

Energietransport durch Wärmeleitung, Konvektion und Strahlung

Hauptschule Fächergruppe, Frühjahr 2001, Thema Nr. 2

1.
 - a. Erläutern Sie auf dem Niveau der Sekundarstufe I den Energietransport durch Wärmeleitung, Konvektion und Strahlung!
 - b. Beschreiben und Erklären Sie diese drei Phänomene beispielhaft entweder anhand
Der Heizung oder anhand der Wärmedämmung eines Hauses!
2. Beschreiben sie zu jedem Phänomen einen Typischen Schülerversuch und verdeutlichen Sie ihre Ausführungen durch Skizzen!
3. Skizzieren Sie eine Unterrichtseinheit zum Thema „Warmwasserheizung“ ! Geben Sie Lernvoraussetzungen und Lernziele an!
4. Zum Treibhauseffekt
 - a. Warum stellt sich in einem geschlossenen Wintergarten bei Sonnenschein und
Windstille eine höhere Temperatur ein als im Freien?
 - b. Was versteht man unter globalem Treibhauseffekt? Beschreiben Sie die Ursachen,
Mögliche Folgen und notwendige Gegenmaßnahmen!

Ausarbeitung

1.a Erläutern Sie auf dem Niveau der Sekundarstufe I den Energietransport durch Wärmeleitung, Konvektion und Strahlung!

Wärmeenergie kann auf drei Arten übertragen werden, nämlich durch Wärmeleitung, Konvektion oder Wärmestrahlung.

Wärmeleitung:

Bei der Wärmeleitung vollzieht sich der Wärmeenergie transport durch Wechselwirkung zwischen Atomen bzw. Molekülen, wobei aber kein Stofftransport auftritt.

Wird beispielsweise ein fester Stab an einem Ende erwärmt, dann schwingen die Atome, um ihre Ruhelage, stärker, also mit höherer kinetischer Energie, als die Atome am kalten Ende. Durch Stöße mit den jeweils benachbarten Atomen wird Wärmeenergie allmählich durch den Stab geleitet, wobei jedes Atom seine Ruhelage beibehält, da kein Stofftransport stattfindet.

Metalle leiten Wärme sehr gut. Bei Zimmertemperatur ist die Wärmeleitfähigkeit von reinen Metallen um den Faktor 10 oder 100 größer als die von Dielektrika. Folglich transportieren Elektronen den eigentlichen Hauptteil der Wärme.

Bei reinen Metallen gilt dies für alle Temperaturen, wohingegen der Transport von Wärmeenergie bei verunreinigten Metallen durch Gitterschwingungen gekennzeichnet ist.

Konvektion:

Bedeutung:

Konvektion bedeutet das Mitführen von Wärme durch Stofftransport.

Die Konvektion beschreibt den Transport von Wärmeenergie, die an die Strömung eines Mediums gebunden ist. Dabei kann die Strömung von äußeren Kräften, zum Beispiel von Pumpen, Gebläsen und ähnlichem erzwungen sein (erzwungene Konvektion).

Bei der freien Konvektion stellt sich eine Strömung als Folge von Dichteunterschieden innerhalb eines Stoffes ein.

Die Dichte flüssiger und gasförmiger Körper hängt von ihrer Temperatur ab. In der Regel sinkt bei zunehmender Temperatur die Dichte eines Mediums. Die Stoffe werden demzufolge spezifisch leichter.

Bei der Erwärmung von Wasser beobachtet man eine Dichteveränderung. Es bildet sich, aufgrund der Dichtegradienten, eine Strömung zwischen den Zonen kälteren und wärmeren Wassers aus. Diese Strömung leitet das warme Wasser nach oben.

Bei der Erwärmung von Luft ist ein ähnliches Phänomen zu erkennen, denn wärmere Luft steigt, wenn sie von kälterer umgeben wird, nach oben.

Wärmestrahlung:

Außer Wärmeleitung und Konvektion gibt es noch eine dritte Art des Wärmetransports, nämlich die Wärmestrahlung.

Prinzip:

Befindet sich in einem Abstand vor einer Wärmequelle ein Temperaturmessgerät, so findet ein Wärmetransport von der Wärmequelle zum Messgerät statt, der weder auf Konvektion noch auf Wärmeleitung beruht, sondern auf einer weiteren Art des Wärmetransports, der Wärmestrahlung.

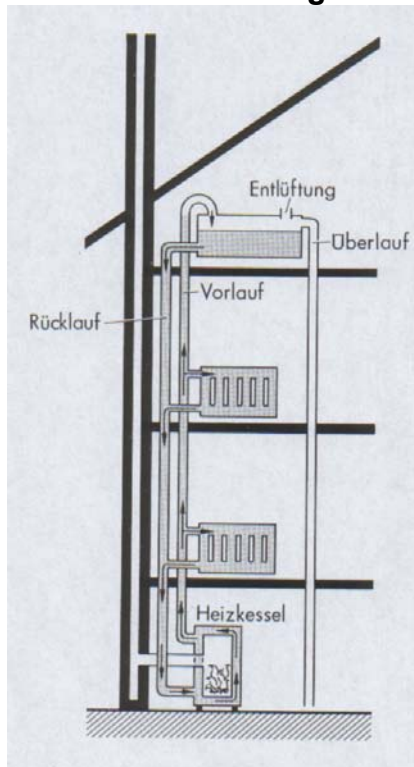
Wärmetransport durch Wärmestrahlung ist an keinen materiellen Träger gebunden. Hierbei emittiert oder absorbiert der Körper Energie in Form von elektromagnetischer Strahlung (Infrarotstrahlung), die sich im Raum mit Lichtgeschwindigkeit ausbreitet. Jeder Körper absorbiert und emittiert Strahlung.

Befindet sich ein Körper mit seiner Umgebung im thermischen Gleichgewicht, so vollziehen sich Emission und Absorption mit gleicher Geschwindigkeit.

Zum Beispiel, wenn ein Körper eine höhere Temperatur als seine Umgebung besitzt, so emittiert er mehr als er absorbiert, das bedeutet, dass der Körper sich abkühlt und der Raum um ihn herum erwärmt wird.

1.b Beschreiben und Erklären Sie diese drei Phänomene beispielhaft entweder anhand der Heizung oder anhand der Wärmedämmung eines Hauses!

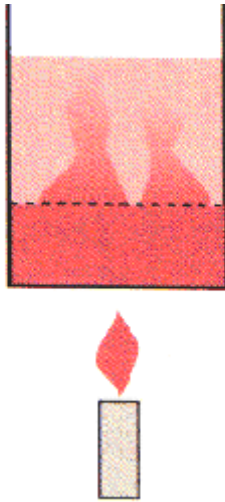
Warmwasserheizung



Von einer Warmwasserheizung erhält heutzutage fast jeder Haushalt sein warmes Wasser, bzw. im Winter die Wärme. Doch man muss unterscheiden zwischen einer Schwerkraftheizung (angetrieben durch freie Konvektion) und einer Heizung mit Umwälzpumpe (erzwungene Konvektion).

Uns interessiert die Schwerkraftheizung, die aufgrund der freien Konvektion betrieben werden kann.

Den Aufbau und die Wirkungsweise einer Schwerkraftheizung kann man wie folgt beschreiben. In einem Brenner befindet sich ein Kessel, der mit Wasser gefüllt ist. Sobald der Brenner in Betrieb genommen wird, erhitzt sich die Wand des Kessels. Diese leitet aufgrund der Wärmeleitung die Hitze an das, sich in dem Kessel befindliche Wasser weiter. Somit werden die unteren Schichten des Wassers, falls kein Wärmetauscher vorhanden ist, durch Wärmeleitung im Kessel erwärmt. Da das erwärmte Wasser eine geringere Dichte hat als die weiter oben liegenden, kälteren Schichten, steigt das wärmere Wasser, bei den herrschenden Temperaturgradienten, aufgrund der Konvektion, nach oben. Die kälteren Zonen sinken dagegen nach unten ab und werden dort erwärmt (freie Konvektion)..



Das warme Wasser steigt nun, aufgrund der Konvektion, im Vorlauf auf, erreicht alle Heizkörper und erwärmt das ganze Haus.

Das Wasser gibt im Heizkörper seine Wärmeenergie durch Wärmeleitung an den Metallkorpus des Heizkörpers ab, der hierauf den Raum durch Wärmestrahlung aufheizt. Bei diesem Vorgang verliert das Wasser einen Teil seiner Wärmeenergie, kühlt ab und erhält wieder eine größere Dichte pro Volumen und wird deswegen im Rücklauf wieder zum Kessel zurückgeführt, in dem das kältere Wasser wieder in den Heizkreislauf eintritt.

2. Beschreiben sie zu jedem Phänomen einen Typischen Schülerversuch und verdeutlichen Sie ihre Ausführungen durch Skizzen!

Konvektion:

Geräte:

Windmühle (Handwindmühle), Kerzen

Aufbau/Durchführung:

Der Aufbau gestaltet sich wie auf dem Foto. Es werden mehrere Kerzen, hier drei, in einer Gruppe aufgestellt und angezündet. Dann bringt man das frei drehbare Rad einer Handwindmühle, in sicherem Abstand, über die Flammen. Nach kurzer Zeit wird das Mühlenrad von der aufsteigenden, heißen Luft, die von den Flammen der Kerzen erzeugt wird, angetrieben. Das Aufsteigen der heißen Luft ist ein Beispiel für Konvektion. Wie bereits erklärt, erhält die Luft ab einer gewissen Temperatur ($\Delta T > \Delta T_{\text{kritisch}}$) eine geringere Dichte und steigt, da sie von kälteren Luftschichten umgeben ist, nach oben und treibt das Rad an.



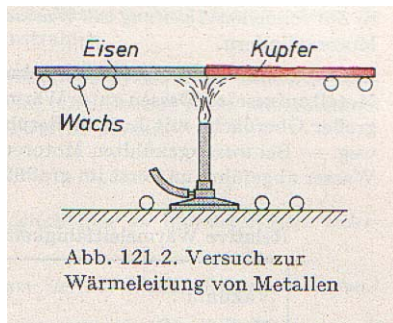
Wärmeleitung:

Geräte:

Gestell mit einer zur Hälfte aus Kupfer, zur anderen Hälfte aus Eisen bestehenden Stange(oder einzelne Stäbe) Wachsklumpen, Bunsenbrenner

Aufbau/Durchführung:

Genau unter der Mitte der Stange, wo Kupfer und Eisen aufeinanderstoßen, wird der Bunsenbrenner aufgestellt. An beiden Seiten, in gleichen Abständen, zu der Stelle an der geheizt wird, werden Wachskügelchen an die Stange geklebt (mit erwärmten Wachs). Wird die Stange mit dem Bunsenbrenner geheizt, leiten die verschiedenen Metalle die Wärme vom „Erhitzungspunkt“ aus nach außen hin ab und die Wachskügelchen fangen an zu schmelzen. Da Kupfer die Wärme erheblich besser leitet als Eisen, wird zuerst der erste Wachsklumpen auf der Kupferstange schmelzen und herunterfallen. An der Eisenstange dauert der gleiche Vorgang, also bis das erste Kügelchen abfällt, trotz gleicher Heizung, länger. Im weiteren Verlauf wird man feststellen, dass immer erst ein Wachskügelchen auf der Kupferhälfte schmilzt und abfällt, während das vergleichbare auf der Eisenhälfte noch an der Stange klebt. Nach und nach werden aber alle Wachskügelchen von der Stange herunterfallen.



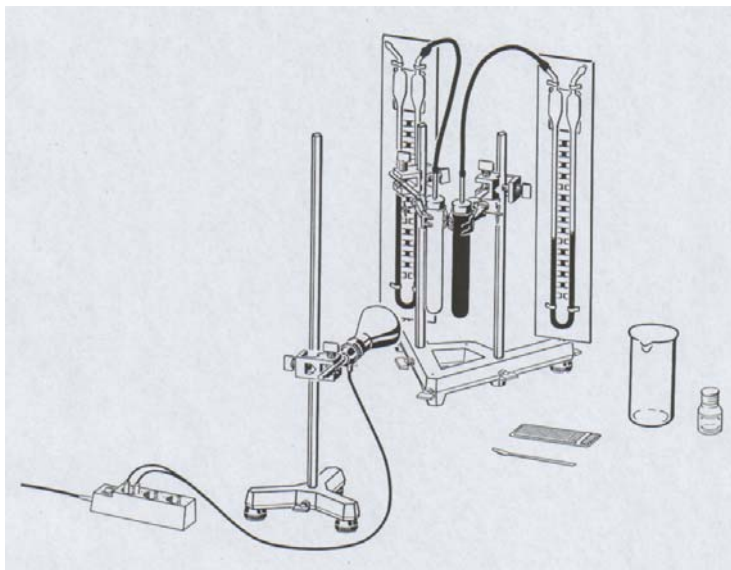
Wärmestrahlung:

Geräte:

schwarzgefärbtes Reagenzglas, durchsichtiges Reagenzglas, Wasser, Infrarotlampe, diverse Haltevorrichtungen, 2 Thermometer

Aufbau/Durchführung:

Die beiden Reagenzgläser werden mit Wasser gefüllt und an einem Stativ befestigt. Nun wird in beide Reagenzgläser jeweils ein Thermometer eingebracht. Jetzt wird in gleicher Entfernung vor die Reagenzgläser die Infrarotlampe aufgestellt und angeschaltet. Nach kurzer Zeit stellt man fest, dass sich das Wasser in beiden Reagenzgläsern erwärmt. Das Wasser im schwarzgefärbten Glas wird schneller warm, als das im durchsichtigen. Man beobachtet also, dass ein Körper mit dunkler Oberfläche Wärmestrahlung stärker absorbiert, als einer mit heller Oberfläche. Wie man sieht gibt es bei der Wärmestrahlung keinen materiellen Träger, im Vergleich zu der Wärmeleitung und der Konvektion, der für den Energietransport zwischen der Infrarotlampe und den Reagenzgläsern verantwortlich ist.



**3. Skizzieren Sie eine Unterrichtseinheit zum Thema „Warmwasserheizung“!
Geben Sie Lernvoraussetzungen und Lernziele an!**

Lernvoraussetzungen:

1. Kenntnis des Begriffs und der Funktion der Wärmeleitung und eines zugehörigen Experiments
2. Kenntnis des Begriffs und der Funktion der Konvektion und eines zugehörigen Experiments
3. Kenntnis des Begriffs und der Funktion der Wärmestrahlung und eines zugehörigen Experiments

Lernziele:

1. Wissen, an welchen Stellen das Phänomen Wärmeleitung bei der Warmwasserheizung auftritt:
 - a. Brenner → Kessel
 - b. Wasser → Heizkörper
2. Wissen, wo Konvektion bei einer Warmwasserheizung auftritt:
 - a. Im Kessel
 - b. In den Rohrleitungen
3. Wissen, an welchen Stellen bei einer Warmwasserheizung Wärmestrahlung auftritt:
 - a. Vom Heizkörper in den Raum
4. Fähigkeit den Aufbau und Funktionsweise einer Warmwasserheizung zu beschreiben.

Lehreraktivität	Schüleraktivität	Sozialform/Lehrform
<p>Voraussetzung: Physikstunde an einem Montag Im Winter. Ausgekühltes Klassenzimmer.</p> <p>Lehreraussage: "Im Keller läuft der Brenner, aber das Klassenzimmer ist Kalt! Warum? Welche Ursachen könnte es geben? "</p> <p>Lehreraussage: "Beschreibt den Aufbau unserer Heizung!" Begleitende Zeichnung an der Tafel</p>	<p>Antworten: "Das Heizungsventil kann zuge dreht sein." "Vielleicht ist der Thermostat defekt." "Die Umwälzpumpe könnte entweder defekt, oder nicht eingeschaltete sein."</p> <p>Brenner Kessel Rohre Heizkörper</p>	<p>Frontalunterricht erörternd</p>
<p>Problemfrage: "Funktioniert unsere Heizung auch bei Stromausfall ?"</p> <p>(Voraussetzung: Brenner ist Kohlebrenner, der nicht mit Strom arbeitet)</p>	<p>Schüler sind ratlos</p>	<p>Unterrichtsgespräch: anreizend</p>

<p>Lehrerimpuls: "Ich habe hier ein Experiment mitgebracht, das Ungefähr ein Modell einer Heizung sein soll! Welcher Zusammenhang besteht zum Tafelbild? Beschreibt den Aufbau! "</p>	<p>Meinungsbildung: Schüler nennen verschiedene Teile des Modells und ordnen ihre Funktion zu. Brenner Kessel Rohre Heizkörper</p>	<p>Unterrichtsgespräch</p>
<p>Lernzielkontrolle: Overhead: Projektion des Versuchsaufbaus (F1). Austeilen eines Arbeitsblattes (AB1).</p> <p>Lehrerimpuls: "Gibt es hier eine Pumpe?"</p> <p>Lehrerimpuls: "Ist dann dieses Modell überhaupt tauglich?"</p>	<p>Gemeinsames Beschriften des Versuchsaufbaus.</p> <p>Keine Pumpe vorhanden.</p> <p>Schülerdiskussion ohne konkretes Ergebnis</p>	
<p>Durchführung von Versuch1: Schülerunterstützte Demonstration des Experiments.</p>		<p>Darbietend</p>
<p>Auswertung: Frage: "Warum wird das Wasser im Kessel warm?" begleitende Sicherung von FZ1 auf Folie bzw. Arbeitsblatt.</p> <p>Frage: "Aus welchem Grund steigt die Tinte, bzw. das blau gefärbte Wasser nach oben?" begleitende Sicherung von FZ2 auf Folie bzw. Arbeitsblatt.</p> <p>Frage: "Weshalb wird dann der Raum um den Heizkörper warm?" begleitende Sicherung von FZ3 auf Folie bzw. Arbeitsblatt.</p>	<p>"Die Erwärmung des Wassers erklärt sich durch die Wärmeleitung und Konvektion"</p> <p>"Das Aufsteigen erklärt sich auf Grund der Konvektion"</p> <p>"Die Erwärmung des Raumes ist eine Folge der Wärmestrahlung und einem geringen Anteil von Konvektion."</p>	
<p>Lernzielkontrolle: Gemeinschaftliche Wiederholung des erarbeiteten Stoffs, im Bezug auf die Funktionalität einer Heizung.</p>		

<p>Frage: "Warum hat die Schulheizung eine Umwälzpumpe?"</p> <p>Frage: Kann eine Heizung auch ohne Umwälzpumpe Funktionieren? Sicherung von FZ4 auf Folie</p>	<p>Schüler vermuten: "Die Strömung ist zu langsam" "Die Rohre könnten zu lang sein."</p>
<p>Mitteilung: TA1 "Eine Heizung, die alleine aufgrund physikalischer Phänomene funktioniert, heißt Schwerkraftheizung."</p>	

Versuchsbeschreibung:

Es werden ein paar Tröpfchen Tinte, durch eine Öffnung, in den Kessel des Modells geträufelt. Dann wird dieser VORSICHTIG mit dem Bunsenbrenner unter wechselnden Bewegungen erwärmt. Schon nach wenigen Sekunden sind blaue, aufsteigende Schlieren im Wasser sichtbar. Diese Schlieren machen die Konvektionsbewegung innerhalb des Heizungssystems erkennbar.

4. a Warum stellt sich in einem geschlossenen Wintergarten bei Sonnenschein und Windstille eine höhere Temperatur ein als im Freien?

Die Wirkungsweise eines Treibhauses beruht auf der Verminderung der Abkühlung durch freie Konvektion.

Windstille wurde vorausgesetzt, damit keine erzwungene Konvektion auftritt.

Im weiteren kann man auch die Wärmeleitung vernachlässigen, da sie in Luft kaum eine Rolle spielt. Außerdem ist der Absorptionsfaktor von Luft sehr klein. Die Strahlung der Sonne durchdringt also die Verglasung des Wintergartens.

Somit trifft die von der Sonne erwärmte Luft auf den Boden und es kommt zu Stößen der Luftmoleküle mit denen, die im Boden liegen, was eine Erwärmung des Bodens nach sich zieht. Solange die Temperatur der Luft im Wintergarten nicht gleich der Temperatur des Bodens ist, findet ein Wärmeaustausch zwischen Boden und Luft statt. Das bedeutet, dass der Boden die aufgenommene Wärmeenergie durch Infrarotstrahlung an seine Umgebung emittiert.

Diese Emission bewirkt, dass sich die Luftschichten, die sich unmittelbar über dem Boden befinden erwärmen, was zur Folge hat, dass sich hier die Dichte der Luft verkleinert. Die somit leichtere Luft steigt wegen der freien Konvektion, da sie von kälteren Luftschichten umgeben ist, nach oben und erwärmt folglich nach und nach die über ihr liegenden Schichten.

Sobald nun die Temperatur der Luft im Wintergarten ähnlich der Temperatur des Wintergartenbodens ist, spricht man davon, dass sich beide in einem sogenannten thermischen Gleichgewicht befinden.

Das bedeutet, dass sich ein Gleichgewicht zwischen dem Grad der Absorption der Möbel, bzw. der Luft im Wintergarten und dem Grad der Emission des Bodens des Wintergartens eingestellt hat.

Im allgemeinen hat dies zur Folge, dass es im geschlossenen Wintergarten wärmer ist, als draußen im Garten.

4. b Was versteht man unter globalem Treibhauseffekt? Beschreiben Sie die Ursachen, mögliche Folgen und notwendige Gegenmaßnahmen!

Beinahe tagtäglich philosophiert die Presse über den Treibhauseffekt. Die meisten Menschen unter uns denken, sobald sie etwas vom Treibhauseffekt hören oder lesen, nur an seine negativen Eigenschaften.

Denn viele wissen nicht, dass es ohne den Treibhauseffekt gar keine Leben auf unserer Erde geben würde.

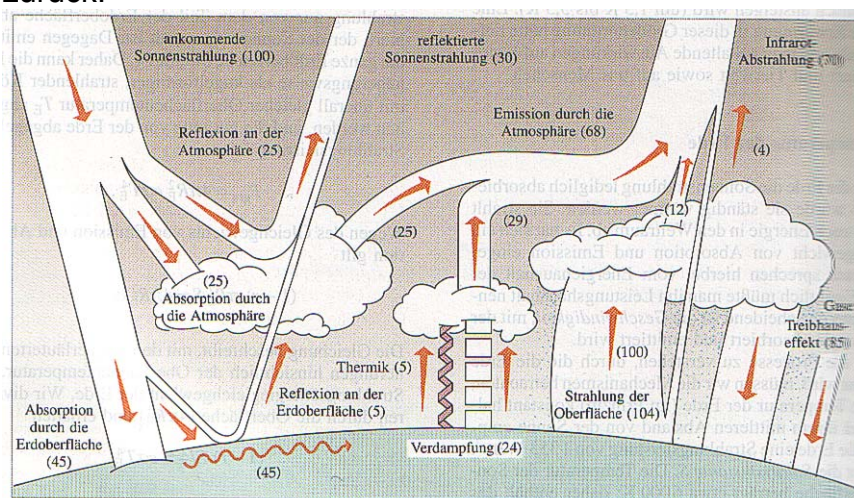
Denn die nahezu konstante Temperatur auf der Erdoberfläche, die gerade in dem Bereich liegt, dass flüssiges Wasser existieren kann, ist sicher einer der wichtigsten Gründe dafür, dass es auf der Erde Leben gibt. Die Frage, die man sich stellen muss ist, warum eigentlich auf der Erde diese Temperatur herrscht.

Die Antwort auf diese Frage lautet: „Der Treibhauseffekt“.

Die Temperatur auf der Erdoberfläche beträgt im Schnitt 15°C. Die Ursache dafür liegt in den Eigenschaften der Atmosphäre begründet, nämlich im unterschiedlichen Absorptionsvermögen der Atmosphärgase (Treibhausgase).

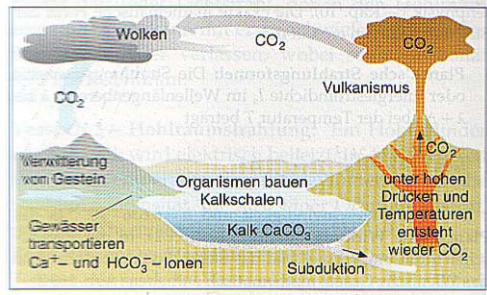
Erklärung:

Wegen der hohen Temperatur der Sonnenoberfläche erhält die Erde ihre Strahlungsenergie hauptsächlich bei den kurzen Wellenlängen des sichtbaren Lichtes (zwischen 380nm-780nm), für die die Atmosphäregase gut durchlässig sind. Die Wärmestrahlung trifft auf die Erdoberfläche, die sich dadurch erwärmt. Für das viel langwelligere Licht, das die Oberfläche dadurch selbst abstrahlt, sind einige Gase, vor allem Wasserdampf, Kohlenstoffdioxid und Methan aber schlecht durchlässig. Sie absorbieren die von der Erde abgestrahlte Energie, erwärmen sich dadurch und strahlen sowohl in den Weltraum, als auch auf die Erdoberfläche zurück.



Für die Stabilität des Treibhauseffekts ist wahrscheinlich der CO₂-Zyklus verantwortlich. Das atmosphärische CO₂ wird durch Regen und Verwitterung von Gesteinen allmählich ausgewaschen und mit den Flüssen ins Meer transportiert. Hier bildet es durch organische und anorganische Prozesse Ablagerungen aus Kalkstein. Im Laufe der Zeit würde so bald das ganze CO₂ aus der Atmosphäre entfernt. Nun ist

die Erde aber tektonisch sehr aktiv. Mit der Verschiebung der Erdplatten wandern die Sedimente zu den Subduktionszonen, wo sie in den Erdmantel absinken. In großer Tiefe wird das CO_2 frei und gelangt durch Vulkane wieder in die Atmosphäre.



(Subduktionszonen sind Gebiete, in denen sich eine tektonische Platte über eine andere schiebt. Die Kante der versinkenden Platte stellt einen Erdbebenherd dar, und ihr Weg in den Erdmantel kann durch Lokalisieren der Erdbebenzentren verfolgt werden.)

Wie man sieht, wäre ein Leben ohne Treibhauseffekt, also ohne Treibhausgase, auf der Erde gar nicht möglich.

Uns interessieren aber nicht die Vorteile, sondern die Nachteile der Treibhausgase. Die Effekte im Zusammenhang mit den Treibhausgasen sind sehr komplex. Wenn ihr Anteil an der Atmosphäre steigt und die Atmosphäre wärmer wird, verdampft das Meerwasser schneller. Dadurch wird der Anteil des Wasserdampfes in der Atmosphäre höher, was wiederum zu einem stärkeren Temperaturanstieg führt. Es besteht also eine positive Rückkopplung (gegenseitige Verstärkung) beider Effekte. Durch den höheren Wasserdampfgehalt der Atmosphäre wird die Wolkendecke dichter. Deren genauer Einfluss ist aber bis heute noch nicht geklärt. Sie erhöht einerseits den Reflexionsgrad und bremst damit die globale Erwärmung, andererseits vermindert sie die Wärmeabstrahlung und fördert dadurch die Erwärmung. Außerdem bringen die steigenden Temperaturen und somit die größere Wasserdampfkonzentration in der Atmosphäre, erhöhten Niederschlag mit sich. Das hat eine höhere Auswaschung von CO_2 zur Folge, was wiederum den Treibhauseffekt verringert und die Temperatur sinken lässt. Sinkt aber andererseits die Oberflächentemperatur durch äußere Einflüsse, dann wird auch weniger CO_2 aus der Atmosphäre entfernt. Der Treibhauseffekt steigt wieder.

Neben den bereits genannten Treibhausgasen treten in der Atmosphäre auch noch weitere Gase auf, die zwar nur in Spuren vorhanden sind, die aber auch maßgeblich für den Treibhauseffekt sind.

Darunter sind neben Methan, Ozon, Stickstoffoxiden auch Fluorchlorkohlenwasserstoffe (FCKW). Auch diese Gase absorbieren die von der Erde emittierten langwelligen Wärmestrahlung und tragen somit zur Erwärmung bei. Die Konzentration von Methan ist zwar hundertmal geringer als die des Kohlendioxids, aber ein Methanmolekül kann zwanzigmal mehr Strahlungsenergie absorbieren als ein CO_2 -Molekül. Außerdem hat die Methankonzentration in den letzten Jahren dramatisch zugenommen. Auch hier kann sich eine positive Rückkopplung aufbauen, weil der globale Temperaturanstieg die Zersetzung organischer Substanzen beschleunigt, wodurch wieder mehr Methan an die Atmosphäre abgegeben wird.

Das Ozon entsteht bei photochemischen Reaktionen, die durch das Sonnenlicht ausgelöst werden und an denen auch Methan, Kohlendioxid und Stickstoffoxide beteiligt sind.

Die Ozonkonzentration in der Troposphäre, der untersten Schicht der Atmosphäre, stieg durch die Luftverschmutzung um ca. 10% an.

Ähnlich stark hat der Gehalt an Stickstoffoxiden zugenommen, vorwiegend durch Abholzung von Wäldern, intensiven Einsatz stickstoffhaltiger Düngemittel und

Verbrennung von Biomasse. Dies sind Begleiterscheinungen der landwirtschaftlichen Nutzung.

Fluorchlorkohlenwasserstoffe (FCKW) sind keine natürlichen Bestandteile der Atmosphäre. Sie dienen als Kältemittel in Klima- und Kühlanlagen und als Treibmittel in Spraydosen.

Genauso wie Kohlendioxid absorbieren sie Wärmestrahlung, aber sie zerstören außerdem die Ozonschicht in der Stratosphäre.

Ursachen: Seit ca. 100 Jahren beeinflusst die Menschheit im wesentlichen das Klima durch die immer mehr ansteigende Industrialisierung und das enorme Bevölkerungswachstum.

Das Verbrennen von fossilen Brennstoffen, wie Erdöl, Erdgas, Wald, usw., das Abholzen der Regenwälder und das allgemeine Waldsterben, sowie die Viehzucht und Reisfelder, durch ihre erhöhte Methanproduktion, fördern noch zusätzlich den globalen Treibhauseffekt.

Folgen: Folge des unverantwortlichen Handelns des Menschen ist, wie über das letzte Jahrhundert verfolgt wurde, dass sich die weltweit gemittelte Temperatur um ca. 0,5°K erhöht hat. Phänomene, dass der Dauerfrost in Sibirien und Alaska abnimmt und dass die Polkappen und Gletscher langsam abschmelzen und sich somit der Meeresspiegel hob, haben ihren Ursprung ebenfalls in dieser Erwärmung. Das Verbrennen fossiler Brennstoffe und die globale Abholzung, wie bereits oben angedeutet, erhöhen zusätzlich den CO₂-Gehalt der Erdatmosphäre. Dies fördert die globale Erwärmung in Folge des Treibhauseffekts.

Gegenmaßnahmen: Wichtig wäre es, nach Möglichkeit, den CO₂-Gehalt zu senken, da durch einen unveränderten industriellen CO₂-Ausstoß sich erhebliche Folgen, die aber in ihrer Größe noch nicht genau vorhersehbar sind, einstellen würden. So wird vermutet, dass sich in den nächsten 50 - 100 Jahren die Temperatur zwischen 1,5° und 5° K erhöhen wird, was neben dem bereits oben genannten, auch auf starken CO₂-Ausstoß des Straßenverkehrs zurückzuführen ist.

Eine weitere Gegenmaßnahme, die bereits schon unternommen wurde, ist die Wiederaufforstung des Waldes, damit der CO₂ Gehalt gesenkt werden kann.

Anhang:

Table 1: Global atmospheric concentration (ppm unless otherwise specified), rate of concentration change (ppb/year) and atmospheric lifetime (years) of selected greenhouse gases

Atmospheric Variable	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	SF ₆ ^a	CF ₄ ^a
Pre-industrial atmospheric concentration	278	0.700	0.270	0	40
Atmospheric concentration (1998)	365	1.745	0.314	4.2	80
Rate of concentration change ^b	1.5 ^c	0.007 ^c	0.0008	0.24	1.0
Atmospheric Lifetime	50-200 ^d	12 ^e	114 ^e	3,200	>50,000

Source: IPCC (2001)

^a Concentrations in parts per trillion (ppt) and rate of concentration change in ppt/year.

^b Rate is calculated over the period 1990 to 1999.

^c Rate has fluctuated between 0.9 and 2.8 ppm per year for CO₂ and between 0 and 0.013 ppm per year for CH₄ over the period 1990 to 1999.

^d No single lifetime can be defined for CO₂ because of the different rates of uptake by different removal processes.

^e This lifetime has been defined as an "adjustment time" that takes into account the indirect effect of the gas on its own residence time.

Table 2: Global Warming Potentials (GWP) and Atmospheric Lifetime (Years) Used in the Inventory

Gas	Atmospheric Lifetime	100-year GWP ^a	20-year GWP	500-year GWP
Carbon dioxide (CO ₂)	50-200	1	1	1
Methane (CH ₄) ^b	12±3	21	56	6.5
Nitrous oxide (N ₂ O)	120	310	280	170
HFC-23	264	11,700	9,100	9,800
HFC-125	32.6	2,800	4,600	920
HFC-134a	14.6	1,300	3,400	420
HFC-143a	48.3	3,800	5,000	1,400
HFC-152a	1.5	140	460	42
HFC-227ea	36.5	2,900	4,300	950
HFC-236fa	209	6,300	5,100	4,700
HFC-4310mee	17.1	1,300	3,000	400
CF ₄	50,000	6,500	4,400	10,000
C ₂ F ₆	10,000	9,200	6,200	14,000
C ₄ F ₁₀	2,600	7,000	4,800	10,100
C ₆ F ₁₄	3,200	7,400	5,000	10,700
SF ₆	3,200	23,900	16,300	34,900

Source: IPCC (1996)

^a GWPs used here are calculated over 100 year time horizon

^b The methane GWP includes the direct effects and those indirect effects due to the production of tropospheric ozone and stratospheric water vapor. The indirect effect due to the production of CO₂ is not included.

*Global Warming Potentials:

Global Warming Potentials beschreiben das quantitative Maß für die durchschnittliche, relative Einwirkung der Strahlungsstärke eines einzelnen Treibhausgases.

Es ist definiert als die sich steigernde Strahlungskraft – sowohl mit direkten, als auch indirekten Folgen – über eine Zeitspanne, in der durch die Emission einer einheitlichen Masse eines Gases im Verhältnis zu einigen anderen steht.

Literatur:

Dorn : „Physik“ (Hannover 1967, 8. Auflage)

Grehn, J. / Krause, J. (Hrsg.): „Physik“ (Hannover 1998, 3. Auflage)

Hammer, K. : „Physik“ (München 1970, 4. Auflage)

Kuchling, H. : „Taschenbuch der Physik“ (Leipzig 2001, 17. Auflage)

Tipler, P. A. : „Physik“ (Heidelberg, Berlin, Oxford, 1994)

Weidmann, Dr. F. / Zins, R. : „Physik für Realschulen“ (Freising 1971, 7. Auflage)

GREENHOUSE GASES AND GLOBAL WARMING POTENTIAL VALUES
Excerpt from the inventory of U.S. greenhouse emissions and sinks : 1999 - 2000