

II./III Jahrgang HTL – Angewandte Chemie und Ökologie

**Umweltverschmutzung im 19. Jahrhundert
– der Umstieg von Holz auf Kohle**

Vermittelte Kompetenzen: selbstständiger Einsatz verschiedener Methoden zur Bearbeitung einer Fragestellung; fächerübergreifendes (interdisziplinäres) Denken;

Lehr- und Lernziele: Umfassendes Verständnis der Auswirkungen von Steinkohleverbrennung auf Umwelt und Gesundheit;

Lehrplanbezug: Chemie, Produktions- und Entsorgungstechniken, Ökologie.

Umwelthistorischer Hintergrund: Der Umstieg von Holz auf Kohle

Im 19. Jahrhundert begann man in Mitteleuropa, den Brennstoff Holz zunehmend durch Braun- und Steinkohle zu ersetzen. Kohle ist wie Holz ein fester Brennstoff und konnte daher in ähnlichen Produktionsprozessen wie Holz eingesetzt werden. Trotzdem war Kohle lange Zeit ein ungeliebtes Substitut für Holz. In Regionen, in denen Kohle leicht zugänglich war (wie in England), wurde sie zunächst vor allem von den städtischen Unterschichten zum Heizen eingesetzt. Ihre Verbrennung galt als schmutzig, weil dabei Ruß und Schadstoffe wie Schwefeldioxid anfallen, die die Gesundheit der Menschen gefährden.

Aufgrund ihrer im Vergleich zu Holz höheren Energiedichte und zentraler Vorkommen in Europa wurde Kohle aber bald zum wichtigsten Energieträger der frühen Industrialisierung. Man setzte sie in den Dampfmaschinen der Kohlengruben ein, um die unterirdischen Stollen auszupumpen – damit wurde noch mehr Kohle zugänglich. Sie diente auch zum Antrieb von Lokomotiven, die die Mobilität der damaligen Gesellschaft revolutionierten, und in stationären Dampfmaschinen der Industrie, die die gewerbliche Produktion radikal beschleunigten. Damit ermöglichte der Einsatz von Kohle jene Wachstumsdynamik, die zur industriellen Revolution führte.

Im 20. Jahrhundert wurde die Kohle in Europa zunehmend von Erdöl und später von Erdgas abgelöst. Diese Energieträger haben die Vorteile, dass sie flüssig und damit leichter (über Pipelines) zu transportieren sind und dass ihre Energiedichten noch höher sind als die der Kohle. Kohle wurde aber als billiger Energieträger weiterhin verwendet – vor allem in Kraftwerken zur Stromproduktion.

In Verruf geriet die Kohle in den 1980er-Jahren in der Diskussion um „sauren Regen“. Die Schwefeloxide in den Abgasen der Kohleverbrennung bildeten mit Wasser und Sauerstoff Schwefelsäure in so großen Mengen, dass ganze Ökosysteme wie etwa Wälder stark geschädigt wurden. Heute werden die Abgase der Kohleverbrennung durch Rauchgasentschwefelungsanlagen von Schwefeldioxid, durch katalytische oder nichtkatalytische Entstickung von Stickoxiden und in elektrischen Abscheidern von Staub gereinigt.

Trotzdem ist die Verbrennung von Kohle auch heute nicht unbedenklich: Bei ihrer Verbrennung entstehen pro erzeugter Energieeinheit höhere CO₂-Emissionen als bei Erdöl oder Erdgas, da anteilmäßig mehr Kohlendioxid und weniger Wasserdampf freigesetzt wird. Damit trägt die Verbrennung von Kohle stark zum Klimawandel bei.

II./III Jahrgang HTL – Angewandte Chemie und Ökologie

Originaltext als Einstieg zu den Arbeitsaufgaben

(Ausschnitt im SchülerInnenarbeitsblatt)

Aus: Anton Dorn, Das Schädliche der projektirten Glashütte in den Wieden zu Bamberg, besonders in Hinsicht auf ihre Feuerung mit Bambergischen Steinkohlen, nach medizinischen Grundsätzen geprüft und erwiesen (Bamberg 1802) 1, 11–15, 22–28.

Schädlicher Steinkohlenrauch einer Glashütte (1802)

Welchen Einfluß hat die Errichtung einer Glashütte, besonders in Hinsicht auf ihre Feuerung durch hiesige Steinkohlen auf die Gesundheit der Stadt, vorzüglich der unmittelbaren Nachbarn, und auf die Fruchtbarkeit der Gärten, Felder und Wiesen, in deren Schoosse sie errichtet werden soll?

...

Menge des Steinkohlendampfes bei Feuerung einer Glashütte.

In welcher Menge der Rauch, aus einer mit Steinkohlen gefeuerten Glashütte jährlich in die Atmosphäre steigen, und dieselbe anfüllen müsse, läßt sich leicht einsehen, wenn man weiß, welche ungeheure Menge Steinkohlen bei einem so starken und unausgesetzten Feuer einer Glashütte jährlich erfordert werde. Nimmt man nun noch an, daß nach richtig angestellten Versuchen bei der sogenannten Abschwefelung von 100 Pfunden selbst englischer mehr kompakter Steinkohlen 35 Pfunde abgehen, so kann man, ohne die Sache zu übertreiben, behaupten, daß eine solche Glashütte einem kleinen rauchenden Vesuv verglichen werden könne.

Wenn eine ganze Stadt mit Steinkohlen gefeuert wird, so ist dieses mit der Feuerung einer Glashütte noch nicht zu vergleichen; denn im ersten Falle steigt der Rauch getheilt durch die vielen und höheren Schlöte in die höhere Atmosphäre, hier erhebt er sich aber aus einem niedrigen, engen und einzigen Schlotte in einer dichten, ungetheilten, säulenartig zusammen gedrängten Wolke nur in die niedere Atmosphäre. – Im ersten Falle nimmt die Feuerung doch zur Sommerzeit ab, hier dauert solche aber durch das ganze Jahr ununterbrochen fort.

Freier oder eingeschlossener Spielraum.

Die Gebäude einer Glashütte erreichen nicht einmal die Höhe der gewöhnlichen, noch weniger der 3= bis 4stöckigen Wohnhäuser – ihre Schlöte können also auch nicht einmal die gewöhnlichen Wohnungen übersteigen. – Der Steinkohlendampf ist schwerer als die atmosphärische Luft. – Die Gegend der Weiden, (von welcher gleich nachher ausführlicher die Rede seyn wird) liegt durchaus um vieles tiefer als die Stadt, und ist überdieß fast von allen Seiten durch Anhöhen, Berge und die hohen Stadtgebäude so sehr beschränkt, daß hier ein freier Luftstrom kaum statt haben kann. –

Wird nun alles dieses gehörig erwogen, so wird man auch ohne viel Weisheit den Schluß machen können und müssen, daß 1) der Dampf einer Glashütte in der Weiden sich in einem größtentheils eingeschlossenen Raume befinde, 2) daß derselbe bei ruhiger und windstiller Witterung, noch mehr aber beim Drucke der Luft durch ungünstige, feuchte Witterung wie eine dichte Wolkenreihe in der unteren Atmosphäre der Weiden schweben müsse, daß endlich 3) selbst die Winde bei einer so tiefen und fast ringsumher durch Anhöhen, Berge und hohe Gebäude beschränkten Gegend nicht vermögend seyn können, diese Rauchwolken zu zerstreuen und in ihrem Strome mit fort zu führen; der bei uns so herrschende Nordwind fast allein hat einen mehr offenen Eintritt in die Weidengegend, aber er wird den Ranch (sic!) der Glashütte unvermeidlich dem sehr nahen Krankenhause, dem Kloster Michelsberg, der Residenz und den übrigen Gebäuden dieses Theils der Stadt zuführen, und daher der Glashütte in einer solchen Gegend eben so wenig günstig seyn können.

Beschaffenheit der Gegend.

Wenn von der Errichtung einer Glashütte und besonders ihrer Feuerung mit Steinkohle die Rede ist, so ist die Gegend, in welcher sie errichtet werden soll, der wichtigste Punkt, der unserer ganzen Aufmerksamkeit werth ist.

Glashütten wurden fast durchgehends von unseren Vorfahren – und werden itzt noch von aufsichtigen Obrigkeiten und sachverständigen Unternehmern nur in abgelegenen Orten, meistens auf einem öden Platze, in einem Walde zwischen hohen Bäumen, oder auch in einer anderen weit in der Ründe unfruchtbaren Gegend angelegt. – Die Gründe einer solchen Auswahl des Platzes sind zahlreich und wichtig. Man entfernt die Glashütten von Städten und Dörfern, um mit ihnen einer Seits die

II./III Jahrgang HTL – Angewandte Chemie und Ökologie

Feuersgefahr solcher Feuerstätte von menschlichen Wohnungen, und anderer Seits das Nachtheilige dieser ungeheuren Rauchwerke von der Gesundheit der Menschen zu entfernen. – Man legt sie in Wäldern an, um das Holz, das Materiale, welches einige Glashütten ganz allein feuert, keiner aber ganz entbehrlich ist, an der Hand zu haben – ferner um durch die Höhe der benachbarten Bäume den Rauch in eine perpendikuläre Wolke zusammen zu drängen, in die Höhe zu leiten, und dadurch von der unteren athembaren Luft zu entfernen. – Man errichtet solche auf freien aber in einem weiten Umkreise unfruchtbaren Gegenden, um den Rauch in einer völlig freien Atmosphäre zu zerstreuen und der Fruchtbarkeit der Gegenden zu schonen. – Gründe, welche wohl Niemand bei reiferer Ueberlegung für unbedeutend halten dürfte.

Der allgemeinste und in jeder Hinsicht eigentlichste Anlagsort einer Glashütte ist gerade derjenige einer Kohlhütte; – denn eine Glashütte ist nichts anders als eine und zwar ewige Kohlhütte.

Auch den Mobilien der Weidner Besitzer wird durch den Steinkohlenrauch der Glashütte Schade zugefügt.

Der häufige Rauch und Ruß, welchen unsere am Bergtheere sehr reichhaltigen Steinkohlen absetzen, muß nicht nur alle Gebäude in dieser Gegend nach und nach schwärzen, und zum Theile mit einem schwarzen Firnisse überziehen, sondern auch in die Gebäude selbst eindringen, alle Geräthschaften und vorzüglich das Leinen schwärzen, und verderben, das Aufhängen und Trocknen der Wäsche in freier Luft oder auf Böden ganz unthunlich machen u. d. gl. Wer daran zweifelt, dem wünsche ich in der Nähe einer Schmiede= oder Schlosserwerkstatt zu wohnen, welches doch wohl noch keine Glashütte ist. – Man kann sich auch davon sehr auffallend überzeugen, wenn man das hiesige Zuchthaus und die Frohnfeste besuchen will; beide sind, so lange sie mit Steinkohlen geheizt werden, den Schlosser= und Schmiedewerkstätten gleich gemacht, ihrer Reinheit und Hellung beraubt, und zwingen dem Staate durch das öftere nöthige Weißeln einen unnöthigen Kostenaufwand ab.

Der Steinkohlendampf einer solchen Glashütte ist nachtheilig für die Gesundheit der nahen Bewohner, der Menschen und der Thiere.

Steinkohlendampf überhaupt ist, wenn derselbe eingeathmet (sic!) wird, für die Gesundheit der Menschen und Thiere gefährlich; denn durch den Prozeß des Verbrennens der Steinkohlen wird nicht nur die Lebensluft der Atmosphäre aufgezehrt, sondern es werden dagegen auch andere Gasarten, als stickkohlenaures, brennbares und bei einigen (z.B. den unserigen) auch noch schweflichtsaures Gas in Menge entwickelt ... – Ein hinlänglicher Antheil der Lebensluft in der Atmosphäre ist aber zum Athmen für Menschen und Thiere eben so unentbehrlich, als dagegen gedachte Gasarten unathembare Luftarten sind, welche die Gesundheit und das Leben der Menschen und der Thiere anfeinden. – Am nachtheiligsten für die Gesundheit ist aber unstreitig das schweflichtsaure Gas und die freie Schwefel= oder Vitriolsäure.

Diese Behauptungen sind nach medizinischen Grundsätzen, so wie nach Erfahrung so entschieden, richtig, so allgemein anerkannt, daß sie keines ferneren Beweises bedürfen.

Allerdings ist aber der Nachtheil unter verschiedenen Umständen ungleich.

Wird ein solcher Dampf in einer großen Menge – bei eingeschlossenem Raume eingeathmet – entwickeln die Steinkohlen noch dazu häufig schweflichtsaures Gas, welches in der freien Luft wieder zu einer Schwefel= oder Vitriolsäure ... werden muß, so erfolgt davon plötzliches Ersticken. – Menschen und Thiere sterben schnell, und fallen wenigstens in eine dem Tode ähnliche Asphyxie.

Nicht so auffallend ist freilich der Nachtheil für das Leben und die Gesundheit, wenn nur wenig von solcher unathembaren Luft eingeathmet wird – wenn das Einathmen in freier Luft geschieht, wo durch das beständige Zuströmen frischer Luft die Lebenslust bald wieder ersetzt, und die übrigen unathembaren Gasarten unschädlicher gemacht werden – wenn endlich die Steinkohlen selbst reiner und von nachtheiligen Stoffen freier, oder doch durch die Kunst davon gereinigt sind u. d. gl. – Aber doch entstehen auch in diesem Falle besonders bei Ungewöhnten und Schwächlingen auf der Brust allerlei Uebelbefinden von größerer oder geringerer Bedeutung, als Kopfwehe, Schwindel, Betäubung, allgemeine Ermattung, Schläfrigkeit, Zittern, Ueblichkeit und Erbrechen, Brustbeklemmung, Heiserkeit, ein lästig kitzelnder Husten, Blutspeien u. d. gl. [unleserlicher Literaturhinweis fehlt an dieser Stelle]. Am meisten wird dadurch schleichend der Grund zu langwährenden und gefährlichen Brustübeln gelegt, welche sich nicht selten mit der Lungenschwindsucht endigen. Menschen, welche an Brustbeschwerden leiden, oder auch nur eine schwächliche Brust haben, zum Blutspeien geneigt, vollblütig sind u. s. w. können auch den mindesten Steinkohlendampf nicht ohne großen Nachtheil vertragen.

Doctor und Professor der Anatomie Gotthard der Jüngere empfand leider! sehr oft den Nachtheil des

II./III Jahrgang HTL – Angewandte Chemie und Ökologie

Steinkohlendampfs im hiesigen Zuchthause, wo derselbe seiner anatomischen Arbeiten wegen oft mehrere Stunden des Tags zubringen mußte, sein Uebelbefinden nöthigte ihn öfters seine Arbeiten zu unterbrechen, und die Pflege seiner Gesundheit abzuwarten. – Ein gleiches Schicksal hatte die Frau des hiesigen Hoflandknechts, welche bei einer schwächlichen Brust die Küche in der Frohnfeste bei Steinkohlenfeuerung besorgen mußte, eine beinahe tödliche Brustkrankheit hat dieselbe in diesem Winter 14 Wochen lang zu Bette geworfen, und nur mit besonderer Mühe konnte sie ihr Leben retten. – Ich könnte noch mehrere Beispiele dieser Art anführen, wenn die Sache noch einem Zweifel unterworfen seyn könnte.

...

Unsere Steinkohlen sind vorzüglich wegen ihrer häufigen an Thonerde gebundenen Vitriolsäure, ... wovon sie auch durch die Kunst nicht hinreichend frei gemacht werden können ..., sehr ungesund. – Der Dampf, welcher jährlich aus einer Glashütte in eine und dieselbe Gegend verdampft, ist ungeheuer, (...) – er wird zwar in die freie Luft geleitet, befindet sich aber wegen der Tiefe und Beschränktheit der Gegend (...) – wegen dem niederen Gebäude einer Glashütte (...) – und seiner eigenen Schwere meistens in der niederen Atmosphäre gleichsam in einem eingeschlossenen Raume, (§6.) und kann wegen der Tröckne des sandigen Bodens, der ohnehin schon alle Wasserdünste gierig verschlingt, durch keine überflüssig vorhandene Wasserdünste verändert und unschädlich gemacht werden. –

Wie man nun unter diesen Umständen die Gesundheit der nahen Bewohner von allem Nachtheile frei sprechen könnte, dieß begreife ich nicht. Es mag zwar seyn, daß der Steinkohlendampf dieser Glashütte keinen Menschen plötzlich und auffallend tödte, aber unangetastet wird er die Gesundheit keineswegs lassen, öfters wird er wie ein schleichendes Gift hin und wieder die Gesundheit eines und des anderen Menschen vergiften, und nicht selten den gewissen obgleich langsamen Tod herbei führen, den freilich der Kameralist und der Spekulant nicht auf eine solche Rechnung schreiben werden. Sieht man erst noch eine solche Glashütte einem allgemeinen Krankenhause so nahe entgegen rauchen, das schöne Krankenhaus, dieses unsterbliche Denkmaal Franz Ludwigs, der Stolz und die Zierde unserer Stadt – einer schmutzigen, rauchenden Glashütte gegenüber? was muß man sich dabei für Begriffe von einer öffentlichen Landespolizey machen, welche einen solchen inconsequenten Unfug duldet – wohl gar noch begünstiget? –

Hinweg mit einer Glashütte von einem solchen Orte, wird man allgemein sagen, und sey es auch nur des bloßen Kontrastes wegen! Was noch dabei den Kranken dieses Hauses selbst begegnen könne und müsse, welchen nachtheiligen Einfluß der Steinkohlendampf bei einer herrschenden Nordluft auf die Gesundheit dieser Leidenden haben möge, dieß überlasse ich den Aerzten zu erwägen, denen der Staat das Wohl dieser Kranken anvertraut hat.

(Die Schreibweise der Umlaute wurde leicht modernisiert.)

Arbeitsaufgaben für die SchülerInnen

Anton Dorn war Professor am Allgemeinen Krankenhaus in Bamberg und unterstützte die Anrainer bei einer Petition an den bayrischen Landesherrn gegen die Errichtung einer Glashütte in unmittelbarer Nähe der Stadt.

Wenden Sie Ihr chemisches Wissen an und vergleichen Sie Ihre Erkenntnisse mit den Beobachtungen des Autors. Teilen Sie seine Meinung?

- 1 Was wissen Sie über die chemischen Vorgänge bei der Verbrennung von Steinkohle? Welche Gase entstehen dabei?
- 2 Welche Emissionen könnte man unter Verwendung heutiger Technologien durch entsprechende Abgasreinigung reduzieren?
- 3 Welche Nachteile hat Steinkohlefeuerung in Hinblick auf den Klimawandel im Vergleich zu anderen fossilen Energieträgern wie Erdöl und Erdgas oder zu erneuerbaren Energieträgern?
- 4 Welche Argumente führt der Autor gegen die Errichtung einer Glashütte in der Nähe bebauter Gebiete an? Decken sich seine Beobachtungen mit Ihren Überlegungen?
- 5 Welche Rolle spielt die menschliche Gesundheit in der Argumentation des Autors, welche Rolle spielt die Umwelt? Wie würden Sie aus heutiger Sicht argumentieren?

II./III. Jahrgang HTL – Angewandte Chemie und Ökologie

Lösungen

- 1 Bei der Verbrennung von Steinkohle entstehen Kohlendioxid, Wasserdampf und andere Gase wie Schwefeloxide. Darüber hinaus bilden sich je nach Zusammensetzung der Steinkohle Stickoxide und verschiedene Staube. Schwefeloxide bilden in der Atmosphäre mit Wasser und Sauerstoff Schwefelsäure, die als saurer Regen die Umwelt schädigt.
- 2 Heute werden die Abgase der Kohleverbrennung durch Rauchgasentschwefelungsanlagen von Schwefeldioxid, durch katalytische oder nichtkatalytische Entstickung von Stickoxiden und in elektrischen Abscheidern von Staub gereinigt.
- 3 Kohle ist ein fossiler Energieträger – durch ihre Verbrennung gelangt zuvor fossil gebundener Kohlenstoff als Kohlendioxid in die Atmosphäre, reichert sich dort an und verursacht so den Klimawandel. Die Verbrennung von Kohle trägt von allen fossilen Energieträgern relativ am stärksten zum Klimawandel bei: Pro produzierter Energieeinheit fällt bei der Verbrennung von Kohle mehr CO₂ an als bei der Verbrennung von Erdöl oder Erdgas (siehe Tabelle). Absolut verursacht die Verbrennung von Kohle heute weltweit etwa gleich viel CO₂-Emissionen wie die Verbrennung von Erdöl.

CO₂-Emissionen von verschiedenen fossilen Energieträgern pro Energieeinheit (Terajoule, TJ) in Österreich.

	CO ₂ -Emissionen [tCO ₂ /TJ]
Steinkohle	95
Braunkohle	110
Heizöl schwer	80
Erdgas	50

- 4 Der Autor führt folgende Argumente gegen die Errichtung einer Glashütte in unmittelbarer Stadtnähe an:
 - Schutz der menschlichen Sicherheit (vor Feuergefahr)
 - Schutz der menschlichen Gesundheit (vor den Abgasen)
 - Sicherung der Rohstoffgrundlage für den Betrieb der Anlage (Holzversorgung)
 - Schutz der Umwelt durch Ableitung der Abgase in höhere Luftschichten
 - Schutz der Umwelt durch Vermeidung der Verschmutzung fruchtbarer Gegenden

Die SchülerInnen sind gefordert, auch eigene Argumente für oder gegen die Einrichtung einer Glasfabrik zu entwickeln. Mögliche weitere Argumente könnten anfallende CO₂-Emissionen sein, aber durchaus auch positive Aspekte wie die Schaffung von Arbeitsplätzen oder technischer Fortschritt.

II./III. Jahrgang HTL – Angewandte Chemie und Ökologie**5 Menschliche Gesundheit und intakte Umwelt zählen zu den Hauptargumenten des Autors.**

- Die menschliche Gesundheit wird auf zwei Arten besprochen: einerseits geht es um die Sicherheit vor Unfällen, andererseits um den Schutz vor Abgasen. Der Schutz vor Unfällen wird heute kaum mehr diskutiert – Kohlekraftwerke gelten in der Regel als sicher. Anders ist dies beispielsweise bei der Atomkraft. Auch der Schutz vor Abgasen wird heute anders verhandelt: die lokal anfallenden Abgase werden technisch abgeschieden. Eine größere Rolle spielen CO₂-Emissionen, die global zu einem Umweltproblem geworden sind (anthropogener Treibhauseffekt, Klimawandel). CO₂ ist zwar kein giftiges Gas, aber der Klimawandel, den es mit verursacht, wird vielfältige (direkte und indirekte) negative Auswirkungen auf die Gesundheit der Menschen haben.
- Die Umwelt wird einerseits als Rohstoffgrundlage beschrieben (Holzversorgung), andererseits wird die Verschmutzung der Luft und des fruchtbaren Bodens thematisiert. Interessant ist die offensichtlich unterschiedliche Wertigkeit von Wald und landwirtschaftlichen Flächen. Eine Verschmutzung des Waldes (zur Reinhaltung der Luft) wird nicht als Problem betrachtet, die landwirtschaftlichen Flächen hingegen gelten als schützenswert.

Die SchülerInnen sind gefordert, auch eigene Argumente zu entwickeln.