ENERGIEVERSORGUNG – KRISENSZENARIEN, AUSWIRKUNGEN UND MÖGLICHE RESILIENZSTRATEGIEN

Hans Christian Gils

dafa Strategisches Forum „Agrarwirtschaft in Krisen — stark durch Resilienz“

Berlin, 2./3. November 2026

Institut für Vernetzte Energiesysteme



Strategien für nachhaltige Energiesysteme

Technologiebewertung, Ressourcenanalyse, Energieszenarien, Systemmodelle



Marktdesign und Geschäftsmodelle

Agentenbasierte Marktsimulation, Geschäftsszenarien



Ausgleich von Erzeugung und Nachfrage

Last- und Erzeugungsprognosen, Energiemanagement durch Sektorenkopplung und Speicherung



Netzmanagement: Strom-, Gas- und Fernwärmenetze

Integriertes Netzwerkmanagement, Systemdienste

Auslegung vernetzter Energiesysteme auf allen Aggregationsebenen

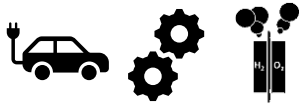
Was ist Energiesystemanalyse?

Aufzeigen von Wegen zu einer sicheren, kostengünstigen und nachhaltigen Energieversorgung

Technologien



Sektorenkopplung



Flexibilität



Versorgungssicherheit



Geschäftsmodelle

€

Ressourcen



Energienetze



Resilienz



Handel



Regulatorik

§

Energienachfrage



Szenarien



Klimawandel



Akzeptanz



Gerechtigkeit





HERAUSFORDERUNGEN FÜR DIE RESILIENZ DES ENERGIESYSTEMS

Herausforderungen für die Resilienz des Energiesystems

Externe Faktoren

Wetter, Klima, Natur

- Extremwetter: Dürre, Sturm, Flut, Hitze, Dunkelflaute
- Naturereignisse: Erdbeben, Vulkanausbrüche, Solarstürme
- Variabilität der Stromerzeugung
- Klimawandel: Veränderungen in Energienachfrage und -Erzeugung

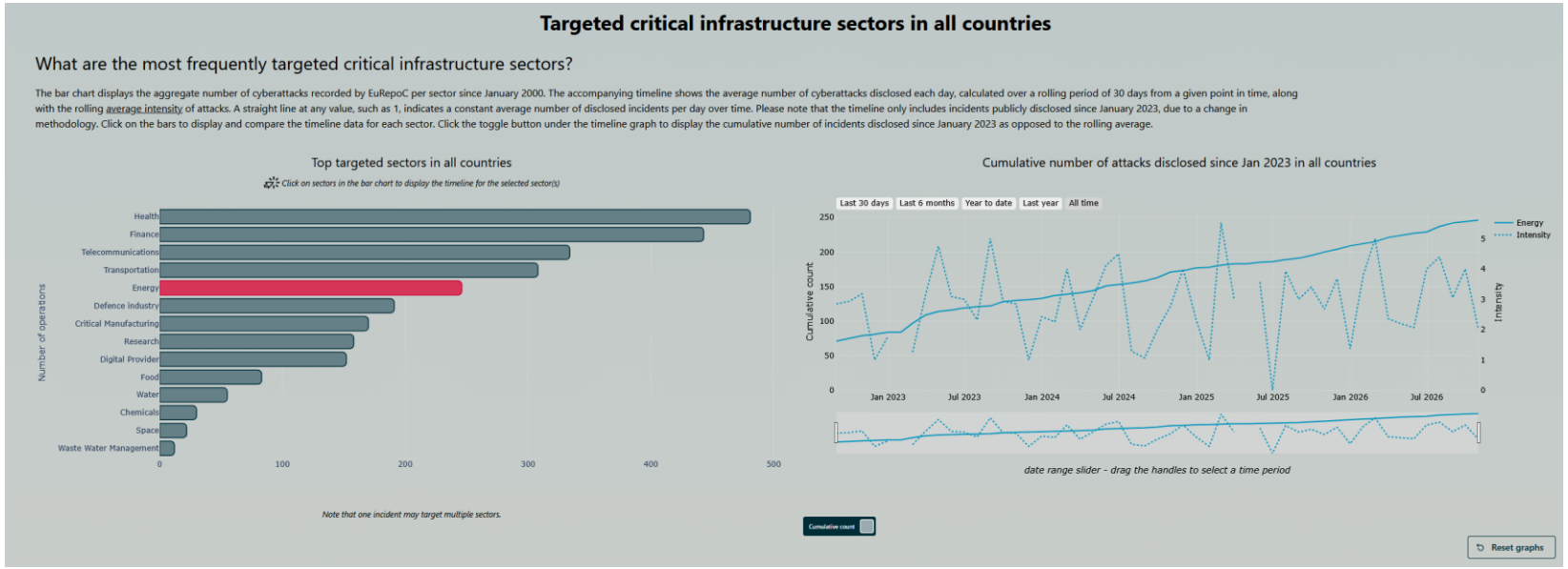
Politik und Geopolitik

- Versorgungsunterbrechungen bei Rohstoffen, Technologien, Komponenten, Energieträgern
- Handelsbeschränkungen

Angriffe

- Cyberangriffe auf Systeme
- Physische Angriffe auf Anlagen
- Biowaffenangriffe

Worauf müssen wir uns vorbereiten?



Screenshot: Critical Infrastructure Tracker, European Repository of Cyber Incidents, https://cit.eurepoc.eu/

Wetter, Klima, Natur

Anstieg von Wetterextremen von Klimaforschern prognostiziert und empirisch belegt

Angriffe

Angriffe nehmen zu, vielfältige Akteure und Ausprägungen, Trendumkehr nicht absehbar

Politik und Geopolitik

Aktuelle und sich abzeichnende geopolitische Krisen von Analysten meist auch identifiziert

Grundsätzliche Risiken und potenzielle Ausprägungen gut verstanden, Unkenntnis über Ort und Zeitpunkt

Herausforderungen für die Resilienz des Energiesystems



Interne Faktoren

Systemplanung

- Importabhängigkeit
- Mangel an Speichern, Netzen, Flexibilität, regelbaren Anlagen
- Fragmentierte Planung
- Fehlende Inselnetzfähigkeit
- Unklare Zuständigkeiten

Regulatorik

- Mangelnde Harmonisierung
- Fehlerhafte Anreize
- Fehlende Systemperspektive
- Veraltete Standards

Systembetrieb

- Steuerungsfehler
- Vorhersagefehler
- Technische Fehler
- Mangelnde Koordination
- Fehlende Steuerungsoptionen

Fotos: Hans Christian Gils



SYSTEMANALYTISCHE METHODEN DER RESILIENZBEWERTUNG

Foto: Heinke Meinen

Resilienzbewertung in der Energiesystemanalyse

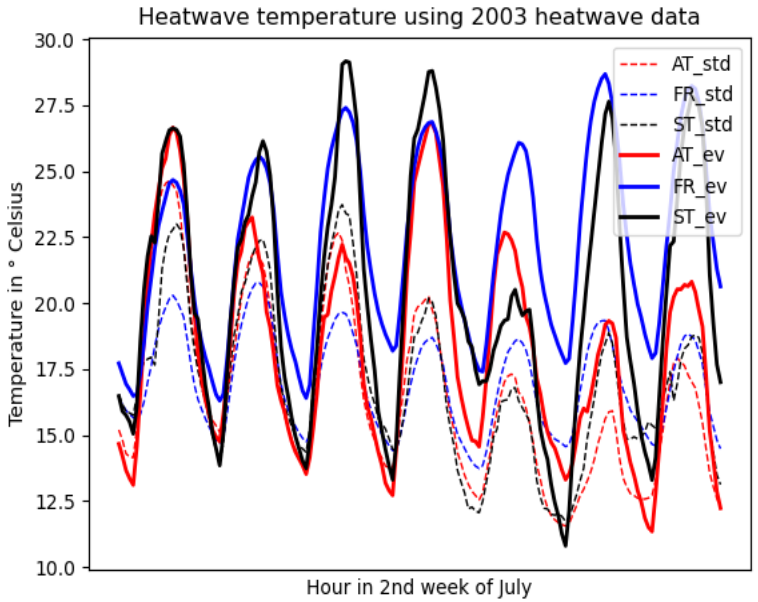
Stress-Szenarien | **Modellierung** | **Indikatorik** | **Analyse**

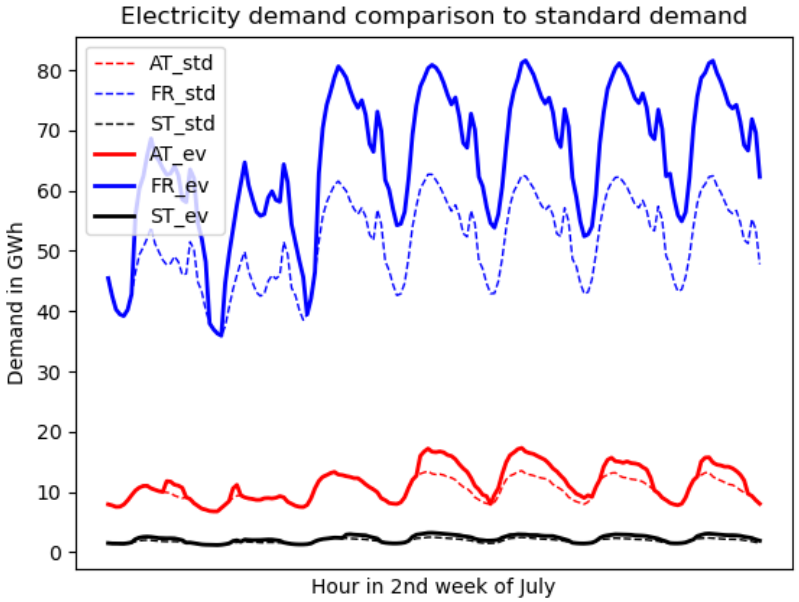
Zielsetzung: Resilienz in Auslegung und Betrieb von Energiesystemen

Interdisziplinärer Überblick zu Konzepten und Ansätzen:
Davy van Doren, Bert Droste-Franke, Gabriele Fohr (Eds)
Towards Energy System Resilience, Springer, 2026,
https://doi.org/10.1007/978-3-032-03187-7

Resilienzbewertung in der Energiesystemanalyse

Stress-Szenarien | Modellierung | Indikatorik | Analyse





Charakterisierung von Szenarien

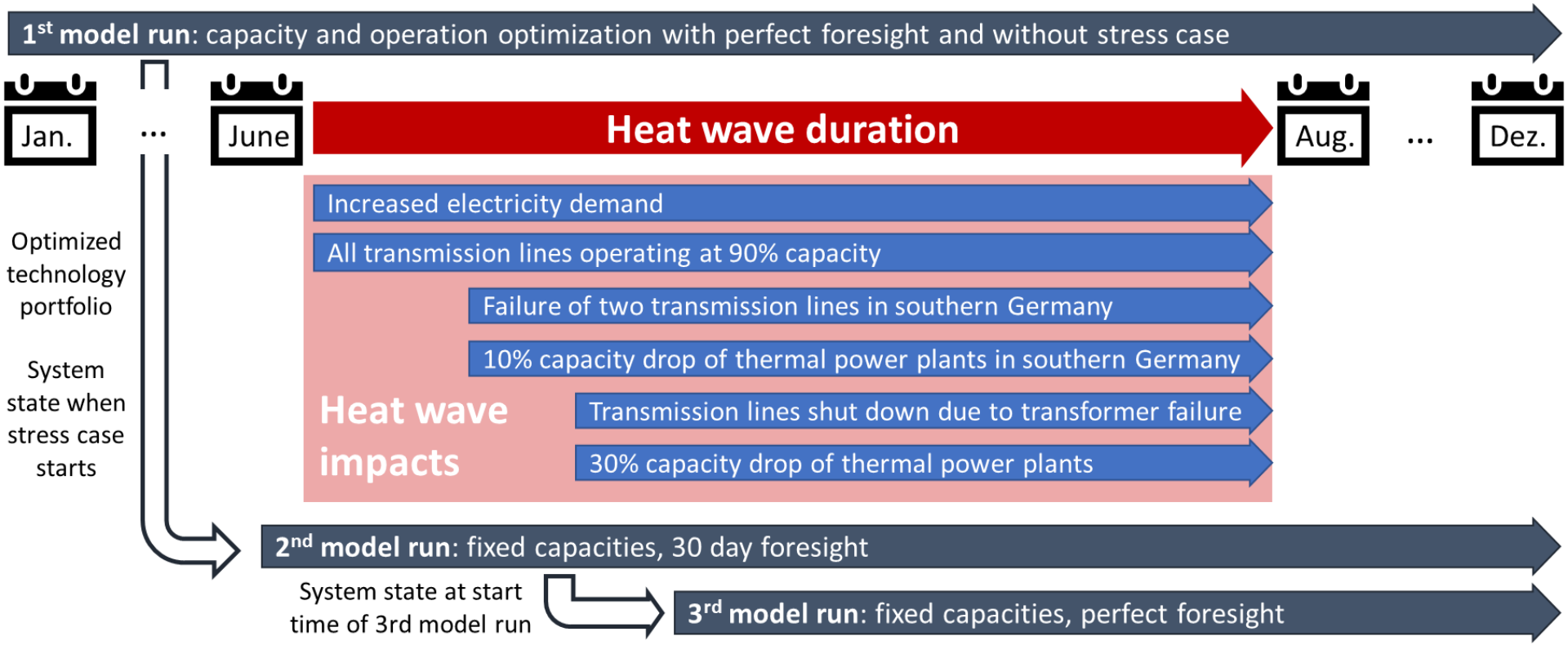
Hitzewellen, Überflutungen, Schneestürme, Dunkelflauten, Cyber-Angriffe, Ausfälle der Offshore-Wind-Konverter

Quantifizierung der Auswirkungen

- Verlust von Infrastrukturen
- Änderungen in der Energienachfrage
- Ressourcen-/Importverfügbarkeit
- Kaskadeneffekte

Resilienzbewertung in der Energiesystemanalyse

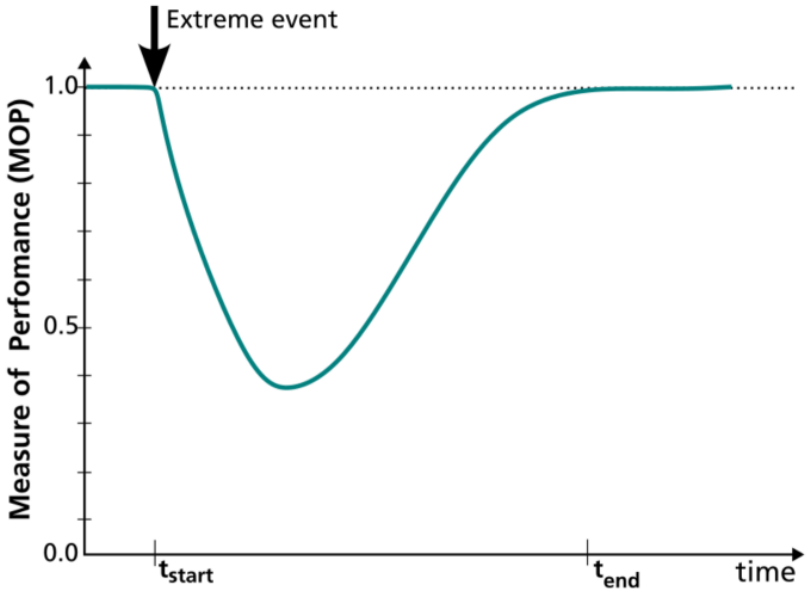
Stress-Szenarien | **Modellierung** | Indikatorik | Analyse

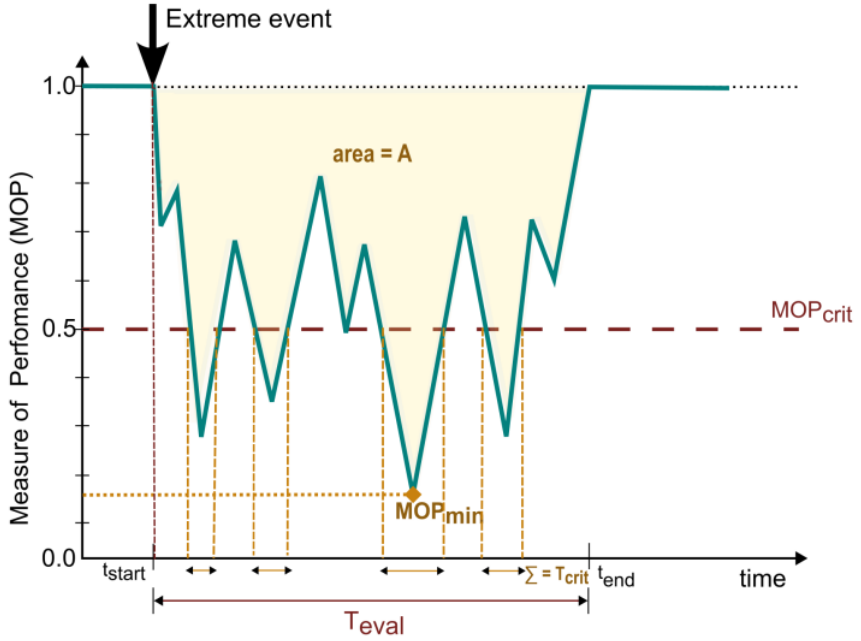


Gils, H.C., Yeligeti, M. (2026). Using Optimising Infrastructure Planning Models for the Resilience Assessment of Future Integrated Energy Systems. https://doi.org/10.1007/978-3-032-03187-7_13

Resilienzbewertung in der Energiesystemanalyse

Stress-Szenarien | Modellierung | **Indikatorik** | Analyse





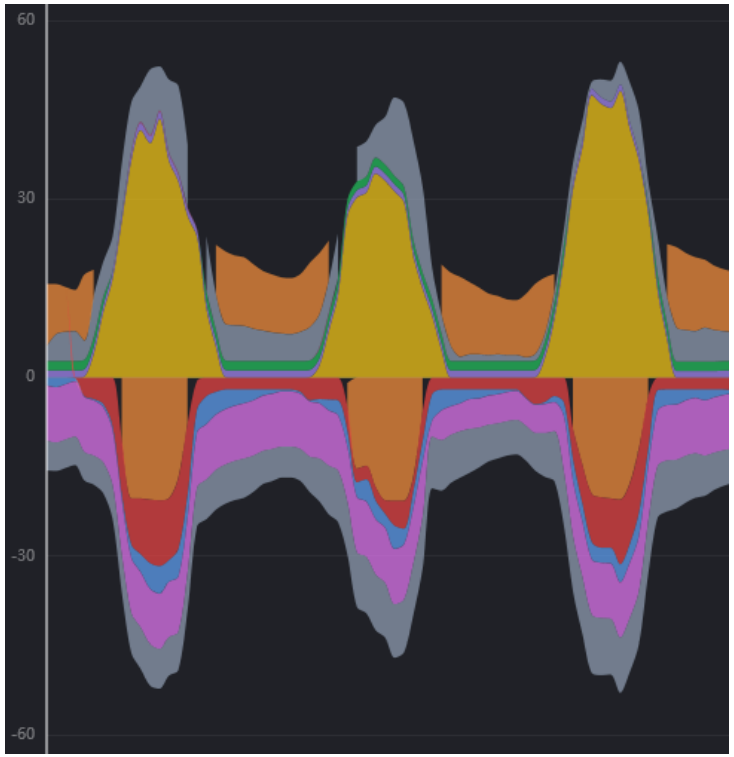
$$R = R_{area} \cdot R_{min} \cdot R_{crit} \cdot R_{rec}$$

Yeligeti M., Gils H.C., Nowak W. (2025) A composite metric for evaluating system resilience with non-idealistic performance curves. PLoS One 20(11):e0335909. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0335909

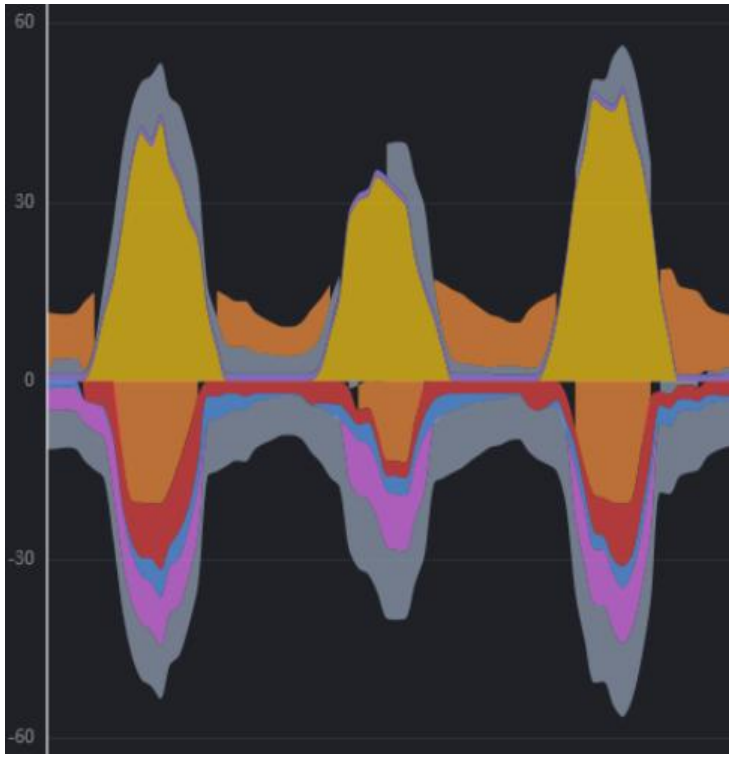
Resilienzbewertung in der Energiesystemanalyse

Stress-Szenarien | Modellierung | Indikatorik | **Analyse**

Normalbetrieb



Hitzewelle





Systemreaktion auf Stressfälle



STEIGERUNG DER RESILIENZ UND RELEVANZ FÜR DEN AGRARSEKTOR

Foto: Hans Christian Gils

Was steigert die Resilienz des Energiesystems

Vorsorge | **Vorbereitung** | **Monitoring**

Systemplanung

- Reduktion von Abhängigkeiten
- Diversifizierung der Energiequellen
- Ausreichende Vorhaltung von Kapazität und Flexibilität
- Sektoren-/Energieträger-übergreifende Planung
- Klare Zuständigkeiten
- Zusammenarbeit zwischen Akteuren
- Steigerung der Klimaresilienz von Anlagen

Systembetrieb

- Schutz kritischer Infrastrukturen
- Steigerung der Wiederherstellungsfähigkeit
- Vorhaltung von Reserven
- Reduktion von Vorhersagefehlern
- Schulung für Extremsituationen
- Etablierung von Inselnetzfähigkeit

Regulatorik

- Europäische Harmonisierung
- Resilienz-orientierte Anreize
- Integrierte Systemperspektive
- Aktualisierung von Standards

Kaskadeneffekte und Wirkung auf den Agrarsektor

- Strom: hohe Abhängigkeit zieht sich durch alle Lebensbereiche und Wirtschaftssektoren
- Ansatzpunkte für den Agrarsektor:
  - Dezentrale Erzeugung (Solar, Biomasse, Wind) und Speicherung
  - Inselnetzfähigkeit (gemeinschaftliche Lösungen)
  - Vorhaltung von Alternativen
- Kraftstoffe: Stand heute unverzichtbar für viele Fahrzeuge und Anlagen
- Ansatzpunkte für den Agrarsektor:
  - Kosten(risiken) durch Substitution reduzieren
  - Vorzugsbehandlung im Krisenfall ggü. Strom leichter zu realisieren

Fazit

- Transformation, Klimawandel und politische Weltlage stellen neue Anforderungen an die Resilienz von Energiesystemen
- Wetterextreme werden zunehmen, Angriffe vermutlich auch
- Vorsorge, Vorbereitung und Monitoring sind nötig zur Steigerung der Resilienz
- Wir alle sind gefordert



Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.
Institut für Vernetzte Energiesysteme, Abteilung Energiesystemanalyse

Dr.-Ing. **Hans Christian Gils** |Telefon +49 711 6862-477 | hans-christian.gils@dlr.de

FRAGEN UND DISKUSSION

Gefördert durch:

Bundesministerium für Forschung, Technologie und Raumfahrt

Gefördert durch:

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie

aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

Die hier dargestellten Forschungsarbeiten wurden realisiert im Rahmen der Projekte *ReMoDigital* (BMWE, FKZ 03EI1020B), *FORTE* (BMFTR FKZ 13N17705) sowie dem Helmholtz-Forschungsprogramm *Energiesystemdesign*

Foto: Hans Christian Gils