

Messung des Systemdenkens am Beispiel eines thermodynamischen Systems

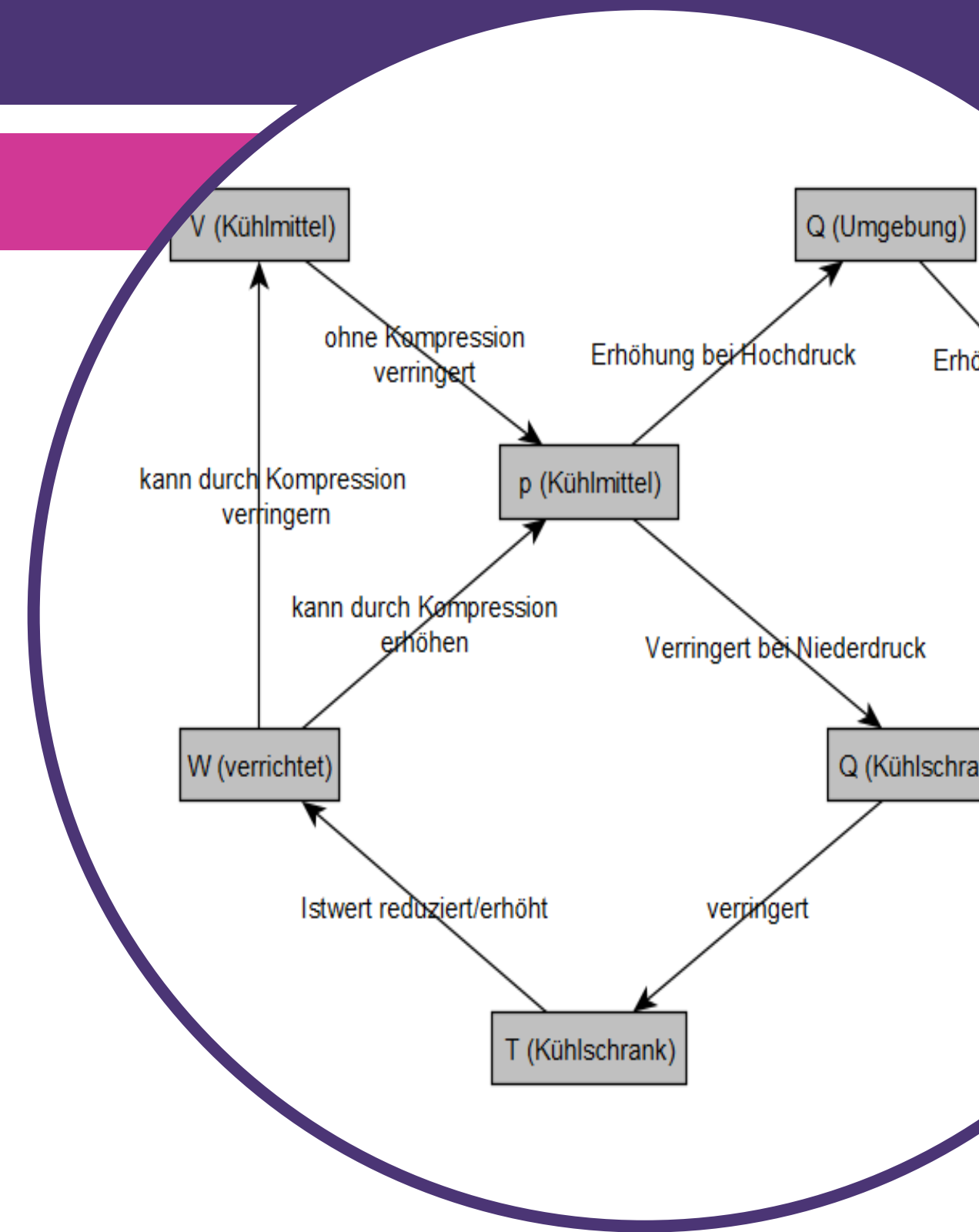
Maike Sauer, Lara Trani, Sandra Nitz, Alexander Kauertz

Theoretische Grundlagen

In der Physik werden Aspekte des Gleichgewichts und der Energieerhaltung meist unter dem Basiskonzept System betrachtet (KMK, 2004). Für ein Verständnis von Systemen wird die kognitive Fähigkeit des Systemdenkens benötigt (Ben-Zvi Assaraf & Orion, 2005). Anders als in der Biologie- und Geographiedidaktik liegen in der Physik und der Chemie kaum empirische Studien dazu vor (York et al., 2019). Aktuelle Messinstrumente zum Systemdenken wurden speziell für eine Domäne entwickelt und sind daher schwer auf andere Kontexte und Systeme übertragbar (Mambrey et al., 2020; Mehren et al., 2018; Roczen et al., 2021). Die Methode des Concept Mapping gilt als relevantes Instrument zur Förderung und Diagnose von Systemdenken (Khajeloo & Siegel, 2022).

Desiderate

- I. Es wird ein Messinstrument zum Systemdenken benötigt, das sich auf verschiedene Systeme übertragen lässt.
- II. Für Prä-Post Vergleiche und experimentelle Studien mit größeren Stichproben fehlt ein quantitatives Auswertungsverfahren für (Gruppen-) Concept Maps.



Forschungsfrage

Inwiefern ermöglicht die Methode der Netzwerkanalyse Gruppenvergleiche von Concept Maps und deren Interpretation im Hinblick auf das mittlere Systemdenken einer Gruppe?

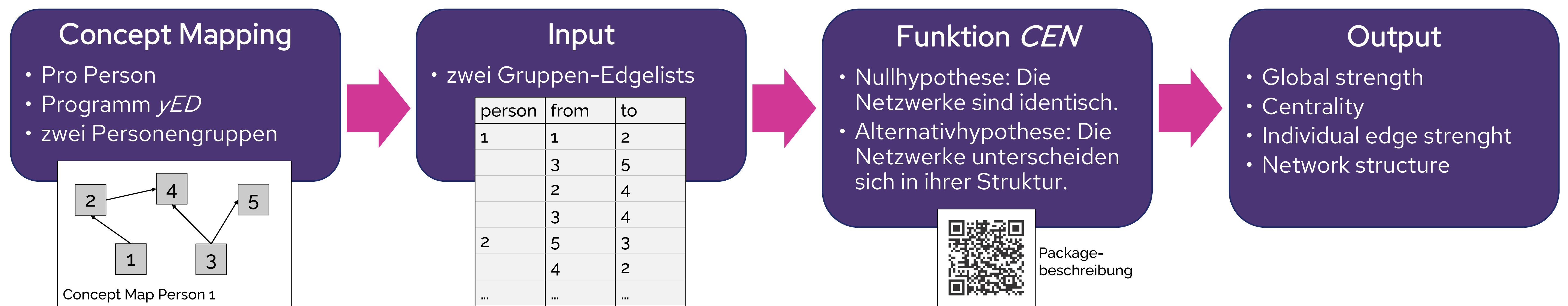
Methodik

1. Testentwicklung

Erstellung der R-Funktion *CompareEdgelistNetworks (CEN)* auf Basis der *NCT-Funktion* von van Borkulo et al. (2022): Permutationsbasierter Hypothesentests zum Vergleich zweier Gruppen-Netzwerke.

2. Simulationsstudie

Poweranalyse anhand von Beispieldatensätzen: Ermittlung der Aussagekraft der Teststatistik sowie des Einflusses verschiedener Variablen.



Ergebnisse

Tab. 1 : Aussagen der *CEN*

Invarianzmaß	Concept Maps	Fachdidaktische Interpretation
global strenght	Kantenanzahl (Ossimitz, 2000)	• Vernetztheit/ Komplexität
centrality	Knotenzentralität (Gehl, 2013)	• Wichtige Begriffe • Fokusunterschiede der Begriffe
network structure	Stärkster Kantenunterschied	• Wichtigste Ursache-Wirkungs-Beziehung • Größter Verständnisunterschied
individual edge strenght	Vergleich jeder einzelnen Kante (Clausen & Christian, 2012)	• Vgl. network structure zweier Gruppen

1. Testentwicklung

- Invarianzmaße der *CEN* sind vergleichbar mit gängigen Auswertungsparametern von Concept Maps (Tab. 1)

2. Simulationsstudie

Am Beispiel des Invarianzmaßes *global strenght* (Abb. 1):

- *CEN* nur um das Signifikanzniveau fehleranfällig (Vermeidung durch hohe Permutationszahl möglich)
- *CEN* weist sehr gute Power auf (Voraussetzung: passende Wahl der Permutationszahl)
- Auf kleine Netzwerke und Personengruppen anwendbar

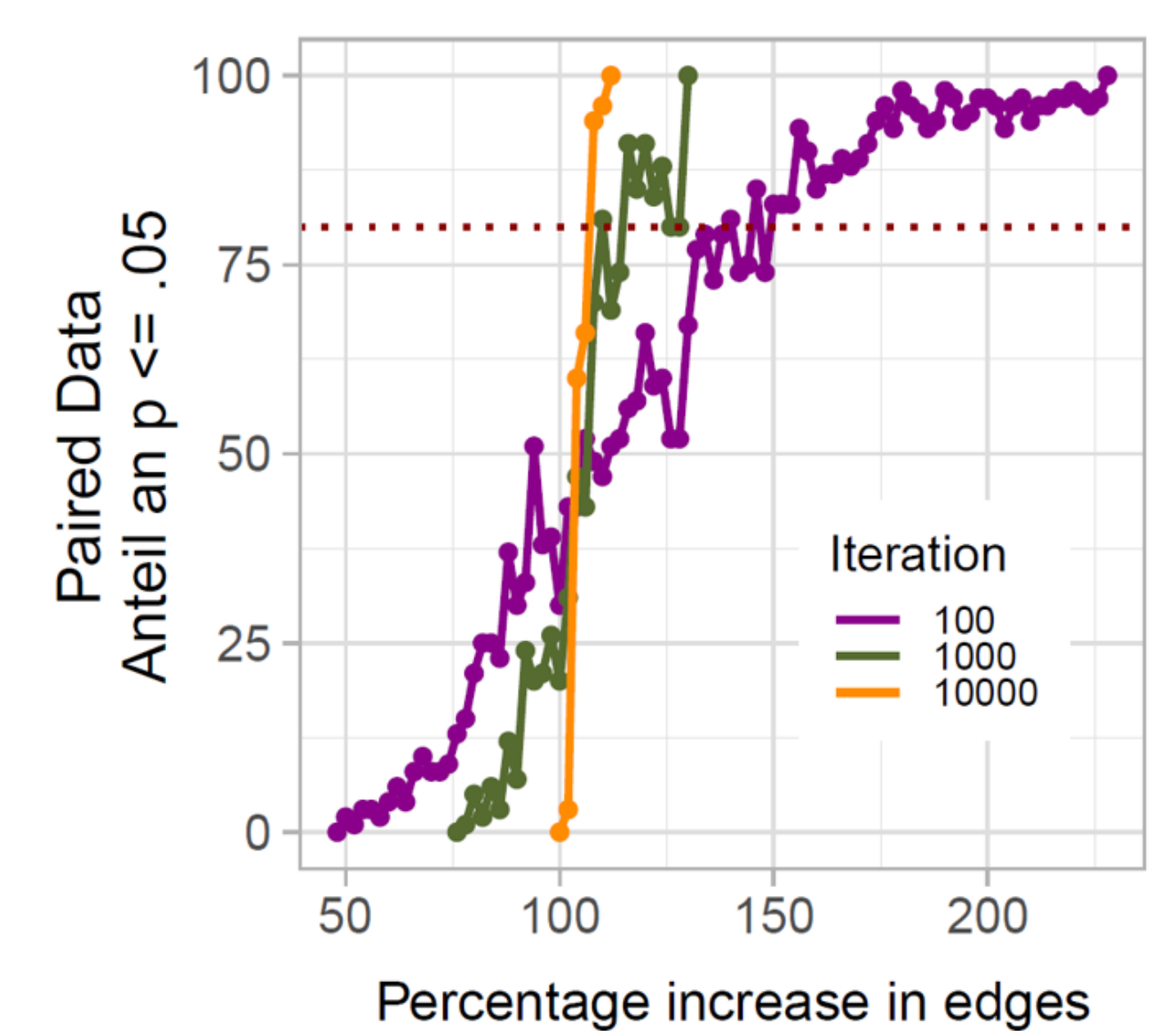


Abb. 1 : Power der *CEN* im kritischen p-Wert Bereich für das Invarianzmaß *global strenght* am Beispiel eines großen Netzwerks. Der Iterationswert entspricht der Permutationszahl.

Diskussion

- *CEN* ermöglicht eine schnellere und standardisierte Auswertung von Gruppen-Concept Maps
- Die Aussagekraft der Teststatistik der *CEN* ist gut
- Beitrag zum Verstehen des physikalischen Grundkonzepts System: Das thermodynamische Systembeispiel stellt fachspezifische Systemmerkmale anhand der Wechselwirkung zwischen Zustands- sowie Prozessgrößen dar, welche auf andere thermodynamische Systeme und Themenbereiche übertragen werden können.

Ausblick

Inwiefern sich mit der *CEN* das Systemdenken messen lässt, muss noch untersucht werden.

Geplant ist folgende Validierungsstudie:

- Erhebung von Concept Maps zu zwei Systemen bei Studierenden im Prä-Post-Design mit Kontrollgruppe
- Separate Auswertung der Concept Maps mit Strukturindex
- Klärung der Konstruktvalidität durch einen Vergleich der Daten mit einem gegebenen Messinstrument zum Systemdenken

LITERATUR

Ben-Zvi Assaraf, O. & Orion, N. (2005). Development of system thinking skills in the context of earth system education. *Journal of Research in Science Teaching*, 42(5), 518–560. <https://doi.org/10.1002/tea.20061>
 Clausen, S. & Christian, A. (2012). Concept Mapping als Messverfahren für den außerschulischen Bereich. *Journal für Didaktik der Biowissenschaften*, 3, 18–31.
 Gehl, D. (2013). Concept Mapping als medienwissenschaftliche Methode. In D. Gehl (Hrsg.), *Vom Betrachten zum Verstehen* (S. 95–155). Springer Fachmedien Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-531-19823-1_4
 Khajeloo, M. & Siegel, M. A. (2022). Concept map as a tool to assess and enhance students' system thinking skills. *Instructional Science*, 50(4), 571–597. <https://doi.org/10.1007/s11251-022-09586-5>
 KMK, Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland (Hrsg.). (2004). *Bildungsstandards im Fach Physik (Chemie/Biologie) für den Mittleren Schulabschluss*. Luchterhand.
 Mambrey, S., Timm, J., Landskron, J. J. & Schmiemann, P. (2020). The impact of system specifics on systems thinking. *Journal of Research in Science Teaching*, 57(10), 1632–1651. <https://doi.org/10.1002/tea.21649>
 Mehren, R., Rempfler, A., Buchholz, J., Hartig, J. & Ulrich-Riedhammer, E. M. (2018). System competence modelling: Theoretical foundation and empirical validation of a model involving natural, social and human-environment systems. *Journal of Research in Science Teaching*, 55(5), 685–711. <https://doi.org/10.1002/tea.21436>
 Ossimitz, G. (2000). *Entwicklung systemischen Denkens: [theoretische Konzepte und empirische Untersuchungen]*. Zugl.: Klagenfurt, Univ., Habil.-Schr., 2000. *Klagenfurter Beiträge zur Didaktik der Mathematik: Bd. 1*. Profil-Verl.
 Roczen, N., Fischer, F., Fögele, J., Hartig, J. & Mehren, R. (2021). Measuring System Competence in Education for Sustainable Development. *Sustainability*, 13(9), 4932. <https://doi.org/10.3390/su13094932>
 van Borkulo, C. D., van Bork, R., Boschloo, L., Kossakowski, J. J., Tio, P., Schoevers, R. A., Borsboom, D. & Waldorp, L. J. (2022). Comparing network structures on three aspects: A permutation test. *Psychological methods*. Vorab-Onlinepublikation. <https://doi.org/10.1037/met0000476>
 York, S., Lavi, R., Dori, Y. J. & Orgill, M. (2019). Applications of Systems Thinking in STEM Education. *Journal of Chemical Education*, 96(12), 2742–2751. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.9b00261>

Maike Sauer
maike.sauer@rptu.de
Tel: +49 6341 280 31363

Rheinland-Pfälzische
Technische Universität
Campus Landau
Fortstraße 7, 76829 Landau
Gebäude C1, Raum 101b