

Chemielernen ist nicht kompliziert, sondern komplex!

Komplexitätstheoretische Modelle in der fachdidaktischen Forschung

Marvin Rost

Das Ganze ist mehr ...

Herausforderung: Lehrkräfte sehen Lernen nicht statisch, sondern dynamisch. Solche Dynamiken sollten in naturwissenschaftsdidaktische Modellierungen einfließen (Jacobson et al., 2019).
Ansatz: Die Komplexitätstheorie diskutiert Modell-Templates, in denen Wechselwirkungen und Zeitabhängigkeiten untersucht werden (Carmichael & Hadžikadić, 2019; Hilpert & Marchand, 2018).
Allgemeines Vorgehen: Template wählen → Erwartungen an die Dynamik ableiten → Passung von Daten und Modell prüfen.
Fallstudie: Re-Analyse von Prozessdaten zu **Belastung** und **Engagement** beim Bearbeiten von 3 Problemlöseaufgaben in Chemie über 3 Schulstunden (Schuessler et al., 2026).

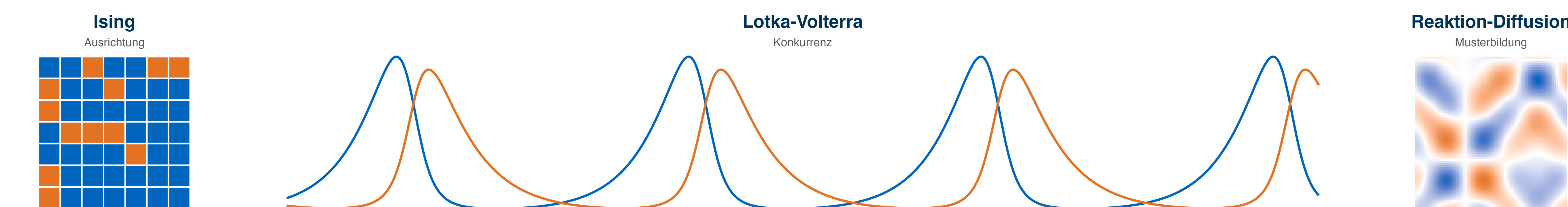


Abb. 1. Drei exemplarische Modell-Templates mit je eigenem Mechanismus: **Ising** – Ausrichtung, z. B. koordinierte Beteiligung (Macy et al., 2024); **Lotka–Volterra** – Konkurrenz, z. B. **Belastung** und **Engagement** (Volterra, 1928); **Reaktion–Diffusion** – Musterbildung, z. B. Gruppendynamik (Kessler & Levine, 1993).

Die Fallstudie im Überblick

Forschungsfrage

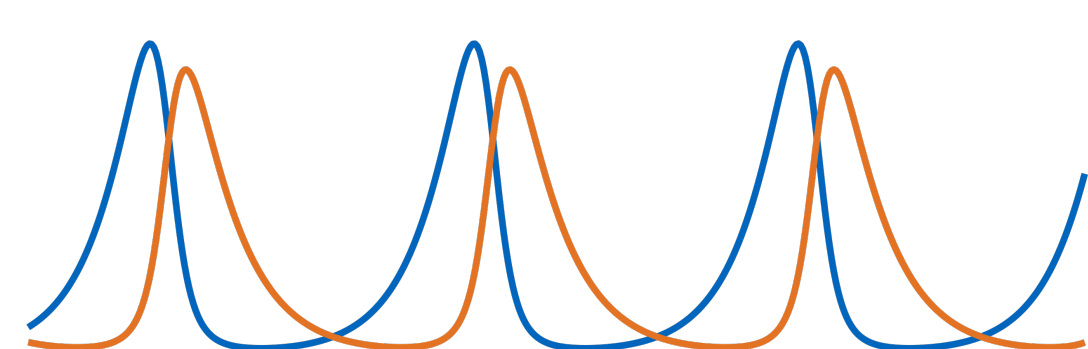
Wie hängen die **Belastung** und das aufgabenbezogene **Engagement** bei der Bearbeitung von Problemlöseaufgaben über die Zeit zusammen?

Daten

- Schüler*innen (Sek I, $N = 360$)
- Konstrukte: Invested Mental Effort (**IME**), Perceived Task Difficulty (**PTD**), Interest (**INT**), Self-Assessed Understanding (**SAU**) (Paas, 1992; Schuessler et al., 2026; Sweller et al., 2019)
- 3×7 Messzeitpunkte

Modellannahmen

1. **Bündelung:** **IME** + **PTD** = **Belastung** sowie **INT** + **SAU** = **Engagement**.
2. **Kopplung:** **Bündel** koppeln wie **Räuber** und **Beute** (Volterra, 1928).



Analysestrategie

- **Räuber-Beute-Modell** sagt je Unterrichtsphase eine Kopplungsmatrix (A_{Phase}) vorher.
- Zeitreihenanalyse (Haslbeck et al., 2021; Li et al., 2022) via longitudinales Mehrebenenmodell (Bringmann et al., 2013; Hilpert & Marchand, 2018).
- Implementation via R-Package brms (Bürkner, 2017).

Hauptergebnisse

Zeitreihen sehen zyklisch aus

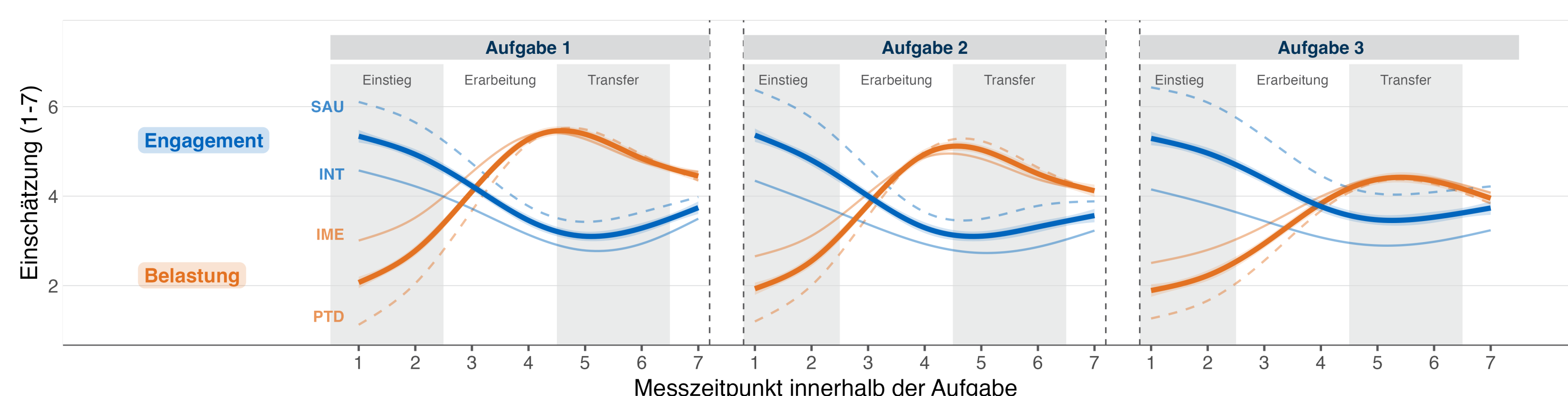


Abb. 2. Deskriptive Verläufe über die 3×7 Messzeitpunkte zeitlich eingeordnet in die Aufgabenphasen (Glättung per LOESS-Regression). Die beiden angenommenen **Bündel Belastung** und **Engagement** erscheinen zyklisch gegenläufig und konvergieren im Verlauf von Aufgabe 3.

Bündelung asymmetrisch

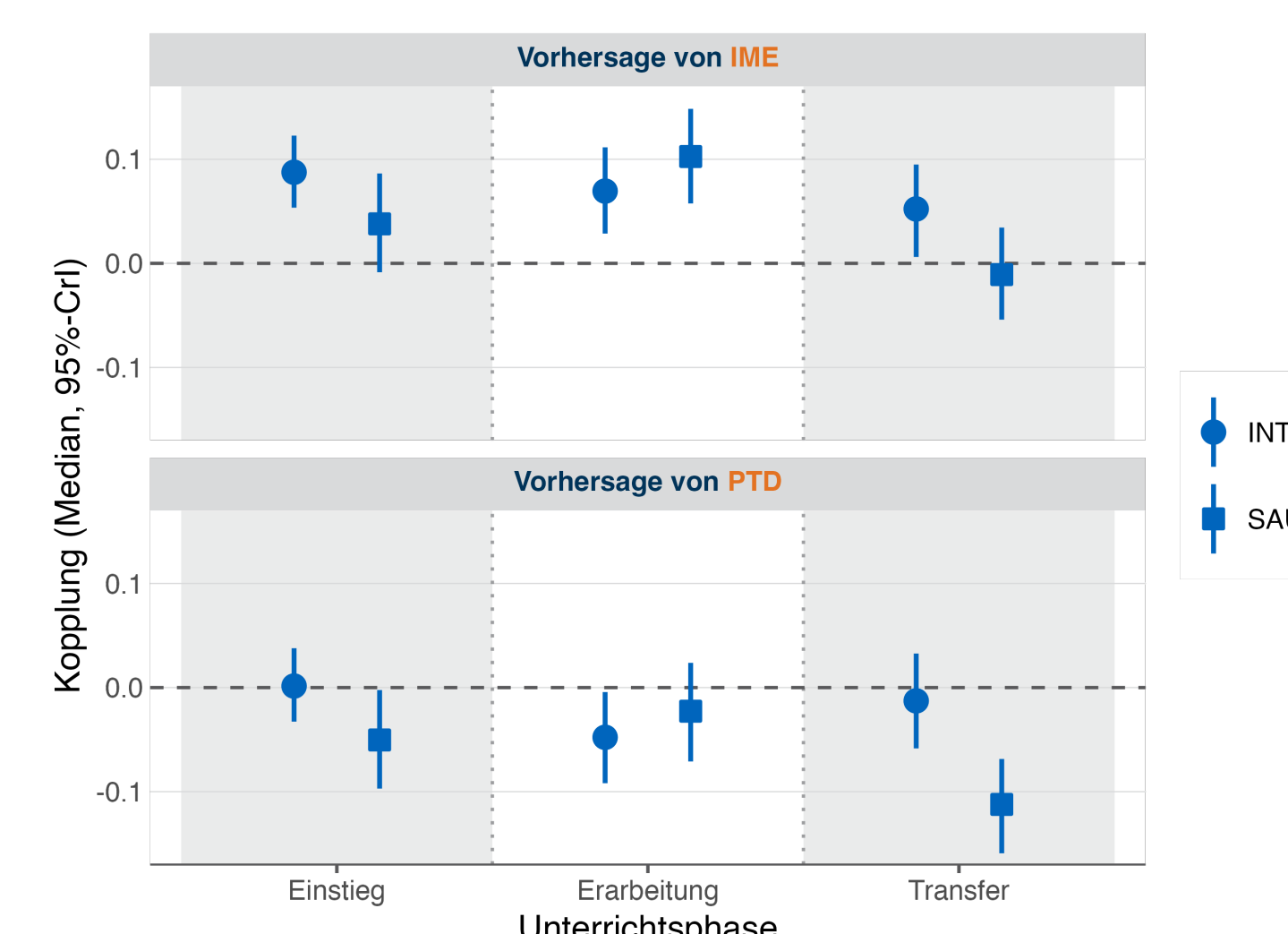


Abb. 3. Differentielle Zusammenhänge der Variablen. **INT** und **SAU** hängen tendenziell positiv mit **IME** und tendenziell negativ mit **PTD** zusammen. Die **Bündelungsannahme** wird zurückgewiesen. Grundlage ist die Kopplungsmatrix A_{Phase} , geschätzt auf personenzentrierten Abweichungen.

Belastung kann kein **Bündel** aus **IME** und **PTD** sein.

Kopplung wandert

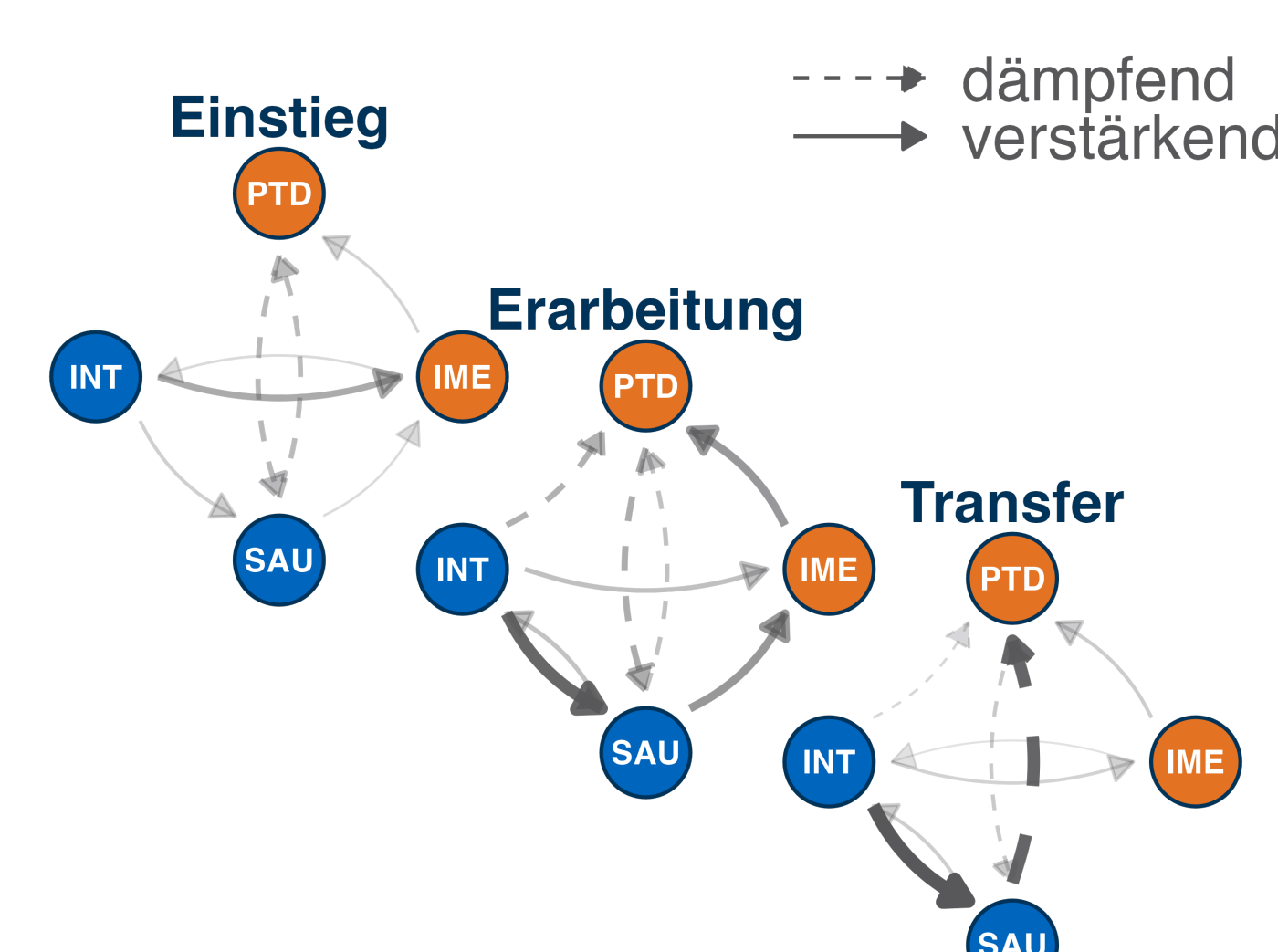
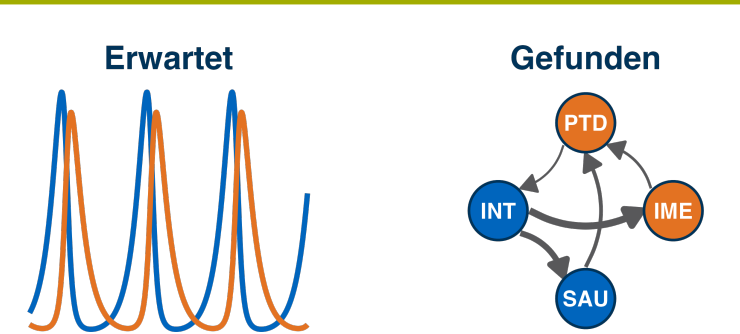


Abb. 4. Die Zusammenhangsstärken verändern sich pro Aufgabenphase. Die homogene **Kopplungsannahme** wird zurückgewiesen. Koeffizienten wie in Abb. 3 für alle Variablenpaare. Die Liniestärke zeigt den Betrag.

Nur schwache Evidenz für eine **Räuber-Beute-Dynamik**.

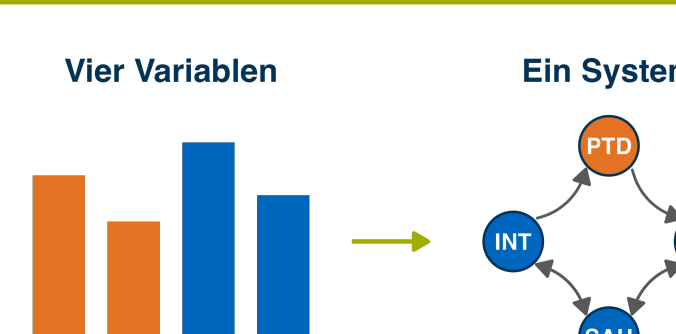
... als die Summe seiner Teile.

Netzwerk statt Schwingung



Interesse ist der stärkste Prädiktor im Netzwerk.

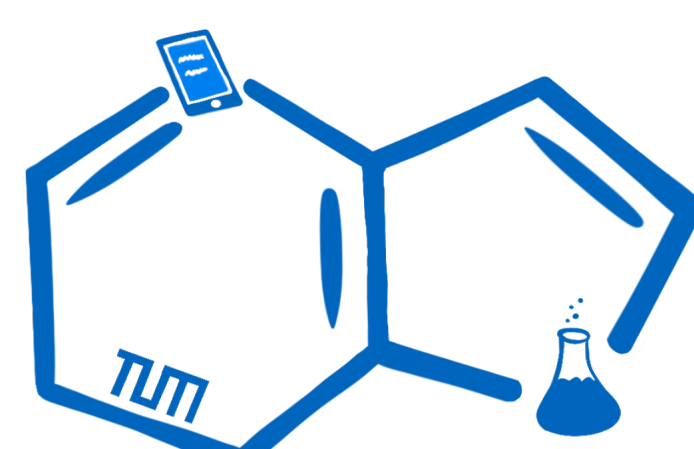
Dynamische Prozesse benötigen dynamische Modelle



- Wie stark die Variablen zusammenhängen, hängt von der Aufgabenphase ab.
- Erkenntnis entsteht im Modellierprozess, nicht durch die Modellpassung.
- **Was wäre Ihre Fallstudie?**



Dr. Marvin Rost
Technische Universität München
Professur für Didaktik der Chemie
marvin.rost@tum.de
ORCID 0000-0002-9580-2035



Didaktik
der
Chemie

Referenzen. Bringmann et al. (2013). *PLOS ONE* 8(4). Bürkner (2017). *J. Stat. Softw.* 80(1). Carmichael & Hadžikadić (2019). In: *Complex Adaptive Systems*. Springer. Haslbeck et al. (2021). *Multivar. Behav. Res.* 56(1). Hilpert & Marchand (2018). *Educ. Psychologist* 53(3). Jacobson et al. (2019). *Educ. Researcher* 48(2). Kessler & Levine (1993). *Phys. Rev. E* 48(6). Li et al. (2022). *Learn. Individ. Differ.* 95. Macy et al. (2024). *npj Complexity* 1, 10. Paas (1992). *J. Educ. Psychol.* 84(4). Schuessler et al. (2026). *Educ. Psychol. Rev.* 38, 7. Sweller et al. (2019). *Educ. Psychol. Rev.* 31(2). Volterra (1928). *ICES J. Marine Sci.* 3(1).