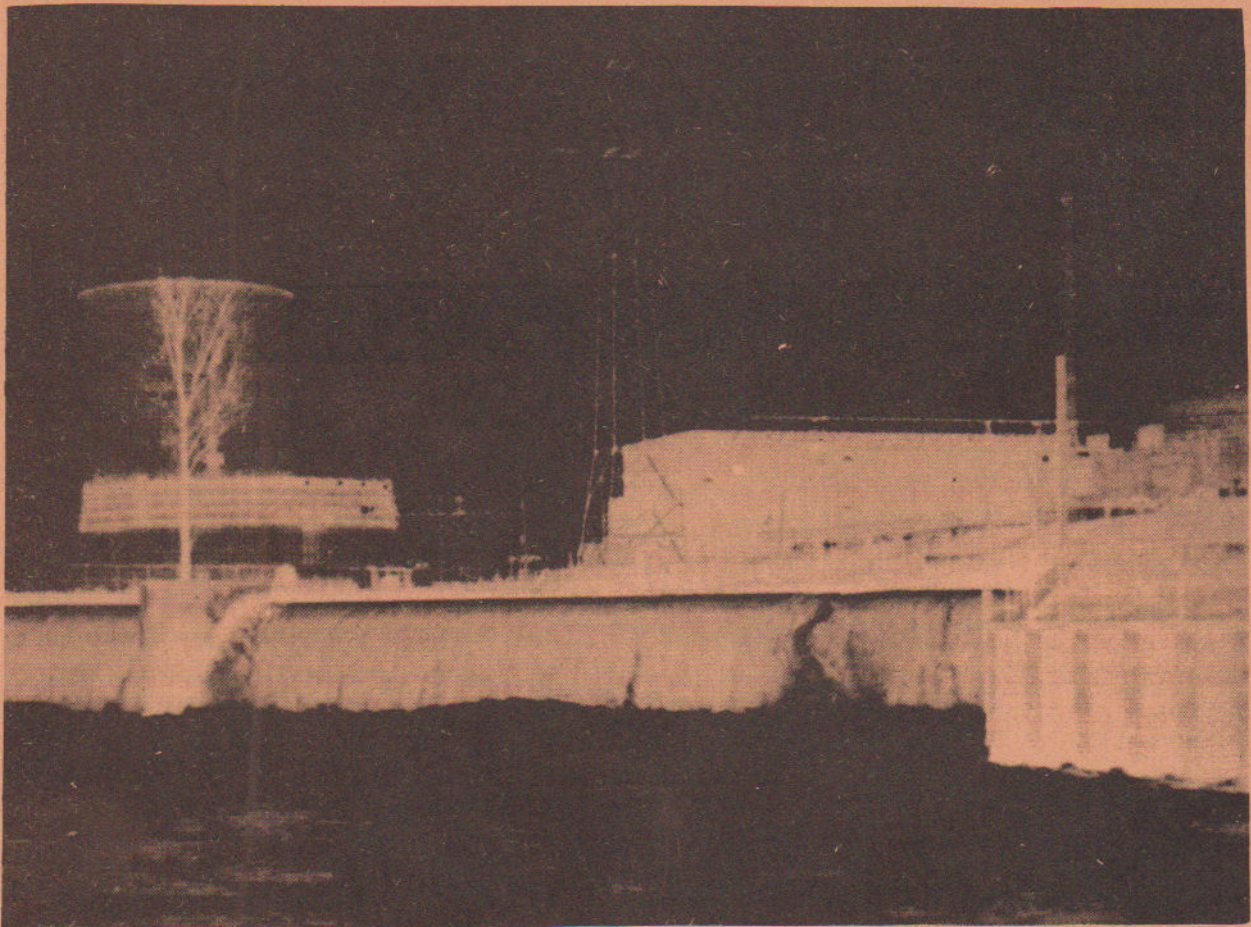


Soznat

Materialien für den Unterricht 11

Bettina Gust Fritz Heidorn



STROM HILFT ÖL SPAREN?

WEGWEISER DURCH DEN ENERGIEDSCHUNDEL

Naturwissenschaften sozial

CIP - Kurztitelaufnahme der Deutschen Bibliothek

GUST, BETTINA:

Strom hilft Öl sparen? : Wegweiser durch d.
Energiedschungel ; Materialien zu e. Unter=
richtsreihe / Bettina Gust ; Fritz Heidorn. Hrsg.:
AG Chemie u. Physik in d. Oberstufe. - 2.,
veränd. Aufl. - Marburg : Redaktionsgemeinschaft
Soznat, 1984.

(Soznat ; Bd. 11)

ISBN 3-922850-22-7

NE: Heidorn, Fritz:; GT

Zweite veränd. Auflage 1984

(c)Redaktionsgemeinschaft Soznat Marburg

Postfach 2150 3550 Marburg

Druck: Alpdruck Marburg

Alle Rechte vorbehalten - Kopien für Unterrichtszwecke erlaubt

ISBN 3 - 922850 - 22 - 7

BETTINA GUST FRITZ HEIDORN

STROM HILFT ÖL SPAREN ?

WEGWEISER DURCH DEN ENERGIEDSCHUNDEL

MATERIALIEN ZU EINER UNTERRICHTSREIHE

Marburg 1984

REDAKTION: R. GEORGE, A. KREMER, L. STÄUDEL

HERAUSGEBER: AG CHEMIE UND PHYSIK
IN DER OBERSTUFE
C/O LUTZ STÄUDEL,
GESAMTHOCHSCHULE KASSEL,
FB 19, HEINRICH-PLETT-
STRASSE 40, 3500 KASSEL

I N H A L T

| | | | |
|------|--|----|----|
| I. | STROM HILFT ÖL SPAREN? | S. | 1 |
| | Vorschläge für ein Projekt zur Behandlung einer energiepolitischen Kontroverse im Unterricht | | |
| II. | WELCHE ENERGIEFORMEN WOFÜR? | S. | 2 |
| | Erkundungen im Haushalt | | |
| III. | STROM HILFT ÖL SPAREN! EIN ROLLENSPIEL | S. | 8 |
| | 1. ERFAHRUNGEN MIT DEM ROLLENSPIEL | S. | 8 |
| | 2. METHODISCHE HINWEISE ZUM EINSATZ DES ROLLENSPIELS | S. | 9 |
| | 3. DIE ROLLENKARTEN | S. | 10 |
| | 4. LITERATUR | S. | 48 |
| IV. | WOMIT KANN MAN AM BILLIGSTEN TEE KOCHEN? | S. | 49 |
| | DIE QUALITÄT VON ENERGIEFORMEN: VERGLEICH STROM - GAS | | |
| | 1. VORSCHLÄGE FÜR DEN UNTERRICHT | S. | 49 |
| | 2. LITERATUR | S. | 68 |
| V. | ENERGIEUMWANDLUNGEN | S. | 69 |
| | 1. MATERIALIEN FÜR EIGENE EXPERIMENTE, AKTIVITÄTEN UND ERKUNDUNGEN | S. | 69 |
| | 2. LITERATUR | S. | 98 |

I. STROM HILFT ÖL SPAREN?*

In diesem Projekt geht es um die Werbestrategie der Elektrizitätsversorgungsunternehmen und die Entgegnungen kritischer Wissenschaftler, die ihren Niederschlag in der 3. Fortschreibung des Energieprogramms der Bundesregierung vom 4.11.1981 gefunden hat."Die Problematik ist für jeden einzelnen spürbar, da es um die in Haushalten verwendeten Energieträger, ihre Technik und ihre Kosten geht. Ferner entscheidet sich gerade auf dem Wärmemarkt, ob in der Energieversorgung alles beim Alten bleibt oder ob eine Umstellung auf sanftere und dezentrale Technologien wie die Nutzung der Sonnenenergie erfolgt. Die Problematik ist brisant, dementsprechend wird sie kontrovers beurteilt,..! Das Dilemma ist nur, daß die Argumente, Meinungen und Zusammenhänge oft schwer zu durchschauen sind. In dieses Dunkel soll etwas Licht gebracht werden.

"Wie kann man Schüler für eine komplexe und kontroverse Thematik interessieren? Sicher nicht so, daß man ihnen alles fertig vorsetzt. Damit verbietet sich ein vorgefertigter Lehrgang, der die Schüler in die Grundlagen eines Faches einführen soll. Statt dessen muß das Thema für die Lernenden zum Problem werden, mit dem zu beschäftigen sich lohnt... Wenn man als Lehrer die Absicht hat, mit seinen Schülern die aktuelle Energiediskussion zu bearbeiten, muß man das Thema didaktisch so angehen, wie es den Schülern in der alltäglichen Lebenspraxis begegnet: als vielfältige Angelegenheit, in der naturwissenschaftliche, technische, soziale, ökologische und gesellschaftspolitische Argumente miteinander verbunden sind".

PROJEKT "STROM HILFT ÖL SPAREN?"

1. Erkundungen im Haushalt

Die Schüler ermitteln die Energieverbrauchsstruktur ihres Haushalts und vergleichen die Ergebnisse mit dem Energieverbrauch der Bundesrepublik.

- Welche Energieformen werden für welche Zwecke eingesetzt?
- Welche Zwecke (Dienstleistungen) benötigen den größten Energieeinsatz?
- Verbrauchs-/Kostenanalysen.
- Historische Vergleiche: Welche Energieformen haben die Großeltern verwendet?
- Strom=Lebensqualität?
- Was passiert in einem Haushalt, wenn der Strom ausfällt?(Schneekatastrophe in Schleswig - Holstein).

2. Ein Rollenspiel, um den Energiedschungel begehbar zu machen.

Die Schüler spielen die Rollen von Experten der energiepolitischen Kontroverse, um die konträren Argumente und Interessen zur Frage "Kann Strom das Erdöl ersetzen?" verständlich zu machen und vergleichen zu können.

- Einarbeitung in die Argumentationslinien anhand von Original-Material.
- Referieren der Argumente.
- Fragen kritischer Bürger.
- Diskussion.
- Ist das Grundproblem jetzt entschieden? Müssen weitere Projektaktivitäten folgen?

3. Experimentelle Untersuchungen am Beispiel: Womit kann man am billigsten Tee kochen?

Die Schüler erhitzen je einen Liter Wasser mit Erdgas und Strom bis zum Siedepunkt und kochen Tee.

- Verbrauch feststellen.
- Energie-Einheiten miteinander vergleichen und auf gemeinsame Bezugsgröße bringen (über den Heizwert des Gases).
- Energietarife kennenlernen.
- Kosten vergleichen.

4. Diskussion der experimentellen Ergebnisse.

I. Die hauswirtschaftliche Ebene: Welche Energieform ist für den Verbraucher am preiswertesten? Welche Vor- u. Nachteile haben die konkurrierenden Energieträger? Der günstige Tarif, Alternative Energieträger?

II. Die thermodynamische Ebene: Welche Wirkungsgrade haben die benutzten Energiewandler und wie hoch ist jeweils der Gesamtwirkungsgrad? Die Qualität der Energieformen: Welcher Energieträger für welche Zwecke?

III. Die ökologische Ebene: Herstellung und Transport von Erdgas und Strom und deren Leistungsfähigkeit in einer Gesamtbilanz: Ist es ökologisch sinnvoll, Strom zu Herstellung von Wärme einzusetzen?

IV. Die energiepolitische Ebene: Die Strategie der Elektrizitätsversorgungsunternehmen ist es, den Wärmemarkt mit Strom zu erobern. Was ist von der Strategie und der dazu geäußerten Kritik zu halten?

* aus: Naturwissenschaften im Unterricht -P/Ch H 2/1983.

II. WELCHE ENERGIEFORM WOFÜR? - ERKUNDUNGEN IM HAUSHALT

Um das Thema "Energieformen und -nutzung" in den Blick zu bekommen, sollte man vom Bedarf an verschiedenen Energieformen im Haushalt ausgehen.

Man kann die Schüler eine Erkundung zu Hause - oder in der Schule - unter folgenden Fragestellungen durchführen lassen:

- 1) Welcher Bedarf an Wärme, Licht oder Kraft wird in eurem Haushalt mit welcher Energieform gedeckt?
- 2) Wie hoch ist der Verbrauch an jeder einzelnen Energieform?
- 3) Was kostet jede Energieform im Jahr/ im Monat / in der Woche?
- 4) Welches Haushaltsgerät verbraucht wieviel Strom?
- 5) Was kostet jedes Haushaltsgerät, wenn es eine Stunde in Betrieb ist?

Zu den Kostenfragen müssen sich die Schüler nach den jeweiligen Tarifen für Strom oder Gas oder nach den Rechnungen für Öl oder Kohle (für das vergangene Jahr etwa) und nach der Fläche des beheizten Raumes bei den Eltern, Verwandten oder Bekannten erkundigen bzw. vorhandene Rechnungen mitbringen.

Eine Auswertung der Erkundung könnte folgendermaßen aussehen:

Zu den Fragen 1) und 2):

| Wärme | Energieform | Verbrauch pro Monat | Licht/Elektronik | Energieform | Verbrauch pro Monat |
|-------------------------------------|-------------------------------|---------------------|------------------------------|--------------------|---------------------|
| ...m ² werden beheizt | Öl/Kohle Gas/Strom Holz | | ...Glühlampen zu je ... Watt | elektrischer Strom | |
| heißes Wasser | Gas/Strom | | Radio | | |
| Kochherd | Öl/Kohle | | Fernseher | | |
| Warmwasser für Dusche | Holz | | | | |
| Waschmaschine | Strom | | | | |
| Kraft/Motoren | Energieform | Verbrauch pro Monat | | | |
| Mixer Staubsauger Kühlschrank | elektrischer Strom | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

Zu Frage 3): Zur Ermittlung der Kosten von Wärme, Licht und Kraft müßten einige Schüler Jahres- oder Monatsabrechnungen der Energieversorgungsunternehmen mitbringen, von denen eine oder mehrere exemplarisch besprochen werden können.

Zu den Fragen 4) und 5):

| Gerät | Leistung | Stromverbrauch pro Stunde | Kosten bei Tarif ... |
|---------------|----------|---------------------------|----------------------|
| Radio | | | |
| Fernseher | | | |
| Staubsauger | 800 W | 0,8 kWh | |
| Bügeleisen | 1000 W | 1 kWh | |
| Waschmaschine | | | |
| Glühbirnen | | | |

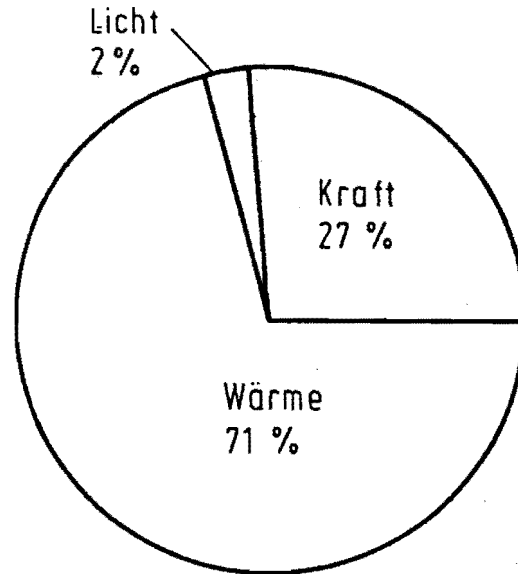
Nach solchen tabellarischen Auflistungen und Gegenüberstellungen von Rechnungen kann man sich überlegen, welche Haushaltsgeräte den Löwenanteil verschlingen, bzw. wofür der Bedarf am größten ist: für Licht, Kraft oder Wärme.

Dabei wird man zu dem Ergebnis kommen, daß der Wärmebedarf für Heizung, warmes Wasser und zum Kochen den größten Anteil am Energiebedarf überhaupt ausmacht.

Ebenso verhält es sich bei den Energiedienstleistungen in der BRD:

Der Wärmebedarf macht 71% aus, der Lichtbedarf 2% und der Bedarf an Kraft für Motoren 27% - wobei die Elektronik vernachlässigt worden ist.

aus: Bundesministerium für Wirtschaft:
Energieprogramm der Bundesregierung,
3. Fortschreibung
vom 4.11.1981



Endenergieverbrauch in der Bundesrepublik Deutschland

An dieser Stelle des Unterrichts sollte mit den Schülern die Frage diskutiert werden, - welche Energieform für welchen Verwendungszweck: Wärme/Kraft/Licht sinnvoll und effektiv eingesetzt werden sollte. Eine solche Fragestellung ist deshalb angebracht, weil Massenmedien und die Reklame der Energieversorgungsunternehmen immer eine Gleichstellung von elektrischem Strom und Lebensqualität suggerieren. Für die Schüler ist die Nutzung von elektrischem Strom in allen Bereichen des Haushalts und täglichen Lebens oft schon zur Selbstverständlichkeit geworden, so daß der Einsatz elektrischer Energie - zum Kochen etwa - überhaupt nicht mehr hinterfragt wird.

Als Einstieg in diese Diskussion könnte der Zeitungsartikel "Stromausfall kann sie nicht schrecken" dienen.
(Arbeitsblatt 1 : Leben ohne elektrischen Strom?)

Hinweis: Man könnte für das Ehepaar Brüns in Hemsbünde eine ähnliche Tabelle wie für den eigenen Haushalt anfertigen lassen und zu einem Vergleich auffordern.

Da viele Haushalte heute allen Energiebedarf mit elektrischem Strom decken, ist die Frage interessant, was eigentlich in den Haushalten der Schüler oder in der Schule passieren würde, wenn wie in dem harten Winter in Schleswig-Holstein 1979 der Strom ausfällt.

Die meisten Haushalte wären - gerade was den Wärmebedarf angeht - wahrscheinlich total aufgeschmissen, weil selbst der Zentralheizungs Brenner elektrisch gezündet wird und Öfen zugunsten von Zentral- oder Etagenheizungen abgebaut und Schornsteine stillgelegt worden sind.

Als Anregung für ein Gespräch zum Problemerkis "Strom ist Lebensqualität" ist das Arbeitsblatt 2 : Ist elektrischer Strom die einzig sinnvolle Energieform für unsere technisierte Welt? gedacht.

Stromausfall kann sie nicht schrecken

Ehepaar Brüns ist seit 50 Jahren ohne Anschluß / Lesen bei Petroleumlicht statt Fernsehen

Von Elisabeth Dehning

Hemsbünde

Wer das Ehepaar Brüns in Hemsbünde-Hastedt (Kreis Rotenburg) besuchen will, muß kräftig an die Tür klopfen. Eine Klingel gibt es nicht. Dietrich und Gesine Brüns, 77 und 75 Jahre alt, wohnen seit 50 Jahren in einem Haus ohne Stromversorgung: „Wir sind Gemütsmenschen und leben hier sehr zufrieden.“

In der Küche – gleichzeitig Wohnzimmer – bollert der große Herd, im Kessel kocht Wasser für Grog. Dietrich Brüns erzählt: „Schon in meinem Elternhaus gab es keinen Strom. Die Eltern meiner Frau hatten wohl Elektrizitätsanschluß, wohnten aber in einem sehr einsam gelegenen Haus. Darum haben auch wir 1928 so weit außerhalb gebaut.“

Das Häuschen hat drei Zimmer, die Toilette ist auf dem Hof. Nach der Hochzeit lebte Gesine Brüns dort die meiste Zeit ohne Mann, denn ihr Dietrich war als Binnenschiffer viel unterwegs. „Für mich war das hier immer so etwas wie ein Wochenendhaus“, schmunzelt er. Immerhin, Gesine Brüns blieb nicht lange allein. Sie brachte drei Mädchen und drei Jungen zur Welt.

Jetzt verlebt das Ehepaar in dem Haus ohne Strom seinen Lebensabend. Nur einmal, vor sechs oder sieben Jahren, dachten beide daran, einen Anschluß zu beantragen, aber entschieden dann doch: „Es geht auch ohne!“

Fernsehen, so Dietrich Brüns, braucht man nicht unbedingt. „Wenn wir mal etwas sehen wollen, holt uns eine unserer Töchter zu sich.“ Was so in der Welt passiert, erfahren sie durch ein Transistorradio: „Das

macht schon Krach genug.“ Was tut man sonst abends? Gesine Brüns weist auf einen großen Stapel Zeitungen und Zeitschriften: „Wir haben immer genug zu lesen.“ Sie studieren Artikel und Geschichten aufmerksam im Schein von zwei Petroleumlampen, zusätzliches Licht spenden zwei ebenfalls mit Petroleum betriebene Kuppellampen. Für alle Fälle sind noch viele Kerzen im Haus.

Der große Herd ist die einzige Feuerstelle im Haus. Geheizt wird mit Briketts und Holz. Mit Proviant, so sagt der ehemalige Binnenschiffer, versorgt sich der Haushalt immer gleich für acht Tage. „Wir machen das so ähnlich wie auf dem Schiff. und kaufen eingesalzenes Fleisch, Räucherfleisch und Konserven. Das geht sehr gut.“

Dietrich Brüns schwört darauf, daß die Nachtruhe im ungeheizten Schlafzimmer besonders gesund ist. Nur, wenn es mal ganz besonders stark friert, wird die Küchentür ein wenig aufgemacht, damit der Herd ein wenig Wärme herüberstrahlt. Das sei alles ganz gut zu ertragen, meint das Ehepaar, nur auf der Toilette werde es im Winter recht ungemütlich.

Dietrich und Gesine Brüns genießen offenbar ihre wohlüberlegte Unabhängigkeit von den Errungenschaften der Zivilisation. Stromausfall kann sie nicht schrecken, ihre „Zentralheizung“ arbeitet ohne elektrisch betriebenen Brenner. Kühlschrank oder Waschmaschine vermißt das Ehepaar auch nicht, und gelegentliche Besuche bei Verwandten und Freunden ersetzen das Telefon recht gut.

aus: Hannoversche Allgemeine Zeitung vom
6.2.1979

Fragen:

- > Was fällt in einem Haushalt aus, wenn keine elektrische Energie vorhanden ist?
- > Welche Energieträger/-formen können elektrischen Strom für welche Zwecke ersetzen?
- > Wieviel Geld spart Familie Brüns an durchschnittlichen Jahreskosten durch ihren Verzicht auf elektrische Energie?
- > Welche Bequemlichkeiten könnte sich das Ehepaar Brüns leisten, wenn sie einen Stromanschluß hätten?
- > Welche Vorzüge hat ein Leben ohne Strom?

ARBEITSBLATT 2 : IST DER ELEKTRISCHE STROM DIE EINZIG SINNVOLLE ENERGIEFORM FÜR UNSERE TECHNISIERTE WELT?

I.

Unser Leben braucht Strom

Unter allen Energiearten, die der Versorgung der Bevölkerung und Wirtschaft in der Bundesrepublik Deutschland und West-Berlin dienen, kommt der elektrischen Energie besondere Bedeutung zu. Elektrizität ist die Energie, die am vielseitigsten zu verwenden ist, die sich leicht umwandeln läßt in Licht und Kraft, Wärme und Kälte, Bild und Ton. Sie hat dem Menschen - z.B. in der Medizin, Kommunikation, Informatik - völlig neue Bereiche erschlossen. Heute kann niemand mehr auf elektrische Energie verzichten.

Lebensqualität durch Strom

In den hochindustrialisierten Ländern wie der Bundesrepublik ist die Elektrizität eine wesentliche Voraussetzung für das wirtschaftliche Wachstum und die Erhaltung des Lebensstandards der Bürger. In anderen Erdteilen ist die Elektrizität ein unentbehrlicher Helfer, um Hunger, Krankheiten und Armut zu überwinden.

In ihrer Anwendung ist die Elektrizität äußerst umweltfreundlich. Bei ihrer Erzeugung in den Kraftwerken sorgen moderne technische Einrichtungen dafür, daß die Umwelt nur in unbedenklichem Maß durch Abgase, Abwärme, Strahlung und Lärm zusätzlich belastet wird. Hier gelten strenge gesetzliche Vorschriften, denen die Unternehmen der Elektrizitätsversorgung unterworfen sind.

Nach den Erfahrungen der Ölkrise im Jahre 1973 ist die elektrische Energie ein wichtiger Sicherheitsfaktor in der Energieversorgung der Bundesrepublik. Da sie vorwiegend mit Hilfe einheimischer Primärenergien - aber auch mit Hilfe des weltweit verfügbaren Uran - erzeugt wird, kann sie dazu beitragen, die Energieversorgung von unsicheren Importenergien unabhängiger - d.h. also sicherer - zu machen.

(aus: Informationszentrale der Elektrizitätswirtschaft e.V.
(Hg.): Strom sichere Energie für heute und morgen, S.1)

II.

Aber in der schleswig-holsteinischen Kälte hatten nicht Kernkraftwerke gefehlt, sondern Kanonenöfen, und in der New Yorker Hitze war nicht ein ordinäres Kohle- oder Ölkraftwerk vom Blitz außer Gefecht gesetzt worden, sondern das modernste, das es gab: die Leitungen des Kernkraftwerks Indian Point. Nicht eine Versorgungslücke war aufgerissen, sondern ein Fehler im System der zentrierten Überzivilisation. Nicht elementarer Mangel war fehlbar geworden, sondern die Folge von Bequemlichkeit und Überfluß.

Wäre die westliche Zivilisation nicht so sanft an die Steckdose gekoppelt, wäre das Handgemachte nicht Schritt für Schritt verschwunden, gäbe es zu elektrisch gezündeter Ölheizung und elektrisch betriebenen Benzinsäulen noch irgendwelche Alternativen, wären die Männer vom Strom nicht so mächtig und die Zivilisation nicht so ohnmächtig. Elektrizität, schon Lenin wußte es, das ist die neue Zeit.

Strom, das weiß jeder Bürger, ist deshalb nötig und wird nötig bleiben. Zuviel Strom aber, das ahnt er inzwischen, ist unnötig. Wo im Hochsommer Millionen von Angestellten in klimatisierten Büros ihre Jacken anziehen müssen, weil es dort zu kalt ist, und wo sie im Winter das Gegenteil tun müssen, weil es nun zu warm ist, da stimmt die Sache mit dem Strom nicht.

(aus: Meyer-Larsen (Hg.): Das Ende der Ölzeit, Eine kritische Analyse, München 1979, S. 167/68)

Fragen:

- > Was kann elektrischer Strom nach Meinung beider Autoren leisten?
- > Wofür ist elektrischer Strom ungeeignet?
- > Hat sich der Strom als "wichtiger Sicherheitsfaktor in der Energieversorgung der Bundesrepublik" in Katastrophen und Krisensituationen bewährt?
- > Macht Strom als Hauptenergieform die technisierte Welt sicherer oder anfälliger vor Naturkatastrophen?
- > Wo wäre es sinnvoll, die elektrische Energie durch andere Energieformen/-träger zu ersetzen?

III. STROM HILFT ÖL SPAREN? EIN ROLLENSPIEL

III. 1. ERFAHRUNGEN MIT DEM ROLLENSPIEL

Das Rollenspiel "Strom hilft Öl sparen?" ist bisher dreimal erprobt worden, davon zweimal in der außerschulischen Bildungsarbeit mit Jugendlichen zwischen 15 und 23 Jahren, die ökologischen Fragen eher desinteressiert bis ablehnend gegenüberstanden. Diese Jugendlichen nahmen an Schulungen teil, bei denen sie eine Berechtigung zum Führen einer Jugendgruppe erwarben. Das Spiel lief dort unter der Thematik Gesprächsführung/Rollenspiel.

Außerdem führte ein Gesamtschullehrer das Spiel mit 20 Jungen eines Wahlpflichtkurses Physik im neunten Jahrgang durch. Die Jungen waren an naturwissenschaftlichen Fragen interessiert und leistungsorientiert, hatten aber bislang Energieprobleme in der Schule noch nicht behandelt. Gleichwohl waren das Interesse und die Erwartungshaltung sehr hoch.

Bei allen drei Erprobungen wurde das Rollenspiel als fiktive Pro- und Contra-Fernsehsendung gestaltet; die Diskussion der Wahlpflichtgruppe wurde auf Video aufgezeichnet. Das Spiel und die Diskussion liefen in allen drei Fällen sehr gut, allerdings waren die Akzente unterschiedlich. In den Jugendgruppenleiterlehrgängen war die spielerische Komponente vorherrschend, während es im Wahlpflichtkurs eher um die argumentative Auseinandersetzung mit der Thematik ging.

Das Ziel des Rollenspiels besteht darin, Jugendliche, die sich noch nicht mit der Energieproblematik beschäftigt haben oder die dem Problem desinteressiert oder ablehnend gegenüberstehen, für eine Beschäftigung mit diesem Sachverhalt überhaupt erst zu gewinnen und sie für die kontroversen Argumentationen und Meinungen zu sensibilisieren. Das Problem soll durchschaubar gemacht werden, die Jugendlichen sollen nicht ein bestimmtes Lernziel erreichen oder eine vorgegebene Meinung vertreten. Daher ist auch nicht beabsichtigt, alle auftretenden Fragen in der Diskussion abschließend zu klären. Vielmehr sollten Fragen formuliert und Probleme aufgezeigt werden, die in einem weiteren Schritt auch anders, z.B. experimentell untersucht werden können.

Im folgenden sind die wichtigsten Erfahrungen aus allen drei Erprobungen kurz zusammengefaßt:

Es ist wichtig, daß der Lehrer oder Spielleiter die Rollenkarten so auswählen läßt, daß die Spieler nicht gegen ihre eigene Meinung spielen müssen. Für rollenspielunerfahrene Jugendliche und solche, die sich mit der inhaltlichen Thematik nicht auskennen, ist es eine Überforderung, wenn sie beim ersten Rollenspiel gleich eine Argumentation durchhalten sollen, die gegen ihre eigene, wenn auch noch so oberflächliche und vorläufige Meinung steht!

Die Diskussion lief in allen drei Fällen sehr engagiert und heftig, wobei "stärkere" Jugendliche sich mehr beteiligten. Der Spielleiter sollte dafür sorgen, daß auch diejenigen, die sich

nicht so recht trauen, zu Wort kommen. Bewährt hat sich das Verfahren, die Rollen jeweils doppelt zu besetzen, so daß der Partner einspringen kann, wenn der Vortragende mal festhängt. Auch die Einarbeitung geht so leichter.

Fast immer haben sich alle Jugendlichen beteiligt. Es gab keine Ablehnung gegen bestimmte Rollen oder das gesamte Spiel, eher schien das Interesse für das Thema geweckt zu werden, was sich auch in den anschließenden Diskussionen zeigte, in denen die Jugendlichen über ihre persönliche Meinung sprachen.

Die Spieler waren durchweg in der Lage, ihre Rollenargumentation überzeugend vorzutragen, indem sie das ihrer Meinung nach Wichtigste aus den Rollenkarten herausuchten. Nicht nur die einleitenden Vorträge klappten, oft wurden Argumente aus der Rollenkarte in die laufende Diskussion sachgerecht eingebunden. Stellenweise gingen die Jugendlichen über die Rollenkarten weit hinaus und trugen zusätzliche Argumente vor.

III. 2. METHODISCHE HINWEISE ZUM EINSATZ DES ROLLENSPIELS

Der Spielleiter verteilt die Rollenkarten so, daß möglichst viele Schüler als Spieler beteiligt sind. Eventuell überzählige Schüler sind zunächst Beobachter, bei der Öffnung der Diskussion dann Mitwirkende. Am besten schreibt der Spielleiter Stichpunkte zu den Rollen (z.B. "Frau Hilse, Wärmepumpe, für Kernenergie") an die Tafel und läßt die Schüler wählen. Notwendig ist ein Gesprächsleiter, der die Vorträge und Diskussionen etwas strukturiert und zusammenfaßt. Wenn die Lerngruppe ein solches Spiel zum ersten Mal durchführt, sollte der Lehrer diese Aufgabe selbst übernehmen. Er kann dadurch die Argumentation der Rollenträger unterstützen und unsicheren Schülern helfen. Für das Spiel werden etwa vier Unterrichtsstunden benötigt, wovon zwei Stunden für die Vorbereitung der Rollen dienen.

Nachdem die Rollenkarten verteilt sind, sollen sich die Schüler in Ruhe mit ihrer Rolle und den Hintergrundinformationen beschäftigen. Sie sollen die ihrer Meinung nach wichtigsten Informationen herausarbeiten (unterstreichen, Argumente auf einen Zettel schreiben) und sich ein eigenes System der Darbietung überlegen. Vielleicht so: Auf einen Zettel werden die Hauptstichpunkte für den Vortrag geschrieben. Daneben liegt die Rollenkarte mit den unterstrichenen Stellen, nach der Reihenfolge nummeriert. Ferner: Mit welchen Gegenargumenten kann gerechnet werden? Es kommt nicht darauf an, alles zu sagen, was auf der Rollenkarte steht! Auswahl ist notwendiger als Vollständigkeit.

In dieser Phase kann der Lehrer helfen: Wie findet man das Wichtigste aus einem Text heraus? Wie kann man eine Rolle gut spielen? Welche Informationen sollen vorgetragen werden und wie macht man das überzeugend?

Dann folgt die eigentliche Spielphase. Der Rahmen ist eine Fernsehsendung "Pro und Contra" zum Thema "Strom hilft Öl sparen?" Diese Phase ist offen: Wann die Diskussion einsetzt, wann und wie die "kritischen Bürger" Stellung nehmen, wieweit auf Einzelprobleme eingegangen wird, muß die Gruppe selbst entscheiden.

In der Schlußphase sollten die wichtigsten Argumente aufgelistet und gegenübergestellt werden. Reichen die Informationen zur Beantwortung der Fragen und Lösung der Widersprüche aus oder müssen weitere Aktivitäten hinzukommen? Wie haben sich die Rollenspieler beim Spiel gefühlt?

ROLLENKARTE 1: DR. LUMPF, STAATSEKRETÄR IM BUNDESMINISTERIUM
FÜR FÜR FORSCHUNG UND TECHNOLOGIE

(ENERGIEPOLITIK DER BUNDESREGIERUNG)

Hinweise für die Rolle:

Du bist Staatssekretär im Bundesministerium für Forschung und Technologie und hast die Aufgabe, das Energieprogramm der Bundesregierung zu erläutern und dich um seine Verbreitung in der Bevölkerung zu kümmern. Du versuchst bei dieser Veranstaltung, den kritischen, aber unwissenden Bürgern die Grundlagen und Sachzwänge der internationalen Energiepolitik verständlich zu machen. Es ist eine schwierige Aufgabe, denn du bist gewohnt, in großen Zusammenhängen zu denken. Du bist ein Politiker, der das Allgemeinwohl der gesamten Bevölkerung der Bundesrepublik im Auge hat und nicht die fortschrittsfeindlichen und unberechtigten Sorgen einiger weniger Spinner.

Argumentationslinie:

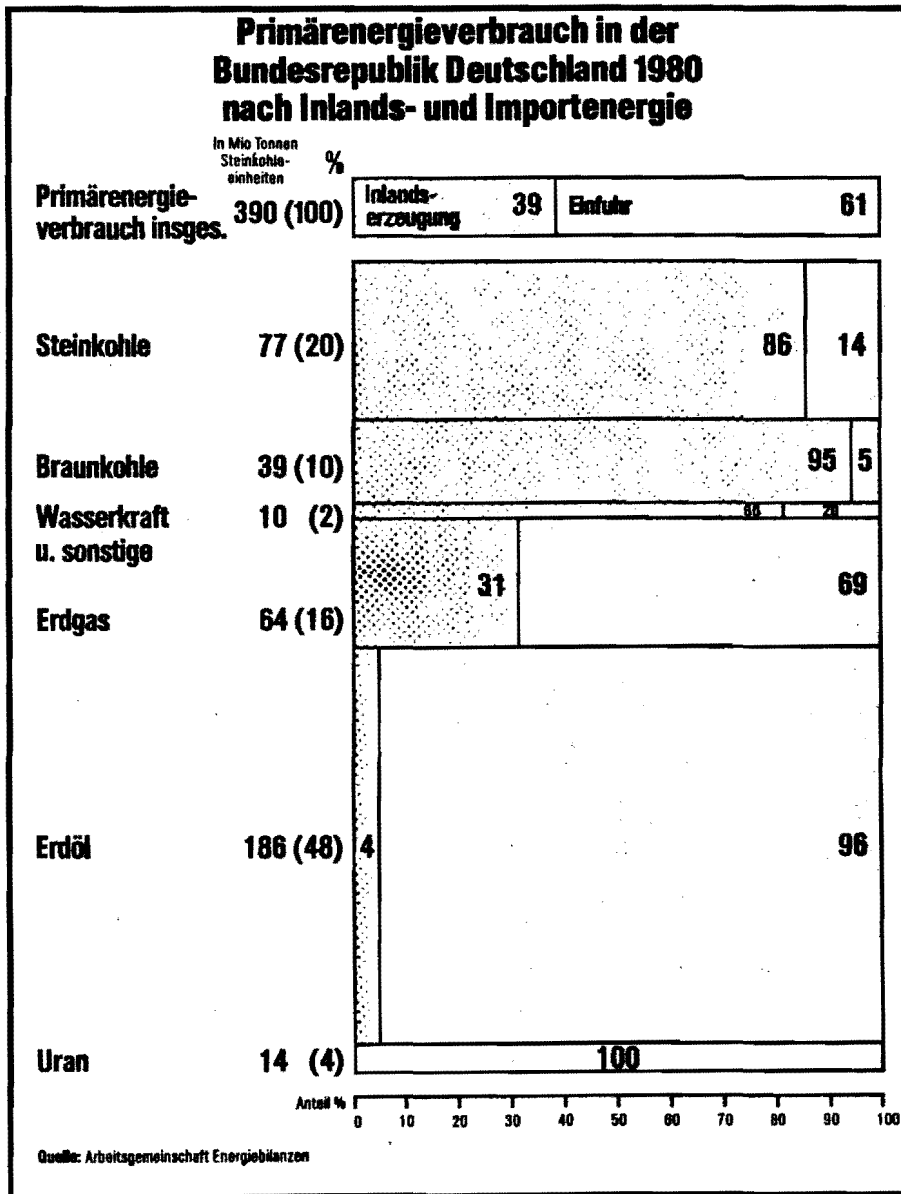
Für die Bundesregierung ist eine Politik "weg vom Öl" vorrangig. Dazu bedarf es keiner grundsätzlich neuen Wege und Maßnahmen, denn die bisherige Energiepolitik hat sich bewährt. Das heißt: Es wird ein breiter Ansatz verfolgt, in dem möglichst viele Energieträger zum Einsatz kommen. Die Stützen der Energieversorgung bleiben aber nach wie vor die fossilen Brennstoffe Öl, Kohle und Gas. Die Bundesregierung strebt eine weitestgehende Ersetzung des Erdöls durch heimische Kohlesorten, Sparverhalten und den steigenden Einsatz von Kernenergie an. Kernenergie ist umweltfreundlich, Kohle ist wegen seiner SO_2 - und CO_2 -Emissionen problematisch. Erneuerbare Energiequellen können das Energieproblem in der nächsten Zeit nicht lösen. Sie haben nur eine geringe Energiedichte, eignen sich nur für dezentrale Versorgung, nicht für Ballungsgebiete, vor allem aber: sie sind zeitlich nicht ständig verfügbar. Sicherheit in der Energieversorgung kann nur gewährleistet werden, wenn das Erdöl auf dem Wärmemarkt ersetzt wird durch saubere Elektrizität aus Kohle und Kernenergie.

Schwerpunkte der künftigen Energiepolitik

(aus: Bundesministerium für Wirtschaft: Energieprogramm... vom 4.11.81, S. 21, 22, 86)

- a) Die sparsame und rationelle Verwendung von Energie, vor allem von Mineralöl; sie bleibt eine vorrangige Daueraufgabe. Ziel der Bundesregierung ist, das vorhandene Einsparpotential bei privaten Haushalten, Industrie, Verkehr und öffentlicher Hand weiter zu aktivieren. Die erhöhten Energiepreise werden auch in Zukunft auf eine sparsame und rationelle Energieverwendung hinwirken. Die Unterstützung der Marktkräfte durch gezielte Maßnahmen hat sich bewährt und wird, soweit erforderlich, fortgesetzt.
- b) Die sichere Versorgung mit Energie zu vertretbaren Bedingungen erfordert, daß der Ölanteil an der Versorgung durch Erhöhung des Angebots aller verfügbaren anderen Energien weiter zurückgedrängt wird.

- c) Die Bundesregierung wird die Politik der Stabilisierung der deutschen Kohle und ihrer optimalen Nutzung fortsetzen. Zugleich erwartet sie einen wachsenden Beitrag der Importkohle.
- d) In der Erdgaspolitik sind die Erweiterung, Absicherung und ausgewogene Diversifizierung der Lieferung die Schwerpunkte.
- e) Fernwärme aus Kraft-Wärme-Kopplung und Abwärme soll einen größeren Versorgungsbeitrag leisten.
- f) Beim Mineralöl wird die Absicherung von regional ausgewogenen Ölbezügen im Vordergrund stehen.



- g) Da der Einsatz von Öl, Gas und Kohle in den Kraftwerken seine Grenzen hat, muß über die vorhandenen und in Bau befindlichen Anlagen hinaus ein Zubau von neuen Kernkraftwerken im Rahmen des Bedarfs erfolgen. Ein steigender Beitrag der Kernenergie zur Stromerzeugung

ist auch industriepolitisch notwendig; ein weiter zu geringer Beitrag der Kernenergie würde die gewünschte Entlastung der Zahlungsbilanz mit Folgen für Wachstum und Beschäftigung gefährden. Das volkswirtschaftlich notwendige Ausmaß dieses Ausbaus wird bestimmt von der tatsächlichen gesamtwirtschaftlichen Entwicklung, den weiteren Einsparenerfolgen auch in diesem Bereich und den entsprechenden Investitionsentscheidungen der Wirtschaft.

Die Bundesregierung ist gewillt, gemeinsam mit den Ländern dafür zu sorgen, daß die Voraussetzungen für einen weiteren Zubau an Kernkraftwerken gegeben sind; das bedeutet auch die Weiterentwicklung des hohen Sicherheitsstandards und die zügige Verwirklichung des Entsorgungskonzeptes.

- h) Die Abhängigkeit der deutschen Energieversorgung von der Funktionsfähigkeit der Weltenergiemärkte, insbesondere des Ölmarktes, und die Bedeutung des Energieproblems für die weltwirtschaftlichen Entwicklungen erfordern enge internationale Zusammenarbeit. Die Abstimmung der deutschen energiepolitischen Interessen mit denen unserer Partner in der Europäischen Gemeinschaft und in der internationalen Energie-Agentur bleibt damit eine der ständigen Aufgaben der Energiepolitik. Die Bundesregierung wird, wie bisher, die Bemühungen um einen internationalen Dialog zur Lösung der weltweiten Energieprobleme unterstützen.

ROLLENKARTE 2: DR. KARIN MAYER, SIEMENS

(KERNENERGIE)

Hinweise für die Rolle:

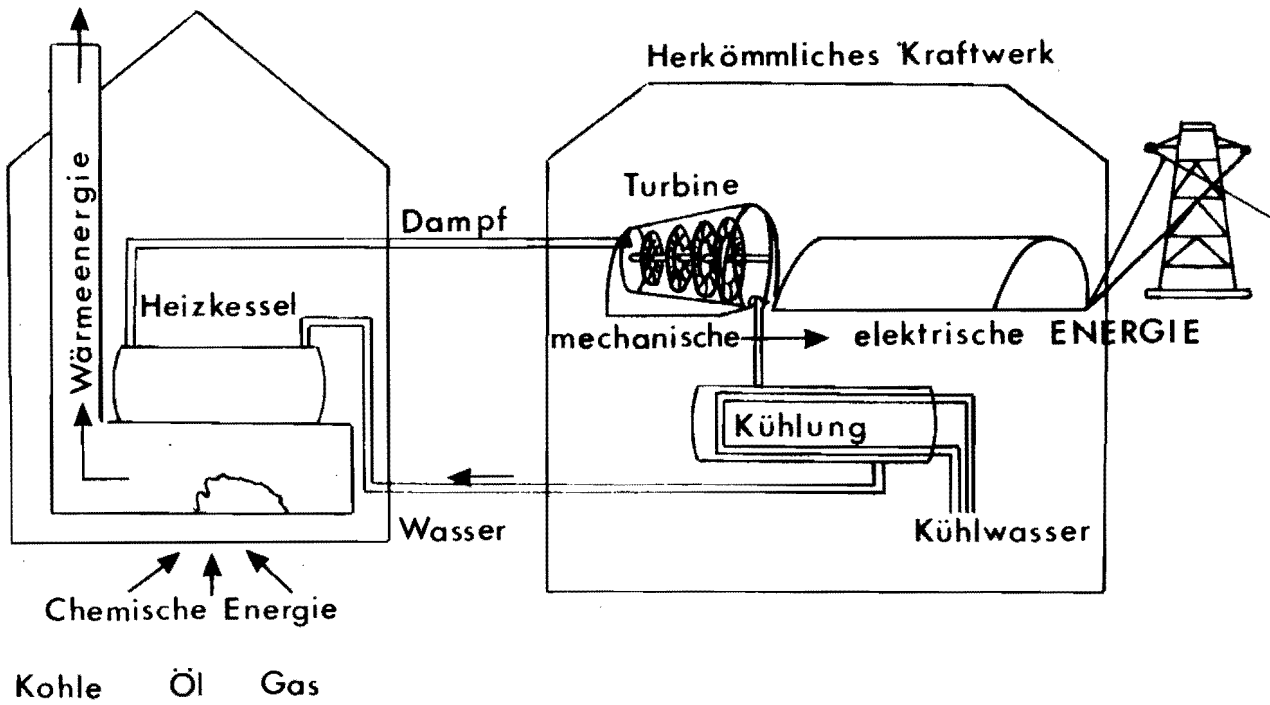
Du arbeitest als Naturwissenschaftlerin bei dem Elektrokonzern Siemens in einer Forschungsabteilung für zukünftige Energiequellen. Deine Abteilung hat in langjährigen, systematischen Untersuchungen herausgefunden, daß regenerative Energiequellen wie Sonne, Wind, Biogas usw. nur einen geringen Teil unserer Energieversorgung übernehmen können. Kernenergie dagegen kann uns aus der Abhängigkeit vom Öl befreien.

Argumentationslinie:

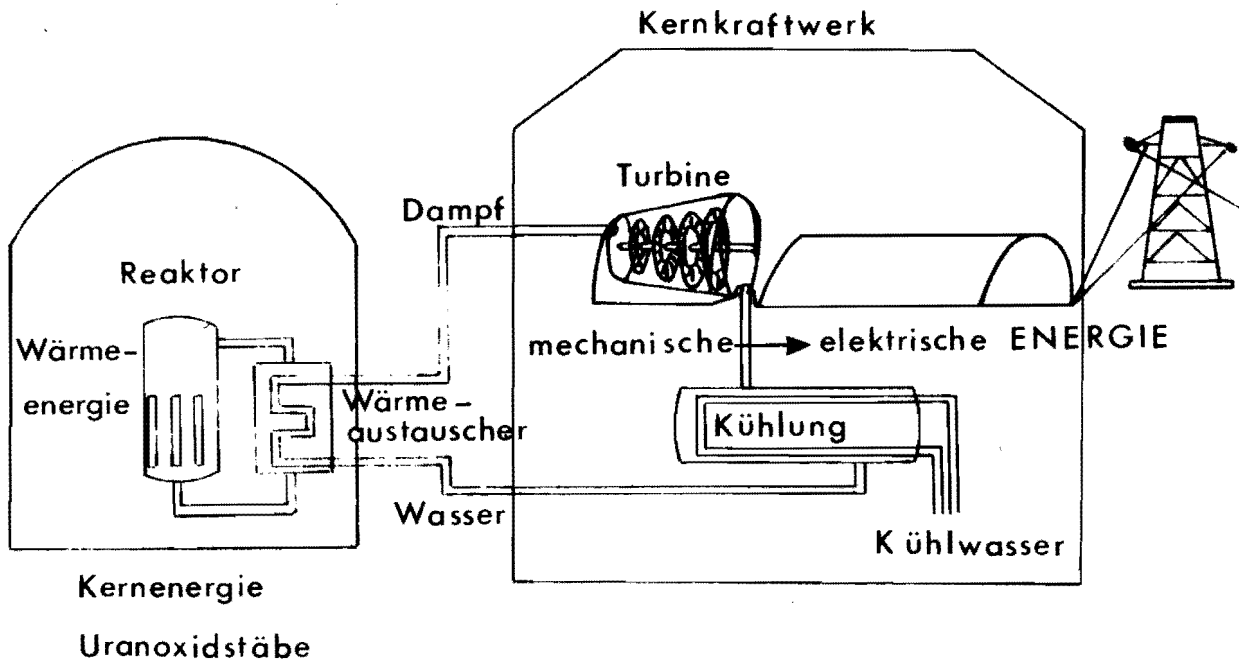
Nur Kernkraftwerke können uns von unseren Energiesorgen befreien, können unsere volkswirtschaftlich nicht zu vertretende Abhängigkeit vom OPEC-Öl verringern. Unsere Wirtschaft muß aus der finanziellen Fesselung durch die ständig steigenden Rohölpreise befreit werden. Unsere heimische Industrie muß mit ihrer modernen Technologie wieder voll zum Zuge kommen. Kernenergie ist eine erprobte einheimische Technologie, bei deren Standards die Deutschen weltweit führend sind. Die verstärkte Nutzung der Kernenergie ist umweltfreundlich, befreit uns vom Erdöl, ist also energiepolitisch sinnvoll und schafft Arbeitsplätze. Besonders hervorzuheben ist die Tatsache, daß Kernkraftwerke kein Schwefeldioxid, kein CO₂ und keine Asche ausstoßen, die als saurer Regen die Wälder zerstören. Kernkraftwerke sind ein aktiver Beitrag zum Umweltschutz!

Hinweis: Du solltest die Funktionsweise eines Kernkraftwerks anhand einer Skizze erklären und erläutern, warum die Urannutzung der Verbrennung von Kohle und Öl überlegen ist (z.B. durch einen Vergleich, wieviel Uran und wieviel Kohle zur Erzeugung der gleichen Menge elektrischer Energie benötigt werden).

AUCH KERNKRAFTWERKE SIND WÄRMEKRAFTWERKE



Chemische Energie
Kohle Öl Gas



Kernenergie
Uranoxidstäbe

ROLLENKARTE 3: FRAU HILSE, ZENTRALVERBAND DER ELEKTRO- TECHNISCHEN INDUSTRIE

(ELEKTRISCHE WÄRMEPUMPE)

Hinweise für die Rolle:

Du bist in der Abteilung Presse- und Öffentlichkeitsarbeit des Zentralverbands der Elektrotechnischen Industrie tätig und hast die Aufgabe, die unbestreitbaren Vorteile elektrischer Haushaltsgeräte bekannt zu machen. In deinem Zentralverband sind alle großen deutschen Hersteller von Elektrogeräten zusammengeschlossen, so daß du also auf reichliche Erfahrungen zurückgreifen kannst.

Argumentationslinie:

Die Abhängigkeit der bundesdeutschen Energieversorgung vom ausländischen Erdöl kann drastisch verringert werden, wenn die Warmwasserbereitung und die Heizung in den Haushalten mit Hilfe elektrischer Energie vorgenommen würden. Dazu gibt es die bewährten Technologien von elektrischen Nachtspeicheröfen, Durchlauferhitzern und Warmwasserspeichergeräten. Als zukunftsweisende Neuerung hat sich die elektrische Wärmepumpe erwiesen. Sie nutzt kostenlose Wärme aus der Umwelt, aus Luft, Erdreich und Wasser. Am sinnvollsten haben sich sogenannte bivalente Heizsysteme erwiesen. D.h. zwei Heizsysteme decken den Wärmebedarf eines Jahres. Die Wärmepumpe erzeugt die Heizwärme für den größten Teil des Jahres, lediglich in sehr kalten Wintertagen muß ein konventionelles Heizsystem, z.B. ein Ölburner, zugeschaltet werden. Elektrische Wärmepumpen haben zwar einen zur Zeit noch hohen Anschaffungspreis, dafür sind die Energiekosten jedoch erheblich billiger als bei einer Ölheizung. Elektrische Wärmepumpen haben einige unschlagbare Vorteile:

- > Sie heizen mit kostenloser Umweltwärme.
- > Elektrische Energie wird doppelt genutzt, zum Antreiben und zum Heizen.
- > Einfache Bedienung, hoher Komfort, Bequemlichkeit, Lebensqualität.
- > Sie sind zukunftsicher, weil elektrische Energie krisensicher ist.
- > Sie sind umweltfreundlich, weil sie ohne Rauch und Ruß heizen.
- > Sie sind auch für Altbauten geeignet.
- > Sie verlängern die Verfügbarkeit von fossilen Energieträgern.

Hinweis: Du solltest versuchen, deine Argumente zu verstärken, indem du die Funktionsweise einer elektrischen Wärmepumpe erklärst und so ihre Vorteile verdeutlichst.

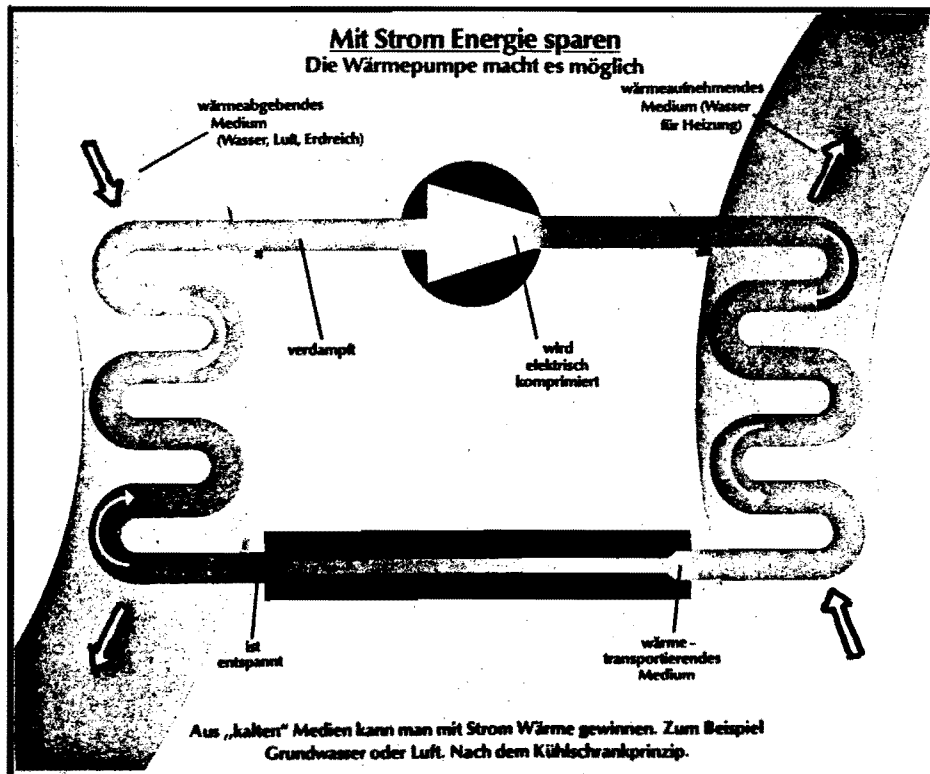
Wärmepumpe: Aus 1 mach 3

Die Wärmepumpe, die allein oder in Verbindung mit einem anderen Heizsystem zur Raumheizung verwendbar ist, kann spürbar zur Entlastung unserer Energiebilanz beitragen. Die Wärmepumpe arbeitet mit einem Rohrsystem, in dem eine schon bei niedrigen Temperaturen verdampfende Flüssigkeit zirkuliert. Der durch die Wärme der Umwelt produzierte Dampf wird in einem Kompressor verdichtet. Mit dem Druck steigt seine Temperatur so stark an, daß sie nutzbar ist. Der komprimierte Dampf gibt seine höhere Temperatur in einem Wärmetauscher an das Heizungswasser ab und verflüssigt sich dabei wieder. In einer Drossel wird die Flüssigkeit entspannt und in den Verdampfer zurückgeführt. So schließt sich der Kreislauf wieder.

Bis zu einer Außentemperatur von +3° Celsius entzieht die Wärmepumpe der Außenluft genügend Wärme, um die Wohnung gemütlich warm zu machen. Mit nur einer Kilowattstunde Strom werden etwa 3 Kilowattstunden Heizwärme gewonnen. Die herkömmliche Ölheizung wird nur noch an den wenigen wirklich kalten Tagen des Jahres gebraucht. Die Umschaltung erfolgt bei diesem kombinierten System automatisch. In immer mehr Einfamilienhäusern werden so bereits jedes Jahr bis zu 70 Prozent des Heizöls gespart.

Durch Nutzung der in der Umwelt gespeicherten Sonnenwärme - d.h. durch Nutzung nicht nur der Wärme der Luft, sondern auch der aus der Erde, dem Grundwasser oder der Wärme aus Gewässern - können Wärmepumpen selbst noch bei niedrigen Temperaturen ohne zusätzliches Heizsystem genügend Heizwärme gewinnen

Das ist längst möglich: Statt Öl zu verheizen, ins Haus Sonnenwärme pumpen - mit der Wärmepumpe und mit Hilfe von elektrischem Strom.



aus: Informationszentrale der Elektrizitätswirtschaft e.V. Bonn
Eine Lebensfrage: Strom Heft 3, S. 15

**DAS SPART DIE
ELEKTRO-
WÄRMEPUMPE:**

Wer heute und morgen unabhängig vom Öl wirtschaftlich heizen will, muß etwas investieren.

Die Entwicklung der Ölpreise ist nicht überschaubar. Deshalb ist es vernünftig, nur die jährlichen Energiekosten zu vergleichen.

Beispiel A: Bivalent beheizt

Einfamilienhaus, Altbau, 140 m² Wohnfläche
Vorhandene Öl-Zentralheizung
Keine zusätzliche Wärmedämmung

Beispiel B: Monovalent beheizt

Einfamilienhaus, Neubau, 140 m² Wohnfläche
Warmwasser-Fußbodenheizung
Wärmedämmung nach Wärmeschutzverordnung

aus: Zentralverband der Elektrotechnischen Industrie e.V. Frankfurt;
Elektrowärmepumpe - Der Weg weg vom Öl (Prospekt)

Beispiel A

| | |
|--|-----------------------|
| Energiekosten für Ölheizung | |
| Heizenergie Öl | 5500l x 0,60 = 3300,- |
| Zusatzenergie für Pumpe und Brenner | 90,- |
| Energiegebundene Kosten | 3390,- |
| Energiekosten für bivalente Wärmepumpenanlage | |
| Heizenergie WP 7800 kWh à 0,11 | 858,- |
| Heizenergie Ölkessel 1900l à 0,60 | 1140,- |
| Zusatzenergie für Pumpe und Zählergebühr | 170,- |
| Energiegebundene Kosten | 2168,- |

**Heizkosteneinsparung pro Jahr 1222,-
Öleinsparung 3600l**

Beispiel B

| | |
|--|-----------------------|
| Energiekosten für Ölheizung | |
| Heizenergie Öl | 3800l x 0,60 = 2280,- |
| Zusatzenergie für Brenner und Pumpe | 90,- |
| Energiegebundene Kosten | 2370,- |
| Energiekosten für monovalente Wärmepumpenanlage | |
| Heizenergie Strom 8000 kWh à 0,11 | 880,- |
| Zusatzenergie für Pumpe und Zählergebühr | 170,- |
| Energiegebundene Kosten | 1050,- |

**Heizkosteneinsparung pro Jahr 1320,-
Öleinsparung 3800l**

Wärmepumpen:

Der Absatz steigt

Wärmepumpen ziehen immer breitere Käuferschichten an. Rund 6800 elektrische Wärmepumpen für die Raumheizung und 3160 für die Warmwasserversorgung wurden nach Angaben des Zentralverbandes der elektrotechnischen Industrie im vergangenen Jahr in der Bundesrepublik verkauft. Im laufenden Jahr erwarten die Unternehmen einen Absatz von 25 000 Heizungs-Wärmepumpen, 1981 von weiteren 50 000 Stück. Dersich abzeichnende Boom überrascht um so mehr, als noch vor wenigen Jahren über Wärmepum-

pen nur in Expertenkreisen gesprochen wurde. Binnen kurzer Zeit hat aber die Industrie unter hohem finanziellem Aufwand den Bau von Wärmepumpenanlagen vom Prototyp bis zur Serienreife vorangetrieben. Fachleute bezweifeln allerdings, ob angesichts dieser explosionsartigen Entwicklung auch alle »Kinderkrankheiten« der neuen Technik beseitigt werden konnten.

Nur schwer Schritt halten mit der enormen Absatzsteigerung konnte die Schulung von Fachkräften im Heizungs- und Installationsgewerbe. Durch Fortbildungskurse für Handwerker und Ingenieure wollen sich jedoch Industrie und Handel bemühen, diesen Engpaß zu beseitigen.

aus: test
Heft 8/1980

ROLLENKARTE 4: HERMANN SIEBERT, RHEINISCH-WESTFÄLISCHES
ELEKTRIZITÄTSWERK

(ELEKTRISCHER STROM)

Hinweise für die Rolle:

Du bist leitender Angestellter in der Public-Relations-Abteilung des RWE. Du hast die Aufgabe, die Journalisten und Bürger über die Preispolitik und die Leistungen des RWE zu unterrichten. Da du die Vorteile des Energieträgers Strom aus langjähriger eigener Arbeit kennst, bist du ein engagierter Anhänger von elektrischer Energie, ebenso von Kernenergie.

Argumentationslinie:

Die Geschichte der Energienutzung in der BRD zeigt, daß ein zunehmender Trend weg von fossilen Brennstoffen wie Kohle, Erdöl, Erdgas stattfindet hin zu elektrischer Energie in allen Anwendungsbereichen. Alle Energieprognosen zeigen ein stetiges Wachstum des Verbrauchs an elektrischer Energie. Strom ist eine edle Energieform, die sich für alle denkbaren Anwendungsgebiete ausnutzen läßt. Dabei ist sie billig, sauber und bequem. Motto: Strom kommt sowieso ins Haus, nutz das aus. Strom bedeutet Lebensqualität. Besonders bei der Warmwasserbereitung und der Heizung mit Nachspeicheröfen oder elektrischen Wärmepumpen wird sich in nächster Zukunft eine steigende Nachfrage nach Strom einstellen. Für diesen Mehrbedarf muß die Elektrizitätswirtschaft Vorsorge tragen und vor allem im Grundlastbereich rechtzeitig neue Kraftwerke bauen. Strom aus einheimischer Kohle und aus Kernenergie ist die Lösung für eine sichere Zukunft.

Strom hilft Öl sparen

„Die Geschichte der Stromanwendung ist eine Geschichte des Ersatzes anderer Energien durch Strom.

Seit der praktischen Nutzung der Elektrizität sind immer wieder neue Verfahren, Anlagen oder Geräte entwickelt worden, um den Energieeinsatz durch Stromanwendung zu verringern.

Es spricht alles dafür, daß sich gerade in den nächsten Jahren diese Geschichte der Substitution fortsetzen und in zunehmendem Maße Elektrizität benötigt werden wird, um noch mehr als bisher andere Energieträger zu ersetzen.

Unser Unternehmen hat deshalb schon seit über 15 Jahren alle Verfahren gefördert, die den allgemeinen Energiebedarf und auch bei bestimmten Elektrizitätsanwendungen den spezifischen Stromeinsatz verringern.

Nur wenn mit möglichst wenig Strom möglichst viel konventionelle Energie ersetzt wird, ist die Substitution in dem zukünftig erforderlichen Maß möglich.

Es ist nicht vorstellbar, daß in den nächsten Jahren der Anteil der Elektrizität am Endenergiebedarf gleich bleibt oder sogar rückläufig sein wird.“

Dr.-Ing. Günther Klätte, Vorstandsmitglied des RWE

RWE Wir sorgen für Strom.
Rheinisch-Westfälisches Elektrizitätswerk AG

STROM hilft Öl sparen

Als energie- und wirtschaftspolitisch besonders wichtig streicht die Dritte Fortschreibung des Energieprogramms der Bundesregierung vom 4. 11. 1981 das Ziel „weg vom Öl“ heraus, das nicht allein durch Einschränkungen beim Energieverbrauch, sondern vor allem mit einem Ersatz des Öls durch andere Energieträger zu erreichen ist.

Hierbei kommt der elektrischen Energie, die überwie-

gend aus heimischen oder anders kaum nutzbaren Primärenergien erzeugt wird, vorrangige Bedeutung zu. So stellt z. B. in Gebieten, die nicht mit Fernwärme oder Gas erschlossen werden können, die Heizung mit Wärmepumpen oder Speicherheizgeräten häufig die einzige Alternative zum Öl dar.

Der Stromverbrauch wird also weiterhin steigende Tendenz behalten, wofür auch der Zwang zur rationelleren Pro-

duktion in Industrie und Gewerbe, seine Umweltfreundlichkeit sowie seine ständige Verfügbarkeit sprechen.

Eine große, nicht zuletzt volkswirtschaftliche Aufgabe auch für die Zukunft kommt damit auf die Elektrizitätswirtschaft zu, die in einer Stellungnahme zur Dritten Fortschreibung des Energieprogramms ihre Bereitschaft bekräftigte, sich in vollem Umfang dafür einzusetzen.

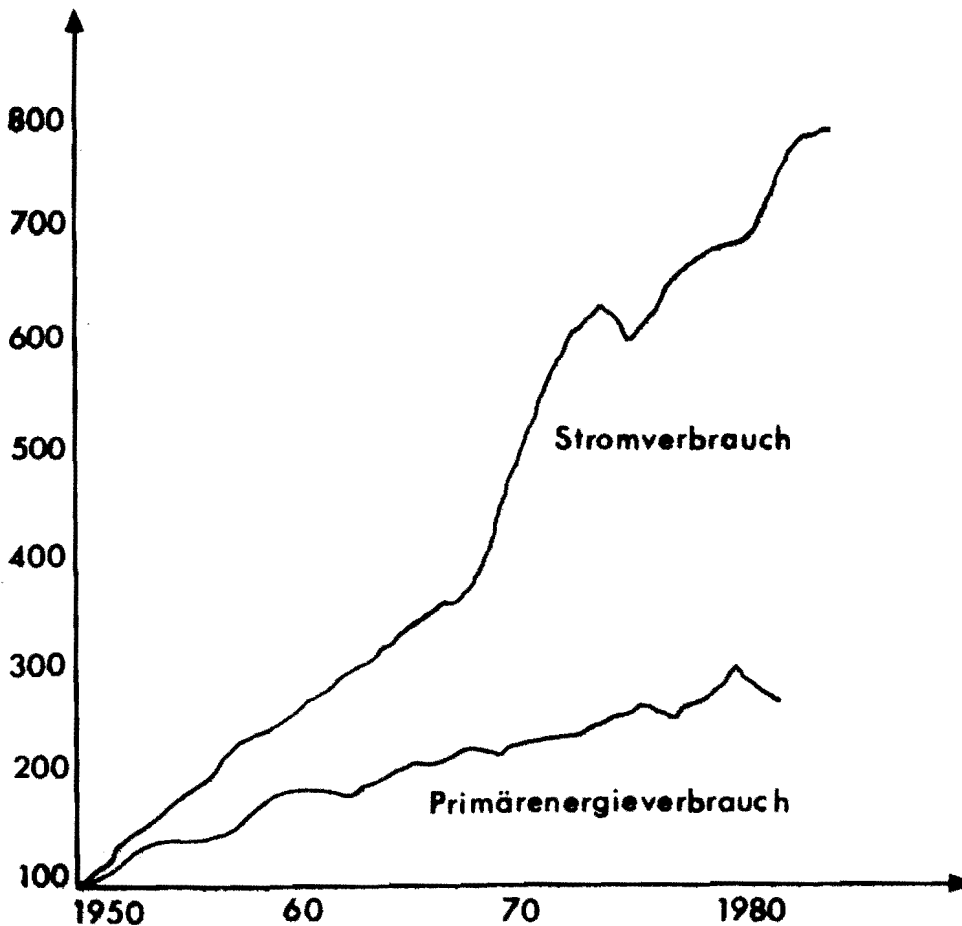
Sinnvolle Energieeinsparung

und Substitution von Öl durch andere Energien bzw. neue Technologien erfordern u. a. intensive Information und Beratung aller Energieverbraucher sowie eine stärkere Berücksichtigung dieser Themen in allen Bereichen der Ausbildung und des Unterrichts.

Die Beratungstätigkeit der HASTRA ist darauf schon seit Jahren ausgerichtet und unterstützt diese energiepolitischen Zielsetzungen z. B. durch ihre ständigen Hinweise auf die Nutzung brachliegender Umweltwärme durch den Einsatz von Wärmepumpen. ■

Hastra heute

Heft 43.



Der Primärenergieverbrauch in der BRD hat sich von 1950 bis 1979 verdreifacht. Seitdem geht er wieder zurück. Demgegenüber nimmt der Stromverbrauch immer noch leicht zu. Gerade in den vergangenen Jahren hat die elektrische Energie weiter an Attraktivität gewonnen. Sie blieb in der Preisentwicklung weit hinter der von Steinkohle, Heizöl oder Erdgas zurück.

Nach: Schmölling: Strom-Erzeugung. Mit halber Kraft voraus.
Bild der Wissenschaft Heft 3/1982.

ROLLENKARTE 5: ING. PAULS, VEREINIGUNG DEUTSCHER ELEKTRIZITÄTSWERKE (VDEW)
(STROM ZUR WÄRMEBEREITUNG)

Hinweise für die Rolle:

Du bist Ingenieur bei der VDEW und mit der Erstellung von Prognosen und zukünftigen Entwicklungslinien der Energiewirtschaft beschäftigt. Aus einer Studie der VDEW weißt du, daß nur durch die Eroberung des Wärmemarktes durch Strom die notwendige wirtschaftliche Erweiterung der Strombranche vorgenommen werden kann, die notwendig ist, um langfristig eine preisgünstige und sichere Bereitstellung von Energie zu gewährleisten. Gerade die Entwicklung der Kernenergieanlagen und der dauernde Protest unwissender Bürger kostet die Elektrizitätswirtschaft Unsummen, die irgendwo anders eingenommen werden müssen. Wenn es gelänge, das unsichere und immer teurere Erdöl auf dem Wärmemarkt durch Strom zu ersetzen (substituieren), wäre die Versorgung der Bürger mit Energie sicher und preisgünstig.

Argumentationslinie:

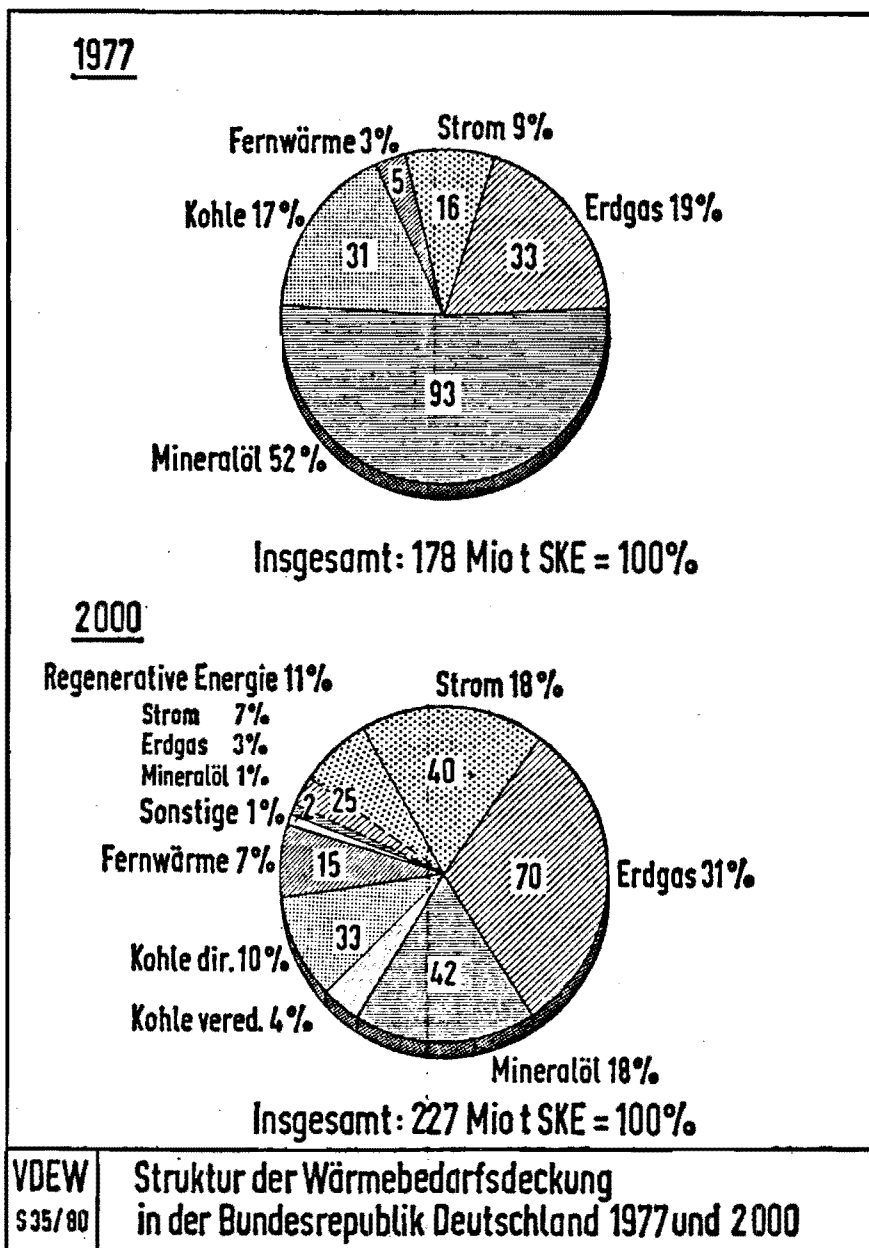
Mineralöl machte im Jahre 1977 52% der Wärmebedarfsdeckung aus. Hier wird ein Energieträger eingesetzt, dessen Verbrennung umweltschädigend und energieverwendend ist. Die Versorgung mit Öl wird immer unsicherer und teurer. Diese beherrschende Rolle des Erdöls an der Wärmebereitung muß stark zurückgedrängt werden, um die Importabhängigkeit der deutschen Industrie zu verringern. Einheimische Energieträger wie Kohle müssen wieder zum Zuge kommen, um nicht zuletzt die wertvollen Ressourcen des Öls für chemische Produkte zu erhalten. Die Nachfrage nach Strom zum Heizen und zur Warmwasserbereitung wird vor allem außerhalb von Ballungsgebieten, in denen kein Gas und keine Fernwärme angeboten werden, steigen. Alle vernünftigen Prognosen bestätigen unsere Auffassung, daß im Jahr 2000 Strom seinen Anteil an der Wärmebereitung im Vergleich mit 1977 verdoppeln wird.

Zum Verheizen ist das Erdöl viel zu kostbar

Erdöl ist zu einer teuren und unzuverlässigen Primärenergie geworden. Ziel jeder realistischen Energiepolitik muß es also sein, Erdöl durch andere Primärenergien zu ersetzen, denn Energiesparen allein reicht nicht, um den Ölverbrauch im erforderlichen Umfang zu verringern.

Im Bereich des Straßenverkehrs ist der Ersatz des Ölproduktes Benzin durch andere Energien in größerem Umfang vorläufig nicht möglich, Versuche, Kraftwagen mit Batterien oder Methylalkohol zu fahren, stecken noch im Stadium der Experimente.

In einem anderen Bereich ist die Substitution von Heizöl durch elektrischen Strom nicht nur möglich, sondern im Interesse sowohl der Verbraucher als auch der Volkswirtschaft wünschenswert: bei der Wärmeerzeugung. Also: Wärme



aus Strom statt aus Öl. Wichtigstes Argument für den Strom: Er wird vorwiegend aus den heimischen Primärenergien Steinkohle, Braunkohle und Wasserkraft gewonnen. Der Ölanteil beträgt an der öffentlichen Stromerzeugung nur noch 5 Prozent.

Elektrischer Strom ist kein Neuling auf dem Wärmemarkt. In der Bundesrepublik gibt es heute schon knapp zwei Millionen Elektropeicherheizungen. Sie ersetzen fünf Millionen Tonnen Importöl jährlich und helfen mit, Devisen zu sparen. Der Anteil des Stroms im Wärmemarkt muß sich beträchtlich erhöhen, wenn unsere Wärmeversorgung auch morgen gesichert sein soll.

(aus: Studie "Wärme 2000" der deutschen Elektrizitätswirtschaft

in: FRANKFURTER RUNDSCHAU vom 11.6.1980)

ROLLENKARTE 6: DR. PETRA SIEBOLD, FREIE UNIVERSITÄT BERLIN (ENERGIEPROGNOSEN)

Hinweise für die Rolle:

Du bist Soziologin an der FU Berlin und beschäftigst dich schon seit Jahren mit Energiepolitik und dem Vergleich von Energieprognosen und dem tatsächlichen Verbrauch an Energie in den verschiedenen Einsatzgebieten. Dir ist aufgefallen, daß die Energieprognosen noch nie gestimmt haben, daß sie immer zu hoch angesetzt waren, und du vermutest dahinter eine politische Absicht: Durch die Prophezelung eines zukünftig sehr hohen Stromverbrauchs soll der Zubau neuer Atomkraftwerke erzwungen werden. Die Bürger werden so vor vollendete Tatsachen gestellt. Die Atomkraftwerke sind dann irgendwann fertig, die benötigten Mengen an Elektrizität sind zwar längst nicht so hoch wie gedacht, aber trotzdem müssen die fertigen Kraftwerke ja arbeiten. Das Ganze nennt man dann Sachzwang. Dein Interesse geht dahin, den Bürgern die Mißverhältnisse zwischen Energieprognosen und tatsächlichem Energieverbrauch darzulegen und sie über die politischen Hintergründe aufzuklären.

Argumentationslinie:

Alle bisherigen Energieprognosen waren falsch. Sie waren weit höher angesetzt, als der tatsächliche Energieverbrauch. So kam es auch, daß in den Energieprogrammen der Bundesregierung die Menge der angeblich benötigten Energie von Fortschreibung zu Fortschreibung immer geringer wurde. Auch die Anzahl der angeblich benötigten Atomkraftwerke wurde immer kleiner. Energieprognosen haben aber eine Funktion: Sie ziehen Sachzwänge nach sich, wenn die Kraftwerke, die auf der Grundlage völlig überhöhter Prognosen gebaut wurden, auch eingesetzt werden müssen. Sie sind nun einmal da und können schließlich nicht einfach rumstehen, ohne elektrische Energie zu produzieren. Da die EVUs diesen Strom auch verkaufen wollen, müssen sie auf den Wärmemarkt (Heizung und Warmwasserbereitung) vordringen. Es gibt nämlich eine Studie der VDEW, daß fast in allen Haushalten Elektrogeräte wie Fernseher, Waschmaschinen, Kühlschränke usw. vorhanden sind. Also müssen auch Heizung und Warmwasser elektrisch bereit werden - zumal dazu viel Strom benötigt wird. Außerdem gibt das eine schöne Werbestrategie, um das teure und unbeliebte Erdöl zu verdrängen. Motto: Strom ersetzt Erdöl.

Die Stromverbrauchsprognosen der Bundesregierung für das Jahr 1985 sind seit dem ersten Energieprogramm aus dem Jahr 1973 bis zu seiner jüngsten, dritten Fortschreibung im vergangenen Jahr ständig nach unten korrigiert worden. Sie sanken um mehr als ein Drittel, die Prognosen für die benötigte Kernkraftwerksleistung sogar um 60%.

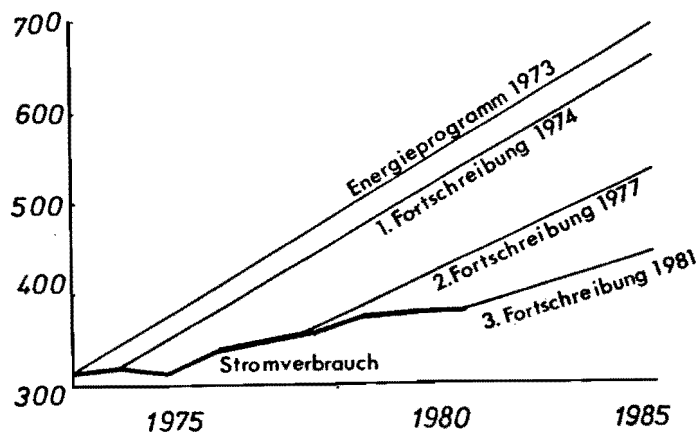
Die drei wichtigsten energiewirtschaftlichen Institute der Bundesrepublik Deutschland - das Deutsche Institut für Wirtschaftsforschung in Berlin, das Energiewirtschaftliche Institut an der Universität Köln und das Rheinisch-Westfälische Institut für Wirtschaftsforschung in Essen - nehmen neuerdings an, daß der jährliche Stromverbrauch bis 1995 nur noch zwischen 2,7 und 3,2% wachsen wird. Von 1960 bis 1978 lag die durchschnittliche Steigerungsrate dagegen bei 6,4% pro Jahr.

1980 sank der Primärenergieverbrauch gegenüber dem Vorjahr um 4,4% und im vergangenen Jahr ging er nochmals um fast 5% zurück. Vor allem wurde der Erdölanteil an der Primärenergieversorgung zurückgedrängt. Lag er 1977 noch bei 52%, so waren es im vergangenen Jahr 44,5%.

Der Ausbau der Kernenergie ist dagegen langsamer vorangekommen. Ging die zweite Fortschreibung für das Jahr 1985 noch von einer installierten Kraftwerksleistung von 24000 MW aus, so werden es aus heutiger Sicht nur noch 18500 MW sein. Außerdem wurde die damals noch angekündigte zügige Verwirklichung eines deutschen Entsorgungszentrums in Gorleben inzwischen verworfen.

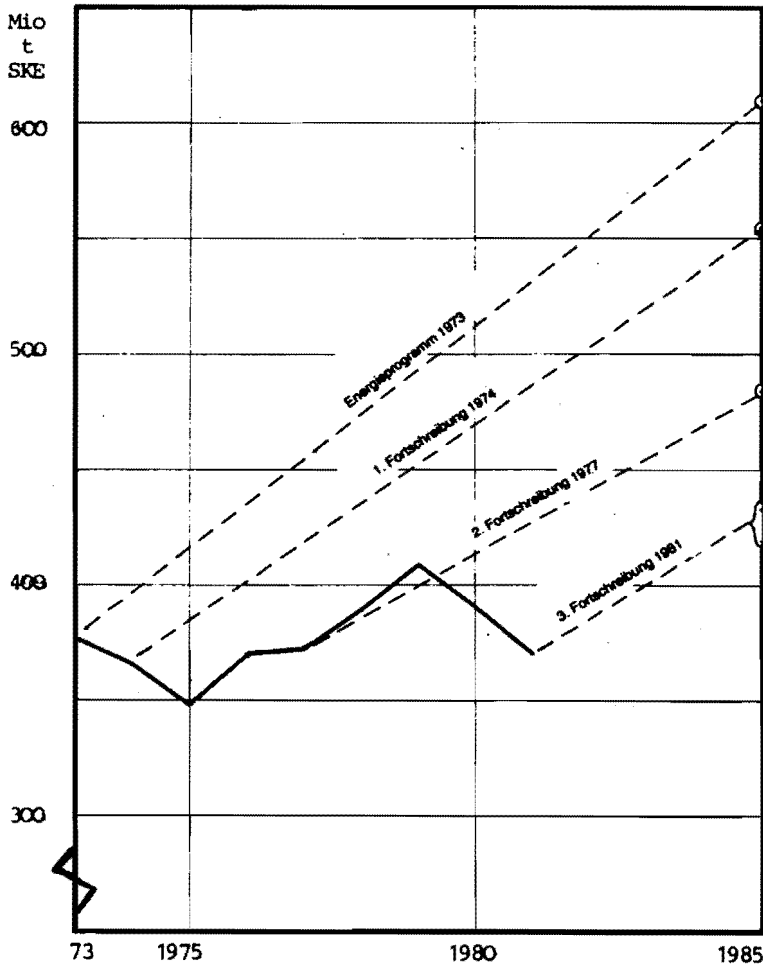
Ein Schwerpunkt der zweiten Fortschreibung war die Kohlepolitik. Durch die inzwischen erfolgten Vereinbarungen ("Jahrhundertvertrag") dürfte der zukünftig mögliche Beitrag der deutschen Steinkohle zur Stromerzeugung gesichert sein. 1995 soll er bei 47,5 Millionen Tonnen liegen.

Prognosen zum Stromverbrauch



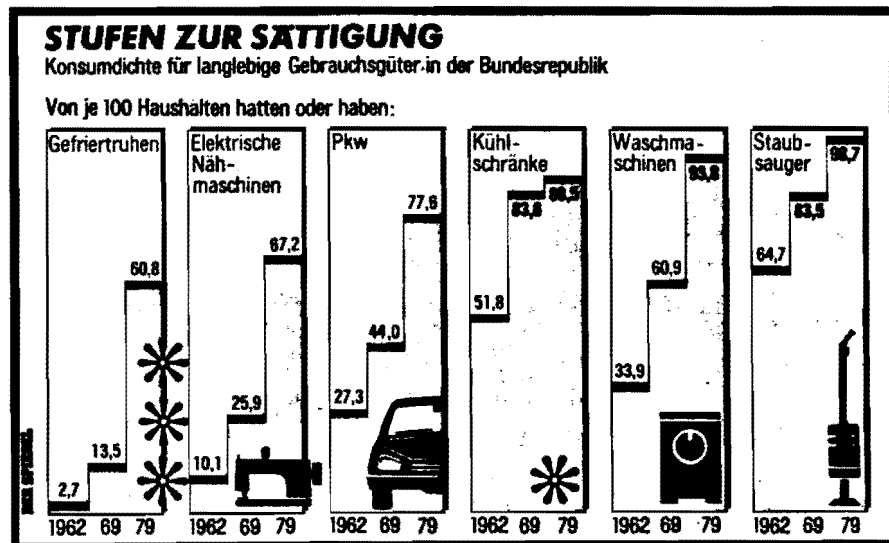
Abnehmende Voraussagen über den künftigen Stromverbrauch kennzeichnen die Energieprogramme der Bundesregierung. Ging man 1973 von einem Gesamtverbrauch von 700 Milliarden kWh im Jahre 1985 aus, so werden es nach jüngsten Fortschreibungen noch 435 Milliarden kWh sein. Aufgrund des geringen Wachstums beim Stromverbrauch werden 1985 mindestens 40 Großkraftwerke weniger benötigt als 1973 angenommen.

Nach: Schmölling: Stromerzeugung. Mit halber Kraft voraus. Bild der Wissenschaft Heft 3/1982.



Tatsächlicher Primärenergieverbrauch und Prognosen für das Jahr 1985 der Bundesregierung seit 1973

aus: Klaus Traube/Otto Ullrich:
Billiger Atomstrom?
S. 16



aus:
DER SPIEGEL
H. 37/1980
S. 40

ROLLENKARTE 7: KARL SIEBENHUBER, ÖKO-INSTITUT, FREIBURG (ENERGIE WOFÜR?)

Hinweise für die Rolle:

Du bist Ingenieur und arbeitest als festangestellter Mitarbeiter im Öko-Institut, weil du dort deine Arbeitsschwerpunkte unbeeinflußt verfolgen kannst. Diese sind: Grundlegende Probleme bei Energieumwandlungen und der Freisetzung von Arbeitsvermögen bei energetischen Prozessen. Dir geht es darum, die bislang von falschen Gesichtspunkten ausgehende Energiediskussion auf eine vernünftige naturwissenschaftliche Basis zu stellen. Der sinnvolle Umgang mit naturwissenschaftlichen Erkenntnissen und Daten kann deiner Meinung nach die Interessen und Absichten der Elektrizitätsversorgungsunternehmen und der Atomlobby aufdecken und entlarven.

Argumentationslinie:

Energiepolitische Entscheidungen und Prognosen waren bislang immer einem Angebotsdenken verpflichtet. Grundlage aller Entscheidungen war die Höhe der eingesetzten Energieträger. Eine vernünftige Energiepolitik müßte am Bedarf der Verbraucher ansetzen. Der Mensch hat schließlich nicht das Bedürfnis nach Energie, sondern verschiedene Bedürfnisse wie behagliches und warmes Wohnen, Beleuchtung, Kommunikation usw., die alle mit unterschiedlichen Energieformen und unterschiedlichen Energiemengen verwirklicht werden können. Diese Sichtweise lenkt den Blick auf die eigentliche Energieproblematik, nämlich darauf, daß es sich bei allen Energienutzungen um Umwandlungsprozesse mit Energieverlusten handelt. Die Höhe des Energieverlusts wird durch die verwendete Technologie bestimmt. Und die Technologie wiederum hängt von politischen Entscheidungen und wirtschaftlichen Interessen ab: Womit sollen Häuser geheizt werden? Mit Strom aus Kernenergie oder mit Sonnenwärme?

Nützlich für solche Überlegungen ist der Begriff Energiedienstleistung. Das ist die Dienstleistung, die ein Verbraucher durch Einsatz von Energie erhält. Z.B. ist die Energiedienstleistung des Benzins in einem Auto nur mit Fahrer wesentlich niedriger, als wenn noch vier Personen mehr mitfahren würden. Entscheidend ist also: Welche Arbeit soll erledigt werden? Welche Energieform und welche Technik eignen sich dazu am besten?

Elektrische Energie zu Heizzwecken auszunutzen ist völlig unsinnig und Energieverschwendung. Strom ist eine hochwertige Energieform, die auch nur für hochwertige Zwecke eingesetzt werden sollte: Maschinenantrieb, Kommunikation (Radio, Fernsehen, Funk) und Elektronik, Licht. Von der eingesetzten Primärenergie Kohle, Erdöl oder Erdgas, die zum Herstellen von Strom in einem Wärmekraftwerk verbrannt werden, kommen beim Verbraucher nur knapp ein Drittel als elektrische Nutzenergie an. Vom Primärenergieträger Uran nur ein Viertel. Der große Rest geht bei der Umwandlung im Kraftwerk oder bei der Überlandleitung als Abwärme verloren. Warum soll man also eine edle Energieform wie Strom erzeugen, wenn sie beim Verbraucher genau dazu eingesetzt wird, wozu man schon bei Ihrer eigenen Herstellung gezwungen war: Wasser aufzuheizen. Da kann der Verbraucher sinnvollerweise die Kohle oder das Erdöl zuhause verheizen.

Am sinnvollsten allerdings wäre es, Sonnenenergie zum Heizen und zur Warmwasserbereitung zu nehmen. Denn für den Niedrigtemperaturbereich unter 100 Grad Celsius eignet sie sich am besten und sie ist umweltfreundlich: kein Schwefeldioxid, keine Abfälle, keine Radioaktivität. Und die Sonne scheint kostenlos und fast immer.

Erzeugung und Verteilung von Energie sind die eine Seite, entscheidend für die Gesamtbeurteilung ist die Verbraucherseite, und hier muß man zunächst feststellen, daß es einen »Energiebedarf« im strengen Sinne gar nicht gibt (vgl. Meyer-Abich, S. 50). Es gibt keinen »Bedarf« für Elektrizität, Öl oder Gas, sondern höchstens für behagliches Wohnen, für Licht in Räumen oder warmes Wasser zum Waschen usw. Für die Erfüllung dieser Bedürfnisse gibt es einen beträchtlichen Spielraum der technischen Realisierung, so kann man die Raumtemperatur konstant halten mit großem Energieaufwand bei schlechter Raumisolierung oder mit geringer Energiezufuhr und guter Isolierung. Energie und bauliche Maßnahmen erfüllen also den gleichen Zweck und sind gegeneinander austauschbar. Da man diesen Zusammenhang bislang sehr vernachlässigt hat, ist heute die mit Abstand billigste »Energiequelle« die Isolierung.

Für die Entwicklung eines alternativen Energiesystems ist es also wichtig, daß nicht ausgegangen wird von einer *Energienachfrage*, die zufällig entstanden oder durch ein radikales Monopol geschaffen worden ist, sondern vom *Zweck*, der mit der Energie erreicht werden soll. Wenn man festgestellt hat, daß der gewünschte Zweck nur mit einem Energieeinsatz zu erfüllen ist, wäre der entscheidende nächste

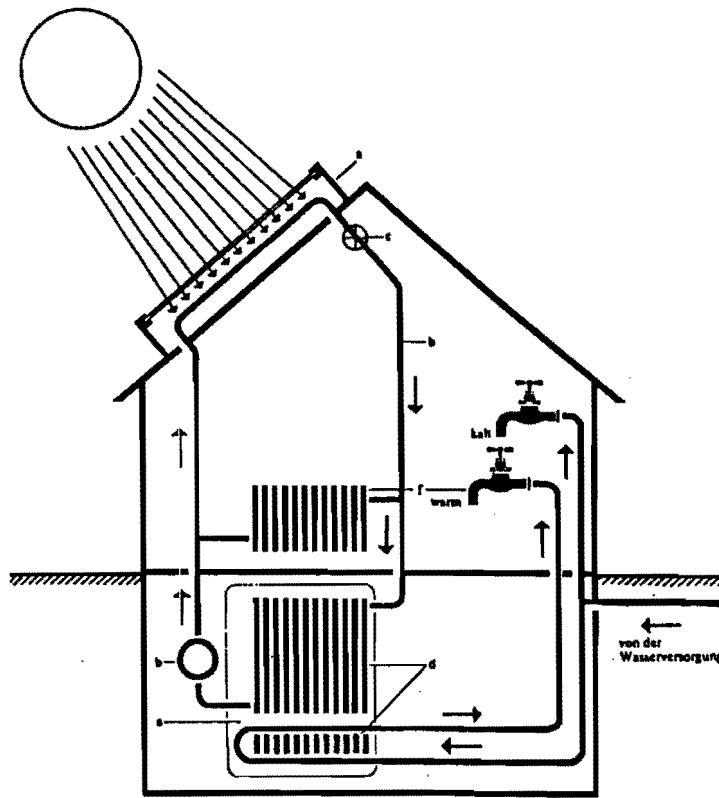
Schritt, die *Energiewertigkeit* dem Zweck anzupassen, denn Energie hat eine unterschiedlich hohe Wertigkeit: Elektrizität ist eine sehr hochwertige, »edle« Energieform, die gut in alle anderen Energieformen wie Wärme, Licht, Bewegung umgewandelt werden kann, die aber relativ zu der geringerwertigen Energieform »warmes Wasser« aufwendig und kostspielig herzustellen ist (vgl. Commoner 1977, Kapitel 2: Thermodynamik, die Wissenschaft von der Energie). Die Energiewertigkeit sollte also dem entsprechenden Bedarf angepaßt sein und nicht Butter mit der Kreissäge geschnitten werden (Lovins). Aufwendig und verlustreich elektrische Energie in einem Großkraftwerk herzustellen, über große Verteilungsnetze kostspielig zu transportieren, um dann beim Verbraucher damit doch nur Wasser warm zu machen, ist ein Beispiel völliger Fehlanpassung von Mittel und Zweck. Es ist eine große Vergeudung von Energie, Material und Arbeitszeit. Zu den »angemessenen« Verwendungsformen für Elektrizität gehören mechanische Antriebe durch Elektromotoren, elektronische Geräte oder auch Licht, wobei hier der Wirkungsgrad noch sehr verbesserungsfähig ist: Nur 3 % der elektrischen Energie werden in einer Glühlampe in Licht umgesetzt.

aus: Ulrich; Weltniveau, S. 138, 140

Für die einzelnen Verwendungszwecke sind die verschiedenen Energieträger unterschiedlich geeignet. Für Niedertemperaturwärme, d.h. für Heizung und Warmwasserbereitung, können praktisch alle wichtigeren Sekundärenergieträger herangezogen werden. Kalorisch ergeben sich jedoch wesentliche Unterschiede. Wird Kohle, Koks oder Öl zu Heizzwecken verwendet, so beträgt der Wirkungsgrad rund 80%, bezogen auf die eingesetzte Sekundärenergie. Rechnen wir auf die eingesetzte Primärenergie zurück, so ergibt sich ein Gesamtwirkungsgrad von $0,90 \times 0,80 = 0,72$, mit anderen Worten: Von je 100 kWh ursprünglich in der Kohle (im Bergwerk) oder in der Erdölquelle enthaltener Energie werden 72 kWh tatsächlich vom Haushalt für Heizzwecke genutzt. Wird jedoch elektrische Energie zur Raumheizung verwendet, so beträgt der Wirkungsgrad, bezogen auf den Sekundärenergieträger, nahezu 100%. Der Wirkungsgrad bei der Erzeugung des elektrischen Stroms über ein kalorisches Kraftwerk beträgt jedoch (inklusive Transport- und Umspannverluste) nur 25%, der Gesamtwirkungsgrad der Elektroheizung daher $0,25 \times 100 = 0,25$. Mit anderen Worten: Von je 100 kWh ursprünglich in der Kohle oder im Erdöl enthaltener Energie werden bei elektrischer Raumheizung nur 25 kWh tatsächlich vom Haushalt genutzt. Bei fossil-elektrischer Raumheizung wird also rund dreimal soviel Energie verschwendet wie bei Raumheizung mit Kohle oder Öl.

Daß elektrische Energie trotzdem in den letzten Jahrzehnten in immer stärkerem Maße zur Raumheizung verwendet wird, ist auf ihre wesentlich bequemere Handhabung zurückzuführen. Der Letztverbraucher denkt nicht in Energiebilanzen; für den geringeren Wartungsaufwand und die bessere Steuerbarkeit einer elektrischen Heizung nimmt er gerne auch eine gewisse Kostendifferenz in Kauf. Halten wir jedoch fest, daß bei der Verwendung fester oder flüssiger Brennstoffe für Heizzwecke rund drei Viertel der erzeugten Wärme Nutzwärme und ein Viertel Abwärme sind, bei der Verwendung von elektrischer Energie umgekehrt nur ein Viertel Nutzwärme, jedoch drei Viertel ungenutzter Abwärme anfallen.

(aus: Bruckmann; Sonnenkraft statt Atomenergie, S. 23,24)



Sonnenenergiesystem zur Heizung und Warmwasserbereitung

aus: Ruske/Teufel; Das sanfte Energie-Handbuch
S. 76,77

Ein Flachkollektor hat den Vorteil, daß er leicht und billig selbst herzustellen ist. Als Absorptionsplatte kann eine Metallplatte verwendet werden, auf die eine Kupferschlange geschweißt oder gelötet wird. Beides wird mattschwarz gestrichen. Je rauher die Oberfläche ist, desto mehr Sonnenstrahlen können absorbiert werden, da sich mit der Rauheit die Fläche vergrößert. Die Absorptionsplatte wird nun mit einer Glasplatte (am besten Doppelglas) abgedeckt und luftdicht verschlossen. Der Flachkollektor sollte, um einen günstigen Einfallswinkel für die Sonneneinstrahlung zu gewährleisten, mit einer Neigung von 45° bis 60° nach Süden angebracht werden.

Wenn die durchschnittliche jährliche Einstrahlung auf einem Quadratmeter horizontale Fläche 1000 kWh beträgt, so erreicht sie bei günstigem Einfallswinkel 1200 kWh/m². In kcal umgerechnet beträgt die durchschnittliche tägliche Energiemenge pro m² Kollektorfläche 2827 kcal. (1 Kilokalorie erwärmt ein Liter Wasser um 1° C/1 Kilowattstunde sind 860 Kilokalorien.)

Ein guter Kollektor kann etwa 50 bis 70 Prozent der eingestrahnten Energiemenge einfangen, außerdem dürfen weiterhin Leitungs- und Speicher- verluste von 15 Prozent entstehen.

Als Nutzenergie steht letztlich rund 1200 kcal pro qm und Tag zur Verfügung.

| | durchschnittl. Tagesleistung eines Kollektors | Wassermenge, die die von 10°C auf 40°C erwärmt wird |
|----------------------------------|---|---|
| Jahresdurchschnitt (März) | 1200 kcal/m ² | 40 l |
| Sommerhalbjahr (April bis Sept.) | 1500 kcal/m ² | 50 l |
| Winterhalbjahr (Okt. bis März) | 800 kcal/m ² | 27 l |

Unter günstigen Einstrahlungsbedingungen lassen sich mit Flachkollektoren Wassertemperaturen bis zu 100° C im Sommer und über 50° C im Winter erzeugen. Erfahrungsberichte besagen, daß Solaranlagen im Sommerhalbjahr 90 Prozent und im Winterhalbjahr 30 Prozent des Warmwasserbedarfs decken können. Im Jahresdurchschnitt erreichen sie eine Bedarfsdeckung von 60 bis 65 Prozent.

ROLLENKARTE 8: SABINE SÄNGER, DIE GRÜNEN (KOHLE UND SONNENENERGIE)

Hinweise für die Rolle:

Du bist Mitglied in der Partei "Die Grünen" und arbeitest schwerpunktmäßig über alternative Energiequellen und Energiepolitik. Du bist überzeugt, daß die Atomenergie in jeder Hinsicht eine Sackgasse ist und daß es vielfältige Alternativen der Energieerzeugung gibt. Diese Alternativen hätten schon seit langem marktreif sein können, wenn die Gelder für Forschung und Entwicklung nicht einseitig in Kernenergieprogramme gesteckt worden wären. Du willst bei dieser Veranstaltung einen Weg aufzeigen, wie das Wärmeproblem mit einfachen Mitteln zu lösen ist - mit Hilfe der Sonne, Wärmedämmung und Einspartechniken, auf alle Fälle aber ohne Kernenergie und elektrischen Strom.

Argumentationslinie:

Das Hauptproblem unserer Energieversorgung besteht in der Bereitstellung von Wärme: Zum Heizen, für warmes Wasser und für industrielle Produktionsprozesse. Dafür werden ca. 74% unserer gesamten Endenergie verbraucht. Für stromspezifische Zwecke wie Licht, Maschinenantrieb und Kommunikation werden dagegen nur 8% der Endenergie benötigt. Wenn man jetzt noch berücksichtigt, daß der Stoff, der uns wirtschaftlich gesehen am meisten Kopfzerbrechen bereitet, nämlich das Erdöl, zu 52% zur Bereitstellung dieser Wärme verbrannt wird und zu weiteren 30% im Verkehr eingesetzt wird, so erkennt man, daß unser Energieproblem mit Kernenergie und Strom nicht zu lösen ist. Denn Atomkraftwerke können nur Strom herstellen. Sie könnten das Öl überhaupt nur dann ersetzen, wenn alle Heizungen und Warmwasserbereiter der Nation auf elektrische Energie umgestellt würden und der gesamte Verkehr mit Elektroautos betrieben würde. Das mag zwar im Sinne der Elektrizitätsunternehmen und Elektrokonzerne sein, nicht aber im Interesse der Verbraucher. Denn Strom zum Heizen ist nicht nur völliger Unsinn, weil energieverschwendend, es trifft den Verbraucher auch im Geldbeutel: Eine Kilowattstunde Wärmeleistung ist aus Strom wesentlich teurer als aus Kohle, Erdöl oder Erdgas, von der Sonnenenergie ganz zu schweigen.

Es gibt einen viel einfacheren Weg, das Wärmeproblem zu lösen, nämlich durch Wärmedämmung an Häusern, durch technische Einsparmöglichkeiten und durch den Einsatz einheimischer Kohle und Sonnenenergie. Es ist doch logisch: Je weniger Energie

durch Fensterritzen und dünne Wände nach außen gelangt, umso weniger Heizwärme muß man erzeugen. Hier ergeben sich große Möglichkeiten, Energie zu sparen. Das Öko-Institut in Freiburg hat eine Studie vorgelegt, die beweist, daß die Energieversorgung der BRD ohne Kernkraftenergie auskommen kann - ohne dabei Wohlstand und Wirtschaftswachstum zu verringern. Wir können leicht 50% der Niedrigtemperaturwärme aus Sonnenenergie decken, den Rest können umweltfreundliche Kohlekraftwerke mit Wirbelschichtfeuerung liefern, solche Anlagen, die Kraft (Strom) und Wärme koppeln. Unsere Energieversorgung auf der Basis von Kohle und regenerativen Energiequellen ist möglich. Wir landen keinesfalls in der Steinzeit, wenn wir die Atomkraftwerke abschalten!

aus: Krause u.a.; Energiewende, S. 18,20

| | |
|--------------------------|-----|
| Stromspez. | 8% |
| Fahrzeuge | 18% |
| Prozeßwärme | 22% |
| Heizung u. Warmwasser | 52% |

| | |
|--------------------------|-----|
| Rohstoff | 12% |
| Strom | 6% |
| Verkehr | 30% |
| Prozeßwärme | 15% |
| Heizung u. Warmwasser | 37% |

Was ist unser Energieproblem? Jedenfalls kaum die Stromerzeugung, denn nur etwa 8% der Endenergie werden für stromspezifische Anwendungen (Licht, Antrieb, Kommunikation usw.) benötigt. Dagegen werden etwa 18% der Endenergie zum Antrieb von Fahrzeugen gebraucht, und etwa 74% zur Wärmeerzeugung, davon etwa 52% für Heizen, Warmwasser und Niedertemperaturwärme (bis 500°C) in der Industrie.

Wohin geht das Erdöl? Der größte Teil - etwa 52% - wird als Brennstoff zur Wärmeerzeugung verbraucht. Ein weiterer großer Teil - etwa 30% - wird als Treibstoff im Verkehr benötigt. Rund 12% werden als Rohstoff vor allem in der chemischen Industrie eingesetzt, und nur etwa 6% werden zur Stromerzeugung verbraucht.

Selbstversorgung durch Kohle und Sonne?

Wie würde die Energieversorgung nun aussehen können, wenn wir im Jahr 2030 einen Endenergiebedarf von nur 150 Mio t SKE und einen Strombedarf von nur 26 Mio t SKE hätten (technologieintensive Variante)?

Von der Vielzahl der möglichen Kombinationen sei hier nur die Variante durchdiskutiert, daß nur Kohle und sich erneuernde Primärenergieträger (Sonnenenergie direkt, sowie als Wind- oder Wasserkraft und in Form von Biostoffen) eingesetzt werden. Dieser Extremfall sähe dann z.B. so aus (Abb. 1.5):

- > Der Niedertemperaturwärmebedarf der Haushalte und Kleinverbraucher von 44 Mio t SKE wird zu 50% aus Sonnenenergie gedeckt, der Rest durch Wärme aus Blockheizkraftwerken und anderen Kraft-Wärmekopplungsanlagen bzw. durch direkte Beheizung. Die Kohle würde in diesen Anlagen mit der neuen umweltfreundlichen Wirbelschichttechnik verfeuert.
- > Der Niedertemperaturprozeßwärmebedarf ($\leq 300^{\circ}\text{C}$) der Industrie von 15 Mio t SKE würde zu zwei Dritteln aus kohlebefeuerten Kraft-Wärmekopplungsanlagen und zu einem Drittel mit Sonnenenergie (selektive Kollektoren und Speichersysteme) gedeckt.
- > Der übrige industrielle Wärmebedarf von 34 Mio t SKE würde mit Kohle in Direktfeuerung erzeugt (Wirbelschichttechnik)
- > Die gesamte Kraft-Wärmekopplung stellt dann 40% des Strombedarfs von 26 Mio t SKE. Der restliche Strombedarf kann mit der heute schon verfügbaren Wasserkraft und mit Windkraftwerken versorgt werden. Dazu wären ca. 40% des geschätzten bundesdeutschen technisch nutzbaren Windkraftpotentials von 30 Mio t SKE notwendig, die Wasserkraft würde 3 Mio t SKE beitragen.
- > Der Kraftstoffbedarf von 31 Mio t SKE würde durch die geschickte Nutzung von landwirtschaftlichen Abfällen, Holzabfällen und Müll zur Herstellung von Methanol bzw. Dieselöl zu 65% gedeckt, der Rest durch Importe aus flächenreicheren Nachbarländern bzw. durch Biostoffproduktion auf landwirtschaftlichen Flächen, die bisher für die Fleischherzeugung beansprucht waren, jedoch aufgrund des Bevölkerungsrückgangs freigesetzt werden. Überdies besteht die Möglichkeit, Kohle in Methanol umzuwandeln. Die bisherigen Verbrennungsmotoren würden beibehalten.
- > Der Primärenergieeinsatz in Form von Kohle wäre bei dieser Versorgung des Endenergiebedarfs 97 bis 125 Mio t SKE oder ca. 50% des gesamten Primärenergiebedarfs von 216 Mio t SKE. Der Rest wäre durch die erneuerbaren Energieträger Wind, Wasser, Sonne und Biostoffe deckbar.

Diese skizzierte Energiezukunft würde bedeuten, daß der Einsatz fossiler Brennstoffe auf etwa ein Drittel vermindert würde, und daß wir mit einem Kohleeinsatz auskämen, der nicht höher als der von 1973 ist. Die Emissionen von Kohlendioxid fossilen Ursprungs wären ebenfalls um zwei Drittel verringert.

Der Einsatz von Atomkraft schließlich wäre im Jahr 2030 genauso überflüssig wie heute. Weder bei der Stromversorgung noch bei den sonstigen Anwendungen hätte das Uran einen sinnvollen Platz.

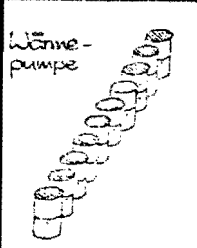
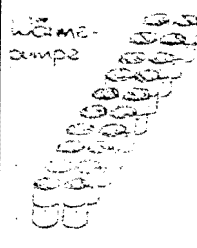




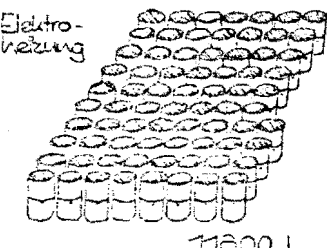
Das frappierende Ergebnis dieser Betrachtung ist also, daß die Bundesrepublik durch die konsequente Verbesserung ihrer Nutzungstechnik im Endverbrauch und die Verlagerung der Stromversorgung auf dezentrale Techniken (u.a. Kraft-Wärmekopplung und Windenergie) zum Selbstversorger mit Energie werden kann - und dies bei großzügigem Wirtschaftswachstum. Sie wäre von ihrer heute so bedrückenden Abhängigkeit frei und könnte aus dem Atomtraum aufwachen, bevor er zum Alptraum geworden ist.

(aus: Krause u.a.; Energiewende, S. 39 ff.)

ERST ISOLIEREN DANN INSTALLIEREN

DURCH ISOLATIONSMASSNAHMEN LÄSST SICH MEHR ENERGIE UND GELD SPAREN -
ALS DURCH DEN EINBAU NEUER HEIZUNGSANLAGEN

Die folgende Abbildung verdeutlicht diesen Sachverhalt :
Sie zeigt verschiedene Möglichkeiten, um ein kleines Einfamilienhaus (100m² Wohnfläche) mit Wärme zu versorgen. Der Wohnkomfort ist dabei immer der gleiche.
Links sind die Energieverbräuche verschiedener Heizanlagen pro Jahr durch Ölfässer dargestellt. Rechts daneben die Ölverbräuche bei verschiedenen gut wärmegeprägten Häusern.
Bei Mehrfamilienhäusern ist der Energieverbrauch um etwa 30-45 % geringer.

| Haustyp 1 : NORMALHAUS „nackte“ Bauweise, bis 1975 gebaut | Typ 2 : „VOLLWÄRMESCHUTZ“ heutiger Bau- standard, bzw. nachträg- liche Wärmedämmung mit: 3-6cm Wand-, Dach- und Kellerisolierung, doppelverglaste Fenster, dichtere Fugen. Einsparung gegenüber Typ 1 : 30-50% | Typ 3 : SCHWEDISCHER BAUSTANDARD Wärmedämmung mit - je nach Haus : 6-15cm Außenisolierung 10-15cm Dachisolierung 10-20cm Kellerisolierung Dreifach- oder Isolier- verglasung oder isolierende Fensterläden und dichtere Fugen. Einsparung gegen- über Typ 1 : 65-80% | Typ 4 : NULLENERGIEHAUS Neubauten mit 30-50cm Wand- und Deckenisolation, Dreifachverglasung und isolierenden Fenster- läden, kontrollierte Lüftung, Wärmerückgewinnung aus Abluft und Abwasser, Nutzung der Sonnenen- ergie durch große Fenster, 100% Sonnenheizung möglich! |
|---|---|--|--|
|  <p>Wärme- pumpe Gas/Diesel</p> <p>1600 l</p> | | | |
|  <p>Wärme- pumpe Elektro</p> <p>3100 l</p> | | | |
|  <p>Konv. Heizkessel (Gas/Öl)</p> <p>3700 l</p> |  <p>2100 l</p> |  <p>900 l</p> |  <p>160 l</p> |
|  <p>Elektro- heizung</p> <p>7100 l</p> | | | |

Wegen des Aussehens sollten historische Gebäude nur auf Typ 2 umgerüstet werden, z.B. Fachwerkhäuser. Viele andere Häuser würden durch eine neue Fassade (z.B. Vorhangfassade) sicher nur schöner.

Ein weiterer Vorteil der Isolation : Wird einmal eine neue Heizung eingebaut, kann sie kleiner und damit billiger sein!

Wieviel Energie könnte nun insgesamt durch Isolation gespart werden?

Dazu muß man wissen : Von der gesamten Energie, die in der Bundesrepublik benötigt wird, brauchen wir etwa 40%, um Räume zu heizen!

50% DER HEIZENERGIE KÖNNTE EINGESPART WERDEN, WENN ZUM BEISPIEL IM JAHRE 2030 :

- Typ 1 ganz verschwunden wäre,
- Typ 2 15% des Gebäudebestandes ausmachen würde
- Typ 3 zwei Drittel des Gebäudebestandes
- Typ 4 18% des Gebäudebestandes.

(alle Angaben nach : "Energiewende", S.Fischer Verlag 1980)

aus: Es geht auch anders

ROLLENKARTE 9: PROF. DR. HANS HÜBNER, TECHNISCHE UNIVERSITÄT
HANNOVER

(KRAFT-WÄRME-KOPPLUNG)

Hinweise für die Rolle:

Du bist Professor für Energietechniken an der Technischen Universität Hannover und leitest ein Forschungsprojekt zu Erprobung von Wärme-Kraft-Kopplungsanlagen. Aufgrund deiner positiven Erfahrungen mit dieser Technik bist du der Meinung, daß man das Energieproblem lösen könnte, wenn kleine, dezentrale Kraftwerke gebaut würden, die Strom und Heizwärme liefern.

Argumentationslinie:

Zentrale Großkraftwerke sind unsinnig, weil sie Unmengen von Energie verschwenden und das eigentliche Energieproblem, das in der Bereitstellung von Niedrigtemperaturwärme unter 100 Grad Celsius liegt, nicht lösen können. Auch Kernkraftwerke können da keine Abhilfe schaffen, denn sie erzeugen nur elektrische Energie. Es gibt jedoch eine einfache technische Lösung, die schon seit vielen Jahren bekannt ist, um Heizenergie zu gewinnen. Wie jedermann weiß, fällt bei einem Automotor eine große Menge an Abwärme an. Diese Abwärme kann man nutzen. Genausogut kann man die bei einem normalen Kohlekraftwerk anfallende Abwärme zur Heizung von Häusern benutzen. So wird der Wirkungsgrad eines solchen Kraftwerks erheblich erhöht. Allerdings sollten die Kraftwerke klein sein, damit bei der Fernwärmeleitung nicht wieder übermäßig viel Wärmeenergie verloren geht. Wer will, kann sich sogar ein eigenes Kraftwerk aus einem Automotor (Fiat TOTEM) in den Keller stellen und seinen Strom und seine Heizwärme selbst erzeugen. Die Zukunft der Energiegewinnung gehört kleinen, dezentralen Wärme-Kraft-Kopplungsanlagen auf Basis der Wirbelschichtfeuerung von Kohle. Dadurch wird ein einheimischer Energieträger ausgenutzt. Mit einer schon seit langem bekannten Technik werden die Schadstoffe wie Schwefeldioxid herausgefiltert. Kohlekraftwerke müssen keinen sauren Regen produzieren!

Das zentrale Großkraftwerk.

Es gibt jedoch ökologische, gesellschaftliche, volkswirtschaftliche und energietechnische Gründe, die in der Summe eine Stromerzeugung durch Großkraftwerke als den falschen Weg erkennen lassen, gleichgültig, ob es sich dabei um Kohle-, Öl- oder Kernkraftwerke handelt. Aus physikalisch-technischen Gründen kann in diesen Kraftwerken von der eingesetzten Wärmeenergie nur ungefähr 40% in elektrische Energie umgewandelt werden. Etwa 60% gehen "verloren". Bei Kernkraftwerken ist die Relation sogar nur 33 zu 67. In der Bundesrepublik wurden 1975 auf diese Weise etwa 400 Milliarden Kilowattstunden Abwärme weggeworfen. (Rechnet man eine Kilowattstunde mit 5 Pfennigen, so wird durch eine "falsche Technologie" pro Jahr Energie im Gegenwert von mindestens 20 Milliarden Mark vergeudet.) Mit der "Abwärme" werden Flüsse aufgeheizt, was deren biologisches Gleichgewicht empfindlich stören kann, oder es erfolgt über Kühltürme ein Eingriff in das lokale Klima.

Vom Gesichtspunkt einer sinnvollen Nutzung des Energie- und Mitteleinsatzes sind Großkraftwerke also eine reine Verschwendungstechnologie. Gegen zentrale Großkraftwerke sprechen aber auch gesellschaftliche Gründe, denn sie legen die Gesellschaft auf einen harten, unflexiblen Weg fest: Sie ziehen notwendig eine starke Industrialisierung des umliegenden Raumes nach sich, wie eine Massierung von großen Industrieanlagen, städtischen Wohnkomplexen und eine Betonierung der Landschaft durch Verkehrswege. Siedlungsstrukturen werden nach dem Energiefluß ausgerichtet anstatt umgekehrt. Die hohen Kapitalkosten zentraler Energieeinheiten verschlingen einen unnötig hohen Anteil des Sozialprodukts und lähmen die Entwicklung der Gesellschaft in anderen Bereichen. Die Energieversorgung durch ein System von Großkraftwerken führt zu einer wirtschaftlichen und politischen Machtkonzentration, sie fördert die Bürokratisierung und die Abhängigkeit von Experten und erzeugt zusammen mit der großen räumlichen Trennung zwischen Erzeuger und Verbraucher einen enteigneten, unmündigen Energieverbraucher, der dadurch auch noch zu einem Energieverschwender wird.

Die zentralisierte Energieerzeugung hat sich in der BRD zu einem "radikalen Monopol" entwickelt: Sie unterdrückt und vernichtet mögliche Alternativen und erzeugt eine totale Abhängigkeit. Fällt die Elektrizitätsversorgung aus, fällt praktisch die Gesellschaft aus: Kühe können nicht mehr gemolken werden, Lebensmittel verkommen in Kühltruhen, Ölheizungen fallen aus, es kann selbst mit Gas nicht mehr gekocht werden, da die elektrische Zündsicherung außer Funktion ist usw. Schon ein mittlerer Wintereinbruch kann so die technische Zivilisation mit ihrem "hohen Niveau der Naturbeherrschung" lahmlegen. Die hohe Störanfälligkeit des Systems begünstigt auch Sabotage: mit ein paar gezielten Schüssen auf Isolatoren sind ganze Regionen lahmzulegen. Die Abwehr hiergegen erhöht wiederum die paramilitärischen Strukturen im Zivilbereich.

(aus: Ullrich; Weltniveau, S. 137 ff.)

Kraft-Wärme-Kopplung:

Modell-Heizwerk in Berlin

Ein mit Dieselkraftstoff betriebenes privates Blockheizwerk, das Heizwärme und Elektrizität erzeugt und den vom Inhaber nicht selbst benötigten Strom in das Versorgungsnetz abgibt, ist jetzt in Berlin in Betrieb genommen worden.

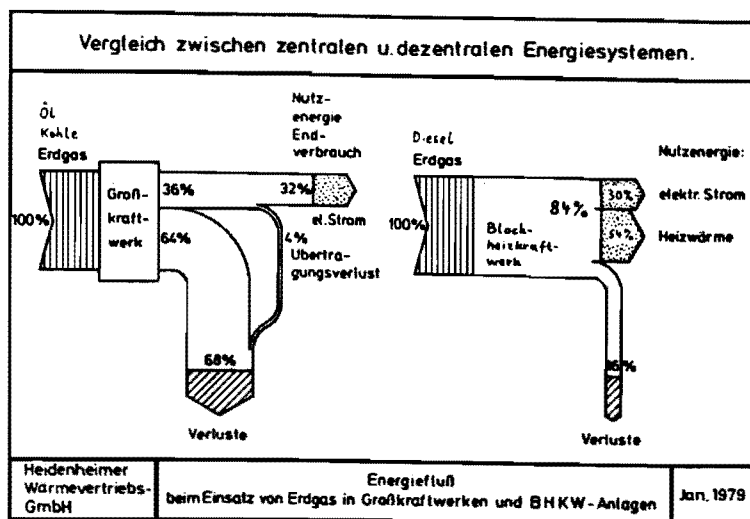
Das neue private Kraftwerk liefert eine elektrische Leistung von 80 Kilowatt und erbringt eine Wärmeleistung von 130 Kilowatt. Diese Wärmeleistung – die ungefähr für die Versorgung von zwei mittelgroßen Miethäusern ausreicht – wird im Berliner Modell von einer Firma für Heiz- und Klimatechnik genutzt, die auch den erzeugten Strom zum größten Teil selbst verwendet. Dadurch kann die Firma erhebliche Mittel einsparen, weil sie sonst für jede vom Elektrizitätswerk bezogene Kilowattstunde rund 18 Pfennig zahlen müßte. Die Einspeisung überschüssigen Stroms in das ört-

liche Netz ist dagegen weniger lukrativ, da das Elektrizitätswerk für die Kilowattstunde lediglich sieben Pfennig an den Stromerzeuger bezahlt.

Der gesamtwirtschaftliche Vorteil solcher dezentralen Kraft-Wärme-Kopplung liegt in der Verringerung der Energieverluste. Bekanntlich kann bei der Stromerzeugung nur etwa ein Drittel der eingesetzten Primärenergie in elektrische Energie umgewandelt werden. Der Rest geht meist als Abwärme verloren. Durch Heizkraftwerke haben die Versorgungsunternehmen bisher versucht, diese Verschwendung zu verringern. Dabei muß die Wärme jedoch vom Kraftwerk in die Wohnungen über recht weite Strecken transportiert werden. Dabei geht ein nicht unerheblicher Teil der Wärme verloren, außerdem werden durch das erforderliche Leitungssystem die Kosten erhöht. Durch den umgekehrten Weg, nämlich den Strom dort zu erzeugen, wo die abfallende Wärme gebraucht wird, werden Wärmeverluste auf ein Minimum reduziert. Ein zusätzliches Leitungssystem ist in der Regel nicht erforderlich.

aus:
Test
Heft 8/1980

aus:
Ruske/Teufel
S. 43



Energieflußdiagramm eines Blockheizkraftwerks und eines konventionellen Großkraftwerks

Technische Daten

| | Eine TOTEM Modulinheit | TOTEM-Anlage aus 8 Modulinheiten |
|---|------------------------|----------------------------------|
| Elektrische Energie | 15 KW | 120 KW |
| Thermische Energie | 38 KW (33.000 Kcal/h) | 304 KW (264.000 Kcal/h) |
| ausreichend für Wohnraum-Wärmebedarf von ca | 330 m ² | 2.640 m ² |

Maximale Kaltwasserzuleitung 2.000 l/h
Maximal Temperatur des Warmwasser 85 °C

Der Verbrauch der verschiedenen Energiearten läßt sich durch Warmwasserspeicher zeitlich unabhängig gestalten.

aus:
Fiat
TOTEM-Prospekt

Wirbelschichtfeuerung

Grundlage der Wirbelschichtfeuerung ist eine neue Verbrennungstechnik: Die Kohle wird nicht wie üblich in großen Brocken auf einem Rost, sondern zu Körnern (sechs bis acht Millimeter) gemahlen auf einem Luftwirbelbett schwebend verbrannt (Bild 4).

Die bei der Verbrennung entstehenden schwereren Ascheteilchen sinken nach unten und werden abgezogen.

Vorteile der Wirbelschichtfeuerung sind:

Der Wirkungsgrad einer wirbelschichtbefeuchten Anlage liegt höher als der eines konventionellen Kessels.

Die Wärmeübertragung auf die Kesselwand und die Dampferzeugerschlangen ist wegen der Bewegung der Teilchen höher als bei konventionellen Kesseln, was um die Hälfte kleinere Kessel ermöglicht.

Den höchsten Wirkungsgrad erreicht Wirbelschichtfeuerung unter Druck (bis ca. 16 bar). Hierbei kann noch eine Abgasturbine zur Stromerzeugung eingesetzt werden, womit ein Wirkungsgrad von 42 bis 43 Prozent erreicht wird (im Gegensatz zu einem dreißigprozentigen Wirkungsgrad eines Atomkraftwerks) (Peters, 1978).

Der bessere Wirkungsgrad und die kleineren Kessel erlauben eine kompaktere Bauweise der Anlage. Bild 5 zeigt einen Größenvergleich zwischen einem konventionellen Steinkohlkessel und wirbelschichtbefeuchten Anlagen gleicher Leistung.

Erhöhte Umweltfreundlichkeit

a) Reduzierung des Abwärmeproblems: Durch die Verbesserung des Wirkungsgrades im Vergleich mit einem Atomkraftwerk wird bei reiner Stromversorgung 35 Prozent, bei Wärmekraftkoppelung sogar 80 Prozent weniger Abwärme an die Umwelt abgegeben.

b) Reduzierung des SO₂-Problems: Bei der Verbrennung verbindet sich der in der Kohle enthaltene Schwefel mit dem Luftsauerstoff zu giftigem Schwefeldioxid. Teure Rauchgasentschwefelungsanlagen mit einem schlechten Wirkungsgrad (20 bis 30 Prozent) brachten bisher keine Lösung.

Beim Wirbelschichtverfahren kann man dieses Problem schon in der Entstehung verhindern. Mit der Kohle zusammen wird etwa 8 Prozent gemahlener Kalk zugeführt, der den Schwefel der Kohle zusammen mit Luftsauerstoff zu Gips (Calciumsulfat) bindet. Dadurch ist eine Entschwefelung von mehr als 95 Prozent möglich.

c) Starke Verringerung der Entstehung von Stickoxiden: Stickoxide (NO_x) entstehen bei Verbrennungen bei Temperaturen über 900° C durch eine Reaktion von Luftsauerstoff mit Luftstickstoff. Sie greifen vor allem die Lunge des Menschen an.

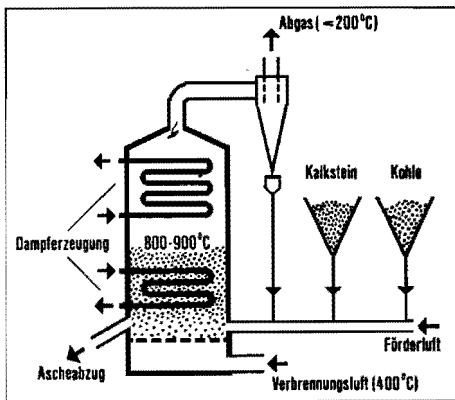
Die Wirbelschichtfeuerung kann bei Temperaturen zwischen 800 und 900° C stattfinden, wobei wesentlich weniger Stickoxide entstehen. Herkömmliche Kraftwerke jedoch erzeugen Temperaturen bis zu 1500° C und haben einen entsprechend hohen Ausstoß an Stickoxiden.

Dem erhöhten Staubauswurf der Wirbelschichtanlagen ist mit der inzwischen hochentwickelten Filtertechnik beizukommen. Elektrostatische Filter zum Beispiel erreichen heute Staubausscheidungsgrade bis zu 99 Prozent.

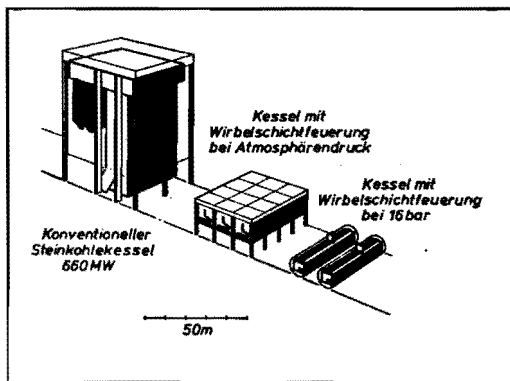
Kraft-Wärme-Koppelung

Im Gegensatz zu normalen Kohlekraftwerken, die in kleinen Einheiten nicht wirtschaftlich sind, liegt die optimale Kesselgröße bei Wirbelschichtkraftwerken bei ca. 30 MW. Bis zu dieser Größe ist eine Abwärmennutzung durch Wärmekraftkoppelung besonders geeignet und wirtschaftlich. Die entstehende Abwärme kann durch Einspeisung in ein örtliches Fernwärmenetz optimal genutzt werden (siehe auch Wärmekraftkoppelung, S. 33). Dadurch läßt sich die normalerweise bei der Stromerzeugung vorhandene Energieverschwendung auf die Hälfte reduzieren. Heizung mit Fernwärme kann die Heizkosten um etwa 25 Prozent senken (Stadt Flensburg).

Durch Kraft-Wärme-Koppelung in Verbindung mit kleinen wirbelschichtbefeuchten Kohlekraftwerken könnten in der Bundesrepublik bis zu 40 Millionen t SKE, vor allem Heizöl, eingespart werden. Das ist die Hälfte dessen, was die deutschen Haushalte an Heizenergie verbrauchen und zwölfmal so viel, wie die heutigen Atomkraftwerke an Energie liefern.



Prinzip einer Wirbelschichtfeuerung



Größenvergleich verschiedener Kessel mit gleicher Leistung

ROLLENKARTE 10: DR. PETER JENNING, INSTITUT FÜR ENERGIE-
UND UMWELTFORSCHUNG
(ENERGIEPOLITIK)

Hinweise für die Rolle:

Du bist ein politisch engagierter, kritischer Wissenschaftler, der sich mit den Zusammenhängen von Energiepolitik, Industriel-
ten und gesellschaftlichen Entwicklungen beschäftigt. Bei dei-
nen Untersuchungen bist du immer wieder auf die hemmende Rolle
der Elektrizitätsversorgungsunternehmen bei der Entwicklung re-
generativer Energiequellen gestoßen. Es ist dein Anliegen, den
Einfluß der EVUs und ihre Strategien klarzumachen, um den Bür-
gerinitiativen und Interessierten Laien Möglichkeiten der eige-
nen Einflußnahme zu ermöglichen.

Argumentationslinie:

Die neueste Strategie der EVUs ist die Argumentation, daß das
teure und wertvolle Erdöl durch Strom ersetzt werden soll. Dazu
sollen die Bürger ihre Ölheizungen durch elektrische Nachtspei-
cheröfen oder elektrische Wärmepumpen ersetzen. Wenn der Strom
in Zukunft zu einem größeren Anteil aus Kernenergie hergestellt
würde, könnte gleichzeitig das Wäldersterben, das durch die sau-
ren Emissionen (Schwefeldioxid) von Kohlekraftwerken verursacht
wird, gestoppt werden - so die Ansicht der EVUs. Kernenergie als
umweltfreundliche Lösung aller Energieprobleme?

Elektrische Nachtspeicheröfen und elektrische Wärmepumpen senken
den Energieverbrauch nur in geringem Maße. Es sieht nur so aus,
als wenn Energie gespart würde, weil der Verbrauch vom privaten
Haushalt in das öffentliche Kraftwerk verlagert wird. Man darf
nicht vergessen, daß bei der Stromerzeugung aus Kohle, Erdöl und
Erdgas ungefähr zwei Drittel der eingesetzten Primärenergie un-
genutzt als Abwärme frei werden, bei der Stromerzeugung aus Uran
sogar drei Viertel. Dabei wäre es viel einfacher, mit baulichen
Maßnahmen zur Wärmedämmung Energie zu sparen. Hier würde tat-
sächlich gespart werden, denn man müßte nicht mehr so viel Ener-
gie einsetzen. Der Energieverbrauch muß gesenkt werden, nicht
von einer Energieform auf die andere verlagert werden.

Der durch Wärmedämmungsmaßnahmen gesenkte Energieeinsatz könnte
spielend durch Sonnenkollektoren gedeckt werden. Wenn der Staat
Steuerbegünstigungen für Wärmedämmungsmaßnahmen und den Einbau
von Sonnenkollektoren gewähren würde, würden sicher viele Ver-
braucher zugreifen. So könnte sich langfristig eine neue Indu-
striebranche für sanfte Technologien entwickeln. Die Folge wäre
eine Zunahme interessanter Arbeitsplätze.

Zum Argument, daß Kohlekraftwerke die Umwelt verschmutzen: Dies muß nicht sein. Es ist mit heute schon erprobten Techniken möglich, das Schwefeldioxid und die anderen Umweltgifte aus den Abgasen der Kohleverbrennung herauszufiltern. Leider haben bisher nur fünf Steinkohlekraftwerke der BRD eine sogenannte Rauchgasentschwefelungsanlage. Alle anderen verteilen ihren Dreck nur gleichmäßig über hohe Schornsteine. Wenn alle Kohlekraftwerke mit Filteranlagen versehen würden und in Zukunft nur noch kleine, dezentrale Wärme-Kraft-Kopplungsanlagen auf der Basis der umweltfreundlichen Wirbelschichtfeuerung gebaut würden, wäre das Problem des sauren Regens aus der Welt.

| | | |
|--|---|--|
| <p>In dem jüngst in die Öffentlichkeit getragenen Szenario „Wärme 2000“ der Vereinigung Deutscher Elektrizitätswerke erfährt der Leser im ersten Satz: „Mit Öl werden wir wahrscheinlich nicht mehr lange heizen können.“ So gewarnt, wird er durch 20 Seiten wissenschaftlich anmutender Statistik geführt um dann zu lernen: „30 Prozent aller Wohnungen könnten im Jahr 2000 ausschließlich oder überwiegend mit strombetriebenen Systemen geheizt werden, ohne dafür ein einziges neues Kraftwerk bauen zu müssen.“ Wer wird da fortan nicht die Umstellung von Öl- auf Elektroheizung ins Auge fassen, um zu den 30 Prozent glücklichen Stromheizern zu gehören, wenn wir „mit Öl... nicht mehr heizen können“?</p> <p>Das Szenario führt dem Leser wohlweislich eine im Zahlenwerk versteckte Unterstellung nicht vor Augen: die eines stetig anwachsenden Energiebedarfs für Raumheizung. Tatsächlich ist dieser Bedarf aber zwischen 1973 und 1979 infolge sinnvollerer Umgangs mit der Heizung bereits um 22 Prozent gesunken, und er würde auf lange Sicht noch wesentlich drastischer absinken, wenn das enorme technische Einsparpotential aktiviert wird. Aber von diesem Potential ist im Szenario nicht die Rede;</p> | <p>sonst könnte dem Leser bewußt werden, daß er seinen Heizölbedarf auch durch Wärmedämmung und einfache heizungstechnische Maßnahmen statt durch Umstellung auf Strom stark reduzieren könnte.</p> <p>Hinsichtlich der Folgen dieser Umstellung wird der Leser mit dem Hinweis beruhigt, daß kein „einziges neues Kraftwerk“ gebaut werden müsse: Da ohnehin mit einer Verdoppelung des Strombedarfs bis zur Jahrhundertwende gerechnet wird, der „sowieso gedeckt werden muß“, könne der Strom für die Heizung von 30 Prozent der Wohnungen „in Zeiten geringer Auslastung der Kraftwerke und Verteilungsnetze“ bereitgestellt werden. Aber warum sich der Strombedarf verdoppeln wird, das erfährt der Leser nicht. Bereits jetzt wird die Hälfte des Stroms nicht für stromspezifische Zwecke, sondern für die Erzeugung von Wärme verwendet.</p> <p>Nur wenn die Elektrizität in stark steigendem Maß für die Raumheizung und Warmwasserbereitung — und das heißt hauptsächlich in Haushalt und Kleingewerbe — eingesetzt wird, wäre eine Verdoppelung der Stromerzeugung bis zur Jahrhundertwende denkbar; das weisen auch die Szenarios der Enquete-Kommission aus. Die Behauptung, es</p> | <p>müsse kein „einziges neues Kraftwerk“ gebaut werden, entbehrt daher jeder Grundlage.</p> <p>Das Szenario „Wärme 2000“ offenbart die Strategie, mit der die Elektrizitätswirtschaft in den häuslichen Wärmemarkt eindringt. Nur so kann der Zuwachs an Stromverbrauch entstehen, der den Ausbau der Kernenergie rechtfertigt; sonst wäre weder Erdöl noch Kernenergie zur Stromerzeugung nötig. Die Alternative zur Kernenergie ist also nicht etwa die, immer mehr Kohle zu verstromen, sondern die Offensive der Elektrizitätswirtschaft zu unterbinden und statt dessen Heizöl zu substituieren in erster Linie durch verbrauchssenkende Maßnahmen (vor allem Wärmedämmung) und darüber hinaus durch Ausbau einer dezentralen Wärmeversorgung, mit der sowohl Sonnenenergie als auch die Abwärme genutzt wird, die in Industriebetrieben und bei der Elektrizitätserzeugung anfällt und die bisher umweltschädigend die Flüsse aufheizt.</p> <p>Die Nutzung der enormen, bei der Elektrizitätserzeugung anfallenden Abwärme verlangt aber, daß nicht verbraucherferne Kernkraftwerke, sondern verbraucherne, kleine, kommunale oder individuelle Heizkraftwerke installiert werden.</p> |
|--|---|--|

aus: Traube; Die sinnlose Verschwendung ist das eigentliche Problem
in: FRANKFURTER RUNDSCHAU vom 5.12.1980

Drei neue Atomkraftwerke pro Jahr?

Klaus Traube über die „Dritte Fortschreibung des Energieprogramms“

Wie schafft nun der Markt – bei ansonsten stagnierendem Energiebedarf – die starke Ausweitung des Strombedarfs, die zur Aufnahme einer mehr als verfünffachten Kernenergiestromerzeugung nötig wäre? Die Gutachter sind sich da mit der Elektrizitätswirtschaft zunächst über ein beherrschendes Prinzip einig: Strom dringt in den *Wärmemarkt* vor, weil „die Strompreise in ihrem Anstieg hinter dem allgemeinen Energiepreisanstieg zurückbleiben“ – wenn nur genügend Kernkraftwerke gebaut würden.

Die Ölkosten steigen, Gas und Kohle ziehen nach, Uran jedoch ist an den Kosten des Kernenergiestroms nur geringfügig beteiligt, so daß Kernenergiestrom der ruhende Pol in der Energiepreise-Flucht bleiben wird. Was also liegt näher, als auf zukunftsicheren Strom umzustellen? Wir alle kennen die Frage und die Antwort aus den netten Heftchen, die uns die Informationszentrale der Elektrizitätswirtschaft freundlicherweise in die Intercity-Abteile hängt.

Elektrizität ist aber nicht ein Energieträger wie jeder andere, sondern einer, der über einen technisch außerordentlich aufwendigen Prozeß hergestellt und verteilt wird; deshalb werden die Stromerzeugungskosten zum großen Teil bestimmt durch die Kapitalkosten der Kraftwerke und Verteilungsnetze und keineswegs nur durch die Preise der zur Stromerzeugung eingesetzten natürlichen Energieträger.

Dummerweise kosten Kernkraftwerke doppelt soviel wie Kohlekraftwerke: Ihre Kosten sind mit der Zeit so rapide gestiegen wie die Ölpreise, und sie steigen weiter.

Der Strom aus den Kernkraftwerken, die zur Zeit in Bau sind, wird – einschließlich Verteilung – zwischen 15 und 20 Pfennig pro Kilowattstunde kosten, damit über den heutigen mittleren Stromgestehungskosten von 14 Pfennig liegen. Kauft man aber Energie in Form von Kohle, Gas oder Öl, so kostete sie 1980 im Mittel für industrielle Abnehmer zwischen 1,5 Pfennig pro Kilowattstunde (Importkohle) und drei Pfennig pro Kilowattstunde (Ruhrkohle, schweres Heizöl), für Haushalte zwischen 5,5 Pfennig pro Kilowattstunde (Gas) und sieben Pfennig pro Kilowattstunde (leichtes Heizöl) – also nur zwischen zehn und 50 Prozent der mittleren Stromgestehungskosten.

Die Bundesregierung erläutert beflissen in der dritten Fortschreibung: „Die Heizung mit Wärmepumpen oder Nachspeichergeräten ist häufig die einzige Alternative zum Öl. Dies bedeutet in erster Linie die Ausnutzung der mit wachsenden Stromerzeugungskapazitäten wieder zunehmenden Lasttäter.“

Energie- und umweltpolitisch sind Speicherheizungen dagegen unsinnig. Nur 29 Prozent der im Kraftwerk eingesetzten Primärenergie kommen beim Verbraucher in Form von Strom an: So verbraucht die Speicherheizung mindestens zweieinhalbmal soviel Primärenergie wie moderne Öl- beziehungsweise Gaszentralheizungen. Energie in Form von Gas oder Öl wird mittels der Nachspeicherheizung ersetzt durch eine sehr viel höhere Energiemenge hauptsächlich in Form von Kohle, bei zunehmendem Ausbau der Kernenergie auch – aber in jedem Fall nur zum kleineren Teil – durch Uran.

Wie sieht es mit den elektrischen Wärmepumpen aus? Sie kommen in großer Anzahl auch nach Ansicht der Elektrizitätswirtschaft und der Gutachter nur für Ein- und Zweifamilienhäuser in Frage und nur in der sogenannten bivalenten Ausführung; das heißt sie werden bei Temperaturen von drei Grad Celsius abgeschaltet, darunter wird mit der normalen Zentralheizung geheizt.

Da sie Umgebungswärme zur Heizung heranziehen, benötigen sie nur einen Teil der Heizwärme als Antrieb in Form elektrischer Energie, die aber andererseits ja nur einen Teil der im Kraftwerk eingesetzten Energie ausmacht.

Die Gutachter wissen zu berichten, daß die bivalente elektrische Wärmepumpe „den Energieverbrauch für Raumheizungszwecke reduziert“ und daß sie „67 Prozent des Jahreswärmebedarfs“ einer Wohnung deckt.

Eine Analyse des Standes der Kenntnis über die so hochgelobte bivalente Wärmepumpe, für deren millionenfachen Einsatz sich Durchschnittswerte ermitteln lassen, kommt dagegen zu folgendem Ergebnis: Sie deckt nicht „67 Prozent des Jahreswärmebedarfs“, sondern nur rund die Hälfte; also reduziert sie auch den Bedarf einer Ölheizung nur um die Hälfte.

Sie reduziert den „Energieverbrauch für Raumheizungszwecke“ überhaupt nicht, sondern verlagert den Energiebedarf in ziemlich genau gleicher Höhe vom Haus in ein Kraftwerk. Sie hätte keinerlei „gute Marktaussichten“, wenn es nur hinreichend bekannt würde, daß es – von wenigen Sonderfällen abgesehen – ganz entscheidend billiger ist, den Ölverbrauch eines Einfamilienhauses durch Wärmedämmung und heizungstechnische Maßnahmen statt durch die Installation einer Wärmepumpe auf die Hälfte zu reduzieren, und zwar gleichgültig, von welchem Niveau an Wärmedämmung man ausgeht.

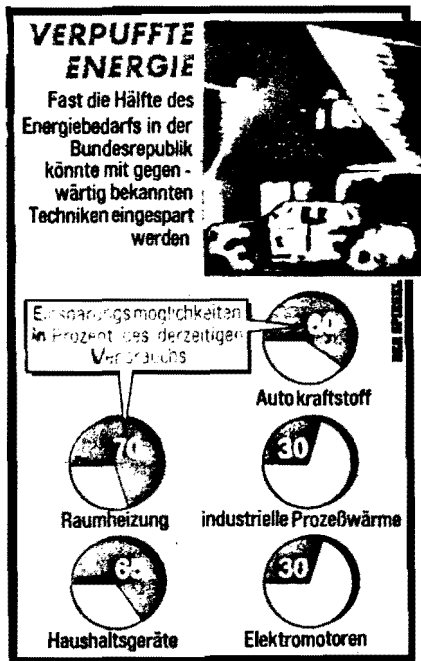
Hundert Jahre, nachdem die Gefährdung der Natur durch schwefelsaure Abgase beim Verbrennen von Kohle und später Öl erkannt war, besitzen nur fünf Steinkohlekraftwerke in der Bundesrepublik eine Rauchgasentschwefelungsanlage. In diesen fünf Kraftwerken werden zwölf Prozent der hierzulande mit Steinkohle gewonnenen Energie erzeugt, während die anderen 88 Prozent in, wie es vor 100 Jahren hieß, „Steinkohle konsumierenden Etablissements“ hergestellt werden, die ihren chemischen Abfall ungehemmt in die Atmosphäre pusten.

Schwefelmengen, die stündlich in einem Großkraftwerk verheizt werden, beziehungsweise entstehen Ein 700-Megawatt-(MW)-Block verbrennt in der Stunde 250 Tonnen Kohle (250 000 kg). Bei einem durchaus gemäßigt angesetzten Schwefelgehalt der Kohle von 1,1 Prozent verbrennen also stündlich 2750 kg Schwefel, verlassen stündlich 5500 kg SO₂ den Schornstein. Im Jahr rund gerechnet 4000 Betriebsstunden lang.

Ungefiltert gehen aber derzeit aus bundesdeutschen Steinkohlekraftwerken nicht nur die Abgase von erzeugten 700 MW in die Luft, sondern von gut 20 000 MW. Also mehr als 180 Tonnen SO₂ in der Stunde, mal 4000, wenn man die Jahres-Giftproduktion ausrechnen will.

Ist es unser Schicksal, den Stromwohlstand mit soviel Gift erkaufen zu müssen? Oder bleibt nur die von ihren Befürwortern als sauber angepriesene Kernenergie? Gesetzlich den Fall, der Betrieb von Kernkraftwerken verlief ohne „Harrisburg“ oder irgendeinen folgenschweren Unfall, sitzen wir immer noch auf dem strahlenden Abfall für zig Jahrtausende, und das am Ende für ein vielleicht 50- bis 100jähriges Kernenergieversorgungsintermezzo.

aus: Siemens; Ein Wirbel soll die Abgase aus der Luft schaffen
in: FRANKFURTER RUNDSCHAU vom 12.7.1982



aus: DER SPIEGEL 11/1980

Integrierter Umweltschutz ist aber eben auch bei der Verbrennung von Kohle keine Utopie mehr. Das Stichwort heißt: Wirbelschichtfeuerung. Dieses Verfahren unterscheidet sich grundsätzlich von der heute allgemein angewandten Technik der Kohlestaubfeuerung.

Das Prinzip der Wirbelschicht wurde in den zwanziger Jahren bei der BASF entwickelt (Winkler-Generator), erlangte aber keine große Bedeutung, da die Kohletechnik andere Wege, zum Beispiel den der Kohlestaubfeuerung, ging. Zu „Zuckerraffinade“ fein zermahlener Kohlestaub wird dabei in einen Kessel geblasen und verbrennt bei Temperaturen zwischen 1200 und 1700 Grad Celsius. Hier ist es ausgeschlossen, das entstehende SO₂ im Brennvorgang zu binden. Zudem entstehen bei diesen

Temperaturen Stickoxyde und werden Halogene (Fluor, Chlor) und Schwermetalle frei, deren Umweltgefährlichkeit kaum hoch genug einzuschätzen ist.

„Saurer Regen ist zum Synonym einer viel komplexeren Verschmutzung geworden“, erklärt dazu Karl Friedrich Wentzel vom Hessischen Landesamt für Umwelt in Wiesbaden; denn man redet heute nur von einem Teil der Umweltbelastungen durch Abgase.

Für eine Wirbelschichtfeuerung wird die Kohle zu etwa vogelfuttergroßem Granulat gemahlen und mit zerkleinertem Kalkstein vermischt. Die Mischung wird über einen luftdurchlässigen Rost in den Kessel gegeben. Von unten wird Luft mit soviel Druck in den Kessel geblasen, daß über dem Rost eine mehrere Meter hohe wirbelnde, brennende Kohle-Kalkstein-Schicht entsteht.

Der aus der Kohle freiwerdende Schwefel wird unmittelbar (85 Prozent und darüber) von dem Kalkstein als Calciumsulfat (Gips) gebunden. Verbrannt wird die Kohle-Kalk-Mischung bei etwa 850 Grad Celsius, eine Temperatur, die wesentlich weniger Stickoxyde, Halogene oder Schwermetalle freiwerden läßt. Weitere Vorteile:

Wirbelschichtfeuerungen sind so etwas wie Vielstoffmotoren für Kohlekraftwerke. Es können Ballastkohlen mit hohem Asche-Schwefel- oder Wassergehalt verbrannt werden.

Man erreicht einen Ausbrand der verwendeten Kohle von 95 bis 99 Prozent.

Kleines Bauvolumen ermöglicht eine architektonisch harmonische Einfügung in der Stadt.

Eine wirtschaftlich wesentliche Begründung für stadtnahe, umweltfreundliche Kohlekraftwerke ist ihr hoher Wirkungsgrad in bezug zur eingesetzten Energie. Diese wird in Kraftwerken, die allein Strom erzeugen, nur zu etwa 35 Prozent ausgenutzt. Anschließend wird die vorhandene Wärme über Kühltürme in die Atmosphäre oder in die Flüsse abgeführt. Nutzt man jedoch dieses Potential zur Fernwärmeversorgung, steigt der Wirkungsgrad des Kraftwerks auf über 70 Prozent.

Bei ortsfernen Großkraftwerken ist diese Doppelnutzung zumeist ausgeschlossen. Die erzeugten Wärmemengen sind zu groß, um sie in Fernwärmenetze einspeisen zu können. Lange Transportwege machen solche Netze unwirtschaftlich.

Ganz großer Vorteil der Wirbelschichtfeuerung: sie ist als Technologie verfügbar und keine Fabel aus dem Reich der Science Fiction. In der chemischen Industrie werden die einzelnen Bausteine der Wirbelschichttechnologie seit langem genutzt. Anlagerzweck ist es zumeist, Chemikalien zu trocknen, zum Beispiel in der Aluminiumindustrie. Auch kleinere Anlagen zur reinen Energieerzeugung sind seit Jahren (Balingen) in Betrieb.

DIE KRITISCHEN BÜRGER

Der Technikgläubige

Du interessierst dich für alles, was auf dem Gebiet von Naturwissenschaft und Technik an Entdeckungen und Erfindungen gemacht wird. Sozialer Fortschritt ist deiner Meinung nach von naturwissenschaftlichen Entwicklungen abhängig. Denn die Technik und die Naturwissenschaften helfen den Menschen, machen ihr Leben angenehmer, leichter und lebenswerter. Deshalb bist du allen Neuerungen wie Computer, Mikroelektronik und Kernkraftwerken gegenüber sehr aufgeschlossen und bemüht dich, sie mit rationalen Argumenten zu bewerten. Die naturwissenschaftliche Erkenntnismethode ist für dich die Basis aller Entscheidungen. Auch Kontroversen wie die Debatte Kernenergie ja oder nein lassen sich entscheiden, wenn man die emotionalen Argumente und die politischen Interessen beiseiteläßt und sich nur auf den wissenschaftlichen Kern konzentriert.

Der Expertenhörige

Du bist allen Streitfragen gegenüber sehr aufgeschlossen, weißt aber, daß du nicht alle Argumente kennen oder beurteilen kannst. Du bist deshalb auf das Wissen von Fachleuten angewiesen, die auf ihrem Spezialgebiet eine vernünftige Bewertung eines anstehenden Sachverhalts liefern können. Die Aussagen der Wissenschaft sind ja bekannterweise objektiv, d.h. frei von persönlichen Interessen oder politischen Einstellungen, sie sind allgemeingültig, und jederzeit und an jedem Ort überprüfbar. Du vertraust natürlich besonders jenen Wissenschaftlern, die aufgrund ihrer langjährigen Erfahrung eine leitende Position einnehmen und allgemein anerkannt sind.

Der um die Arbeitsplätze besorgte Gewerkschafter

Du bist aktives Gewerkschaftsmitglied und siehst den Sinn deiner Arbeit darin, Verbesserungen der Arbeitssituation deiner Kollegen zu erkämpfen und in Zeiten wirtschaftlicher Flaute Arbeitsplätze zu sichern. Es hat keinen Sinn, sich dem technischen Fortschritt zu verschließen, sondern man muß dafür sorgen, daß er human gehandhabt wird. Neue Technologien, die neue Industriezweige begründen, sind zu begrüßen, denn sie schaffen Arbeitsplätze. Gerade beim Bau von Kernkraftwerken sind viele Industriezweige beteiligt, und damit auch viele, meist hochwertige Arbeitsplätze. Nur wenn die einheimische Industrie international technisch führend ist, bleibt sie wettbewerbsfähig und gesund. Nur eine gesunde Industrie schafft genug und humane Arbeitsplätze. Wenn es den grünen Chaoten gelingt, den Kernkraftwerksbau zu stoppen,

beseitigen sie unzählige Arbeitsplätze und schaffen soziale Konflikte. Ökologische Kleinlichkeitskrämerei muß beendet werden zugunsten vernünftiger ökonomischer Überlegungen im Interesse der Arbeitnehmer.

Der Lehrer

Du bist Lehrer für Naturwissenschaft und in letzter Zeit ziemlich verunsichert. Du hast ein großes Interesse, deinen Schülern Naturwissenschaft und Technik nahe zu bringen, stößt aber immer mehr auf Ablehnung und Desinteresse. Die Schüler sehen nur noch die negative Seite: Umweltzerstörung, Atomkraftwerke, Ausrüstung usw. Niemand interessiert sich mehr für die aufklärerische Macht der naturwissenschaftlichen Erkenntnismethode. Die Jugendlichen reden über Sachverhalte, ohne einen blassen Schimmer an Verständnis für die komplizierten Grundlagen zu haben. Emotionen verhindern eine rationale Diskussion. Naturwissenschaftsunterricht könnte das notwendige Wissen für diese rationale Betrachtungsweise liefern. Aber wenn die Schüler nicht wollen...? Du begrüßt die hier mögliche Aussprache ausdrücklich, weil sie das Problem sachlich angeht. Vielleicht fällt ja noch so manches ab, was auch im Unterricht einsetzbar ist.

Der Politiker-Gläubige

Du bist ein aufrechter Demokrat und überzeugter Anhänger unserer freiheitlichen Grundordnung und unseres parlamentarischen Systems. Die gewählten Volksvertreter bestimmen die Geschicke unseres Landes. Basisdemokratie, also die direkte Einflußnahme der Bürger auf Entscheidungen des Staates, lehnt du ab. Deshalb kannst du die Vorstellungen von Bürgerinitiativen nicht akzeptieren, über Volksentscheide die Politik beeinflussen zu wollen. Die Politiker müssen auch Maßnahmen durchsetzen, die unbeliebt sind und Protest hervorrufen. Es gibt wohl keine Entscheidung, die nicht auf Unmut bei irgendeiner Minderheit stößt. Aber es muß einmal ganz deutlich gesagt werden: Die regierenden Politiker sind von der großen Mehrheit der Bundesbürger gewählt worden und haben somit das Recht und die Pflicht, notwendige Maßnahmen wie den Bau von Atomkraftwerken und Startbahnen durchzusetzen. Nur eine wehrhafte Demokratie ist überlebensfähig, nur eine wehrhafte Demokratie kann der Systemveränderung durch Radikale im ökologischen Mäntelchen begegnen.

Das Bürgerinitiativen-Mitglied

Du bist Mitglied in einer Bürgerinitiative gegen Atomanlagen und engagierst dich schon seit längerem in der Energie- und Umweltdiskussion. Zwar gibt es für die Bürgerinitiativen vereinzelte Erfolge, aber insgesamt läuft die Energiepolitik in die falsche Richtung. Deshalb vermutest du auch, daß diese Tagung "Energiedialog mit kritischen Bürgern" nur den Zweck hat, den Bürgern ihre Kritik auszureden. Es geht nur darum, die Leute von der Energiepolitik der Bundesregierung zu überzeugen, nicht darum, gemeinsam zu diskutieren und die Einwände ernsthaft zu prüfen. Bisher sind die Bürger zur Atomenergiefrage überhaupt nicht gehört worden. Zukünftig sollen sie bei atomrechtlichen Genehmigungsverfahren ganz ausgeschaltet werden. Deshalb bleibt uns nur die Möglichkeit auf außerparlamentarischem Wege, nämlich in Bürgerinitiativen, unseren Einfluß geltend zu machen.

Der Kernenergie-Befürworter

Du bist für den Fortschritt, weil nur Wissenschaft und Technik den Lebensstandard der Menschen bestimmen und erhalten können. Wenn es den Bürgern der Bundesrepublik Deutschland weiterhin wirtschaftlich gut gehen soll, muß dafür gesorgt werden, daß der wachsende Energiebedarf mit Strom gedeckt werden kann. Dies geschieht durch den Bau neuer Kernenergieanlagen, die umweltfreundlicher sind als die alten Kohlekraftwerke, weil sie eben keinen sauren Regen verursachen. Und sicher sind Atomkraftwerke auch, was nicht zuletzt der "Störfall" in Harrisburg gezeigt hat, den man ja in den Griff bekommen hat. Außerdem schaffen Kernenergieanlagen Arbeitsplätze und können zum Sinken der Arbeitslosigkeit beitragen. Atomstrom macht die deutsche Industrie vom Öl unabhängig und auf dem Weltmarkt konkurrenzfähig. Davon profitieren alle Bürger! Du bist bei dieser Tagung darauf gespannt, welchen Ausweg aus der wirtschaftlichen Krise die Grünen und Bürgerinitiativen anzubieten haben. Deiner Meinung nach kümmern sich diese Leute um die Volkswirtschaft überhaupt nicht!

Die verunsicherte Hausfrau

Also dieser "Energiedialog mit Bürgern" muß jetzt endlich mal Klarheit bringen, das müßte für dich dabei herauspringen! Du hast bei deiner Arbeit im Haushalt ständig mit Energie zu tun.

Du kochst mit Gas, du verbrauchst Strom für Kühlschrank, Küchengeräte, Staubsauger, Fernseher usw. Du weißt, daß Energie immer teurer wird, Strom wie Gas, und du weißt nicht recht, ob diese Bürgerinitiativen oder die Grünen wirklich wollen, daß die Bürger auf solche alltäglichen Bequemlichkeiten verzichten sollen, weil sie dagegen sind, daß neue Atomkraftwerke gebaut werden. Wenn es aber stimmt, daß Atomanlagen wirklich so gefährlich sind, müssen sich dann nicht doch alle Bürger einschränken? Und muß die Industrie nicht auch ihren Energiebedarf zügeln? Müssen die Menschen nicht mit einem wirtschaftlichen Null-Wachstum zurechtkommen, ohne daß der bisherige Lebensstandard zu sehr sinkt? Antworten auf diese und ähnliche Fragen erhoffst du dir. Du willst aufmerksam zuhören und dich trauen, Fragen zu stellen!

III. 4. LITERATUR

- 1) Bericht der Enquete-Kommission des Deutschen Bundestages, Teil 1 und Teil 2; Zukünftige Kernenergie-Politik, Kriterien - Möglichkeiten - Empfehlungen;
erschienen in der Schriftenreihe "Zur Sache" Hefte 1 und 2 / 1980
Bezug: Presse- und Informationszentrum des Deutschen Bundestages, Referat Öffentlichkeitsarbeit, 53 Bonn, Bundeshaus (kostenlos)
- 2) G. Bruckmann: Sonnenkraft statt Atomenergie; Wien u.a. 1978
- 3) Bundesministerium für Wirtschaft: Energieprogramm der Bundesregierung, Dritte Fortschreibung vom 4.11.1981; kostenlos erhältlich beim Bundesministerium für Wirtschaft, Bonn
- 4) Es geht auch anders - Ein Katalog über Energie-Alternativen; herausgegeben von: Zentrum für Ökologie und umweltfreundliche Technik, 3257 Springe-Eldagsen
- 5) S. Hellweger: Chemieunterricht 5 - 10; München, Wien 1981
(In diesem Buch sind viele weitere Rollenspiele zur Energie- und Umweltproblematik enthalten.)
- 6) Informationszentrale der Elektrizitätswirtschaft e.V.: Eine Lebensfrage: Strom, Daten und Fakten zur Energiediskussion, Hefte 1 bis 7 (kostenlos), Heinrich-Lübke-Str. 19
53 Bonn
- 7) Krause u.a.: Energiewende, Wachstum und Wohlstand ohne Erdöl und Uran; Frankfurt/Main 1980
- 8) B. Ruske/ D. Teufel: Das sanfte Energie-Handbuch; Reinbek
1980
- 9) K. Schmölling: Strom-Erzeugung. Mit halber Kraft voraus.
Bild der Wissenschaft 3/1982, S 80 ff.
- 10) J. Siemens: Ein Wirbel soll die Abgase aus der Luft schaffen;
Frankfurter Rundschau 12.7.1972, S. 3
- 11) Stiegler (Hrsg.): Natur und Technik, Physik 2; Berlin 1979
- 12) J. Strasser / K. Traube: Die Zukunft des Fortschritts, Der Sozialismus und die Krise des Industrialismus; Bonn 1981
- 13) K. Traube: Die sinnlose Verschwendung ist das eigentliche Problem: Atomenergie oder Energiesparstaat? Zur Konstruktion einer falschen Alternative;
Frankfurter Rundschau 4. und 5. 12. 1980
- 14) K. Traube: Drei neue Atomkraftwerke pro Jahr?;
DER SPIEGEL 49/1981, S. 66 ff.
- 15) O. Ullrich: Weltniveau; Berlin 1979
- 16) Vereinigung deutscher Elektrizitätswerke (VDEW): Wärme 2000
Kurzfassung in: Frankfurter Rundschau 11.6.1980, S. 10

IV. WOMIT KANN MAN AM BILLIGSTEN TEE KOCHEN?

DIE QUALITÄT VON ENERGIEFORMEN: VERGLEICH STROM - GAS

IV. 1. VORSCHLÄGE FÜR DEN UNTERRICHT

Die Schüler sammeln im Gespräch die in Haushalten vorkommenden Energieformen und -träger und überlegen, mit welchen Heizgeräten diese Energieformen in Wärme umgewandelt werden können, um damit Wasser zu erhitzen. Der wichtigste Aspekt bei der Untersuchung der Frage, womit man am billigsten Tee kochen kann, ist: Wie kann man die Energie, die zum Aufheizen von Wasser benötigt wurde, messen:

| Energieformen und -träger in Haushalten | Heizgeräte und -möglichkeiten | Energiemesser |
|--|---|--|
| 1. Elektrischer Strom | 1. Tauchsieder Kochplatte Kaffeemaschine Schnellkocher Heißwasserbereiter | 1. Haushaltsinduktionszähler für - Wechselstrom oder - Drehstrom |
| 2. Erdgas | 2. Gasherd, Bunsenbrenner (Verbrennung) | 2. Haushaltsgaszähler. |
| 3. Propan- oder Butan- gas | 3. Campingbrenner Gasherd (Verbrennung) | 3. Haushaltsgaszähler. |
| 4. Heizöl | 4. Ölbrenner in Ofen und Zentralheizungen (Verbrennung) | 4. Messen des Heizölverbrauchs und Berechnung der verbrauchten Energie über den Heizwert des Öls. |
| 5. Kohle - Braunkohle - Steinkohle - Anthrazit | 5. Kohleofen (Verbrennung) | 5. Messen des Kohleverbrauchs und Berechnung der verbrauchten Energie über den Heizwert der Kohle |
| 6. Holz | 6. Holzofen Holzfeuer (Verbrennung) | 6. Messen des Holzverbrauchs und Berechnung der verbrauchten Energie über den Heizwert des Holzes. |
| 7. Torf | 7. Torffeuer (Verbrennung) | 7. Messen des Torfverbrauchs und Berechnung der verbrauchten Energie über den Heizwert des Torfes. |

Den meisten Schülern dürfte heute wohl nur noch Strom und Gas als Energie zum Bereiten von Tee- oder Kaffeewasser bekannt sein. Wir haben deshalb unsere Untersuchungen auf diese beiden Energieformen bzw. -träger beschränkt. Sollten jedoch Schüler die anderen Energieträger erwähnen, wäre es sinnvoll, auch diese in die Versuche mit einzubeziehen. Damit würde das Spektrum der arbeitsteiligen Gruppenarbeit größer und die Schüler hätten die Gelegenheit, ihre Phantasie bei der Messung des verbrauchten Brennstoffs spielen zu lassen.

Wie kann man die Wärmeenergie von Brennstoffen messen?

Ein Problem ist die Vergleichbarkeit der Energien von Strom und den Brennstoffen. Der Stromverbrauch läßt sich an einem Haushaltszähler ablesen. Selbst damit haben viele Schüler jedoch Schwierigkeiten, besonders wenn sie die verwendete Einheit kWh erläutern und anwenden sollen. Der Lehrer sollte deshalb Wert darauf legen, daß alle Schüler mit den Energie-Einheiten, die ihnen im alltäglichen Leben begegnen, wirklich umgehen können.

Um alle aufgezählten Brennstoffe bezüglich ihrer Wärmeenergie vergleichen zu können, muß eine für alle gleiche Bezugsgröße gefunden werden. Man hat die Wärmeenergie, die bei der vollständigen Verbrennung von jeweils 1 kg eines beliebigen Brennstoffs frei wird, als Bezugsgröße definiert und diesen Wert als Heizwert bezeichnet.

Eine experimentelle Bestimmung des Heizwerts von Petroleum über die Temperaturerhöhung von Wasser findet man in:

- ° IPN Curriculum Physik 10.1.: Energie quantitativ: Elektro- oder Benzinauto, Stuttgart 1977, Klett, S. 135 ff.

Mit der Kenntnis des Heizwerts von gasförmigen oder festen Brennstoffen läßt sich also leicht ausrechnen, wieviel Wärmeenergie eine bestimmte Menge verbrannten Brennstoffs abgegeben hat!

Tabelle: Heizwerte (Umrechnung in Joule: 1 kcal = 4,1868 KJ
Umrechnung in Kilowattstunden: 1 kcal = 0,00116 kWh)

| | | |
|---|--------------|---------------------|
| 1. <u>Gase:</u> | | |
| Stadtgas (Kokereigas) | 4000 - 5000 | kcal/m ³ |
| Erdgas | 7620 | kcal/m ³ |
| Wasserstoff | 2600 | kcal/m ³ |
| Kraftstoff-Luft-Gemisch in Ottomotoren | 800 - 900 | kcal/m ³ |
| Methan | 8600 | kcal/m ³ |
| Azetylen | 13600 | kcal/m ³ |
| 2. <u>Flüssige Brennstoffe:</u> | | |
| Äthylalkohol (Äthanol) | 6400 | kcal/kg |
| Normalbenzin | 9800 - 10500 | kcal/kg |
| Super-Benzin | ca. 10500 | kcal/kg |
| Erdöl | ca. 9700 | kcal/kg |
| Heizöl | ca. 9700 | kcal/kg |
| Methanol CH ₃ OH | 4700 | kcal/kg |
| Petroleum | ca. 10000 | kcal/kg |
| 3. <u>Feste Brennstoffe:</u> | | |
| Anthrazit | 8400 | kcal/kg |
| Braunkohlenbrikett | 5000 | kcal/kg |
| Graphit | 7840 | kcal/kg |
| Holz frisch | ca. 2000 | kcal/kg |
| Holz wasserfrei | ca. 4500 | kcal/kg |
| Steinkohlenbrikett | ca. 7500 | kcal/kg |
| Steinkohle | 7500 - 8400 | kcal/kg |
| Torf lufttrocken | 3900 | kcal/kg |
| Torf wasserfrei | ca. 6000 | kcal/kg |
| 4. Elektrischer Strom | | 860 kcal/kWh |

Quellen: F. Bader (Hg.) 1967, S. 79/80
Bundesministerium für Wirtschaft 1978, S. 46

Heißwasserbereitung mit Strom und Gas

Der Lehrer erarbeitet anhand des Arbeitsblattes 1 mit seinen Schülern die Untersuchungsmethode und den Versuchsaufbau. Als Hilfestellung ist die gemeinsame Anfertigung einer Tabelle sinnvoll, in die die gemessenen Versuchsdaten eingetragen werden:

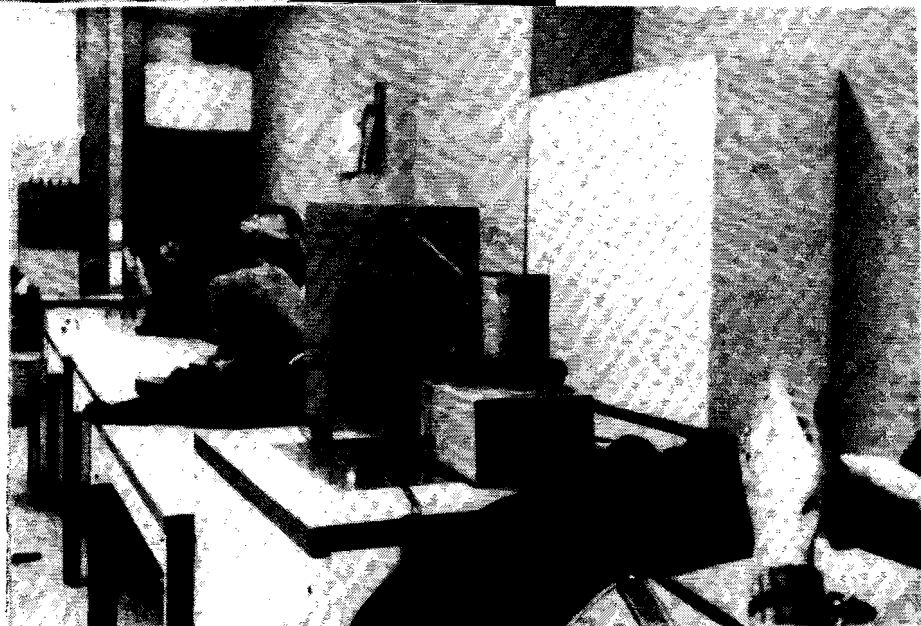
| Energieform bzw.-träger | Heizgerät | Energie-messer | Zähler-stand vor Ver-suchs-beginn | Zähler-stand nach dem Ver-such | Ver-brauch | Tem-pera-tur des Wassers vor Ver-suchsbe-ginn | Benötigte Zeit zum Aufheizen auf 100 °C |
|-------------------------|-----------|----------------|-----------------------------------|--------------------------------|------------|---|---|
| Elektrischer Strom | | | | | | | |
| Erdgas | | | | | | | |



Die Schülergruppen erhitzen mit verschiedenen Geräten jeweils 1 l Wasser bis zum Siedepunkt. Dabei wurde die benötigte Energiemenge und die Zeit gemessen.

Die beiden Mädchen erhitzen Wasser mit einem 1000-Watt-Tauchsieder.

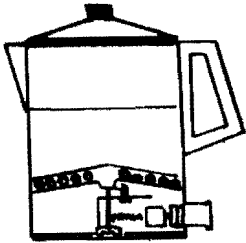
Hier wird eine 1000-Watt-Heizplatte zum Erhitzen verwendet.



ARBEITSBLATT 1: MIT WELCHEN ENERGIEFORMEN UND GERÄTEN KANN MAN WASSER ERHITZEN UND DIE DABEI VERBRAUCHTE ENERGIE MESSEN?

1. Elektrischer Strom

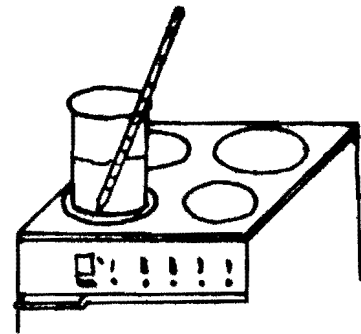
Man kann Wasser mit verschiedenen elektrischen Haushaltgeräten erhitzen:



Mit einem Schnellkocher



Mit einem Tauchsieder



Mit einem Elektroherd



2. Erdgas

In einem Bunsenbrenner wird Erdgas mit Luftsauerstoff vermischt und verbrannt. Die Menge an verbrauchtem Erdgas wird mit einem Gaszähler in m^3 gemessen. Um die Wärmeenergie zu bestimmen, muß der Verbrauch mit dem Heizwert des Erdgases multipliziert werden.

Frank erhitzt Wasser mit einem Gasbrenner mit Schlitzaufsatz.

Rechts im Bild sieht man einen Haushaltsgaszähler, den uns die Stadtwerke Hannover für Unterrichtszwecke geschenkt hatten.



Nach der Versuchsdurchführung gab es Kekse und Tee.

Die Problematik der Strom- und Gasstarife:

Nachdem der Verbrauch der Wärmeenergien gemessen worden ist, stellt sich die Frage nach den Kosten für die verwendeten Energieformen/ -träger Strom und Erdgas. Die Energiepreise sind nicht einfach zu bestimmen, da neben den Kosten für die abgenommenen Energie-Einheiten noch feststehende Gebühren, die nach der Wohnungsgröße und der Art des Zählers berechnet werden, zu entrichten sind:

Zusammensetzung der Strom- und Erdgaspreise

I. Die Strompreise für den Haushaltsbedarf setzen sich aus drei Faktoren zusammen:

1. Der Arbeitspreis: ist der Preis für eine Kilowattstunde elektrischer Energie.
2. Der Grundpreis, der zusammengesetzt ist aus dem Bereitstellungspreis und dem Verrechnungspreis.
 - 2.a. Der Bereitstellungspreis: richtet sich nach der Anzahl der Wohnräume, wobei die Küche als Wohnraum mitzählt, nicht aber Flure, Treppenhäuser, Badezimmer, Toiletten, Waschküchen, Garagen, Heizkeller u.ä.
 - 2.b. Der Verrechnungspreis: ist ein fester Preis pro Jahr, der für den Zähler bezahlt wird.

(Auf die Endsumme der Kostenrechnung wird die jeweils gültige Mehrwertsteuer sowie eine Ausgleichsabgabe aufgeschlagen)

II. Die Erdgaspreise setzen sich zusammen aus:

1. Dem Jahresgrundpreis für die Bereitstellung der Anlagen, der sich nach der Anzahl der Tarifräume des Haushalts richtet.
2. Und dem Arbeitspreis für jeden abgenommenen Kubimeter Gas, wobei die Mengeneinheit m³ ungerechnet wird in die Wärmeeinheit Kilowattstunden (kWh).

Die Anzahl der m³ verbrauchten Erdgases wird mit dem Faktor 9,58 multipliziert und man erhält die Wärmemenge des Gases in kWh:

$$\text{z.B.: } 5 \text{ m}^3 \text{ Erdgas} \times 9,58 = 47,9 \text{ kWh}$$

Der Faktor 9,58 kommt dadurch zustande, daß man den Heizwert des hannoverschen Erdgases von 8240 kcal/m³ durch den Heizwert des elektrischen Stroms von 860 kcal/kWh teilt:

$$\frac{8240 \text{ kcal} \cdot \text{kWh}}{\text{m}^3 \cdot 860 \text{ kcal}} = 9,58 \cdot \frac{\text{kWh}}{\text{m}^3}$$

Auf die Nettogaspreise wird der jeweils gültige Umsatzsteuersatz (z.Zt. 13 %) aufgeschlagen.

Haushalte haben bei Strom und Gas die Wahl zwischen 3 Tarifen, die sich nach der Höhe ihres Verbrauchs richten. Bei hohem Energieverbrauch sind die Arbeitspreise für jede Kilowattstunde elektrischer Energie billig, während die festen Kosten recht hoch liegen, bei geringer Abnahme von Energie ist die Kilowattstunde sehr teuer, während die Fixkosten billig sind oder ganz entfallen:

Die Schüler sollten sich an die örtlichen Versorgungsunternehmen wenden und sich die Tarife für Gas und Strom zuschicken lassen. Das Dilemma der richtigen Tarifwahl wird schnell deutlich werden, denn auf welcher Grundlage soll der Verbraucher seinen gewünschten Tarif angeben? Dazu ist die Kenntnis des Vorjahresverbrauchs oder eine überschlagsmäßige Kalkulation des Strom- bzw. Gasverbrauchs notwendig. Die Klasse könnte - nachdem sich alle Schüler mit Tarifwahl und den Kosten für Strom und Gas beschäftigt haben, vgl. dazu das Arbeitsblatt "Stromkosten und Tarifwahl" - in zwei Gruppen die Daten eines normalen Haushalts für eine richtige Tarifwahl untersuchen:

- > Eine Gruppe erkundigt sich zuhause und in anderen Haushalten nach den verwendeten Energieformen/ -trägern, den benutzten Geräten, sowie dem Jahresverbrauch an Strom und Gas, den Kosten und dem gewählten Tarif.
- > Eine zweite Gruppe versucht, den Energieverbrauch ihrer Haushaltsgeräte sowie deren Betriebszeit pro Jahr zu bestimmen und daraus eine Prognose für die kostengünstige Tarifwahl zu stellen.

Ergebnisse der Problemstellung: "Wer kann am billigsten Tee kochen?"

| Tabelle : Ergebnisse der Problemstellung „Wer kann am billigsten Tee kochen?“ in einer Klasse | | | | |
|---|--------------------|-------------|--|------------------------------------|
| Gerät | Temperaturerhöhung | Zeit | Verbrauch | Preis a) Tarif I b) Tarif II |
| Tauchsieder I | 85 °C | 8 min | 0,13 kWh | a) 1,8 Pf b) 1,4 Pf |
| Tauchsieder 2 | 88 °C | 7 min, 41 s | 0,12 kWh | a) 1,7 Pf b) 1,3 Pf |
| elektr. Kochplatte | 85 °C | 17 min | 0,28 kWh | a) 4,0 Pf b) 3,1 Pf |
| Gasbrenner mit Aufsatz | 85 °C | 11 min | 0,0286 m ³ \cong 0,274 kWh | a) 1,7 Pf b) 0,8 Pf |

Bei den Kosten für die Herstellung von heißem Teewasser haben die Schüler zunächst nur die Arbeitspreise berücksichtigt. Bei einer realistischen Kalkulation müßte der Jahresenergieverbrauch an Strom oder Erdgas eines Haushalts bekannt sein sowie der Anteil der Heißwasserbereitung am Gesamtenergieverbrauch. Dann könnten die effektiven Kosten einer Kilowattstunde Energie berechnet werden, indem die jährlichen Grundpreise durch die Anzahl der verbrauchten Kilowattstunden geteilt werden und mit der Anzahl der für die Heißwasserbereitung benötigten Kilowattstunden multipliziert werden. Im Endeffekt würden die Herstellungskosten für heißes Wasser sowohl mit elektrischen Strom als auch mit Erdgas etwas höher ausfallen.

Trotz dieser Einschränkung ist es zulässig, die Kosten für die Heißwasserbereitung in einem Annäherungsverfahren allein durch die Arbeitspreise zu berechnen. Die Ergebnisse der Experimente der Schüler wurden durch die Untersuchungen der Stiftung Waren-test bestätigt:

| Tabelle : Was kostet heißes Wasser? Kosten für die Erwärmung von 1 l Wasser auf 60 °C [5, S. 73 f] | | | | | | | | | | |
|--|-------------------|------------|----------------------|------------------------------------|-------------|----------------------|-----------------------------|-------------|----------------------|------------------------|
| Täglicher Heißwasserbedarf | Durchlauferhitzer | | | Heißwasserspeicher | | | | | | |
| | Gas | Elektrisch | | Elektrische 30-l-Durchlaufspeicher | | | Elektro-Speicher, ca. 100 l | | | Gas-Speicher ca. 120 l |
| | | Tag-strom | Tag/Nacht-Mischpreis | Tag-strom | Nacht-strom | Tag/Nacht-Mischpreis | Tag-strom | Nacht-strom | Tag/Nacht-Mischpreis | |
| 70 l (1 bis 2 Pers.) | 0,63 | 1,13 | 0,83 | 1,26 | 0,60 | 0,93 | 1,34 | 0,63 | 0,99 | 1,03 |
| 120 l (2 bis 3 Pers.) | 0,55 | 1,13 | 0,83 | 1,20 | 0,57 | 0,89 | 1,26 | 0,60 | 0,93 | 0,79 |
| 280 l (3 bis 4 Pers.) | 0,48 | 1,12 | 0,82 | 1,16 | 0,55 | 0,85 | 1,18 | 0,56 | 0,87 | 0,57 |

Die Angaben in Pfennig pro Liter Heißwasser basieren auf folgenden Preisen: 19 Pf/kWh für Tagstrom, 9 Pf/kWh für Nachtstrom, 6 Pf/kWh für Gas.

Tabelle nach: Test, 15. Jahrg., H. 5/80, S. 73/74

Diskussion der Ergebnisse:

Die beiden Tauchsieder haben offensichtlich die geringste Energie verbraucht, während der Gasverbrauch unwesentlich unter dem Verbrauch der Kochplatte liegt. Die Tauchsieder haben zudem den Vorteil, ihre Wärmeenergie am schnellsten abgegeben zu haben. Tauchsieder scheinen also die wirksamste Methode zu sein, um Wasser schnell und energieökonomisch zu erhitzen.

Dieser Vorteil steht jedoch in einem anderen Licht, wenn man den Energieverbrauch auf die eingesetzte Primärenergie bezieht. Dazu muß jeder Verbrauchswert an elektrischer Energie mit drei multipliziert werden, denn zur Stromerzeugung werden ja ca. zwei Drittel der eingesetzten Primärenergien durch den Schornstein gepustet. Bezogen auf die Primärenergie ist also der Energieverbrauch bei Erdgas am geringsten. Oder anders gesehen: die beiden Energieformen/ -träger Strom und Gas sind eigentlich nicht miteinander vergleichbar, da es sich bei Strom um den edelsten Sekundärenergie-träger handelt, bei Gas aber um einen Primärenergie-träger.

Bei den Kosten schneidet Erdgas am günstigsten ab, besonders dann, wenn man den Tarif II zugrundelegt, der z.B. für Haushalte günstig ist, die mit Gas kochen, heizen und Duschwasser erhitzen, also einen relativ hohen Gasverbrauch (statt Strom) haben.

"Gas ist, bezogen auf den Heizwert, nämlich wesentlich billiger als elektrischer Strom. Eine Kilowattstunde kostet mit Gas im bundesrepublikanischen Durchschnitt etwa sechs Pfennig, für die entsprechende Menge Strom muß man dagegen durchschnittlich 19 Pfennig bezahlen. Durch diesen Preisunterschied schmilzt der Vorteil der höheren Energieausnutzung völlig zusammen, und zwar auch dann noch, wenn der günstigere Nachttarif, den einige Geräte nutzen können, mitberücksichtigt wird."

(aus: Test, 15. Jahrg. Mai 1980, S. 73)

Die Schüler erkannten den Unterschied in der Benutzung von Strom und Gas, zumal wir einige Wochen vorher mit ihnen das Heizkraftwerk Herrenhausen besichtigt hatten. Detlev:

"Es ist umständlicher, daß das Gas nach Herrenhausen gebracht wird und dort umständlich Strom erzeugt wird. Da geht eine Menge verloren."

Die Diskussion um die Qualität von Energieformen soll die Streitfrage im Zentrum haben, ob elektrischer Strom oder Erdgas zum Erhitzen von Wasser

- > für den Verbraucher kostengünstiger ist
- > vom Gesamtwirkungsgrad her gesehen energieökonomischer ist.

Die Schüler sollen zur Klärung dieser Fragen gleiche Wassermengen mit verschiedenen elektrischen und gasbetriebenen Heizquellen erhitzen. Zur Interpretation der Versuchsergebnisse sind einige Kenntnisse aus der Wärmelehre, besonders die Grundgleichung zur aufgenommenen Wärmemenge: $Q = C \cdot m$ notwendig. Ein kurzer Lehrgang hierzu soll an dieser Stelle nur angedeutet werden, eine ausführliche Erarbeitung wird in den folgenden beiden Büchern vorgestellt:

- > Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften (Hrsg.): IPN Curriculum Physik 10.1., Energie quantitativ: Elektro- oder Benzinauto, Stuttgart 1977, Klett, besonders S. 81 ff.
- > L. Stiegler (Hrsg.): Natur und Technik, Physik 1, Sekundarstufe I, Teilband 1, Berlin 1978², CVK, S. 90 ff.

Ein kurz skizzierter Lehrgang zur Erarbeitung der spezifischen Wärmekapazität und der Grundgleichung der Wärmelehre:

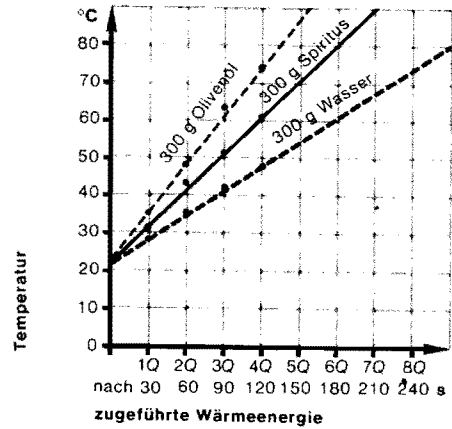
1. Verschiedene Stoffe erwärmen sich bei Zufuhr der gleichen Wärmeenergie unterschiedlich stark.

Als Einführung soll ein Versuch dienen, der für viele Schüler sicher einen Widerspruch enthält und zum Nachfragen anregt. Wieso kommt es, daß verschiedene Flüssigkeiten nicht die gleiche Temperatur annehmen, obwohl alle mit der gleichen Wärmeenergie aufgeheizt wurden?

Versuchsdurchführung:

Man erhitzt jeweils gleiche Mengen von Flüssigkeiten, z.B. Wasser, Sonnenblumenöl, Brennspritus mit Tauchsiedern gleicher Leistung (besser: jeweils mit demselben Tauchsieder) über einen bestimmten Zeitraum: Die Flüssigkeiten haben verschieden hohe Temperaturen angenommen.

| Zugeführte Wärmeenergie | Spiritus | | Olivenöl | |
|----------------------------|------------------|-------------------------------|------------------|-------------------------------|
| | Temperatur °C | Temperatur- änderung °C | Temperatur °C | Temperatur- änderung °C |
| - | 22,2 | - | 22,2 | - |
| 1 Q | 33,5 | 11,3 | 35,8 | 13,6 |
| 2 Q | 43,7 | 10,2 | 49,6 | 13,8 |
| 3 Q | 51,9 | 8,2 | 63,4 | 13,8 |
| 4 Q | 61,0 | 9,1 | 74,2 | 10,8 |
| | | Mittelwert: 9,7 | | Mittelwert: 13,0 |



Bei diesem Einführungsversuch sollte der Unterschied zwischen Temperatur und Wärme und die Maßeinheiten für elektrische Energie (kWh) und Wärmeenergie (J) geklärt werden.

2. Verschiedene Stoffe, die auf die gleiche Temperatur aufgeheizt wurden, geben die aufgenommene Wärmeenergie unterschiedlich schnell wieder an die Umgebung ab.

Läßt man z.B. je 300 ml Wasser, Sonnenblumenöl und Brennspritus in gleichen Metallgefäßen von jeweils 70°C auf 30°C abkühlen, so zeigt sich, daß die Flüssigkeiten unterschiedliche Zeiten brauchen, um die gleichen Wärmeenergien an die Umgebung abzugeben:

| | | | | |
|--------------------------------------|---------------|------------------------------------|------------------------------------|---------|
| | 300 ml Wasser | von 70°C abkühlen auf 30°C : | 81,5 min. | |
| bei 23°C Umgebungs- temperatur | { | 300 ml Sonnen- blumenöl | von 70°C abkühlen auf 30°C : | 62 min. |
| | | 300 ml Brenn- spiritus | von 70°C abkühlen auf 30°C : | 45 min. |

Wasser besitzt die Fähigkeit, Wärmeenergie langsam aufzunehmen und nur langsam wieder abzugeben, also sozusagen zu speichern. Daher rührt seine Bedeutung als globaler Temperaturregler: In Wüstengebieten fallen die Tagestemperaturen von stellenweise 60°C nachts bis unter den Gefrierpunkt, während in Küstennähe derartige Temperaturstürze unbekannt sind, weil Wasser durch langsame Aufnahme oder Abgabe von Wärme das Klima mildert.

3. Wieviel Wärmeenergie benötigen jeweils 1 kg verschiedener Stoffe, um ihre Temperatur um 1°C zu erhöhen, d.h. Wie hoch ist ihre spezifische Wärmekapazität?

Die Temperatur von jeweils 1 kg (also etwa 1 l) Wasser, Sonnenblumenöl und Brennspritus wird mit Tauchsiedern gleicher Leistung um je 20°C erhöht. Dazu schaltet man den Tauchsieder schon bei etwa 19°C Temperaturdifferenz aus, um die Restwärme durch Umrühren noch ausnutzen zu können. Die zum Aufheizen nötige

Zeit wird gemessen. Aus dieser Betriebszeit des Tauchsieders und seiner Leistung läßt sich die aufgewendete Wärmeenergie berechnen (z.B. 1000 W x 120 sec. = 120 KJ). Teilt man den erhaltenen Wert durch die Temperaturerhöhung, so erhält man den Wert für die Wärmeenergie, die nötig war, um 1 kg der Flüssigkeit um 1°C zu erhöhen, also die spezifische Wärmekapazität.

Damit ist der erste Faktor festgelegt, der einen Einfluß auf die Formel hat, mit der man aus der Kenntnis der eingegebenen Wärmeenergie berechnen kann, um wieviel °C die Temperatur eines Stoffes erhöht wird.

| Spezifische Wärmekapazität c in $\frac{\text{KJ}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}$ (bei 20°C) | | | | | | | |
|---|-------|----------|-------|-----------|-------|---------|-------|
| Alkohol | 2,43 | Eisen | 0,45 | Olivenöl | 1,97 | Wasser | 4,182 |
| Aluminium | 0,896 | Glas | 0,80 | Queck- | | Zinn | 0,227 |
| Asphalt | 0,92 | Glycerin | 2,39 | silber | 0,139 | Ziegel- | |
| Beton | 0,84 | Kupfer | 0,383 | Porzellan | 0,84 | stein | 0,84 |
| Blei | 0,129 | Luft | 1,005 | Stahl | 0,5 | | |
| | | Eis | 2,09 | Ton | 0,88 | | |

4. Die Erhöhung der Temperatur eines Stoffes ist außer von seiner spezifischen Wärmekapazität noch von seiner Masse abhängig.

Soll die halbe Menge der Flüssigkeiten (500 g) oder die doppelte Menge (2 kg) um jeweils die gleiche Temperaturdifferenz (20°C) erhöht werden, so zeigt der Versuch, daß jeweils die halbe bzw. die doppelte Heizzeit benötigt wird, also die halbe bzw. doppelte Wärmemenge aufgebracht werden muß (denn die Leistung des Tauchsieders ist ja konstant geblieben).

Damit ist deutlich geworden, daß die Frage nach der erzielten Temperaturerhöhung bei bekannter Wärmezugabe auch von der Masse abhängig ist.

Die Grundformel der Wärmelehre ist somit bekannt:

$$Q = c \cdot M \cdot \Delta \vartheta$$

- Q = zugeführte Wärmeenergie
- c = spezifische Wärmekapazität
- M = Masse des zu erwärmenden Stoffes
- $\Delta \vartheta$ = Temperaturänderung. Differenz zwischen Ausgangs- und Endtemperatur
- c Δ = "delta" bezeichnet eine Differenz
- ϑ = "theta" steht für Temperatur

Diese Formel kann zur Berechnung verschiedener Einzelfaktoren benutzt werden:

A. Um wieviel Grad erhöht sich die Temperatur einer Flüssigkeit?

Man weiß, wieviel Wärmeenergie man eingibt, um eine Flüssigkeit zu erhitzen und möchte voraussagen, wie hoch die Temperatur nach dem Erhitzen sein wird. Bekannt ist also Q . Die spezifische Wärmekapazität der jeweiligen Flüssigkeit muß in einem Tabellenwerk nachgeschlagen werden, die Masse der Flüssigkeit läßt sich durch Wägen bestimmen oder bei Kenntnis der Dichte aus dem Volumen berechnen. Die Unbekannte $\Delta\vartheta$ läßt sich nun durch Umstellen der Formel ausrechnen:

$$\Delta\vartheta = \frac{Q}{c \cdot m}$$

B. Wie hoch ist die zugeführte Wärmeenergie?

Wenn man die spezifische Wärmekapazität einer Flüssigkeit, ihre erwärmte Masse und die Temperaturerhöhung kennt, kann man die zugeführte Wärmeenergie berechnen:

$$Q = c \cdot m \cdot \Delta\vartheta$$

C. Wie hoch ist die spezifische Wärmekapazität einer unbekanntes Flüssigkeit?

Will man die spezifische Wärmekapazität einer unbekanntes Flüssigkeit berechnen, so müssen die zugeführte Wärmeenergie, die Masse der Flüssigkeit und die Temperaturerhöhung bekannt sein. Ist der Wert für die spezifische Wärmekapazität ermittelt, so kann man durch Nachschlagen in einem Tabellenwerk und Vergleich mit der dort angegebenen Zahl die Flüssigkeit identifizieren.

$$c = \frac{Q}{m \cdot \Delta\vartheta}$$

D. Wie groß ist die Masse der erhitzten Flüssigkeit?

Wenn man die zugeführte Wärmeenergie, die spezifische Wärmekapazität und die Temperaturerhöhung einer bekannten Flüssigkeit kennt, so kann man deren genaue Masse berechnen:

$$m = \frac{Q}{c \cdot \Delta\vartheta}$$

Der Wärmewirkungsgrad:

Aus den gemessenen Versuchsdaten der Schüler läßt sich der Wärmewirkungsgrad der Umwandlung elektrischer Energie bzw. der Reaktionsenergie des Erdgases in Wärmeenergie zum Aufheizen des Wassers berechnen. Oder anders formuliert:

Wieviel der eingesetzten Energie in Form von elektrischem Strom oder Erdgas läßt sich in Form von heißem Wasser nutzen?

A. Der Wärmewirkungsgrad des elektrischen Tauchsieders

Der Wirkungsgrad ist das Verhältnis von ausgenutzter Energie zu eingegebener Energie.

$$\text{Wirkungsgrad} = \frac{\text{ausgenutzte Energie}}{\text{zugeführte Energie}}$$

Die ausgenutzte Energie des Tauchsieders wird nach der Grundformel der Wärmelehre berechnet:

$$\begin{aligned} Q &= c \cdot m \cdot \Delta T \\ Q &= \frac{4,19 \text{ KJ} \cdot 1 \text{ kg} \cdot 85^\circ\text{C}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \\ Q &= 356,15 \text{ KJ} = 356\,150 \text{ J} = \underline{\underline{356150 \text{ Ws}}} \end{aligned}$$

Die zugeführte elektrische Energie zum Betrieb des Tauchsieders berechnet sich nach der Formel für die elektrische Arbeit:

$$\begin{aligned} W &= U \cdot I \cdot t \\ W &= 220 \text{ V} \cdot 4,54 \text{ A} \cdot 480 \text{ s} \\ W &= 479424 \text{ VAs} = \underline{\underline{479424 \text{ Ws}}} \end{aligned}$$

Der Wirkungsgrad des Tauchsieders ist also:

$$\text{Wirkungsgrad Tauchsieder 1: } \frac{356150 \text{ Ws}}{479424 \text{ Ws}} = 0,74 = \underline{\underline{74\%}}$$

Der Wirkungsgrad des Tauchsieders 2 beträgt 80%.

B. Der Wärmewirkungsgrad der elektrischen Kochplatte:

Die Berechnung erfolgt analog zu der des Tauchsieders:

Ausgenutzte Energie:

$$\begin{aligned} Q &= \frac{4,19 \text{ KJ} \cdot 1 \text{ kg} \cdot 85^\circ\text{C}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \\ Q &= 356,15 \text{ KJ} = \underline{\underline{356\,150 \text{ Ws}}} \end{aligned}$$

Zugeführte Energie:

$$W = 220 \text{ V} \cdot 4,54 \text{ A} \cdot 1020 \text{ s}$$

$$W = \underline{\underline{1018\ 778\ \text{Ws}}}$$

$$\text{Wirkungsgrad der Heizplatte: } \frac{356\ 150\ \text{Ws}}{1018\ 776\ \text{Ws}} = \underline{\underline{33\%}}$$

C. Der Wärmewirkungsgrad des Gasbrenners:

Ausgenutzte Energie:

$$Q = \frac{4,19 \text{ kJ} \cdot 1 \text{ kg} \cdot 85^\circ\text{C}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}$$

$$Q = \underline{\underline{356\ 150\ \text{Ws}}}$$

Die zugeführte Energie berechnet sich über den Heizwert des Erdgases von 33 500 kJ pro m³.

Zugeführte Energie:

$$\text{Verbrauch an Erdgas} \cdot \text{Heizwert} = \text{zugeführte Energie}$$

$$0,0286 \text{ m}^3 \cdot 33\ 500 \frac{\text{kJ}}{\text{m}^3} = \underline{\underline{958\ 100\ \text{Ws}}}$$

$$\text{Wirkungsgrad des Gasbrenners: } \frac{356\ 150\ \text{Ws}}{958\ 100\ \text{Ws}} = \underline{\underline{37\%}}$$

Es zeigt sich, daß der Tauchsieder die zugeführte Energie am besten in Wärme umwandeln kann: Sein Wirkungsgrad beträgt 74% bzw. 80%. Die Gründe liegen auf der Hand:

"Da geht es schneller, weil der Tauchsieder direkt im Wasser steht."

"Die Energieumwandlung ist direkt."

Der erdgasbetriebene Bunsenbrenner schneidet mit einem Wirkungsgrad von 37% etwa besser ab als die elektrische Heizplatte mit 33%. Die Schüler merken aber, daß der Wirkungsgrad auch wesentlich von den benutzten Wassergefäßen abhängt:

"Bei einem kleinen Topf hätten wir ein anderes Ergebnis gehabt, die Kochplatte hätte genauso groß sein müssen."

"Ein Schnellkochtopf, der ist luftdicht abgeschlossen."

Die Kochtöpfe müssen also auch der benutzten Energieform angepaßt sein. Töpfe für einen Elektroherd müssen einen ebenen Metallboden haben, um den Kontakt mit der Heizplatte optimal zu gewährleisten. Besonders energie- und zeitsparend sind Schnellkochtöpfe, die bei hohem Dampfdruck und höherer Siedetemperatur des Wassers für Speisen etwa die halbe Garzeit benötigen.

Die Gesamtbilanz des Gaskochers wäre vermutlich noch positiver ausgefallen, wenn wir statt des Bunsenbrenners einen normalen Gasherd mit ringförmig angeordneten Gasdüsen benutzt hätten.

Resümee:

Die Untersuchungen der Schüler haben ergeben, daß dem Erdgas im Vergleich mit elektrischem Strom zum Zwecke des Aufheizens von Wasser unbedingt der Vorzug zu geben ist. Erdgas

- > ist für den Verbraucher billiger,
- > ist thermodynamisch betrachtet der sinnvollere Energieträger zum Aufheizen von Wasser.

Die ökologische Ebene

Wenn man die begrenzte Perspektive des Verbrauchs und der Kosten verläßt, entdeckt man den grundsätzlichen Unterschied der beiden konkurrierenden Energieträger Strom - Gas. Erdgas als Primärenergie gelangt fast verlustlos vom Gasfeld zum Endverbraucher, während Strom in den Kraftwerken aus Primärenergieträgern (wie Erdgas) mit einem durchschnittlichen Wirkungsgrad von 35% erzeugt wird und mit zusätzlichen Leitungsverlusten beim Verbraucher ankommt. Deshalb muß der Wärmewirkungsgrad eines elektrischen Tauchsieders dadurch relativiert werden, daß für jede Einheit verbrauchten Stroms zwei Einheiten Primärenergie im Kraftwerk nutzlos verheizt wurden. Strom und Gas sind beim Verbraucher nur vergleichbar, wenn man die Gesamtbilanz ihrer Herstellung mit allen Investitionen an Energie und Arbeit aufmacht. Der erste Gedanke bei energetischen Betrachtungen muß immer die Frage sein, welche Arbeit verrichtet werden soll. Erst dann kann geklärt werden, welcher Energieträger der beabsichtigten Arbeit angemessen ist. Die Energiequalität muß der Dienstleistung angepaßt werden, nicht umgekehrt!

Die energiepolitische Ebene

Hier schließt sich der Kreis mit den Argumenten, die die Schüler z.B. im Rollenspiel kennengelernt haben. Mit dem Verständnis des Gesamtherstellungsprozesses von Strom und Erdgas unter Berücksichtigung aller Faktoren wie der investierten Arbeit, der aufgewendeten Energie und der Verluste bei Herstellung und Transport kann auch ein Schüler sich eine eigene Meinung bilden, ob es sinnvoll ist, Wärme mit elektrischer Energie zu erzeugen.

ARBEITSBLATT 2: WER BESTIMMT DIE ENERGIEPREISE?

ERDGAS

Wird voll abgewälzt

Drastische Forderungen der Lieferländer werden den Gaspreis für die Endverbraucher bis zum April nächsten Jahres um 80 Prozent hochjagen.

Drei Stunden lang verhandelte Klaus Liesen, Chef der Essener Ruhrgas AG, in Moskau um Gaspreise und Lieferverträge. Bedrückt verließ er dann die Zentrale des sowjetischen Sojgasexport.

Der Deutsche hatte seine Gesprächspartner nicht von ihrem harten Kurs abbringen können: Die Sowjets wollen die Anfang der 70er Jahre mit der Essener Ruhrgas geschlossenen Verträge über die Lieferung von elf Milliarden Kubikmeter Erdgas kippen. Die Verträge, ursprünglich mit einer Laufzeit bis zum Jahr 2000, seien nicht mehr gültig.

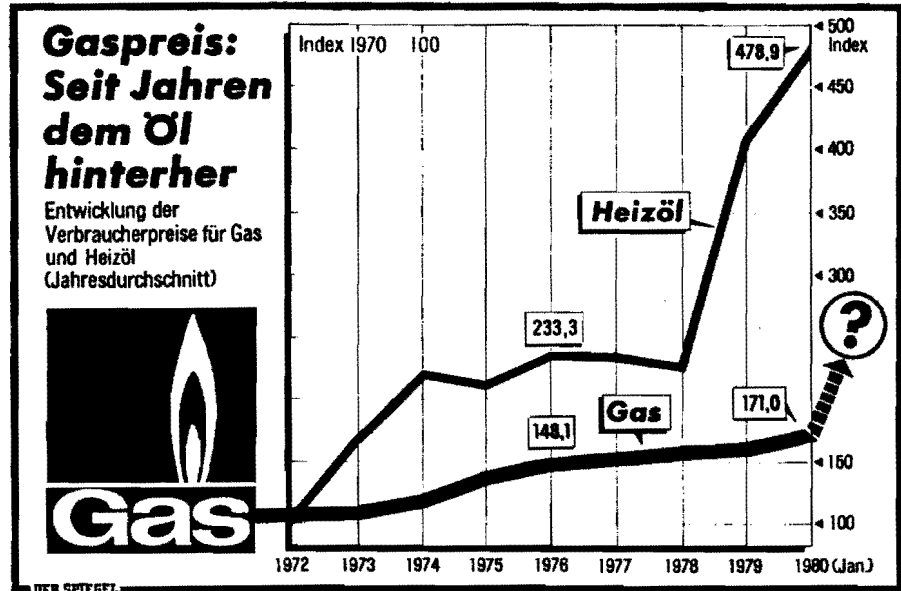
Mit einem Schlag wollen die Sowjets ihre Gaspreise auf das um rund ein Drittel höhere Ölpreisniveau hochdrücken. Für das laufende Jahr soll die Ruhrgas, der mit Abstand größte Gastrust Europas, Nachschlag zahlen.

Die zweite Forderung der Sowjets: Ab sofort soll jede von den Ölländern diktierte Erhöhung der Ölpreise in gleichem Zug und in gleicher Höhe auch für den Gaspreis gelten.

Für Millionen deutscher Mieter und Eigenheimbesitzer, die teils für viel Geld ihre Heizungen gerade erst auf Gas umgestellt haben, wird das böse Folgen bringen: Sie müssen damit rechnen, daß Gas bis zum April nächsten Jahres 80 Prozent teurer wird.

Bisher waren die Endverbraucher, die Heizungen und Herde mit Erdgas betreiben, bei den Preissprüngen für Energie gut weggekommen.

Ein Jahr lang ließen sich die Gasverkäufer Zeit, ehe sie nachzogen, wenn die Ölverkäufer ihre Preise er-



höhten. Außerdem verlangten sie dabei im Schnitt nur 70 Prozent dessen, was die Opec mehr kassierte.

Die Gasbosse blieben allerdings nur deshalb so bescheiden, weil sie günstige Abmachungen mit ihren drei Lieferländern ausgehandelt hatten. In den Kontrakten mit der Ruhrgas AG hatten sich die Lieferanten verpflichten müssen, ihre Gaspreise nur bescheiden heraufzusetzen.

Kaum hatten sich vor wenigen Tagen die Forderungen der Sowjets in den europäischen Konzernnetzen herumgesprochen, da regten sich auch die Holländer und die Norweger, die beiden anderen Lieferanten der Deutschen.

Die niederländischen Gasförderer hängten sich voll an die Moskauer Forderung. Sie pumpen, seit Mitte der sechziger Jahre, jährlich etwa 20 Milliarden Kubikmeter Erdgas aus Groningen in das deutsche Netz.

Dagegen blieben die Norweger, die jährlich rund 8 Milliarden Kubikmeter aus ihrem Ekofisk-Feld in der Nordsee

nach Emden liefern, mit ihren Preisforderungen relativ bescheiden. Ihre Gaspreise lagen bereits um rund 20 Prozent über denen der anderen Lieferanten.

Die Ruhrgas reagierte prompt. Obwohl die neuen Konditionen noch längst nicht feststehen, schockierte Ruhrgas-Chef Liesen seine Kunden mit der deftigsten Nachschlagsforderung, die sein Unternehmen jemals präsentierte.

In rund 70 gleichlautenden Schreiben vom 31. Januar bat der Energie-Manager von der Ruhr seine Abnehmer „um Verständnis“: Die Gaspreise seien „drastisch unter dem auf dem Wärmemarkt für Heizöl bestehenden Preisniveau zurückgeblieben“.

In drei Etappen sollen nun bis zum 1. April 1981 Stadtwerke und industrielle Kunden dem Essener Gasgiganten rund 35 Prozent mehr zahlen.

Hinzu kommt ein weiterer Preisaufschlag: Am 1. April muß die Ruhrgas, wie in den bestehenden Verträgen vereinbart, zur Angleichung von Ölpreiserhöhungen aus früheren Jahren weitere rund 20 Prozent mehr an ihre Lieferanten zahlen.

Dieser Aufschlag wird im April 1981 erneut fällig. Denn dann gilt es, den Gaspreis an die neuerlichen Opec-Erhöhungen des Jahres 1980 anzupassen.

Was das für die Verbraucher bedeutet, ist klar. Sowohl der Sonder-Nachschlag als auch die vertraglichen Jahresaufschläge werden voll auf sie abgewälzt werden. Zwischen Gas und Heizöl dürfte es danach keine Preisdifferenz mehr geben.

Münchens Bürgermeister Winfried Zehetmeier, dessen Stadt dieser Tage von besonders harten Preisaufschlägen überrascht wurde, will die Hoffnung noch nicht aufgeben, daß den Verbrauchern diese Preisexplosion erspart bleibt. „Wir müssen“, meint der Münchner, „an die Sowjets appellieren, ihre Verträge einzuhalten.“

(aus: Der Spiegel, H. 8/1980)

1. Wie hoch wird die Verteuerung des Erdgases werden?
2. Berechne den Preis für die Wärmeleistung von Erdgas unter Berücksichtigung der Verteuerung.
3. Bleibt Erdgas dann noch konkurrenzfähig gegenüber Strom und Heizöl?
4. Wer entscheidet die Höhe des Gaspreises?
5. Warum muß der Preis des Erdgases an den Ölpreis angeglichen werden?

ARBEITSBLATT 3: FÖRDERT STROM DIE LEBENSQUALITÄT?

Daß Strom die Lebensqualität fördert, davon können wir uns tagtäglich, wenn wir bewußt handeln, überzeugen. Strom hilft uns im Haushalt, Essen zu kochen, Lebensmittel zu kühlen, Wäsche zu waschen, Staub zu saugen... Strom erleichtert Arbeitsvorgänge in Büros und Fabriken, dient der Humanisierung der Arbeitsplätze, regelt, kontrolliert, steuert, sichert den Verkehr von der Verkehrsampel auf der Straße bis zur Radarüberwachung des Luftraums. Ohne Strom wäre die Medizin eines Ihrer wichtigsten Hilfsmittel beraubt, gäbe es keine Satellitenbilder, die verborgene Bodenschätze, Taifune oder Schäden in der Natur melden, keine Computer, die unser Wissen ordnen, speichern und uns zu neuen Erkenntnissen verhelfen. Strom hilft überall, im Alltag, hilft heilen, forschen, hilft leben.

Strom - eine Schlüsselenergie

Die Dampfmaschine war der erste Schritt in das industrielle Zeitalter. Aber erst die Elektrizität ermöglicht den großen technischen Fortschritt unserer Zeit und die Teilnahme aller Schichten der Bevölkerung an seinen Ergebnissen. Strom ist heute ein unentbehrlicher Helfer für jedermann. Elektrische Energie - die am vielseitigsten verwendbare Energie - deckt bisher zwar nur rund 13 Prozent des Endenergiebedarfs der Bundesrepublik Deutschland, ist aber zur Schlüsselenergie geworden.

Arbeitserleichterung und Arbeitszeitverkürzung, Sicherung des Einkommens und der Arbeitsplätze, Schaffung von Ausbildungsplätzen und die Verwirklichung energiesparender Systeme hängen von sinnvoller Energienutzung ab - nicht zuletzt von der Verwendung von mehr Strom.

(aus: Informationszentrale der Elektrizitätswirtschaft e.V.
(Hg.) Daten und Fakten zur Energiediskussion 4, S.19/21)

Was versteht der Verfasser unter Lebensqualität?

Erzeugung und Verteilung von Energie sind die eine Seite, entscheidend für die Gesamtbeurteilung ist die Verbrauchersseite, und hier muß man zunächst feststellen, daß es einen "Energiebedarf" im strengen Sinn gar nicht gibt (vgl. Meyer-Abich, S.50). Es gibt keinen "Bedarf" für Elektrizität, Öl oder Gas, sondern höchstens für behagliches Wohnen, für Licht in Räumen oder warmes Wasser zum Waschen usw. Für die Erfüllung dieser Bedürfnisse gibt es einen beträchtlichen Spielraum der technischen Realisierung, so kann man die Raumtemperatur konstant halten mit großem Energieaufwand bei schlechter Raumisolierung oder mit geringer Energiezufuhr und guter Isolierung. Energie und bauliche Maßnahmen erfüllen also den gleichen Zweck und sind gegeneinander austauschbar. Da man diesen Zusammenhang bislang vernachlässigt hat, ist heute die mit Abstand billigste "Energiequelle" die Isolierung.

Für die Entwicklung eines alternativen Energiesystems ist es also wichtig, daß nicht ausgegangen wird von einer *E n e r g i e*, die zufällig entstanden oder durch ein radikales Monopol geschaffen worden ist, sondern vom *Z w e c k*, der mit der Energie erreicht werden soll. Wenn man festgestellt hat,

daß der gewünschte Zweck nur mit einem Energieeinsatz zu erfüllen ist, wäre der entscheidende nächste Schritt, die **E n e r g i e w e r t i g k e i t** dem Zweck anzupassen, denn Energie hat eine unterschiedlich hohe Wertigkeit: Elektrizität ist eine sehr hochwertige, "edle" Energieform, die gut in alle anderen Energieformen wie Wärme, Licht, Bewegung umgewandelt werden kann, die aber relativ zu der geringerwertigen Energieform "warmes Wasser" aufwendig und kostspielig herzustellen ist (vgl. Commoner 1977, Kapitel 2: Thermodynamik, die Wissenschaft von der Energie). Die Energiewertigkeit sollte also dem entsprechenden Bedarf angepaßt sein und nicht Butter mit der Kreissäge geschnitten werden (Lovins). Aufwendig und verlustreich elektrische Energie in einem Großkraftwerk herzustellen, über große Verteilungsnetze kostspielig zu transportieren, um dann beim Verbraucher damit doch nur Wasser warm zu machen, ist ein Beispiel völliger Fehlanpassung von Mittel und Zweck. Es ist eine große Vergeudung von Energie, Material und Arbeitszeit. Zu den "angemessenen" Verwendungsformen für Elektrizität gehören mechanische Antriebe durch Elektromotoren, elektronische Geräte oder auch Licht, wobei hier der Wirkungsgrad noch sehr verbesserungsfähig ist: Nur 3% der elektrischen Energie werden in einer Glühlampe in Licht umgesetzt. Es ist klar: Kommt man zum Schluß, man braucht keine elektronischen Geräte wie Radios, keine Elektromotoren und verwendet als Lichtquellen wieder Gaslampen oder geht mit den Hühnern schlafen, dann braucht man überhaupt keine Elektrizität. Aber für die noch lange Zeit aktuelle politische Auseinandersetzung ist es nicht notwendig, auf dieser Ebene zu argumentieren. Man kann beim Thema Energie von den vorhandenen Bedürfnissen ausgehen und dennoch oder gerade dadurch "systemgefährdend" kritisieren: Gemessen am vorhandenen "Bedarf" für eine **a n g e m e s s e n e** und bis jetzt kaum ersetzbare Verwendung von Elektrizität, ist heute in der Bundesrepublik oder auch in den USA schon fast **d o p p e l t** so viel elektrische Energiekapazität vorhanden, als "wirklich gebraucht" wird (vgl. Lovins, S.83) Vom **w i r k l i c h e n B e d a r f** her ist in der Bundesrepublik also kein einziges weiteres Elektrizitätswerk notwendig und somit auch kein Atomkraftwerk. Damit ist der zweite zentrale Fehler der herrschenden Energiepolitik benannt. Der erste war die Fixierung auf Großkraftwerke, der zweite ist die Fixierung auf Elektrizität.

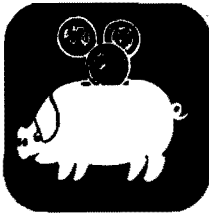
(aus: Otto Ullrich: Weltniveau, S. 139/140)

- > Welche Begriffe und Argumente setzt Ullrich an die Stelle des Begriffs "Lebensqualität"?
- > Was kann Strom nach Meinung der beiden Autoren leisten?
- > Für welche Zwecke ist der Einsatz von Strom nach Meinung beider Autoren sinnvoll?

Die Qualität von Energieformen im Widerstreit der Meinungen:
Die Elektrizitätswirtschaft und ihre Kritiker zu der Frage "Strom zur
Heißwasserbereitung?"

Behauptung:

**Warmwasserversorgung
mit Strom ist teurer
als mit Öl oder Gas.**



Antwort:

Falsch. Die Elektrische Warmwasserversorgung ist im Durchschnitt nicht teurer als mit Öl oder Gas. Geringe Schwankungen hängen von den örtlichen Energiepreisen ab.
Sofern preisgünstiger Nachtstrom eingesetzt werden kann, ist die elektrische Warmwasserversorgung eindeutig kostenkünstiger.
Der Stromverbrauch der elektrischen Warmwasserbereitung wird durch den Zähler erfaßt und direkt an das Elektrizitätswerk bezahlt.
Der Verbraucher hat damit einen wirklichen Anreiz zu sparsamerem Verbrauch, weil er selbst den Vorteil davon hat.

"Gas ist, bezogen auf den Heizwert, nämlich wesentlich billiger als elektrischer Strom. Eine Kilowattstunde kostet mit Gas im bundesrepublikanischen Durchschnitt etwa sechs Pfennig, für die entsprechende Menge Strom muß man dagegen durchschnittlich 19 Pfennig bezahlen. Durch diesen Preisunterschied schmilzt der Vorteil der höheren Energieausnutzung völlig zusammen, und zwar auch dann noch, wenn der günstigere Nachtstarif, den einige Geräte nutzen können, mitberücksichtigt wird...

Auch aus volkswirtschaftlichem Gesichtspunkt gebührt Gas der Vorzug. Selbst bei geringen Nutzungsgraden von rund 40% ist in der Regel die Energieausnutzung günstiger als bei elektrischen Geräten, da bei der Stromgewinnung nur rund ein Drittel der eingesetzten Primärenergie

in Strom umgewandelt werden kann."(aus: Test, H. 5/80, S. 73)

"Wäre also das seinerzeitige Kernenergieprogramm eine gigantische Fehlinvestition gewesen?"

Wohl kaum. Die Investition hätte nahtlos in die Marktstrategie der EVU gepaßt, die mit dem Slogan "Strom kommt sowieso ins Haus, nutz das aus" und nachhelfender Tarifgestaltung daran gingen, den häuslichen Wärmemarkt - Heizung und Warmwasserbereitung - zu erobern.

Daß es aus der Sicht einer rationelleren Nutzung von Energie nichts Unsinnigeres geben kann, als Primärenergie zunächst einmal in Elektrizität umzuwandeln - so daß bestenfalls ein Drittel, im Fall der Kernenergie nur ein Viertel davon beim Verbraucher in Form elektrischer Energie ankommt, zwei Drittel bis drei Viertel dagegen nutzlos die Umwelt aufheizen -, um aus der Elektrizität dann wieder Wärme zu erzeugen, wen hätte das interessiert? (aus: Traube, Der Mythos vom "unverzichtbaren" Atomstrom, in: SPIEGEL, H. 49/1979, S. 69)

Behauptung:

**Warmwasserversorgung
mit Strom verbraucht
mehr Energie als mit Öl.**



Antwort:

Falsch: Weil nicht nur die Energie zählt, die als warmes Wasser aus der Entnahmestelle kommt, sondern auch die Wärme, die vorher schon verloren geht, im Kessel, im Heizraum, im Schornstein und in den Warmwasser-Rohren. Bei der elektrischen Warmwasserversorgung gibt es keinen Kessel, keinen Heizraum, keinen Schornstein und - bei sinnvoller Planung - auch nur sehr kurze Rohrleitungen.

Auch wenn der Wirkungsgrad der Stromerzeugung und -verteilung berücksichtigt wird, verbrauchen moderne Warmwasserversorgungen mit Strom im Jahresdurchschnitt weniger Energie als die meisten Öl-Warmwasserversorgungen.

Übrigens: Am wenigsten Energie benötigt ein Wärmepumpen-Speicher. Für seinen Antrieb ist Strom wichtig. Mit ihm kann Wärme aus der Luft - z. B. in einem Heizkeller - nutzbar gemacht werden.

IV. 2. LITERATUR

- 1) Bader, F. (Hg.): Handbuch der experimentellen Schulphysik, Band 11, Formeln und Tabellen zur Schulphysik, Köln 1967, Aulis
- 2) Bundesministerium für Wirtschaft: Daten zur Entwicklung der Energiewirtschaft in der Bundesrepublik Deutschland im Jahre 1977, o.O., Juni 1978
- 3) Hauptberatungsstelle für Elektrizitätsanwendung e.V.: Energieverschwendung oder sinnvolle Nutzung? Warmwasser mit Strom. Behauptungen und Antworten. Informationsheft
- 4) Hauptberatungsstelle für Elektrizitätsanwendung e.V.: Energieverschwendung oder sinnvolle Nutzung? Heizen mit Strom. Behauptungen und Antworten; Informationsheft
- 5) Informationszentrale der Elektrizitätswirtschaft e.V. (Hg.): Eine Lebensfrage: Strom. Heft 4, Köln 1979
- 6) Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften (Hg.): IPN Curriculum Physik 10.1, Energie quantitativ: Elektro- oder Benzinauto, Stuttgart 1977, Klett, besonders S. 81 ff.
- 7) Schaaf, R.: Der Wirkungsgrad im Unterricht am Beispiel des Wärmewirkungsgrades, in: Naturwissenschaften im Unterricht, H.4/1975, S. 147ff.
- 8) Stiegler, L.: Natur und Technik, Physik 1, Sekundarstufe I, Teilband 1, Berlin 1978, CVK, S. 90 ff.
- 9) Test: Heft 5/1980, Komfort ohne Verschwendung - Heißwasserbereiter
- 10) Traube: Der Mythos vom "unverzichtbaren" Atomstrom, in: DER SPIEGEL, Heft 49/1979, S. 69
- 11) Ullrich, Otto: Weltniveau - In der Sackgasse des Industriesystems, Berlin 1979
- 12) Walz/Grothe: Welt der Physik und Chemie, Hannover 1979, S. 57

V. ENERGIEUMWANDLUNGEN

V.1. MATERIALIEN FÜR EIGENE EXPERIMENTE, AKTIVITÄTEN UND ERKUNDUNGEN

Im folgenden Teil wollen wir einen Überblick geben über die natürlich vorkommenden Energieformen, ihre Begrenztheit, ihre Umwandlungen und Nutzungsmöglichkeiten als Kraft, Wärme oder elektrische Energie und über die bei den Umwandlungen auftretenden Energieverluste.

Dabei werden zunächst in Tabelle 1 die Ressourcen, die Gewinnung und die Anwendung der Energieträger allgemein erklärt. In Tabelle 2 sollen die Bedürfnisse der Menschen früher und heute und die Art und Weise, wie diese "Energie"-Bedürfnisse befriedigt werden konnten und können, deutlich hervortreten.

Weitere Gesichtspunkte, die anhand der zweiten Tabelle diskutiert werden können, sind:

- > Welche Energieverluste treten bei der Umwandlung oder der Nutzung auf?
- > Welche Hilfsmittel sind für die Energieumwandlungen nötig?
- > Welcher Energieeinsatz ist für welchen Bedarf sinnvoll?
- > Welche Energieform bedingt einen zentralistischen Einsatz, welche Energieform kann (muß) dezentral, also regional genutzt werden?
- > Welche Energieform kann über weite Strecken transportiert werden?
- > Welche Energieform kann gespeichert werden?

Weiterhin soll die Tabelle 2 ein Anreiz sein, darüber nachzudenken, welche Möglichkeiten es gibt, den hohen Wärmebedarf auch in Zukunft noch zu decken. Denn es wird deutlich, daß gerade das Bedürfnis nach Wärme mit Hilfe weniger Energieträger gedeckt wird, die obendrein auch nur begrenzt vorkommen (Holz, Kohle, Gas, Öl, Uran). Sonnenkraft und Biogas sind Ausnahmen, werden aber kaum genutzt!

Und schließlich sollen die Tabellen 1 und 2 und der nachfolgende Materialteil dazu anregen, einzelne Energieumwandlungen und -nutzungen in relativ einfachen Experimenten nachzuvollziehen oder selbst Erkundungen und Besichtigungen zu arrangieren.

Die Materialien enthalten zu manchen Themen mehrere Informationsblätter (z.B. zur Funktionsweise von Generatoren), so daß Sachverhalte "doppelt und dreifach" erklärt sind. Solche modifizierte Erklärung soll deutlich machen, daß man viele Themen auf unterschiedlichem Niveau besprechen und sich viele unterschiedliche Experimente einfallen lassen kann.

Insofern betrachten wir diesen Materialteil als nicht abgeschlossene, unvollständige, jederzeit veränder- und erweiterbare Ideen-Kiste, die Anregungen - aber nicht fertige Rezepturen - enthält und dem Leser/ Benutzer/ Lehrer lediglich gedanklich "auf die Sprünge" helfen soll.

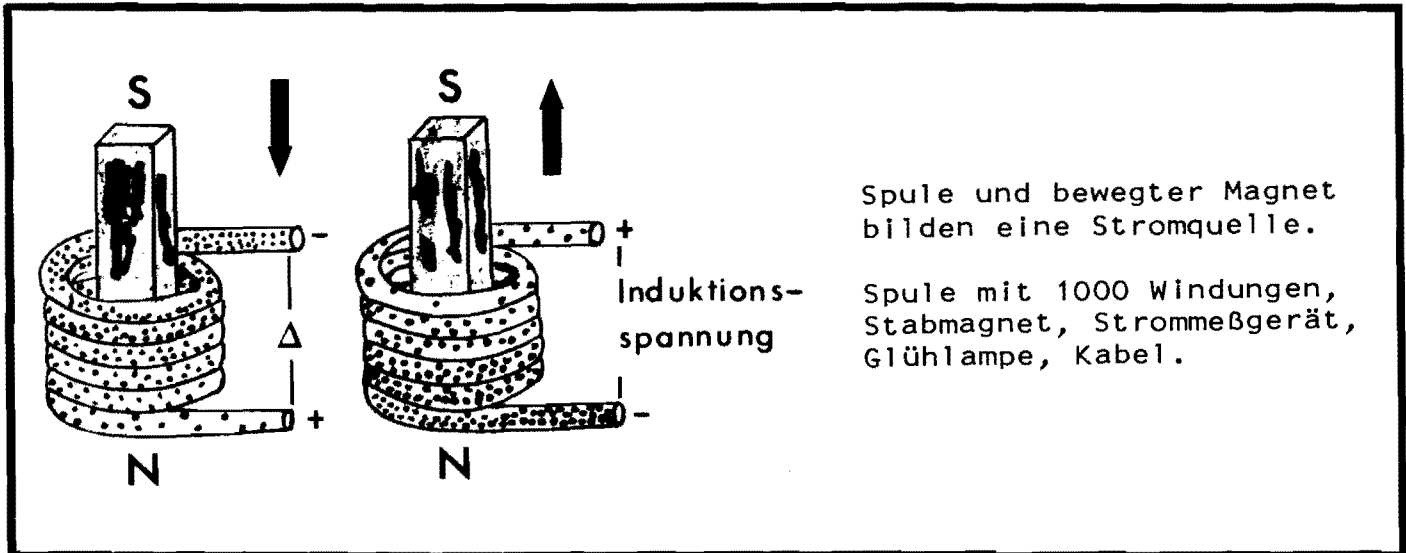
Tabelle 1: Vorkommen, Begrenzung und Anwendung verschiedener Energieformen und-träger

| | Vorkommen in der Natur | Gewinnung, Erster Aufbereitungsschritt | Veredelung zu Sekundärenergie | Anwendung | Umweltbelastung | Rohtoffreserven der Erde |
|---------------|--|--|---|--|--|---|
| Kohle | verunreinigt in unterirdischen Kohleflözen | Unterirdischer Kohleabbau und Förderung der Kohle an die Erdoberfläche | Kohle in Koks, Erhöhung des Kohlenstoff-Anteils der Kohle, Stromgewinnung | Zum Heizen, in der chemischen Industrie, zur Stromgewinnung | Pro Tonne Kohle, die in einem Wärmekraftwerk verbrannt wird, entstehen: 2 - 9 kg Schwefeldioxid 8 - 10 kg Stickoxide 10 - 20 kg feste Bestandteile Erwärmung der Umwelt (Kühlwasser aus Flüssen) | Steinkohle: Ursprünglich vorhanden: 544 Mrd. t SKE, davon bisher 23 % gefördert. Der Rest reicht bei gleichbleibendem Verbrauch für ca. 168 Jahre. |
| Erdöl | verunreinigt in unterirdischen Rohöllagern | Tiefbohrung und Förderung des Rohöls an die Erdoberfläche | Chemische Weiterverarbeitung des Rohöls in leichte und schwere Heizöle, Benzin usw. Stromgewinnung. | Zum Heizen, als Antriebsmittel, in der chemischen Industrie, zur Stromgewinnung | Pro Tonne Öl, die in einem Wärmekraftwerk verbrannt wird, entstehen: 1,5 - 5 kg Schwefeldioxid 8 - 9 kg Stickoxide geringer Anteil an festen Bestandteilen Erwärmung der Umwelt (Kühlwasser aus Flüssen) | Ursprünglich vorhanden: 214 Mrd. t SKE, dann bisher 34 % gefördert. Der Rest reicht bei gleichbleibendem Verbrauch für ca. 34 Jahre. Erdgas: Ursprünglich vorhanden: 119 Mrd. t SKE, davon bisher 19 % gefördert. Der Rest reicht bei gleichbleibendem Verbrauch für ca. 65 Jahre. |
| Uran | verunreinigt und wenig konzentriert in unterirdischen Uranlagern | Unterirdischer Uranabbau und Förderung an die Erdoberfläche | Anreicherung des Natururans von 0,7 % U_{235} auf 3 - 4 % U_{235} für die Anwendung im Leichtwasserreaktor. | Zur Stromerzeugung in Kernreaktoren, zur Herstellung von Atombomben | Im Normalbetrieb laufend Abgabe geringer Mengen Radioaktivität an die Umwelt. Höhere Abgabe von Abwärme als bei Heizkraftwerken. Ungeheuer großes radioaktives Potential bei Unfällen | Der Uran-Brennstoff für die gegenwärtig produzierenden Leichtwasserreaktoren ist in 20 - 30 Jahren verbraucht. |
| Sonnenenergie | Nicht verunreinigt und mehr oder weniger konzentriert an der Erdoberfläche | — | mittels Siliziumzellen in elektrischen Strom | Zur Heißwasserbereitung mittels Sonnenkollektoren, zur Stromerzeugung | — | Nach menschlichen Maßstäben unbegrenzt |
| Windenergie | Nicht verunreinigt und mehr oder weniger konzentriert an der Erdoberfläche | — | mittels Generatoren in elektrischen Strom | Als Kraftquelle, z.B. zum Wasserpumpen oder zum Getreidemahlen, zur Stromerzeugung | Lärm - je nach Flügelkonstruktion und Rotoraufbau | Nach menschlichen Maßstäben unbegrenzt. |

TABELLE 2: ENERGIEFORMEN UND ENERGIETRÄGER, ENERGIEUMWANDLUNGEN UND ENERGIEENTZUG

| Ursprungsform | Umwandlung/Nutzung In Form von: Kraft/Bewegungsenergie | Wärmeenergie | elektrischer Energie (transportierbar) | Umsetzung der elektrischen Energie |
|--|--|---|--|------------------------------------|
| Muskelkraft (unerschöpflich) 1. | Maschinenantrieb: Flaschenzüge, Mühlen, Göpelwerke, Hebemaschinen, Fahrrad, Pflug | | Dynamo: Fahrradbeleuchtung | Licht |
| Wasserkraft (unerschöpflich) 2. | Maschinenantrieb: Mühlen, Pumpen, Turbinen | | Turbinen- und Generatorantrieb in: > Wasserkraftwerken > Gezeitenkraftwerken > Pumpspeicherwerken (hier ist Energie speicherfähig) | Heizung |
| Windkraft (unerschöpflich) 3. | Maschinenantrieb: Mühlen, Pumpen, Generatoren | | Windräder- und Generatorantrieb zur Stromerzeugung | Licht |
| Sonnenkraft (unerschöpflich) 4. | Maschinenantrieb: Dampfmaschinen | Erwärmung von Wasser in Sonnenkollektoren für Heizung, Warmwasser | Siliziumzellen zur Stromerzeugung Dampfturbinen- und Generatorantrieb im Solarkraftwerk Adriano (Italien) | |
| (fossile) Brennstoffe: Kohle, Öl, Gas (Holz, Uran) (erschöpflich) 5. | Maschinenantrieb: Dampfmaschinen, Benzin-, Diesel-, Gasmotoren | Abwärme von Motoren, Heizkraftwerken; Wärme im Haushalt für Heizung und zum Kochen | Dampfturbinen- und Generatorantrieb in: > Heizkraftwerken > Wärme-Kraft-Kopplungsanlagen > Atomkraftwerken | Maschinen- und Motorenantrieb |
| Biogas (unerschöpflich) 6. | Gasmotor | Wärme im Haushalt für Heizung und zum Kochen | Gasmotor → Generatorantrieb zur Stromerzeugung | |
| chemische Energie 7. | | bei allen Verbrennungsvorgängen (s. Brennstoffe) bei chem. Reaktionen meist nicht nutzbar | Mit Hilfe chemischer Reaktionen entsteht elektrischer Strom, der entweder Elektromotoren antreiben oder in Akkumulatoren begrenzt gespeichert werden kann. | Licht Motorenantrieb |

ZU 1 IN TABELLE 2: UMWANDLUNG DER MUSKELKRAFT IN ELEKTRISCHE ENERGIE



Sowohl beim Einführen als auch beim Herausziehen des Magneten leuchtet das Lämpchen auf.

Das Meßgerät zeigt zwei Stromstöße in entgegengesetzter Richtung.

Der bewegte Magnet bringt offensichtlich mit Hilfe seiner magnetischen Kräfte die Elektronen in der Spule in Bewegung:

Sie drängen sich zu dem einen Spulenende. Dort entsteht ein Elektronenüberschuß, also ein Minuspole.

Vom anderen Spulenende werden die Elektronen abgezogen. Wegen Elektronenmangel ist dort der Pluspol.

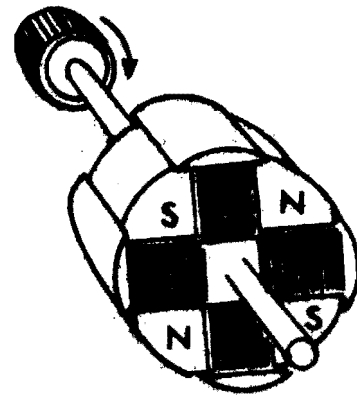
Zwischen Plus- und Minuspole besteht eine Induktionsspannung, ein Induktionsstrom fließt.

ZU 1 IN TABELLE 2: FAHRRADDYNAMO

Wie funktioniert ein Dynamo (Fahrradlichtmaschine)?

Nimmt man eine Fahrradlichtmaschine auseinander, findet man folgende Teile: Das Gehäuseoberteil mit dem Lager für den Läufer, einen mehrpoligen Magneten auf einer Achse (Läufer), eine Spule aus Kupferdraht mit einer Eisenschale und das Gehäuseunterteil mit der Anschlußschraube für ein Spulenende (das zweite Spulenende ist am Gehäuse vernietet).

Wie kann man damit Strom erzeugen?



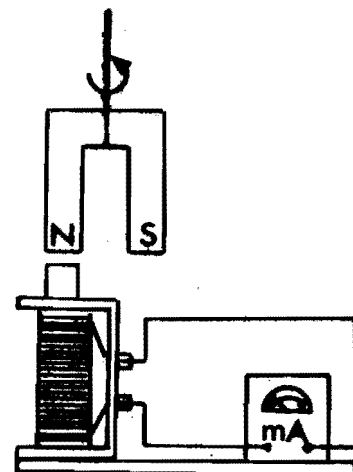
Fahrradlichtmaschine. Beim Drehen des Magneten ändert sich das Magnetfeld in den Blechstreifen, die die Spule umfassen. Deshalb entsteht Wechselstrom.

1. Schließe an die Maschine eine Glühlampe (2,5 V/0,1 A) und ein Strommeßgerät an. Drehe dann langsam am Rad in einer Richtung. Was beobachtet man?

2. Das Lämpchen vom 1. Versuch wird zusammen mit dem Strommesser an eine Spule mit etwa 1000 Windungen angeschlossen. Der Stromkreis ist dann geschlossen. Weil der Antrieb für die Elektronen im Draht fehlt, leuchtet das Lämpchen nicht. Wenn man einen Magneten mit dem Nordpol rasch in die Spule stößt und ihn dann ebenso rasch wieder herauszieht, was beobachtet man dann?

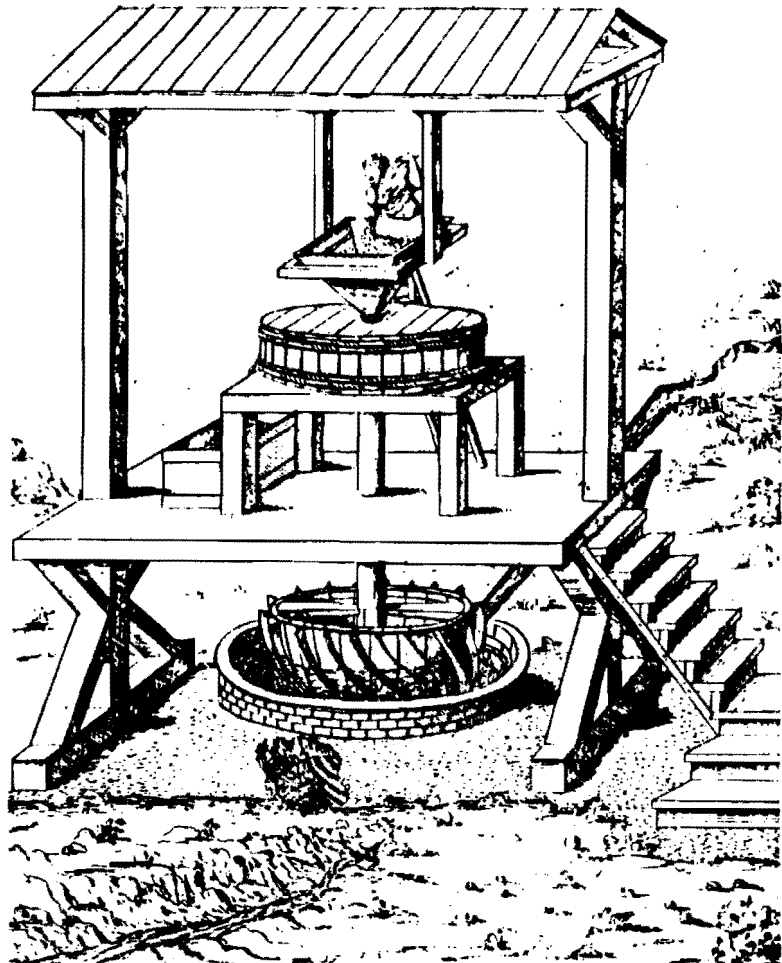
3. Wiederhole den 2. Versuch, in dem man aber diesmal nicht den Nordpol, sondern den Südpol des Magneten benutzt. Was geschieht jetzt?

Prinzip des Wechselstromgenerators. Der rotierende Magnet magnetisiert den Eisenkern der Spule dauernd um. In der Spule fließt Wechselstrom.



ZU 2 IN TABELLE 2: WASSERKRAFT

Vorläufer von Turbinen
 Die „Turbine“ ist so gezeichnet, daß man die gekrümmten Schaufeln gut erkennen kann; in Wirklichkeit müßte sie ganz in die gemauerte Einfassung eingepaßt sein, damit sie das zuströmende Wasser voll ausnützen kann. Der Konstrukteur dieser Anlage, der im 16. Jahrhundert lebte, bemerkte dazu, daß es sehr viele Mühlen dieser Art in Südfrankreich gäbe (Kupferstich 1578.)
 * Getreidemühlen



aus: Varchmin, Radkau;
 Kraft, Energie und Arbeit;
 Deutsches Museum
 München 1979
 S. 52

410 Jahre mahlt die Mühle im Kalletal

Seit 410 Jahren mahlt die Wassermühle in Langenholzhausen das Korn der Bauern, ernährt die Müller-Familie und trotz aller Gefahren wie Krieg, Feuer, Überschwemmung und übermächtiger Konkurrenz von Fabriken: Anno 1568 im Kalletal (Kreis Lippe) vom Landesfürsten Simon, „Grave und edler Herr zu Lippe“, erbaut, „schafft“ sie heute wie damals am Tage noch ihr Fuder Korn: runde 30 Zentner.

Für eine billige und umweltfreundliche Antriebsquelle sorgen die zum Mühlenbach abgezweigte Osterkalle und das gewaltige, auf einem Eichenstamm gelagerte Eisenmühlrad.

200 Reichstaler kostete 1614 die Jahrespacht an die fürstliche Rentkammer. Von jedem Scheffel Korn (60 Pfund), das die Bauern in der Mühle mit Monopolstellung mahlen lassen mußten, behielt der Müller ein „Matten“ von rund einem Zehntel zurück („Matter“ = weniger).

Kleine Konzessionen an die

Neuzeit sind ein Elektromotor, neue stetig das Mehl nach jedem der zehn Mahlgänge umverteilt.

Fast unverändert dagegen ist die Antriebstechnik: Holzräder bewegen mit Wasserkraft die oft durch zwei oder vier Etagen gehenden ledernen Treibriemen und auch den Lastenaufzug.

Die Landesdenkmalpfleger in der Bundesrepublik sind „fast sicher“, so Dr. Hilka Steinbach, daß diese historische Kostbarkeit die einzige Mühle aus der Renaissance sein dürfte, die heute noch mahlt wie eh und je.

Als absolut erhaltenswert stuft sie auch der Landschaftsverband Westfalen-Lippe ein und ist bereit, „da (finanziell) was zuzusteuern“.

Müller Wilhelm Breitkopf (73) winkt jedoch erst einmal ab. Er „fährt“ als Seniorchef den Betrieb praktisch allein – und sein Sohn steht als Müller für die nächste Generation schon bereit.

aus: Hannoversche
 Neue Presse -
 Journal

vom 6./7. 1. 79
 Seite 3

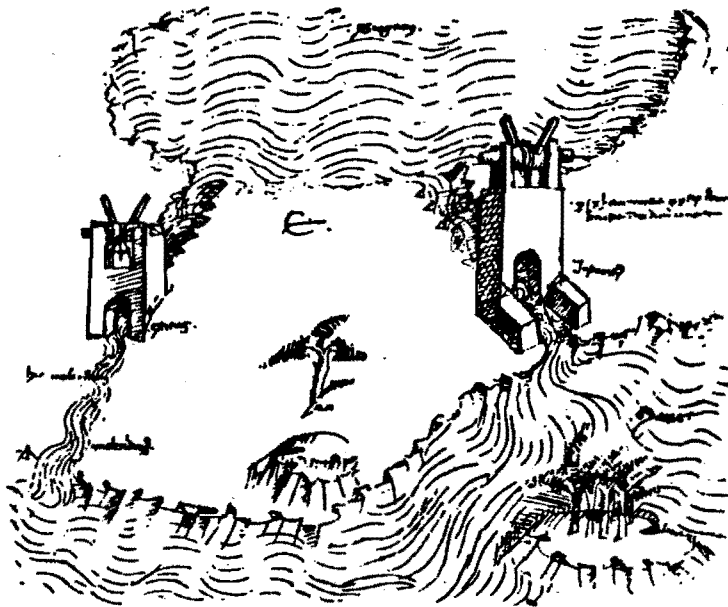
ZU 2 IN TABELLE 2: WASSERKRAFT

Die Anziehungskraft des Mondes verursacht in ständigem Rhythmus von etwa 6 1/4 Stunden Ebbe und Flut. In einigen Gegenden sind dabei die Wasserhöhenunterschiede recht beachtlich. Am größten sind sie in der Fundybay in Kanada mit 21 Metern und an der englischen Küste mit bis zu 16 Metern; in norddeutschen Küstengebieten beträgt der Höhenunterschied jedoch höchstens drei bis vier Meter.

Der erste Entwurf für die Nutzung dieser Wasserbewegungen für ein Gezeitenkraftwerk stammt schon aus dem 15. Jahrhundert. Der italienische Ingenieur MARIANO DI JACOPO hat es erdacht. Die eigentliche Mühle ist nicht dargestellt, sondern nur die beiden Tore, die auf einem Wall oder einer Insel stehen und in die das Wasser eintritt (rechtes Tor) und wieder austritt (linkes Tor). Die Tore können mit Schützen geschlossen und geöffnet werden. Daher sieht man auf den Dächern der Türme jeweils Winden zum Heben und Senken der Schützen. Pläne sind seitdem weiterhin in Hülle und Fülle entstanden. Die Ausführungen bleiben jedoch selten. In der ersten Hälfte des 17. Jahrhunderts arbeitete in Brooklyn (USA) eine Mühle, die von Ebbe und Flut in Bewegung gehalten wurde.

Flutkraftwerke

Schon im 15. Jahrhundert gab es Entwürfe, um die Flut- und Ebbebewegung des Meeres für den Betrieb von Wasserrädern zu nutzen. Bei dem rechten Tor, das mit Hilfe eines Schützen geschlossen werden kann, steht „Eingang“. Hier strömte das Meer bei Flut hinein. Durch das linke Tor strömte es bei Ebbe wieder hinaus und trieb dabei jeweils Wasserräder an. Erst in den letzten Jahrzehnten wurde in Frankreich ein solches Flutkraftwerk gebaut (Zeichnung 1438).



aus : Varchmin, Radkau; Kraft, Energie und Arbeit;
Deutsches Museum München 1979
S. 60

ZU 2 IN TABELLE 2: WASSERKRAFT: UMWANDLUNG IN ELEKTRISCHEN STROM

Ein Denkmal sauberer Technik steht über dem Fluß

Hannovers kleinstes Wasserkraftwerk erzeugt seit sechzig Jahren Strom

Das mit Abstand schwächste Kraftwerk Hannovers steht seit sechs Jahrzehnten trutzig am Schnellen Graben und speist eine lächerliche Menge von 400 Kilowattstunden in das Leitungsnetz, das von über 500 000 Kilowattstunden aus Linden, Herrenhausen und Mehrum angefüllt wird. Immerhin erzeugt dieses Schwachwerk den Strom auf eine lebenswürdig alternative Weise, ganz sauber, weder Kern- noch Öl- noch Kohlekraft beanspruchend - es entnimmt ihm dem Dreieinhalb-Meter-Gefälle von der Leine neben dem Maschsee zur Ihme in ihrem Lindener Bett.

Einst gebaut, das Ricklinger Wasserwerk mit elektrischer Kraft für die Pumpen zum Hochbehälter zu versorgen, schickte das Werk seine Energie schon vor dessen Abriß 1974 durch eine Leitung zur Anschlußstelle Bismarckschule ins allgemeine Netz. Ein heute schon fast vierzigjähriger Generator, eine übermannshohe Maschine von der soliden alten Art, summt Tag und Nacht in der hohen Halle unterm hölzernen Giebeldach - kein einziges Mal im letzten Jahr (und in diesem schon gar nicht) ist er „aus dem Netz gefallen“, wie seine kleine Mannschaft stolz vermerkt.

Er brauchte auch eigentlich überhaupt keine Bedienung, die Schaltwarte Glocksee hat ihn aus der Ferne unter verdrahteter Aufsicht, nur selten sind seine Kohlebürsten nachzustellen oder zu erneuern, und die großen Steuerkurbeln für die Stellung der Schaufelräder sind sowieso stets auf einen schon eingefeilten Strich eingestellt. Wenn das Wasserkraftwerk nicht auch noch das Staurecht wahrzunehmen und die Staupflicht zu erfüllen hätte, Menschen wären darin nahezu überflüssig.

Es ist aber auch nicht so, daß da die ganze Mannschaft auf den Generator starrt. Eine Einmannschicht vielmehr verbringt die einsamen Früh-, Spät- und Nachtstunden dort, sitzt im einzigen abgetrennten Raum, blickt durchs Fenster auf die Maschinen, zelefoniert, füllt Berichte fürs Wetteramt aus und hört Radio. Alle halbe Stunde muß sie auf zu Kontrollgängen, wobei immer wieder angeschwemmte Sachen vom Rechen wegzutreiben und hochzuholen sind.

Überdies pflegt sie auch das Land bis zu der pappelbestandenen Böcklin-Insel am Leineabzweig hinüber, und peinlich sauber hält sie ebenso den Fliesenboden im Haus. „Die Frühschicht fegt aus, die Spätschicht wischt, die Nachtschicht putzt“, lautet die Abmachung zwischen den Männern.

Denn das äußerliche Idyll wird von innerlicher Qualität begleitet. Draußen stehen Kirschbäume, Edelrosen sind gepflanzt worden, an der Südwand ist ein Weinstock hochgeklettert, der vor vielen Jahren einmal die Leine herabgeschwommen kam. Die prächtigen Ziegelmauern des Gebäudes, dem dicke Pfeiler an den vier Ecken einen merkwürdigen Zug von Wehrhaftigkeit verleihen, umschließen das schwarze Gußeisen, das matte Messing, die rotlackierten Ankerwicklungen und Maschinerie, die mit gewaltigen Muttern in das Fundament verschraubt ist. Über allem träumt eine Laufkatze den nie erfüllten Wunschtraum, den Generator an den dafür vorgesehenen Ösen zu packen und wegzuschleppen.

Sollte das Kraftwerk nicht von einer plötzlichen Begehrlichkeit bedroht werden, entlang des Ohedamms Hochhäuser mit unverbaubarem Blick auf den Schnellen Graben zu errichten, dürfte es den Rest des Jahrhunderts gut überstehen und dann 2000 das werden, was es genaugenommen auch jetzt schon darstellt - ein Denkmal sauberer Technik. Pa.

ZU 2 IN TABELLE 2: WASSERKRAFT: UMWANDLUNG IN ELEKTRISCHEN STROM

Mühlenbesitzer Garbotz hat genug billigen Strom

Nur noch wenige Staurechte an der Hamel

Bad Münders-Hachmühlen (dik). Über rapide kletternde Energiekosten braucht sich der 74jährige Walter Garbotz aus dem münderschen Ortsteil Hachmühlen nicht groß zu sorgen. Der Mühlenkaufmann und -besitzer erzeugt einen großen Teil seiner elektrischen Energie mit Hilfe seines verbrieften, uralten Staurechtes und einer kleinen Zwölf-Pferdestärken-Turbine selber.

Seit 1903 nutzen die Hachmühlener Müller die Wasserkraft der Hamel bereits, um sich mit Strom zu versorgen. Dabei sind allerdings die 60 000 Kilowatt, die Walter Garbotz erzeugt, für die schubkräftige Hamel nur ein Klacks. Walter Garbotz ließ sich von Fachleuten ausrechnen, daß bei Einbau von Staustufen allein in Hachmühlen etwa 300 000 kW zu bekommen sind. Das würde zwar einige hunderttausend Mark an Investitionen verschlingen, doch diese einmalige Aufwendung käme binnen weniger Jahre wieder herein. Denn etliche Häuser im Ortsteil an der Hamel könnten voll mit hausgemachter Energie versorgt werden.

Die jetzige, relativ einfache und betagte Turbine schafft noch so viel Strom, daß die Familie Garbotz den Überschuß ins Netz der „Hastra“ einspeist. Ein „Wasser PS“ – in der Hachmühlener Mühle werden 26 produziert – kostete beim Verkauf der Staurechte um 1914 an die 1000 Mark, vor 30 Jahren etwa 4000 Mark. Die Stadt Bad Münders ist an dem Kauf der Staurechte brennend interessiert. Der Inhaber dieses Rechtes steht nach eigenen Angaben diesen Wünschen keineswegs ablehnend gegenüber. Sieht er doch selbst, daß die Stauwehren und anderen Einrichtungen, die mit seinem Wasserrecht zusammenhängen, mit erheblichem finanziellem Aufwand modernisiert werden müßten.

Walter Garbotz ließ sich nach der Übernahme seiner Mühle – er stammt selber aus dem Riesengebirge und kam nach dem Krieg in den Raum Bad Münders – von einem Fachingenieur Pläne ausarbeiten, die geeignet waren, die in Hachmühlen latente Hochwassergefahr zu beseitigen.

Wichtigste Bestandteile dieser Überlegungen stellten damals riesige Rückhaltebecken in der Landschaft zwischen Bad Münders und Hachmühlen sowie zwischen

Brullsen und Dörpe dar. So könnte mit dem Wasser der Hamel unterhalb des münderschen Osterberges bis an den Ortsrand Hachmühlen ein mächtiger See angestaut werden.

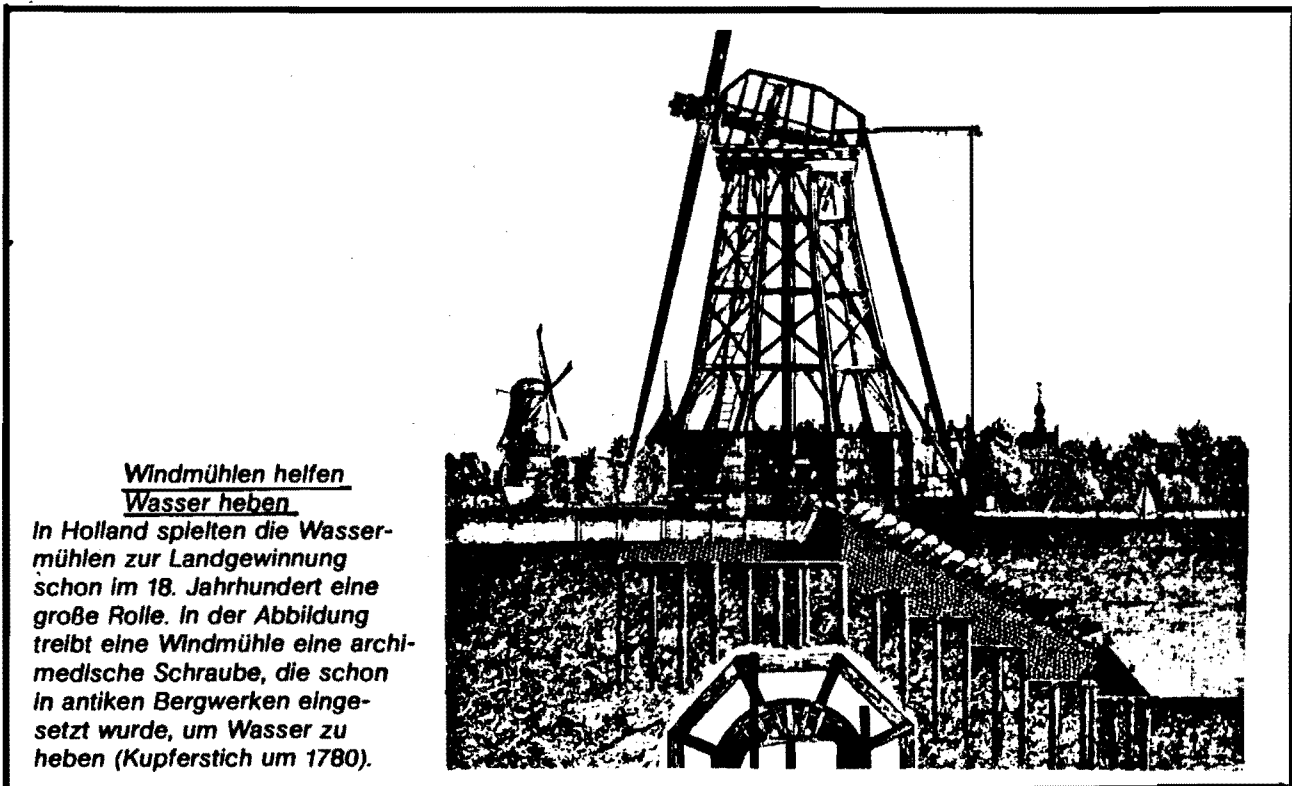
Nach den Berechnungen, die damals angestellt wurden, hätte es in Hachmühlen ein für allemal kein Hochwasser mehr gegeben, wie es erst vor wenigen Wochen noch der Fall war. Der Mühlenbesitzer sieht für das letzte Hochwasser allerdings auch einen Grund in der kürzlich erfolgten Begradigung des Gelbbaches zur Hamel. „Jetzt schießt das Wasser derartig rasch und mit solcher Gewalt gegen meine alten Wehre, daß die handbetriebenen Stauwerke kaum noch bewegt werden können“, erinnert sich Garbotz an den Ärger mit dem letzten Wassereinbruch, der ihm auf dem Mühlengrundstück erheblichen Schaden einbrachte. Das Damwild, das sich Walter Garbotz in einem Gehege hält, flüchtete sich auf eine winzige Anhöhe wie auf eine Insel.

Früher existierten zwischen Hamelsprünge und Hachmühlen ein gutes Dutzend Wasserkraftwerke. Jetzt gibt es außer dem Staurecht der Hachmühlener Mühle lediglich im benachbarten Hilligsfeld noch ein solches Recht. Sein eigenes Papier muß Walter Garbotz 1983 erneuern lassen. Im Gespräch mit der „Landkreis-Zeitung“ meinte Garbotz, prinzipiell sei er mit der Abgabe des Staurechtes an die Stadt Bad Münders einverstanden.

Der Mühlenkaufmann, der in seiner schlesischen Heimat zwei große Mühlen besaß, nutzt das Wasser zwar nicht mehr, um es in Bewegung für die Mahlwerke umzusetzen, aber er beobachtet es doch ganz genau. Dabei stellte er unter anderem fest, daß in der Hamel wieder Forellen leben und sogar laichen, und zwar seitdem im benachbarten Bad Münders die neue Kläranlage arbeitet.

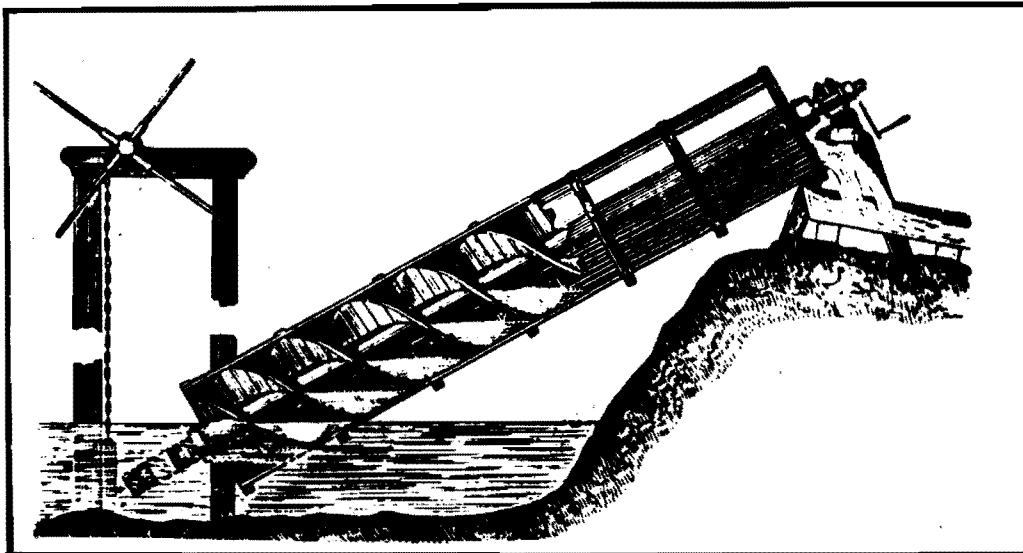
aus: Hannoversche Allgemeine Zeitung vom 15./16. 3. 1980
Landkreiszeitung (Beilage der HAZ Süd und West, S.4)

ZU 3 IN TABELLE 2: WINDKRAFT WIRD ZUM WASSERHEBEN
GENUTZT



aus : Varchmin, RAdkau; München 1979 Seite 66

Die archimedische Schraube



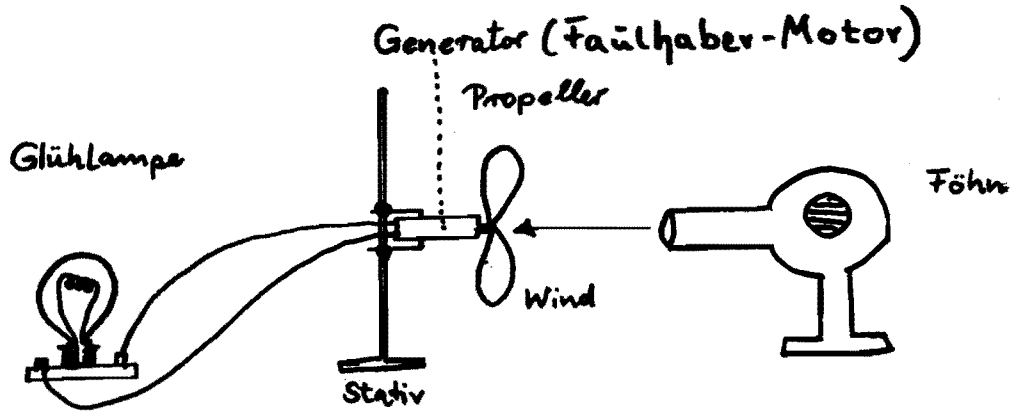
Archimedische Schraube (Prinzipskizze). Ein Schneckenrad als Wasserhebwerk vermag in verhältnismäßig kurzer Zeit gleichmäßig Wasser zu fördern beziehungsweise zu heben.

aus: Jonas u.a., S. 122

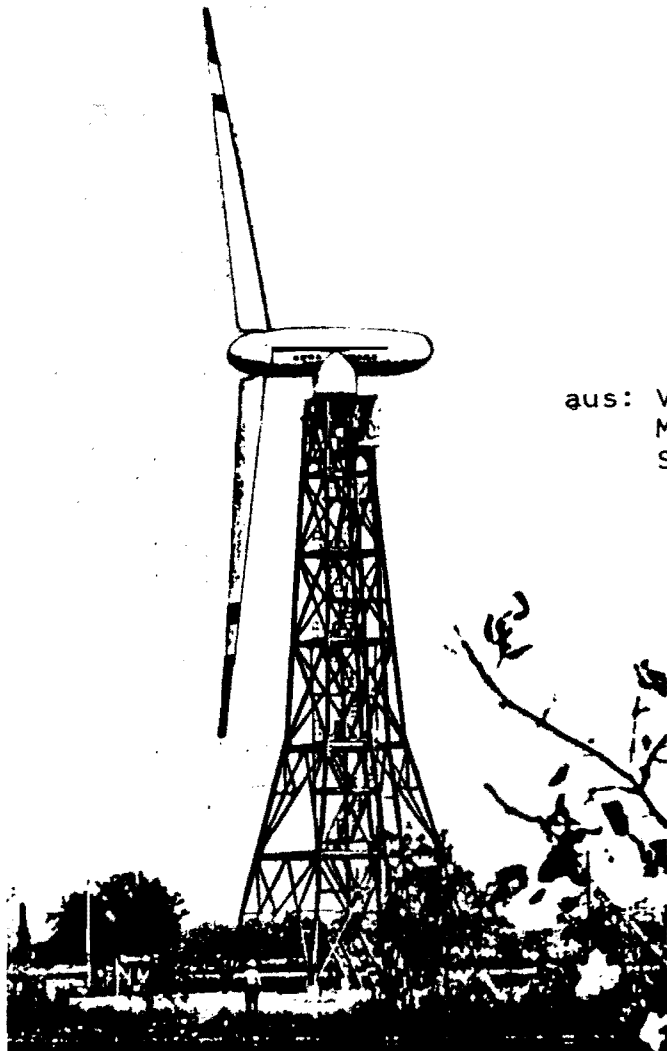
ZU 3 IN TABELLE 2: WINDKRAFT ZUR STROMERZEUGUNG

Versuchsprotokoll einer Schülergruppe:

Wir haben einen Propeller an ein Stativ angeschraubt und dann haben wir eine Glühlampe in einen Stromkreis angeschlossen. Dann haben wir mit einem Föhn den Propeller angetrieben. Der Propeller drehte sich und die Glühlampe brannte. Wenn man eine Kupferrolle um einen Magneten bewegt, erzeugt man damit elektrischen Strom. Umgekehrt genauso: Wenn man eine Spule im Magnetfeld dreht, erzeugt es auch elektrischen Strom (Generator):



Der Propeller dreht sich, wenn der Wind dagegen bläst. Er dreht sich aber nur, wenn er gerade davor steht

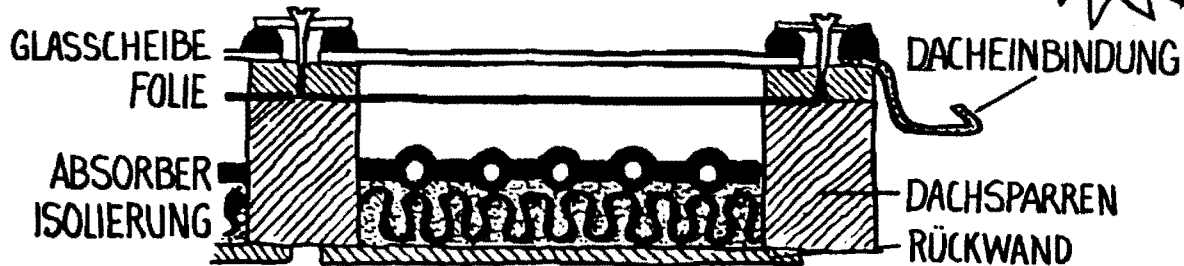


aus: Varchmin, Radkau;
München 1979
S. 73

Eine 100 Kilowatt-Turbine
Alle bisher gebauten Windturbinen befinden sich noch im Experimentierstadium. Es ist nicht möglich, aufgrund theoretischer Berechnungen Windanlagen aufzubauen, obwohl sie keine außergewöhnlichen technischen Anforderungen stellen. Sie müssen jedoch zunächst, da sich die Probleme der Praxis nicht vorhersagen lassen, ein längeres Erprobungsstadium durchlaufen.

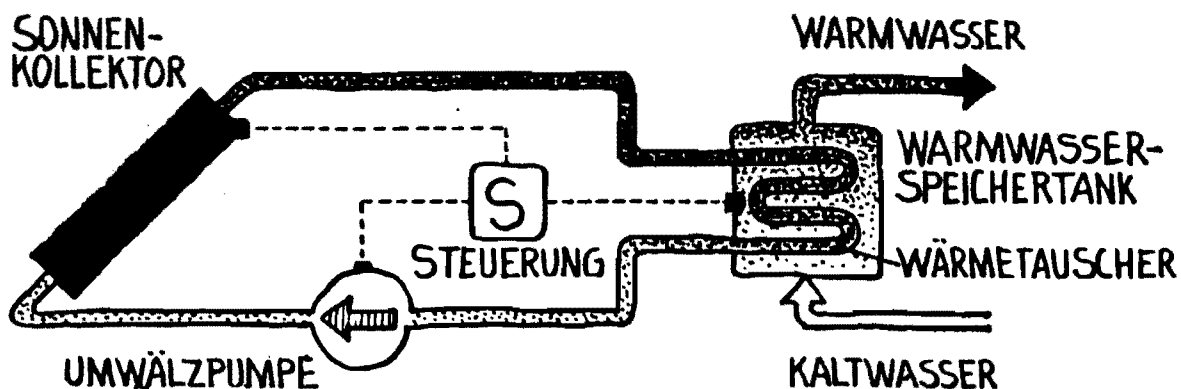
ZU 4 IN TABELLE 2: SONNENKRAFT: AUSNUTZUNG DER WÄRMEENERGIE DER SONNENSTRAHLEN

SONNENKOLLEKTOR



Licht wird an der schwarzen Platte (hier ein Flachheizkörper, mit Kollektorfarbe geschwärzt) in Wärme umgewandelt. Dies funktioniert auch, wenn die Sonne nicht direkt scheint, z. B. bei leichter Bewölkung. Durch die dünnen Kanäle fließt Wasser und transportiert die Wärme zum Speichertank. Folie und Glasscheibe bewirken einen Treibhauseffekt und verhindern so, ebenso wie die Isolierung (Steinwolle) auf der Rückseite, daß die Wärme ungenutzt verloren geht. Statt Flachheizkörpern werden meist speziell dafür angefertigte "Absorberplatten" verwendet. Die Dacheinbindung sorgt für ein dichtes Dach, wie z. B. auch bei Dachfenstern.

KOLLEKTORKREISLAUF



Das von den Kollektoren erwärmte Wasser wird mittels einer Pumpe zum Wärmetauscher (z. B. Kupferrohrspirale) im Speichertank transportiert. Dort gibt es seine Wärme an das gespeicherte Leitungswasser ab und fließt abgekühlt wieder unten in den Kollektor. Dort wird es wieder erwärmt... Der Kollektorkreislauf stellt also ein geschlossenes System dar, durch das immer dasselbe Wasser fließt, um Kalkablagerungen und Rosten zu verhindern. Dies Wasser ist meist durch Frostschutzmittel gegen Einfrieren im Winter geschützt. Der Speichertank dient zum Überbrücken von Regentagen und sorgt dafür, daß man auch nachts und morgens früh warmes Wasser zum Duschen, Spülen usw. hat.

Mittels zweier Fühler vergleicht eine einfache, elektronische Temperaturdifferenzschaltung die Temperaturen am Kollektor und im Speicher. Nur wenn der Kollektor wärmer ist als das Wasser im Speicher, setzt die Schaltung die Pumpe in Gang. Bei Regen und nachts zirkuliert das Wasser nicht.

Sonnenkollektoranlagen stellen eine einfache Technik dar. Sämtliche Bauteile sind aus dem Heizungsbau bekannt. Viele Leute bauen sich ihre Anlagen selber.

Für Warmwasserbereitung rechnet man pro Person etwa 2 m^2 Kollektorfläche und ca. 100l gespeichertes Wasser. Kosten für fertig installierte Anlagen: etwa 1100 DM pro m^2 Kollektorfläche.

aus: Zentrum für Ökologie und Technik; Es geht auch anders

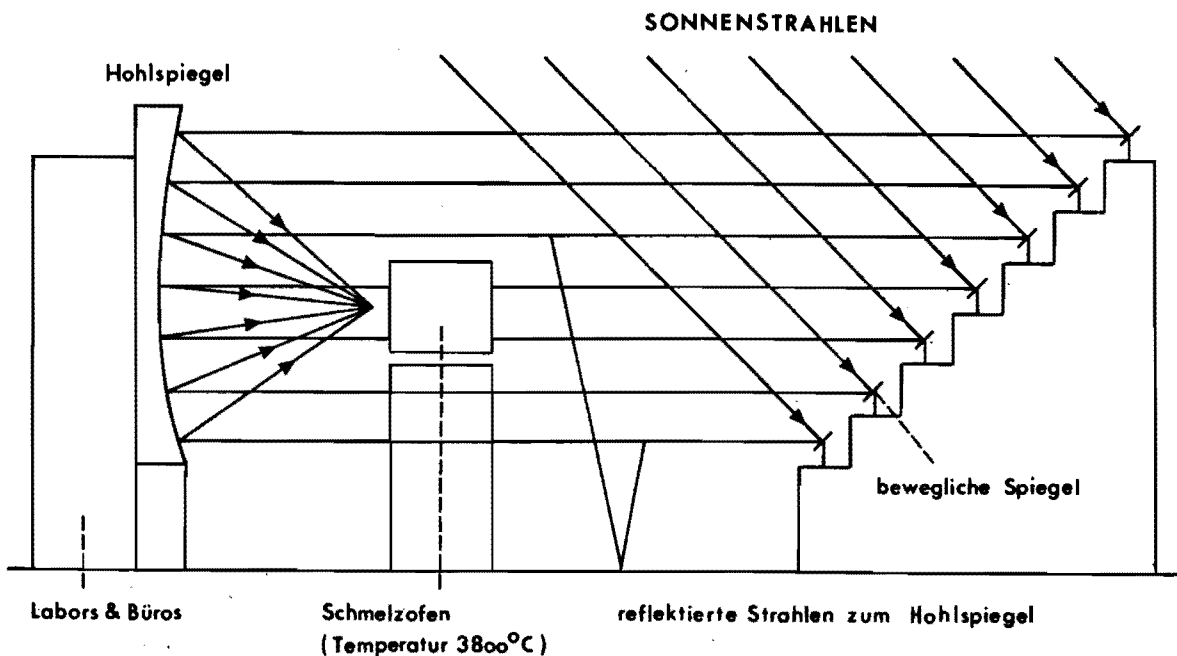
ZU 4 IN TABELLE 2: SONNENKRAFT: AUSNUTZUNG DER WÄRMEENERGIE DER SONNENSTRAHLEN

Sonnenöfen

Die in Erprobung befindlichen Sonnenöfen versprechen gute Aussichten zur Erzeugung hoher Temperaturen. Bei Sonnenöfen werden die eintreffenden Sonnenstrahlen mit Hilfe von Hohlspiegeln an einer Stelle konzentriert. "Bei einer Sonnenofen-Großanlage in Odello (Frankreich) wird die Sonnenstrahlung von 63 Planspiegeln auf einen rund 2000 m² großen Parabolspiegel geworfen, der die Strahlung auf einer Kreisfläche von ca. 45 cm Durchmesser konzentriert." Dabei werden Temperaturen von bis zu 3800 Grad Celsius erreicht. "Beim Sonnenkollektor und beim Sonnenofen wird die eintreffende Sonnenstrahlung zunächst in Wärmeenergie umgesetzt, die dann erst in einem weiteren Schritt in besser nutzbare Energieformen umgewandelt wird. ... Dagegen kann man durch Einsatz von Sonnenzellen die Sonnenenergie unmittelbar zur Erzeugung von elektrischem Strom nutzen."

Nach: Hundt: 100 x Technik im Alltag - klipp und klar. Lexikon Bd.9, Mannheim 1979.

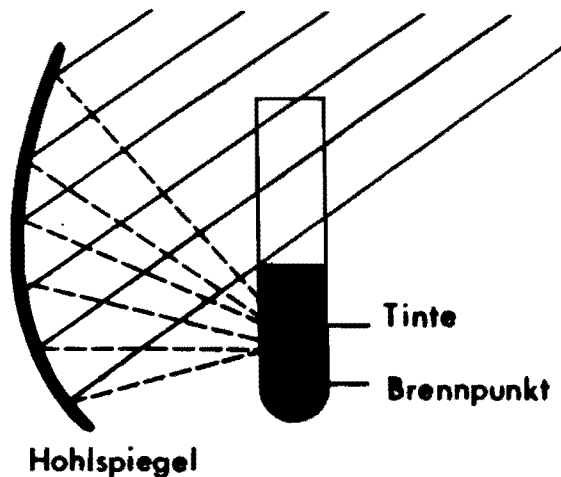
SCHEMA DER SONNENOFEN-ANLAGE IN ODEILLO



Ein Schülerprotokoll zum Modellversuch eines Sonnenofens:

NUTZUNG VON SONNENKRAFT

"So ein Hohlspiegel wird in Frankreich benutzt. Dieser Hohlspiegelkollektor kann im Brennpunkt 4000° sein. Man kann so ein Ding auch kleiner konstruieren und beim Camping benutzen. Z.B. zum Tee- oder Essen kochen. Bei bedecktem Himmel kann man so einen Kollektor nicht benutzen, weil es von der Sonne abhängig ist."



ZU 4 IN TABELLE 2: SONNENKRAFT: UMWANDLUNG DER WÄRMEENERGIE
IN BEWEGUNGSENERGIE, DANN IN
ELEKTRISCHE ENERGIE

Strom aus gesammelter Sonnenglut

Für die Umwandlung von Sonnenwärme in elektrische Energie mit Hilfe einer Wärmekraftmaschine sind hohe Temperaturen erforderlich, die mit der direkten Sonneneinstrahlung nicht erzielbar sind.

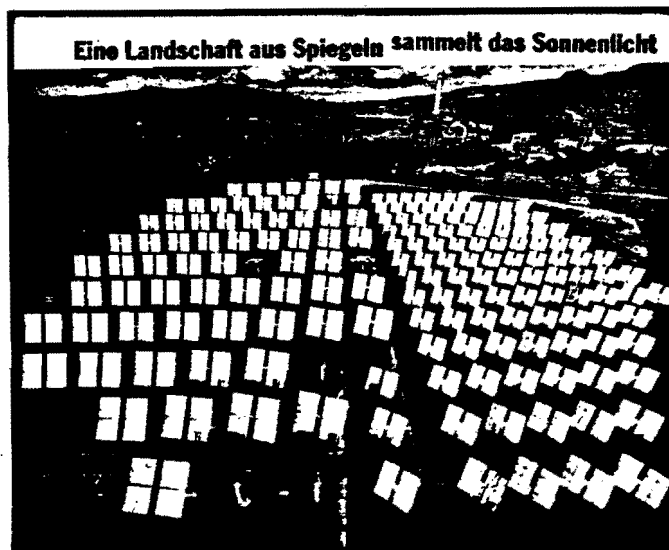
Deshalb konstruierte man sog. Spiegel-Batterien ("Sonnenfarm"), die die Energiedichte auf ein Vielfaches erhöhen, so daß Wassertemperaturen zwischen 300 und 600 Grad C erreicht werden, wodurch eine Wärmekraftmaschine mit einem Wirkungsgrad von etwa 40% betrieben werden kann.

Eine solche Anlage mit einer elektrischen Leistung von 10 MW_{e1} wurde 1982 in Californien, in der Nähe von Los Angeles, aufgebaut.

Auf einer elliptischen Fläche (Achsenlängen 585 m und 685 m) stehen 1818 Heliostaten, deren jeder 12 Spiegel mit einer Fläche von je 3 m² trägt, die automatisch der Sonne nachgeführt werden und die auf sie auftreffende Sonnenstrahlung auf einen 70 m hohen Turm konzentrieren. Dadurch wird das Wasser auf 500 Grad C erhitzt, das dann seinerseits eine Turbine antreibt. Als Wärmepuffer dient ein Vorratsgefäß, in dem sich eine Mischung aus Öl und Granit befindet. Dadurch ist es möglich, noch etwa bis zu 4 Stunden nach Sonnenuntergang 7 MW_{e1} zu erzeugen.

Eine kleiner Anlage wurde bereits am 12. Dezember 1980 in Sizilien in Betrieb genommen. Es handelt sich hierbei um das 1 - Megawatt-Solar-kraftwerk "Eurelios", das mit Mitteln der Europäischen Gemeinschaft gebaut wurde.

Ähnliche Anlagen werden z.Zt. an einigen Stellen der Welt aufgebaut, um ihre Wirkungsweise im Dauerbetrieb zu studieren und um zu realistischen Abschätzungen für die Kosten der auf diese Weise gewonnenen Elektrizität zu gelangen.



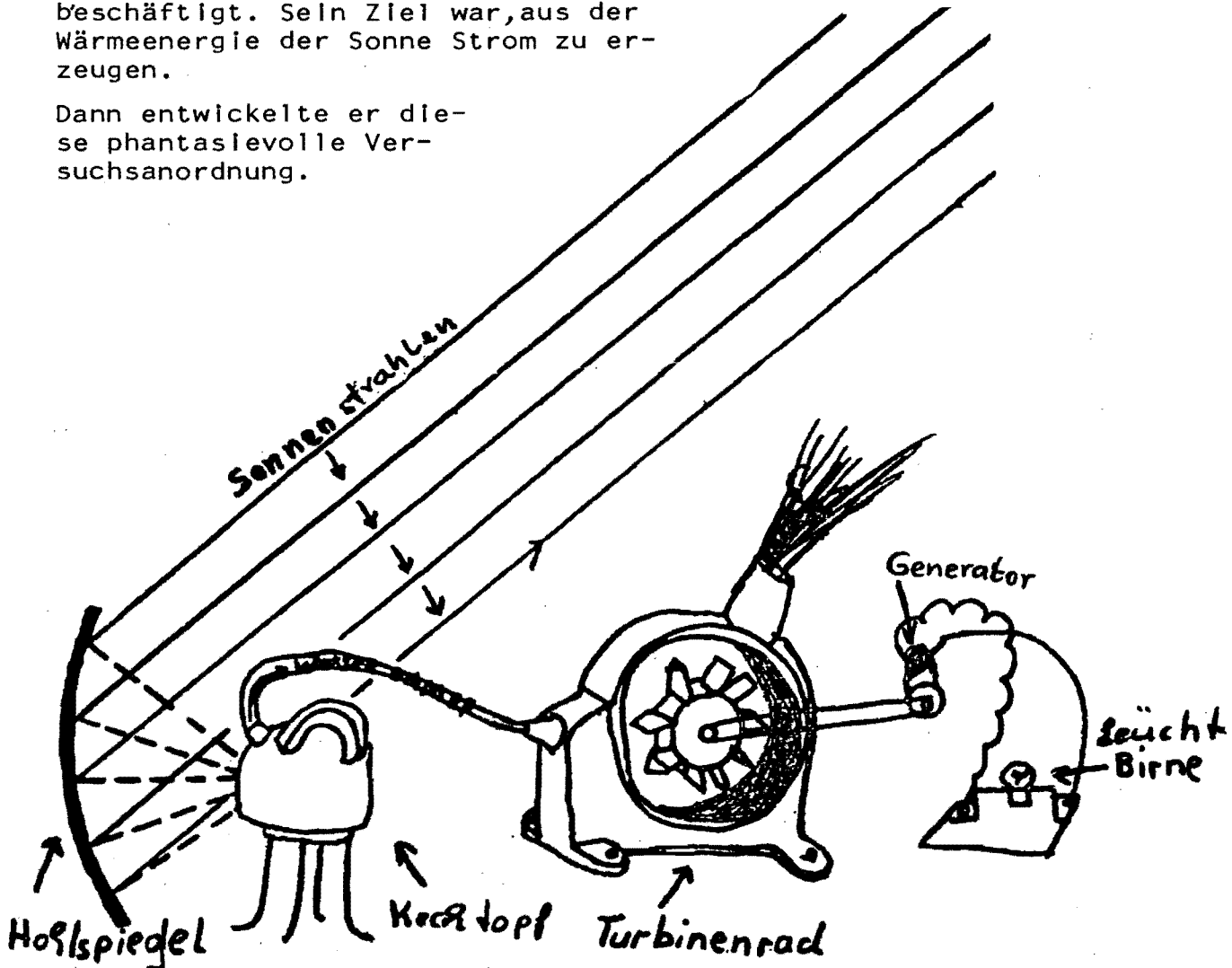
ZU 4 IN TABELLE 2: SONNENKRAFT: UMWANDLUNG DER WÄRMEENERGIE
IN BEWEGUNGSENERGIE, DANN IN
ELEKTRISCHE ENERGIE

Eine Schülerarbeit:

Sonnenkraftnutzung
mit Hohlspiegel

Ein Schüler hatte sich längere Zeit mit der Nutzung der Sonnenenergie beschäftigt. Sein Ziel war, aus der Wärmeenergie der Sonne Strom zu erzeugen.

Dann entwickelte er diese phantasievolle Versuchsanordnung.



"Man kann mit so ein Ding nicht nur Metall erhitzen o. schmelzen, man kann damit auch Strom erzeugen, mit Hilfe einen Dampfkessels, Turbinenrad und einen Generator. Der Hohlspiegel erhitzt das Wasser, mit dem Wasserdampf wird durch ein Schlauch das Turbinenrad angetrieben, und mit dem Turbinenrad dem Generator. So kann man Strom erzeugen!"

Ich konnte leider so ein Experiment nicht machen, weil die arme Schule keinen großen Hohlspiegel hatte."

①

SOLARZELLEN

...Strom von der Sonne

Die Solarzelle wandelt Energie der Sonne direkt in elektrische Energie um. Strom aus Solarzellen ist die umweltfreundlichste Form der Stromerzeugung, die es gibt. Die Erforschung dieser Form der Energieerzeugung ist schon seit über 20 Jahren im Gang, aber bisher fanden die Solarzellen fast nur in der Raumfahrttechnik Anwendung. Jetzt überlegt man sich, ob man sie nicht zur Erzeugung von umweltfreundlichem Strom auf der Erde benutzen soll.

Doch ihre Herstellung ist noch zu teuer, um ihren Einsatz im großen Maßstab wirtschaftlich erscheinen zu lassen. (Das gilt übrigens vor 20 Jahren für Transistoren und für Taschenrechner vor 5 Jahren auch noch beides ebenfalls Abfallprodukte der Halbleitertechnik.) Zur Zeit kosten Solarzellen noch ca. 50-100 DM pro 1 Watt Leistung. Dieser Preis muß natürlich noch erheblich gesenkt werden. Wenn allerdings, wie das verschiedentlich in der Literatur geschieht, als Maßstab für den Umfang der Senkung der (angebliche) Preis von 1,60 DM pro Watt für ein Atomkraftwerk angelegt wird, so hinkt dieser Vergleich beträchtlich. Denn in diese Rechnung gehen weder die Folgekosten für die Atommüllkosten, den Aufbau des Atomstaates mit perfektioniertem Überwachungs- und Kontrollapparat noch die gesundheitlichen Schäden bei Personal und Bevölkerung ein.

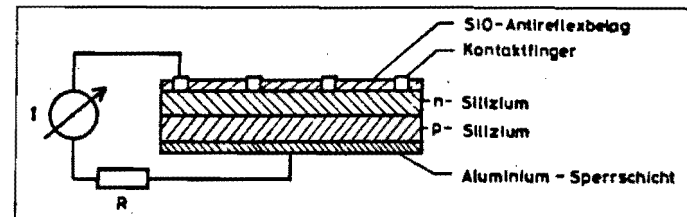
Trotzdem ist schon für die nächsten zehn Jahre abzusehen, daß die Solarzellen es auch mit solchen Preisen werden aufnehmen können. In der Zwischenzeit werden die sprunghaft steigenden Kosten der fossilen Energieträger das ihrige dazu beitragen, die Solarzellenanwendung wirtschaftlicher zu machen. Bei einem 362 kw Solarkraftwerk (das zur Zeit in Arkansas/USA gebaut wird) kosten die Zellen nur noch 6US Dollar/Watt (rd. 11 DM).

Wie eine Solarzelle funktioniert

Eine Solarzelle besteht aus zwei Halbleiterschichten, die so dünn sind, daß das Sonnenlicht in sie eindringen kann. Jene kleine Teilchen, die allerorten für die Stromleitung verantwortlich sind - die Elektronen - sind auch hier vorhanden. Nur sind in der einen Schicht (n-Silizium) relativ mehr als in der anderen (p-Silizium). Das kommt daher, weil

②

beide Silicium-Kristalle (die Zelle besteht NUR aus einem Kristall, deswegen ist die Solarzelle so teuer) absichtlich verunreinigt sind. Und zwar in der n-Schicht mit Atomen, die jeweils 1 Elektron mehr haben als der Grundstoff Silicium. In der p-Schicht ist es gerade umgekehrt. Dort haben die Fremdatome jeweils ein Elektron zuwenig. D.h. beide Schichten sind relativ zueinander unterschiedlich geladen. Daher kommt auch die Bezeichnungsweise. Der Kristall mit Elektronenüberschuß ist negativ, der mit Elektronenmangel relativ dazu positiv geladen. Unterschiedliche Ladung zweier Körper bedeutet aber, daß zwischen ihnen eine elektrische Spannung besteht. Diese ist auch in der Zelle vorhanden (genauer gesagt, an der Grenzschicht zwischen beiden Schichten). Nun könnte man erwarten, daß diese unterschiedliche Ladung sich ausgleichen müßte, da die beiden Schichten miteinander verbunden sind. Das geschieht aber nicht, weil es sich beim Silicium nicht um einen elektrischen Leiter handelt. Nur wenn die beiden unterschiedlich geladene Pole einer Spannungsquelle durch einen elektr. Leiter miteinander verbunden sind, kann eben jener elektrische Strom fließen, der die unterschiedliche Ladungsverteilung ausgleicht. Dieser Stromfluß ist aber nicht anders als die massenhafte Wanderung von freibeweglichen Elektronen.



Schematische Darstellung einer Silizium-Solarzelle.

Quelle: U. Bossel: Nutzung der Sonnenenergie nach Versiegen der fossilen und mineralischen Energiequellen, in: Heizen mit Sonne, Tagungsbericht der Deutschen Gesellschaft für Sonnenenergie 1976, Göttinger Dissertationsdruck 1976.

Im Halbleiter sind sie das aber gerade nicht. Also, was soll das ganze? Es besteht eine Spannung, aber der Strom, den wir doch gerade haben wollen, fließt nicht! Das Geheimnis liegt in der Vorsilbe HALB. Die Elektronen im Silicium sind nicht voll unbeweglich, wie etwa die Elektronen in einem Nichtleiter (oder Isolator). Es reicht schon eine ganz kleine Aktivierungsenergie, um sie von Ihrer Bindung an die Atome zu lösen und beweglich zu machen. Und genau dazu ist die Sonnenenergie in der Lage.

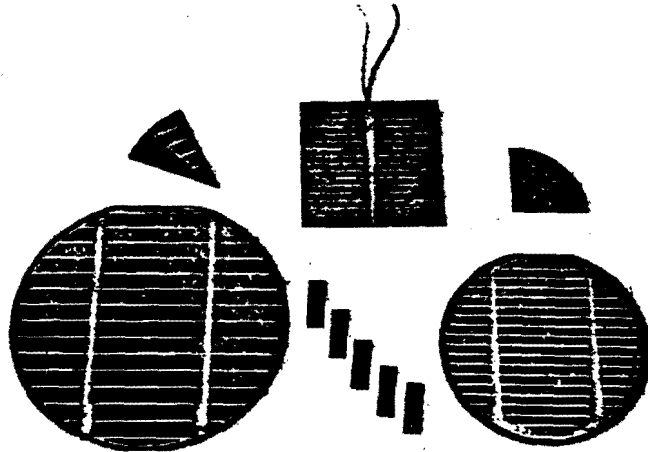
In diesem Moment trifft das vorhandene elektrische Spannungsfeld in Aktion, das nun die entstandenen freien Elektronen beschleunigt.

aus : Arbeitsgemeinschaft Sanfte Energie Bensheim; ENERGIE
"Selbst gemacht" ; S. 40, 41

③ Gleiches geschieht mit den "Löchern", d.h. den Stellen wo freigewordene Elektronen ein (dadurch positives) Loch hinterlassen haben. Die negativen Elektronen und die positiven Löcher sammeln sich dementsprechend an den beiden entgegengesetzten Seiten der Solarzelle, die jeweils aus Metallen, also Stromleitern bestehen. Werden nun diese beiden Pole der Solarzelle über einen Verbraucher miteinander verbunden, so kann - endlich! - der gewünschte Strom fließen. Und: solange die Sonne immer wieder neue Elektronen freisetzt, wird dieser Solar-Batterie nie der Saft ausgehen. (2)

2) Um ein Mißverständnis zu vermeiden, daß während unserer 1. Ausstellung öfters auftrat, noch eine kurze Erklärung. Dem Solarzellenmaterial werden nicht eines Tages "die Elektronen ausgehen." ?
Dann für jedes "oben" aus der n-Schicht Abgewanderte Elektron tritt aus dem Stromkreis (der ja ein geschlossener ist) "unten" in die n-Schicht wieder ein. Dies wird wieder gebunden und muß, damit es sich wieder bewegen kann, von der Sonne aktiviert werden.

Einzel- und Solarzellen



oben von links: SO-3-1/4 / SO-5,3x5,3 / SO-3-1/4
unten von links: SO-4 / 5 Stück SO-19-6 / SO-3

| Typ | Abmessung (mm) | Fläche (mm²) | Strom* I _k (mA) | Bruttoeinzelpreis (incl. MwSt.) DM | | | | |
|------------|----------------|--------------|----------------------------|------------------------------------|-------|-------|--------|--------|
| | | | | DM / Stück bei Abnahme-Menge: | | | | |
| | | | | 1-9 | ab 10 | ab 50 | ab 100 | ab 250 |
| SO-19-6* | 19x6 | 110 | 25 | 2,80 | 2,50 | 2,30 | 2,20 | 2,10 |
| SO-3-1/4 | 1/4 von Ø 75 | 560 | 140 | 4,55 | 4,10 | 3,95 | 3,75 | 3,55 |
| SO-3-1/4 | 1/4 von Ø 75 | 1130 | 280 | 10,00 | 9,10 | 8,20 | 7,50 | 7,10 |
| SO-3 | Ø 75 | 4530 | 1100 | 33,25 | 29,90 | 27,25 | 24,60 | 23,25 |
| SO-5,3x5,3 | 5,3x5,3 | 2810 | 700 | 33,25 | 29,90 | 27,25 | 24,60 | 23,25 |
| SO-4-1/4 | 1/4 von Ø 100 | 1960 | 490 | 15,50 | 14,00 | 12,70 | 11,50 | 10,85 |
| SO-4 | Ø 100 | 7850 | 1900 | 46,55 | 41,85 | 38,15 | 34,45 | 32,55 |

* bei Einstrahlung von 1000 Watt/m²

④ Anwendung von Solarzellen heute

Auf der Erdoberfläche kann man mit einer maximalen Strahlungsleistung der Sonnenenergie von 1000w/m² rechnen, wovon mit heute üblichen Si-zellen 11-15% in elektrische Energie umgewandelt werden kann, (≈ 110-150 w/m².)

Solarzellen mit ca. 20% Wirkungsgrad befinden sich noch im Stadium der Entwicklung billigerer Produktionsverfahren. Bei 20% Wirkungsgrad würde ein Quadratmeter Solarzellen ca. 200 kwh im Jahr erzeugen. Für die Stromversorgung eines mittleren Haushaltes wären etwa 20m² Fläche erforderlich. Eine solche Fläche können z.B. Hausdächer sein, mit Ziegeln die in denen Solarzellen integriert sind.

Vielversprechend ist auch die Entwicklung der kombinierten Strom- und Warmwassererzeugung auf ein und derselben Fläche. Solarzellen, die ja schwarz sind, erzeugen den Strom und sind gleichzeitig mit der Absorberplatte des Sonnenkollektors verbunden, der die entstehende Wärme - wie gehabt - zur Warmwasserbereitung nutzt. Dadurch sind Gesamtwirkungsgrad von 70 Grad möglich. Ansonsten gibt es größere Projekte wie die Entsalzungsanlage von AEG.

(Wobei allerdings zu bedenken ist, daß es einfachere Projekte gibt, die denselben Effekt durch direkte Sonnenenergienutzung haben - ohne den Umweg über den Strom. Sogas kommt dabei halt heraus, wenn Firmen, die am AKW-Bau beteiligt sind, sich der Sonnenenergie widmen.)

Sinnvoller finden die Solarzellen heute dort schon Anwendung wo Sonneneinstrahlung, Bedarf und fehlendes Stromnetz zusammenfallen, z.B. Wetterstationen, Sendeanlagen, Weidezaungeräte und Segelboote.

Die restlichen Anwendungsbereiche sind noch den Klein- und Kleinstgeräten vorbehalten: Armband - aber auch Straßenuhren, Taschenrechner und Lampen, Solarfeuerzeuge und diverses Spielzeug für kleine und große Kinder und Bastler. Wer etwas selber mit den kleinen schwarzen Dingen experimentieren will, kann sie mittlerweile preiswert in allen Größen bekommen.

B.U.M.D. (Beim Bund für Umwelt und Naturschutz, Kirchstr. 2, 78 Freiburg oder bei Wagner & Co. Auf der Weide 1, 355 Marburg. Bei letzterem (Alternativ-) Betrieb gibts auch sehr preiswerte Motoren, die mit einer einzigen Solarzelle betrieben werden können..

ZU 4 IN TABELLE 2: SONNENKRAFT

Das Sonnenschiffchen

Das Sonnenschiffchen wird durch elektrischen Strom, gewonnen aus Tages- und Sonnenlicht, vorwärts bewegt. Die Schiffsschraube wird von einem Präzisions-Getriebemotor bewegt, der mit einer großen Solarzelle verbunden ist.

Mechan. Aufbau: Styropor-Außenbordmotormodell, rotierend angetrieben.

- Material:**
- 1, (Faulhaber)-Getriebemotor 15:1 (0,2-0,3V Anlaufspannung, ca. 20 mA), erhältl. bei Wagner & Co GmbH, Auf der Weide 1, 3550 Marburg.
 - 2, Solarzelle (50), 75, am besten 100 mm Ø: erhältl. beim B.U.N.D. = Bund Umwelt- und Naturschutz Deutschland e.V., Landesverband Baden-Württemberg, Kirchstr. 2, 7800 Freiburg. - Die 4 Zoll-Scheibe kostet ca. 46.-DM. - Solarzellen auch bei 1.!
 - 3, Klarsichtplastik-Petrischale (bis 12 cm Ø, 2 cm hoch).
 - 4, Dünne (5 mm) Schaumgummiplatte.
 - 5, Dünne vieladrigere Radio-Litze.
 - 6, Styropor- od. Korkplatte 2 cm dick, 15 cm Ø (Kreisförmig!).
 - 7, (Isolierten) dicken Kupferdraht aus alten 220 V-Leitungen.
 - 8, Blechband (Verpackung von Brikkett-, Bretter-usw. Bündeln).
 - 9, Abisolierzange; LötKolben, Radiolot, Isolierschlauch von 220V-Kabel.

Größere Solarzellen (4 Zoll) erlauben Betrieb auch bei ungünstigem (diffusem) Licht heller 100%iger Wolkendecken!

Zusammenbau: 15cm lange (rote) Litze an Plus-Seite der Solarzelle anlöten (bei der 4-Zoll-Scheibe des B.U.N.D. oberseits). - (Grüne, schwarze od. blaue) Litze auf Minus-Seite anlöten (ca. 1/2 sec Lötzeit bei 30 Watt; Drahtenden vorverzinne; Kolophonium Knapp verrauchen lassen, wenn auf Oberseite gelötet wird!; Lötstellen nie genau untereinander, sondern ca. 2cm entfernt!).

Litze an den Motorpolen so anlöten, daß die Schraube sich richtig herum dreht.

Motor in Blechbandschlaufe halten und das ca. 10 cm überstehende Bandende verwinkeln, so daß die Außenbordmotor-Schrägung entsteht. (Klebeband-) Befestigung auf Unterseite der Petri-Plastikschale.

Solarzelle auf 1/2 Zellen-Ø-größen Schaumgummi-Fuß mit Pattex Kleben, die- sen wiederum auf dünnen Karton vom Innen-Ø des Petrischalenbodens).

Motor-Achse durch Isolierschlauch mit dickem geradem Drahtstück verbinden, das am Ende die 5cm Ø-Schraube trägt: Halterung durch Draht-Schlaufe.

Aufbau-Skizze:

DC-Getriebe-Mikromotor 15:1 in verwickelter Blechschlaufe als Außenbordmotor gehalten. Wasserabdichtung durch Plastikbeutelchen! Elast. Isolierschlauch

Halterung der Schraubenachse durch Drahtschlinge.

B.U.B.,

Arbeitskreis Sonnenenergie Bonn, Zülpicher Str. 17, 53 Bonn-1



ZU 4 IN TABELLE 2: SONNENKRAFT: EIN SONNENKRAFTWERK AUS SOLARZELLEN

ENERGIE

Jede Menge

In einer Versuchsanlage will der Elektrokonzern AEG demonstrieren, daß der Strombedarf mit Sonnengeneratoren zu decken ist.

Der Konzern hat genug Kritik einstecken müssen, da will AEG-Manager Eckehard Schmidt wenigstens die eigene Leistung loben: „Was wir hier machen“, so Schmidt über seinen Fachbereich (Neue Technologien, Raumfahrt), „kann außer uns niemand in der westlichen Welt.“

In den schmalen Werkshallen im schleswig-holsteinischen Wedel tüfteln Schmidt sowie ein paar Dutzend Ingenieure und Facharbeiter an einer Technik, die dem deutschen Elektro-Konzern wieder Ansehen verschafft: Die AEG will in großem Stil Elektrizitätswerke bauen, die für die Stromerzeugung nichts weiter brauchen als Tageslicht.

Die Technik (Photovoltaik) ist bekannt — Sonnengeneratoren wandeln Licht unmittelbar in Strom um. Derartige Stromerzeuger sind in der Weltraumtechnik auch Laien ein längst vertrauter Anblick: Die paddelähnlichen Bauteile an Satelliten und Weltraumstationen sind nichts anderes als Solargeneratoren.

Auch die Wedeler AEG-Mannschaft hat das Handwerk im Geschäft mit der Weltraumfahrt gelernt; sie liefert die Solarzellen für deutsche, europäische und amerikanische Weltraum-Programme. Neben der AEG gibt es in westlichen Industriestaaten nur noch die US-Firma Hughes, die Solargeneratoren für Satelliten bauen kann.

Solarzellen, in denen elektrische Energie entsteht, sind reine Siliciumscheiben, die durch winzige positiv oder negativ aufgeladene Metallteilchen verunreinigt wurden. Fällt Licht, am besten strahlende Sonne, auf die Scheibe, entsteht ein Stromfluß zwischen den Metallspuren. Der Strom wird in aufgedruckten Silberfäden gesammelt, gebündelt und zum Verbraucher weitergeleitet.

Zumindest theoretisch können Sonnengeneratoren bei gutem Licht Strom in jeder gewünschten Stärke und jeder Menge liefern. Die Praxis macht noch etwas Schwierigkeiten: Ein Quadratmeter Solarzellen-Fläche produziert im besten Fall (bei strahlender Sonne) ein Kilowatt (kW) Strom. Bei bedecktem Himmel fällt die Leistung auf 100 Watt pro Quadratmeter.

Für die großindustrielle Stromproduktion kommen Solarzellen daher bislang noch nicht in Frage — sie brauchen zuviel Platz. Für dezentrale Kleinverbraucher aber sind sie ideal. Dreißig Quadratmeter Solarfläche auf dem Dach eines Hauses würden auch bei bedecktem Himmel soviel Strom liefern, wie eine Familie normalerweise verbraucht.

Daß die Sonnengeräte auch auf der Erde ohne Wartung zuverlässig funktionieren, ist bereits bewiesen. Auf der Elbe etwa schwimmen Bojen, für deren Blinkzeichen Solarzellen der Marke AEG den Strom liefern. In Indonesien werden ganze Reisfelder mit Hilfe von Sonnenstrom bewässert, und der Bergsteiger Reinhold Messner bezog auf dem Himalaja den Betriebsstrom für die Funkverbindung zum Basislager aus einem AEG-Generator.

So liegt es nur an den Preisen, daß die Lichtgeneratoren noch keine massenhafte Verwendung finden. Die Herstellung der Solarzellen aus Silicium war bislang so teuer, daß Sonnenstrom für den Privatgebrauch einfach nicht lohnte. Sinn machten die Geräte aus Wedel nur im Weltraum und auf der Erde in abgelegenen Regionen, in denen Strom sonst nicht zu bekommen wäre.

„Vor fünf Jahren“, so Schmidt, „kostete ein Kilowatt Strom-Kapazität bei uns 500 000 Mark.“ Inzwischen ist der Preis auf 20 000 Mark gesunken, und in fünf Jahren will Schmidt das Kilowatt für 5000 Mark auf den Markt bringen.

Das wollen die AEG-Manager mit neuen Produktionsmethoden schaffen. Die wichtigsten Schritte sind schon getan.

So werden bei der AEG in Wedel die Leitungsverbindungen der einzelnen Siliciumscheiben, die auf einem Generator-Brett angeordnet sind, inzwischen vollautomatisch geschweißt. Die Automaten haben die AEG-Ingenieure entwickelt; andere Hersteller löten die Verbindungen noch von Hand.

Mit staatlicher Hilfe hat die AEG überdies ein neues Produktionsverfahren entwickelt, das die Kosten der Solarzellen selbst wesentlich senken soll. Bislang wurde das Silicium für die Generator-Platten aus der Produktion für Elektronik-Chips abgezweigt. Die dort üblichen hohen Qualitätsstandards sind jedoch für Solarzellen nicht nötig.

Die AEG-Techniker sind inzwischen so weit, daß sie ihre Sonnensysteme an einem Großprojekt erproben wollen. Auf der Nordsee-Insel Pellworm werden sie, finanziert aus EG- und Bundesmitteln, eine Solaranlage mit einer Leistung von 300 Kilowatt errichten — bisher weltweit die größte ihrer Art.

aus :

Der Spiegel 14/1981

Das Sonnenkraftwerk soll das Kurzentrum, etliche umliegende Gewerbebetriebe und eine Reihe von Privathäusern mit Strom versorgen.

Da bei Sonnenschein immer mehr Strom anfällt, als die Pellwormer brauchen werden, bleibt die Insel mit dem Netz des Stromversorgers Schleswig verbunden.

Das Pilotprojekt wird nach AEG-Rechnung rund 12 Millionen Mark kosten. Ist das System erst einmal erprobt, so prophezeit Schmidt, würden ähnliche Projekte künftig allenfalls noch zwei Millionen Mark erfordern.

Das Pellwormer Solarkraftwerk wird Strom im Wert von 150 000 Mark pro Jahr liefern. Wenn künftige, preiswertere Anlagen sich in fünfzehn Jahren amortisieren, dann werden sie, nach Schmidts Kalkül, „auch für den Privatmann interessant“.

Experten in Übersee, die sich intensiv mit Solartechnik befassen, bestätigen, daß Schmidt mit seiner Voraussage wahrscheinlich richtig liegt. Bis zum Jahr 2000, so erwarten die Amerikaner, wird die Photovoltaik zu einer Milliarden-Dollar-Industrie.

Nur wird in Deutschland vor allem noch eine Hürde zu nehmen sein: Die Stromerzeuger müssen für die Idee gewonnen werden, daß sie überschüssigen Strom aus Sonnenanlagen auch von ihren Abnehmern beziehen.

Denn die Fachleute gehen davon aus, daß im Prinzip jedes Privathaus zum Netto-Produzenten von Strom werden kann: Mit Sonnen-Generatoren (für Strom), Kollektoren (für Warmwasser) auf dem Dach und mit einer Wärmepumpe im Keller wäre das selbst im Norden der Bundesrepublik machbar.

Ginge es nach den Sonnen-Technikern, wären Kernkraft und Öl für die Stromversorgung des Landes schon heute überflüssig: „Der Stromverbrauch“, behauptet AEG-Schmidt, „könnte durch Solargeneratoren gedeckt werden, die an Fläche nur ein Prozent der Bundesrepublik erfordern.“

ZU 4 IN TABELLE 2: SONNENKRAFT

Weil solare Energie diffus ist, hat sie bestimmte thermodynamische Vorteile gegenüber den konventionellen Energiequellen. Und die Wirtschaftlichkeit solarer Anlagen ist in der Lage, "die verwüstenden Auswirkungen der konventionellen Energieerzeugung in der Wirtschaft zu überwinden -insbesondere die steigenden Kapitalkosten und die Inflation". Um die Vorteile der solaren Energie verstehen zu können, betrachten wir eine grundlegende Konsequenz der Grundsätze der Thermodynamik. Nach dem 2. thermodynamischen Hauptsatz gilt, "daß der Wert der Energie in ihrer Fähigkeit liegt, bei ihrer Umwandlung Arbeit zu leisten; daß diese Fähigkeit ständig verringert wird, wenn Arbeit getan ist, und daß die Leistungsfähigkeit, mit der durch den Strom der Energie Arbeit erzielt werden kann, davon abhängt, wie gut die thermodynamischen Eigenschaften der Energiequelle auf die Eigenheiten der Energie benötigten Aufgabe zugeschnitten sind". Man charakterisiert die thermodynamischen Eigenheiten einer Aufgabe zweckmäßigerweise durch die Temperatur, mit der die geforderte Energie darauf angewandt wird. "Einige allgemein bekannte Beispiele solcher Aufgaben mit den dazu erforderlichen Temperaturen (in Celsius-Graden) sind: Raumheizung 23 bis 28 Grad, Wasserheizung 60 bis 70 Grad,... Hochofen 550 bis 1350 Grad. Wir können auch die thermodynamische "Qualität" einer Energiequelle durch ihre Temperatur charakterisieren. Die bei hoher Temperatur gelieferte Energie hat eine hohe Fähigkeit, Arbeit zu leisten (sie weist eine geringe Entropie auf), und umgekehrt". Der "Hauptgrund für die sehr niedrigen Leistungsdaten nach dem zweiten Hauptsatz, die viele der heutigen Verwendungsarten der Energie charakterisieren, (ist) derjenige, daß hochqualitative Energie (wie elektr. Strom) für Aufgaben niedriger Qualität (wie zum Beispiel der Erzeugung von heißem Wasser) eingesetzt wird. Oder wenn Öl in einem Ofen bei 230 Grad C verbrannt wird, um einen Raum auf 23 Grad C zu erwärmen, benutzen wir in ähnlicher Weise hochqualitative Energie, um eine Aufgabe zu erfüllen, die genausogut durch die Energiequelle niedriger Qualität -wie etwa die Abfallwärme, die in einem Kraftwerk anfällt, zu leisten wäre. In vielen Fällen heutiger konventioneller Nutzung wird also Energie mit einer unnötig hohen Quelltemperatur produziert und dann -leistungsschwach- auf Prozesse angesetzt, die eine niedrigere Energiequalität erfordern"....

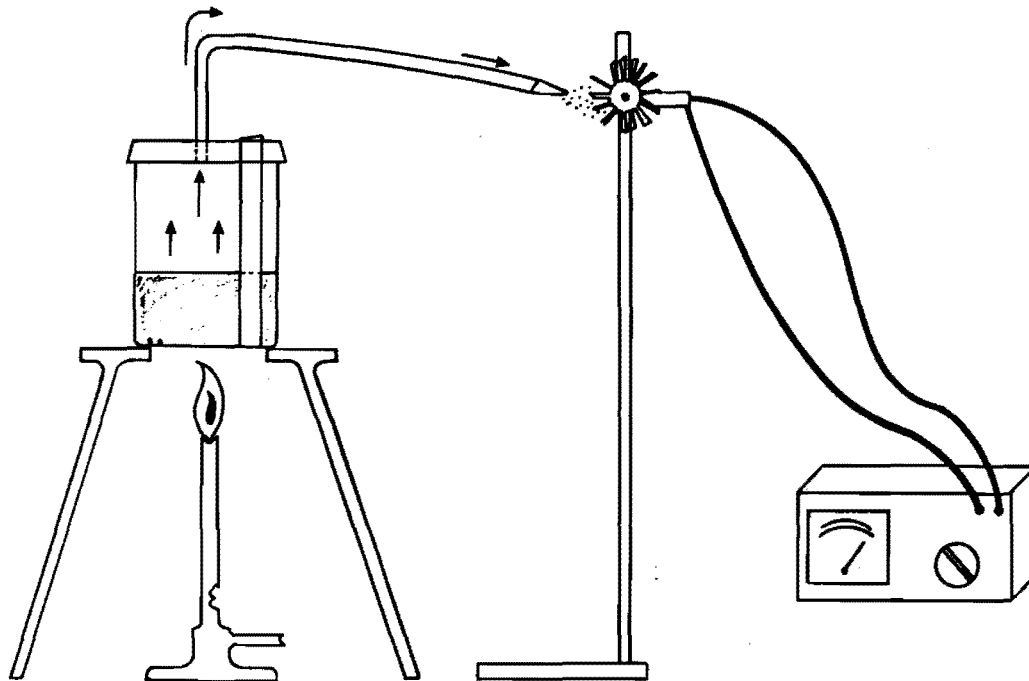
Das Bemerkenswerte an der Sonnenenergie ist, daß sie ebenso andersherum arbeiten kann. Aus persönlicher Erfahrung wissen wir, "daß Sonnenstrahlung mit ziemlich geringer Temperatur auf der Erde eintrifft -verglichen mit den konventionellen Energiequellen. Es wird allgemein anerkannt, daß die Sonnenenergie für Aufgaben, die Energie geringer Qualität erfordern, ganz gut geeignet ist -zum Beispiel für die Erzeugung von Heißwasser oder Raumwärme. Viel weniger geschätzt wird indes, daß solare Energie im wesentlichen eine sehr hohe Qualität aufweist und ohne weiteres für hochqualitative Energie erfordernde Aufgaben verwandt werden kann....

Der Grund für diese überraschende Situation liegt darin, daß die thermodynamische Qualität der Strahlungsenergie an Hand der Temperatur der Quelle bestimmt wird, die sie aussendet. In diesem Fall ist die Quelle die leuchtende Oberfläche der Sonne, die eine Temperatur von ungefähr 5500 Grad C aufweist. Die niedrige Temperatur, die die direkte Sonnenstrahlung erzeugt, wenn sie an der Erdoberfläche absorbiert wird (ca. 100 bis 120 Grad F), bedeutet ja nicht, daß die Qualität der Energie unterwegs gesenkt wurde. Dies bedeutet vielmehr, daß sich die Energie auf ihrer langen radialen Reise von der Sonne aus gewaltig ausgebreitet hat. Um nachzuweisen, daß die wesentlich hohe Qualität der solaren Strahlung nach wie vor erhalten ist, wenn sie die Erdoberfläche erreicht, brauchen wir nur ein allzu bekanntes Experiment durchzuführen". Werden Sonnenstrahlen mit einer Linse scharf gebündelt, dann setzen sie Papier oder Holz in Flammen, d.h. "um solare Energie zu jeder gewünschten Temperatur bis zu den 5500 Grad C der solaren Quelle zu liefern, ist deren Konzentration von einer ausreichend großen Fläche (notwendig)". Eine drei Zoll große Linse sammelt genügend Licht, um eine Temperatur von einigen hundert Graden zu erzeugen, und der riesige Parabolspiegel des französischen Sonnenofens in den Pyrenäen sammelt genügend Energie, um Wolfram bei einer Temperatur von etwa 3300 Grad C zu schmelzen". (Aus: B. Commoner: Energieeinsatz und Wirtschaftskrise, Kap. 6, S. 113-115, Reinbek 1977)

Bearbeitungsfragen:

1. Begründe, warum die solare Energie eine sehr hohe Qualität aufweist.
2. Nenne Beispiele für die Verschwendung hochqualitativer Energie (hohe Temperaturen: z.B. die Verbrennungswärme von Öl) für Aufgaben niedriger Qualität (niedrige Temperaturen werden gebraucht) -wo also Energie verschwendet wird.
3. Welche thermodynamischen Vorteile hat Sonnenenergie gegenüber konventionellen Energiequellen (Öl, Kohle)?

ZU 5 IN TABELLE 2: BRENNSTOFFE: WÄRMEENERGIE BEWEGUNGSENERGIE
ELEKTRISCHE ENERGIE



WÄRMEKRAFT-MODELL

Geräte:

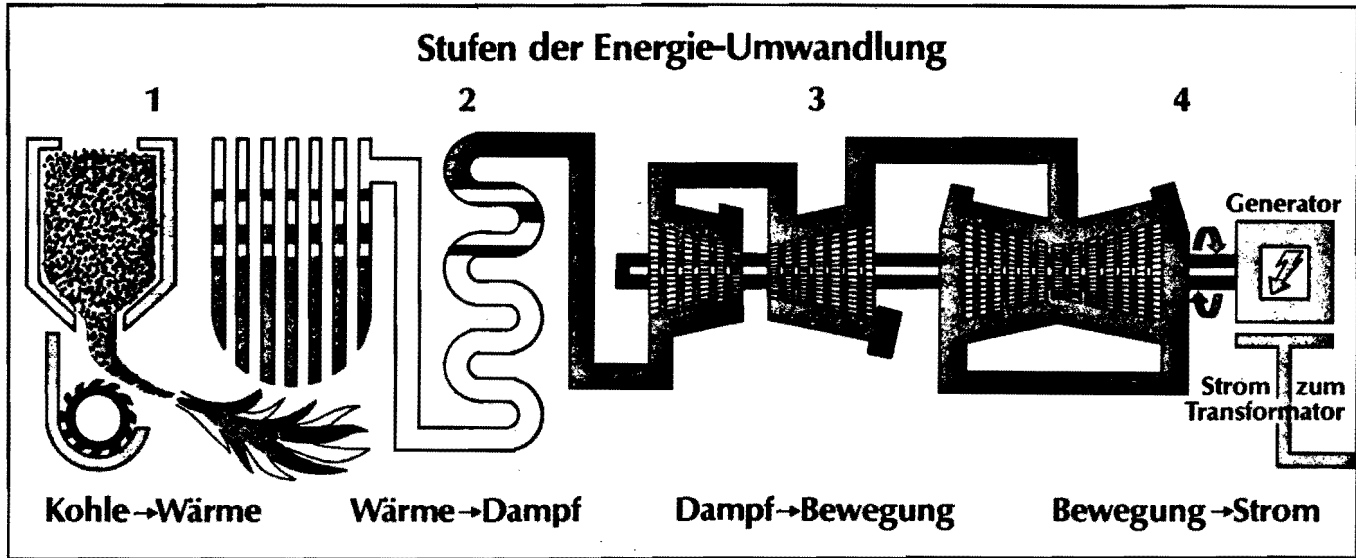
- | | |
|--|--|
| 1 Dampfentwickler | 1 Gasbrenner |
| 1 Schlauch mit Düse | 1 Dreifuß |
| 2 Experimentierkabel | 1 Drahtdreiecke mit Tonröhren |
| 1 Gleichstrommotor 12 V (Generator) | 1 Demonstrations-Vielfachmeß- gerät |
| 1 "Turbinenrad" | Stativmaterial |

Versuchsdurchführung:

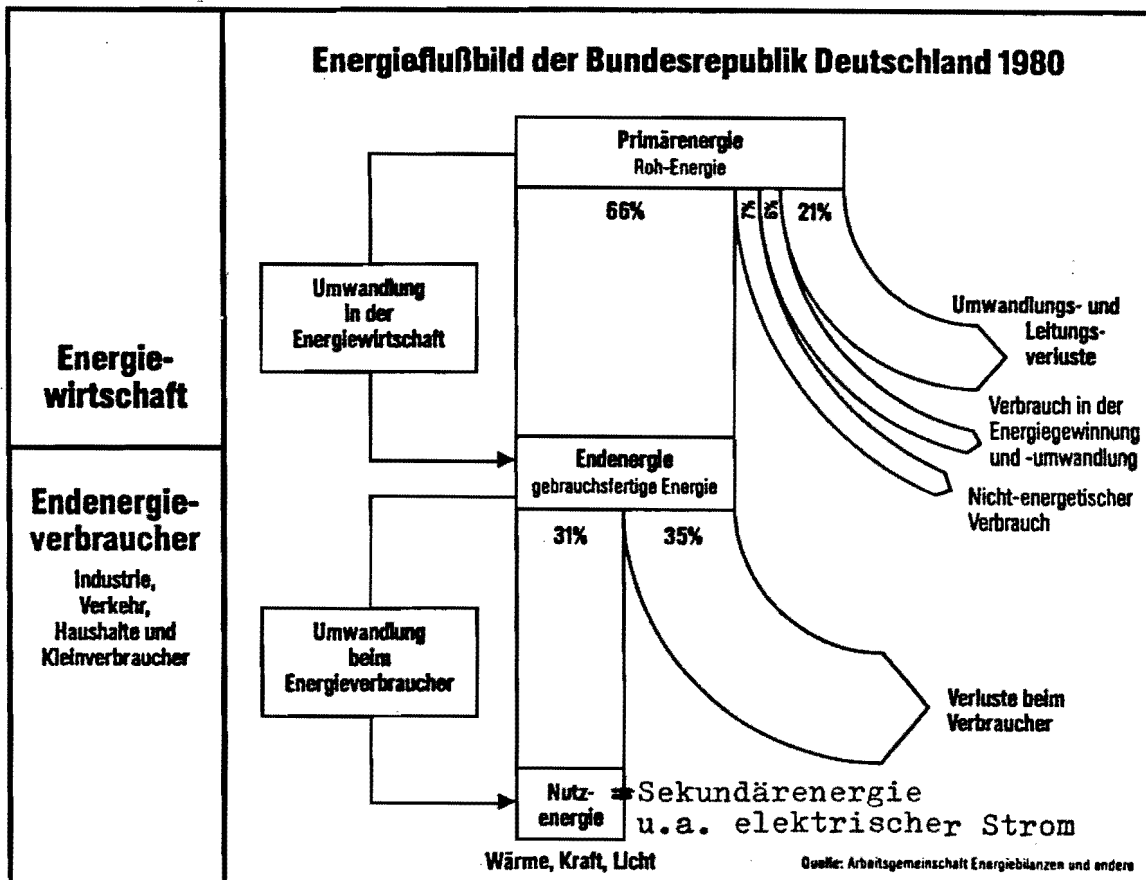
- Der Topf wird nur etwa zur Hälfte mit Wasser gefüllt.
- Wegen der besseren Wärmeübertragung zum Dampfentwickler benutzt man statt eines Asbestnetzes ein Tondreieck.
- Damit bei zu hohem Druck Dampf entweichen kann, muß der Deckel elastisch befestigt sein.
- Evtl. muß das "Turbinenrad" zunächst angestoßen werden.
- Die Generatorleistung reicht zum Betrieb einer Glühlampe nicht aus.

Dieser Versuchsaufbau erscheint auf den ersten Blick einfach nachvollziehbar. Bei der Durchführung wird man aber dann viel mit unterschiedlichem Material -aus der Schulsammlung oder von zu Hause mitgebracht- herumprobieren müssen. Z. B. müssen die Düse und das "Turbinenrad" aus Blech gut aufeinander abgestimmt werden. Der Versuchsvorschlag macht lediglich das Prinzip des Wärmekraftwerks deutlich und ist etwas für Bastler!

ZU 5 IN TABELLE 2: BRENNSTOFFE: WÄRMEENERGIE BEWEGUNGSENERGIE
ELEKTRISCHE ENERGIE



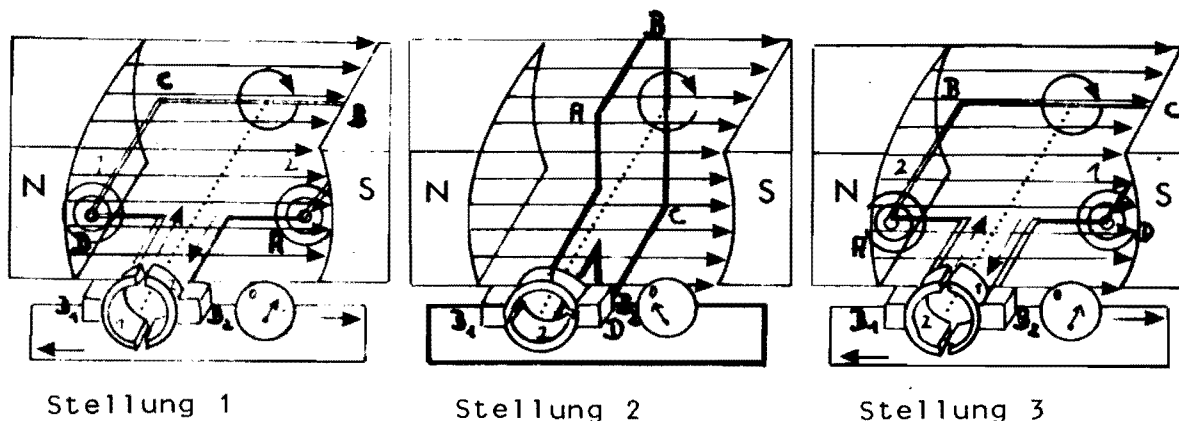
aus: Informationszentrale der Elektrizitätswirtschaft e.V.;
Kölustr. 480, 53 Bonn
Eine Lebensfrage: Strom, Heft 7, S. 11



aus : BMWI ; Energieprogramm der Bundesregierung, 3. Fortschreibung
4. 11. 81

ZU 5 IN TABELLE 2: BRENNSTOFFE: WÄRMEENERGIE → BEWEGUNGSENERGIE → ELEKTRISCHE ENERGIE

FUNKTIONSWEISE EINES GENERATORS: UMWANDLUNG VON BEWEGUNGSENERGIE IN ELEKTRISCHEN STROM MIT HILFE EINES MAGNETEN



Stellung 1 (max. Lorentzkraft):

In dieser Stellung der Leiterschleife bewegen sich die Leiterstücke AB und CD für einen kurzen Augenblick senkrecht zu den Feldlinien des Statorfeldes. Auf diese Leiterstücke und die darin befindlichen Leitungselektronen wirkt die Lorentzkraft und ruft somit in der Richtung des Leitungsdrahtes eine Elektronenverschiebung hervor.

In den Leiterstücken AD und BC wirkt die Lorentzkraft nicht in Richtung des Leitungsdrahtes, sondern quer dazu.

Zusammenfassend gesehen, tritt in dieser Stellung am Kommutatorhalbring 1 ein Elektronenmangel und am Kommutatorhalbring 2 ein Elektronenüberschuß auf. Werden die Anschlüsse der beiden Bürsten B 1 und B 2, die an den Kommutatorhalbringen entlangschleifen, über einen Strommesser verbunden, so fließt ein Strom von B 1 (Pluspol) nach B 2 (Minuspole), bezogen auf die technische Stromrichtung.

Stellung 2 (keine Lorentzkraft):

Beim Durchlaufen dieser Stellung bewegt sich die Leiterschleife mit ihren Stücken AB und CD für einen Augenblick parallel zu den Feldlinien des Statorfeldes. Die Folge ist, daß jetzt keine Lorentzkraft mehr an den Elektronen angreift. Somit bildet sich an den Kommutatorhalbringen kein Ladungsunterschied aus: An den Anschlüssen B 1 und B 2 ist keine Spannung mehr festzustellen.

Stellung 3 (max. Lorentzkraft):

Beim Durchlaufen dieser Stellung bewegen sich die Leiterstücke AB und CD wieder senkrecht zum Magnetfeld. Dabei erreicht die Lorentzkraft erneut ein Maximum - verglichen mit der Stellung 1 wirkt sie jetzt aber in entgegengesetzter Richtung auf die Leitungselektronen. Die Spannung an den Anschlüssen erreicht wiederum einen Höchstwert. Sie ist wegen des Wechsels der Kommutatorhalbringe an den Bürsten genau so gepolt wie in Stellung 1.

ZU 5 IN TABELLE 2: BRENNSTOFFE: AUSNUTZUNG DER WÄRMEENERGIE, UMWANDLUNG IN BEWEGUNGSENERGIE, DANN IN ELEKTRISCHE ENERGIE

WÄRME-KRAFT-KOPPLUNG

Was sich anhört wie ein Zukunftstraum, ist das Ergebnis einer Studie, die Hessens Ministerpräsident Holger Börner in Auftrag gegeben hatte. Die Arbeit landete in den Schubladen der Ministerialbürokratie: Sie paßte weder in das Energiekonzept der Landesfürsten noch in das der Kraftwerksbauer, die immer größere Werke weit vom Verbraucher entfernt errichten. In der langen Leitung zum Stromkunden gehen aber rund zehn Prozent der Elektrizität verloren. Noch schlimmer ist die Verschwendung bei der Stromerzeugung. Fast zwei Drittel der in einem Großkraftwerk verfeuerten Energie belasten als Abwärme Luft und Flüsse, nur 32 Prozent gelangen als Strom in die Steckdose.

Weil die stromerzeugenden Dinosaurier so schlechte Futterverwerter sind, will Jochimsen ein Heer von „Kraftzwerge“ in Deutschlands Kellern installieren. Sein Patentrezept heißt Energiebox. Sie kostet für ein Familienhaus rund 8000 Mark (bei Produktion großer Stückzahlen). Die Investition macht sich schon in wenigen Jahren bezahlt, denn das Minikraftwerk produziert mehr Strom, als im Haus gebraucht wird. Der Überschuß geht in das öffentliche Netz.

Kraftzweig im Keller

Die Energiebox nutzt Brennstoff viel besser als Großkraftwerke

Alle Einzelteile der potenten Box werden schon seit Jahrzehnten von den Auto- und Elektrokonzernen hergestellt. Das Herz der Box ist ein kleiner Diesel- oder Gasmotor, der mit Heizöl oder Erdgas läuft und gut schallisoliert ist. Dieser Motor treibt einen kleinen Generator an, der ähnlich wie ein Fahrrad-Dynamo Strom erzeugt. Die Abwärme des Motors (55 Prozent der Brennstoffenergie) wird nicht wie beim Auto über einen Kühler in die Umwelt abgeleitet, sondern in die Heizung des Hauses und die Warmwasserbereitung eingespeist. So nutzt die kombinierte Wärme-Strom-Maschine 85 Prozent der eingesetzten Energie.

Wie wirtschaftlich diese stromliefernden Heizungen sind, zeigen große Energieboxen der Stadtwerke in rund zwei Dutzend deutscher Städte, unter anderem in Heidenheim, Frankenthal und Ingolstadt.

Daß sie sich nicht längst durchgesetzt haben, liegt an der Monopol-Politik der großen Energieversorgungs-Unternehmen (EVU).

aus: Stern 45/1980

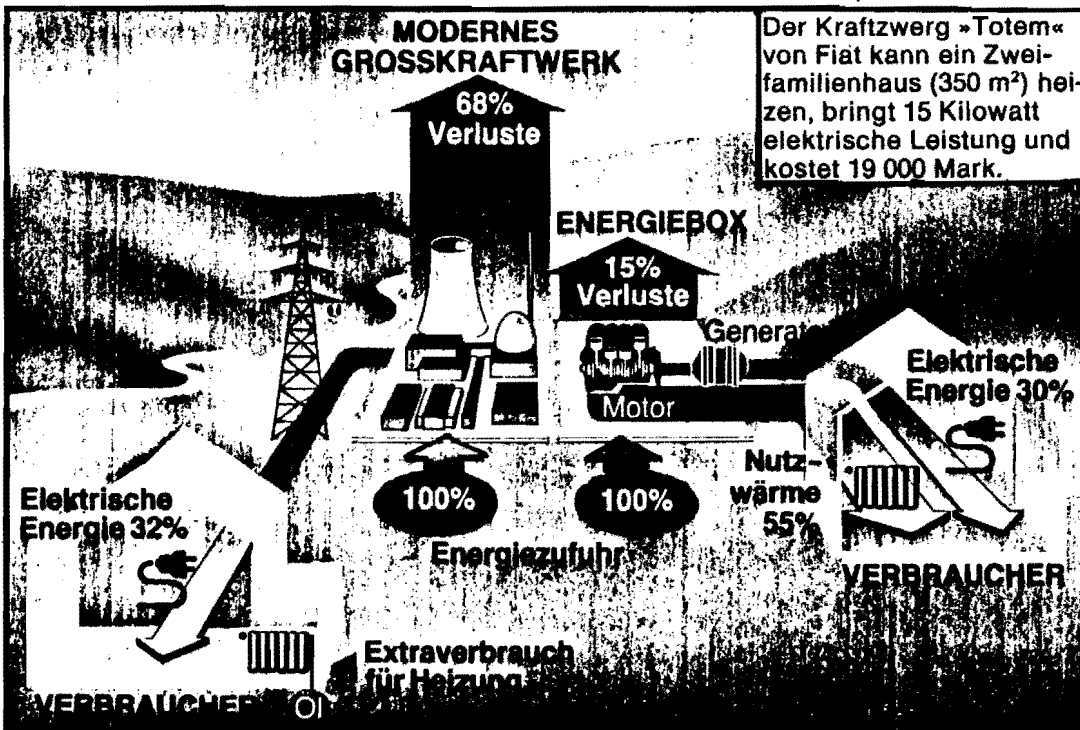
Diese zahlen den meist kommunalen Betreibern von Energieboxen nur drei bis fünf Pfennig für die „hausgemachte“ Kilowattstunde. Dem Stromkunden dagegen knöpfen die EVU den vier- bis fünf-fachen Preis ab. Ein Grund: Im Jahresdurchschnitt wird nur wenig mehr als die Hälfte der Kraftwerksleistung genutzt. Denn Strom läßt sich kaum speichern, er muß immer dann produziert werden, wenn er gerade gebraucht wird. Daher ist die Kapazität der deutschen Elektrizitätswerke für die hohe Spitzenbelastung während der kältesten Wintertage ausgelegt.

Würden sich die Minikraftwerke ausbreiten, dann bräuchten die Großanlagen nur noch die Grundversorgung zu liefern. Die Stromspitzen übernahmen Fernwärme produzierende Heizkraftwerke und Millionen Energieboxen. Aber den Stromkonzernen ist ihr teures Monopol wichtiger als Energiesparen — und zu letzterem zwingt sie kein Gesetz. Der Energieexperte Ulrich Jochimsen, auf den man in Hessen nicht hören wollte, findet mit seinem Konzept jetzt mehr Verständnis in Düsseldorf. Sein Bruder Reimut ist dort Wirtschaftsminister. Versuchsweise sollen in Nordrhein-Westfalen viele dezentrale Kleinkraftwerke errichtet werden.

Bereits heute wäre es technisch machbar, über das Netz jedem Haushalt ständig den aktuellen Strompreis mitzuteilen. Jeder könnte entscheiden, ob er zur teuren Spitzenzeit die Waschmaschine, den Geschirrspüler oder den Elektroboiler einschaltet. Die Haushalte mit einer Energiebox könnten zusätzlich überschüssigen Strom in das Netz einspeisen — für einen entsprechend hohen Preis.

Mit einer solchen „Strombörse“ und den Energieboxen wäre das Problem der Spitzenlast und der brachliegenden Kraftwerkskapazitäten weitgehend gelöst. Und Atomgegner hätten recht: „Wozu Atom-Kraftwerke? Bei uns kommt der Strom aus dem Keller.“

Nikolaus Eckardt

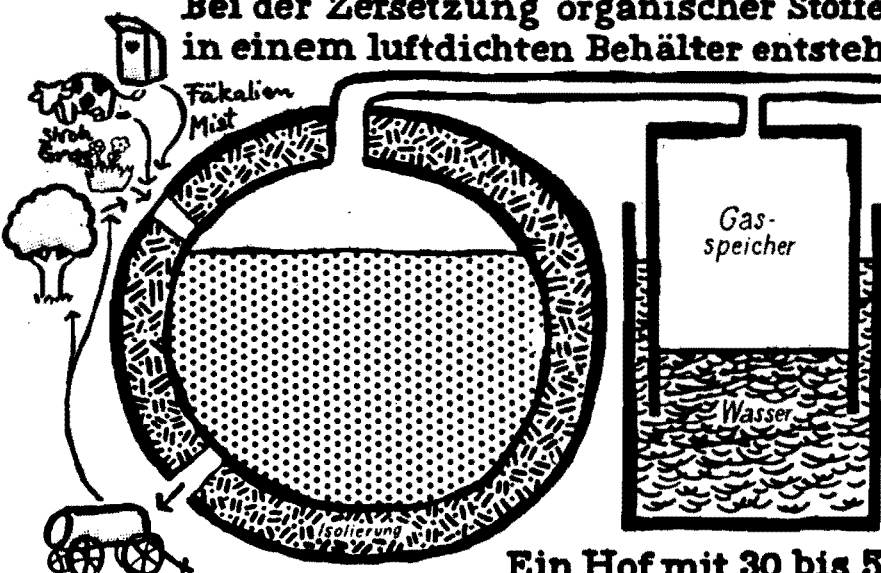


ZU 6 IN TABELLE 2: BIOGAS

aus: Zentrum für Ökologie und Technik Eldagsen; 1981;
Es geht auch anders - Ein Katalog über Energie-Alternativen

BIOGAS: ENERGIE AUS MIST UND ABFALL

Biogas - wie geht denn das?
Bei der Zersetzung organischer Stoffe durch Bakterien in einem luftdichten Behälter entsteht Biogas, ein Gasgemisch mit einem Methananteil von 50 bis 70 Prozent. Es ist dem Erdgas vergleichbar und kann auch genauso verwendet werden. Der ausgefaulte Schlamm ist ein hochwertiger, nahezu geruchloser Dünger mit hohem Stickstoffgehalt.



Ein Hof mit 30 bis 50 Rindern kann den gesamten Energiebedarf für Heizung und Brauchwasser mit Biogas decken. Überschüssiges Gas kann zur Stromerzeugung (Wärme-Kraft-Kopplung) oder als Treibstoff genutzt werden.

Zur Steigerung der Gasausbeute können Stroh, Rübenblätter, Kartoffelkraut o.ä. zugegeben, oder auch, z.B. bei nicht viehhaltenden Betrieben, allein vergoren werden. Ein Teil des anfallenden Gases, etwa 15 bis 30 Prozent, wird in unseren Breiten für Heizung des Gärbehälters, Betrieb der Pumpen usw. benötigt.

Die Schätzungen, welchen Anteil Biogas an der gesamten Energieversorgung haben könnte, gehen auseinander. Es ist jedoch unbestritten, daß ein großer Teil des Energiebedarfs der Landwirtschaft durch Biogas gedeckt werden kann. Dazu kommen Energieeinsparungen bei der Düngerproduktion, da Biodüngung Stickstoffdüngung weitgehend überflüssig macht.

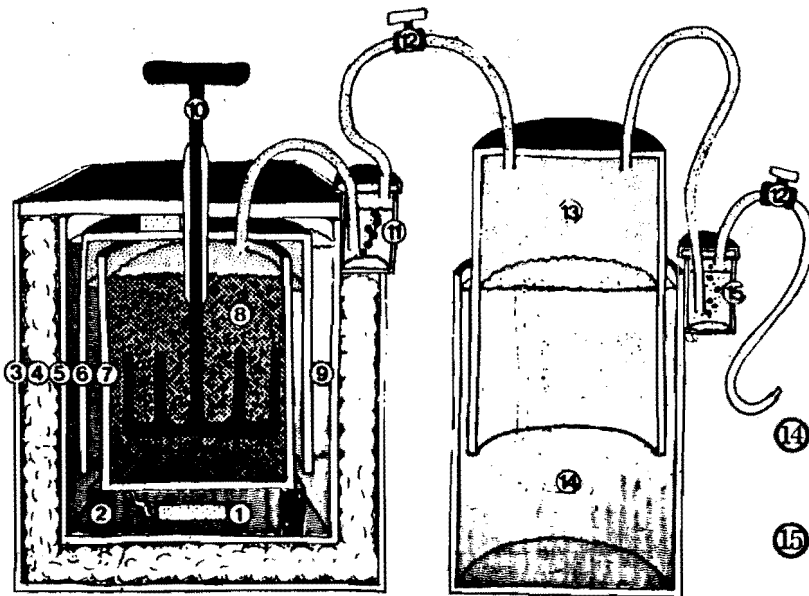
Biogas kann auch aus kommunalen Abwässern, organischem Hausmüll, Abwässern aus Schlachthöfen und Zuckerfabriken usw. gewonnen werden, wobei diese Art der Müllbeseitigung auch einen wichtigen ökologischen Aspekt hat.

für Rechner :
Der Mist von einer Kuh liefert pro Tag 1-2 m Biogas. Das entspricht dem Heizwert von 0,6 bis 1,2 Litern Heizöl.
Die Mistmenge einer Kuh entspricht etwa der von 5 Schweinen oder 20 Menschen oder 100 Hühnern.

ZU 6 IN TABELLE 2: BIOGAS

aus: Zentrum für Ökologie und Technik Eldagsen;
Es geht auch anders - Ein Katalog über Energie-Alternativen

BIOGASANLAGE



- ① Heizung
- ② Ständer für den Faulbehälter (z. B. Ziegelsteine)
- ③ Holzkiste
- ④ Isolierung
- ⑤ Behälter für das Wasserbad (z. B. Ölfaß)
- ⑥ Faulbehälterdeckel
- ⑦ Faulbehälter
- ⑧ Faulgut
- ⑨ Erwärmtes Wasser
- ⑩ Rührer
- ⑪ Blasenähler
- ⑫ Absperrhahn der Gasleitung
- ⑬ Gasglocke
- ⑭ Wasserbehälter beim Gasspeicher
- ⑮ Rückschlag-sicherung

Diese Modellbiogasanlage enthält alle Elemente, die auch zu einer Großanlage gehören: Gärbehälter mit Heizung und Rührwerk, Gasspeicher, Gasverbraucher.

Allerdings haben wir bei diesem Modell zu Gunsten der einfachen Handhabung und der Transportfreundlichkeit auf möglichst einfache Systeme zurückgegriffen. So kommt z. B. die Heizwärme, die unser Faulgut auf einer Temperatur von 34°C hält, aus der Steckdose. (thermostatisch geregelte Aquarienheizung) Eine Energiesünde, die bei einer Großanlage natürlich nicht begangen werden darf! Dort sollte mit Sonnenenergie oder einem Teil des Biogases geheizt werden.

Bei unserem Modell handelt es sich um eine diskontinuierliche Anlage. Das heißt, wir müssen nach ca. 6 Wochen den Gärbehälter bis auf einen kleinen Rest als "Impfmasse" entleeren und neu befüllen. Wir nehmen dafür Kuhmist oder Panseninhalt. Die Impfmasse sorgt dafür, daß gleich wieder viele Bakterien an die Arbeit gehen können.

Unser Gärbehälter faßt ca. 30 l Faulgut. Wenn der Gärprozeß so richtig im Gange ist, produziert die Anlage täglich 30-50 l Biogas. Genug, um eine Kanne Tee zu kochen.

Wir speichern unser Biogas in einem Naßspeicher. Man könnte dazu auch einen Foliensack (Trockenspeicher) benutzen oder das Biogas gleich verbrennen und in Form von heißem Wasser speichern.

Noch ein Tip: Bauanleitungen für diese und andere Modellanlagen finden sich zusammen mit wichtigen Informationen in unserem Themen - Info BIOGAS.

Die Biogasanlage auf dem Klostergut Benediktbeuren (150 Großvieheinheiten) wurde 1956 gebaut und arbeitet seitdem ohne Ausfälle.

ZU 7 IN TABELLE 2: CHEMISCHE ENERGIE: UMWANDLUNG IN ELEKTRISCHE ENERGIE

TROCKENBATTERIEN

Tragbare Transistorradios, Hörgeräte, Uhren oder Taschenlampen werden mit chemischen Spannungsquellen betrieben. Z. B. mit Monozellen, Babyzellen oder Mignonzellen. Diese Trockenbatterien haben gegenüber dem galvanischen Element den Vorteil, daß sie nicht auslaufen können. Sie besitzen ein stark eingedickten Elektrolyten aus wäßriger Salmiaklösung (er ist pastenartig, darf jedoch nicht austrocknen.; außerdem tritt bei Betrieb keine Gasentwicklung auf).

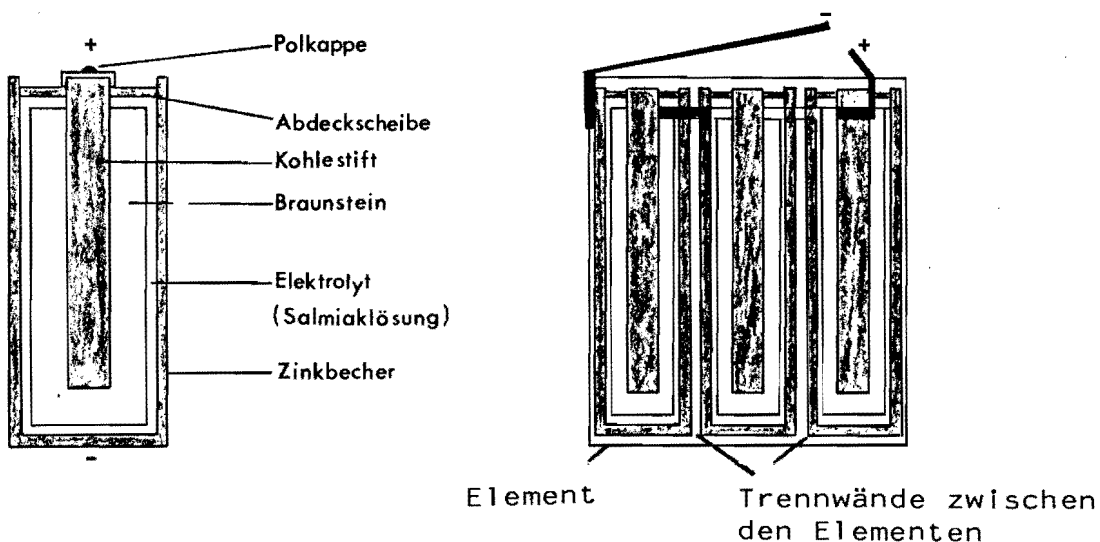
In einem Zinkbecher steht eine Elektrode aus Braunstein (Mangandioxid), die in ihrer Mitte einen Kohlestift enthält, der als Anschluß für einen äußeren Stromkreis dient.

Zwischen der Braunsteinelektrode und dem Zinkbecher, der die zweite Elektrode darstellt, befindet sich der Elektrolyt.

Zwischen der Zinkelektrode und der Salmiaklösung findet eine chemische Reaktion statt: Positive Zink-Ionen treten in den Elektrolyten ein. Dadurch erhält der Zinkbecher -wie die Zinkplatte beim galvanischen "Becherelement"- gegenüber der anderen Elektrode einen Überschuß an Elektronen. Der Zinkbecher stellt somit die negative Elektrode (die Kathode) dar. Die Braunsteinschicht bzw. der Kohlestab ist die positive Elektrode (die Anode).

Der Wasserstoff, der sich beim Stromfluß an der Anode abscheidet, wird dort durch den Braunstein als Oxidationsmittel in Wasser oxidiert; somit kann das elektrische Verhalten der Monozelle nicht durch die Wasserabscheidung beeinträchtigt werden.

Die Lebensdauer eines solchen Trockenelements ist dadurch begrenzt, daß der Zinkbecher allmählich zersetzt wird oder der Elektrolyt eintrocknet.



ZU 7 IN TABELLE 2: CHEMISCHE ENERGIE: UMWANDLUNG IN ELEKTRISCHE ENERGIE

Nickel-Cadmium-Akkumulator

Chemische Vorgänge beim Laden und Entladen eines Bleiakкумуляtors

Die Reaktionen beim Entladen an Kathode und Anode erfolgt umgekehrt wie beim Aufladen: Das Blei der Kathode wird in Gegenwart von Schwefelsäure zu Bleisulfat oxidiert und gibt dabei Elektronen ab. Diese Elektronen fließen über den äußeren Stromkreis zur Anode und reduzieren dort das Bleioxid zu Bleisulfat.

Beim Aufladen wird durch den Elektronenfluß zur Kathode (Ladestrom) das dort vorhandene Bleisulfat zu metallischem Blei reduziert.

Hingegen wird an der Anode durch den Entzug von Elektronen das Bleisulfat zu Bleioxid oxidiert.

Alkalische Akkumulatoren

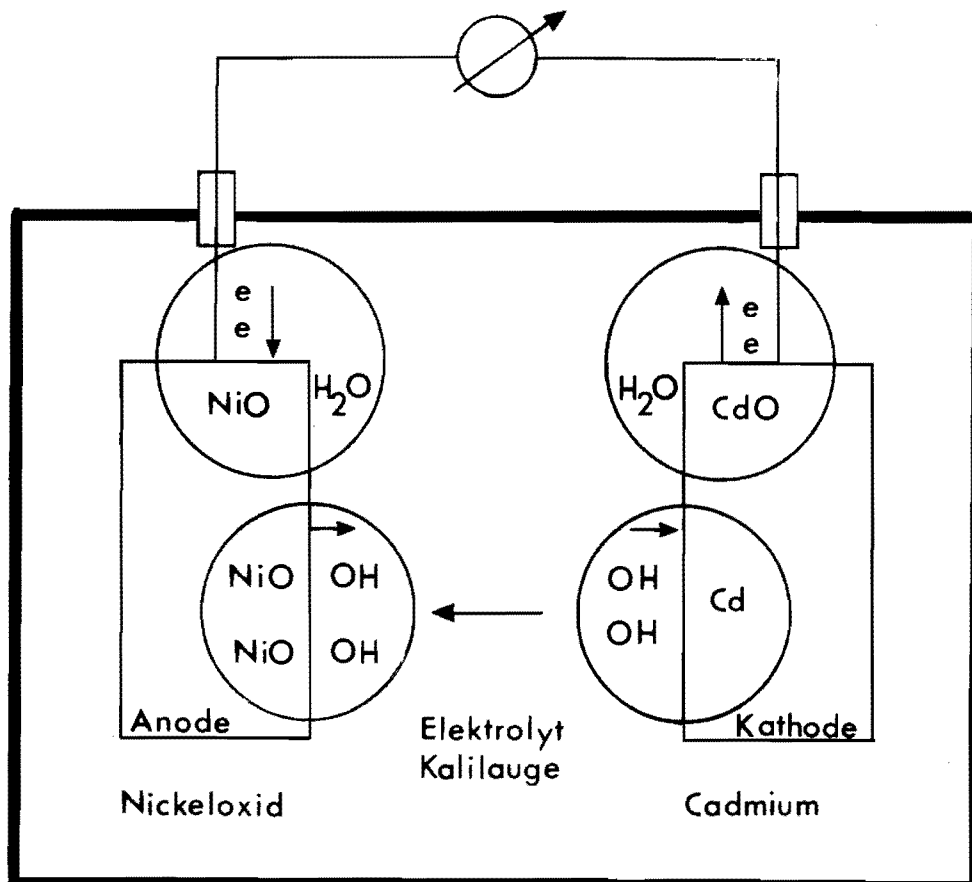
Neben den Bleiakкумуляtors mit den Elektrolyten aus Säure finden häufig auch Akkumulatoren Verwendung, die Kalilauge als Elektrolyt enthalten.

Die jeweiligen Zellen sind mit einer Eisen- und einer Nickelelektrode versehen (oder mit einer Nickel- und einer Cadmiumelektrode).

Alkalische Akkumulatoren sind meist leichter als Bleiakкумуляtors, wobei die einzelnen Zellen so klein wie ein Knopf gebaut sein können.

Es gibt Ausführungen, die ohne Gasentwicklung wiederaufladbar sind. Sie werden in Taschenrechnern, Blitzlichtgeräten und Transistorradios verwendet.

Nickel-Cadmium-Akkumulatoren



Frage:

- Welche (stromliefernden) chemischen Reaktionen laufen ab?

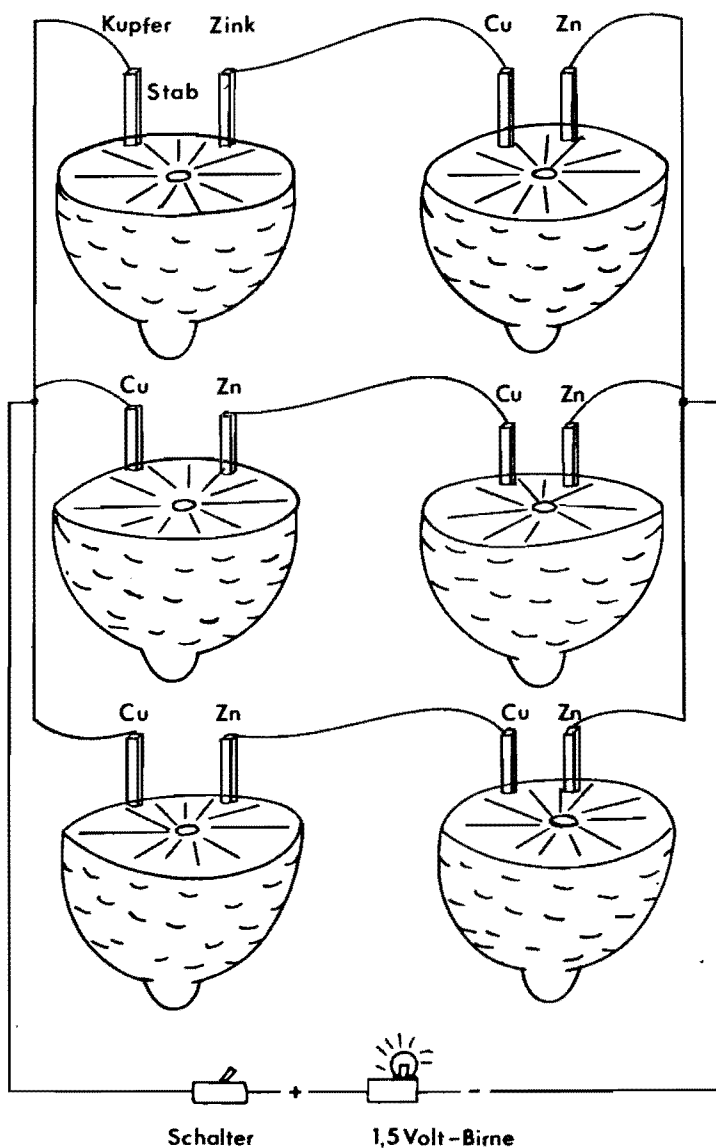
ZU 7 IN TABELLE 2: CHEMISCHE ENERGIE: UMWANDLUNG IN ELEKTRISCHE ENERGIE

ZITRONENBATTERIE

Zitronensaft in jeder Batterie?

"Zehn Millionen Zitronen können einen Farbfernseher betreiben. Das Bild erlischt, wenn die Zitronen ausgetrocknet sind. Die "Zitronenbatterie" arbeitet mit Zink- und Kupferelektroden. Die Fruchtsäure löst eine chemische Reaktion aus: Zwischen den beiden Elektroden entsteht Spannung. Sie ist allerdings sehr gering. Eine große Zahl von Zitronenhälften muß in Reihe hintereinandergeschaltet werden, damit die Spannung ausreicht, eine kleine 1,5-Volt-Birne zum Glimmen zu bringen". Ist das alles bloß Spielerei? Nein, "in den Forschungslabors von der Chloride-Batterie-Gruppe in Manchester wird ernsthaft an der Zitronenbatterie gearbeitet. Natürlich soll in ZUKunft neben dem Fernseher keine Zitronenkiste stehen. Aber die Forscher denken darüber nach, ob es nicht möglich ist, Batterien zu bauen, die einfach mit Zitronensaft gefüllt werden. Die Stromspender könnten auf großen Plantagen gezüchtet werden. Das ist möglicherweise billiger als herkömmliche Batterien".

Zitronenbatterie



Fragen:

- Welche Stoffe werden bei Strom-Entnahme verbraucht?
- Welche Stoffe liefern eigentlich die chemische/elektrische Energie?
- Welche Rolle spielt die Zitrone?

Nach: hobby Nr. 5/1980

V. 2. LITERATUR

- 1) Arbeitsgemeinschaft Sanfte Energie Bensheim;
Energie "selbst gemacht"; 1979
Bezug: Zentrum für Ökologie und umweltfreundliche Technik, 3257 Springe - Eldagsen
- 2) Arbeitskreis Sonnenenergie Bonn / Arbeitsgemeinschaft Sanfte Energie Bensheim;
Das Sonnenenergie-Bastelbuch -- Selbstbau von Sonnenenergie-Demonstrationsmodellen;
Bezug: Zentrum für Ökologie und umweltfreundliche Technik, 3257 Springe - Eldagsen
- 3) Bund für Umwelt und Naturschutz Freiburg;
Strom von der Sonne, Solarzellenfibel
- 4) Bund für Umwelt und Naturschutz Freiburg;
Sonnenkraft-Basiswissen
- 5) Bundesministerium für Wirtschaft; Energieprogramm der Bundesregierung, Dritte Fortschreibung vom 4.11.1981; kostenlos erhältlich beim Bundesministerium für Wirtschaft Bonn
- 6) B. Commoner; Energieeinsatz und Wirtschaftskrise; Reinbek 1977
- 7) E. Hundt; 100 x Technik im Alltag; Mannheim, Wien, Zürich 1979
- 8) L. Stiegler (Hrsg.); Natur und Technik; Physik, Teilband 2; Physiklehrbuch für das 7.- 10. Schuljahr; Bielefeld 1979
- 9) J. Varchmin / J. Radkau; Kraft, Energie und Arbeit - Energietechnik und Gesellschaft im Wechsel der Zeiten; Deutsches Museum München 1979; jetzt als Rowohlt-Taschenbuch erhältlich
- 10) Walz / Grothe; Welt der Physik und Chemie; Hannover 1979
- 11) Zentrum für Ökologie und umweltfreundliche Technik, 3257 Springe - Eldagsen;
Es geht auch anders - Ein Katalog über Energiealternativen