



# Umgang mit Unsicherheit. Gestaltung resilienter sozio-technischer Systeme

Arnim von Gleich

Fachgebiet Technikgestaltung und Technologieentwicklung

FB Produktionstechnik & artec | Forschungszentrum Nachhaltigkeit

Universität Bremen

SPONSORED BY THE



Federal Ministry  
of Education  
and Research



- Nachhaltigkeitsforschung – Tragekapazitäten
- Transformationsforschung – Leitbilder
- Klimaanpassungsforschung – Resiliente Systeme
- Bsp. Energiesysteme
- Schlussfolgerungen



# Nachhaltigkeitsforschung: Was war neu am Nachhaltigkeitsdiskurs?



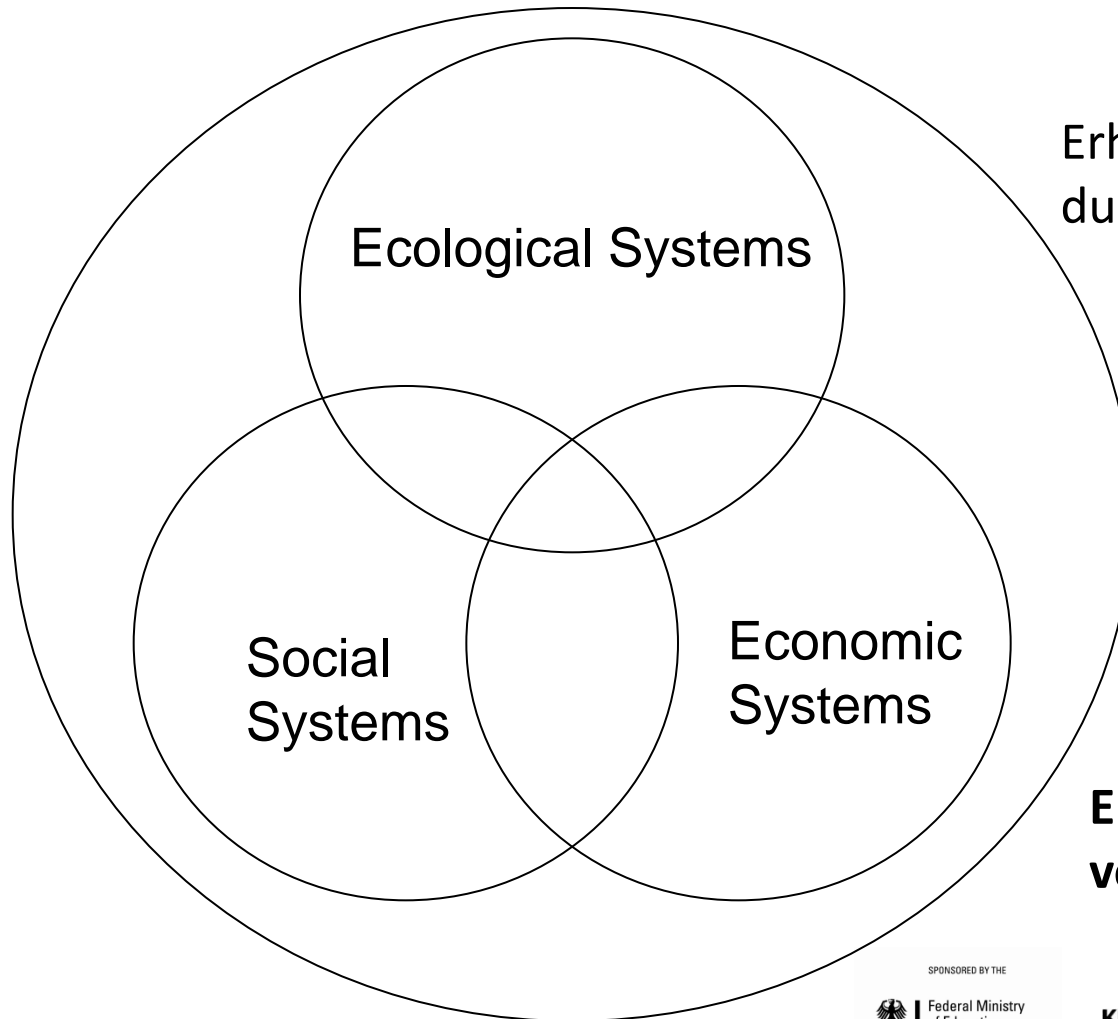
- Langfristigkeit (zukünftige Generationen)
- Dreidimensionalität (sozial, ökologisch, ökonomisch)
- Tragekapazitäten (Vermeidung größerer Systemzusammenbrüche)

Kerngedanke:

=> Gerechtigkeit (zwischen Generationen)

# Nachhaltigkeitsforschung: Defensive Operationalisierung von Nachhaltigkeit

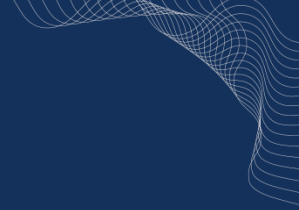
Nicht die Zusammenfassung aller unserer Wünsche  
Eher Pfad in die Zukunft unter Vermeidung größerer Systemzusammenbrüche



Erhalt von Optionen  
durch

**Entwicklung innerhalb  
von Tragekapazitäten**

# Immense Wissensanforderungen



Erkenntnisse über Tragekapazitäten sind:

- Schwierig und aufwendig in der Erarbeitung => Systemmodellierung
- Unsicher in den Aussagen

Allerdings:

Wenn generierbar von hoher praktischer Relevanz

- Zielorientierte Umweltpolitik (Versauerung, Eutrophierung)
- 2-Grad-Ziel

## Nicht-Wissen – Die Kehrseite des Wissens

Nicht-Wissen ist nicht einfach nur da  
es wird technisch bzw. handelnd erzeugt  
Eingriffstiefe => Entgrenzung

- Eingriffstiefe => rasche globale und irreversible Folgen  
(Bsp. FCKW, Gentechnik)
- Mengen und Geschwindigkeiten => inkrementell global und irreversibel  
(Bsp. Treibhauseffekt)

Verringerung der Wissensanforderungen durch:

Geringe Eingriffstiefe

Kleinschrittige Innovationen

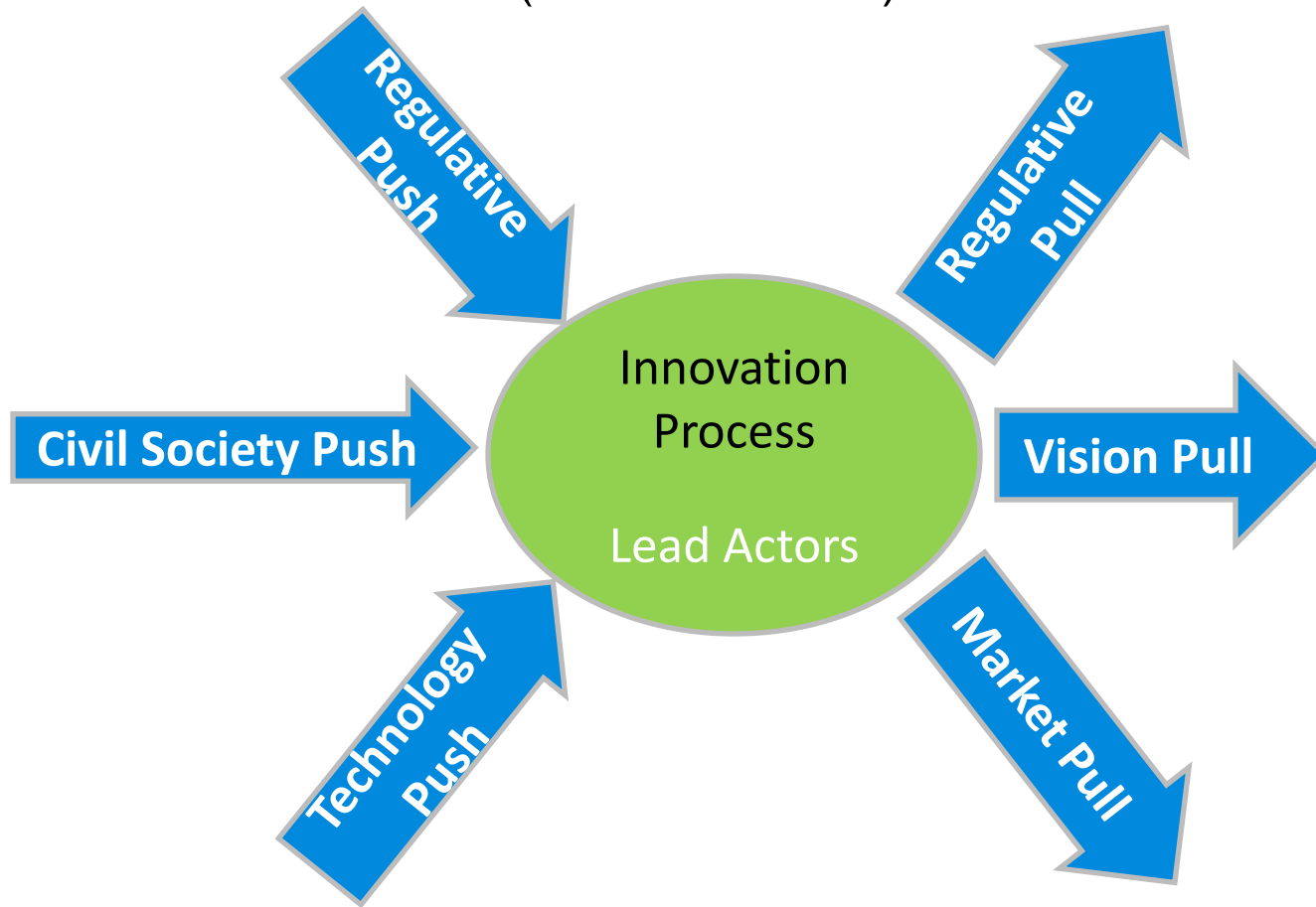
Aber: Vermeidung von bekannten Problemen greift zu kurz  
Leitbilder reichen weiter

=> Lernen von der Natur (evolutionäre Erprobtheit)

=> Gestaltung ‚Resilienter Systeme‘

# Transformation = Gerichtete (systemische) Innovation

Einflussmöglichkeiten für gerichtete Transformationen  
(die Schildkröte)





# Funktionen von Leitbildern in komplexen Systemen

Komplexitätsreduktion für die Akteure durch:

- Orientierung
- Fokussierung der Wahrnehmung
- Synchronisation
- Motivation

Voraussetzung für ihre Wirksamkeit:

Resonanz durch Bezug auf tiefer liegende Weltbilder:

z. B. Naturgemäßheit, Partnerschaft mit der Natur, Holismus, ...

Steuerungsprinzip:

Selbstorganisation

## Das Neue an der Klimaanpassungsforschung?

Einsicht, dass Klimaschutz nicht ausreicht

Opportunistisch, anpasslerisch?

- Weckt keine Begeisterung
- Leitbild Resilienz eröffnet No Regret-Maßnahmen und win-win-Situationen => Verbindung mit Modernisierungsstrategien

=> Fokus auf Gestaltung

=> Vorbereitung auf Überraschungen

Zwei mögliche Anpassungsstrategien:

## Was wäre wenn?

Fokus auf Klimawirkungen als 'Störsignale'

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

=> Ereignisorientierte Vulnerabilitätsanalyse

=> Adaptive Reaktionen, Vulnerabilität vermindern

## Fast egal was kommt!

Fokus auf die betroffenen Systeme

Identifizierung von Schwachstellen im System

=> Strukturorientierte Vulnerabilitätsanalyse

=> Stärkung von Anpassungskapazität, Widerstands- und Innovationsfähigkeit

=> 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.***

- Resilienz und Nachhaltigkeit: Was genau soll nachhaltig und resilient sein?  
=> Entscheidend sind die Systemdienstleistungen (System Services)  
=> Systemstrukturen nur insoweit für Systemdienstleistungen wichtig  
(vgl. ‚Systemrelevanz‘ in der Bankenkrise)
- Resilienz ergänzt die ‚Managementregeln der Nachhaltigkeit‘ um den Risikoaspekt

## 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



# Klimaeffekte im Nordwesten bis 2100



## Systemdienstleistungen der Energieversorgungssysteme:

- Kontinuierliche Stromversorgung in der Fläche mit konstanter Frequenz und Spannung
- Schnelle Wiederherstellung bei 'Blackouts'
- Zusätzliche Qualitätskriterien für **resiliente und nachhaltige** Energiesysteme:
  - Ökologisch: Klimawandel, Versauerung, Flächenverbrauch, ...
  - Ökonomisch: Preise, Wettbewerbsfähigkeit, ...
  - Sozial: Zugang, Technische Risiken, ...
  - Technisch: Kaltstartfähigkeit



## Ergebnisse der Vulnerabilitätsanalyse für das regionale Energiesystem:

Anpassungskapazitäten sind hoch

Verletzlichkeiten bei:

- Flächennutzungskonflikten
- Wertschöpfungsketten (insb. Lieferung fossiler Energieträger)

Größte Herausforderungen:

- Liberalisierung (Verantwortlichkeiten für Netze, Stabilität und Speicher)
- Energiewende (fluktuierende Einspeisung, Dezentralisierung)

**Klimawandel ist nicht der Haupttreiber für Veränderungen!**

## Gestaltungsansätze

- Bei überschüssigem Windstrom  
chemische Wandlung und Speicherung  
Elektrolyse => EE-Methan => synthetische Treibstoffe  
Beitrag zur Resilienz: Speicherung, alternative Treibstoffressourcen
- Interoperabilität von Strom-, Gas-, Wärmenetzen und Treibstoffversorgung  
Beitrag zur Resilienz: Redundanz
- Smart Metering, alternative Tarifgestaltung  
Beitrag zur Resilienz: Entlastung Stromnetz

Kurzfristig realisierbar:

- Biogasanlagen für die Grundlast  
Beitrag zur Resilienz: Redundanz, Entschärfung Flächenkonflikte durch Zellulosevergärung (künstl. Kuhmagen)
- Speicherkapazitäten für Biogas und EE-Methan in Salzkavernen  
Beitrag zur Resilienz: Speicher
- Abwärme als dezentrale Energiequelle (low exergy solutions)  
z. B. für Klimatisierung  
Beitrag zur Resilienz: Entlastung Stromnetz, Ressourcenbreite, Dezentralisierung
- Bürgerprojekte für regionale Selbstversorgung (Osterholz, Wilhelmshaven)  
Beitrag zur Resilienz: Teilautonomie, Ressourcenbreite, reg. Zusammenführung von Angebot und Nachfrage

=> Schon der Suchprozess profitiert vom Leitbild

=> Leitbild Resilienz führt Nachhaltigkeits-, Klimaschutz-, Klimaanpassungs- und Versorgungssicherheitsaspekte zusammen

## Konkret im Bau:

- Geothermale Kühlung einer Serveranlage
- Kühlung (Adsorption) eines Putenstalls mit BHKW-Abwärme aus Biogasanlage
- Rusitec-Biogasanlage, die Zellulose und damit auch Gärreste der bisherigen Anlagen weiter verarbeiten kann

## Unterstützung von Projekten:

- Energieautonomes Osterholz – intelligente Ortsnetzstation

- Defensive Nachhaltigkeits-, Transformations- und Klimaanpassungsforschung soll sich auf Tragekapazitäten (Leitplanken) konzentrieren
- Systemtheoretische Ansätze und Modellierung sind zentral
- Für gerichtete Transformationen: Arbeit mit Leitbildern

Leitkonzept ‚Resiliente Systeme‘ liefert wichtige Beiträge:

- Ergänzung des Leitbilds Nachhaltigkeit um die Risikodimension
- Beitrag zur Orientierung und (Selbst)Organisation komplexer Transformationsprozesse
- Überschießendes Ziel über Klimaanpassung hinaus

- Fast-egal-was-kommt-Strategie ergänzt Was-wäre-wenn-Strategie  
=> Erhöhung der Resilienz der betroffenen Systeme
- Resilienz ist nicht einfach das Gegenteil von Vulnerabilität  
=> Vulnerabilität als analytische Kategorie, Resilienz als Leitkonzept
- Wissensbedarfe werden durch Technik (Eingriffstiefe) erzeugt und können durch resiliente Systemgestaltung vermindert werden
- Resilienz braucht Redundanz und Vielfalt. Dies kann Abstriche an der Effizienz bedeuten  
Konflikt Nachhaltigkeitsforschung ↔ Klimaanpassungsforschung

# nordwest2050-Team

nordwest2050



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

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

## Fachbereich 4: Produktionstechnik



Badgasteiner Straße 1  
D-28359 Bremen

Telefon: +49 (0)421 218 - 2681  
Fax: +49 (0)421 218 - 7503  
www: [www.tecdesign.uni-bremen.de](http://www.tecdesign.uni-bremen.de)