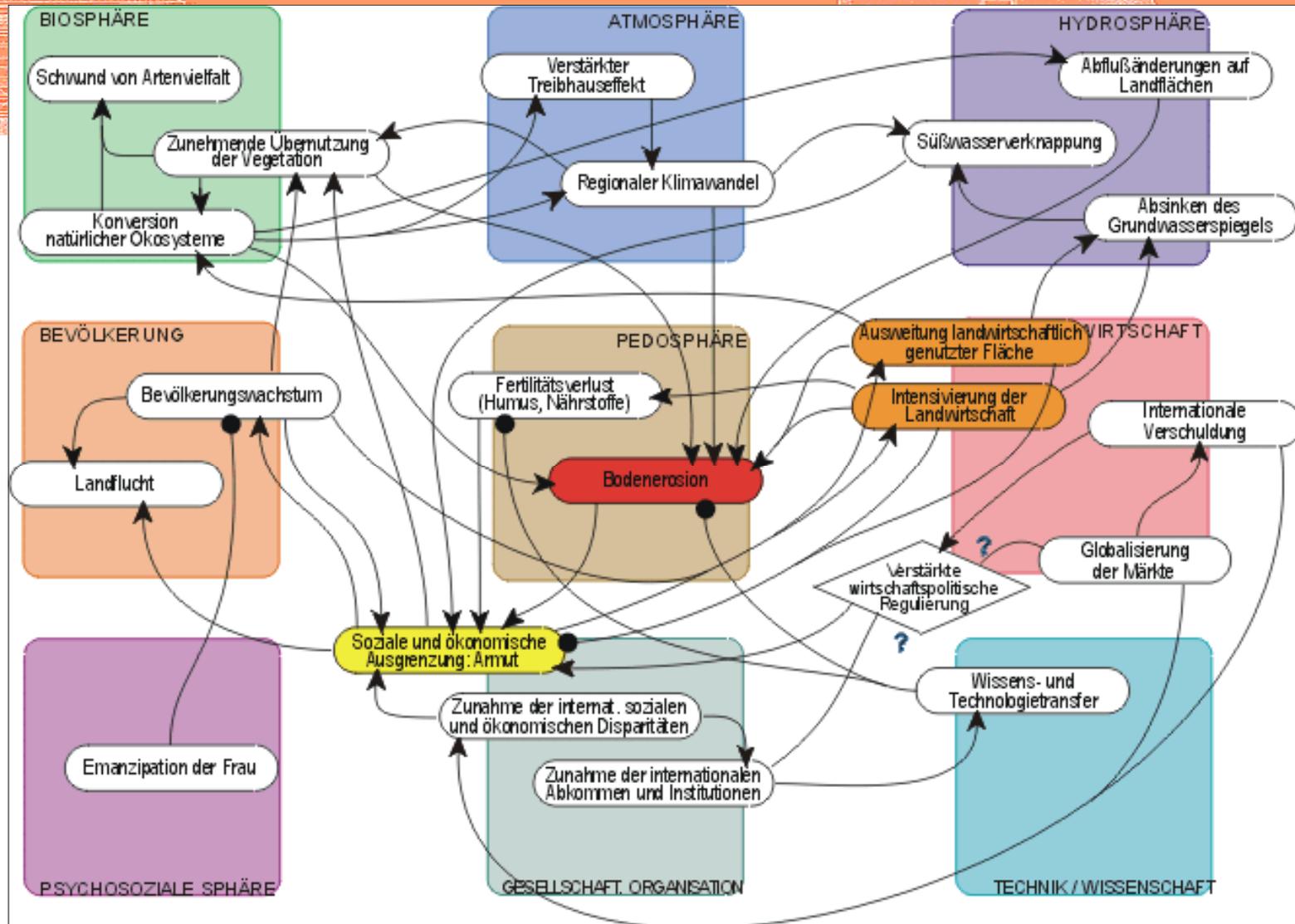
Armutsgetriebene Landwirtschaftliche Übernutzung marginaler Standorte

Teufelskreis: Verarmung →
Ausweitung landwirtschaftlicher
Aktivitäten → Bodendegradation →
Ertragsverlust → Verarmung

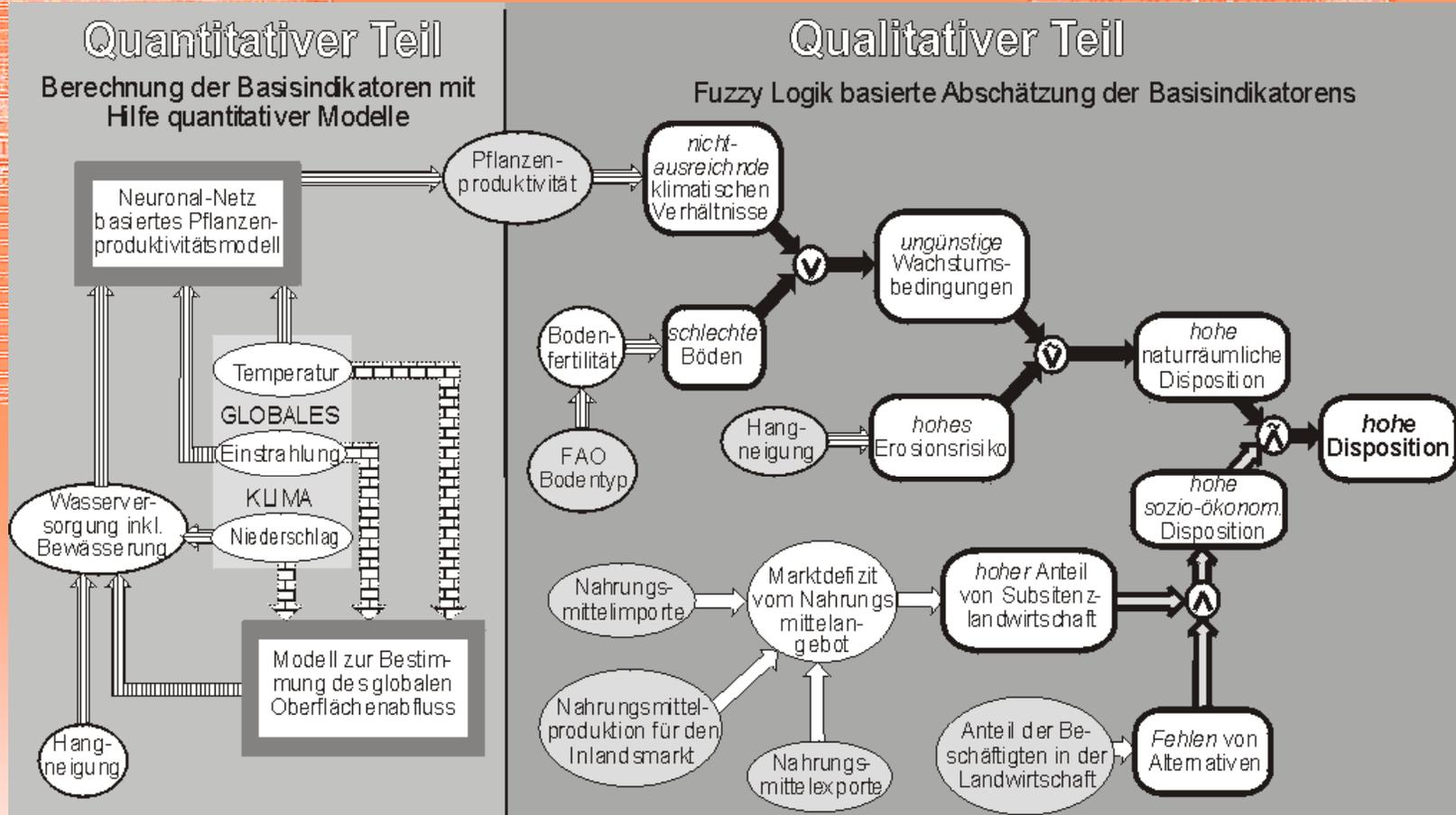
Beispiele:

- Überweidung in ariden und semiariden Regionen
- Brandrodungswanderfeldbau in tropischen / subtropischen Waldregionen

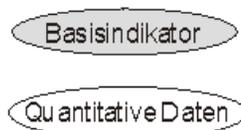
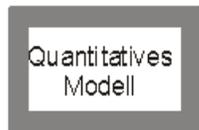
Syndromspezifisches Beziehungsgeflecht des Sahel-Syndroms



Fuzzy-logischer Bewertungsbaum



LEGENDE:

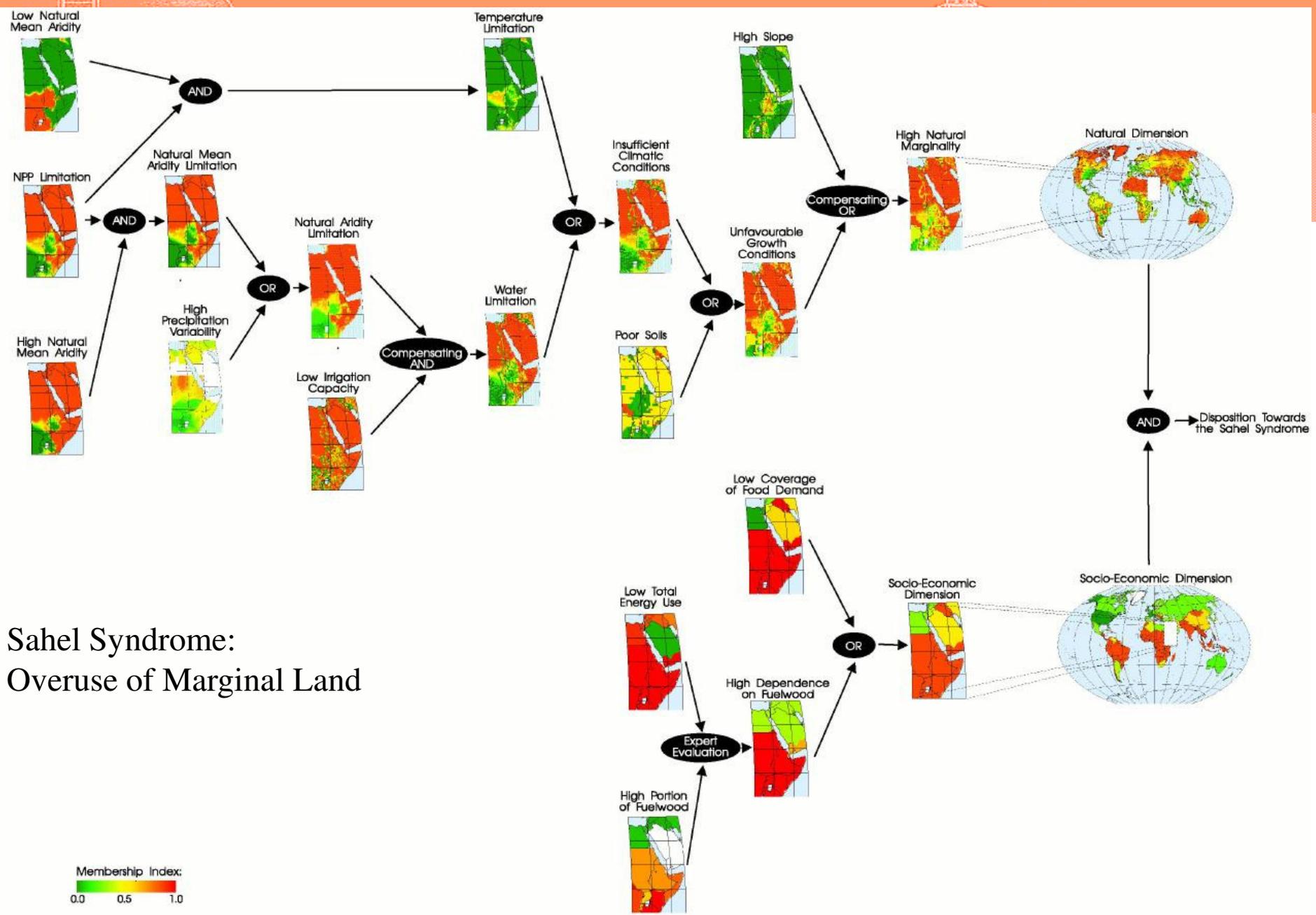


fuzzy-ODER Operator: \vee Maximum \vee komparativ
 fuzzy-UND Operator: \wedge Minimum \wedge kompensatorisch
 Nationenauflösung: \Rightarrow Daten \Rightarrow Zugehörigkeitswert

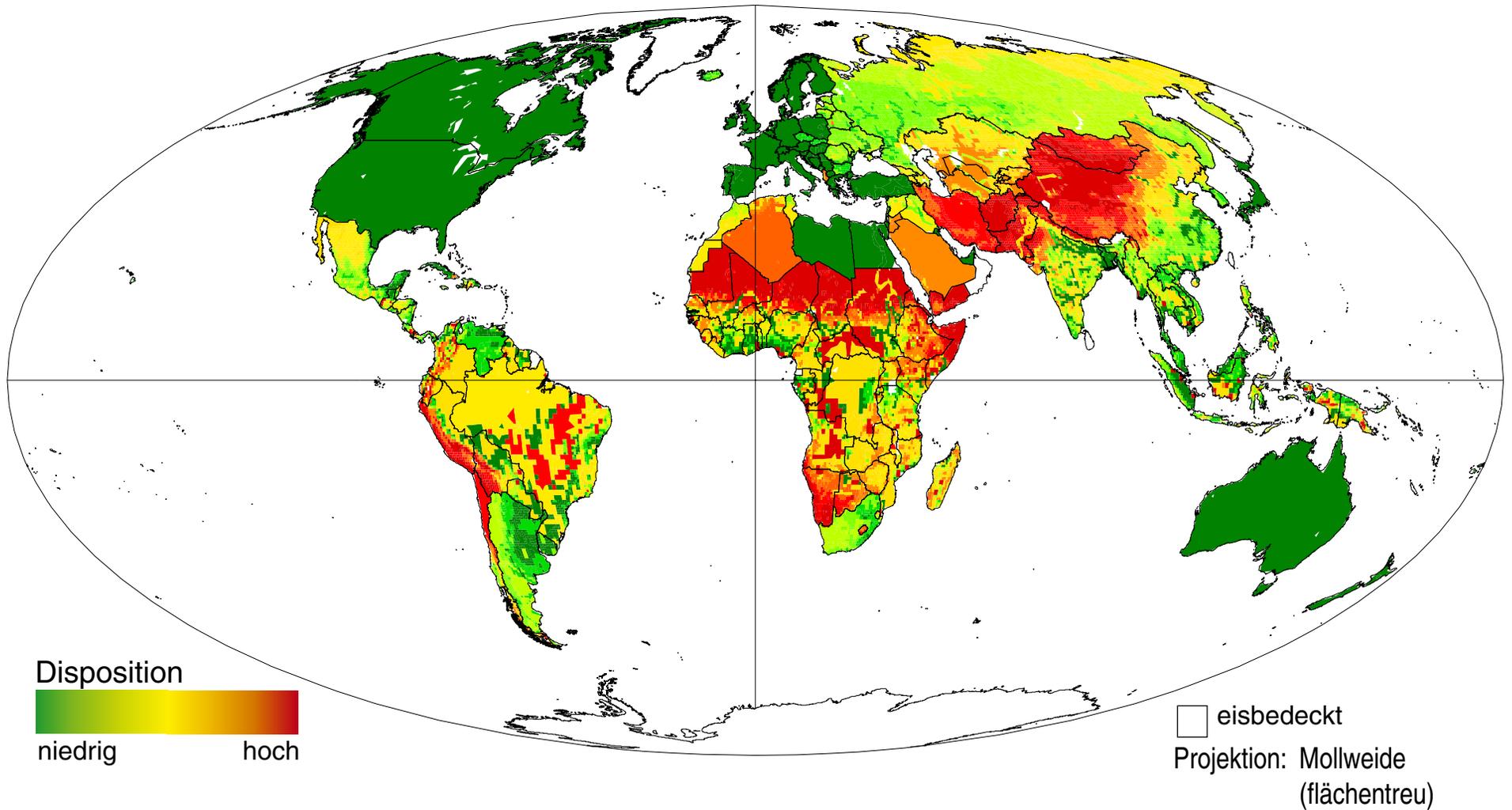
Rasterdaten (0.5° x 0.5°): \Rightarrow lokale Daten \Rightarrow globale Daten
 \Rightarrow Zugehörigkeitswert



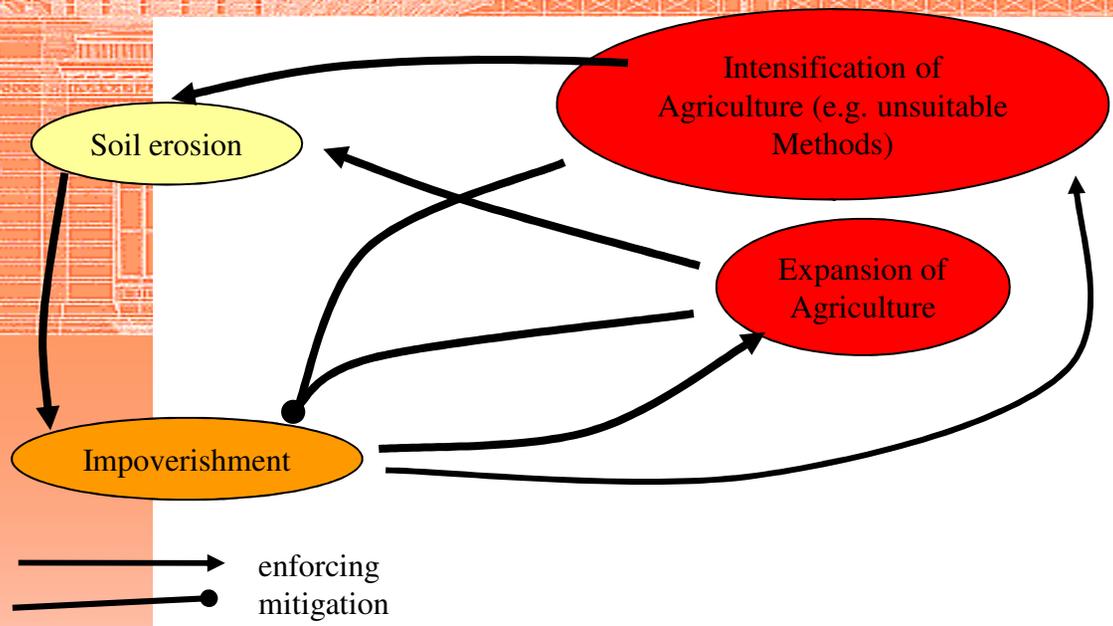
Sahel Syndrome: Overuse of Marginal Land



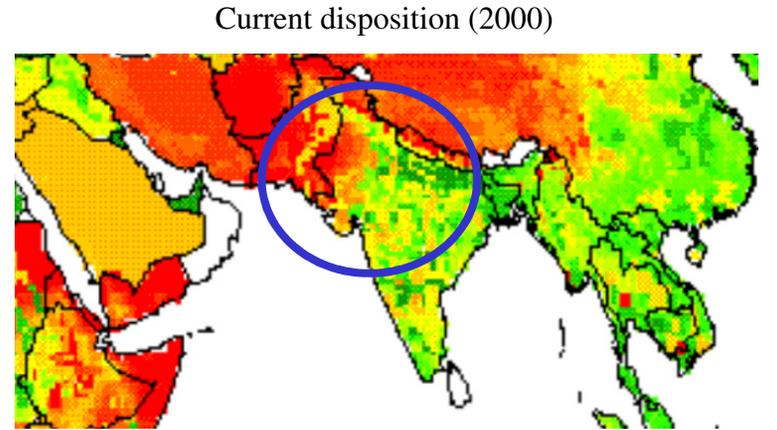
Globale Disposition gegenüber dem Sahel-Syndroms



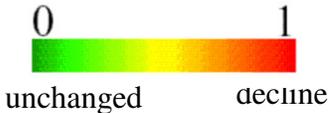
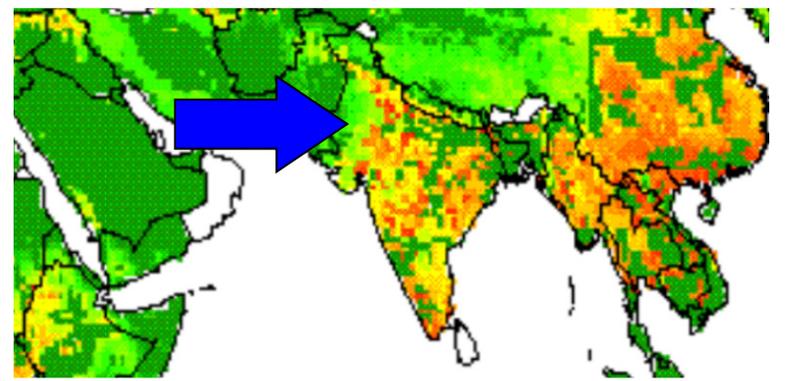
Dynamic Pattern: Poverty – Degradation Spiral (Overuse of marginal land)



Potential that the „mechanism“ will become active is aggravated under climate change!

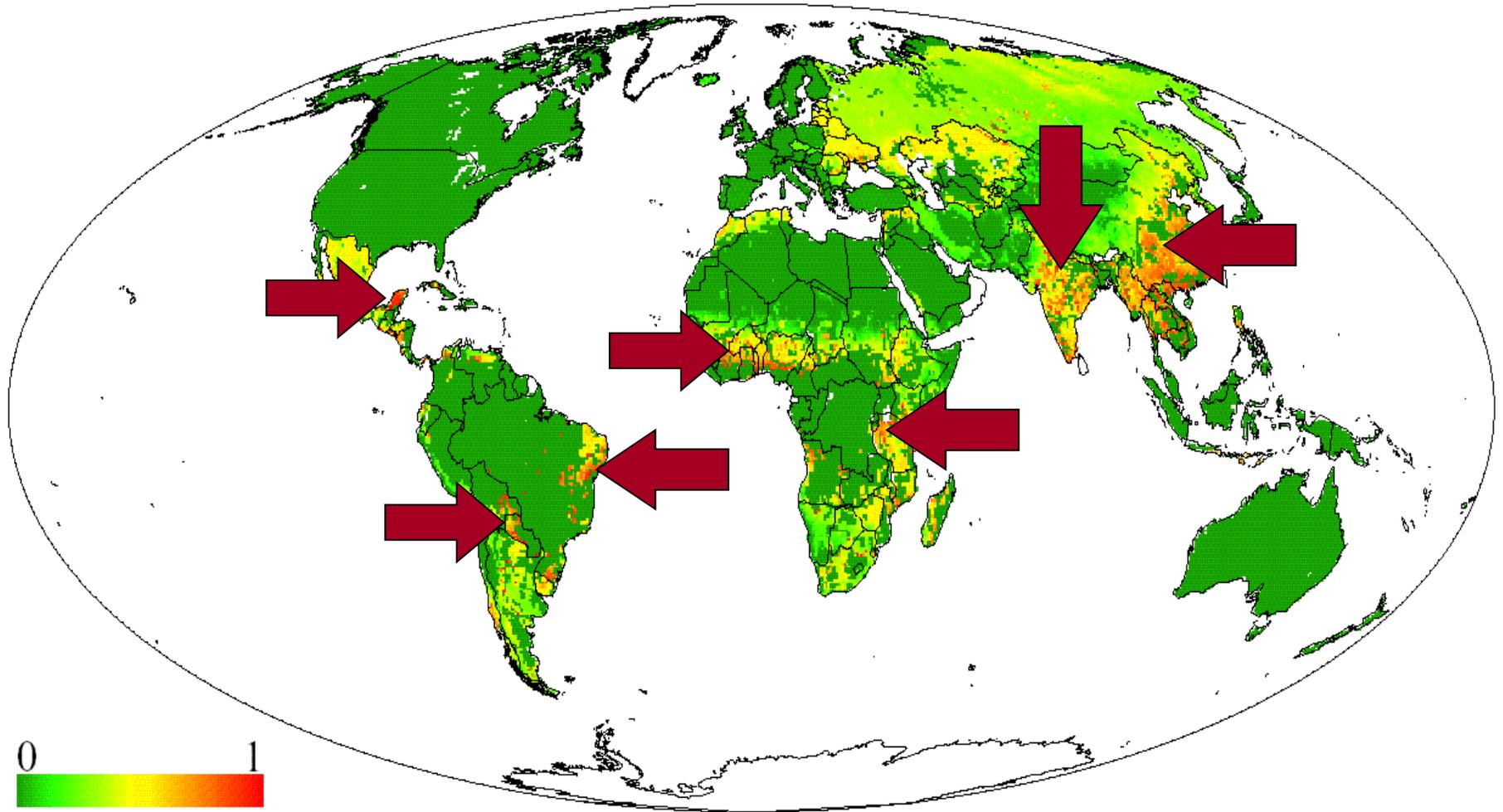


Change of disposition considering Climate Change



Source: PIK/further examples, e.g. Schellnhuber et al. (1997), Kropp et al. (2001), Lüdeke et al. (2004), Kropp et al. 2002, Kropp et al. 2007, Eisenack et al. (2007), Eisenack/Tekken Kropp (2006),

Sahel-Syndrome: a problem – aggravated under climate change!
Regions, where a presently low disposition may become large:

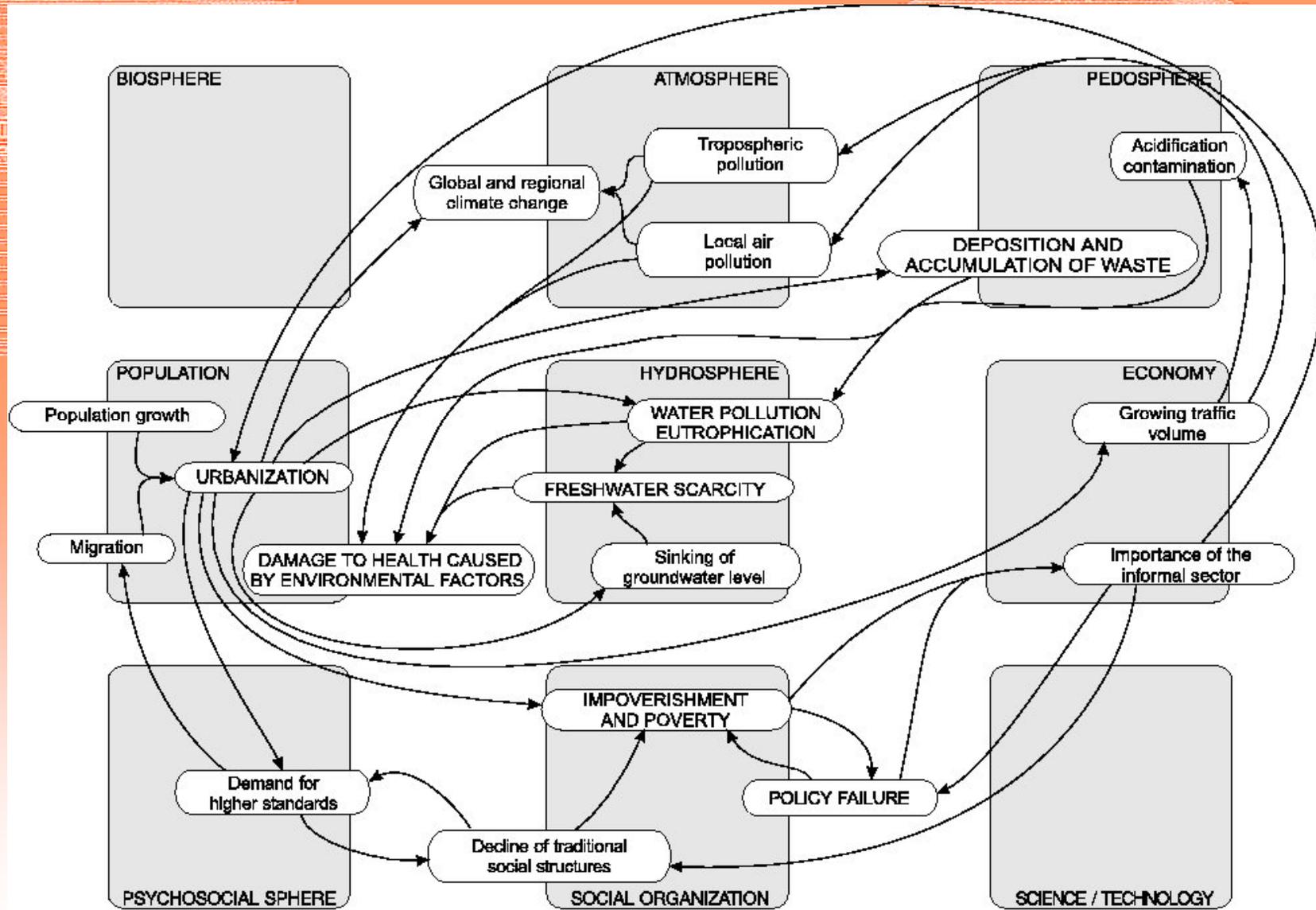


Favela Syndrom

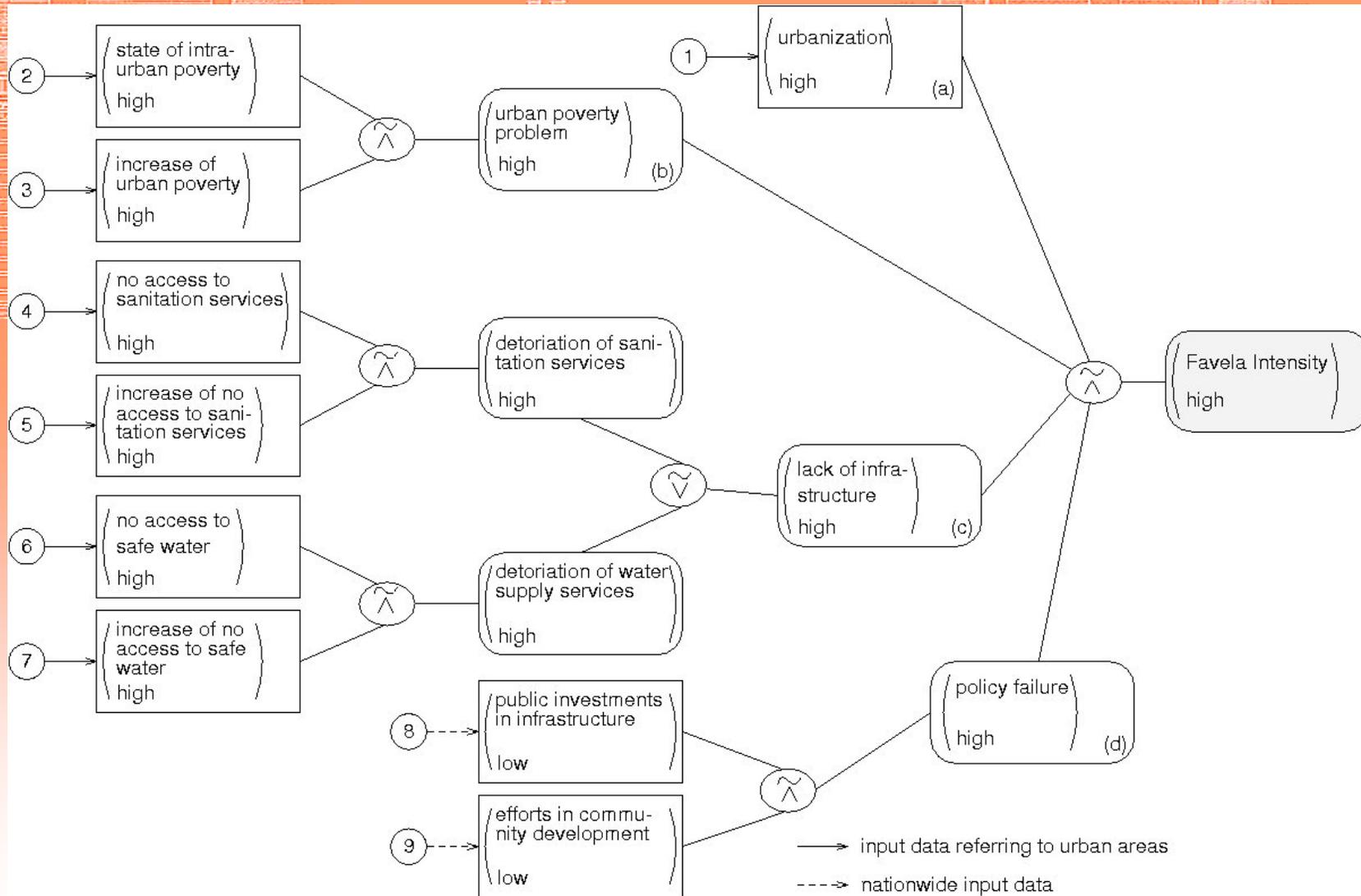
Das Favela-Syndrom:
Umweltdegradation durch
ungeregelte Urbanisierung
in Entwicklungsländern



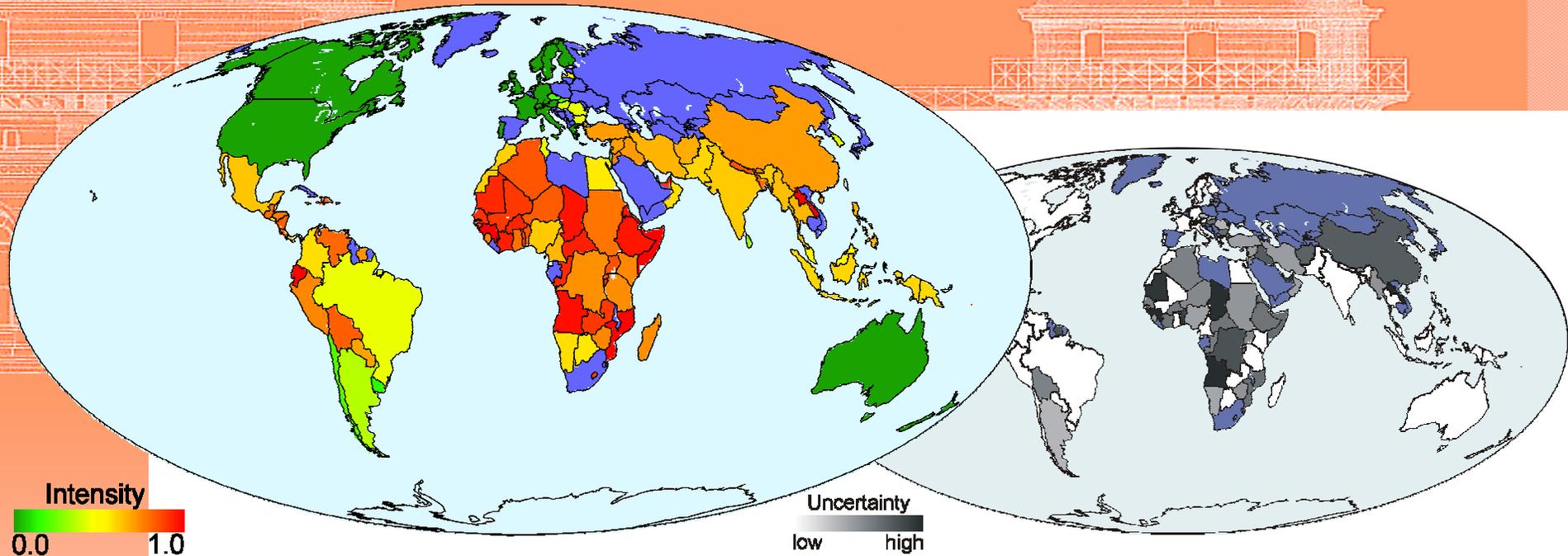
Favela Syndrome: uncontrolled urban growth in developing countries



Diagnostic: Indicator - tree



Results for the Problem Complex: Favela Syndrome



Which conclusions can be drawn?

(1) Combat poverty	(2) Improve infrastructure	(3) Reduce urbanization	(4) Combat policy failure
India (2)	Bangladesh	Chile (2)	Botswana (2)
Indonesia	Cameroon	Arab Republic of Egypt (2)	Brazil
Kenya	Ghana	El Salvador	Colombia (1)
Republic of Korea	Lesotho	Sri Lanka (1)	Dominican Republic (2)
Madagascar	Malawi (1)	Uruguay (1)	Ecuador (2)
Malaysia	Mali (1)		Togo (2)
Mexico	Morocco (1)		
Nicaragua (2)	Nepal		
Pakistan	Peru (3)		
Papua New Guinea	Philippines (1)		
Paraguay	Thailand		
Tanzania	Tunisia (1)		
Venezuela	Zambia		

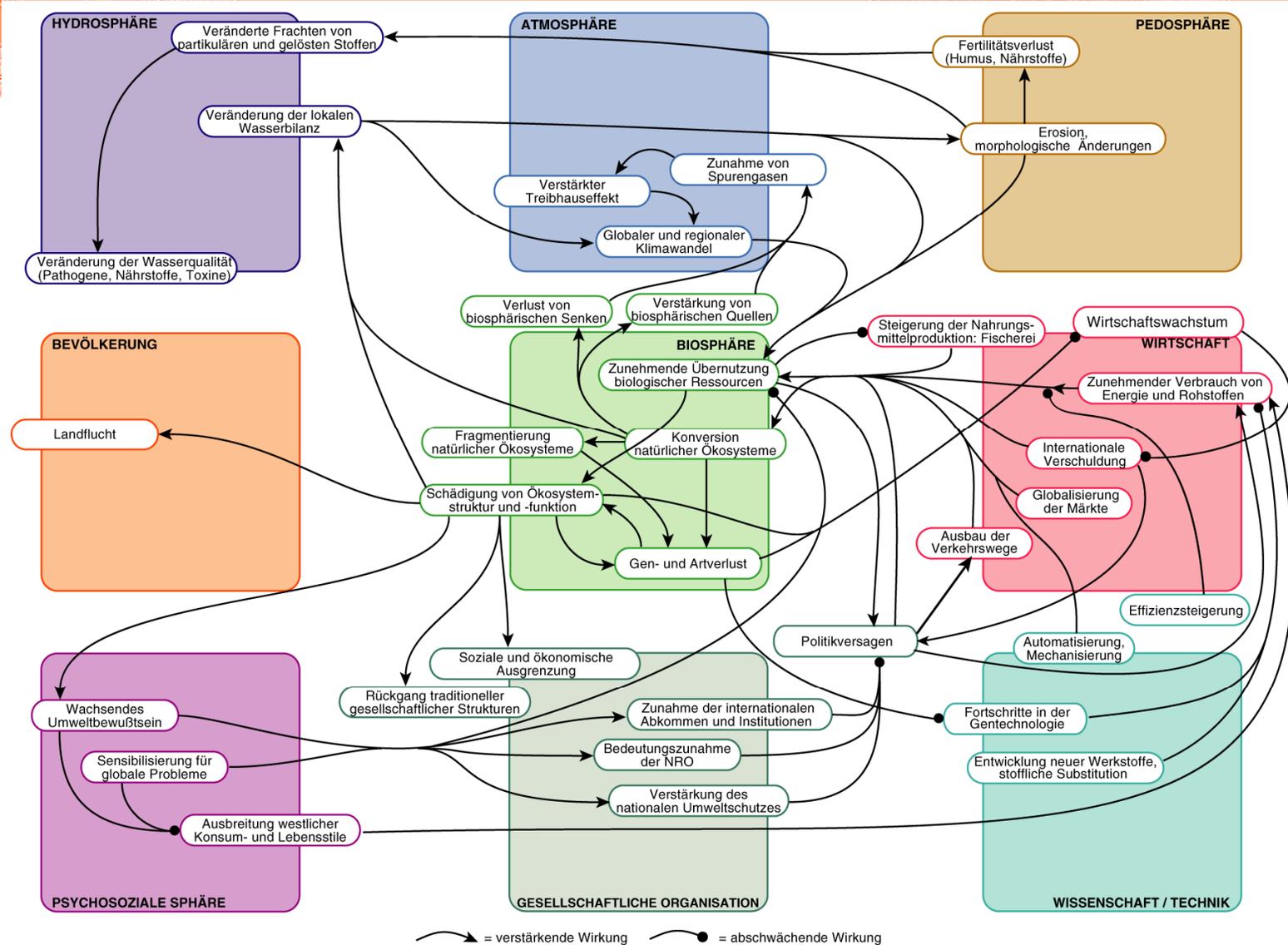
Syndrome des GW - *Das Raubbau-Syndrom*

Raubbau an natürlichen Ökosystemen

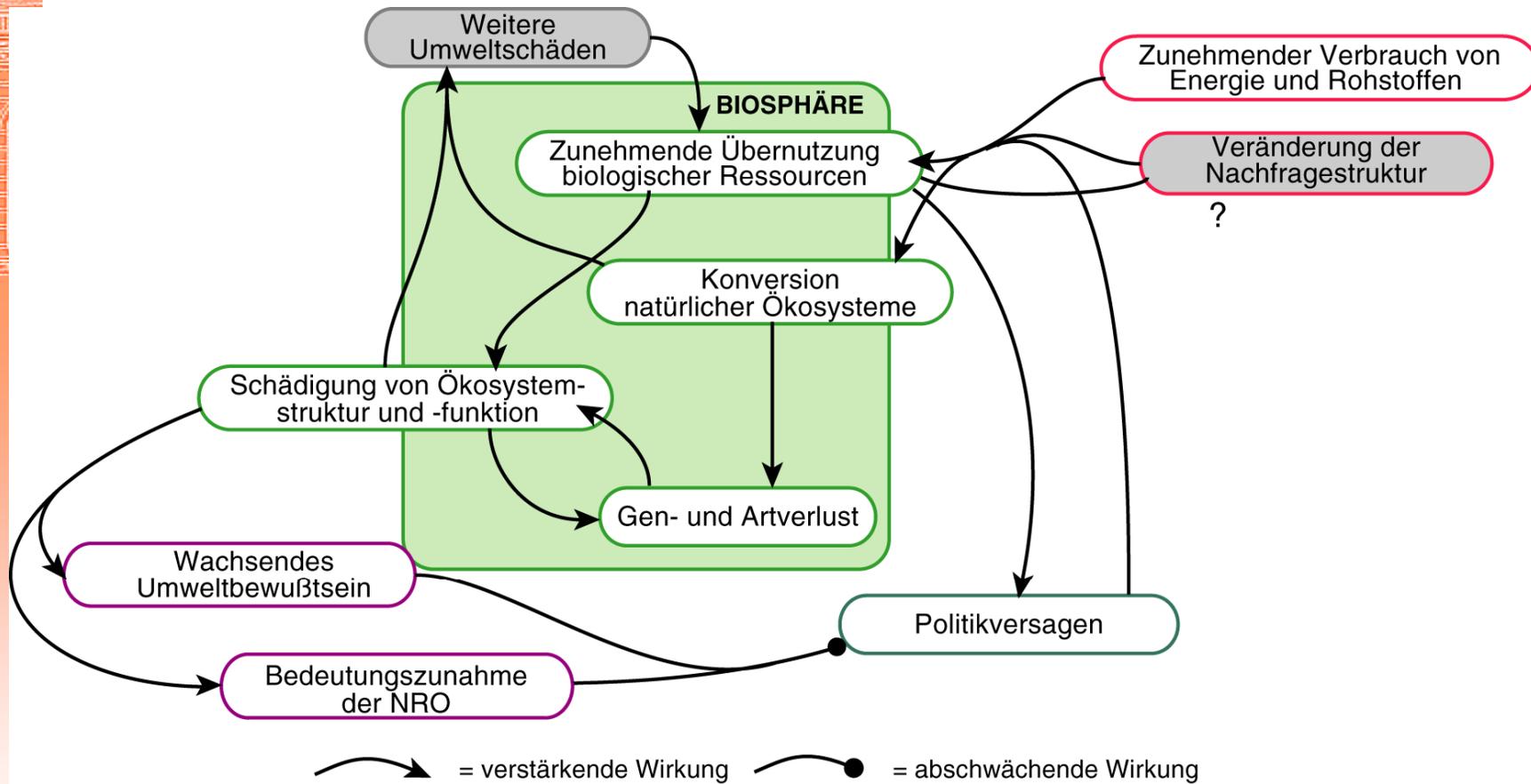
- zunehmende Übernutzung biologischer Ressourcen (terrestrische und marine Ökosysteme)
- Überschreiten der natürlichen Regenerationsfähigkeit
- motiviert durch gesellschaftliche und wirtschaftspolitische Entwicklungen



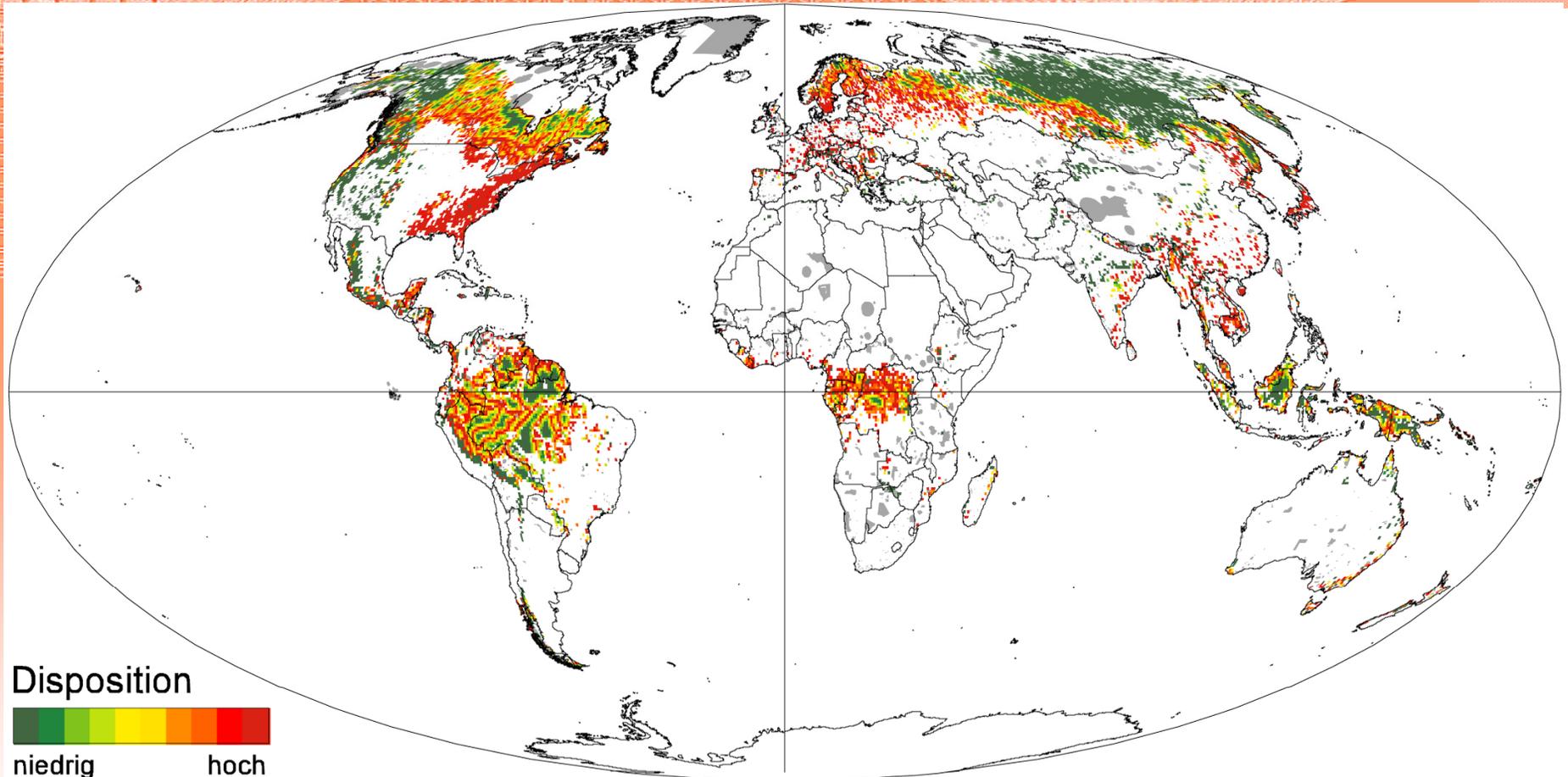
Syndromspezifisches Beziehungsgeflecht des Raubbau-Syndroms



Kern des Raubbau-Syndroms



Disposition des Raubbau-Syndroms



Disposition



niedrig hoch

■ IUCN Schutzgebiete (1998; Klasse I - V)

Syndrome des GW - *Das Dust-Bowl-Syndrom*

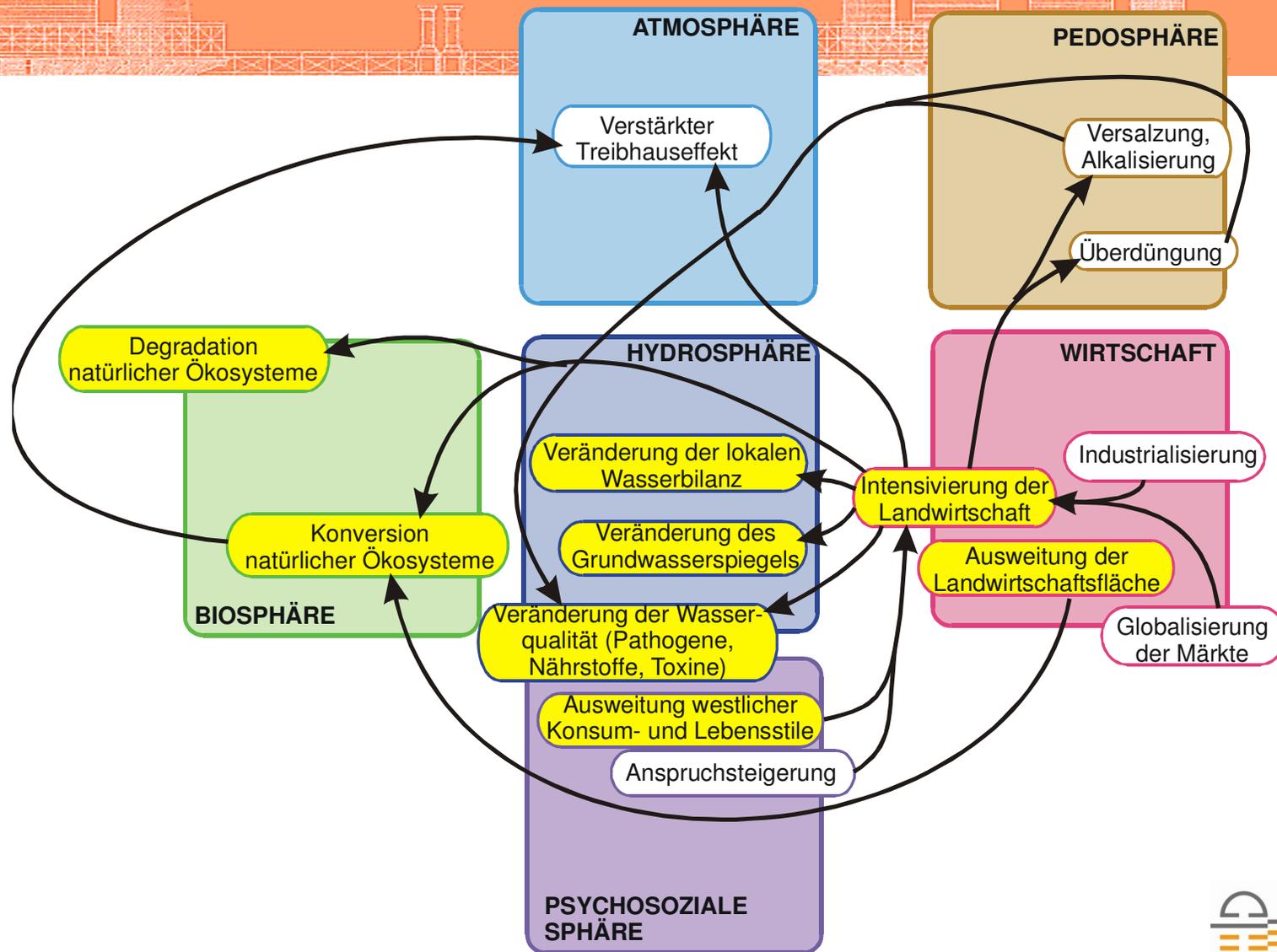
Nicht-nachhaltige industrielle Bewirtschaftung von Böden oder Gewässern unter hohen Energie-, Kapital- und Technikeinsatz

- Intensivierung / Ausweitung der Landwirtschaft

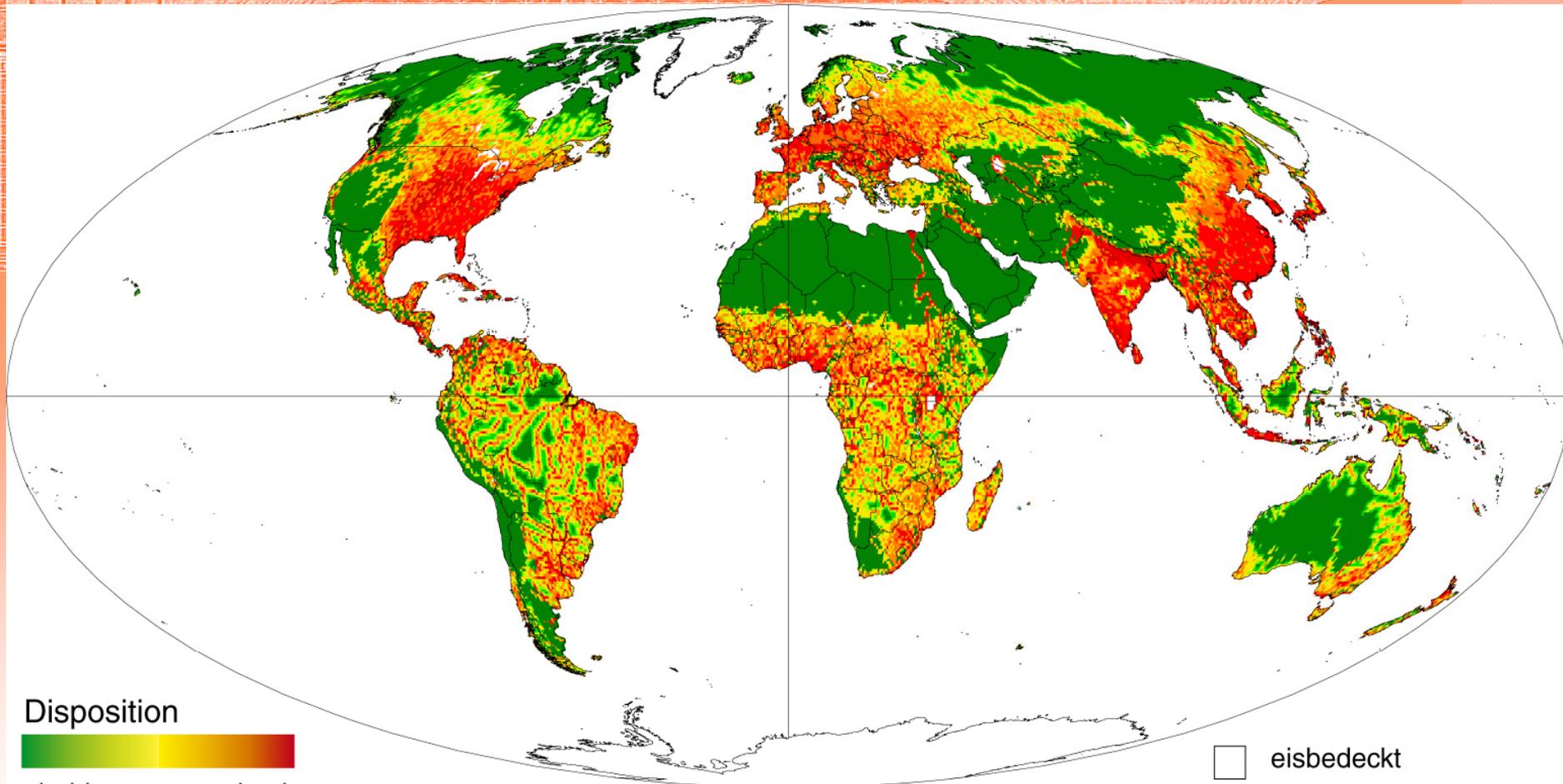
Beispiele:

- Pflanzung von großflächigen Monokulturen
- großflächige Konversion von Waldgebieten zu landwirtschaftlicher Nutzfläche

Kern des Dust-Bowl-Syndroms



Disposition des Dust-Bowl-Syndroms

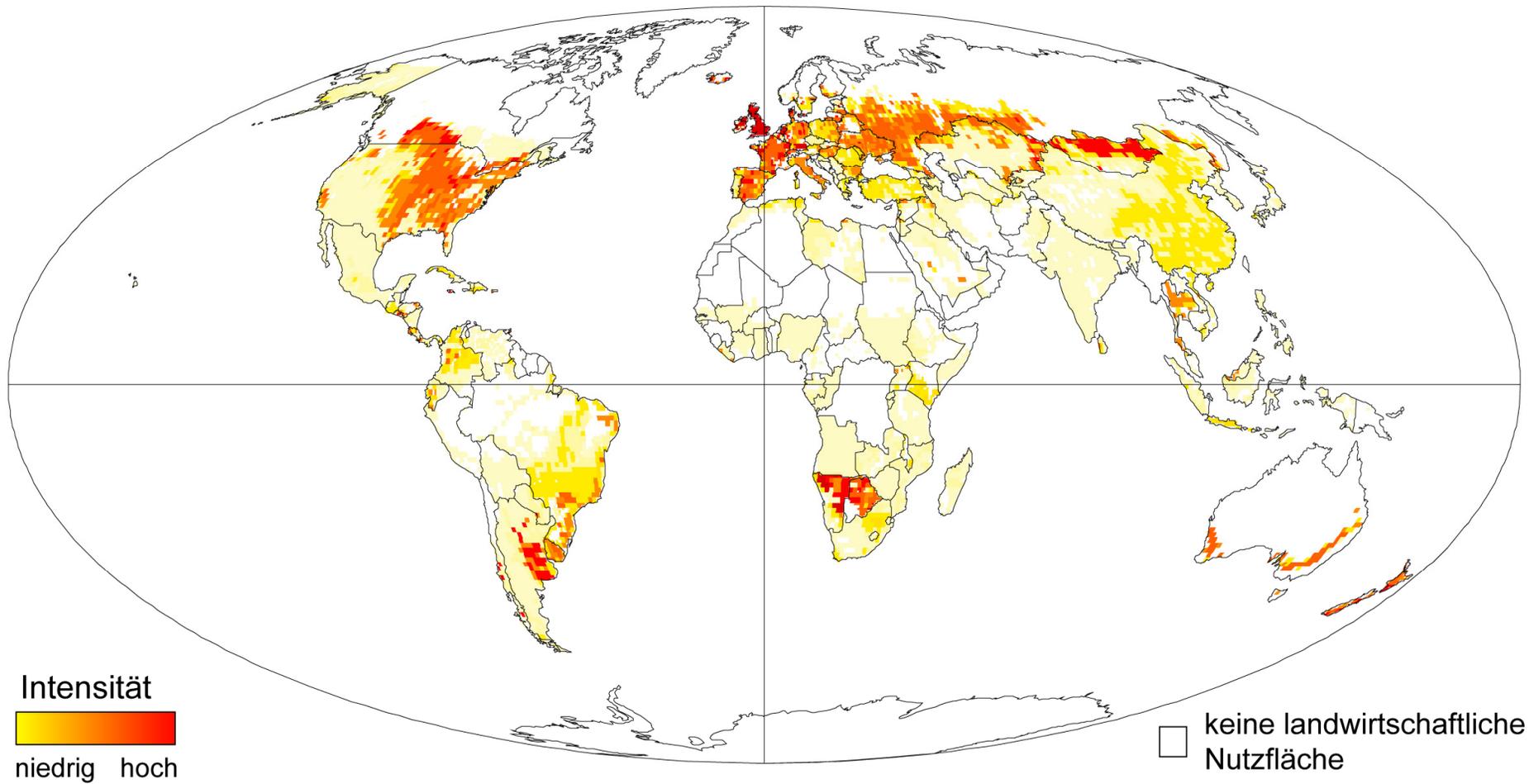


Disposition
niedrig hoch

□ eisbedeckt



Intensität des Dust-Bowl-Syndroms



Syndromprognose

Qualitative Differentialgleichungen

Annahmen:

- es existiert eine den Mechanismus beschreibende Differentialgleichung
- die Variablen sind stetig und differenzierbar
- qualitative Änderungen des Zustands nur an „landmarks“ (Wert: unbekannt)

QDGIs:

- benötigen **keine** weiteren **quantitativen Informationen**
- Die Beschreibung der DGIs erfolgt über Monotonieannahmen und korrespondierende Werte.
- Zeit als qualitative Variable (geordnete ausgezeichnete Zeitpunkte)
- generieren verschiedene Lösungsklassen
- Es gibt keine DGI-Lösungen, welche nicht von den im QSIM-Algorithmus erzeugten Lösungen abgedeckt werden.

Qualitative Differential Equations: Output of qualitative models

Qualitative state

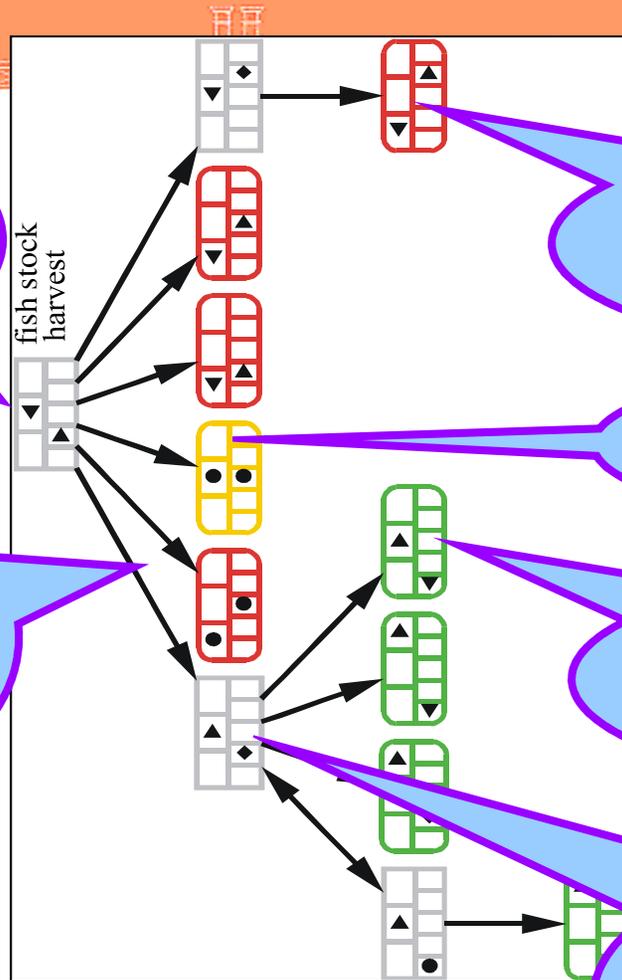
End state:
bad outcome

Possible changes in time

Equilibrium

End state:
good outcome

Change of harvest becomes indetermined



Qualitative Differentialgleichungen

Konventionelle Modellierung

Zahlen auf der reellen Achse

Reellwertige Funktion zur Modellierung des Zusammenhangs zwischen den verschiedenen Variablen

System von Differentialgleichungen

Eindeutige Lösung explizit in der Zeit

Qualitative Modellierung mit QDGs

- „Landmark“ Werte spezifizieren ausgezeichnete Werte, an denen die Beziehungen zu anderen Variablen sich qualitativ ändern; z.B. B_0 (siehe unten)
- Mögliche Variablenwerte: „landmark“ oder das Intervall zwischen zwei „landmarks“, sowie die Richtung der Veränderung (\uparrow , \downarrow , oder \circ)

nur qualitative Eigenschaften; z.B.:
A wächst monoton mit B,
A ist eine „U-förmige“ Funktion von B mit B_0 als Umkehrpunkt, etc.

Korrespondierende Anzahl von qualitativen „constraints“, die die Zustandsvariablen und deren Änderungen verknüpfen

Lösungsbaum aller möglicher Lösungen die mit den „constraints“ vereinbar sind. Zeit ist eine qualitative Variable, die über Ereignisse qualitativer Systemänderungen definiert ist

Syndromprognose - Qualitative Modellierung

Aufgabe:

- **Validierung** und **Rekonstruktion** (hindcasting) durch Vergleich der aus dem Modell resultierende **qualitative Zeitverläufe** mit beobachteten Zeitverläufen aus Fallstudien („*qualitative Trajektorien*“ - Kasperson 1995)
- **Evaluierung** und **Identifizierung** von **Politikoptionen** zur Abschwächung oder Vermeidung von Syndromen
- Abschätzung des dynamischen Verhaltens im Bezug auf „**Nachhaltige Entwicklung**“

Als Modellierungswerkzeug zur **Übersetzung** der Ursache-Wirkungsketten eines **Syndrommechanismus** in einen **mathematischen Formalismus** werden **Qualitative Differentialgleichungen** (QDGIs) genutzt.

„Integrated“ Dynamic Fisheries Model

- Stock dynamics, and recruitment relation $R(x)$
- Aggregated harvest rate h which is an outcome of negotiation process
- Capital relation C , depending on investments and depreciation rate δ
- Investment function I
- Equality between marginal costs and marginal revenue

$$\dot{x} = R(x) - Nh$$

$$\dot{C} = I - \delta C$$

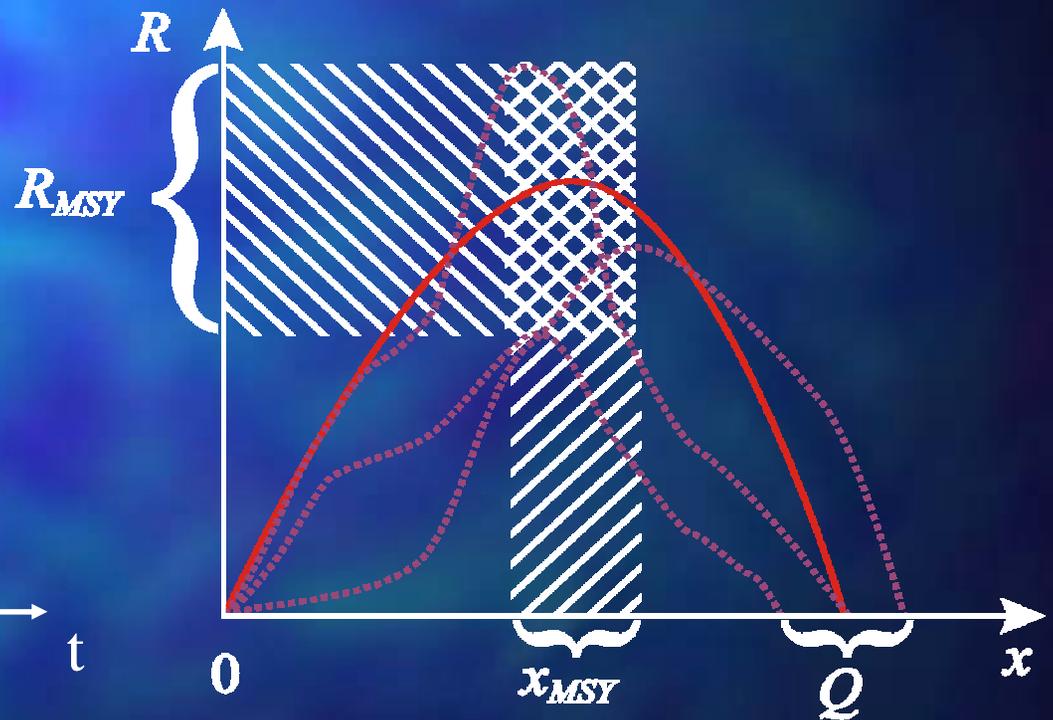
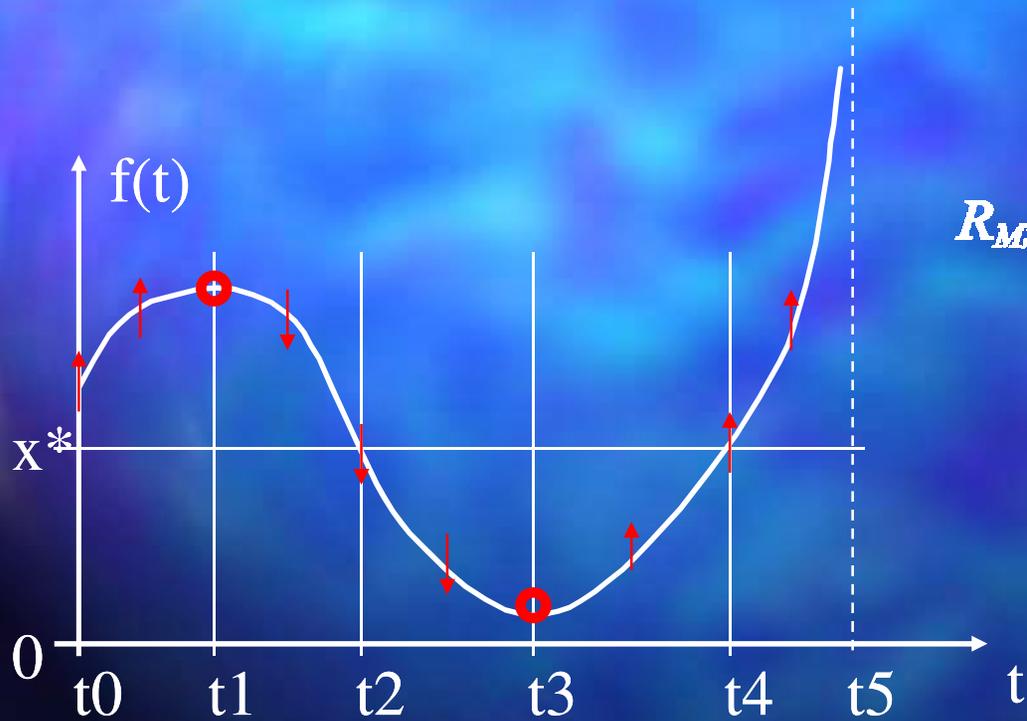
$$\dot{I} = \frac{1}{C_{II}(I)} ((\eta + \delta)c_I(I) + v_C)$$

$$v_h = \left(1 - \frac{\varepsilon}{N}\right) p(Nh)$$

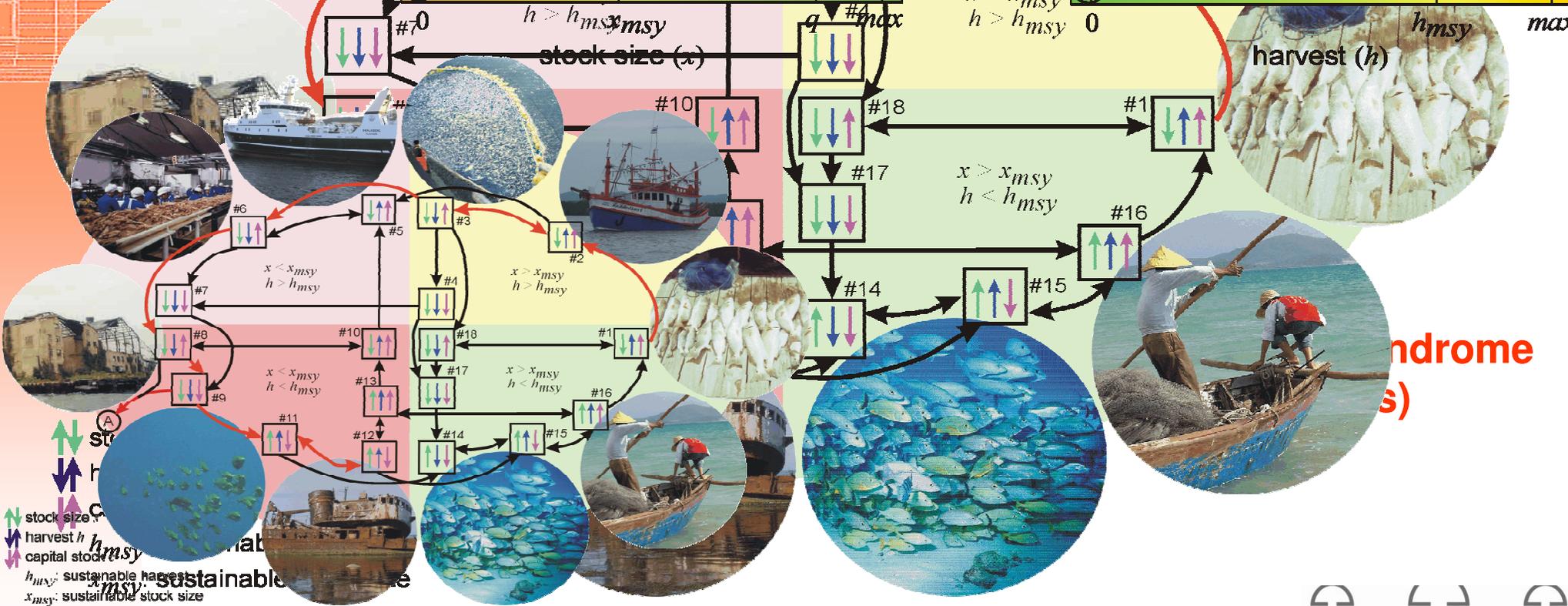
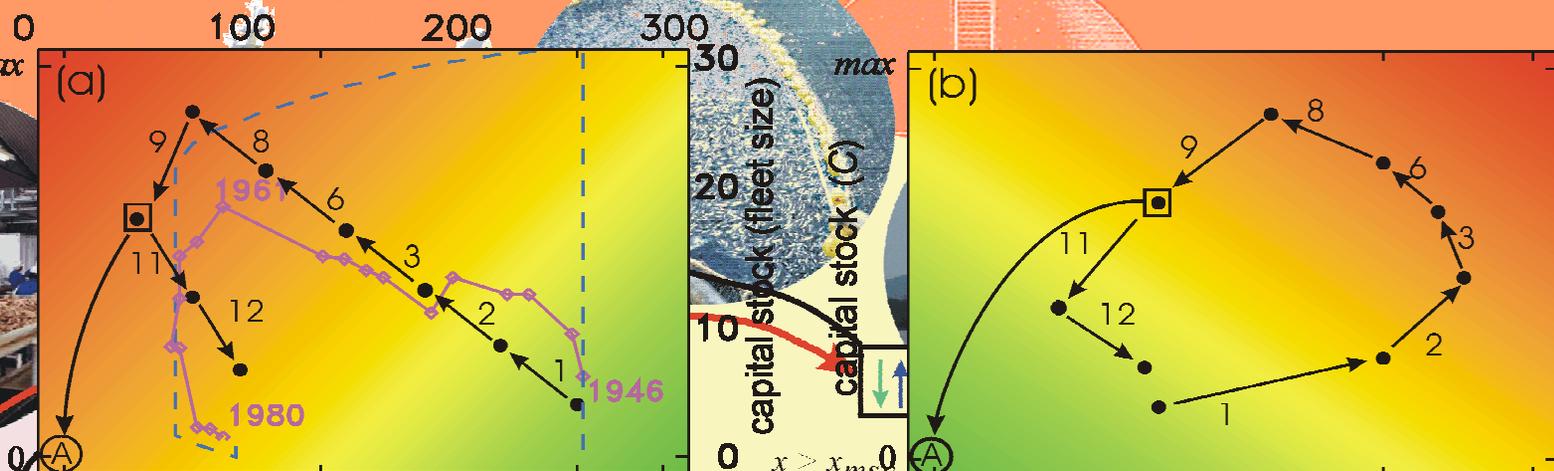
$$h = TAC(x, q_0, q_1, q_2)$$
The logo for the Institute of Applied Mathematics (PIK) at the University of Bonn. It features three stylized arches above a series of horizontal lines, with the letters 'P I K' below.

Example for abstraction of functions

The standard recruitment case:
Schaefer type



whale stock (10^3 BWU)



Androme
(s)



Zusammenfassung

Das Syndromkonzept erlaubt :

- das Gefährdungspotential einer Region qualitativ abzuschätzen
- verschiedene syndromspezifische Triebkräfte der Gefährdung zu identifizieren
- qualitative Aussagen über die Stärke der Schadensmuster
- Prognose möglicher Entwicklungspfade der Schadensmuster
- Bewertung von Handlungsoptionen präventiver und kurativer Art

Das Syndromkonzept bietet:

- ein analytisches Werkzeug zur Identifizierung von globalen Mustern der Nicht-Nachhaltigkeit
- eine transdisziplinäre Analysesprache für die komplexen Prozesse des GW