

Zeitschrift: Bildungsforschung und Bildungspraxis : schweizerische Zeitschrift für Erziehungswissenschaft = Éducation et recherche : revue suisse des sciences de l'éducation = Educazione e ricerca : rivista svizzera di scienze dell'educazione

Herausgeber: Schweizerische Gesellschaft für Bildungsforschung

Band: 14 (1992)

Heft: 2

Artikel: Meinungen, Wissen und Verstehen von Lehrerstudentinnen und -studenten in Sachen "Treibhaus-Effekt"

Autor: Aeschbacher, Urs

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-786301>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 28.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Meinungen, Wissen und Verstehen von Lehrerstudentinnen und -studenten in Sachen «Treibhaus-Effekt»

Urs Aeschbacher

*Meinungen, Wissen und Verstehen zum sogenannten «Treibhauseffekt» wurden bei 96 Studenten/innen teils durch normale Befragung erhoben, teils durch Konfrontation mit einer absichtlich falsch konstruierten Theorie (wonach es auf der Erde wegen der steigenden Kohlendioxidkonzentration in der Atmosphäre **kälter** werde) auf die Probe gestellt. Meinungen und Wissen der Probanden erwiesen sich dabei als wenig fundiert und unstabil, wobei der Zustimmungsgrad zum Meinungsitem («Wird es auf der Erde kälter?») mit der Fundiertheit des Wissens negativ korrelierte. Überdies induzierte der falsche Theorieinput einen systematischen Fehler in der Reproduktion des Treibhauseffekt-Wissens: Ungefähr ein Drittel der Probanden führte danach diesen Effekt auf das Ozonloch zurück, obwohl dieses von aussen nicht thematisiert worden war. Dass so viele Probanden sich im experimentell induzierten kognitiven Konflikt (verstärkte Wärmeeinstrahlung auf die Erdoberfläche trotz «dichter» Atmosphäre) mit der Idee eines Loches in der Atmosphäre behelfen, verweist auf ein Verständnisdefizit. Dieses zeigte sich auch bei direkter Befragung, indem weniger als ein Drittel der Probanden die Tatsache, dass die Wärmestrahlung erst auf dem «Rückweg» durch die CO₂-reiche Atmosphäre zurückgehalten wird, mit der gegenüber der Einstrahlung veränderten Wellenlänge in Zusammenhang brachten. Im Rahmen einer kognitionstheoretischen Interpretation der Befunde werden kritische Fragen an die Messung von Umweltbewusstsein gerichtet und Folgerungen für die Didaktik der Umwelterziehung gezogen.*

1. Einleitung und Problemstellung

Über den sogenannten Treibhauseffekt Bescheid zu wissen, gehört heute dank Schule und Medien bereits zur Allgemeinbildung. Allerdings scheint dieses Wissen vielfach oberflächlich zu bleiben, nicht wirklich angeeignet und mit persönlicher Einsicht verbunden zu sein. Dass jemandem die Gefahr einer solchen globalen Katastrophe nicht «unter die Haut geht», mag viele Gründe in der unbewussten oder bewussten Interessenlage und Lebenseinstellung dieser Person haben. Könnte es auch rein kognitive Gründe haben?

In der vorliegenden Arbeit wird theoretisch und empirisch die Vermutung verfolgt, dass der Treibhauseffekt von vielen Zeitgenossen nicht im Sinne Piagets (1947) «assimiliert», d. h. nicht begrifflich nachvollzogen wird, so dass eine entsprechende Einsicht bereits im engeren kognitiven Sinne nicht zustande kommt. Dass die Vermutung sich gerade für viele Lehrerstudentinnen und -studenten bestätigt, muss hinsichtlich der begrifflichen Qualität nicht nur der bisherigen, sondern auch der zukünftigen umweltpädagogischen Bemühungen in unseren Schulen nachdenklich stimmen (vgl. auch Kahlert, 1991). Der Verfasser gibt zu, bis vor kurzem in Sachen «Treibhauseffekt» selber wenig bewandert gewesen zu sein. Leserinnen und Leser sind eingeladen, ihren eigenen sachspezifischen Wissens- und Verständnisstand anhand des folgenden Exkurses selber zu testen:

Bekanntlich verbrennen immer mehr Menschen immer mehr fossile Brennstoffe in industriellen Anlagen, in Heizungen und in hunderten von Millionen von Fahrzeugen, Flugzeugen und Schiffen. Wir blasen damit immer mehr Kohlendioxid in die Luft. Die Lufthülle unserer Erde ist aber nicht unbegrenzt, und so steigt ihr CO_2 -Gehalt laufend und immer schneller an – seit Beginn der Industrialisierung bereits um 25 Prozent. Es gelangt so immer mehr Kohlenstoff aus dem Boden (aus Kohle, Erdöl, Erdgas) in die Atmosphäre. Die Luft wird damit buchstäblich «dicker», denn immer mehr Sauerstoff-Moleküle (O_2) werden durch die um das C-Atom grösseren Kohlendioxid-Moleküle (CO_2) ersetzt. Je dichter nun diese grösseren Moleküle unsere Luft erfüllen, desto weniger Sonnenstrahlen dringen noch ganz durch. Wenn wir so weiter machen, wird es also auf der Erdoberfläche langsam kälter und dunkler werden, wie unter einer feinen, aber sich ständig verdichtenden Dauerbewölkung. So paradox es tönt: Wir sind dabei, uns in eine neue Eiszeit hinein zu feuern. Als Vorbote kann vielleicht die Schneedecke gelten, die heute ganzjährig gewisse nordkanadische Landstriche bedeckt, die noch vor wenigen Jahren jeweils von der Sommersonne ganz abgetaut wurden.

In diesem Exkurs werden aus einer richtigen Voraussetzung falsche Schlüsse gezogen. Aber wer das soeben nicht zweifelsfrei erkannt hat, befindet sich in guter Gesellschaft, wie die Abschnitte 2 und 3 zeigen werden.

Warum erscheint diese absichtlich falsch konstruierte Argumentation vielen Leuten so plausibel? Der Konstrukteur meint: Weil sie an ein geläufiges, einfaches und mit konkreter Anschauung verbundenes Denkschema anknüpft. «Je dichter, desto undurchdringlicher» gehört zu unserem elementarsten Erfahrungswissen, und wenn dieses Grundschema auf die Erdatmosphäre angewandt wird, so liegt die (falsche) Folgerung des obigen Exkurses nahe, näher jedenfalls als die (richtige) Erkenntnis, dass das Kohlendioxid in der

Atmosphäre nicht für die eindringende, wohl aber für die wieder austretende Energiestrahlung ein Hindernis darstellt. Um sachgerecht zu verstehen, warum die Strahlung quasi unterhalb und nicht oberhalb der Atmosphäre «gestaut» wird, braucht es sehr viel elaboriertere und unanschaulichere Begriffe aus der Physik der Strahlen und der Strahlenabsorption. Wer über diese anspruchsvolleren Begriffe nicht oder zu wenig sicher verfügt, erliegt der Plausibilität der obigen falschen Argumentation oder gerät zumindest in einen Zustand des Zweifels, des kognitiven Konfliktes zwischen Faktenwissen (sogenannter Treibhauseffekt: Es wird wärmer auf der Erde) und naivem Denkschema (je dichter die Luft, desto undurchdringlicher wird sie für die Sonnenstrahlung). In den zwei nachfolgend beschriebenen Experimenten wurden Lehrerstudentinnen und -studenten mit der obigen irreführenden Argumentation konfrontiert. Das entsprach einer Art kognitiver Bewährungsprobe ihres Wissens und Verstehens in Sachen Treibhauseffekt – Bildungsforschung, also im Sinne einer lokalen Tiefenbohrung im über Jahre summierten Niederschlag von Umweltunterricht und -information.

2. Erkundungsexperiment

2.1 Stichprobe

Die Zuhörerschaft einer Psychologievorlesung für Mittel- und Oberlehrer an der Universität Basel; N = 22

2.2 Vorgehen und Auswertungsmethoden

Die Probandinnen und Probanden bekamen unter der Überschrift «Über eine der katastrophalen Folgen unseres Energiekonsums» den in Abschnitt 1 kursiv gedruckten irreführenden Text zu lesen (Lesezeit 2 Minuten). Anschliessend wurde ein Frageblatt verteilt, auf dem folgende Punkte zu beantworten waren (die ersten beiden in total 2 Minuten, der dritte in 4 Minuten):

1. Ich halte die beschriebene Gefahr für real gegeben.

JA |-----| NEIN

2. Können Sie für Ihre Auffassung eine Begründung geben? (Bitte nur stichwortartig)

Hier wurde ausgewertet, ob der Treibhauseffekt und/oder der Temperaturanstieg auf der Erde spontan als Gegenargument angeführt wurde oder nicht.

3. Was wissen Sie über den sogenannten Treibhauseffekt?

Diese Frage wurde nur mündlich gestellt, und zwar nachdem das Antwortblatt gewendet worden war. Die Antwort war auf der Rückseite des Blattes zu notieren.

Hier wurden primär Richtigkeit und «Tiefe» des berichteten Begründungszusammenhangs ausgewertet, und zwar anhand folgender inhaltsanalytischer Taxonomie¹:

Stufe 0: Antwort «weiss nicht», o.ä., oder fehlende Antwort

Stufe 1: Es wird lediglich erwähnt, dass es auf der Erde wärmer werde, ohne sachgerechte Begründung (evtl. mit falschen oder irrelevanten Erläuterungen)

Stufe 2: Die Erwärmung wird richtig damit in Zusammenhang gebracht, dass die Abstrahlung oder allgemein der Abtransport der Wärme behindert sei.

Stufe 3: Diese Behinderung wird richtig mit einer gegenüber der Einstrahlung veränderten Qualität der Rückstrahlung (Wellenlänge, Frequenz, Energie, Infrarot) in Zusammenhang gebracht².

2.3 Ergebnisse

- a) Bejahende und verneinende Meinungsurteile auf **Frage 1** halten sich die Waage. Der Median fällt genau in die Mitte zwischen JA-Pol und NEIN-Pol der Antwortskala.
- b) Auf **Frage 2** wird von 50% der Probanden der Treibhauseffekt und/oder das «Wärmerwerden auf der Erde» spontan als Gegenargument vorgebracht.
- c) Bei **Frage 3** erreichen 95,5% der Probanden mindestens Taxonomiestufe 1, d.h. sie können auf das explizite Stichwort hin angeben, dass der Treibhauseffekt eine Erwärmung der Erde meint. 40,9% erreichen mindestens Stufe 2, und 13,6% erreichen Stufe 3.

¹ Gestützt auf gute Validierungserfolge empfiehlt auch Staub (1991) die Verwendung von sachspezifischen Verständnistaxonomien bei der Diagnose von Verstehen aus Texten.

² Eine richtige Antwort auf Stufe 3 setzt ein Wissen voraus, wie es z. B. in Meyers Kleinem Lexikon Ökologie zu finden ist: «Glashauseffekt (Syn.: Treibhauseffekt): Bez. für den Einfluss der Erdatmosphäre auf den Strahlungs- und Wärmehaushalt der Erde, der der Wirkung eines Gewächshausglasdaches ähnelt. Das sichtbare Sonnenlicht durchdringt die Atmosphäre fast ungehindert und wird erst auf der Erdoberfläche absorbiert, wobei die Lichtenergie überwiegend in Wärmeenergie übergeht. Die längerwellige abgegebene Wärmestrahlung kann jedoch nicht mehr vollständig ins Weltall abgestrahlt werden, weil sie in der Atmosphäre v.a. durch Wasserdampf und Kohlendioxid absorbiert wird.

Die Erscheinung wird im Zusammenhang mit dem in der Atmosphäre durch Verbrennung fossiler Brennstoffe ansteigenden Kohlendioxidgehalt diskutiert, weil darin die Gefahr eines globalen Temperaturanstiegs mit teilweisem Abschmelzen der Eiskappen an den Polen und weiterer Ausdehnung der Wüstenregionen gesehen wird.» (S. 111).

- d) 45,5% der Probanden entwickeln bei **Frage 3** ein und denselben falschen Begründungszusammenhang: Sie machen das Ozonloch für die Erwärmung der Erde verantwortlich.
- e) Wer bei **Frage 2** den Treibhauseffekt und/oder einen Temperaturanstieg erwähnt, hat bei **Frage 1** eher auf der NEIN-Seite geurteilt (Median-Test, $p < .025$).
- f) Die bei **Frage 3** erreichte Stufenhöhe des Verstehens korreliert positiv mit der Entschiedenheit des NEIN-URTEILS bei **Frage 1** (U-Test, $p < .001$).

2.4 Interpretation

Wir finden in dieser Stichprobe (immerhin aus einer Elite!) zunächst auf verschiedene Weise bestätigt, dass Meinungen und Wissen zum Treibhauseffekt kognitiv mangelhaft verarbeitet sind. Zwar konnten auf das explizite Stichwort «Treibhauseffekt» hin praktisch alle mindestens angeben, dass es dabei um einen Temperaturanstieg auf der Erde gehe, aber nur 50% der Probanden erwähnten zuvor bei der Auseinandersetzung mit der konträren Behauptung dieses Wissen spontan (Befund b) – wozu dieses offenbar so sicher sein musste, dass es auch für ein «Nein» zur konträren Behauptung reichte – oder musste umgekehrt dieses «Nein» durch die Wissensreproduktion rationalisiert werden (Befund e)? Auch die explizite Befragung förderte kein tiefgehendes Zusammenhangswissen zutage, erwähnten doch nur 3 von 22 Probanden eine qualitative Umwandlung der Strahlung bei der «Reflexion» an der Erdoberfläche, eine Voraussetzung zum völligen sachgerechten Verständnis. Der relativ geringen Spontanpräsenz und/oder Sicherheit des Faktenwissens und der geringen Tiefe des reproduzierten Zusammenhangswissens entsprachen die übers Ganze gesehen bemerkenswert unentschiedenen Meinungen zur Gegen-Behauptung (Befund a). Schliesslich belegt Befund f, dass man umso entschiedener zur Meinung steht, dass es auf der Erde wärmer werde, je besser man (sich) die betreffenden Sachzusammenhänge erklären kann.

Der interessanteste Befund ist aber wohl der hohe Prozentsatz von Fehlerklärungen des Wärmerwerdens als einer Auswirkung des Ozonloches (Befund d).

Das Wärmerwerden als Auswirkung des Ozonloches zu erklären, erscheint als (Pseudo-) Lösung des experimentell induzierten kognitiven Konfliktes (Wie kann es auf der Erde wärmer werden, wo doch eine immer dichtere Atmosphäre für die Sonnenstrahlung immer undurchdringlicher sein müsste?). Ein Loch in der überall sonst «dichter» werdenden Atmosphäre «löst» das Problem wenigstens schlecht und recht. Demnach würde es sich hier nicht um eine bloss sinnlose Verwechslung von Treibhausproblem und Ozonlochproblem handeln, sondern um eine aktive Integration unter Bedingungen eines kognitiven Konfliktes. Ob dieser interessante systematische Fehler in den studentischen Erklärungen wirklich durch den irreführenden Einleitungstext verursacht ist, musste in einer Replikation mit Kontrollbedingung abgeklärt werden.

3. Das Hauptexperiment

3.1 Stichprobe

Die Stichprobe umfasst alle Teilnehmerinnen und Teilnehmer von sechs Lehrveranstaltungen des Sekundarlehrantes und des Höheren Lehramtes der Universität Bern³. Es sind fast ausschliesslich Angehörige der phil. hist. oder der phil. nat. Fakultät, mit einem leichten Übergewicht der letzteren (56%). Das Geschlechterverhältnis ist ungefähr ausgeglichen (N = 61).

Dazu kommen die Teilnehmerinnen und Teilnehmer einer Lehrveranstaltung der HPL Zofingen (N = 14)⁴.

3.2 Vorgehen

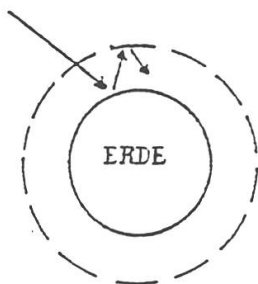
Ungefähr die Hälfte der Berner Stichprobe (N = 30) und die ganze Zofinger Stichprobe wiederholten im wesentlichen das Erkundungsexperiment, mit einer leichten Veränderung in der Formulierung von Frage 1 und einer zusätzlichen Frage 4. Frage 1 lautete jetzt etwas präziser so:

Bitte markieren Sie auf der Skala zwischen entschiedener Zustimmung und entschiedener Ablehnung Ihre eigene Meinung: Sind Sie der Meinung, dass es auf der Erde kälter werden wird, wenn wir so weitermachen?

JA |-----| NEIN

Im Anschluss an die Beantwortung der Frage 3 wurde ein zweites Blatt mit folgendem Text und der zusätzlichen Frage 4 verteilt:

So erklären uns die Medien den «Treibhaus-Effekt»:



Das Kohlendioxid in der Atmosphäre wirkt wie eine Falle für die Wärmestrahlen. Die Strahlen können zwar immer noch herein, aber die Rückstrahlung von der Erdoberfläche aus, die früher durch die Atmosphäre hindurch wieder hinaus gelangte, kann jetzt wegen des Kohlendioxides nicht mehr hinaus und wärmt schliesslich die ganze Atmosphäre auf.

Frage: Können Sie sich erklären, warum das Kohlendioxid die Strahlung auf dem Hereinweg durchlässt, aber auf dem Hinausweg nicht?

³ Der Verfasser dankt den Herren Röthlisberger, Korn und Baer, die die Durchführung des Experimentes in ihren Lehrveranstaltungen gestattet haben.

⁴ Der Verfasser dankt Herrn Staub, der die Befragung unter der Experimentalbedingung in seiner Lehrveranstaltung durchgeführt hat.

Die andere Hälfte der Berner Stichprobe bildete eine **Kontrollgruppe** (N = 31), die zuerst folgenden nicht-irreführenden Text zu lesen erhielt:

Über eine der katastrophalen Folgen unseres Energiekonsums

Bekanntlich verbrennen immer mehr Menschen immer mehr fossile Brennstoffe in industriellen Anlagen, in Heizungen und in hunderten von Millionen von Fahrzeugen, Flugzeugen und Schiffen. Wir blasen damit immer mehr Kohlendioxid in die Luft. Die Lufthülle unserer Erde ist aber nicht unbegrenzt, und so steigt ihr CO₂-Gehalt laufend und immer schneller an – seit Beginn der Industrialisierung bereits um 25 Prozent. Das ist eine der Hauptursachen für den sogenannten Treibhaus-Effekt, das heisst für die schleichende Erwärmung der Erdoberfläche mit klimatischen Folgen, die wir noch kaum alle voraussehen können. Vielleicht ist bereits die ungewöhnliche Häufung schneearmer Winter auf diese Erwärmung zurückzuführen. Entsprechende Berichte und Debatten finden wir immer wieder in den Medien. Allerdings sind die Informationen oft unvollständig und schwer verständlich, und entsprechend ist es gerade in diesem Bereich nicht leicht, sich ein Urteil zu bilden. Gerade diese Urteilsbildung, die subjektive Verarbeitung und Integration all der vielen Teilinformationen zum Thema «Treibhaus-Effekt» ist der Gegenstand der vorliegenden kleinen Umfrage, die in einigen Studentengruppen durchgeführt wird. Wir danken Ihnen für Ihr Mitmachen.

Entsprechend war Frage 1 für die Kontrollgruppe umgepolt:

Bitte markieren Sie auf der Skala zwischen entschiedener Zustimmung und entschiedener Ablehnung Ihre eigene Meinung: Sind Sie der Meinung, dass es auf der Erde wärmer werden wird, wenn wir so weitermachen?

JA |-----|-----|-----|-----|-----| NEIN

Die weiteren Fragen und Schritte waren identisch mit denjenigen bei der Experimentalgruppe.

Die Aufteilung der Probanden auf Experimental- und Kontrollgruppe wurde mit dem Verteilen des Antwortblattes vorgenommen. Die reihum verteilten Blätter waren so gemischt, dass Sitznachbarn jeweils nicht derselben Bedingung zugewiesen wurden. Das Verhältnis der Studienrichtungen ergab sich dabei in Experimental- und Kontrollgruppe praktisch gleich. Das Geschlechterverhältnis fiel in der Experimentalgruppe leicht zugunsten der Frauen, in der Kontrollgruppe mit 19:12 deutlicher zugunsten der Männer aus. Da aber weder Fachrichtung noch Geschlecht bei Konstanzhaltung je aller anderen Bedingungen eine Auswirkung auf die Antworten zeigten, werden beide Variablen in der Folge nicht mehr erwähnt.

3.3 Ergebnisse und Interpretation

In der *Experimentalgruppe* konnten die im Erkundungsexperiment gefundenen systematischen Fehler in den studentischen Erklärungen repliziert werden: 27,9% der Probanden führten das Wärmerwerden der Erde wiederum auf das Ozonloch zurück! Ein Unterschied zeigte sich hingegen darin, dass die Meinungsurteile bezüglich der vorgelegten falschen Behauptung signifikant stärker (U-Test; $p = .027$) zum NEIN-Pol tendierten (Median = -2 auf der von -3 bis +3 reichenden Skala).

Ob diese Verschiebung ein Stichprobeneffekt ist oder auf die leicht veränderte Formulierung der Frage 1 zurückgeht, lässt sich aufgrund der Daten nicht schlüssig entscheiden. Ein empirisches und ein theoretisches Argument machen aber die zweite Erklärung wahrscheinlicher: Die Verschiebung ist gleichermassen in der Berner wie in der Zofinger Stichprobe festzustellen, und es liegt in der Tat nahe, dass die neuformulierte Frage 1 das (beim expliziten Abruf des Treibhaus-Effekt-Wissens in Frage 3 auch hier bei 95,3% vorhandene) konfligierende Wissen um das Wärmerwerden stärker aktiviert. Diesmal führen denn auch bereits bei Frage 2, also vor der Befragung zum expliziten Stichwort «Treibhauseffekt», 76,7% der Probanden ein entsprechendes Wissen an (vgl. Befund b), aber anders als im Erkundungsexperiment geht diese relativ spontane Präsentation von Gegen-Wissen in Frage 2 nicht eindeutig mit einer stärkeren Verneinung der falschen Behauptung in Frage 1 einher (vgl. Befund e). Die Korrelation der in Frage 3 erreichten Taxonomiestufe mit der Nein-Ausprägung in Frage 1 konnte hingegen repliziert werden (U-Test, $p = .0028$): Wie im Erkundungsexperiment (vgl. Befund f) können also die entschiedenen Nein-Sager von Frage 1 später auch bei expliziter Befragung zum Stichwort «Treibhauseffekt» mehr begründende richtige Sachzusammenhänge berichten.

Auch punkto Qualität der Treibhauseffekt-Erklärung sind die Antworten auf Frage 3 mit denjenigen des Erkundungsexperimentes (vgl. Befund c) vergleichbar. 7% der Antworten entfallen auf die unterste Stufe, 25,6% erreichen Stufe 1, 53,5% Stufe 2 und 14% Stufe 3.

27,9% der Probanden beantworteten schliesslich Frage 4 richtig (und zusätzliche 11,6% schlugen die richtige Lösung wenigstens als Denkmöglichkeit vor, relativierten sie aber durch «vielleicht» und andere Zeichen der Unsicherheit). Mit der erneuten, experimentellen Zuspitzung des kognitiven Konfliktes auf Stufe 2 der Erklärungstaxonomie sollte das Wissen um die Treibhauseffekt-Zusammenhänge noch einen Schritt tiefer sondiert und im Sinne eines Verstehenstests auf die Probe gestellt werden. Die Frage 4 prüft insofern verstandenes oder «einsichtiges» und nicht bloss assoziativ gespeichertes Wissen, als zu ihrer Beantwortung das Faktum der Wellenlängenänderung in seiner Relevanz bzw. seinem «Funktionalwert» (Wertheimer, 1964; Duncker, 1966) für den Treibhauseffekt «gesehen» werden muss. Entgegen der Erwartung zeigte sich kein deutlicher Zusammenhang zwischen sicherer Beantwortung dieser Frage 4 und entschiedener Verneinung der falschen Behauptung in Frage 1 (U-Test, nur schwache Tendenz mit $p = .12$). Gelangten vielleicht auch einige der als «sicher» klassierten Beantworter erst beim Beantworten selber, im Sinne einer Ad-hoc-Problemlösung zur erwähnten Einsicht, wie die 11,6% «Vielleicht»-

Problemlöser? Ein Blick auf die Kovariation der Antworten stützt diesen Verdacht: Wer nämlich schon bei Frage 3, also vor der Zuspitzung des Problems, die Wellenlängenänderung anführt (das heisst als erklärungsrelevant erkennt?) hat bei Frage 1 die falsche Behauptung entschieden zurückgewiesen (U-Test, $p = .006$). Allerdings zeigt sich auch, dass die falsche Behauptung auch ohne die beschriebene Einsicht oft relativ deutlich verneint wird. Vielen genügt offenbar ein Wissen respektive eine Begründung des Wärmerwerdens auf Stufe 2, nämlich durch die blosse, nicht weiter auf Eigenschaften der beteiligten Faktoren (CO_2 , eintretende Strahlung, austretende Strahlung) bezogene Analogie zum «Treibhaus».

Die **Kontrollgruppe** stimmte der Behauptung, dass es auf der Erde wärmer werde, überwiegend und deutlich zu (der Median liegt bei + 2, wo + 3 diesmal entschiedenste Zustimmung bedeuten würde). Auch hier führten 9,7% der Probanden bereits bei Frage 3 den Faktor Wellenlänge an. Bei Frage 4 nahmen 32,3% eindeutig auf die Wellenlänge Bezug, und weitere 19,4% äusserten eine entsprechende Vermutung. (Diese Prozentanteile unterscheiden sich von denjenigen in den anderen Gruppen nicht bedeutsam, sodass sie alle zu entsprechenden Gesamtaussagen kombiniert werden können: 12,4% aller Probanden ($N = 96$) nahmen bei Frage 3 auf den Faktor Wellenlänge Bezug; bei Frage 4 taten dies 29,2% eindeutig und weitere 19,6% in Form einer Vermutung ($N = 74$.) Es ergaben sich hier keine deutlichen Korrelationen zwischen Meinungsurteil einerseits und Begründungs- und Wissensantworten anderseits.

Vor allem aber sollte ja die Kontrollbedingung darüber Aufklärung bringen, wieviele Probanden auch ohne irreführenden Text die charakteristische Pseudoerklärung vorbringen (vgl. Abschnitt 2.4): Es waren nur drei von 31, also 9,7%. Der Unterschied zum Prozentsatz dieser Pseudoerklärungen unter Experimentalbedingungen fällt innerhalb des Kernexperimentes (Berner und Zofinger Stichprobe mit zusammen 43 Probanden in der Experimental- und 31 Probanden in der Kontrollgruppe) zu wenig deutlich aus; es ergibt sich nur eine Tendenz in der vermuteten Richtung (Chi^2 -Test, $p < .10$) Erweitert man allerdings die Experimentalgruppe um die Basler Stichprobe, die ja mit demselben irreführenden Text konfrontiert war (und deren Ergebnisse sich von denjenigen der Berner und Zofinger Experimentalgruppen nicht signifikant unterscheiden), so erreicht der Experimentaleffekt Signifikanz (Chi^2 -Test, $p < .025$). Damit ist nachgewiesen, dass das irreführende Denkschema («Je dichter die Luft, desto undurchdringlicher wird sie für die Sonneneinstrahlung») die Entstehung der Pseudoerklärung («Dass es auf der Erde wärmer wird, ist auf das Ozonloch zurückzuführen») begünstigt. Die Vermutung liegt nahe, dass es sich hierbei um einen «intelligenten Fehler» handelt, nämlich um die (Pseudo-) Lösung eines kognitiven Konfliktes: Dass es trotz dichter und daher für die Sonneneinstrahlung undurchdringlicheren Lufthülle auf der Erde wärmer wird, kann man sich mangels adäquaten Wissens nur noch durch ein «Einlass-Loch» erklären.

4. Zusammenfassung und Folgerungen

Die Ergebnisse der beiden Experimente seien in vier Punkten zusammengefasst:

1. Die Information, dass es auf der Erde infolge der Veränderung der Atmosphäre wärmer werde, ist zwar verbreitet: Sie wurde auf entsprechende Abrufreize hin von 95,3 % der unter der Experimentalbedingung befragten Lehrstudenten und -studentinnen reproduziert, und die Meinungsurteile wiesen im Hauptexperiment in dieselbe Richtung. Diese Information und die entsprechende Meinung ist jedoch nicht sehr stabil. Wenn nämlich der Abrufhinweis der Temperaturveränderung im zu beurteilenden Statement fehlte (vgl. Erkundungsexperiment), fielen die Meinungsurteile im Mittel unentschieden aus (von 50 % der Probanden wurde sogar bejaht, dass es kälter werde) und sank die Reproduktionshäufigkeit der Information, dass es wärmer werde, drastisch ab.

2. Die Medien- und Schulinformationen zum Treibhauseffekt sind kognitiv nicht tief verarbeitet, d.h. viele können sich und anderen das Wärmerwerden nicht befriedigend erklären. Nur 51 % aller Probanden wussten, dass die Wärmeabstrahlung der Erde vom Kohlendioxid in der Atmosphäre behindert wird, und nur 29,2 % der genauer dazu Befragten brachten dies eindeutig mit der Wellenlänge in Verbindung.

3. Nach der Lektüre der falschen «Kältetheorie» (siehe kursiv gedruckten Einschub in Abschnitt 1) produzierten 34 % der Probanden (N = 66; Erkundungs- und Hauptexperiment zusammengefasst) ein und dieselbe falsche Erklärung des Wärmerwerdens, nämlich, dass dieses durch das Ozonloch verursacht werde. Der Einfluss der vorgegebenen Argumentation wurde experimentell nachgewiesen. Aber auch ohne den irreführenden Text trat in 10 % der Fälle dieselbe Pseudoerklärung auf. Diese Kombination von Treibhauseffekt und Ozonloch-Problem ist offensichtlich keine bloss assoziative Verwechslung bzw. Vermischung, sondern ein systematischer Denkfehler, ein Symptom für ein ganz bestimmtes, verbreitetes Verständnisdefizit.

4. Die Entschiedenheit der Meinungsurteile hängt mit der Tiefe des Wissens und Verstehens zusammen. Zwar ging bereits ein Verständnis auf der Ebene einer blossen, nicht weiter begründeten Analogie zum Treibhaus oft mit einem relativ entschiedenen Meinungsurteil einher, dass es auf der Erde zur Wärmekatastrophe kommen werde, wenn unser Energiekonsum weitergehe wie bisher. Aber die entschiedensten Stellungnahmen stammten von denjenigen Probanden, die das «Gefangensetzen» der Strahlung durch deren Wellenlängenwechsel erklären konnten.

Aus diesen Ergebnissen lassen sich bereichsspezifische Folgerungen sowohl für die Bildungsforschung als auch für die Bildungspraxis ziehen. Zum einen legen sie einen kritischen Blick auf die Erhebungsinstrumente für die kognitive Komponente von «Umweltbewusstsein» nahe. Wenn empirische Erhebungen häufig feststellen, dass der Wissensstand über Umweltprobleme nicht mit

umweltfreundlichem Handeln korreliere (vgl. z.B. Grob, 1991), so wäre zu prüfen, ob das Umweltwissen bloss auf der Ebene additiven Faktenwissens oder auch auf der Ebene des Verstehens von Zusammenhängen (vgl. Bloom, 1972; Aeschbacher, 1989) erfasst wurde, bevor aus dieser Befundlage ein Pessimismus bezüglich der Rolle der Kognition und entsprechende Empfehlungen für die Umweltpädagogik abgeleitet werden. Aus kognitionstheoretischer Sicht ist für die Beziehung zwischen Wissen und Handeln die Qualität des Wissens, die Tiefe des Verständnisses, wichtig und eine diesbezügliche Sensitivität der Wissenserhebung also kritisch. In der vorliegenden Untersuchung als einer quasi lokalen «Tiefenbohrung» hat sich jedenfalls die bei offenen Fragen erreichte Antwort-Begründungstiefe (deren Messung eine inhaltsanalytische Verständnistaxonomie voraussetzte) mehrfach als kognitiver Prädiktor von Urteilsverhalten erwiesen.

Zum anderen ergeben sich Hinweise für die Vermittlung von Wissen zum Treibhauseffekt. Es ist ein Grundpostulat der auf Piaget gestützten kognitiven Didaktik, dass die Vermittlung neuen begrifflichen Wissens explizit an die jeweils naheliegenden, einfacheren Vorbegriffe anknüpfen und diese so weit differenzieren oder «akkommodieren» soll, dass sie die neue Information integrieren oder «assimilieren» können (Aebli, 1983; Joerger, 1980). Unterbleibt diese Vermittlung zum Vorwissen, so bleiben die Vorbegriffe uneingeschränkt und undifferenziert als Deutungsmuster verfügbar, was in bestimmten Situationen zu vorhersagbaren Fehlinterpretationen führen kann. Székely (1976) hat das am Beispiel typischer Fehlinterpretationen von Auftriebsphänomen empirisch demonstriert. Es liegt nahe, die fälschliche Verknüpfung von Treibhauseffekt und Ozonloch ähnlich zu deuten. Dass die Vorgabe des einfachen Denkschemas «Dichtere Atmosphäre wird für Sonnenstrahlen undurchdringlicher» viele Leser zur Ad-hoc-Elaboration dieser Pseudo-Erklärung veranlasst, hat das Experiment erwiesen. Damit wäre gemäss obiger Deutung ein dominanter Vorbegriff identifiziert, dessen Nichtbeachtung und Nichtdifferenzierung anlässlich der in Schule und Medien gebotenen Treibhauseffekt-Belehrungen einen impliziten kognitiven Konflikt und ein entsprechendes Verständnisdefizit hinterlässt. Dass dieselbe Fehlleistung auch von 10% der Kontroll-Probanden spontan produziert wurde, lässt vermuten, dass das fragliche naive Denkschema in der Tat naheliegt und bereits vor seiner experimentellen Aktivierung für spontane kognitive Konflikte und manchmal sogar für entsprechende (Fehl-) Elaborationen gesorgt hat. Es wäre schön, wenn die dargelegten Befunde und Analysen zur Verbesserung des Unterrichts in Sachen «Treibhauseffekt» im Sinne der kognitiven Didaktik beitragen könnten.

Literatur

- Aebli, H. (1983) Zwölf Grundformen des Lehrens. Stuttgart: Klett-Cotta.
Aeschbacher, U. (1989) Unterrichtsziel: Verstehen. Stuttgart: Klett.
Bloom, B.S. (Hg.) (1972) Taxonomie von Lernzielen im kognitiven Bereich. Weinheim: Beltz.
Duncker, K. (1966/1935) Zur Psychologie des produktiven Denkens. Berlin: Springer.

- Grob, A. (1991) Meinungen im Umweltbereich und umweltgerechtes Verhalten. Dissertation, Bern (erscheint demnächst bei Francke).
- Joerger, K. (1980) Lernanreize. Königstein: Scriptor.
- Kahlert, J. (1991) Die missverstandene Krise. Theoriedefizite in der umweltpädagogischen Kommunikation. In: Zeitschrift für Pädagogik 37, 1, S. 97–122.
- Piaget, J. (1947) Psychologie der Intelligenz. Zürich: Rascher.
- Meyers Kleines Lexikon Ökologie (1987) Mannheim: Bibliographisches Institut & Brockhaus.
- Staub, F. (1991) Transformations in Recall as Indicators of Mental Models: Measuring Comprehension of Complex Mathematical Word Problems. (Paper presented to American Ed. Res. Ass., Chicago).
- Székel, L. (1976) Denkverlauf, Einsamkeit und Angst. Bern: Huber.
- Wertheimer, M. (1964) Produktives Denken. Frankfurt: Kramer.

Opinions, connaissances relatives à «l'effet de serre» et compréhension de ce phénomène chez des candidats(tes) enseignants(tes)

Résumé

96 étudiantes et étudiants ont été interrogés sur leurs opinions et connaissances relatives à «l'effet de serre» et leur compréhension de ce phénomène. A une partie d'entre eux on avait présenté préalablement une théorie fausse sur le refroidissement (!) de l'atmosphère dû au taux croissant de CO₂. A cette épreuve les opinions exprimées en réponse à la question «Va-t-on vers un refroidissement de la terre?» se révélèrent mal fondées et peu stables, le degré d'adhésion à cette affirmation étant corrélé négativement avec le niveau de compréhension. De plus, l'exposé de la théorie fausse provoqua une erreur systématique dans un tiers des réponses, où l'effet de serre était mis en rapport étroit avec le trou d'ozone, bien que ce dernier n'eût pas été mentionné auparavant. Ceci indique un manque de compréhension du phénomène, qui se manifeste également dans les réponses à la question «Pourquoi le rayonnement thermique est-il retenu par l'atmosphère seulement au retour vers l'espace?»: moins d'un tiers des réponses faisaient allusion au changement de longueur d'onde lors de la réflexion par la surface terrestre. Dans le cadre d'une interprétation cognitiviste des résultats, l'auteur présente leurs implications pour l'évaluation des connaissances et pour la didactique dans le domaine de l'environnement.

Opinions, knowledge and understanding of teacher trainees concerning the «greenhouse effect»

Summary

In relation with the so-called «greenhouse-effect», opinions, knowledge and understanding were obtained from 96 students partly by asking normal questions, partly by confronting them deliberately with an incorrectly derived theory (whereby the earth's atmosphere will become colder due to the increasing concentration of carbone dioxide). Opinions and knowledge of the persons tested proved to be badly founded and unstable. Agreement with the opinion item «Will it become colder on the earth?» was negatively correlated with the general level of understanding. In addition, advancing the incorrect theory induced a systematic error in the reproduction of knowledge of the «greenhouse-effect»: Approximately one-third of the persons questioned attributed this effect to the hole in the ozone layer, although the latter had not been mentionned earlier. A deficiency in understanding is confirmed by direct questioning: Less than one-third of the persons related the fact that radiation is only kept back on its «return» through the carbon dioxide enriched atmosphere, to the change in wavelength compared to the input radiation. Based on a cognitive interpretation of the results, methodological questions of diagnosing subjective ecological knowledge are discussed, and implications are drawn for the acquisition and instruction of such knowledge.