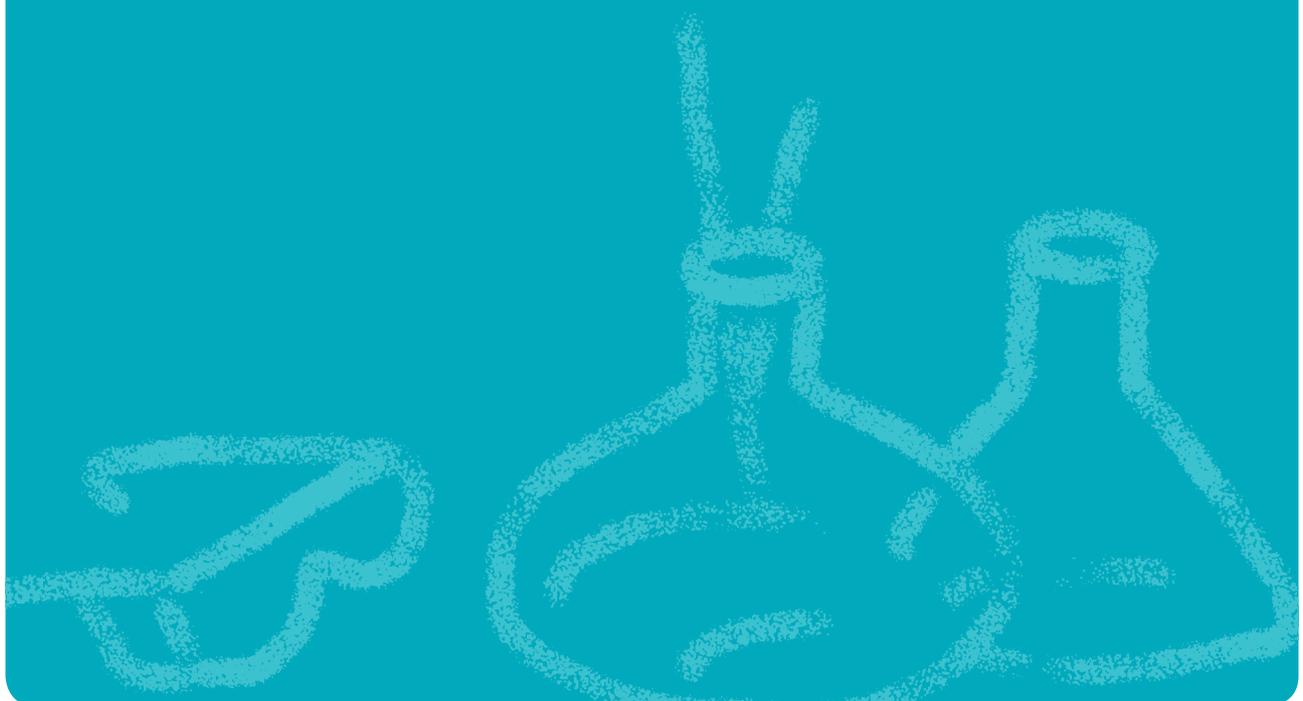




## Das Klimalabor

Schwerpunkte	Naturwissenschaftliche Phänomene des Klimawandels, Treibhauseffekt, Experimente
Zielgruppe	4.–8. Klasse
Zielsetzung	Ziel des Klimalabors ist es, Kinder und Jugendliche für das Thema Klimawandel zu sensibilisieren und ihnen einen Einstieg in die Themen Klima und Klimaschutz zu geben. Die Unterrichtseinheit erläutert anschaulich die naturwissenschaftlichen Zusammenhänge zwischen einigen, den Klimawandel begünstigenden Phänomenen. Die Kinder und Jugendlichen sollen erkennen, dass der Klimawandel kein abstrakter Begriff ist, sondern sie ihn „en miniature“ erleben können.
Zeitaufwand	90 Minuten
Kurzbeschreibung	Nach einer kurzen theoretischen Einleitung führt die Gruppe kleine Versuche und auch größere Experimente durch. Gemeinsam erarbeitet sie Möglichkeiten und Perspektiven für mehr Klimaschutz. Hierbei ist der Ideenreichtum der Kinder und Jugendlichen gefragt. Darüber hinaus diskutiert die Gruppe verschiedene Optionen, wie klimaverträgliches Handeln in der Schule, auf dem Schulweg und zu Hause realisiert werden kann.





### Vorbereitung und allgemeine Hinweise

- ...❖ Experimente mit Chemikalien, Bunsenbrenner etc. sind nur in dafür vorgesehenen Räumen erlaubt. Eine Sicherheitsbelehrung der Kinder und Jugendlichen zum Verhalten im Labor ist unbedingt erforderlich.
- ...❖ Bei Durchführung aller fünf Experimente müssen fünf Tische vorbereitet werden, vier Tische für die Experimente und ein Tisch für die Arbeit an einem Poster.
- ...❖ Die Schülerinnen und Schüler bauen die Experimente selber unter Anleitung nacheinander auf. Die Gruppenleitung stellt dabei Fragen, Erklärungen erhält die Gruppe erst, wenn die Ergebnisse zu sehen sind.
- ...❖ Parallel zu den Experimenten kann die Gruppe die Arbeitsblätter ausfüllen.
- ...❖ Das Klimalabor lässt sich auch als interaktive Experimentalvorlesung durchführen (z. B. bei wenig Platz oder einer sehr großen Gruppe).
- ...❖ Die Versuchsauswertungen sollten nach Möglichkeit zur Auflockerung zwischen den Versuchen und der Stoffvermittlung erfolgen.
- ...❖ Bei der Durchführung aller fünf Experimente muss ggf. der Zeitbedarf angepasst werden. In jedem Fall sollte ausreichend Zeit für die Ideen der Schülerinnen und Schüler zu Klimaschutzmaßnahmen bleiben.
- ...❖ Das Klimalabor funktioniert problemlos ohne chemische oder mathematische Formeln. Die Darstellung der chemischen Verbindungen eignet sich erfahrungsgemäß nur für sehr interessierte Kinder und Jugendliche oder für Veranstaltungen mit älteren Schülerinnen und Schülern.

**Benötigte  
Materialien****... Experiment Klimawandel – was ist das?**

- Ⓢ Schaubilder zum Klimawandel, Ⓢ Erklärung des Treibhauseffektes mit Schaubildern, Ⓢ Arbeits- und Lösungsblatt Treibhauseffekt,
- Ⓢ Arbeitsblatt Wortspiel Klimawandel-Suchsel

**... Experiment Meeresspiegelanstieg**

Kittel, Brille, 2 transparente, formgleiche Schüsseln, Leitungswasser, Steine, Eiswürfel, Folienstift, 2 Lampen mit Glühbirnen, evtl. Verteilersteckdose

**... Experiment Albedo**

- Ⓢ Arbeits- und Lösungsblatt Albedo, Kittel, Brille, weiße und schwarze A4 Pappe, 2 Thermometer, 1 Lampe

**... Experiment Verbrennung fossiler Energieträger**

Kittel, Brille, Porzellantiegel, Trichter, Schlauch, Pumpe oder Peleusball, Gaswaschflasche, Calciumhydroxid  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , Barytwasser ( $\text{Ba}^{2+} + 2\text{OH}^-$ ), Aceton ( $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$ ), Ethanol ( $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$ ) oder Oktan ( $\text{C}_8\text{H}_{18}$ ), eventuell Stativ mit entsprechenden Klemmen, Feuerzeug oder Sicherheitszündhölzer

**... Experiment  $\text{CO}_2$** 

- Ⓢ Arbeits- und Lösungsblatt Experiment  $\text{CO}_2$ , Strohhalm, 2–3 Reagenzgläser oder kleine Standzylinder (ca. 200 ml Leitungswasser, Indikatorlösung (Unitest oder Methylrot)

**... Klimaschutztipps**

Recyclingposter bemalt mit 3 Blütenstängeln, 3 große und 2 kleine runde Moderationskarten, Wachsmalstifte, Klebestift

**... Evaluation**

- Ⓢ Feedbackvorlage, Klebepunkte



## Kurzüberblick

Baustein	Ziel	Inhalt	Sozialform
<b>Klimawandel – was ist das?</b>	Die Schülerinnen und Schüler kennen Folgen des Klimawandels	Bildhafter Einstieg	Plenum
<b>Experimente</b>	Die Schülerinnen und Schüler kennen naturwissenschaftliche Phänomene des Klimawandels	Meeresspiegelanstieg, Albedo, Verbrennung fossiler Energieträger, CO <sub>2</sub> , pH-Wert	Interaktive Experimente / Lehrgespräch
<b>Klimaschutztipps</b>	Die Schülerinnen und Schüler kennen Handlungsalternativen zum Klimaschutz	Welche Möglichkeiten habe ich im Alltag, das Klima zu schonen?	Plenum
<b>Evaluation</b>	Die Schülerinnen und Schüler bewerten die Unterrichtseinheit	Bewertung der Unterrichtseinheit	Feedback



## Durchführung

### Baustein Klimawandel – was ist das?

10 Minuten

Das Thema Klimawandel wird mit den Schülerinnen und Schülern an Schaubildern zum Klimawandel erarbeitet. Jeder erhält ein Foto zu den Folgen des Klimawandels und beschreibt dieses. Außerdem können die Schülerinnen und Schüler in diesem Baustein das Arbeitsblatt Treibhauseffekt bearbeiten. Dafür müsste dann insgesamt etwas mehr Zeit eingeplant werden.



Das Arbeitsblatt Wortspiel Klimawandel-Suchsel eignet sich sehr gut als spielerische Einführung für die Klassenstufen 4 bis 6 und kann auch vorab als Hausaufgabe gegeben werden.



Baustein Experiment

### Meeresspiegel- anstieg

15 Minuten

#### Fragestellung

Steigt durch das Abschmelzen der Eisschilde und Gletscher der Meeresspiegel an? Unterscheide hierbei zwischen dem antarktischen Eisschild und dem arktischen Meereis.

#### Versuchsaufbau und Durchführung

Für das Experiment wird ein größerer Stein in ein Gefäß gelegt. Der Stein stellt einen Festlandssockel dar. Daneben wird ein zweites Gefäß ohne Stein gestellt. Beide Schalen werden nun mit der gleichen Menge Wasser gefüllt. In der ersten Schale muss der Stein noch aus dem Wasser ragen. Jetzt wird in beide Gefäße die gleiche Menge Eiswürfel gegeben – im ersten Gefäß auf den Stein, im zweiten direkt ins Wasser.

Der Wasserstand wird bei beiden mit einem Folienstift markiert. Über beiden Schalen werden nun Lampen installiert. Die Wärme lässt die Eiswürfel schneller schmelzen. Die Schülerinnen und Schüler können sich jetzt anderen Experimenten oder Aufgaben zuwenden. Nach 30 Minuten prüft die Gruppe den Wasserstand in beiden Gefäßen.

#### Auswertung

Der Wasserstand in der Schale ohne Stein ist gleich geblieben, in jenem mit Stein ist er gestiegen. Das zeigt: Schmelzende Eisberge oder Eisflächen im Nordpolarmeer ohne festen Untergrund lassen den Meeresspiegel nicht ansteigen. Schmelzende Eismassen auf dem südpolaren Festland wie Gletscher oder das Festlandeis der Antarktis führen aber zu einem Meeresspiegelanstieg.



Baustein Experiment

**Albedo**

10 Minuten

*Fragestellung*

Wie wirkt sich die Beschaffenheit der Erdoberfläche auf die Temperatur aus?

*Versuchsaufbau und Durchführung*

Ein weißer Pappkarton stellt die Eisfläche dar, ein schwarzer die Erdoberfläche. Beide werden nun mit Lampen bestrahlt, Thermometer auf den Kartons messen die Temperatur auf den Oberflächen. Zur Auswertung wird ein Messprotokoll erstellt:

Oberfläche	t1	t2	t3	t4	t1
hell	__ °C				
dunkel	__ °C				

*Arbeitsblatt Experiment Albedo* 

Die Gruppe prüft die Temperatur auf den Kartons und notiert die Ergebnisse. Die ersten drei Messungen sollen im Abstand von drei Minuten, weitere im Abstand von sieben Minuten erfolgen. In einem Diagramm kann die Gruppe zusätzlich den Temperaturverlauf eintragen. Zwischen den Messungen können die Schülerinnen und Schüler auch andere Experimente beobachten oder sich anderen Aufgaben zuwenden. Nach Abschluss der Messungen wird die Temperaturdifferenz Delta ( $\Delta$ ) beider Oberflächen berechnet und miteinander verglichen. Die Gruppe diskutiert nun die Wärmeveränderungen auf den Kartons. Wichtig sind dabei folgende Aspekte:

...❖ Helle Oberflächen speichern weniger Wärme als dunkle, die Reflexion ist größer als die Absorption. Deshalb erwärmen sie sich nicht so stark wie dunkle Oberflächen. Es gilt:

$$\text{Reflexion} > \text{Absorption}$$

...❖ Dunkle Oberflächen speichern Wärme, die Reflexion ist kleiner als die Absorption, es entwickelt sich mehr Wärme als bei hellen Oberfläche. Es gilt:

$$\text{Reflexion} < \text{Absorption}$$

...❖ Die Gruppe kann vor diesem Hintergrund die Redewendung diskutieren:

„Schwarz zieht die Sonne an.“



Baustein Experiment  
**Verbrennung fossiler  
Energieträger  
(Variante A)**

15 Minuten

*Fragestellung*

Wie entsteht bei Verbrennungsmotoren in Autos, Lkw oder Flugzeugen das Treibhausgas Kohlenstoffdioxid ( $\text{CO}_2$ )?

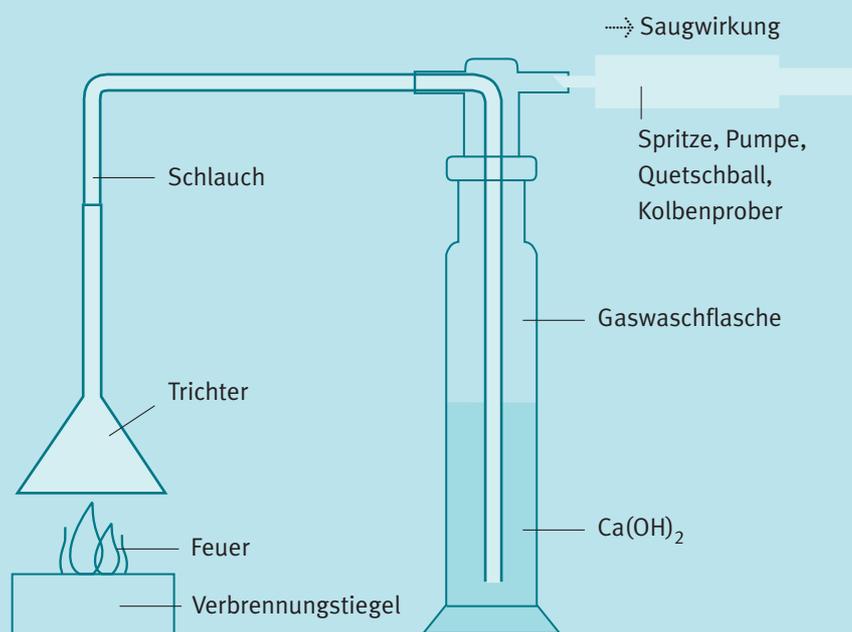
Das folgende Experiment zeigt, wie bei Verbrennungsprozessen in Verbrennungsmotoren  $\text{CO}_2$  entsteht. Dabei wird statt Benzin als einem Gemisch aus Alkanen, Alkenen, Cycloalkanen sowie aromatischen Kohlenwasserstoffen einfacher Kohlenwasserstoff verwendet. Für das Experiment wären aber auch die Alkane Hexan oder Oktan geeignet.

Ein Porzellantiegel stellt den Verbrennungsmotor dar – nur dass nicht wie beim Fahrzeugmotor die Verbrennung Kolben antreibt, sondern die gewonnene Energie als Wärme abgegeben wird.

*Versuchsaufbau und Durchführung*

Trichter, Gaswaschflasche (GWF) und Schlauch werden mittels Klemmen und Schraubzwingen miteinander verbunden (siehe Abbildung). Beim Aufbau ist zu beachten, dass alles von sich aus steht und die oder der Durchführende beide Hände zum Experimentieren frei hat.

Versuchsaufbau Variante A:

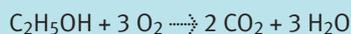




In die GWS wird maximal bis zur Hälfte eine Calciumhydroxid-Lösung  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  gegeben. Eine kleine Menge Kohlenwasserstoff (oder Oktan) wird in den Porzellantiegel gegeben und entzündet. Dabei entsteht neben Kohlenstoffdioxid ( $\text{CO}_2$ ) auch Wasser. In der chemischen Formel lautet die exemplarische Reaktion bei der Verbrennung von Oktan:



Um zu zeigen, dass bei der Verbrennung von Biokraftstoffen (Ethanol) ebenfalls  $\text{CO}_2$  entsteht, können auch kleine Mengen reinen Alkohols verbrannt werden. ABER VORSICHT: Ethanol bzw. Ethylalkohol ist leicht entzündlich. Die chemische Reaktion für die Verbrennung von Ethylalkohol lautet:



Der Trichter über dem Tiegel fängt die bei der Verbrennung entstehenden Gase auf. Die Verbrennungsgase werden nun über den Schlauch in die Gaswaschflasche (GWF) geleitet. Da die Gase nicht von sich aus durch den Schlauch wandern, muss mit einer Pumpe bzw. einem Peleusball eine Saugwirkung erzeugt werden. In der GWF kommt es zu einer Fällungsreaktion der eingeleiteten Verbrennungsgase mit der Calciumhydroxid-Lösung, es entsteht Calciumcarbonat  $\text{CaCO}_3$ , also Kalk, der als weißer Niederschlag in der Gaswaschflasche ausfällt. Die Reaktion lautet als chemische Formel:



#### *Herstellung der Calciumhydroxidlösung*

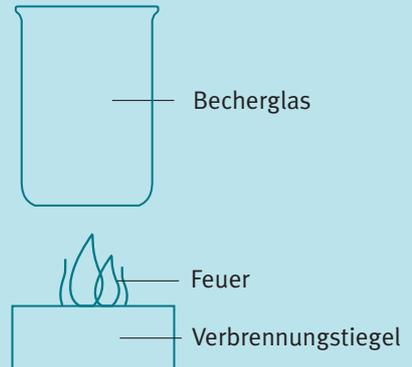
Zwei bis drei Spatelspitzen (ca. 3 g) des pulverförmigen Calciumhydroxids  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  wird in einen Liter Wasser gegeben und kräftig umgerührt. Aufgrund der schlechten Löslichkeit bildet sich eine Suspension. Diese wird eine Weile stehen gelassen. Danach wird der Überstand gefiltert bis er klar ist. Bleibt nach der Durchführung des Experiments noch etwas von der Lösung übrig, lässt sich diese in einer Glasflasche für spätere Versuche lagern (Diese unbedingt mit der Warnung: „Gefahrstoffkennzeichnung Xi reizend“ versehen). Alternativ kann auch fertiges Barytwasser ( $\text{Ba}^{2+} + 2 \text{OH}^-$ ) verwendet werden.



Baustein Experiment  
**Verbrennung fossiler  
 Energieträger  
 (Variante B)**

5 Minuten

Statt der gesamten Gaswaschflaschen-  
 apparatur kann auch ein mit Calciumhydroxid  
 $\text{Ca}(\text{OH})_2$  gespültes Becherglas über den  
 Porzellantiegel mit der entflamten Probe  
 gehalten werden. Auch hier kommt es zur  
 Reaktion mit dem entstehenden  $\text{CO}_2$ .  
 Es bildet sich wie bei der ersten Versuchs-  
 anordnung Calciumcarbonat (Kalk), das als  
 milchig-weißer Niederschlag sichtbar wird.



Baustein Experiment  
**Experiment  $\text{CO}_2$**   
 10 Minuten

*Fragestellung*

Nach was riecht  $\text{CO}_2$ ? Kann man  $\text{CO}_2$  sehen? Wie schmeckt  $\text{CO}_2$ ? Im folgenden Experiment wird die Löslichkeit von Kohlenstoffdioxid in Wasser demonstriert. Die Gruppe kann das Arbeitsblatt Experiment  $\text{CO}_2$  während des Experiments bearbeiten.

*Versuchsaufbau und Durchführung*

Für das Experiment werden zwei bis drei Gruppen gebildet. Jede Gruppe erhält einen Zylinder oder Erlenmeyerkolben. Dieser wird zunächst zur Hälfte mit Leitungswasser gefüllt. Anschließend wird in jedes Gefäß die braungelbliche Unitest-Indikatorlösung gegeben. Aufgrund seines pH-Wertes von 6,5 bis 7,5 färbt sich das Wasser grün. Alternativ wäre die Verwendung von Methylrot als Indikator denkbar – hier färbt sich das Wasser rot.

Jetzt pusten die Schülerinnen und Schüler mit einem Strohhalm Atemluft in die Becher mit dem Wasser und der Indikatorlösung. Durch das Kohlenstoffdioxid  $\text{CO}_2$  im Atem verändert sich der pH-Wert, das Wasser färbt sich rot (bei Methylrot gelb). Die Schülerinnen und Schüler vergleichen die Färbung auf einer Farbskala für pH-Werte.

*Was ist passiert?*

Durch die Entstehung von Oxonium-Ionen, der Bildung von Hydrogencarbonat und später beim Entstehen von Carbonat verschiebt sich der pH-Wert auf über 7 in Richtung „sauer“. Das zeigt der Farbumschlag in Richtung rot an (bei Methylrot gelb). Als chemische Formel stellt sich die Reaktion so dar:





Baustein  
**Klimaschutztipps**  
15 Minuten

*Persönliche Klimaschutztipps*

Die Schülerinnen und Schüler entwickeln in einer offenen Fragerunde Ideen, wie jeder einzelne Einzelne das Klima schützen und zur Reduktion von CO<sub>2</sub> beitragen kann. Dazu gestalten sie ein Plakat und schreiben ihre persönlichen Klimaschutztipps auf drei große und zwölf kleine runde Moderationskarten (Blütenblätter). Diese kleben sie an die vorgemalten Blütenstängel, so dass drei Blumen entstehen. Das Plakat können die Schüler zum Beispiel im Klassenzimmer oder in der Schule aufhängen. Damit die Schülerinnen und Schüler später noch auf ihren Plakaten Tipps oder Ideen für mehr Klimaschutz notieren können, sollte darauf noch Platz bleiben.

Baustein  
**Evaluation**  
5 Minuten

*Wie hat der Gruppe die Veranstaltung gefallen?*

Die Schülerinnen und Schüler bewerten die Veranstaltung mit Klebepunkten auf der Feedbackvorlage  .

**Nachbereitung**

... Die mit den Experimenten vermittelten Einsichten in die Wechselwirkungen von Mechanismen des Klimawandels können auch im Rahmen des Geografie-, Biologie-, Religions- oder Ethikunterrichtes besprochen werden.

**Hintergrund-  
informationen zur  
Unterrichtseinheit**

Weiterführende Informationen:

- ... [www.chemie-master.de](http://www.chemie-master.de)
- ... [www.chemieonline.de](http://www.chemieonline.de)
- ... [www.lernarchiv.bildung.hessen.de](http://www.lernarchiv.bildung.hessen.de),  
Rubrik Unterrichtsmaterial/Chemie
- ... [www.netchemie.de](http://www.netchemie.de)
- ... [www.chemieunterricht.de](http://www.chemieunterricht.de),  
Rubrik Unterrichtsmaterialien



### ❖❖❖ *CO<sub>2</sub>-Speicherung in Meeren*

Meere können sehr viel CO<sub>2</sub> speichern, das Bindungsvermögen ist jedoch temperaturabhängig:

3,48 g/l bei 0 °C

1,45 g/l bei 25 °C

Erderwärmung führt zu Erwärmung der Ozeane → Das CO<sub>2</sub>-Bindungsvermögen sinkt → mehr CO<sub>2</sub> gerät in die Atmosphäre → Das verstärkt den Treibhauseffekt

→ [www.scinexx.de](http://www.scinexx.de)

→ [www.wbgu.de](http://www.wbgu.de), Rubrik Gutachten

### ❖❖❖ *Kohlenstoffdioxid im Wasser*

Die Löslichkeit von Kohlenstoffdioxid im Wasser spielt in vielen Bereichen des Lebens und unserer Umwelt eine wichtige Rolle. Ozeane können einen Großteil des Kohlenstoffdioxids aufnehmen. Die im System CO<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>O ablaufenden Reaktionen lassen sich durch nachstehende Gleichung beschreiben:



Dieses Gleichungssystem ist nicht nur bezüglich der Absorption von Kohlenstoffdioxid durch die Ozeane von Bedeutung, sondern auch für den Aufbau der Kalkschalen etwa bei Muscheln. Der Schalenaufbau erfolgt unter Umsetzung von Calcium- und Hydrogencarbonat-Ionen zu Calciumcarbonat wie die nachfolgende Gleichung zeigt:



Wichtig für den Schalenaufbau ist die Konzentration an Hydrogencarbonat-Ionen.

### ❖❖❖ *Ausführliche Informationen zum Klimawandel und seinen Folgen:*

→ [www.atmosphere.mpg.de](http://www.atmosphere.mpg.de)

### ❖❖❖ *Redoxsysteme, Oxidation (Elektronenabgabe), Reduktion (Elektronenaufnahme):*

→ [www2.chemie.uni-erlangen.de](http://www2.chemie.uni-erlangen.de)



### ❖ Albedo

Als Albedo bezeichnet man das Verhältnis des Lichts, das von einem Objekt reflektiert wird, zu dem, welches beim Objekt ankommt und aufgenommen wird. Die Werte, die die Albedo annehmen kann, reichen von 0 (kein Licht wird reflektiert) bis 1 (alles Licht wird reflektiert). Sie können auch in Prozent ausgedrückt werden (0 – 100 %).

Albedo verschiedener Oberflächen in Prozent:

Frischer Schnee: 80 – 85 %	Gras: 20 – 25 %
Alter Schnee: 50 – 60 %	Wald: 5 – 10 %

Quelle: [www.atmosphere.mpg.de](http://www.atmosphere.mpg.de), Rubrik Klimawissen/Wolken

### ❖ Emission, Absorption, Transmission, Reflexion

Strahlung, die auf die Oberfläche eines Körpers auftritt, kann reflektiert, absorbiert oder - bei transparenten Stoffen – durchgelassen werden. In der Regel wird nicht die gesamte Strahlung reflektiert, sondern nur ein kleiner Teil, der durch den Reflexionsgrad gekennzeichnet wird. Der nichtreflektierte Teil kann den Körper passieren, wenn dieser aus einem transparenten Material besteht oder von ihm absorbiert wird. Die Absorptionsfähigkeit der Materialfläche wird durch den Absorptionsgrad ausgedrückt. Als Transmissionsgrad bezeichnet man den Anteil an durchgelassener Strahlung.

Die Abgabe von Wärmestrahlung eines Körpers wird als Emission und die Aufnahme von Wärmestrahlung aus der Umgebung als Absorption bezeichnet. Wenn ein Körper Strahlung absorbiert, so erhöht sich seine Temperatur, die wiederum zu einer erhöhten Emission von Wärmestrahlung führt, bis ein Strahlungsgleichgewicht erreicht ist. Nach dem Kirchhoffschen Strahlungsgesetz ist der Emissionsgrad bei jeder Temperatur und für jede Wellenlänge gleich dem Absorptionsgrad.

Vereinfacht ausgedrückt bedeutet dies: Ein Körper nimmt genauso gut Wärmestrahlung auf wie er abgibt. Die Beschaffenheit der Oberfläche spielt bei der Absorption bzw. Emission eine bedeutende Rolle. Bei langwelliger Strahlung ist die Farbe der Oberfläche unbedeutend. Hier unterscheidet man zwischen blanken metallischen Flächen mit einem geringen und nichtmetallischen Flächen mit einem hohen Absorptionsgrad. Bei kurzwelliger Strahlung wie Sonneneinstrahlung ist die Farbe der Oberfläche entscheidend. Dunkle Flächen absorbieren kurzwellige Strahlung stärker und erwärmen sich deshalb auch stärker als helle Flächen.  
Quelle: in Anlehnung an [www.uni-due.de](http://www.uni-due.de), Rubrik Bauphysik-Interaktiv