

Stoffeigenschaften und Zuckerverbrennung

Offene Bildungsressourcen für den inklusiven Unterricht

Der inklusive MINT-Unterricht stellt Lehrkräfte vor neue Aufgaben: Wie lässt sich naturwissenschaftlich-technisches Wissen differenziert und dennoch im Klassenverbund vermitteln, so dass alle Schülerinnen und Schüler unabhängig von ihrem Förderbedarf, ihres kulturellen, sprachlichen und soziökonomischen Hintergrunds bestmöglich, individuell und dennoch gemeinsam lernen? Mit herkömmlichen Unterrichtsmaterialien lässt sich die Umsetzung der bildungspolitischen Forderung nach Inklusion kaum leisten. Anregungen und Hilfestellungen für Lehrkräfte speziell auch in den Fächern Naturwissenschaften und Chemie bieten die inklusiven Experimentiereinheiten, die die Siemens Stiftung zusammen mit ihren Kooperationspartnern, der iMINT-Akademie der Senatsverwaltung für Bildung, Jugend und Familie Berlin und dem Landesinstitut für Schulqualität und Lehrerbildung Sachsen-Anhalt (LISA), entwickelt hat. Die Lehr- und Lernmaterialien basieren

unter anderem auf dem internationalen Bildungsprogramm Experimento der Siemens Stiftung sowie auf den Standards für das Experimentieren im inklusiven Unterricht der iMINT-Akademie. Durch die auf Vielfalt und Gemeinschaft ausgerichtete Arbeitsweise bilden die Schülerinnen und Schüler nicht zuletzt auch lernprozessbezogene Werte wie Teamorientierung, Toleranz und Verantwortungsgefühl, die im Unterricht praktisch gelebt werden können.

Dieses Medienpaket wurde von einer Lehrergruppe des Landesinstituts für Schulqualität und Lehrerbildung Sachsen-Anhalt unter inklusiven Gesichtspunkten überarbeitet und erweitert. Beide Unterrichtsmodulare stehen als *Open Educational Resources* (OER) auf dem Medienportal der Siemens Stiftung sowie auf den Bildungsservern der Länder Berlin-Brandenburg bzw. Sachsen-Anhalt zum Download bereit (→ <http://www.medienportal.siemens-stiftung.org>).

Inklusion ist eine pädagogisch-didaktische Aufgabe

Die bestmögliche Förderung aller Schülerinnen und Schüler entsprechend ihrer individuellen Fähigkeiten ist vor allem eine didaktische Herausforderung. Begünstigt wird das gemeinsame Lernen – so renommierter Wissenschaftlern zufolge – unter anderem durch einen handlungsorientierten, forschend-entwickelnden Unterricht, der alle Schülerinnen und Schüler mit ihren Interessen anspricht und an ihre Erfahrungen anknüpft. Nicht zuletzt sollen sie die Möglichkeit haben, ihr Vorwissen und Können in der Klasse einzubringen. Der Experimentalunterricht bietet dafür optimale Voraussetzungen.

Das Unterrichtsmodul „Stoffeigenschaften – eine Forschungsreise“ wurde – angeregt durch Experimentier-vorschläge im Projekt Experimento18+ der Siemens Stiftung – von einer Lehrergruppe der iMINT-Akademie für den inklusiven Unterricht in der Jahrgangsstufe 5/6 des naturwissenschaftlichen Unterrichts entwickelt.

Als zweites Beispiel für die Altersstufe 10 und höher betrachten wir das Unterrichtsmodul „Wir verbrennen Zucker“ für die Klassenstufe 10 und höher, basierend auf einem Medienpaket des Projekts Experimento 10+.

Eine Forschungsreise statt Handlungsanweisungen

Ohne Motivation geht nichts. Selbstforschendes, selbstaktivierendes Lernen ist das Geheimnis eines wirksamen inklusiven Unterrichts. Gerade lernschwächere Schülerinnen und Schüler sind dabei auf eine motivierende Lernumgebung angewiesen. Deshalb besitzt das in drei Lernumgebungen gegliederte Unterrichtsmodul „Stoffeigenschaften“ eine Rahmenhandlung, in der die fiktive Ozeanologin Prof. Cousteau mit ihrem Forschungsschiff „Beagle“ auf Weltreise geht. Sie bindet die Schülerinnen und Schüler von Anfang an mit ein: zu Beginn jeder Lernumgebung bittet sie per E-Mail darum, ihr bei der Sortierung von Materialien (Lernumgebung 1), der experimentellen Untersuchung von Stoffen (Lernumgebung 2) und der Bestimmung von Eigenschaften von Stoffen (Lernumgebung 3) zu helfen. Auch die Aufforderung an die Schülerinnen und Schüler, möglichst viele verschiedene Materialien (z. B. T-Shirt, Bindfaden, Büroklammer, Nagel, Glasmurmeln, Legosteine, Joghurtbecher, Küchenfolie usw.) in den Unterricht mitzubringen, wirkt aktivierend. Sie empfinden die Forschungsreise als ihr eigenes Projekt. (s. **Abb. 1**)

Info zum Medienportal der Siemens Stiftung

Das Medienportal der Siemens Stiftung bietet rund 5.500 Lehr- und Lernmaterialien wie interaktive Tafelbilder, Videos oder Experimentieranleitungen, die einen abwechslungsreichen naturwissenschaftlich-technischen Unterricht ermöglichen. Etwa 3.000 Medien liegen bereits als Open Educational Resources (OER) vor und können ohne Registrierung unter <https://medienportal.siemens-stiftung.org/oer> heruntergeladen, verändert, weitergegeben und wieder veröffentlicht werden. Alle Medien sind am Lehrplan ausgerichtet und stehen in Deutsch, Englisch und Spanisch zum kostenlosen Download bereit.

Die Heterogenität der Schülergruppen wird zum Vorteil

Die Lehrkraft agiert bei diesem Unterrichtsmodul als Organisator, Begleiter und Berater. Sie ermutigt die Lernenden zu individuellen, kreativen und vor allem selbstständig gewählten Lösungsansätzen.

- Zunächst bearbeiten alle Schülerinnen und Schüler in Lernumgebung 1 gemeinsam dieselbe Aufgabenstellung mit einer niedrigen Eingangsschwelle.
- In Lernumgebung 2 gibt es vertiefende Teilaufgaben auf einem differenzierten Verständnis- und Abstraktionsniveau. Dabei werden die Aufgabenstellungen unterschiedlichen Schwierigkeitsgrades jeweils leistungshomogenen Gruppen zugeordnet. So wird das individuelle Arbeits- und Lerntempo respektiert und alle Schülerinnen und Schüler sind entsprechend ihrer Möglichkeiten an den Lösungen beteiligt.
- In Lernumgebung 3 stellen dagegen leistungsheterogene Gruppen sicher, dass sich die Schülerinnen und Schüler bei den komplexen Aufgaben gegenseitig unterstützen.
- Die Schülerinnen und Schüler entscheiden selbst über den Einsatz von Arbeitsmitteln und die Art der Dokumentation. Ihr individueller Lösungsweg steht im Mittelpunkt.
- Für die Lösung der Aufgaben ist der gemeinsame Austausch über die unterschiedlichen Bearbeitungswege unumgänglich. So reflektieren die Lernenden die individuellen Lösungsstrategien und vertiefen das Verständnis für den Stoff.

Darüber hinaus bietet das Unterrichtsmodul Anregungen, um Schülerinnen und Schüler, die schneller als die anderen zu Ergebnissen kommen, durch Sonderaufgaben zu fördern. Eine gelungene Zusammenarbeit stärkerer und schwächerer Schülerinnen und Schüler zeigt in der Regel, dass nicht nur die Schwächeren hiervon profitieren. Was man von jeder Studenten-Lerngruppe kennt,



1| Schülerinnen und Schüler unterstützen die Forschungsreise der Ozeanologin Prof. Cousteau

Gestufte Hilfen

Antwortkarte in den 2. Umschlag stecken:

Die Hitze-Antwortkarte 2:



Für die Untersuchung der Wärmeleitfähigkeit benötigt ihr auf **keinen Fall**:

- einen Magneten
- eine Batterie
- eine Glühbirne
- das Kochsalz
- die Kabel

Impuls auf den 3. Umschlag kleben:



Die Hitze-Hilfekarte 3:

Überlegt, welche Materialien ihr für euren Versuch benötigt.



3| Gestufte Hilfen sollen Schülerinnen und Schüler bei der Problemlösung unterstützen

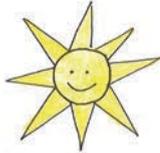
Wörterliste der Gegenstände

Bilder der Gegenstände	Name	Bilder der Gegenstände	Name
	Folie aus Aluminium		Spatel aus Holz
	ein Stück Stoff aus Baumwolle		Nägels aus Eisen
	Büroklammer aus Eisen		Draht aus Kupfer

2| Wörterlisten zur Unterstützung beim Umgang mit vielen verschiedenen Stoffen

Zeichnungen © Medienportal der Siemens Stiftung (Abb.1); Fotos ©: li. Spalte: (1) Sergiy Kuzmin / shutterstock.com, (2) nafterphoto / shutterstock.com, (3) MSPT / shutterstock.com, re. Spalte: (4) rohazadabu / shutterstock.com, (5) Praisang / shutterstock.com, (6) images and video / shutterstock.com (Abb. 2)

Informiere dich über weitere Eigenschaften der Stoffe

Stoffeigenschaften		
		
Die Stoffe:	die Schmelztemperatur: Der Stoff ... schmilzt bei ... °C	die Siedetemperatur: Der Stoff siedet bei ... °C
das Eisen	1538	2862
das Kupfer	1084	2567
das Aluminium	660	2467
das Kochsalz	801	1413
das PP	100 bis 110	keine
das PET	> 250	keine
das Glas	zwischen 600 und 800	keine
die Baumwolle	keinen Schmelzpunkt	keinen Siedepunkt

4 | Bestimmungskarten, die von den Schülerinnen und Schülern selbst ausgefüllt werden sollen

bewährt sich auch an der Schule: Wer anderen etwas erklärt, wird auch selbst schlauer!

Die sprachliche Kompetenz mit visuellen Hilfen fördern

Gelerntes aufzuzeichnen, Plakate zu gestalten und in Kurzvorträgen Inhalte zu präsentieren, gehört zum modernen Unterricht. „Problemkarten“ weisen die Schülerinnen und Schüler an, Informationen zusammenzufassen, Fragestellungen zu entwickeln, zu Sachverhalten Stellung zu nehmen sowie Hypothesen zu formulieren und zu begründen. All dies sind Aufgaben, die auch die sprachliche Kompetenz fordern und fördern.

Für Schülerinnen und Schüler, die in diesem Bereich Schwierigkeiten haben, gibt es eine Reihe visueller Hilfen. Eine Wörterliste (s. **Abb. 2**) etwa unterstützt sie beim Umgang mit den vielen verschiedenen Stoffen sowie bei den korrekten sprachlichen Benennungen – anschaulich im Spaltenformat dargestellt. Auf den

Problemkarten sowie auf den Hilfekarten werden für das jeweilige Problem kleine Symbole verwendet. Als unterstützende Hilfe für Plakate und Vorträge gibt es ein Arbeitsblatt, in dem neben bildhaften Elementen (z. B. Symbole für die Eigenschaften der Stoffe) auch sprachliche Hilfen zur Formulierung naturwissenschaftlicher Sachverhalte zu finden sind.

Gestufte Aufgabenstellungen helfen fachlich weiter

Ein Problem bei selbstforschendem, selbstaktivierendem Lernen ist jedoch nicht nur die sprachliche Kompetenz. Das Verständnis des fachlichen Inhalts erfordert ein beträchtliches Maß an analytischen Fähigkeiten sowie Abstraktionsvermögen, das „auf den ersten Blick“ einige Schülerinnen und Schüler überfordern könnte. Schnell entmutigt wird dann nach dem Motto „das kann ich eh nicht“ die Mitarbeit reduziert oder sogar eingestellt. Diese Situation versucht das Unterrichts-

modul durch sog. „Hilfekarten“ zu entschärfen. Sie müssen nicht, können aber von den Schülerinnen und Schülern genutzt werden, wenn sie nicht weiterkommen. Die nach einem Konzept von L. Stüdel erstellten gestuften Hilfen fördern das selbstständige Lernen, indem sie den Schülerinnen und Schülern Schritt für Schritt Unterstützung bei der Lösung ihres Problems bieten. Gleichzeitig lassen sie aber auch individuelle Lern- und Lösungswege zu. (s. **Abb. 3**).

Die Impulse dieser gestuften Hilfen sind immer gleich aufgebaut. Die erste Hilfekarte regt die Schülerinnen und Schüler an, das Problem in der Gruppe noch einmal zu formulieren und so Klarheit über die Aufgabenstellung zu erlangen. Weitere Impulse dienen dazu, dass die Schülerinnen und Schüler Hinweise zu einer strukturierten, naturwissenschaftlichen Lösung erhalten. Die letzte Stufe kann für leistungsstärkere Gruppen, die die Aufgabe ohne Hilfen bearbeitet haben, auch zur Kontrolle ihrer eigenen Lösung eingesetzt werden.

Aufgrund der Aufgabenstellung müssen die Schülerinnen und Schüler auch exakte Stoffeigenschaften recherchieren, wie z. B. den Schmelzpunkt bestimmter Stoffe. Da die Schülerinnen und Schüler diese Stoffeigenschaften durch ihre eigenen Untersuchungen bzw. Experimente nur qualitativ oder gar nicht erfassen können, müssen sie diese recherchieren. Zu diesem Zweck bietet das Unterrichtsmodul sog. Bestimmungskarten, die von den Schülerinnen und Schülern leicht selbstständig ausgewertet werden können. (s. **Abb. 4**).

Kurzum, mehr als nur Arbeitsblätter

Das Unterrichtsmodul „Stoffeigenschaften – eine Forschungsreise“ bietet nicht nur bloße Arbeitsblätter mit Handlungsanweisungen und Anleitungen zur Protokollierung und Auswertung von Ergebnissen. Darüber hinaus bietet es ein deutliches Mehr an Hilfen für den gemeinsamen Experimentalunterricht von Schülerinnen und Schülern mit verschiede-

Bestehende Unterrichtsmodule für den inklusiven Unterricht ergänzen

Es müssen nicht immer alle Materialien neu entwickelt werden. Auch schon vorhandene Medien lassen sich für inklusive Lernumgebungen aufbereiten, wie das Beispiel des Moduls „Wir verbrennen Zucker“ für die Jahrgangsstufen 10 und darüber hinaus zeigt.

Die Verbrennung von Glukose in den Zellen ist Grundlage des menschlichen Lebens. Daher sind die Schülerinnen und Schüler in der Regel motiviert, das Thema „Zuckerverbrennung“ durch eigene Experimente zu erforschen. Die Erkenntnis, dass sich Zucker erst mithilfe eines Katalysators entzünden lässt, erleichtert den Übergang zu den Vorgängen im menschlichen Körper, bei dem die Verbrennung bei ca. 36°C mit Hilfe von Biokatalysatoren abläuft.

Das ursprüngliche Unterrichtsmodul enthielt neben einer ausführlichen Lehrer- und Schüleranleitung die detaillierte Sachinformation „Zuckerverbrennung und Zellatmung im menschlichen Körper“ sowie eine Linkliste. Ergänzt wurde das Modul durch ein Lösungsblatt zu den in der Schüleranleitung geforderten Ausarbeitungen und den dort gestellten Fragen. Die Grafik „Kleinkraftwerk Mitochondrium“, das interaktive Tafelbild „Energistoffwechsel des Menschen“ sowie die Animation „Katalyse-Prinzip“ runden das mediale Angebot ab.

In der inklusiven Erweiterung des Lernmoduls tragen zusätzliche Medien dem besonderen Hilfebedarf Rechnung:

Das etwas vereinfachte Arbeitsblatt zum Thema Katalysator gibt einen historischen Überblick sowie eine Definition des Begriffs „Katalysator“ und stellt dazu Aufgaben. Ein Ergänzungsblatt zur Schüleranleitung formuliert explizit einen Forscherauftrag.

Da die Medien unter offener Lizenz (OER) angeboten werden, kann die Lehrkraft sie ohne weiteres verändern oder ergänzen. Sollten z. B. Schülerinnen und Schüler noch nicht sattelfest in der Formelschreibweise chemischer Gleichungen sein, lässt sich die vereinfachte Schüleranleitung noch durch eine selbst eingefügte Wortgleichung ergänzen (Abb. 5).

Hinzu kommt ein gesondertes Dokument mit sog. „Gestuftten Hilfen“ (Abb. 6), so dass die Schülerinnen und Schüler notfalls auch ohne direkte Hilfe der Lehrkraft die Aufgaben lösen können. Zur bestehenden Lehreranleitung gibt es für den inklusiven Unterricht darüber hinaus eine zusätzliche Handreichung.

Mangelnde Sprachkompetenz erweist sich im naturwissenschaftlich-technischen Fachunterricht auch für die höheren Jahrgangsstufen zunehmend als Barriere. Dazu enthält das inklusiv ergänzte Unterrichtsmodul zwei SFU-Arbeitsblätter (SFU = Sprachsensibler Fachunterricht) und die jeweils dazugehörigen Lösungsblätter. Mithilfe von „Wortlisten“ und „Wortgeländern“ lernen die Schülerinnen und Schüler auf diese Weise, fachlich und sprachlich korrekt zu formulieren.



5 | Natürlich kann die Lehrkraft alle Medien dieses Unterrichtsmoduls in Pakete ändern oder ergänzen. Hier z. B. eine Wortgleichung als Ergänzung der Formelgleichung im Originaldokument.

Gestufte Hilfen	
C1 Inklusion: Wir verbrennen Zucker	
Hilfe	Antwort
Hilfe 1 – Aufgabenverständnis Erklärt euch gegenseitig die Aufgabe noch einmal mit euren eigenen Worten. Klärt dabei, wie ihr die Aufgabe verstanden habt und was euch noch unklar ist.	Antwort 1: Wir sollen Zucker verbrennen und überlegen, welche Produkte dabei entstehen. Sie atmen wir auch aus. Die Produkte sollen wir nachweisen. Zu den Versuchen fertigen wir Versuchsskizzen an. Die Beobachtungen notieren wir. Die Ergebnisse wenden wir auf die Zellatmung an und erklären sie. Wir suchen in Medien nach drei kohlenhydratreichen Lebensmitteln und geben an, wie viel Energie 100 g jeweils enthalten.
Hilfe 2 – Was brauche ich? Formuliere für die ablaufende Reaktion die Wortgleichung und überlege, was zum Verbrennen benötigt wird.	Antwort 2: Zucker und Sauerstoff reagieren zu Kohlenstoffdioxid und Wasser. Es wird ein Katalysator benötigt.
Hilfe 3 – Was eignet sich als Katalysator? Sieh auf dem Tablett nach, welcher Stoff als Katalysator wirken könnte?	Antwort 3: 1. Alkohol 2. Zigarettenasche Richtige Antwort: 2. Zigarettenasche Katalysatoren verbrauchen sich nicht.
Hilfe 4 – Nachweis von Wasser In der Reaktionsgleichung siehst du, dass Wasser entsteht. Halte ein kaltes Reagenzglas in die Flamme. Woran erkennst du, dass sich Wasser bildet?	Antwort 4: Die Reagenzglaswand beschlägt. Das deutet auf sich kondensierenden Wasserdampf hin.

6 | Zur Lösung des Forscherauftrags gibt es für den inklusiven Unterricht gestufte Hilfen. In der ursprünglichen Fassung des Medienpaketes waren sie nicht enthalten. Auch in den höheren Jahrgangsstufen bleiben schwächere Schüler leicht bei der selbstständigen Erarbeitung an einzelnen Schritten hängen. Die gestuften Hilfen sorgen auch hier dafür, dass sie den Anschluss nicht verlieren.

nen Lernausgangslagen. Gerade für den vorgesehenen Jahrgangsstufenbereich erscheint es dem Autor besonders gelungen, dass diese Hilfen kein „Zusatz“ zu einem herkömmlichen Unterrichtsmodul, sondern inhaltlich und didaktisch vollintegriert sind, sozusagen „voll inklusiv“.

Es klappt nur im Team

Inklusiver Unterricht stößt bei vielen Lehrkräften schon wegen des zweifelloso höheren Aufwands für Vorbereitung und Organisation auf Skepsis. Umso wichtiger ist es, sich dabei helfen zu lassen. Die hier vorgestellten,

frei herunterladbaren Unterrichtsmodule unter offener Lizenz (OER) sind dafür eine gute Lösung, da sie den eigenen Bedürfnissen angepasst, weitergegeben und wieder veröffentlicht werden dürfen.

Michael Huber