Didaktik der Physik
Frühjahrstagung Bochum 2009

Projekttag Energie in Klasse 7: Von Fotovoltaik bis Biodiesel

Hans-Otto Carmesin*

- Gymnasium Athenaeum Stade, Harsefelder Straße 40, 21680 Stade
- Studienseminar Stade, Bahnhofstraße 5, 21682 Stade
- Fachbereich 1, Institut für Physik, Universität Bremen, 28334 Bremen

Kurzfassung
Die Produktion von Lebensmitteln sowie die Lebensmittelpreise werden aktuell nicht unwesentlich von der Erzeugung von Biokraftstoffen beeinflusst. Dieses heikle Thema wird in einem Projekttag von Schülerinnen und Schülern der Klassenstufe 7 aus physikalischer Sicht aufgearbeitet. Auch fächerübergreifende Gesichtspunkte werden behandelt. Vergleichend werden Biokraftstoffe, Windenergie, Fotovoltaik, Kernkraftwerke sowie Kohlekraftwerke untersucht. Ausgangspunkt ist der fiktive Landwirt Schulze, der auf seinen 50 ha Energie gewinnen will. Während einige Schülergruppen experimentieren, bestimmen andere den jeweils erzielbaren Energiebetrag und die Gruppen der 'Kaufleute' errechnen die entsprechenden Energiegestehungskosten. Die Schülerinnen und Schüler kommen auf der Grundlage von vorab recherchierten Basisdaten zu aussagekräftigen Ergebnissen. Beispielsweise finden sie heraus, dass Schulze im Jahr 1187 Menschen ernähren könnte, wogegen er alternativ 14 Autos mit Biokraftstoff oder 46 625 Autos mit Elektrizität versorgen könnte. Dieser Projekttag ist an zwei Klassen erprobt, schult besonders prozessbezogene Kompetenzen und macht die Bedeutung der Physik für das Leben der Menschen eindrucksvoll deutlich. Auch zeigt er den Schülerinnen und Schülern was 'Scientific Literacy' ist und wie direkt sie diese erreichen können.

1. Einleitung

Interessenstudien zeigen, dass das Fach Physik im Vergleich zu anderen Schulfächern nicht besonders beliebt ist [1]. An einem Beispiel wird gezeigt, wie Schülerinnen und Schüler bei einem Projekt sehr motiviert, interdisziplinär und auf hohem Niveau physikalische Zusammenhänge und Arbeitsweisen anwenden und die Ergebnisse bewerten können. Das Projekt wurde mit zwei siebten Klassen des Gymnasiums durchgeführt. Im Anschluss schätzten die Schülerinnen und Schüler den Projekttag äußerst positiv ein. Optimierungsmöglichkeiten werden erörtert, Material wird im Anhang bereitgestellt.

Abb.1: Bauer Schulze möchte seine 50 ha möglichst sinnvoll nutzen.

2. Projektkonzept

Das Projekt geht von einer gesellschaftlich relevanten Situation [2] aus, die Schülerinnen und Schüler der Klassenstufe 7 im Rahmen des Themas Energie analysieren können: Im Frühjahr 2008 wurde in der Presse häufig darüber berichtet [3], dass die Herstellung von Biokraftstoffen die Preise für Nahrungsmittel weltweit steigen lässt und so zur Entstehung von Hungersnöten wesentlich beiträgt. Zugleich plante der Bundesminister für Umwelt den Anteil von Biokraftstoff in Normalbenzin verpflichtend zu verdoppeln [4]. Das zentrale Lernziel des Projekts ist: Die Schülerinnen und Schüler können die physikalischen und wirtschaftlichen Zusammenhänge der Produktion von Biokraftstoff sowie naheliegender Alternativen dazu so genau analysieren, dass sie sich eine sachlich begründete Meinung zu dem Thema bilden können. Zur Erreichung dieses Ziels durch Siebtklässler wird ein konkreter Rahmen geschaffen: Der fiktive Bauer Schulze (Abb. 1) stellt sich die Leitfrage: Wie sollte ich meine 50 ha Land am besten nutzen? Hierzu untersuchen die Schülerinnen und Schüler in themen- und binnendifferenzierter Gruppenarbeit den Weizenanbau, den Anbau von Raps für Biodiesel, die Einrichtung von Fotovoltaikanlagen sowie das Aufstellen von Windrädern. Die Gruppen produzieren Ergebnisse und präsentieren sich diese gegenseitig mit Postern und Vorträgen. So

fließen die Ergebnisse zusammen und werden in einer Abschlussdiskussion gewertet.

Abb.2: Versuche zur Windenergie

Durch dieses Konzept werden wesentliche Merkmale des Projektunterrichts [2] umgesetzt:

- Situationsbezogenheit, s.o.
- Bedürfnisbezogenheit: Die Schülerinnen und Schüler sind hierbei durch ihr existenzielles Bedürfnis Essen lebhaft angesprochen.
- Kollektive Realisierung: Die notwendige Analyse kann an einem Tag nur arbeitsteilig geleistet werden.
- Produktorientiertheit: Poster und Vortrag
- Interdisziplinarität: Physik, Biologie, Mathematik, Politik
- Gesellschaftliche Relevanz: Dürfen unsere Autofahrer mit wenig zahlungskräftigen Hungernden um Agrarprodukte konkurrieren?

Abb. 3: Berechnungen zum Energieertrag

3. Projektstruktur

Es nahmen zwei siebte Klassen gemeinsam am Projekttag teil. Dieser fand in den großzügigen Räumen des Informationszentrums der EON Stade statt. Die folgenden Themen wurden bearbeitet:

- Versuche zur Fotovoltaik
- Versuche zur Windenergie
- Bestimmung der Energieerträge
- Berechnung der kaufmännische Erträge
- Ernährung
- Bereitstellung von Dienstleistungen am Internet

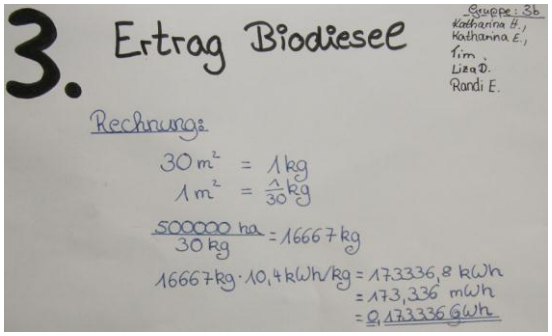


Abb.4: Poster zum Energieertrag: Biodiesel 0,1733 GWh, Windenergie 16,7 GWh, Fotovoltaik der dritten Generation 186,5 GWh

Die Arbeitsaufträge und die Ergebnisse sind im Anhang dargestellt.
Jedes Thema wurde durch zwei Gruppen bearbeitet. Damit alle Gruppen ihr Ziel erreichen können wird binnendifferenziert gearbeitet.

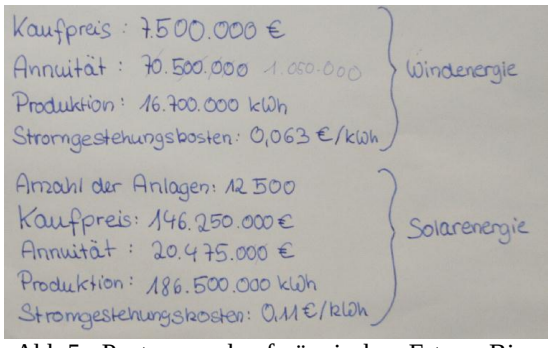


Abb.5: Poster zum kaufmännischen Ertrag: Biodiesel 0,1733 GWh, Windenergie 0,063 €/kWh, Fotovoltaik der dritten Generation 0,11 €/kWh,

4. Erfahrungen

Durch Beobachtung konnten folgende Erfahrungen gesammelt werden.

Die Schülerinnen und Schüler haben konzentriert und intensiv mitgearbeitet. Das Projekt wirkte also motivierend.

Es herrschte eine freundliche und konstruktive Lernatmosphäre. Die Projektstruktur führte somit zu einer sehr geeigneten Lernumgebung.

Alle Gruppen kamen in der vorgegebenen Zeit zu richtigen Ergebnissen und stellten diese auf Postern und mit Vorträgen dar. Hier hat sich die Binnendifferenzierung bewährt.

Die Schülerinnen und Schüler referierten engagiert über ihr Thema. Das deutet darauf hin, dass sie die Relevanz des Themas erfasst haben und sich persönlich mit dieser Thematik auseinandersetzen wollten.

Bei der Abschlussdiskussion formulierten die Schülerinnen und Schüler klare eigene Meinungen und begründeten diese durch die aussagekräftigen Ergebnisse der verschiedenen Gruppen. Mit Biodie-

sel kann Schulze wenig Energie teuer bereitstellen. Dagegen kann er mit Wind mittlere Energiebeträge zu günstigen Preisen anbieten und bei Fotovoltaik große Energiemengen zu hohen Kosten gewinnen. Insgesamt wurde deutlich, dass das Lernziel zumindest von den meisten Schülerinnen und Schülern erreicht wurde.

Im Anschluss an den Projekttag hatten die Schülerinnen und Schüler Gelegenheit ihre Meinung zum Projekttag zu äußern. Für sie waren

- die Versuche interessant
- das Thema interessant
- die Ergebnisse überraschend und aussagekräftig
- die Arbeitsweise attraktiv
- die Präsentationen motivierend

Es wurden einige Optimierungsmöglichkeiten deutlich:
Durch eine noch frühzeitigere Planung könnte das Projekt noch besser in den laufenden Physikunterricht eingebunden werden.
Steht mehr Zeit zur Verfügung als ein Tag, so können die Schülerinnen und Schüler auch in die Planung eingebunden werden, auch wären dann heterogenere Gruppen sinnvoll.

5. Zusammenfassung

Der Physikunterricht kann durch Projekte wirksam angereichert werden. Hierbei ist günstig, wenn das Thema lebensnah, bedürfnisbezogen und gesellschaftlich relevant ist. Diese Eigenschaften erfüllt das Thema Energie und Biosprit in vollem Umfang. Die Thematik wird sicher noch lange aktuell bleiben, weil neuartige Biokraftstoffe entwickelt werden, da die bereits bestehenden Fabriken sich erst nach vielen Jahren amortisieren und da Auswirkungen auf das Klima bekannt sind. Schließlich machen Ernährungskrisen zu jeder Zeit betroffen.

6. Literatur

[1] Muckenfuß, H. (1995): Lernen im sinnstiftenden Kontext. Cornelsen, Berlin, S. 56.
[2] Kircher, E., Girwidz, R., Häußler, P. (2001): Physikdidaktik, Springer, Berlin.
[3] Wütherich, P (2008): Biosprit-Boom verschärft globale Nahrungskrise. Stader Tageblatt, 2. Mai 2008.
[4] Weiland, S. (2008): Gabriel gibt nach - und geht in die Offensive. Spiegel, 4.4.2008.

7. Danksagung:

Ich danke der Firma EON für die Bereitstellung der Räume und der Energiekoffer. Ich danke Sabine Buck und Carmen Heinemann für die gemeinsame Durchführung des Projekttags.

Carmesin, Hans-Otto: Projekttag Energie in Klasse 7: Von Fotovoltaik bis Biodiesel. In: Nordmeier, Volker; Grötzebauch, H. (Hrsg.): Tagungs-CD Fachdidaktik Physik, 2009. ISBN: 978-3-86541-371-0

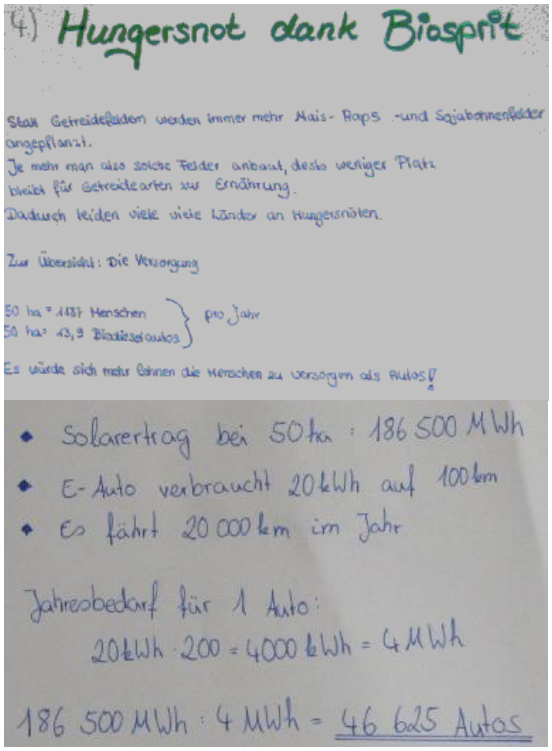


Abb.6: Poster zur Ernährungskrise

Anhang: Ablaufplan, Arbeitsblätter, Lösungen, Materialien

Ablaufplan

8:45-9:00 Uhr	Eintreffen
9:00-10:30 Uhr	Gruppenarbeit: Gruppen 1 – 5 plus eine Servicegruppe für Internetrecherchen
10:30-11:30 Uhr	Erstellung der Poster, fotografisches Übertragen der Poster in eine Beamerpräsentation
11:30 Uhr	Pause
12:00 Uhr	Präsentation der Ergebnisse, am besten mit Presse
13:00 Uhr	Rückfahrt

Anzahl der Schülerinnen und Schüler: 63 aus zwei siebten Klassen
Gruppengröße: etwa 5 → 12 Gruppen
Einteilung und Einweisung der Gruppen: bereits am Athenaeum um 8:00 Uhr im PC-Raum 2
Betreuung vom Athenaeum: Dr. Buck, Dr. Carmesin, Frau Heinemann
Betreuung/Ansprechpartner bei EON/Stade: Herr Hubert, Herr Senkbeil
Vorabbesprechung: Herr Hubert, Herr Senkbeil, Dr. Carmesin, Mitte Mai bei EON

Arbeitsblätter

Gruppe 1: Solarenergie-Versuche

Materialien:
M1.1 Merkblatt Energie-ABC
M1.2 Anleitung zur Messung der elektrischen Leistung

Fragestellung:
Der Landwirt Schulze möchte 50 ha Land zur Energienutzung einsetzen. Für seine Planung benötigt er Informationen:

1) Erläutere, was in der Abbildung von Material 1.2 der Elektrizität entspricht und was der Energie entspricht!
2) Bestimme die Leistung, welche die Solarzelle dem Kunden liefert!
3) Bestimme die eingestrahlte Strahlungsleistung!
4) Bestimme den Wirkungsgrad der Fotozelle!

Gruppe 2: Windenergie-Versuche

Materialien:
M1.1 Merkblatt Energie-ABC
M1.2 Anleitung zur Messung der elektrischen Leistung

Fragestellung:
Der Landwirt Schulze möchte 50 ha Land zur Energienutzung einsetzen. Für seine Planung benötigt er Informationen:

1) Erläutere, was in der Abbildung von Material 1.1 der Elektrizität entspricht und was der Energie entspricht!
2) Bestimme die Leistung, welche das Windrad dem Kunden liefert!
3) Untersuche, wie die abgegebene Leistung von der Windgeschwindigkeit abhängt!
4) Untersuche die abgegebenen Leistungen für verschiedene Flügelformen!

M1.1. Merkblatt Energie-ABC

Energie

Paula hebt eine Tafel Schokolade von 0,1 kg Masse einen Meter hoch auf den Tisch. Dazu ist die Energie 1 J nötig. Tipp: Wären es 0,2 kg, so wären es 2 J. Wäre es der 2 m hohe Schrank statt des 1 m hohen Tisches, so wären es auch 2 J.

Berechnung: Energie $E = m \cdot g \cdot h$

Masse m = 0,1 kg;
Ortsfaktor g = 10 N/kg
Höhe h = 1 m
$E = 0{,}1\ kg \cdot 10\ N/kg \cdot 1\ m = 1\ N \cdot m = 1\ J$

Leistung

Jan Ullrich wiegt mit seinem Fahrrad 80 kg und fährt in 200 s einen 100 m hohen Berg hinauf. Bestimme die Leistung P! Hinweis: Leistung P ist Energie E pro Zeit t; Einheit 1 J/s = 1 W.

Lösung: $E = m \cdot g \cdot h = 80\ kg \cdot 10\ N/kg \cdot 100\ m = 80\,000\ J$
$P = E/t = 80\,000\ J / 200\ s = 400\ J/s = 400\ W$

Wirkungsgrad

Frieda stellt einen Kochtopf mit einer Tasse Wasser auf die Herdplatte und schaltet den Herd ein. Nach 5 min hat das Wasser 20 kJ aufgenommen, die Herdplatte hat 15 kJ aufgenommen und die umgebende Luft hat ebenfalls 15 kJ aufgenommen. Es wurden also 50 kJ zugeführt. Davon wurden ab nur 20 kJ genutzt. Das sind 40%. Das ist der Wirkungsgrad η.

Kurz: $\eta = \frac{E_{genutzt}}{E_{zugeführt}}$ Alternative Berechnung aus den Leistungen: $\eta = \frac{P_{genutzt}}{P_{zugeführt}}$

Umrechnungen

Kilowattstunde:	1 kWh = 3 600 000 J
Megawattstunde:	1 MWh = 1000 kWh
Gigawattstunde:	1 GWh = 1000 MWh
Hektar:	1 ha = 10 000 m^2
Lux:	1 Lux = 0,0161 W/m^2
Milliampere	1 mA = 0,001 A
Millivolt	1 mV = 0,001 V
Quadratzentimeter	1 cm^2 = 0,0001 m^2

M1.2. Messung der Leistung P im Stromkreis

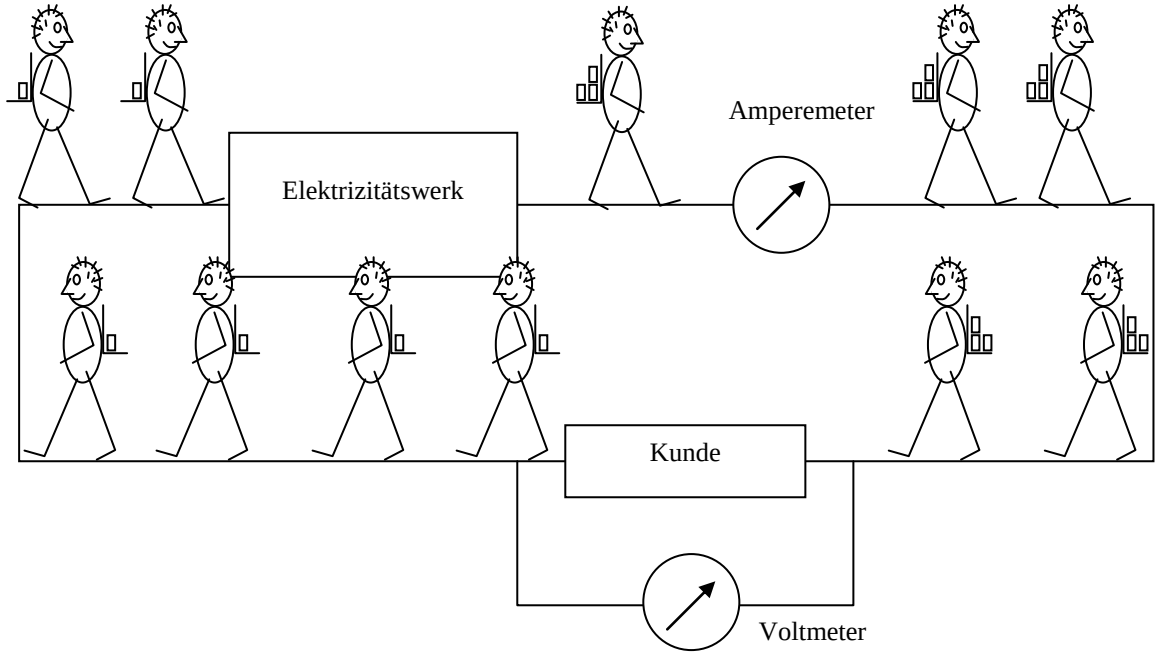


Abbildung: Ein Elektrizitätswerk versorgt einen Kunden mit elektrischer Energie. Die dabei übertragene Leistung P soll bestimmt werden.

Schritt 1:
Wir leiten die Elektrizität durch ein Messgerät, das sogenannte Amperemeter. Es misst, wieviel Elektrizität pro Zeit das Amperemeter passiert (Einheit Ampere, Abkürzung A).

Schritt 2:
Die Elektrizität transportiert Energie. Wir bestimmen den Unterschied der Energie vor und nach dem Kunden. Dazu schließen die beiden Messfühler eines sogenannten Voltmeters vor und hinter dem Kunden an. So messen wir die Energie pro Elektrizität (Einheit Volt, Abkürzung V).

Schritt 3:
Wir multiplizieren die Elektrizität pro Zeit in Ampere mit der Energie pro Elektrizität in Volt:

$$\frac{Elektrizität}{Zeit} \cdot \frac{Energie}{Elektrizität}$$

Wir kürzen und erhalten:

$$\frac{Energie}{Zeit}$$

Also erhalten wir die Leistung P in Watt, die beim Kunden ankommt.

Beispiel:

Gegeben: $\frac{Elektrizität}{Zeit} = 0{,}5A$ und $\frac{Energie}{Elektrizität} = 0{,}2V$

Lösung: P = 0,5 A · 0,2 V = 0,1 W

Gruppe 3: Energieerträge

Materialien:
M3.1 Solarkraftwerk mit Konzentratorzellen
M3.2 Sonneneinstrahlung
M3.3 Windenergieertrag in Hörne
M3.4 Flächenbedarf bei Biodiesel

Fragestellung:
Der Landwirt Schulze möchte 50 ha Land zur Energienutzung einsetzen. Er darf 5 Windräder aufstellen mit einer Leistung von je 1,5 MW. Für seine Planung benötigt er Informationen:

1) Wie viel Energie kann er im Jahr mit Fotozellen gewinnen?
    a) Er geht von den Fotozellen unserer Versuchsgruppe aus.
    b) Er geht von Konzentrator-Solarzellen aus.
2) Wie viel Energie kann er im Jahr mit Windrädern gewinnen? Hinweise: Er nutzt zum Vergleich die Erträge seines Nachbarn in Hörne, Niedersachsen.
3) Wie viel Energie kann er im Jahr mit Biodiesel gewinnen? Hinweis: Er geht von der heute üblichen Verwendung der Ölfrucht aus.
4) Bestimme den Wirkungsgrad für die Produktion von Biodiesel. Hinweis: Vergleiche mit der Sonneneinstrahlung (s. o.).

Gruppe 4: Kaufmännische Erträge

Materialien:
M4.1 Stromgestehungskosten für Windenergie
M4.2 Preise für Windkraftanlagen
M3.1 Solarkraftwerk mit Konzentratorzellen
M4.3 Stromgestehungskosten für Großkraftwerke
M4.4 Stromgestehungskosten für alternative Energien
M4.5 Verbrauch von Autos

Fragestellung:
Der Landwirt Schulze möchte 50 ha Land zur Energienutzung einsetzen. Er darf 5 Windräder aufstellen mit einer Leistung von je 1,5 MW. Er will die Stromgestehungskosten in Euro pro kWh bestimmen und miteinander vergleichen.

1) Bestimme die Stromgestehungskosten!
    a) für Windenergie (verwende M4.1 und M4.2)
    b) für Solarenergie mit dem Solarkraftwerk mit Konzentratorzellen (verwende M3.1 und M4.1 und gehe von der gleichen Abschreibungsdauer, Wartung, Versicherung und Verzinsung aus wie bei der Windkraftanlage)
2) Vergleiche mit den Stromgestehungskosten für Großkraftwerke und alternative Energien!
3) Erweiterungsaufgabe: Berechnet die Energiekosten eines Elektroautos für 100 km Fahrstrecke! Vergleicht dabei die verschiedenen Kraftwerkstypen und Diesel mit 6 € auf 100 km!

Gruppe 5: Ernährung

Materialien:
M5.1 Weizenertrag
M5.2 Nährwert Weizen
M5.3 Menschlicher Energiebedarf
M4.5 Verbrauch von Autos
M5.4 Biosprit-Boom verschärft globale Nahrungskrise (Stader Tageblatt, 2.5.2008)

Fragestellung:
Der Landwirt Schulze möchte 50 ha Land zur Energienutzung einsetzen. Er hat von der weltweiten Verteuerung von Nahrungsmitteln gehört. Er wünscht sich konkrete und begründete Hinweise für seine Planungen.

1) Wie viele Menschen könnte er mit Weizen versorgen?
2) Wie viele Autos, die 6 kg Diesel auf 100 km verbrauchen und 20 000 km im Jahr fahren, könnte er mit Biodiesel versorgen? Tipp: Nutzt Ergebnisse von Gruppe 3!
3) Wie viele Elektroautos, die 20 kWh auf 100 km verbrauchen und 20 000 km im Jahr fahren, könnte er mit elektrischer Energie versorgen? Tipp: Nutzt Ergebnisse von Gruppe 3!
4) Beurteilt den Zusammenhang zwischen Hunger in der Welt und der Produktion von Biokraftstoffen!

Lösungen

Lösung zu Gruppe 3

Zu 1b)
Zunächst wird die Energie für einen Quadratmeter untersucht:
M3.2 wird die eingestrahlte Energie entnommen: $E_{zugeführt}$ = 1000 kWh
M3.1 wird der Wirkungsgrad entnommen: η = 37,3 %
$E_{genutzt} = E_{zugeführt} \cdot \eta$ = 373 kWh
Anschließend wird der Anzahl 500 000 der Quadratmeter multipliziert:
$E_{solar} = E_{genutzt} \cdot 500\,000$ = 186 500 000 kWh = <u>186,5 GWh</u>
Zu 1a) Lösung analog zu 1b)

Zu 2)
Er stellt eine Anlage mit P = 7,5 MW auf.
Sein Nachbar hat eine Anlage mit P = 3,9 MW und erzielt einen Ertrag von E = 8,7 GWh

Dreisatz:	3,9 MW	→	8,7 GWh	|: 3,9
	1 MW	→	2,23 GWh	| * 7,5
	7,5 MW	→	<u>16,7 GWh</u>	

Zu 3)

Dreisatz:	30 m^2	→	1 kg	| : 30
	1 m^2	→	1/30 kg	| · 500 000
	50 ha	→	<u>16 667 kg</u>	

Multiplikation mit dem Heizwert: 16 667 kg · 10,4 kWh/kg = 173,3 MWh = <u>0,1733 GWh</u>
Sonneneinstrahlung: 1000 kWh/m^2 · 500 000 m^2 = 500 GWh
Wirkungsgrad: η = 0,1733/500 = <u>0,035 %</u>

Lösung zu Gruppe 4

Zu 1a)
Kaufpreis: 7500 kW · 1000 €/kWh = 7 500 000 €
Annuität: 14 % von 7 500 000 € = 1 050 000 €
Produktion aus Gruppe 3: 16 700 000 kWh
Stromgestehungskosten: 1 050 000 €/16 700 000 kWh = 1,05/16,7 €/kWh = 0,063€/kWh

Zu 1b)
Anzahl der Anlagen: 500 000 m^2 / 40 m^2 = 12 500
Kaufpreis: 12 500 · 11 700 € = 146 250 000 €
Annuität: 14 % von 146 250 000 € = 20 475 000 €
Produktion aus Gruppe 3: 186,5 GWh
Stromgestehungskosten: 20 475 000 €/186 500 000 kWh = 20,475/186,5 €/kWh = 0,11€/kWh

Zu 3) Beispiel Solarkraft: 20 kWh · 0,11 €/kWh = 2,2 €
Beispiel Kohlekraft: 20 kWh · 0,035 €/kWh = 0,7 €

Lösung zu Gruppe 5

Zu 1)
Weizenertrag: 6350 kg/ha · 50 ha = 317 500 kg
Nährwert: 13 100 kJ/kg · 317 500 kg = 4 159 250 000 kJ = 4 159,25 GJ
Täglicher Energiebedarf: 9 600 kJ pro Kopf
Jährlicher Energiebedarf: 3 504 000 kJ pro Kopf = 3,504 GJ pro Kopf
Anzahl Ernährter: 4 159,25/3,504 = <u>1187</u>

Zu 2)
Gruppe 3: Dieselertrag: 16 667 kg
Dieselverbrauch je Auto: 6 kg · 200 = 1200 kg
Anzahl Betankter: 16 667 kg/1200 kg = <u>13,9</u>

Zu 3)
Gruppe 3: Solarertrag: 186,5 GWh
Energiebedarf je Auto: 20 kWh/100 km · 200·100km = 4000 kWh = 4 MWh
Anzahl Versorgter: 186,5 GWh / 4 MWh = 186 500 MWh / 4 MWh = <u>46 625</u>

Zu 4)
Mit der Fläche von 1187 Ernährten kann man nur 13,9 Dieselautos vorsorgen. Also braucht man für nur ein Dieselauto die Fläche von 85 Ernährten. Daher erfordert Biokraftstoff sehr viel Fläche, gefährdet die Ernährung und treibt die Nahrungsmittelpreise in die Höhe.

Dennoch gibt es eine Möglichkeit der Versorgung von Autos mit Sonnenstrahlen. Denn mit der Fläche von 1187 Ernährten können 46625 Elektroautos versorgt werden. Insofern braucht ein Elektroauto nur 2,5 % der Fläche, die ein Ernährter braucht. So viel Fläche ist da. Ansonsten kann man die elektrische Energie für Elektroautos auch durch andere Kraftwerke gewinnen.

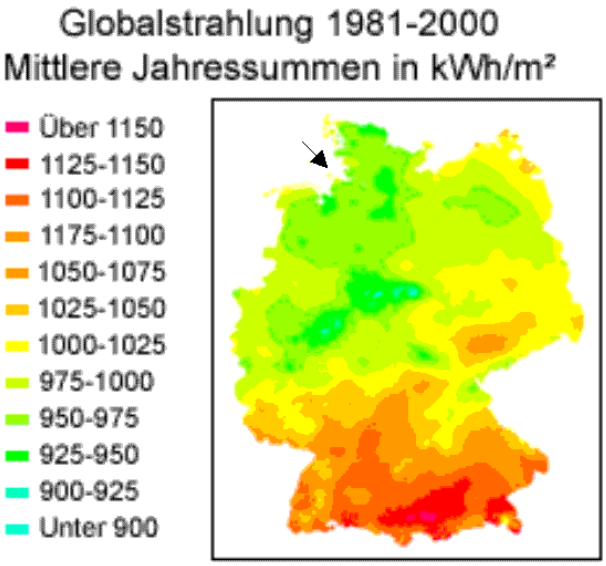
Materialien

M3.1 Solarkraftwerk mit Konzentratorzellen

In Kalifornien wird ein Solarkraftwerk auf der Basis von Konzentratorsolarzellen angeboten. Es deckt eine Fläche von 40 m^2 ab und kostet 11 700 €. Das nationale Labor für erneuerbare Energien der US-Energiebehörde bestätigte einen Wirkungsgrad von 37,3 %.

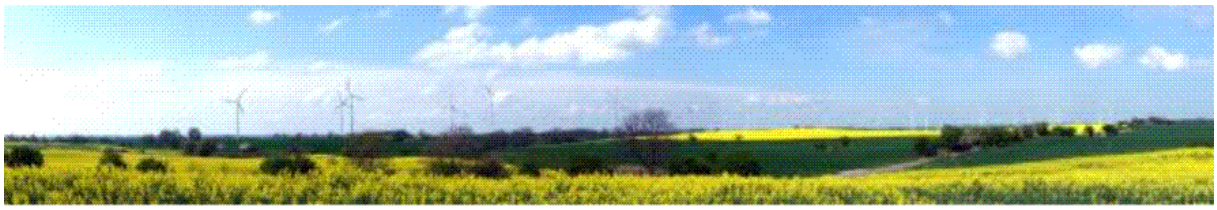
Quellen:
http://www.treehugger.com/files/2005/11/pyron_solar.php, gespeichert am 8.5.2008.
http://www.eurotrib.com/story/2005/12/9/72657/2496; gespeichert am 8.5.2008.

M3.2 Sonneneinstrahlung



Pfeil: Landwirt Schulzes Hof

M3.3 Jährlicher Windenergieertrag in Hörne



- **Standorte**
- **Standortliste**
- **Service**
- **Fonds**
- **Wertpapiere**
- **Unternehmen**
- **Geschäftskontakt**
- **Informationen**
- **Beruf und Zukunft**

Standorte › Standortliste › Deutschland › Hörne

Hörne

Standort	**Hörne, Niedersachsen**
Inbetriebnahme	**1999**
Anzahl der Anlagen	**3**
Anlagentyp	**Bonus 1,3/62, 1,3 MW**
Leistung	**3,9 MW**
Produktion	**8,7 GWh**
Gesamtinvestition	**5,6 Mio €**

Quelle: http://www.enertrag.com/cmadmin_1_156_0.html ; gespeichert am 8.5.2008.

M3.4 Flächenbedarf bei Biodiesel

Es werden etwa 30 m² Anbaufläche für 1 kg bereitgestelltes Biodiesel benötigt. Ein Grund dafür, dass die Energieausbeute verhältnismäßig gering ist, liegt darin, dass nur die Ölfrüchte verwendet werden und der verbleibende Biomassenrest (Rapsstroh und Rapsschrot) nicht energetisch genutzt wird. Bei einer alternativen Form der Kraftstoffgewinnung aus Biomasse zu Sundiesel wird die gesamte Pflanze verwendet, wodurch sich der Energieertrag pro Fläche in etwa verdoppelt. Unter der falschen Annahme, dass für die Produktion keine Energie benötigt würde, erhielte man den dreifachen Ertrag an Biodiesel.

Heizwert: 9,1 kWh/L = 10,4 kWh/kg

Quelle: http://de.wikipedia.org/wiki/Biodiesel; gespeichert am 8.5.2008.

M4.1 Wie viel kostet Windstrom?

Wie aus dem Vorgenannten hervorgeht, hängt die Stromproduktion sehr stark vom Standort ab. Da sich die Kosten einer WKA auf die während ihrer Lebensdauer erzeugten Kilowattstunden verteilen, hängen diese damit auch vom Standort ab. Deshalb bezieht sich die folgende Rechnung auf eine WKA an einem Küstenstandort. Es ist nur eine grobe Rechnung, da sich die Bedingungen von Ort zu Ort sehr stark unterscheiden können :

Kosten einer 1000 kW-Anlage:

Errichtung mit allen Nebenkosten: 1,3 mio €
Lebensdauer 20 Jahre (daraus ergibt sich eine Abschreibung von 5% pro Jahr),
Verzinsung 7%,
Wartung/Versicherung 2%.

Die Annuität (Prozentsatz der jährlichen Kosten) beträgt also 14% von 1,3 mio = 182.000 €.

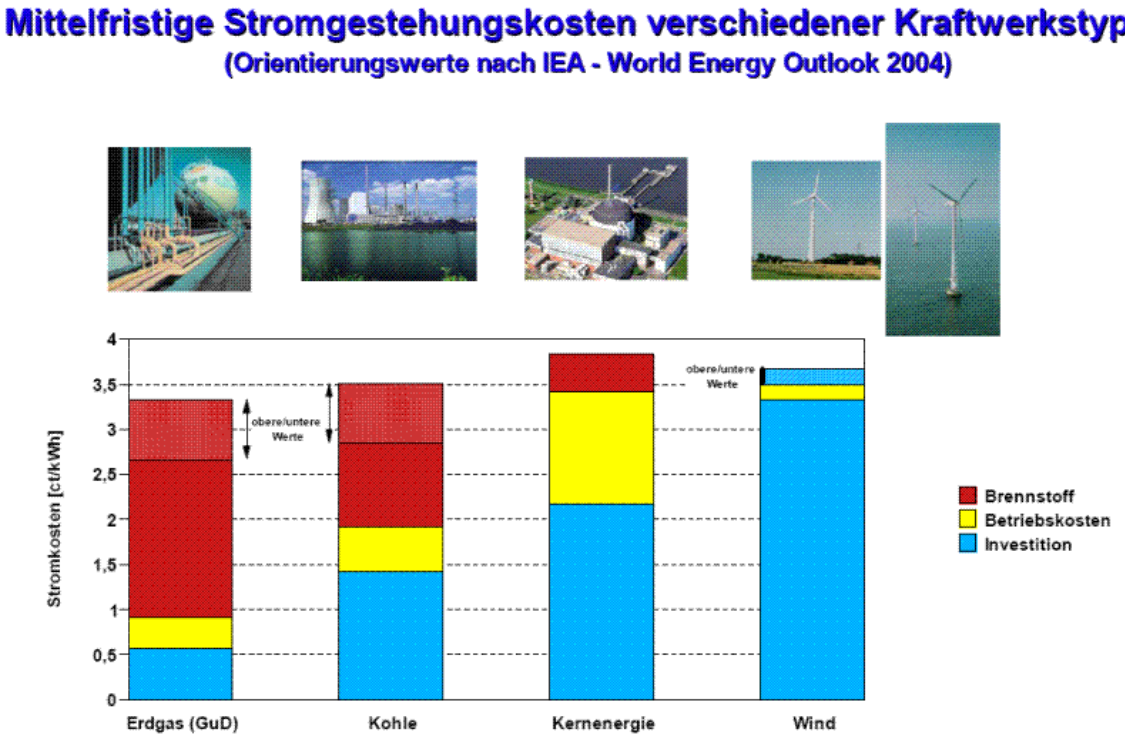
Jährliche Stromerzeugung: 2 mio kWh;
Stromkosten also 182.000 € / 2 mio kWh = 0,091 € /kWh
Quelle: http://www.ag-energie.org/wind.php; gespeichert am 8.5.2008.

M4.2 Preise für Windkraftanlagen

Die Preise für Windkraftanlagen unterliegen marktüblichen Schwankungen. Zum einen halten sich die Anbieter eher bedeckt, zum anderen müssen viele individuelle Rahmenbedingungen berücksichtigt werden. Dazu zählen beispielsweise die Art des Fundamentes, die Turmvariante, die Infrastruktur (Zuwegung zur Baustelle, Entfernung zum Stromnetz, Art der Einspeisung usw.) Die Deutsche Energie-Agentur GmbH gibt die Preise (Stand 2004) bei Nennleistungen von 100 bis 1.000 kW zwischen 615 und 870 Euro und bei großen Anlagen im Megawattbereich zwischen 770 und 1.025 Euro pro installiertem Kilowatt an (inklusive Montage und Abnahme).

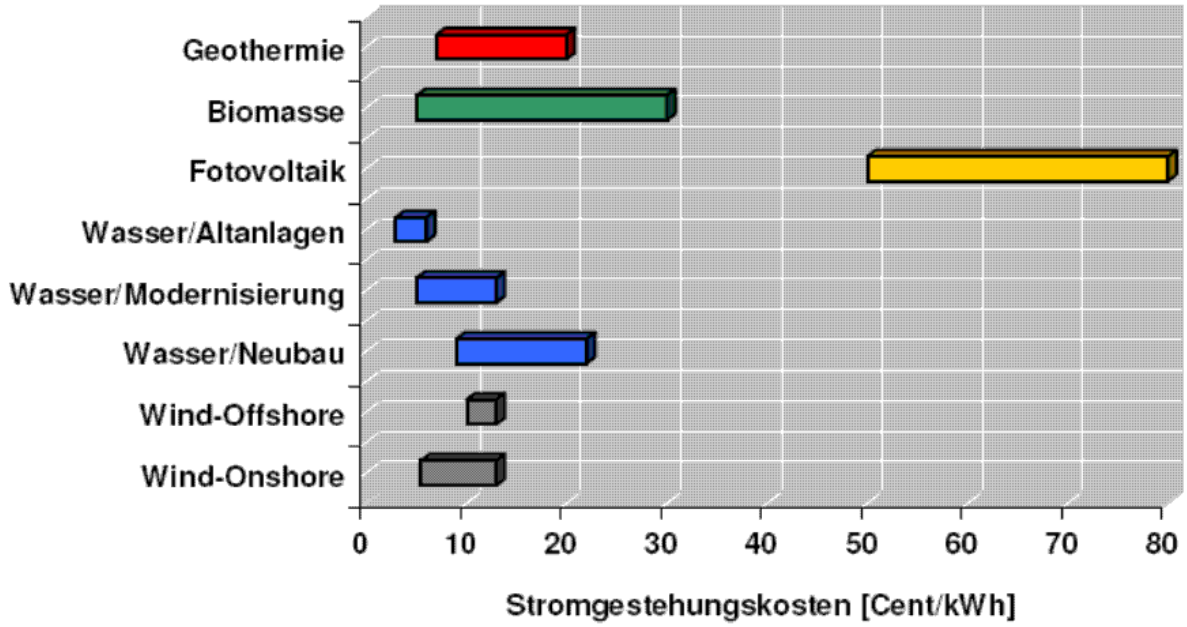
Quelle: http://de.wikipedia.org/wiki/Windkraftanlage; gespeichert am 8.5.2008.

M4.3 Stromgestehungskosten für Großkraftwerke



Quelle: http://www.bi-saubere-luft.de/projektdokumente/kostenvergleich_kraftwerkstypen.pdf; gespeichert 8.5.2008.

M4.4 Stromgestehungskosten für alternative Energien

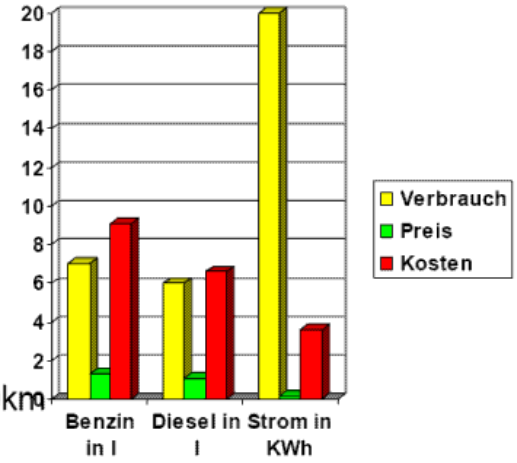


Quelle: http://www.goek.tu-freiberg.de/oberseminar/OS_04_05/Thomas_Kohl.pdf; gespeichert am 8.5.2008.

M4.5 Verbrauch von Autos

Verbrauch / Kosten

- Benzin: Verbrauch: 7l / 100km
  Preis: 1,30€ / l
  Kosten / 100km: 9,10€
- Diesel: Verbrauch: 6l / 100km
  Preis: 1,10€ / l
  Kosten / 100km: 6,60€
- Strom: Verbrauch: 20 KWh / 100km
  Preis: 0,18€ / KWh
  Kosten: 3,60€



Krügel, Matthias
Elektroautos – Vision oder sparsame Alternative?

Quelle: http://www1.vde.com/NR/rdonlyres/D362558A-98E3-40E6-82C4-994C19656C2E/16628/V04KruegelMatthias.pdf; gespeichert am 8.5.2008

M5.1 Weizenertrag

Bei der wirtschaftlich wichtigsten Getreideart, dem Winterweizen, liegt der Durchschnittsertrag bei 6350 kg pro Hektar.

Quelle: Statistisches Landesamt Mecklenburg-Vorpommern: Ernteberichterstattung über Feldfrüchte und Grünland in Mecklenburg-Vorpommern, August 2003, S. 2.

M5.2 Nährwert Weizen

1 Nährwerte von Weizen Vollkorn je 100 g

Nährstoff	Menge Nährwert
Brennwert:	1 310 kjoule (1 310 Kilojoule)
Kohlenhydrate:	61,0 g
Fett	2,0 g
Eiweiss	11,7 g
Ballaststoffe	10,3 g
Magnesium	128 mg
Cholesterin	na mg
Punkte	5,4
Broteinheiten	5,1 Eine Broteinheit (BE) ist definiert als 12 g Kohlenhydrath

Quelle: http://gesuender-abnehmen.com/abnehmen/naehrwerte-kalorien-weizen-vollkorn.html; gespeichert am 8.5.2008.

M5.3 Menschlicher Energiebedarf

Hunger – Ein Verteilungsproblem

Weltweit wären ausreichend Lebensmittel für alle vorhanden, nämlich 11 300 kJ pro Kopf und Tag.
Erforderliche Kalorienaufnahme: 9600 kJ pro Kopf und Tag.

Quelle: http://www.fulbright-alumni.de/national/events/2001-09_PowWow/extra/Kochtopf.pdf, gespeichert am 8.5.2008.

M5.4 Stader Tageblatt 2.5.2008

Biosprit-Boom verschärft globale Nahrungskrise

Eine Frage der Ähre: In den USA verdrängt Treibstoff-Mais den Weizenanbau – Preise für Grundnahrungsmittel steigen

Von unserem Korrespondenten
Peter Wütherich

Washington. Amerikas Brotkorb leert sich. In den traditionellen Weizenanbaugebieten im Herzland der USA schwinden die goldgelben Ährenmeere, an ihre Stelle rücken grüne Mais- und Sojabohnenfelder. Fast unbemerkt hat sich in der US-Landwirtschaft in den letzten Jahren ein Umbruch vollzogen, der nun die weltweite Lebensmittelkrise befeuert und die Preise auf hohem Niveau halten wird.

Amerikas Bauern bauen immer mehr Mais und Sojabohnen an, die sich hoch profitabel zu Biosprit verarbeiten lassen. Was als Maßnahme zum Klimaschutz gedacht war, lässt nun weltweit das Getreide knapp werden.

Ähren, Kolben oder Hülsen? Staatliche Subventionen machen den Anbau von Mais und Sojabohnen profitabel, deswegen produzieren die Farmer der Agrarsupermacht USA inzwischen so wenig Weizen wie noch nie seit dem Zweiten Weltkrieg. Auf etwa 25 Millionen Hektar Land wächst dieses Jahr noch Weizen, vor 25 Jahren waren es noch 35 Millionen Hektar. In den USA, auf dem Weg zum größten Biosprit-Produzenten der Welt, ist ihre Nahrungsmittelproduktion bis 2030 verdoppelt. Dass sich der Trend im US-Agrarsektor mit einem Schlag wird aufhalten lassen, ist aber unwahrscheinlich. Denn jede Krise hat auch ihre Profiteure, in diesem Fall sind es US-Landwirte und die Agrarindustrie.

Immer mehr Menschen – vor allem in Entwicklungsländern – müssen hungern. Dieser kleine Junge aus Liberia sammelt die letzten Krümel von seinen Fingern. Seine Mahlzeit: Gerade mal eine halbe Tasse Getreide.

Foto: dpa

ren billige Weizenexporte viele ärmere Staaten angewiesen sind, ging also eine Anbaufläche von der Größe der früheren DDR verloren. Die Flächen für Mais sind hingegen auf 37 Millionen Hektar „geradezu explodiert", heißt es in einer Studie des Washingtoner Landwirtschaftsministeriums. Gut ein Fünftel der gesamten US-Getreideproduktion floss 2007 in die Produktion von Biosprit, 2008 könnte es sogar ein Viertel sein, schätzt das Washingtoner Earth Policy Institute.

Experten glauben, dass 15 bis 25 Prozent der jüngsten Preissteigerungen bei Nahrungsmitteln auf den Biosprit-Boom zurückzuführen sind, der das Getreide von den Tellern der Armen in die Tanks der Autofahrer umleitet. Hungrig zurück bleiben die Armen, deren Zorn sich weltweit in Brotunruhen entlädt.

Der Boom in den USA ist direktes Ergebnis politischer Entscheidungen in Washington. Präsident Bush lässt die neuen Treibstoffe großzügig fördern. Zum einen möchte er die Abhängigkeit seines Landes von Ölimporten aus Nahost verringern, zum anderen konnte er mit Verweis auf die Biosprit-Förderung die weltweite Kritik an seiner Klimapolitik kontern. Biosprit-Erzeuger können 51 US-Cent pro Gallone (3,8 Liter) steuerlich absetzen. Ein Gesetz verpflichtet Hersteller sogar zur weiteren Steigerung der Produktion, die sich bereits in den letzten drei Jahren verdoppelt hat.

Sollte alles so weitergehen wie bisher, müssten die Bauern der

IM BLICKPUNKT

Auch Deutsche betroffen

„Bei der Zunahme der Weltbevölkerung um drei Milliarden Menschen werden auch wir Deutsche in einen scharfen Wettbewerb um Nahrungsmittel kommen. In wenigen Jahren wird es einen Kampf um Nahrungsmittel geben", sagte Bundesagrarminister Horst Seehofer in einem Zeitungsinterview. Seehofer betonte daher die Bedeutung einer starken Landwirtschaft in Deutschland und um „dafür Sorge zu tragen, für diesen Tag gerüstet zu sein". Anders als die Weltbank sieht der Minister die Nutzung von Biokraftstoffen nicht als Auslöser der Weltnahrungskrise und fordert stattdessen einen Kurswechsel in der Entwicklungshilfe: „Die Entwicklungspolitik muss hier umsteuern, um Probleme vor Ort in den Entwicklungsländern zu lösen."