



DIGITALIZATION AND INNOVATION

Neue Ansätze sozio-ökologischer Technikfolgenabschätzungen in der landwirtschaftlichen Produktion

Name: Mag. Kevin Mallinger

Supervisor:

Univ.Prof. DI Dr. Erwin Schmid

Univ.Prof. DI Dr. A Min Tjoa

Mag. DI DR. Thomas Neubauer



University of Natural Resources
and Life Sciences, Vienna



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
WIEN

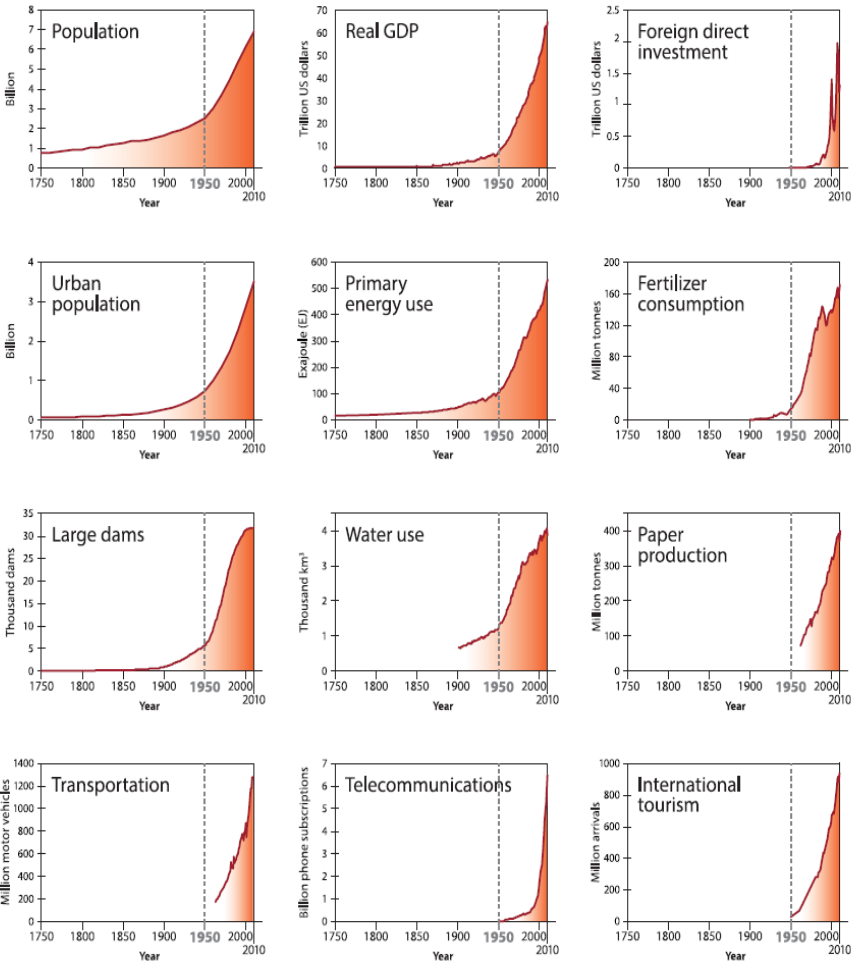
Vienna University of Technology

**FORUM
MORGEN**

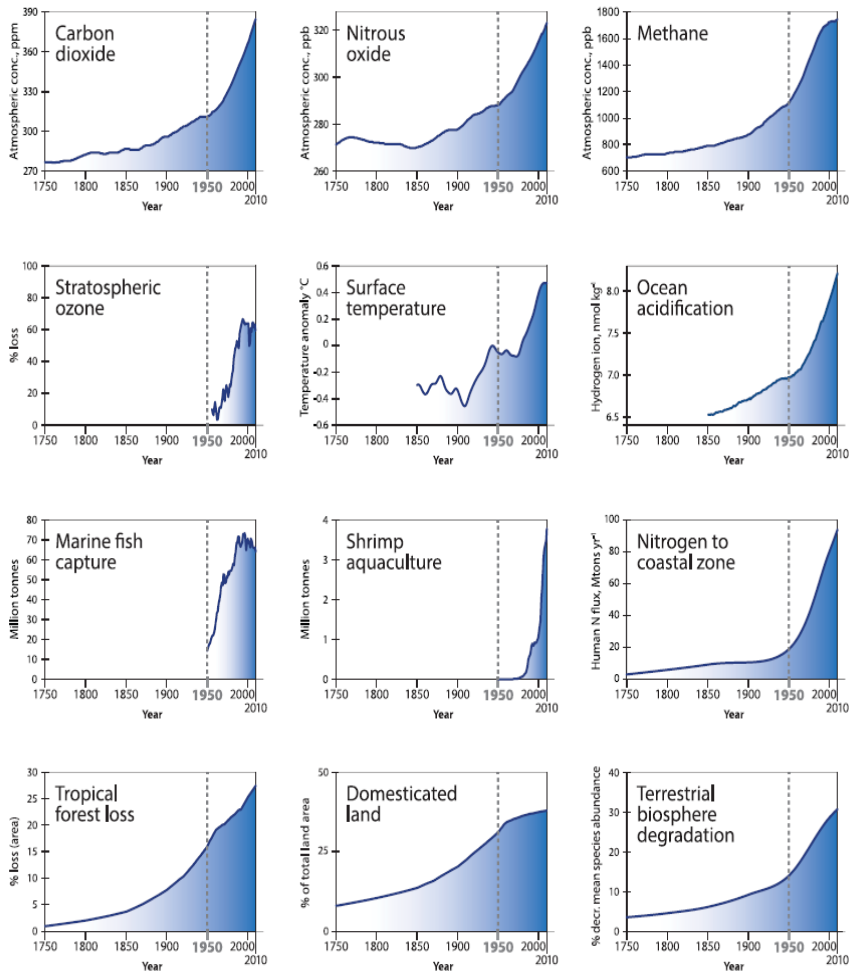


Anthropozän - Abkoppelung

Socio-economic trends



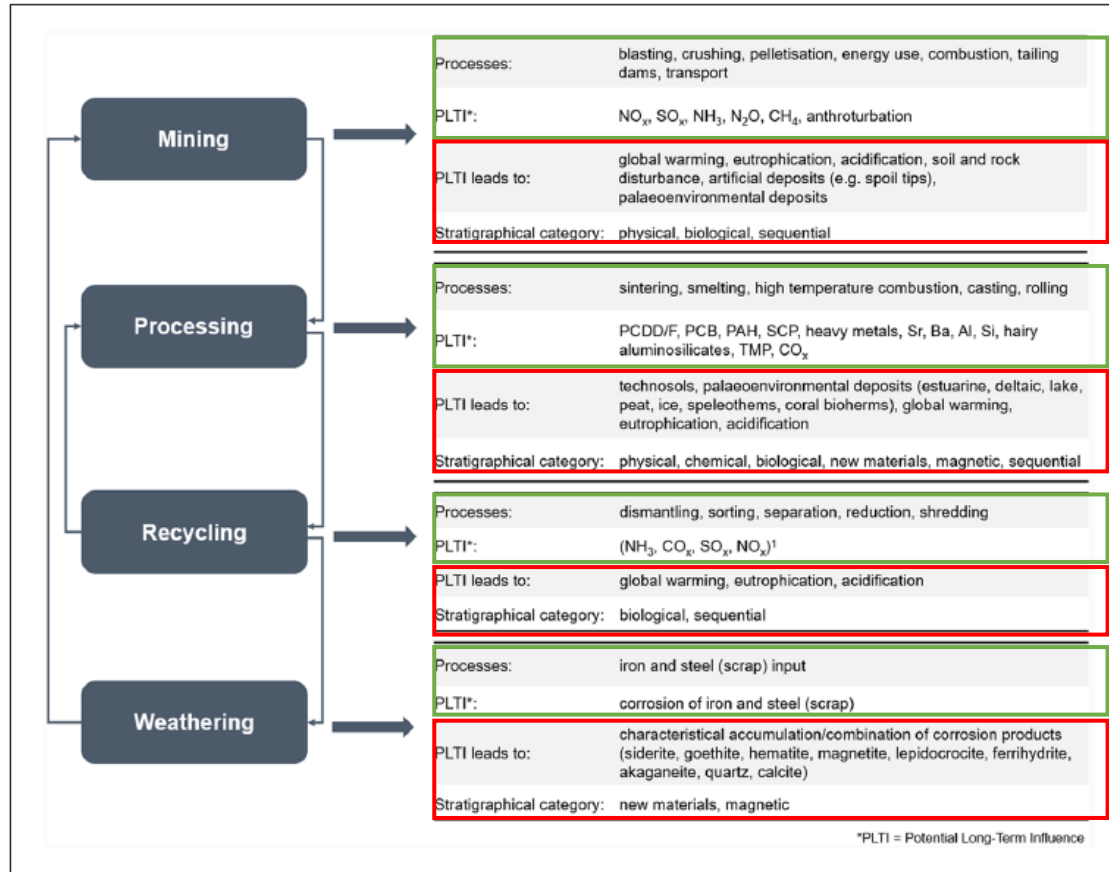
Earth system trends



Steffen et al. 2015



Limits von Nachhaltigkeitsbewertungen

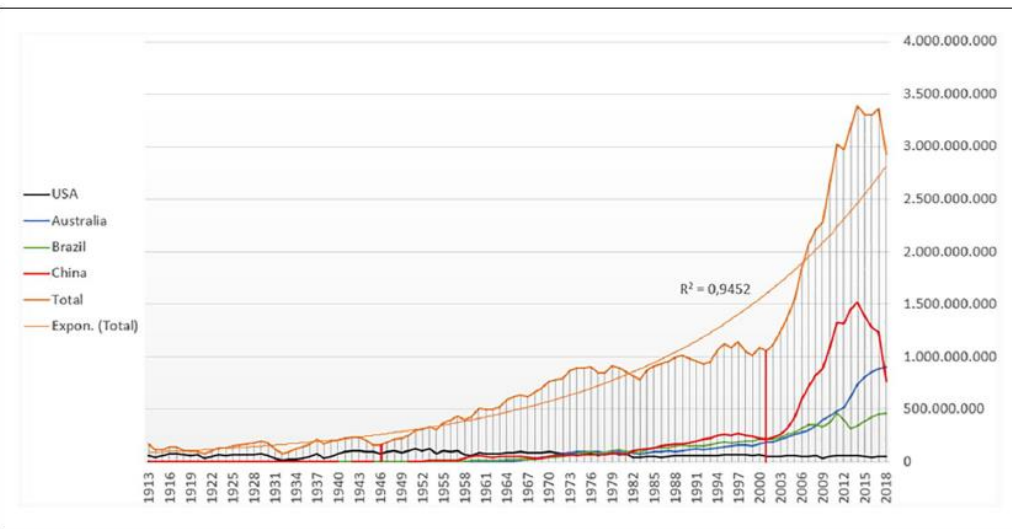


OVATION

Gute Metrik für einfache und bekannte Verbindungen

Keine Darstellung komplexer ökologischer Systemzusammenhänge

Mallinger & Mergili, 2020



Kernprobleme

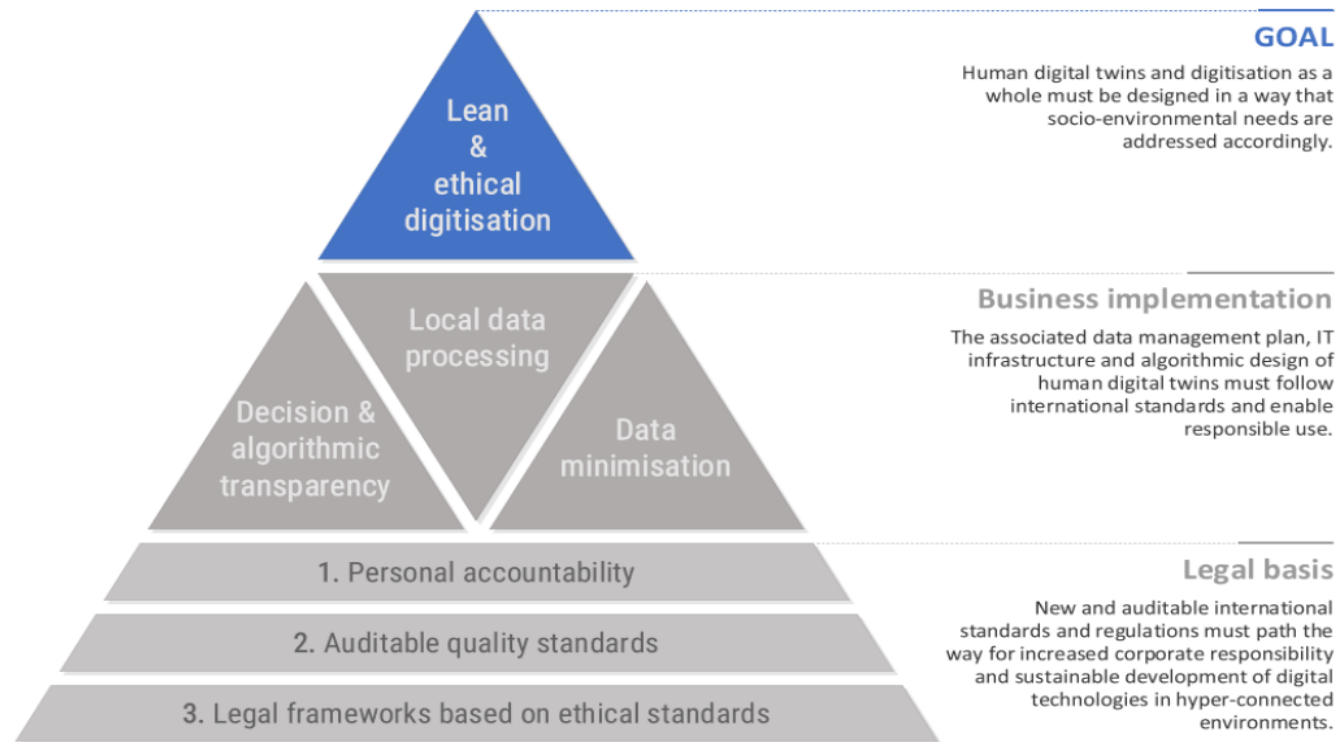
- Fehlende Methodik für organisierte Komplexität
- Unterschiedliche wissenschaftliche Zielsetzungen (SES, STS, etc.)
- Management Praktiken für nachhaltigen Technologieeinsatz
- Erhöhung der Gesamt-Komplexität durch Technologieeinsatz
- Nutzen von Technologien schwer messbar (Ungewissheit von Systemparametern, nicht-lineares Verhalten, Rückkoppelungsprozesse, etc.)
- Wandel von Technologie als Problemtreiber hin zur Lösung

Forschungsfragen

- Schaffung eines konzeptionellen Rahmens und einer Anforderungsanalyse für den Umgang mit Unsicherheiten bei der Implementierung von Technologien in sozio-ökologischen Kontexten (STES-Ansatz), die ein komplexes Verhalten aufweisen (Nichtlinearität, Rückkopplungszyklen, emergente Phänomene) und sich somit im Gleichgewicht mit ihrer natürlichen Umwelt bewegen
- Methoden zu finden, die die jeweilige Komplexität quantifizierbar machen und so die Auswirkungen der Technologien in Bezug auf Nachhaltigkeit und Widerstandsfähigkeit erfassen.

Mindestanforderungen für nachhaltige Digitalisierungsprozesse

Figure 1: Lean & ethical digitisation approach



Beispiel für einen nachhaltigen Digitalisierungsansatz für Digital Twins im Rahmen von STES (social-technological-ecological system)

Mallinger et al., 2021

Naturgeleitete Frameworks für Technologie-Design

| Ecological resilience design principles | MITRE Techniques | | | | | | | | | | | | | |
|---|-------------------|---------------------|---------------------|-----------|-----------------|---------------------|---------|-----------------|-----------------------|-------------|------------|--------------|---------------|------------------|
| | adaptive response | analytic monitoring | coordinated defense | deception | diversification | dynamic positioning | dynamic | non-persistence | privilege restriction | realignment | redundancy | segmentation | substantiated | unpredictability |
| Diversity/Redundancy | B | | B/U | B | B/U | B | | B | | | B/U | B/U | | B |
| Manage Connectivity | B/U | U | B | U | U | | | U | U | U | | U | U | U |
| Slow Variables & Feedbacks | | U | | | | | U | | | U | | | | |
| Complex Adaptive Systems | U | U | U | B/U | U | U | U | U | | U | | U | | B/U |
| Learning | B | U | B | | | | B/U | | | B | | | U | |
| Broaden Participation | B | | B | | B | | | | | | B | | | |
| Polycentric (Governance) Systems | B | | B | | B/U | B/U | | U | U | B | B/U | B/U | | |

Mallinger et al., 2020

Tabelle 1: Ökologische Resilienz - Gestaltungsprinzipien (DP) und ihre sich gegenseitig ergänzenden Techniken (U = DP nutzt Technik; B = DP als Grundlage oder Unterstützung für Technik) (eigene Darstellung)

Komplexität/Resilienz/ Nachhaltigkeit



- Die Untersuchung beider Ansätze könnte zu einem umfassenderen Verständnis des Verhaltens und der Anfälligkeit komplexer Netzwerke führen.
- Das Verständnis der Interdependenzen und der sich überschneidenden Konzepte ermöglicht es, mit der Quantifizierung von Resilienzmerkmalen zu beginnen und damit die Beziehung zur Nachhaltigkeit und Resilienz besser zu verstehen.

Mögliche Vorteile:

- Beschreibung komplexer Systeme mit unvollständigem Wissen der Systembeziehungen
- Frühwarnsystem für bevorstehende Systemveränderungen (Regime-Shifts)
- Berechnung von Resilienzparametern anhand von Zeitreihen





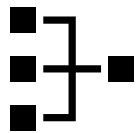
DIFFICULTY OF DESCRIPTION

Measured in bits



DIFFICULTY OF CREATION

Measured in time, energy, dollars.



DEGREE OF ORGANIZATION

Measuring the difficulty of describing organizational structure and the amount of information shared between parts.

Komplexitätsmetriken

| Komplexität der Beschreibung | Komplexität der Entstehung | Grad der Organisation |
|------------------------------|----------------------------|------------------------------|
| Entropy | Computational complexity | Metric entropy |
| Fisher information | Logical depth | Effective measure complexity |
| Chernoff information | Thermodynamic depth | Stochastic complexity |
| Fractal Dimension | Crypticity | Hierarchical complexity |

Example: Fisher information

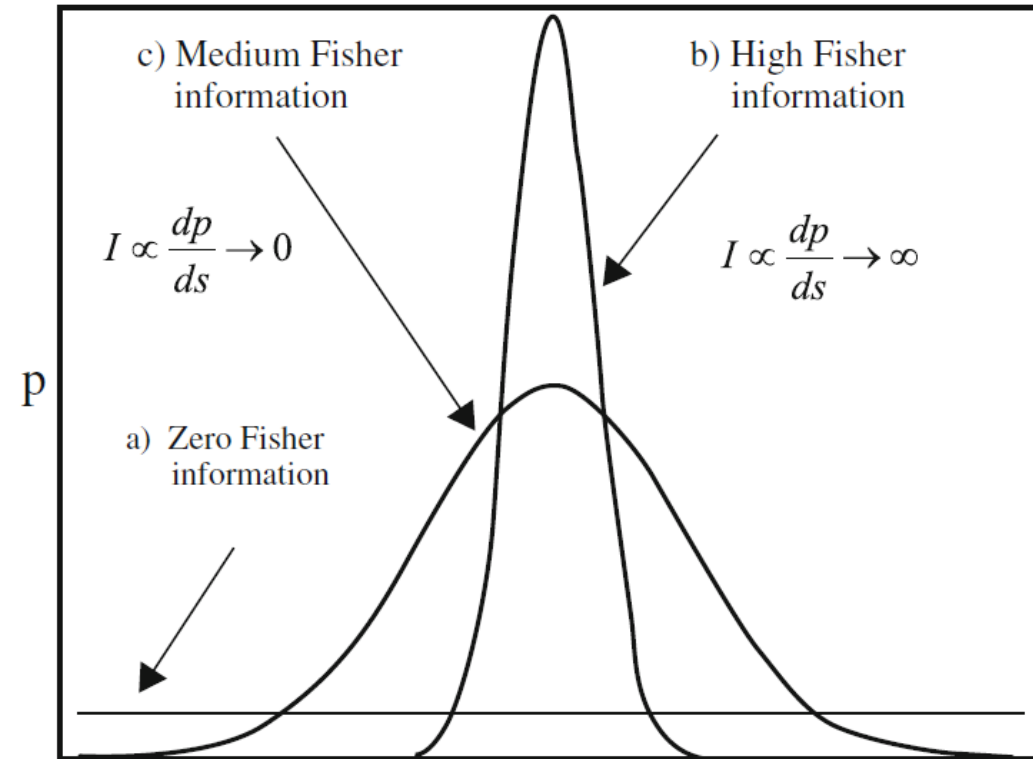
$$I = \int \frac{ds}{p(s)} \left[\frac{dp(s)}{ds} \right]^2$$

↓

$$\frac{dp}{ds} = 2q \frac{dq}{ds} \therefore \left(\frac{dp}{ds} \right)^2 = 4q^2 \left(\frac{dq}{ds} \right)^2$$

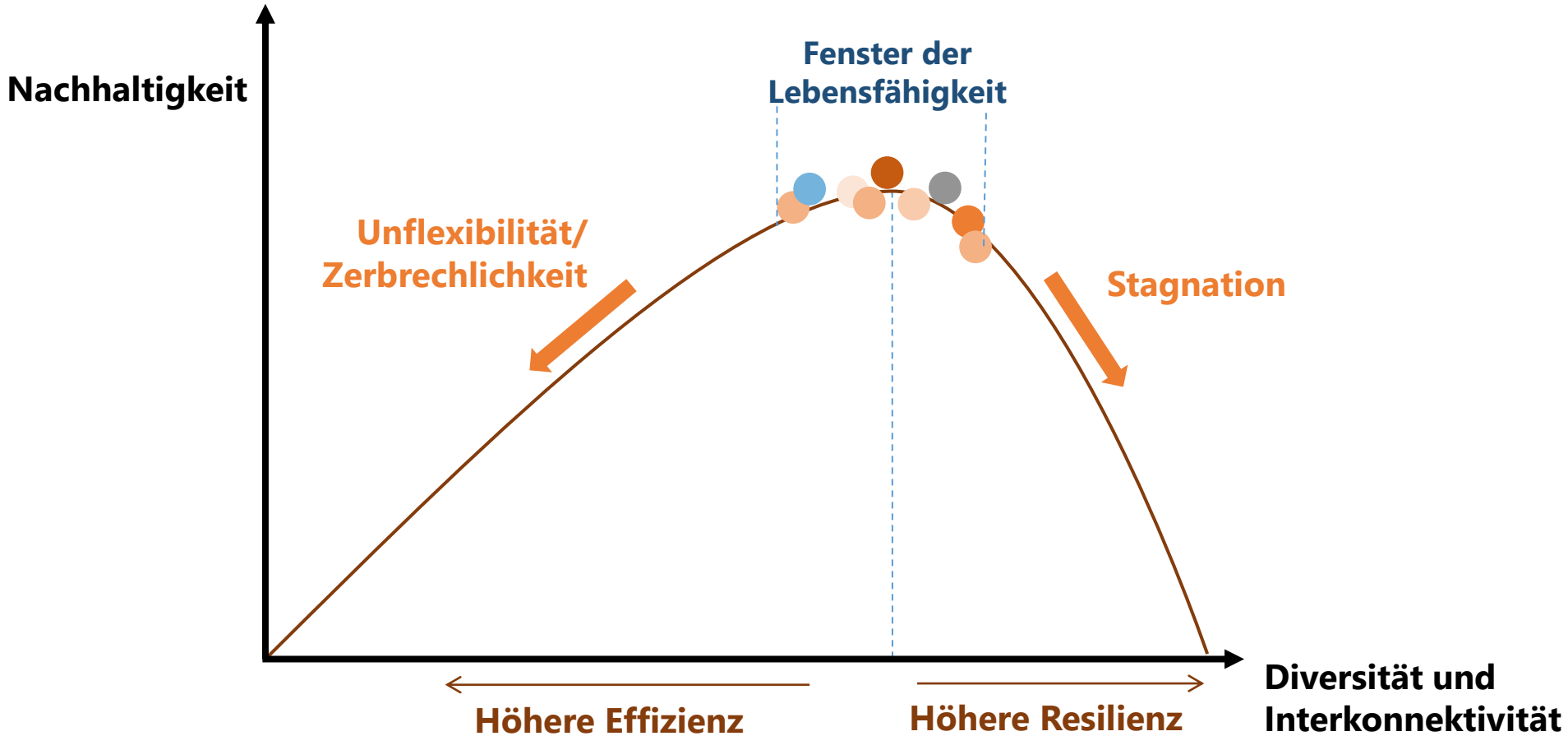
↓

$$I = 4 \int \left[\frac{dq(s)}{ds} \right]^2 ds$$

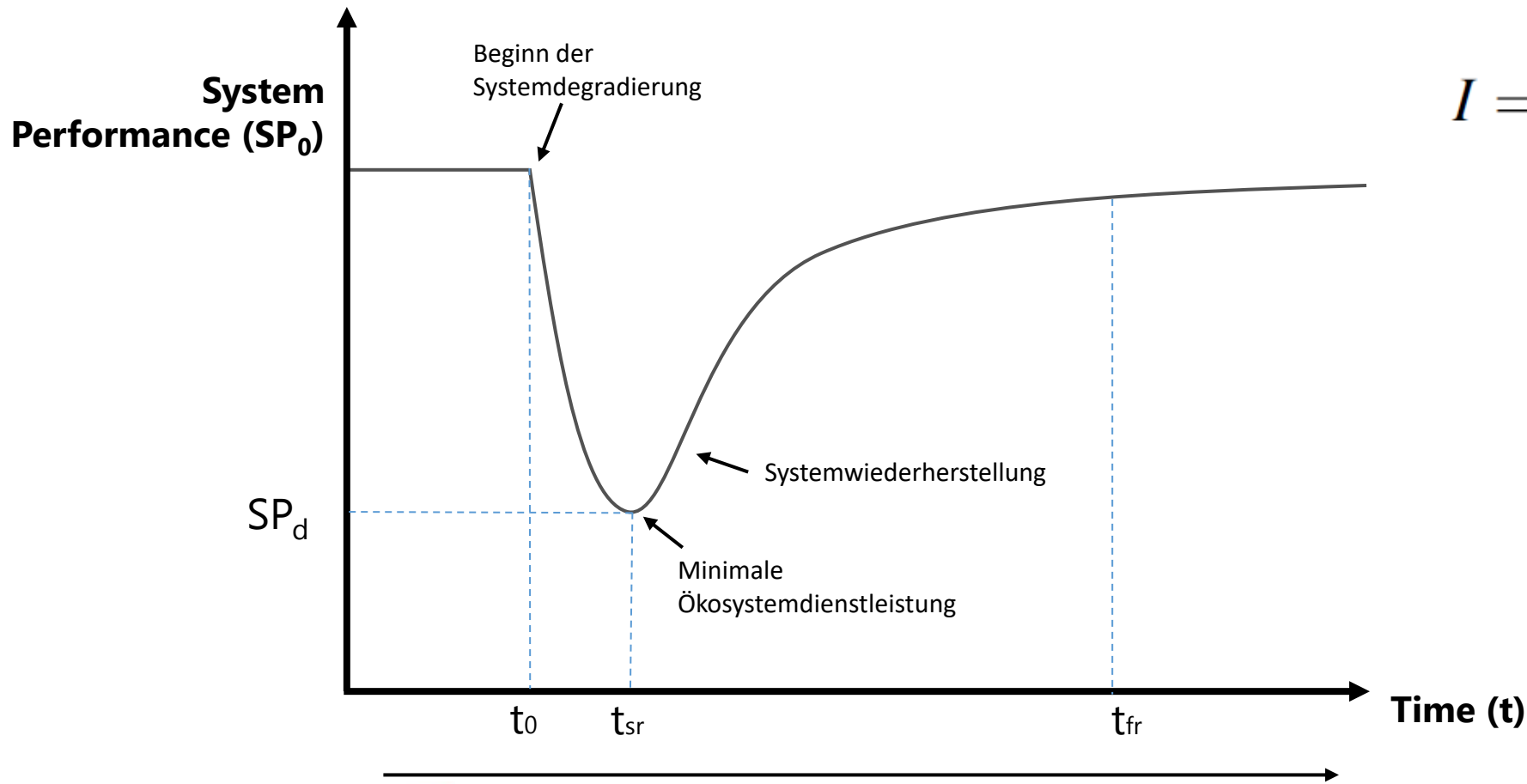


Eason et al. 2013

Beschreibung von Natursystemen



Umwandlung in Resilienzmetrik



$$I = 4 \sum_{i=1}^n [q_i - q_{i+1}]^2$$

Ein zeitvariantes System hat eine Kurve in einem durch n-Dimensionen (x_i) und Zeit (t) definierten Phasenraum. Jeder Punkt der Trajektorie ist durch spezifische Werte für jede der Variablen (d. h. pt_i : [$x_1(t_i), x_2(t_i), x_3(t_i), \dots, x_n(t_i)$]).

Basierend auf Lietaer, 2011

Naturbeispiele

- Regenfälle
- Eutrophierung von Seen
- Pacific Decadal Oscillation

- Hypothese: Komplexitätsberechnungen basierend auf Bodencharakteristiken als Indikatoren für Nachhaltigkeit von Böden (Biologische-, Chemische- und Physikalische Bodendegradation)

**University of Natural Resources and Life Sciences, Vienna
Technical University of Vienna**

**Department of Sustainable Agricultural Systems
Institute of Agricultural Engineering**

**Institute of Information Systems Engineering
Research Unit Information and Software Engineering**

Kevin Mallinger, PhD Researcher

Peter-Jordan-Street 82, A-1190 Vienna
Tel.: +43 1 47654-93100, Fax: +43 1 47654-93109
<https://dilaag.boku.ac.at>; www.boku.ac.at/ilt

Literature

- Eason T., Garmestani S. A. & Cabezas H. (2011): Managing for resilience: early detection of regime shifts in complex systems. – Clean Technologies and Environmental Policy 16: 773-783.
- Lietaer B. (2011). Monetary Monopoly as Structural Cause for Systemic Financial Instability? Corporate and Social Transformation of Money and Banking: 25-55. doi:10.1057/9780230298972_2
- Mallinger K., Schatten A., Sendera G., Klemen M. & Tjoa A.M. (2021): Potential Threats of Human Digital Twins for Digital Sovereignty and the Sustainable Development Goals. – UN IATT Report 2021: Emerging science, frontier technologies, and the SDGs – Perspectives from UN system and science and technology communities.
- Mallinger K., Schatten A. & Ullrich J. (2020): From Ecology to Cybersecurity: an interdisciplinary application of resilience principles for smart grid designs. – Disaster Research Days 2020, Book-of-Abstracts, Innsbruck: 66-71.
- Mallinger K. & Mergili M. (2020): The Global Iron Industry and the Anthropocene. – The Anthropocene Review, DOI: [10.1177/2053019620982332](https://doi.org/10.1177/2053019620982332).
- Steffen W., Broadgate W., Deutsch L., Gaffney O. & Ludwig C. (2015): The trajectory of the Anthropocene: The Great Acceleration. – The Anthropocene Review 2 (1): 81-98.