

Treibhauseffekt und Ozonloch – ein großes Durcheinander

Ilka Parchmann

Erklärungen von Schülerinnen und Schülern, Studentinnen und Studenten und Folgerungen für eine Bearbeitung dieser Themen im Unterricht

Einleitung

Treibhauseffekt und Ozonloch, Sommersmog und Saurer Regen sind Probleme der sogenannten Globalen Herausforderung, die seit einigen Jahren Wissenschaftler, Politiker sowie große Teile der Bevölkerung und damit auch die Medien stark beschäftigen. Im Schulunterricht, insbesondere in den Naturwissenschaften werden diese Themen dagegen bisher nur wenig berücksichtigt. Ein Blick in die Alltagsrealität zeigt, daß insbesondere das Thema Treibhauseffekt in der Schule – wenn überhaupt – nur kurz und knapp behandelt wird. In der Regel findet nur eine theoretische Erarbeitung statt, die oftmals auf die Fächer Geographie oder Biologie beschränkt ist, ohne daß hier näher auf die physikalisch-chemischen Vorgänge in der Atmosphäre eingegangen wird. Etwas anders sieht es in Bezug auf das "Ozonloch" aus. Dieses Problem paßt im Bereich der organischen Chemie bei der Behandlung der halogenierten Kohlenwasserstoffe eher in den Rahmen des herkömmlichen Chemielehrplans, wobei auch hier nach Aussagen von Lehrkräften und Schülern selten eine ausführliche oder gar experimentelle Erarbeitung stattfindet.

Eine Ursache für die eher dürftige Behandlung dieser Themen mag die zeitliche Verzögerung im Hinblick auf Veränderungen von Schulbüchern und Rahmenrichtlinien sein. Zum anderen dürften aber auch die neuartigen Anforderungen an Lehrkräfte eine Rolle spielen. Sie sind nunmehr gefordert, fachübergreifende, komplexe Thematiken in verständlicher Form zu vermitteln. Dafür ist es neben der fachlichen Kompetenz notwendig, auch bei Schülern ein vernetztes Denken zu schulen, da die sonst üblichen linear-kausalen Zusammenhänge für die Erklärung so komplexer Gebiete wie dem Treibhauseffekt sicherlich nicht ausreichend sind [1].

Auf der anderen Seite finden sich schon in den 80er Jahren Forderungen der Kultusministerkonferenz der Bundesrepublik Deutschland, die die Notwendigkeit der Einbeziehung von Umweltfragen für einen zeitgemäßen Unterricht deutlich machen:

"Für den einzelnen und für die Menschheit insgesamt sind die Beziehungen zur Umwelt zur Existenzfrage geworden. Es gehört daher auch zu den Aufgaben der Schule, bei jungen Menschen Bewußtsein für Umweltfragen zu erzeugen, die Bereitschaft für den verantwortlichen Umgang mit der Umwelt zu fördern und zu einem umweltbewußten Verhalten zu erziehen, das über die Schulzeit hinaus wirksam bleibt" (Kultusministerkonferenz; zitiert in: [2])

Ilka Parchmann, Fachbereich Chemie, Abteilung Didaktik der Chemie, Postfach 2503, D-26111 Oldenburg

Nach SCHARF kann eine Urteils- und Dialogfähigkeit, die zur Vermeidung globaler Umweltgefährdungen notwendig ist, nur auf einer ausreichenden Sachkompetenz beruhen [1]. Schon in der Schule benötigen Schüler gerade für die Fragen, die sich ihnen in ihrem täglichen Leben stellen, eine angemessene Erklärungsgrundlage. Fehlt dieses Sachverständnis, führen schon zu stark vereinfachte oder fehlerhafte Äußerungen in den Medien schnell zu Verwirrungen oder zu Zukunftsängsten. Presseüberschriften und Aussagen wie "Wir stehen vor einem ökologischen Hiroshima" [Spiegel, 7/83] oder "Der Klimatod hat viele Gesichter", dazu ein Bild von einem afrikanischen Jungen mit einer toten, ausgehungerten Ziege [Focus, 10/95, "Der verschenkte Klimagipfel"] oder auch der Vergleich der Nordseeinsel Sylt mit Atlantis [Focus 10/95, s.o.] können sicherlich zur Entwicklung von Zukunftsszenarien führen, aus denen die Zerstörungsängste deutlich hervorgehen. Die unten genannten Äußerungen bestätigen das.

Die oftmals falschen Vorstellungen der Schüler hinsichtlich des Treibhauseffektes werden sicherlich ebenfalls durch fehlerhafte Darstellungen und Äußerungen in den Medien genährt. Die folgenden Zitate sind exemplarisch für Aussagen, die dazu führen können, daß Schüler Erklärungsmuster entwickeln, die zwar verständlich, aber sachlich falsch sind (s.u.).

Radioreporter, NDR, 16.03.1995:

Es geht um die Problematik des Treibhauseffektes, also des Ozonlochs, das durch das CO₂ aus den Schornsteinen verursacht wird.

Fernsehmoderatorin, N-TV, 23.08.95:

Das Ozonloch wächst. Inwieweit werden die Folgen der Erwärmung Auswirkungen auf den Menschen haben? [3]

FAZ, 21.2.95:

Sie sollten die im Jahr 1990 festgelegten Obergrenzen für den Kohlendioxid-Ausstoß verringern, um die Zerstörung der Zerstörung der Ozonschicht und damit das Schmelzen der Polkappen aufzuhalten.

Zahlreiche Umfragen und Schüleräußerungen zeigen tatsächlich, daß eine Verständnisgrundlage in den meisten Fällen nicht vorhanden ist. So ergab eine weltweit durchgeführte Studie über wissenschaftliche Kenntnisse der Bevölkerung, daß lediglich 21% aller Befragten wußten, daß "der Treibhauseffekt nicht von einem Loch in der Erdatmosphäre verursacht wird" [4].

Schüleräußerungen zum Treibhauseffekt

Die bereits aus der oben genannten Umfrage ersichtliche Vermischung verschiedener globaler Umweltgefährdungen wie Treibhauseffekt, Ozonloch oder Ozonwarnungen im Sommer zeigt sich auch in Aussagen von Schülerinnen und Schülern. Die folgenden Erklärungen entstammen Untersuchungen, die

stichprobenartig in verschiedenen Alters- und Schulstufen durchgeführt wurden. Die Probanden sollten dabei unter Verwendung vorgegebener Begriffe erklären, was Treibhauseffekt bedeutet. Sie durften zunächst die Begriffe streichen, die sie nicht kannten oder aber die sie nicht in einen sinnvollen Kontext einordnen konnten. So wurden bewußt auch Begriffe wie Ozon, Ozonloch oder UV-Strahlung eingebaut, um festzustellen, ob die Schüler in der Lage waren, zwischen den Phänomenen Treibhauseffekt und Ozonloch zu unterscheiden. Diese "Verwirrung" ist u.E. zulässig und sinnvoll, da auch in den täglichen Medien beide Effekte oftmals in einem Atemzug genannt werden (s.o.). Es ist also von Interesse zu erfahren, ob Schüler aufgrund ihrer Kenntnis in der Lage sind, aus dieser Informationsflut eine korrekte Erklärung für einzelne Teilfragen zu liefern. Dieser Test wurde anlehnend an den von SUMFLETH und TODTENHAUPT vorgeschlagenen Verknüpfungstest entwickelt [5].

Ergebnisse

Die Ergebnisse unserer Befragungen bestätigen eindrucksvoll die bereits an anderer Stelle formulierten Vorstellungen und Alltagserklärungen auch von Schülern und Studenten. Während unter den befragten Chemiestudenten immerhin noch die Hälfte in der Lage war, eine weitestgehend korrekte Erklärung des Treibhauseffektes zu liefern, reduziert sich dieser Anteil bei den Schülern auf nicht mal 20%.

STACHELSCHIED nennt als Ergebnis einer von ihr durchgeführten Befragung von Friseurzubildenden, daß die meistgenannten Assoziationen zum Treibhauseffekt den möglichen oder erwarteten Folgen oder Ursachen des Treibhauseffektes zuzuordnen sind [6]. Dieses Ergebnis konnten wir insbesondere bei den jüngeren Schülern bestätigen.

Deutliche Unsicherheiten treten dagegen hinsichtlich der sachlichen Erklärung der Vorgänge in der Atmosphäre auf, wie die folgenden Aussagen demonstrieren. Hierbei zeigen sich insbesondere Wissenslücken auf dem Gebiet der elektromagnetischen Strahlung. Auch die Wechselwirkungen zwischen Strahlung und Materie, also Absorption, Emission und Reflexion, werden oftmals verwechselt. Die Umwandlung der Lichtstrahlung, die von der Sonne auf die Erde trifft, gefolgt von der anschließenden Emission von Wärmestrahlung von der Erdoberfläche, ist oftmals gar nicht, oder nur unzureichend bekannt.

Wechselwirkungen zwischen Strahlung und Materie

...die UV-Strahlung, die eine Wärmestrahlung ist...
(Chemielaborant in Ausbildung)

Dadurch kann die Sonne mit ihrer Licht- und Wärmestrahlung die UV-Strahlung verstärken.
(Schulabgänger Realschule)

Von der Sonne treffen Lichtstrahlen auf die Erde, wovon sie reflektiert werden in Form von Wärmestrahlen. Die reflektierte Lichtstrahlung (jetzt Wärmestrahlung) wird in der Atmosphäre dann wiederum zur Erde reflektiert.
(Chemielaborant in Ausbildung, 1. Lehrjahr)

Die Sonne bestrahlt die Erde. Diese Lichtstrahlen sind Wärmestrahlen.
(Chemielaborant in Ausbildung, 1. Lehrjahr)

Die Licht- und Wärmestrahlung trifft also stärker auf die Erde, wird von ihr zurückgestrahlt, aber irgendwie gelangen sie nicht vollständig zurück durch die gesamte Atmosphäre...die Luft erwärmt sich.
(Schüler, 13. Klasse Gymnasium)

Die Lichtstrahlen, die von der Erde reflektiert werden, werden abermals von den CO₂-Molekülen reflektiert.
(Chemiestudent, Lehramt Gymnasium, 5. Semester)

Die Lichtstrahlung der Sonne (Wärmestrahlung) gelangt auf die Erdoberfläche und wird dort zum großen Teil reflektiert.
(Chemiestudent, Lehramt Gymnasium, 7. Semester)

Tatsächlich ist die Umwandlung der solaren sichtbaren Strahlung in terrestrische Wärmestrahlung die Voraussetzung dafür, daß es zu einem Treibhauseffekt kommen kann. Die sichtbare Strahlung der Sonne kann die Atmosphäre zunächst größtenteils passieren und wird am Erdboden absorbiert und in Wärme umgewandelt. Die anschließend von der Erde emittierte Wärmestrahlung wird nun aber durch atmosphärische Spurengase absorbiert und auch zurück zur Erde reemittiert. Dies führt zu einer Erwärmung des Erdbodens und der Atmosphäre, einem Effekt, der als Treibhauseffekt bezeichnet wird.

Für die Schüler scheint es jedoch kein Problem zu sein, daß scheinbar die gleiche Wärme(strahlung) ungehindert in die Atmosphäre eindringen, aber nicht wieder entweichen kann.

Weiterhin ist es auffällig, daß der Treibhauseffekt in der Regel als rein anthropogene Erscheinung gesehen wird, die es zu verhindern gilt. Daß der natürliche Treibhauseffekt lebenswichtig ist, haben von über 100 Befragten nur 5 erwähnt.

Der Treibhauseffekt als anthropogene Erscheinung

In dem Treibhauseffekt geht es um die Umwelt und vor allem um die Luftverschmutzung.
(Schulabgänger Realschule)

Der Treibhauseffekt ist keine natürliche Erscheinung.
(Chemiestudent, Lehramt Gymnasium, 6. Semester)

Wäre der Treibhauseffekt zunächst keine natürliche Erscheinung, wie der Chemiestudent behauptet, gäbe es vermutlich gar kein menschliches Leben auf der Erde. Nur durch das natürliche Vorhandensein von Wasserdampf und Spurengasen wie Kohlenstoffdioxid in unserer Atmosphäre liegt die globale Durchschnittstemperatur mit etwa 15°C in einem lebensfreundlichen Bereich. Ohne den natürlichen Treibhauseffekt wäre diese Temperatur ca. 33°C niedriger, sie läge bei -18°C. Bekannt ist in der Regel aber nur die Tatsache, daß der Mensch durch weitere Freisetzungen atmosphärischer Spurengase diesen natürlichen Treibhauseffekt mit nicht genau vorhersagbaren Folgen verstärkt (anthropogener Treibhauseffekt).

Bei einigen Schülern zeigt sich weiterhin deutlich die Idee einer festen, zusammenhängenden Schicht von Schadstoffen in der Atmosphäre, an der die Strahlung oder Wärme in der Vorstellung der Schüler zur Erde "zurückgeworfen" wird. Selbst bei Lehrkräften sind Aussagen wie: "In der Stratosphäre ist eine Ozonschicht, und diese ist 3 mm dick." zu finden [7].

Ozonschicht und "Kohlenstoffdioxidglocke"

Es entsteht CO₂, das eine Art Käseglocke um unsere Atmosphäre herum bildet, durch die die in Wärmestrahlung umgewandelte Lichtstrahlung nicht "hindurch" kann.
(Biologiestudent)

Durch Verbrennung ... bildet sich eine Rußglocke um die Erde herum.
(Biologiestudentin)

Im Treibhaus wird die Schicht aus Ozon durch eine Schicht aus Plexiglas ersetzt.
(Chemielaborant in Ausbildung, 1. Lehrjahr)

Diese Rückstrahlung ist jedoch nicht möglich, wenn sich eine Glocke aus Kohlenstoffdioxid über dem Boden bildet.
(Leistungskursschüler Chemie, 13. Klasse)

Aber nicht alles vom CO₂ wird zum Sauren Regen, der Rest steigt weiter und sammelt sich zu einer riesigen Wolke!
(Schulabgängerin Realschule)



Abb.1: Deckblatt einer Ausstellungsbelegtschrift des Westfälischen Museums für Naturkunde [8]

Diese bildlichen Vorstellungen könnten unter anderem von unglücklichen oder sogar falschen Darstellungen in Büchern und Zeitschriften herrühren. Abbildung 1 zeigt ein solches Beispiel, hier scheint die untere Linie um die Erde die "Kohlenstoffdioxidglocke" und die obere die Ozonschicht (mit einem echten Loch) zu symbolisieren. Ähnliche Abbildungen finden sich auch in Tageszeitungen.

Die obige Abbildung ist noch aus einem weiteren didaktischen Gesichtspunkt unglücklich. Durch die Überschrift "Treibhauseffekt und Ozonloch – Das kann ja heißer werden" wird auch hier nahegelegt, daß beide Phänomene direkt miteinander korrelieren und zu einer Erwärmung führen.

Vermutlich ist es auch eine Folge solcher Darstellungen, daß sich in etwa 30% der Antworten mehr oder weniger starke Verwechslungen der verschiedenen Effekte zeigen. Das Ozonloch wird als Verursacher des Treibhauseffektes genannt, Kohlenstoffdioxid baut Ozon ab, Ozonwarnungen im Sommer werden wegen des Ozonlochs gegeben und anderes mehr.

Natürlich gibt es Verknüpfungen zwischen den genannten Effekten, zunächst beruhen sie aber auf ganz unterschiedlichen physikalisch-chemischen Vorgängen in der Atmosphäre. Der Treibhauseffekt basiert auf einer Umwandlung von sichtbarer Solarstrahlung in Wärme am Erdboden und der Absorption und Emission dieser Wärmestrahlung durch atmosphärische Spurengase. Eine mögliche Folge der Konzentrationserhöhung der absorbierenden Spurengase kann die Veränderung des Erdklimas sein. Die Ozonschicht in der Stratosphäre wird dagegen unter dem Einfluß kurzweiliger UV-Strahlung (<300nm) in einem natürlichen photochemischen Gleichgewicht auf- und abgebaut. Durch die Freisetzung von FCKW erfolgt nun ein verstärkter, katalytischer Ozonabbau, eine Folge ist die vermehrte Einstrahlung eben dieser kurzweiligen, energiereichen Strahlung, die unter anderem Hautkrebs verursachen kann. Das dritte, in den letzten Jahren immer häufiger auftretende Problem ist die verstärkte Bildung des bodennahen Ozons, die besonders im Sommer immer wieder Anlaß zu Ozonwarnungen gibt. Bodennahes Ozon entsteht durch photochemische Reaktionen aus Stickoxiden, organischen Verbindungen und Sauerstoff unter Einwirkung langweiliger UV-A- bzw. violetter Strahlung (<430nm). Die erwähnten Wechselwirkungen zwischen den Effekten entstehen zum Beispiel durch die Treibhauswirkung des bodennahen Ozons. Auch ein durch die verstärkte UV-Strahlung möglicherweise verursachtes Algensterben könnte den Treibhauseffekt verstärken, da diese Algen entscheidenden Einfluß auf den globalen Kohlenstoffdioxidkreislauf haben [9].

In den Aussagen der Schüler ist aber zu erkennen, daß sie die genannten Effekte grundsätzlich verwechseln oder gleichsetzen, anstatt sie zunächst zu differenzieren.

"Ozonloch = Treibhauseffekt"

Der Treibhauseffekt droht uns alle zu zerstören, das Ozon, das die Ozonschicht bildet, wird mit Chlor verbunden und zerstört. Diesen Vorgang nennt man Treibhauseffekt. Die Wärme- und Lichtstrahlungen können durch das Ozonloch besser auf die Erde gelangen, wodurch der Treibhauseffekt gefördert wird.

(Schüler, 11. Klasse)

Die Ozonschicht soll die Lichtstrahlung, die von der Sonne ausgeht, filtern, damit diese Strahlen nicht in ihrer vollen Intensität auf die Erde treffen. Da die Ozonschicht aber inzwischen zu dünn ist, um diesen Anforderungen gerecht zu werden, kommt es zum Treibhauseffekt.

(Leistungskursschüler Chemie, 13. Klasse)

Die Atmosphäre wird durch Kohlenstoffdioxid zerstört, das in der Luft enthalten ist. Es ist das Ozonloch entstanden.

(Leistungskursschüler Chemie, 13. Klasse)

Die Entstehung des Treibhauseffektes ist so zu erklären, daß das FCKW unbeschadet durch die Troposphäre in die Stratosphäre gelangt, dort die Ozonmoleküle angreift und sie zu

dem Endprodukt CO_2 abbaut.

(Chemiestudent, Lehramt Gymnasium, 6. Semester)

Durch die Anhäufung von CO_2 wird in der Atmosphäre die Ozonschicht zerstört. Irgendwie geht CO_2 mit O_3 eine Verbindung ein, so daß ein Ozonloch entsteht. Die von der Sonne ausgehenden UV-Strahlen treffen direkt auf die Erde und erhitzen sie.

(Chemielaborant in Ausbildung, 1. Lehrjahr)

Treibhauseffekt nennt man es, wenn die Sonne langwellige Lichtstrahlung abgibt, diese gelangen durch die Ozonschicht als kurzwellige Strahlen an die Erde. Diese absorbiert diese Strahlen und gibt sie dann wieder ab. Die kurzwelligen Strahlen können die Ozonschicht nicht wieder durchbrechen und stauen sich so in der Atmosphäre, also zwischen Erde und Ozonschicht. Es bildet sich dann irgendwie Ozon.

(Chemielaborant in Ausbildung, 1. Lehrjahr)

Durch das Ozonloch kann aber die UV-Strahlung, die eine Wärmestrahlung ist, die Erde weiter aufheizen.

(Chemielaborant in Ausbildung, 1. Lehrjahr)

Wenn Ozon zerstört wird kommt es zur Erwärmung der Erde, zum Treibhauseffekt.

(Chemielaborant in Ausbildung, 1. Lehrjahr)

Im Sommer werden oft Ozonwarnungen gegeben, da durch die hohe Erwärmung der Sonne und der vielen Autoabgase und auch FCKW, welches in Haarspraydosen ist, die Ozonschicht immer mehr geschädigt wird. Durch die UV-Strahlen wird sich die Atmosphäre der Erde stark verändern, es wird ein Treibhauseffekt entstehen.

(Chemielaborant in Ausbildung, 1. Lehrjahr)

Bei FCKW werden Gase frei, die unsere Ozonschicht kaputt machen. Dieses nennt man auch Treibhauseffekt.

(Schulabgängerin Realschule)

Durch die Zerstörung des Ozons wird die Wärmestrahlung, Lichtstrahlung und die UV-Strahlung größer, dieses verursacht Krebs und viele Menschen sterben. Das nennt man Treibhauseffekt da die Menschen erst etwas verursachen und sich selbst dann zerstören.

(Schulabgänger Realschule)

Es sind Wärmestrahlen, die unsere Luft erwärmen und eine Gefahr für die Menschen bedeuten, da UV-Strahlen Hautkrebs verursachen. Wenn das Ozonloch immer größer wird, wird die Wärmestrahlung immer größer und wärmer.

(Schulabgänger Realschule)

Das Gas (CO_2) steigt in die Luft sammelt sich und wird zum Sauren Regen... Aber nicht alles vom CO_2 wird zum Sauren Regen, der Rest steigt weiter und sammelt sich zu einer riesigen Wolke! Durch die Sonne wird das sogenannte Treibhaus (die Erde) erwärmt und der Ozon, der Schutz der um die Erde vor der Wärme ist, wird zerstört und das Ozonloch wird immer größer. Wenn das Ozonloch immer größer wird, wird die Wärmestrahlung immer größer und wärmer. Die Sonne ist dann heißer und die heißen Strahlen der Sonne nennt man UV-Strahlen!

(Schulabgängerin Realschule)

Den Treibhauseffekt auf der Erde nennt man den Effekt, bei dem die Ozonschicht dünner wird, UV-Strahlen auf die

Meere treffen und nicht wieder reflektiert werden.

(Schüler, 9.Klasse Gymnasium)

Vielleicht ist da doch die Aussage eines Chemiestudenten, der weiß, daß er über keine sichere Erklärungsgrundlage verfügt, ehrlicher: "Ich muß ganz ehrlich sagen, daß ich nur sehr wenig über den Treibhauseffekt weiß."

Eine Folge dieser fehlenden oder falschen Erklärungsgrundlage bei Schülern ist unter anderem das Auftreten von Zukunftsängsten vor der Zerstörung der Lebensgrundlage, deutlich zu erkennen an den folgenden Äußerungen:

Zukunftsangst durch den Treibhauseffekt

Der Treibhauseffekt droht uns alle zu zerstören.

(Schüler, 11. Klasse)

Durch Abgase wird die Atmosphäre erwärmt. Der gefährliche Treibhauseffekt tritt ein.

(Chemielaborant in Ausbildung, 1. Lehrjahr)

Auch durch das vom FCKW verursachte Ozonloch wird die Atmosphäre erwärmt. Es kommt zu gefährlichen Licht- und Wärmestrahlen.

(Chemielaborant in Ausbildung, 1. Lehrjahr)

Durch Abgase, CO_2 und Ozon, wird die Atmosphäre angegriffen.

(Chemielaborant in Ausbildung, 1. Lehrjahr)

Der Treibhauseffekt ist folgendermaßen definiert: die Erde erwärmt sich und diese Erwärmung wird katastrophale Folgen haben.

(Chemielaborant in Ausbildung, 1. Lehrjahr)

Durch das Kohlenstoffdioxid wird die Atmosphäre zerstört.

(Schulabgänger Realschule)

Doch ohne Ozonschicht würde es grausame Folgen haben: Es würde eine Erwärmung der Erde bzw. der Meerestemperaturen geben, die ungefilterte UV-Strahlung würde uns Menschen verbrennen... Am schlimmsten wäre der Treibhauseffekt.

(Schüler, 9.Klasse Gymnasium)

Ein weiteres Problem ist sicherlich die fehlende Argumentations- und Urteilsfähigkeit bezüglich der tatsächlich auftretenden Gefährdungen und der sinnvollen Handlungsmöglichkeiten. Dadurch wird die Einflußmöglichkeit von Personen und Gruppen, die diese Unwissenheit und Unsicherheit mit geschickten Argumenten für ihre Zwecke ausnutzen, immer größer. Der folgende Ausschnitt aus einem Leserbrief zu der "angeblichen" Gefährdung der Ozonschicht durch FCKW macht diese scheinbar sinnvolle Argumentation deutlich, deren Fehlerhaftigkeit nur mit Hilfe ausreichender Sachkompetenz erkannt werden kann:

"Besonders aber wird die Behauptung fragwürdig, wenn man sich vor Augen hält, wo diese Sprayflaschen Anwendung finden. Wohl dort, wo die Bevölkerung wohlhabend genug ist, um sie zu kaufen. Das ist sie in den Industriestaaten Nordamerikas, Europas und des fernen Ostens. ... Sollte das Treibgas tatsächlich die Ozonschicht gefährden, könnte das Ozonloch nur über der Nordhalbkugel liegen, keinesfalls

aber über dem Südpol."

(G. Pölzleitner, Oberöstr. Nachr., 4.8.1990; aus [10])

Dem Autor war offensichtlich nicht bekannt, daß FCKW aufgrund ihrer Reaktionsträgheit sehr wohl auch bis über die Antarktis transportiert werden, wo sie aufgrund der dortigen meteorologischen Bedingungen verstärkt zum Ozonabbau beitragen.

Insbesondere für ethische und ökonomisch-ökologische Entscheidungen, beispielsweise hinsichtlich einer zukünftigen Energiepolitik, ist eine fundierte Kenntnis der Zusammenhänge zwischen atmosphärischen Bestandteilen und dem Klima der Erde unerlässlich.

Folgerungen für den naturwissenschaftlichen Unterricht

Die Komplexität von Thematiken der Globalen Herausforderung stellt Anforderungen an Lehrkräfte und Schüler, die über die Vermittlung und das Erlernen herkömmlicher fachimmanenter Zusammenhänge hinausgehen. In Schulbüchern halten entsprechende Konzepte nur langsam Einzug, in fachdidaktischen Zeitschriften sind dagegen in den letzten Jahren verschiedene Konzepte vorgestellt worden, die Möglichkeiten einer experimentell anschaulichen Erarbeitung von Themen wie Treibhauseffekt oder Ozon aufzeigen [11-18 u.a.]. Wir haben dabei mit unserer experimentellen Erarbeitung des Themas Treibhauseffekt [13, 14] in verschiedenen Jahrgangsstufen positive Erfahrungen gemacht, die Schüler waren interessiert und oftmals selbständig in der Lage, Experimente zu entwickeln und Zusammenhänge zu erkennen. Die Klausurergebnisse ließen ebenfalls auf eine erfolgreiche Vermittlung einer Verständnisgrundlage schließen.

Eine weitere wesentliche Voraussetzung für die Verankerung umweltrelevanter Themen im Chemieunterricht ist die Umgestaltungen von Lehrplänen und Studienordnungen. Der Niedersächsische Kultusminister hat Grundsätze für eine reformpädagogische Neugestaltung des naturwissenschaftlichen Unterrichts erarbeiten lassen, in denen es unter anderem heißt: "Der naturwissenschaftliche Unterricht muß aus diesem Grunde mehr als bisher die Vermittlung fachlicher Grundlagen auf die globalen Probleme beziehen." Weiter heißt es: "Mehr und mehr setzt sich die Einsicht durch, daß die Probleme der Gegenwart nicht durch Fortschritte in den Einzelwissenschaften allein gelöst werden können; vielmehr bedarf es einer Zusammenarbeit der Wissenschaften, welche die Fachgrenzen überwindet." "Angesichts der weltweiten Herausforderungen der Menschheit...muß der naturwissenschaftliche Unterricht die Einsicht wecken, daß der Mensch Teil der Natur und Gegenüber der Natur zugleich ist." [19]. Die Fachkommission Naturwissenschaften hat in den Vorschlägen zur Änderung der Prüfungsverordnung für Lehramtsstudiengänge ebenfalls die Einbeziehung fachübergreifender Aspekte im Studium gefordert, die sich schwerpunktmäßig mit Themen der Globalen Herausforderung beschäftigen [20]. In der Lehramtsausbildung in Oldenburg haben wir bereits Konsequenzen aus den sehr lückenhaften bis falschen Erklärungen der Studenten gezogen und Themen wie Treibhauseffekt und Ozon mit in die Praktika und Seminare aufgenommen. Durch Vermittlung der notwendigen Sachkompetenz als Argumentations- und Hand-

lungsgrundlage kann dann vielleicht das vermieden werden, was BERTRAND RUSSEL in dem folgenden Statement befürchtet:

"Unsere Welt wird weder an Umweltverschmutzung noch an Energiemangel zugrundegehen, sondern daran, daß die Narren so selbstsicher und die Weisen so voller Zweifel sind." (nach [21])

Ich danke Frau Dr. Bettina Kaminski und Frau StD. Claudia Berger für die Möglichkeit der Schülerbefragung und die unterrichtspraktischen Diskussionen sowie Herrn Prof. Dr. Walter Jansen für die permanente Bereitschaft zu konstruktiven Gesprächen.

Literatur

- [1] Scharf, V.: Komplexität-ein neues Paradigma auch für den Chemieunterricht?, in: MNU 45 (1992) 465ff
- [2] Demuth, R.: Chemie und Umweltbelastung, Lehrerband; Diesterweg, Frankfurt a.M. 1993
- [3] W. Jansen: Ozonloch und Treibhauseffekt, in: CHEMKON 2/96 (1996) 61
- [4] Kiernan, V.: Survey plumbs depths of international ignorance, in: New Scientist 1975 (1995) 7
- [5] Sumfleth, E., Todtenhaupt, S.: Redox-Prozesse – zur Entwicklung des Verständnisses von Schülern im Laufe der Schulzeit; in: CHEMKON 3/94 (1994) 126-132
- [6] Stachelscheid, K.: "Umweltwissen" von Schulabgängern, in: PdN-Ch. 4/43 (1994) 34-38
- [7] Kaminski, B.: pers. Mitteilung
- [8] Weyer, M.: Treibhauseffekt und Ozonloch, Westfälisches Museum für Naturkunde, Münster 1989
- [9] Reye, B.: Der Teufelskreis, in: bild der wissenschaft 2/1994 (1994) 66-71
- [10] Haupt, P.: Die Chemie im Spiegel einer regionalen Tageszeitung, Bd. 1, Oldenburg 1993
- [11] Adelhelm M., Höhn, E.: Zur Behandlung des Treibhauseffektes im Chemieunterricht, in: MNU 44/7 (1991) 417ff
- [12] Huhn B.: Experimente zum Treibhauseffekt, in: PdN-Physik 6 (1994) 26ff
- [13] Parchmann, I., Kaminski, B., Jansen, W.: Die Wärmeabsorption von Gasen-Voraussetzung für den "Treibhauseffekt", in: CHEMKON 2 (1995) 17ff
- [14] Parchmann I., Jansen, W.: Der "Treibhauseffekt" als Folge der Wärmeabsorption von Gasen, in: CHEMKON 3 (1996) 6ff
- [15] Kremer, M., Fritz, H.: Die Ozonproblematik im fächerverbindenden Unterricht, Tuttingen 1992
- [16] Tausch M. et al: Ozon – der andere Sauerstoff, in: PdN-Ch 1/42 (1993) 26ff
- [17] Kaminski B.: Ozon durch Elektrolyse von Schwefelsäure, in: CHEMKON 2/96 (1996) 85f
- [18] Blume R. et al: Ozon aus der Elektrolyse von Schwefelsäure, in: PdN-Ch 2/45 (1996) 35 ff
- [19] Niedersächsisches Kultusministerium: Grundsätze für eine reformpädagogische Neugestaltung des naturwissenschaftlichen Unterrichts; in: Schulverwaltungsblatt 10/95 (1995) 294-298
- [20] Fachkommission Naturwissenschaften: Vorschläge zur Änderung der PVO-Lehr 1, redigierte Fassung, 09.05.1996
- [21] Russel, B.: zitiert in CHEMKON 3/96 (1996), im Druck