

# Auswirkung globaler Krisen auf das Energiesystem

## *Resilienz und Wechselwirkungen zwischen Systemen*

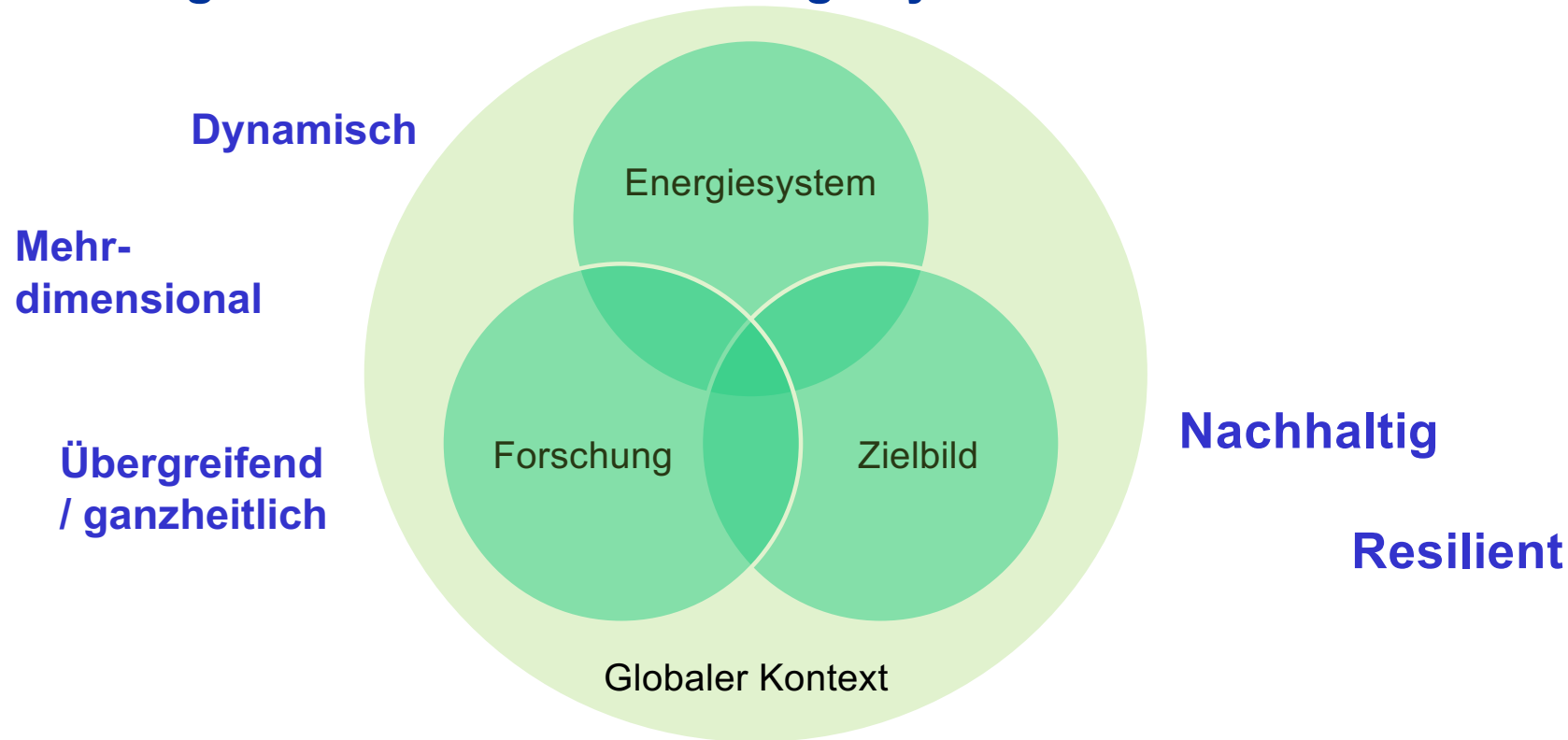
**Dr.-Ing. Karin Arnold**

**Mit Beiträgen von**

**Dr. Christine Rösch & Dr. Martina Haase**

**Johannes Jarke-Neuert**

## Einleitung: Resilienz und das Energiesystem



- Eingangs-These: Nur die umfassende, mehr-dimensionale Betrachtung ermöglicht ein resilientes Gesamt-System.

## Einführung – Begriffsdefinitionen

- Es gibt viele Definitionen von Resilienz, aber keine mit allgemein gültigem Anspruch
- „[...] absorb changes [...] and still persist“ (Holling, 1973)
- „[...] deal with change and continue to develop“ (Stockholm Resilience Center, 2022)
  
- Immer wieder genannte relevante Aspekte sind
  - Widerstandsfähigkeit / Robustheit
  - Anpassungsfähigkeit
  - Entwicklungsfähigkeit

→ Die genannten Merkmale benötigen einen Kontext.
  
- Resilienz ist kein Selbstzweck, so wie das Energiesystem kein Selbstzweck ist, sondern seine Nutzer:innen immer mitdenken muss → Mittel zum Zweck
- Eine zielführende Leitfrage lautet „*Resilience of what against what?*“
  
- Welche Art von „System“ steht im Fokus?
- Was bedeutet das für das Zielbild der Nachhaltigkeit?

## Resilienz und das – mehrdimensionale - Energiesystem



© Uwe Schneidewind, *Die Große Transformation*, 2018

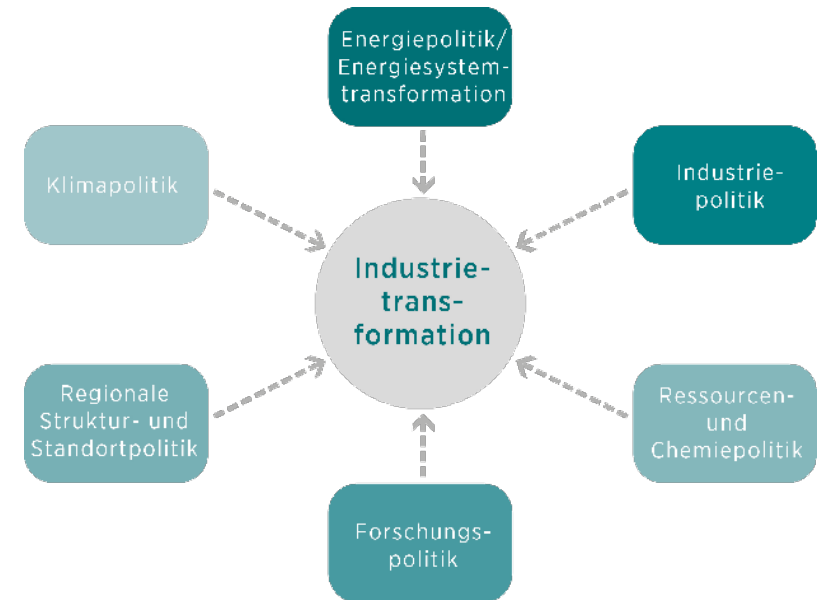
- “Energy systems are socio-technical configurations where technologies, institutional arrangements (e.g. regulation, norms), social practices and actor constellations (such as user–producer relations and interactions, intermediary organisations, public authorities) mutually depend on each other, and are embedded into broader contexts of cultural values, socio-economic trends (globalisation, individualisation, etc.)” [Rohrbach et al. 2008]

→ Eine rein technische Betrachtung greift zu kurz.

→ Das System soll in allen Dimensionen in die Lage versetzt werden, sich zielgerichtet zu transformieren => „resilient“ zu werden

## Resilienz und das System in mehreren (Forschungs-) Dimensionen

- Welche Aspekte umfasst die Resilienz des Energiesystems?
  - Versorgungssicherheit / Ausfallsicherheit
    - Strom, Wärme, Gas, Kraftstoff, Feedstock
    - ➔ Versorgung mit Roh- und Brennstoffen
  - Widerstandsfähigkeit gegenüber politischen Konflikten
    - Bezug von Roh- und Brennstoffen; Handelsbeziehung; Im-/ Export; Austausch von Know-How
    - ➔ Diversifizierung von Bezugsregionen
  - Substitution kritischer Rohstoffe
    - Bezug von Roh- und Brennstoffen
    - ➔ Diversifizierung in Umwandlung & Nutzung

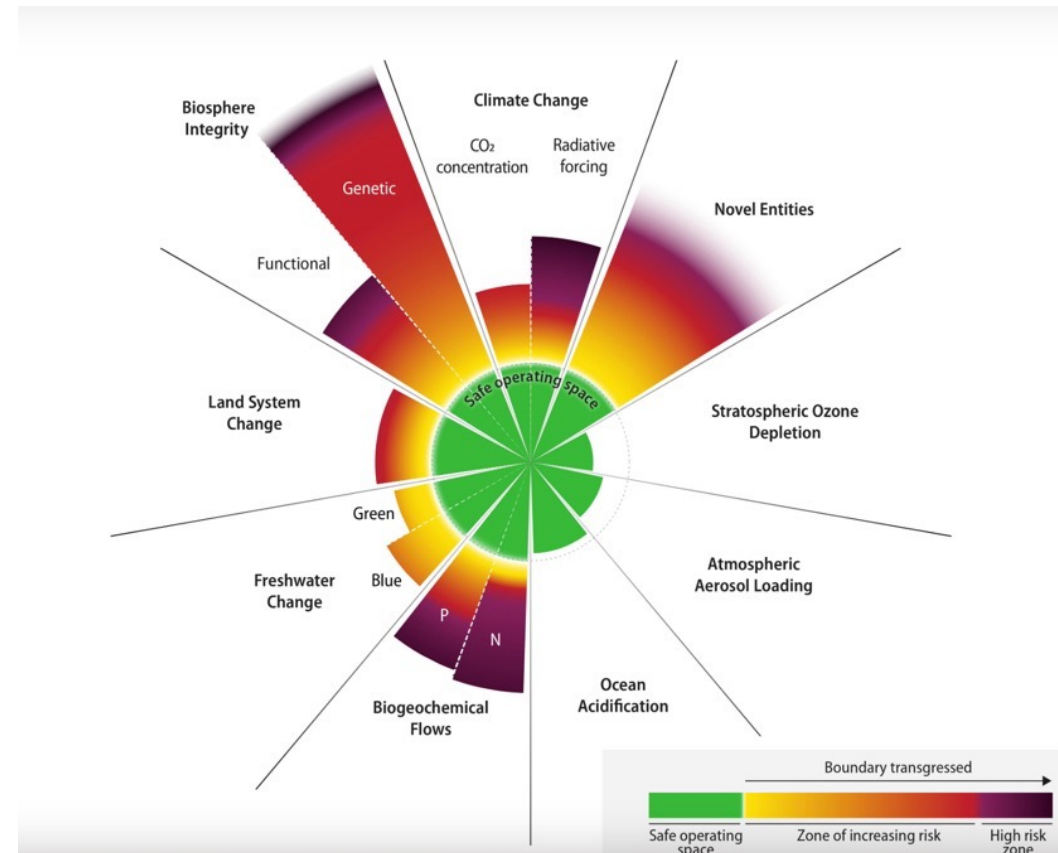


© Uwe Schneidewind, Die Große Transformation, 2018

➔ Mehrdimensionales Denken und Forschen ist notwendig

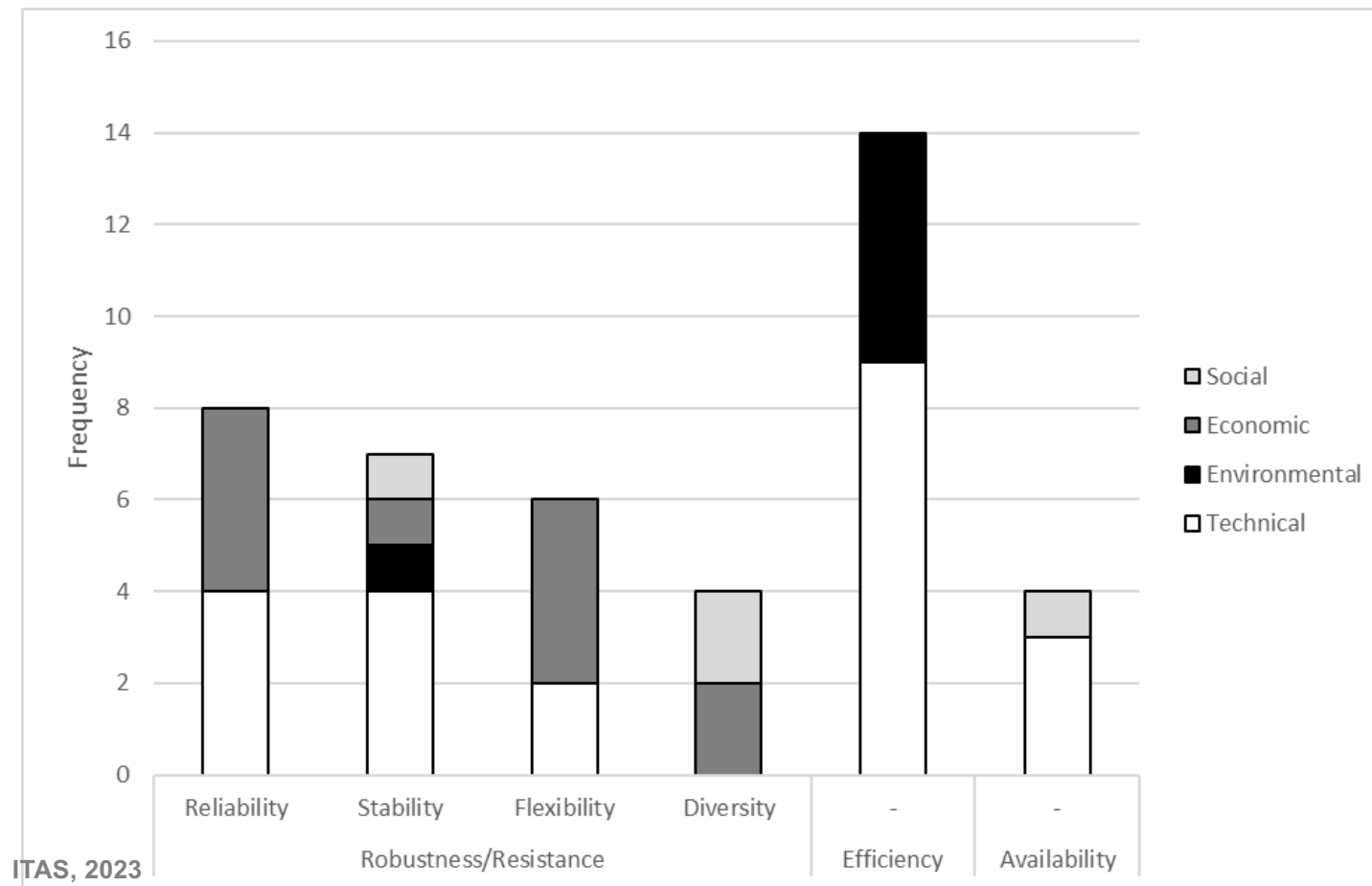
## Resilienz und Nachhaltigkeit

- Nachhaltige Entwicklung wird den Ansprüchen der Gegenwart gerecht, ohne die Fähigkeit zukünftiger Generationen zu beeinträchtigen, ihre eigenen Bedürfnisse zu befriedigen (Brundtland-Bericht, 1987).
- ➔ Leitbild eines nachhaltigen Energiesystems als Teil des Gesamtsystems
- Ein nicht-nachhaltiges Energiesystem wird auch nicht resilient sein.
- ➔ „Resilience as an umbrella concept for sustainability“



PIK, 2023

## Resilienz und Nachhaltigkeit: Erweiterung der Bewertungskriterien



- Meta-Analyse: Bewertung von Technologien für EE
- Strukturiert in Robustheit/Widerstand, Effizienz und Verfügbarkeit => technischen, ökonomischen, ökologischen und sozialen Nachhaltigkeitskriterien

➔ Die meisten resilienzbezogenen Kriterien sind der technischen Dimension zugeordnet.

Häufigkeit der resilienzbezogenen Kriterien und der damit verbundenen Nachhaltigkeitsdimension in den untersuchten Artikel (n=24)

## Kriterien: Gegenüberstellung technische und ökologische Resilienz

	Technische Resilienz	Ökologische Resilienz
Kennzeichen	oft als "Risikomanagement" bezeichnet	Basierend auf Ökosystemtheorie
Betrachtungsweise	quantitativ	qualitativ
Gleichgewicht	ein globaler GGW-Zustand	Existenz mehrerer GGW-Zustände
Unsicherheit	niedrig	hoch
Dynamik	statisch, linear	dynamisch, nicht-linear
Fokus	Widerstandsfähigkeit und Anpassungsfähigkeit	zusätzlicher Fokus auf Transformations-/ Weiterentwicklungsfähigkeit
Stressoren	keine Berücksichtigung von unbekanntem / unvorhersehbaren Stressoren	Möglichkeit des Umgangs mit unbekanntem / unvorhersehbaren Stressoren
Design	fail-safe	safe-fail

- Ökologische Betrachtung spannt einen weiteren Rahmen
- Erlaubt Transformation durch Weiterentwicklung

➔ Stützt die These, dass eine umfassendere Betrachtung / Bezugsgröße eine höhere Resilienz zur Folge hat (bei erfolgreicher Implementierung)

Eigene Darstellung nach Mitzinger et al, 2020 und Senkel, 2022



## Resilienz im globalen Kontext

- Betrachtung im Gesamt-System: keine Autarkie von Deutschland / EU möglich oder angestrebt
- Nicht rein technisch, sondern auch Rohstoffe, Know-How, Arbeitskräfte,...
- Daher:
  - Reflexion des Energiesystems und seiner Infrastruktur im Kontext von globaler Resilienz und Nachhaltigkeit
  - Identifikation von Wechselwirkungen im internationalen Systemdenken, Trade-Offs und Faktoren, welche die Erreichung von Nachhaltigkeitszielen erschweren
  - vorsorglicher Umgang mit den sich stetig verändernden Rahmenbedingungen bspw. durch das Vorhalten kritischer Fähigkeiten und Ressourcen.
- Zielbild: „Nachhaltige Resilienz“
- in den drei Säulen Ökologie – Ökonomie - Soziales



## Resilienz im globalen Kontext: Beispiel: Energiepartnerschaften

- Welche Wechselwirkungen ergeben sich in einem resilienten Energiesystem bezüglich der [energetischen] Austauschbeziehungen / Energiepartnerschaften etc.? Welche inhaltlichen Zielkonflikte sind zu berücksichtigen?

### Aspekt Wertschöpfung

- Wertschöpfung so weit wie möglich nach Deutschland holen / vor Ort belassen / aufbauen
- ➔ Zielkonflikt [kurz-/ mittelfristige] Wirtschaftlichkeit, aber auch Sicherheit **vs.** langfristig vorausschauende Absicherung

### Aspekte [konkurrierende] Stromversorgung

- Aufbau einer REG-Stromversorgung vorrangig zur Produktion von Wasserstoff / für lokalen Bedarf
- ➔ Zielkonflikt Teilhabe am globalen Markt / Handel **vs.** nationale Absicherung

### Aspekte Lieferketten

- Betrachtung aus Sicht des liefernden oder beziehenden Landes
- ➔ Zielkonflikt: einseitige oder beidseitige Risikostreuung in Handelsbeziehungen

weiterführende Arbeiten am WI z.B. hyBit, Schojan, Terrapon-Pfaff et.al

## Resilienz und das Energiesystem

- Resilienz steht immer im Zusammenhang mit Wechsel => das Energiesystem unterliegt einer Transformation
- Das [deutsche] Energiesystem ist Teil eines global vernetzten Systems und steht mit diesem in Wechselwirkung
- Nur eine globale Betrachtung kann zu einem wirklich resilienten und nachhaltigen System im übergreifenden Sinne führen.
- Forschung in verschiedenen Bereichen muss ineinander greifen, um den Systemgedanken möglichst umfassend zu beschreiben und zu gestalten:
  - Energiesystem, Szenarien und Transformationspfade
  - Lieferketten und Rohstoffversorgung
  - Wirtschaft und Marktdesign
  - Soziologische und politische Ebene
- Mehrdimensionales Denken, Forschen und Handeln ist notwendig  
... auch wenn die Aufgabe dadurch nicht einfacher wird!

# Making Utopia possible

Dr.-Ing. Karin Arnold  
Karin.arnold@wupperinst.org

Vielen Dank für Ihre  
Aufmerksamkeit!