



© fotolia.com

Basiskonzept Energie

Von Heinz Schmidkunz und Ilka Parchmann

„Ohne Energie geht nichts“, diese banale Erkenntnis bestimmt unser Leben weitgehend in jeder Hinsicht. Ganz gleich, ob wir uns bewegen, denken oder etwas beobachten, es ist immer Energie dafür erforderlich. Jeder Zug, jedes Auto oder Flugzeug würde ohne Energie stehen bleiben, ganz zu schweigen davon, dass wir ohne Heizung einen Winter kaum erleben möchten.

Der Begriff Energie ist folglich überall präsent, gleichzeitig beschreibt er aber wohl auch eines der am schwierigsten zu verstehenden Konzepte des naturwissenschaftlichen Unterrichts.

Das bei Schülern oft genutzte Online-Lexikon Wikipedia definiert den Begriff zunächst lediglich als Größe und macht weiterführend deutlich, dass Energie in den unterschiedlichsten Kontexten bedeutsam ist (**Abb. 1**).

Stichwort „Energie“ in Wikipedia

[Zugriff 22. 8. 2010]:

„Die Energie ist eine physikalische Größe, die in allen Teilgebieten der Physik sowie in der Technik, der Chemie, der Biologie und der Wirtschaft eine zentrale Rolle spielt. [...]

Energie ist nötig, um einen Körper zu beschleunigen oder um ihn entgegen einer Kraft zu bewegen, um eine Substanz zu erwärmen, um ein Gas zusammenzudrücken, um elektrischen Strom fließen zu lassen oder um elektromagnetische Wellen abzustrahlen. Pflanzen, Tiere und Menschen benötigen Energie, um leben zu können. Energie benötigt man auch für den Betrieb von Computersystemen, für Telekommunikation und für jegliche wirtschaftliche Produktion.“

1 | Definition des Energie-Begriffs im Online-Lexikon Wikipedia

Populäre Begriffe zur Energie	Wissenschaftsorientierte Energiebegriffe
Energiequellen	Chemische Energie
Energilagerstätten	Elektrische Energie
Energiereserven	Lichtenergie
Energiegewinnung	Mechanische Energie
Energiebedarf	Kernenergie
Energieversorgung	Wärmeenergie
Energienutzung	Sonnenenergie
Energieverbund	Fossile Energie
Energieverbrauch	Aktivierungsenergie
Energieeinsparung	Potentielle Energie
Energielücke	Kinetische Energie
Energieverschwendung	Windenergie

Tab. 1 | Begriffe zur Energie in Printmedien

Viele Schulbücher charakterisieren Energie im Zusammenhang mit Arbeit: „Energie ist die Fähigkeit, Arbeit zu leisten.“ Um den Eindruck zu vermeiden, dass dies quasi unbegrenzt und unabhängig von Systembedingungen geschehen kann, könnte man diese Definition wie folgt erweitern:

Ein Objekt oder System besitzt für uns nutzbare Energie, wenn es in der Lage ist, an einem anderen Objekt oder System Arbeit zu leisten oder Wärme zu übertragen.

Die Betonung der für uns nutzbaren Energie stellt gleichzeitig eine Brücke zur Energieerhaltung her:

„Energie kann nicht vernichtet werden oder aus dem Nichts entstehen, sondern nur von einem auf einen anderen Körper übergehen.“

Tatsächlich geht ja bei einem (alltäglichen) „Energieverbrauch“ die Energie nicht verloren, sie wird lediglich in eine Form umgewandelt, die für uns nicht mehr gleichermaßen nutzbar ist.

Energie wird dabei i. d. R. als Wärme an die Umgebung abgegeben oder auf ein anderes Objekt übertragen, sie wird dabei bezogen auf die Nutzarbeit für Menschen „entwertet“ [vgl. 1, 2].

Energie in der Alltagssprachlichen und medialen Wahrnehmung

Konzepte der Energieerhaltung und -entwertung sind für wissenschaftliche Betrachtungen wichtig, in der Alltagssprache sind aber andere Vorstellungen oder Begriffe zu finden.

Wenn Laien spontan nach einer Erklärung der Energie gefragt werden, so wird der Energiebegriff fast immer mit „Kraft“ verbunden, die in irgendeiner Form auftritt, oder ausgeübt wird. Das ist auch erklärlich, denn häufig ist eine Kraftausübung Ergebnis einer Energieanwendung. Außerdem ist der Begriff „Energieverbrauch“ nach wie vor fest in der Alltagssprache verwurzelt (vgl. Tab. 1). Mit den Stromrechnungen werden beispielsweise die „verbrauchten“ Kilowattstunden bezahlt.

In einer Studie [3] wurde untersucht, welche Energiebegriffe in gängigen Printmedien in einem Zeitraum von vier Wochen auftraten. Untersucht wurden u. a. „Die Welt“, die „Ruhrnachrichten“ und die „Zeit“. In der „Welt“ konnten Begriffe zur Energie 229-mal gefunden werden, in den Ruhrnachrichten 209-mal und in der Zeit (4 Ausgaben) 144-mal.

Das Ergebnis war erstaunlich, der Begriff „Energie“ war praktisch täglich (meistens mehrmals) in unterschiedlichen Zusammenhängen zu finden. Häufig gefundene Begriffe sind in **Tabelle 1** aufgelistet.

Offensichtlich benutzen wir den Energiebegriff auf zwei unterschiedlichen Ebenen: Zum einen sind es gebräuchliche Energievorstellungen, die weitgehend im täglichen Leben benutzt werden und es gestalten. Zum anderen ist es die wissenschaftliche Betrachtungsweise der Energie, die erst die exakten Einsichten liefert. Im Unterricht sollten beide Ebenen erörtert werden (Paradigmenwechsel).

Welche Vorstellung haben aber Schüler verschiedener Altersstufen zum Wesen der Energie? Die umfangreichsten Untersuchungen zu dieser Frage hat im deutschsprachigen Raum Reinders Duit durchgeführt und vielfach publiziert [1]. Danach haben viele Schüler ein eher stoffliches Verständnis

von Energie, die in Produkten wie Nahrung oder Benzin ergänzend zu anderen Stoffen, zum Beispiel Kohlenhydraten oder Kohlenwasserstoffen, enthalten ist.

Dem Chemieunterricht (bzw. naturwissenschaftlichen Unterricht) kommt somit die Aufgabe zu, einen Begriff zu klären, der alltagssprachlich bereits (nicht wissenschaftlich?) besetzt ist und ein Konzept aufzubauen, das unter Umständen eine Veränderung alltäglicher Vorstellungen mit sich bringt. Dieser Konzeptaufbau durchzieht im Idealfall die gesamte Schullaufbahn.

In **Abbildung 2** ist ein möglicher Aufbau des Energiekonzepts skizziert. Parallel zu einem schrittweisen Aufbau des Stoff-Teilchen-Konzepts werden dabei zunehmend differenziertere Modellvorstellungen erarbeitet. Spätestens auf der letzten Stufe wird neben dem Fachwissen auch die Bewertungskompetenz einbezogen. Außerdem berücksichtigt der Vorschlag das frühe Betrachten von System und Umgebung, wie in den Bildungsstandards und (exemplarisch in den Niedersächsischen) Kerncurricula gefordert.

Bereits in der Grundschule wird das Thema phänomenologisch betrachtet und entsprechend eine Basis für den weiterführenden Fachunterricht gelegt (vgl. S. 11 ff. in diesem Heft). In der Sekundarstufe werden chemische Reaktionen mit dem Austausch von Energie zwischen dem Reaktionssystem und der Umgebung verknüpft. Erst in der gymnasialen Oberstufe nähern sich die Schülerinnen und Schüler einem tiefergehenden und ursächlichen Verständnis der Verknüpfung von chemischen Reaktionen und energetischen Prozessen auf der Modellebene der Teilchen (vgl. S. 33 ff. in diesem Heft).

Trotz der aufgezeigten Bedeutsamkeit wird der Aufbau des Basiskonzepts Energie in Schulbüchern und Lehrmaterialien weniger explizit aufgezeigt als beispielsweise die zunehmend differenziertere Entwicklung der Atomvorstellungen und des Stoff-Teilchen-Konzepts. Zu einem solchen systematischen Aufbau des Energiekonzeptes soll dieses Themenheft einen Beitrag leisten.

Zunächst sollen einige grundlegende Größen und Begriffe charakterisiert und abgegrenzt werden, bevor für die Sekundarstufe I eine mögliche curriculare Entwicklung zur Diskussion gestellt wird.

Energiegrößen

Energie, Arbeit und Wärmemenge werden als physikalische Größen gleicher Art angesehen. Als gleichwertige Einheiten gelten dafür das Joule (J), die Wattsekunde (Ws) und das Newtonmeter (Nm).

1 Joule = 1 Wattsekunde = 1 Newtonmeter.

Ein Joule ist diejenige Energie, die benötigt wird, um einen Körper mit der Masse von 100 g (z. B. eine Tafel Schokolade) einen Meter hoch zu heben.

Für die Wärmemenge wird häufig noch die veraltete Einheit Kalorie (cal) bzw. Kilokalorie (Kcal) verwendet, vor allem dann, wenn der Energiegehalt von Lebensmitteln betrachtet wird. Eine Kalorie (cal) entspricht derjenigen Wärmemenge, die benötigt wird, um 1 ml Wasser von 14,5 °C auf 15,5 °C zu erwärmen, sie entspricht 4,186 Joule.



- Die **Stufe 1** wird oft schon in der Grundschule thematisiert. Kinder nehmen Energie in verschiedenen Formen wahr und können erfahren, dass diese von einem „System“ (Bsp. Kerze, Heizkissen) an die Umgebung abgegeben wird.
- Auf **Stufe 2** sollte verdeutlicht werden, dass diese Prozesse nicht zufällig sind, sondern dass alle Stoffe Energie beinhalten, die durch gezielte Vorgänge, wie etwa chemische Reaktionen, umgewandelt und für uns nutzbar gemacht werden kann. Durch diese Erkenntnis haben wir die Möglichkeit, Energiespeicher zu pflegen und nachhaltig zu nutzen.
- **Stufe 3** beschreitet schließlich den Weg auf die Modellebene der Atome, Moleküle und Ionenverbindungen. Je nach Bundesland wird dieser Erarbeitungsschritt in verschiedenen Klassenstufen der Sekundarstufen I und II erfolgen, wobei wohl vorrangig die Bewegungsenergie der Teilchen (später durch die Verknüpfung von Wärme und kinetischer Energie) und die Bindungsenergien im Fokus stehen. Rotation und Schwingung werden etwa bei der Betrachtung von Infrarot- und Mikrowellenstrahlung ergänzend bedeutsam.
- **Stufe 4** geht schließlich von der qualitativen in eine (halb-)quantitative Betrachtung über, in der die Annahme konkreter Energieniveaus, also das Prinzip der Quantelung, in einfacher Form angebahnt wird (vgl. 5). Energiestufendiagramme sind dabei von der Erarbeitung der Ionisierungsenergie zumindest an Gymnasien durchaus bekannt.
- Auf diesen Wissensstufen bauen schließlich auf der **5. Stufe** gezielte Steuerungs- und Regelungsprozesse auf, die mit Ausnahme eines allgemeinen Katalyseverständnisses aber wohl der gymnasialen Oberstufe vorbehalten bleiben.

2 | Möglicher curricularer Aufbau des Basiskonzepts Energie

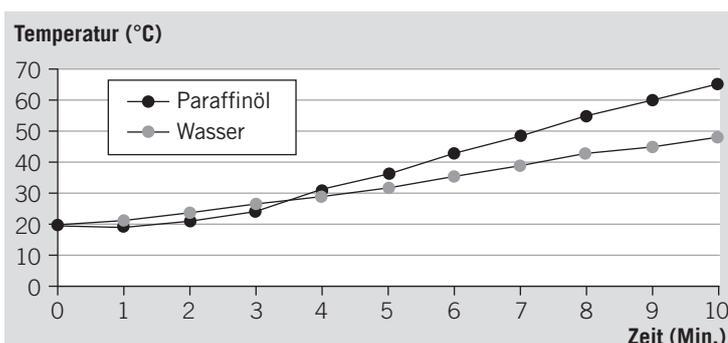
In diesem Zusammenhang sind zwei weitere Begriffe zu klären, die erfahrungsgemäß bei den Schülerinnen und Schülern nicht deutlich voneinander unterschieden werden, es sind die Begriffe „Temperatur“ und „Wärmemenge“. Die Temperatur ist eine Aussage zu dem Wärmezustand eines Stoffes oder eines Systems, und die Wärme ist eine Energieform, die einem Stoff oder einem System zugefügt (oder abgeführt) wird. Wenn zwei Stoffen in der gleichen Zeiteinheit die gleiche Wärmemenge zugeführt wird, so können die beiden Stoffe am Ende eine unterschiedliche Temperatur aufweisen. Das bedeutet, dass zur Erhöhung der Temperatur der beiden Stoffe um ein Grad eine unterschiedliche Wärmemenge erforderlich ist.

Beispiel: Einer Portion Wasser und einer Portion Paraffinöl wird auf einer Heizplatte die gleiche Wärmemenge zugeführt. Nach 10 Minuten beträgt die Temperatur des Wassers etwa 48 °C, die Temperatur des Paraffinöls etwa 64 °C (vgl. **Abb. 3**). Der etwa gleiche Temperaturanstieg der beiden Stoffe in den ersten vier Minuten lässt sich vermutlich darauf zurückführen, dass der Temperaturunterschied zwischen 20 und 30 °C nicht signifikant ist und dass sich die beiden Flüssigkeiten in gleich großen Bechergläsern befanden, die ebenfalls mit erwärmt wurden.

Es sind mehrere Temperaturskalen im Gebrauch, gebräuchlich bei uns ist die Celsiusskala, aber wissenschaftlich bezieht man sich besser auf die absolute Temperatur, die in Kelvin angegeben wird. Die Wärmemenge, die erforderlich ist, um einen Stoff um ein Grad Celsius (1 °C) zu erwärmen, wird als **spezifische Wärmekapazität** bezeichnet (vgl. **Tab. 2**).

Curricularer Aufbau des Energie-Konzepts

Die Durchführung energetischer Betrachtungen bei chemischen Reaktionen ist eines der Basiskonzepte neben der „Stoff-Teilchen-Beziehung“, der „Struktur-Eigenschafts-Beziehung“ und der eigentlichen „chemischen Reaktion“, die zusammen den Kompetenzbereich „Fachwissen“ umfassen. Da bei jeder chemischen Umsetzung immer auch Energie in irgendeiner Form beteiligt ist, und die Energiefreisetzung oder



3 | Beziehung zwischen Wärmemenge und Temperatur

Energetische Betrachtung bei Stoffumwandlungen

Die Schülerinnen und Schüler ...

- geben an, dass sich bei chemischen Reaktionen auch der Energieinhalt des Reaktionssystems durch Austausch mit der Umgebung verändert (F 4.1).
- führen energetische Erscheinungen bei chemischen Reaktionen auf die Umwandlung eines Teils der in Stoffen gespeicherten Energie in andere Energieformen zurück (F 4.2).
- beschreiben die Beeinflussbarkeit chemischer Reaktionen durch den Einsatz von Katalysatoren (F 4.3).

4 | Auszug aus den Bildungsstandards [4]

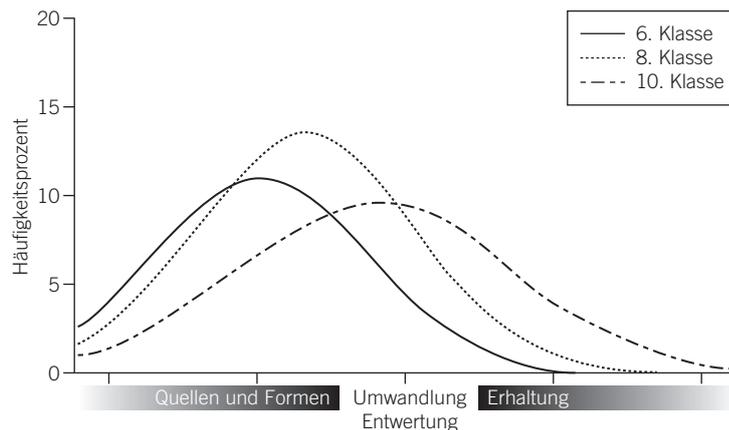
Energiespeicherung für unseren Energiehaushalt fundamental wichtig ist, muss den energetischen Erscheinungen bei chemischen Reaktionen eine besondere Aufmerksamkeit gewidmet werden. Durch chemische Umsetzungen kann Energie in verschiedenen Formen freigesetzt werden: Wärmeenergie (exotherme chemische Reaktionen), Lichtenergie (Chemilumineszenz), elektrische Energie (Batterien) und mechanische Energie (Explosionen).

Umgekehrt kann durch Zufuhr der genannten Energien zu einem bestimmten chemischen System eine Umsetzung ausgelöst werden. Dazu gehören Photoreaktionen, Elektrolysen und schließlich thermische oder mechanische Aktivierungsenergie.

Im Anfangsunterricht Chemie stehen meistens die Stoffumwandlungen, also die Reaktionsprodukte, oder die Herstellung eines Stoffes im Vordergrund. Diese Vorgehensweise ist auch durchaus gerechtfertigt, um die Komplexität der chemischen Vorgänge zu vereinfachen. Später treten die energetischen Betrachtungen immer stärker in den Blickpunkt. Vor allem werden die unterschiedlichen Energieformen, die bei den Reaktionen auftreten, verdeutlicht und demonstriert. Die Schülerinnen und Schüler sollen in der Sekundarstufe I erkennen, dass sich neben den stofflichen Veränderungen auch immer energetische Änderungen im Reaktionssystem vollziehen (vgl. **Abb. 4**). Die gezielte Umwandlung der chemischen Energie in eine andere, gewünschte Energieform ist dabei von besonderem Interesse. In der Sekundarstufe II werden die Hauptsätze der Thermodynamik erörtert, insbesondere werden in der Chemie Energiebetrachtungen mit

Substanz	Spezifische Wärmekapazität in Joule/g
Wasser	4,186
Ethanol	2,332
Hexan	2,2399
Kochsalz	0,8709
Soda	1,1430
Eisen	0,4396
Kupfer	0,3812

Tab. 2 | Wärmekapazitäten verschiedener Stoffe



5 | Das Energieverständnis von Schülerinnen und Schülern in der Sek. I [2]

der Triebkraft chemischer Reaktionen verknüpft. Eng verbunden mit den energetischen Betrachtungen chemischer Reaktionen ist die Katalyse, die für den Ablauf chemischer Umsetzungen von zentraler Bedeutung ist. Aufbauend auf diesem Grundgerüst, lassen sich dann für alle Kompetenzbereiche Entwicklungsschritte aufzeigen, wie es der Auszug aus dem niedersächsischen Kerncurriculum (vgl. **Abb. 6**) für das Realschullehramt zeigt [6].

Inwieweit kann eine solche Entwicklung bei den Lernenden gelingen? Leider existieren für das Energiekonzept deutlich weniger empirische Studien als etwa für das Stoffteilchen-Konzept.

In einer Studie, die vom IPN in Kiel in Zusammenarbeit mit der Universität Duisburg-Essen für den Physikunterricht durchgeführt wurde, wurde das Energieverständnis von Schülerinnen und Schülern untersucht [7]. 1850 Schülerinnen und Schüler an Gymnasien wurden hinsichtlich des Verständnisses der Energiebegriffe „Energiequellen“, „Energieformen“, „Umwandlung und Entwertung von Energie“ sowie „Energieerhaltung“ in den Jahrgangsstufen 6 bis 10 getestet (**Abb. 5**).

Die Verschiebung der Fachkenntnisse von Energiequellen über Energieformen hin zur Energieerhaltung erscheint von der 6. zur 10. Jahrgangsstufe deutlich, gleichzeitig ist auch eine Verbreiterung des Energiebegriffs erkennbar. Jedoch gibt es auch in der 10. Jahrgangsstufe unter den Probanden Schülerinnen und Schüler, die nur die Begriffe Energieform und Energiequelle voll beherrschen.

Energie in fächerverbindenden Kontexten

Der Energiebegriff kann sicher nur umfassend mit einem alltäglichen Nutzen und Verständnis verbunden werden, wenn in den Fächern eine Verstehensbasis gelegt wird, die mit den Konzepten anderer Fächer verbunden wird. So ist ein Energieverständnis natürlich nicht nur naturwissenschaftlich bedeutsam, sondern auch für ökonomische Entwicklungen eine wesentliche Leitlinie. Fächerverbindende Projekte oder Kontexte tragen somit zum Aufbau eines nachhaltigen und anschlussfähigen Energieverständnisses bei. Der Beitrag von Haucke und Parchmann (vgl. S. 16 ff. in diesem Heft) zeigt dies exemplarisch für Berufsfelder in der Energiebranche auf.

Fachwissen	Erkenntnisgewinnung	Kommunikation	Bewertung
bis Ende Schuljahrgang 6			
Stoffe und ihr Energiegehalt Die Schülerinnen und Schüler ... <ul style="list-style-type: none"> • erklären die Abhängigkeit des Aggregatzustandes eines Stoffes von der Temperatur. • benennen den prinzipiellen Zusammenhang zwischen Bewegungsenergie der Teilchen und der Temperatur. • erkennen die Abgabe von Energie bei Verbrennungsprozessen. 	Chemische Fragestellungen erkennen, bearbeiten und experimentell untersuchen Die Schülerinnen und Schüler ... <ul style="list-style-type: none"> • beobachten und beschreiben sorgfältig. • benennen Geräte und setzen sie fachgerecht ein. • experimentieren sachgerecht nach Anleitung. • planen einfache Experimente. • beachten Sicherheits- und Umweltaspekte. • erkennen in Texten und Experimenten chemische Fragestellungen und formulieren diese mit eigenen Worten. 	Chemische Sachverhalte korrekt formulieren Die Schülerinnen und Schüler ... <ul style="list-style-type: none"> • protokollieren einfache Experimente. • stellen Ergebnisse vor. • argumentieren in der Alltagssprache mit ausgewählten Fachbegriffen. • nutzen ausgewählte Informationsquellen. 	Chemische Sachverhalte in der Lebenswelt erkennen Die Schülerinnen und Schüler ... <ul style="list-style-type: none"> • zeigen die Bedeutung von Aggregatzuständen und deren Umwandlungen in ihrer Umgebung auf.
Ergänzende Differenzierung der im Kompetenzbereich Fachwissen genannten Inhalte und Begriffe: keine			

Fachwissen	Erkenntnisgewinnung	Kommunikation	Bewertung
zusätzlich bis Ende Schuljahrgang 8			
Chemische Reaktionen unterscheiden sich im Energiegehalt Die Schülerinnen und Schüler... <ul style="list-style-type: none"> • beschreiben den Zusammenhang zwischen chemischen Reaktionen und Energieumwandlungen. • erklären den Begriff Aktivierungsenergie. • unterscheiden Energie abgebende und Energie aufnehmende Reaktionen. 	Energieumwandlungen bei chemischen Reaktionen beschreiben Die Schülerinnen und Schüler... <ul style="list-style-type: none"> • führen qualitative Experimente durch. 	Fachsprache erweitern Die Schülerinnen und Schüler... <ul style="list-style-type: none"> • kommunizieren fachsprachlich korrekt unter Anwendung neuer Begriffe. 	Chemie als bedeutsame Wissenschaft erkennen Die Schülerinnen und Schüler... <ul style="list-style-type: none"> • stellen Bezüge zwischen chemischen Reaktionen und innovativen Produkten (z. B. Wärmekissen) her. • stellen Bezüge zur Physik (verschiedene Energieformen) und Biologie (Fotosynthese, Atmung) her.
Ergänzende Differenzierung der im Kompetenzbereich Fachwissen genannten Inhalte und Begriffe: exotherm, endotherm			

Fachwissen	Erkenntnisgewinnung	Kommunikation	Bewertung
Zusätzlich bis Ende Schuljahrgang 10			
<p>Bindungsmodelle energetisch betrachten</p> <p>Die Schülerinnen und Schüler ...</p> <ul style="list-style-type: none"> • erkennen die Beeinflussbarkeit chemischer Reaktionen durch den Einsatz von Katalysatoren. • geben den Zusammenhang zwischen chemischen Reaktionen und einer Veränderung des Energiegehalts der Stoffe an. • erklären die Umwandlung von Energieformen bei elektrochemischen Vorgängen. 	<p>Untersuchungen planen und auswerten</p> <p>Die Schülerinnen und Schüler ...</p> <ul style="list-style-type: none"> • planen geeignete Untersuchungen zur Überprüfung ihrer Hypothesen. • führen qualitative Untersuchungen durch, protokollieren diese selbstständig und werten sie aus. • erheben bei Untersuchungen, insbesondere bei chemischen Experimenten, relevante Daten. • finden in erhobenen oder recherchierten Daten, Trends, Strukturen und Beziehungen, erklären diese und ziehen geeignete Schlussfolgerungen. 	<p>Fachsprache beherrschen</p> <p>Die Schülerinnen und Schüler ...</p> <ul style="list-style-type: none"> • recherchieren zu einem chemischen Sachverhalt in unterschiedlichen Quellen. • wählen themenbezogene und auswahlkräftige Informationen aus. • prüfen Darstellungen in Medien auf fachliche Richtigkeit und diskutieren sie. • dokumentieren und präsentieren den Verlauf und die Ergebnisse ihrer Arbeit situationsgerecht und adressatenbezogen. • argumentieren fachlich korrekt und folgerichtig. • planen, strukturieren und präsentieren ihre Arbeit als Team. • vertreten ihre Standpunkte zu chemischen Sachverhalten und reflektieren Einwände selbstkritisch. 	<p>Bedeutung der Chemie in Gesellschaft und Umwelt erläutern</p> <p>Die Schülerinnen und Schüler ...</p> <ul style="list-style-type: none"> • wägen Argumente zur Bewertung von Energieträgern ab. • zeigen die Bedeutung von Energieübertragungen in ihrer Umwelt auf (z. B. Treibstoffe, Batterien). • diskutieren und bewerten Energiekonzepte unter den Aspekten der Umweltbelastungen und Nachhaltigkeit aus unterschiedlichen Perspektiven. • stellen Bezüge zur Biologie, Physik und Technik her (Ernährung, Wärme-Kraft-Übertragung, Kraftwerkstypen, Wirkungsgrad, Energiesparmöglichkeiten).
Ergänzende Differenzierung der im Kompetenzbereich Fachwissen genannten Inhalte und Begriffe: keine			

6 | Auszug aus dem niedersächsischen Kerncurriculum für das Realschullehramt

Literatur

- [1] Duit, R. (Hrsg.): Der Energiebegriff im Physik- und Chemieunterricht der S I. NiU Physik/Chemie, Themenheft 3, 1980. Duit, R.: Der Energiebegriff im Physikunterricht. Habilitationsschrift. Universität Kiel. Kiel: IPN, 1986. Duit, R.: Energie. Ein zentraler Begriff der Naturwissenschaften und des naturwissenschaftlichen Unterrichts. UP 18(2007), Nr. 101, S. 4–7
- [2] Parchmann, I.; Demuth, R.: Energie verstehen – Energie nutzen: Bedeutung des Basiskonzepts „Energie“ zur Entwicklung einer „Scientific Literacy“. In: *chimica didactica* 30/1 u. 2, S. 132–143
- [3] Schmidkunz, H.: Chemische Begriffe in Printmedien, in: *Zur Didaktik der Physik und Chemie, Probleme und Perspektiven*, Leuchtturmverlag Alsbach 2000
- [4] KMK, Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland (Hrsg.): *Bildungsstandards im Fach Chemie für den Mittleren Schulabschluss*. Luchterhand, München 2005
- [5] Nashed, M. et al.: Die Welt ist bunt – Erschließung des Themas Farbigkeit in einem Spiralcurriculum. In: *NiU-Chemie* 21(2010) Nr. 115, S. 33–37
- [6] Niedersächsisches Kerncurriculum für die Realschule, Schuljahrgänge 5–10, Naturwissenschaften. http://db2.nibis.de/1db/cuvo/datei/kc_rs_nws_07_nib.pdf (Zugriff 26.09.2010)
- [7] Viering, T.; Neumann, K.: Wie entwickelt sich das Verständnis von Energie bei Schülerinnen und Schülern der Sekundarstufe I? in: *IPN Blätter* 27. Jg., 2 (Juni), Kiel 2010