



CHEMIE

Geistige Entwicklung/Fachdidaktik Chemie

Titel/Thema	Zu LBS 20: Der Prozess der Elementarisierung am Beispiel „Die Kerze unter dem Glas“
Verfasser(innen)	Tobias Riggermann, Carla Weber, Ingrid Karlitschek
Erstellungsdatum	August 2018



Zu LBS 20: Der Prozess der Elementarisierung am Beispiel-Experiment „Die Kerze unter dem Glas“

WARUM?

Zielsetzung:

Anhand des Versuchs „Die Kerze unter dem Glas“ soll den Studierenden der Gang durch einen Elementarisierungsprozess verdeutlicht werden. Die Aspekte des Prozesses werden der Reihe nach durchlaufen, so wie sie in der Abbildung zur Elementarisierung von StRin (FS) Ingrid Karlitschek aufgeführt sind.

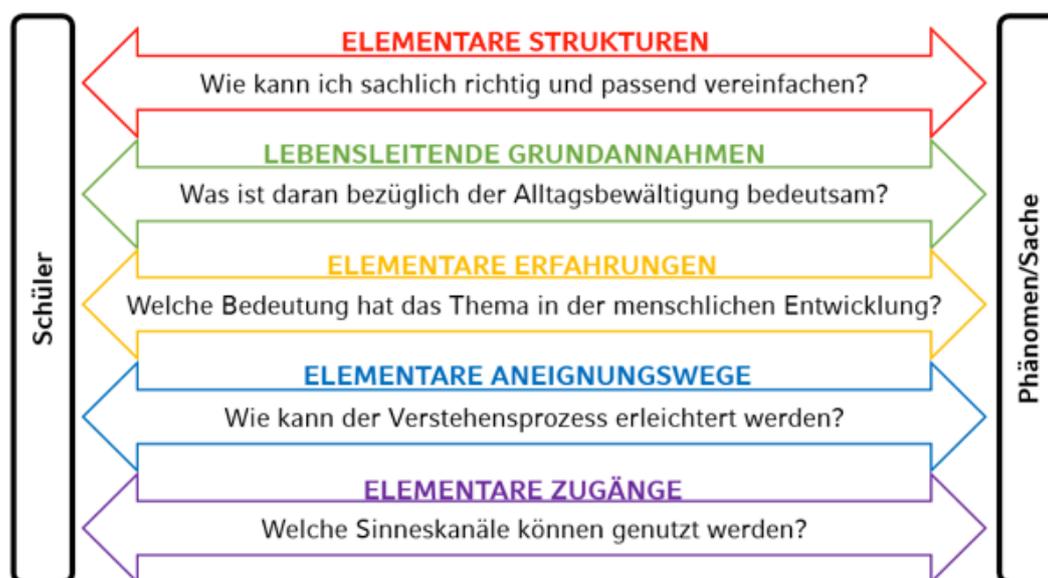


Abbildung 1: Aspekte des Elementarisierungsprozesses. Verändert nach TERFLOTH, KARIN / BAUERSFELD, SÖREN. Schüler mit geistiger Behinderung unterrichten. Didaktik für Förder- und Regelschule. München u. Basel: Ernst Reinhardt Verlag, 2015, S. 86.

Die Einzelschritte unterliegen keiner Abarbeitungschronologie, sondern können in einer beliebigen Reihenfolge abgearbeitet werden. Dennoch wird empfohlen, den Aspekt **Elementare Strukturen** erst fachlich-sachlich möglichst tief zu fassen, da dieser häufig weitreichende Auswirkungen auf die anderen Prozessschritte besitzt.

Elementare Strukturen

ELEMENTARE STRUKTUREN – LEITFRAGE



Wie kann man den Unterrichtsgegenstand sachlich richtig für die Schülerinnen und Schüler vereinfachen und welche Aspekte des Vorgangs sollen genutzt werden?

Zunächst sollte fach-/sachlich geklärt werden, was beim Versuch passiert und wie dieses Geschehen erklärt werden kann. Dabei sollten alle Vorgänge in der fachlichen Tiefe ausgereizt werden, sodass bei didaktischen Reduktionsprozessen keine Unstimmigkeiten auftreten. Außerdem sollte mit den realen Beobachtungen begonnen werden, um den naturwissenschaftlichen Erkenntnisweg genau nachzuvollziehen.

INKLUSIVER EINSCHUB: DURCHDENKEN DES EXPERIMENTS AUSGEHEND VON DEN BEOBACHTUNGEN – DIE SACHANALYSE

Im Versuch kann beobachtet werden, dass zuerst das Streichholz an der Streichholzschachtel durch geeignetes Entlangstreichen des Köpfchens am dafür vorgesehenen Rand der Schachtel entzündet wird und mithilfe des nun brennenden Streichholzes dann die Kerze entzündet werden kann. Stellt man das Glas über die brennende Kerze, so erlischt diese nach einer gewissen Zeit wie von selbst.

Klärung: Entzünden des Streichholzköpfchens

Das metastabile System aus der Zündermischung am Streichholzköpfchen und dem Reaktanten auf der Reibfläche wird durch Druck sowie Reibungswärme aktiviert. Eine exotherme Redoxreaktion findet statt, bei der lokal so viel Wärme frei wird, dass sich das Holz sofort entzündet.



Dieser Vorgang spielt für den Unterrichtsinhalt eine untergeordnete Rolle und wird deshalb nur phänomenologisch betrachtet und das Streichholz nur als Mittel zum Zweck gesehen und als Ursache-Wirkungs-Zusammenhang festgestellt und benutzt.



„Wenn ich die Kerze entzünden will, muss ich zuerst das Streichholz an der Schachtel reiben. Das entzündet sich dann und mit diesem kann ich die Kerze anzünden. Dazu muss ich lange genug am Docht bleiben, damit die Kerze von alleine weiterbrennt.“



Klärung: Entzünden der Kerze



Im Versuch kann erkannt werden, dass der Docht der Kerze von selbst weiterbrennt, sobald eine andere Flamme, in diesem Fall die eines Streichholzes, ausreichend lange an den mit Wachs überzogenen Docht gehalten wird. Es handelt sich hier ebenfalls um ein metastabiles System, dem wesentlich mehr Aktivierungsenergie zugeführt werden muss, um die exotherme Reaktion selbsterhaltend ablaufen zu lassen. Es muss erst ausreichend Wachsdampf entstanden sein und am Docht eine ausreichend hohe Temperatur herrschen, um das Wachsdampf-Luft-Gemisch zu entzünden und den mit Wachs überzogenen Docht freizulegen.



Dieser Vorgang spielt ebenfalls eine untergeordnete Rolle und wird deshalb nur phänomenologisch betrachtet (siehe oben).



Klärung: Erlöschen der Kerze

Stellt man nun ein Glas über die brennende Kerze, so erlischt sie nach einiger Zeit, zudem bildet sich Rauch. Es handelt sich um einen Verbrennungsvorgang, der durch die endliche Menge an Sauerstoff nur zeitlich begrenzt ablaufen kann. Dem schon brennenden System aus Kerzenwachsdampf und Sauerstoff wird das Oxidationsmittel entzogen, sodass der Prozess zum Erliegen kommt. Dies geschieht jedoch nicht erst, wenn der Sauerstoff vollständig aufgebraucht ist, sondern es wird bereits bei einigen Prozent Restsauerstoff eine Brennstoff-Sauerstoff-Mischung erreicht, die nicht mehr zündfähig ist. Der Rauch wird aus unvollständig verbrannten oder nur verdampfenden und wieder kondensierenden Docht- und Wachbestandteilen gebildet.

Diese Beobachtung bildet den Kern des Unterrichtsgegenstandes. Mit dem Versuch kann den Schülerinnen und Schülern aufgezeigt werden, dass es in der Luft einen Bestandteil gibt, der für die Verbrennung von entscheidender Bedeutung ist und der bei der Verbrennung verbraucht wird. Enthält die Luft kontinuierlich weniger dieses Stoffes, so wird ein Zustand erreicht, ab dem die Verbrennung zum Erliegen kommt. Es kann also nur gezeigt werden, dass für die Verbrennung ein gewisses Maß an diesem Stoff vorhanden sein muss.

Um den Unterrichtsgegenstand aus Schülerinnen- und Schülersicht zu analysieren, bieten sich mehrere Aspekte an, auf die der Gegenstand geprüft werden kann. Die aufgeführten Aspekte sind auch in natürlichem Verhalten von Schülerinnen und Schülern bzw. Kindern erkennbar. Merkmale dieses Verhaltens sind jeweils in den Kommentaren angefügt:

INKLUSIVER EINSCHUB: RETROSPEKTIVE ANALYSE DER METHODEN DER KINDLICHEN WELTERSCHLIESSUNG



Adaption

Gibt es Phänomene, die eine ähnliche Wahrnehmung verursachen und den Schülerinnen und Schülern bekannt sein könnten, die sie mit dem aktuellen Phänomen analogisieren können oder fälschlicherweise analogisieren könnten?

Den Schülerinnen und Schülern können alle möglichen Phänomene in den Sinn kommen, die mit Erlöschen von Licht zu tun haben, wobei die elektrische Erzeugung von Licht und die Lichtentstehung in Sternen grundlegend anderen Prinzipien folgen (Emission von Licht durch Erhitzen eines Widerstandes bzw. elektrische Entladung in Gasröhren bzw. Lichtemission bei Kernfusionsreaktionen). Dementsprechend sind Löschmaßnahmen bzw. Ursachen für das Erlöschen anders geartet als bei klassischen Feuererscheinungen im Rahmen von Verbrennungsreaktionen.

BEDEUTUNG



Beim Aspekt der Adaption spielt die Erfahrung und das Vorwissen der Schülerinnen und Schüler eine große Rolle und so kann es hier durch Fehladaptation zu Fehlvorstellungen kommen. Da dieser Aspekt meist nur implizit bei den Schülerinnen und Schülern erfolgt, lässt sich hieraus die große Bedeutung von Vorwissensbefragungen bei den Schülerinnen und Schülern und der eigenen Hypothesenbildung ableiten.

INKLUSIVER EINSCHUB: RETROSPEKTIVE ANALYSE DER METHODEN DER KINDLICHEN WELTERSCHLIESSUNG



Modifikation und Substitution

Welche Aspekte können verändert werden, um ähnliche oder zielgerichtet andere Wahrnehmungen zu verursachen?

Es ist prinzipiell nicht von Belang, was für eine Art, Farbe und Form von Streichhölzern verwendet wird. Die Farbe des Köpfchens ist genauso unerheblich wie die Länge oder Breite des Holzspans. Ebenfalls ohne Einfluss ist die Art, Farbe und Form der Kerze. Ob Teelicht oder Stumpenkerze spielt keine Rolle für das beobachtete Phänomen. Problematischer ist die Verwendung anderer Gegenstände zum Abschließen der Sauerstoffzufuhr. Für die Beobachtung des Phänomens ist ein transparentes, nicht brennbares Material erforderlich. Generell kann für das Löschen jedoch auch intransparentes Material verwendet werden.

BEDEUTUNG



Schülerinnen und Schüler durchlaufen diesen Aspekt indem zum Beispiel folgende Verhaltensweisen beobachtbar sind: Die Schülerinnen und Schüler stellen keine Nachfragen, ob die eine oder andere Kerze hergenommen werden kann („Geht das auch mit der großen Kerze?“) oder ob die rotköpfigen Streichhölzer besser funktionieren als die blauen, wobei die Schülerinnen und Schüler die Versuchsmaterialien von anderen Gruppen betrachten, um diese Unabhängigkeiten tatsächlich zu verifizieren.

INKLUSIVER EINSCHUB: RETROSPEKTIVE ANALYSE DER METHODEN DER KINDLICHEN WELTERSCHLISSUNG



Magnifikation

Kann ich dem Gegenstand Dinge hinzufügen, die einen anderen oder größeren Zusammenhang herstellen, die eine ähnliche Wahrnehmung verursachen?



Wenn rein das Prinzip verfolgt wird, Brände zu löschen, indem die Sauerstoffzufuhr abgeschnitten wird, so kann das Gefäß auch durch andere Stoffe ersetzt werden, die den Sauerstoff verdrängen. Dementsprechend eignen sich Stoffe, die beim Erwärmen erstickende Gase freisetzen oder Gemische, in denen solche im Rahmen von chemischen Reaktionen als Produkte frei werden.



BEDEUTUNG



Bei Schülerinnen und Schülern können für diesen Aspekt folgende Beobachtungen gemacht werden. Zum Beispiel „spielen“ die Schülerinnen und Schüler mit den schon wieder ausgepusteten Streichhölzern und zünden diese an der Kerzenflamme wieder an, sie tauchen sie in Wachs und zünden sie wieder an. Sie stellen zwei Kerzen zusammen und dann ein Glas darüber oder stecken die Zündhölzer in die Kerze hinein, um eine größere Flamme zu erzeugen, die auf die gleiche Weise gelöscht werden kann.

INKLUSIVER EINSCHUB: RETROSPEKTIVE ANALYSE DER METHODEN DER KINDLICHEN WELTERSCHLISSUNG



Minifikation



Wie weit kann ich die Bedingungen reduzieren oder verallgemeinern, um eine grundsätzliche Aspekte der Wahrnehmung zu definieren?



Es bräuchte prinzipiell keine Kerze, sondern auch das Streichholz alleine würde in einem abgeschlossenen Luftraum aufgrund desselben Phänomens erlöschen. Ebenso gelingt die Beobachtung nicht nur mit einem Streichholz, sondern grundsätzlich können klassische Brände dadurch gelöscht werden, dass ihnen eine der drei Komponenten (Brennstoff, Oxidationsmittel, Wärme) entzogen wird.



BEDEUTUNG



Bei den Schülerinnen und Schülern beobachtbare Verhaltensweisen bezüglich dieses Aspekts sind z. B., dass nur noch das Streichholz unter das Glas gelegt wird oder z. B. eine Heftseite, ein Streichholz auf der anderen Seite oder ein anderes Stück brennbares Material (v. a. Papier) entzündet und durch das Darüberstellen des Glases gelöscht wird.

INKLUSIVER EINSCHUB: RETROSPEKTIVE ANALYSE DER METHODEN DER KINDLICHEN WELTERSCHLISSUNG



Kombination



Welche Elemente sind kombinierbar um eine umfassende Wahrnehmung oder andere Effekte zu erreichen?



Sind die Gefäße ausreichend groß gewählt, so könnten die Schülerinnen und Schüler auf die Idee kommen, die Gefäße auch übereinander zu stellen. Außerdem könnten die Schülerinnen und Schüler ein Streichholz als weiteren Docht verwenden, um die Effekte zweier Flammen zu untersuchen.



INKLUSIVER EINSCHUB: RETROSPEKTIVE ANALYSE DER METHODEN DER KINDLICHEN WELTERSCHLISSUNG



Rearrangement



Welche Elemente können vertauscht werden oder in einer anderen Abfolge gewählt werden?



Beim Experiment herrscht eine klare „Wenn-dann“-Beziehung, die nicht verändert werden kann. Die Kerze kann mit dem Streichholz nicht entzündet werden, wenn sich das Glas bereits über der Kerze befindet.



INKLUSIVER EINSCHUB: RETROSPEKTIVE ANALYSE DER METHODEN DER KINDLICHEN WELTERSCHLISSUNG



Umkehrung



Kann man den Gegenstand umkehren und für die SuS andere Erkenntnisse herausstellen?



Beim Experiment kann ein schon mit sauerstoffarmer Luft gefülltes Gefäß verwendet werden, um zu überprüfen, ob die Idee bezüglich des unsichtbaren, für die Verbrennung entscheidenden und über die Zeit verbrauchten Stoffs aus der Luft ihre Richtigkeit hat.



KONSEQUENZEN FÜR DEN UNTERRICHT



Es ist oft mühsam diese Aspekte herauszuarbeiten, jedoch bieten diese eine Basis, nach der sich Fehlvorstellungen von Schülerinnen und Schülern ausfindig machen lassen bzw. diese aktiv antizipiert und ihnen entgegengewirkt werden kann. Zudem schafft sich die Lehrkraft einen Überblick über von den Schülerinnen und Schülern wahrscheinlich gezeigte Verhaltensweisen und kann dieses Wissen für diagnostische Zwecke einsetzen.

Elementare Aneignungswege

LEITFRAGE



Welche Möglichkeiten haben die Schülerinnen und Schüler, um sich den Unterrichtsgegenstand anzueignen? (Wahrnehmung mit allen Sinnen, handelnd, steuernd, bezeichnend, abbildend, reflektierend, transferierend)

Im Experiment können alle eingesetzten Chemikalien auf unterschiedliche Weise wahrgenommen werden. Die Gläser können angefasst und angestoßen werden. Sie fühlen sich charakteristisch an und machen charakteristische Geräusche. Auch die Kerze mit ihrem Aluschälchen, dem Wachs und dem Docht bieten intensive haptische Erfahrungsmöglichkeiten mit unterschiedlichen Materialien. Der Rauch beim Entzünden des Streichholzes und Löschen der Kerze und der Geruch der Verbrennungsstoffe zeigen sich als charakteristisch für den Vorgang. In der Versuchsanleitung sind sie angewiesen, sich ein Bild von der Situation in Form einer Querschnitt-Skizze zu machen. Außerdem stehen ihnen vorstrukturierte Wertetabellen für die Dokumentation der Beobachtungen und der Ergebnisse bereit. Die Schülerinnen und Schüler werden stets dazu angehalten, sich aus den Beobachtungen folgend eigene Fragen zu stellen und Hypothesen dazu zu formulieren. Insofern durchlaufen die Schülerinnen und Schüler in kleinen Schritten den naturwissenschaftlichen Erkenntnisweg.

Elementare Zugänge

LEITFRAGE



Welche Möglichkeiten haben die Schülerinnen und Schüler, um sich den Unterrichtsgegenstand anzueignen? Welche Lernvoraussetzungen bringen sie mit?

Motorische Aspekte



Kinder am Beginn der Sekundarstufe I zeigen wie auch später sehr heterogene motorische Fertigkeiten. Für das Experimentieren werden vor allem Fähigkeiten im Bereich der Auge-Hand-Koordination benötigt. Das saubere Entnehmen, Ein- und Umfüllen von Flüssigkeiten oder Feststoffen wird dabei geübt. Generell können die Versuchsgegenstände alle ertastet und spezifische Eigenschaften der Gegenstände ausgemacht werden.



Kognitive Aspekte



Kinder am Beginn der Sekundarstufe I können nach Piaget in die Zeit des Übergangs von der konkreten in die formal operationale Phase eingeordnet werden. Es fällt ihnen also noch schwer, abstrakte Darstellungen zu verstehen. Die folgende 5-Stufen-Analyse ermöglicht die gezielte Beobachtung beim Experimentieren und ergibt zum einen diagnostische Hinweise auf den Entwicklungsstand, zum anderen können die Kinder dadurch an der passenden Stelle des kognitiven Prozesses abgeholt werden.

Erste Stufe: Bloße Wahrnehmung ohne Vernetzung (Wahrnehmung)

Das Kind nimmt die unterschiedlichen Reaktionspartner wahr. Das Streichholz, die Flamme, die brennende Kerze, das Erlöschen. Es findet keine sonstige Interaktion mit den Gegenständen statt, eher passive Perzeption.

Sich vorzustellende Situation: Kind (im Kinderwagen) werden die Versuchsgegenstände präsentiert und beim Versuch auf die Flamme hingewiesen mit den Worten „Schau mal, jetzt geht die Kerze aus!“

Zweite Stufe: Vernetzte Wahrnehmung: Gefühle und Eindrücke (Beobachten)

Die Versuchsmaterialien werden als zusammengehörig betrachtet und für den Vorgang wichtig erkannt. Das Kind realisiert, dass mithilfe der Materialien ein bestimmtes Phänomen beobachtet werden kann. Beim Entzünden des Streichholzes stechen der Rauch und die Gase etwas in der Nase und beim Kontakt mit der Streichholzflamme fängt das Wachs am Docht zuerst an flüssig zu werden, dann entzündet sich das Wachs am Docht. Die Aluschale des Teelichts fühlt sich kalt an, genauso wie das Glas. Die Gegenstände werden nun direkt erfahren durch Berühren, Schmecken etc. und mit bereits bekannten Eindrücken verglichen, obwohl diese nicht unbedingt verbal kommunizierbar sind.

Sich vorzustellende Situation: Kind im Laufalter begreift die Versuchsgegenstände und zeigt emotionale Regungen, z. B. wenn es eine Streichholzschachtel sieht.

Dritte Stufe: Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge erkennen (Sequenzieren)

Das Kind erkennt, dass die Streichholzschachtel an einer bestimmten Seite verwendet werden muss. Außerdem muss die Flamme des Streichholzes sehr nahe an den Docht gehalten werden, um die Kerze zu entzünden. Außerdem kann im Experiment der Je-Desto-Zusammenhang zwischen Glasgröße und Brenndauer realisiert werden. In einfachen Worten werden die erkannten Zusammenhänge als proximate Wenn-Dann-Beziehungen formulierbar.

Sich vorzustellende Situation: Kind im Kindergartenalter kann Versuch nachmachen und herumspielen, freut sich, wenn die Wiederholung klappt, weil intrinsisch und eventuell noch nicht verbal formulierbar ein Zusammenhang erkannt wurde.

Vierte Stufe: Warum-Frage stellbar/erweiterbar/testbar (Hypothetisieren, Experimentieren, Konzeptualisieren)

Das Kind entwickelt aus dem Ursache-Wirkungs-Zusammenhang die Fragestellung nach der Natur des Vorgangs. Die Frage, warum die Reaktion in beobachteter Weise abläuft, wird über Analogieexperimente gefestigt, auch um schon entwickelte Präkonzepte abzarbeiten und tragfähige Präkonzepte zu prüfen. Am Ende kann die Aussage stehen: In der Luft ist ein Stoff enthalten, der bei einer Verbrennung verbraucht wird. Ist er nicht mehr vorhanden, so findet auch keine Verbrennung mehr statt. Der proximate Wenn-Dann-Zusammenhang wird nun generalisierter gefasst und als Konzept gefestigt. Dieses ist auch verbal formulierbar, jedoch noch konkret an der Sache orientiert.

Sich vorzustellende Situation: Kind im Grundschulalter macht den Versuch und probiert, mal verschiedene Kerzen und Glasformen oder auch Feuerzeug oder ähnliches.

Fünfte Stufe: Darum-Aussage formulieren (Theoretisieren)

Die Darum-Aussage (ultimate Erklärung) erschließt sich erst auf der Teilchenebene. Hier erkennt das Kind, dass es sich bei dem Vorgang um eine chemische Reaktion handelt. Dabei reagieren die Moleküle im Kerzenwachs unter Zufuhr von Wärme und mithilfe von Sauerstoffmolekülen aus der Luft in einer chemischen Reaktion. Mit einer ersten abstrakten Vorstellung von Stoffen im gasförmigen Zustand können die Kinder sich erklären, warum die Brenndauer bei größeren Gefäßen zunimmt.

Sich vorzustellende Situation: Kind im Grundschulalter oder höher versucht sich den Sachverhalt zu erklären und stellt seine eigene Theorie auf, die nicht unbedingt mit der Lehrmeinung im Einklang steht. Im besten Fall jedoch wird mit Erwachsenen Rücksprache gehalten, die die Vorstellung/Theorie bestätigen oder die Entwicklung einer lehrmeinungskonformen Alternative anstoßen.

Sprachliche Aspekte



Kinder am Beginn der Sekundarstufe I weisen in der Regel bereits einen Wortschatz von mindestens 700 Wörtern (ungefähre Anzahl der Lernwörter in der Grundschule) auf, können ganze, grammatikalisch korrekte Sätze formulieren, die auch mit Relativsätzen erweitert werden können. Mit dem Passiv haben viele noch Probleme, genauso wie mit Nominalisierungen oder Komposita. Bei Fachwörtern sollte immer Rücksprache gehalten werden, ob diese bekannt sind und ggf. dann eingeführt werden. Besonders bei der Beschreibung vom Versuchsaufbau sind oft unbekannte Substantive, bei der Beobachtung fehlende Verben eine Herausforderung.

Emotionale Aspekte



Beim Experiment selbst tritt die spontane Gasentwicklung als Überraschungsmoment auf, wobei je nach verwendeter Menge die Schaumbildung für manche Kinder ein für sie subjektiv bedrohliches Ausmaß annehmen kann. Beim Versuch lernen die Kinder jedoch, dass der Prozess nicht ewig weitergeht, sondern von selbst langsamer wird und zum Erliegen kommt. Tatsächlich bietet dieser Teil des Experiments den emotionalen Höhepunkt. Von diesem muss durch Explizieren des Problems („Das ist ja seltsam, wieso wird denn der Ballon auf einmal aufgepustet?“) übergeleitet werden. Es besteht hier sonst die Gefahr, dass die Kinder am Phänomen hängen bleiben.

Elementare, lebensleitende Grundannahmen und elementare Erfahrung

LEITFRAGEN



Welche grundlegende Bedeutung hat der Unterrichtsgegenstand für die Schülerin oder den Schüler bei der Bewältigung von alltäglichen, gesellschaftlichen Anforderungen? (praktisch, kulturell, etc.)

Von welchen fundamentalen Erfahrungen bzgl. des Unterrichtsgegenstandes sind wir Menschen geprägt?

Die Schülerinnen und Schüler lernen kennen, dass klassische Verbrennungen nur in Gegenwart von genügend Sauerstoff stattfinden können. Insofern wird den Schülerinnen und Schülern bewusst, warum Sauerstoffmangel zum Erlöschen von Feuer bzw. zum Sterben von Menschen führt und warum für die Eindämmung von Bränden in Häusern auch sog. Brandschutztüren eingebaut werden. Zudem erfahren die Schülerinnen und Schüler, dass bei diesen Verbrennungen Wärme und Licht frei werden, zwei für das Leben wichtigen abiotischen Faktoren. Ist nicht genügend Sauerstoff vorhanden, so kommt die Verbrennung zum Stillstand, die Flamme geht aus, es wird dunkel und kalt. Einerseits lässt sich dieser Umstand pragmatisch auf die Möglichkeit beziehen, lebensgefährliche Feuer löschen zu können, andererseits im übertragenen Sinn, dass ohne den Sauerstoff auch kein menschliches Leben möglich ist.

Zudem erfahren die Schülerinnen und Schüler, dass bei diesen Verbrennungen Wärme und Licht frei werden, zwei für das Leben wichtigen abiotischen Faktoren. Ist nicht genügend Sauerstoff vorhanden, so kommt die Verbrennung zum Stillstand, die Flamme geht aus, es wird dunkel und kalt. Einerseits lässt sich dieser Umstand pragmatisch auf die Möglichkeit beziehen, lebensgefährliche Feuer löschen zu können, andererseits im übertragenen Sinn, dass ohne den Sauerstoff auch kein menschliches Leben möglich ist. Des Weiteren können aber auch für den Menschen gefährliche Lebewesen wie Krankheitserreger und dergleichen unschädlich gemacht werden, was zum Beispiel beim Kochen oder Braten von Speisen Anwendung findet.