

Aufgaben nach PISA? – Aufgaben vor PISA!

Von Lutz Stäudel

PISA hat bekanntlich normativen Charakter entwickelt: wir sprechen heute von *scientific literacy*, wenn es um das globale Bildungsziel von naturwissenschaftlichem Unterricht in der Mittelstufe geht, wir unterscheiden Kompetenzen verschiedenster Art, von der Fähigkeit, Evidenzurteile zu fällen, bis hin zur Kommunikation naturwissenschaftlicher Ergebnisse, wir beurteilen Anforderungen nach 4 oder 5 Kompetenzniveaus, und natürlich nehmen wir uns ein Beispiel an den (wenigen bekannten) bei PISA eingesetzten Aufgaben und versuchen, die dort verwendeten Formate nach Möglichkeit selbst im Unterricht zu verwenden. Welcher Art diese Formate sind lässt sich am Beispiel der „Unit Ozon“ [1] schnell erkennen (s. **Kasten**, S. 94).

Es wird also ein Kontext entfaltet, mehr oder weniger detailreich, und anschließend werden dazu Fragen gestellt, die unterschiedliche Schwierigkeitsgrade aufweisen und teilweise sehr unterschiedliche Kompetenzen zur Bearbeitung erfordern. Verständnis rangiert dabei deutlich vor Faktenwissen.

Auch wenn man einräumt, dass Aufgaben heute im Chemieunterricht eine nur periphere Rolle spielen, so darf man dennoch kritisch nachfragen, ob dieses Format wirklich so neu ist, oder ob es nicht schon früher Ansätze in ähnlicher Richtung gab. Der Blick auf einige historische Stationen des letzten Jahrhunderts

bzw. in charakteristische Chemiebücher verschiedener Zeiten kann ansatzweise Aufklärung geben.

Chemie-Aufgaben im 2. Weltkrieg

Ein weit verbreitetes Schulbuch, das im Kriegsjahr 1940 seine dritte Auflage erlebte, war das „Lehrbuch der Chemie“ von Scheid und Flörke [2]. Jedes Kapitel der zweiteiligen Ausgabe schließt mit einer Zusammenstellung von Aufgaben, die ganz offensichtlich zur Überprüfung des Verständnisses des neuen Stoffs gedacht sind. So findet man am Ende eines längeren Abschnitts zur „Chemie der Lösungen“ [S. 79–92], in dem u. a. osmotische Erscheinungen und die Spannungsreihe behandelt werden, die Fragen:

„1. Rote Blutkörperchen platzen in destilliertem Wasser. In physiologischer Kochsalzlösung (0,75%) bleiben sie erhalten. Erklärung? Berechne aus der Konzentration der physiologischen Kochsalzlösung den ungefähren osmotischen Druck der Blutflüssigkeit!“

Die anschließende Aufgabe würde man heute als typisch für das Literacy-Konzept betrachten:

„2. Stelle die Tabellen (**Abb. 1**) grafisch dar und erläutere die erhaltenen Kurven!“

Auch die Modellierungsfähigkeit wird ansatzweise herausgefordert, wenn es heißt:

„10. Ermittle die von einer Taschenlampenbatterie gelieferte elektrische Energie aus der aufgedruckten Brenndauer und Spannung und der auf dem Sockel der Glühbirne angegebenen Stromstärke! Rechne in das Wärmemaß um und vergleiche den Preis der gelieferten Energie mit dem Preis einer gleichen Menge, die aus Kohle erhalten wird!“

Natürlich bleiben auch die Zeitumstände, Krieg und Rohstoffknappheit, nicht ohne Auswirkungen auf den Zugschnitt der Frage-Kontexte; es finden sich Bezüge zu Munition, Gasmasken, Geschossweiten und anderem mehr. Die zahlreichen entsprechenden Aufgaben lauten z. B. so:

„Sammele im täglichen Leben Beobachtungen über die Einsparung devisa-belasteter Metalle durch Austauschwerkstoffe! Was ist über ihre Bewährung bekannt geworden? Kennst du Beispiele von Materialverschwendung?“ [S. 162]

„Berechne nach den Angaben des Abschnitts 160 den Sauerstoff- und Kohlendioxidgehalt der Schutzraumluft nach 2 Stunden, wenn in dem Raum 4 cbm Luft je Person verfügbar sind!“ [S. 198]

„Warum sollen gasförmige Kampfstoffe hohes Molekulargewicht haben? Wie verändert sich das Gewicht der Luft, wenn ihr Gaskampfstoffe in feldmäßiger Konzentration (z. B. Phosgen 50 mg/cbm) beigemischt werden?“ [ebenda]

Die 60er Jahre: Wendung zur Allgemeinen Chemie

Die Chemieschulbücher der Nachkriegszeit waren überwiegend an einem Konzept ausgerichtet, das als „Chemie der Stoffe“ bezeichnet werden könnte. Politisch verfängliche Kontexte wie bei

Osmotischer Druck (p) und absolute Temperatur (T) einer 1%-igen Zuckrlösung					
T	279,8	287,2	288,5	295,0	309,0
p (at)	0,664	0,671	0,684	0,721	0,746
$p : T$	$237 \cdot 10^{-6}$	$234 \cdot 10^{-6}$	$237 \cdot 10^{-6}$	$244 \cdot 10^{-6}$	$241 \cdot 10^{-6}$

Osmotischer Druck (p) und Konzentration (c) von Zuckrlösungen					
c (mol/l)	0,1	0,2	0,3	0,5	0,8
p (at)	2,44	4,80	7,23	12,08	19,07
$p : c$	24,4	24,0	24,1	24,1	23,08

Abb. 1: Tabellen aus einem Schulbuch im Jahr 1944

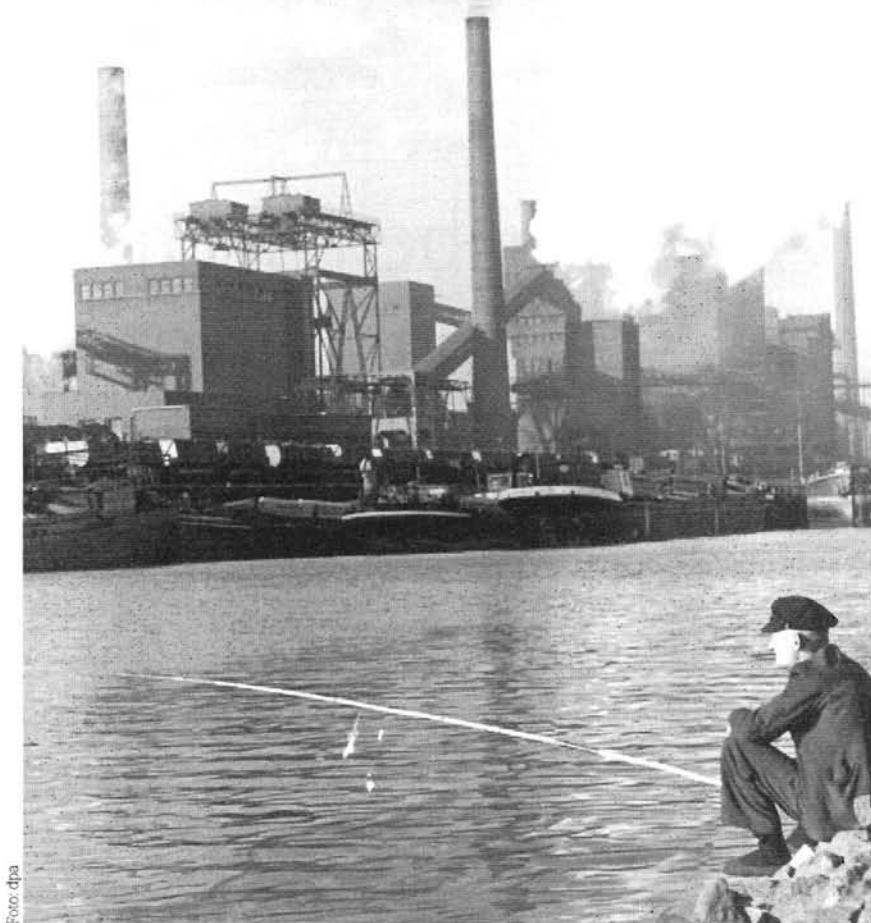


Foto: dpa

Abb. 3: Die Themen Umwelt und Technik hatten in den 70er Jahren als Erarbeitungskontexte große Bedeutung

den Vorläufern aus den Kriegsjahren vermied man peinlichst, Aufgaben spielten in ihrer didaktischen Konzeption eine deutlich geringere Rolle. Erst mit der Wendung zur Allgemeinen Chemie, deren herausragendster Vertreter sicherlich H. R. Christen war, kamen Aufgaben wieder zu Ansehen. Weil die Lehreinheiten überwiegend theoretisch orientiert waren, kam den Aufgaben nicht nur eine Rolle für die Vergewisserung von Verständnis zu, sondern auch der Transfer des vermittelten Wissens in wichtige Anwendungszusammenhänge. Charakteristische Fragen aus dem Christen Klassiker „Chemie“ [3] lauten wie folgt:

„Warum stimmt die Reihenfolge der Elemente im Periodensystem (nach wachsender Atommasse geordnet) nicht

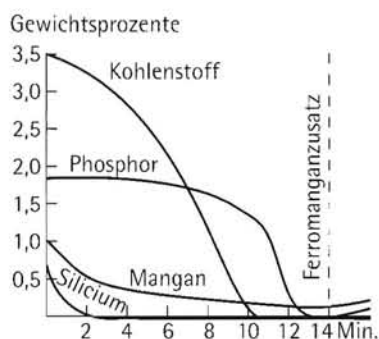


Abb. 2: Verlauf des Thomas-Verfahrens

immer ganz genau mit der Reihenfolge der Ordnungszahlen überein?“ [S. 80, Kapitel Atommoleküle und Periodensystem]

oder: „Mischt man eine CuCl_2 -Lösung mit einer $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ -Lösung, so beobachtet man keine Veränderung. Setzt man aber konzentrierte NaF -Lösung zu, so entsteht schwerlösliches CuCl . Interpretieren Sie diesen Versuch.“ [S. 240, Kapitel Redoxvorgänge]

„Stellen Sie die verschiedenen Möglichkeiten der Korrosion von Aluminium sowie des Korrosionsschutzes dieses Metalls zusammen.“ [S. 240]

und: „Beschreiben Sie die Vorgänge in einer Taschenlampenbatterie.“ [ebenda]

Ganz ähnlich fragte wenige Jahre später K. Häusler in seinen viel benutzten Bänden „Natur und Technik: Chemie“ [4]:

„Welche Veränderungen spielen sich in den Atomhüllen von Natrium und Sauerstoff bei der Verbindung der beiden Elemente ab? Anleitung: Es entsteht eine Ionenverbindung.“ [S. 87]

„Erkläre den zeitlichen Verlauf des THOMAS-Verfahrens mithilfe der Abbildung 67.3!“ [S. 142] (Abb. 2).

Gleichzeitig tauchen vermehrt praktische Laboraufgaben auf, etwa:

„Gib in ein feuchtes RG etwas Eisenpulver, verschließe mit einem gebogenen Röhrchen, das in Wasser taucht. Be-

obachte nach 5, 10 und 30 Minuten?“ [S. 141]

Auch spielen technische Bezüge und erste Umweltfragen als Kontexte für die Erarbeitung wieder verstärkt eine Rolle. Oft allerdings sind die betreffenden Kapitel wie „19. Die Trinkwasserversorgung und Abwasserbeseitigung einer Großstadt, aufgezeigt am Beispiel von München“ [S. 42–44] mit einem Sternchen gekennzeichnet, was bedeutet, dass die betreffenden „Einheiten (...) weggelassen werden können, ohne die Gesamtkonzeption des Buches aufgeben zu müssen“, wenn „Kürzungen geboten erscheinen“. [S. 3]. Aufgaben zu Umweltproblemen sind dementsprechend nur als Ausnahme anzutreffen:

„Überlegen Sie, worauf das gelegentliche Qualmen eines Dieselmotors zurückzuführen ist?“ oder:

„Begründen Sie, warum beim Einbau von Heizöltanks bestimmte Sicherheitsvorschriften beachtet werden müssen!“ [Band 2, S. 41]

Die 70er Jahre – Umwelt und Technik

Bereits in der Legende zu den Markierungssymbolen findet sich in „Umweltchemie“ [5] von E. Greb, A. Kemper und G. Quinzler die „Problem- oder Arbeitsaufgabe“. Modern ist nicht nur das überwiegend Seiten orientierte Layout sondern auch die didaktische Konzeption. Zu jedem Thema gibt es Experimentier vorschläge, oft auch die bereits genannten Aufgaben, die dann in einem optisch hervorgehobenen Arbeitsteil angeordnet sind. Auch die Kapitelüberschriften haben im Vergleich zu früheren Werken eine Aktualisierung erfahren und lauten z. B. „Es gibt verschiedene kleinste Teilchen“ oder „Oxidation“, wichtige Reaktionen in unserer Umwelt“. Alltag, Technik und Umwelt werden an vielen Stellen als Erarbeitungskontexte genutzt, wenn auch längst nicht durchgängig. Jedoch finden sich zahlreiche Aufgaben, die sich explizit auf diese Kontexte beziehen (vgl. Abb. 3).

„Ein Autofahrer fährt durchschnittlich 15 000 km im Jahr. Berechne die Bleimenge im verbrauchten Benzin (bei einem Durchschnittsverbrauch von 10 l pro 100 km).“ Der Bleigehalt des Benzins betrug damals maximal 0,015 %. [S. 165]

„Fülle einen Glaszylinder mit Schwefeldioxid. Gib einige angefeuchtete Blütenblätter, deren Wachsschicht durch Eintauchen in Benzin entfernt wurde, hinzu. Beobachte einige Zeit.“ [S. 95]

„Wie könnten Waschmittelhersteller für Haushalte in Gebieten mit geringer Wasserhärte einen Beitrag zum Gewässerschutz leisten?“ [S. 109]

Noch deutlicher sind Technikbezüge naturgemäß in Schulbüchern, die speziell für berufliche Schulen und Fachschulen entwickelt wurden. „Chemie und Technik“ von W. Rieck und H. Krämer [6] stellen auch Berechnungsaufgaben, etwa:

„Es sollen 100 g Kupferoxid reduziert werden. Wieviel Liter Wasserstoff sind erforderlich?“ [S. 93]

„Bei der Reinigung von Rohkupfer fließt 6700 A durch die Bäder. Wieviel Kilogramm Kupfer werden in 24 Stunden abgeschieden?“ [S. 143]

Die gar nicht so rückständige Jetztzeit

In den 80er und 90er Jahren erleben verschiedenste Konzepte eine partielle Wiedergeburt. Die einen Autoren versuchten sich mit einer verschlankten Allgemeinen Chemie, andere setzten wieder auf die Stoffe, und schließlich findet sich gegen Ende der letzten Dekade immer mehr eine Art Themenorientierung, unter oder überlegt mit einem fachsystematischen Roten Faden. Eines jedoch ist fast allen chemischen Schulbüchern dieser Zeit gemeinsam: Die zunehmende Orientierung auf aktive Aneignung auf Seiten der Schülerinnen und Schüler (an Stelle von bloßer Wissensweitergabe) und damit auch ein methodisches Konzept, in dem Aufgaben mehr als vorher eine Rolle spielen. Die Aufgaben werden dabei oft feiner als in früheren Zeiten:

„Nimm Stellung zu den Aussagen: ‚Ein Modell ist entweder richtig oder falsch‘ und ‚Wenn schon ein Modell, dann das Richtige!‘“ [7, S. 19]

und: „Steigt der Meeresspiegel, wenn das Eis am Nordpol schmilzt?“ [S. 79]

In Schulbüchern wie dem von Pfeifer und Reichelt [7] werden – ganz ähnlich wie bei PISA – zu thematischen Einheiten gleich eine ganze Batterie von Fragen und Aufgaben gestellt, die, ebenfalls wie bei PISA, ganz verschiedene Kompetenzen erfordern und fördern sollen. Weil es

sich aber nicht um eine Testsituation handelt, sind die Formate auch nicht auf die kognitive Bearbeitung von Problemen beschränkt, sondern schließen, ganz im Sinn eines umfassenden Begriffs von naturwissenschaftlichem Arbeiten, Recherche-Aufgaben ebenso mit ein wie Handlungsanweisungen für den Alltag.

Beispiele hierzu bietet Kapitel 32: „Es gilt das Reinheitsgebot: Minwandfreies Trinkwasser“ [S. 84] (**Abb. 4**). Die Informationstexte sind, ähnlich wie bei PISA, realitätsbezogen. Es findet sich ein Sinnanspruch von A. de Exupery ebenso wie ein Text zur Trinkwasserversorgung weltweit, Infos zu den Qualitätsanforderungen an Trinkwasser und Tipps zum Wassersparen. Mit den dazu gestellten Fragen soll schließlich dieser kleine Streifzug durch mehr als 60 Jahre Aufgaben in Chemiebüchern beendet werden.

„A1: Erkundige dich zu Hause über euren jährlichen Wasserverbrauch und rechne ihn pro Person um!

A2: Berechne zur Kontrolle deinen täglichen Wasserverbrauch mithilfe der Übersicht in B3!

A3: Erkundige dich nach dem Wasserpreis pro Kubikmeter!

A4: Erkundige dich über die einzelnen Aufbereitungsschritte in einem Wasserwerk! Frage woher euer Leitungswasser stammt!

A5: Kontrolliere zuhause die Wasserhähne! Stelle an den Wochenenden unter jeden Hahn ein sauberes Gefäß! Gieße nach 24 Stunden die aufgefangene Menge in ein Gefäß mit Volumeneinteilung zusammen! Notiere die Menge!“ [S. 84–85]

Ein kurzes Fazit

Aufgaben für den Chemieunterricht gab es, wie man sieht, schon in früheren Zeiten. Auch den Formaten nach zeigen sich in vielen Fällen Ähnlichkeiten mit den aktuellen Vorschlägen. Was also hätte sich verändert?

Schulbücher geben nur bedingt Auskunft über die Absicht, mit der Fragen und Aufgaben formuliert wurden und noch weniger über die Rolle von Aufgaben im Unterricht selbst. Wie wir aus anderen Quellen wissen – Beschreibungen von Unterricht aus früheren Zeiten, eigenem Erleben und zuletzt etwa aus Videostudien zum naturwissenschaftlichen



Abb. 4: Trinkwasser – ein wichtiges Thema im Chemieunterricht der 80er Jahre

Unterricht – ist es zu allererst die unterrichtsmethodische Einordnung von Aufgaben, die in den letzten Jahren einen Wandel erfahren hat. Wo früher Fragen zur Kontrolle formuliert worden sind, ob der Schüler / die Schülerin einen Inhaltsabschnitt auch wirklich verstanden hat, wo ihre Funktion der Überprüfung von Leistung diente, erscheinen heute Aufgaben viel öfter als Lernaufgaben, an denen die Schüler Erfahrungen machen und Einsichten gewinnen können, wo ihre kognitive Aktivität herausgefordert wird im Sinne von Schlussfolgern und Anwenden in veränderten Kontexten, und wo das Reproduzieren eine eher untergeordnete Rolle spielt: Aufgaben nach PISA also!

Literatur:

- [1] PISA 2000, Beispielaufgaben aus dem Naturwissenschaftstest. http://www.mpib-berlin.mpg.de/pisa/Beispielaufgaben_Naturwissenschaften.pdf
- [2] Scheid – Flörke: Lehrbuch der Chemie. Ausgabe A für Jungen. Leipzig 1940 (3. Aufl.). Alle Zitate aus dem „Zweiten Teil für die 6. – 8. Klasse der höheren Schulen“.
- [3] Christen, H. R.: Chemie. Frankfurt / Hamburg 1966 (4. Aufl.)
- [4] Häusler, K.: Natur und Technik – Chemie. Berlin 1970. Band 1, Anorganische und Allgemeine Chemie; Band 2, Organische Chemie
- [5] Greb, E.; Kemper, A.; Quinzler, G.: Umweltchemie. Stuttgart 1980
- [6] Rieck, W.; Krämer, H.: Chemie und Technik. Hamburg 1979
- [7] Pfeifer, P.; Reichelt, R.: H₂O und Co. Anorganische Chemie. München 2002

► Dr. Lutz Stäudel, wiss. Mitarbeiter in der Chemiedidaktik an der Universität Kassel
lutzs@uni-kassel.de

Uni GH Kassel, FB 18 Did. d. Chemie,
Heinrich-Plett-Str. 40, 34109 Kassel ◀

Ozon

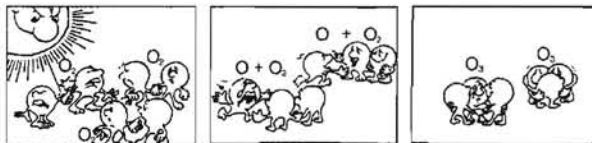
Lies den folgenden Ausschnitt aus einem Artikel über die Ozonschicht:

Die Atmosphäre ist ein Ozean aus Luft und eine wertvolle natürliche Ressource für die Erhaltung des Lebens auf der Erde. Leider schädigen menschliche Aktivitäten, die auf nationalen/persönlichen Interessen beruhen, diese gemeinsame Ressource vor allem dadurch, dass sie die empfindliche Ozonschicht zerstören, die als Schutzschild für das Leben auf der Erde dient. Ozonmoleküle bestehen aus drei Sauerstoffatomen im Gegensatz zu Sauerstoffmolekülen, die aus zwei Sauerstoffatomen bestehen. Ozonmoleküle sind äußerst selten: Auf eine Million Luftmoleküle kommen weniger als zehn Ozonmoleküle. Dennoch spielt ihr Vorhandensein in der Atmosphäre seit nahezu einer Milliarde Jahren eine entscheidende Rolle für den Schutz des Lebens auf der Erde. Je nachdem, wo das Ozon sich befindet, kann es das Leben auf der Erde schützen oder schädigen. Das Ozon in der Troposphäre (bis zu 10 km über der Erdoberfläche) ist „schlechtes“ Ozon, das das Lungengewebe und die Pflanzen schädigen kann. Aber rund 90 Prozent des Ozons in der Stratosphäre (10 bis 40 km über der Erdoberfläche) ist „gutes“ Ozon, das bei der Absorption der gefährlichen ultravioletten Strahlung der Sonne (UV-B) eine sehr nützliche Rolle spielt.

Ohne diese nützliche Ozonschicht wären die Menschen wegen der verstärkten Einwirkung der ultravioletten Sonneneinstrahlung viel anfälliger für bestimmte Krankheiten. In den letzten Jahrzehnten hat der Ozongehalt abgenommen. 1974 wurde die Hypothese aufgestellt, dass Fluorchlorkohlenwasserstoffe (FCKW) eine Ursache dafür sein könnten. Bis 1987 war die wissenschaftliche Beurteilung von Ursache und Wirkung nicht überzeugend genug, um FCKW verantwortlich zu machen. Im September 1987 trafen sich jedoch Diplomaten aus der ganzen Welt in Montreal (Kanada) und vereinbarten eine strenge Begrenzung der Verwendung von FCKW.

Frage 65:

Im obigen Text wird nichts darüber gesagt, wie das Ozon in der Atmosphäre gebildet wird. Tatsache ist, dass jeden Tag Ozon gebildet wird und anderes Ozon verschwindet. Die Bildung von Ozon ist im folgenden Comicstrip illustriert.



Nehmen wir an, du hättest einen Onkel, der versucht, die Bedeutung dieses Comicstrips zu verstehen. Er hatte allerdings keinen naturwissenschaftlichen Unterricht in der Schule und versteht deshalb nicht, was der Autor hier erklärt. Er weiß, dass es keine kleinen Männchen in der Atmosphäre gibt, aber er fragt sich, was denn diese Männchen im Comicstrip darstellen, was diese seltsamen Bezeichnungen O_2 und O_3 bedeuten und welche Prozesse der Comicstrip beschreibt. Er bittet dich, ihm den Comicstrip zu erklären.

Nimm an, dass dein Onkel weiß:

- dass O das Symbol für Sauerstoff ist,
- was Atome und Moleküle sind.

Schreibe eine Erklärung des Comicstrips für deinen Onkel.

Verwende in deiner Erklärung die Wörter Atome und Moleküle so, wie sie im Text verwendet werden.

Frage 66:

Ozon entsteht auch bei Gewittern. Es verursacht den typischen Geruch nach einem Gewitter. Der Autor unterscheidet zwischen „schlechtem Ozon“ und „gutem Ozon“. Ist das Ozon, das bei Gewittern entsteht, nach den Aussagen des Artikels „schlechtes Ozon“ oder „gutes Ozon“? Wähle die Antwort und Erklärung, die im Text enthalten ist.

Schlechtes Ozon oder gutes Ozon?

Erklärung

- | | |
|------------|------------------------------------|
| A Schlecht | Es entsteht bei schlechtem Wetter. |
| B Schlecht | Es entsteht in der Troposphäre. |
| C Gut | Es entsteht in der Stratosphäre. |
| D Gut | Es riecht gut. |

Frage 67:

Im Text heißt es: „Ohne diese nützliche Ozonschicht wären die Menschen wegen der verstärkten Einwirkung der ultravioletten Sonneneinstrahlung viel anfälliger für bestimmte Krankheiten.“

Nenne eine dieser Krankheiten.

Frage 68:

Am Ende des Textes wird ein internationales Treffen in Montreal erwähnt. Bei diesem Treffen wurden zahlreiche Fragen bezüglich des möglichen Abbaus der Ozonschicht diskutiert. Zwei dieser Fragen erscheinen in der folgenden Tabelle. Können die folgenden Fragen durch wissenschaftliche Forschung beantwortet werden?

Kreize jeweils Ja oder Nein ein.

Frage

Sollten bestehende wissenschaftliche Unsicherheiten bezüglich des Einflusses von FCKW auf die Ozonschicht für Regierungen ein Grund sein, keine Maßnahmen zu ergreifen?

Durch wissenschaftliche Forschung zu beantworten?
ja/nein

Frage

Wie hoch wäre die Konzentration von FCKW in der Atmosphäre im Jahr 2002, wenn der Ausstoß von FCKW in die Atmosphäre dauernd so hoch bliebe wie jetzt?

Durch wissenschaftliche Forschung zu beantworten?
ja/nein