

Alexander von Humboldt als Chemiker

Am 14.9.2019 wäre Alexander von Humboldt 250 Jahre alt geworden. Dies war der Anlass, sich mit seinen Tätigkeiten als Chemiker zu beschäftigen, denn Humboldt war gerade in seinen jungen Jahren auch mit chemischen Entwicklungs- und Forschungsarbeiten befasst, was weder in der breiten Öffentlichkeit noch in fachchemischen Kreisen weiter bekannt und auch noch nicht intensiver erforscht worden ist. In einem chemiehistorischen und chemiedidaktischen Ansatz soll zunächst durch Quellenstudien herausgearbeitet werden, in welchen Bereichen Alexander von Humboldt als Forscher, Entwickler und Umweltanalytiker chemisch gearbeitet hat und zu welchen Ergebnissen und Erkenntnissen er gelangt ist. Darauf aufbauend sollen Anregungen entwickelt werden, wie Humboldts chemisches Wirken im Chemieunterricht, in Chemie-AGs oder Projektkursen thematisiert werden kann. Hierbei bietet sich insbesondere eine Thematisierung von Aspekten zu Nature of Science an (Höttecke & Henke, 2010; Hofheinz, 2010).

Betrachtungen zur Natur der Naturwissenschaften

Im Internet ist eine Vielzahl von Humboldts Schriften leicht zugänglich. Lernende können sie sichten und die Gedankengänge Humboldts bei seinen chemischen Entdeckungen nachvollziehen. Die Lernenden können bei der Bewertung des historischen Materials mit Vorschlägen zur expliziten Reflexion unterstützt werden, wie z. B.: „Wie hat Humboldt seine Daten protokolliert? Welche neuen Instrumente hat er entwickelt? Was trieb ihn bei seiner Forschung an?“ (Höttecke & Henke, 2010). So können dezidiert Aspekte zur Natur der Naturwissenschaften betrachtet werden (Reiners, 2017, S. 84). Es ergeben sich Gelegenheiten, unreflektierte Schülervorstellungen über Nature of Science (NOS) aufzugreifen, damit Lernende realistischere epistemologische Vorstellungen entwickeln, ihr Kritikbewusstsein schulen und Wertschätzung weiter entwickeln können (Hofheinz, 2010). Es können die empirische Basis und die Theoriegebundenheit sowie die Vorläufigkeit naturwissenschaftlichen Wissens betrachtet werden. Wie dabei der Status von Beobachtungen, Deutungen, Modellen, Theorien und Gesetzen betrachtet werden kann, soll hier am Beispiel eines Zitates aus den „Unterirdischen Gasarten“ illustriert werden: „Hier ist der Punkt, wo man zu der Hypothese eines an alle brennbaren Substanzen gebundenen Lichtstoffes und zu einer Lichtverbreitung durch die dickste Finsterniß seine Zuflucht nimmt; eine Hypothese, welche in so fern sie eine bloße Möglichkeit begründet, kaum als ein Objekt der empirischen Chemie betrachtet werden kann!“ (Humboldt 1799a, S.72-73). Auf die anschaulich-kreative Seite der Naturwissenschaften und sozio-kulturelle Einflüsse weist folgendes Zitat aus derselben Publikation: „Wenn es ein Genuß ist, durch neue Entdeckungen das Gebiet unsers Wissens zu erweitern, so ist es eine weit menschlichere und größere Freude etwas zu erfinden, das mit der Erhaltung einer arbeitsamen Menschenklasse, mit der Vervollkommung [sic!] eines wichtigen Gewerbes in Verbindung steht.“ (Humboldt 1799a, S. 244).

Neben dem Quellenstudium wurden etliche historische Experimente nachvollzogen, um die Arbeiten besser einzuschätzen sowie Ansatzpunkte für eigenes praktisch-experimentelles Arbeiten von Lernenden im Chemieunterricht zu gewinnen. Damit können die historischen Betrachtungen noch vertiefter, lebhafter und interessanter gestaltet werden. Hinweise darauf werden an anderer Stelle ausführlich beschrieben (Gröger & Wurm, 2019).

Lichterhalter und Rettungsmaschine für Bergleute

Alexander von Humboldt studiert auf Wunsch seiner Mutter zunächst Kameralistik (Volkswirtschaftslehre). Später verlagert er seine Studien in Richtung Bergbaukunde. So kann er als „Bergakademist“ (Krätz, 1997, S. 32) in den preußischen Staatsdienst eintreten. In seinem Berufsfeld interessiert er sich vielfältig für die geologischen, biologischen und chemischen Zusammenhänge unter Tage. Er überlegt z. B., welchen Einfluss das fehlende Sonnenlicht oder Feuchtigkeit sowie magnetische, elektrische und andere Effekte auf die Zusammensetzung der Grubenluft haben könnten. Aus spezifisch chemischer Perspektive bestimmt er z. B. den Sauerstoff-Gehalt mit einem Eudiometer (Luftgütemesser) nach Fontana, also über die Reaktion des Luftsauerstoffs mit Stickstoffmonoxid in einer Glasröhre, und einem Eudiometer nach Reboul, in dem weißer Phosphor mit Sauerstoff reagiert (Richter & Engshuber, 2014).

Humboldt möchte die Arbeitsbedingungen der Bergleute vor Ort verbessern und so entwickelt er eine Grubenlampe und einen Apparat zur Rettung von Bergleuten („Respirationsmaschine“). Bei beiden Geräten geht es darum, Sauerstoff - zum Atmen bzw. zum Brennen einer Flamme - ins Bergwerk zu bringen. Aus chemischer Sicht ist dabei interessant, dass Humboldt zunächst überlegt, den Sauerstoff vor Ort durch Zersetzung von Salpeter und Braunstein zu gewinnen, was aus Kostengründen jedoch nicht praktikabel ist. (Humboldt 1799a, S. 249). Daher plant er die Geräte derart, dass jeweils ein Luftvorrat mitgenommen wird (Gröger, 2019, Gröger & Wurm, 2019).

Das Anthrakometer

Auch der Kohlenstoffdioxidgehalt der Grubenwetter interessiert Humboldt. Dazu schildert er aber noch weiterreichende Erkenntnisinteressen: „Um zu wissen, ob auf hohen Bergen so viel Kohlensäure, als im Thale, in Eichenwäldern so viel, als in Tannenwäldern vorhanden ist; um zu untersuchen, ob eine Kröte mehr Kohlensäure, als ein Frosch erzeugt, muss man die kleinsten Unterschiede der Luftverschwindung beobachten können.“ (Humboldt 1799b, S. 86). Da Humboldt noch keine brauchbare Bestimmungsmethode zur Verfügung steht, entwickelt er das „Anthrakometer“, ein Messgerät, das aus einer etwa 30 cm langen, ca. 8-9 mm weiten, unten gebogenen Röhre besteht, die in eine Kugel mit ungefähr 3,5 cm Durchmesser mündet. Der Kohlensäuregehalt einer Luftprobe wird durch Absorption dieses Anteils in Kalkwasser bestimmt. Mit dem Anthrakometer stellt Humboldt vielfältige Messungen an, z. B. hat er „die Larven des Johannswürmchens (*Lampyrus noctiluca*) Regenwürmer und Hornschröter (*Lucanus cervus*) unter Glocken mit sehr reinem Sauerstoffgas gesetzt und nach wenigen Stunden Spuren von Kohlensäure darinn gefunden“ (Humboldt 1799b, S. 100). Mit seinen Messwerten liegt Humboldt deutlich neben den in vorindustrieller Zeit zu erwartenden. Er gelangt jedoch zur klaren und wegweisenden Feststellung: „Auf den ersten Anblick scheint es freilich gleichgültig, ob Dreitausendtheile Kohlensäure mehr, oder minder in dem Luftkreise enthalten sind. Aber nur auf den ersten Anblick! Ein Tausendtheil mehr macht in dem ungemessenen Luftraume, in so vielen Tausend Kubikmeilen Luft, eine beträchtliche Masse – und diese Masse dient den Gewächsen zur Nahrung [...]; sie kehrt, den Thieren angeeignet, nach den Gesetzen des ewigen Kreislaufs in die Athmosphäre zurück!“ (Humboldt 1799b, S. 115-116).

Forschungsarbeiten mit Gay-Lussac

Nach seiner Rückkehr von der Amerika-Expedition trifft Humboldt in Paris auf Joseph Louis Gay-Lussac. Die beiden Forscher freunden sich an und arbeiten gemeinsam an einer – mit Blick auf Humboldts als unpräzise erkannten früheren Messungen - möglichst genauen Bestimmung des Sauerstoffgehaltes der Luft. Bei der Beschreibung ihrer Resultate offenbaren die beiden Forscher eine vorausschauende Einsicht in globale Zusammenhänge,

die in der heutigen Zeit des Klimawandels offensichtlicher denn je ist: „Stimmen alle geologische Thatsachen dahin überein, zu beweisen, daß die Erde das nicht mehr ist, was sie ehemahls war, daß sehr hohe Berge ehemahls vom Wasser bedeckt waren, und daß der Norden Thiere nährte, die sich jetzt nur noch zwischen den Wendekreisen finden; so läßt sich absehen, daß es für die kommenden Jahrhunderte von großem Werthe seyn müsse, wenn wir den gegenwärtigen physischen Zustand des Erdkörpers genau bestimmen. Denn gesetzt auch, die größten Katastrophen, welche er schon erlitten hat, sollten sich nicht wieder ereignen, so wäre es doch - möglich, daß er allmählichen Modificationen unterworfen wäre, die sich erst nach einer langen Reihe von Jahren zeigten; und in so fern dürfte es von der höchsten Wichtigkeit seyn, die großen Phänomene der Natur, welche vielleicht variabel seyn könnten, jetzt durch genaue Beobachtungen auf eine zuverlässige Art auszumitteln z. B.: die Intensität der magnetischen Kräfte, die Barometerhöhe an der Meeresfläche, die Höhe des Meers, die mittlere Temperatur eines jeden Klima, und das Verhältniß in den Bestandtheilen der Atmosphäre.“ (Gay-Lussac & Humboldt, 1805, S. 38-39)

Nach intensiven Arbeiten mit einem Eudiometer nach Volta gelangen sie zu der Feststellung, dass Voltas Messgerät sehr genaue Resultate liefert und dass „das Produkt des Verbrennens des Wasserstoffgas stets von einerlei Natur ist“ (Gay-Lussac & Humboldt, 1805, S. 68). Dabei bestimmen sie zunächst quasi nebenbei als erste Forscher das Volumenverhältnis bei der Reaktion von Wasserstoff mit Sauerstoff zu Wasser auf genau 2:1! Den Sauerstoffgehalt der Luft ermitteln sie mit 21 % schon sehr früh mit hoher Genauigkeit.

Weitere chemische Arbeiten

Während seiner Zeit im Bergdienst und bei der Vorbereitung für sowie auf seiner großen Reise nach Südamerika beschäftigt sich Humboldt immer wieder auch mit gaschemischen Messungen mit seinem Anthrakometer und Eudiometern. Er untersucht die Luftzusammensetzung auf dem Meer und in unterschiedlichen Orten und Höhen auf dem Land sowie Ausdünstungen von Vulkanen. Aber er untersucht auch mit nasschemischen Methoden Gewässer, u. a. mit Kaliumoxalat auf Calcium, Bariumsalzen auf Sulfat oder Calciumcyanid auf Eisen (Hartke, Lehmann & Rienäcker, 1986). Zu diesen Untersuchungen gibt es noch weiteren Forschungsbedarf.

Fazit

Humboldts chemische Arbeiten waren im Wesentlichen umweltanalytisch ausgerichtet. Durch die Genauigkeit des Arbeitens, das vernetzende Denken und seine Weitsichtigkeit hat Humboldt insbesondere in Kooperation mit Gay-Lussac auch wesentliche Beiträge für die Chemie geleistet. Er kann daneben als ein Vordenker aktueller Bezüge in der Klimadiskussion gelten.

Eine unterrichtliche Thematisierung von Humboldts chemischen Forschungsarbeiten scheint für wissenschaftshistorische und wissenschaftstheoretische Betrachtungen, aber auch mit Blick auf aktuelle Bezüge zum Klimawandel sowie eigenständiges kreatives Experimentieren der Lernenden gewinnbringend. Generell bietet sich eine fächerverbindende Behandlung an. Zur Anregung findet man im Alexander von Humboldt-Handbuch (Ette, 2018, S. 106) von Altamerikanistik über Geographie und Klimatologie bis Zoologie 33 weitere Wissenschaftsgebiete, mit denen sich Humboldt beschäftigt hat.

Wir danken dem Fonds der Chemischen Industrie für Unterstützung im Rahmen der Förderung für Forschungsprojekte im Bereich Chemiedidaktik

Literatur

- Ette, O. (2018). Alexander von Humboldt-Handbuch, Metzler, Stuttgart
- Gröger, M. (2019). Umweltchemie in ihren Anfängen, Nachrichten aus der Chemie 67, 2019, 16-19
- Gröger, M & Wurm, K. (2019). Alexander von Humboldt als Chemiker, Chemie in unserer Zeit, im Druck
- Hofheinz, V. (2010). Unterricht Chemie 2010, 21, S. 8-13
- Höttecke D. & Henke, A. (2010). Unterricht Chemie, 2010, 21, S. 2-7
- Humboldt, A. von (1799a). Ueber die unterirdischen Gasarten und die Mittel ihren Nachtheil zu vermindern, Vieweg, Braunschweig
- Humboldt, A. von (1799b). Versuche über die chemische Zerlegung des Luftkreises und über einige andere Gegenstände der Naturlehre, Friedrich Vieweg, Braunschweig
- Krätz, O. (1997). Alexander von Humboldt: Wissenschaftler – Weltbürger – Revolutionär, Callway, München
- Reiners, C. S. (2017). Chemie vermitteln, Springer, Berlin Heidelberg
- W. Richter und M. Engshuber, Alexander von Humboldts Messtechnik: Instrumente – Methoden – Ergebnisse, epubli, Berlin, 2014
- Hartke, W., Lehmann, E. & Rienäcker, G. (1986). Alexander von Humboldt – Reise auf dem Rio Magdalena, durch die Anden und Mexico, Teil I: Texte, Akademie-Verlag, Berlin, S. 143-144