



# Mit dem Leitkonzept Resilienz auf dem Weg zu resilienteren Energieinfrastrukturen

von Gleich/Stührmann/Gößling-Reisemann

Universität Bremen

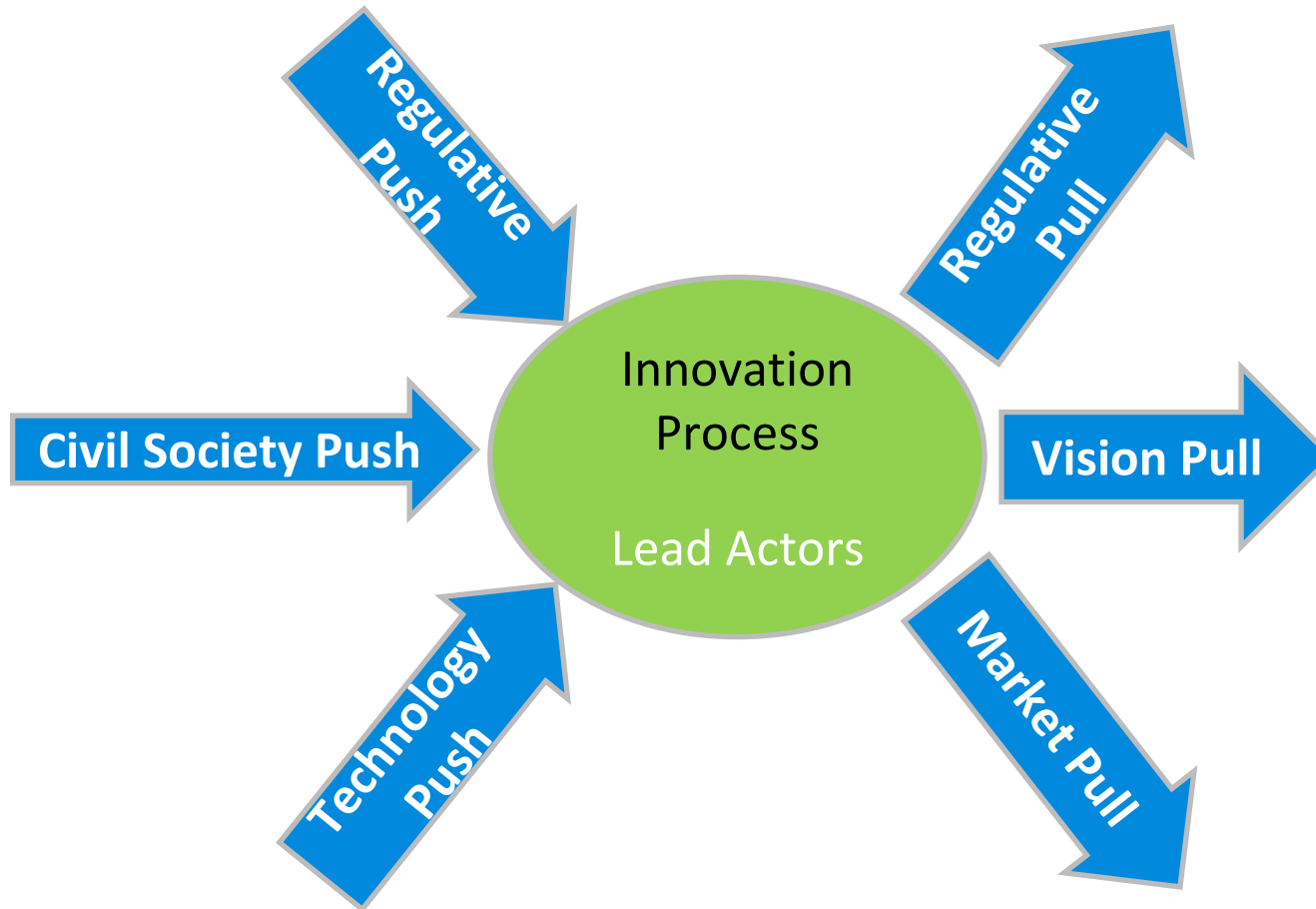
FB Produktionstechnik & artec | Forschungszentrum Nachhaltigkeit

SPONSORED BY THE



- Gerichtete Innovationen (Einflussmöglichkeiten)
- Leitorientierungen (Ebenen, Funktionen, Einsatzmöglichkeiten)
- Umgang mit Unsicherheit in der Klimaanpassung
- Resiliente Systeme als Leitkonzept
- Gestaltungselemente Resilienter Systeme
- Elemente Resilienterer Energieversorgungssysteme

# Gerichtete Innovationen (Einflussfaktoren und -möglichkeiten)



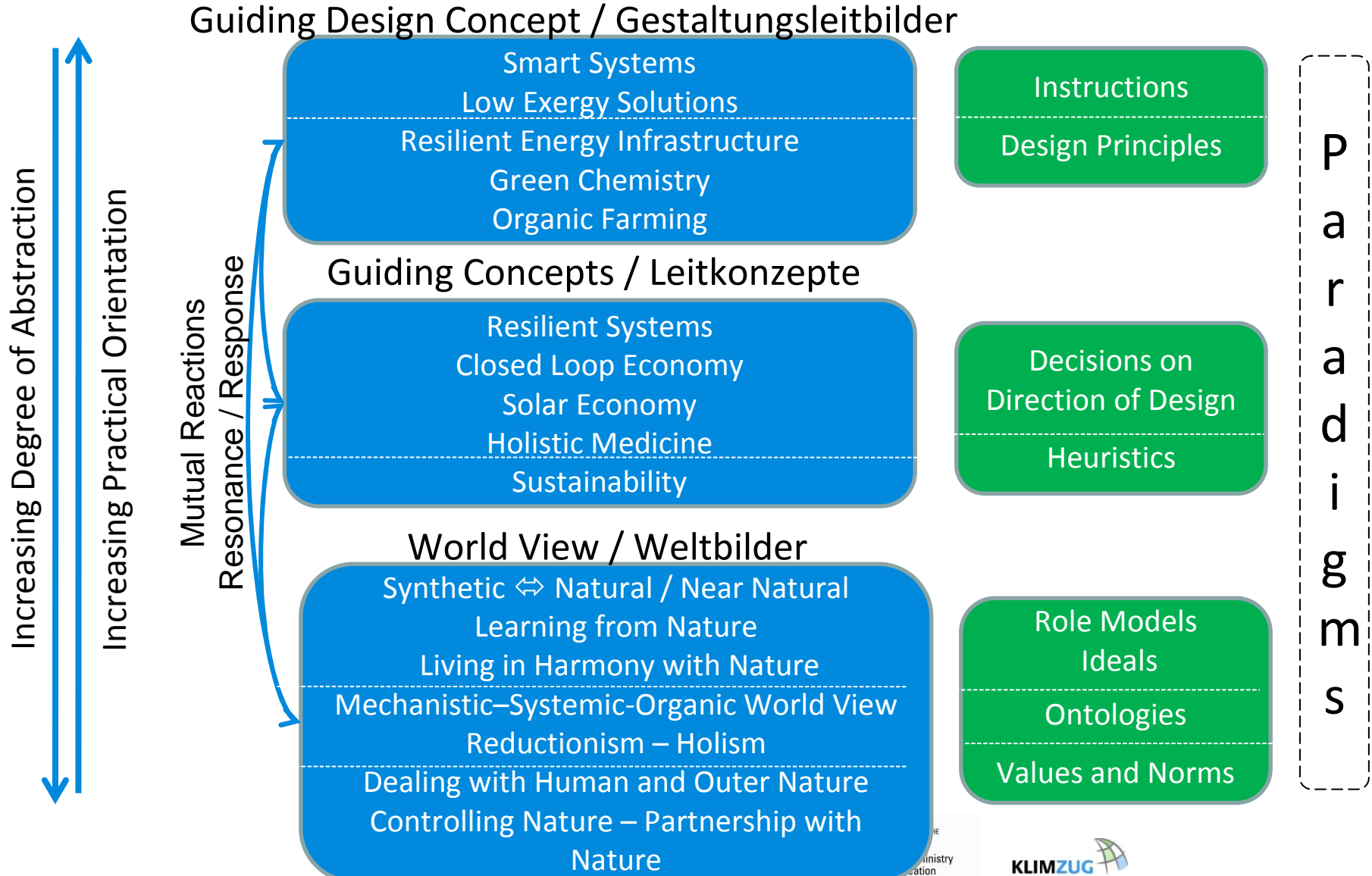
- Leitplanken (Regulation)
- Leitorientierungen / Leitkonzepte (Vision Pull / Civil Society Pull)
- Leitakteure

Erfolgreiche Leitkonzepte der Technologieentwicklung:

- Biologische Landwirtschaft
- Solares Wirtschaften
- Kreislaufwirtschaft
- Green Chemistry

=> Von der Natur lernen (Resonanzbasis)

=> Resiliente Systeme nach dem Vorbild von Ökosystemen



# Unsicherheiten der regionalen Klimaprojektionen

nordwest2050-Klimaszenario	2050	2085
Zugrunde gelegte Zeitperiode	2036-2065	2071-2100
Parameter*	A1B (Spannweiten)	A1B (Spannweiten)
<b>Sommertage pro Jahr</b> (Tage mit Maximaltemperatur größer oder gleich 25°C)	+8,3 Tage (+2 bis +9,6 Tage)	+15,9 Tage (+5,6 bis +42,6 Tage)
<b>Heiße Tage pro Jahr</b> (Tage mit Maximaltemperatur größer oder gleich 30°C)	+2,6 (+0,6 bis +3,4 Tage)	+5,3 (+1,4 bis +16,7 Tage)
<b>Wassertemperatur***</b> (Binnengewässer, Unterweser)	1,5°C (+1 bis +2°C)	+2,8°C (+1,9 bis +4,7°C)
<b>Mittlerer Meeresspiegel***</b> (Vergleich zu 1980-1999)	+17,5 cm (+9 bis +70 cm)	+34,5 cm (+18 bis +140 cm)
<b>Mittleres Tidehochwasser***</b> (MThw: Hochrechnung vergangener Messwerte)	+15,5 cm (+10 bis +21 cm)	+30,5 cm (+20 bis +41 cm)
<b>Wasserstände durch Windstau***</b>	+10 cm (0 bis +20 cm)	+25 cm (+15 bis +35 cm)
<b>Sturmflutwasserstände***</b> (Summe aus mittlerem Meeresspiegel, MThw und Windstau)	+43 cm (+19 bis +111 cm)	+90 cm (+53 bis +216 cm)

Bioconsult 2010

Vorbereitung auf erwartbare Ereignisse und auf Extremereignisse:

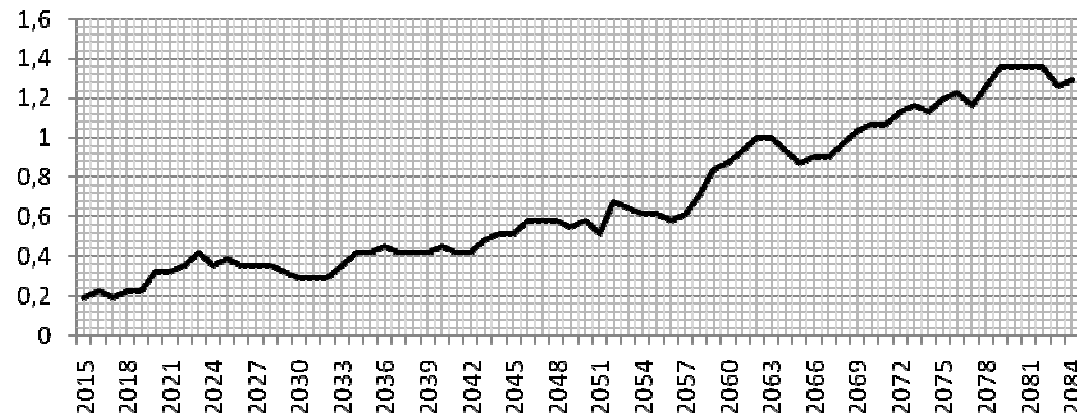
Durchschnittlich:

- Meeresspiegelanstieg
- Verteilung der Niederschläge
- Erhöhte Durchschnittstemperaturen
- Höhere Windgeschwindigkeiten

Extremereignisse:

- Stürme
- Sturmfluten
- Starkregen
- Hitzewellen

Zunahme von Hitzewellen pro Jahr im Vgl. zu 1971-2000 (CLM)



Zwei parallele Anpassungsstrategien:

Was wäre wenn?

Fokus auf Klimawirkungen als 'Störsignale'

Erwartbar: Meeresspiegel, Fluten, Stürme, Hitzewellen,..

=> adaptive Vulnerabilität vermindernde Reaktionen

Komplexe Systeme: Mit Überraschungen ist zu rechnen!

Fast egal was kommt!

Fokus auf den betroffenen Systemen

Identifizierung von Schwachstellen im System

=> Stärkung der Anpassungskapazität

=> Vorbereitung auf Überraschungen

=> Leitkonzept 'Resiliente Systeme'



# Resilienz – Arbeitsdefinition

***Resilienz beschreibt die Fähigkeit eines Systems, seine Dienstleistungen auch unter Stress und in turbulenten Umgebungen (trotz massiver äußerer Störungen und interner Ausfälle) aufrecht zu erhalten***

Angelehnt an eine von Fridolin Brand vorgestellte Definition:

*Resilience „reflects the capacity (i. e. the underlying mechanisms) of [eco]systems to maintain service in the face of a fluctuating environment and human perturbation“ (Brand 2007).*

# Resilienz und Vulnerabilität: Leitkonzept und Analytische Kategorie

- Resilienz und Vulnerabilität auseinander halten:  
 $V = f(E, S, AC) \neq V = f(E, S, Res)$
- Resilienz  $\neq$  Gegenteil von Vulnerabilität  
Maßnahmen zur Resilienzsteigerung vermindern die Vulnerabilität  
das Umgekehrte muss nicht immer der Fall sein  
=> Dammbau gegen Hochwasser kann die Resilienz (Anpassungsfähigkeit)  
auch vermindern

=> Resiliente Systeme als Leitkonzept

=> Vulnerabilität als Analytische Kategorie

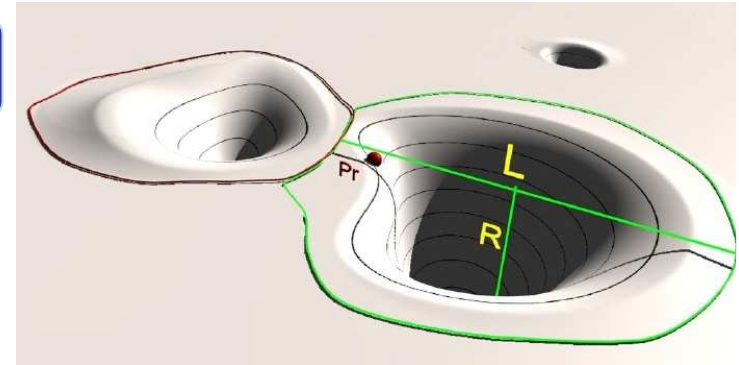
# Resilienz und Nachhaltigkeit

- Resilienz und Nachhaltigkeit: Was genau soll nachhaltig und resilient sein?  
=> Entscheidend sind die Systemdienstleistungen (System Services)  
=> Systemstrukturen nur insofern für die Systemdienstleistungen wichtig  
(vgl. ‚Systemrelevanz‘ in der Bankenkrise)
- Resilienz ergänzt die gängigen ‚Managementregeln der Nachhaltigkeit‘ um den Risikoaspekt
- “Toward a sustainable and resilient future”  
Chapter 8: IPCC Special Report on Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation 2010 (currently under review)

# Resiliente Systeme als Leitkonzept

## Resilient Systems

**Dimensions of Resilience**  
=> Approaches to alter state of systems



### Latitude

width of basin of attraction  
=> Adjust threshold values

### Precariousness

=> Move system away from  
threshold values

### Resistance

=> Impede accessibility of  
Threshold values

### Panarchy

=> Influence cross scale  
parameters

**Objective of Design:**  
*Sustainability of System Services*



## Resilient Systems

### *Design Elements*

#### System capabilities to

- Adapt
- Resist
- Create and Design

#### System Resources

- Energy
- Matter
- Information /Communication

#### System Structures

- Diversity
- Redundancy (Modularity)
- Feed-Back-Loops (positive ↔ negative)
- Buffer Capacity (Storage)
- Attenuators / Dampers/ Resistors

# Systemdienstleistungen der Elektizitätsversorgungssysteme

- Großflächige, ausreichende und kontinuierliche Stromversorgung mit konstanter Frequenz und Spannung
- Schnelle Wiederherstellung bei 'Blackouts'
- Zusätzliche Qualitätskriterien:  
Ökologisch: Klimawandel, Versauerung, Flächenverbrauch,..  
Ökonomisch: Preise, Wettbewerbsfähigkeit, ...  
Sozial: Technische Risiken, ...

# Gegenwärtige Herausforderungen / Ungewissheiten

- Ausgleich von Stromangebot und –nachfrage (geringe Speichermöglichkeiten)
- Liberalisierung, Dezentralisierung, zunehmende Fluktuation der Nachfrage
- Klimaschutz: CCS, veränderte Ressourcenbasis, fluktuierende Einspeisung durch Regenerative, ...
- Klimaanpassung: Hochwasser, Stürme, Kühlwasserversorgung, ...

# Gegenwärtige Gestaltungskonzepte

- Smart Metering / Smart Grids:  
Option zur Dämpfung der Nachfragefluktuation, verbesserte Systemflexibilität
- Europaweite Vernetzung der Regenerativen (z. B. Desertec):  
Option zum Ausgleich und zur Dämpfung der Angebotsfluktuation
- Zunehmende dezentrale Intermodalität / Diversifizierung der Ressourcenbasis:  
=> Elektrizität, Wasserstoff, Erdgas, Biogas, ...  
=> ‚Low Exergy Solutions‘ (Solares Kühlen / Klimatisierung mit Restwärme)
- E-Mobilität:  
Option für zusätzliche Speicherkapazität?



## Traditionell:

- Redundanz (n-1 Prinzip)
- Automatische Netzsteuerung
- Task Forces
- Pumpspeicher

## Zusätzlich:

- Verbreiterung der Ressourcenbasis: Regenerative, Abwärmenutzung
- Zusätzliche Speicherkapazitäten: Gas, Druckluft, Batterien
- Smartness
- Vorhersagen (Wind) und Modellierung
- Großflächige Netzwerke
- Dezentralisierung von Angebot und Nachfrage

- Ansatzpunkte zur Beeinflussung der Innovationsrichtung existieren:  
=> Leitplanken, Leitakteure und Leitorientierungen
- Wichtige Voraussetzungen für erfolgreiche Leitkonzepte sind:  
ihre Fähigkeit zur Erzeugung von Resonanz (möglichst auf der Ebene der Weltbilder)  
Schnittstellen zum Governance-Diskurs: Agenda-Setting, Agenda-Building  
Schnittstellen zur Kognitionspsychologie : Gestalt, Metaphern, Archetypen
- Resilienz ist nicht einfach das Gegenteil von Vulnerabilität  
=> Vulnerabilität als analytische Kategorie, Resilienz als Leitkonzept
- Was-wäre-Wenn-Strategie der Klimaanpassung muss ergänzt werden durch  
Fast-egal-was-kommt-Strategie  
=> Erhöhung der Resilienz der betroffenen Systeme

- Definition / Begründung der Systemdienstleistungen ist zentral bei der Beantwortung der Frage: Was genau soll resilient und nachhaltig sein?
- Das Leitkonzept Resiliente Systeme kann in Form von Gestaltungsleitbildern operationalisiert und konkretisiert werden
- Designelemente sind bestimmbar: Ressourcenbreite, Redundanz, Speicher, Dämpfer, positive und negative Rückkopplungen, ...
- Ansatzpunkte für Gestaltungsprojekte in Kooperation mit Energieversorgern im Nordwesten (EWE, swb):  
Resilientere Stromnetze  
Abwärmenutzung für Klimatisierungsdienstleistungen  
(Projektlaufzeit bis 2014)



[www.nordwest2050.de](http://www.nordwest2050.de)

[gleich@uni-bremen.de](mailto:gleich@uni-bremen.de)

von Gleich/Stührmann/Brand/Göbbling-Reisemann ISEE 23. 8. 2010

Faculty 4: Production Engineering



Badgasteiner Straße 1  
D-28359 Bremen

Phone +49 (0)421 218 - 2681

Fax: +49 (0)421 218 - 7503

www: [www: www.tecdesign.uni-bremen.de](http://www.tecdesign.uni-bremen.de)





- Theorietradition aus **Ökosystemforschung**

Zwei konkurrierende Konzeptualisierungen:

- Resilienz in der Nähe des stabilen Gleichgewichts  
=> Grad und Geschwindigkeit der Rückkehr eines Systems zu seinen Ausgangsbedingungen (Pimm 1984)  
=> **engineering resilience – efficiency of function**
- Resilienz als dynamisches Gleichgewicht unter Einfluss eines starken Attraktors (basin of attraction)  
=> Maximum an Störung, das vom System absorbiert oder ausgeglichen werden kann, ohne seine Systemstruktur grundlegend zu verändern (Holling 1996)  
=> **ecosystem resilience – existence of function**

## Aspekte der Resilienz II

- Ecosystem resilience – angemessener für komplexe sozio-ökologische Systeme (mehrere Gleichgewichtszustände, mehrere Raum- und Zeitskalen, Nichtlinearitäten)
- „to conserve the ability to adapt to change, to be able to respond in a flexible way to uncertainty and surprises. And even to create the kind of surprises that open opportunity“ Holling&Gunderson 2002, p. 32  
„Maintaining options in order to buffer disturbance and to create novelty“ (ebd.)
- „the magnitude of disturbance that can be absorbed before the system changes its structure by changing the variables and processes that control behavior (Gunderson und Holling 2002, S. 28) .

# Resilienz ein hochdynamisches Konzept

Dynamik:

Im Verhältnis

zwischen Anpassungsfähigkeit und Wandlungsfähigkeit  
zwischen Stabilisierung und Destabilisierung

In den drei Dimensionen der Resilienz:

- Latitude (width of basin of attraction)
- Precariousness
- Resistance

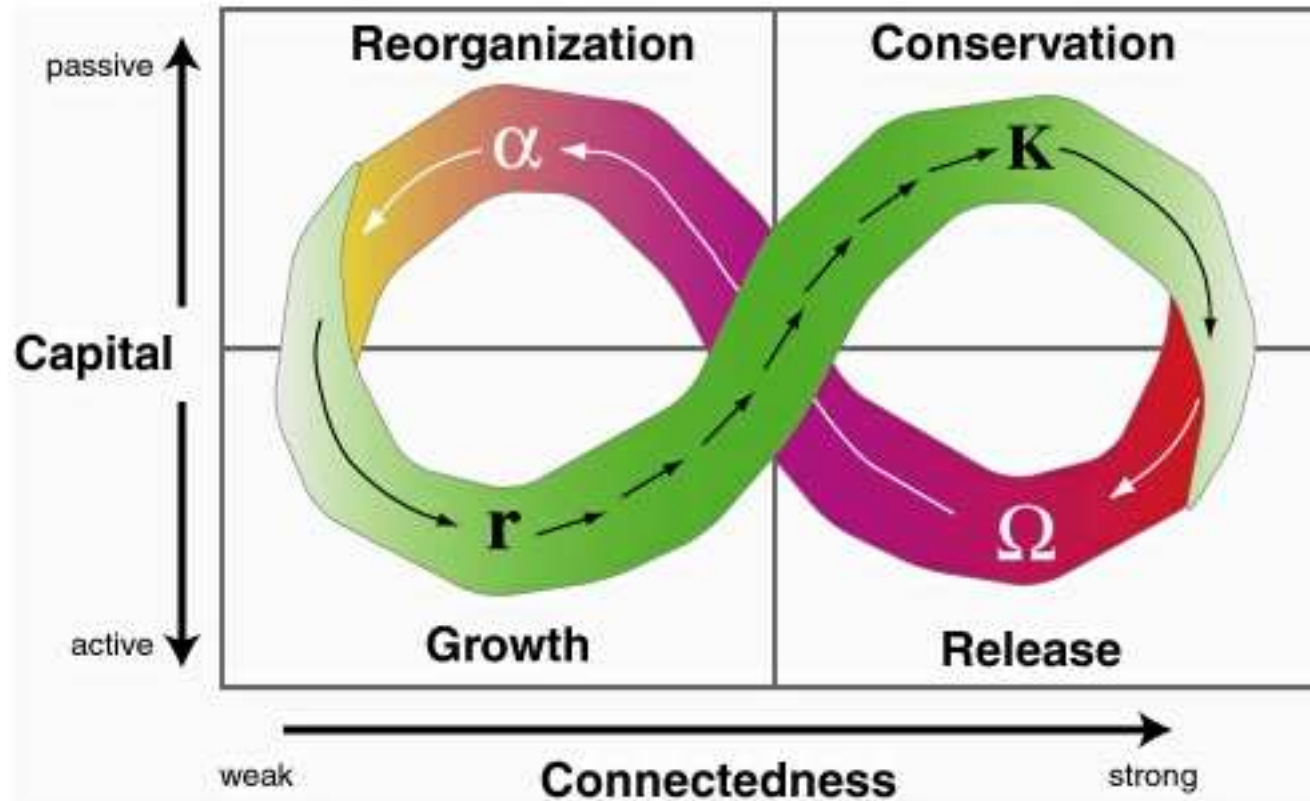
Zwischen den Skalen:

- Panarchy

Zwischen engineering resilience und ecosystem resilience



# Unterschiedliche Systemphasen und – zustände im Adaptive Cycle

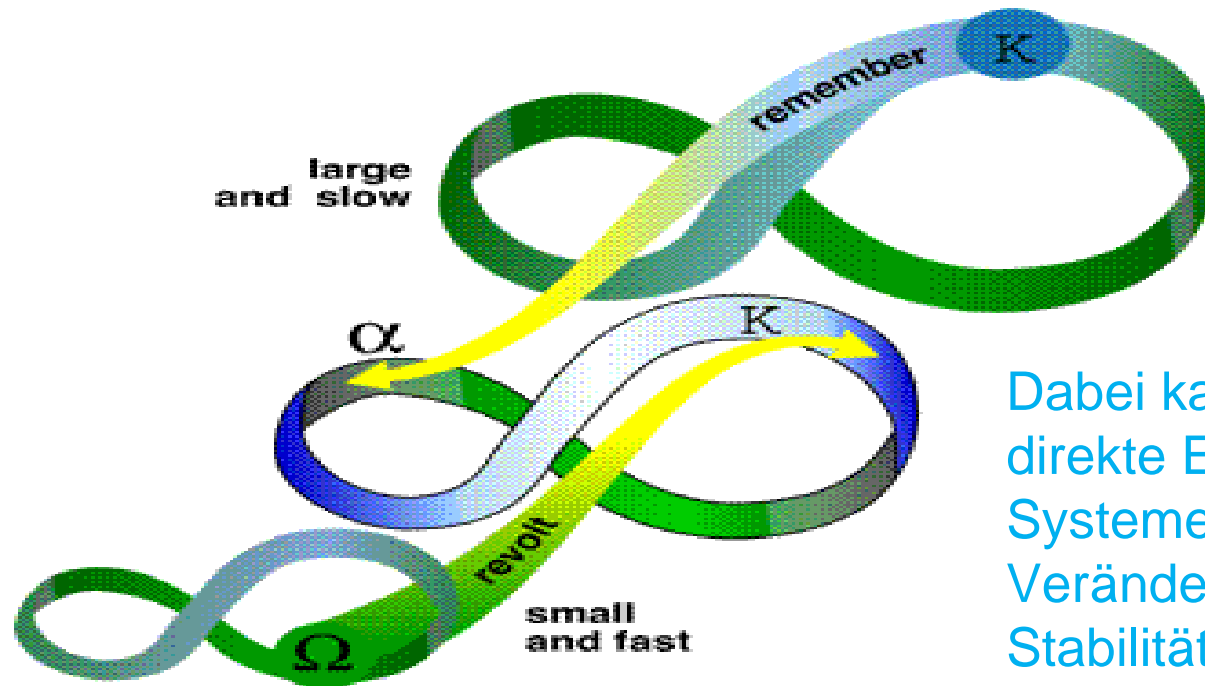


## Unterschiedliche Resilienz im Adaptive Cycle

nach Holling 1986, aus Gary Peterson: <http://www.geog.mcgill.ca/faculty/peterson/susfut/adaptiveCycle/index.html>

# Panarchy

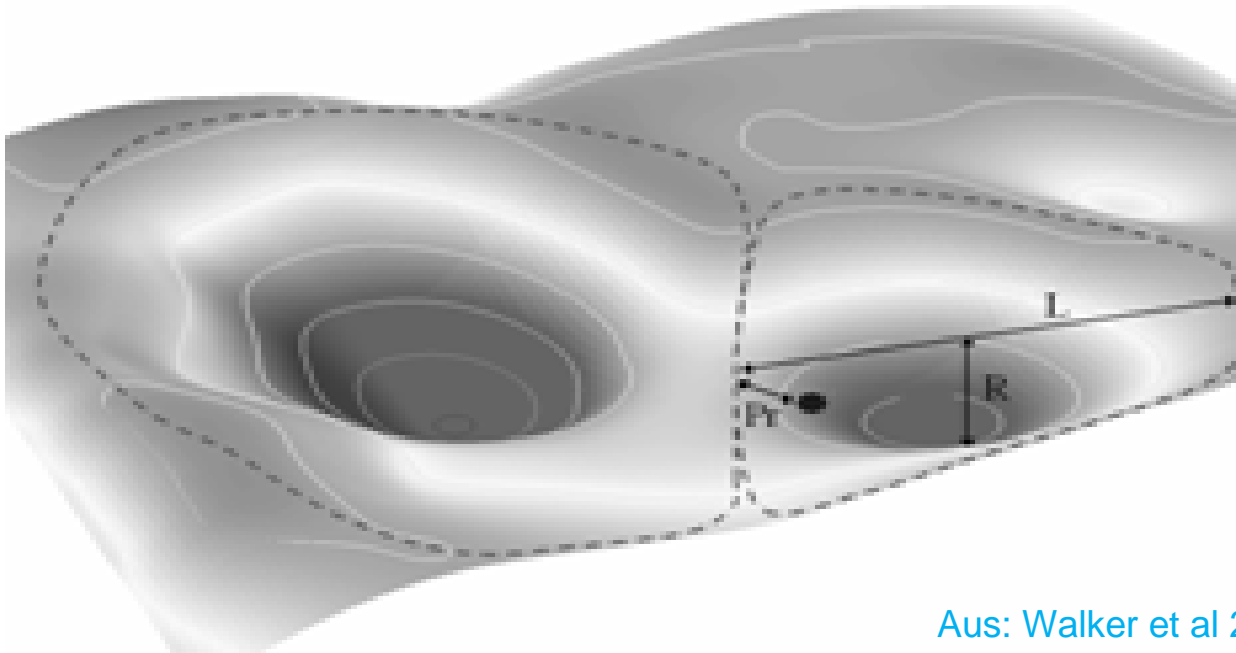
Hierarchieebenen übergreifende Einflüsse:  
konservierend (remember) oder revolutionierend (revolt)



Dabei kann es sich sowohl um direkte Einflüsse zwischen den Systemen, als auch um Veränderungen der Stabilitätslandschaften handeln, in denen sie sich bewegen

(vgl. Walker et. al 2004)

# Dimensionen der Resilienz



Aus: Walker et al 2004

## Maße für Resilienz

- L = Latitude, Breite des Attraktionsbeckens (Spielraum innerhalb dessen sich das System erholen kann)
- R = Resistance (Widerständigkeit gegenüber Auslenkungen)
- Pr = Precariousness (Gefährdung, Abstand zu einem ‚tipping point‘)

Vier grundlegende Schritte:

1. **„System services“** als Bezugspunkt und Abstraktionsmaßstab
2. Anknüpfen an die verwandten Resilienz Aspekte **Adaptivität (adaptability) und Wandlungsfähigkeit (transformability)**
3. Anknüpfen an die Resilienzdimensionen **Latitude, Precariousness, Resistance, Panarchy**
4. Formulierung von **Gestaltungsprinzipien**

# Leitkonzept Resiliente Systeme

**Resiliente Systeme sind:**

- **Widerstandsfähig (robust)**
- **Anpassungsfähig (innovationsfähig)**
- **Gestaltungsfähig (können Chancen ergreifen)**

**und können auf vielfältige Ressourcen (Energie, Stoffe, Informationen) zurück greifen**

**Bestimmte Systemelemente steigern die Resilienz:**

- **Diversität**
- **Redundanz**
- **Rückkopplungsmechanismen**
- **Puffer / Speicher**
- **Dämpfer**

