

Rudolf Arendt (1828 - 1902) Chemiker und Lehrer - sein methodisches Unterrichtswerk im Spiegel der Zeitgenossen

Norbert Just, Universität-GHS-Essen, Institut für Chemie und ihre Didaktik, Schützenbahn 70, 4300 Essen 1

0. Vorbemerkung

Im Jahre 1903 wurde Julius Wagner in Leipzig auf den ersten Lehrstuhl für Didaktik der Chemie berufen. In seiner Antrittsvorlesung sagte er über Rudolf Arendt:

Rudolf Arendt läßt sich kennzeichnen als ein Lehrer, der darauf bedacht ist, die Chemie um ihrer selbst und ihres erziehlischen Inhaltes halber in den allgemeinen Rahmen des erziehenden Unterrichts als berechtigtes Mitglied einzuführen. Jede Methodik des chemischen Unterrichts wird an ihm anschließen müssen.

Und weiter führte er aus:

... daß Arendt aus der Chemie, wie sie zur Zeit der Aufstellung seines Lehrganges vorhanden war und die er voll beherrschte, alles hervorgehoben hat, was ihm wesentlich und für einen allgemein erziehlischen Unterricht geeignet zu sein schien, und dies nach allgemeinen methodischen Grundsätzen verarbeitete. (1)

1905 schrieb Wilhelm Ostwald in den Unterrichtsblättern des Deutschen Vereins zur Förderung des mathematischen und Naturwissenschaftlichen Unterrichts:

... jeder Versuch, in der Schule nach einem solchen Schema [Ostwald meint hier die Orientierung an der Stoffsystematik, N.J.] zu unterrichten, mußte einen denkenden Lehrer von dessen Unbrauchbarkeit überzeugen. So finden sich denn auch die Reformbestrebungen dort ein, wo der Lehrer unmittelbar die Aufnahme des Lehrstoffes durch den Schüler von Stunde zu Stunde beobachten kann und muß: in der Schule. Auf diesem Gebiet hat sich namentlich der vor kurzem verstorbene Arendt dauernde und wesentliche Verdienste erworben. (2)

Wer ist nun Rudolf Arendt? Ein Chemiker, der eine Bedeutung für die Wissenschaft Chemie hatte? Oder ein Lehrer, der noch nach seinem Tod bis heute auf den Chemieunterricht Einfluß ausübt?

1. Die Biographie

Rudolf Arendt wurde am 1. April 1828 in Frankfurt a.d. Oder geboren. Nach dem Schulbesuch absolviert er zunächst eine Apothekerlehre, die er jedoch wieder abbricht, um dann zunächst als Buchbinder und später als Stenograph zu arbeiten. Neben dieser Arbeit bereitet er sich auf ein Studium vor und erwirbt 1852 ein Rektoratsexamen, 1854 das Maturitätsexamen und beginnt das Studium der Mathematik und Naturwissenschaften in Leipzig. Von 1856 an arbeitet Rudolf Arendt als Assistent von Wilhelm Knop an der Landwirtschaftlichen Versuchsanstalt in Möckern und wird 1859 promoviert mit einer Dissertation über das Wachstum der Haferpflanze. Einer Pflanzenphysiologischen Untersuchung über Aufnahme, Verteilung und Wanderung der Nahrungsstoffe. 1862 übernimmt Rudolf Arendt eine Lehrerstelle für Naturwissenschaften, Technologie und Warenkunde an der öffentlichen Handelslehranstalt zu Leipzig. Zur gleichen Zeit tritt er die Nachfolge W. Knops in der Redaktion des Chemischen Centralblattes an. Die Lehrerstelle behält Rudolf Arendt bis zu seinem 70. Geburtstag. Das Chemische Centralblatt wurde 1897 von der Deutschen Chemischen Gesellschaft übernommen, die Redaktion jedoch bei Rudolf Arendt bis zu dessen Tod 1902 belassen. (3)

2. Die Publikationen

Die von Rudolf Arendt veröffentlichten Arbeiten lassen sich in zwei Bereiche aufteilen:

- die Publikationen zur Pflanzenphysiologie;
- die Publikationen zum chemischen Lehrgang.

2.1. Pflanzenphysiologie

Die Arbeiten zur Pflanzenphysiologie sind entstanden während Rudolf Arendt als Assistent von Wilhelm Knop in Möckern beschäftigt war (4). Über ihre Bedeutung schrieb Etzold in den Berichten der Deutschen Chemischen Gesellschaft: Rudolf Arendt "...nahm als Assistent an ... [Knops, N.J.] epochemachenden agriculturchemischen Untersuchungen den lebhaftesten Antheil." (5)

Große Anerkennung erreichte Rudolf Arendt auch durch die Redaktion des Chemischen Centralblattes.

2.2. Das Unterrichtswerk

Von 1862 an entwickelt Rudolf Arendt seinen Lehrgang für den Chemischen Unterricht.

Um Rudolf Arendts Lehrgang eingehender charakterisieren zu können, möchte ich einige Bemerkungen zu der Entwicklung des Schulsystems in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts machen.

Der radikale politische, wirtschaftliche und soziale Wandel dieser Zeit übt auch einen Einfluß auf das Schulsystem aus. Er findet seinen Niederschlag in der Rivalität von Gymnasium und Universität auf der einen Seite, den Realgymnasien, Oberrealschulen und den Technischen Hochschulen auf der anderen Seite. Chemie wurde mit der Unterrichts- und Prüfungsordnung von 1859 obligatorisches Pflichtfach an den Realschulen in Preußen. Die Lehrpläne von 1882 und 1892 bedeuten für den Chemieunterricht keine weitere Aufwertung. Erst die Reform von 1901 stellt die Realgymnasien und die Oberrealschulen den Gymnasien gleich und beendet so wenigstens vordergründig den Streit zwischen humanistischer und realistischer Bildung.

Diesen Konflikt greift Rudolf Arendt auch bei der Begründung seines Lehrganges 1868 auf:

Die Chemie, in unserem Jahrhundert erst zur Wissenschaft gediehen, hat doch trotz dieser kurzen Zeit ihres Bestehens einen so raschen und gedeihlichen Aufschwung in der Entwicklung genommen, und so entscheidend und fördernd in unsere Culturzustände eingegriffen, daß auch die Schule diesen Erfolgen Rechnung tragend, schon vor Decennien daran gedacht hat, ihr eine Stelle im Unterrichtsplane einzuräumen. Allein wenn auch hierdurch ein erster Schritt ... gethan ist, so läßt sich doch bei einer eingehenden und vorurtheilsfreien Prüfung der bestehenden Verhältnisse das Ungenügende derselben leicht erkennen. (6)

Bereits am Anfang seines Werkes stellt Rudolf Arendt zwei Aspekte heraus. Der Bedeutung der Chemie als Wissenschaft und Industrie muß in der Schule Rechnung getragen werden - und es bedarf außerdem einer Methode, die dem Chemieunterricht angemessen ist.

Nach welchen Kriterien muß sich eine solche Methode richten? Die Antwort auf diese Frage gibt Rudolf Arendt 1868 nur ansatzweise: "Allein was gerade der chemische Unterricht in formaler Beziehung zu leisten im Stande ist, [ist die] Anleitung und Uebung im Denken [und] im Forschen nach realen Ursachen zu geben." (7) Und an anderer Stelle: "Cultur der sinnlichen Anschauung soll ... die Hauptaufgabe sein." (8)

Erst 13 Jahre später, 1881, weitet Rudolf Arendt diese formale Begründung weiter aus. Diese Tatsache muß im Zusammenhang mit dem sich immer weiter verschärfenden Konflikt zwischen "Humanisten" und "Realisten" gesehen werden. Rudolf Arendt schreibt zu diesem Streit:

Das Problem, welches zu lösen ist, kann nur darin bestehen, den Naturwissenschaften an der Erziehung einen geeigneten Antheil einzuräumen und zu sichern, und die Bildungselemente, die sie in sich schließen, für den Unterricht zur vollen Entfaltung zu bringen. (9)

Welche Bildungsziele kann der Chemieunterricht erreichen? Rudolf Arendt greift auf das von Herbart entwickelte Begriffssystem zurück. Er zeigt

auf, welche Bedeutung Anschauung, Beobachtung und Begriffsbildung im Chemieunterricht haben. Der Schüler besitzt aus seiner Alltagserfahrung keine Vorstellung von chemischen Prozessen. Er hat zwar eine große Anzahl von Begriffen gebildet und Beobachtungen gemacht, die er allerdings nicht in einen chemischen Kontext einordnen kann. Durch die Beobachtung am Experiment wird aus der Anschauung eine klare Vorstellung gewonnen. Grundlage dazu sind Analogien und die Hypothesenbildung die auf Induktion und Deduktion beruht. Arendt beruft sich zur Begründung dieses Zieles auf den Schulpädagogen Keferstein:

Er ist [der naturwissenschaftliche Unterricht] eine vorzügliche Schule der Klarheit und Bestimmtheit in der Anschauung, Beobachtung und Wahrnehmung, im Vorstellen und Denken; ...; ein solches exaktes auf Empirie gebautes geistiges Arbeiten ist als ein gesundes Bad der Seele hoch zu schätzen. (10)

Durch Anschauung, Beobachtung und Begriffsbildung wird beim Schüler Kritikfähigkeit und logisches Denken geschult. Gerade in diesen formalen Zielen sieht Rudolf Arendt den entscheidenden Vorteil der Naturwissenschaften gegenüber den Geisteswissenschaften und Sprachen:

... doch stehen auch hier wieder die Naturwissenschaften den Geisteswissenschaften insofern gegenüber, als letztere mit der Abstraktion aus abstrakten Begriffen zu thun haben, und in der Folge dessen eine bedeutend höhere Anforderung an den Verstand machen als erste, welche nur das sinnlich Wahrgenommene zu ordnen und zu sichten haben. (11)

Die These, die Ausweitung der formalen Begründung kann als Folge der Auseinandersetzung zwischen realistischer und humanistischer Bildung gesehen werden wird durch die folgenden Fakten weiter belegt. 1887 erscheint die Schrift 'Methodischer Lehrgang der Chemie' (12). Rudolf Arendt zeigt mit ihr den möglichen Verlauf des Chemieunterrichts nach seiner Methode auf und belegt so anschaulich seine Forderungen. 1895 veröffentlicht Rudolf Arendt zwei weitere Schriften, die ausschließlich die theoretische Begründung seines Lehrganges aufgreifen (13). Aber auch im Aufbau seiner Lehrbücher spiegelt sich dieser Konflikt wider:

... So trat von Anfang der achtziger Jahre insofern eine Änderung ein, als durch Abänderung der Lehrpläne der chemische Unterricht gekürzt wurde. (!) Hieraus erwuchs für den Verfasser die Nöthigung auch den materiellen Inhalt seiner Lehrbücher in entsprechender Weise zu kürzen, ohne jedoch dem logischen Zusammenhang der Methode dabei Abbruch zu thun. (14)

3. Der Lehrgang

Wie sieht nun der methodische Lehrgang aus, der durch diese Schriften präsentiert wird? Chemieunterricht soll sich nach dem Konzept Arendts über die gesamte Dauer der Schulzeit erstrecken. Umfang und Inhalt werden durch die jeweilige Schulform bestimmt. Der gesamte Lehrgang

besteht aus 3 Stufen. Diese Teile sind unabhängig voneinander, sie bauen jedoch aufeinander auf.

Die erste Stufe, der Elementarunterricht, ist festgelegt vom 6. bis zum 11. Lebensjahr. Ziel ist es, die Vorstellungswelt des Kindes zu erweitern. Der Unterricht beginnt mit dem Lösungsverhalten unterschiedlicher Stoffe. Er geht von den gebräuchlichsten Stoffen und Lösungsmitteln des Alltags aus und leitet zu unbekannteren Stoffen über. Abgeschlossen wird der Gang mit den Eigenschaften der Metalle. Die Schüler sollen Erfahrungen sammeln und dabei lernen einzelne Erscheinungen vorauszusagen. Alleiniges Ziel dieser ersten Stufe ist die Übung in der Anschauung und die Erweiterung der Vorstellung des Schülers. Die Ursachen der beobachteten Prozesse werden in dieser Stufe nicht geklärt. Die eigentliche Deutung der Erscheinungen erfolgt erst in der zweiten Stufe.

Die zweite Stufe, der theoretisch-erklärende Unterricht, erstreckt sich vom 11. bis zum 16. Lebensjahr. Der Unterricht geht nun von den bekannten Stoffen aus und stellt die Frage nach dem 'Warum'. Grundlage für den Unterricht ist die Hypothesenbildung. Der Lehrgang in dieser zweiten Stufe ist in 5 Abschnitte unterteilt, die durch bestimmte Reaktionen charakterisiert sind:

- Der erste Abschnitt handelt von den Oxidationserscheinungen und den Oxiden, d.h. von dem Verhalten des Sauerstoffs zu den übrigen Elementen.
- Der zweite Abschnitt umfaßt den Aufbau binärer Verbindungen. Er erweitert den ersten Abschnitt, indem neben dem Sauerstoff jetzt auch die Reaktionen der aus dem ersten Abschnitt bekannten Elemente mit Chlor und Schwefel durchgeführt werden. An die Synthese dieser Verbindungen schließt sich deren Analyse an. Das bedeutet in diesem Fall die Reduktion der entstandenen Chloride, Oxide und Sulfide.
- Im dritten Abschnitt werden Salze als Verbindungen höherer Ordnung behandelt, ihre Bildung aus Säuren und Laugen und die Reaktionen von Metallen mit Säuren und Laugen.
- Im vierten Abschnitt werden partielle Reduktionen der nun bekannten Verbindungen durchgeführt. Diese Reaktionen unterscheiden sich von den bereits bekannten, da sie mehr als einfache Additions- bzw. Substitutionsreaktionen darstellen.
- Im fünften Abschnitt werden noch einmal die Wasserstoffverbindungen der Metalloide behandelt. Die Valenzen einzelner Elemente bestimmt und so zum Periodensystem übergeleitet. Gleichzeitig kann über die Wasserstoffverbindungen des Kohlenstoff an die organische Chemie angeknüpft werden. (15)

An diese theoretische Bearbeitung schließt in der dritten Stufe die chemische Praxis an. Hier werden die Grundlagen der analytischen Chemie und die Darstellung einfacher Präparate durchgeführt.

Von diesen drei Stufen wurde die 3. Stufe, die chemische Praxis, nie bearbeitet. Auch die 'Materialien für den Anschauungsunterricht' erhielten keine Neubearbeitung (16). Nur für die 2. Stufe, der theoretisch erklärende Unterricht, gibt es mehrere Bearbeitungen. Sie hat im Schulalltag Bedeutung erlangt: Wird von dem methodischen Lehrgang gesprochen, ist damit vor allem dieser theoretisch erklärende Unterricht, gemeint.

4. Die Rezeption des Lehrgangs

Welche Resonanz hat dieser Lehrgang in der Schulpraxis gefunden? Diese Frage soll mit Hilfe von Abhandlungen, die als Beilagen zu den Schulprogrammen verfaßt wurden, beantwortet werden.

Zunächst zwei Meinungen die eine methodische Bearbeitung ablehnen. L. Knöpfel entwirft einen Unterrichtsgang nach einem historisch genetischen Konzept (17). Eine methodische Bearbeitung ist wegen ihres synthetischen Aufbaus abzulehnen. Indem Arendt die Oxidationserscheinungen an den Anfang des Unterrichts setzt, greift er ein Thema auf, das in der historischen Entwicklung der Chemie lange umstritten war. Deshalb darf der Unterricht in der Chemie nicht mit den Oxidationserscheinungen beginnen. D. Gerhards gibt in seiner Programmschrift ein Referat der Direktorenkonferenz Elsaß-Lothringens wider (18). Diese spricht sich für eine rein systematische Behandlung des Stoffes aus: "Im System zusammengehöriges ist im Arendtschen Grundriss zu weit auseinandergezogen ... Das induktive Verfahren bedingt einen langsamen, schleppenden Gang."

Eine andere Meinung vertritt K. Büchel (19). Für ihn ist die Arbeit Arendts bahnbrechend: "Der Arendtsche Lehrgang ist einfacher, da ganz allmählich zu schwierigen Reaktionen fortgeschritten wird, leicht faßlich und übersichtlich." Büchel spricht sich dafür aus, den Lehrgang an allen Hamburger Schulen einzuführen. E. Wickel spricht Arendt das Verdienst zu, den methodischen Unterricht begründet zu haben (20). Mit Hilfe des Lehrgangs lernt der Schüler in chemischen Kategorien zu denken. Gegen den Lehrgang Arendts spricht für Wickel der große Zeitbedarf. W. Möhring vertritt einen ähnlichen Standpunkt wie E. Wickel (21). Er greift die didaktischen Grundsätze Arendts auf, um einen eigenen Lehrgang zu entwickeln. O. Lubarsch entwickelt einen Lehrgang, der zunächst die Methode Arendts aufgreift, um nach der methodischen Einführung eine Stoffvermittlung nach dem systematischen Unterricht durchzuführen (22).

Die letzte Programmschrift die ich hier vorstellen will, unterscheidet sich von den vorherigen, indem P. Wangemann seine Erfahrungen mit der Durchführung des Arendtschen Lehrgangs schildert (23). Als positiv bewertet er die Anordnung des Stoffes. Der 'Grundriss der anorganischen

Chemie' war für ihn eine Hilfe bei der Durchführung des Unterrichts. Kritik übt er an der Stoffauswahl. Wangemann stellt aber gleichzeitig seine Veränderungen vor.

5. Zusammenfassung

Diese Schulprogrammschriften zeigen, daß nach dem Arendtschen Lehrgang tatsächlich unterrichtet und über ihn diskutiert wurde. Von den durch Arendt entwickelten Materialien gingen auch Impulse aus. Beispiele sind die Arbeiten von Ohmann, Wickel und Lubarsch. Sie entwickelten in der Folgezeit eigene Lehrgänge, die wesentlich durch den Einfluß Arendts geprägt wurden. Dieser Einfluß wird durch Julius Wagner folgendermaßen beschrieben:

... wenn sich jeder Hochschullehrer auch darüber klar ist, wie er Chemie zu lehren hat, so ist doch die zweite Frage, wie der chemische Unterricht sich neben anderen Fächern nach Inhalt und Form einzuordnen hat und inwiefern er überhaupt als Grundlage einer allgemeinen Erziehung wie sie das Ziel des Unterrichts an höheren Schulen sein soll, mit berechtigt ist, überhaupt bis jetzt wenig und besonders selten an Hochschulen Gegenstand der Erörterung gewesen. Noch heute zu berücksichtigen bleibt vor allem Arendts treffliche Schrift 'Bildungselemente und erzieherlicher Wert des Unterrichts in der Chemie'. (24)

- (1) Julius Wagner, Über den Anfangsunterricht in der Chemie (Leipzig 1903).
- (2) Wilhelm Ostwald, "Zur Geschichte der chemischen Lehrbücher," Unterrichtsblätter für Mathematik und Naturwissenschaften 11 (1905), S. 28.
- (3) Friedrich Etzold, "Rudolf Arendt," Berichte der Deutschen chemischen Gesellschaft 35 (1902), S. 4542.
- (4) a) Rudolf Arendt, Wilhelm Knop, "Über Bestimmung der Phosphorsäure bei Gegenwart von Eisen," Chemisches Centralblatt (1856), S. 3.
b) Rudolf Arendt, Wilhelm Knop, "Über Eigenschaften einiger Uransalze. Darstellung der Uranchlorürlösung behufs Reduktion der Eisenoxydsalze bei Bestimmung der Phosphorsäure," Chemisches Centralblatt (1857), S. 167.
c) Rudolf Arendt, Wilhelm Knop, "Bestimmung der Phosphorsäure bei Gegenwart von Kali, Natron, Kalkerde, Talkerde und Baryt," Chemisches Centralblatt (1857), S. 177.
d) Rudolf Arendt, Wilhelm Knop, "Methode der Analyse von Pflanzenaschen," Chemisches Centralblatt (1857), S. 199.
e) Rudolf Arendt, Das Wachstum der Haferpflanze. Pflanzenphysiologische Untersuchung über Aufnahme, Vertheilung und Wanderung der Nahrungsstoffe, Dissertation (Leipzig 1859).

- f) Rudolf Arendt, Wilhelm Knop, "Analyse der Blätter, Stengel, Samen von Sommerrüben," Landwirtschaftl. Versuchs-Station, Bd. I, (1859), S. 170.
 - g) Rudolf Arendt, Wilhelm Knop, "Analytische Untersuchung einer größeren Anzahl von Gräsern von verschiedenen Standorten," Landwirtschaftl. Versuchs-Station, Bd. II, (1860), S. 32.
 - h) Rudolf Arendt, Wilhelm Knop, "Verbesserte Pipette," Chemisches Centralblatt 1860, S. 243.
- (5) Friedrich Etzold (3), S. 4544.
 - (6) Rudolf Arendt, Organisation, Technik und Apparat des Unterrichts in der Chemie (Leipzig 1868), S. 1.
 - (7) Rudolf Arendt (6), S. 52.
 - (8) Rudolf Arendt (6), S. 29.
 - (9) Rudolf Arendt, Technik der Experimentalchemie (Leipzig 1881), Bd. 1, S. VIII.
 - (10) Rudolf Arendt (9), 1, S. LIII.
 - (11) Rudolf Arendt (9), 1, S. XLVI.
 - (12) Rudolf Arendt, Methodischer Lehrgang der Chemie (Halle 1887).
 - (13) a) Rudolf Arendt, Didaktik und Methodik des Chemieunterrichts (München 1895),
b) Rudolf Arendt, Bildungselemente und erzieherischer Wert des Unterrichts in der Chemie an niederen und höheren Lehranstalten (Hamburg 1855),
 - (14) Rudolf Arendt (13, a), S. 9.
 - (15) Eine ausführliche Beschreibung dieser Stufen gibt Rudolf Arendt in folgenden Schriften,
 - a) Rudolf Arendt, Lehrbuch der anorganischen Chemie nach den neuesten Ansichten der Wissenschaft auf rein experimenteller Grundlage für höhere Lehranstalten und zum Selbstunterricht methodisch bearbeitet (Leipzig 1868),
 - b) Rudolf Arendt, Grundriss der anorganischen Chemie, für mittlere und höhere Schulen und für Lehrerseminare (Leipzig 1876),
 - c) Rudolf Arendt, Grundzüge der Chemie (Hamburg 1884),
 - d) Rudolf Arendt, Leitfaden für den Unterricht in der Chemie (Hamburg 1884),
 - e) Rudolf Arendt, Methodischer Lehrgang der Chemie, Durch eine Reihe zusammenhängender Lehrproben dargestellt für angehende Lehrer und Schülamskandidaten (Halle 1887).
 - (16) Rudolf Arendt, Materialien für den Anschauungsunterricht in der Naturlehre (Leipzig 1869).
 - (17) Ludwig Knöpfel, Über die Verwertung des geschichtlichen Elements im chemischen Unterricht (Worms 1893).
 - (18) Dietrich Gerhard, Die Stellung der Chemie im Lehrplan der höheren Schulen (Gebweiler 1878).
 - (19) Karl Büchel, Über die Methodik des chemischen Unterrichts an den höheren Bürgerschulen (Hamburg 1891).
 - (20) Eduard Wickel, Über die Entwicklung des chemischen Unterrichts (Wiesbaden 1893).

- (21) Wilhelm Möhring, Über den chemischen Unterricht an Realschulen (Berlin 1895).
- (22) Oskar Lubarsch, Über Methodik und Umfang des chemisch-mineralogischen Unterrichts auf Realgymnasien (Berlin 1891).
- (23) Paul Wangemann, Bemerkungen zum chemischen Unterricht nach der Arendt'schen Methode (Sprottau 1893).
- (24) Max Verworn, Beiträge zur Frage des naturwissenschaftlichen Unterrichts an den höheren Schulen (Jena 1904).