

Integration der Themen „Rationelle Energienutzung“ und „Regenerative Energien“ in einen fächerverbindenden Mathematikunterricht

– Didaktisches Konzept und Aufgaben-beispiele

Astrid Brinkmann und Klaus Brinkmann

„Rationelle Energienutzung und regenerative Energien“ ist ein Thema, mit dem sich die heutige Schülergeneration in besonderem Maße auseinandersetzen muss, da die notwendige Umgestaltung unseres derzeitigen Energieversorgungssystems hin zu einer zunehmend regenerativen Energieversorgung mit dezentralem Charakter einen größeren persönlichen Einsatz jedes einzelnen erfordert, als es bei der augenblicklichen Versorgungstechnik der Fall ist. Es ist hochgradig fächerübergreifend und kann, mit geeigneter Schwerpunktsetzung, in nahezu jedem Unterrichtsfach behandelt werden.

Speziell für den Mathematikunterricht ergeben sich realistische und relevante Anwendungsaufgaben. Beispiele werden im Artikel vorgestellt.

Rationelle Energienutzung und regenerative Energien - zentrale Themen für unsere Zukunft

In dem Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 17.10.1980 heißt es:

Es gehört ... zu den Aufgaben der Schule, bei jungen Menschen Bewußtsein für Umweltfragen zu erzeugen, die Bereitschaft für den verantwortlichen Umgang mit der Umwelt zu fördern und zu einem umweltbewussten Verhalten zu erziehen, das über die Schulzeit hinaus wirksam bleibt. ... Umwelterziehung [ist] ein fächerübergreifendes Unterrichtsprinzip, das in gleicher Weise den naturwissenschaftlichen wie den gesellschaftswissenschaftlichen Unterrichtsbereich durchdringt.

Der hierbei erziehungspolitisch definierte und geforderte fächerübergreifende Unterricht bietet sich insbesondere auch gewinnbringend für das Fach Mathematik an. Der Unterricht kann greifbarer, lebensnah und somit attraktiver gestaltet werden und mit relevanten und realistischen Anwendungsaufgaben lässt sich eine größere motivierende Wirkung erreichen:

It seems quite clear that the consideration of environmental issues is desirable, necessary and also very relevant to the motivation of effective learning in the

mathematics classroom (Hudson, 1995).

In diesem Zusammenhang wird gerade für die jetzige junge Generation die Auseinandersetzung mit rationeller Energienutzung und regenerativen Energien immer wichtiger. Die jetzige junge Generation ist es doch, die in ganz besonderem Maße den Auswirkungen der zur Neige gehenden Ressourcen ausgesetzt wird, wenn man die derzeitigen Prognosen und Warnungen vor den möglichen Klimaveränderungen ernst nimmt.

Regenerative Energien im Mathematikunterricht – didaktisches Konzept

Ein Grundproblem ist darin zu sehen, dass speziell zu dem recht neuen und in einer schnell fortschreitenden Entwicklung begriffenen Gebiet der rationellen Energienutzung und der regenerativen Energien ein großer Mangel an Mathematikaufgaben zu verzeichnen ist. Wir haben daher entsprechende Aufgaben für einen fächerübergreifenden Mathematikunterricht entwickelt und folgende Anforderungen gestellt: Die Aufgaben sollen *realistisch*, *fachlich korrekt* und *curriculumkonform* sowie *in bestehende Unterrichtsreihen einfügbar* sein. Der Umfang einer jeden Aufgabe soll *größer als der einer herkömmlichen Textaufgabe* sein, um ein intensives Einarbeiten und Eindringen in den jeweiligen Anwendungsbereich zu ermöglichen.

Damit die Aufgaben auch von Mathematiklehrer/innen aufgegriffen werden können, die nicht ein technisch-naturwissenschaftliches Fach als weiteres Unterrichtsfach haben, sollten sie so konzipiert sein, dass sie *keine Spezialkenntnisse der Lehrer zum Themenkomplex der regenerativen Energien oder allgemein der Physik erfordern*. Nötige Informationen für die Bearbeitung einzelner Aufgaben werden daher in entsprechenden „Info“-Kästen in den Aufgaben mitgeliefert. Diese stellen insbesondere die *Basis zum fächerverbindenden Diskutieren, Argumentieren und Interpretieren*. Die Info-Kästen sowie die zusätzlichen Hinweise sind auch als Grundlage für eine *mögliche erweiterte fächerübergreifende Kooperation* mit dem Bezugsfach zu sehen.

Aufgabenbeispiele¹

Beispiel: CO₂-Emission (Kopiervorlage 1)

Diese Aufgabe erscheint komplex, kann

aber bereits in einem Unterstufenunterricht behandelt werden. Mathematisch wird das *Umrechnen von Größen* geübt, *Dreisatz-Überlegungen* und Kenntnisse aus der Prozentrechnung sind erforderlich. Die *Menge des in Deutschland jährlich produzierten Kohlendioxids*, insbesondere auch zum Zwecke von Transport und Verkehr, wird anschauungsgebunden verdeutlicht und den Lernenden somit bewusst vor Augen geführt.

- *Bemerkungen, Hinweise/Anregungen für die Unterrichtspraxis*

In leistungsstarken Lerngruppen kann die Frage unter a) zunächst ohne den zugehörigen Hinweis gestellt werden; die Schüler/innen sind damit aufgefordert selber nach weiteren benötigten Angaben zu fragen bzw. zu suchen.

Die Hilfe unter a) zeigt die einzelnen durchzuführenden Arbeitsschritte auf, und kann optional im Unterricht eingesetzt werden (auch zum Zwecke einer Binnendifferenzierung).

Mit der Bearbeitung der Teilaufgabe a) erfahren Schüler/innen, dass gewisse Problemstellungen nur mit Kenntnissen aus sehr unterschiedlichen Fachbereichen (hier: Wirtschaft (Datenmaterial), Chemie, Erdkunde, Mathematik) zu lösen sind. Für eine umfassende Bearbeitung sind für eine umfassende Erarbeitung sind daneben Kenntnisse aus der Biologie (Photosynthese) einzubeziehen. Eine Auseinandersetzung mit dem Verbraucherverhalten von Menschen (zweiter Info-Kasten) rundet das Thema CO₂-Emission ab. Aber auch der erste Punkt im zweiten Info-Kasten verdeutlicht anschauungsgebunden wie viel Kohlendioxid von Menschen produziert wird; der zweite Punkt im zweiten Info-Kasten provoziert eine Diskussion darüber, dass diese Mengen reduziert werden müssen. Hier kann zum einen das eigene Verhalten hinterfragt werden, wobei wirtschaftliche und soziale Überlegungen eine Rolle spielen, zum anderen aber auch Entscheidungen, die von der Politik und der Wirtschaft getroffen wurden. Letztere können insbesondere im Hinblick auf Teilaufgabe b) betrachtet werden.

Beispiel: Leistung von Windkraftanlagen (Kopiervorlage 2)

Mit dieser Aufgabe wird die *Abhängigkeit der Leistung einer Windkraftanlage von*

der Größe ihrer Rotorfläche verdeutlicht. Hierbei werden *Berechnungen an Kreisen* durchgeführt sowie funktionale Zusammenhänge dargestellt bzw. ermittelt. Die Aufgabe kann in einer entsprechenden Geometrie-Unterrichtseinheit oder in einer Unterrichtsreihe zu *quadratischen Funktionen* in der Mittelstufe behandelt werden.

- *Bemerkungen, Hinweise/Anregungen für die Unterrichtspraxis*

Bei der Bearbeitung der Aufgabe kommen physikalische Denk- und Arbeitsweisen zum Tragen. Zu verfügbaren technischen Daten werden funktionale Zusammenhänge ermittelt.

Über das Thema „Windkraft“ wird in den Medien, der Politik und der Wirtschaft aktuell sehr kontrovers diskutiert, vielfach sind die Aussagen emotional gefärbt. Wünschenswert wäre, wenn das Thema parallel zum Mathematikunterricht auch in einem gesellschaftswissenschaftlichen Fach behandelt würde; Daten, Ergebnisse und Erkenntnisse aus dem Mathematikunterricht könnten dort zu einer fundierteren Diskussion beitragen.

Rückmeldungen und Erfahrungen

Wir haben unser Projekt zur Verankerung der Themen „rationelle Energienutzung“ und „regenerative Energien“ im Mathematikunterricht im Rahmen verschiedener Fachkonferenzen (siehe Literatur) sowie Lehrerfortbildungsmaßnahmen vorgestellt. Dabei ist unser Vorhaben sowohl seitens der Fachleute für regenerative Energien als auch der Lehrer/innen durchweg positiv beurteilt worden. Wir erhielten eine breite Unterstützung durch viele wertvolle Hinweise sowie Materialien für Aufgaben.

Während Experten für zukünftige Energieversorgung mit den Konsequenzen einer extensiven Nutzung fossiler Brennstoffe für unsere Umwelt vertraut sind, mussten wir erfahren, dass Lehrer/innen diese Problematik bei weitem unterschätzen. Nicht wenige Lehrer/innen zeigten große Betroffenheit, als sie einige Fakten und Zusammenhänge erfuhren, derer sie sich bislang nicht bewusst waren. Um so mehr sahen sie jetzt die Notwendigkeit der Behandlung von Energiefragen im Unterricht.

Das didaktische Konzept erwies sich als absolut überzeugend. Im Hinblick auf den

Einsatz vorgestellter Aufgaben im Unterricht haben einige Lehrer/innen, speziell Hauptschullehrer/innen, Bedenken aufgrund der Komplexität mancher Aufgaben geäußert. Hier ist es wichtig zu beachten, dass die Aufgaben auch ausschnittsweise bearbeitet werden können (s. o.).

Unterrichtsbeobachtungen zeigen, dass Schüler/innen sehr vielfältig auf die Sachkontexte unserer Aufgaben reagieren. Während manche z. B. entsetzt feststellen, dass unsere Ölreserven mit großer Wahrscheinlichkeit noch während ihres Lebens zur Neige gehen, sind andere von dieser Tatsache völlig unberührt, 20 oder 40 Jahre später ist für sie eine Zeit, über die sie sich noch keine Gedanken machen. Im Unterricht gibt es immer wieder Schüler/innen, die von den behandelten Sachkontexten und den neu erlangten Einsichten in diese so gefesselt sind, dass sie in Diskussionen über Politik und Gesellschaft übergreifen und dabei die Mathematik (fast) in Vergessenheit gerät. Es ist wünschenswert, dass Schüler/innen mittels der Mathematik zu einem tiefergründigen Nachdenken über unsere Umwelt angeregt werden; aus Zeitknappheit können aber Diskussionen, die fast vollständig nichtmathematischen Fachbereichen zuzuordnen sind, nicht immer in dem Ausmaß geführt werden, wie es vielleicht nötig oder sinnvoll erscheint. Hier wären Kooperationen mit anderen Fachlehrer/innen von Vorteil.

Besonders günstig ist es, wenn ein/e Lehrer/in eine Lerngruppe in verschiedenen Fächern unterrichtet. Insbesondere von Lehrer/innen mit Physik als weiterem Unterrichtsfach haben wir mehrfach die Rückmeldung erhalten, dass unsere Aufgaben zu einer gegenseitigen Bereicherung der beiden Fächer Mathematik und Physik beitragen können. Der Physikunterricht ermöglicht experimentelle, handlungsorientierte Zugänge zu den betrachteten Sachkontexten und den entsprechenden mathematischen Modellierungen, also Zugänge, die ein Mathematikunterricht i.d.R. nicht bieten kann, die aber sowohl dem Verständnis als auch der Motivation dienlich sein können. In einer anschließenden Behandlung derselben Thematik im Mathematikunterricht werden in entsprechenden mathematischen Modellen mittels mathematischer Methoden Ergebnisse gewonnen, deren Interpretation

im Sachkontext tiefere Einsichten in den betrachteten physikalischen Sachverhalt gewähren.

Literatur

- Hudson, Brian (1995): Environmental issues in the secondary mathematics classroom. In: Zentralblatt für Didaktik der Mathematik 27, 95/1, 13-18.
- KMK-Beschluss vom 17.10.1980 „Umwelt und Unterricht“. In: Informationen zur politischen Bildung 219, 2. Quartal 1988, 39.
- Publikationen von Astrid Brinkmann und Klaus Brinkmann zum Thema unter:
<http://www.math-edu.de/Anwendungen/Energie-Literatur.html>
<http://www.math-edu.de/Anwendungen/Energie-Vortraege.htm>

StR' Dr. Astrid Brinkmann
 Universität Dortmund
astrid.brinkmann@math-edu.de

Prof. Dr. Klaus Brinkmann
 Umwelt-Campus Birkenfeld
Klaus.brinkmann@envipro.de

1 Die Aufgabenbeispiele sind als Kopiervorlage nutzbar. Lösungen und zwei weitere Aufgaben mit Kopiervorlage zu den Themen Solarthermie (lineare Funktionen, Umgang mit Datenmaterial) und Fotovoltaik („Wirkungsgradkette“, netzunabhängige Stromversorgung, Bruchrechnung) sind bei den online-Ergänzungen zum Heft abrufbar. Informationen über unsere Aufgabensammlung zum Thema „rationelle Energienutzung“ und „erneuerbare Energien“ findet man darüber hinaus unter:
<http://www.math-edu.de/Anwendungen/anwendungen.html>.

Die Aufgaben mit ausführlichen Lösungen erscheinen demnächst im Verlag Franzbecker.

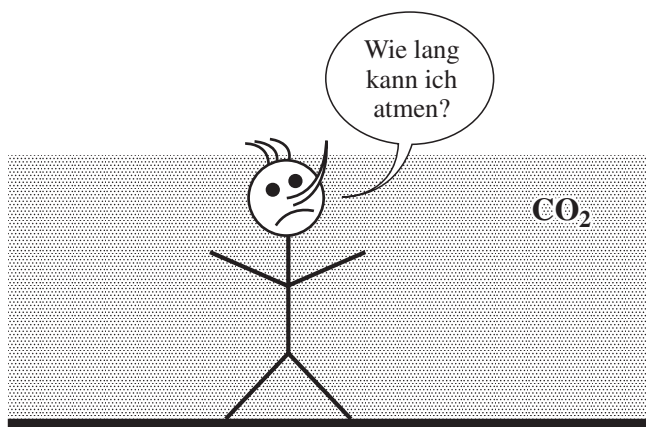
CO₂-Emission

Info:

In der Bundesrepublik Deutschland produziert jeder Einwohner im Schnitt pro Jahr ca. 13 t CO₂ (Kohlendioxid). Diese entstehen bei Verbrennungsprozessen (z. B. von Kraftwerken oder Automotoren) und werden in die Atmosphäre abgegeben.

Angenommen, dieses CO₂ würde als unterste Luftschicht direkt über dem Erdboden bleiben.

a) Wie hoch wäre dann nach einem Jahr die CO₂-Schicht über Deutschland?



Hinweis:

Bei deinen Berechnungen helfen dir Kenntnisse aus dem Chemieunterricht. Hier lernst du, dass Stoffmengen mit der Einheit mol gemessen werden.

1 mol CO₂ wiegt 44 g und nimmt als Gas unter Normalbedingungen (Druck 1013 hPa und Temperatur 0° C) etwa das Volumen 22,4 l ein. Mit diesen Werten kannst du näherungsweise rechnen.

Die Fläche und die Einwohnerzahl Deutschlands kannst du in einem Lexikon nachschlagen.

Info:

- Ein Vergleich zur Verdeutlichung der Menge an CO₂-Produktion: In der Bundesrepublik Deutschland fallen in einem Jahr ca. 1 t an Müll (Hausmüll und Industriemüll) pro Einwohner an, die durchschnittlich produzierte CO₂-Menge pro Einwohner ist 13 mal so groß.
- Das CO₂, das in Verbrennungsprozessen entsteht und an die Atmosphäre abgegeben wird, verteilt sich in der Luft. Ein Teil wird durch Pflanzen bei der Photosynthese gebunden; ein weitaus größerer Teil löst sich im Wasser der Weltmeere auf. Allerdings können Pflanzen und Meere nur begrenzt viel CO₂ aufnehmen.
- 20% des gesamten CO₂-Ausstoßes in Deutschland entstanden in den 90er Jahren allein als Abgas von Kraftfahrzeugen.

b) Wie hoch wäre die CO₂-Schicht über Deutschland, die allein durch Kfz-Abgase in einem Jahr erzeugt wird?
Wie viel km³ CO₂ sind dies?

Hilfe zu a):

Beantworte der Reihe nach folgende Teilfragen.

- Wie viel t CO₂ werden insgesamt pro Jahr in Deutschland produziert?
- Welches Volumen in l nimmt diese Menge CO₂ ein? (Beachte den Hinweis!)
- Wie viel m³ CO₂ werden demnach jährlich in Deutschland produziert? Wie viel km³ sind dies?
- Angenommen, das in Deutschland in einem Jahr produzierte CO₂ würde direkt über dem Erdboden die unterste Luftschicht bilden, wie hoch wäre dann diese?



Leistung von Windkraftanlagen

Info:

Die Leistung einer Windkraftanlage hängt von der Größe der Rotorfläche A dieser Windkraftanlage ab (Abbildung). *Leistung* ist die in einer Zeiteinheit umgesetzte Energie und wird in Watt [W] angegeben.

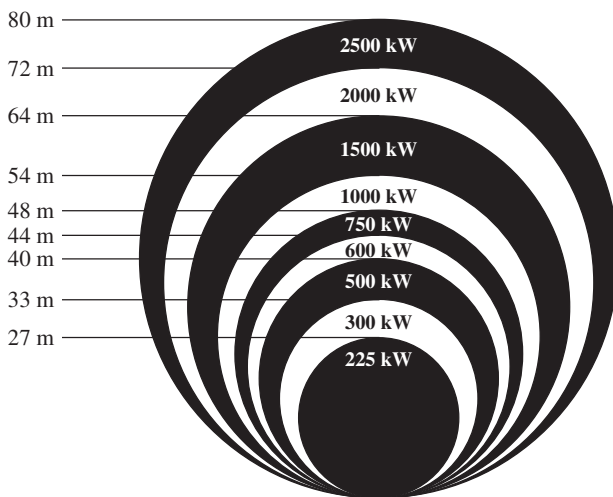


Abbildung:

Abhängigkeit der Leistung P einer Windkraftanlage von dem Durchmesser D der Rotorfläche ($1 \text{ kW} = 1000 \text{ W}$)¹

¹ Quelle: Danish Wind Industry Association 2002.
<http://www.windpower.org/de/core.htm>.

- Kommentiere die Abbildung. Was wird hier ersichtlich?
- Zeige die Abhängigkeit der Leistung P einer Windkraftanlage
 - von dem Durchmesser D der Rotorfläche
 - von der Rotorfläche A mittels Graphen in einem Koordinatensystem.
- Gib für die unter b) dargestellten Abhängigkeiten jeweils eine Funktionsgleichung an.
- Welche Rotorfläche ist für eine Windkraftanlage mit einer Leistung von 3 MW nötig? Begründe. (Hinweis: $1 \text{ MW} = 1000 \text{ kW}$.) Welche Länge haben dann die Rotorblätter?

Info:

Die Energie, die bei einer Leistung von einem Kilowatt [kW] in einer Stunde [h] umgesetzt wird, beträgt eine Kilowattstunde [kWh].

In Deutschland ist durchschnittlich 2000 Stunden im Jahr ausreichend Wind vorhanden, damit Windkraftanlagen Energie (entsprechend ihrer Leistung) produzieren können.

Ein durchschnittlicher Haushalt in Deutschland hat einen Jahresverbrauch von näherungsweise 4000 kWh elektrische Energie pro Jahr.

- Berechne die durchschnittliche Energiemenge in kWh, die von einer Windkraftanlage mit einer Leistung von 1,5 MW im Laufe eines Jahres in Deutschland produziert wird.
Wie viele durchschnittliche Privathaushalte könnten in Deutschland theoretisch von einer 1,5 MW Windkraftanlage mit elektrischer Energie ausreichend versorgt werden? Warum handelt es sich bei der errechneten Anzahl nur um einen theoretischen Wert?
- Angenommen, eine 600 kW Windkraftanlage erbringt volle Leistung bei einer Windgeschwindigkeit von 15 m/s gemessen an der Rotorachse. Wie schnell bewegen sich dann die Spitzen der Rotorblätter, wenn die Rotorblätter 15 Umdrehungen pro Minute durchführen? Gib diese Geschwindigkeit sowohl in m/s als auch in km/h an und vergleiche mit der Windgeschwindigkeit.