

Voraussetzungen/ Vorwissen

Die SUS sollten den Einfluss von *Druck und Temperatur* (evtl. Konzentration) auf *chemische Gleichgewichte* kennen, z.B. durch das Arbeitsblatt „Löslichkeit von Kohlenstoffdioxid“ aus dem bereitgestellten Modul „Le Chatelier“.

Als **typischen Kontext** benutzt man im Unterricht üblicherweise den natürlichen Kalkkreislauf, z.B. anhand der Entstehung von Tropfsteinhöhlen bzw. Dolinen¹ oder der Verwitterung an Gebäuden. Hier lassen sich Reaktionsmechanismen abprüfen und der natürliche Kalkkreislauf kann beispielhaft erläutert werden:

1. „**Erläutern Sie** den Prozess der Dolinenbildung anhand der stattfindenden chemischen Reaktionen. **Geben Sie** dabei jeweils die zugehörige Reaktionsgleichung an.“

Diese **typische Klausuraufgabe** bewegt sich je nach Vorwissen im Anforderungsbereich I/II kann aber durch Zusatzmaterial in der Schwierigkeit variiert werden, z.B. durch die Setzung anderer Rahmenbedingungen, die das chemische Gleichgewicht beeinflussen. Dadurch sind die Lernenden gezwungen, ihr erlerntes Wissen in anderen Zusammenhängen problemorientiert anzuwenden.

2. „**Beurteilen Sie** die Dolinenbildung auf dem Planetensystem Kalkulon (**M 1**), indem Sie mögliche Auswirkungen der veränderten äußeren Bedingungen auf die chemischen Reaktionen aufzeigen und die Größe und Häufigkeit der Kalksteinhöhlen auf dem jeweiligen Planeten voraussagen.“

M 1: Das Planetensystem Kalkulon

Das Planetensystem Kalkulon besteht aus drei unterschiedlichen Planeten, die alle überwiegend aus Kalkstein bestehen. Allerdings herrschen gegenüber der Erde andere Bedingungen:

Kalkulon I

Ist ein Planet mit gemäßigten Temperaturen, aber einer sehr dichten Atmosphäre. Hier herrscht gegenüber der Erde auf Meereshöhe der zehnfache Druck.

Kalkulon II

Hat eine Umlaufbahn nahe der Sonne. Dadurch beträgt die Temperatur auf der Oberfläche ca. 60°C. Die Zusammensetzung der Atmosphäre entspricht ansonsten aber genau derjenigen der Erde.

Kalkulon III

Hat einen Klimawandel hinter sich. Die Bewohner (Roboter) haben alle fossilen Brennstoffe aufgebraucht und der Kohlendioxidgehalt der Atmosphäre ist auf das Hundertfache des ursprünglichen Wertes angestiegen. Der Luftdruck und die Temperatur entsprechen allerdings dem der Erde.

Gerade in der Einführungsphase empfiehlt es sich, die Operatoren zusammen mit den Schülerinnen und Schülern immer wieder einzuüben bzw. diese als Zusatzinformationen in der Aufgabenstellung mit anzugeben.

¹ Information zur Dolinenbildung vgl. <https://www.spektrum.de/lexikon/geowissenschaften/doline/3398>
[Zugriff: 26.02.2020]

Weitere Informationen und Film (ca. 4 min) als Online-Medienpaket „Karst“ Nummer 5562238 von 2015, Filmmenü
→ Entstehung und Korrosion von Kalkstein → Lösung

Beziehbar z.B. über das Medienzentrum Rhein-Sieg-Kreis <http://www.rsk-medienzentrum.de/>

Zusatzinformationen

erklären	Zusammenhänge eines Sachverhaltes erfassen und auf allgemeine Aussagen zurückführen
erläutern	Wesentliche Seiten eines Sachverhalts an Beispielen oder durch zusätzliche Informationen verständlich machen (hier: AFB II)
beurteilen	Zu einem Sachverhalt eine selbständige Einschätzung nach fachwissenschaftlichen Kriterien abgeben (AFB III)
angeben	Elemente, Sachverhalte, Begriffe, Daten ohne nähere Erläuterungen aufzählen (AFB I)

Übungsphase/ sprachensible Gestaltung

In der Übungsphase lautet die zentrale Frage:

Wie schafft man es, die Alltagssprache der Schülerinnen und Schüler um die Fachsprache zu erweitern, damit sie fachliche Inhalte adäquat ausdrücken können und die Textqualität zunimmt?

Am Anfang steht dabei für die Lehrkraft eine Bedarfsanalyse der Lerngruppe in Bezug auf die Rezeption von Aufgaben und Texten sowie bei der Reproduktion von Wissen im Unterrichtsgespräch. Für die sprachensible Gestaltung von Unterricht in der Sekundarstufe II bedeutet das in den meisten Fällen, einen Fokus auf die Bildungssprache² zu setzen und die Ausdrucksmöglichkeiten in der Fachsprache weiterzuentwickeln, denn Sprache und Fachwissen sind miteinander verwoben.

Vermeidungsstrategien z.B. durch den Gebrauch ungeeigneter oder einfacher Verben bzw. „Jokerbegriffe“, schematische Reihungen und so genannte „ADUSO“-Konnektoren³ sollten analysiert werden und deren Vermeidung als zusätzliches Lernziel in den Unterricht mit aufgenommen werden.

Aber auch Lehrwerkstexte müssen in den Blick genommen werden, denn hier findet sich ein großer Anteil sprachlicher Formen, deren Beherrschung die Schule für das Lernen als selbstverständlich voraussetzt. Diese Sprachkompetenz wird allerdings von den Lernenden nicht unbedingt mit in die Schule eingebracht:

„Doline“

Wenn die Decke einer unterirdischen Höhle einbricht oder aber der Kalkstein von der Albhochfläche her durch kohlenensäurehaltiges Wasser aufgelöst wird, entstehen trichterförmige Vertiefungen. Diese werden Dolinen genannt und können viele Meter tief sein.

Tropfsteinhöhle

Wenn in Karsthöhlen stark kalkhaltiges Wasser durch Risse und Klüfte an die Höhlendecke gelangt, wird ein Teil des Kalkes bereits abgelagert. Fällt der Tropfen kalkhaltigen Wassers von der Decke auf den Höhlenboden entweicht weiteres Kohlenstoffdioxid, so dass das Wasser seine Fähigkeit zur Kalklösung verliert und Kalk entsteht.“⁴

Beim Lesen von solchen fachlichen Beschreibungen können auf Seite der Lernenden Schwierigkeiten auftreten durch die Verwendung der typischen Schriftsprache, die geprägt ist durch Präfixe, Passivformen, Nominalisierungen, Attribute und Komposita.

² vgl. Feilke, Helmuth Bildungssprachliche Kompetenzen - fördern und entwickeln. In: Praxis Deutsch, 39 (2012) 233, S. 4-13, Basisartikel abrufbar unter: <https://www.uni-giessen.de/fbz/fb05/germanistik/absprache/sprachdidaktik/aufsaetzelinks/pdbabildungssprache> [Zugriff: 13.12.2019]

³ Konnektoren sind Wörter oder Ausdrücke, die Teile eines Textes logisch miteinander verbinden. Sie können aus verschiedenen Wortarten bestehen. Die häufigsten Konnektoren sind Konjunktionen, Subjunktionen und Verbindungsadverbien. Hier: **aber, denn, und, sondern, oder**

⁴ vgl. https://www2.klett.de/sixcms/media.php/229/AB_104601_779iq5_interaktiv.pdf [Zugriff 13.12.2019]

Es hat sich gezeigt, dass vor allem Präpositionen oft nicht wahrgenommen und Kausalitäten durch komplexe Satzstrukturen und Satzverknüpfungen nicht erkannt werden.

Hier kann man Unterstützung leisten sowohl auf der Wortebene als auch der Satzebene.

Mit der Einführung von Worthilfen, die evtl. sogar mit Erklärung angefertigt werden, kann langfristig ein (Fach-)Wortschatzglossar aufgebaut werden.⁵

Die Didaktisierung der Lehrwerke ist in dieser Hinsicht allerdings erst am Anfang der Entwicklung. Linguistische Modelle zur Mündlichkeit (BICS⁶) und Sprachlichkeit (CALP⁷) nach Cummings⁸ müssen noch auf die einzelnen Fächer übertragen werden, z.B. in Form eines integrativen Modells, bei dem man das fachliche Lernziel um ein sprachliches Lernziel erweitert. Jedoch hat auch hier der Umdenkprozess schon begonnen.

Am aussichtsreichsten für die (einfache) Umsetzung im Alltagsunterricht scheint das Scaffolding⁹ nach Pauline Gibbons zu sein. Dieses „Baugerüst“ mit seinen Zwischenschritten und Hilfen kann insbesondere für Förder- und Übungsaufgaben gut genutzt werden.

Als Hilfestellung in der Übungsphase kann man hier **Wortgeländer oder Satzbaumuster** vorgeben, z.B. zur Erläuterung der Dolinenbildung. Durch ein Mischen/ Auslassen der Worte, Zuordnung der Reaktionsschemata, Formulierung der Wortgleichungen oder auch bewusste Fallen (falsche Begriffe) kann man die Schwierigkeit individuell anpassen. Dies sollte man vor der Testsituation einüben und evtl. Mustertexte und Lösungen anbieten.

- (1) Kalk – Löslichkeit – Wasser – (gering)
 - (2) Kohlendioxid (CO₂) – Wasser – (lösen) – Kohlensäure - Gleichgewicht
 - (3) Kalkstein – Risse – Wasser – (eindringen) – Kohlensäure – Kalk – (auflösen)
 - (4) Hohlräume – unterirdisch – groß - Einsturz – Doline – Loch - Unfall
-
- (A) $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{CO}_3$
 - (B) $\text{H}_2\text{CO}_3 \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{HCO}_3^-$
 - (C) $\text{H}_2\text{CO}_3 + \text{CaCO}_3 \rightleftharpoons \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$
 - (D) $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 \rightleftharpoons \text{Ca}^{2+} + 2 \text{HCO}_3^-$ (gut löslich)

Ein so genannter Teilfertigkeitstest mit Tilgungen der Fachbegriffe¹⁰ zum Üben des Fachwortschatzes kann in Ausnahmefällen, z.B. bei Lernenden mit Deutsch als Zweitsprache, sicher auch angewendet werden, erscheint aber für den Regelunterricht in der Sekundarstufe II nicht angebracht.

Das langfristige Ziel muss es allerdings sein, diese Hilfen mit Blick auf das Abitur und die Studierfähigkeit irgendwann wieder zu entfernen.

⁵ Die Linguistik empfiehlt bei Nomen die zusätzliche Notation von Artikel und Pluralform, z.B. auf einer extra dafür eingerichteten Tafelhälfte bzw. einem Whiteboard.

⁶ Basic Interpersonal Communicative Skills

⁷ Cognitive Academic Language Proficiency

⁸ Cummins, Jim. (2001). Negotiating Identities: Education for Empowerment in a Diverse Society.

⁹ vgl. <https://www.schulentwicklung.nrw.de/cms/inklusive-fachunterricht/lernumgebungen-gestalten/scaffolding-/scaffolding.html> [Zugriff: 13.12.2019]

¹⁰ Einsatzmöglichkeiten des C-Test vgl. https://www.uni-due.de/imperia/md/content/prodaz/c_test_einsatzmoeglichkeiten_daz.pdf [Zugriff: 13.12.2019]

Alternative Übungsmöglichkeit: Multiple-Choice-Abfrage

Für die (Übungs-)Aufgabe zum chemischen Gleichgewicht auf dem Planetensystem Kalkulon bietet sich alternativ auch eine **Multiple-Choice-Abfrage** an (Internetversion unter www.lncu.de):

1. Aus den gegebenen Informationen lässt sich folgender Sachverhalt ableiten: Für **Kalkulon I** gilt die Häufigkeit und Größe der gebildeten Kalksteinhöhlen (Dolinen) nimmt zu, weil...
 - ☐ das Gleichgewicht der chemischen Reaktion $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{CO}_3$ auf die rechte Seite verschoben wird. *(richtig)*
 - ☐ das Gleichgewicht der chemischen Reaktion $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{CO}_3$ auf die linke Seite verschoben wird.
 - ☐ Das Gleichgewicht der chemischen Reaktion $\text{H}_2\text{CO}_3 + \text{CaCO}_3 \rightleftharpoons \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ auf die rechte Seite verschoben wird. *(richtig)*
 - ☐ die Löslichkeit von Kalkstein (CaCO_3) in Wasser durch den höheren Druck erhöht wird.
2. Aus den gegebenen Informationen lässt sich folgender Sachverhalt ableiten: Für **Kalkulon II** gilt die Häufigkeit und Größe der gebildeten Kalksteinhöhlen (Dolinen)...
 - ☐ nimmt zu, weil mit steigender Temperatur die Löslichkeit von CO_2 in Wasser zunimmt.
 - ☐ nimmt ab, weil mit steigender Temperatur die Löslichkeit von CO_2 in Wasser zunimmt.
 - ☐ nimmt zu, weil mit steigender Temperatur die Löslichkeit von CO_2 in Wasser abnimmt.
 - ☐ nimmt ab, weil mit steigender Temperatur die Löslichkeit von CO_2 in Wasser abnimmt. *(richtig)*
3. Aus den gegebenen Informationen lässt sich folgender Sachverhalt ableiten: Für **Kalkulon III** gilt die Häufigkeit und Größe der gebildeten Kalksteinhöhlen (Dolinen)...
 - ☐ bleibt ungefähr gleich, weil der atmosphärische Druck gleichbleibt.
 - ☐ bleibt ungefähr gleich, weil sich auch die Temperatur gleichbleibt.
 - ☐ nimmt zu, weil die Konzentration des Kohlendioxids angestiegen ist. *(richtig)*
 - ☐ nimmt ab, weil die Konzentration des Kohlendioxids angestiegen ist.