

# Systemkompetenz in der Chemie: Kompetenzmodellierung & Testentwicklung

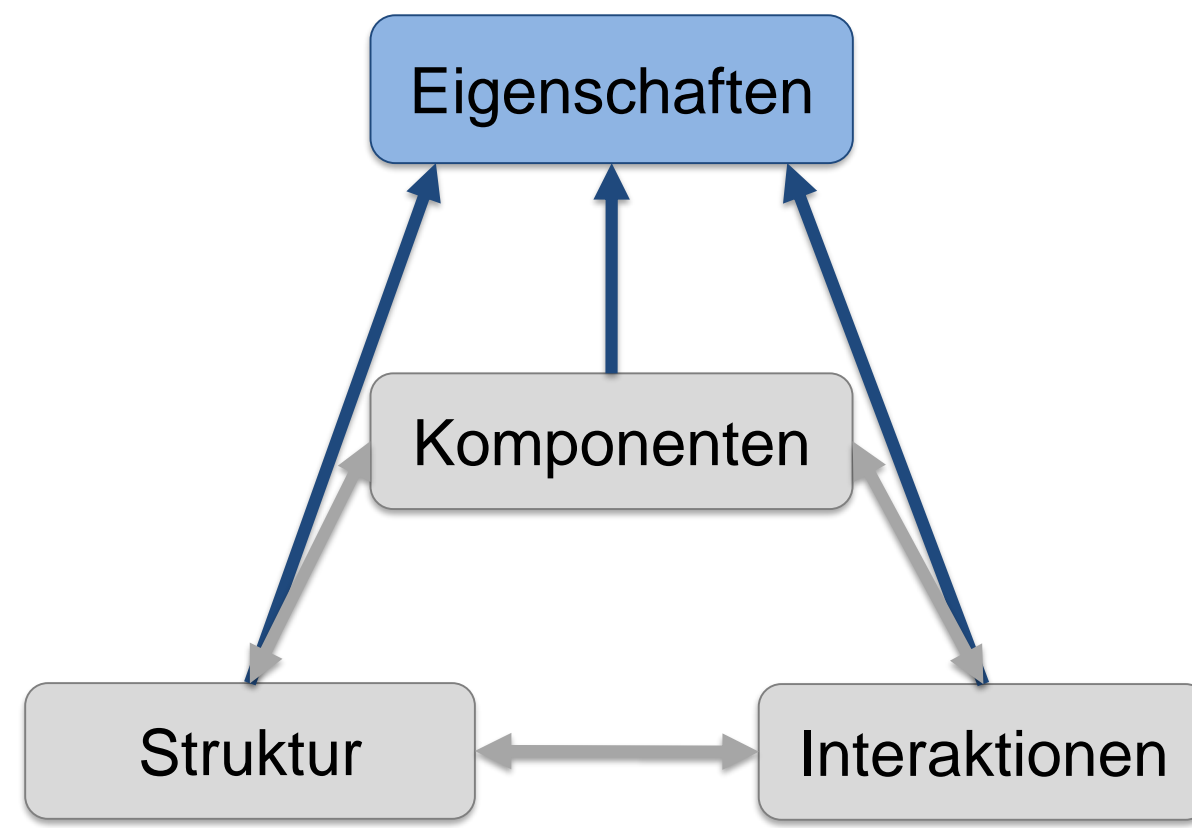
UNIVERSITÄT  
DUISBURG  
ESSEN

Offen im Denken

Silja Herholz & Mathias Ropohl

## Systeme und Systemkompetenz

- **Systembestandteile:** Komponenten, ihren Interaktionen und Struktur, die aus diesen Komponenten und Interaktionen gebildet wird
- **Systemeigenschaften:** werden nur dem System als Ganzem und nicht den einzelnen Komponenten zugeschrieben (Ben-Zvi Assaraf & Orion, 2005)
- **Systemkompetenz:** Reihe von Fähigkeiten, um komplexe Systeme zu erkennen und zu verstehen, ihr Verhalten vorherzusagen und sie so zu verändern, dass sie die gewünschten Effekte erzielen (Arnold & Wade, 2015)



## Systemkompetenz messen

In den Naturwissenschaften:

- STH Modell: acht Fähigkeiten der Systemkompetenz mit den drei Kategorien Analyse, Synthese und Implementation von Systemkomponenten (Ben-Zvi Assaraf & Orion, 2005)
- Implementation dieser Fähigkeiten in ein Modell, das verschiedene Kompetenzniveaus und Dimensionen von Systemkompetenz sowie den Komplexitätsgrad eines Systems berücksichtigt (Rempfler & Uphues, 2011; Mehren et al., 2016)

Im Fach Chemie:

- Definition von Fähigkeiten der Systemkompetenz in der Chemie mit Fokus auf die Umsetzung im Chemieunterricht (York & Orgill, 2020)
- Messung dieser Fähigkeiten konzentriert sich bisher auf Chemiestudierende (Budak & Ceyhan, 2024)

## Ziel, Forschungsfragen und Studiendesign



**Ziel:** Kompetenzmessung von Oberstufenschüler:innen beim Erkennen und Handeln in komplexen chemischen Systemen mit Hilfe eines schriftlichen Testinstruments



**FF1:** Inwieweit erwerben Schüler:innen der Sekundarstufe II Fähigkeiten der Systemkompetenz auf Grundlage der im Chemieunterricht geforderten Kompetenzen zur Systemkompetenz?

**FF2:** Inwieweit sind Fachwissen und kognitive Fähigkeiten Prädiktoren für den Erwerb von Fähigkeiten der Systemkompetenz im Chemieunterricht?

Oktober 2023

**Meilenstein 1:** Synthese von Merkmalen (chemischer) Systeme zur Entwicklung eines Kompetenzmodells für Systemkompetenz im Fach Chemie

**Meilenstein 2:** Entwicklung von Testaufgaben zur Messung der in Meilenstein 1 definierten Kompetenzen

**Meilenstein 3:** Validierung der Testaufgaben aus Meilenstein 2 und Evaluation der validierten Testaufgaben

September 2026

## Erste Ergebnisse von Meilenstein 1 und Meilenstein 2

Strukturkomplexität nimmt zu	Systembestandteile	Systemorganisation	Systemverhalten
<b>Level 3</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• viele Elemente &amp; Prozesse</li><li>• lineare &amp; nichtlineare Beziehungen</li><li>• Strukturindex: &gt; .6</li></ul>	Die Schüler:innen analysieren ein System als Ganzes und beziehen dabei verschiedene Organisationsebenen und Bereiche des Systems mit ein.	Die Schüler:innen analysieren/ beschreiben (nicht-) lineare Entwicklungen im System unter Berücksichtigung von Feedback-Loops, emergentem Systemverhalten, Irreversibilität und komplexen Stock- & Flow-Beziehungen.	
<b>Level 2</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• moderate Zahl von Elementen &amp; Prozessen</li><li>• lineare Beziehungen</li><li>• Strukturindex: .3 - .6</li></ul>	Die Schüler:innen identifizieren verschiedene Organisationsebenen in einem System und ordnen verschiedene Elemente in diese ein.	Die Schüler:innen analysieren/ beschreiben lineare Entwicklungen im System und berücksichtigen dabei verschiedene Variablen als Einflüsse auf das Verhalten im System, sowie Wechselbeziehungen, Reihenkopplungen und einfache Stock- & Flow-Beziehungen.	
<b>Level 1</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• wenige Elemente &amp; Prozesse</li><li>• monokausale Beziehungen</li><li>• Strukturindex: .1 - .3</li></ul>	Die Schüler:innen identifizieren einzelne Elemente und Verbindungen zwischen den Elementen in einem System.	Die Schüler:innen analysieren/ beschreiben monokausale Entwicklungen im System und nutzen dabei Beschreibungen von Beziehungen zwischen Systemelementen und von zeitabhängigem Verhalten im System.	

**Kompetenzmodell:**

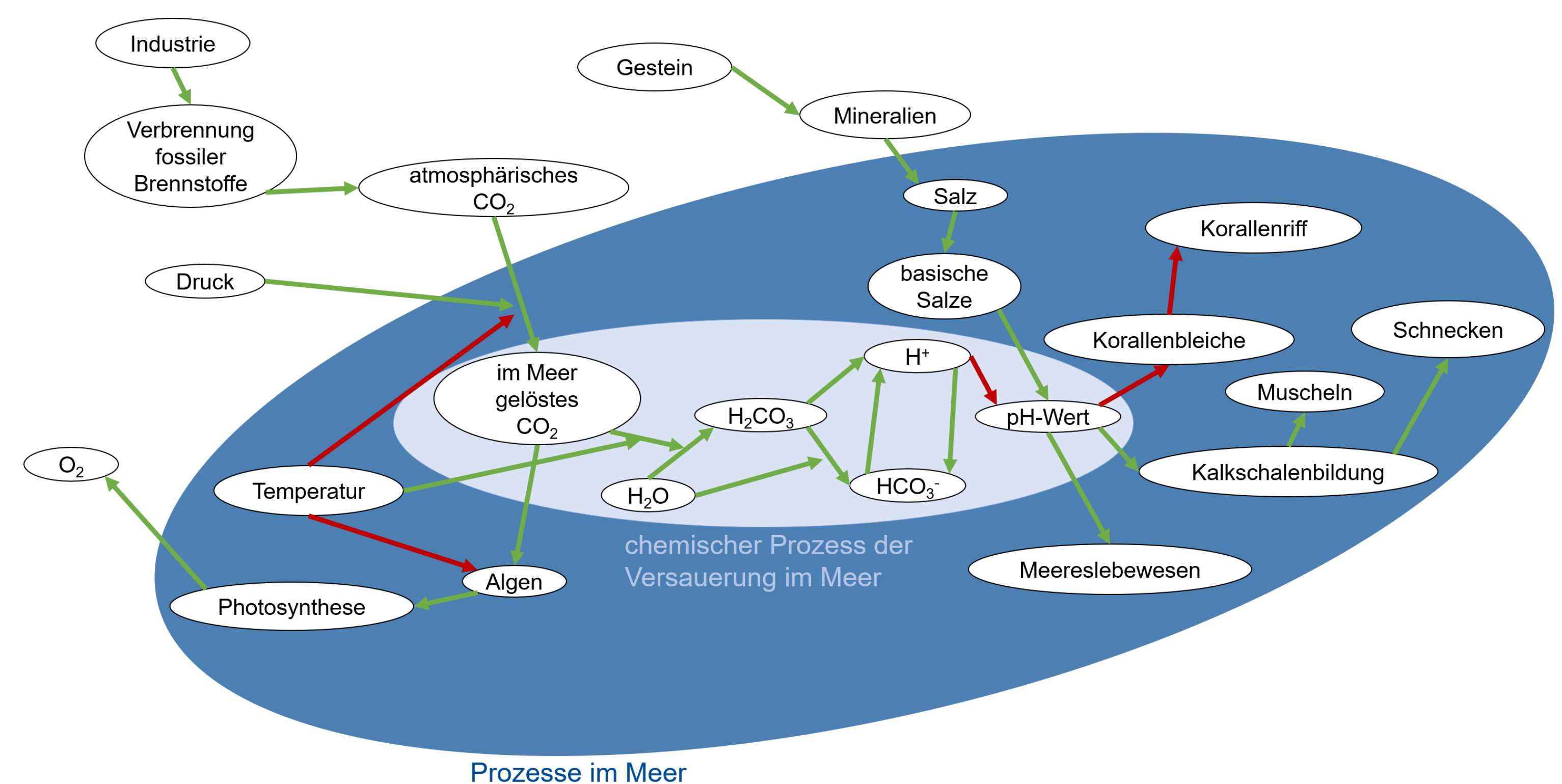
- Kombination des Modells von Systemkompetenz und den chemiespezifischen Fähigkeiten der Systemkompetenz
- Unterteilung der Kompetenzniveaus basierend auf Strukturkomplexität und Anforderungen der chemiespezifischen Fähigkeiten der Systemkompetenz

## Ausblick auf Meilenstein 3: Testdesign

- **Stichprobe:**  $N = 500$  bis  $600$  Schüler:innen aus Chemiekursen der Sekundarstufe II
- **Kontrollvariablen:** chemisches Fachwissen, kognitive Fähigkeiten, Note im Fach Chemie
- **Testdesign:**
  - Multiple-Choice-Aufgaben basierend auf System-Maps
  - insgesamt 30 Testaufgaben mit dem Kontext Wasser
  - verschiedene Testhefte mit jeweils 18 Testaufgaben; jeweils 9 Testaufgaben pro Dimension von Systemkompetenz

**Testaufgaben-Design:**

- Multiple-Choice-Aufgabe, die auf einer gegebenen System Map basiert
- System Map literaturbasiert mit Hilfe eines in Meilenstein 1 entwickelten Flussdiagramms und dem Strukturindex nach Mehren et al. (2016) erstellt
- je Dimension von Systemkompetenz eine Aufgabenstellung, Antwortoptionen werden in Inhalt und Komplexität je nach angestrebten Kompetenzniveau und genutzter System Map variiert



**Aufgabe:** Wähle aus, welche der folgenden Optionen eine Beziehung ist, die in der System Map gezeigt wird.

- im Meer gelöstes  $\text{CO}_2$  beeinflusst  $\text{H}^+$
- $\text{H}^+$  beeinflusst im Meer gelöstes  $\text{CO}_2$
- pH-Wert beeinflusst  $\text{H}^+$
- $\text{H}^+$  beeinflusst  $\text{H}_2\text{O}$

**Beispiel-Testaufgabe:**

- System Map zur Versauerung der Meere (Fokus auf chemische Aspekte) hat einen Strukturindex von  $\text{SX} = 0.5$  → mittlere Komplexität
- Aufgabe ist der Dimension Systemorganisation auf Kompetenzniveau 2 zugeordnet (richtige Antwortoption ist fett markiert)
  - Aufgabenstellung bezieht sich nur auf Vorhandensein von Beziehungen im System, Art der Beziehung hier nicht relevant
  - Antwortoptionen beziehen verschiedene Ebenen im System und indirekte Beziehungen mit ein

Literatur:



**Kontakt**

**Silja Herholz**  
Universität Duisburg-Essen  
Chemiedidaktik  
Schützenbahn 70  
45127 Essen  
silja.herholz@uni-due.de

