

Inhalt

1	Energie im naturwissenschaftlich-technischen Unterricht	2
2	Die „Energiequadrige“ und der Bildungsplan.....	2
2.1	Ein fachdidaktisch sicheres Fundament: Die Energiequadrige	3
2.2	Energie im gymnasialen Bildungsplan der Naturwissenschaften.....	4
2.3	Die Energiequadrige im Bildungsplan BNT und Physik 7/8	7
3	Weitere fachdidaktische Aspekte.....	7
3.1	Sprache im naturwissenschaftlichen Unterricht	7
3.2	Energie in Alltags- und Fachsprache.....	8
3.3	Schülervorstellungen zur Energie.....	9
4	Eckpunkte für den BNT-Unterricht.....	11

Fachdidaktisches Konzept zu „Energie effizient nutzen“

„It is important to realize that in physics today, we have no knowledge of what energy is.“
Richard Feynman, *Lectures on physics*¹

1 Energie im naturwissenschaftlich-technischen Unterricht

Durch den inhaltsbezogenen Kompetenzbereich „Energie effizient nutzen“ im *Fächerverbund Biologie, Naturphänomene und Technik* (BNT) wird der Energiebegriff deutlicher und früher im naturwissenschaftlich-technischen Unterricht verankert als bisher. Dafür gibt es gute Gründe:

- Energie ist einer der zentralen Fachbegriffe in den Naturwissenschaften und der Technik.
- Energie ist ein wichtiger Begriff im politisch-gesellschaftlichen Diskurs.
Man denke z.B. an die „Energiewende“ oder die „erneuerbare Energien“.

Die frühe Einführung erlaubt das Entwickeln eines tragfähigen Fundaments und darauf aufbauend eine Vernetzung zwischen den Fächern, die ausgeprägter ist als im bisherigen Bildungsplan. Das spiegelt die Bedeutung der Energie als naturwissenschaftlich-technischer Fachbegriff wider. Seine weitergehende Bedeutung spiegelt sich in auch den Leitperspektiven des Bildungsplans wider, insbesondere bei der Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE), aber auch bei der Verbraucherbildung (VB). Aus diesen Überlegungen ergeben sich zwei zentrale Ziele des Unterrichts über Energie in BNT:

- Die Schülerinnen und Schüler entwickeln eine fachlich korrekte, anschlussfähige und belastbare Grund-Vorstellung zum Konzept „Energie“.
- Die Schülerinnen und Schüler entwickeln im Sinne der Leitperspektive BNE ein Verständnis für den sorgsamen Umgang mit Energie.

2 Die „Energiequadriga“ und der Bildungsplan

Der Unterricht über Energie findet in dem Spannungsfeld zwischen dem Alltags- und dem Fachbegriff „Energie“ statt: Der Alltagsbegriff „Energie“ steht dem Fachbegriff nahe, wird aber auch häufig unscharf oder fachlich falsch verwendet. Fachlich gesehen ist Energie schwer zu fassen. Ein Grund hierfür ist, dass es kein einfaches Messverfahren gibt, um die gesamte Energie, die in einem Körper gespeichert ist, zu bestimmen. So ein Verfahren ist bei den meisten anderen physikalischen Größen die Grundlage einer Definition. (Z.B. lässt sich die Masse eines Körpers prinzipiell durch das Vergleichen mit einem geeichten Wägesatz bestimmen.) Dieses Vorgehen ist für die Energie nicht möglich.

Die Didaktik bietet daher folgenden Ansatz an: Die Schülerinnen und Schüler entwickeln ein Verständnis der Energie im handelnden Umgang mit ihr, bei dem sie ihre grundlegenden Eigenschaften nach und nach kennen lernen. (Ähnlich wie man einen Menschen auch nur durch den Umgang mit ihm kennen lernt und nicht durch „Definition“.) Diese Idee setzt die „Energiequadriga“ um, die auf R. Duit zurückgeht (s. 2.1).² Sie ist anschlussfähig, fachdidaktisch allgemein akzeptiert und entspricht der vom Bildungsplan intendierten Kompetenzentwicklung (s. 2.2). Welche Teile der Energiequadriga im BNT-Unterricht umgesetzt werden (und welche nicht), wird in 2.3 dargestellt.

¹ R. Feynman, R. Leighton, M. Sands: *The Feynman Lectures on Physics*, Vol. I. Reading 1963, 4-2
Die „Feynman-Lectures“ sind ein Standardwerk der universitären Physik.

² Eine kompakte Darstellung des Konzepts findet man unter: R. Duit: *Energie – Ein zentraler Begriff der Naturwissenschaften und des naturwissenschaftlichen Unterrichts*. NiU Physik 101 (2007), 4-7
Inzwischen nutzt man auch in der Biologie die Energiequadriga als fachdidaktisches Fundament. „Unterricht Biologie 411/412 (2016)“ beschäftigt sich z.B. ausgehend hiervon mit „Energie in der Biologie“.

Fachdidaktisches Konzept zu „Energie effizient nutzen“

2.1 Ein fachdidaktisch sicheres Fundament: Die Energiequadriga

Die „Energiequadriga“ fasst vier Grundideen zusammen, die zusammen den Energiebegriff gut charakterisieren.³ Der Bildungsplan Physik 7/8 spricht hier von „grundlegenden Eigenschaften der Energie“ – was auch der Energiequadriga entspricht. Das Konzept geht davon aus, dass diese Ideen aus dem Vorwissen der Schülerinnen und Schüler entwickelt werden.

Folgende vier Grundideen bilden die Energiequadriga:



- **Energie wird *gespeichert*.**
Ausgangspunkt sind die „Energieträger“ des Alltags wie Nahrung und Brennstoffe. Von hier ausgehend kommt man zu den klassischen Energieformen wie Bewegungsenergie, innere Energie oder Lageenergie und deren Umwandlungen innerhalb eines Systems⁴.
- **Energie wird *übertragen*.**
Energie kann von einem System auf ein anderes übertragen werden. Das kann auf verschiedene Weisen geschehen: z.B. thermisch („Wärme“) durch Konvektion, Wärmeleitung und Strahlung, mechanisch („mechanische Arbeit“) durch Kräfte und elektrisch („elektrische Arbeit“) durch elektromagnetische Felder
- **Energie bleibt *erhalten*.**
Egal, in welcher Form die Energie in einem System gespeichert wird oder wie sie auf ein anderes System übertragen wird: Insgesamt bleibt die Energie erhalten. Das ist Grundlage für den „Energieerhaltungssatz der Mechanik“ und den „Ersten Hauptsatz der Thermodynamik“.
- **Energie wird im Laufe der Zeit *entwertet*.**
Durch unvermeidliche irreversible Vorgänge (z.B. bei der Reibung) wird die Energie in thermische Energie umgewandelt und/oder auf die Umgebung verteilt.⁵ Auch wenn die Energie dabei insgesamt erhalten bleibt, ist sie dadurch immer weniger für den Menschen nutzbar. Der Aspekt ist grundlegend für das Verständnis der „Energiekrise“, des „Energiesparens“ u.a.

³ Der Begriff als solcher ist u.U. nicht bei allen Physiklehrkräften bekannt, das Konzept schon. Die Energiequadriga ist zu allen weiterführenden physikdidaktischen Konzepten kompatibel.

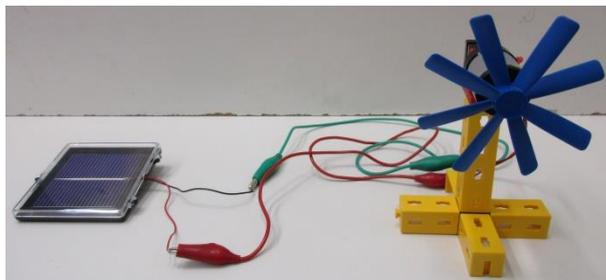
⁴ Der Systembegriff soll hier nicht weiter vertieft werden und ist auch kein Thema des BNT-Unterrichts. Hier kann man für die Schülerinnen und Schüler vereinfachend einen Körper als ein System darstellen.

⁵ Irreversibel nennt man Vorgänge, die ohne Einwirkung von außen nur in eine Richtung ablaufen wie z.B. den Temperatúrausgleich. Fachlicher Hintergrund ist hier der „zweite Hauptsatz der Thermodynamik“.

Fachdidaktisches Konzept zu „Energie effizient nutzen“

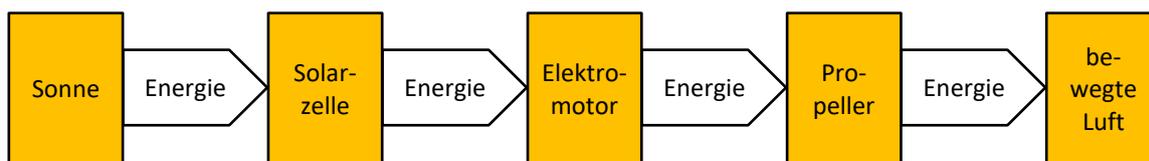
Anhand von **Energieübertragungsketten** können diese Grundideen gut entwickelt werden. Als grafische Darstellung bieten sich hier **Energieflussdiagramme** an. Diese setzen bei der Vorstellung von Energie als „Treibstoff“. Das ist zwar ein sehr begrenztes Bild, daher nur propädeutisch, aber später „eine tragfähige Basis zum Verständnis der Idee der Energie-Erhaltung“ (Duit).

Bei einer Energieübertragungskette betrachtet man eine Situation unter der speziellen Perspektive der Energieübertragung:



Eine Energieübertragungskette (C.-J. Pardall)

Hier wird z.B. die Energie von der Sonne auf die Solarzelle übertragen, die die Energie an den Elektromotor weitergibt, der sie über den Propeller an die bewegte Luft weitergibt. Ein entsprechendes Energieflussdiagramm könnte im BNT-Unterricht folgendermaßen aussehen:



Ein Energieflussdiagramm

Am Anfang und Ende eines Energieflussdiagramms stehen häufig Energiespeicher. Systeme, die die Energie nur weitergeben und nicht speichern, wie z.B. der Elektromotor, nennt man Energiewandler.⁶

2.2 Energie im gymnasialen Bildungsplan der Naturwissenschaften

Die Teilkompetenzen zum Energiebegriff aus den Fächern BNT, Biologie, Chemie, Physik und NwT lassen sich jeweils den vier Grundideen zuordnen. Darin zeigt sich, dass das Konzept der Energiequadriga sehr gut geeignet ist, den Kompetenzzuwachs der Schülerinnen und Schüler im Sinne des Bildungsplans zu strukturieren.

Im Folgenden werden hier die Übersichten zu BNT und Physik betrachtet, da sich Physik in Klassen 7/8 direkt mit einem entsprechenden Kompetenzbereich (3.2.3 Energie) an BNT anschließt. In den Bildungsplänen der anderen naturwissenschaftlichen Fächer wird auf „Energie effizient nutzen“ in folgenden Kompetenzbereichen aufgebaut:

Biologie (Klasse 7/8)	3.2.1 Zelle und Stoffwechsel
	3.2.2.1 Ernährung und Stoffwechsel
Chemie (Klasse 8-10)	3.2.1.2 Energetische Aspekte chemischer Reaktionen
NwT (Klasse 8/9)	3.2.1 Denk- und Arbeitsweisen in Naturwissenschaft und Technik: Systeme und Prozesse
	3.2.2 Energie und Mobilität
	3.2.3.3 Produktentwicklung

⁶ Eine entsprechende Unterscheidung ist nicht immer eindeutig und wird hier für BNT nicht vorgenommen.

Fachdidaktisches Konzept zu „Energie effizient nutzen“

BNT	Energie wird gespeichert	Energie wird übertragen	Energie bleibt erhalten	Energie wird entwertet
3.1.4 Energie effizient nutzen		(1) Energieübertragungsketten in Natur und Technik beschreiben [...]		(1) [...] und Gründe für den sorgsamen Umgang mit Energie erkennen
	(2) die energetische Bedeutung von Nutzpflanzen für den Menschen beschreiben [...]	(4) Verbrennungen unter dem Aspekt der Energieabgabe beschreiben		(11) einfache Experimente zum sorgsamen Umgang mit Energie durchführen und daraus Verhaltensregeln für den Alltag in der Schule und zu Hause ableiten [...]
	(3) die Verwendung von Nutzpflanzen für die Energiewirtschaft beschreiben [...]	(8) thermische Phänomene beobachten und die drei thermischen Energietransportarten untersuchen und beschreiben		
	(5) brennbare Materialien [...] im Zusammenhang mit der Anwesenheit von Sauerstoff als Energieträger beschreiben [...]	(9) Materialien und Gegenstände im Hinblick auf deren Aufnahme von Wärmestrahlung untersuchen und Anwendungen in Natur und Technik erklären [...]		
		(10) untersuchen, welche Materialien in Natur und Technik zur Wärmedämmung geeignet sind		
	(12) die jahreszeitlich bedingten Anpasstheiten von heimischen Tieren in Bezug auf den Energiehaushalt erklären (zum Beispiel ..., Winterspeck, ...)	(12) die jahreszeitlich bedingten Anpasstheiten von heimischen Tieren in Bezug auf den E.-haushalt erklären (z.B. Fellwechsel, Winterruhe, -schlaf, Kältestarre, Vogelzug)		
		(13) Anpasstheit bei Tieren im Hinblick auf eine energieoptimierte Fortbewegung im Wasser oder in der Luft beschreiben und untersuchen [...]		
		(14) an einem einfachen Beispiel beschreiben, wie Energie zielgerichtet in einem technischen Prozess genutzt werden kann [...]		

Fachdidaktisches Konzept zu „Energie effizient nutzen“

Physik 7/8	Energie wird gespeichert	Energie wird übertragen	Energie bleibt erhalten	Energie wird entwertet
3.2.3 Energie	(1) grundlegende Eigenschaften der Energie beschreiben	(1) grundlegende Eigenschaften der Energie beschreiben	(1) grundlegende Eigenschaften der Energie beschreiben (unter anderem Energieerhaltung)	(1) grundlegende Eigenschaften der Energie beschreiben
	(3) Beispiele für die Speicherung von Energie in verschiedenen Energieformen in Alltag und Technik nennen und beschreiben (unter anderem Lageenergie, Bewegungsenergie, thermische Energie)	2) Beispiele für Energieübertragungsketten in Alltag und Technik nennen und qualitativ beschreiben (unter anderem anhand von mechanischer, elektrischer oder thermischer Energieübertragung)		(5) ihre Umgebung hinsichtlich des sorgsamsten Umganges mit Energie untersuchen, bewerten und konkrete technische Maßnahmen [...] sowie Verhaltensregeln ableiten [...]
	(6) die Lageenergie berechnen ($E=mgh$, Nullniveau)	(4) Möglichkeiten der Energieversorgung mithilfe von Energieübertragungsketten [...]		(10) das scheinbare Verschwinden von Energie mit der Umwandlung in thermische Energie erklären
		(7) den Zusammenhang von Energie und Leistung beschreiben ($P=\Delta E/\Delta t$)		
		(8) Größenordnungen typischer Leistungen im Alltag ermitteln und vergleichen [...]		
	(9) den Zusammenhang von zugeführter Energie, nutzbarer Energie und Wirkungsgrad bei Energieübertragungen beschreiben		(9) den Zusammenhang von zugeführter Energie, nutzbarer Energie und Wirkungsgrad bei Energieübertragungen beschreiben	
3.2.5 Grundgrößen der Elektrizitätslehre		(8) den Energietransport im elektrischen Stromkreis und den Zusammenhang zwischen Stromstärke, Spannung, Leistung und Energie beschreiben ($P=UI$)		

Fachdidaktisches Konzept zu „Energie effizient nutzen“

2.3 Die Energiequadriga im Bildungsplan BNT und Physik 7/8

Man erkennt an der Zusammenstellung den Schritt von einem propädeutischen Energiebegriff in BNT zu „den grundlegenden Eigenschaften der Energie“ (Physik 7/8). Für die Energiequadriga werden mit der Übersicht folgende Aspekte deutlich:⁷

- **Energie wird gespeichert.**
 - Im BP BNT werden ausschließlich Energiespeicher aus dem Alltag benannt (Nutzpflanzen, Kerzenwachs,...).
 - Im BP Physik 7/8 werden dann Beispiele für Energieformen eingeführt.
- **Energie wird übertragen.**
 - Im BP BNT wird nicht zwischen mech./el./therm. Übertragung von Energie unterschieden. Es werden nur die drei thermischen Energieübertragungsmöglichkeiten phänomenologisch behandelt.
 - Im BP Physik 7/8 wird zwischen den Übertragungsarten unterschieden. Mit der Leistung wird eine Größe zur Quantifizierung der Übertragung eingeführt.
- **Energie bleibt erhalten.**
 - Im BP BNT kommt dieser Aspekt nicht vor.
 - Im BP Physik 7/8 wird „Energieerhaltung“ explizit als eine der „grundlegenden Eigenschaften der Energie“ explizit genannt. Offensichtlich soll sie genau hier eingeführt werden.
- **Energie wird im Laufe der Zeit entwertet.**
 - Im BP BNT wird der Aspekt nur über den „sorgsamen Umgang mit Energie“ angesprochen. Wegen der Leitperspektive BNE ist der Aspekt trotzdem wichtig.
 - Im BP Physik 7/8 wird die Erklärung durch die „Umwandlung in thermische Energie“ gegeben und mit dem Wirkungsgrad der Anteil „nutzbarer Energie“ quantifiziert. (In 9/10 behandelt man dann irreversible Vorgänge.)
- **Energieübertragungsketten** werden sowohl in BNT als auch Physik genannt.

3 Weitere fachdidaktische Aspekte

3.1 Sprache im naturwissenschaftlichen Unterricht

Empirische Untersuchungen zeigen, dass im traditionellen naturwissenschaftlichen Unterricht etwa mit gleicher Häufigkeit neue Fachbegriffe eingeführt werden wie neue Vokabeln im Fremdsprachenunterricht. Viele Fachbegriffe werden dabei selten oder gar nicht nochmal verwendet.⁸ Fachbegriffe „funktionieren“ zudem erst richtig in einem fachlichen Begriffsnetz: Fachleuten erlaubt dieses Begriffsnetz eine fachlich präzise, effiziente Kommunikation. Lernende verfügen hingegen auch über andere, u.U. fachlich unpassende Verknüpfungen, auf die sie immer wieder zurückgreifen. Aus dem allgemeinbildenden Anspruch der Schule ergibt sich darüber hinaus als Ziel, dass die Schülerinnen und Schüler die Fachsprache nicht nur erwerben, sondern sie auch in Bezug zum Alltag setzen. Daher sollte man Fachbegriffe sparsam und bewusst verwenden. Darüber hinaus muss der Einsatz von Fachbegriffen für die Schülerinnen und Schüler motiviert sein, d.h. sie müssen nachvollziehen können, welcher Mehrwert sich für sie gegenüber einer Beschreibung mit Alltagsbegriffen ergibt.

⁷ Die konkreten Konsequenzen für den BNT-Unterricht werden im Abschnitt 4 dargestellt.

⁸ siehe z.B.: Merzyn, G. (1994). Physikschulbücher, Physiklehrer und Physikunterricht - Beiträge auf der Grundlage einer Befragung westdeutscher Physiklehrer. Kiel: IPN

Fachdidaktisches Konzept zu „Energie effizient nutzen“

Für den Unterricht gibt es folgende mögliche Anknüpfungspunkte, um den Fachspracherwerb der Schülerinnen und Schüler zu unterstützen:

- **Möglichst wenige Fachbegriffe konsequent und reflektiert verwenden⁹**

Wenn man möglichst wenige Fachbegriffe verwendet, hat das mehrere Konsequenzen:

Die einzelnen Fachbegriffe werden dann häufiger verwendet. Jede damit verbundene Wiederholung ist eine Lerngelegenheit für die Schülerinnen und Schüler und festigt diesen Knotenpunkt im Begriffsnetz.

Man ist dazu gezwungen Sachverhalte klar zu durchdenken. Z.B. liefern komplexere Fachbegriffe in manchen Erklärungen Zusatzinformationen für Experten, die für das Verständnis der grundlegenden Sachstruktur nebensächlich sind und das Lernen dadurch eher erschweren.

- **Weniger Substantivierungen und zusammengesetzte Nomen einsetzen**

Die Einführung eines Fachbegriffs geht immer mit einer Substantivierung einher. Um die Anzahl der Fachbegriffe reduzieren, die man selbst unwillkürlich verwendet, ist es daher sinnvoll den Sachverhalt mit Verben zu beschreiben. Zudem sinkt dadurch die Wahrscheinlichkeit, dass bei der Substantivierung und bei zusammengesetzten Nomen fachlich oder fachdidaktisch umstrittenen oder gar falschen Begriffe entstehen.

- **Den Fachspracherwerb als Prozess begreifen**

Es geht nie darum, den Schülerinnen und Schülern den Mund zu verbieten. Vielmehr begleitet man sie auf dem Weg zur Fachsprache, z.B. als Sprachvorbild oder im der behutsamen gemeinsamen Gespräch über Fach- und Alltagsbegriffe anhand konkreter Anlässe.

3.2 Energie in Alltags- und Fachsprache

Grundsätzlich ist Energie ein sprachlich „gutmütiger“ Fachbegriff: Man kann ihn mit verschiedenen Verben fachsprachlich korrekt verwenden; beim Speichern von Energie z.B. mit speichern, enthalten, haben, besitzen, drinstecken, beim Übertragen von Energie z.B. mit übertragen, transportieren, fließen, gehen, abgeben, verlassen, aufnehmen, ankommen.

Einige Formulierungen müssen diskutiert werden:

- **„Energieverluste“**

Im Alltag spricht man von „Energieverlusten“ in dem Sinne, dass ein System Energie an die Umgebung abgibt, ohne dass sie im intendierten Sinne genutzt wird. Es ist hier durchaus korrekt zu sagen, das System verliere Energie. Offen bleibt beim „Verlieren“ aber, was mit der Energie nach dem Verlassen des Systems passiert. Sie ist aber nicht „weg“, sondern als thermische Energie in der Umgebung verteilt und damit nicht mehr ohne weiteres nutzbar.

- **„Energiesparen“**

Das „Energiesparen“ kann vor dem Hintergrund der Energieerhaltung zur Lernschwierigkeit werden: Warum soll man an etwas sparen, das ohnehin nicht weniger wird? Der Bildungsplan spricht hier sinnvollerweise vom „sorgsamem Umgang mit Energie“: Man soll Energie nur einsetzen, wenn es wirklich nötig ist und dann auch darauf achten, dass sie an der intendierten Stelle effizient genutzt wird.

⁹ vgl 4.

Fachdidaktisches Konzept zu „Energie effizient nutzen“

- **„Energieverbrauch“**

Der „Energieverbrauch“ ist fachlich falsch, kann aber zu einer konsistenten Vorstellung entwickelt werden. In der Energiequadrige wird hier der Aspekt „Energie wird entwertet“ angesprochen: Energie wird an die Umgebung abgegeben und liegt dort anschließend als thermische Energie vor. Sprachlich kann man „verbrauchen“ meist durch brauchen, nutzen oder benötigen ersetzen. Hilfreich ist die Analogie zum Wasserverbrauch im Haushalt: Das Wasser im Abfluss ist kein Trinkwasser mehr, aber es ist immer noch genau so viel Wasser wie zuvor.

Nur wenige Formulierungen sind zwangsläufig fachlich falsch. Dazu zählen die **„Energieerzeugung“** und das **„Vernichten von Energie“**. Beides widerspricht dem Energieerhaltungssatz. Gemeint ist hier das Aufnehmen bzw. Abgeben von Energie, bei der eine „Seite“ der Übertragung weniger präsent ist.

Zusammengesetzte Nomen der Form **„xy-energie“** sind im Alltag häufig (Sonnenenergie, Windenergie,...). In der Fachsprache werden Nomen dieser Form meist benutzt, um eine Speicherungsform zu benennen (Bewegungsenergie, Lageenergie,...). Das Erlernen dieser Kategorisierung der Fachsprache wird erschwert, wenn situativ immer neue Begriffe eingeführt werden. Z.B. ist „Lichtenergie“ kein fachlich präziser Begriff, was schon daran deutlich wird, dass nicht klar ist, ob die Energie hier gespeichert oder übertragen wird. „Die Energie wird durch das Licht übertragen.“ ist klarer und fachlich korrekt. In BNT wäre es noch einfacher denkbar, indem man nur die Systeme benennt, zwischen denen die Energie übertragen wird: „Die Energie wird von der Sonne auf die Pflanze übertragen.“

3.3 Schülervorstellungen zur Energie¹⁰

Jede Schülerin und jeder Schüler kommt mit Vorstellungen über den Begriff Energie in den Unterricht. Aus der empirischen Forschung sind typische Vorstellungen bekannt.

Es gibt eher förderliche Schülervorstellungen, an die man anknüpfen kann, um einen fachlich konsistenten Energiebegriff zu entwickeln:

- **Energie als „universeller Treibstoff“**

„Energie ist [im Alltagsgebrauch] ein „universeller Treibstoff“, der benötigt wird, um Maschinen laufen zu lassen. Auch der elektrische Strom zählt neben Stoffen wie Benzin und Phänomenen wie Wärme und Licht zu diesen Treibstoffen.“

Die Vorstellung wird dann problematisch, wenn die Schülerinnen und Schüler auf der Stufe bleiben, Energie als „Stoff“ im Sinne von Materie zu begreifen. Daher sollte man zwar die Vorstellung, nicht aber den Begriff „Treibstoff“ aufgreifen.

„Strom“ und „Wärme“ sind fachlich gesehen unscharfe Begriffe, die nicht eins zu eins aus dem Alltag in die Fachsprache übertragen werden können. Das ist für den Anfangsunterricht zur Energie aber nicht relevant. Fachlich werden die Begriffe im Physikunterricht präzisiert. Mechanisch gespeicherte Energie (vor allem Lageenergie) ist für Schülerinnen und Schüler nicht bedeutsam, da dies gar nicht zur „Treibstoff“-Vorstellung passt.

- **Nahrungsmittel enthalten Energie**

Die Angaben zum Energiegehalt bei Nahrungsmitteln sind einen guten Anknüpfungspunkt, den jeder kennt. Allerdings fällt es den Schülerinnen und Schülern schwer, dies mit der eher

¹⁰ Die kursiv gedruckten Zitate in diesem Abschnitt stammen alle aus: R. Duit: Energie – Ein zentraler Begriff der Naturwissenschaften und des naturwissenschaftlichen Unterrichts. NiU Physik 101 (2007), 4-7

Fachdidaktisches Konzept zu „Energie effizient nutzen“

technisch geprägten „Treibstoff“-Vorstellung in Verbindung zu bringen. Dass z.B. die Fettserven Energiespeicher sind, ist für sie daher nicht selbstverständlich.

- **Die Sonne liefert Energie**

Hier kann man im biologischen Bereich und bei den regenerativen Energieträgern gut anknüpfen. Über die Größenordnung und die Wege der Verarbeitung haben die Schülerinnen und Schüler allerdings keine Vorstellung: Dass man im Sommer die Aufnahme von Energie durch Nahrung teilweise durch ein Sonnenbad ersetzen könnte, scheint ihnen durchaus plausibel. Keine Vorstellung haben sie von der Endlichkeit der Energievorräte der Sonne und von der Notwendigkeit, dass die Erde die Energie von der Sonne auch wieder abgeben muss.

Natürlich gibt es auch Vorstellungen, die den Weg zum Fachbegriff eher erschweren:

- **„Energie wird bei der Verwendung verbraucht und bleibt nicht erhalten.“**

„Der Aspekt der Erhaltung aber ist [dem Energiebegriff des Alltags] fremd, während der Aspekt Entwertung ihm recht nahe liegt.“ (vgl. 3.2 „Energieverbrauch“)

- **„Energie steht nur begrenzt zur Verfügung.“**

„Weiterhin ist so verstandene Energie eine Art Luxusartikel: Für ein Leben wie in der Steinzeit benötigt man keine „Energie“.“ Positiv umdeuten lässt sich dies ansatzweise bei den fossilen Energieträgern, die tatsächlich begrenzt zur Verfügung stehen.

- **„Wenn viel Energie übertragen wird, dann ist auch viel Energie gespeichert.“**

Fachlich gesehen wird nicht hinreichend zwischen Leistung und Energie unterschieden: Z.B. ist eine Kerzenflamme heiß, weil die Energie aus dem Wachs durch die Verbrennung schnell an die Umgebung (oder den Finger...) übertragen wird. In der Kerzenflamme selbst ist relativ wenig Energie „gespeichert“ – wenn man bei einem offenen System wie der Flamme überhaupt von Speicherung sprechen kann.

Neben den Vorstellungen, die die Schülerinnen und Schüler mit in den Unterricht bringen, sollten sie dort neue Vorstellungen entwickeln, die einerseits an ihrem bisherigen Begriffsnetz anknüpfen und andererseits eine fachlich konsistente Weiterentwicklung im anschließenden Unterricht erlauben:

- **Vorstellung „Energiefluss“**

„Das Denken im Rahmen eines abstrakten Energiebegriffs fällt vielen Schülerinnen und Schülern sehr schwer. Man verwendet deshalb gerne Energieflussdiagramme, in denen man sich Energie als etwas Fließendes vorstellen kann. Die abstrakte Energiebilanz wird als Fluss interpretiert, Energie fließt von einem System zum anderen.“

Diese Veranschaulichung legt die Vorstellung nahe, sich Energie ganz konkret als einen Stoff zu denken, als etwas also, das wie eine reale Flüssigkeit strömt. Dabei gerät aus dem Blick, dass Energie „real“ in unserer Welt (wie z. B. ein Tisch) nicht vorkommt, sondern zu den „Bildern“ zählt, die wir uns von der realen Welt machen. Allerdings erlaubt die Vorstellung des Energieflusses, sich die Idee der Energieerhaltung, die Schülerinnen und Schülern nur schwer zugänglich ist zu veranschaulichen: Wer sich Energie als einen unzerstörbaren Stoff denkt, hat eine tragfähige Basis zum Verständnis der Idee der Energieerhaltung gewonnen.“

Schwierig ist es für die Schülerinnen und Schüler, zwischen den Stoff- und Energiefluss zu unterscheiden. Z.B. nimmt man zwar Energie mit der Nahrung auf, gibt sie aber ganz anders ab als die entsprechenden Stoffe.

Fachdidaktisches Konzept zu „Energie effizient nutzen“

- **Auf dem Weg von der „Treibstoff“-Vorstellung zum abstrakten Energiebegriff**
Die Vorstellungen, mit denen die Schülerinnen und Schüler in den Unterricht kommen, können nur genutzt werden, wenn man diese zur Entwicklung nutzt: Wenn ungeeignete Vorstellungen geäußert werden, sollte man sie im Gespräch angemessen korrigieren. Wenn förderliche Ansätze vorhanden sind, sollte man nicht dabei stehen bleiben, sondern sie weiterentwickeln. Es ist daher nicht sinnvoll im Sinne eines Sprachvorbildes, als Lehrkraft von „Energie als Treibstoff“ zu sprechen. Es genügt z.B. auch nicht, bei den Alltagsbegriffen „Strom“ oder „Wärme“ stehen zu bleiben. Die Vorstellung des Energieflusses ist altersgemäß, muss aber in den folgenden Jahren weiterentwickelt werden.

4 Eckpunkte für den BNT-Unterricht

Zusammenfassend seien Eckpunkte genannt, die für ein nachhaltig wirkendes, anschlussfähiges Konzept für den Unterricht über Energie in BNT sorgen können:

Die Energiequadriga im BNT-Unterricht

- **Energie wird gespeichert.**
 - einfache Energiespeicher: Stoffe (Pflanzen, Nahrung, Fett, Brennstoffe), Akkus/Batterien, Körper mit höherer Temperatur
 - keine Unterscheidung von Energieformen (Lageenergie, Bewegungsenergie,...)
- **Energie wird übertragen.**
 - keine Unterscheidung in mechanische, elektrische und thermische Übertragung
 - thermische Energieübertragung phänomenologisch, begriffliche Unterscheidung (Wärmeleitung, Konvektion, Wärmestrahlung) dabei nicht zentral
- **Energie bleibt erhalten.**
 - kein Thema in BNT
- **Energie wird im Laufe der Zeit entwertet.**
 - im Sinne des „sorgsamem Umgangs mit Energie“ (Leitperspektive BNE)
- **Energieübertragungsketten**
 - einfache Beispiele im Vordergrund
 - Energieflussdiagramme als Darstellungshilfe

Wichtig ist die durchgängige Nutzung des Konzepts (insbesondere der Energieübertragungsketten), ohne dabei alles über einen Kamm zu scheren.

Weitere Aspekte

- **Wenige Fachbegriffe, einfache Sprache**
 - Wichtige Begriffe: „Energieträger“ (als Alltagsbegriff beim Speichern); Energieübertragung, Energieflussdiagramm Energieabgabe/-aufnahme, Energiehaushalt
 - „Energie“ + Beschreibung statt „xy-Energie“
- **Berücksichtigen von Schülervorstellungen**
 - Nutzen und Weiterentwickeln entwicklungsfähiger Vorstellungen (z.B. „Treibstoff“)
 - Aufgreifen und korrigieren ungeeigneter Vorstellungen (z.B. „Verbrauch“)
 - Den Weg vom Alltagsbegriff zum Fachbegriff Energie als Prozess auffassen