

Julian Heeg¹
Robert Marten Bittorf¹
Sascha Schanze¹

¹Leibniz Universität Hannover

Vorstellungen zum chemischen Gleichgewicht – ein systematisches Review

Das chemische Gleichgewicht ist ein zentraler Themenkomplex des Chemieunterrichts der Sekundarstufe II. Das Wissen um das chemische Gleichgewicht wird benötigt, um weitere Inhalte (u.a. in der organischen Chemie sowie das Donator-Akzeptor-Prinzip bei Redox- bzw. Säure-Base-Reaktionen) vertiefend zu verstehen. Allerdings zeigen nationale wie internationale Studien seit Jahrzehnten beständig auf, dass Lehrende wie Lernende eine Vielzahl von alternativen Vorstellungen hierzu aufweisen können (z.B. Banerjee, 1991; Hackling & Garnett, 1985; Özmen, 2008). In Anlehnung an Ansätze des erfahrungsbasierten Verstehens können als mögliche Quellen für diese Vorstellungen sensomotorische wie soziale Erfahrungen angenommen werden (Gropengießer & Marohn, 2018; z.B. Gropengießer & Groß, 2019). Diese im Alltag stetig auf Viabilität geprüften Vorstellungen können sich entsprechend verfestigen. Zusätzliche Bestätigung findet sie im alltäglichen Sprachgebrauch, wenn bspw. von einem *emotionalen Gleichgewicht* die Rede ist. Aber auch das Wort *Gleichgewicht* selbst impliziert unmittelbar gleiche Gewichte (häufig verbunden mit der Vorstellung eine Balkenwaage). Eine Übertragung auf eine adäquate fachchemische Bedeutung gleicher Reaktionsgeschwindigkeiten ist entsprechend nicht für alle Lernenden naheliegend.

Mittlerweile existieren vielfache Erkenntnisse zu den alternativen Vorstellungen rund um das chemische Gleichgewicht. Diese liegen über eine größere Anzahl an wissenschaftlichen Publikationen verteilt vor. Wenngleich dies ein wünschenswerter Zustand ist, so geht damit dennoch der zentrale, schwierigkeitsgenerierende Aspekt einher, dass die meisten Lehrenden in Schule weder einen Zugriff auf diese Beiträge haben, noch die über die notwendigen zeitlichen Ressourcen verfügen, all diese Beiträge zu lesen (Galvin, Simmie & O'Grady, 2015; Taber, 2001). Aber auch für Forschende ist es mit einem gewissen Aufwand verbunden, noch bestehende Forschungsbedarfe zu identifizieren. Systematische Zusammenstellungen (Reviews) eines temporären Forschungsstandes können hierfür eine zielführende Maßnahme sein. Daher wurden in dem vorliegenden Beitrag Erkenntnisse aus insgesamt 18 Studien zum chemischen Gleichgewicht methodisch kontrolliert zusammengeführt (Heeg, Bittorf & Schanze, 2020).

Methodisches Vorgehen

Das vorliegende Review baut methodisch auf den PRISMA-Vorgaben auf (Moher, Liberati, Tetzlaff & Altman, 2009). Inhaltlich wurde sich an bereits existierenden Reviews im Bereich der Lernendenvorstellungen orientiert (u.a. Bain & Towns, 2016; Gurel, Eryilmaz & McDermott, 2015; Ünal, Çalık, Ayas & Coll, 2006). Aus einer Gesamtzahl an 284 Artikeln wurden in einem mehrstufigen Verfahren 18 Artikel im weiteren Prozess berücksichtigt (s. Abbildung 1). Das Publikationsjahr sowie der Publikationsort wurden mit erhoben. Ferner wurde dokumentiert, mittels welcher Erhebungsinstrumente die Vorstellungen diagnostiziert wurden. Auch die Zielgruppe (z.B. Lehrkräfte, Studierende) wurde den Beiträgen entnommen.

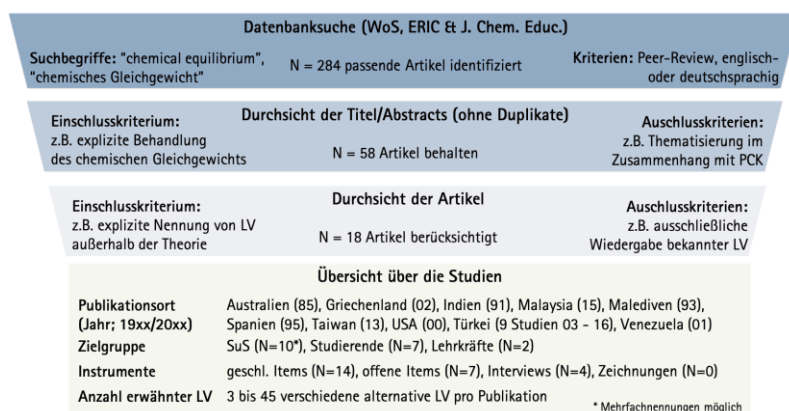


Abb. 1: Übersicht über den Reviewprozess sowie über die berücksichtigten Studien

Aus den Beiträgen wurden fünf fachliche Kategorien bestimmt, die für die nachfolgende Kategorisierung der alternativen Lernendenvorstellungen verwendet wurden. Diese fünf Kategorien umfassen: (1) Zeitraum der Einstellung des dynamischen Gleichgewichts, (2) Charakteristika des chemischen Gleichgewichts, (3) Änderung der Reaktionsbedingungen, (4) Beeinflussung des chemischen Gleichgewichts durch Zugabe eines Katalysators und/oder inerten Gases und (5) Heterogene Gleichgewichtssysteme. Alle identifizierten alternativen Lernendenvorstellungen wurden ins Deutsche übersetzt und in einem qualitativ inhaltsanalytischen Verfahren (in Anlehnung an Gropengießer, 2008) diesen fünf Kategorien zugewiesen und miteinander verglichen. Dabei wurden ähnliche Vorstellungen zur Erklärungsmustern zusammengefasst (s. Tabelle 1).

Tab. 1: Beispiel für die Zusammenführung ähnlicher Vorstellungen zur einem Erklärungsmuster

Übersetzung	Erklärungsmuster inkl. Vorstellungen
„Im Gleichgewicht ist die Konzentration der Reaktanten gleich der Konzentration der Produkte“ (Akkus, Kadayifci, Atasoy & Geban, 2003).	Gleichheit vorliegender Entitäten Im Gleichgewicht sind die Konzentrationen/Massen/Stoffmengen der Edukte und Produkte gleich.
„Wenn ein System das Gleichgewicht erreicht, entspricht die Masse des Reaktanten der Masse der Produkte. Denn laut Masseerhaltungssatz entspricht die Masse der Reaktanten der Masse der Produkte“ (Atasoy, Akkus & Kadayifci, 2009).	

Ergebnisse

Die 18 untersuchten Beiträge stammen aus neun Ländern und wurden in den Jahren 1985 – 2016 publiziert (s. Abb. 1). Hinsichtlich der verwendeten Instrumente zeigt sich, dass

überwiegend Fragebögen mit geschlossenen Items verwendet wurden. Lehrkräfte wurden in zwei Fälle, Schülerinnen und Schüler bzw. Studierende in zehn respektive sieben Studien untersucht.

Insgesamt konnten in den Beiträgen 239 Nennungen alternativer Lernendenvorstellungen identifiziert werden. Hierbei wurden in den untersuchten Beiträgen zwischen 3 und 45 verschiedene alternative Vorstellungen ermittelt. Die überwiegende Mehrheit der 239 identifizierten Vorstellungen wurde der Kategorie (3) Änderung der Reaktionsbedingungen zugeordnet (s. Tabelle 2). 204 der 239 der alternativen Vorstellungen konnten zu 32 Erklärungsmuster zusammengefasst werden. Diese Erklärungsmuster verteilen sich über alle fünf fachlichen Kategorien und enthalten bis zu 62 unterschiedliche alternative Vorstellungen (s. Tabelle 2).

Tab. 2: Übersicht über die identifizierten Vorstellungen sowie Erklärungsmuster

Kategorie	Anzahl alternativer LV insgesamt¹	Anzahl Erklärungsmuster	Anzahl alternativer LV pro Erklärungsmuster
(1)	21	3	8
(2)	49	7	21
(3)	110	17	62
(4)	16	2	6
(5)	27	3	12

¹: 16 der identifizierten Vorstellungen konnten keiner Kategorie zugewiesen werden.

Diskussion und Ausblick

Mit der vorliegenden Studie (Heeg, Bittorf & Schanze, 2020) konnte ein breiter und zugleich zielgerichteter Überblick über den aktuellen Forschungsstand hinsichtlich alternativer Lernendenvorstellungen zum chemischen Gleichgewicht geschaffen werden. Dieser kann u.a. von Lehrenden für die Gestaltung von Lehr-Lernprozessen genutzt werden (Reinfried, Mathis & Kattmann, 2009). Auch Forschende erhalten die Möglichkeit weitere inhaltliche wie methodische Forschungsbedarfe zu identifizieren. Diesbezüglich ist insbesondere auffällig, dass in keiner der untersuchten Studien Zeichnungen als Erhebungsinstrument eingesetzt wurde. Zeichnungen sich können jedoch als zielführend für bestimmte Erhebungszwecke herausstellen (z.B. Akaygun & Jones, 2014). Aufgrund der Auswahlkriterien wurden einzelne Studien (z.B. van Driel et al. 1998) ausgeschlossen, die weitere Erkenntnisse liefern könnten. Dementsprechend kann an dieser Stelle kein Anspruch auf Vollständigkeit erhoben werden. In der vorliegenden Studie wurden ferner keine Informationen aus den zugrundeliegenden Artikeln hinsichtlich der Entstehung bzw. Genese der alternativen Lernendenvorstellungen zusammengestellt. Die Kenntnis um die jeweilige Herkunft kann allerdings entscheidend für eine anschließende Entwicklung von Maßnahmen zur Weiterentwicklung der Vorstellungen sein (Reinfried, Mathis & Kattmann, 2009). In diesem Zusammenhang kann außerdem angemerkt werden, dass aufbauend auf den hier zusammengeführten Erkenntnissen, weitere systematische Reviews u.a. zu evaluativen Studien durchgeführt werden können, in denen derartige Maßnahmen zur Weiterentwicklung der alternativen Vorstellungen untersucht wurden. Auf diese Weise könnten bspw. bekannte Demonstrationsversuche, wie der Stechheber-Versuch, eine neue empirische Legitimation erhalten (Heeg et al., 2018).

Literaturverzeichnis

- Akaygun, S. & Jones, L. L. (2014). Words or Pictures. A comparison of written and pictorial explanations of physical and chemical equilibria. *International Journal of Science Education*, 36(5), 783–807.
- Akkus, H., Kadayifci, H., Atasoy, B. & Geban, Ö. (2003). Effectiveness of instruction based on the constructivist approach on understanding chemical equilibrium concepts. *Research in Science & Technological Education*, 21(2), 209–227.
- Atasoy, B., Akkus, H. & Kadayifci, H. (2009). The effect of a conceptual change approach on understanding of students' chemical equilibrium concepts. *Research in Science & Technological Education*, 27(3), 267–282.
- Bain, K. & Towns, M. H. (2016). A review of research on the teaching and learning of chemical kinetics. *Chemistry Education Research and Practice*, 17(2), 246–262.
- Banerjee, A. C. (1991). Misconceptions of students and teachers in chemical equilibrium. *International Journal of Science Education*, 13(4), 487–494.
- Galvin, E., Simmie, G. M. & O'Grady, A. (2015). Identification of Misconceptions in the Teaching of Biology: A Pedagogical Cycle of Recognition, Reduction and Removal. *Higher Education of Social Science*, 8(2), 1–8.
- Gropengießer, H. (2008). Qualitative Inhaltsanalyse in der fachdidaktischen Lehr-Lernforschung. In P. Mayring & M. Gläser-Zikuda (Hrsg.), *Die Praxis der Qualitativen Inhaltsanalyse* (S. 172–189). Beltz Weinheim.
- Gropengießer, H. & Groß, J. (2019). Lernstrategien für das Verstehen biologischer Phänomene: Die Rolle der verkörperten Schemata und Metaphern in der Vermittlung. In J. Groß, M. Hammann, P. Schmiemann & J. Zabel (Hrsg.), *Biologiedidaktische Forschung: Erträge für die Praxis* (S. 59–76). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Gropengießer, H. & Marohn, A. (2018). Schülervorstellungen und Conceptual Change. In D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (Hrsg.), *Theorien in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (S. 49–67). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Gurel, D. K., Eryilmaz, A. & McDermott, L. C. (2015). A Review and Comparison of Diagnostic Instruments to Identify Students' Misconceptions in Science. *EURASIA Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 11(5).
- Hackling, M. W. & Garnett, P. J. (1985). Misconceptions of chemical equilibrium. *European Journal of Science Education*, 7(2), 205–214.
- Heeg, J., Bittorf, R. M. & Schanze, S. (2020). Lernendenvorstellungen zum chemischen Gleichgewicht – ein systematisches Review. *CHEMKON*.
- Heeg, J.; Steinich, R.; Hundertmark, S. (2018). Möglichkeiten zum Erkennen und Überwinden von Stolpersteinen auf dem Weg zum Verständnis des chemischen Gleichgewichts. In: *Unterricht Chemie 166*, 32–37.
- Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J. & Altman, D. G. (2009). Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. *BMJ (Clinical Research Ed.)*, 339, b2535.
- Özmen, H. (2008). Determination of students' alternative conceptions about chemical equilibrium. A review of research and the case of Turkey. *Chemistry Education Research and Practice*, 9(3), 225–233.
- Reinfried, S., Mathis, C. & Kattmann, U. (2009). Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion – eine innovative Methode zur fachdidaktischen Erforschung und Entwicklung von Unterricht. *Beiträge zur Lehrerbildung*, 27(3), 404–414.
- Taber, K. S. (2001). Constructing chemical concepts in the classroom? Using reasearch to inform practice. *Chemistry Education Research and Practice*, 2(1), 43–51.
- Ünal, S., Çalık, M., Ayas, A. & Coll, R. K. (2006). A review of chemical bonding studies: needs, aims, methods of exploring students' conceptions, general knowledge claims and students' alternative conceptions. *Research in Science & Technological Education*, 24(2), 141–172.