



KONZEPTE ZUR THERMODYNAMIK VON STUDIERENDEN DES LEHRAMTS CHEMIE IM STUDIENVERLAUF

Ein methodenorientierter Zugang zur Erfassung von Wissensqualität,
Konzeptvernetzung und Konzeptanwendung

René Sievers & Prof. Dr. Katharina Groß



Ziele der Studie

Ziel der Studie ist es, das thermodynamische Konzeptverständnis von Chemielehramtsstudierenden in unterschiedlichen Studienabschnitten differenziert zu erfassen. Im Mittelpunkt steht dabei nicht nur die Frage, ob zentrale Begriffe bekannt sind, sondern wie diese fachlich gedeutet, miteinander verknüpft und zur Erklärung chemischer Prozesse angewendet werden. Die Studie unterscheidet daher drei Facetten des Konzeptverständnisses:

1. **Konzeptwissen**,
2. **Konzeptvernetzung** und
3. **Konzeptanwendung** [1–3].

Relevanz

Thermodynamische Konzepte sind zentral für das Verständnis chemischer Prozesse, gelten jedoch als besonders anspruchsvoll. Schwierigkeiten zeigen sich nicht nur in einzelnen Fehlvorstellungen, sondern vor allem darin, zentrale Begriffe wie **Wärme**, **Temperatur**, **Enthalpie**, **Entropie** und **Gibbs-Energie** fachlich tragfähig voneinander abzugrenzen, miteinander zu vernetzen und auf chemische Prozesse anzuwenden [4–11, 13]. Für Chemielehramtsstudierende ist dies besonders relevant, da ihr eigenes Fachverständnis eine Grundlage für spätere **Erklär- und Diagnosekompetenz im Chemieunterricht** bildet.

FORSCHUNGSFRAGEN (FF)

FF Übergeordnete FF

Wie unterscheidet sich das thermodynamische Konzeptverständnis von Chemielehramtsstudierenden in unterschiedlichen Studienabschnitten hinsichtlich Konzeptwissen, Konzeptvernetzung und Konzeptanwendung?

1 FF1: Konzeptwissen

Inwiefern unterscheiden sich Prä-PC- und Post-PC-Studierende hinsichtlich ihres deklarativen thermodynamischen Wissens?

2

Wie sind zentrale thermodynamische Konzepte, zum Beispiel Temperatur, Wärme, Enthalpie und Entropie, im Wissen der Chemielehramtsstudierenden strukturiert und miteinander verknüpft?

3 FF3: Konzeptanwendung

Inwiefern sind Chemielehramtsstudierende in der Lage, thermodynamische Konzepte integriert zur Erklärung chemischer Prozesse anzuwenden, insbesondere mit Blick auf Struktur–Energie-Beziehungen?

THEORETISCHE LEITIDEE

Thermodynamisches Konzeptverständnis wird als **vernetztes und situativ aktivierbare Wissensstruktur** verstanden. Im Fokus steht daher nicht nur, ob Studierende zentrale Fachbegriffe kennen, sondern ob sie diese fachlich deuten, voneinander abgrenzen, miteinander verknüpfen und zur Erklärung chemischer Prozesse anwenden können [1, 2].

LITERATUR

[1] Taber, K. S. (2019). The Nature of the Chemical Concept: Re-constructing Chemical Knowledge in Teaching and Learning. Royal Society of Chemistry. · [2] Holme, T. A., Luxford, C. J., & Brandriet, A. (2015). Defining conceptual understanding in general chemistry. Journal of Chemical Education, 92(9), 1477–1483. · [3] Shavelson, R. J., Ruiz-Primo, M. A., & Wiley, E. W. (2005). Windows into the mind. Higher Education, 49, 413–430. · [4] Barke, H.-D. (2006). Chemiedidaktik: Diagnose und Korrektur von Schülervorstellungen. Springer. · [5] Kind, V. (2004). Beyond Appearances: Students' Misconceptions about Basic Chemical Ideas (2. Aufl.). Royal Society of Chemistry. · [6] Carson, E. M., & Watson, J. R. (1999). Undergraduate students' understanding of enthalpy change. University Chemistry Education, 3(2), 46–51. · [7] Sözbilir, M. (2002). Turkish chemistry undergraduate students' misunderstandings of Gibbs free energy. University Chemistry Education, 6, 73–83. · [8] Bain, K., Moon, A., Mack, M. R., & Towns, M. H. (2014). A review of research on the teaching and learning of thermodynamics at the university level. Chemistry Education Research and Practice, 15(3), 320–335. · [9] Bain, K., & Towns, M. H. (2018). Investigation of undergraduate and graduate chemistry students' understanding of thermodynamic driving forces in chemical reactions and dissolution. Journal of Chemical Education, 95(4), 512–520. · [10] Pauly, A., & Lühken, A. (2018). Energiekonzepte angehender Chemielehrkräfte. In C. Maurer (Hrsg.), Qualitätsvoller Chemie- und Physikunterricht – normative und empirische Dimensionen (S. 741–744). GDGP. · [11] Pauly, A., & Lühken, A. (2022). Das Energieverständnis angehender Chemielehrkräfte. Dissertation, Johann Wolfgang-Goethe-Universität Frankfurt am Main. · [12] Johnstone, A. H. (2000). Teaching of chemistry—logical or psychological? Chemistry Education Research and Practice, 1(1), 9–15. · [13] Polloth, B., Diekmeyer, D., & Schwarzer, S. (2023). What resources do high school students activate to link energetic and structural changes in chemical reactions? Chemistry Education Research and Practice, 24(4), 1153–1173. · [14] Hadenfeldt, J. C., Repenning, B., & Neumann, K. (2014). Die kognitive Validität von Ordered-Multiple-Choice-Aufgaben zur Erfassung des Verständnisses von Materie. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 20(1), 57–68. · [15] Sumfleth, E. (1987). Verfahren zur Untersuchung kognitiver Strukturen. chimica didactica, 13, 161–193. · [16] Kuckartz, U. (2018). Qualitative Inhaltsanalyse: Methoden, Praxis, Computerunterstützung (4. Aufl.). Beltz Juventa. · [17] Prewitz, N., & Groß, K. (2025). The importance of a horizontal interlinking dimension in content knowledge for chemistry teacher education. Journal of Chemical Education, 102(8), 3197–3206.

KONTAKT



René Sievers
Universität zu Köln
Herbert-Lewin-Straße 2 ·
50931 Köln
rene.sievers@uni-koeln.de



METHODISCHES DESIGN: DATENERHEBUNG UND -AUSWERTUNG

1.1 Stichprobe 1

Chemielehramtsstudierende der
Universität zu Köln ($N = 68$)



Prä - Vorlesung
Physikalische Chemie
 $N = 21$

Post - Vorlesung
Physikalische Chemie
 $N = 47$

1.2 Stichprobe 2

Leitfadengestützte Interviews ($N = 6$)
vor und nach der Vorlesung
Physikalische Chemie zur **Triangulation**
der Ergebnisse

2 Erhebung

Digitaler Fragebogen (LimeSurvey)

Ordered-Multiple-Choice (OMC)

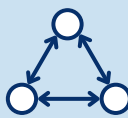


a) Ordered-Multiple-Choice-Test (32 Items)

Deklaratives Konzeptwissen

- Fachlich fundiertes Wissen
- Lückenhaftes Wissen
- Mischkonzept
- Alternatives Konzept
- Nicht interpretierbar

Triadenaufgaben



b) Triadenaufgaben

Triade 1: Temperatur - Wärme - Enthalpie
Triade 2: chemische Reaktion - Entropie - Enthalpie

Wissensqualität

- Kanonisches chemisches Wissen
- Fragmentiertes Konzept
- Mischkonzept
- Alternatives Konzept
- Alltagssprachliche Aussage
- Keine Antwort

Konzeptvernetzung

- Wiss. korrekte Verknüpfung
- Teils wiss. Verknüpfung
- Fachbegriffe ohne Konzept
- Wiss. inkorrekte Verknüpfung

Anwendungsaufgabe



c) Anwendungsaufgabe

Erläuterung der Freiwilligkeit des
Lösungsvorgangs von Natriumchlorid

Konzeptanwendung

- Integrierte Struktur-/Energiebetrachtung
- Teils integrierte Struktur-/Energiebetrachtung
- Energetische Betrachtung
- Strukturbetrachtung
- Alternatives Konzept

3 Datenanalyse und Auswertung

- **OMC:** Zuordnung der Antworten zum deklarativem Konzeptwissen
 - **Triaden und Anwendungsaufgabe:** Qualitative Inhaltsanalyse nach Kuckartz [16]
- Entwicklung eines deduktiv-induktiven Kategoriensystems und Kodierung in MAXQDA

Vergleich der Gruppen **Prä-PC** und **Post-PC** unter den Bedingungen:

- querschnittlicher Gruppenvergleich
- keine individuellen Lernzuwächse
- Vergleich von Häufigkeiten und Antwortmustern

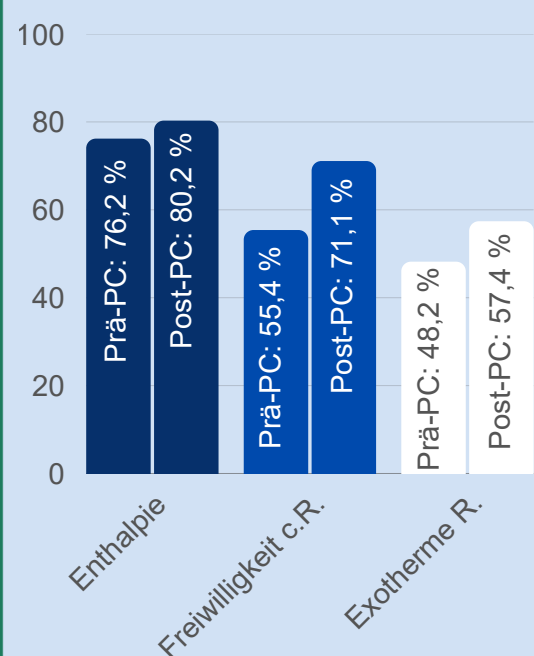
Zusammenfassung: Thermodynamisches sichtbar [15], und eine offene Konzeptverständnis wird in der Studie nicht **Anwendungsaufgabe** zum als bloßes Faktenwissen untersucht, Lösungsvorgang von Natriumchlorid sondern als mehrdimensionales Konstrukt prüft, ob Struktur-, Energie- und aus **Wissensqualität**, **Konzeptvernetzung** Entropieaspekte in einem chem- und **Konzeptanwendung** [1–3]. Zur ischen Erklärungskontext integriert differenzierten Erfassung werden drei angewendet werden können [12, 13]. komplementäre Instrumente eingesetzt: Ein Die offenen Antworten wer- **Ordered-Multiple-Choice-Test** erfasst den qualitativ-inhaltsanalytisch nach deklaratives thermodynamisches Wissen Kuckartz ausgewertet und durch [14], zwei **Triadenaufgaben** machen die Häufigkeitsvergleiche zwischen Prä-PC- und Post-PC-Gruppe ergänzt [16].

Methodik der Kodierung	Antwortausschnitt	Kodierentscheidung	Kategorie
Triadenaufgaben	„Die Enthalpie ändert sich, wenn sich die Temperatur ändert. Bei Wärme steigt die Enthalpie.“	Begriffe werden miteinander verbunden, die Relation bleibt aber fachlich problematisch bzw. verkürzt.	wissenschaftlich inkorrekte Verknüpfung
Anwendungsaufgabe	„Durch die Hydratisierung [...] das starre Ionenlattice aufgebrochen. Es kommt zu einer Entropiezunahme.“	Struktur- und Entropieaspekte werden verbunden, energetische Bilanzierung bleibt aber unvollständig.	teilweise vernetzte Struktur-/Energiebetrachtung

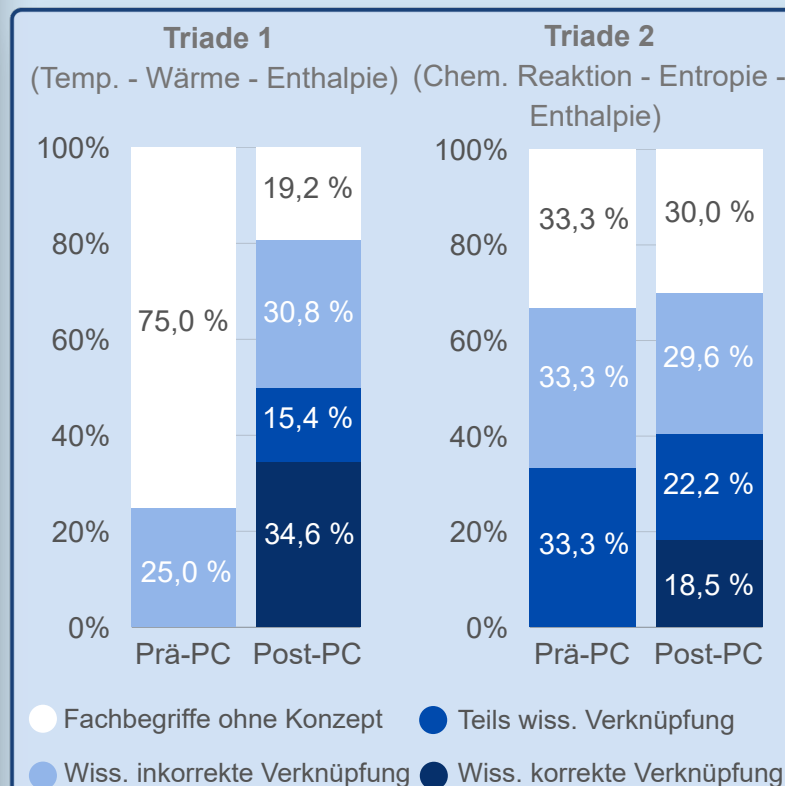
Exemplarische Ergebnisse

1 OMC: Deklaratives Konzeptwissen

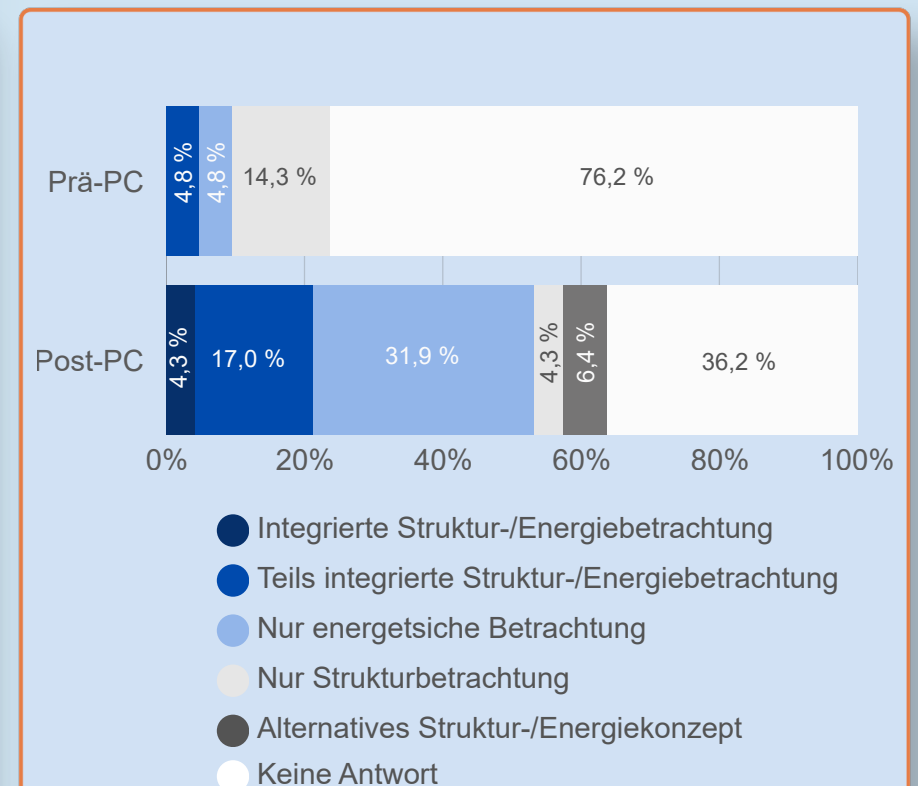
- Anteil des fachlichen Wissens in ausgewählten Kategorien



2 Triadenaufgaben: Konzeptvernetzung



3 Anwendungsaufgabe: Konzeptanwendung



FAZIT UND AUSBLICK

Die Ergebnisse zeigen, dass die Physikalische Chemie die Verfügbarkeit fachlicher thermodynamischer Begriffe stärkt, aber **nicht automatisch zu einem vernetzten und anwendungsfähigen Konzeptverständnis** führt. Damit bestätigen die Befunde bisherige Forschung,

nach der thermodynamische Lernschwierigkeiten weniger im vollständigen Fehlen einzelner Begriffe liegen, sondern in ihrer **unsicheren Abgrenzung, Vernetzung und Anwendung** [4–11, 13]. Besonders anspruchsvoll bleibt die integrierte Verbindung von Struktur-, Energie- und

Entropieaspekten im chemischen Kontext. Im weiteren Projektverlauf sollen daher Lerngelegenheiten entwickelt werden, die die **Vernetzung und Anwendung thermodynamischer Konzepte in der Chemielehrkräftebildung** gezielt fördern [17].