

CO₂ ein Treibhausgas

Kohlendioxid in unserer Atmosphäre Chemische Experimente zum Vorkommen und zur Bedeutung

Barbara Zimmermeyer

Die folgenden Versuche sollen veranschaulichen:

- in welchen Zusammenhängen CO₂ auf der Erde auftritt,
- an welchen Stellen eine vermehrte Produktion von CO₂ zu verzeichnen ist und zum Problem werden kann

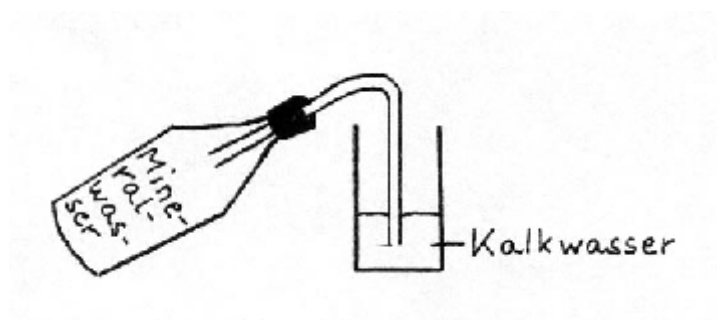
Die Versuche sind dazu gedacht, grundlegende Sachverhalte, die i. d. R. bekannt sind, in Erinnerung zu rufen, nebeneinanderzustellen und damit (erneut) deutlich zu machen. Sie könnten- evt. im Anschluss an eine Analyse energetischer Zusammenhänge - am Anfang einer Beschäftigung mit dem Thema „Treibhauseffekt“ stehen.

1. CO₂ im natürlichen Gleichgewicht

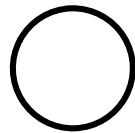
Versuch 1: Vorstellung und Nachweises für CO₂

Reaktion	mit	Kalkwasser	(Ca(OH) ₂)
Beispiel:	CO ₂	im	Mineralwasser

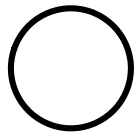
Eine zu 2/3 gefüllte, zimmerwarme Mineralwasserflasche wird mit einem durchbohrten Stopfen + Glasrohr versehen. Beim Schütteln wird das aufsteigende Gas in ein Becherglas mit Kalk- oder Barytwasser geleitet. Bei der Anwesenheit von CO₂ entsteht ein weißer Niederschlag von Calciumcarbonat (CaCO₃).



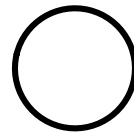
Versuch 2: CO₂ kommt natürlicherweise zu einem geringen Prozentsatz (0,03%) in der Luft vor.



1 Tag



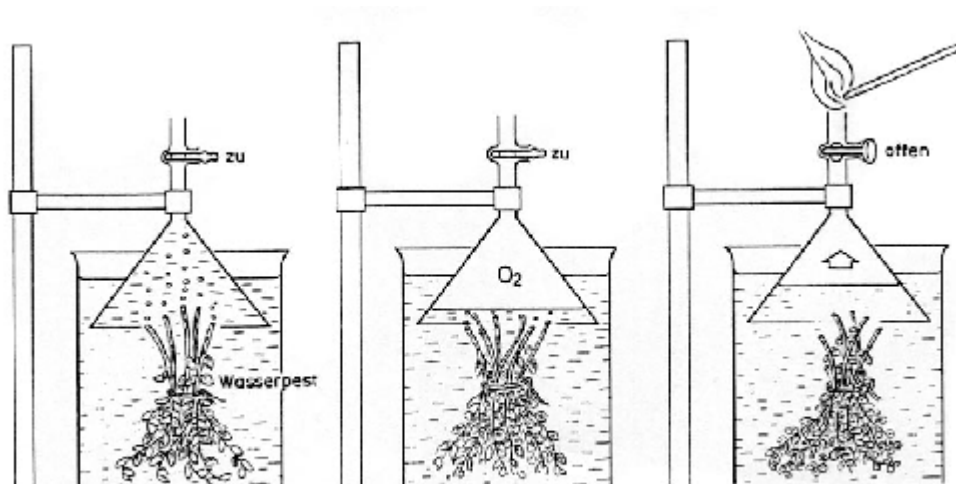
1 Stunde



Drei Petrischalen werden zu verschiedenen Zeiten und direkt vor Beginn des Versuchs mit Kalkwasser gefüllt und offen stehengelassen. Eine rasch einsetzende Trübung durch entstehendes Calciumcarbonat zeigt den CO₂ –Gehalt der Luft an.

Versuch 3: Pflanzen produzieren Sauerstoff und verbrauchen CO₂ (Assimilation)

Die wesentlichen Vorgänge des grundlegenden Prozesses der Photosynthese sollen in Erinnerung gerufen werden. Einige Stängel der Wasserpest (Elodea) werden dazu mit einer Rasierklinge oder Präparierschere vorsichtig und möglichst schräg angeschnitten. Sie werden in ein Becherglas mit Wasser gegeben, um zu beobachten, ob Sauerstoffbläschen aufsteigen. Ist keine Bläschenbildung zu erkennen, so müssen die Stängel erneut angeschnitten werden. Über die Wasserpest gibt man Glasrichter, der mit einem Hahn zu verschließen ist. Ein mit Wasser gefülltes Reagenzglas wird umgekehrt darüber gestülpt und dient zum Auffangen der Sauerstoffbläschen. Der Sauerstoff wird mit der Glimmspanprobe nachgewiesen.



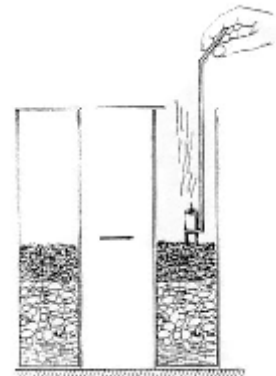
Der Sauerstoffnachweis mit der Glimmspanprobe.

Versuch 4: Pflanzen verbrauchen Sauerstoff und produzieren CO₂ (Dissimilation)

Ein Standzylinder wird mit nicht grünen Pflanzenteilen, wie gequollenen Bohnen, Erbsen, Pilzen u. ä. und mit angefeuchtetem Filterpapier gefüllt.

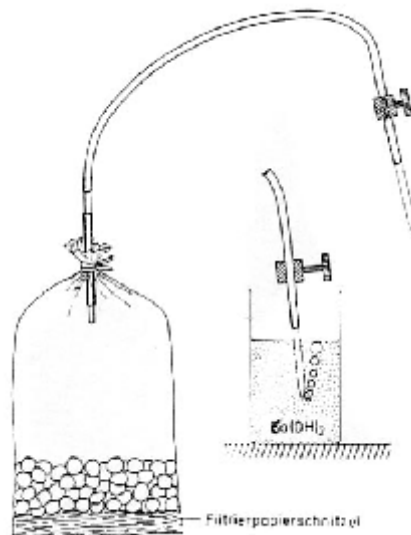
Nachweis des entstandenen CO₂: brennende Kerze erlischt.

Blindprobe: Standzylinder ohne Pflanzenteile: die Kerze brennt wesentlich länger



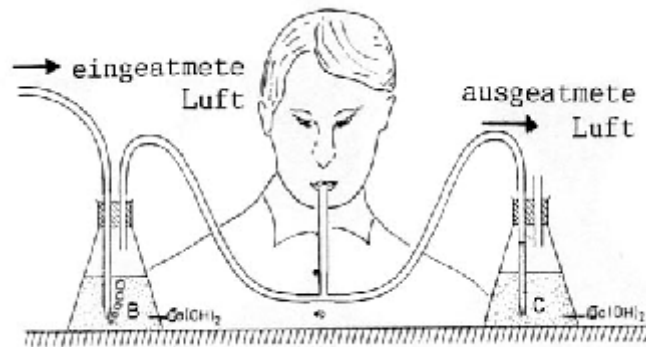
Versuch 5: CO₂- Produktion bei der Atmung

Ein Plastikbeutel wird mit gequollenen Erbsen und angefeuchteten Filterpapier ca. zu 1/3 gefüllt. Das entstandene Gas wird nach ein bis zwei Tagen in Kalkwasser geleitet. Eine weiße Trübung zeigt die Bildung von Calcium von Calciumcarbonat (CaCO₃) an.



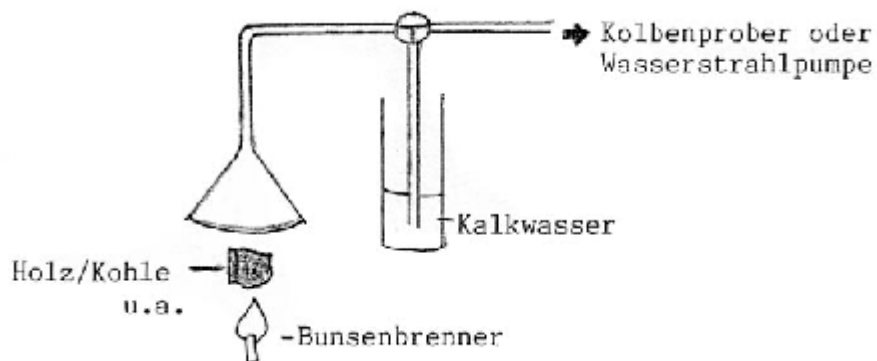
2. Der Mensch zerstört das CO₂- Gleichgewicht auf der Erde

Versuch 6: Die steigende Anzahl von Menschen und Tieren auf der Erde lässt die CO₂- Konzentration ansteigen.



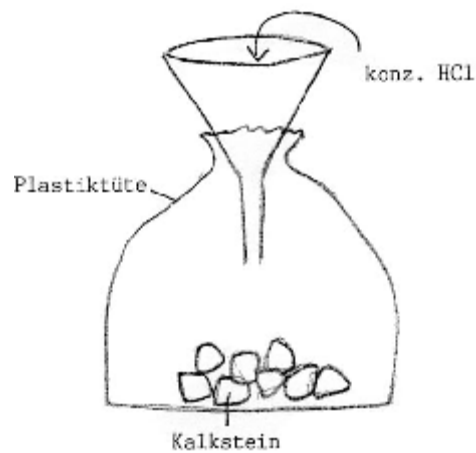
Der Versuch wird entsprechend der Abbildung aufgebaut: Die Versuchsperson saugt durch ein Mundstück die Luft durch ein Erlenmeyerkolben an und bläst sie durch den anderen wieder heraus. Beide Erlenmeyerkolben sind mit dem Kalkwasser gefüllt. Da der CO₂-Gehalt der ausgeatmeten Luft viel größer ist, beobachtet man in diesem Erlenmeyerkolben eine viel schneller auftretende weiße Trübung durch Calciumcarbonat.

Versuch 7: Bei der Verfeuerung fossiler Brennstoffe entsteht in steigendem Maße CO₂

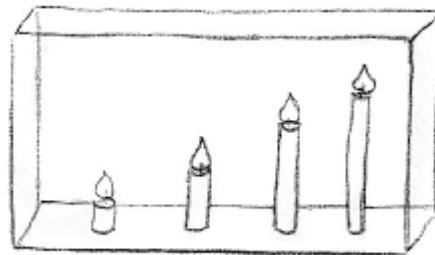


Mit Hilfe eines Kolbenprobers oder einer Wasserstrahlpumpe wird das beim Verbrennen entstehende Gas durch das Kalkwasser geleitet. Eine weiße Trübung zeigt CO₂ an.

Versuch 8: Im Laufe der Erdgeschichte wurde in großen Mengen CO_2 in Gestein und Gebirge gebunden- saurer Regen setzt es frei.



In der säurefesten, durchsichtigen Plastiktüte wird konzentrierte Salzsäure auf den Kalkstein gegossen. Bei der Reaktion wird der Kalkstein zersetzt, und es entwickelt sich CO_2 .



Das entstandene CO_2 -Gas wird aus der Plastiktüte in einem Behälter mit brennenden Kerzen gegossen.

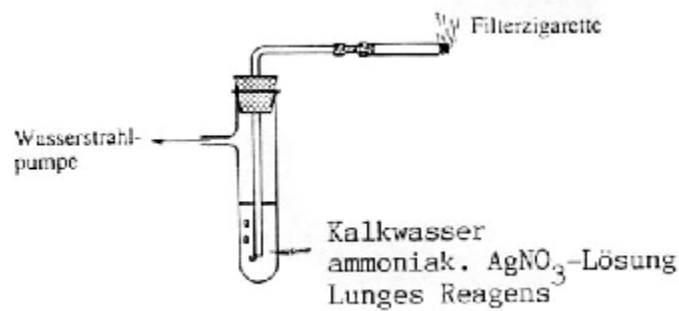
Nachweis von CO_2 → die brennenden Kerzen erlöschen.

Versuch 9: Nachweis von CO_2 , CO und NO_x in Autoabgasen

Luftballons werden auf einen Trichter gesteckt, mit Autoabgasen gefüllt und mit einem Glasrohr versehen. Der Inhalt der Ballons wird in Bechergläser mit der jeweiligen Reagenzlösung gegeben:

- in Kalkwasser → weiße Trübung- CO_2 Nachweis
- in ammoniakalische Silbernitratlösung → schwarze Trübung- CO Nachweis
- in Lunges Reagenz → Torfärbung- NO_x - Nachweis

Versuch 10. Nachweis von CO₂, CO und NO_x im Zigarettenrauch



Mit Hilfe einer Wasserpumpe oder eines Kolbenprobers wird der Zigarettenrauch durch die Reagenzlösungen geleitet.

Reagenzlösungen:

Ammoniakalische Silbernitratlösung:

Zu 5 ml 5% Silbernitratlösung gibt man aus einer Stoffpipette gerade soviel konzentrierte Ammoniaklösung, dass sich der primär gebildete braune Niederschlag von Silberhydroxid auflöst.

(s. Blume, S.82)

Lunges Reagenz:

Lösung A: Sulfanilsäure (1% in Essigsäure, c=5 mol/l)

Lösung B: Naphthylamin (gesättigt in Essigsäure, c=5 mol/l)

Die Mischung gleicher Teile von Lösung A und B heißt Lunges Reagenz. Sie muss stets frisch zubereitet werden. (s. Blume, S.47)

Versuch 11: Freisetzung von CO₂ aus Bodenproben

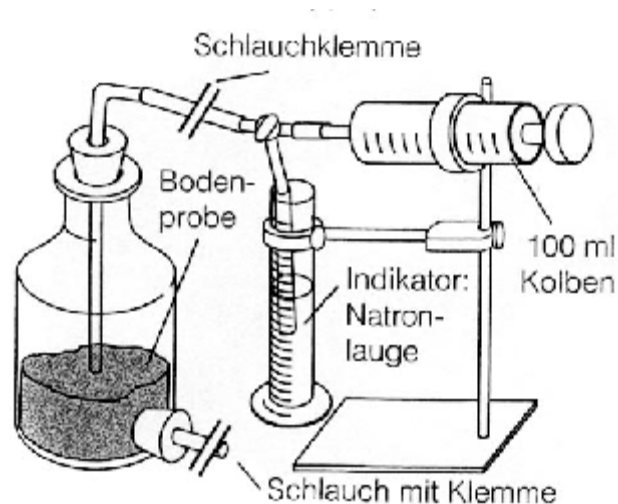
Ausgangsmaterial war Waldboden aus der Streuschicht und ganz reiner Sand. Zur Entnahme des Waldbodens wurde nur die oberste Laubschicht entfernt.

Die untere Öffnung der Flasche wird mit einem Stopfen verschlossen, in den ein Glasrohr eingelassen ist. Das Glasrohr wird außen mit Schlauchstück und Schlauchklemme geschlossen. Der Bodenproben werden von oben etwa 15 cm hoch gefüllt. Die obere Öffnung der Flasche wird genau verschlossen wie die untere, wobei das verwendete

Glasrohr bis kurz über die Oberfläche der Bodenprobe reicht. Jeweils nach 24 h wird durch das Glasrohr der oberen Öffnung Luft entnommen und mit Dräger-Gasprüfröhrchen auf CO₂-Anreicherung gemessen.

Ergebnisse

Es wurden 5-6% CO₂ über dem Waldboden bzw. 0,035% (=350ppm) über dem Sand gemessen.



Kommentar: Die CO₂-Anreicherung ist so groß, dass sie ohne weiteres mit Indikatorlösung (NaOH + Phenolphthalein) nachgewiesen werden kann. Dazu wird die Luft aus der Absetzflasche mit einem 100 ml Kolbenprober angesaugt und über ein Dreiweghahn in einen 100ml-Kolbenprober angesaugt und über ein Dreiweghahn in einer 100ml Messzylinder mit Indikatorlösung geleitet. Der in dem Messzylinder hängende Schlauch muss bis an dessen Grund reichen, damit die eingeleitete Luft einen langen Weg hat. Bei der Erprobung war die Indikatorlösung von 200-300ml Luft über dem Waldboden entfärbt. Bei der Probe aus der Flasche mit dem Sand ergab sich keine Veränderung.

Hier lässt sich auch quantitativ ansetzen. 1ml 1/10 Normalnatronlauge enthält 4 mg NaOH und vermag 4,4 mg CO₂ zu binden. Aus dem Gewicht der Bodenprobe und dem Raum in der Flasche über der Bodenprobe lässt sich die CO₂-Bildung pro Menge und Zeiteinheit errechnen.

Für die Luftentnahmen durch die obere Flaschenöffnung muss die Schlauchklemme an der unteren Flächenöffnung immer entfernt werden, damit in der Flasche kein Unterdruck entsteht. Nachgesaugte Luft streicht dann durch die Bodenprobe. Der Versuchsaufbau mit der Flasche liefert eindeutigere Ergebnisse. Das Experiment wird durch den Verzicht auf Gasprüfordnung kostengünstiger. Temperaturvariationen sind leichter möglich. Die Auswirkungen grüner Pflanzen auf die CO₂-Konzentration lässt sich allerdings in der Flasche nachweisen

Versuch 12: Demonstrationsversuch: Wärmeabsorption langwelliger Strahlung durch CO₂

Kohlenstoffdioxidgas der Atmosphäre reflektiert einen Teil der von der Erde abgestrahlten langwelligigen Infrarotstrahlung. Diese Erscheinung, die als „Treibhauseffekt“ bezeichnet wird, kann, da der CO₂- Anteil der Atmosphäre vor allem durch das massierte Verbrennen fossiler Brennstoffe ständig wächst, zu einer globalen Erwärmung mit gefährlichen ökologischen Folgen führen.

Diese Absorptionsvermögen der langwelligigen Infrarotwärmestrahlung kann mit einem recht einfachen Versuch demonstriert werden.

Zwei Erlenmeyerkolben werden mit einem doppelt durchbohrten Gummistopfen verschlossen. In der einen Bohrung steckt ein bis zum Boden reichendes Glasrohr, in der anderen ein Glasthermometer. Einer der beiden Erlenmeyerkolben bleibt mit Luft gefüllt, der zweite wird aus einem CO₂- Gasspender mit CO₂ gefüllt. Beider Erlenmeyerkolben werden gleichzeitig mit einer Infrarotlampe bestrahlt. Die Aufheizung wird an den Thermometern abgelesen, wobei die Temperatur in dem mit CO₂ gefüllten Kolben jeweils etwa um 2 bis 4 Grad höher liegt.

Material: 2 Erlenmeyerkolben 500 cm³

2 doppelt durchbohrte Gummistopfen

2 Glasrohre 15 cm lang

2 Glasthermometer

Rotlichtlampe

CO₂- Gasspender (z.B. Tetra CO₂- Depot als Spraybehälter für CO₂-Anreicherung von Aquarien, Tetra-Werke, D-4520 Melle)

(s. D. Bohlmann, S.51)

Versuch 13: Modellversuch -Treibhauspotential verschiedener Gase

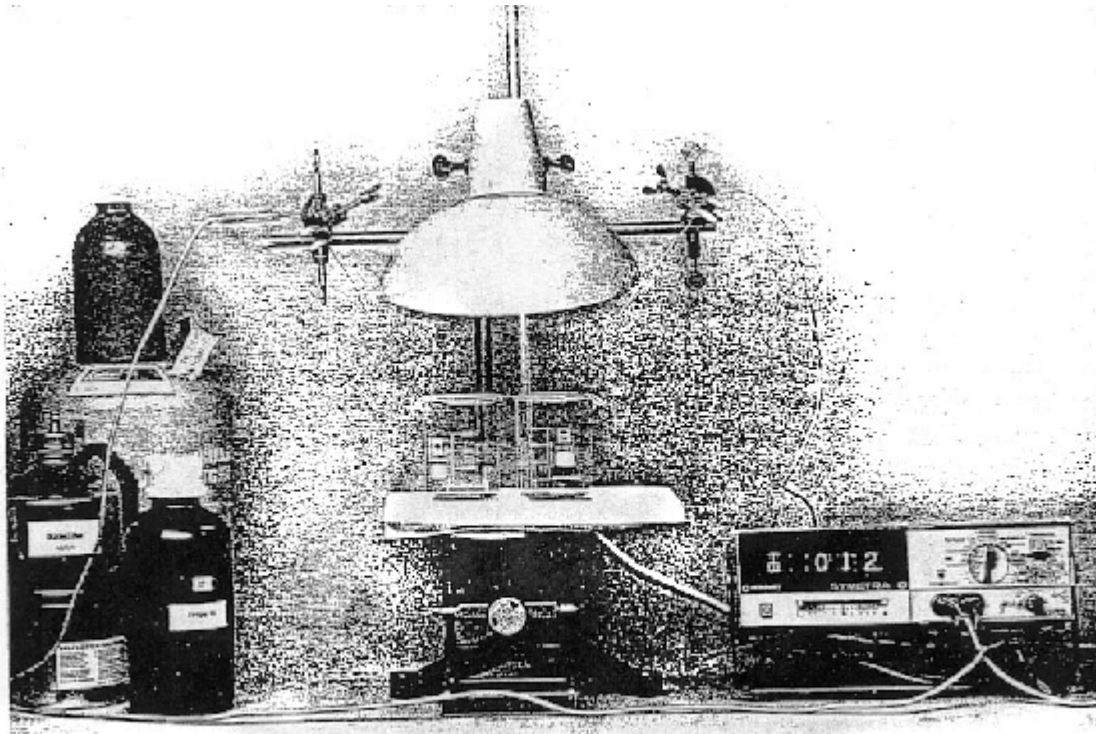


Abb. 3. Versuchsaufbau zur Demonstration der Treibhauseffekte.

(s. Adelheim, S.419)

Zwei gleiche Bechergläser (1l) werden nebeneinander gestellt und von oben mit einer möglichst starken Lampe so gleichmäßig wie möglich angeleuchtet. Auf dem Boden beider Bechergläser befinden sich runde Metallplatten. Die Temperatur in den Bechergläsern wird in der Mitte rd. 2 cm über dem Boden mit eingespannten Thermoelementen gemessen. Man kann die Temperaturdifferenz zwischen beiden Bechergläsern direkt aufzeigen, wenn man die Thermoelemente gegeneinander auf ein Messgerät schaltet. Wird die Lampe eingeschaltet, so ist nach wenigen Minuten die Temperatur in den Bechergläsern konstant.

Nun wird über ein abgewickelttes Glas mit Treibhauseffekt (z.B.CO₂) eingeleitet. Das andere Becherglas wird dabei mit einer Glasplatte abgedeckt. Nachdem genügend CO₂ eingeleitet wurde (nach c.a 30 sec.), entfernt man Einleitungsrohr und Glasplatte. In kurzer Zeit beobachtet man einen Temperaturanstieg von ca. 10 Grad

(s. Adelheim, S.419ff)

Literatur:

- R. Blume, H. J. Bader : Umweltchemie im Experiment
Ffm 1989, Scriptor-Verlag
- P. Drutjans : Der Treibhauseffekt
Unterricht Biologie, Heft 162, Feb.1991, S.42
- M. Adelheim : Zur Behandlung des Treibhauseffekts in
Chemieunterricht, MNU 44/ 7 (15.10.91) S.417-421
- D. Böhlmann : Ökologie und Umweltbelastungen in der Atmosphäre,
Basiswissen Biologie Bd 4, Stgt. 1991, S.51
- K. Kunsch : Autotrophie der Organismen
Basiswissen Biologie Bd. 3, Stgt.1989, S.19
- K. Kuhn, W. Probst : Biologisches Grundpraktikum,
Band 1, Stgt.1983, S.320

Schnelle Zahlen, die man sich gut merken sollte

Grunddaten

Primärenergieverbrauch Welt:
ca. 113.000 TWh (Mrd. kWh) /a

Primärenergieverbrauch Deutschlands:
ca. 4.000 TWh (Mrd. kWh) /a

Endenergieverbrauch: ca. 2.500 TWh/a

Endenergieverbrauch im Wärmemarkt:
ca. 1.400 TWh/a

Stromverbrauch: ca. 500 TWh/a,
davon 130 TWh in Haushalten

Energieverluste bei der
Stromerzeugung: ca. 1.000 TWh/a

Stromverbrauch je Haushalt: 3.500 kWh/a

Stromverbrauch
täglich je Haushalt: 10 kWh

Pro Kopf Primärenergieverbrauch

Deutschland: 48.000 kWh

USA: 100.000 kWh

Afrika: 7.000 kWh

Energiepreise (2002)

Strompreis Haushalte: 16 Ct/kWh

Industrie: 5,2 Ct/kWh,
Börsenpreis: 3,5 Ct/kWh

Gaspreis Haushalte: 4,2 Ct/kWh

Industrie: 2,1 Ct/kWh,
Import: 1,27 Ct/kWh

Ölpreis Haushalte: 3,8 Ct/kWh

Sonne

Leistung im Hochsommer:
1,3 kW/qm

Jährliche Energiemenge:
1.000 kWh/qm
(Pol: 800, Äquator: 2.500)

Sonnenenergieertrag auf Landfläche
Erde: 200.000.000 TWh

Sonnenenergieertrag auf Oberfläche
Deutschland: 300.000 TWh

Wirkungsgrad thermische
Solaranlage: 80%

Kosten thermische Solaranlage:
150 Euro/qm (Kollektor),
400 Euro/qm insg.

Wirkungsgrad PV: 15%

Kosten PV:
420 Euro/qm (Modul),
500 Euro/qm insg.

CO₂-Emissionen anthropogen

weltweit: 25 Mrd. t/a

Deutschland: 900 Mio t/a

Deutschland: pro Kopf 11 t/a

Davon: 38% für Stromerzeugung

21% Verkehr

20% Industrie

21% Haushalte und Kleinverbraucher

1 kWh Strom = 800 g CO₂-Emission