

Jan-Bernd Haas¹
Annette Marohn¹

¹Universität Münster

chem.level

Fachsprachlich sensibler Chemieunterricht auf Basis des Johnstone-Dreiecks

Chemisches Wissen teilt sich nach Johnstone in drei Ebenen: Die makroskopische Ebene umfasst das Wissen über chemische Phänomene, die beobachtet bzw. gemessen werden können. Die submikroskopische Ebene beinhaltet unsere modellhaften Vorstellungen zum Aufbau der Materie sowie zum Energiekonzept. Diese nutzen wir, um die makroskopischen Phänomene zu erklären. Die repräsentativ-symbolische Ebene wiederum beinhaltet verschiedene Repräsentationsformen wie etwa Reaktionsgleichungen, Diagramme oder mathematische Zusammenhänge, mit deren Hilfe sich chemische Vorgänge darstellen lassen. (Johnstone, 2000)

In der Verbalsprache im Unterricht, im „Laborjargon“ von Chemikerinnen und Chemikern (Barke, Harsch, Kröger, & Marohn, 2018) sowie in Texten und Abbildungen von Schulbüchern finden sich nicht selten Vermischungen dieser Ebenen. Abbildung 1 zeigt exemplarisch eine Vermischung der makroskopischen und submikroskopischen Ebene. Der zugehörige Schulbuchtext lautet: „Bild [...] beschreibt die Reaktion von Kupfer und Sauerstoff im Modell. Es verbinden sich jeweils zwei Kupferteilchen mit einem Sauerstoffteilchen. Es entsteht Kupferoxid.“ (Austenfeld, et al., 2021, S. 71) Sowohl im Text, als auch in der Abbildung werden makroskopische Ebene („Kupfer“, „Sauerstoff“, „Kupferoxid“) und submikroskopische Ebene („Teilchen“) miteinander vermischt. Zudem werden die Kupfer-Teilchen kupferfarben dargestellt, wodurch eine weitere Vermischung von makroskopischer und submikroskopischer Ebene erzeugt wird.

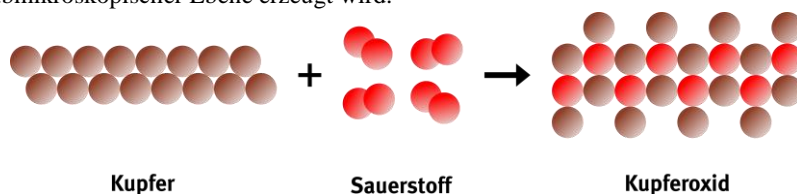


Abb. 1: Vermischung von makroskopischer und submikroskopischer Ebene am Beispiel „Reaktion von Kupfer und Sauerstoff“ (Abbildung nach Austenfeld, et al., 2021, S. 71)

Eine solche Vermischung der Ebenen birgt die Gefahr, dass Lernende nicht anschlussfähige Konzepte entwickeln. Johnstone (2000) merkt zudem an, dass Schülerinnen und Schüler die Ebenen noch nicht sicher trennen können; eine Vermischung kann daher auch zu einer hohen intrinsischen sowie extrinsischen Belastung des Arbeitsgedächtnisses führen und dadurch einen „cognitive overload“ (Paas & Sweller, 2014, S. 62) erzeugen.

Das Projekt „chem.level – fachsprachlich sensibler Chemieunterricht auf Basis des Johnstone-Dreiecks“ (Haas, 2021) verfolgt daher drei Ziele: (1) Die drei genannten Ebenen sollen im Unterricht bewusst gemacht werden. (2) Eine klare Trennung der Ebenen im Lernmaterial soll einen transparenten Umgang mit diesen ermöglichen. (3) Es soll eine Ebenen-spezifische Fachsprache gefördert werden.

Das chem.LEVEL-Dreieck

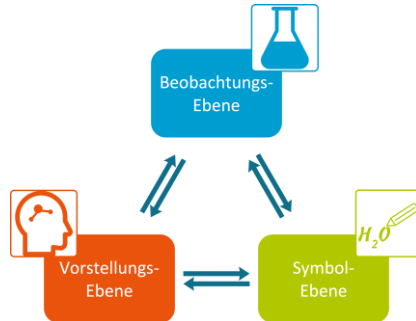


Abb. 2: Das chem.LEVEL-Dreieck

Als erste Maßnahme wurde das chem.level -Dreieck (vgl. Abb. 2) entwickelt. Die Ebenen des Johnstone-Dreiecks sind darin schülergerecht in Beobachtungs-Ebene, Vorstellungsebene und Symbol-Ebene umbenannt. Jede Ebene wird durch eine zugeordnete Farbgebung und ein Icon repräsentiert. Das chem.level - Dreieck kann im Klassenraum aufgehängt werden um einen „offensiven“ Einsatz der Ebenen im Unterricht zu unterstützen. Die zugeordneten Farben und Icons ermöglichen zudem eine Kennzeichnung von Lernaufgaben, schaffen Transparenz und fördern den bewussten Umgang mit den Ebenen.

Die Ebenen werden im Projekt chem.level als *Kommunikationsebenen* verstanden. Dadurch wird zum Ausdruck gebracht, dass in der Kommunikation über Ebenen-spezifische Inhalte ein charakteristischer Sprachgebrauch benötigt wird. Die Repräsentationen dieser Ebenen-spezifischen Sprache können nach Leisen (2005) wiederum in unterschiedlichen Darstellungsformen abstrahiert werden.

Die chem.level Lernumgebung

Um den bewussten Umgang mit den Ebenen zu fördern, wurde eine digitale Lernumgebung auf Basis der App Explain Everything zum Thema galvanische Zellen für die Sekundarstufe 1 entwickelt (vgl. Abb. 3). Diese beinhaltet Ebenen-spezifische Lernaufgaben in insgesamt neun Aufgabenfeldern, welche optisch in die Ebenen des chem.level-Dreiecks eingebettet sind. Ein abschließendes Feld verknüpft die Ebenen miteinander.

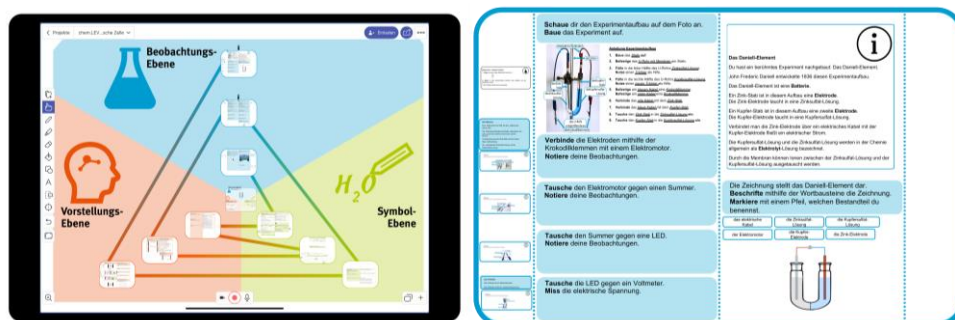


Abb. 3: Die chem.LEVEL Lernumgebung zum Thema galvanische Zelle in der App Explain Everything (links) – 1. Aufgabenfeld der Beobachtungs-Ebene (rechts)

Sämtliche Aufgabenfelder nutzen sowohl bildliche als auch sprachliche Repräsentationen. In der Gestaltung wurde darauf geachtet, die chem.level - Ebenen nicht miteinander zu

vermischen. In sämtlichen Aufgabenfeldern werden verschiedene Methodenwerkzeuge (Leisen, 2013) zur sprachlichen Unterstützung eingesetzt, zum Beispiel Wortgeländer, Wort- und Satzbausteine, Fehlersuche, Worträtsel oder Lückentexte. Die Gestaltung der Aufgabenfelder berücksichtigt zudem die Gestaltungsprinzipien der cognitive theory of multimedia learning (Mayer, 2014) (Scheiter, Richter, & Renkl, 2020) sowie das Konzept der einfachen Sprache (Baumert, 2016).

Der Aufbau eines Aufgabenfeldes soll an einem Beispiel verdeutlicht werden (vgl. Abb. 3). Dargestellt ist das erste Aufgabenfeld der Beobachtungs-Ebene. Alle Aufgabenfelder sind an die Bildschirmgröße eines iPads angepasst, sodass in einem ersten Zoom-Schritt das gesamte Aufgabenfeld wahrgenommen werden kann. Das Feld ist zudem in zwei Hälften mit jeweils einem Rand unterteilt. Dies soll an bekannte Strukturen, etwa aus Schulbuch-Materialien, erinnern. Die Ränder werden für optionale Elemente genutzt. In diesem Beispiel beinhalten diese Hilfestellungen zum Anschließen elektrischer Verbraucher sowie Bedienhinweise für die App. Dadurch soll die Eigenständigkeit im Umgang mit der Lernumgebung erhöht werden (Dellbrügge, 2020). Die Gestaltung der Lernaufgaben berücksichtigt das Prinzip der Bild-Text-Nähe; auf diese Weise wird der Fokus auf die Aufgabenstellung erhöht (Scheiter, Richter, & Renkl, 2020). In der Bearbeitung der Aufgabenstellungen müssen die Lernenden zwischen den Repräsentationsebenen nach Leisen (2005) wechseln; dadurch soll die (Fach-)Sprachkompetenz der Lernenden erhöht werden. Texte mit Basiswissen sollen zum Erwerb von anschlussfähigem Grundwissen beitragen, welches in weiteren Aufgabenfeldern aufgegriffen wird.

Sämtliche Lernaufgaben wurden mithilfe des Konkretisierungsrasters nach Tajmel (2017) analysiert. Dadurch konnten Stolpersteine auf Wort-, Satz- oder Textebene reduziert und optionale Hilfen zur Überwindung dieser Barrieren erstellt werden.

Die Lernenden bearbeiten die Aufgabenfelder über einen Lernpfad von außen nach innen. Dabei steigen die Kompetenzanforderungen in drei Stufen an (Reproduktion, Analyse, Zusammenführen & Transfer). Grundlage dafür bildet eine entwickelte Differenzierungsmatrix (vgl. Abb. 4). Diese ermöglicht eine strukturierte und zielgerichtete Unterscheidung im Anforderungsniveau der Lernaufgaben (Kutzer, 1998). Die Differenzierung innerhalb der kognitiven Komplexität orientiert sich an den Anforderungsbereichen der Bildungsstandards (Beschlüsse der Kultusministerkonferenz, 2005). Um die Gleichwertigkeit der Ebenen zu betonen, wurde keine lineare, sondern eine kreisförmige Darstellung gewählt.

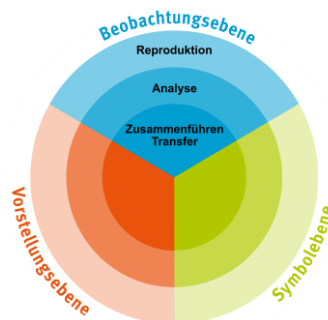


Abb. 4: Die chem.LEVEL-Differenzierungsmatrix

Begleitforschung

Das Projekt ‚chem:LEVEL‘ gliedert sich in den Forschungsrahmen des Design-Based-Research, der den Entwicklungs- und Forschungsprozess in verschiedene Mesozyklen mit eigenen Forschungsfragen unterteilt (Haas, 2021). Im Rahmen des vierten Mesozyklus wurde die entwickelte Lernumgebung durch Schülerinnen und Schüler einer 9. Klasse einer nordrhein-westfälischen Gesamtschule erprobt. Als Datengrundlage dienten ein Prä-Post-Fragebogen zur Erfassung von fachlichen und fachsprachlichen Lernzuwächsen, ein Follow-up-Test, die schriftlichen Angaben der Lernenden innerhalb der Lernumgebung sowie Videodaten, die mit Hilfe von GoPro-Stirnkameras aufgezeichnet wurden.

Diese Daten wurden genutzt, um drei übergeordnete Forschungsfragen zu beantworten, die in neun Subfragen ausdifferenziert sind:

- Inwiefern werden die fachinhaltlichen Ziele der Lernumgebung erreicht?
- Inwiefern werden die fachsprachlichen Ziele der Lernumgebung erreicht?
- In welcher Weise wird die Lernumgebung von den Schülerinnen und Schülern genutzt?

Die offenen Antworten im Prä-Post-Vergleich wurden durch zwei unabhängig codierende Personen inhaltsanalytisch kategorisiert und bepunktet. Dabei zeigte sich bei allen Schülerinnen und Schülern sowohl ein fachinhaltlicher als auch ein fachsprachlicher Lernzuwachs (Haas, 2021).

Literatur

- Austenfeld, U., Backes, M., Barheine, B., Bauer, S., Bresler, S., Corsten, S., . . . Krönert. (2021). *Batur und Technik - Naturwissenschaften 7 - Nordrhein-Westfalen*. Berlin: Cornelsen Verlag.
- Barke, H.-D., Harsch, G., Kröger, S., & Marohn, A. (2018). *Chemiedidaktik kompakt - Lernprozesse in Theorie und Praxis*. Berlin: Springer Spektrum Verlag.
- Baumert, A. (2016). *Leichte Sprache – Einfache Sprache*. Hannover: Bibliothek der Hochschule Hannover.
- Beschlüsse der Kultusministerkonferenz. (2005). *Bildungsstandards im Fach Chemie für den Mittleren Schulabschluss (Jahrgangsstufe 10)*. (S. d. Deutschland, Hrsg.) München - Neuwied: Luchterhand - Wolters Kluwer.
- Dellbrügge, B. (2020). *choice2interact - interaktiv Lernen mit Tablets im Chemieunterricht*. (A. Marohn, Hrsg.) Berlin: Logos Verlag.
- Haas, J.-B. (2021). *chem.LEVEL - fachsprachlich sensibler Chemieunterricht auf Basis des Johnstone Dreiecks* (Bd. 8). (A. Marohn, Hrsg.) Berlin: Logos Verlag.
- Johnstone, A. H. (2000). TEACHING OF CHEMISTRY - LOGICAL OR PSYCHOLOGICAL? *Chem. Educ. Res. Pract. Eur.*, S. 9-15.
- Kutzer, R. (1998). *Mathematik entdecken und verstehen*. Frankfurt am Main: Diesterweg Verla.
- Leisen, J. (2005). Wechsel der Darstellungsformen. *Unterricht Physik*(87), S. 10-11.
- Leisen, J. (2013). Darstellungs- und Symbolisierungsformen im Bilingualen Unterricht. In W. Hallet, & F. Königs, *Handbuch Bilingualer Unterricht. Content and Language Integrated Learning* (S. 152-160). Seelze: Klett-Kallmeyer.
- Mayer, R. (2014). Principles based on social cues in multimedia learning: Personalization, voice, image, and embodiment principles. In R. Mayer, *The Cambridge Handbook of multimedia learning* (S. 345-368). Cambridge: Cambridge University Press.
- Paas, F., & Sweller, J. (2014). Implications of Cognitive Load Theory for Multimedia Learning. In R. Mayer, *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning* (S. 27-42). New York: Cambridge University Press.
- Scheiter, K., Richter, J., & Renkl, A. (2020). Multimediales Lernen. Lehren und Lernen mit Texten und Bildern. In Niegemann, & Weinberger, *Handbuch Bildungstechnologie: Konzeption und Einsatz digitaler Lernumgebungen* (S. 31-56). Springer Verlag.
- Tajmel, T. (2017). Konkretisierungsraster. In B. Jostes, D. Caspari, & B. Lütke, *Sprachen - Bilden - Chancen* (S. 74-93). Münster: Waxmann.