

# Klimawandel im gymnasialen Chemie- und Physikunterricht



Dr. Brigitte Hänger ist Dozentin für Physik an der Pädagogischen Hochschule FHNW sowie wissenschaftliche Mitarbeiterin im MINT-Lernzentrum. Sie hat die Physik-Unterrichtseinheit zum Klimawandel entwickelt.



Dr. Juraj Lipscher hat von 1982 bis 2014 Chemie an der Kantonsschule Baden unterrichtet. Er ist ebenfalls wissenschaftlicher Mitarbeiter im MINT-Lernzentrum und hat die Chemie-Unterrichtseinheit zum Klimawandel erstellt.



Dr. Ralph Schumacher ist Lehr- und Lernforscher und leitet das MINT-Lernzentrum.

[www.educ.ethz.ch/lernzentren/mint-lernzentrum.html](http://www.educ.ethz.ch/lernzentren/mint-lernzentrum.html)

Im MINT-Lernzentrum der ETH Zürich entwickeln Lehr- und Lernforscher gemeinsam mit besonders qualifizierten Lehrpersonen Unterrichtsmaterialien zu zentralen Themen des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts für Schweizer Kurz- und Langzeitgymnasien. Diese Materialien werden im Anschluss an ihre Entwicklung im Vergleich zu herkömmlichem Unterricht auf ihre Lernwirksamkeit getestet und über Seminare der ETH Zürich für zukünftige Lehrpersonen sowie über Fortbildungen für Lehrpersonen und Fachschaften im MINT-Lernzentrum verbreitet.

Die globale Erwärmung und ihre Folgen stellen ein Kernproblem unserer Gegenwart und der sich abzeichnenden Zukunft dar. Als epochentypisches Schlüsselproblem ist der Klimawandel auch für den gymnasialen Unterricht von hohem Bildungswert. Darum hat das MINT-Lernzentrum für die Schulfächer Chemie und Physik zwei Unterrichtseinheiten erstellt, die einen stufengerechten Zugang zu diesem komplexen und kontrovers diskutierten Thema bieten. Sie wurden zusammen mit dem Departement für Umweltsystemwissenschaften entwickelt und bieten wissenschaftlich fundierte und nach den neuesten Erkenntnissen der Lehr-Lernforschung entwickelte Unterrichtsmaterialien. Es kom-

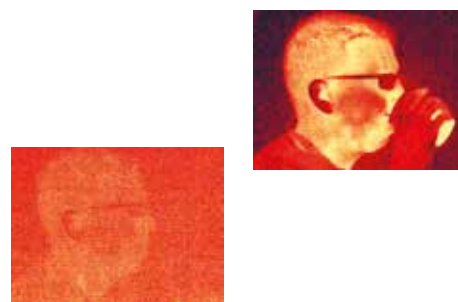


Diese Unterrichtseinheit umfasst sechs Lektionen und befasst sich zunächst mit der Strahlungsbilanz der Erde sowie mit der Rolle des Kohlenstoffdioxids als bestimmendem Faktor für die globale Erwärmung. Neben den Auswirkungen der anthropogenen CO<sup>2</sup>-Emissionen auf das Erdklima werden auch deren Wirkungen auf den pH-Wert der Ozeane thematisiert.

men kognitiv aktivierende Lernformen zum Einsatz, die sich in empirischen Vergleichsstudien als besonders lernwirksam erwiesen haben. Innovativ sind daher nicht nur die Inhalte dieser Unterrichtseinheiten, sondern auch die Lernformen, mit denen sie vermittelt werden.

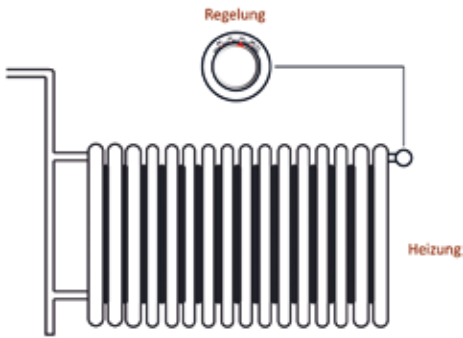
## Die Rolle des Kohlenstoffdioxids bei der Absorption von IR-Strahlen in der Atmosphäre

In beiden Unterrichtseinheiten werden der Treibhauseffekt und seine zentrale Rolle bei natürlichen und anthropogenen Klimaänderungen behandelt. Diese Themen sind so aufbereitet, dass sie sich gut an gängige Inhalte des Chemie- und Physikcurriculums anschliessen lassen. Im Mittelpunkt der Chemie-Unterrichtseinheit steht die Rolle des Kohlenstoffdioxids bei der Absorption von IR-Strahlen in der Atmosphäre. Zur Veranschaulichung wird ein Experiment mit einer IR-empfindlichen Kamera beschrieben, bei dem eine Person einmal mit und einmal ohne Kohlenstoffdioxid zwischen Kamera und Person fotografiert wird. Auf dem zweiten Bild ist die Person viel schwächer zu sehen, weil das Kohlenstoffdioxid die IR-Strahlen weitgehend absorbiert. Dieses ETH-Experiment ist in den Unterrichtsmaterialien als Film enthalten.

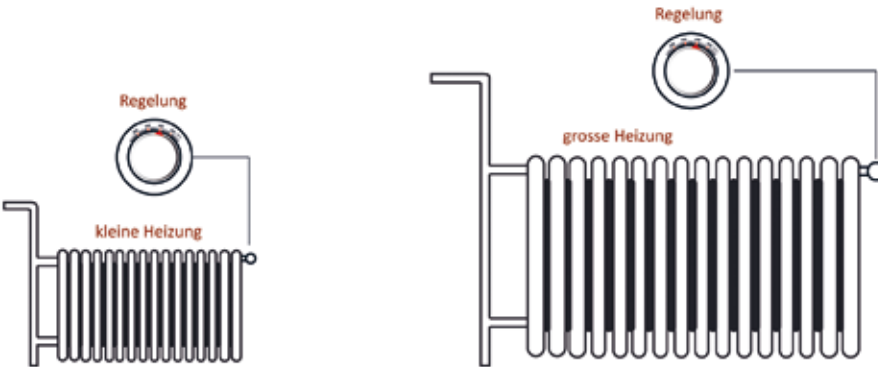


## Lernen durch Modellvergleiche

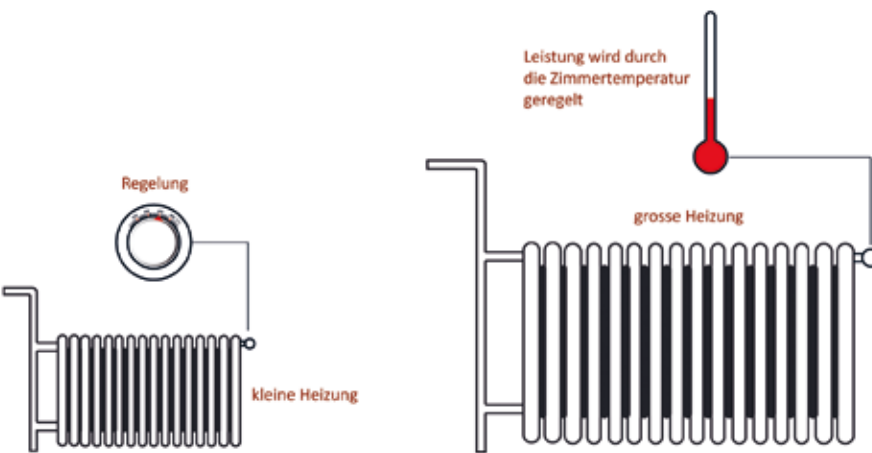
Um das Verständnis für das Zusammenspiel von Kohlenstoffdioxid und Wasserdampf bei der globalen Erwärmung zu fördern, erhalten die Schülerinnen und Schüler den Auftrag, sich zu überlegen, welches der folgenden Modelle dieses Zusammenspiel am besten beschreibt:



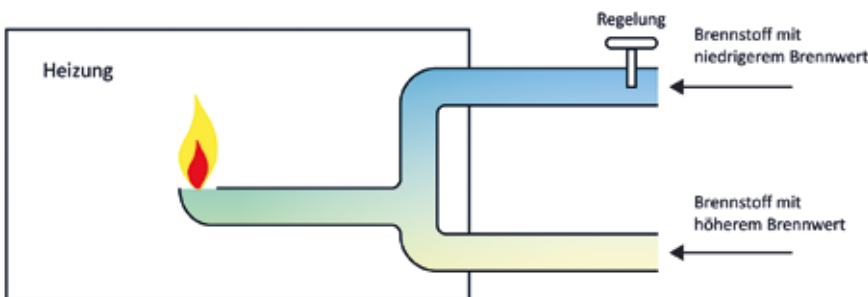
Modell 1: Die Kohlenstoffdioxidkonzentration als Regler einer Heizung.



Modell 2: Die Konzentrationen des Kohlenstoffdioxids und des Wasserdampfes als Regler zweier unabhängiger Heizungen.



Modell 3: Kohlenstoffdioxidkonzentration als Regler einer Heizung. Die zweite Heizung (Konzentration des Wasserdampfes) wird durch die Raumtemperatur geregelt.



Modell 4: Die Konzentrationen des Kohlenstoffdioxids und des Wasserdampfes als zwei Brennstoffe mit unterschiedlichem Brennwert.

Bei diesem Modellvergleich werden die Schülerinnen und Schüler angeleitet, sich die verschiedenen Stärken und Schwächen dieser Modelle zu vergegenwärtigen. Auf diese Weise können sie nachvollziehen, dass

eine Zunahme des Kohlenstoffdioxids über die Zunahme der Konzentration des Wasserdampfes die globalen Temperaturen stark beeinflussen kann, obwohl der direkte Anteil des Kohlenstoffdioxids an der globalen Erwärmung demgegenüber deutlich geringer ist.

**Wie sich die Einwände der Klimawandel-Leugner im Unterricht nutzen lassen**

Zur Vertiefung werden den Schülerinnen und Schülern Aufträge gestellt, bei denen sie sich intensiv mit den Argumenten der Leugner der menschlichen Verursachung des Klimawandels auseinandersetzen und diese widerlegen müssen. In diesem Zusammenhang werden ihnen ebenfalls aktuelle Daten präsentiert, mit denen sich – entgegen den Einwänden der Klimawandel-Leugner – der Klimawandel direkt empirisch belegen lässt. Beispielsweise zeigen Messungen in der Schweiz, dass sich über einen Zeitraum von acht Jahren die Intensität der von der Atmosphäre ausgestrahlten und auf der Erdoberfläche einfallenden IR-Strahlung um  $1,8 \pm 0,8 \text{ W/m}^2$  erhöht hat.

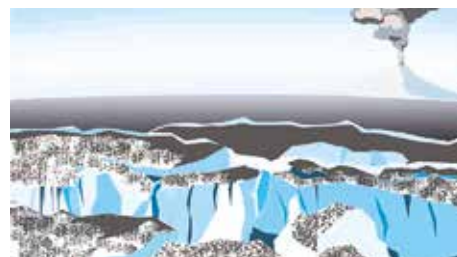
Dieser Anstieg der Strahlungsintensität ist die Folge der steigenden Konzentration von Treibhausgasen in der Atmosphäre und damit auch ein direkter Beleg für die Theorie, welche die globale Erwärmung kausal mit der ansteigenden Konzentration der Treibhausgase in der Atmosphäre verknüpft.

**Die Vertiefung der Thermodynamik am Beispiel des Klimawandels**

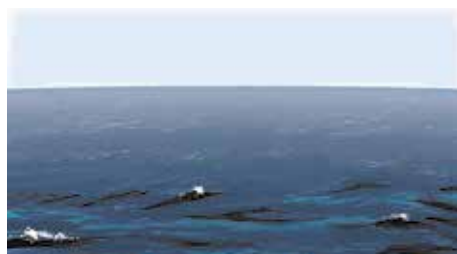
Die Physik-Unterrichtseinheit, die ebenfalls sechs Lektionen umfasst, ist die ideale Ergänzung zur Chemie-Einheit. Sie kann im Physikunterricht der Sekundarstufe II im Rahmen der Thermodynamik durchgeführt werden, denn sie behandelt das Thema Wärmetransport und baut darauf auf. Im Anschluss an Experimente zu Wärmeleitung, -strömung und -strahlung wird untersucht, in welchem Umfang die Temperaturen auf der Erde von der Wärmestrahlung der Atmosphäre abhängen. In diesem Zusammenhang erhalten die Schülerinnen und Schüler den Auftrag, die mittlere Temperatur für die Erde mit und ohne Atmosphäre zu berechnen. Um das Verständnis für das Zusammenspiel von Kohlenstoffdioxid, Wasserdampf und Albedo sowie für die Klimaveränderungen in der Erdgeschichte zu vertiefen, wird ihnen zudem die Aufgabe gestellt, mithilfe des Stefan-Boltzmann-Gesetzes die mittlere Temperatur der Erde für die folgenden Szenarien zu bestimmen:



Die Erde als Eisplanet



Vulkanausbruch in der Eiszeit



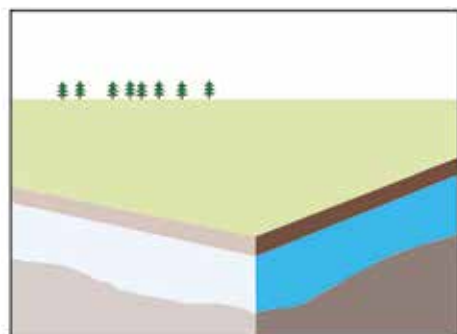
Die Erde als Ozeanplanet



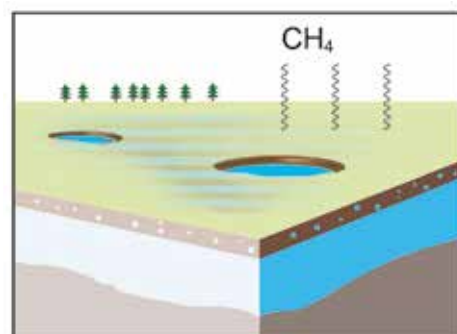
Wolken über dem Ozean

Damit die Schülerinnen und Schüler das Prinzip der positiven bzw. negativen Rückkopplung kennenlernen und ein Verständnis für die Komplexität von nicht-linearen Systeme-

men entwickeln, erhalten sie den Auftrag, für Situationen wie die folgende zu entscheiden, ob es sich um positive oder negative Rückkopplungen handelt:



Mit steigender Temperatur schmilzt der Permafrost. Dadurch wird Methan freigesetzt, das zuvor im Permafrost gebunden war. Da Methan noch sehr viel mehr Wärmestrahlung absorbieren kann als Kohlenstoffdioxid, wird dadurch die Klimaerwärmung weiter verstärkt. Es handelt sich bei diesem Beispiel also um einen Fall von positiver Rückkopplung. Auf diese Weise sollen die Schülerinnen und Schüler eine Einsicht in die Herausforderungen aktueller Klimasimulationen gewinnen.



Gegenwärtig werden in Zusammenarbeit mit den Umweltsystemwissenschaften der ETH Zürich zwei ergänzende Unterrichtsmodule zu Ozon und Stickoxiden in der Atmosphäre sowie zur Abscheidung und Speicherung von Kohlenstoffdioxid erstellt. Weitere Informationen zu den Fortbildungsangeboten des MINT-Lernzentrums finden Sie auf unseren Webseiten.