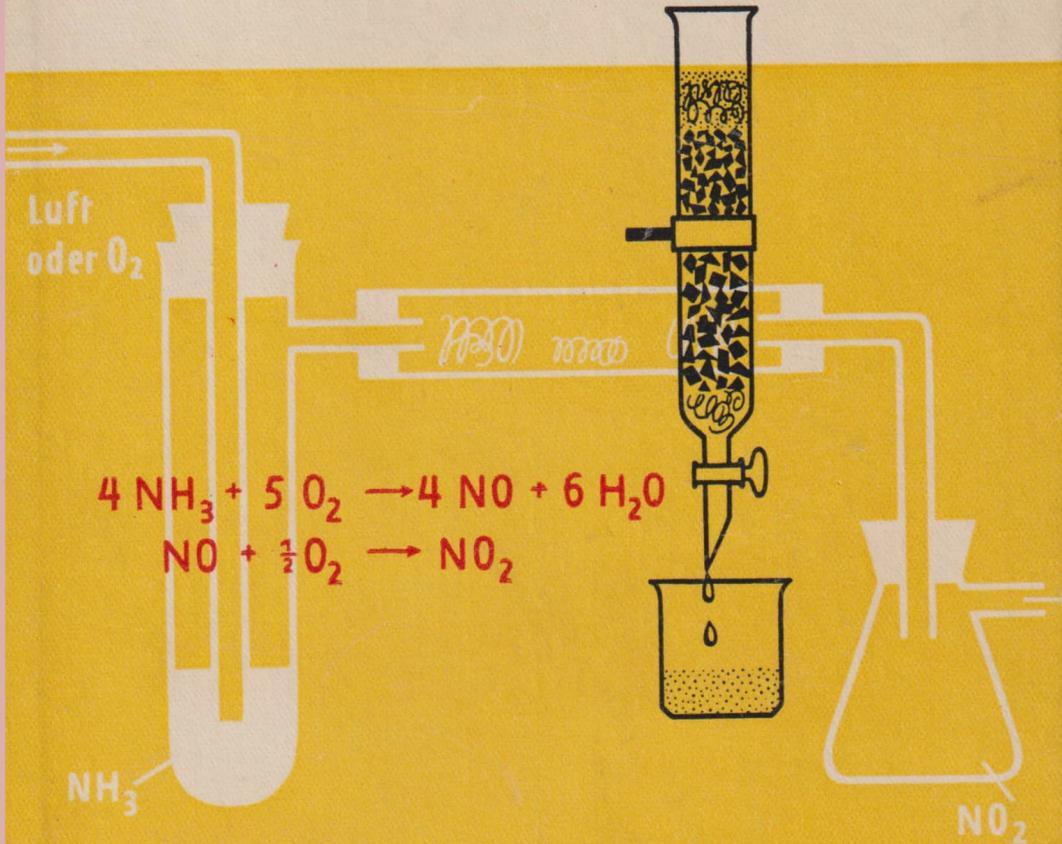


# Schülerübungen im Chemieunterricht



DR. CHARLOTTE HEYER

**Schülerübungen  
im Chemieunterricht  
der allgemeinbildenden Schule**

Herausgegeben  
vom Deutschen Pädagogischen Zentralinstitut  
Abt. Polytechnische Bildung



VOLK UND WISSEN VOLKSEIGENER VERLAG BERLIN · 1959

Bei dieser Veröffentlichung wurde Material der 1956 von der Karl-Marx-Universität Leipzig angenommenen Dissertation „Über Schülerübungen im Chemieunterricht der deutschen demokratischen Schule“ verwendet.

Umschlag: Günther Klaus

ES 10 A/10 C • Best.-Nr. 27075-1 • Lizenz Nr. 203 • 1000/58 (E)  
Satz und Druck: Druckerei Fortschritt Erfurt, Werk II

Die Hände belehren den Kopf,  
danach belehrt der klug gewordene Kopf die Hände,  
und geschickte Hände tragen von neuem sogar  
stark zur Entwicklung des Gehirns bei.

*Gorki*

## **Vorwort**

Die allseitige Verwirklichung der polytechnischen Bildung erfordert auch wesentliche Veränderungen des naturwissenschaftlichen Unterrichts in der deutschen sozialistischen Schule. Neben der engen Verbindung der naturwissenschaftlichen Erkenntnisse mit ihrer Anwendung in der Produktion kommt dabei den Schülerübungen eine große Bedeutung zu.

Viele Chemielehrer haben in den letzten Jahren erfolgreich Wege gesucht und gefunden, wie sie die Schülerübungen zu einem festen Bestandteil des Chemieunterrichts machen können. Zahlreiche Einzelveröffentlichungen in den Fachzeitschriften spiegeln diese Bemühungen wider. Mit der vorliegenden Schrift soll den Chemielehrern ein zusammengefaßtes Material in die Hand gegeben werden, das die systematische Einführung von Schülerübungen im Chemieunterricht in allen unseren Schulen unterstützen und damit der weiteren Verbesserung der polytechnischen Bildung dienen soll.

Berlin, September 1958

Deutsches Pädagogisches  
Zentralinstitut  
Abt. Polytechnische Bildung

## Einleitung

Die neuen Aufgaben, die der V. Parteitag der Sozialistischen Einheitspartei Deutschlands der Volksbildung in der Deutschen Demokratischen Republik gestellt hat, leiten sich aus der Tatsache ab, daß wir jetzt daran gehen, den Sozialismus in unserem Lande zum Siege zu führen. Das erfordert eine qualitative Veränderung der gesamten Schularbeit und den Übergang von der antifaschistisch-demokratischen Schule zur sozialistischen Schule. Es ist die Aufgabe der deutschen sozialistischen Schule, die Schüler von heute so auszubilden und zu erziehen, „daß sie den vielfältigen Anforderungen des Lebens in der sozialistischen Gesellschaft von morgen gerecht werden, die Arbeit lieben und treu zur Arbeiter- und Bauern-Macht stehen“.<sup>1</sup>

Dazu muß der Unterricht auf der Grundlage der fortgeschrittensten Wissenschaft erteilt und ein hohes wissenschaftliches und kulturelles Niveau der gesamten Erziehungsarbeit gesichert werden. Im Zusammenhang damit müssen die jungen Menschen eine sozialistische Weltanschauung erwerben, zur sozialistischen Moral erzogen werden und eine gezielte polytechnische Bildung erhalten.

Unter diesen Aufgaben der sozialistischen Erziehung kommt der polytechnischen Bildung zweifellos die größte Bedeutung zu. „Die Kernfrage bei der Weiterentwicklung des Schulwesens ist die Einführung des polytechnischen Unterrichts und die Erziehung der Kinder zur Liebe für die Arbeit und die arbeitenden Menschen.“<sup>2</sup>

Durch die polytechnische Bildung wird eine enge Verbindung von Theorie und Praxis hergestellt. Der gesamte Bildungs- und Erziehungsprozeß wird mit der gesellschaftlichen Praxis, mit den revolutionären Kämpfen der Arbeiterklasse und der sozialistischen Produktion unmittelbar verbunden.

Der Inhalt der polytechnischen Bildung wurde auf der Schulkonferenz der SED folgendermaßen charakterisiert:

„Die Schüler machen sich die allgemeinen wissenschaftlichen Grundsätze aller Produktionsprozesse zu eigen, lernen das gesamte System der Produktion überschauen, gewinnen die notwendigen elementaren, technischen, vor allem aber technologischen, volkswirtschaftlichen, ökonomischen, sozialen und politischen Einsichten, die alle zusammen unsere

<sup>1</sup> W. Ulbricht: Referat auf dem V. Parteitag der SED. „Neues Deutschland“, Berlin, vom 12. 7. 1958, S. 4.

<sup>2</sup> W. Ulbricht: A. a. O., S. 4.

sozialistische Produktion kennzeichnen. Diese Grundzüge der Technologie, der Organisation und der Ökonomik der sozialistischen Produktion erwerben sie nicht nur im Unterricht, sondern auch praktisch durch produktive Arbeit. Sie erlernen systematisch praktische Arbeitsfertigkeiten, damit sie mit Werkzeugen und Maschinen umgehen können. Ihre mathematischen, physikalischen, chemischen und biologischen Kenntnisse vereinigen sich in der produktiven Arbeit zu Einsichten in die Überlegenheit der sozialistischen Produktion, Wissenschaft und Technik.“<sup>1</sup>

Daraus geht hervor, daß die Verwirklichung der polytechnischen Bildung mit einer Umgestaltung des gesamten Unterrichts, insbesondere aber der naturwissenschaftlichen Unterrichtsfächer, verbunden ist. Der Unterricht in Physik, Chemie und Biologie muß den Schülern die Anwendung naturwissenschaftlicher Kenntnisse und Gesetzmäßigkeiten in der Praxis zeigen, die Grundlage für eine theoretische Durchdringung der produktiven Arbeit der Schüler schaffen und die Schüler auch mit praktischen Fertigkeiten, soweit sie im Bereich dieser Disziplinen liegen, ausrüsten.

Gerade das letztere verlangt, daß in verstärktem Maße die praktischen Schülerübungen in den naturwissenschaftlichen Fächern zur Geltung kommen. Im Chemieunterricht muß an die Stelle einer vielfach noch praktizierten „Kreidechemie“ oder eines reinen Demonstrationsunterrichts ein moderner Experimentalunterricht treten, in dem die Schülerübungen einen breiten Raum einnehmen.

Die Schülerübungen geben den Schülern nicht nur Gelegenheit, aktiv durch eigene Beobachtungen, selbständiges Denken und eigenes praktisches Arbeiten tätig zu sein, sondern gestatten ihnen gleichzeitig, theoretische Erkenntnisse und Einsichten an der Praxis des eigenen Experiments zu überprüfen.

Die in der Auseinandersetzung mit dem Stoff sich entwickelnden wertvollen Fähigkeiten und Fertigkeiten stellen gleichzeitig eine wichtige Voraussetzung für die erfolgreiche Arbeit der Schüler in der Produktion dar.

Im folgenden werden auf Grund praktischer Erfahrungen, die bei Untersuchungen über Schülerübungen im Chemieunterricht gesammelt wurden, Vorschläge für den Einsatz der Schülerübungen im Chemieunterricht unterbreitet; gleichzeitig wird über Ergebnisse bei der Bildungs- und Erziehungsarbeit mit Schülerübungen berichtet.

<sup>1</sup> F. Lange: Referat auf der Schulkonferenz der SED, Beilage zur „Deutschen Lehrerzeitung“, Berlin Nr. 18/1958, S. 19.

# I. Theoretische und praktische Grundlagen

## 1. Was versteht man unter Schülerübungen?

Im Chemieunterricht nimmt das Experiment eine hervorragende Stellung ein. Es ist daher verständlich, daß das Experiment und die Art seiner Durchführung verschiedenen Abschnitten der Unterrichtsstunde das Gepräge verleihen. So spricht man zum Beispiel im Fach Chemie von Demonstrationsunterricht beziehungsweise von Schülerübungen.

Zur Zeit ist der Demonstrationsunterricht noch die vorherrschende Form. Im Demonstrationsunterricht führt der Lehrer oder in besonderen Fällen auch eine kleine Schülergruppe dem geschlossenen Klassenverband chemische Schulversuche vor, wobei vorwiegend die entwickelnde oder die mitteilende Methode angewendet wird. Dabei ist die Aufmerksamkeit aller Schüler der Klasse gleichzeitig auf das Wort des Lehrers beziehungsweise auf das demonstrierte Experiment konzentriert.

Neben dem Demonstrationsunterricht nehmen die Schülerübungen im Chemieunterricht mehr und mehr an Umfang und an Bedeutung zu. In den Schülerübungen führen alle Schüler der Klasse einzeln oder in kleinen Gruppen unter Anleitung des Lehrers gleichzeitig die Experimente durch und erwerben dabei Kenntnisse, Können, Fähigkeiten und praktische Fertigkeiten. Dabei wird vorherrschend die entwickelnde Methode eingesetzt. Während der Schülerübungen ist in den meisten Fällen die Aufmerksamkeit der Schüler auf ihr Experiment konzentriert. Lediglich beim Verwenden der getrennt-gemeinschaftlichen Arbeitsweise<sup>1</sup> wird die Aufmerksamkeit der Schüler zeitweise auf das von einer Schülergruppe vorgeführte Experiment gerichtet.

In der älteren Literatur werden die Schülerübungen häufig als Verfahren oder als Methode bezeichnet. Wir sind jedoch heute der Ansicht, daß für den erfolgreichen Einsatz der Schülerübungen umfangreiche organisatorische Voraussetzungen notwendig sind, die dazu berechtigen, die Schülerübungen als Unterrichtsform anzusprechen, und zwar werden die Schülerübungen vor allem durch die selbständige Arbeit der Schüler charakterisiert. Im Rahmen der Unterrichtsform der Schülerübungen können verschiedene Unterrichtsmethoden eingesetzt werden, vorwiegend jedoch die entwickelnde Methode. Neben dem Schülerexperiment

<sup>1</sup> Siehe dazu S. 36 ff.

werden auch andere didaktische Mittel verwendet, zum Beispiel Tafelzeichnungen, Modelle, Diapositive usw.

Der Demonstrationsunterricht wird ebenfalls als Unterrichtsform angesehen, und zwar stellt er eine besondere Form des normalen Klassenunterrichts dar, bei der das Demonstrationsexperiment von entscheidender Bedeutung ist.

Beim Erarbeiten neuen Stoffes ergibt sich häufig die Notwendigkeit, Demonstrationsversuche und Schülerexperimente innerhalb einer Unterrichtsstunde im Wechsel einzusetzen, das heißt, Demonstrationsversuche und Schülerübungen miteinander zu koppeln. In diesem Falle spricht man von dem *verwebenden Verfahren*.<sup>1</sup>

## 2. Kurzer historischer Rückblick auf die Entwicklung der Schülerübungen

Schülerübungen hat es bereits seit über 100 Jahren an verschiedenen höheren Schulen Deutschlands gegeben. Als Initiator der Schülerübungen im Chemieunterricht ist K. F. Klöden<sup>2</sup> anzusehen, der Direktor der Städtischen Gewerbeschule in Berlin war. Auf seine Anregung führte Friedrich Wöhler, der mehrere Jahre als Chemielehrer an dieser Schule wirkte, bereits 1825 Schülerübungen im Chemieunterricht ein, und zwar zunächst als fakultative Übungen ohne engen Zusammenhang mit dem Unterricht.

K. Scheid<sup>3</sup> erwähnt, daß 1839 Schülerübungen in naturwissenschaftlichen Fächern im Realgymnasium am Zwinger in Breslau veranstaltet wurden. Diese Versuche blieben jedoch vereinzelt. Erst gegen Ende des 19. Jahrhunderts, etwa ab 1880, setzten sich Schülerübungen an einer größeren Zahl von Oberrealschulen und Realschulen erster Ordnung durch, zunächst als fakultative Übungen, dann mehr und mehr eingefügt in den Chemieunterricht und damit verbindlich für alle Schüler. Dannemann, K. Scheid, R. Arendt, L. Dörmer, O. Ohmann, E. Löwenhardt und R. Winderlich haben sich neben vielen anderen um die Entwicklung der Schülerübungen in Deutschland verdient gemacht.

Die anfangs in Anlehnung an den Hochschulunterricht vorwiegend durchgeführten Analysen und präparativen Arbeiten wurden später ersetzt durch Schülerversuche, die sich aus dem laufenden Unterricht ergaben und seiner Ergänzung, Vertiefung und Festigung dienten. Nach und nach wurden die Schülerübungen ein wesentlicher Bestandteil des gesamten Chemieunterrichts.

<sup>1</sup> Der Begriff „verwebendes Verfahren“ wurde 1908 zuerst von H. Hahn im Physikunterricht eingeführt. „Ztschr. f. d. phys. u. chem. Unterricht“, 1908, S. 73. Nach unseren heutigen Erkenntnissen spricht man besser von der verwebenden Form.

<sup>2</sup> O. Ohmann: Friedrich Wöhler und K. F. Klöden in ihrem Verhältnis zu den Schülerübungen im Chemieunterricht. „Ztschr. f. d. phys. u. chem. Unterricht“, 1913, S. 48/50.

<sup>3</sup> K. Scheid: Methodik des Chemieunterrichts. Leipzig 1927, S. 104.

In Bayern hatten die Schülerübungen im Chemieunterricht bereits seit 1906 einen festen Platz an *allen* Oberrealschulen, aber auch in den übrigen Ländern waren sie um diese Zeit in den meisten Oberrealschulen und zum Teil auch in den anderen höheren Lehranstalten eingeführt.

Diese Entwicklung wurde durch den ersten Weltkrieg jäh gehemmt. Infolge Lehrermangels und Materialknappheit wurden Schülerübungen nur noch in geringem Umfang durchgeführt, setzten sich aber nach Beendigung des Krieges trotz der schwierigen Wirtschaftslage mehr und mehr durch.

Sie dienten vor allem der Förderung des Individuums. Dazu wurden die experimentellen Aufgaben häufig entsprechend den besonderen Neigungen der Schüler ausgewählt, wobei auf die vollständige und vielseitige Entwicklung praktischer Fertigkeiten bewußt verzichtet wurde.

Durch die „Richtlinien für die Lehrpläne der höheren Schulen Preußens“ wurden die Schülerübungen im Chemieunterricht im Jahre 1925 auch in den preußischen höheren Schulen als *obligatorisch* eingeführt.

Im Gegensatz zu dieser Entwicklung der Schülerübungen an den höheren Schulen ging ihre Einführung in den Volksschulen nicht gleichmäßig vor sich, sondern blieb lediglich auf einzelne größere Städte beschränkt. R. Arendt hat sich besonders um die Einführung des Chemieunterrichts und der Schülerübungen in der Volksschule bemüht, vor allem schuf er mit seinem Werk „Technik der Experimentalchemie“ (1910) die Voraussetzungen für diesen Unterricht.<sup>1</sup> Die von ihm vertretenen Forderungen führten jedoch nicht zu dem erstrebten Ergebnis, weil der Chemieunterricht in den meisten Volksschulen stets mit Pflanzen-, Tier-, Gesteins- und Menschenkunde sowie Physik zu einem Fach Naturkunde zusammengefaßt war. Die Lehrpläne wurden häufig nach dem Prinzip der Konzentration aufgestellt, so daß für einen systematischen Chemieunterricht kein Raum blieb. Aus diesen Gründen wurden Schülerübungen im Chemieunterricht nur in geringem Umfang und vereinzelt in den Volksschulen durchgeführt.

Schülerübungen in Verbindung mit einem systematischen Chemieunterricht blieben also den höheren Schulen und damit den Kindern einer kleinen, begüterten Oberschicht vorbehalten, während den Arbeiterkindern in der Volksschule ein systematischer Chemieunterricht auf wissenschaftlicher Basis, verbunden mit Schülerübungen, versagt blieb.

Damit kamen die Schülerübungen der früheren höheren Schule kapitalistischer Prägung lediglich einem kleinen Schülerkreis zugute. Da nur in einem sozialistischen Staate die Allgemeinbildung zugleich auch eine Bildung für alle ist, kann nur in einem sozialistischen Staate die polytechnische Bildung als wichtiger Beitrag einer umfassenden Allgemeinbildung für *alle* jungen Menschen verwirklicht werden, ihre Realisierung setzt also eine sozialistische Gesellschaftsordnung voraus.

<sup>1</sup> E. M. Rohloff: Lexikon der Pädagogik. Bd. III, Freiburg 1914, S. 847.

Nach 1945 stand unsere neu geschaffene deutsche demokratische Schule vor einer außerordentlich schwierigen Situation: zerstörte Schulen, zerstörte Sammlungen und ein großer Mangel an Fachlehrern, vor allem auf naturwissenschaftlichem Gebiet, machten die Durchführung des Chemieunterrichts außerordentlich schwierig. An sämtlichen Grundschulen mußte ein systematischer Chemieunterricht überhaupt völlig neu eingeführt werden. An vielen Schulen fehlten dafür jegliche Voraussetzungen. Hinzu kam, daß in den vergangenen Jahren die Vermittlung reproduzierbarer Kenntnisse überbetont wurde. Unter diesen Bedingungen wurde anfangs die Durchführung von Schülerübungen vernachlässigt. In den Chemielehrplänen von 1946 und 1947 wurden Schülerversuche nur sehr bedingt gefordert.

Inzwischen sind die materiellen Voraussetzungen für den Chemieunterricht wesentlich besser geworden. Die Oberschulen und auch der größte Teil der Grundschulen besitzen Chemieräume, zum Teil auch schon gut eingerichtete chemische Kabinette und ausreichende Sammlungen an Geräten und Chemikalien. Der Lehrermangel im Fach Chemie ist durch Direktstudium, Fachkurse, Fernstudium und Selbststudium im wesentlichen beseitigt. Auf Grund dieser Voraussetzungen wurde bereits in den Chemielehrplänen von 1951 die Entwicklung von Fertigkeiten im Gebrauch von chemischen Geräten und in der Ausführung einfacher chemischer Experimente gefordert. Diese Forderung wurde in den Direktiven für das Schuljahr 1956/57 erneut und in verstärktem Maße gestellt, und vom 1. September 1958 ab wurden Schülerübungen im Chemieunterricht als obligatorisch für den gesamten Chemieunterricht eingeführt.

### **3. Warum sind Schülerübungen im Chemieunterricht der deutschen sozialistischen Schule notwendig?**

Der nach 1945 durch Mangel an Räumen und Material charakterisierte Chemieunterricht, der in einer Reihe von Schulen von nicht genügend vorgebildeten Fachlehrern sogar zur Kreidechemie herabgewürdigt wurde, führte zwangsläufig zu einer Überbetonung der Kenntnisvermittlung und einer Vernachlässigung der Ausbildung von Fähigkeiten und Fertigkeiten und ließ vielerlei Möglichkeiten erzieherischer Einwirkung auf die Schüler ungenützt.

Daß es auch heute immer noch Chemielehrer in den Grund-, Mittel- und Oberschulen gibt, die in ihrem Unterricht die Kreidechemie gegenüber dem Demonstrationsunterricht oder den Schülerübungen bevorzugen, geschieht weniger aus Mangel an Material. Für die Kreidechemie ist es nicht notwendig, Material zu besorgen, Experimente vorzubereiten, Geräte zu reinigen und Sammlungen zu ordnen; und eine Unterrichtsstunde, in der der Stoff vorwiegend an Hand von Tafelzeichnungen dargeboten wird, verläuft in den meisten Fällen

recht glatt und reibungslos, weil sie den Schülern kaum Ansatzpunkte für selbständiges Denken und unbequeme Fragen bietet. Demgegenüber bereitet die sorgfältige Vorbereitung von Demonstrations- oder Schülerversuchen Mühe und kostet Zeit, und die Unterrichtsstunde selbst verläuft nicht so „harmonisch“ und „elegant“ wie der Kreideunterricht, weil durch die angeregte Eigentätigkeit der Schüler häufig Fragen gestellt werden, deren Beantwortung dem Lehrer Schwierigkeiten bereiten kann, oder weil von seiten der Schüler Anregungen gebracht werden, die berücksichtigt werden müssen. Trotzdem wird die Durchführung eines experimentell fundierten Chemieunterrichts unter Einbeziehung der Schülerversuche mit allem Nachdruck gefordert.

Dafür liegen vor allem folgende Gründe vor: Gemäß unserem Bildungs- und Erziehungsziel, der Erziehung zur Solidarität und zu kollektivem Handeln, der Erziehung zur Liebe zur Arbeit und zu kämpferischer Aktivität, muß man den Schülern häufig Gelegenheit geben, selbst tätig zu sein. Dabei verstehen wir unter Selbsttätigkeit des Schülers das an seine natürliche Veranlagung zur Betätigung anknüpfende eigene Mitwirken beim Erwerb der Kenntnisse, des Könnens und der Fertigkeiten sowie bei der Entwicklung seiner Fähigkeiten, wobei der Lehrer diesem Entwicklungsprozeß des Schülers Ziel und Richtung weist. Die Forderung nach Selbsttätigkeit der Schüler beruht auf der Erkenntnis, „daß die Auseinandersetzung des heranwachsenden Menschen mit der Welt ein aktiver Prozeß ist, ein Prozeß des immerwährenden Tätigseins und der Beschäftigung mit den Dingen, sei es in der Form des Denkens, Fragens, Vermutens, Beobachtens oder der manuellen Beschäftigung durch Erfassen, Probieren, Untersuchen und Handeln“<sup>1</sup>. Für die wirklich selbständigen Gedanken der Schüler bleibt im Demonstrationsunterricht oder gar in der „Kreidechemie“ wenig Raum. Anders ist es beim selbständigen Experimentieren in den Schülerübungen, wenn die Schülerversuche unter weitgehender Beteiligung der Schüler gedanklich vorbereitet und von den Schülern mit Verständnis durchgeführt werden. Hier sind die Schüler nicht nur aktiv beim Aufbau der Apparaturen und bei der Durchführung der Versuche beteiligt, sondern sie sind auch daran interessiert, selbst Vermutungen zur Lösung eines aufgeworfenen Problems anzustellen, Vorschläge zu machen für die durchzuführenden Versuche, möglichst selbständig die Apparatur dazu zu entwickeln und nach der Durchführung des Versuchs die Ergebnisse auszuwerten und in Verbindung mit den bereits vorhandenen Kenntnissen und Fähigkeiten die notwendigen Folgerungen daraus zu ziehen. Es wird im Chemieunterricht immer wieder beobachtet, daß die manuelle Tätigkeit auch die Tätigkeit der Sinnesorgane und das Denken der Schüler aktiviert. So wird bei der Durchführung von Schülerübungen häufig festgestellt, daß vor allem diejenigen Schüler bei der Beschreibung und

<sup>1</sup> H. Grimmer: Die didaktischen Prinzipien im Physikunterricht, Handbuch der Physikmethodik (unveröffentlicht), S. 92.

Auswertung der Beobachtungen aktiv beteiligt sind, die den Versuch selbst durchgeführt haben.<sup>1</sup>

Dieses aktive Tätigsein der Schüler auf geistigem und manuellem Gebiet entspricht ihrem natürlichen Streben nach Betätigung, das bei zwölf- bis vierzehnjährigen Schülern besonders ausgeprägt ist, aber auch bei älteren Schülern immer wieder in Erscheinung tritt. Daher sind die Schüler bei der Vorbereitung, Durchführung und Auswertung ihrer eigenen Versuche mit Begeisterung und starker innerer Anteilnahme dabei, sie erleben die Versuche und prägen sich die Ergebnisse der eigenen praktischen Arbeit viel stärker und nachhaltiger ein als einfach mitgeteilte Tatsachen, denn wo der Anteil sich verliert, da verliert sich auch das Gedächtnis, sagte bereits Goethe. Deshalb entscheidet die Art der Kenntnisnahme im Unterricht auch weitgehend über den Umfang und die Dauer des Behaltens. Ähnliche Beobachtungen und Erfahrungen bringt auch L. Dörmer auf Grund einer langjährigen Arbeit mit Schülerübungen in den folgenden Worten zum Ausdruck:

„Immer mehr aber hat sich die Erkenntnis durchgesetzt, daß die von den Schülern durch eigene Versuche erworbenen Kenntnisse und Fähigkeiten für sie wertvoller sind als das im Demonstrationsunterricht angeeignete Wissen, daß wichtiger als die Stoffsammlung die Arbeit am Stoff ist, bei der jeder Schüler anfassen darf und muß und mit Freuden anfaßt, wenn die Arbeit seinen Fähigkeiten angepaßt ist.

Die Erziehung zum sehenden und umsichtigen, zum handelnden und umfassenden Menschen wird durch die eigene Betätigung des Schülers in höherem Maße gefördert als durch noch so guten Demonstrationsunterricht oder gar durch Kreidechemie. Der chemische Unterricht hat in seinen praktischen Übungen ein ausgezeichnetes Mittel, an der Erziehung zum tätigen und handelnden Menschen mitzuwirken und geistige mit praktischer Arbeit in idealer Weise zu vereinen. Daher sollte es Chemieunterricht ohne praktische Schülerübungen nicht mehr geben.“<sup>2</sup>

Hinzu kommt, daß die Beobachtungen eines Stoffes oder eines chemischen Vorganges um so richtiger und vollständiger werden, je mehr Sinnesorgane bei der Aufnahme der Empfindungen beteiligt sind. Können die Schüler die Stoffe oder die chemischen Prozesse nur aus größerer Entfernung auf dem Experimentiertisch betrachten, so sind an den Beobachtungen meist nur das Auge und das Gehör beteiligt.

Führen die Schüler dagegen in den Schülerübungen die chemischen Prozesse selbständig durch, so werden nicht nur die Empfindungen durch Auge und Gehör genauer, sondern es können noch Tast-, Wärme-, Geruchs- und Geschmacksempfindungen hinzukommen, die in hohem Maße zum Entstehen genauer Beobachtungen beitragen.

<sup>1</sup> Siehe zum Beispiel A. Gaupp: Die Bildungssituation des chemischen Erstunterrichts. „Pädagogik“, Berlin 12/1949, S. 646 und N. P. Antonow: Die Entwicklung des Denkens und der Sprache beim Vorschulkind und Schulkind. Vorträge zur Anwendung der Lehre Pawlows auf Fragen des Unterrichts, Berlin 1955, S. 43.

<sup>2</sup> R. Arendt und L. Dörmer: Technik der Experimentalchemie. Heidelberg 1954, S. 4.

Die auf Grund der eigenen praktischen Arbeit gewonnenen umfassenden und gründlichen Beobachtungen bilden ein umfangreiches und ergebnisreiches Ausgangsmaterial für die sich anschließenden Denkprozesse. Wenn die Schüler zum Beispiel im chemischen Anfangsunterricht eine Reihe von Säuren oder Laugen auf ihre Eigenschaften selbst untersucht haben, dann fällt es ihnen leichter, die gemeinsamen Eigenschaften dieser Gruppen von Stoffen und damit das Wesen dieser Stoffe herauszufinden, als wenn ihnen die Versuche nur vorgezeigt würden. Damit wird ihnen der Übergang von dem, was konkret und einmalig ist, zu dem, was allgemein ist, das heißt der Übergang von den Einzel Tatsachen zu den Begriffen und damit zum abstrakten Denken, wesentlich erleichtert. Entsprechend wird das Herleiten und Bestätigen von Gesetzen durch Schülerübungen einfacher und überzeugender. Wenn zum Beispiel Versuche zur Erläuterung des Gesetzes der konstanten Gewichtsverhältnisse als Schülerübungen durchgeführt werden, so steht in der gleichen Zeit ein wesentlich größeres Zahlenmaterial zur Verfügung als im Demonstrationsunterricht.

Gibt man den Schülern Gelegenheit, sich mit dem stofflichen Geschehen in eigener praktischer Arbeit auseinanderzusetzen, so daß sie sich um den Kenntniserwerb selbständig bemühen müssen, so haften die Kenntnisse nicht nur besser, sondern aus den Kenntnissen wird auch ein Können, das heißt, die Schüler lernen dabei, ihr Wissen anzuwenden zum Erwerb neuer Kenntnisse. Gleichzeitig entwickeln sich dabei wertvolle Fähigkeiten und Charaktereigenschaften<sup>1</sup> und für die Durchführung produktiver Arbeiten im sozialistischen Landwirtschafts- oder Industriebetrieb sowie für das spätere Leben nützliche praktische Fertigkeiten<sup>2</sup>, die einen entscheidenden Beitrag zur polytechnischen Bildung darstellen und mit dazu dienen, das sozialistische Bewußtsein der Schüler zu entwickeln.

Ferner ist es notwendig, die Schüler durch Selbsttätigkeit zur Selbständigkeit zu erziehen, weil ihnen dadurch die Voraussetzungen mitgegeben werden, auch nach der Schulentlassung im späteren Leben die eigene Weiterbildung selbständig durchführen zu können.

Wir erziehen die Jugend nicht nur für die Gegenwart, sondern vor allem für die sozialistische Zukunft. Die Schüler von heute können aber als Erwachsene von morgen nur selbständig Entscheidungen treffen, wenn sie bereits in der Schule gelernt haben, selbständig zu arbeiten und auf Grund der Einsicht selbständigen Durchdenkens der Zusammenhänge verantwortungsbewußt Entscheidungen zu treffen.

Schließlich sei darauf hingewiesen, daß das praktische Arbeiten der Schüler auch dazu dient, daß der junge Mensch sich selbst genauer kennenlernt und dabei seine besonderen Neigungen, aber auch seine Schwächen erkennt.

<sup>1</sup> Näheres darüber siehe S. 77 ff.

<sup>2</sup> Näheres darüber siehe S. 91 ff.

Hinzu kommt, daß durch die Schülerübungen das Interesse der Schüler an chemischen Berufen wesentlich verstärkt wird, so daß auf diese Art der chemischen Industrie ein interessierter Nachwuchs zugeführt werden kann, und daß die bei den Schülerversuchen erworbenen praktischen Fertigkeiten dazu beitragen, erfolgreich gesellschaftlich nützliche Arbeit zu leisten und darüber hinaus dem späteren Chemiefacharbeiter, Laboranten oder Chemiker die Berufsausbildung zu erleichtern. So kann das praktische Arbeiten auch dazu dienen, dem jungen Menschen bei seiner Berufswahl behilflich zu sein und damit unserer Volkswirtschaft auf kürzestem Wege die Fachkräfte zuzuführen, die sie benötigt.

Die in den vorausgehenden Ausführungen dargestellte Bedeutung der Schülerübungen für die Verbesserung der Bildungs- und Erziehungsarbeit im Chemieunterricht ist den meisten Chemielehrern der Deutschen Demokratischen Republik bekannt. Trotzdem geht eine Anzahl von Chemielehrern auch heute noch sehr zögernd an die Arbeit mit Schülerversuchen heran. Als Grund dafür wird neben äußeren Mängeln, wie ungeeignete Räume, Fehlen der notwendigen Einrichtungen, Geräte und Chemikalien, und Überlastung der Stoffpläne auch die Meinung geäußert, daß die Erfolge mit Schülerübungen nicht groß genug seien, um den Mehraufwand an Zeit und Kraft zu rechtfertigen. Erst in der letzten Zeit wurde von einigen Lehrern bei der produktiven Arbeit ihrer Schüler in sozialistischen Betrieben die Bedeutung der Schülerübungen für die Vorbereitung auf die Arbeit im Betrieb erkannt.

Wir haben es als unsere Aufgabe angesehen, zu untersuchen, wie die in der früheren höheren Schule entwickelte Unterrichtsform der Schülerübungen in der deutschen sozialistischen Schule eingesetzt beziehungsweise modifiziert werden muß, damit das von unserem Arbeiter- und Bauern-Staat gestellte Bildungs- und Erziehungsziel der Entwicklung allseitig gebildeter junger Menschen erreicht werden kann. Dabei wurde besonderer Wert darauf gelegt, die erzieherische Bedeutung der Schülerübungen im Sinne der sozialistischen Erziehung herauszuarbeiten.

Bevor über diese Ergebnisse<sup>1</sup> berichtet wird, werden einige Ausführungen über organisatorische Voraussetzungen für die Durchführung von Schülerübungen sowie über ihre Einsatzmöglichkeiten in den verschiedenen Unterrichtsgliedern der Unterrichtsstunde vorausgeschickt.

#### **4. Organisatorische Voraussetzungen für die Durchführung von Schülerübungen**

Für ein geordnetes Arbeiten mit Schülerübungen sind verschiedene materielle Voraussetzungen an Räumen, Geräten und Chemikalien sowie eine Reihe organisatorischer Maßnahmen notwendig, über deren Umfang die Ansichten in der älteren Literatur und auch in den Veröffentlichungen

<sup>1</sup> Siehe Abschnitt III, S. 64 ff.

der letzten Jahre weit auseinandergehen. Erstrebenswert ist das chemische Kabinett, in dem neben dem Unterrichts-, Vorbereitungs- und Sammlungsraum ein besonderer Raum für Schülerübungen zur Verfügung steht.

Die Einrichtung solch eines Übungsraumes wird zum Beispiel bei Arendt-Dörmer<sup>1</sup> beschrieben. W. Flörke<sup>2</sup> dagegen spricht sich für die Einrichtung eines Lehrübungssaales aus. W. Meusel<sup>3</sup> schildert die Einrichtung eines Raumes für Schülerübungen, für den ein großer Arbeits- und Zeitaufwand aufgebracht wurde.

Da das chemische Kabinett in den meisten Schulen zur Zeit aus verschiedenen Gründen noch nicht eingerichtet werden kann, halten wir es zunächst für erforderlich, den in den Schulen vorhandenen Chemieraum auch für die Durchführung von Schülerübungen herzurichten, so daß er sowohl dem Demonstrationsunterricht wie auch den Schülerübungen dienen kann.

Auf Grund unserer praktischen Erfahrungen machen wir für die Einrichtung des Chemieraumes sowie für die Vervollständigung der Sammlungen folgende Vorschläge:

#### 4.1 Einrichtung der Räume

Für die Durchführung von Schülerübungen im Chemieunterricht ist ein Chemiezimmer notwendig, in dem sowohl der Demonstrationsunterricht wie auch die Schülerübungen durchgeführt werden können. Die Größe des Raumes soll nach Möglichkeit  $6 \times 9,50 \text{ m}^2$  betragen, die Verteilung der Einrichtungsgegenstände kann auf folgende Art vorgenommen werden:

Eine ähnliche Einrichtung schlägt auch W. Masur<sup>5, 6</sup> vor.

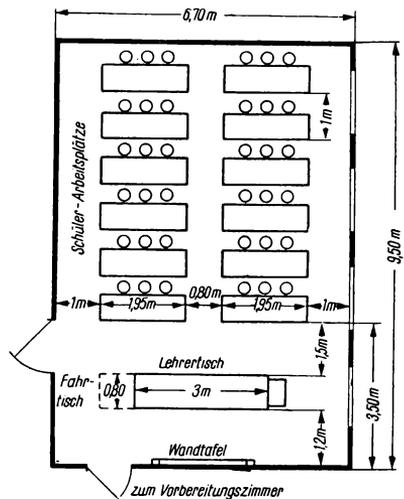


Abb. 1 Unterrichts- und Übungsraum für Chemie und Physik<sup>4</sup>

<sup>1</sup> R. Arendt u. L. Dörmer: Technik der Experimentalchemie. Heidelberg 1954, S. 21.

<sup>2</sup> W. Flörke: Methode und Praxis des chemischen Unterrichts. Heidelberg 1951, S. 27.

<sup>3</sup> W. Meusel: Wie wir Schülerübungen durchgeführt haben. „Chemie in der Schule“, Berlin, 1/1955, S. 31.

<sup>4</sup> H. Backe: Experimentiertechnik im naturwissenschaftlichen Unterricht an den berufsbildenden Schulen. Berlin 1954, S. 23.

<sup>5</sup> W. Masur: Ein Vorschlag zur Einrichtung von Chemieunterrichtsräumen. „Chemie in der Schule“, 7/1957, S. 322.

<sup>6</sup> Siehe dazu auch W. Kirschke: Zum Vorschlag zur Einrichtung von Chemieunterrichtsräumen. „Chemie in der Schule“, Berlin, 6/1958, S. 276 und H. Curth: Voraussetzungen für das Schülerexperimentieren. „Chemie in der Schule“, Berlin, 7/1958, S. 321.

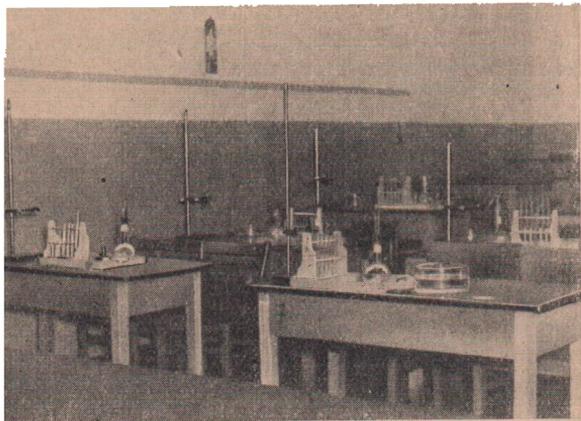


Abb. 2

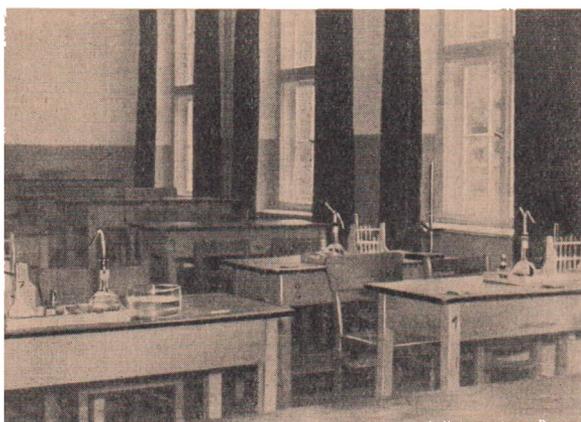


Abb. 3

Unterrichtsraum einer  
Potsdamer Mittelschule

Außer dem üblichen Lehrerelementiertisch muß er Schülerarbeits-  
tische mit *waagerechter* Tischplatte enthalten (siehe Abb. 2 und 3).

Stehen in einer Klasse oder einem Chemieraum nur die üblichen Schul-  
bänke mit schräger Tischplatte zur Verfügung, so lassen sich auch diese  
Bänke nach einem Vorschlag von G. Meyendorf<sup>1</sup> durch Anbringen eines  
schrägen Keils, der die Neigung der Tischplatte kompensiert, und durch  
Auflegen eines Tablettts passender Größe in einen Arbeitstisch mit waage-  
rechter Platte verwandeln.

G. Meyendorf schlägt vor, auf dem Tablett den Reagenzglasständer zu  
befestigen und durch Anbringen entsprechender Vertiefungen für den  
Spiritusbrenner, für Reagenzienflaschen und für ein großes Becherglas  
zum Aufnehmen der Abfälle die Standsicherheit dieser ständig ge-

<sup>1</sup> G. Meyendorf: Arbeitsbrett für Schülerversuche. „Chemie in der Schule“, 3/1957, S. 141.

brauchten Arbeitsgeräte zu erhöhen und damit die Unfallgefahren herabzumindern. Wir halten dieses Tablett bereits für zu kompliziert und schlagen vor, statt dessen ein einfaches Tablett mit erhöhtem Rand verwenden zu lassen. Keil und zugehöriges Tablett lassen sich im Werkunterricht leicht von den Schülern selbst herstellen. Ein ähnlicher Vor-

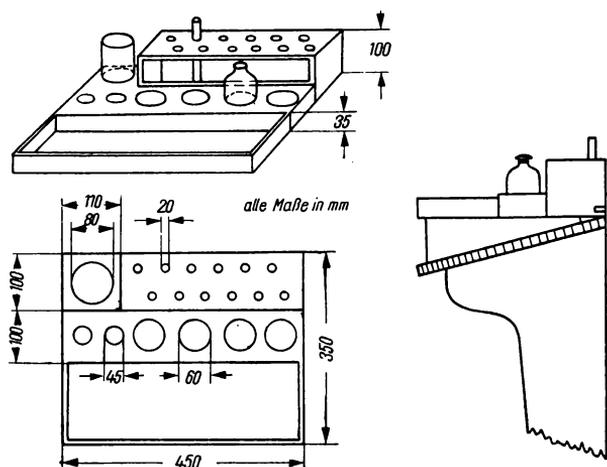


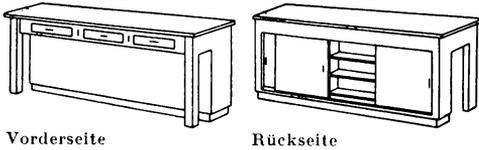
Abb. 4 Arbeitsbrett für Schülerversuche

schlag wird von O. Lange<sup>1</sup> gemacht, der im Rahmen des Werkunterrichts aus nicht mehr brauchbaren Schulbänken transportable Chemiarbeitsbretter (40 × 60 cm) herstellen ließ. In vielen Fällen wird auch der Patenbetrieb oder die Elternschaft der Schule notwendige Hilfe leisten können.

Die Tischfläche soll möglichst 0,60 × 0,60 m<sup>2</sup> je Schüler betragen. Ob dabei Tische für zwei, drei oder vier Schüler verwendet werden, hängt von der Größe des Raumes und von dem bereits vorhandenen Material ab. Bei Neuanschaffung sind Tische mit drei oder vier Schülerarbeitsplätzen zu empfehlen. Die früher auf den Schülerarbeitsplätzen vorhandenen aufgesetzten Regale halten wir in einem kombinierten Lehrübungsraum für überflüssig, weil die darin befindlichen Reagenzien für die meisten Schülerversuche gar nicht benötigt werden und weil sie dem Lehrer die Sicht und damit den Überblick über die Klasse versperren. Ob die Tische mit Schubkästen versehen sind oder nicht oder ob Tische mit halunterbauten Schränken verwendet werden, ist zunächst unwesentlich. Das Gelingen der Schülerübungen ist nicht von der mehr oder weniger gut durchdachten Konstruktion des Schülertisches abhängig, wenn auch Tische mit Unterbauten (siehe Abb. 5), in denen eine Grund-

<sup>1</sup> O. Lange: Eigenbau von Chemiarbeitstischen. „Deutsche Lehrerzeitung“, Berlin, v. 27. 7. 1957.

ausrüstung für Schülerübungen untergebracht werden kann, die Vorbereitungsarbeit des Lehrers wesentlich erleichtern und abkürzen können und daher in der Perspektive vorgesehen werden sollten, zum Beispiel in folgender Art:



Vorderseite

Rückseite

Abb. 5 Schülerarbeitstisch<sup>1</sup>

Notwendiger und wesentlicher als Tischunterbauten sind zunächst Gas-, Wasser- und Stromanschlüsse an den Schülerarbeitsplätzen. Natürlich muß notfalls auch mit Spiritusbrennern, Spritzflaschen und Batterien gearbeitet werden, wie das zum Beispiel in den meisten Grundschulklassen heute noch der Fall sein wird. Gasanschlüsse jedoch vermindern die Unfallgefahr und erweitern die Zahl der Schülerversuche auf Grund der mit dem Bunsenbrenner erreichbaren höheren Temperaturen be-

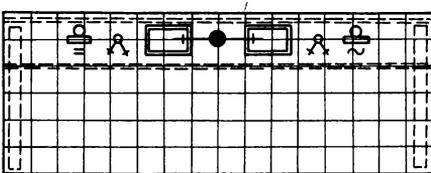
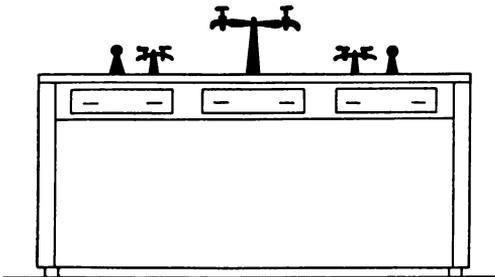


Abb. 6 Schülerarbeitstisch,  
entwickelt vom Laborbau Dresden

trächtlich. Zu empfehlen ist ein Schülertisch (drei Plätze), der in der Mitte einen abdeckbaren Ausguß mit ein oder zwei Wassersäulen sowie zwei oder vier Gas- und zwei Stromanschlüsse trägt (siehe Abb. 6).

<sup>1</sup> R. Arendt u. L. Dörmer: Technik der Experimentalchemie. Heidelberg 1954, S. 22.

Die Gas-, Wasser- und Stromzuleitungen werden zweckmäßig im Fußboden verlegt, jedoch so, daß die Anschlußstellen durch abnehmbare Deckel zugänglich gemacht werden.

Gas- und Stromzuleitungen an den Arbeitstischen müssen je eine zentrale Absperrreinrichtung in der Nähe des Lehrereperimentiertisches besitzen, so daß die Gas- und Stromzufuhr erst vom Lehrer freigegeben werden kann, wenn die notwendigen experimentellen Vorbereitungen von den Schülergruppen getroffen sind. Die mit Installation versehenen Schülertische werden durch Winkeleisen fest mit dem Boden verbunden.

Als Sitzgelegenheiten für die Schüler können Schemel mit oder ohne Lehne verwendet werden. Schemel ohne Lehne nehmen den geringsten Raum ein, weil man sie beim Experimentieren notfalls unter die Arbeitstische schieben kann.

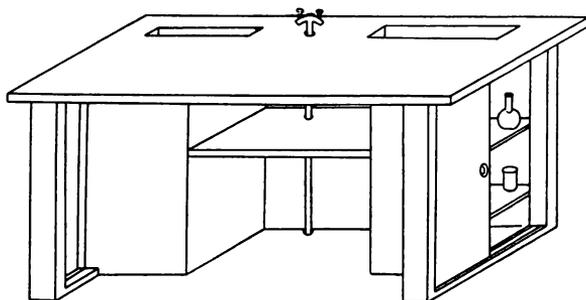


Abb. 7 Schülerarbeits-  
tisch mit Seitenschrän-  
ken nach G. Meyendorf

Enthalten die Schülertische an der Rückseite<sup>1</sup> oder an den Seitenwänden (siehe Abb. 7)<sup>2</sup> Unterbauten, so werden zweckmäßig die gebräuchlichsten Geräte für die geplanten Schülerversuche (die sogenannte Grundausrüstung) in diesen Schränkchen untergebracht. In den an der Vorderseite befindlichen Schubkästen werden die notwendigen Kleingeräte, wie Tiegelzange, Reagenzglashalter, Glasstab, Biegeröhren, durchbohrte Stopfen, Filterpapier, Indikatorpapier usw., aufbewahrt. Das gesamte Schülerplatzinventar muß in einem Inventarverzeichnis zusammengestellt sein.

Notwendige Voraussetzung für ein reibungsloses, geordnetes Arbeiten mit dem Schülerplatzinventar ist die Erziehung der Schüler zu straffer Ordnung und peinlicher Sauberkeit. Diese Erziehung muß mit der ersten Übungsstunde beginnen und muß konsequent während des gesamten praktischen Arbeitens fortgesetzt werden. So werden die Schüler zum Beispiel daran gewöhnt, die ordnungsgemäße Übernahme beziehungsweise Abgabe der Geräte in einem beiliegenden Heft zu bestätigen, nach

<sup>1</sup> Siehe Abb. 5.

<sup>2</sup> Die Abbildung wurde liebenswürdigerweise von G. Meyendorf zur Verfügung gestellt.

Beendigung ihrer Versuche die benutzten Geräte nur in gereinigtem Zustand an ihren Platz zurückzustellen beziehungsweise über eventuell beschädigte oder zerbrochene Geräte dem Lehrer sofort Mitteilung zu machen.

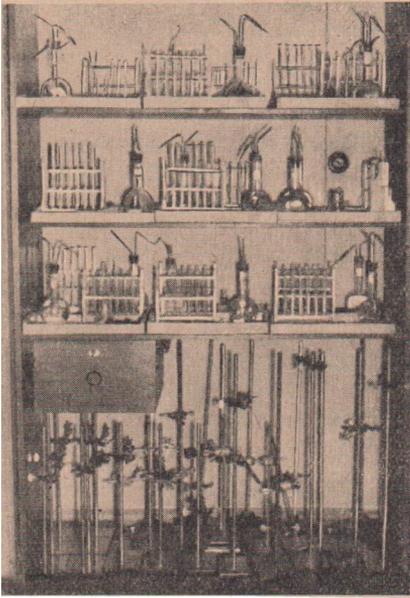


Abb. 8 Regal für Schülertabletts

In den allermeisten Schulen stehen zur Zeit Schülerarbeits-tische mit eingebauten Schränk-chen nicht zur Verfügung. In sol-chen Fällen empfiehlt es sich, die für eine Unterrichtsstunde be-nötigten Geräte und Chemikalien auf Tabletts oder in kleinen Kä-sten an die Schüler auszugeben und die für die Stunde vorberei-teten Tabletts in einem dafür vor-gesehenen Regal (siehe Abb. 8) aufzubewahren. Je nach den vorhandenen Raumverhältnissen kann dieses Regal im Klassen-raum oder in dem daneben be-findlichen Vorbereitungsraum aufgestellt werden.

Der Vorrat an Schülerarbeits-geräten wird in solchen Fällen in einem Geräteschrank unterge-bracht, etwa in der Art, wie ihn Abb. 9 darstellt.

Dabei ist eine Anordnung nach Geräten, so wie es Abb. 9 zeigt,

zweckmäßiger als eine Zusammenstellung der Geräte nach Schülerplatz-inventaren, weil die benötigte Zeit für das Heraussuchen und Einordnen der Geräte bei solcher Anordnung geringer ist.

Schließlich soll das Chemiezimmer oder der Vorbereitungsraum eine Spüleinrichtung mit mehreren Abtropfbrettern enthalten.

Beim Überblicken dieser Forderungen ergibt sich, daß jedes bereits vor-handene Chemiezimmer auch für die Durchführung von Schülerübungen verwendet werden kann, wenn nur Schülertische mit waagerechter Tisch-platte zur Verfügung stehen beziehungsweise, wenn für die schrägen Schülerbänke in Arbeitsgemeinschaften die passenden Tabletts mit dem zugehörigen Keil angefertigt werden.

In vielen Schulen wird mit Unterstützung der Patenbetriebe bezie-hungsweise der Elternschaft auch das Legen der Gas-, Wasser- und Stromanschlüsse an die Schülertische bald zu ermöglichen sein, so daß von der Einrichtung der Räume her gesehen, dem Arbeiten mit Schüler-übungen keine Hindernisse mehr im Wege stehen.

## 4.2 Umfang der Sammlungen

Viele Chemielehrer wenden sich gegen die Einführung von Schülerübungen in ihrer Schule mit der Begründung, es ständen nicht genügend Geräte und Chemikalien zur Verfügung. Dazu ist zu sagen, daß zunächst mit den Geräten, die vorhanden sind, begonnen werden sollte. Mit einem Spiritusbrenner, einigen Reagenzgläsern, einer kleinen Porzellanschale, einem Glstrichter, einem größeren Becherglas, einem großen Reagenzglas mit Seitenrohr und zugehörigem kleinem Tropftrichter sowie einigen 50 ml Reagenzienflaschen und etwas Biegerohr lassen sich zum Beispiel praktisch alle Schülerversuche im 7. Schuljahr durchführen, die in dem Lehrbuch<sup>2</sup> für das 7. Schuljahr vorgesehen sind. Diese Geräte können in mehrfacher Zahl aus dem Etat für Verbrauchsmaterial oder aus eingesparten Mitteln der Schule beziehungsweise mit Unterstützung der Elternschaft oder der Patenbetriebe ohne große Schwierigkeiten beschafft werden.

Bei der Einrichtung der Sammlungen sollte bewußt auf alles verzichtet werden, was unnötige Kosten verursacht. So wird es zum Beispiel nicht für notwendig gehalten, für die Aufbewahrung von Reagenzien, einigen Geräten und Kleingeräten einen verhältnismäßig komplizierten Kasten anzuschaffen, wie er von H. Meusel<sup>3</sup> entwickelt wurde, es sei denn, dieser Kasten würde in einer Arbeitsgemeinschaft von den Schülern selbst hergestellt.

Einfacher und daher billiger ist ein Arbeitskasten, der von A. Haucke<sup>4</sup> entwickelt wurde. Dieser Arbeitskasten (400 mm × 500 mm × 110 mm), der mit einem Einsatzkasten (465 mm × 182 mm × 50 mm) versehen

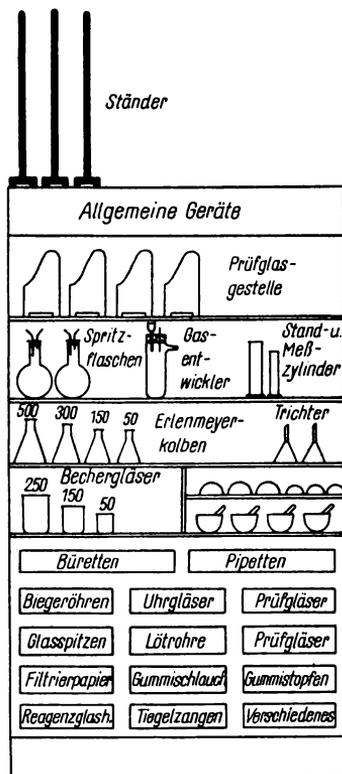


Abb. 9 Geräteschrank<sup>1</sup>

<sup>1</sup> In Anlehnung an W. Flörke: Methode und Praxis des chemischen Experiments. Heidelberg 1951, S. 28.

<sup>2</sup> Lehrbuch der Chemie für das 7. Schuljahr, Berlin 1958.

<sup>3</sup> H. Meusel: Ein neues Gerät zur Durchführung von Schülerübungen. „Chemie in der Schule“, Berlin, 2/1955, S. 91.

<sup>4</sup> Arbeitskasten für Schülerübungen nach einer freundlichen Zuschrift von A. Haucke, Weißwasser.

werden kann, ist in den Maßen so gehalten, daß er unter dem Arbeitstisch einer jeden Gruppe in einem der beiden üblichen Fächer für die Schulmappen aufbewahrt werden kann. Der Kasten enthält die Grundausrüstung für Schülerübungen; in dem Einsatzkasten werden die für die Unterrichtsstunde benötigten Chemikalien und Zusatzgeräte ausgegeben. Ein derartig einfacher Kasten kann leicht in Arbeitsgemeinschaften selbst angefertigt werden; für die Seitenwände verwendet man zweckmäßig Holz, für den Boden Preßspan-Platten. Von E. Kaeding<sup>1</sup> wird der Chemielehrbaukasten „Der kleine Experimentator“ (VEB Laborchemie Apolda) für Schülerübungen in den 7. und 8. Klassen empfohlen.

Im folgenden wird eine Zusammenstellung der Arbeitsgeräte gegeben, die in der Grund- beziehungsweise Oberschule für notwendig und ausreichend angesehen wird. Die aufgezählten Geräte sind je Arbeitsgruppe gedacht, Geräte, auf die notfalls verzichtet werden kann, werden in Klammern gesetzt.

#### 4.21 Material für die 7. und 8. Klasse

- a) Geräte:
- 1 Bunsenbrenner oder Spiritusbrenner
  - 1 Stativ mit Muffe, Klemme und Ring
  - 1 Hornschalenwaage (mit Gewichtssatz), die für physikalische, chemische und biologische Übungen angeschafft werden kann
- b) Gefäße:
- 1 Petrischale oder ein größeres weites Becherglas
  - 1 kleiner Glastrichter
  - 1 Becherglas (100 ml)
  - 1 Erlenmeyerkolben (100, 200 ml)
  - 1 einfacher kleiner Tropftrichter (oben offen)
  - 1 Glühröhr
  - 5 Pipettenflaschen (50 ml)
  - 1 Reagenzglasgestell mit 5 Reagenzgläsern (100×10 mm bzw. 160×16 mm)
  - 1 Pipette
  - 1 großes Reagenzglas mit Seitenrohr
  - 1 Tüpfelplatte mit 3 Vertiefungen
  - 1 Porzellanschale (Ø 6 cm)
  - 1 Porzellantiegel (Ø 2-3 cm) mit Deckel
- c) Kleingeräte:
- 1 Spatel
  - 1 Glasstab
  - 5 Stopfen in verschiedener Größe, zum Teil durchbohrt
  - 1 Porzellanschiffchen
  - (1 Tiegelszange)
  - (1 Reagenzglashalter)
  - (1 Verbrennungslöffel)

<sup>1</sup> E. Kaeding: Der Chemielehrbaukasten „Der kleine Experimentator“ im Unterricht. „Chemie in der Schule“, Berlin, 7/1958.

Glaswinkelrohre und Glasdüse  
Filterpapier  
Schlauchstücke verschiedener Länge  
Holzstab

Eine ähnliche Zusammenstellung für das in den 7. und 8. Klassen benötigte Material wird von A. Reinmuth<sup>1</sup> gegeben, wobei gleichzeitig auch die Bestellnummern laut Lehrmittelkatalog des volkseigenen Verlages Volk und Wissen mitgeteilt werden. Danach kostet das Platzinventar (ohne Stativmaterial) mit Bunsenbrenner 17 DM, mit Spiritusbrenner 14 DM. Für das Stativmaterial werden 6,50 DM benötigt. Ergänzend sei darauf hingewiesen, daß H. Priemer<sup>2</sup> an Stelle des teuren Stativmaterials ein aus Reagenzglasständer und Reagenzglashalter zusammengestecktes Stativ (siehe Zeichnung) für Schülerübungen vorschlägt.

Ein ähnliches Gerät wird von H. J. Lotz empfohlen.<sup>3</sup> Bemerkenswert ist eine Materialzusammenstellung von S. Wache<sup>4</sup>, der mit einem Minimum von Arbeitsgeräten auskommt und gleichzeitig an Hand von Zeichnungen Vorschläge für die Kombination der angegebenen Geräte unterbreitet.

#### 4.22 Material für die Oberschule (9.-12. Klasse)

Außer dem Grundschulmaterial wird folgendes benötigt:

- a) Geräte:                    1 Thermometer bis 106°  
(1 Thermometer mit 1/10°-Einteilung, das für biologische, physikalische und chemische Schülerübungen verwendet werden kann)  
1 Taschenlampenbatterie
- b) Glasgefäße:                2 Bechergläser (100 ml, 200 ml)  
(1 Weithalslerlenmeyer mit Vertiefung im Seitenrohr für Äquivalentgewichtsbestimmungen)<sup>5</sup>  
2 Weithalslerlenmeyerkolben (150 ml)  
(1 Bürette mit Halterung)  
1 Meßkölbchen  
1 Gasmeßgerät (Müllersche Glocke oder Gasbürette mit Niveaugefäß oder Kolbenprobergerät)  
1 Standzylinder mit Deckplatte (100-200 ml)

<sup>1</sup> A. Reinmuth: Schülerübungen im Chemieunterricht der Grundschule. „Chemie in der Schule“, Berlin, 5/1957, S. 193.

<sup>2</sup> H. Priemer: Ein praktisches Stativ für Schülerübungen. „Chemie in der Schule“, Berlin, 11/1957, S. 521.

<sup>3</sup> H. J. Lotz: Ein Universalgerät für Schülerübungen. „Chemie in der Schule“, Berlin, 6/1958, S. 240.

<sup>4</sup> S. Wache: Zur Materialbeschaffung für Schülerübungen. „Chemie in der Schule“, Berlin, 2 und 3/1958, S. 138.

<sup>5</sup> K. Stoye: Kolben zur Äquivalentgewichtsbestimmung. „Chemie in der Schule“, Berlin, 2/1954, S. 85.

- 1 Reagenzglas (100 ml) mit Einsatz für die  $\text{NH}_3$ -Synthese<sup>1</sup>
  - 1 Katalysatorrohr für katalytische Synthesen
  - 1 Kugelglührohr
  - 1 Apparat nach Hofmann für Schülerversuche (siehe Zeichnung, S. 47)
  - 1 Destilliergerät nach W. Flörke<sup>2</sup>
- c) Kleingeräte:      4 Drähte mit Krokodilsklemmen  
                              Rasierklingen

Ferner sei hingewiesen auf die Platzausrüstung, die von H. Meusel<sup>3</sup>, H. Hoffmann<sup>4</sup>, H. Curth<sup>5</sup> und W. Bindseil<sup>6</sup> vorgeschlagen werden.

#### 4.23 Benötigtes Material bei Anwendung der Halbmikromethode

Schülerübungen lassen sich „mit billigen Geräten bei geringstem Chemikalienverbrauch schnell und unfallsicher mit allen Schülern durchführen“<sup>7</sup>, wenn nach dem Vorschlag von S. Vollrath konsequent nach der Halbmikromethode gearbeitet wird. S. Vollrath<sup>7</sup> gibt eine umfassende Zusammenstellung der benötigten Kleingeräte, wobei gleichzeitig die Bezugsquellen und die Preise mitgeteilt beziehungsweise Vorschläge für die Selbstanfertigung gemacht werden. Ein großer Teil der Gerätebeschreibungen wird durch klare, übersichtliche Zeichnungen ergänzt, die es jedem Lehrer leicht machen, die vorgeschlagene Gerätesammlung anzuschaffen oder zum Teil selbst herzustellen.

Eine Platzausrüstung für Grundschulen kostet nach Angabe von S. Vollrath etwa 10 DM, für Oberschulen etwa 12 DM bis 15 DM, das heißt, die Anschaffungskosten der Schülerplatzausrüstungen werden durch Verwendung der angegebenen Kleingeräte wesentlich herabgesetzt.

Neben den geringen Anschaffungskosten wird vor allem der sparsame Chemikalienverbrauch, die schnellere Durchführung der Versuche und die erhöhte Sicherheit auf Grund der verwendeten kleinen Substanzmengen sowie die durch Verwendung sehr kleiner Flüssigkeitsmengen

<sup>1</sup> E. Rossa: Die Demonstration der industriellen Ammoniaksynthese. „Chemie in der Schule“, Berlin, 1/1956, S. 35.

<sup>2</sup> W. Flörke: A. a. O., S. 232.

<sup>3</sup> H. Meusel: Wie wir Schülerübungen durchgeführt haben. „Chemie in der Schule“, Berlin, 1/1955, S. 31.

<sup>4</sup> H. Hoffmann: Schülerübungen im Chemieunterricht an Oberschulen. „Chemie in der Schule“, Berlin, 1/1955, S. 35.

<sup>5</sup> H. Curth: Das Schülerexperiment im Chemieunterricht. „Chemie in der Schule“, Berlin, 8/1956, S. 371.

<sup>6</sup> W. Bindseil: Zur Einrichtung chemischer Arbeitsplätze. „Chemie in der Schule“, Berlin, 8/1956, S. 369.

<sup>7</sup> S. Vollrath: Die Anwendung der Halbmikromethode in Schülerübungen, Teil I. „Chemie in der Schule“, Berlin, 9/1957, S. 409.

bedingte weitgehende Unabhängigkeit von Gas- und Wasserleitung hervorhoben.

Aus all diesen Gründen ist der Anwendung der Halbmikrotechnik in den Schülerübungen unserer Grund-, Mittel- und Oberschulen eine möglichst weite Verbreitung zu wünschen.

#### 4.24 Der Chemikalienverbrauch bei Schülerübungen

Grundsätzlich soll bei Schülerübungen mit so kleinen Chemikalienmengen gearbeitet werden, daß die Reaktion gerade noch erkennbar wird. Dafür sprechen vor allem folgende Gründe:

- a) Die Schüler werden von vornherein an sauberes Arbeiten und genaues Beobachten gewöhnt.
- b) In solchen kleinen Mengen können auch giftige oder gefährliche Stoffe hergestellt werden, wie zum Beispiel Chlor und Knallgas, ohne die Schüler bei Beachtung der notwendigen Vorsichtsmaßnahmen zu gefährden.
- c) Die Schüler werden zum sparsamen Umgang mit den Chemikalien erzogen.
- d) Der Chemikalienverbrauch liegt bei Beachtung dieses Grundsatzes beim Arbeiten mit Schülerübungen kaum höher als im Demonstrationsunterricht, denn im Demonstrationsversuch muß mindestens die zehnfache Menge an Material verwendet werden.

So können zum Beispiel Lösungsversuche für Metalle in verschiedenen Säuren, Farbreaktionen mit Indikatoren oder Nachweisreaktionen für  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{--}$  usw. durch Zusammengeben der betreffenden Stoffe in kleinen Mengen auf der Tüpfelplatte, auf dem Objektträger oder in kleinen Reagenzgläsern ( $100 \times 10 \text{ mm}$ ) durchgeführt werden.<sup>1</sup>

Die Chemikalien werden zweckmäßig nur in 50-ml-Flaschen an die Schüler ausgegeben, wobei für Flüssigkeiten (abgesehen von den Laugen) möglichst Pipettenflaschen benutzt werden, um die tropfenweise Entnahme zu ermöglichen. In den

Tablets, wie sie G. Meyendorf vorschlägt (siehe Abb. 4), sind für die Aufnahme der Chemikalienflaschen besondere Vertiefungen vorgesehen.

Stehen für die Ausgabe der Geräte und Chemikalien an die Schüler nur gewöhnliche Tablets zur Verfügung, so werden die Chemikalienflaschen zweckmäßig satzweise in flachen, etwa 3 cm hohen, rechteckigen Holzkästen, in denen gerade ein beziehungsweise zwei Flaschenreihen zu je 5 Stück Platz haben, an die Schüler verteilt (siehe Abb. 10).

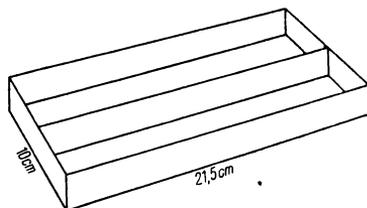


Abb. 10 Kasten zur Aufnahme der wichtigsten Reagenzien

<sup>1</sup> Siehe dazu auch S. Vollrath: A. a. O., S. 409.

Diese Kästen können von einer Arbeitsgemeinschaft oder im Werkunterricht aus Abfallholz angefertigt werden, ohne besondere Kosten zu bereiten.

W. Masur schlägt einen kleinen transportablen Tischaufsatz (51 cm breit, 18 cm hoch, 19 cm tief) mit drei Stufen für die Aufnahme der Platzreagenzien vor<sup>1</sup>; wir halten jedoch diesen Tischaufsatz bereits für zu kompliziert.

Die Ausgabe der festen Chemikalien wird in der Oberschule zweckmäßig zusammen mit den Flüssigkeiten vorgenommen. In der Grundschule fällt es den Schülern jedoch schwer, mit so kleinen Mengen zu arbeiten. Daher ist es empfehlenswert, anfangs Metalle, Salze usw. erst unmittelbar vor dem Verwenden in den notwendigen kleinen Mengen an die Schülergruppen auf bereitgehaltene Uhrgläser, Objektträger, Tüpfelplatten oder kleine Kartönstücke auszugeben. Es ist anzustreben, die gebräuchlichsten Chemikalien in der Anzahl der vorhandenen Arbeitsgruppen jeweils in den kleinen 50-ml-Flaschen in einem besonderen Chemikalienschrank vorrätig zu halten. Zur Schaffung einer solchen Chemikaliensammlung gehört jedoch Geld (für die Anschaffung der Flaschen) und Zeit, sie kann daher nur in einem längeren Zeitraum allmählich zusammengetragen werden.

### *4.3 Einfluß der Klassenfrequenz*

Häufig hört man in Kreisen der Chemielehrer die Ansicht, daß in Klassen mit 35 bis 40 Schülern Schülerübungen nicht durchführbar sind, weil die arbeitenden Schüler vom Lehrer schwer zu überschauen sind, daher Disziplinschwierigkeiten entstehen und größere Gefahrenmomente auftreten können usw. In der älteren Literatur wurde vorwiegend die Ansicht vertreten, die K. Scheid so formulierte: „Beträgt die Schülerzahl einer Klasse mehr als 20, so muß diese für den praktischen Unterricht geteilt werden.“<sup>2</sup>

Nur vereinzelt werden auch in der älteren Literatur Schülerübungen mit einer Klassenfrequenz von 30 Schülern und mehr erwähnt. So hat J. Zapfe<sup>3</sup> bereits 1929 einen Übungsraum mit 36 Arbeitsplätzen eingerichtet, „da eine Teilung der Klassen nicht möglich war“.

Vor einer ähnlichen Situation stehen wir auch heute in der deutschen sozialistischen Schule. Eine Teilung der Klassen für Schülerübungen in Physik, Chemie und Biologie würde die zusätzliche Einstellung einer großen Zahl naturwissenschaftlicher Fachlehrer notwendig und damit die obligatorische Einführung der Schülerübungen aus personellen und finanziellen Gründen erst zu einem wesentlich späteren Zeitpunkt möglich machen.

<sup>1</sup> W. Masur: A. a. O., S. 324.

<sup>2</sup> K. Scheid: Methodik des chemischen Unterrichts. Leipzig 1927, S. 130.

<sup>3</sup> J. Zapfe: Die Einrichtung der chemischen Arbeitsräume. „Unterrichtsblätter für Mathematik und Naturwissenschaften“, 1929, S. 50.

Wir haben an Potsdamer Grund- und Oberschulen mehrere Jahre Schülerübungen in Klassen mit normaler Klassenstärke (30 bis 36 Schüler) durchgeführt und haben dabei gute Erfahrungen gesammelt.

Ähnlich berichten auch W. Renneberg<sup>1</sup> von der Arbeit mit Schülerübungen an Leipziger Grundschulen und R. Osterwald<sup>2</sup> von der mehrjährigen Arbeit mit Schülerübungen an Hallenser Oberschulen.

Allerdings darf die Frage der Organisation von Schülerübungen in großen Grund- oder Oberschulklassen nicht unterschätzt werden. Voraussetzung für ein erfolgreiches Arbeiten unter diesen Bedingungen ist eine sehr sorgfältige Planung und eine gründliche experimentelle Vorbereitung der Stunden mit Schülerübungen sowie eine straff organisierte Stundenführung.

Da die Organisation der Schülerübungen wesentlich den Erfolg dieser Unterrichtsform bedingt, soll darauf im folgenden noch genauer eingegangen werden.

#### 4.4 Ordnungsmaßnahmen

Von der ersten Chemiestunde an, in der die Schüler selbständig experimentieren, muß ihnen klargemacht werden, daß Schülerübungen keine Spielerei sind, sondern daß dabei ernsthafte Arbeit zu leisten ist, die die ganze Anspannung ihrer Kräfte erfordert. Ferner muß den Schülern vom Beginn des Chemieunterrichts an bewußtgemacht werden, daß während ihres Aufenthaltes im Chemiezimmer sowie während des praktischen Arbeitens besondere Forderungen an sie gestellt werden, deren Einhaltung notwendige Voraussetzung für ein reibungsloses und gefahrloses Experimentieren ist. Die wichtigsten Forderungen an ihr Verhalten beim Experimentieren können in Schülerregeln zusammengefaßt und den Schülern in schriftlicher oder mündlicher Form in der ersten Übungsstunde bekanntgegeben werden. Vor allem aus psychologischen Gründen sollten die Schüler eingangs nur wenige Regeln erhalten, die im Laufe des weiteren praktischen Arbeitens laufend ergänzt werden müssen.

In der Grundschule kann man den ersten Forderungen zum Beispiel folgende Form<sup>3</sup> geben:

1. Während der Schülerübungen muß Ruhe<sup>4</sup> und Ordnung herrschen; die Anweisungen des Lehrers sind genau und sofort zu befolgen.
2. Die Geräte und Chemikalien dürfen erst benutzt werden, wenn dazu die Erlaubnis erteilt wird.
3. Der Versuch darf erst begonnen werden, wenn die Arbeitsanweisung durchgesprochen und das Beginnen ausdrücklich erlaubt ist.

<sup>1</sup> W. Renneberg: Schülerübungen im Chemieunterricht. „Chemie in der Schule“, Berlin, 2/1955, S. 55.

<sup>2</sup> R. Osterwald: Zur Durchführung von Schülerübungen. „Chemie in der Schule“, Berlin, 5/1956, S. 232.

<sup>3</sup> In ähnlicher Form wurden die Schülerregeln auch von H. Otto formuliert („Chemie in der Schule“, Berlin, 3/1955, S. 234).

<sup>4</sup> Wobei eine leise, auf den Versuch bezogene Unterhaltung innerhalb der Gruppe gestattet ist.

4. Auf die Mitschüler ist jederzeit Rücksicht zu nehmen.<sup>1</sup>
5. Geräte und Chemikalien sind Volkseigentum, daher muß mit ihnen sorgfältig und sparsam umgegangen werden.
6. Sämtliche Geräte sind nach dem Gebrauch gereinigt zurückzugeben.

Diese Regeln sind nur dann sinnvoll und nützlich, wenn ihre Einhaltung laufend vom Lehrer kontrolliert wird. Belehrungen über das Verhalten beim Arbeiten mit giftigen und anderen gefährlichen Stoffen werden zweckmäßig erst unmittelbar vor deren Verwendung durchgeführt, weil dann das Interesse am größten ist und sich die Verhaltensregeln infolgedessen am nachhaltigsten einprägen.

Eine recht gute und vollständige Zusammenfassung von Schülerregeln für den Chemieunterricht wird von R. Osterwald<sup>2</sup> gegeben. Abschließend sei zu den Schülerregeln bemerkt, daß ihre Bekanntgabe dem Lehrer nicht die Verantwortung für Leben und Gesundheit seiner Schüler abnimmt, daß er die Schüler trotzdem bei der Durchführung der Schülerübungen ständig beobachten muß, um im Notfall sofort und rechtzeitig eingreifen zu können. Welche Gefahren bestehen, wenn die Schülerregeln nicht eingehalten werden, kann an einigen Beispielen von typischen Unfällen im Chemieunterricht erläutert werden.<sup>3</sup>

Die Gewöhnung der Schüler an eine straffe, äußere Ordnung wird vor allem dadurch unterstützt, daß die einzelnen Gruppen feste Arbeitsplätze erhalten. Zu jedem Arbeitsplatz gehört stets das gleiche Arbeitsgerät, so daß die Gruppen ständig mit „ihrem“ Gerät arbeiten. Letzteres kann zum Beispiel so organisiert werden, daß die Arbeitsplätze mit Nummern versehen werden, wie es auf den Bildern 2 und 3 zu erkennen ist, und daß die wichtigsten Arbeitsgeräte, wie Spiritusbrenner, Reagenzglasgestell, Stativ, großes Becherglas, Tablett usw., die gleiche Nummer tragen. Arbeiten mehrere Klassen mit dem gleichen Gerät und den gleichen Chemikalien, was in Zukunft in allen Schulen der Fall sein wird, so ist zu empfehlen, ein Heft zu führen, in dem die Schülergruppen der einzelnen Klassen namentlich aufgeführt werden, die jeweils auf dem betreffenden Arbeitsplatz mit dem zugehörigen Material experimentieren. Auf diese Art läßt sich auch im Bereich einer großen Schule schnell überblicken, welche Schüler das Arbeitsgerät oder den Arbeitsplatz nicht ordnungsgemäß hinterlassen haben.

Die Schüler haben ihre Arbeitsgeräte entweder stets an der gleichen Stelle in Empfang zu nehmen, oder die Geräte werden vor der Stunde

<sup>1</sup> Dazu werden nach und nach genauere Anweisungen gegeben, zum Beispiel darf die Öffnung eines Reagenzglases beim Erhitzen nicht auf den Nachbarn gerichtet sein. Der Brenner muß weit genug vom Rand entfernt stehen usw.

<sup>2</sup> R. Osterwald: A. a. O., S. 234.

<sup>3</sup> Als Literatur dafür sei hingewiesen auf A. Hradetzky: Die Verhütung von Unfällen im Chemieunterricht. „Chemie in der Schule“, Berlin, 1/1957, S. 17. W. Marx: Arbeitsschutz und Unfallverhütung im naturwissenschaftlichen Unterricht der Berufsschulen. Berlin 1954. J. Ziemann: Unfallverhütung im Chemieunterricht. „Chemie in der Schule“, Berlin, 2/1956, S. 49. E. Rüst u. A. Ebert: Unfälle beim chemischen Arbeiten. Zürich 1948, S. 16/17.

von den Schülerhelfern auf die Tische verteilt. Für jeden Arbeitsplatz stehen die notwendigen Reagenzienflaschen, die ebenfalls mit der Platznummer versehen sind, in einem Chemikalienschrank griffbereit.

#### 4.5 Bedeutung der Gruppenarbeit

Häufig wird im Zusammenhang mit der Durchführung von Schülerübungen die Frage aufgeworfen: Sollen die Schüler einzeln oder in kleinen Gruppen arbeiten? In der methodischen Literatur der Weimarer Zeit sind die Ansichten über das Arbeiten in kleinen Gruppen unterschiedlich.

Von den meisten Methodikern werden sie lediglich als Notbehelf betrachtet für den Fall, daß nicht genügend Material für die Einzelarbeit zur Verfügung steht. Besonders kraß bringt das K. Scheid zum Ausdruck, wenn er schreibt: „Gelegentlich, wenn es sich um Apparate handelt, welche die Schule nicht in der genügenden Menge liefern kann, oder wenn gleichzeitig mehrere Handlungen mit dem Apparat vorgenommen werden sollen, welche mehrere Schüler ausgiebig zu beschäftigen vermögen, wird sich die Art der Gruppenarbeit nicht umgehen lassen. Sie ist aber ein Notbehelf und sollte nicht zur Regel werden. Denn stets wird man finden, daß der schüchterne, auf seine eigene Kraft wenig vertrauende Schüler von dem anderen selbstbewußteren beiseite geschoben und bei der Mitarbeit bloß noch geduldet wird. Selbst Schüler, die man sonst als unbedingt eifrig bezeichnen muß, lassen sich dadurch verärgern. Der Gruppenversuch muß ebenso wie die jetzt noch als Rückstand auf den Arbeitsunterricht überkommenen Demonstrationsversuche allmählich durch geeignet konstruierte Einzelversuche ersetzt werden.“<sup>1</sup>

Auch aus den Berichten von L. Dörmer geht hervor, daß er Schüler vorwiegend einzeln arbeiten läßt, nur bei quantitativen Versuchen erwähnt er Schülergruppen von je zwei Schülern.<sup>2</sup> W. Flörke<sup>3</sup> spricht sich für ein Arbeiten in kleinen Gruppen (zwei oder drei Schüler) aus und hebt die erzieherische Bedeutung der Gruppenarbeit hervor. „Wir gewöhnen die Schüler ... an dienendes Helfen in der Gruppe unter Zurückstellung eigener Wünsche.“

Wir haben die Frage nach der Gruppenarbeit in Schülerübungen bejaht, und zwar nicht als Notbehelf für den Fall, daß nicht genügend Material für die Einzelarbeit zur Verfügung steht, sondern als eine entscheidende Maßnahme zur Kollektiverziehung der Schüler.<sup>4</sup> Nach Möglichkeit haben wir in Zweier- oder Dreiergruppen arbeiten lassen, weil dann die Gewähr besteht, daß wirklich alle Schüler beschäftigt sind. Für größere Versuche, die eine umfangreiche Apparatur erfordern, wie

<sup>1</sup> K. Scheid: A. a. O., S. 134.

<sup>2</sup> R. Arendt u. L. Dörmer: Technik der Experimentalchemie, Heidelberg 1954, S. 5.

<sup>3</sup> W. Flörke: Methode und Praxis des chemischen Unterrichts. Heidelberg 1951, S. 29.

<sup>4</sup> Nähere Ausführungen dazu siehe S. 101 ff.



Abb. 11



Abb. 12

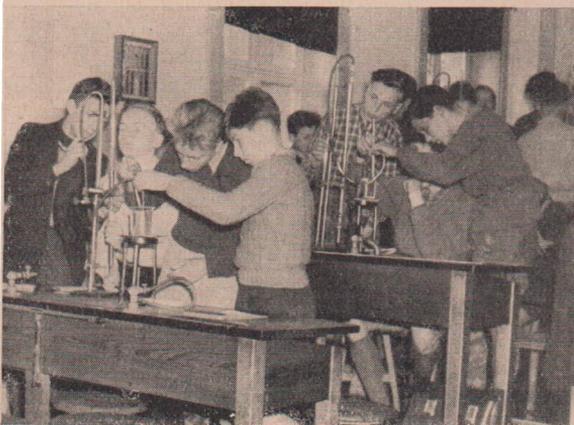


Abb. 13

Schüler einer 9. Klasse  
bei der Durchführung  
von Schülerübungen

etwa Äquivalentgewichtsbestimmungen in der 9. Klasse, werden zwei Gruppen zu einer Arbeitseinheit vereinigt. In größeren Grundschulklassen kann natürlich auch in Vierergruppen gearbeitet werden.

Entscheidend ist die Arbeitsverteilung innerhalb der Gruppe. Man kann dabei so vorgehen, daß für jede Gruppe ein Schüler benannt wird, der für das Arbeitsmaterial und für die ordnungsgemäße Durchführung der Versuche verantwortlich ist. Diese Regelung birgt allerdings die Gefahr in sich, auf die bereits K. Scheid hinwies, daß dieser Schüler die praktische Arbeit fast allein durchführt und die anderen Schüler der Gruppe nur zuschauen läßt. Um dieser Gefahr zu entgehen, haben wir die Verteilung der Arbeiten innerhalb der Gruppe so organisiert, daß ein Schüler stets „Leiter der Gruppe“ war. Dieser Schüler wechselte turnusmäßig innerhalb der Gruppe, so daß jeder Schüler in regelmäßigen Abständen die Hauptarbeit des Versuchs übernehmen mußte, während ihm die anderen zur Hand gingen beziehungsweise protokollierten. Dieser regelmäßige Wechsel in der Gruppenleitung verhindert, daß einzelne Schüler die gesamte praktische Arbeit übernehmen und ihre Mitschüler dabei „kaltstellen“.

Ferner erzieht er die Schüler dazu, sich in ein kleines Kollektiv einzuordnen; denn sie erkennen sehr schnell, daß sie in ihrer Gruppenarbeit nur Erfolg haben, wenn sie einander Hilfe leisten und aufeinander Rücksicht nehmen.

Nebenbei sei erwähnt, daß ein Lehrer eine in Gruppen arbeitende Klasse besser überschauen kann als einzeln arbeitende Schüler und daß bei der Gruppenarbeit weniger Material benötigt wird als bei Einzelversuchen.<sup>1,2</sup>

Die Bilder 11 bis 13 zeigen eine 9. Klasse, die die Gasgesetze<sup>3</sup> in Vierergruppen erarbeitet.

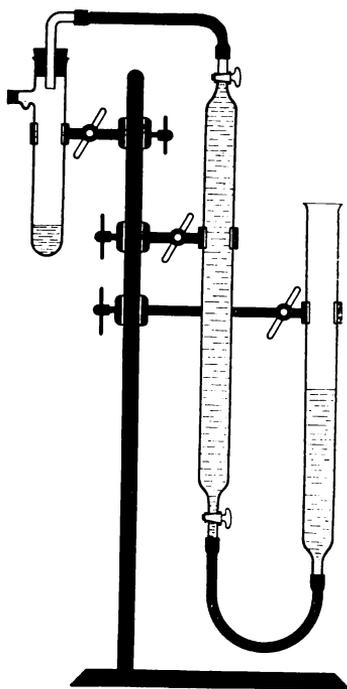


Abb. 14 Gerät zur Bestimmung des Äquivalentgewichts von Metallen

<sup>1</sup> G. Ickert: Bemerkungen zu Artikeln über Schülerübungen. „Chemie in der Schule“, Berlin, 1/1958, S. 39.

<sup>2</sup> H. Curth: Bemerkungen zum Artikel Schülerübungen im Chemieunterricht der 7. Klasse, II. Teil. „Chemie in der Schule“, Berlin, 5/1957, S. 235.

<sup>3</sup> Es wird darauf hingewiesen, daß die Gasgesetze zur Zeit nicht mehr im Chemieunterricht, sondern im Physikunterricht behandelt werden.

Als Beispiel für die Verteilung der Arbeiten in einer Vierergruppe wird die Organisation eines Versuchs zur Äquivalentgewichtsbestimmung von Metallen angeführt.

Der Versuchsaufbau wurde vom Leiter des Versuchs unter Mithilfe der anderen Schüler nach folgender, gemeinsam mit der Klasse erarbeiteter Zeichnung<sup>1</sup> vorgenommen (siehe Abb. 14).

Für die Durchführung des Versuchs erhalten die Schüler folgende Aufträge:

Der erste Helfer läßt durch Kippen des Reagenzglases das Metall in die Säure fallen, der „Leiter des Versuchs“ senkt das Niveaugefäß und liest das Wasserstoffvolumen ab, der zweite Helfer kontrolliert die Ablesung des Gasvolumens, der vierte Schüler trägt die gemessenen Werte in das Protokoll ein. In ähnlicher Weise können die Arbeiten auch bei anderen größeren Versuchen auf die Schüler verteilt werden. Wenn sich die Schüler der Arbeitsgruppe allmählich zu kollektiver Arbeit zusammengefunden haben, kann man dazu übergehen, der Gruppe die gesamte Aufgabe zu übertragen und die Verteilung der einzelnen Aufgaben innerhalb der Gruppe dem Leiter des Versuchs zu überlassen, der von vornherein durch den turnusmäßigen Wechsel bestimmt ist.

In der Perspektive sollten wir auch in der deutschen sozialistischen Schule dahin kommen, jeden Schüler einzeln experimentieren zu lassen. Voraussetzung dafür ist jedoch, daß die Schüler durch die Arbeit in Gruppen an kollektives Arbeiten gewöhnt sind.

## **5. Auf welche Weise können Schülerübungen im Chemieunterricht durchgeführt werden?**

In der geschichtlichen Entwicklung der Schülerübungen haben sich vor allem drei verschiedene Arbeitsweisen herausgebildet, die heute mit unterschiedlichem Schwergewicht im Chemieunterricht eingesetzt werden, nämlich:

1. Schülerübungen in gleicher Front,
2. Schülerübungen in getrennt-gemeinschaftlicher Arbeitsweise und
3. Schülerübungen in regelloser Arbeitsweise.

### *5.1 Schülerübungen in gleicher Front*

Beim Arbeiten in gleicher Front führen alle Schüler beziehungsweise Schülergruppen nach gemeinsamer gedanklicher Vorbereitung durch den Lehrer gleichzeitig den gleichen Versuch durch. Während des Experimentierens konzentrieren die Schüler ihre Aufmerksamkeit auf das Experiment, wobei der Lehrer einzelnen Gruppen Anleitung und Hilfe gibt.

<sup>1</sup> In Anlehnung an Lehrbuch der Chemie für die 9. Klasse, Berlin 1955, S. 48.

Nachdem alle experimentellen Arbeiten beendet sind, findet eine gemeinsame gedankliche Auswertung der angestellten Beobachtungen im Rahmen des Klassenverbandes statt.

Dieses Arbeiten in gleicher Front ist anfangs in allen Klassenstufen notwendig, wenn die Schülerübungen in dem betreffenden Schuljahr erst eingeführt werden; denn in den ersten Übungsstunden ist es nicht nur erforderlich, allen Schülern gleichzeitig die einfachsten Handgriffe des praktischen chemischen Arbeitens zu vermitteln und so den Grundstein zu legen für die Entwicklung praktischer Fertigkeiten, sondern die Schüler erhalten auch anfangs alle die gleichen Beobachtungsaufgaben. Dabei erwerben sie gemeinsam elementare Fähigkeiten im Beobachten chemischer Stoffe und Prozesse, das heißt, mit dieser Arbeitsweise wird die Beobachtungsfähigkeit aller Schüler für chemische Tatsachen und Zusammenhänge systematisch gefördert.

Gleichzeitig werden den Schülern durch das Arbeiten in gleicher Front sicher fundierte Elementarkennnisse vermittelt, wie sie mit keiner anderen Arbeitsweise oder Unterrichtsform erreicht werden können, weil die umfassenden, selbständigen Beobachtungen der Schüler die sicherste Grundlage bilden für die sich daran anschließenden Denkprozesse.

Daraus ergibt sich, daß mit dieser Arbeitsweise im Zusammenhang mit der Vermittlung solider, festhaftender Kenntnisse auch das Denkvermögen der Schüler in besonderem Maße gefördert wird.

Erwähnt werden muß schließlich, daß eine Klasse, die die Schülerübungen in gleicher Front durchführt, vom Lehrer am einfachsten zu überschauen ist und daß organisatorisch Schülerübungen in gleicher Front die geringsten Schwierigkeiten bereiten.

Demgegenüber besitzt das Arbeiten in gleicher Front jedoch den Nachteil, daß das Interesse reiferer Schüler an den gemeinsamen Versuchen allmählich nachläßt. So läßt es sich zum Beispiel nicht ganz umgehen, daß schneller und geschickter arbeitende Schüler oder Schülergruppen schneller mit dem Versuchsaufbau beziehungsweise mit seiner Durchführung fertig sind als die langsamer arbeitenden Nachbarn, die dann bereits die fertige Versuchsanordnung oder das Ergebnis des Versuchs bei ihren Nachbarn beobachten können. Das kann bei den langsamer arbeitenden Schülern zur Entmutigung und Enttäuschung oder gar zur Interesselosigkeit führen, weil sie sich um den Erfolg ihrer Arbeit betrogen sehen.<sup>1</sup>

Diese Situation darf der Lehrer nach Möglichkeit gar nicht aufkommen lassen und kann ihr zum Beispiel durch gute Zusammenarbeit der Klassengemeinschaft entgegenwirken. So haben wir in verschiedenen Klassen beobachtet, daß einige gute und geschickte Schüler bemüht waren, den anderen Schülern innerhalb der Gruppe zu helfen. Sie zeigten ihnen

<sup>1</sup> Ähnliche Beobachtungen äußert auch L. Dörmer in Arendt-Dörmer: Technik der Experimentalchemie. Heidelberg 1954, S. 7.

zum Beispiel, wie man ein Reagenzglas in ein Stativ einspannt oder wie man das Reagenzglas mit dem Salzsäuregas in dem Becherglas mit Wasser bewegen muß, damit der Springbrunnen zustande kommt und anderes mehr. Diese gegenseitige Hilfeleistung wurde von uns durch Aufforderungen an einzelne gute Schüler bewußt unterstützt. Außerdem wurde auch angeregt, daß einzelne, geschickte Schüler aus Gruppen, die bereits ihren Versuch beendet hatten, den langsamer arbeitenden Gruppen zur Hand gingen. Hier liegt eine Möglichkeit für den Lehrer, den Kollektivgeist der Klasse zu entwickeln und zu fördern und die Schüler zu gegenseitiger Rücksichtnahme und Hilfsbereitschaft zu erziehen. Gleichzeitig kann damit das Interesse aller Schüler an dem Arbeiten in gleicher Front über längere Zeit hin wachgehalten werden.

Zusammenfassend ergibt sich: Das Arbeiten in gleicher Front muß eingesetzt werden bei der Neueinführung der Schülerübungen in einer beliebigen Klassenstufe. Der Einsatz dieser Arbeitsweise ist aber in Grund-, Mittel- und Oberschulklassen auch später berechtigt und notwendig, wenn es sich um Versuche handelt, die dem Erarbeiten grundlegender Begriffe, Kenntnisse oder Erkenntnisse dienen, und die jeder Schüler durchgeführt haben muß, um aus den eigenen Beobachtungen die notwendigen Kenntnisse und Erkenntnisse sicher herleiten zu können.

## 5.2 Die getrennt-gemeinschaftliche Arbeitsweise

Bei der getrennt-gemeinschaftlichen Arbeitsweise führen die Schüler beziehungsweise Schülergruppen nach gemeinsamer, gedanklicher Vorbereitung durch den Lehrer verschiedene experimentelle Teilaufgaben einer größeren gemeinsamen Aufgabe selbständig durch. Stimmen die Apparaturen der Gruppen weitgehend überein und werden nur andere Substanzen verwendet, so berichten die einzelnen Gruppen unter Vorweisen ihrer erhaltenen Stoffe der Klasse über ihre Ergebnisse. Werden jedoch in den einzelnen Gruppen Versuche zum gleichen Thema durchgeführt, die stärker voneinander abweichen, so führen die einzelnen Gruppen der Klasse ihren Versuch vor und erläutern ihn. Anschließend findet die gemeinsame, zusammenfassende Auswertung im Rahmen der gesamten Klasse statt.

Die getrennt-gemeinschaftliche Arbeitsweise wurde zuerst von J. Richard<sup>1</sup> in die höhere Schule eingeführt und wurde dann vor allem von L. Dörmer<sup>2</sup> weiterentwickelt und vielseitig im Chemieunterricht eingesetzt. Die Vorteile dieser Arbeitsweise gegenüber dem Arbeiten in gleicher Front liegen auf der Hand: Infolge der größeren Selbsttätigkeit und der damit verbundenen größeren Verantwortlichkeit der Schüler beim Experimentieren wächst ihr Interesse und damit ihre innere Anteil-

<sup>1</sup> J. Richard: Form und Technik des chemischen Arbeitsunterrichts. „Unterrichtsblätter für Mathematik und Naturwissenschaften“, 1929, S. 210.

<sup>2</sup> L. Dörmer: „Zeitschrift für den physikalischen und chemischen Unterricht“, 1925, S. 207.

nahme am Versuch. Ferner wird bei dieser Arbeitsweise Zeit gespart, weil die viel Zeit verbrauchende Vorbereitung der Versuche von den einzelnen Gruppen gleichzeitig geschieht, also in verschiedenen Händen liegt, *die Durchführung der Versuche jedoch gemeinsam vorgenommen wird.*

An dieser Stelle sei auf einen wesentlichen Unterschied der getrennt-gemeinschaftlichen Arbeitsweise in der früheren höheren und in der deutschen sozialistischen Schule hingewiesen. In der früheren höheren Schule wird nämlich nicht nur die Vorbereitung, sondern auch die Durchführung der Versuche getrennt vorgenommen, was zum Beispiel aus folgenden Ausführungen über die getrennt-gemeinschaftliche Arbeitsweise von L. Dörmer zu entnehmen ist: „Daß nicht jeder Schüler jeden Versuch zu sehen bekommt, ist ein gewisser Mangel dieser Unterrichtsweise, der nicht verschwiegen werden soll.“<sup>1</sup> Und K. E. Doermer schreibt an anderer Stelle<sup>2</sup> dazu: „Wem aber die Selbständigkeit der Arbeit des einzelnen Schülers höher steht als die Vielseitigkeit und Vollständigkeit des Wissens, wem es mehr auf die Entwicklung von Fähigkeiten als auf die Aneignung von Lehrstoff ankommt, der wird sich für die getrennt-gemeinschaftliche Arbeitsweise entscheiden.“

Daß die verschiedenen Versuche getrennt in den einzelnen Gruppen durchgeführt und abschließend nur die Ergebnisse zusammengefaßt werden, ergibt sich zum Beispiel auch aus den folgenden Äußerungen von W. Flörke<sup>3</sup>: „Was in getrennter Arbeit ermittelt wurde, darüber berichtet schließlich jede Gruppe unter Vorweisen der Geräte, so daß die Ergebnisse in gemeinsamer Arbeit zusammengefaßt werden (getrennt-gemeinschaftliche Arbeitsweise).“

Im Gegensatz zur Durchführung dieser Arbeitsweise in der früheren höheren Schule und in der Westdeutschlands haben wir bei unserem Chemieunterricht an Potsdamer Schulen Wert darauf gelegt, daß *alle* Schüler mit der getrennt-gemeinschaftlichen Arbeitsweise *gleichmäßig gefördert* wurden, und zwar vor allem dadurch, daß *alle Schüler alle Versuche sahen* und auf dieser Grundlage im Zusammenhang mit dem Erwerb wertvoller Fähigkeiten und Fertigkeiten auch ein lückenloses Wissen erarbeiteten.

Zur Erläuterung sollen einige Beispiele dienen.

Die getrennt-gemeinschaftliche Arbeitsweise ist erst anwendbar, wenn die Schüler durch das Arbeiten in gleicher Front einfache Fertigkeiten im experimentellen Arbeiten erworben haben. So war es in der 7. Klasse bereits möglich, die Zerlegung des Wassers in den einzelnen Gruppen mit verschiedenen Metallen vorzunehmen, zum Beispiel mit Aluminium, Zink oder Eisen. Die Schüler erhielten dabei vor dem Versuch den Auftrag, besonders auf die Veränderung des Metalls zu achten. Nach Be-

<sup>1</sup> L. Dörmer: „Zeitschrift für den physikalischen und chemischen Unterricht“, 1925, S. 207.

<sup>2</sup> R. Arendt u. L. Dörmer: Technik der Experimentalchemie. Heidelberg 1954, S. 9.

<sup>3</sup> W. Flörke: Methode und Praxis des chemischen Unterrichts. Heidelberg 1951, S. 29.

endigung der Versuche *berichteten einzelne Schüler über ihre Beobachtungen und zeigten der Klasse die veränderten Metalle*. Die Ergebnisse wurden jeweils in Gleichungen zusammengefaßt und an der Tafel beziehungsweise im Protokollheft festgehalten. Im Unterrichtsgespräch wurde dann das Gemeinsame dieser verschiedenen Versuche herausgestellt. Auf ähnliche Art konnten auch die Säurebildung und die verschiedenen Arten der Salzbildung in der 7. Klasse erarbeitet werden.

Auf der Oberschule war es möglich, den einzelnen Gruppen Teilaufgaben der Gesamtaufgabe der Klasse zu geben, die bereits stärker voneinander abwichen. So wurden in der 9. Klasse Darstellung und Eigenschaften des Sauerstoffs in getrennt-gemeinschaftlicher Arbeitsweise erarbeitet oder in der 10. Klasse Darstellung und Eigenschaften von Schwefeldioxyd.

Als typisches Beispiel für die getrennt-gemeinschaftliche Arbeitsweise sei die Doppelstunde über Darstellung und Eigenschaften des Sauerstoffs in der 9. Klasse ausführlicher dargestellt. Die Klasse (34 Schüler) war in sieben Vierergruppen und zwei Dreiergruppen eingeteilt. Die Teilaufgaben wurden, auf Zettel geschrieben, bereits am Schluß der vorhergehenden Stunde an die einzelnen Gruppen ausgegeben, um eine gründliche häusliche Vorbereitung auf die Versuche zu gewährleisten.

Dabei erhielten die einzelnen Gruppen folgende Aufträge:

1. und 2. Gruppe: Stelle Sauerstoff aus  $\text{KMnO}_4$  dar und verbrenne Schwefelpulver in Sauerstoff!
3. Gruppe: Stelle Sauerstoff aus  $\text{KClO}_3$  und  $\text{MnO}_2$  dar und verbrenne Holzkohle in Sauerstoff!
4. Gruppe: Stelle Sauerstoff aus  $\text{KClO}_3$  und  $\text{MnO}_2$  dar und verbrenne Holz in Sauerstoff!
5. Gruppe: Stelle Sauerstoff aus  $\text{H}_2\text{O}_2$  und  $\text{MnO}_2$  dar und verbrenne roten Phosphor in Sauerstoff!
6. Gruppe: Stelle Sauerstoff aus  $\text{H}_2\text{O}_2$  und  $\text{MnO}_2$  dar und laß eine Kerze in Sauerstoff brennen!
7. Gruppe: Stelle Sauerstoff aus  $\text{KNO}_3$  dar, verbrenne Eisenpulver auf einem Ziegelstein und leite Sauerstoff darauf!
8. Gruppe: Stelle Sauerstoff aus  $\text{KNO}_3$  dar und verbrenne Zinkpulver in Sauerstoff!
9. Gruppe: Stelle Sauerstoff aus  $\text{HgO}$  dar und verbrenne Aluminiumpulver in Sauerstoff!

Die Gruppen 5 und 6 erhielten den Hinweis, die Darstellung von Sauerstoff im Chemiebuch der 7. Klasse<sup>1</sup> zu wiederholen.

Den übrigen Schülern wurde mitgeteilt, daß die Darstellung des Sauerstoffs im Reagenzglas vorgenommen und das Gas in kleinen Stand-

<sup>1</sup> Lehrbuch der Chemie, 7. Schuljahr, Berlin 1956, S. 27 (notfalls muß dieses Lehrbuch vom Lehrer für die Wiederholung zur Verfügung gestellt werden).

zylindern (100 ml) beziehungsweise Reagenzgläsern über Wasser aufgefangen werden sollte. Den Schülerhelfern wurde folgender Verteilungsplan gegeben:

*a) Verteilung der Geräte auf dem Lehrertisch*

|  |   |  |
|--|---|--|
| <b>Für 1 und 2</b><br>Verbrennungslöffel<br>Schwefelpulver | <b>Für 3</b><br>Zeichenkohle<br>Tiegelzange         | <b>Für 4</b><br>Holzstäbchen<br>Tiegelzange                  |
| <b>Für 5</b><br>Phosphorpille <sup>1</sup><br>Eisendraht   | <b>Für 6</b><br>kleine Kerze,<br>Verbrennungslöffel | <b>Für 7</b><br>Eisenpulver<br>Tiegelzange<br>Schutzbrille   |
| <b>Für 8</b><br>Zinkpulver<br>Hornspatel<br>Wattebausch    |   | <b>Für 9</b><br>Aluminiumpulver<br>Hornspatel<br>Wattebausch |

*b) Verteilung der Geräte auf den Schülertischen<sup>2</sup>*

|   |  |
|---|--|
| Gruppe 8 und 9:<br>Geräte wie 1; statt Standzylinder ein Reagenzglas mehr, $\text{KNO}_3$ | Gruppe 7:<br>Geräte wie 1; $\text{KNO}_3$  |
| Gruppe 6:<br>Geräte wie 5<br>$\text{H}_2\text{O}_2$ (6 %ig); $\text{MnO}_2$               | Gruppe 5:<br>Reagenzglas mit Seitenrohr (100 ml) und durchbohrtem Stopfen, kleiner Tropftrichter (50 ml), Stativ mit Zubehör, Standzylinder (100 ml) mit Glasplatte, 3 Reagenzgläser mit Stopfen, pneumatische Wanne, Schlauchstücke, $\text{H}_2\text{O}_2$ (6 %ig), $\text{MnO}_2$ |
| Gruppe 4:<br>Geräte wie 1; fertiges Gemisch aus $\text{KClO}_3 + \text{MnO}_2$            | Gruppe 3:<br>Geräte wie 1; fertiges Gemisch aus $\text{KClO}_3 + \text{MnO}_2$   |
| Gruppe 2:<br>Geräte wie 1; $\text{KMnO}_4$  | Gruppe 1:<br>Reagenzglas mit durchbohrtem Stopfen und Ableitungsrohr, pneumatische Wanne, 1 Standzylinder (100 ml) mit Glasplatte, 3 Reagenzgläser mit Stopfen, Stativ mit Zubehör, Brenner, $\text{KMnO}_4$   |

<sup>1</sup> Die nach W. Flörke aus Leimwasser und rotem Phosphor hergestellt und an einen Eisendraht geklebt wird.

<sup>2</sup> Der Verteilungsplan für die Schülertische entspricht der Sitzordnung der Gruppen im Chemieraum.

Zu Beginn der Stunde fanden die Schüler, wie üblich, die notwendigen Bauteile und Chemikalien für ihre Versuche auf den Arbeitsplätzen vor. Die Skizzen der beiden unterschiedlichen Apparaturen wurden von je einem Schüler an die Tafel gezeichnet. Der Lehrer gab die notwendigen Hinweise für vorsichtiges Arbeiten und machte auf die Gefahren aufmerksam, die beim falschen Arbeiten auftreten können. Nach dem Aufbau der Apparaturen und deren Kontrolle durch den Lehrer stellten die einzelnen Gruppen auf verschiedene Weise Sauerstoff her, füllten ihre Gefäße mit Sauerstoff und verschlossen sie.

Alle Schülergruppen prüften den Sauerstoff in einem der Reagenzgläser mit Hilfe eines glimmenden Spans. Die beiden übrigen mit Sauerstoff gefüllten Reagenzgläser dienten dazu, das Gewicht des Sauerstoffs mit dem der Luft zu vergleichen. Eine kurze Zusammenfassung über die physikalischen Eigenschaften des Sauerstoffs schloß diese ersten gemeinsamen Untersuchungen ab.

Darauf kamen je zwei Schüler aus den einzelnen Gruppen mit ihrer Entwicklungsapparatur und den bereits gefüllten Standzylindern beziehungsweise Reagenzgläsern nach vorn, erklärten der ganzen Klasse ihre Art der Darstellung von Sauerstoff und führten die vorgeschriebenen Verbrennungen von Nichtmetallen beziehungsweise Metallen der Klasse vor. In diesem Falle wurden die Versuche nicht vorher von den Schülern durchprobiert, da sie keine besonderen Schwierigkeiten enthielten.

Schwierige Versuche dagegen, etwa die Darstellung von Schwefeldioxyd beziehungsweise die Demonstration seiner Eigenschaften, wurden am Nachmittag vorher (als Hausaufgabe) unter Aufsicht des Lehrers geübt.

Die einzelnen Gruppen schrieben die Gleichungen für die Darstellung des Sauerstoffs und für die Verbrennung der einzelnen Stoffe in Sauerstoff an die Tafel (lediglich die Gleichung für die Zerlegung des Kaliumpermanganats zur Sauerstoffgewinnung wurde vom Lehrer mitgeteilt). Am Schluß der Doppelstunde wurden die sich aus den Versuchen ergebenden chemischen Eigenschaften des Sauerstoffs zusammengefaßt.

Diese getrennt-gemeinschaftliche Arbeitsweise kann in den folgenden Klassenstufen, wenn die Schüler bereits ein größeres Experimentiergeschick erworben haben und eine größere geistige Reife besitzen, zu einem stärker selbständigen Arbeiten der Schüler weiterentwickelt werden.

So führten zum Beispiel die Schüler der 10. Klasse zu dem Thema „Darstellung und Eigenschaften des Schwefeldioxyds“ umfangreiche Versuche selbst durch, dabei wichen die Apparaturen stärker voneinander ab als in dem angeführten Stundenbeispiel aus der 9. Klasse.

Entscheidend war, daß die einzelnen Schülerversuche zwar von den einzelnen Gruppen vorbereitet und aufgebaut wurden, daß aber die *Durchführung der Versuche selbst vor den Augen aller Schüler geschah*, so daß wirklich der *gesamte Stoff von der ganzen Klasse gemeinsam erarbeitet* wurde.

Schließlich lassen sich auch die meisten quantitativen Versuche mit Hilfe der getrennt-gemeinschaftlichen Arbeitsweise in der Grund-, Mittel- und Oberschule durchführen. Häufig verwenden die Schülergruppen dabei gleiche oder sehr ähnliche Apparaturen, aber die Versuche werden mit verschiedenen Stoffen oder unterschiedlichen Mengen durchgeführt. So wurden zum Beispiel die Gesetze der festen und vielfachen Gewichtsverhältnisse in der 9. Klasse durch die Reduktion von Kupfer(II)-oxyd beziehungsweise Kupfer(I)-oxyd und von Blei(II)-oxyd und Mennige mit Hilfe von Leuchtgas in den einzelnen Gruppen erarbeitet.

Ferner wurden in der 9. Klasse die Gasgesetze von Boyle-Mariotte und Gay-Lussac<sup>1</sup> von den Schülergruppen bestätigt, indem verschiedene Luftvolumina in den Gasbüretten durch Wasser abgesperrt und ihre Größe bei Änderung des Drucks beziehungsweise der Temperatur beobachtet wurde. Die von den einzelnen Gruppen gemessenen Werte wurden jeweils der Klassengemeinschaft zur Verfügung gestellt, so daß für das Erarbeiten beziehungsweise Bestätigen solcher Gesetze ein umfangreiches Zahlenmaterial zur Verfügung stand.

Mit Hilfe der getrennt-gemeinschaftlichen Arbeitsweise kann in einer Unterrichtsstunde ein wesentlich größeres Tatsachenmaterial erarbeitet werden als mit Hilfe des Arbeitens in gleicher Front, und zwar unter ständiger manueller und geistiger Mitarbeit der Schüler. Diese Arbeitsweise erzieht daher die Schüler noch in wesentlich stärkerem Maße als das Arbeiten in gleicher Front zum selbständigen, verantwortlichen Experimentieren und geistigen Arbeiten. Ferner fördert die getrennt-gemeinschaftliche Arbeitsweise die Kollektivbildung der Klasse. Die Arbeit der Gruppe kann nur gelingen, wenn jeder Schüler innerhalb der Gruppe gewissenhaft seine Aufgaben löst, sich also einer Arbeitsteilung unterwirft unter Zurückstellung persönlicher Wünsche. Wenn die einzelnen Gruppen ihren Mitschülern den Versuch vorführen und erläutern, müssen sie der Kritik der ganzen Klasse standhalten. Infolgedessen ist jede Gruppe bemüht, sorgfältig und gewissenhaft zu arbeiten. Da jede Aufgabe der einzelnen Gruppen nur ein Teil der großen gemeinsamen Aufgabe ist, kann die Gesamtarbeit der Klasse nur gelingen, wenn jede Gruppe ihre Pflicht erfüllt.

Die getrennt-gemeinschaftliche Arbeitsweise stellt in ihrer ausgeprägten Form an Lehrer und Schüler hohe Anforderungen. Für den Lehrer bedeuten solche Unterrichtsstunden ein umfangreiches Maß an Vorbereitung, eine sorgfältige Planung der Stunde und ein straffes Organisieren des gesamten Unterrichtsprozesses sowie ein hohes Maß an Konzentration während der Unterrichtsstunde.

Auch die Schüler müssen sich auf diese Stunden gründlich vorbereiten und in der Stunde mit Anspannung aller Kräfte mitarbeiten. Nicht jede Chemiestunde in der Mittel- und Oberschule kann auf diese Art durchge-

<sup>1</sup> 1954 war die Behandlung dieser Gesetze noch im Stoffplan des Chemieunterrichts der 9. Klasse enthalten.

führt werden, weil nicht in jeder Unterrichtsstunde diese hohen Anforderungen an Lehrer und Schüler gestellt werden können und weil auch nicht jeder Stoff für diese Arbeitsweise geeignet ist. Ist jedoch letzteres der Fall, so sollte der Lehrer keine Mühe scheuen, diesen Weg zu gehen, weil er die Schüler zu höchster Aktivität anregt. Diese Arbeitsweise besitzt daher in besonderem Maße bildenden und erzieherischen Wert.

Vergleichen wir die erzieherischen Möglichkeiten durch die getrennt-gemeinschaftliche Arbeitsweise in unserer deutschen sozialistischen Schule und in Westdeutschland miteinander, so ergibt sich folgender Unterschied:

Wir haben uns bemüht, diese Arbeitsweise entsprechend unserem Erziehungsziel in den Dienst der Kollektiverziehung zu stellen. Dabei waren wir bestrebt, die einzelnen Schüler weitgehend individuell zu fördern, aber nicht nur, um dem einzelnen in seiner Entwicklung voranzuhelfen, sondern vor allem deshalb, weil die gute Leistung des einzelnen Schülers oder der Schülergruppe bei der Vorführung beziehungsweise Erklärung der Versuche wieder der Weiterentwicklung der gesamten Klassengemeinschaft zugute kam. Dazu wurden vor allem folgende Maßnahmen ergriffen:

1. Jeder Schüler war in regelmäßigem Wechsel Leiter des Versuchs, dieser Schüler war für das Gelingen des Versuchs voll verantwortlich, die anderen gingen ihm zur Hand.
2. Jede Gruppe mußte in der Lage sein, ihren Versuch so vorzuführen und zu erklären, daß ihn jeder andere Schüler der Klasse verstand.
3. Ungeschickte Schüler wurden vom Lehrer besonders gefördert, zum Beispiel durch Mithilfe bei den vorbereitenden experimentellen Arbeiten.

Grundsätzlich wurde so gearbeitet, daß jeder Schüler jeden Versuch sah, so daß alle Schüler das gleiche Wissen erwerben konnten.

In Westdeutschland dagegen dient diese Arbeitsweise vor allem der Weiterentwicklung des einzelnen Schülers, des Individuums, wie es in den folgenden Worten Dörmers klar zum Ausdruck kommt: „Bei der getrennt-gemeinschaftlichen Arbeitsweise bekommen die langsamer arbeitenden und manuell ungeschickteren Schüler von vornherein einfachere, die schnell und geschickt arbeitenden sowie die intelligenteren Schüler schwierigere, ihren Fähigkeiten angepaßte Aufgaben. Das wesentlichste Kennzeichen der getrennt-gemeinschaftlichen Arbeitsweise ist die individuelle Behandlung, die Zuteilung verschieden schwieriger, ihrer Veranlagung entsprechender Aufgaben.“<sup>1</sup>

<sup>1</sup> R. Arendt u. L. Dörmer: Technik der Experimentalchemie. Heidelberg 1954, S. 8.

### *5.3 Die regellose Arbeitsweise*

Die regellose Arbeitsweise ist die älteste Form der Schülerübungen, sie hat sich in der Schule als Analogon zu den Hochschulpraktika entwickelt. Die Gruppen wechseln dabei in einem bestimmten Turnus an den aufgebauten Apparaturen, bis alle Gruppen alle Versuche durchgeführt haben.

Diese Arbeitsweise wird heute nur noch selten im Unterricht eingesetzt, und zwar vor allem dann, wenn nicht genügend Geräte für einen Arbeitsvorgang in gleicher Front oder für die getrennt-gemeinschaftliche Arbeitsweise zur Verfügung stehen. Voraussetzung für ihren Einsatz ist eine Klasse oder Arbeitsgemeinschaft, die eine verhältnismäßig geringe Schülerzahl umfaßt (bis etwa 20 Schüler), die bereits größere Erfahrungen im Experimentieren besitzt und auch in der Lage ist, weitgehend selbständig zu arbeiten. Diese Voraussetzungen treffen in den meisten Schulen höchstens auf die 12. Klassen zu. Die einzelnen Schülergruppen finden in vielen Fällen die schriftlichen Arbeitsanweisungen am Arbeitsplatz vor. Während des praktischen Arbeitens erteilt der Lehrer den einzelnen Gruppen Rat und Hilfe. Lediglich die Vorbesprechung und die Auswertung der Versuche kann im Rahmen des ganzen Arbeitskollektivs stattfinden.

## **6. Was ist bei der Vorbereitung von Unterrichtsstunden zu beachten?**

Jede Unterrichtseinheit und im Rahmen dieser Unterrichtseinheit jede einzelne Unterrichtsstunde im Fach Chemie muß gedanklich und experimentell sehr sorgfältig vorbereitet werden.

### *6.1 Die gedankliche Vorbereitung*

Die gedankliche Vorbereitung setzt beim Lehrer gründliche wissenschaftliche Kenntnisse über die betreffende Unterrichtseinheit und ein genaues Kennen der pädagogischen Situation der betreffenden Klasse voraus, unter anderem auch genaue Kenntnisse der bereits vorhandenen praktischen Fertigkeiten der Schüler. Zu dieser gedanklichen Vorarbeit gehören

- a) die stoffliche Vorbereitung,
- b) die didaktisch-methodische Vorbereitung,
- c) die didaktisch-methodische Entscheidung,
- d) die Festlegung des vermutlichen Unterrichtsverlaufs.

Bei der stofflichen Vorbereitung vergewissert sich der Lehrer

1. über den sachlichen Gehalt und
2. über den pädagogischen Gehalt des betreffenden Stoffes,
3. über die Beziehungen des Stoffes zur sozialistischen Produktion und zur produktiven Arbeit der Schüler.

## 6.2 Die experimentelle Vorbereitung

Die experimentelle Vorbereitung geschieht, was die Möglichkeiten der Versuche zu der Unterrichtseinheit beziehungsweise Unterrichtsstunde sowie ihre Auswahl auf Grund der besonderen didaktischen Bedingungen in der betreffenden Klasse anbelangt, in unmittelbarem Zusammenhang mit der gedanklichen Vorbereitung. Dabei steht der Lehrer vor der Aufgabe, bei der Auswahl der Schülerversuche auch das manuelle Können der Schüler berücksichtigen zu müssen und den Materialbestand der Sammlung in Rechnung zu setzen. Schließlich kann nur mit den Geräten und den Chemikalien gearbeitet werden, die in der Sammlung vorhanden sind beziehungsweise die schnell beschafft oder selbst hergestellt werden können.<sup>1</sup>

Zur Zeit steht der Lehrer noch vor der schwierigen Situation, daß die in den Lehrbüchern angeführten Experimente vorwiegend Demonstrationsversuche sind, die in vielen Fällen vereinfacht oder durch andere Versuche ersetzt werden müssen, so daß die Schüler bei der Entwicklung der praktischen Fertigkeiten vom Leichten zum Schweren, vom Bekannten zum Unbekannten und vom Einfachen zum Komplizierten geführt werden. Ferner sollen die Versuche auch so ausgewählt und zusammengestellt werden, daß im Dienste der polytechnischen Bildung möglichst vielseitige praktische Fertigkeiten bei den Schülern entwickelt werden.

Besondere experimentelle Schwierigkeiten treten bei der Einführung der Schülerübungen in jeder Klassenstufe auf, und zwar um so mehr, je älter die Schüler sind, das heißt, je größer die Differenz zwischen ihren Kenntnissen und geistigen Fähigkeiten einerseits und dem praktischen Können andererseits ist. Diese Erfahrungstatsache, die von vielen Chemielehrern bestätigt wird, muß von vornherein bei der Vorbereitung der ersten einführenden Chemiestunden mit Schülerübungen in einer Klasse berücksichtigt werden. In diesen ersten Stunden kann nur eine wesentlich geringere Stoffmenge als in dem üblichen Demonstrationsunterricht bewältigt werden, weil der größte Teil der Zeit für den Erwerb des praktischen Könnens benötigt wird. Jedoch schon nach wenigen Wochen praktischen Arbeitens haben die Schüler eine verhältnismäßig große Sicherheit im Experimentieren erworben, so daß ein umfangreicheres Stoffgebiet in den einzelnen Stunden erarbeitet werden kann als anfangs. Allerdings wird auch dann noch für das Arbeiten mit Schülerübungen in den meisten Fällen etwas mehr Zeit benötigt als im Demonstrationsunterricht.

Das Zeitproblem muß bei der Planung und Vorbereitung von Unterrichtsstunden von vornherein entsprechend berücksichtigt werden. Häufig lassen sich Kollegen gerade durch diesen Zeitverlust bei der

<sup>1</sup> Beispiele für die experimentelle Unterrichtsvorbereitung siehe S. 39 u. 46.

Einführung der Schülerübungen entmutigen und geben nach kurzer Zeit schon das Arbeiten mit Schülerübungen wieder auf.

In den neuen Lehrplänen wird dieses Zeitproblem beim Arbeiten mit Schülerübungen durch entsprechende Gestaltung der Stoffpläne berücksichtigt, ferner enthalten die neuen Lehrbücher auch Vorschläge für Schülerversuche und Anweisungen für ihre Durchführung, so daß damit viele Schwierigkeiten bei der Planung und Vorbereitung der Unterrichtsstunden beseitigt sein dürften.

Im Zusammenhang mit dem Zeitproblem taucht häufig die Frage auf: Sollen wir den Schülern für ihre Apparaturen sämtliche Bauteile zur Verfügung stellen, oder sollen sie diese Bauteile für die einzelnen Versuche selbst herstellen? Diese Frage kann nicht generell mit ja oder nein beantwortet werden. Da die Schüler auch Fertigkeiten in der Glasbearbeitung und im Stopfenbohren erwerben sollen, werden wir sie auch dann und wann einmal diese Arbeiten ausführen lassen. Diese Bauteile können dann bei richtiger Planung der Versuche in vielen weiteren Versuchen verwendet werden. Häufig werden wir ihnen auch fertige Biegeröhren, Glasspitzen oder Lochstopfen zur Verfügung stellen. Solche vorbereitenden Arbeiten können zum Beispiel von einer Arbeitsgemeinschaft oder von einer kleinen Gruppe interessierter und geschickter Schüler außerhalb des Unterrichts durchgeführt werden.

Wenn keine Schülerarbeitsstische mit eingebauten Schrankteilen zur Verfügung stehen, und das wird in den allermeisten Schulen der Fall sein, so bereiten wir die Schülerversuche zusammen mit einigen Schülerhelfern so weit vor, daß die Schülergruppen das gesamte Arbeitsmaterial für die Unterrichtsstunde, aber nichts darüber hinaus, auf ihren Arbeitsplätzen vorfinden beziehungsweise an einem vereinbarten Platz zusammengestellt in Empfang nehmen. Diese Vorbereitungsarbeiten nehmen natürlicherweise mehr Zeit in Anspruch als das Vorbereiten eines Demonstrationsversuchs, vor allem dann, wenn man noch wenig Erfahrungen über diese Arbeiten besitzt und noch viele Bauteile selbst hergestellt beziehungsweise neu angeschafft werden müssen. Jedoch kann diese Arbeit durch peinliche Ordnung und Sauberkeit in den Sammlungen und mit Unterstützung einiger geschickter Schülerhelfer in jeder Klasse auf ein erträgliches Maß herabgesetzt werden.

Werden die Schülerübungen in gleicher Front durchgeführt, so erhalten alle Gruppen die gleichen Geräte. Sollen jedoch von den Gruppen zu gleicher Zeit verschiedene Versuche durchgeführt werden, so erhalten die Schülerhelfer zweckmäßig einen Verteilungsplan, an Hand dessen das Zusammenstellen und Verteilen der Geräte und Chemikalien schnell vorgenommen werden kann. Solche Verteilungspläne werden zweckmäßig zusammen mit der Unterrichtsvorbereitung für die betreffende Stunde aufbewahrt, damit sie im folgenden Jahr in überarbeiteter Form wieder zur Verfügung stehen.

Als Beispiel<sup>1</sup> diene ein Plan, der zum Thema Elektrolyse in einer 10 B-Klasse benötigt wurde:

---

|   |  |
|---|--|
| 10. Gruppe:<br>Becherglas mit Elektroden und Zubehör; angesäuerte $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ -Lösung                    | 9. Gruppe:<br>Becherglas mit Elektroden und Zubehör; verdünnte $\text{CuSO}_4$ -Lösung, angesäuert                                       |
| 8. Gruppe:<br>Hofmannscher Apparat <sup>1</sup> (siehe Abb. 15) mit Zubehör (für Schülerversuche); verdünnte KOH-Lösung | 7. Gruppe:<br>Hofmannscher Apparat mit Zubehör, 5 Reagenzgläser, $\text{Na}_2\text{SO}_4$ -Lösung, Phenolphthalein-Lösung, Lackmuspapier |
| 6. Gruppe:<br>Hofmannscher Apparat mit Zubehör; verdünnte NaOH-Lösung   | 5. Gruppe:<br>Hofmannscher Apparat mit Zubehör, 5 Reagenzgläser, NaCl-Lösung, Lackmuspapier  |
| 4. Gruppe:<br>Hofmannscher Apparat mit Zubehör, HCl   | 3. Gruppe:<br>Hofmannscher Apparat mit Zubehör, 5 Reagenzgläser, NaBr-Lösung, Phenolphthaleinlösung                                      |
| 2. Gruppe:<br>Hofmannscher Apparat mit Zubehör, $\text{H}_2\text{SO}_4$   | 1. Gruppe:<br>Hofmannscher Apparat mit Zubehör, 5 Reagenzgläser, NaJ-Lösung, Phenolphthaleinlösung                                       |

---

Ganz besonders sorgfältig müssen die vorbereitenden Arbeiten bei quantitativen Schülerversuchen durchgeführt werden. Da quantitative Schülerversuche einen hohen bildenden und erzieherischen Wert besitzen<sup>2</sup>, sollten sie trotz zusätzlicher Arbeit für den Lehrer in viel stärkerem Maße als bisher im Unterricht eingesetzt werden.

Die mit den quantitativen Versuchen meistens verknüpften volumetrischen oder gravimetrischen Bestimmungen der Schüler nehmen verhältnismäßig viel Zeit in Anspruch. Um diese Zeit auf ein erträgliches Maß herabzusetzen, haben wir zum Beispiel so gearbeitet, daß den

<sup>1</sup> E. Rossa: Untersuchungen zur praktischen Durchführung von Schülerübungen im 10. Schuljahr. Staatsexamensarbeit an der Pädagogischen Hochschule Potsdam, 1955, S. 24.

<sup>2</sup> Darauf wird in dem Abschnitt III über die erzieherische Bedeutung der Schülerübungen ausführlich eingegangen.

Schülern bereits abgewogene Substanzmengen in Präparatengläschen oder in Porzellanschiffchen zur Verfügung gestellt wurden mit einem zugehörigen Begleitzettel, auf dem Brutto- und Taragewicht notiert waren. Zweckmäßig werden diese Substanzmengen erst unmittelbar vor Beginn der Versuche an die Schüler verteilt.

Neben dem Zurechtlegen des notwendigen Arbeitsmaterials ist es notwendig, Schülerversuche, die der Lehrer nicht restlos beherrscht oder deren Apparatur er für die Hand des Schülers vereinfacht hat, vorher mit den Geräten und den Chemikalienmengen, die dem Schüler in die Hand gegeben werden, auszuprobieren. Dabei ist besonders auf die Zeit zu achten, die für die einzelnen Versuche benötigt wird, damit eine reale Planung der Stunden möglich ist. Ferner ist darauf zu achten, daß neue Geräte völlig einwandfrei sind und funktionieren, daß also zum Beispiel die Hähne neuer Büretten gefettet sind oder daß die beim Arbeiten mit Gasen verwendeten Kolbenprober oder Gasmeßglocken gasdicht sind. Wird in Reihenversuchen mit Thermometern gearbeitet, so ist zweckmäßig vorher die Eichung der Thermometer zu kontrollieren, indem man alle Thermometer in Wasser von etwa  $90^{\circ}$  eintaucht und etwaige Abweichungen von einem guten, geeichten Thermometer auf der Hülle notiert. Durch solche vorbereitenden Arbeiten kann das Mißlingen der Schülerversuche weitgehend ausgeschaltet werden.

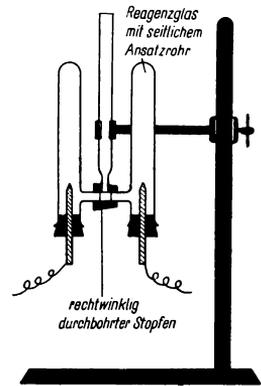


Abb. 15  
Apparat nach Hofmann  
für Schülerübungen

## II. Die Durchführung von Unterrichtsstunden mit Hilfe von Schülerübungen

Jede Unterrichtsstunde setzt sich aus verschiedenen Unterrichtsgliedern zusammen, die sich aus den wesentlichen Unterrichtsaufgaben ergeben. Wir unterscheiden dabei

1. die Einführung in ein neues Stoffgebiet,
2. das Vermitteln und Erfassen des neuen Stoffes,
3. die Festigung des Gelernten
  - a) durch Wiederholung und Anwendung,
  - b) durch Systematisierung des Gelernten,
  - c) durch Übungen zur Ausbildung von Können, Fertigkeiten und Fähigkeiten,
  - d) durch Kontrolle und Überprüfung der Schülerleistungen.

Diese Unterrichtsglieder brauchen nicht alle, auch nicht in bestimmter Reihenfolge, in jeder Unterrichtsstunde aufzutreten, jedoch darf keines dieser Glieder im Rahmen einer Unterrichtseinheit vernachlässigt oder gar weggelassen werden, wenn den Schülern sichere Kenntnisse, Fähigkeiten und Fertigkeiten sowie bestimmte weltanschauliche Grundlagen vermittelt werden sollen. Im folgenden soll gezeigt werden, wie die Schülerübungen im Verlauf des Unterrichtsprozesses in den verschiedenen Unterrichtsgliedern zur Verbesserung der Unterrichtsergebnisse eingesetzt werden können und welche Aufgaben ihnen dabei zukommen. Dabei sei im voraus darauf hingewiesen, daß die Schülerübungen nicht nur beim Vermitteln des neuen Stoffes von entscheidender Bedeutung sind, sondern auch in den anderen Unterrichtsgliedern eine mehr oder weniger große Rolle spielen.

Im Zusammenhang damit wird gezeigt, wie die Schülerübungen auch sinnvoll in die Hausaufgaben mit einbezogen werden können.

### 1. Die Einführung in ein neues Stoffgebiet

In dieser Einführung werden die Schüler auf die Aufnahme des neuen Unterrichtsstoffes vorbereitet, das heißt, es werden zum Beispiel die Kenntnisse wiederholend zusammengetragen und bereitgestellt, die auf diesem Gebiet bei den Schülern aus dem früheren Unterricht oder aus

Erfahrungen des täglichen Lebens vorhanden sind und als notwendige Voraussetzung beziehungsweise als Anknüpfungspunkt für den neuen Stoff dienen können. In anderen Fällen kann es auch so sein, daß bei der Einführung in das neue Stoffgebiet bereits neue Kenntnisse vermittelt werden, und zwar vor allem solche Kenntnisse, die in besonderem Maße Spannung und Erwartung in den Schülern erzeugen, also das Interesse der Schüler wachrufen. Interesse bedeutet nach Herbart vor allem Selbsttätigkeit der Schüler. Daran sollte bei der Vorbereitung der Einstimmung gedacht und nach Möglichkeit ein Wiederholungsversuch oder ein Einführungsversuch vorgesehen werden.

Als Wiederholungsversuche für die Einstimmung sind zum Beispiel folgende geeignet:

Rosten von Eisendrähten in Reagenzgläsern mit destilliertem Wasser, Leitungswasser beziehungsweise Kohlensäure als Vorbereitung auf die Erarbeitung des Rostvorganges in der 11. Klasse.

Durchführung eines bereits bekannten exothermen Vorgangs, zum Beispiel der Bildung von Schwefeleisen aus den Elementen, als Problemstellung für die Erarbeitung des Begriffs der Bildungswärme in der 9. Klasse.

Die Problemstellung für die Stoffeinheit Entgasung der Kohle in der 8. Klasse kann zum Beispiel durch Erhitzen von Holz beziehungsweise Kohle im Reagenzglas als Schülerversuch gegeben werden. Durch Beobachtung verschiedener Zersetzungsprodukte werden die Schüler dazu angeregt, Vorschläge für die Entwicklung und den Aufbau geeigneter, weiterführender Erkenntnisversuche zu machen.

Natürlich muß der Lehrer bei der Vorbereitung der Unterrichtsstunde überlegen, ob für die Durchführung eines Schülerversuchs in der Einstimmung auch die notwendige Zeit zur Verfügung steht. Im Zusammenhang mit dem Zeitproblem muß noch einmal nachdrücklich darauf hingewiesen werden, daß eine gute Vorbereitung durch Schaffen der inneren Bereitschaft beim Schüler das Erfassen des neuen Unterrichtsstoffes ganz wesentlich erleichtert.

## **2. Das Vermitteln und Erfassen des neuen Unterrichtsstoffes**

Eine große Bedeutung kommt den Schülerübungen beim Vermitteln und Erfassen des neuen Unterrichtsstoffes zu, und zwar vor allem deshalb, weil auf Grund der größeren Nähe des Beobachtungsobjektes genaue und umfassende Beobachtungen angestellt werden können, die eine sichere Ausgangsbasis für die sich anschließenden Denkprozesse bilden, und weil darüber hinaus durch die unmittelbare, verantwortliche Beteiligung der Schüler am Versuch eine innere Bereitschaft geschaffen wird, die vor allem den Willen zum Aufnehmen des neuen Stoffes auslöst.

Beim Erarbeiten des neuen Stoffes sollen die Schülerversuche aus der gedanklichen Arbeit der Klasse heraus erwachsen. Nachdem auf Grund der Überlegungen der Klasse die Frage formuliert ist, die durch das Experiment beantwortet werden soll, wird die Versuchsanordnung mit der Klasse erarbeitet und dann auf Anweisung des Lehrers von den Schülergruppen aufgebaut, und zwar entweder an Hand einer vom Lehrer auf dem Experimentiertisch zusammengebauten Modellapparatur oder an Hand einer gemeinsam erarbeiteten Tafelskizze. Ersteres ist vor allem notwendig, wenn von den Schülern zum ersten Male mit einer größeren Apparatur gearbeitet wird, wenn zum Beispiel die Zerlegung des Wasserdampfes mit Hilfe erhitzter Metalle in der 7. Klasse durchgeführt wird. Die Apparatur wird nach dem Versuch als Schema an die Tafel gezeichnet, anschließend übertragen die Schüler die Zeichnung in ihre Hefte.

Jedes neue Gerät, das man in den Schüler- und Lehrerversuchen verwendet, wird nicht nur benannt und in seiner Funktionsweise erklärt, sondern auch im Schnitt an die Tafel gezeichnet. Damit wird bereits in der ersten Chemiestunde begonnen.<sup>1</sup> Wenn die Schüler auf diese Art an schematisches Zeichnen gewöhnt werden, lernen sie auch schnell, schematische Zeichnungen zu lesen und danach ihre Apparaturen aufzubauen. Gleichzeitig erwerben sie damit Voraussetzungen, die mit dazu beitragen, sich schnell in das technische Zeichnen und in die Produktionsarbeit hineinzufinden.

Nun wird vom Lehrer die Anweisung für die Versuchsdurchführung gegeben. Diese Anweisung muß um so ausführlicher sein, je geringer die praktischen Erfahrungen und die Fertigkeiten der Schüler sind. Um die Schüler zum bewußten Arbeiten zu erziehen, haben wir die Anweisungen nach Möglichkeit für den ganzen Versuch gegeben. Das Durchführen einzelner Handgriffe nach Kommando, ein „Griffekloppen“ mit chemischen Geräten, lehnen wir deshalb ab, weil es zu einem rein mechanischen, gedankenlosen Arbeiten verleitet. Beim Einführen neuer Arbeitsgänge, etwa beim ersten Erhitzen einer Flüssigkeit im Reagenzglas oder beim ersten Hantieren mit einer Gasmeßglocke, werden die neuen Arbeitsgänge ausführlich erläutert und in den meisten Fällen vom Lehrer oder einem geschickten Schüler vorgeführt. Einzelne Arbeitsgänge, etwa Arbeiten mit dem Kolbenprober, können einführend zunächst als Blindversuche durchgeführt werden, also ohne die Gase, die später darin reagieren sollen, damit sich die Schüler an das Hantieren mit dem neuen Gerät gewöhnen. Je größer der Erfahrungsschatz der Schüler im praktischen Arbeiten wird, um so mehr kann die Anleitung des Lehrers zurücktreten und der schöpferischen Eigentätigkeit der Schüler beim Experimentieren Raum geben. In den meisten Fällen werden diese Anweisungen mündlich gegeben, es ist aber auch möglich, sie in schriftlicher Form an die Schüler auszugeben. So finden sich zum Beispiel solche

<sup>1</sup> Siehe Anhang, S. 117.

Versuchsanweisungen für Schülerversuche in dem Lehrbuch für das 7. Schuljahr.<sup>1</sup>

An der August-Hermann-Franke-Oberschule in Halle<sup>2</sup> werden die Versuchsaufgaben und -anweisungen ebenfalls in möglichst knapper Darstellung gedruckt an die Schüler ausgegeben. Letzteres ist jedoch erst dann möglich, wenn die Schüler bereits über einen bestimmten Erfahrungsschatz im Experimentieren verfügen. Bei Verwendung schriftlicher Versuchsanweisungen kann unter Umständen die Vorbereitungsarbeit der Schüler in die Hausaufgaben verlegt werden, wenn die Anweisungen bereits in der vorhergehenden Stunde an die Schüler verteilt werden.

Im Zusammenhang mit der Aufgabenstellung und den Anweisungen für das praktische Arbeiten werden bestimmte Beobachtungsaufgaben gestellt, so daß jeder Schüler bei Beginn seines Versuchs weiß, was er zu tun und worauf er zu achten hat. Bevor die Apparatur von den Schülern in Gang gesetzt werden darf, geht der Lehrer von Bank zu Bank und überzeugt sich von der Richtigkeit des Versuchsaufbaus.

Während die Schüler praktisch arbeiten, beobachtet er aufmerksam den Versuchsablauf in den einzelnen Gruppen. Während dieser Zeit darf er grundsätzlich keine Erklärungen oder Anweisungen an die *ganze* Klasse richten, da die meisten Schüler nicht in der Lage sind, ihre Aufmerksamkeit zu teilen. Ein Hinhören auf die Anweisungen des Lehrers würde daher eine starke Ablenkung von der Arbeit am Versuch bedeuten und damit die Unfallgefahr erheblich erhöhen. Dagegen ist es häufig notwendig, in einzelnen Gruppen leise auf falsche Handgriffe hinzuweisen oder die Aufmerksamkeit der Schüler zu lenken oder einzelne Handgriffe im Versuch zur Anleitung der Schüler selbst durchzuführen.

Arbeiten die Schüler mit gefährlichen Stoffen, etwa mit Wasserstoff oder Leuchtgas, so müssen besondere Vorsichtsmaßnahmen getroffen werden. Bei der Reduktion von Metalloxyden durch Leuchtgas in der 9. Klasse wurde zum Beispiel jede einzelne Apparatur vom Lehrer selbst in Gang gesetzt (Hindurchleiten von Leuchtgas durch die Apparatur, Knallgasprobe und Entzünden der Leuchtgasflamme an der Glasdüse am Ende der Apparatur).

Erst dann wurde den Schülern die weitere Durchführung des Versuchs selbst in die Hand gegeben. Ähnlich kann auch bei anderen gefährlichen Schülerversuchen verfahren werden.

In jeder Klasse gibt es einige Schüler oder Schülergruppen, die sich vor allem bei den ersten selbständigen Versuchen recht ungeschickt anstellen, dabei können ausgegebene Glasbauteile zerbrochen oder ausgeteilte Substanzmengen verschüttet werden. Es ist daher ratsam, bei der Vorbereitung des Arbeitsmaterials ein paar Bauteile zusätzlich zuzurechtzulegen. In einzelnen Fällen ist es notwendig, der Gruppe beim

<sup>1</sup> Lehrbuch der Chemie für das 7. Schuljahr, Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1958.

<sup>2</sup> R. Osterwald: Zur Durchführung von Schülerübungen. „Chemie in der Schule“, Berlin, 5/1956, S. 232; in diesem Artikel führt R. Osterwald einige typische Beispiele dafür an.

Zusammenbau der Apparaturen besondere Hilfe zu geben und einzelne Handgriffe wiederholt zu zeigen, ohne jedoch die Beaufsichtigung der übrigen Klasse zu vernachlässigen. Einzelne ungeschickte Schüler können auch zeitweise bei der außerunterrichtlichen Vorbereitung des Arbeitsmaterials als Helfer mit herangezogen werden. Durch Übung gewinnen sie schnell eine größere Sicherheit im Experimentieren, im Zusammenhang damit steigt ihr Selbstvertrauen und damit auch ihre Leistungsfähigkeit im praktischen Arbeiten. Es ist aber in besonderen Fällen auch einmal notwendig, einzelne Schüler oder Schülergruppen vom Experimentieren auszuschließen, wenn solche Verluste an Bauteilen oder ausgegebenen Chemikalien auf grobe Unachtsamkeit zurückzuführen sind. Wir haben in Grund- und Oberschulklassen festgestellt, daß solche Maßnahmen von großer erzieherischer Bedeutung sind, denn die betroffenen Schüler waren bei den folgenden Arbeiten stets bemüht, ihre Unachtsamkeit durch sorgfältige und gewissenhafte Arbeit wiedergutzumachen.

Wenn die Schüler die Versuche beendet haben, werden auf Anweisung des Lehrers alle Flammen gelöscht und alle Geräte aus der Hand gelegt. Die Beobachtungen werden zusammengetragen, miteinander verglichen und daran die möglichen und notwendigen Denkprozesse angeknüpft.

Die wichtigsten Ergebnisse werden im Tafelbild beziehungsweise im Protokollheft der Schüler festgehalten. Im Anfangsunterricht ist es ratsam, den Schülern diese Ergebnisse zu diktieren und sie erst allmählich zu selbständigem Protokollführen zu erziehen.

Nach Möglichkeit soll dem Versuchsprotokoll ein bestimmtes Schema zugrunde liegen, weil den Schülern dadurch die Übersicht über den Versuch und das Einordnen der Ergebnisse in den gedanklichen Zusammenhang des Unterrichtsganges erleichtert wird.

Anfangs haben wir mit einem zweiteiligen Protokoll gearbeitet, nämlich:

- a) Was habe ich getan?
- b) Was habe ich beobachtet und gefolgert?

Sehr bald sind wir jedoch zu einer Dreiteilung des Protokolls übergegangen, nämlich:

1. Durchführung,
2. Beobachtungen,
3. Folgerungen.

Dieses Protokollschema hat sich bei kleineren und größeren Versuchen in der Grund-, Mittel- und Oberschule bewährt. Natürlich wurde es bei größeren Versuchen in der Oberschule ausführlicher gehalten als in der Mittelschule und zum Beispiel unter dem ersten Punkt die Aufgabe und die verwendeten Geräte und Chemikalien mit eingetragen. Grundsätzlich wurde in jedem Protokoll die verwendete Versuchsanordnung im Schema fixiert, und die Ergebnisse wurden in Gleichungen zusammengefaßt.

In diesem Zusammenhang sei auf ein ausführlicheres Protokoll verwiesen, wie es R. Adolf<sup>1</sup> vorschlägt, nämlich:

1. Aufgabe,
2. verwendete Geräte und Chemikalien,
3. Versuchsanordnung mit Zeichnung,
4. Durchführung,
5. Beobachtungen,
6. Ergebnisse mit Gleichungen.

Dieses Schema kann zum Beispiel bei größeren Versuchen in der 11. oder 12. Klasse verwendet werden.

In der Unterrichtsstunde selbst wurden bis auf diktierete Merksätze und Ergebnisse in der 7. Klasse nur Stichworte und Zahlenergebnisse notiert. Das Protokoll wurde nach dem angegebenen Schema zu Hause ausgeführt.<sup>2</sup>

Wir haben in allen Klassenstufen feststellen können, daß die meisten Schüler diese Protokolle mit großer Sorgfalt angefertigt haben, weil nämlich ihre starke innere Anteilnahme am eigenen Versuch auch bei der Anfertigung des Protokolls noch wirksam war. Die regelmäßige Protokollführung erzog die Schüler dazu, zu Hause die chemischen Prozesse des Versuchs und die sich daran anschließenden Erkenntnisvorgänge noch einmal zu durchdenken, und trug damit viel zu einem bewußten und sicheren Erarbeiten des stofflichen Zusammenhangs bei.

Von Zeit zu Zeit ist es notwendig, diese Protokollhefte auf Vollständigkeit und Richtigkeit zu überprüfen.

### 3. Die Festigung des Gelernten

#### *a) durch Wiederholung und Anwendung*

Der Unterrichtsprozeß ist mit dem Vermitteln des Stoffes an die Schüler nicht beendet, sondern es ist notwendig, die neu erworbenen Kenntnisse auch im Gedächtnis der Schüler zu befestigen und das erworbene praktische Können sowie die erlangten Fähigkeiten und Fertigkeiten durch laufende Wiederholung und ständige Anwendung zu erweitern, zu vertiefen und zu festigen.

Die Schülerübungen spielen sowohl bei Wiederholungen wie auch bei der Anwendung eine große Rolle, und zwar einmal deshalb, weil sie gestatten, die Wiederholungen durch Einfügen von Wiederholungsversuchen interessant und abwechslungsreich zu gestalten, ferner, weil hier in vielen Fällen den Schülern der dialektische Zusammenhang

<sup>1</sup> R. Adolf: Zum Problem der Fähigkeiten und Fertigkeiten im Chemieunterricht der deutschen demokratischen Schule. Inauguraldissertation an der Martin-Luther-Universität, Halle (Saale) 1955, S. 218.

<sup>2</sup> Ein Beispiel eines Protokolls findet sich im Anhang, S. 118.

zwischen Kenntnissen und geistigen Fähigkeiten einerseits und dem praktischen Können beziehungsweise den Fertigkeiten andererseits erst recht bewußt wird. Letzteres ist dann in vollem Maße möglich, wenn die Kenntnisse und Fähigkeiten auch dazu dienen, praktische Fertigkeiten richtig einsetzen zu müssen und umgekehrt die praktischen Fertigkeiten auch zur Wiederholung, Anwendung und Erweiterung der Kenntnisse und geistigen Fähigkeiten notwendig werden. Schließlich ist es möglich, bei der Anwendung der erworbenen Kenntnisse und Fertigkeiten auch der selbständigen Tätigkeit der Schüler größeren Raum zu geben, ihnen also eine größere Verantwortung zu übertragen.

So ist es zu begrüßen, daß in dem neuen Lehrbuch für die 7. Klasse am Ende eines Stoffabschnitts Wiederholungsfragen angefügt sind, die in vielen Fällen gestatten, die Wiederholung von Kenntnissen und Fähigkeiten mit der der Fertigkeiten zu verknüpfen; zum Beispiel können von den verschiedenen Möglichkeiten zur Gewinnung des Wasserstoffs aus dem Wasser einige aufgezählt und eine typische Reaktion vorgeführt werden. Bekannte Indikatoren können dazu dienen, eine unbekannte Lösung auf Säure oder Lauge zu prüfen. Die Aufgabe „Beschreibe, wie Schwefelsäure verdünnt wird“, kann auch so variiert werden „Zeige, wie Schwefelsäure verdünnt wird und begründe deine Maßnahmen“. Die verschiedenen Bestandteile bekannter Säuren, Basen oder Salze können nachgewiesen werden und anderes mehr.

Natürlicherweise wird durch die Verknüpfung der Wiederholung und Festigung mit Schülereperimenten mehr Zeit dafür benötigt, als wenn lediglich Wissen abgefragt würde. Aber wir erreichen durch solche Art der Wiederholung und Anwendung gerade das, was bisher durch einfaches Abfragen und Reproduzieren des Gelernten nicht erreicht werden konnte: Bewußte, sichere, anwendungsbereite Kenntnisse, größere Sicherheit im Experimentieren und weitere Förderung des Beobachtungs- und Denkvermögens. Außerdem wächst mit der erfolgreichen Lösung solcher Aufgaben das Selbstvertrauen der Schüler und verstärkt die Freude an weiteren experimentellen Arbeiten und den Willen, auf diesem Wege weitere Kenntnisse, Fähigkeiten und Fertigkeiten zu erwerben.

In diesem Zusammenhang sei auf die praktischen Arbeiten hingewiesen, für die in den Lehrplänen der sowjetischen Zehnjahresschule<sup>1</sup> besondere Stunden am Ende eines Stoffabschnitts vorgesehen sind.<sup>2</sup> Nach der Durchnahme eines bestimmten Stoffgebiets haben die Schüler weitgehend selbständig experimentelle Aufgaben zu lösen, die auf den erworbenen Kenntnissen und Fertigkeiten basieren. Die Aufgaben

<sup>1</sup> Lehrplan der Zehnjahresschule für das Schuljahr 1954/55, Chemie, Moskau 1954 (russ.).

<sup>2</sup> Siehe dazu auch die Ausführungen von W. Renneberg: Bericht über den Teil II im Lehrbuch der Chemie von S. G. Schapowalenko und J. W. Chodakow. „Chemie in der Schule“, Berlin, 6/1955, S. 270, und von R. Mewes: Über den Chemieunterricht in der sowjetischen allgemeinbildenden Schule. „Chemie in der Schule“, Berlin, 10/1957, S. 446.

werden schriftlich formuliert, die Schüler bereiten sich dazu gründlich zu Hause vor, stellen einen Arbeitsplan auf usw. Als Themen für solche praktischen Arbeiten werden unter anderem folgende genannt:

1. Das Bekanntmachen mit den Eigenschaften der Kohlenwasserstoffe.
2. Die Eigenschaften und die Gewinnung des Nitrobenzols und des Anilins.
3. Die Eigenschaften der Eiweiße.
4. Die chemischen Eigenschaften der Metalle.

Es liegt auf der Hand, daß solche experimentellen Anwendungsaufgaben um so umfangreicher und selbständiger von den Schülern durchgeführt werden können, je reifer die Schüler sind und je größer ihr Experimentiergeschick ist.

Im Zusammenhang damit kann in der Oberschule in zunehmendem Maße die getrennt-gemeinschaftliche Arbeitsweise oder auch die regellose Arbeitsweise eingesetzt werden, weil es bei diesen Anwendungsaufgaben nicht mehr darauf ankommt, daß jeder Schüler jeden Versuch sieht.

Besonders notwendig ist die Verknüpfung der zusammenhängenden Gesamtwiederholung am Ende eines Schuljahres oder vor Abschlußprüfungen mit Schülerversuchen, weil auf diese Art am sichersten einem mechanischen Auswendiglernen entgegengewirkt wird.

Zum Schluß sei eine besonders wirkungsvolle Möglichkeit zur Festigung des erarbeiteten Stoffes erwähnt, die bei der Behandlung technologischer Prozesse verwendet werden kann. Wenn zum Beispiel die einzelnen Phasen der technischen Ammoniaksynthese nach Haber-Bosch mit Hilfe von Schülerversuchen erarbeitet worden sind, kann der ganze Prozeß in einem großen Lehrerdemonstrationsversuch zusammengefaßt werden.<sup>1</sup> Diese Synthese ist für die Schüler, nachdem sie die einzelnen Phasen des Prozesses selbst praktisch erarbeitet haben, besonders eindrucksvoll.

#### *b) durch Systematisierung des Gelernten*

Nach der Behandlung kleinerer oder größerer Stoffabschnitte ist es notwendig, die erworbenen Einzeltatsachen in verständlicher Weise in das System der bisherigen Kenntnisse einzugliedern. Dabei nähert sich das System der Schülerkenntnisse mehr und mehr dem System der Wissenschaft Chemie. Bei dieser Systematisierung spielen die Schülerversuche nur insofern eine Rolle, als sie den Schülern das Erkennen des Gemeinsamen und Typischen erleichtern. So kann zum Beispiel ein Schüler der Grundschule einen Stoff an Hand bekannter Nachweisreaktionen schnell in das System der Säuren und Basen einordnen. In der Oberschule ist es zum Beispiel möglich, an Hand analoger Versuche

<sup>1</sup> E. Rossa: Die Demonstration der industriellen Ammoniaksynthese. „Chemie in der Schule“, Berlin, 1/1956, S. 55.

Brom und Jod als Verwandte des Chlors zu erkennen oder eine organische Verbindung auf Grund einer charakteristischen Reaktion in die homologe Reihe der Aldehyde einzuordnen.

Beim Entwickeln der großen Überblicke, zum Beispiel über Gemeinsamkeiten wichtiger Prozesse, spielen Schülerversuche nur mittelbar insofern eine Rolle, als sie dazu beitragen, die Grundlagen zu erarbeiten. Im wesentlichen handelt es sich hier um ein Einordnen von Kenntnissen in einen größeren Zusammenhang, bei dem an Stelle der Experimente zusammenfassende Tabellen, Diagramme, graphische Darstellungen oder Anschauungstafeln Verwendung finden.

### *c) durch Übungen zur Ausbildung von Können, Fertigkeiten und Fähigkeiten*

Was verstehen wir unter Können, Fertigkeiten und Fähigkeiten? *Die Gesamtheit* der erworbenen Kenntnisse ist das Wissen, das die Schüler besitzen. Wenn dieses Wissen nicht totes Wissen bleiben soll, müssen die Schüler lernen, mit diesem Wissen zu arbeiten, es in der Praxis der Schularbeit, in der Praxis des täglichen Lebens und im späteren Beruf anzuwenden. „Die Anwendung einer bestimmten Kenntnis in der Praxis bezeichnen wir als Können oder Vermögen.“<sup>1</sup> Das Können kann dabei geistiger oder manueller Art sein. Dieses Können, etwa das Durchführen einer Destillation im Chemieunterricht, ist mit gewissen Anstrengungen der Schüler verbunden. Wird jedoch eine Tätigkeit häufig ausgeführt, so entsteht aus dem Können durch Wiederholung und Übung eine Fertigkeit. Fertigkeiten sind also „automatisierte Komponenten einer bewußten Tätigkeit, die bei deren wiederholter Ausführung entstehen“<sup>2</sup>.

Aus den Kenntnissen, dem Können und den Fertigkeiten entwickeln sich schließlich die Fähigkeiten der Schüler, die wiederum notwendige Bedingung und Voraussetzung sind für den Erwerb neuer Kenntnisse, neuen Könnens, neuer Fertigkeiten sowie für die Entwicklung höherer Fähigkeiten. Dabei verstehen wir unter Fähigkeiten „solche psychischen Eigenschaften des Menschen, die sich aus seinen Anlagen im Prozeß seiner tätigen Auseinandersetzung mit der Umwelt entwickeln und ihrerseits die Voraussetzung für das erfolgreiche Ausführen einer oder mehrerer Tätigkeiten sind“<sup>3</sup>. An der Entwicklung umfassender praktischer Fertigkeiten sowie an der Förderung geistiger Fähigkeiten, besonders der Beobachtungs- und Denkfähigkeit im Sinne einer polytechnischen Bildung der Schüler, entscheidend mitzuwirken, ist eine der zentralen Aufgaben des Chemieunterrichts.

<sup>1</sup> R. Adolf: Zum Problem der Fähigkeiten und Fertigkeiten im Chemieunterricht der deutschen demokratischen Schule. Inauguraldissertation an der Martin-Luther-Universität, Halle (Saale) 1955, S. 34.

<sup>2</sup> Ebenda, S. 41.

<sup>3</sup> Ebenda, S. 20.

Infolgedessen muß sich der Chemielehrer die notwendige Zeit zum Üben bestimmter Handgriffe und Tätigkeiten beim Experimentieren nehmen. Tätigkeiten, wie das Bedienen eines Bunsen- oder Spiritusbrenners, das Einfüllen eines Stoffes in ein Reagenzglas, das Erhitzen von flüssigen und festen Stoffen im Reagenzglas, das Filtrieren, Destillieren, das Auffangen von Gasen über Wasser, das Durchführen bestimmter Nachweisreaktionen usw., werden von den Schülern nicht beherrscht, wenn sie nur ein- oder zweimal ausgeführt wurden. Infolgedessen muß von vornherein bei der Unterrichtsvorbereitung eines Stoffabschnitts Zeit für das Üben solcher Tätigkeiten eingeplant werden. Dabei ist es zu empfehlen, die gleiche Tätigkeit an verschiedenen Stoffen zu üben, damit die Schüler im Zusammenhang mit der Entwicklung ihrer Fertigkeiten noch weitere Kenntnisse und Erkenntnisse erwerben und der Unterricht auf diese Art abwechslungsreich und interessant gestaltet wird. Ferner kommt es darauf an, auch bei wiederholter Ausführung bestimmter Tätigkeiten diese Handlungen der Schüler sorgfältig zu überwachen, damit nicht falsche Handgriffe und Tätigkeiten eingeübt oder notwendige Vorsichtsmaßnahmen außer acht gelassen werden. Gleichzeitig sind bei solchen Übungen immer wieder die notwendigen Beobachtungsaufgaben zu formulieren, damit jeder Schüler genau weiß, worauf er bei seinen Arbeiten zu achten hat.

Ein wesentlicher Beitrag zur Förderung des Denkvermögens der Schüler ist das Üben der chemischen Formelsprache. Formeln und Gleichungen bereiten den Schülern auf allen Klassenstufen mehr oder weniger große Schwierigkeiten. Entscheidend ist es, bei dem Üben der Formelsprache Theorie und Praxis eng miteinander zu verknüpfen, das heißt, nicht mechanisch Strukturformeln von unbekanntem Stoffen oder chemische Gleichungen von unbekanntem oder gar undurchführbarem Prozessen aufstellen zu lassen, sondern grundsätzlich Formeln und Gleichungen nur in enger Verbindung mit dem stofflichen Geschehen zu üben.

Ferner kommt es darauf an, die bei den Schülerexperimenten angestellten Beobachtungen immer wieder von den Schülern weitgehend selbständig exakt formulieren zu lassen, also das zusammenhängende Beschreiben der angestellten Beobachtungen zu üben und die an Hand der Beobachtungen durchzuführenden Denkprozesse des Vergleichens, Urteilens und Schließens, der Analyse und Synthese, der Abstraktion und Konkretisierung sowie der Induktion und Deduktion möglichst von den Schülern selbständig durchführen zu lassen.

Solche ständigen Übungen im Formulieren, in der Durchführung von Denkprozessen und in der Handhabung der Formelsprache fördern entscheidend die Entwicklung der Denkfähigkeit. Der Chemielehrer sollte sich stets bewußt sein, daß Fähigkeiten und Fertigkeiten nur entstehen und weiterwachsen können in der tätigen Auseinandersetzung mit dem Stoff, und zwar sowohl auf manuellem wie auf geistigem Gebiet.

#### d) durch Kontrolle und Überprüfung der Schülerleistungen

Praktische Fertigkeiten können nur durch Schülerexperimente überprüft werden, daher ist es notwendig, die Leistungskontrolle in vielen Fällen mit dem Schülerversuch zu verbinden. In diesem Falle muß die Leistungskontrolle in enger Verbindung und Durchdringung mit der Festigung durch Wiederholung, Anwendung und Übung gesehen werden. So gestatten eine Reihe praktischer Aufgaben, die im wesentlichen der Festigung, Anwendung und Übung dienen, gleichzeitig die manuellen und geistigen Leistungen der Schüler zu überprüfen, und umgekehrt dienen Experimente, deren wesentliche Aufgabe die Überprüfung der Schülerleistungen ist, natürlicherweise gleichzeitig der Anwendung und Übung der erworbenen Kenntnisse, Fähigkeiten und Fertigkeiten.

Leistungskontrollen sind normalerweise bei Schülern recht unbeliebt. Daß jedoch Leistungskontrollen, die mit praktischen Übungen verbunden sind, dabei eine Ausnahme bilden, ist psychologisch verständlich. Man kommt hier dem natürlichen Tatendrang und Geltungsbedürfnis der Schüler mit konkreten Aufgaben entgegen, und man gibt ihnen Gelegenheit zu zeigen, was sie können, und zwar auf geistigem und manuellem Gebiet.

Für diese praktischen Leistungskontrollen gibt es verschiedene Möglichkeiten:

Wir sind häufig so vorgegangen, daß dem einzelnen Schüler oder auch einer kleinen Schülergruppe eine kleinere oder größere experimentelle Aufgabe gestellt wurde, zu deren Lösung auch eine mehr oder weniger große selbständige geistige Arbeit notwendig war. Einige Zusatzfragen, die sich an das Gedächtnis oder an das Denkvermögen der Schüler richteten, dienten der Vervollständigung des gewonnenen Eindrucks. Einige Beispiele, die als Kontrollaufgaben geeignet sind, wurden bereits in dem Abschnitt über Wiederholung und Anwendung (siehe S. 54) erwähnt. Ferner seien noch folgende Beispiele genannt, die sich beliebig vermehren lassen:

1. Was versteht man unter einem chemischen Vorgang? Beantworte die Frage an Hand eines selbstgewählten Versuchs! (7. Klasse)
2. Erläutere das Wesen eines Katalysators an einem selbstgewählten Beispiel! (7. oder 10. Klasse)
3. Untersuche eine gegebene Lösung auf bestimmte Säuren und Basen! (7., 8. oder 9. Klasse)
4. Prüfe drei mit farblosen Gasen gefüllte Reagenzgläser auf Sauerstoff, Wasserstoff, Kohlendioxyd und Stickstoff! (8. oder 9. Klasse)
5. Weise  $\text{SO}_4^{--}$ ,  $\text{CO}_3^{--}$ ,  $\text{Cl}^-$  nach und begründe deine Maßnahmen! (10. Klasse)
6. Erläutere den Begriff der Reaktionswärme an Hand eines selbstgewählten Versuchsbeispiels! (9. Klasse)
7. Sprich über verschiedene Möglichkeiten der  $\text{SO}_2$ -Darstellung und führe ein Verfahren vor, das technische Bedeutung besitzt! (10. Klasse)

8. Sprich über verschiedene Verfahren zur Enthärtung des Wassers und führe ein Verfahren praktisch vor! (12. Klasse)
9. Erläutere den Begriff der Polykondensation am Beispiel der Gewinnung eines Kunststoffes. (12. Klasse)

Im Gegensatz zu dieser Art der Überprüfung, die am Lehrerexperimentiertisch vor den Augen der gesamten Klasse vorgenommen wird, bei der also die gesamte Klasse stets mit dem Lehrer die Überprüfung der Leistungen vornimmt (natürlich unter ständiger Wahrung der führenden Rolle des Lehrers), besteht während der Durchführung experimenteller Arbeiten auch die Möglichkeit, die Überprüfung einer einzelnen Gruppe unmittelbar am Arbeitsplatz der Schüler vorzunehmen.<sup>1</sup>

Diese Art der Überprüfung besitzt den Vorteil, daß die Schüler häufig gar nicht merken, daß sie überprüft werden, daß sie also völlig frei von jeglicher Prüfungsangst arbeiten und daß sie in ihrer gewohnten Arbeitsatmosphäre bleiben.

Hier lassen sich am zwanglosesten auch die manuellen Fertigkeiten der einzelnen Schüler beobachten. Ferner besteht bei diesen leisen Unterhaltungen am Arbeitsplatz der Gruppe die Möglichkeit, stärker als bei der Überprüfung vor der Klasse auf individuelle Eigenheiten des Schülers einzugehen. Schließlich ist es möglich, bei dieser Überprüfung dieselbe Aufgabe hintereinander verschiedenen Gruppen zu stellen, ohne daß die einzelnen Gruppen davon etwas wissen, das heißt, es ergeben sich auf diese Art sehr gute Vergleichsmöglichkeiten, und der Lehrer erhält außerdem in verhältnismäßig kurzer Zeit ein genaueres Bild von den Leistungen der Schüler. Erwähnt werden muß, daß der Lehrer bei diesen Überprüfungsgesprächen und Beobachtungen am Arbeitsplatz einer einzelnen Gruppe nicht die Aufsicht über die übrige Klasse außer acht lassen darf.

Als dritte Variation der praktischen Leistungskontrolle sei die gleichzeitige experimentelle Überprüfung der gesamten Klasse genannt, bei der die einzelnen Gruppen verschiedene genau formulierte Aufgaben zu lösen haben. Dabei genügt es durchaus, wenn in einer Klasse, die in zehn Gruppen aufgeteilt ist, drei oder vier verschiedene Aufgaben, allerdings unregelmäßig über die Klasse verteilt, an die Schülergruppen ausgegeben werden. Dabei muß der Lehrer in der Lage sein, an Hand seiner Aufzeichnungen die Richtigkeit der Ergebnisse sofort überschauen zu können.

Besonders geeignet für solche gemeinsamen Überprüfungen sind qualitative oder quantitative analytische Aufgaben, ähnlich wie sie bereits vorher genannt wurden.

<sup>1</sup> Diese Art der praktischen Leistungskontrolle wurde vor allem von W. Stracke beim Arbeiten mit Schülerübungen in einer 11. Klasse erfolgreich ausprobiert. Staatsexamensarbeit über Schülerübungen im 11. Schuljahr, Pädagogische Hochschule Potsdam, 1957, S. 111 ff.

Ferner sei erwähnt, daß jedes quantitative Arbeiten der Klasse in gleicher Front gleichzeitig auch eine praktische Leistungskontrolle darstellt. Wenn die erhaltenen Werte, etwa bei der quantitativen Reduktion von Metalloxyden durch Leuchtgas, mit den theoretischen Werten verglichen werden, stellt sich heraus, welche Gruppen gut und welche schlecht gearbeitet haben.

Eine besonders umfassende Leistungskontrolle ist stets mit der getrennt-gemeinschaftlichen Arbeitsweise verbunden, bei der die Arbeit der Gruppe ähnlich wie in der erstgenannten Form der Kontrolle gleichzeitig vom Lehrer und von der gesamten übrigen Klasse bewertet wird. Dabei werden sowohl die gedankliche und experimentelle Vorbereitung des Versuchs, seine mehr oder weniger geschickte Durchführung sowie die Erläuterungen zum Versuch und die Auswertung der Ergebnisse beurteilt. Wir haben immer wieder feststellen können, daß die Klasse dabei häufig einen strengeren Bewertungsmaßstab anlegt als der Lehrer. Zweckmäßig macht sich der Lehrer dabei Notizen, und zwar über die Leistungen der einzelnen Gruppen, aber auch über die Leistung der einzelnen Schüler innerhalb der Gruppe.

Außerdem ist zu empfehlen, von Zeit zu Zeit Laborkontrollarbeiten schreiben zu lassen, in denen neben Fragen mit theoretischem Charakter auch das Lösen praktischer Aufgaben verlangt wird. Dabei kommt es vor allem darauf an, die Klarheit und Genauigkeit der Vorstellungen über den behandelten Stoff bei den Schülern zu überprüfen und zum anderen ihre Fähigkeiten, zu experimentieren, zu beobachten und aus den Beobachtungen die notwendigen Schlußfolgerungen zu ziehen, festzustellen.

Wir müssen uns darüber im klaren sein, daß bei den Laborkontrollarbeiten wie auch bei den übrigen aufgezählten Variationen experimentell fundierter Leistungskontrollen die praktischen Fertigkeiten vor allem mittelbar überprüft werden, nämlich insofern sie als Voraussetzung und Grundlage für die sich anschließende geistige Leistung von Bedeutung sind. Die Bewertung des manuellen Könnens beziehungsweise der manuellen Fertigkeiten allein ist verhältnismäßig schwierig und geschieht am zweckmäßigsten zwanglos während des praktischen Arbeitens, wobei einzelne Schüler in einer Unterrichtsstunde genauer beobachtet werden.

Wir halten dabei unsere Beobachtungsergebnisse im Schülerbeobachtungsheft fest und notieren zum Beispiel: geschickt, ungeschickt, sauberer, fleißiger Arbeiter, besitzt zwei linke Hände und ähnliches, das heißt, wir begnügen uns mit Umschreibungen, weil es zur Zeit noch keinen objektiv gültigen Bewertungsmaßstab für das experimentelle Arbeiten gibt.

Nach unserer Auffassung wird es auch außerordentlich schwierig sein, einen für alle experimentellen Aufgaben gültigen Bewertungsmaßstab zu entwickeln. Wir halten es zumindest vorläufig für richtiger, solch einen Maßstab für bestimmte Gruppen von Versuchen aufzustellen. So

ergibt sich bei quantitativen Versuchen, etwa bei Titrationen, bei volumetrischen oder gravimetrischen Bestimmungen der Maßstab durch die Genauigkeit des Ergebnisses, das heißt, bereits vor der Unterrichtsstunde können die Intervalle der Prozentzahlen für die einzelnen Zensuren festgelegt werden. Bei einfachen analytischen Aufgaben kann die Zahl der richtig gefundenen Bestandteile Maßstab für die Zensur sein. Bei präparativen Arbeiten kann die Reinheit des dargestellten Stoffes sowie die erhaltene Ausbeute aus einer vorgegebenen Ausgangssubstanz als Grundlage der Bewertung dienen. Größere Schwierigkeiten bereitet jedoch zum Beispiel die objektive Leistungsbewertung bei der Demonstration chemischer Reaktionen, etwa zur Veranschaulichung technologischer Prozesse. Dabei spielen vielerlei Faktoren eine Rolle, die nicht ohne weiteres zahlenmäßig erfaßbar sind, wie zum Beispiel die Entwicklung und der Aufbau der benötigten Apparatur, die Einfachheit und Klarheit der Apparatur, das richtige und eindrucksvolle Vorführen der Reaktionen, die saubere Ausführung der dazu notwendigen Handgriffe, die richtige Deutung beziehungsweise Auswertung der Reaktion und anderes mehr.<sup>1</sup>

Abschließend sei erwähnt, daß in den letzten Jahren bereits mehrfach in den Abschlußprüfungen der 8. oder 12. Klassen schriftliche oder mündliche Aufgaben mit experimenteller Fundierung gestellt worden sind.<sup>2</sup> Das muß in Zukunft, wenn in allen Klassen regelmäßig experimentiert wird, in viel stärkerem Maße der Fall sein. Durch solche Kontrollen entwickeln wir in unseren Schülern mehr und mehr die komplexe Fähigkeit, mit dem erworbenen Können und den vorhandenen Kenntnissen und Fähigkeiten bewußt und frei zu arbeiten, eine Fähigkeit, die wir als einen wichtigen Beitrag zur polytechnischen Bildung unserer Schüler ansehen.

#### 4. Die Hausaufgaben

Im wesentlichen dienen die Hausaufgaben dem Befestigen und Vertiefen der in der Unterrichtsstunde erworbenen Kenntnisse und im Zusammenhang damit in beschränktem Maße der Weiterentwicklung von Fähigkeiten und Fertigkeiten, und zwar vor allem durch Wiederholungen und Übungen sowie durch Lösen von Anwendungsaufgaben auf theoretischem und experimentellem Gebiet.

Die Durchführung von Schülerversuchen spielt im Rahmen der Hausaufgaben eine verhältnismäßig geringe Rolle. So können die Schüler

<sup>1</sup> Dabei sollte man eventuell für die einzelnen Faktoren eine Punktbewertung anstreben, ähnlich wie es die Körpererzieher für ihre Übungen verwenden.

<sup>2</sup> Darüber werden Erfahrungsberichte gegeben von H. Otto: Durchführung von Schülerübungen während der Abschlußprüfungen. „Chemie in der Schule“, Berlin, 8/1956, S. 362, und von G. Reichel: Bemerkungen zur Durchführung von Schülerübungen während der Abschlußprüfungen. „Chemie in der Schule“, Berlin, 6/1957, S. 281.

im Anfangsunterricht der 7. Klasse beauftragt werden, die Verbrennung verschiedener Metalle durchzuführen oder eine Kerzenflamme unter verschiedenen Luftverhältnissen zu beobachten, verschiedene Lösungen mit Indikatorpapier zu prüfen oder Lösungsversuche verschiedener Art durchzuführen und anderes mehr. Weitere Vorschläge für die Verwendung des Schülerversuchs als Hausaufgabe werden von G. Raetz<sup>1</sup> gemacht. Die dazu notwendigen Geräte und Stoffe werden in den meisten Fällen von der Schule zur Verfügung gestellt. Wichtig ist, daß vom Lehrer für solche Hausversuche genaue Versuchsanweisungen und Beobachtungsaufgaben gestellt werden, vor allem sollten genaue Mengenangaben gemacht werden, weil die Schüler im Anfangsunterricht dazu neigen, „Kübelchemie“ zu betreiben.

Von Zeit zu Zeit werden die Hausaufgaben auch in den Dienst der Vorbereitung von Schülerversuchen gestellt. So ist es zum Beispiel manchmal notwendig, die Versuchsanweisungen für Schülerversuche bereits in der vorhergehenden Stunde an die Schüler auszugeben, damit sie den für die experimentellen Arbeiten notwendigen Stoff wiederholen, eine Versuchsskizze der zu verwendenden Apparatur anfertigen können und anderes mehr. Bei der Vorbereitung auf die getrennt-gemeinschaftliche Arbeitsweise ist es in Einzelfällen notwendig, daß einzelne Gruppen „ihren“ Versuch im Vorbereitungsraum der Schule unter Aufsicht des Lehrers aufbauen und ausprobieren, damit er in der folgenden Stunde reibungslos, ohne Zeitverlust und möglichst wirkungsvoll der übrigen Klasse vorgeführt werden kann.

In den meisten Fällen dient die Hausaufgabe der Nachbereitung und Auswertung der Schülerversuche. Dazu gehört vor allem die Anfertigung des Versuchsprotokolls mit der Skizze der verwendeten Apparatur.<sup>2</sup>

Abschließend sei darauf hingewiesen, daß das mechanische Auswendiglernen einfach mitgeteilter Tatsachen beim regelmäßigen Arbeiten mit Schülerübungen auf ein Mindestmaß zurückgedrängt wird, und zwar vor allem deshalb, weil die Schüler mit Eifer und Interesse im Unterricht und bei den Hausaufgaben bei der Sache sind.

Wenn in den vorstehenden Ausführungen über den Einsatz der Schülerübungen in den verschiedenen Unterrichtsgliedern gesprochen wurde, so soll damit auf keinen Fall gesagt sein, daß jede Unterrichtsstunde diese Unterrichtsglieder in einer bestimmten Reihenfolge enthalten muß, also nach einem bestimmten Schema ablaufen soll. Ganz im Gegenteil! Vielmehr wird es häufig so sein, daß die Reihenfolge des Hinführens, des Erarbeitens, des Einordnens, des Übens usw. sich im Laufe einer Unterrichtsstunde zwei-, drei- oder mehrfach wiederholen kann, und zwar für jeden neuen Begriff, für jede neue Erkenntnis, die mit der Klasse erarbeitet wird. Auf der anderen Seite wird es Unter-

<sup>1</sup> G. Raetz: Der Schülerversuch als Hausaufgabe. „Chemie in der Schule“, Berlin, 9/1957, S. 420.

<sup>2</sup> Siehe dazu auch S. 52 ff.

richtsstunden geben, die in ihrem überwiegenden Teil der Systematisierung gewonnener Kenntnisse und Erkenntnisse oder der Übung und Anwendung und damit der Ausbildung von Fähigkeiten und Fertigkeiten dienen. Die Unterrichtsglieder sind also kein Einteilungsschema für Unterrichtsstunden oder Unterrichtseinheiten, vielmehr muß der Lehrer bei der Erarbeitung bestimmter Begriffe, Kenntnisse und Erkenntnisse wissen, welche verschiedenen Unterrichtsglieder oder -stufen die Schüler zu durchlaufen haben und wie er die Schülerübungen in den verschiedenen Stufen einsetzen muß, um einen maximalen Unterrichtserfolg zu erzielen.

### III. Die bildende und erzieherische Bedeutung der Schülerübungen

Das Erziehungsziel der deutschen sozialistischen Schule fordert die „allseitige Entwicklung der Persönlichkeit, Erziehung zu Solidarität und kollektivem Handeln, Erziehung zur Liebe zur Arbeit, Erziehung zu kämpferischer Aktivität, Vermittlung einer hohen theoretischen und musischen Allgemeinbildung, Entfaltung aller geistigen und körperlichen Fähigkeiten, das heißt Bildung des sozialistischen Bewußtseins zum Wohle des Volkes und der Nation“<sup>1</sup>.

Ein Kernstück dieser sozialistischen Erziehung ist die polytechnische Bildung, die die Einheit von Theorie und Praxis herstellt, das sozialistische Bewußtsein der Schüler entwickelt und sie auf das praktische Leben vorbereitet. Sie trägt dazu bei, die alte Arbeitsteilung zwischen körperlicher und geistiger Arbeit zu überwinden und damit den Menschen von jeder geistigen und körperlichen Einseitigkeit zu befreien.

In den folgenden Ausführungen wird versucht darzulegen, wie durch den Einsatz von Schülerübungen im Chemieunterricht die polytechnische Bildung der Schüler besonders gefördert werden kann. Dabei darf jedoch die polytechnische Bildung nicht losgelöst von den anderen Bestandteilen des komplexen Bildungs- und Erziehungsprozesses gesehen werden, weil die verschiedenen Seiten der Gesamterziehung eng zusammengehören, eine Einheit bilden, in der jede Seite mit der anderen verknüpft ist und sie mehr oder weniger stark beeinflußt und durchdringt. Es wird also für notwendig gehalten, neben dem Einfluß der Schülerübungen auf die polytechnische Bildung auch ihre Bedeutung für die intellektuelle, die sittliche, ästhetische und körperliche Bildung und Erziehung der Schüler darzustellen. Wir sind uns dabei bewußt, daß die polytechnische Bildung, begrifflich gesehen, auf einer anderen logischen Ebene liegt als die anderen Bestandteile des Erziehungsprozesses. „Wenn man beispielsweise von intellektueller oder körperlicher Erziehung spricht, so wird jeweils eine auszubildende Funktion des menschlichen Individuums ins Auge gefaßt, spricht man dagegen von polytechnischer Bildung, so bestimmen Ziel, Zweck und Absicht dieses Bildungsvorhabens den Rahmen seines Inhalts.“<sup>2</sup> Daraus ergibt sich

<sup>1</sup> W. Ulbricht: Referat auf dem V. Parteitag. „Neues Deutschland“, Berlin, vom 12. 7. 1958, S. 4.

<sup>2</sup> O. Mader: Bemerkungen zu Fragen der Allgemeinbildung. „Pädagogik“, Berlin, 5/1957, S. 359.

zum Beispiel, daß sich die polytechnische Bildung mit den anderen Seiten des Bildungs- und Erziehungsprozesses mehrfach überschneiden muß. So gehören Teile der intellektuellen Bildung und Erziehung, vor allem bestimmte Kenntnisse und Fähigkeiten<sup>1</sup>, auch in den Bereich der polytechnischen Bildung, ebenso sind Teile der körperlichen und sittlichen Erziehung zur polytechnischen Bildung zu rechnen. Trotz dieser Schwierigkeiten wird den folgenden Ausführungen die übliche Gliederung der Allgemeinbildung in die fünf genannten Bestandteile zugrunde gelegt, weil bisher keine befriedigendere Gliederung dieses Komplexes zur Verfügung steht. Dabei wird auf die Zusammenhänge, Beeinflussungen und Überschneidungen der einzelnen Bestandteile besonders hingewiesen.

Die anschließenden Darlegungen stellen die Ergebnisse eines pädagogischen Experiments dar, in dem versucht wurde, die unterrichtlichen Ergebnisse beim Einsatz des Demonstrationsunterrichts beziehungsweise der Schülerübungen im Chemieunterricht miteinander zu vergleichen. Dazu wurde auf Anregung von Herrn Prof. Dr. Renneberg, Leipzig, der folgende Weg beschritten: In zwei Parallelklassen des 9. Schuljahres sowie in je zwei Halbklassen des 7. und 11. Schuljahres<sup>2</sup>, deren Leistungsdurchschnitt im Fach Chemie weitgehend übereinstimmte, wurde der Chemieunterricht ein ganzes Schuljahr lang vom gleichen Lehrer erteilt. Dabei wurde der gleiche Stoff im gleichen Zeitraum an die Schüler vermittelt, und zwar in der Versuchsklasse vorwiegend auf der Grundlage der Schülerübungen (lediglich Versuche, die mit größeren Gefahren verbunden waren, wurden vom Lehrer demonstriert), in der Kontrollklasse ausschließlich mit Hilfe des Demonstrationsunterrichts. Auf diese Art wurden bei den durchgeführten Untersuchungen drei von den vier entscheidenden Faktoren, die den Bildungs- und Erziehungsprozeß im Unterricht beeinflussen, nämlich die Lehrerpersönlichkeit, die Schülerpersönlichkeiten und die durch das Bildungs- und Erziehungsziel bedingte Stoffauswahl, soweit das in einem pädagogisch-methodischen Experiment möglich ist, in den Parallelklassen beziehungsweise Halbklassen konstant gehalten, während lediglich die Unterrichtsform variiert wurde.<sup>3</sup>

In diesem Zusammenhang sei darauf hingewiesen, daß ein pädagogisch-methodisches Experiment wesentlich größere Schwierigkeiten bereitet als etwa eine naturwissenschaftliche Versuchsreihe. Während bei einem naturwissenschaftlichen Experiment die Versuchsbedingungen genau festgelegt und während des Versuchs kontrolliert werden können und eine vielfache Wiederholung des Versuchs unter variierten Bedingungen möglich ist, um etwa erkannte Fehler auszuschalten, lassen sich bei einem pädagogisch-methodischen Experiment die Versuchsbedingungen

<sup>1</sup> Darauf wird später noch genauer eingegangen.

<sup>2</sup> Gleichzeitig wurden Schülerübungen in einer 8. und zwei 10. Klassen durchgeführt.

<sup>3</sup> Auf die bei diesen Untersuchungen aufgetretenen Probleme und Mängel wird in dieser Darstellung nicht weiter eingegangen. Näheres darüber ist nachzulesen in der Inauguraldissertation der Verfasserin „Über Schülerübungen im Chemieunterricht der deutschen demokratischen Schule“, Karl-Marx-Universität, Leipzig 1956, S. 31 ff.

bei weitem nicht so genau erfassen, vor allem gehen durch die subjektiven Bedingungen, nämlich Lehrerpersönlichkeit und Schülerpersönlichkeiten, nur schwer erfassbare Einflüsse in das Experiment mit ein. Hinzu kommt, daß der im pädagogisch-methodischen Experiment erfaßte „Bildungs- und Erziehungsprozeß ein einmaliger, über längere Zeiträume hinweg wirkender und sich ständig verändernder Prozeß ist“<sup>1</sup>, der also nicht wiederholt werden kann, ohne völlig andere Versuchsbedingungen zu schaffen. Diese stark variablen individuellen Besonderheiten von Lehrern und Schülern konnten nur dadurch zu einem großen Teil eliminiert werden, daß die Untersuchungen über ein ganzes Schuljahr ausgedehnt wurden und nicht die Ergebnisse einzelner Schüler, sondern vorwiegend die Gesamtergebnisse beziehungsweise Durchschnittsergebnisse der Klassen beziehungsweise Halbklassen betrachtet wurden. Auf diese Art konnten einige Zusammenhänge zwischen der verwendeten Unterrichtsform der Schülerübungen beziehungsweise des Demonstrationsunterrichts und dem entsprechenden Wissen, Können und Verhalten der Schüler beobachtet werden. Auf dieser Grundlage wird im folgenden die bildende und erzieherische Wirkung der Schülerübungen der des bisher üblichen Demonstrationsunterrichts gegenübergestellt.

## **1. Die intellektuelle Bildung und Erziehung der Schüler**

Die intellektuelle Bildung und Erziehung ist im Hinblick auf die Entwicklung allseitig gebildeter Persönlichkeiten ein Schwerpunkt des komplexen Bildungs- und Erziehungsprozesses; gleichzeitig bildet sie eine wesentliche Grundlage für die polytechnische Bildung und Erziehung. Sie wird deshalb an den Anfang der Betrachtungen gestellt. Die intellektuelle Bildung und Erziehung im Chemieunterricht umfaßt vor allem die folgenden Aufgaben: Vermittlung von Kenntnissen, Erziehung zu einer dialektisch-materialistischen Weltanschauung, Entwicklung von Fähigkeiten und Fertigkeiten.

### *1.1 Die Vermittlung von Kenntnissen*

Die mit Hilfe von Schülerübungen beziehungsweise durch den Demonstrationsunterricht vermittelten Kenntnisse wurden vor allem durch schriftliche Kontrollarbeiten überprüft, die jeweils am gleichen Tage und mit dem gleichen Inhalt in den zusammengehörigen Parallelklassen beziehungsweise Halbklassen geschrieben wurden.<sup>2</sup> Dabei wurde

<sup>1</sup> W. Dorst: Besonderheiten des pädagogischen Experiments. „Pädagogik“, Berlin, 9/1954, S. 630.

<sup>2</sup> Natürlich wurden auch regelmäßig mündliche Überprüfungen vorgenommen, die in ihren Durchschnittsergebnissen mit denen der schriftlichen Arbeiten weitgehend übereinstimmen, so daß darauf hier nicht näher eingegangen wird.

verhindert, daß die Schüler in der dazwischenliegenden Pause miteinander in Verbindung treten konnten. Die Arbeiten wurden nach dem gleichen Punktsystem bewertet und zensiert, wobei die berechneten Prozentzahlen auf ganze Zahlen abgerundet wurden. So ergab sich folgender Bewertungsmaßstab:

|   |     |
|---|-----|
| 95-100 Prozent richtige Antworten: sehr gut   | (1) |
| 75- 94 Prozent richtige Antworten: gut        | (2) |
| 50- 75 Prozent richtige Antworten: genügend   | (3) |
| 25- 49 Prozent richtige Antworten: mangelhaft | (4) |
| 0- 24 Prozent richtige Antworten: ungenügend  | (5) |

### Ergebnisse der 7. Klassen

Aus den Zensuren der schriftlichen Arbeiten<sup>1</sup> wurden folgende Durchschnittszensuren berechnet:<sup>2</sup>

*Tabelle 1: Durchschnittsleistungen der 7. Klassen:*

| Klassenarbeit:  | 1.  | 2.  | 3.  | 4.  | 5.  | 6.  | 7.  |
|-----------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Versuchsklasse: | 2,1 | 2,1 | 2,7 | 3,1 | 2,8 | 2,4 | 2,8 |
| Kontrollklasse: | 2,7 | 2,2 | 2,8 | 3,3 | 3,2 | 2,9 | 3,1 |

In der Abbildung 16 wurden die in Tabelle 1 enthaltenen Durchschnittswerte graphisch dargestellt. Daraus ist folgendes zu erkennen:

- Die Leistungskurve der Versuchsklasse liegt ständig über der der Kontrollklasse, das heißt, die Durchschnittsleistungen der Versuchsklasse liegen in *allen Arbeiten* über denen der Kontrollklasse.
- Besonders aufschlußreich ist der Leistungsunterschied der beiden Klassen in der ersten Arbeit. Die Fragen der ersten Arbeit<sup>3</sup> beziehen sich fast ausschließlich auf einen Stoff, der mit Hilfe der unterschiedlichen Unterrichtsformen erarbeitet wurde. Da in beiden Klassenhälften keinerlei Vorkenntnisse auf dem Gebiet der Chemie vorhanden waren, in beiden Klassenhälften also von den gleichen Voraussetzungen ausgegangen wurde, ist der Leistungsunterschied eindeutig auf die verwendete Unterrichtsform der Schülerübungen zurückzuführen.
- Der Leistungsanstieg der Kontrollklasse in der zweiten Arbeit ist unreal und beruht darauf, daß die Schüler der Kontrollklasse beim gemeinsamen Schreiben der Kontrollarbeit Gelegenheit fanden, zum Teil bei ihren Mitschülern aus der Versuchsklasse abzuschreiben.

<sup>1</sup> Die dabei gestellten Fragen sind im Anhang, S. 113/114, nachzulesen.

<sup>2</sup> Die diesen Durchschnittszahlen zugrunde liegenden Zensuren können in der bereits zitierten Inauguraldissertation eingesehen werden, und zwar im Anhang, S. 113 ff.

<sup>3</sup> Siehe Anhang, S. 113.

Alle weiteren Arbeiten wurden daher in beiden Klassen getrennt geschrieben.

- d) Der in der dritten und vierten Arbeit auffällige Leistungsabfall in beiden Klassen ist vor allem darauf zurückzuführen, daß das Erfassen der in dieser Zeit behandelten theoretischen Abschnitte (Atom- und Molekülbegriff, Gesetz von der Erhaltung der Masse, Einführung

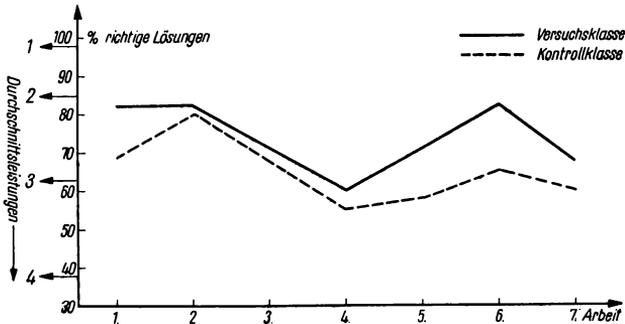


Abb. 16 Durchschnittsleistungen der 7. Klassen

der chemischen Formelsprache, Wertigkeit) besonders hohe Anforderungen an das Abstraktionsvermögen der Schüler stellt und daß die Zeit, die laut Lehrplan von 1954 für die Behandlung dieser Stoffeinheiten zur Verfügung stand, nicht ausreichte für die Erarbeitung, Festigung und Übung dieser Grundbegriffe und Gesetzmäßigkeiten. Betont werden muß, daß auch bei diesem für die 7. Klasse sehr schwierigen Stoff die Durchschnittsleistungen der Versuchsklasse noch deutlich über denen der Kontrollklasse lagen, daß also die Schülerübungen für die Erarbeitung dieses theoretischen Materials offenbar geeigneter sind als der Demonstrationsunterricht. Hinzu kommt, daß sich gerade in der Durchschnittszensur dieser zwei Arbeiten das Fehlen von mehreren guten Schülern und Schülerinnen nachteilig auf den Durchschnittswert der Versuchsklasse auswirkte.

- e) Der auffällige Leistungsanstieg in der sechsten Arbeit, der besonders ausgeprägt in der Versuchsklasse zum Ausdruck kommt, läßt erkennen, daß der in dieser Arbeit überprüfte Stoffabschnitt (Basen und Säuren) besonders für Schülerübungen geeignet ist, daß also hier mit Hilfe von Schülerübungen wesentlich bessere Leistungen erzielt werden können als mit Hilfe des Demonstrationsunterrichts.

Aus dem Gesamtvergleich der Leistungsdurchschnitte beider Klassen des 7. Schuljahres ergibt sich eindeutig, daß in dieser Klassen-

stufe die Form der Schülerübungen der des Demonstrationsunterrichts überlegen ist, obwohl der Lehrer bei Beginn der Untersuchungen geringere Erfahrungen im Arbeiten mit Schülerübungen besaß als in der Arbeit mit Demonstrationsversuchen. Es ist daher zu erwarten, daß sich der Vergleich weiter zugunsten der Schülerübungen verschieben wird, wenn umfangreichere Erfahrungen mit Schülerübungen in der deutschen sozialistischen Schule zur Verfügung stehen werden.

### Ergebnisse der 9. Klassen

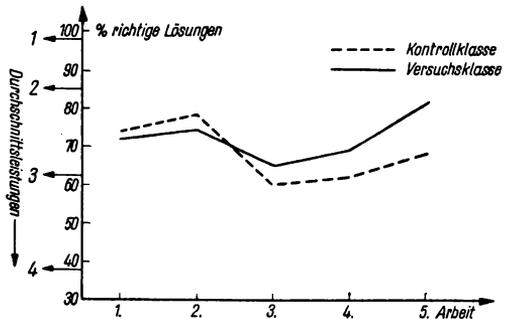
Aus den Zensuren der schriftlichen Kontrollarbeiten ergaben sich folgende Durchschnittsergebnisse:

Tabelle 2: Durchschnittsleistungen der 9. Klassen:

| Klassenarbeit:  | 1.  | 2.  | 3.  | 4.  | 5.  |
|-----------------|-----|-----|-----|-----|-----|
| Versuchsklasse: | 2,6 | 2,5 | 2,9 | 2,7 | 2,2 |
| Kontrollklasse: | 2,5 | 2,3 | 3,1 | 3,0 | 2,8 |

Abb. 17 Durchschnittsleistungen der 9. Klassen

Die in Tabelle 2 enthaltenen Werte wurden in Abbildung 17 graphisch dargestellt. Daraus ist folgendes zu entnehmen:



a) Zunächst fällt auf, daß die Leistungen der Kontrollklasse in den ersten beiden Arbeiten höher liegen als die der Versuchsklasse, erst von der dritten Arbeit an übertreffen die Leistungen der Versuchsklasse die der Kontrollklasse in zunehmendem Maße. Dafür liegen folgende Gründe vor:

aa) Die Kenntnisse, die die Schüler beider Klassen aus den verschiedenen Grundschulen mitbrachten, waren sehr unterschiedlich. Erfahrungen im Experimentieren besaß kein Schüler der beiden Klassen. Infolgedessen war es notwendig, den Schülern der Versuchsklasse in den ersten Wochen jeden neuen Handgriff beim Ex-

perimentieren vorzumachen und zu erklären, wozu natürlicherweise mehr Zeit benötigt wurde als beim Vorführen der Versuche als Demonstration.<sup>1</sup>

Dadurch blieb in den ersten Wochen nicht genügend Zeit zur Festigung und Vertiefung der erworbenen Kenntnisse und zum Einordnen der Einzeltatsachen in einen größeren Zusammenhang. Diese Zeit stand aber in der Kontrollklasse zur Verfügung, so daß die Schüler der Kontrollklasse mit besseren Voraussetzungen zu den ersten beiden Kontrollarbeiten kamen.

bb) Da im 9. Schuljahr das Interesse an den theoretischen Zusammenhängen, an den Gesetzen und Theorien, die das stoffliche Geschehen beherrschen, zusehends zunimmt, wird das Interesse an den rein praktischen Arbeiten etwas geringer. Im Zusammenhang damit prägen sich die Ergebnisse der praktischen Arbeiten nicht mehr ganz so nachhaltig ein wie zum Beispiel bei einem Schüler der 7. Klasse.

cc) Die geringere Erfahrung des Lehrers in der Organisation und Durchführung von Schülerübungen mußte sich in einer Oberschulklasse mit 34 Schülern anfangs stärker nachteilig auswirken als in einer Grundschulklasse mit geringerer Schülerzahl.

- b) Nach den ersten beiden Arbeiten waren die Anfangsschwierigkeiten in der Durchführung und Anleitung von Schülerübungen bei Schülern und Lehrern im wesentlichen überwunden, denn von der dritten Arbeit an liegen die Durchschnittsleistungen der Versuchsklasse höher als die der Kontrollklasse. Auffällig ist jedoch der starke Leistungsabfall *beider* Klassen in der dritten Arbeit. In der Versuchsklasse gehen die Durchschnittsleistungen von 2,5 auf 2,9 herunter, in der Kontrollklasse sogar von 2,3 auf 3,1, das heißt, der Leistungsabfall in der Kontrollklasse ist doppelt so groß wie der in der Versuchsklasse. Dieses Absinken der Leistungen ist durch den Stoff bedingt, der mit dieser Arbeit überprüft wurde.<sup>2</sup> Das Erfassen der physikalischen Gasgesetze und ihre Anwendung zum Lösen stöchiometrischer Aufgaben stellt an das Denkvermögen der Schüler sehr hohe Anforderungen.

In der Versuchsklasse wurde das Herleiten der Gasgesetze sowie ihre Anwendung durch den Einsatz entsprechender Schülerversuche erleichtert, so daß bessere Leistungen erzielt wurden als in der Kontrollklasse. Trotzdem ist ein Leistungsdurchschnitt von 2,9 in der Versuchsklasse noch unbefriedigend.

- c) In der vierten und fünften Arbeit ist in beiden Klassen ein Leistungsanstieg festzustellen, der jedoch in der Versuchsklasse wesentlich ausgeprägter ist als in der Kontrollklasse. Der Leistungsanstieg in *beiden*

<sup>1</sup> Letzteres macht sich infolge des schnelleren Vorgehens im Stoff in einer Oberschulklasse stärker bemerkbar als in einer Grundschulklasse.

<sup>2</sup> Siehe die Fragen zu dieser Arbeit im Anhang, S. 115.

Klassen ist stoffbedingt, da die Stoffgebiete Sauerstoff und Wasserstoff sowie Kohlenstoff und Silicium den Schülern weniger Schwierigkeiten bereiten als die Grundlagen der Atom- und Molekulargewichtsbestimmungen. Das *steilere* Ansteigen der Leistungskurve in der Versuchsklasse ist auf den Einsatz von Schülerübungen zurückzuführen.

Zusammenfassend ergibt sich: Auch im 9. Schuljahr ist aus dem Vergleich der Leistungsdurchschnitte in der Versuchs- und Kontrollklasse ersichtlich, daß nach Überwindung der anfänglichen Schwierigkeiten mit den Schülerübungen bessere Leistungen erzielt werden als mit dem Demonstrationsunterricht, so daß es notwendig erscheint, die Schülerübungen auch im Chemieunterricht der 9. Klassen einzusetzen.

#### Ergebnisse der 11. Klassen

Aus den Zensuren der schriftlichen Arbeiten in den 11. Klassen ergaben sich folgende Durchschnittszensuren:

*Tabelle 3: Durchschnittsleistungen der 11. Klassen*

| Klassenarbeit:  | 1.  | 2.  | 3.  | 4.  | 5.  | 6.  | 7.  | 8.  |
|-----------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Versuchsklasse: | 2,9 | 2,0 | 2,9 | 2,8 | 2,2 | 2,9 | 3,1 | 3,0 |
| Kontrollklasse: | 2,9 | 2,1 | 2,5 | 2,4 | 2,3 | 3,0 | 3,3 | 3,3 |

Die in Tabelle 3 enthaltenen Werte wurden in Abbildung 18 graphisch dargestellt.

Der Diskussion der Ergebnisse muß vorausgeschickt werden, daß im 11. Schuljahr mit zwei Halbklassen gearbeitet wurde und daß die Teilung der Klassen in zwei Hälften willkürlich vom Schulleiter vorgenommen wurde, ohne den Leistungsstand im Fache Chemie entsprechend zu berücksichtigen. Aus den Abschlußzensuren der 10. Klassen im Fach Chemie ergab sich bei Beginn der Untersuchungen folgender Leistungsdurchschnitt beider Klassenhälften:

Versuchsklasse 2,5  
Kontrollklasse 2,2

das heißt, der Leistungsdurchschnitt der Kontrollklasse lag um 0,3 Zensureinheiten über dem der Versuchsklasse. Bereits in der ersten Chemiestunde wurde festgestellt, daß in der Kontrollklasse die Mehrzahl der geistig beweglicheren Schüler zusammengefaßt war. Bei den folgenden Betrachtungen muß also der verschiedene „Nullpunkt“ beider Klassenhälften berücksichtigt werden. Bei dem Vergleich der Durchschnittsleistungen beider Klassenhälften an Hand der Zeichnung ergibt sich folgendes Bild:

Nach anfänglich gleichem Leistungsstand in den ersten beiden Arbeiten erscheint die Kontrollklasse der Versuchsklasse in der dritten

und vierten Arbeit klar überlegen, erst von der fünften Arbeit an liegen die Leistungen der Versuchsklasse in zunehmendem Maße über denen der Kontrollklasse.

Zieht man aber den verschiedenen Nullpunkt der beiden Klassenhälften in Betracht und berücksichtigt ferner die großen Schwierig-

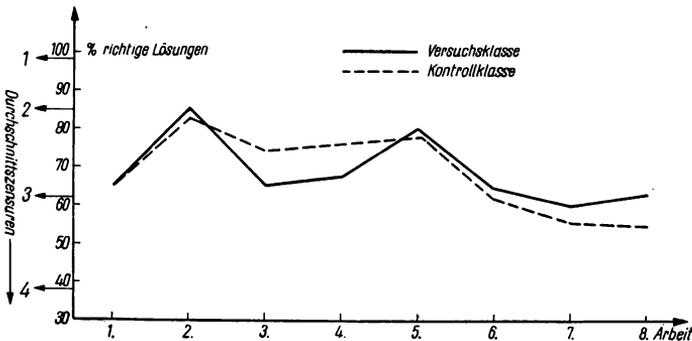


Abb. 18  
Durchschnitts-  
leistungen  
der 11. Klassen

keiten, vor denen man steht, wenn in einer 11. Klasse zum ersten Male mit Schülerübungen begonnen wird (keinerlei praktisches Können, wenn bereits schwierigere Versuche durchgeführt werden sollen, Gering-schätzung der praktischen Arbeit bei einer Überbewertung theoretischer Kenntnisse usw.), so kommt man zu folgenden Ergebnissen:

- Der Gleichstand der beiden ersten Arbeiten spricht bereits deutlich für die Versuchsklasse und damit für die Unterrichtsform der Schülerübungen, weil es den Schülern der Versuchsklasse gelungen ist, mit Hilfe des selbständig experimentell erarbeiteten Stoffes die geistige Überlegenheit der Kontrollklasse auszugleichen.
- Das starke Ansteigen der Leistungen *beider* Klassenhälften in der zweiten Arbeit war deshalb möglich, weil diese Arbeit unmittelbar im Anschluß an die Neudurchnahme des Stoffes in der darauffolgenden Stunde geschrieben wurde, weil also der Faktor des Vergessens ausgeschaltet und das Verwischen des aufgenommenen Stoffes durch Einwirkungen anderer Unterrichtsfächer verhindert wurde.
- Auch bei Berücksichtigung des verschiedenen Nullpunktes beider Klassenhälften sind in der dritten und vierten Arbeit die Leistungen der Kontrollklasse noch denen der Versuchsklasse um ein Geringes überlegen. Hier wirkt sich das in dieser Klassenstufe fehlende praktische Können besonders nachteilig aus. Den reiferen Schülern fällt es schwer, sich mit der handwerklichen Kleinarbeit abzugeben, sie halten es für „unter ihrer Würde“, Stahlhärtungsversuche mit Rasierklingen oder einfache Reagenzglasversuche mit Eisen(II)- und Eisen(III)-Verbindungen durchzuführen, das heißt, sie gehen mit

einer gewissen Unlust an die einfachen experimentellen Arbeiten heran und haben daher geringere unterrichtliche Erfolge aufzuweisen als die Schüler der Kontrollklasse.

- d) Erst als es den Schülern der Versuchsklasse möglich ist, ihre eigenen praktischen Erfahrungen beim Titrieren mit der Dissoziations-  
theorie zu verbinden, also Praxis und Theorie sinnvoll zu vereinen,  
wächst ihr Interesse an den praktischen Arbeiten zusehends. Damit  
steigen ihre Leistungen in der fünften Arbeit erheblich an und über-  
treffen auch ohne Berücksichtigung der verschiedenen Ausgangs-  
punkte in den beiden Klassenhälften die der Kontrollklasse.
- e) Auch in der sechsten, siebenten und achten Arbeit liegen die Durch-  
schnittsleistungen der Versuchsklasse klar erkennbar über denen der  
Kontrollklasse. Addiert man die bei Beginn des Schuljahres vorlie-  
gende Zensuredifferenz von 0,3 zu den aus Tabelle 3 ersichtlichen  
Differenzen der Durchschnittszensuren, so ergeben sich in der fünften  
bis achten Arbeit folgende Leistungsunterschiede zugunsten der Ver-  
suchsklasse:

- 5. Arbeit 0,4 Zensureinheiten
- 6. Arbeit 0,4 Zensureinheiten
- 7. Arbeit 0,5 Zensureinheiten
- 8. Arbeit 0,6 Zensureinheiten

Daraus geht hervor, daß auch in einer 11. Klasse mit Schülerübungen  
bessere Leistungen erzielt werden können als im Demonstrationsunter-  
richt, obwohl bei Beginn der Arbeit keinerlei praktische Erfahrungen  
der Schüler und nur geringe Erfahrungen des Lehrers im Organisieren  
und Anleiten von Schülerübungen vorlagen. Es ist ferner erkennbar, daß  
die Überlegenheit der Versuchsklasse gegenüber der Kontrollklasse im  
Laufe des Schuljahres mit der Zunahme der erworbenen praktischen  
Fertigkeiten ständig anstieg, obwohl die Versuchsklasse in der siebenten  
und achten Arbeit durch den Abgang von drei guten Schülern gegen-  
über der Kontrollklasse benachteiligt war.<sup>1</sup>

Fassen wir die Ergebnisse des Leistungsvergleichs zusammen, so  
ergibt sich folgendes Bild: In der Grundschulklasse wurde, wie auf Grund  
der alterstypischen Besonderheiten dieser Schüler zu erwarten war, durch  
den Einsatz der Schülerübungen eine sichtbare Leistungssteigerung er-  
reicht. Jedoch auch in den beiden Oberschulklassen (9. und 11. Schul-

<sup>1</sup> Ergänzend sei bemerkt, daß der Faktor der ungleichen Halbklassen auch in den Physik-  
durchschnittszensuren zum Ausdruck kommt, und zwar am Ende des Schuljahres noch  
ausgeprägter als am Anfang, wie aus folgenden Zahlen ersichtlich ist:

Leistungsdurchschnitt der 11. Klassen in Physik

|                | Ende des 10. Schuljahres | Ende des 11. Schuljahres |
|----------------|--------------------------|--------------------------|
| Versuchsklasse | 2,5                      | 2,8                      |
| Kontrollklasse | 2,2                      | 2,4                      |

jahr) ist trotz zunehmenden Interesses an den theoretischen Zusammenhängen nach Überwinden von Anfangsschwierigkeiten eine deutlich erkennbare Leistungssteigerung festzustellen. Die Einführung der Schülerübungen im Chemieunterricht unserer deutschen sozialistischen Schule erscheint uns daher als eine wesentliche Maßnahme, die mit dazu beitragen kann, den Schülern solide, dauerhafte und anwendungsbereite Kenntnisse zu vermitteln, die gleichzeitig ein sicheres Fundament bilden, auf denen die polytechnische Bildung unserer Schüler aufgebaut werden kann.

## *1.2 Die Erziehung zu einer dialektisch-materialistischen Weltanschauung*

Die mit Hilfe der Schülerübungen vermittelten gründlichen und anwendungsbereiten Kenntnisse bilden zugleich die Grundlage und das Material für die Entwicklung einer dialektisch-materialistischen Weltanschauung, denn der wissenschaftliche Sozialismus, die Wissenschaft von den Entwicklungsgesetzen der Natur und der Gesellschaft ist „auf dem granitenen Fundament der Errungenschaften der modernen Naturwissenschaften gewachsen“<sup>1</sup>.

Dabei kommt es nicht nur darauf an, den Schülern mit den chemischen Tatsachen und Gesetzmäßigkeiten die Grundlagen für dialektisch-materialistische Erkenntnisse mitzugeben, sondern sie sollen vielmehr dahin geführt werden, aus dem beobachteten Geschehen selbst die weltanschaulichen Schlußfolgerungen zu ziehen.

Inwieweit es im Chemieunterricht möglich ist, die Schüler selbsttätig und auf Grund eigener Gedanken mit den Grundlagen des dialektischen Materialismus vertraut zu machen, hängt vor allem von der Altersstufe der Schüler ab. Man sollte bereits in der Grundschule die Schüler an diese Probleme heranzuführen und in der Mittel- und Oberschule zu umfassenderen und tieferen Einsichten vordringen. Dazu sollen im folgenden einige Beispiele gegeben werden.

So erkannten die Schüler schon nach wenigen Chemiestunden, daß die chemischen Reaktionen nach ganz bestimmten Gesetzmäßigkeiten ablaufen, wenn sie zum Beispiel feststellten, daß die Mitschüler beim Erhitzen von Zink ebenfalls gelbweißes Zinkoxyd oder beim Erhitzen von Kupfer ebenfalls schwarzes Kupferoxyd erhielten. Die erstaunten Fragen „bei dir ist das Kupfer auch schwarz geworden?“ und ähnliche unterblieben bald.

Die Schüler gewannen vielmehr in zunehmendem Maße die Erkenntnis, daß sie selbst einen Fehler begangen haben mußten, wenn sie bei gleichartigen Versuchen ein anderes Versuchsergebnis erhielten als die meisten übrigen Schüler der Klasse. Diese beim Experimentieren gewonnenen Erfahrungstatsachen wurden ergänzt und bestätigt durch eine Reihe

<sup>1</sup> Shdanow: Kritische Bemerkungen zu dem Buch F. S. Alexandrows „Geschichte der westeuropäischen Philosophie“. Berlin 1950, S. 23.

von Gesetzen, die sie nach und nach im Chemieunterricht kennenlernten, und zwar in den meisten Fällen erläutert oder bestätigt durch Schülerversuche, wie zum Beispiel das Gesetz von der Erhaltung der Masse, die Gesetze der festen und vielfachen Gewichtsverhältnisse, das Gesetz von Raoult, die Gesetzmäßigkeiten des Periodensystems und andere mehr.

So wurden die Schüler allmählich vorwiegend auf Grund ihrer eigenen Versuche mit den Gesetzmäßigkeiten der Chemie vertraut gemacht, die sie als objektive Wahrheiten anerkannten. Das bedeutet aber gleichzeitig auch eine Erziehung zum Materialismus; denn die „Anerkennung der objektiven Gesetzmäßigkeiten der Natur und der annähernd richtigen Widerspiegelung dieser Gesetzmäßigkeiten im Kopf des Menschen ist Materialismus“<sup>1</sup>. Wichtig ist es, daß wir den Schülern diese materialistischen Gedankengänge auch an geeigneten Beispielen *bewußtmachen*, zum Beispiel dadurch, daß wir während des Erarbeitens des Massenerhaltungssatzes darauf hinweisen, daß kein einziger chemischer Vorgang bekannt ist, bei dem Materie „verschwindet“ oder „neu geschaffen“ wird. Bei später durchgeführten chemischen Prozessen können diese materialistischen Gedankengänge an Hand des vorliegenden Beispiels gefestigt und vertieft werden.

Die marxistisch-leninistische Lehre von der Erkennbarkeit der Welt wurde praktisch durch jedes Experiment bestätigt, das die Schüler selbst durchführten oder das sie vom Lehrer vorgeführt bekamen. Jedes dieser Experimente ließ die Schüler etwas mehr von dem stofflichen Geschehen und von den Gesetzmäßigkeiten, das diesem Geschehen zugrunde liegt, erkennen. So hat bereits Friedrich Engels darauf hingewiesen, daß „wir die Richtigkeit unserer Auffassung eines Naturvorganges beweisen können, indem wir ihn selbst machen, ihn aus seinen Bedingungen erzeugen, ihn obendrein unseren Zwecken dienstbar werden lassen“<sup>2</sup>. Wenn die Schüler eine Reihe von Stoffen, wie Schwefelsäure, Kohlensäure, Ammoniak, Salpetersäure, Kohlenwasserstoffe usw., selbst im Schülerversuch herstellen konnten, so erblickten sie in diesen Synthesen Beweise für die Erkennbarkeit der Welt und die ständig fortschreitenden Möglichkeiten des tieferen Eindringens in die „Geheimnisse der Natur“. Ferner erkannten sie zum Beispiel bei der Herstellung von einfachem Bleiglas, von Legierungen oder von Viskoseseide, daß es dem Menschen aus der Erkenntnis der „Geheimnisse der Natur“ heraus möglich ist, Stoffe herzustellen, die in der Natur selbst nicht vorkommen, die aber für das Leben der Menschen (zur Befriedigung ihrer Bedürfnisse) von Bedeutung sind.

Darüber hinaus dienten die Schülerübungen dazu, den Schülern die Gesetze der Dialektik an Hand ihrer eigenen Versuche näherzubringen. So wurden sie vom ersten Versuch an dazu angehalten, nach dem

<sup>1</sup> W. I. Lenin: *Materialismus und Empirio-kritizismus*. Berlin 1949, S. 144.

<sup>2</sup> Fr. Engels: *Ludwig Feuerbach und der Ausgang der klassischen deutschen Philosophie*. Leipzig 1952, S. 23.

Warum der beobachteten chemischen Veränderungen zu fragen, das heißt also, eine chemische Reaktion im Zusammenhang mit ihren Versuchsbedingungen, wie Druck und Temperatur, und im Zusammenwirken aller beteiligten Stoffe zu betrachten. Besonders deutlich wurde das Gesetz vom allgemeinen Zusammenhang und dem wechselseitigen Bedingtsein aller Dinge und Erscheinungen in der Welt an Hand einiger praktischer Beispiele von Redoxvorgängen bereits in der 7. Klasse herausgearbeitet, zum Beispiel bei der Reduktion von Wasserdampf durch erhitzte Metalle oder beim Einwirken von Wasserstoff auf erhitzte Metalloxyde oder bei der Reaktion der unedlen Metalle Natrium, Kalium und Calcium mit Wasser. In der Oberschule wurde dieser dialektische Zusammenhang zum Beispiel in der 9. Klasse bei der Reduktion von Metalloxyden durch unedle Metalle unter gleichzeitiger Berücksichtigung der Energieverhältnisse herausgearbeitet.

Ferner war es möglich, von den Schülern selbst experimentell feststellen zu lassen, daß sich chemische Verbindungen unterschiedlich verhalten, je nach dem vorhandenen Reaktionspartner. So stellten die Schüler zum Beispiel fest, daß sich Schwefeldioxyd gegenüber Jod als Reduktionsmittel betätigt:



daß es sich jedoch gegenüber Schwefelwasserstoff wie ein Oxydationsmittel verhält:



Beim Erarbeiten der Erscheinungen der Amphoterie beobachteten sie bei ihren eigenen Versuchen, daß sich Aluminiumhydroxyd einmal in Säuren und zum anderen in Laugen auflöst und erkannten dabei, daß Aluminium im ersten Fall als Kation  $\text{Al}^{+++}$  und im letzteren als Bestandteil des Anions  $\text{Al}(\text{OH})_4^-$  in den entstandenen Salzen auftrat.

Beim Einführen des Atom- und Molekülbegriffs in der 7. Klasse wurde den Schülern zum ersten Male zum Bewußtsein gebracht, daß die Natur sich in unaufhörlicher Bewegung und Veränderung, in ständiger Erneuerung und Entwicklung befindet. Schülerversuche, die zum Beispiel das Aufsteigen der violetten oder gelbroten Farbe zeigten, das beim vorsichtigen Übersichten von Kaliumpermanganat- oder Kaliumdichromatkristallen mit Wasser im Reagenzglas zu beobachten war, sind dafür anschauliche Beispiele. Von diesem Zeitpunkt an wurde immer wieder darauf aufmerksam gemacht, daß chemische Reaktionen nur auf Grund der Zusammenstöße der beteiligten Moleküle ablaufen können, weil die Moleküle unmittelbar in Wechselwirkung treten müssen.

Daß die Entwicklung von unbedeutenden quantitativen Veränderungen sprunghaft zu grundlegenden qualitativen Veränderungen im chemischen Geschehen übergeht, wurde den Schülern schon in einfacher Form

beim Erhitzen des Schwefels im 8. Schuljahr nahegebracht. Sie erkannten zum Beispiel bei der Farbänderung von Gelb in Braun und beim Übergang vom leichtflüssigen in den zähflüssigen Zustand die neue Qualität, die bei ständig steigender Temperatur beobachtet wurde. Dieser dialektische Sprung kann durch weitere Beispiele in der Oberschule demonstriert werden.

Beim Erarbeiten des Kontaktverfahrens in der 10. Klasse beobachteten die Schüler, daß durch Zugabe von Sauerstoff und durch Energiezufuhr bei Gegenwart eines Katalysators der sprunghafte Übergang von  $\text{SO}_2$  in  $\text{SO}_3$  vor sich ging. In der organischen Chemie konnten sie beim Erhitzen von Malonsäure über ihren Schmelzpunkt die Umwandlung dieser Verbindung in Essigsäure und Kohlendioxyd beobachten und anderes mehr.

An Hand solcher praktischen Beispiele wurde den Schülern die Dialektik im chemischen Geschehen anschaulich vor Augen geführt. Dabei wurde in der Oberschule auch darauf hingewiesen, „daß ihre Gesetze (der Dialektik — Ch. H.) Gültigkeit haben müssen für die Bewegung ebenso sehr in der Natur und der Menschengeschichte wie für die Bewegung des Denkens“<sup>1</sup>.

Fassen wir zusammen, so ergibt sich, daß die Schüler, die die Materie in eigenen Experimenten untersuchen und die Gesetzmäßigkeiten, die dem chemischen Geschehen zugrunde liegen, daraus herleiten, auf Grund ihrer experimentellen Erfahrungen von der Materialität des stofflichen Geschehens sowie von der Dialektik, die allen chemischen Prozessen zugrunde liegt, eindringlicher überzeugt sind als Schüler, die die Wissenschaft Chemie nur auf Grund von Schauversuchen oder durch Vorträge kennenlernen; denn „durch die Praxis werden Wahrheiten entdeckt, durch die Praxis werden Wahrheiten bestätigt und entwickelt. Von den Sinneswahrnehmungen, von der emotionalen Erkenntnis muß man aktiv zur rationalen Erkenntnis . . . zur Umgestaltung der subjektiven und der objektiven Welt übergehen. Das ist die ganze Erkenntnistheorie des dialektischen Materialismus, das ist die Anschauung des dialektischen Materialismus über die Einheit von Wissen und Handeln.“<sup>2</sup>

### *1.3 Die Entwicklung von Fähigkeiten und Fertigkeiten im Chemieunterricht*

Einleitend wurde betont, daß in den Jahren nach 1945 die Kenntnisvermittlung auf Kosten der Entwicklung von Fähigkeiten und Fertigkeiten zu stark im Vordergrund stand und infolge dieses Fehlers bei den Schülern vorwiegend angelernte Kenntnisse erzielt wurden, mit denen sie im späteren Leben wenig anzufangen wußten und die auch bald wieder vergessen wurden.

<sup>1</sup> Fr. Engels: Herrn Eugen Dührings Umwälzung der Wissenschaft. Berlin 1953, S. 459.

<sup>2</sup> Mao Tse-tung: Über die Praxis. Berlin 1952, S. 26.

Wir stellen daher heute die Forderung, auf die Entwicklung von Fähigkeiten und Fertigkeiten ganz besonderen Wert zu legen. So können zum Beispiel die Kenntnisse der Schüler bei ihrer produktiven Arbeit in sozialistischen Betrieben angewandt und überprüft werden, gleichzeitig erwerben sie dabei wertvolle praktische Fertigkeiten, die in enger Beziehung zur Produktionspraxis stehen. Neben rein manuellen Fertigkeiten ist in den Schülern vor allem die komplexe Fähigkeit des selbständigen geistigen Arbeitens zu entwickeln, die sie in die Lage versetzt, selbständig an der eigenen fachlichen Weiterbildung und an der Verbesserung der eigenen Allgemeinbildung zu arbeiten.

Auf Grund dieser Zielstellung rechnen wir die komplexe Fähigkeit des selbständigen geistigen Arbeitens sowohl in den Bereich der intellektuellen wie auch der polytechnischen Bildung der Schüler und betrachten im Chemieunterricht die Entwicklung der Denkfähigkeit sowie die Entwicklung der Beobachtungsfähigkeit der Schüler als wichtige Bestandteile dieser komplexen Fähigkeit, das heißt, wir sehen die Entwicklung dieser intellektuellen Fähigkeiten gleichzeitig auch als wesentliche Voraussetzungen für die polytechnische Bildung der Schüler an.

### 1.31 Die Entwicklung der Denkfähigkeit im Chemieunterricht

Die Entwicklung der Denkfähigkeit der Schüler ist eine zentrale Aufgabe des Chemieunterrichts, sie ist mit der Vermittlung von Kenntnissen unlösbar verbunden, beide bedingen einander, bilden eine dialektische Einheit. „Das Denken ist der Prozeß der Widerspiegelung der allgemeinen Eigenschaften der Dinge und das Auffinden der gesetzmäßigen Zusammenhänge und Beziehungen zwischen den Dingen.“<sup>1</sup> Damit ist die Bedeutung des Denkens für den Erkenntnisprozeß und im Zusammenhang damit für den Kenntniserwerb deutlich gemacht.

Im Chemieunterricht geht der Denkprozeß, ähnlich wie in der Wissenschaft Chemie, in den meisten Fällen von Beobachtungen aus, die an den Stoffen und den stofflichen Veränderungen angestellt werden.

Es ist also eine wichtige Vorbedingung für das Denken der Schüler, ihnen möglichst günstige Voraussetzungen für diese Denkprozesse zu geben. Eine der wesentlichen Aufgaben der Schülerübungen bei der Erziehung zum Denken ist es also, den Schülern diese günstigen Bedingungen für gründliche und vollständige Beobachtungen zu schaffen.

Darüber hinaus werden in den Schülerübungen häufig erarbeitete Tatsachen und Gesetzmäßigkeiten angewandt zum Entwickeln neuer Versuchsanordnungen, zum Ersinnen neuer Versuche und bei der Durchführung schwierigerer chemischer Prozesse; das heißt, die Schülerübungen zwingen die Schüler in viel stärkerem Maße als der Demonstrationsunterricht dazu, mit dem erworbenen Wissen zu arbeiten, es in vielfacher Weise zu kombinieren, das heißt also, die verschiedensten Denkprozesse zu vollziehen.

<sup>1</sup> B. M. Teplov: Psychologie. Berlin 1952, S. 127.

Die Anwendung der erworbenen Kenntnisse über die allgemeinen Gesetzmäßigkeiten der Chemie kann sich auch auf Probleme der chemischen Produktion beziehen, in diesem Falle verdeutlicht durch technologische Schülerversuche. An Hand solcher Beispiele werden die Beziehungen zur polytechnischen Bildung der Schüler besonders deutlich.

Ferner ist es in den Schülerübungen möglich, in dem gleichen Zeitraum eine wesentlich größere Zahl von Versuchsbeispielen zu erarbeiten als im Demonstrationsunterricht, letzteres ist besonders augenfällig, wenn in der Klasse getrennt-gemeinschaftlich gearbeitet wird. An Hand dieser größeren Zahl von Beispielen wird den Schülern das Erkennen des Typischen und damit Allgemeingültigen wesentlich erleichtert, das heißt, die Schülerübungen dienen also der Verbreiterung der Induktionsbasis und erleichtern so den Schülern die Abstraktion und die Begriffsbildung. Diese Aufgabe der Schülerübungen im Bereich der Denkerziehung ist von ganz besonderer Bedeutung im chemischen Anfangsunterricht, in dem bereits notwendigerweise hohe Anforderungen an das Abstraktionsvermögen der Schüler gestellt werden müssen, da sich die chemischen Prozesse im Bereich der Atome und Moleküle, also im Unsichtbaren, abspielen und lediglich aus den beobachteten physikalischen Veränderungen der beteiligten Stoffe durch mehr oder weniger lange Schlußketten gedanklich erfaßt werden können. Wir haben bei unseren Untersuchungen über die Arbeit mit Schülerübungen im chemischen Anfangsunterricht die Überzeugung gewonnen, daß den meisten Schülern diese schwierigen Denkprozesse nur zugänglich werden über umfangreiche eigene Beobachtungen bei Schülerversuchen und daß sich der Lehrer in vielen Fällen beim Arbeiten mit Demonstrationen durch ein Auswendiglernen der Schüler täuschen läßt. Es ist eine psychologische Tatsache, daß zwölf- bis dreizehnjährige Schüler konkret-anschaulich denken, also in Beispielen und nicht in Begriffen, das heißt, es muß im Anfangsunterricht sehr viel Mühe aufgewandt werden, damit Begriffe wie Oxydation<sup>1</sup>, Säure, Salz usw. nicht leere Worte bleiben, sondern tatsächlich in die Vorstellungswelt der Schüler eingehen. Wenn die Schüler zum Beispiel die Schwefelsäure, die Salpetersäure und die Kohlensäure selbst auf ihre Eigenschaften untersucht hatten, so fiel es ihnen nicht mehr schwer, die diesen Stoffen gemeinsamen Eigenschaften herauszufinden. Ähnlich war es bei den verschiedenen Basen oder bei den verschiedenen Arten der Salzbildung der Fall, das heißt, auf Grund ihrer eigenen Versuche erarbeiteten sie sich eine anschauliche Vorstellung der Begriffe Säure, Base und Salz.

Ferner wurde in allen Klassenstufen festgestellt, daß sich die Schüler beim Auswerten ihrer eigenen Versuchsbeobachtungen viel stärker beteiligten als beim Auswerten von Demonstrationsversuchen. Besonders

<sup>1</sup> Im Anhang wird an Hand von Stundenbeispielen gezeigt, wie langwierig und mühevoll es ist, zum Beispiel den Begriff der Oxydation in der 7. Klasse auf Grund von Schülerversuchen zu erarbeiten (siehe Anhang, S. 118 ff.).

auffällig war, daß beim Arbeiten in größeren Gruppen vor allem diejenigen Schüler geistig aktiv waren, die die Hauptarbeit des Versuchs durchzuführen hatten. Ähnliche Beobachtungen wurden bereits von A. Gaupp<sup>1</sup> angestellt. Die Erklärung für diesen Zusammenhang ist besonders darin zu sehen, daß die Schüler mit starker innerer Anteilnahme experimentell arbeiten und diese innere Arbeitsbereitschaft auch auf die damit verbundene geistige Arbeit ausdehnen, das heißt also, die manuelle Betätigung der Schüler regt sie auch zu stärkerer geistiger Mitarbeit an und fördert damit in besonderem Maße die Denkfähigkeit der Schüler.

All diese Beobachtungen wurden durch die Ergebnisse der schriftlichen Arbeiten bestätigt, in denen ja nicht nur Kenntnisse, sondern auch das Denkvermögen der Schüler überprüft wurde. Im folgenden wurden aus den schriftlichen Arbeiten der 7. und 9. Klassen diejenigen Fragen ausgewählt, in denen vorwiegend Denkleistungen von den Schülern gefordert wurden.<sup>2</sup> Für die einzelnen Fragen wurden die Durchschnittspunktzahlen in beiden Klassen errechnet und in Prozenten der maximal erreichbaren Punktzahlen ausgedrückt. So ergaben sich folgende Tabellen:

*Tabelle 4: Auswertung der Denkfragen aus den schriftlichen Arbeiten der 7. Klassen*

| 7. Klassen:     | 1. Arbeit |        |        | 2. Arbeit |        |        | 4. Arbeit |        |        |        |
|-----------------|-----------|--------|--------|-----------|--------|--------|-----------|--------|--------|--------|
|                 | 1. Fr.    | 2. Fr. | 4. Fr. | 3 Fr.     | 4. Fr. | 5. Fr. | 1. Fr.    | 4. Fr. | 5. Fr. | 7. Fr. |
| Versuchsklasse: | 85 %      | 100 %  | 85 %   | 50 %      | 75 %   | 85 %   | 40 %      | 54 %   | 70 %   | 68 %   |
| Kontrollklasse: | 85 %      | 90 %   | 60 %   | 43 %      | 45 %   | 70 %   | 65 %      | 42 %   | 75 %   | 43 %   |

| 7. Klassen:     | 6. Arbeit |        |        | 7. Arbeit |
|-----------------|-----------|--------|--------|-----------|
|                 | 4. Fr.    | 5. Fr. | 6. Fr. | 3. Fr.    |
| Versuchsklasse: | 50 %      | 70 %   | 83 %   | 54 %      |
| Kontrollklasse: | 34 %      | 20 %   | 83 %   | 47 %      |

*Tabelle 5: Auswertung der Denkfragen aus den schriftlichen Arbeiten der 9. Klassen*

| 9. Klassen:     | 1. Arbeit |        |        |        | 3. Arbeit |        | 4. Arbeit |        |
|-----------------|-----------|--------|--------|--------|-----------|--------|-----------|--------|
|                 | 1. Fr.    | 2. Fr. | 4. Fr. | 7. Fr. | 2. Fr.    | 5. Fr. | 1. Fr.    | 3. Fr. |
| Versuchsklasse: | 78 %      | 73 %   | 50 %   | 100 %  | 56 %      | 83 %   | 69 %      | 40 %   |
| Kontrollklasse: | 60 %      | 67 %   | 53 %   | 95 %   | 34 %      | 87 %   | 68 %      | 41 %   |

<sup>1</sup> A. Gaupp: Die Bildungssituation des chemischen Erstunterrichts. „Pädagogik“, Berlin, 12/1949, S. 646.

<sup>2</sup> Siehe Zusammenstellung der Fragen im Anhang, S. 113—115.

|                 | 5. Arbeit |        |
|-----------------|-----------|--------|
|                 | 1. Fr.    | 2. Fr. |
| Versuchsklasse: | 91 %      | 64 %   |
| Kontrollklasse: | 88 %      | 42 %   |

Daraus ist folgendes zu erkennen:

In den 7. Klassen liegen in zehn von vierzehn Beispielen die Durchschnittsleistungen der Versuchsklasse, zum Teil mit beachtlichem Abstand, über denen der Kontrollklasse; in zwei Arbeiten stimmen die Durchschnittsleistungen beider Klassen überein, und nur in zwei von vierzehn Beispielen übertreffen die Durchschnittsleistungen der Kontrollklasse die der Versuchsklasse.

In den 9. Klassen ergibt sich ein ähnliches Bild: In sieben von zehn Beispielen liegen die Durchschnittsleistungen der Versuchsklasse höher als die der Kontrollklasse, und nur in drei Beispielen überragen die Durchschnittsleistungen der Kontrollklasse die der Versuchsklasse. Diese Zahlen beweisen sehr klar, daß durch den Einsatz der Schülerübungen das Denkvermögen der Schüler stärker gefördert wird als durch den Demonstrationsunterricht.

Eine besondere Form der Denkerziehung im Chemieunterricht ist das Arbeiten mit der chemischen Formelsprache. Formeln und Gleichungen sind die weitgehendste Abstraktion chemischer Stoffe und Prozesse. Sie bereiten daher den Schülern in allen Klassenstufen mehr oder weniger große Schwierigkeiten. Beim Arbeiten mit Schülerübungen kommt es darauf an, jede Einseitigkeit zu vermeiden und daher Praxis und Theorie sehr eng miteinander zu verknüpfen. Darauf haben wir in unseren Untersuchungen besonderen Wert gelegt. So wurde jeder im Schülerversuch durchgeführte chemische Prozeß nach der Zusammenfassung der Beobachtungsergebnisse und den daraus hergeleiteten Folgerungen in einer Gleichung zusammengefaßt. Die Formeln wichtiger Verbindungen, wie Wasser, Salzsäure, Ammoniak usw., wurden in den meisten Fällen auf Grund der in Schülerversuchen durchgeführten Analysen und Synthesen aufgestellt, das heißt, Formeln und Gleichungen wurden nach Möglichkeit experimentell fundiert.

Um die Beherrschung der Formelsprache in der Versuchs- und Kontrollklasse miteinander vergleichen zu können, wurden in den 7. Klassen aus der vierten, sechsten und siebenten Arbeit diejenigen Fragen ausgewählt, in denen die Formulierung von Formeln und Gleichungen gefordert war.<sup>1</sup> Für die einzelnen Fragen wurden die Durchschnittspunktzahlen in beiden Klassen errechnet und in Prozenten der maximal erreichbaren Punktzahl ausgedrückt. So entstand folgende Tabelle:

<sup>1</sup> Siehe Zusammenstellung der Fragen, S. 113/114.

*Tabelle 6: Vergleich der Leistungsfähigkeit der Schüler beim Aufstellen von Formeln und Gleichungen im 7. Schuljahr.*

|                 | 4. Arbeit |        | 6. Arbeit |        | 7. Arbeit |        |        |                     |
|-----------------|-----------|--------|-----------|--------|-----------|--------|--------|---------------------|
|                 | 4. Fr.    | 7. Fr. | 1. Fr.    | 4. Fr. | 1. Fr.    | 2. Fr. | 3. Fr. | 4. Fr. <sup>1</sup> |
| Versuchsklasse: | 50%       | 70%    | 80%       | 50%    | 60%       | 43%    | 51%    | 78%                 |
| Kontrollklasse: | 40%       | 42%    | 50%       | 32%    | 66%       | 51%    | 44%    | 46%                 |

Aus der Tabelle geht hervor, daß der Leistungsdurchschnitt der Versuchsklasse in sechs von acht Beispielen deutlich höher liegt als der der Kontrollklasse, woraus zu entnehmen ist, daß den Schülern das Aufstellen von Formeln und Gleichungen auf Grund ihrer umfangreichen und gründlichen praktischen Erfahrungen erleichtert wurde, das heißt, auch diese Zahlen besagen eindeutig, daß das Denkvermögen der Schüler durch Schülerübungen wesentlich stärker gefördert wird als durch den bisher üblichen Demonstrationsunterricht.

Schließlich muß noch darauf hingewiesen werden, daß das Denken auch eng mit dem Sprechen zusammenhängt, das heißt, die Erziehung der Schüler zu einem naturwissenschaftlich knappen Formulieren ihrer Beobachtungsergebnisse und der daraus möglichen Folgerungen steht gleichzeitig in engem Zusammenhang mit der Denkerziehung.

Vom ersten Schülerversuch in der zweiten Unterrichtsstunde an wurden die Schüler dazu angehalten, nicht nur genau und vollständig zu beobachten, sondern die Beobachtungsergebnisse nach dem Versuch auch exakt und klar zu formulieren. Anfangs mußte dem einzelnen Schüler durch die Klasse beziehungsweise durch den Lehrer Unterstützung gegeben werden, vor allem mußte der Lehrer von Anfang an mit seinen eigenen Formulierungen stets Vorbild sein. Wir stellten in allen Klassenstufen fest, daß die Schüler nicht nur an ihren eigenen Versuchen äußerlich und innerlich stärker beteiligt waren als an Demonstrationsversuchen, sondern daß sie in Übereinstimmung damit auch an der Formulierung und Auswertung ihrer eigenen Erkenntnisse besonders interessiert waren und sich um genaue klare Beschreibungen ihrer Versuchsbeobachtungen sehr bemühten. Notwendige Voraussetzung dafür ist es, die Schüler von der ersten Unterrichtsstunde an Schritt für Schritt in die chemische Fachsprache einzuführen und zum Beispiel jedes neue Gerät, das verwendet wird, schematisch an die Tafel zu zeichnen und den Namen dazuschreiben. Fremdwörter müssen übersetzt und erläutert werden, so daß die Schüler von vornherein damit anschauliche Vorstellungen verbinden können.

In diesem Zusammenhang muß auch darauf hingewiesen werden, daß während der Schülerübungen häufig Versuchsreihen durchgeführt werden, etwa bei den verschiedenen Arten der Salzbildung, bei der Be-

<sup>1</sup> Siehe Zusammenstellung der Fragen, S. 113/114.

stätigung des Gesetzes von der Erhaltung der Masse oder der Gesetze der festen und vielfachen Gewichtsverhältnisse. Im gleichen Zeitraum wird also eine größere Zahl von Versuchen bearbeitet als im Demonstrationsunterricht. Aus der größeren Zahl von Versuchen ergibt sich zwanglos eine größere Zahl von Möglichkeiten, das Ausdrucksvermögen bei der Formulierung der Versuchsergebnisse zu üben. Dabei wird nicht wesentlich mehr Zeit benötigt als beim Formulieren der Ergebnisse im Demonstrationsunterricht, weil die Schüler auf Grund ihrer umfassenden Beobachtungen gut Bescheid wissen, weil sie an der Formulierung ihrer eigenen Ergebnisse innerlich stark beteiligt sind und sich daher beim Formulieren große Mühe geben.

Bei solchen Versuchen, die in gleichen oder ähnlichen Apparaturen, aber mit verschiedenen Stoffen durchgeführt wurden, mußten die einzelnen Gruppen der übrigen Klasse über die erhaltenen Ergebnisse so klar und verständlich berichten, daß sie von allen Schülern der Klasse verstanden werden konnten, das heißt, die einzelnen Schüler mußten sich einer sehr scharfen Kritik der Klasse unterziehen, die sie zu genauer und klarer Ausdrucksweise zwang. Ähnlich war es bei der ausgeprägten Form der getrennt-gemeinschaftlichen Arbeitsweise, bei der die einzelnen Gruppen ihre Versuche vorführen und anschließend erläutern mußten.

Die Fähigkeit der Schüler, ihre Beobachtungen und die sich daraus ergebenden gedanklichen Schlüsse klar und deutlich zusammenzufassen, wurde durch die regelmäßige Anfertigung schriftlicher Versuchsprotokolle wesentlich gefördert. Die Dreiteilung des Protokolls (Durchführung, Beobachtungen, Folgerungen) zwang die Schüler dazu, deutlich zwischen Beobachtungen und anschließenden Denkvorgängen zu unterscheiden. Bei der häuslichen schriftlichen Fixierung der Protokolle mußten sie die im Unterricht durchgeführten Beobachtungen und Denkprozesse noch einmal nachvollziehen, was ebenfalls zu einer weiteren Förderung des Ausdrucks- und Denkvermögens der Schüler beitrug. Es ist ganz offensichtlich, daß diese Form der Denkschulung im Demonstrationsunterricht nur in wesentlich geringerem Umfang durchführbar ist.

### 1.32 Die Entwicklung der Fähigkeit, chemische Erscheinungen zu beobachten und die Sinnesorgane zweckvoll zu gebrauchen

Wie bereits erwähnt, werden in der Chemie die Denkprozesse in den meisten Fällen durch Beobachtungen angeregt, und zwar spielen die Beobachtungen am Experiment im Chemieunterricht die größte Rolle. Hinzu kommen Beobachtungen an anderen Anschauungsmitteln sowie in der Natur beziehungsweise in der Produktion. Die Beobachtung ist eine besondere Art der Wahrnehmung, nämlich „die vorsätzliche, planmäßige, mit einem bestimmten Ziel vorgenommene Wahrnehmung. Die Beobachtung ist das Studium, die Erforschung des Objekts, die im Prozeß der Wahrnehmung erfolgt.“<sup>1</sup>

<sup>1</sup> B. M. Teplow: Psychologie. Berlin 1952, S. 66.

Dabei ist die Erziehung zum richtigen und genauen Beobachten ein Teil der Erziehung zum Denken, denn „das charakteristische Merkmal der Beobachtung ist die Verbindung der Wahrnehmung mit aktiver Denkarbeit“<sup>1</sup>.

Wir müssen uns darüber im klaren sein, daß es eine allgemeine Beobachtungsfähigkeit nicht gibt und daß es daher speziell Aufgabe des Chemieunterrichts ist, in den Schülern die Beobachtungsfähigkeit für chemische Erscheinungen zu entwickeln.

Schüler der 7. Klassen, die den ersten Chemieunterricht erhalten, verfügen also über keinerlei Beobachtungsfähigkeit auf diesem Gebiet, und es ist daher notwendig, die Entwicklung dieser Fähigkeit planvoll zu lenken. Es ist offensichtlich, daß diese Aufgabe durch den regelmäßigen Einsatz von Schülerübungen wesentlich leichter und vollständiger gelöst werden kann als durch den Demonstrationsunterricht infolge der geringeren Entfernung zwischen Schüler und Beobachtungsobjekt, welche nicht nur eine genauere und umfassendere Beobachtung durch das Auge gestattet, sondern auch die Ergänzung durch Gehörs-, Tast-, Wärme- und Geruchsempfindungen sowie in bedingtem Maße auch durch Geschmacksempfindungen ermöglicht. Hinzu kommt der bei den Schülerversuchen dauernd wirksame, vorwiegend psychologisch bedingte Anreiz zum Beobachten, der von der eigenen Verantwortlichkeit seinen Ausgang nimmt.

Um die Beobachtungsfähigkeit der Schüler für chemische Erscheinungen systematisch zu entwickeln, wurde vor jedem Schülerversuch die Beobachtungsaufgabe formuliert, so daß jeder Schüler bei Beginn des Versuchs genau wußte, was er zu tun und worauf er zu achten hatte. Dabei wurde der Schwierigkeitsgrad der Beobachtungen allmählich gesteigert. Beim Verbrennen der Metalle wurde zum Beispiel verlangt, das Aussehen der Metalle und das der entstandenen Verbrennungsprodukte zu vergleichen. Bei der Reduktion des Wasserdampfes mit Hilfe erhitzter Metalle sollte vor allem das erhitzte Metall und das, was an dem Gasableitungsrohr aus dem Reaktionsraum vor sich geht, beobachtet werden.

Ferner wurden die Schüler dazu angehalten, möglichst vollständig zu beobachten und dabei auf das Wesentliche zu achten. Letzteres wurde vor allem dadurch erreicht, daß jeweils ein Schüler über die angestellten Beobachtungen nach Beendigung der Versuche im Zusammenhang berichten mußte. Die übrigen Schüler wurden regelmäßig zur Kritik aufgerufen. Notfalls wurde vom Lehrer selbst berichtet beziehungsweise ergänzt.

Schließlich muß erwähnt werden, daß die getrennt-gemeinschaftliche Arbeitsweise in besonderem Maße die Beobachtungsfähigkeit der Schüler förderte. So wurden die Schüler dazu angehalten, selbst die Beobachtungsaufgaben für „ihren“ Versuch zu stellen und ihn so vorzuführen, daß die übrigen Schüler der Klasse die chemischen Prozesse

<sup>1</sup> Ebenda, S. 68.

richtig, vollständig und genau beobachten konnten. Dieser Wechsel von selbständiger Anleitung zum Beobachten und aktiver Beobachtungstätigkeit veranlaßte die Schüler zu bewußter Weiterentwicklung ihrer Beobachtungsfähigkeit.

Daß die Schüler bei ihrem selbständigen Umgehen mit den Stoffen ihre Sinnesorgane in viel größerem Umfang gebrauchten als etwa bei Demonstrationsversuchen, war eine gute Schulung der Sinnesorgane und führte damit zu einer größeren Funktionstüchtigkeit. Besonders wurde dabei das Unterscheidungsvermögen und in enger Verbindung damit das Gedächtnis für Farben, Gerüche und für die Konsistenz der Stoffe gefördert.

Zusammenfassend dürfen wir sagen, daß sowohl bei der Vermittlung von Kenntnissen wie auch bei der Erziehung zu einer dialektisch-materialistischen Weltanschauung und bei der Vermittlung von Fähigkeiten mit den Schülerübungen bessere Ergebnisse erzielt werden als mit dem Demonstrationsunterricht, daß also durch einen größeren Einsatz der Schülerübungen eine entscheidende Verbesserung der intellektuellen Bildung und Erziehung im Chemieunterricht möglich ist, die gleichzeitig eine solide Basis für eine erfolgreiche polytechnische Bildung der Schüler darstellt.

## 2. Die polytechnische Bildung der Schüler

Auf die Bedeutung der polytechnischen Bildung für die Erziehung allseitig entwickelter Persönlichkeiten wurde einleitend<sup>1</sup> bereits hingewiesen. Karl Marx forderte für die Erziehung der jungen Generation, daß „für alle Kinder über einem gewissen Alter produktive Arbeit mit Unterricht und Gymnastik“ verbunden sein müsse. Er bezeichnete diese Verbindung des Unterrichts mit produktiver Arbeit „die einzige Methode zur Produktion vollseitig entwickelter Menschen“<sup>2</sup>.

Die Grundsätze, von denen wir bei der allseitigen Durchsetzung der polytechnischen Bildung ausgehen, hat W. Ulbricht in seinem Referat auf dem V. Parteitag formuliert: „In allen Unterrichtsfächern wird die Einheit von Theorie und Praxis mit Hilfe des polytechnischen Unterrichts und der Produktionsarbeit hergestellt. So wird das sozialistische Bewußtsein bei allen Schülern entwickelt, sie werden auf das praktische Leben in der sozialistischen Gesellschaft vorbereitet. Die Arbeit soll ein Lebensbedürfnis für sie werden. Der Unterricht wird auf der Grundlage der fortgeschrittensten Wissenschaft und Produktionspraxis und in Verbindung mit den fortgeschrittensten Künsten erteilt. Den jungen Menschen wird eine hohe allseitige Bildung vermittelt, die sie befähigt, die erworbenen Kenntnisse beim sozialistischen Aufbau anzuwenden.“

<sup>1</sup> Siehe S. 7 ff.

<sup>2</sup> Karl Marx: Das Kapital. Berlin 1951, Bd. I, S. 509.

Die sozialistische Schule erfüllt die Schüler mit tiefer Liebe zur Arbeiterklasse, zum Staat der Arbeiter und Bauern, zum Sozialismus und zur Freundschaft mit der Sowjetunion und den volksdemokratischen Ländern.“<sup>1</sup>

Zum Inhalt und zu den Aufgaben der polytechnischen Bildung im Chemieunterricht gehören demnach:

1. die Vermittlung von Kenntnissen über die wichtigsten chemisch-technischen Prozesse, die ihnen zugrunde liegenden chemischen Erscheinungen und Gesetzmäßigkeiten sowie die Herausarbeitung allgemeiner Elemente und Züge in den Prozessen (Prinzipien der Produktion);
2. die Entwicklung eines polytechnischen Gesichtskreises, der den Schülern einen allgemeinen Überblick über die chemische Produktion und ihren Zusammenhang und ihre Standortverteilung sowie über die ökonomischen und gesellschaftlichen Probleme unserer Chemieindustrie verschafft;
3. Vermittlung elementarer Fertigkeiten im Umgang mit einfachen Arbeitsgeräten und Maschinen und den gebräuchlichsten Meßinstrumenten<sup>2</sup>;
4. Anwendung der erworbenen polytechnischen Kenntnisse und Fertigkeiten bei der produktiven Arbeit der Schüler.

Notwendige Voraussetzung für die Erfüllung dieser Aufgaben ist die Vermittlung sicherer Grundlagenkenntnisse der anorganischen und organischen sowie der allgemeinen und physikalischen Chemie. Über die Bedeutung der Schülerübungen für die Erarbeitung dieser Grundlagenkenntnisse wurde bereits im Rahmen der intellektuellen Bildung und Erziehung gesprochen. An dieser Stelle sei noch ergänzend hinzugefügt, daß der polytechnischen Bildung vorgearbeitet werden kann, wenn zum Beispiel grundlegende Begriffe oder Gesetzmäßigkeiten an Hand von Experimenten erarbeitet werden, deren Ergebnisse später zum Verständnis technologischer Prozesse Verwendung finden können. Zur Erläuterung sollen einige Beispiele dienen:

- a) In der 9. Klasse wird zweckmäßig der Begriff der Bildungswärme einer Verbindung nicht nur am Beispiel der Wassersynthese aus den Elementen, sondern auch am Beispiel der Bildung von Kohlendioxyd erarbeitet, weil die Kohle in unserer gesamten Wirtschaft von besonderer Bedeutung ist und weil die Verbrennungswärme des Kohlenstoffs in allen technologischen Prozessen, in denen Kohle als Reduktionsmittel verwendet wird, eine Rolle spielt. Experimentell kann

<sup>1</sup> W. Ulbricht: Referat auf dem V. Parteitag. „Neues Deutschland“, Berlin, vom 12. 7. 1958, S. 4.

<sup>2</sup> In Anlehnung an die Entschließung der Kommission polytechnische Bildung zum V. Pädagogischen Kongreß, Aufgaben und Probleme der deutschen Pädagogik. Berlin 1956, S. 445.

- die Bestimmung der Verbrennungswärme des Kohlenstoffs in folgender Apparatur als Schülerversuch durchgeführt werden (siehe Abb. 19<sup>1</sup>)
- b) Der Begriff der Reaktionswärme wird in der 9. Klasse zweckmäßig an Beispielen der Reduktion von Metalloxyden durch unedle Metalle oder durch Kohlenstoff im Schülerversuch erarbeitet, weil diese Prozesse in der Technologie vielseitige Verwendung finden (z. B. beim Thermitschweißen, bei der Gewinnung von Eisen, Kupfer, Blei oder Chrom aus ihren Oxyden).
- c) In der 10. Klasse kann das Raoult'sche Gesetz durch Messungen von Gefrierpunktserniedrigungen oder von Siedepunktserhöhungen quantitativ erarbeitet oder bestätigt werden. Wir haben dieses wichtige Gesetz durch Gefrierpunktserniedrigung mit Hilfe verschiedener Lösungen von Phenol, Nitrobenzol und Anilin in Naphthalin experimentell im Schülerversuch hergeleitet<sup>2</sup>, und zwar nicht nur, weil diese Versuche experimentell weniger Schwierigkeiten bereiten als die Bestimmung der Siedepunktserhöhung, sondern vor allem deshalb, weil durch diese Experimente die Herabsetzung des Schmelzpunktes eines Elementes oder einer Verbindung durch Zugabe anderer Stoffe (im Hochofenprozeß, bei der Aluminiumgewinnung, bei der Schmelzflußelektrolyse der Alkalimetalle u.a.m.) dem Verständnis der Schüler leichter zugänglich wird.

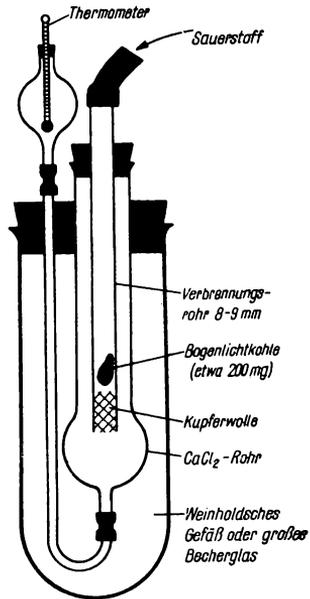


Abb. 19 Apparatur zur Bestimmung der Verbrennungswärme des Kohlenstoffs

Durch entsprechende Auswahl der Experimente bei der Herleitung und Erläuterung beziehungsweise Bestätigung allgemeiner Begriffe und Gesetzmäßigkeiten kann die Verknüpfung von intellektueller und polytechnischer Bildung noch enger gestaltet werden als bisher.

## 2.1 Vermittlung von Kenntnissen über die Prinzipien der Produktion

Bei der Erfüllung dieser Aufgabe kommt es nicht darauf an, möglichst viele technologische Prozesse sporadisch und zusammenhangslos im Chemieunterricht zu behandeln, sondern vielmehr die Prinzipien der

<sup>1</sup> Nach W. Trautmann.

<sup>2</sup> Siehe E. Rossa: Staatsexamensarbeit über Schülerübungen im 10. Schuljahr. Pädagogische Hochschule Potsdam, 1956.

Produktion an charakteristischen Beispielen technologischer Prozesse durch Vergleiche und Gegenüberstellungen herauszuarbeiten und den Schülern so das Erkennen dieser Prinzipien in neuen unbekanntem Prozessen zu erleichtern und ihnen damit allmählich einen Überblick über die Produktion zu verschaffen.

Wir sind der Ansicht, daß der Chemieunterricht auf solche Art die Schüler in möglichst rationeller Form auf später in der Berufsausbildung zu erwerbende spezielle Produktionskenntnisse vorbereiten kann.

Im einzelnen sind wir folgendermaßen vorgegangen: Nach Möglichkeit haben wir einem Produktionsprozeß die Einteilung in drei Phasen zugrunde gelegt, nämlich

1. Phase: Aufbereitung der Rohstoffe,
2. Phase: Umwandlung des Rohstoffes in das Rohprodukt,
3. Phase: Veredelung des Rohproduktes.

Einleitend wurden die Schüler nach Möglichkeit an Hand von Schülerversuchen mit der Zusammensetzung und den Eigenschaften des Reaktionsproduktes bekannt gemacht, zum Beispiel wurde vor der Behandlung des Haber-Bosch-Verfahrens die Analyse des Ammoniaks von den Schülern experimentell durchgeführt, darauf wurden die wichtigsten Eigenschaften dieser Verbindung ebenfalls auf Grund von Schülerversuchen erarbeitet.<sup>1</sup>

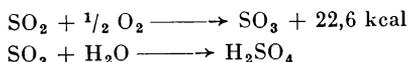
Anschließend wurde die chemische Hauptreaktion, die vom Rohstoff zum Rohprodukt führt, in den Mittelpunkt der Betrachtungen gestellt, das heißt, dieser chemische Vorgang wurde als der wichtigste von vielen möglichen ähnlichen Vorgängen in einfacher Form im Schülerexperiment durchgeführt, wobei in engem Zusammenhang mit den beobachteten Versuchsbedingungen die physikalisch-chemischen Bedingungen des in der Produktion ablaufenden Prozesses besprochen wurden.

Laufen auch innerhalb der anderen Phasen chemische Prozesse ab, etwa bei der Aufbereitung, wie zum Beispiel das Rösten des Pyrits bei der Schwefelsäureproduktion oder die Herstellung von Wassergas und Generatorgas beim Haber-Bosch-Verfahren, so wurde auch die chemische Hauptreaktion dieser Phase im Schülerversuch durchgeführt, und in Verbindung mit dem beobachteten Reaktionsablauf wurden die physikalisch-chemischen Bedingungen des industriellen Verfahrens diskutiert.

Im Zusammenhang damit kann anschließend mit den Schülern die Gestalt der dazu benötigten Reaktionsräume erarbeitet werden. Dabei kommt es darauf an, daß die Schüler den Zusammenhang zwischen den Reaktionsbedingungen und der Gestalt der Reaktionsräume erkennen. So ist es zum Beispiel möglich, bei der Erarbeitung des Hochofenprozesses auf diese Beziehungen hinzuweisen.

<sup>1</sup> Siehe Anhang, S. 133 ff.

Ferner können die Schüler zum Beispiel an Hand ihrer Apparatur zur Veranschaulichung des Schwefelsäurekontaktverfahrens erkennen, daß offenbar für die beiden Hauptreaktionen



zwei getrennte Reaktionsräume benötigt werden. Der Durchführung des Versuchs schiebt man zweckmäßig eine Diskussion des  $\text{SO}_2/\text{SO}_3$ -Gleichgewichts voraus und läßt das Massenwirkungsgesetz auf dieses Gleichgewicht anwenden. Daraus entnehmen die Schüler, daß die für die  $\text{SO}_3$ -Bildung günstigen tieferen Temperaturen durch Verwendung von Katalysatoren ermöglicht und daß die  $\text{SO}_3$ -Ausbeute durch Sauerstoffüberschuß erhöht wird.<sup>1</sup>

Der Schülerversuch erleichtert also nicht nur das Verständnis für die physikalisch-chemische Seite des industriellen Prozesses, sondern auch für seinen apparativen Teil. Hinzu kommt, daß das Erkennen solcher Zusammenhänge auf vielseitigen Denkopoperationen beruht und damit auch der Denkerziehung der Schüler dient.

Die sich daran anschließende Erläuterung des technologischen Prozesses selbst geschah in den meisten Fällen an Hand einer entwickelnden Tafelzeichnung, eines Bildes oder eines Films, wobei die Versuchsapparatur der Schüler in vielen Fällen zum Vergleich herangezogen wurde, allerdings mit der Einschränkung, daß auf keinen Fall schematisch Gerät für Gerät der Schülerapparatur mit dem entsprechenden Apparat des industriellen Verfahrens identifiziert werden durfte, vielmehr wurden die Schüler möglichst an Hand von Bildern oder Diapositiven ausdrücklich auf die entsprechenden Größenverhältnisse und den komplizierten Bau der großtechnischen Apparaturen hingewiesen.

Die Grundelemente chemischer Reaktionsräume, nämlich der Reaktionstopf für die diskontinuierliche Arbeitsweise und das Reaktionsrohr für die kontinuierliche Arbeitsweise<sup>2</sup> müßten letzten Endes auch durch den Schülerversuch zu verdeutlichen sein, das heißt, es wäre notwendig, konsequent topf- oder schalenförmige technische Apparaturen im Schülerversuch durch Reagenzgläser, Erlenmeyerkolben, Rundkolben oder ähnliche Geräte zu veranschaulichen und für rohrförmige industrielle Apparaturen vorwiegend das Glühröhr aus verschiedenem Material in der Schülerapparatur verwenden zu lassen.

Dabei sei allerdings nachdrücklich darauf hingewiesen, daß Topf und Rohr lediglich als Grundelemente der Reaktionsräume angesehen werden,

<sup>1</sup> Näheres über die Zusammenhänge zwischen den physikalisch-chemischen Bedingungen und der Gestalt der Reaktionsräume ist nachzulesen bei W. Wirthgen: Polytechnische Bildung und Erziehung. „Chemie in der Schule“, Berlin, 6/1957, S. 250 ff.

<sup>2</sup> Nach S. Kießkalt, in Winnacker K. und Weingaertner, R.: Chemische Technologie. Bd. I, München 1950, S. 10 und 12.

nicht aber als Einteilungsprinzip verwendet werden sollten. Eine für den Chemieunterricht geeignete Einteilung der Reaktionsräume schlägt W. Wirthgen<sup>1</sup> vor.

Wir haben diese Zusammenhänge bei unseren Untersuchungen noch nicht berücksichtigt. Es muß jedoch darauf hingewiesen werden, daß solche Grundelemente von den Schülern erst erkannt werden können, nachdem sie mehrere technologische Prozesse kennengelernt haben, also in der Lage sind, vorwiegend selbständig denkend diese Vergleiche anzustellen.

In Verbindung mit der Gestalt des Reaktionsraumes können die Schüler auf organisatorische Seiten des Produktionsprozesses hingewiesen und zum Erkennen des Zusammenhanges zwischen der Gestalt des Reaktionsraumes und der kontinuierlichen beziehungsweise diskontinuierlichen Arbeitsweise hingeführt werden.

Die vielseitige Verwendung des Gegenstromprinzips für eine möglichst vollstän-dige Stoff- und Energieausnutzung in der chemischen Industrie wurde den Schülern leichter verständlich, nachdem sie das Wesen des Gegenstromprinzips an dem einfachen Beispiel des Liebig-Kühlers im eigenen Versuch beobachtet und verstanden hatten. Ähnlich war es mit den Methoden der Reaktionsbeschleunigung durch Verwendung von Katalysatoren. Es genügte zum Beispiel, wenn sie die Wirkungsweise eines Katalysators etwa beim Haber-Bosch-Verfahren oder beim Schwefelsäurekontaktverfahren am eigenen Versuch beobachtet hatten, um die Bedeutung der Katalysatoren auch in anderen katalytisch ablaufenden industriellen Verfahren zu verstehen.

Schließlich ließen sich zum Beispiel an dem Schülerversuch zur Veranschaulichung des Müller-Kühne-Verfahrens Betrachtungen über die Rentabilität eines technischen Verfahrens anknüpfen, das heißt, auf Grund der im eigenen Versuch beobachteten notwendigen hohen Energiezufuhr sahen die Schüler ein, daß dieses Verfahren in der Industrie nur dann rentabel sein kann, wenn das anfallende Nebenprodukt gleichzeitig verwendbar wird, in diesem Beispiel also zu Zement verarbeitet werden kann. Ähnliche Betrachtungen wurden auch bei der Behandlung des Hochofenprozesses angestellt.<sup>2</sup>

Daß durch den vielseitigen Einsatz von Schülerversuchen bei der Vermittlung von Kenntnissen über die Prinzipien der Produktion bessere Unterrichtsergebnisse erzielt werden als durch den Demonstrationsunterricht, kann durch folgende Zahlen belegt werden:

<sup>1</sup> W. Wirthgen: Polytechnische Bildung und Erziehung. „Chemie in der Schule“, Berlin, 6/1957, S. 257.

<sup>2</sup> Weitere Vorschläge für die Behandlung chemisch-technischer Prozesse siehe bei H. Wolffgramm: Die Prinzipien der chemischen Produktion und ihre Berücksichtigung im Chemieunterricht der allgemeinbildenden Mittelschule. Dissertation an der Humboldt-Universität, Berlin 1958, und bei W. Renneberg: Die Behandlung chemisch-technischer Prozesse in der Grundschule. I.—III. Teil, „Chemie in der Schule“, Berlin, 9, 11 und 12/1957.

Bei der Behandlung der technologischen Prozesse zur Gewinnung von Natronlauge in der 10. Klasse wurden das Diaphragmaverfahren und das Glockenverfahren im Schülerversuch, das Amalgamverfahren dagegen im Demonstrationsversuch erarbeitet. Bei der nachfolgenden schriftlichen Leistungskontrolle ergab sich, daß die Durchschnittsleistungen der Schüler bei der Wiedergabe der beiden im Schülerversuch erarbeiteten Verfahren um 10 bis 15 Prozent höher lagen als bei der Wiedergabe des Amalgamverfahrens.<sup>1</sup>

In der fünften schriftlichen Arbeit der 9. Klassen wurde als Hauptaufgabe die Beschreibung des Brennens, Löschens und Abbindens von Kalk gefordert. Dabei liegen die Durchschnittsleistungen der Versuchsklasse um 0,6 Zensureinheiten über denen der Kontrollklasse. Diese Zahlen lassen erkennen, daß Schülerversuche beim Erarbeiten der Prinzipien technologischer Prozesse zu besseren Unterrichtsergebnissen führen. Somit tragen Schülerversuche auch in diesem theoretischen Teil zu einer Verbesserung der polytechnischen Bildung der Schüler bei.

## *2.2 Entwicklung eines polytechnischen Gesichtskreises*

Es ist offensichtlich, daß die Schülerübungen zur Lösung dieser Aufgabe nur einen recht unbedeutenden Beitrag leisten können; denn zur Entwicklung eines polytechnischen Gesichtskreises im Chemieunterricht kommt es darauf an, den Schülern einen Überblick über die wichtigsten Zweige der chemischen Industrie und ihr Zusammenwirken zu vermitteln, auf ihre Standortverteilung einzugehen und die Beziehungen zu den anderen Zweigen der Volkswirtschaft zu zeigen, also mit den Schülern große systematisierende Zusammenhänge zu erarbeiten.

Solche Überblicke können zum Beispiel anknüpfen an einen Schülerversuch zur Gewinnung von Schwefeldioxyd aus Anhydrit und können an Hand dieses Beispiels den Zusammenhang zwischen der Schwefelsäureproduktion und der Zementindustrie verdeutlichen. Ein Schülerversuch zur Entgasung der Braunkohle kann Ausgangspunkt sein, um ausführlich auf die Bedeutung von Braunkohlenhochtemperaturkoks für die Volkswirtschaft der Deutschen Demokratischen Republik einzugehen.

Die Reduktion von Eisenoxyd durch Kohlenmonoxyd kann Anlaß sein, die Zusammenhänge zwischen der Eisenindustrie und der Energiewirtschaft darzustellen.

In diesen Beispielen tragen die Schülerversuche jedoch vor allem dazu bei, die Schüler für das Erarbeiten der großen Zusammenhänge besonders zu interessieren, sie also aufnahmebereit zu machen für den neuen Stoff.

<sup>1</sup> E. Rossa: Staatsexamensarbeit. A. a. O., S. 93. Dabei ist jedoch zu berücksichtigen, daß Diaphragma- und Glockenverfahren dem Verständnis der Schüler leichter zugänglich sind als das Amalgamverfahren, so daß das prozentual höhere Ergebnis zum Teil auch auf diese Tatsache zurückzuführen ist.

### 2.3 Die Vermittlung elementarer Fertigkeiten im Umgang mit einfachen Arbeitsgeräten und den gebräuchlichsten Meßinstrumenten

Im Chemieunterricht ist es notwendig, den Schülern die elementaren Fertigkeiten im Umgang mit einfachen Arbeitsgeräten und Meßinstrumenten zu vermitteln, die für die Arbeit in der chemischen Produktion von Bedeutung sind. Diese Fertigkeiten können nicht an den Apparaturen der chemischen Großindustrie, sondern lediglich im Laboratorium erworben werden. Infolgedessen kann der Chemieunterricht dazu einen wertvollen Beitrag leisten. Es ist selbstverständlich, daß praktische Fertigkeiten nur in praktischer Tätigkeit erworben werden können, daß also im Chemieunterricht diese Fertigkeiten, abgesehen von einer völlig unzureichenden Möglichkeit bei Schülerdemonstrationen, nur mit Hilfe der Schülerübungen erarbeitet werden können. So ergibt sich die zwingende Notwendigkeit, Schülerübungen im Chemieunterricht durchzuführen, allein aus der Forderung, diesen wichtigen Bestandteil der polytechnischen Bildung im Chemieunterricht zu realisieren.

Da Fertigkeiten auf bedingten Reflexen beruhen und sich erst bei häufiger Wiederholung festigen, wurde Wert darauf gelegt, bei der Entwicklung aller Fertigkeiten folgende Schritte<sup>1</sup> einzuhalten:

- a) Vergegenwärtigung des Wesens und der Bedeutung der anzu-eignenden Fertigkeit,
- b) Vorführen der Tätigkeit,
- c) die ersten Handlungen des Lernenden,
- d) das Einüben der Fertigkeit.

Das Vorführen der Tätigkeit, etwa das Einfüllen einer Flüssigkeit in ein Reagenzglas, das Abpipettieren einer Flüssigkeit, das Arbeiten mit dem Kolbenprober, das Zusammenbauen einer komplizierten Apparatur usw., geschah entweder durch den Lehrer selbst oder durch einen geschickten Schüler. Die anschließenden ersten Handlungen des Schülers wurden vom Lehrer sorgfältig überwacht und kontrolliert, gleichzeitig wurden die Schüler an gegenseitige Kontrolle innerhalb der Gruppe und an Selbstkontrolle gewöhnt.

Nach mehrfacher Durchführung der gleichen Tätigkeit konnte, da überflüssige Handgriffe fortfielen und die notwendigen in schnellerer Aufeinanderfolge möglich waren, das Tempo der Tätigkeit gesteigert werden, das heißt, aus dem anfänglichen praktischen Können wurde eine Fertigkeit. Wir haben uns bemüht, den Schülern im Chemieunterricht möglichst vielseitiges Können und vielseitige Fertigkeiten zu vermitteln. Diese Fertigkeiten können etwa in folgende Gruppen<sup>2</sup> zusammengefaßt werden:

<sup>1</sup> W. Okon: Der Unterrichtsprozeß. „Pädagogik“, Berlin, 11/1953, S. 810.

<sup>2</sup> Die Einteilung der Fertigkeiten wurde in Anlehnung an S. G. Schapowalenko „Der Chemieunterricht und die Vorbereitung der Schüler auf die praktische Arbeit“ vorgenommen und ergänzt. Beiträge zur Verwirklichung der polytechnischen Bildung in der deutschen demokratischen Schule, Berlin, 11/1955, S. 54.

## Können und Fertigkeiten

- a) in der Handhabung einfacher Gefäße und Geräte,
- b) im Herstellen von Bauteilen,
- c) in der Ausführung einfacher chemischer Operationen,
- d) im Entwerfen und Zusammenbauen von Versuchsanordnungen,
- e) in der Ausführung schwierigerer chemischer Operationen, die umfangreichere Apparaturen und größeres Experimentiergeschick erfordern,
- f) im Messen,
- g) im Zeichnen von Versuchsanordnungen, Diagrammen und Kurven,
- h) in der Anfertigung von Versuchsprotokollen,
- i) in der Benutzung der einschlägigen Literatur sowie im Gebrauch von Zahlentafeln.

Es ist offensichtlich, daß diese Fertigkeiten nur dann in vollem Umfang den Schülern vermittelt werden können, wenn ihre planmäßige Entwicklung entsprechend dem Prinzip der Faßlichkeit in unseren Lehrplänen berücksichtigt wird, wenn also die Auswahl und die Reihenfolge der Stoffgebiete sowie die für die experimentelle Bearbeitung vorgesehene Zeit gestatten, die Schüler in bezug auf die Entwicklung ihres praktischen Könnens und ihrer Fertigkeiten vom Leichten zum Schweren und vom Bekannten zum Unbekannten zu führen. Da die bisher gültigen Lehrpläne beziehungsweise Direktiven diese Gesichtspunkte nur unvollständig berücksichtigt, vor allem fehlte in vielen Stoffgebieten für die Erarbeitung mit Schülerversuchen die notwendige Zeit, wird in den folgenden Ausführungen lediglich Bezug genommen auf den neuen Lehrplan für die 7. Klasse der Mittelschule<sup>1</sup>, der die notwendige Durchführung von Schülerübungen entsprechend berücksichtigt.

Zu a) Grundlage und Voraussetzung für jegliches chemisches Arbeiten ist das Kennenlernen des gebräuchlichsten Handwerkszeugs und Erlernen des materialgerechten Umgehens mit den wichtigsten Gefäßen und Geräten. Dazu gehört in erster Linie

1. die Benutzung des Bunsen- oder Spiritusbrenners,
2. der Umgang mit dem Metallstativ und seinen Teilen sowie mit Dreifuß, Drahtnetz, Tiegelzange und Reagenzglasshalter,
3. das Hantieren mit Reagenzgläsern, Bechergläsern, Uhrgläsern, Abdampfschalen sowie mit Trichter, Destillierkolben, Tropftrichter, Gasmessgeräten usw.

In dem neuen Lehrplan für die 7. Klasse bieten bereits die ersten beiden Unterrichtseinheiten über Stoffe und Stoffveränderungen sowie über den Verbrennungsvorgang Gelegenheit, die Schüler mit dem wichtigsten Handwerkszeug des Chemikers bekannt zu machen. Wir sind stets so vorgegangen, daß jedes neue Gerät, das die Schüler in

<sup>1</sup> Lehrplan Chemie, 7. Klasse, Mittelschule, Berlin 1958.

die Hand bekamen, benannt und im Schnitt an die Tafel gezeichnet wurde, wobei die Funktionsweise an Hand des Geräts mit Unterstützung der Tafelzeichnung erläutert wurde.

*Zu b)* Das Herstellen von Bauteilen, vor allem einfache Glasbearbeitung, wie Schneiden, Biegen und Rundschmelzen von Glasröhren oder das Ausziehen einer Glasspitze sowie das Durchbohren von Stopfen, wird zweckmäßig am Anfang eines Lehrgangs durchgeführt, weil die dazu notwendige Gedankenarbeit keinerlei chemische Kenntnisse voraussetzt und weil die damit verbundene Förderung der praktischen Geschicklichkeit das Selbstvertrauen der Schüler stärkt und damit gute Voraussetzungen schafft für die Durchführung einfacher und schwieriger chemischer Operationen. Außerdem stehen die Bauteile dann für den Zusammenbau der ersten einfachen Apparaturen zur Verfügung. Der neue Lehrplan trägt solchen Erwägungen Rechnung und sieht bereits im Rahmen der ersten Unterrichtseinheit die Einführung in das Bearbeiten von Glas vor.

*Zu c)* Zu den einfachen chemischen Operationen zählen wir die grundlegenden Techniken bei der Behandlung chemischer Substanzen, die in den späteren schwierigeren Versuchen ständig benötigt werden. Dazu gehören unter anderem das Aufschlännen und Dekantieren, das Lösen, Erwärmen, Glühen und Schmelzen, das Eindampfen, Sublimieren und Destillieren, das Filtrieren und das Auffangen von Gasen. Da diese Techniken in jedem chemischen Experiment benötigt werden und da zu ihrem verständnisvollen Durchführen lediglich physikalische Kenntnisse benötigt werden, die bereits aus dem Physikunterricht der 6. Klasse vorhanden sein müssen, ist es möglich und notwendig, sie frühzeitig im Chemieunterricht einzuführen. Der neue Lehrplan für die 7. Klasse sieht daher bereits in der ersten Unterrichtseinheit einen Abschnitt vor: einige wichtige Arbeitstechniken des Chemikers. Ferner bieten Schülerversuche zur Unterscheidung physikalischer und chemischer Vorgänge und zur Erarbeitung des Oxydationsbegriffes Gelegenheit, die Schüler mit weiteren Arbeitstechniken vertraut zu machen, das heißt, schon in den beiden ersten Unterrichtseinheiten des 7. Schuljahres werden die Schüler mit diesen grundlegenden chemischen Arbeiten (bis auf das Destillieren) bekannt gemacht, so daß im Laufe des 7. und 8. Schuljahres die Möglichkeit besteht, aus dem erworbenen praktischen Können allmählich Fertigkeiten werden zu lassen.

*Zu d)* Fertigkeiten im Entwerfen und Zusammenbauen von Versuchsanordnungen sind notwendige Voraussetzungen für die Ausführung schwierigerer Versuche. Wir sind so vorgegangen, daß die ersten Versuchsanordnungen, etwa zum Entwickeln und Auffangen von Sauerstoff, nach einer Modellapparatur auf dem Lehrertisch aufgebaut wurden. Aber sehr bald wurden die Schüler dazu aufgefordert, aus den vorbereitenden Gedankengängen heraus Vorschläge für Experimente zur Lösung des gestellten Problems zu machen, für diese Experimente Ver-

suchsanordnungen zu entwerfen und die in gemeinsamer Diskussion entwickelte geeignetste Apparatur an Hand einer Schemazeichnung an der Tafel aufzubauen. So wurde bereits vorgegangen bei der Entwicklung von Versuchen zur Bestätigung des Gesetzes zur Erhaltung der Masse, bei der Zerlegung des Wassers durch erhitzte Metalle, bei der Synthese des Wassers usw., das heißt, für die Entwicklung dieser Fertigkeiten ergeben sich in der 7. Klasse bereits viele Möglichkeiten.

*Zu e)* In unmittelbarem Zusammenhang mit dem Zusammenbauen von Apparaturen erwerben die Schüler bereits in der 7. Klasse praktisches Können in der Durchführung schwierigerer Versuche. Bevor der Versuch in Gang gesetzt werden darf, ist es notwendig, die einzelnen Schülerapparaturen sorgfältig zu überprüfen und die notwendigen Arbeitsanweisungen und Beobachtungsaufgaben zu geben, so daß jeder Schüler genau weiß, was er zu tun und was er zu beobachten hat. Es wurde bereits in anderem Zusammenhang darauf hingewiesen, daß diese Anleitungen des Lehrers um so mehr zurücktreten können, je mehr Kenntnisse und je umfangreichere Fähigkeiten und praktische Fertigkeiten bei den Schülern vorhanden sind. In praktischen Leistungskontrollen wurde die Durchführung einfacher oder schwierigerer chemischer Versuche auf Grund der bereits vorhandenen Erfahrungen ohne jede Anweisung des Lehrers vom Schüler gefordert.

In der 8. Klasse und vor allem in der Mittel- und Oberschule ist es notwendig, im besonderen die Entwicklung praktischer Fertigkeiten in der Durchführung schwierigerer Versuche, die die zentrale Aufgabe bei der Vermittlung von Fertigkeiten im Chemieunterricht darstellt, durch vielseitigen Einsatz der Schülerexperimente zu fördern.

*Zu f)* Messende Versuche spielen im Chemieunterricht der Grundschule eine untergeordnete Rolle. So erhalten die Schüler zum Beispiel Gelegenheit, in den Unterrichtseinheiten über den Verbrennungsvorgang beziehungsweise der Säuren und Salze den Rauminhalt von Flüssigkeiten mit dem Meßzylinder zu bestimmen oder bei Bestätigung des Gesetzes von der Erhaltung der Masse das Gewicht von Stoffen mit der Hornschalenwaage festzustellen oder bei der Erarbeitung der chemischen Grundbegriffe die Temperatur mit dem Thermometer zu messen. Für solche Messungen müssen sie bereits aus dem Physikunterricht des 6. Schuljahres einige Voraussetzungen mitbringen, wenn im Physikunterricht mit Schülerübungen gearbeitet wird. In den meisten Schulen ist das jedoch heute noch nicht der Fall, so daß genauso wie bei den vorher aufgezählten praktischen Fertigkeiten ganz von vorn begonnen werden muß. Diese vereinzelt messenden Versuche gestatten den Schülern jedoch lediglich, ein praktisches Können, aber noch keine Fertigkeiten zu erwerben. Letzteres ist erst auf der Mittel- und Oberschule möglich, wobei es vor allem darauf ankommt, den Schülern Fertigkeiten im Wägen und im Messen von Gasen zu vermitteln, mit deren Hilfe die quantitative Zusammensetzung anorganischer und organischer Ver-

bindungen sowie die Bestimmung ihres Molekulargewichts und damit das Erarbeiten ihrer Formel möglich ist. Ferner müssen die Schüler Fertigkeiten in der Maßanalyse erwerben.

*Zu g)* In unmittelbarem Zusammenhang mit der Entwicklung von Fertigkeiten im Zusammenbauen von Apparaturen sowie in der Durchführung quantitativer und qualitativer Experimente wird auch die Fertigkeit entwickelt, die verwendeten Versuchsapparaturen im Schema an die Tafel beziehungsweise ins Heft zu zeichnen. So wurde bereits erwähnt, daß jedes neue Gerät, das die Schüler kennenlernten, im Schema an die Tafel gezeichnet wurde.<sup>1</sup> Von allen Versuchen, zu denen eine aus zwei oder mehreren Geräten zusammengesetzte Apparatur verwendet wurde, mußte im Versuchsprotokoll eine schematische Versuchsskizze angefertigt werden. Eine Ausnahme bildeten lediglich solche Apparaturen, deren schematische Zeichnungen im Lehrbuch enthalten waren.

Da es jedoch in vielen Fällen notwendig war, die im Lehrbuch dargestellten Apparaturen für die Hand des Schülers zu vereinfachen oder an ihrer Stelle völlig andere Versuche durchzuführen, so mußten in der Versuchsklasse wesentlich mehr Versuchsskizzen angefertigt werden als in der Kontrollklasse, das heißt, die Schüler der Versuchsklasse erwarben in den Schülerübungen nicht nur umfangreiche Fertigkeiten in der Durchführung der Versuche, sondern auch ein größeres Geschick im Anfertigen von Versuchsskizzen als die Schüler der Kontrollklasse. Außerdem übertrug sich bei den Schülern der Versuchsklasse ihre innere Anteilnahme am eigenen Versuch auch auf die Anfertigung der Skizze und trug so zu einer besseren Entwicklung dieser Fertigkeit bei.

Ferner ergibt sich beim Arbeiten mit Schülerübungen häufiger Gelegenheit als im Demonstrationsunterricht, die Ergebnisse von Reihenversuchen in Diagrammen oder Kurven zusammenzufassen. So können die Schüler zum Beispiel Löslichkeitskurven aufnehmen oder zur Bestimmung der Faradayschen Gesetze die Abhängigkeit abgeschiedener Wasserstoff- oder Sauerstoffmengen von der Stromstärke beziehungsweise der Zeit auf Grund eigener Messungen graphisch darstellen. Solche graphischen Darstellungen befähigen die Schüler gleichzeitig, sich auch schnell in Zeichnungen, Diagrammen und Kurven der chemischen Produktion zurechtzufinden.

*Zu h)* Auf die Anfertigung von Versuchsprotokollen wurde bereits in anderem Zusammenhang eingegangen. Hier sei lediglich noch einmal betont, daß mit dem regelmäßigen Anfertigen von Versuchsprotokollen gleichzeitig eine sehr gute Denk- und Gedächtnisschulung der Schüler verbunden ist, die eine wertvolle Ergänzung und Vertiefung der Lehr- und Lernerarbeit in der Unterrichtsstunde darstellt.

*Zu i)* Die wichtigste Fachliteratur für die Schüler ist das Chemielehrbuch, das sie so genau kennen müssen, daß sie es bei Wissenslücken

<sup>1</sup> Siehe Tafelbild der ersten Chemiestunde, S. 117.

als Nachschlagewerk sofort zur Hand haben. Ferner wurden die Schüler daran gewöhnt, beim Arbeiten mit Gasen Reduktionstabellen zu verwenden. Außerdem wurde es für notwendig gehalten, die Schüler mit der vorhandenen populärwissenschaftlichen chemischen Literatur bekannt zu machen und sie dazu anzuhalten, in populärwissenschaftlichen Zeitschriften, wie zum Beispiel „Wissenschaft und Fortschritt“, „Jugend und Technik“, „Wissen und Leben“ sowie in der Tagespresse, Aufsätze aus dem Bereich der Chemie durchzuarbeiten und nach Möglichkeit zu sammeln oder zu exzerpieren.

In der 11. und 12. Klasse wurden sie aufgefordert, in besonderen Fällen Nachschlagewerke, wie das Taschenbuch von D'Ans-Lax oder das Tabellenwerk von Küster-Thiel, zu Rate zu ziehen. Es liegt auf der Hand, daß das selbständige Experimentieren die Schüler wesentlich häufiger dazu veranlaßt, in den entsprechenden Büchern die genauen Werte über die Wichte, den Schmelz- oder Siedepunkt oder die Löslichkeit eines Stoffes nachzuschlagen, weil solche Angaben für das Gelingen eines Versuchs oft unerläßlich sind.

Im Zusammenhang mit der Entwicklung der aufgeführten Fertigkeiten, die niemals losgelöst voneinander, sondern nur in stetiger Verbindung und Wechselwirkung untereinander vermittelt werden können, wurde auch Wert darauf gelegt, zur Erziehung allgemeiner, organisatorischer Arbeitsfertigkeiten und -fähigkeiten in den Schülerübungen beizutragen. So wurden die Schüler dazu angehalten, auf die richtige Verteilung der Arbeit innerhalb der Gruppe zu achten, den Arbeitsplatz und die Geräte sauber und in Ordnung zu halten und jede praktische Arbeit nach dem Durchdenken der notwendigen Arbeitsgänge ruhig und ohne Zeit zu vergeuden bis zu Ende zu führen.

#### *2.4 Die Anwendung der erworbenen polytechnischen Kenntnisse und Fertigkeiten in produktiver Arbeit*

Kenntnisse und Erkenntnisse, Fähigkeiten und Fertigkeiten besitzen für die Schüler nur dann einen Wert, wenn sie mit ihnen arbeiten können und sie anzuwenden verstehen, und zwar einerseits zum Erwerb neuer Kenntnisse, Fähigkeiten und Fertigkeiten und andererseits zur Leistung gesellschaftlich nützlicher Arbeit. Schon innerhalb des Chemieunterrichts können gesellschaftlich-nützliche Arbeiten geleistet werden. So konnten zum Beispiel Biegeröhren oder Glasspitzen angefertigt, Stopfen durchbohrt oder Lösungen bestimmter Konzentrationen hergestellt werden, die für spätere Versuche dringend benötigt wurden. Viel häufiger war es möglich, auf der Grundlage von Schülerübungen gesellschaftlich-nützliche Arbeit in den außerunterrichtlichen und außerschulischen chemischen Arbeitsgemeinschaften zu leisten, zum Beispiel durch Aufarbeiten wertvoller Chemikalienrückstände, durch Anfertigen von Anschauungsmaterial (Diapositive, Anschauungstafeln usw.), durch Zusammen-

tragen von technologischen oder Gesteinssammlungen, durch Herstellung schwerbeschaffbarer oder teurer Chemikalien, durch Anfertigen von Modellen usw., das heißt, in solchen Arbeitsgemeinschaften war es möglich, die gesellschaftlich nützliche Arbeit der Schüler auf chemischem Gebiet vor allem zur Vervollständigung und Bereicherung der Sammlungen und damit zur Verbesserung des gesamten Chemieunterrichts an der Schule einzusetzen.

Der eigentliche Schritt zur produktiven Arbeit der Schüler wird jedoch erst getan, wenn die Schüler in den Produktionsgang eines Betriebes eingegliedert werden. Im Zusammenhang mit dem Unterrichtstag in der Produktion ergeben sich auch vielfältige Möglichkeiten für die Arbeit der Schüler in Chemiebetrieben. Die Schüler können dabei ihre Kenntnisse aus dem Unterricht in der Produktion anwenden und selbst praktische Fertigkeiten in chemisch-technischen Arbeiten erwerben. Leider liegen bis jetzt gerade auf diesem Gebiet nur sehr wenige Erfahrungen vor, so daß wir uns auf das Gesagte beschränken müssen.

### *2.5 Zusammenfassung*

Fassen wir die Ergebnisse der Abschnitte 21 bis 24 zusammen, so folgt daraus, daß die Schülerübungen ein unentbehrlicher Bestandteil bei der Verwirklichung der polytechnischen Bildung im Chemieunterricht sind. Gleichzeitig muß darauf hingewiesen werden, daß mit der Erfüllung dieser Aufgaben die polytechnische Bildung nicht abgeschlossen ist, daß es vielmehr notwendig ist, junge Menschen zu erziehen, die auch die charakterlichen Qualitäten besitzen, ihr Wissen, ihre Fähigkeiten und Fertigkeiten zum Aufbau des Sozialismus voll einzusetzen, das heißt, auch die sittliche Bildung und Erziehung der Schüler muß in engem Zusammenhang und in ständiger Wechselwirkung mit der intellektuellen und polytechnischen Bildung der Schüler gesehen werden.

## **3. Die sittliche Bildung und Erziehung der Schüler**

Zur sittlichen Bildung und Erziehung im Sinne einer sozialistischen Moral rechnen wir vorwiegend folgende Aufgaben:

1. Die charakterliche Bildung und Erziehung der Schüler
2. Die Erziehung der Schüler zu einer sozialistischen Arbeitsmoral
3. Die Erziehung zur Solidarität und zu kollektivem Handeln
4. Die Erziehung der Schüler zu bewußter Disziplin
5. Die patriotische Erziehung der Schüler

Zur Lösung dieser Aufgaben kann der Chemieunterricht zu einem Teil durch den Einsatz von Schülerübungen beitragen. Wir sehen den Wert der Schülerübungen nicht nur in ihrer Bedeutung für die Förderung der intellektuellen Bildung und Erziehung und in ihrem außerordent-

lich wichtigen Einfluß auf die polytechnische Bildung der Schüler, sondern erkennen auch im Zusammenhang damit ihren indirekten Einfluß auf die gesamte Persönlichkeit des jungen Menschen. Das Bewußtsein, mit den eigenen Händen etwas schaffen zu können, stärkt das Selbstvertrauen der Schüler und hindert sie gleichzeitig daran, rein geistige Leistungen überzubewerten, das heißt, die eigene praktische Arbeit verhilft ihnen dazu, geistige und manuelle Arbeit im richtigen Verhältnis zueinander zu sehen.

### *3.1 Die charakterliche Bildung und Erziehung der Schüler*

Die Schülerübungen tragen wesentlich zur Entwicklung und Förderung wertvoller menschlicher Eigenschaften bei, und zwar vor allem deshalb, weil die Schüler beim experimentellen Arbeiten in Situationen versetzt werden, durch die ganz bestimmte Verhaltensweisen von ihnen gefordert und damit auch eine Reihe wertvoller Charaktereigenschaften entwickelt und andere unerwünschte Eigenschaften unterdrückt werden.

So wurden die Schüler von den ersten Versuchen an dazu angehalten, sorgfältig und gewissenhaft zu arbeiten. Mißlang der Versuch aus grober Unachtsamkeit oder mangelnder Sorgfalt, so wurde die betreffende Schülergruppe in dieser Unterrichtsstunde von weiteren praktischen Arbeiten ausgeschlossen und mußte die Arbeiten einer anderen Gruppe beobachten. Die betroffenen Schüler waren bemüht, ihren Fehler durch besonders sorgfältiges Arbeiten in den folgenden Stunden wieder gutzumachen.

Kleinere Versuche, die eine gewisse Geschicklichkeit erforderten, wie zum Beispiel Nachweisreaktionen für Nitrate, Aldehyde usw. oder wie der Springbrunnenversuch mit Salzsäuregas oder Ammoniak im Reagenzglas, durften von den Schülern zwei- oder dreimal wiederholt werden, bis sie gelangen. Auf diese Art wurden die Schüler zu ausdauerndem Arbeiten angehalten.

Beim quantitativen Arbeiten wurde sauberes, gewissenhaftes und ehrliches Arbeiten verlangt. Bei allen quantitativen Versuchen, zum Beispiel zur Bestätigung der Gesetze der festen und vielfachen Gewichtsverhältnisse, zur Herleitung des Raoultschen Gesetzes oder bei Molekulargewichtsbestimmungen leicht verdampfbarer Flüssigkeiten, wurden die Ergebnisse der einzelnen Gruppen bereits vor der Stunde vom Lehrer berechnet, so daß bei Angabe der gemessenen Werte durch die Schüler sofort die Genauigkeit der Arbeit erkannt und bewertet werden konnte. Bei sehr ungenauen Werten wurde nach der Fehlerquelle in der Schülerarbeit geforscht, damit der Fehler beim nächsten Mal vermieden werden konnte. Während des ganzen Jahres wurde in keiner der Versuchsklassen ein Fall unehrlichen Arbeitens bekannt.

Bei schwierigeren Versuchen, etwa bei Äquivalentgewichtsbestimmungen oder organischen Elementaranalysen, mußten sich die Schüler

bemühen, Schwierigkeiten durch Ausdauer und Einsatz ihrer Willenskraft zu überwinden. Das ist zum Beispiel am Gesichtsausdruck der messenden Schüler in Bild 12 deutlich erkennbar.

Gefährliche Versuche, etwa die Reduktion von Metalloxyden durch Leuchtgas, forderten von den Schülern wohldurchdachtes, umsichtiges Arbeiten und Rücksichtnahme auf ihre Nachbarn.

Das Arbeiten in kleinen Gruppen zu zwei, drei oder vier Schülern erzog die Schüler zu gegenseitiger Hilfe und Rücksichtnahme.

In ganz besonderem Maße diente die getrennt-gemeinschaftliche Arbeitsweise der Entwicklung wertvoller Charaktereigenschaften, trugen doch die einzelnen Gruppen beim Erklären und Vorführen „ihres“ Versuchs vor der ganzen Klasse die volle Verantwortung dafür, daß der Stoff von der ganzen Klasse richtig aufgenommen wurde. Sie mußten also bei der gedanklichen und experimentellen Vorbereitung sowie beim Vorführen „ihres“ Versuchs sorgfältig und gewissenhaft arbeiten, um der Kritik der ganzen Klasse standhalten zu können.

Von den Schülerhelfern (drei bis vier Schüler je Versuchsklasse) wurde in besonderem Maße zuverlässiges und verantwortungsbewußtes Arbeiten gefordert. So halfen sie zum Beispiel mit beim Vorbereiten und Zurechtlegen des Versuchsmaterials auf den Schülertabletts und beim Verteilen der Tabletts auf die Schülerplätze. Ferner war es ihre Aufgabe, die Arbeitsgeräte nach dem Beenden der Versuche wieder in Empfang zu nehmen und sie auf Sauberkeit und Vollständigkeit zu kontrollieren.

Wir haben in allen Klassenstufen festgestellt, daß die Helfer ihre Pflichten sehr gewissenhaft erfüllten. Diese Schüler zeigten auch beim praktischen Arbeiten die besten Ergebnisse und wurden daher in ihrer Klasse als Vorbilder anerkannt.

### *3.2 Die Erziehung der Schüler zu einer sozialistischen Arbeitsmoral*

Es ist nicht nur Aufgabe des Bildungs- und Erziehungsprozesses, die jungen Menschen für die Arbeit fähig zu machen, sondern sie auch zur Achtung vor jeglicher dem Fortschritt der Gesellschaft dienenden Arbeit zu erziehen und gleichzeitig in ihnen das Streben wachzurufen, am Aufbau des Sozialismus aktiv mitzuwirken.

Zur Lösung dieser Aufgabe kann der Chemieunterricht insofern beitragen, als es durch den Einsatz der Schülerübungen im Chemieunterricht möglich ist, geistige mit manueller Arbeit sinnvoll zu vereinen, also bei dem Schüler durch das Erleben der eigenen praktischen Tätigkeit die Mißachtung körperlicher Arbeit gegenüber der geistigen Tätigkeit gar nicht erst aufkommen zu lassen. Damit leisten die Schülerübungen gleichzeitig einen wertvollen Beitrag für die Vorbereitung der Schüler auf die produktive Arbeit im Betrieb.

Wir haben in allen Klassenstufen, bis auf einige Anfangsschwierigkeiten in der 11. Klasse, festgestellt, daß die Schüler mit großer Freude an die praktische Arbeit herangingen und daß es bei geschickter Unterrichtsführung möglich war, ihnen diese Freude am praktischen Arbeiten während des ganzen Jahres nicht nur zu erhalten, sondern sie sogar bei den meisten Schülern mit zunehmender Erfahrung und Geschicklichkeit im praktischen Arbeiten zu steigern. In der Klassengemeinschaft waren die Schüler, die besondere Leistungen im praktischen Arbeiten aufzuweisen hatten, besonders geachtet, das heißt, die praktische Arbeit wurde also von den Schülern nicht als „notwendiges Übel“ oder gar als Mühe oder Qual empfunden, sondern wurde tatsächlich für die Schüler zu einer Sache der Ehre. Sie wuchsen also durch das experimentelle Arbeiten ganz zwanglos in ein sozialistisches Verhältnis zur Arbeit hinein.

Ihre positive Einstellung zur Arbeit kam auch in ihrem Umgang mit den zur Verfügung gestellten Geräten und Chemikalien zum Ausdruck. Die Schüler waren fast ausnahmslos darum bemüht, mit den Geräten pfleglich umzugehen und die Chemikalien sparsam zu verbrauchen. Darin waren vor allem die Schülerhelfer wieder Vorbild für die anderen Schüler. Sie machten auch einzelne Mitschüler bei gelegentlichen Verstößen gegen diese Forderungen auf ihre Fehler aufmerksam. So kam es, daß beim Arbeiten mit Schülerübungen kaum mehr Glasgeräte verbraucht wurden, abgesehen von Reagenzgläsern, als beim Demonstrationsunterricht und daß der Chemikalienverbrauch in der gleichen Höhe lag wie bei Demonstrationsversuchen.<sup>1</sup>

### *3.3 Die Erziehung zu Solidarität und kollektivem Handeln*

Eine der Aufgaben des Bildungs- und Erziehungsprozesses zur Heranbildung sozialistischer Menschen ist es, die Schüler durch eigenes Erleben und persönliche Erfahrungen zu der Erkenntnis zu führen, daß der Mensch kein Einzelwesen ist, sondern nur in der sozialistischen Gesellschaft und im Zusammenleben mit anderen Menschen seine Kräfte voll entfalten kann, daß es dazu aber häufig notwendig ist, die persönlichen Interessen denen des Kollektivs unterzuordnen, und daß ferner zwischen den Mitgliedern des Kollektivs menschliche Beziehungen bestehen müssen, die auf gegenseitiger Hilfe und Achtung beruhen.

A. S. Makarenko hat bereits überzeugend nachgewiesen, daß eine Erziehung zum Kollektiv nur innerhalb des Kollektivs und durch das Kollektiv möglich ist. Ferner stellte er fest, daß ein Kollektiv drei Merkmale aufweisen muß, um ein wirklich sozialistisches Kollektiv zu sein, nämlich:

1. Das Kollektiv vereinigt die Menschen durch ein gemeinsames Ziel und in gemeinsamer Arbeit.

<sup>1</sup> Die gleichen Erfahrungen wurden auch von K. Scheid gemacht. Methodik des chemischen Unterrichts. Leipzig 1927, S. 125.

2. Jedes kleine Kollektiv muß organisch mit anderen Kollektiven verbunden sein.
3. Als sozialer Organismus muß das Kollektiv Selbstverwaltungs- und Leitungsorgane haben, das heißt, ein Angehöriger des Kollektivs muß dem Kameraden befehlen können, sich der Forderung des Kollektivs zu fügen, und zu gleicher Zeit muß er selbst die Anordnung des Kameraden befolgen, wenn dieser als Bevollmächtigter des Kollektivs auftritt.<sup>1</sup>

Da die gemeinsame praktische Tätigkeit der Schüler neben der gesellschaftlich nützlichen Arbeit von großer Bedeutung für die Erziehung zum Kollektiv ist, waren wir bemüht, in den Versuchsklassen allmählich zur Entwicklung eines sozialistischen Kollektivs beizutragen.

Diese Erziehung zum Kollektiv fand in jeder Chemiestunde statt, in der mit Schülerübungen gearbeitet wurde. Die meisten Versuche wurden in kleinen Gruppen zu zwei, drei oder vier Schülern durchgeführt. Dabei erfuhren die Schüler selbst, daß die Versuche nur gelangen, wenn sie gut zusammenarbeiteten. Bei dem Arbeiten in Gruppen wurde darauf geachtet, daß nicht ein Schüler ständig die Führung der Gruppe übernahm. Die Arbeit wurde vielmehr so organisiert, daß die Hauptarbeit des Versuchs abwechselnd von den Schülern übernommen werden mußte, das heißt, ein Schüler war jeweils „Leiter des Versuchs“, während ihm die anderen Schüler assistierten, sich ihm also unterordnen mußten. Ungeschickte Schüler wurden innerhalb der Gruppe von geschickten Schülern unterstützt, in besonderen Fällen wurden sie auch außerhalb des Unterrichts, zum Beispiel bei der Vorbereitung der Versuche, vom Lehrer gefördert.

Beim Arbeiten in gleicher Front gingen einzelne Schüler aus schneller arbeitenden Gruppen den langsamer arbeitenden Gruppen zur Hand.

Wie bereits erwähnt wurde, diente in besonderem Maße die getrennt-gemeinschaftliche Arbeitsweise der Gemeinschaftserziehung, mußte doch bei dieser Arbeitsweise jede Gruppe der gesamten übrigen Klasse ihren Versuch so gut vorführen und erläutern, daß er von der ganzen Klasse verstanden wurde. Dabei erkannten die Schüler sehr deutlich, daß die Gesamtarbeit der Klasse in der Unterrichtsstunde nur gelingen konnte, wenn jede Gruppe gewissenhaft die ihr übertragenen Aufgaben erfüllte. Dieses Gefühl des sich Verpflichtetfühlens einerseits und des Voneinanderabhängigseins andererseits förderte besonders stark die Entwicklung der Klassengemeinschaft.

Schließlich muß der Einfluß der Schülerhelfer auf die Kollektivbildung erwähnt werden. Alle Schüler der Klasse mußten sich den Anordnungen der Schülerhelfer sowohl bei der Ausgabe des Arbeitsmaterials wie auch bei der Abgabe und Kontrolle der Geräte unterwerfen. Umgekehrt hatte die Klasse das Recht, den Lehrer auf eine unzureichende

<sup>1</sup> In Anlehnung an A. S. Makarenko: Ausgewählte pädagogische Schriften. Berlin 1952, S. 168 ff.

Arbeit des Schülerhelfers hinzuweisen. Letzteres kam allerdings außerordentlich selten vor.

Wenn die Entwicklung eines Klassenkollektivs vom Standpunkt des Durchsetzens einer straffen Ordnung während der Schülerübungen betrachtet wird, so muß festgestellt werden, daß auf Grund der Besonderheiten der Schülerübungen die Entwicklung zur Gemeinschaft sehr schnell vor sich ging. Die in den ersten Chemiestunden aufgestellten kategorischen Forderungen des Lehrers nach Einhalten der Schülerregeln wurden schon nach wenigen Chemiestunden von einem großen Teil der Schüler zu ihren eigenen Forderungen gemacht, und sie vertraten diese Forderungen recht energisch gegenüber dem Rest der Klasse. Im Laufe des Schuljahres wurde in den Oberschulklassen vereinzelt beobachtet, daß zum Beispiel im Rahmen der getrennt-gemeinschaftlichen Arbeitsweise das Klassenkollektiv an einzelne Schüler oder Gruppen Forderungen stellte, die sogar über die Forderungen des Lehrers hinausgingen. Ferner wurden einzelne Schüler oder Schülergruppen wegen unzureichender Arbeit von der Klasse so energisch zur Rechenschaft gezogen, daß der Lehrer in einigen Fällen die Forderungen der Klasse mildern mußte.

Zusammenfassend ergibt sich, daß die während der Schülerübungen in den Versuchsklassen entwickelte Klassengemeinschaft tatsächlich bereits Züge eines sozialistischen Kollektivs trug, weil sie folgende Merkmale besaß:

1. Das Klassenkollektiv vereinigte Schüler, die in gemeinsamer experimenteller Arbeit danach strebten, sich die Grundlagen der Wissenschaft Chemie anzueignen.
2. Die kleine Gemeinschaft der Arbeitsgruppe fühlte sich stets dem größeren Klassenkollektiv eng verbunden und verpflichtet.
3. Durch den ständigen Wechsel der Pflichten innerhalb der Gruppe erhielt jeder Schüler Gelegenheit, den Mitschülern der Gruppe Anordnungen zu geben, dafür mußte er sich beim nächsten Mal den Anordnungen seines Mitschülers fügen.

### *3.4 Die Erziehung der Schüler zu bewußter Disziplin*

„Die Mitglieder der neuen Gesellschaft erkennen die Notwendigkeit einer bestimmten Disziplin an, sie stellen freiwillig deren Normen auf und unterstützen sie. Die neue Disziplin ist folglich eine bewußte Disziplin, eine Disziplin, die den Interessen der gesamten Gesellschaft dient.“<sup>1</sup>

Wie jeder Fachunterricht muß auch der Chemieunterricht dazu beitragen, die Schüler zu einer bewußten Disziplin zu erziehen. Daher wurden die Schüler aller Klassenstufen in der ersten Chemiestunde mit Schülerregeln vertraut gemacht, deren Einhaltung in allen Übungsstunden streng kontrolliert wurde. Außerdem wurden sie beim prak-

<sup>1</sup> N. Petuchow: Der Inhalt der sittlichen Erziehung. Diskussionsbeiträge zu Fragen der Pädagogik. Berlin, 1/1951, S. 21.

tischen Arbeiten an ganz bestimmte äußere Formen des Arbeitens gewöhnt: so mußte das Arbeitsmaterial in einer bestimmten Ordnung in Empfang genommen und wieder abgeliefert werden, nach dem Aufbau der Apparatur wurde die Kontrolle des Lehrers abgewartet, bevor der Versuch in Gang gesetzt wurde, usw. Ferner wurden die Schüler dazu angehalten, den Ablauf des Versuchs erst genau zu durchdenken, bevor mit der praktischen Durchführung begonnen wurde.

Die getrennt-gemeinschaftliche Arbeitsweise forderte von den Schülern in besonderem Maße bewußtes Arbeiten. So machte jede einzelne Gruppe sehr schnell die Erfahrung, daß ihr Versuch vor der Klasse nur erfolgreich vorgeführt werden konnte, wenn jeder Handgriff überlegt und jedes Wort in der Erklärung wohl durchdacht war und wenn außerdem jeder Schüler der Gruppe seinen Willen dem des Leiters der Gruppe unterordnete.

Von den Schülerhelfern wurde ebenfalls bewußte Disziplin und Verantwortungsbewußtsein bei der Vorbereitung der Versuche und bei der Instandhaltung und Verwaltung der Sammlungen gefordert. Diese Schüler erfüllten ihre Pflichten im Bewußtsein ihrer gesellschaftlichen Bedeutung.

Ferner stellten wir fest, daß es im Zusammenhang mit der aktiven Mitarbeit der Schüler beim Experimentieren leichter war, sie auch zu diszipliniertes geistiger Mitarbeit anzuregen als im Demonstrationsunterricht. Die Freude und das Interesse am praktischen Arbeiten übertrug sich auch auf die Hausarbeiten, die ebenfalls von den meisten Schülern gründlich, sorgfältig und pünktlich angefertigt wurden.

### *3.5 Die patriotische Erziehung der Schüler*

„Der Patriotismus ist eines der tiefsten Gefühle, die durch das jahrhundertlange Bestehen voneinander gesonderter Vaterländer eingewurzelt sind.

Diese Gefühle drücken die Liebe des Menschen zu dem Lande aus, in dem er geboren wurde, zu der Natur, die ihn umgibt, zu dem Volk, dessen Sohn er ist, zu seiner Muttersprache. Das ist die Liebe zu all dem, was durch die Arbeit des Volkes auf dem Gebiet der geistigen und materiellen Kultur geschaffen wurde.“<sup>1</sup>

Diese Worte Lenins kennzeichnen klar und verständlich, was wir unter Patriotismus zu verstehen haben.

Im Laufe des Bildungs- und Erziehungsprozesses muß dieses Gefühl allmählich so klar und stark ausgebildet werden, daß es zum höchsten Motiv des Wollens und Handelns der jungen Menschen wird. Dazu kann auch der Chemieunterricht und im Rahmen des Chemieunterrichts vor allem das selbständige Experimentieren der Schüler beitragen. So haben

<sup>1</sup> W. J. Lenin: Sämtliche Werke. Band 23 .Verlag für fremdsprachliche Literatur, Moskau 1946, S. 371.

wir zum Beispiel die Leistungen großer deutscher Chemiker sowie die Arbeiten unserer Nationalpreisträger, verdienten Erfinder, Helden der Arbeit und unserer Aktivisten in der chemischen Produktion entsprechend gewürdigt und haben somit dazu beigetragen, die Liebe und Hochachtung vor den Leistungen des eigenen Volkes zu entwickeln.

Bei solchen historischen Betrachtungen haben wir feststellen können, daß die Erfahrungen der Schüler beim Experimentieren und die Überwindung der damit verbundenen Schwierigkeiten ihr Verständnis für solche Leistungen vertiefen.

Darüber hinaus haben wir auch jede mögliche Gelegenheit benutzt, um die Schüler mit den Leistungen bedeutender Chemiker anderer Völker bekannt zu machen und damit in ihnen Achtung und Bewunderung vor solchen Leistungen entstehen zu lassen. Im Zusammenhang damit waren wir bemüht, die Schüler erkennen zu lassen (etwa an dem charakteristischen Beispiel der Entwicklung der Kernchemie), daß ein wirklicher Fortschritt in der Wissenschaft zum Wohle der ganzen Menschheit nur in friedlicher Zusammenarbeit der Völker möglich ist. Gleichzeitig wurde in den Schülern Abscheu erweckt gegen alle Bestrebungen, die Ergebnisse der Chemie in den Dienst von Kriegsvorbereitungen und der Vernichtung menschlichen Lebens zu stellen (z. B. Einsatz von Giftgasen, Atombomben usw.).

Ferner sind wir der Auffassung, daß ein wichtiger Beitrag des Chemieunterrichts zur patriotischen Erziehung der Schüler auch darin liegt, sie zu befähigen, in ihrem späteren Beruf gute Leistungen zu vollbringen, die ihnen innerhalb der Gesellschaft Achtung und Anerkennung verschaffen.

Schließlich muß erwähnt werden, daß die durch Schülerübungen bedingten besseren Grundlagenkenntnisse und die umfangreichere polytechnische Bildung nicht nur die Leistungsfähigkeit der Schüler erhöhen, sondern auch ihr Interesse an dem in unserer Deutschen Demokratischen Republik stattfindenden Aufbau der chemischen Großindustrie verstärken.

Damit sind also entscheidende Voraussetzungen gegeben, die Schüler fähig und bereit zu machen, am Aufbau des Sozialismus in unserer Republik erfolgreich und mit Begeisterung mitzuarbeiten.

#### **4. Die ästhetische Bildung und Erziehung der Schüler**

Gegenüber der intellektuellen, polytechnischen und sittlichen Bildung und Erziehung der Schüler spielen die ästhetische und die körperliche Erziehung im Chemieunterricht eine untergeordnete Rolle. Daher kann auch im Rahmen der Schülerübungen nur ein verhältnismäßig geringer Beitrag zur ästhetischen Erziehung geleistet werden.

So wurden die Schüler zum Beispiel bei der Erklärung einer Destillationsapparatur darauf hingewiesen, daß die Geräte aus dem Werkstoff

Glas, mit denen sie laufend hantieren, nicht nur zweckmäßig, sondern auch ästhetisch sind.

Sie wurden ständig dazu angehalten, diese Schönheit durch peinliche Sauberkeit voll zur Geltung kommen zu lassen. Ebenso wurden sie darauf aufmerksam gemacht, daß auch ihre übrigen Arbeitsgeräte, wie Stativ, Bunsenbrenner, Tiegelzange usw., den Forderungen der Ästhetik genügen.

Beim Zusammenbauen ihrer Apparaturen wurden sie dazu erzogen, diese Apparaturen einfach, klar und übersichtlich zu gestalten. Am Anfang diente die Apparatur auf dem Lehrertisch auch in diesem Punkte als Vorbild. Auch in den schematischen Versuchsskizzen im Protokollheft wurde eine klare, einfache, übersichtliche und saubere Darstellung gefordert, zum Beispiel von der Apparatur zur Äquivalentgewichtsbestimmung oder von den Apparaturen zur Generatorgas- und Wassergaserzeugung.

Für die Schülerzeichnungen diente die Tafelzeichnung ebenfalls als Vorbild. Wir haben immer wieder festgestellt, daß die Schüler beim Zeichnen ihrer eigenen Versuchsapparatur besondere Sorgfalt aufwandten und einige Schüler hier auch ihre schöpferischen Fähigkeiten in der gefälligen Anordnung und der peinlich sauberen Ausführung ihrer Arbeit zur Geltung brachten. Schließlich sei darauf verwiesen, daß die Erziehung zum Einhalten einer musterhaften Ordnung und einer peinlichen Sauberkeit auf dem Arbeitsplatz ebenfalls einen Beitrag zur ästhetischen Erziehung darstellt.

## 5. Die körperliche Bildung und Erziehung der Schüler

„Die Körpererziehung beschränkt sich in der Schule nicht auf die Körperübungen und den Sport. Große Bedeutung hat die Erziehung der Schüler zu persönlicher und sozialer Hygiene. . . Einer der wichtigsten Faktoren bei der Körpererziehung ist die Heranziehung der Kinder zu körperlicher Arbeit in den Schulgärten, Werkstätten, Kabinetten und Laboratorien, zur Betreuung des Schulgebäudes und zur Instandsetzung der Lehrmittel.“<sup>1</sup>

Damit werden auch die Möglichkeiten der körperlichen Erziehung im Rahmen der Schülerübungen des Chemieunterrichts umrissen.

Bei allen Schülerversuchen waren wir darauf bedacht, die Unfallschutzbestimmungen sowie die hygienischen Vorschriften streng einzuhalten. Wenn die Schüler mit gefährlichen oder giftigen Stoffen arbeiteten, etwa mit konzentrierten Säuren oder mit Chlor oder Schwefeldioxyd, so wurden die Versuche entweder nur mit kleinsten Mengen auf der Tüpfelplatte durchgeführt, oder die verwendeten Schüler-

<sup>1</sup> I. T. Ogorodnikow, P. N. Schimbirew: Lehrbuch der Pädagogik. Berlin 1954, S. 55.

apparaturen wurden mit den notwendigen Absorptionsgefäßen versehen, so daß keine giftigen Gase in den Raum strömen konnten.

Ferner wurden die Schüler dazu angehalten, keine Chemikalien mit den Händen zu berühren, nicht aus Bechergläsern zu trinken und keinerlei Geschmacksproben ohne ausdrückliche Genehmigung des Lehrers durchzuführen.

Riechproben durften nur durch vorsichtiges Zufächeln vorgenommen werden. Nach dem praktischen Arbeiten mußten sich die Schüler sorgfältig die Hände waschen. Die Erziehung zur Sauberkeit ist nicht nur ein Beitrag zur charakterlichen und ästhetischen Erziehung, sondern dient ebenso der Gesunderhaltung der Schüler und damit ihrer körperlichen Erziehung.

Weiter beobachteten wir, daß die Schülerübungen die Geschicklichkeit der Hände förderten. Auch solche Schüler, die sich anfangs recht ungeschickt anstellten, konnten nach wenigen Wochen experimenteller Arbeit mit ihren Geräten und Chemikalien recht geschickt umgehen. Die Schülerhelfer erwarben sich weiteres Geschick in der Pflege und Betreuung der Sammlungen sowie beim Herrichten von Bauteilen (vor allem im Glasbiegen und Stopfenbohren). Da mit zunehmender Sicherheit im Experimentieren bei einigen Schülern auch der Hang zum leichtsinnigen, unvorsichtigen Arbeiten wuchs, wurden sie bei allen Versuchen, die irgendwelche Gefahren in sich bargen, immer wieder nachdrücklich auf die Gefahren und auf die notwendigen Vorsichtsmaßnahmen zum Verhüten dieser Gefahr hingewiesen.

Schließlich muß erwähnt werden, daß neben der Hand die wichtigsten Sinnesorgane, wie Gesichts-, Geruchs-, Gehörs-, Tast- und Wärmesinn, durch stärkere Übung bei den Schülerversuchen in ihrer zweckvollen Verwendungsmöglichkeit stärker gefördert wurden als durch Demonstrationen.

#### IV. Durch welche Maßnahmen kann die Einführung der Schülerübungen gefördert werden?

Im vorhergehenden wurde nachgewiesen, daß mit Hilfe der Schülerübungen eine Leistungssteigerung und eine Verbesserung der polytechnischen Bildung sowie der sittlichen Erziehung im Sinne einer sozialistischen Moral erzielt wurde. Auf Grund dieser Ergebnisse sowie auf Grund der Erfahrungen, die in der sowjetischen Zehnjahresschule mit Laboratoriumsarbeiten beziehungsweise praktischen Arbeiten gesammelt wurden, wird vorgeschlagen, Schülerübungen im Chemieunterricht aller Klassenstufen der Grund-, Mittel- und Oberschulen unserer Deutschen Demokratischen Republik in den dafür geeigneten Stoffgebieten einzusetzen. Das bedeutet nicht „Schülerübungen um jeden Preis“. Der Demonstrationsversuch wird auch weiterhin im Chemieunterricht Verwendung finden, und zwar vor allem dann, wenn es sich um Versuche handelt, deren Gefahren von den Schülern schwer zu überschauen sind beziehungsweise um solche Versuche, die ein großes Experimentiergeschick erfordern. In der nächsten Zeit wird der Demonstrationsversuch noch häufiger eingesetzt werden müssen, weil zur Zeit noch nicht in allen Schulen die erforderlichen Voraussetzungen für die Durchführung von Schülerübungen in allen Klassenstufen gegeben sind.

Aus den Ergebnissen der 7. Klassen geht hervor, daß es ganz besonders notwendig ist, den Anfangsunterricht auf der Grundlage von Schülerübungen aufzubauen.

Um allen Chemielehrern das Einarbeiten in die Unterrichtsform der Schülerübungen zu erleichtern, halten wir es für notwendig:

- a) die Studenten der Chemie im Rahmen ihrer methodischen Ausbildung an den Universitäten, Hochschulen und den Pädagogischen Instituten systematisch in das Arbeiten mit Schülerübungen einzuführen,
- b) für die Lehrer freiwillige Fortbildungskurse zu veranstalten, in denen sie unter Anleitung Erfahrungen im Arbeiten mit Schülerübungen sammeln können,
- c) in den Veranstaltungen der Lehrerweiterbildung über Erfolge mit Schülerübungen zu berichten, Vorschläge für die praktische Durch-

führung von Schülerübungen zu machen und einen regen Erfahrungsaustausch über das Arbeiten mit Schülerübungen in Gang zu bringen.

Es ist erfreulich, daß in den letzten Jahren in den Fachzeitschriften eine Reihe von Aufsätzen erschienen sind, die für den Einsatz der Schülerübungen im 7., 8. und 9. Schuljahr Anregung und Anleitung geben.<sup>1</sup> Außerdem muß es Aufgabe der Chemiemethodiker und der Lehrer sein, Demonstrationsversuche so umzuwandeln, daß sie von den Schülern gefahrlos und ohne Schwierigkeiten durchgeführt werden können. Vor allem ist es notwendig, Schülerversuche zu entwickeln, die das Prinzip volkswirtschaftlich wichtiger technologischer Prozesse in Anlehnung an die Praxis der industriellen Produktion und doch so einfach wie möglich veranschaulichen. Dabei kommt es auch darauf an, neue Forschungsergebnisse für das Aufnahmevermögen der Schüler zu transformieren und die dazu notwendigen Schülerexperimente zu entwickeln. Der neue Lehrplan für die 7. Klasse berücksichtigt bereits in seinem gesamten Aufbau sowie in der Anordnung und dem zeitlichen Umfang der einzelnen Stoffeinheiten das Arbeiten mit Schülerübungen und enthält am Schluß der einzelnen Unterrichtseinheiten Vorschläge für Schülerversuche. Als Ergänzung ist es notwendig, auch neue Lehrpläne für die 9. bis 12. Klassen der Mittel- und Oberschule zu entwickeln, die die Schülerübungen in ähnlicher Weise berücksichtigen.

Entsprechend den praktischen Arbeiten im sowjetischen Lehrplan sollten in Zukunft am Schluß größerer Stoffgebiete bestimmte Stunden

<sup>1</sup> a) Heyer, Ch.: Schülerübungen im Chemieunterricht der 7. Klasse, I. Teil. „Chemie in der Schule“, 6/1956, S. 256.

b) Ickert, G.: Schülerübungen im Chemieunterricht der 7. Klasse, II. Teil. „Chemie in der Schule“, 7/1956, S. 316.

c) Adolf, R.: Schülerübungen im Chemieunterricht der 7. Klasse, III. Teil. „Chemie in der Schule“, 1/1957, S. 1.

d) Adolf, R.: Schülerübungen im Chemieunterricht der 7. Klasse, IV. Teil. „Chemie in der Schule“, 2/1957, S. 48.

e) Sommer, K.: Schülerübungen im Chemieunterricht der 7. Klasse, V. Teil. „Chemie in der Schule“, 3/1957, S. 116.

f) Adolf, R.: Schülerübungen im Chemieunterricht der 8. Klasse, I. Teil. „Chemie in der Schule“, 8/1957, S. 343.

g) Bardl, K.: Schülerübungen im Chemieunterricht der 8. Klasse, II. Teil. „Chemie in der Schule“, 9/1957, S. 398.

h) Curth, H.: Schülerübungen im Chemieunterricht der 8. Klasse, III. Teil. „Chemie in der Schule“, 11/1957, S. 491.

i) Müller, H., und Otto, H.: Schülerübungen im Chemieunterricht der 8. Klasse, IV. Teil. „Chemie in der Schule“, 2 und 3/1958, S. 59.

k) Keune, H., und Vollrath, S.: Schülerübungen im Chemieunterricht der 8. Klasse, V. Teil. „Chemie in der Schule“, 2 und 3/1958, S. 68.

l) Heyer, Ch.: Schülerübungen im Chemieunterricht der 9. Klasse, I. Teil. „Chemie in der Schule“, 4/1955, S. 149.

m) Göttel, W.: Schülerübungen im Chemieunterricht der 9. Klasse, II. Teil. „Chemie in der Schule“, 5/1955, S. 211.

n) Kirmse, H., und Schilbach, V.: Schülerübungen im Chemieunterricht der 9. Klasse, III. Teil. „Chemie in der Schule“, 5/1955, S. 222.

für eine wiederholende Zusammenfassung auf der Grundlage der Schülerübungen vorgesehen werden.<sup>1</sup>

Im Zusammenhang mit der Entwicklung neuer Lehrpläne ist es notwendig, neue Lehrbücher zu erarbeiten, die Vorschläge und Anleitungen für einzelne Schülerversuche enthalten.<sup>2</sup> Die Lehrbücher für das 7. Schuljahr (1958) und für das 8. Schuljahr (1957) tragen solchen Anregungen bereits Rechnung. Es wird vorgeschlagen, in die Sammlungen für Schülerversuche sowie in die Lehrbücher der Mittel- und Oberschulen auch Schülerversuche zur Veranschaulichung grundlegender technologischer Prozesse mit aufzunehmen. Am Schluß größerer Stoffgebiete sind praktische Aufgaben für eine vertiefende Wiederholung zusammenzustellen.

Zur Einrichtung der Chemieräume mit waagerechten Schülertischen, die mit Gas-, Wasser- und Stromanschluß versehen sind, sowie für die Vervollständigung der Sammlungen mit den Arbeitsgeräten für Schülerversuche sind die notwendigen Mittel bereitzustellen. Durch eigene Initiative von Lehrern und Schülern sowie mit Unterstützung der Elternschaft und der Patenbetriebe kann ein großer Teil des Materials selbst beschafft werden, so daß die Summen niedrig gehalten werden können. Zur Aufbewahrung des Materials für Schülerübungen ist ein zweckmäßig konstruierter Geräteschrank zu entwickeln.

<sup>1</sup> Siehe auch W. Renneberg: Schülerübungen im Chemieunterricht. „Chemie in der Schule“, Berlin, 2/1955, S. 54.

<sup>2</sup> Dabei muß jedoch berücksichtigt werden, daß einige ehrgeizige Schüler an Hand des Lehrbuchs vorarbeiten, so daß dadurch ein Erarbeiten des Versuchs illusorisch werden kann. Daher sind Sammlungen von Schülerversuchen für die Hand des Lehrers notwendiger und wertvoller als eine zu breite Ausführung im Lehrbuch der Schüler.

## V. Zusammenfassung der Ausführungen

Die Ergebnisse der vorliegenden Ausführungen können in folgenden Sätzen zusammengefaßt werden:

1. Führt man im Chemieunterricht der deutschen sozialistischen Schule in einer Klassenstufe Schülerübungen ein, so müssen sie zunächst in gleicher Front erfolgen, damit alle Schüler gleichmäßig die notwendigen Fertigkeiten erwerben. Schülerübungen in gleicher Front sind in Grund-, Mittel- und Oberschulklassen auch später berechtigt und notwendig, wenn es sich um Versuche handelt, die dem Erarbeiten grundlegender Begriffe, Kenntnisse und Erkenntnisse dienen.

Die getrennt-gemeinschaftliche Arbeitsweise besitzt besonderen bildenden und erzieherischen Wert, da mit ihr in der gleichen Zeit ein umfangreicheres Wissen erarbeitet werden kann als mit dem Arbeiten in gleicher Front und da diese Arbeitsweise in besonderem Maße der Kollektiverziehung dient. Entscheidend ist, daß die Schüler auch bei dieser Arbeitsweise gleichmäßig gefördert werden, daß alle Schüler alle Versuche sehen und ein lückenloses Wissen erwerben. Dazu ist es notwendig, daß die Schülergruppen beim Arbeiten mit unterschiedlichen Apparaturen nach getrennter Vorbereitung ihre Versuche der Klasse vorführen und erläutern.

Bei größeren Versuchen wird zweckmäßig in kleinen Gruppen zu zwei, drei oder vier Schülern gearbeitet. Dabei muß jeder Schüler der Gruppe in regelmäßigem Wechsel „Leiter des Versuchs“ sein. Die anderen Schüler gehen ihm zur Hand. Auf diese Art ist es möglich, beim Arbeiten in gleicher Front und bei der getrennt-gemeinschaftlichen Arbeitsweise im Gegensatz zu der rein individuellen Förderung der Schüler bei Schülerübungen in der früheren höheren Schule und in Westdeutschland das didaktische Prinzip des individuellen Eingehens auf die Schüler auf der Grundlage der allgemeinen Unterrichts- und Erziehungsarbeit des Lehrers mit dem Schülerkollektiv zu verwirklichen.

2. Mit Hilfe der Schülerübungen wird die intellektuelle und sittliche Bildung und Erziehung und in besonderem Maße die polytechnische Bildung der Schüler gefördert.
  - a) Die Schüler aller Klassenstufen erzielten, nach Überwindung von Anfangsschwierigkeiten, durch die Schülerübungen bessere Leistungen als im Demonstrationsunterricht.

Auf Grund ihrer experimentellen Erfahrungen waren sie von der Materialität und von der Dialektik im chemischen Geschehen eindringlicher überzeugt als solche Schüler, die die Chemie nur auf Grund von Demonstrationsversuchen kennenlernten.

b) Die durch Schülerübungen erworbenen umfangreichen und gründlichen Kenntnisse stellen eine wesentliche Voraussetzung für das Verständnis chemisch-technischer Prozesse dar. Das Erarbeiten der Prinzipien technologischer Prozesse im Schülerversuch trägt zu einem vertieften Erfassen dieser Vorgänge in der chemischen Produktion bei. Ferner erlangen die Schüler beim selbständigen Experimentieren Fertigkeiten im Umgang mit Geräten, Chemikalien und den gebräuchlichsten Meßinstrumenten sowie Fähigkeiten im Lösen einfacher experimenteller Aufgaben, die mit keiner anderen Unterrichtsform oder Methode im Chemieunterricht entwickelt werden können.

c) Im Zusammenhang mit dem Erwerb von Kenntnissen, Können, Fähigkeiten und Fertigkeiten werden gleichzeitig in den Schülern wertvolle Charaktereigenschaften entwickelt. Beim experimentellen Arbeiten wachsen sie zwanglos in ein neues, sozialistisches Verhältnis zur Arbeit hinein. Die bewußte Disziplin der Klasse wird wesentlich gefördert. In besonderem Maße dienen die Schülerübungen der Kollektiverziehung.

3. Schülerübungen sind in jedem Chemiezimmer durchführbar, in dem waagerechte Tische vorhanden sind. Erwünscht sind Gas-, Wasser- und Stromanschlüsse an den Schülertischen. Die Arbeit enthält entsprechende Hinweise für die Ergänzung der Gerätesammlung.

Auf Grund der vorliegenden Erfahrungen wird vorgeschlagen, Schülerübungen in allen Klassenstufen der deutschen sozialistischen Schule einzuführen. Diese Forderung darf jedoch nicht „Übungen um jeden Preis“ bedeuten. Neben den Schülerübungen wird der Demonstrationsversuch eingesetzt werden müssen.

Es wird freilich noch längerer Erfahrung bedürfen, bis die beste Form gefunden ist, in der der bildende und erzieherische Wert dieser Unterrichtsform in unserer deutschen sozialistischen Schule voll zur Geltung kommen wird.

## VI. Anhang

### 1. Fragen der schriftlichen Arbeiten

#### a) 7. Klasse:

1. Arbeit:
  1. Was versteht man unter einem chemischen Vorgang?
  2. Warum wird Kupfer beim Erhitzen im offenen Reagenzglas schwarz?
  3. Welche Zusammensetzung hat die Luft?
  4. Warum wird Eisenpulver beim Erhitzen schwerer?
  
2. Arbeit:
  1. Was braucht man, um ein Feuer zu entfachen?
  2. Schreibe drei Beispiele für Verbrennungsvorgänge in Wortgleichungen auf!
  3. Beschreibe einen Versuch, der Aufschluß gibt über die Zusammensetzung der Luft!
  4. Zeichne eine Gasmeßglocke in Druckstellung!
  5. Verändert sich das Gewicht einer brennenden Kerze? Begründe deine Aussage!
  6. Nenne die Eigenschaften von Sauerstoff!
  7. Wieviel wiegen 1 l Luft und 1 l Sauerstoff?
  
3. Arbeit:
  1. Nenne die Symbole für Sauerstoff, Stickstoff, Quecksilber, Blei, Zink, Silber!
  2. Nenne die Formel für Quecksilberoxyd, Eisenoxyd, Kupferoxyd, Schwefeldioxyd!
  3. Wie heißt das Gesetz von der Erhaltung der Masse?
  4. Wie heißen die kleinsten Teilchen eines Elementes beziehungsweise einer Verbindung?
  5. Was versteht man unter der Löslichkeit eines Stoffes?
  
4. Arbeit:
  1. Beschreibe die Analyse des Wassers! Stelle die Gleichung auf!
  2. Nenne die Eigenschaften des Wasserstoffs!
  3. Was versteht man unter der Wertigkeit eines Elementes?
  4. Schreibe die Bauformeln für die Oxyde von Kalium, Zink, Aluminium, Kohlenstoff und Phosphor!
  5. Bestimme die Wertigkeit von Stickstoff in  $\text{NO}_2$  und von Schwefel in  $\text{SO}_3$ !
  6. Wie ändert sich die Löslichkeit eines Gases bei steigendem Druck und steigender Temperatur?
  7. Schreibe die Gleichung für eine Analyse und eine Synthese!

5. Arbeit: 1. Was versteht man unter Edelmetallen?  
 2. Nenne das Gesetz von der Erhaltung der Masse!  
 3. Wie weist man Sauerstoff und Wasserstoff nach?  
 4. Beschreibe das Thermitverfahren!  
 5. Schreibe vier Reduktionsvorgänge in Gleichungen auf!  
 6. Schreibe die Reihe der Metalle, geordnet nach ihrem Verbindungsbestreben zum Sauerstoff!
6. Arbeit: 1. Schreibe die Formeln für Natronlauge, Kalilauge und Kalkwasser!  
 2. Welche gemeinsamen Eigenschaften besitzen die Laugen?  
 3. Welche gemeinsamen Eigenschaften besitzen die Säuren?  
 4. Wie haben wir Kohlensäure hergestellt? Beschreibe den Vorgang mit Hilfe von Gleichungen!  
 5. Wie weist man Schwefelsäure und Kohlensäure nach?  
 6. Wie wirkt Schwefelsäure auf Holz, Papier und Stoffe ein? Erkläre den Vorgang!
7. Arbeit: 1. Wie wirkt Schwefelsäure auf Magnesium, Aluminium, Eisen und Kupfer ein? Beschreibe die Versuche! (Gleichungen)  
 2. Beschreibe die Einwirkung von Salzsäure auf Kupferoxyd und Magnesiumoxyd! (Gleichungen)  
 3. Was versteht man unter einer Neutralisation? Zwei Beispiele in Gleichungen!  
 4. Nenne je ein Salz der Schwefelsäure, Kohlensäure und Salpetersäure mit Namen und Formel!

b) 9. Klasse

1. Arbeit: 1. Schreibe je zwei Beispiele für Analysen und Synthesen in Form von Gleichungen auf!  
 2. Was geschieht beim Überleiten von Wasserdampf über erhitztes Magnesium? (Gleichung)  
 3. Durch welche Elemente kann  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  reduziert werden?  
 4. Kann Wasserdampf durch erhitztes Kupfer reduziert werden? Begründung!  
 5. Erkläre die Säuren- beziehungsweise Laugenbildung an je zwei Beispielen! (Gleichungen)  
 6. Wie weist man Salzsäure, Schwefelsäure beziehungsweise Kohlensäure nach?  
 7. Wie verhält sich Salpetersäure gegenüber Metallen?  
 8. Nenne die gemeinsamen Eigenschaften aller Säuren!
2. Arbeit: 1. Nenne Formel und Namen für zwei Salze der Schwefelsäure!  
 2. Nenne Formel und Namen für zwei Salze der Kohlensäure!  
 3. Was versteht man unter der Löslichkeit eines Salzes?  
 4. Was besagt das Gesetz von der Erhaltung der Masse?  
 5. Bei der Zersetzung von Wasser wurden  
 a) 4 l  $\text{H}_2$  erhalten, wieviel l  $\text{O}_2$  erhielt man gleichzeitig?  
 b) 4 g  $\text{H}_2$  erhalten, wieviel g  $\text{O}_2$  wurden gewonnen?

3. Arbeit: 1. Formuliere die Gesetze der festen und vielfachen Gewichtsverhältnisse!
2. Leite die Zustandsgleichung der Gase ab!
3. Was bedeutet das Symbol S beziehungsweise die Formel  $H_2O$ ?
4. Wasserstoff soll durch Überleiten von Wasserdampf über erhitze Magnesiumspäne hergestellt werden.
- a) Wieviel ccm  $H_2$  (unter Normalbedingungen) erhält man maximal aus 0,5 g Wasser? ( $1 \text{ l } H_2 = 0,09 \text{ g}$ )
- b) welchen Raum nimmt diese Wasserstoffmenge bei  $20^\circ$  und 750 mm Hg ein?
5. Welchen Raum nehmen 80 l Sauerstoff von  $20^\circ/755 \text{ mm}$  unter Normalbedingungen ein?
6. Durch Erhitzen von  $HgO$  entstehen 152 ccm Sauerstoff bei  $18^\circ/768 \text{ mm}$ .  
Rechne auf Normalbedingungen um!
4. Arbeit: 1. Vergleiche die Eigenschaften von Wasserstoff und Sauerstoff!
2. Wie stellt man Sauerstoff im Labor her?
3. Wieviel Kaliumchlorat braucht man, um einen Gasometer von 80 l Inhalt mit  $O_2$  bei  $20^\circ$  und 755 mm Hg zu füllen?
5. Arbeit: 1. Beschreibe das Brennen, Löschen und Abbinden des Kalks in Worten und Gleichungen!
2. Was geschieht bei längerem Einleiten von  $CO_2$  in Kalkwasser? Beschreibe den Versuch in Worten und Gleichungen! Welche Bedeutung hat er in der Natur?
- c) 11. Klasse
1. Arbeit: 1. Nenne Naturvorkommen des Eisens!
2. Was versteht man unter Aufbereitung der Erze?
3. Was ist Hochofenschlacke, und welche Bedeutung hat sie?
2. Arbeit: (Im direkten Anschluß an die Stunde geschrieben)
1. Beschreibe den Versuch zur Reduktion von Eisenoxyd!
2. Gib an Hand einer Skizze der Hochofenanlage die chemischen Prozesse im Hochofen wieder!
3. Arbeit: 1. Was ist Roheisen?
2. Beschreibe an Hand der durchgeführten Versuche die Eigenschaften von Stahl!
3. Beschreibe an Hand der durchgeführten Versuche die Eigenschaften von Schmiedeeisen!
4. Arbeit: 1. Wodurch unterscheidet sich  $Fe^{++}$  von  $Fe^{+++}$ ?
2. Was sind Eisensäuerlinge?
3. Was ist bei der Einwirkung von Natronlauge auf  $Fe^{++}$  zu beobachten?
4. Was sind Oxydationsmittel?
5. Arbeit: 1. Was ist der Dissoziationsgrad?
2. Was ist die Dissoziationskonstante?
3. Was ist das Ionenprodukt, und wie berechnet sich daraus  $[H^+]$ ?

6. Arbeit: 1. A. 1. Nenne Verbindungen des Zinks  
(2 Gruppen) 2. Beschreibe das trockene Verfahren der Zinkgewinnung!  
3. Was ist (an Hand der durchgeführten Versuche) Mennige?
2. B. 1. Nenne Verbindungen des Bleis!  
2. Beschreibe das nasse Verfahren der Zinkgewinnung!  
3. Was ist (an Hand der durchgeführten Versuche) Mennige?
7. Arbeit: 1. Wie stellt man Butadien (1,3) her?  
2. Beschreibe den Versuch, bei dem aus Calciumcarbid und Wasser Acetylen dargestellt wurde!
8. Arbeit 1. Wie stellt man am besten (1,2) Dibromäthan her?  
2. Beschreibe den Versuch zur Darstellung von Äthan!  
3. Wie wird Calciumcarbid gewonnen?

Im folgenden werden einige Stundenbeispiele aus der Grund- und Oberschule ausgeführt, die zeigen sollen, wie die Schülerübungen im Sinne der polytechnischen Bildung mit dem praktischen Leben, mit Technik und Produktion verbunden werden können.

## 2. Unterrichtsbeispiele aus dem 7. Schuljahr

### 2.1 Die erste Chemiestunde

Nach Möglichkeit wird die Einführung in das neue Fach Chemie so vorgenommen, daß die Schüler bereits in der ersten Chemiestunde an der Auseinandersetzung mit dem neuen Stoff aktiv geistig und manuell beteiligt werden. Das kann zum Beispiel folgendermaßen geschehen:

Die Schüler finden einige Glasgeräte (Becherglas, Stehkolben, Trichter) und einige Geräte aus Eisen (Stativ, Trichter, Tiegelflange, Verbrennungslöffel) auf ihren Arbeitsplätzen vor und dürfen diese Geräte in die Hand nehmen. Die einzelnen Geräte werden benannt und im Schnitt an die Tafel gezeichnet. Die Schüler erkennen selbständig, daß einige Geräte aus dem Stoff Glas und die übrigen aus dem Stoff Eisen bestehen. Dabei können die wichtigsten Eigenschaften der Stoffe Glas und Eisen zusammengetragen werden. Die Schüler werden aufgefordert, weitere Stoffe zu nennen und weitere Körper aus dem Stoff Glas beziehungsweise Eisen aufzuzählen.

Nach diesen Beispielen ergibt sich notwendigerweise die Frage nach dem Unterschied zwischen Körper und Stoff. An Hand der vorliegenden Beispiele können die Schüler selbständig die Begriffe Körper und Stoff in einfacher Weise definieren. Die Ergebnisse werden in einem Tafelbild zusammengefaßt, etwa in folgender Art (siehe Abb. 20):

Wenn die Schüler auf diese Art bereits die ersten Begriffe selbsttätig erarbeiten, verspüren sie in solchen Untersuchungen mehr vom Wesen

naturwissenschaftlicher Untersuchungen, als man ihnen durch theoretische Erörterungen an dieser Stelle vermitteln könnte. Ferner lernen sie dabei zwanglos einige wichtige Arbeitsgeräte des Chemikers kennen, mit

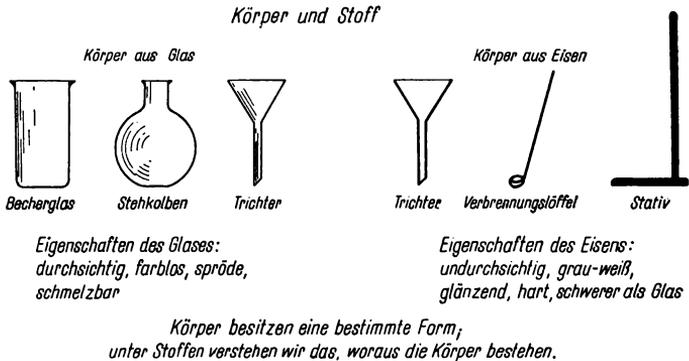


Abb. 20 Tafelbild der ersten Chemiestunde

denen sie laufend zu tun haben, und werden gleichzeitig in das einfache schematische Zeichnen von Geräten eingeführt.

## 2.2 Vermittlung einfacher Arbeitstechniken

Voraussetzung für die erfolgreiche Lösung experimenteller Aufgaben ist ein bestimmtes handwerkliches Können auf chemischem Gebiet. Dieses Können im praktischen Arbeiten muß so früh wie möglich erworben werden. Deshalb werden laut Lehrplan für das 7. Schuljahr nach der Erarbeitung der Begriffe Körper und Stoff sowie des Unterschieds zwischen physikalischen und chemischen Vorgängen mehrere Stunden für den Erwerb solcher praktischen Fertigkeiten eingefügt. So erhalten die Schüler zum Beispiel im Zusammenhang mit der Erarbeitung des Unterschiedes zwischen reinen Stoffen und Stoffgemischen die Aufgabe, verschiedene Verfahren zur Trennung von Stoffgemischen praktisch durchzuführen, etwa die Trennung von Kohlepulver und Sand beziehungsweise von Schwefelpulver und Eisenspänen durch Aufschlänmen und Dekantieren oder die Trennung von Kohlepulver und Wasser durch Filtrieren. Dabei ist es notwendig, den Schülern anfangs sehr ausführliche Arbeitsanweisungen zu geben, neue Arbeitstechniken jeweils vorzuführen und ihre ersten praktischen Arbeiten sehr sorgfältig zu überwachen. Anschließend wird das Versuchsprotokoll zweckmäßig in gemeinsamer Arbeit von Lehrer und Schülern an der Tafel entwickelt, etwa in folgender Art:

| Versuchsprotokoll<br>Durchführung   | Beobachtungen                                 | Folgerungen   |
|---|---|---|
| Gemisch Kohlepulver/<br>Sand mit Wasser über-<br>gossen und durchgerührt,<br>kohlehaltiges Wasser ab-<br>gegossen | Sand setzt sich<br>ab, Kohle<br>schwimmt oben | Sand und Kohle lösen<br>sich nicht in Wasser. Sand<br>ist schwerer als Kohle-<br>pulver. Trennen durch<br>Dekantieren möglich |

Ferner können die Schüler mit den Trennungsmethoden durch Lösen und Eindampfen bekannt gemacht werden, etwa an Hand des Beispiels, Kochsalz und Sand voneinander zu trennen. Diese Aufgabe kann in folgende experimentelle Teilaufgaben zerlegt werden:

Herstellen einer Kochsalzlösung,  
Eindampfen einer Kochsalzlösung.

Bei der systematisierenden Wiederholung der verschiedenen Trennungsverfahren kann von den Schülern eine Übersicht in Tabellenform zusammengestellt werden, etwa in folgender Form:

| Gemisch aus   | Trennungsverfahren                          |
|---|---|
| zwei unlöslichen festen Stoffen ver-<br>schiedener Dichte | Aufschlämmen und Dekantieren                |
| einem unlöslichen festen Stoff und einer<br>Flüssigkeit   | Filtern                                     |
| einem unlöslichen und einem lös-<br>lichen Stoff          | Lösen, Filtern und Eindampfen<br>der Lösung |

Da in den kommenden Stunden für den Aufbau zusammengesetzter Apparaturen auch Glasbauteile benötigt werden, können die Schüler bei der Herstellung dieser Glasbauteile in die Technik einfacher Glasbearbeitung eingeführt werden. Dabei sammeln sie zum Beispiel praktische Erfahrungen im Schneiden, Biegen und Zuschmelzen von Glasröhren sowie im Herstellen von Glasspitzen. Diese Bauteile können zur Übung in mehrfacher Zahl angefertigt und für die kommenden Versuche aufbewahrt werden.

### 2.3 Die Erarbeitung des Oxydationsbegriffs in der 7. Klasse

Der Oxydationsbegriff wurde als Beispiel ausgewählt, weil er methodisch einwandfrei mit einfachen Schülerversuchen erarbeitet werden kann und weil es an Hand dieses Beispiels möglich ist, den Schülern das Wesen chemischer Erkenntnis zumindest bis zu einem gewissen Grade bewußtzumachen.

An Hand der angegebenen Versuchsbeispiele können wir den Schülern klarmachen, daß es möglich ist, durch eine längere Kette von Schlußfolgerungen aus den beobachtbaren physikalischen Veränderungen der Stoffe auf den abgelaufenen chemischen Prozeß rückzuschließen, und daß wir auf diese Art an Stelle der versagten sinnlichen Anschauung eine geistige Anschauung erarbeiten können, das heißt eine richtige Vorstellung von dem abgelaufenen chemischen Geschehen.

Gleichzeitig kann bei der Erarbeitung dieses Begriffs gezeigt werden, wie es möglich ist, die Beobachtungen der Schüler am eigenen Experiment mit ihren Erfahrungen aus dem täglichen Leben in Einklang zu bringen und wie die auf Grund der Experimente gewonnenen Erkenntnisse im praktischen Leben angewendet werden können.

Einleitend wird es für notwendig gehalten, die Schüler zunächst mit einigen Metallen wie Eisen, Zink, Kupfer, Blei, Magnesium, Silber und Gold bekannt zu machen. Bis auf die Edelmetalle können die Metalle von den Schülern selbst verbrannt werden, etwa in folgenden Versuchen:

- |  |   |  |
|--|---|--|
| <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Ein Stück Zinkblech</li> <li>   ein Stück Kupferblech</li> <li>   ein Stück Eisendraht</li> </ol>  | } | <p>werden mit Sandpapier gereinigt<br/>und mit der Tiegelzange in die<br/>Flamme gehalten.</p> |
| <ol style="list-style-type: none"> <li>2. Blei wird im Verbrennungslöffel erhitzt.</li> <li>3. Ein kleines Stück Magnesiumband wird mit der Tiegelzange in die Flamme gehalten.</li> </ol> |   |  |

Bei diesen Versuchen kommt es darauf an, daß die Schüler neben der genauen Arbeitsanweisung konkrete Beobachtungsaufgaben erhalten, zum Beispiel: Vergleiche das Aussehen der Metalle mit dem der Verbrennungsprodukte! Die Beobachtungsergebnisse werden zur Festigung und Systematisierung der angestellten Beobachtungen und als Voraussetzung für die notwendige Verallgemeinerung am besten in einer Tabelle an der Tafel und im Heft zusammengetragen.

Nach einer exakten Formulierung der Beobachtungsergebnisse wird eine Verknüpfung mit bereits vorhandenen Erfahrungen ähnlicher Art für notwendig gehalten.

Hier bringen die Schüler nach Aufforderung des Lehrers zum Beispiel die Veränderung eiserner Öfen nach längerem Gebrauch, Beobachtungen des Eisenhammerschlages oder des Kupferhammerschlages beim Schmieden, das Abbrennen von Blitzlicht usw.

Anschließend muß die Frage geklärt werden: Was ist die Ursache für die Veränderungen der Metalle? Die Schüler werden aufgefordert, selbst Vermutungen darüber anzustellen. Das Wertvolle solcher Vermutungen von seiten der Schüler liegt darin, daß sie sich selbständig mit dem aufgeworfenen Problem auseinandersetzen und daß sie ähnlich wie der Forscher an der experimentellen Überprüfung einer Vermutung unmittelbar interessiert sind.

Die verschiedenen Vermutungen der Schüler über die Ursachen der Veränderung bei der Oxydation der Metalle, nämlich das Erhitzen, besondere Eigenschaften der unedlen Metalle, die unmittelbare Berührung mit der Flamme oder die Berührung mit der Luft werden nach Möglichkeit experimentell widerlegt oder bestätigt. Dabei machen die Schüler selbst Vorschläge für die zur Überprüfung notwendigen Versuche, die als typische Erkenntnisversuche eingesetzt werden; durch das Experiment wird die aufgeworfene Frage mit Ja oder Nein beantwortet.

Um zu beweisen, daß das Vorhandensein der Luft Ursache für die Veränderung der Metalle ist, kann entweder ein zusammengefalteter Kupferbrief in die Flamme gehalten oder kleine Stückchen Kupfer können in einem weitgehend luftleer gesaugten Reagenzglas erhitzt werden. Wesentlich ist, daß die Schüler selbst die Beobachtungen durchführen und selbständig aus ihren Beobachtungen die notwendigen Schlußfolgerungen ziehen. Bei der Zusammenfassung der Versuchsergebnisse und den gedanklichen Überlegungen muß sich ergeben, daß die Ursache für die Oxydbildung sowohl in der Natur der unedlen Metalle wie in dem Vorhandensein der Luft begründet liegt und daß Wärme begünstigend wirkt.

Nach der Formulierung dieser Versuchsergebnisse können wieder die Beziehungen zur täglichen Erfahrung hergestellt werden. Hier bringen die Schüler Beispiele, wie das Anblasen des Feuers, das Offenlassen der Ofentür, damit genügend Luft für die Verbrennung zur Verfügung steht, die Verwendung des Blasebalgs in der Schmiede und anderes mehr.

Zur Bestätigung und Festigung der erworbenen Kenntnisse kann als Hausversuch das Verbrennen einer Kerze unter einem Zylinder bei wechselnder Luftzufuhr beobachtet werden, oder die Schüler können zum Beispiel die Aufgabe erhalten, zu beobachten, wie ein Ofen angeheizt wird, wie die Luftzufuhr beim Gaskocher erfolgt und anderes mehr.

Anschließend kann die Frage aufgeworfen werden, ob die Luft durch die Verbrennung eine Veränderung erfährt. Dazu wird von den Schülern der Vorschlag gebracht, die Luft *nach* ihrer Einwirkung auf unedle erhitzte Metalle zu untersuchen. Dazu können auf Anregung des Lehrers von den Schülern wieder Vorschläge für Versuche gemacht werden, zum Beispiel ein unedles Metall in einem abgeschlossenen Luftvolumen zu verbrennen. Dazu kann die Verbrennung von Eisenpulver in dem abgeschlossenen Luftvolumen einer Gasmeßglocke als Schülerdemonstrationsversuch oder bei vorhandenem Material auch als Schülerversuch durchgeführt werden.

Im Lehrbuch der 7. Klasse<sup>1</sup> wird vorgeschlagen, Eisenpulver oder Magnesiumspäne auf einer Eisenrinne in dem abgeschlossenen Volumen eines großen Reagenzglases zu verbrennen. Dieser Versuch führt als

<sup>1</sup> Lehrbuch der Chemie für die Grundschule, 7. Schuljahr. Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1956, S. 18, Vers. 28.

Schülerversuch zu unbefriedigenden Ergebnissen, weil er bereits ein Experimentiergeschick voraussetzt, das auf dieser Klassenstufe noch nicht vorhanden ist. An seiner Stelle ist der Versuch von G. Ickert<sup>1</sup> zu empfehlen, bei dem ein 7 cm langes Magnesiumband mit Hilfe eines etwa 3 cm langen Wurstspeilers in dem Stopfen eines großen Reagenzglas besfestigt und in dem abgeschlossenen Luftvolumen des Reagenzglas verbrannt wird. Beim Öffnen unter Wasser wird die verbrauchte Luftmenge durch Wasser ersetzt. Der Vergleich der ursprünglichen und der verbrauchten Luftmenge kann durch einfache Längenmessungen vorgenommen werden. Die Restluft wird in jedem dieser angeführten Versuche mit einem glimmenden Span untersucht. Nach einer exakten Formulierung der Beobachtungsergebnisse werden die Schüler dazu aufgefordert, selbst die Schlußfolgerungen aus ihren Beobachtungen zu ziehen.

Dabei können sie nach kurzen Denkanstößen des Lehrers zu folgenden selbständigen Folgerungen geführt werden:

1. Die Oxyde bestehen aus Metall und einem Teil der Luft, und
2. der in dem Oxyd enthaltene Anteil der Luft muß die Verbrennung besser unterhalten als die Luft.

Aus der ersten Folgerung können die Schüler weiter zu dem Schluß geführt werden, daß das Oxyd um das Gewicht der aufgenommenen Luft schwerer ist als das Metall, was experimentell bestätigt werden muß.

Die zweite Folgerung muß ebenfalls experimentell bestätigt werden, und zwar nach Möglichkeit durch Zerlegung eines Oxyds in seine Bestandteile.

Diese Bestätigungsversuche können als Schülerversuche durchgeführt werden, und zwar gibt es dabei verschiedene Möglichkeiten:

1. Magnesiumspäne beziehungsweise Eisenpulver werden in einem Porzellantiegel austariert, geglüht und nach dem Abkühlen wieder auf die Waage gestellt. (Bei diesen Versuchen kann man den Schülern bewußtmachen, daß der Luftanteil bei seiner Vereinigung mit dem Metall all seine Eigenschaften verliert und lediglich sein Gewicht beibehält.)
2. Noch überzeugender ist es, die Verbrennung unmittelbar auf der Hornschalenwaage vorzunehmen (Asbestdrahtnetz an Stelle der zweiten Waagschale).<sup>2</sup>
3. Es wird für notwendig gehalten, solche oder ähnliche Schülerversuche durch den bekannten Kerzenversuch<sup>3</sup> zu ergänzen, weil damit offenbar gegenteilige Erfahrungen der Schüler aus dem täglichen Leben überzeugend widerlegt werden.

<sup>1</sup> G. Ickert: Über die Bedeutung der Schülerexperimente im Chemieunterricht. Schriftenreihe des DPZI, Berlin 1955, S. 11.

<sup>2</sup> K. H. Fischer: Ein vereinfachter Versuch zur Gewichtszunahme bei der Verbrennung. „Chemie in der Schule“, Berlin, 5/1957, S. 226.

<sup>3</sup> Lehrbuch der Chemie für die Grundschule. 7. Schuljahr, Berlin 1956, S. 22.

Anschließend muß die zweite Folgerung über die Eigenschaften des verbrauchten Luftanteils durch die Zerlegung von Quecksilberoxyd bestätigt werden. Auch dieser Bestätigungsversuch läßt sich mit kleinen Substanzmengen im Reagenzglas als Schülerversuch durchführen. Im Zusammenhang mit diesen Versuchsergebnissen werden sinnvoll die Begriffe Oxygenium und Oxydation eingeführt und die Bezeichnung Oxyd erklärt. Die Zerlegung des Quecksilberoxyds bildet den Ausgang für die Darstellung und Untersuchung des Sauerstoffs.

Zur Darstellung größerer Sauerstoffmengen wird Wasserstoffperoxyd verwendet. Damit führen die Schüler folgende Versuche durch:

1. 1 bis 3 ml Wasserstoffperoxyd werden im Reagenzglas mit einer Messerspitze Braunstein versetzt. Um die Wirkung des Katalysators zu zeigen, kann der Braunstein abfiltriert und mehrfach dem Wasserstoffperoxyd zugesetzt werden. Die stets von neuem einsetzende Sauerstoffentwicklung zeigt den Schülern, daß der Braunstein bei diesem Vorgang nicht verbraucht wird. Anschließend an diesen Versuch kann der Begriff des Katalysators definiert werden.
2. Zur Darstellung größerer Sauerstoffmengen wird von den Schülern ein kleiner Gasentwickler aus einem großen Reagenzglas mit Seitenrohr und einem kleinen, oben offenen Tropftrichter zusammengebaut.
3. Nach Feststellen von Farbe, Geruch und Geschmack des Gases wird die Brennbarkeit mit einem *brennenden* Holzspan an einer dem Seitenrohr des Reagenzglases aufgesetzten Glasdüse geprüft.
4. Nach einer Modellapparatur auf dem Lehrertisch kann von den Schülern eine Apparatur zum pneumatischen Auffangen des Gases zusammengesetzt werden. Die Schüler setzen ihre Apparaturen erst in Gang, nachdem sie vom Lehrer überprüft wurden, und füllen drei Reagenzgläser und einen kleinen Erlenmeyerkolben (100 ml) mit Sauerstoff.
5. In einem der Reagenzgläser wird der Sauerstoff mit einem *glimmenden* Span geprüft.
6. Die beiden übrigen mit Sauerstoff gefüllten Reagenzgläser dienen dazu, das Gewicht des Sauerstoffs mit dem der Luft zu vergleichen.
7. Anschließend können von den Schülern einige Stoffe (z. B. Schwefel, Holzkohle, Blumendraht) in dem mit Sauerstoff gefüllten Kolben verbrannt werden.

Bei diesem Versuch kann zum ersten Male getrennt-gemeinschaftlich gearbeitet werden, das heißt, ein Drittel der Schüler verbrennt Schwefel, ein Drittel Kohlenstoff und der Rest der Klasse Eisendraht in Sauerstoff. Anschließend wird jeder der Versuche von einer Gruppe der Klasse durchgeführt, so daß alle Schüler alle Versuche sehen. (Für die vorzuführenden Versuche werden drei mit Sauerstoff gefüllte Erlenmeyerkolben vom

Lehrer vor der Stunde bereitgestellt.) Eine Zusammenfassung über Darstellung und Eigenschaften des Sauerstoffs schließt die Unterrichtsstunde ab.

Eine zusammengefaßte Nutzenanwendung der erworbenen Kenntnisse und Erkenntnisse kann unter dem Thema: Entzünden, Unterhalten und Löschen von Feuer durchgeführt werden. Die notwendigen Versuche können ausschließlich von den Schülern durchgeführt werden, zum Beispiel:

1. Der Spiritusbrenner oder eine Kerze ist zu entzünden, ohne den Docht zu berühren.
2. Etwa 0,5 ml Benzin ist im Reagenzglas zu erwärmen; das entweichende Gas wird an der Öffnung entzündet.  
Aus diesen beiden Versuchen folgern die Schüler selbständig, daß Flammen brennende Gase sind.
3. Diese Folgerung wird bestätigt, indem zum Beispiel Papierschnitzel, Sägespäne, zerkleinerte Kerzenmasse beziehungsweise Braunkohlen- oder Steinkohlengrus im Reagenzglas erhitzt und die entweichenden Gase entzündet werden. (Dabei kann getrennt-gemeinschaftlich gearbeitet werden.)

In dem anschließenden Unterrichtsgespräch kann am Beispiel des Feuermachens im Ofen die Frage beantwortet werden: Was benötigt man, um ein Feuer zu entfachen? Auf Grund der erworbenen Kenntnisse über den Verbrennungsprozeß sind die Schüler in der Lage, die Bedingungen zusammenzutragen, nämlich

1. brennbare Stoffe, das heißt Stoffe, die brennbare Gase entwickeln können,
2. Sauerstoff beziehungsweise Luft,
3. eine genügend hohe Temperatur, die sogenannte Entzündungstemperatur.

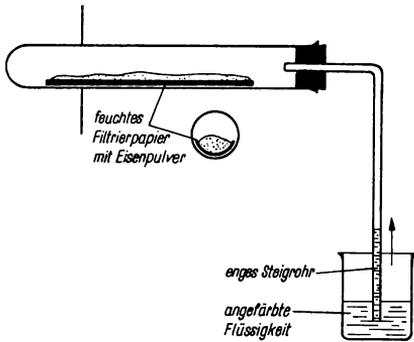
Aus den Ergebnissen dieser Unterrichtsstunde müssen die Schüler erkennen, daß ein Feuer gelöscht werden kann, wenn mindestens eine der aufgezählten Bedingungen nicht erfüllt ist. Das kann an Hand verschiedener Löschmöglichkeiten (Löschen mit Wasser, Sand, Decken, Schaum usw.) von den Schülern erläutert werden. Dabei sollten unbedingt erzieherische Momente (Schutz des Volksvermögens, Vermeiden und Löschen von Bränden, Verhüten von Waldbränden, Verhalten beim Anlegen eines Lagerfeuers usw.) ausgenutzt werden.

Abschließend wird zweckmäßig auf langsame Oxydationen eingegangen.

Der Rostvorgang kann innerhalb weniger Minuten durch den folgenden Schülerversuch veranschaulicht werden (siehe Abb. 21).<sup>1</sup>

<sup>1</sup> R. Winderlich u. W. Peter: Lehrbuch der Chemie. I. Teil, Braunschweig 1953.

Im Anschluß an den Versuch kann auf die Verluste hingewiesen werden, die ständig in der Volkswirtschaft durch Rosten entstehen.



Aus den Erfahrungen der Schüler können einige Beispiele für Rostschutzmittel aufgezählt werden.

Ein historischer Rückblick auf die Entwicklung des Oxydationsbegriffs kann die angestellten Überlegungen sinnvoll ergänzen.

Abb. 21  
Rosten verbraucht Luft

### 3. Unterrichtsbeispiele aus dem 8. Schuljahr

#### 3.1 Entgasung und Vergasung der Kohle

Im 8. Schuljahr folgt nach der Direktive für den Chemieunterricht<sup>1</sup> auf den Abschnitt Schwefel und seine wichtigsten Verbindungen, dem sich der Abschnitt über den „Kohlenstoff und seine wichtigsten Verbindungen“ anschließt, der Abschnitt über „Kohlen — feste und gasförmige Brennstoffe“. In diesem Abschnitt wird nach der Behandlung der Entstehung und Gewinnung der verschiedenen Kohlearten vor allem die außerordentlich große Bedeutung der Kohle für unsere gesamte Volkswirtschaft herausgearbeitet und im Anschluß daran auf die technischen Verfahren zur Entgasung beziehungsweise Vergasung der Kohle genauer eingegangen. Die Gewinnung flüssiger Brennstoffe aus der Kohle wird im Rahmen der organischen Chemie behandelt. Die Entgasung der Kohle ist nach der Behandlung der Schwefelsäureproduktion nach dem Kontaktverfahren beziehungsweise dem Müller-Kühne-Verfahren der dritte technologische Prozeß, den die Schüler im Chemieunterricht des 8. Schuljahres kennenlernen. Entsprechend den beiden Verfahren zur Schwefelsäuregewinnung können die Schüler nacheinander mit den vier wesentlichen Seiten eines Produktionsprozesses bekannt gemacht werden, nämlich

1. mit den chemischen Prozessen,
2. mit den dabei verwendeten Apparaturen,
3. mit der Organisation,
4. mit der Energetik des Prozesses.

<sup>1</sup> Direktive für den Chemieunterricht, 8. Schuljahr. Berlin 1956, S. 11.

Zu 1: Zur Erläuterung der chemischen Hauptreaktion wird zweckmäßig die Entgasung der Steinkohle im Schülerversuch durchgeführt. Als Einführungsversuch kann die Kohle in einem Reagenzglas erhitzt werden, das mit einem durchbohrten Stopfen mit Glasdüse verschlossen ist. Auf Grund der dabei angestellten Beobachtungen können von den Schülern Vorschläge für geeignetere Schülerapparaturen gemacht werden, die es gestatten, die beobachteten Produkte getrennt voneinander aufzufangen. Für diesen Versuch gibt es vielfache Vorschläge.<sup>1,2</sup> Entscheidend ist es, daß die Schüler bei diesem Versuch die wesentlichen Produkte der Kohleentgasung, nämlich Koks, Leuchtgas, Teer und Ammoniak, erkennen und gleichzeitig dabei beobachten, daß für die Durchführung dieses chemischen Prozesses hohe Temperaturen benötigt werden. Zur Verdeutlichung der drei Phasen des Produktionsprozesses, nämlich

1. Aufbereitung der Rohstoffe,
2. chemische Umwandlung des aufbereiteten Rohstoffes zum Rohprodukt und
3. die Überführung des Rohprodukts in das Endprodukt,

können die einzelnen Teile der Schülerapparatur mit den entsprechenden Teilen der Schemazeichnung eines Gaswerks beziehungsweise mit der Aufbaulehrtafel „Stadtgaserzeugung“ verglichen werden. Dabei wird den Schülern mitgeteilt, daß die Aufbereitung bei Verwendung von Steinkohle lediglich in einem Zerkleinern besteht und daß bei der Entgasung der Braunkohle zur Gewinnung von Braunkohlen-HT-Koks in der Großkokerei Lauchhammer die Braunkohle gemahlen, getrocknet und brikettiert werden muß. Die Schüler erkennen aus dem Vergleich, daß ihr Versuch lediglich die zweite und dritte Phase des Prozesses demonstriert und daß das Schwergewicht in diesem Prozeß auf der dritten Phase liegt, das heißt auf der Reinigung des Rohgases und der Gewinnung der dabei zahlreich anfallenden wertvollen Nebenprodukte.

Bei der Erläuterung der apparativen Seite des Produktionsprozesses sieht man zweckmäßig von dem Vergleich mit dem Schülerversuch ab, um bei den Schülern keine falschen Vorstellungen über Größe und Aufbau der Apparaturen entstehen zu lassen. Als Grundlage der Betrachtungen können Schemazeichnungen in Verbindung mit Diapositiven oder Filmausschnitten dienen. Dabei ist es notwendig, Größenvergleiche zu verwenden und zum Beispiel die Größe der Entgasungskammer mit der des Klassenzimmers vergleichen zu lassen.

Nach Behandlung der Organisation und der Energetik des Prozesses können abschließend die Produkte einer Gasfabrik in einem Schema

<sup>1</sup> Lehrbuch der Chemie für die Grundschule, 8. Schuljahr. Berlin 1956, S. 100.

<sup>2</sup> H. Stapf: Chemische Versuche im Unterricht. 1. Teil, Berlin 1950, S. 206.

beziehungsweise Diagramm übersichtlich zusammengestellt werden. Als Grundlage können folgende Zahlen dienen:

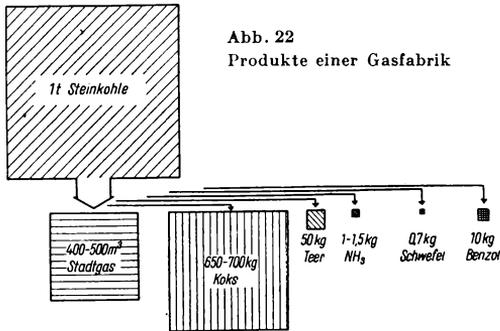


Abb. 22  
Produkte einer Gasfabrik

1 t Steinkohle liefert im Durchschnitt 400–500 m<sup>3</sup> Stadtgas, außerdem 650–700 kg Koks, 50 kg Teer, 1–1,5 kg Ammoniak, 0,7 kg Schwefel und bis 10 kg Benzol.

Auf deren Verwendung in anderen Industriezweigen unserer Volkswirtschaft kann dabei kurz hingewiesen werden, und zwar können damit die viel-

seitigen Beziehungen der einzelnen Wirtschaftszweige untereinander an einem typischen Beispiel demonstriert werden.

Die Behandlung der Generatorgas- beziehungsweise Wassergasgewinnung schließt sich an. Auf alle Fälle sollte die Darstellung von Generatorgas beziehungsweise Wassergas experimentell erarbeitet werden, weil diese beiden Gasgemische als Heizgase beziehungsweise Rohstoffe in vielen anderen Industriezweigen eine sehr große Rolle spielen. Eine Erarbeitung des technologischen Prozesses in Phasen ist bei diesen beiden Verfahren nicht notwendig, da beide Produkte als Hilfsstoffe beziehungsweise Rohstoffe in anderen Industriezweigen verwendet werden.

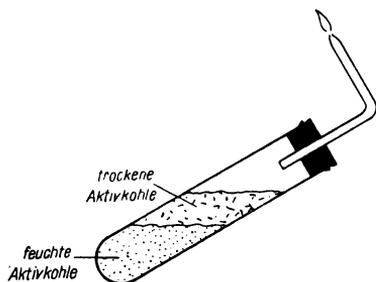


Abb. 23 Herstellung von Wassergas im Schülerversuch

Auf diese Art wird mühelos die benötigte Temperatur von etwa 1000° erreicht. Wassergas kann auch in einer stark vereinfachten Apparatur (siehe Abb. 23) im Schülerversuch hergestellt werden.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Lehrbuch der Chemie für die Grundschule, 8. Schuljahr. Berlin 1957, S. 108.

<sup>2</sup> D. Naumburger: Zwei Schulversuche in der Landschule. „Chemie in der Schule“, Berlin, 7/1957, S. 319.

<sup>3</sup> Arendt-Dörmer: A. a. O., S. 121.

Dazu gibt man in ein schwerschmelzbares Reagenzglas 1 bis 2 ml Wasser und füllt es zur Hälfte mit ausgeglühter Holzkohle. Ein Teil der Kohle saugt das Wasser dabei auf, die Beschickung besteht somit teils aus feuchter, teils aus trockener Kohle. Man erhitzt die trockene Kohle und erhält schnell eine ausreichende Menge Wassergas, das an einem zur Spitze ausgezogenen Glasröhrchen sofort verbrannt wird. Es sei an dieser Stelle noch auf eine Apparatur hingewiesen, die in stärkerem Maße als die Apparatur im Lehrbuch den technischen Verhältnissen angepaßt ist (siehe Abb. 24).<sup>1</sup>

Die gründliche experimentelle Behandlung der Generatorgas- beziehungsweise Wassergaserzeugung schafft die Voraussetzungen

für das Verständnis der technischen Apparaturen. Drehrostgenerator beziehungsweise Winklergenerator können an Hand von Abbildungen, Diapositiven oder Tafelskizzen besprochen werden. Zu empfehlen ist die schematische Tafelzeichnung, weil dabei entwickelnd vorgegangen wird, weil auf überflüssige technische Einzelheiten verzichtet werden kann und zum Beispiel durch farbig eingezeichnete Pfeile das Gleichstromprinzip des Wirbelstromverfahrens im Winklergenerator verdeutlicht werden kann.

Den Abschluß dieser Unterrichtseinheit kann eine systematisierende Stunde bilden, in der ein Überblick über die bisher erarbeiteten Industriegase gegeben wird. Als Grundlage dieser Systematisierung kann zum Beispiel die Tabelle des Lehrbuchs<sup>2</sup> dienen.<sup>3</sup>

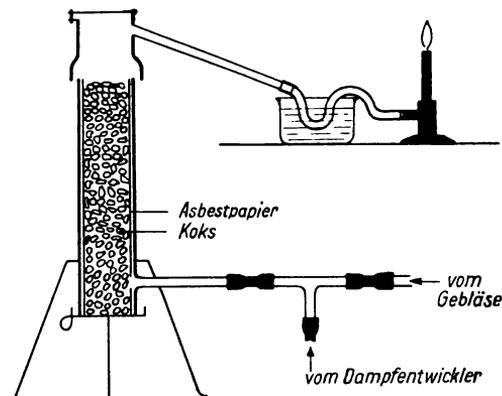


Abb. 24  
Darstellung von Wassergas in einer Modellapparatur

## 4. Unterrichtsbeispiele aus dem 9. Schuljahr der Oberschule

### 4.1 Die Kohlensäure und ihre Salze

Anknüpfend an die Kenntnisse aus der 8. Klasse über die Kohlensäure und ihre Salze können zur Festigung und Vertiefung dieser Kenntnisse eine Reihe von Schülerversuchen durchgeführt werden.

<sup>1</sup> Die polytechnische Bildung in der Deutschen Demokratischen Republik und die Wege zu ihrer Verwirklichung. Berlin 1954, S. 271, Abb. 33.

<sup>2</sup> Lehrbuch der Chemie für die Grundschule, 8. Schuljahr. Berlin 1957, S. 112/113.

<sup>3</sup> Weitere Vorschläge für die Durchführung von Schülerversuchen im 8. Schuljahr siehe „Chemie in der Schule“, Berlin, 8/1957, 9/1957, 11/1957 sowie 2 und 3/1958 und Lehrbuch der Chemie für die Grundschule, 8. Schuljahr, Berlin 1957.

a) Kohlensäure

1. Aus einem kleinen Gasentwickler (Marmor und 20 %ige Salzsäure) wird Kohlendioxyd in ein etwa 6 cm hoch mit Wasser gefülltes Reagenzglas geleitet und Lackmuslösung hinzugefügt.
2. Die Hälfte der gefärbten Lösung wird im Reagenzglas erhitzt und die veränderte Farbe mit der der Ausgangslösung verglichen.
3. In etwa 3 ml Wasser wird erneut Kohlendioxyd eingeleitet und der entstandenen Kohlensäure eine Spatelspitze Magnesiumpulver hinzugefügt. Um eine konzentriertere Magnesiumcarbonatlösung zu erhalten, wird noch weiteres Kohlendioxyd eingeleitet.

Eine Zusammenfassung der in den vorliegenden Versuchen angestellten Beobachtungen in Gleichungen schließt diesen ersten Abschnitt ab.

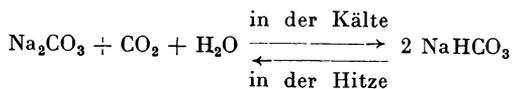
b) Carbonate

4. Anschließend dampfen die Schüler eine Probe der Lösung des entstandenen Salzes in einem Porzellanschälchen oder auf dem Uhrglas ein.
5. Je eine Spatelspitze Soda, Pottasche und Ammoniumcarbonat sowie Calciumcarbonat, Bariumcarbonat, Zink- und Eisencarbonat werden mit wenigen ml Wasser geschüttelt; dabei werden die gelösten Mengen miteinander verglichen.
6. Je eine Spatelspitze der unter 5 genannten Carbonate wird mit einigen Tropfen verdünnter Salzsäure, verdünnter Schwefelsäure beziehungsweise verdünnter Salpetersäure übergossen und das entweichende Gas mit einem Tropfen Kalkwasser am Glasstab geprüft.

c) Hydrogencarbonate

7. In wenige ml einer gesättigten Sodalösung wird einige Minuten lang Kohlendioxyd eingeleitet. Dabei beobachten die Schüler das Absetzen von Kristallen.
8. Einige dieser Kristalle werden in einem Reagenzglas erhitzt, von dem ein Ableitungsrohr in ein anderes Reagenzglas mit Kalkwasser führt. Neben der Trübung des Kalkwassers können die Schüler Wassertropfchen an den Wänden des ersten Glases beobachten. Der Rückstand braust beim Übergießen mit Salzsäure auf.

Die Beobachtungsergebnisse der Versuche 7 und 8 können von den Schülern selbständig in einer Gleichung zusammengefaßt werden:



Dabei kann die Bezeichnung „Hydrogencarbonat“ eingeführt und die bisher verwendete Bezeichnung „saures Salz“ durch Prüfen einer Natriumhydrogencarbonatlösung mit Lackmuspapier als falsch erkannt werden.

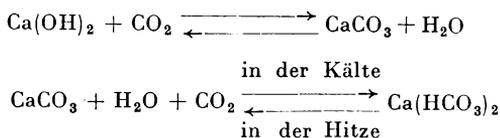
Nach einer Zusammenfassung der allgemeinen Eigenschaften der Carbonate und Hydrogencarbonate kann auf das verbreitetste Carbonat, den Kalkstein, genauer eingegangen werden.

#### d) Kalkstein in der Natur

An Hand von Materialproben aus der mineralogischen Sammlung werden die verschiedenen Arten des Kalksteins beschrieben. Zur Erläuterung der Bildung des Kalksteins als Sedimentgestein aus Verwitterungsprodukten calciumhaltiger Gesteine können folgende Schülerversuche durchgeführt werden:

1. Kohlendioxyd wird einige Minuten lang in Kalkwasser eingeleitet, wobei die Auflösung des anfänglich gebildeten weißen Niederschlags beobachtet wird.
2. Anschließend kann die entstandene klare Lösung erhitzt werden, wobei die erneute Ausfällung von Calciumcarbonat beobachtet wird.

Auf Grund der Erfahrungen der letzten Stunde können die beobachteten Vorgänge von den Schülern selbständig in Gleichungen zusammengefaßt werden, etwa in folgender Art:

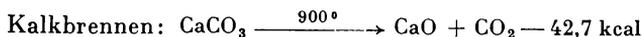


Ein Lehrerbericht über Verwendung und Bedeutung des Kalksteins in unserer Industrie kann diese Stunde abschließen und gleichzeitig den Stoff der nächsten Stunde vorbereiten.

#### e) Kalkstein in der Technik

Aus den zahlreichen Verwendungsmöglichkeiten des Kalksteins in der Technik wird die wichtigste, nämlich die Herstellung von Branntkalk, Löschkalk und Mörtel für die Bauindustrie, herausgegriffen und an Hand von Versuchen genauer betrachtet.

1. Während die Schüler ein etwa bohnengroßes Stück Marmor mit der Tiegelzange unmittelbar in die Flamme halten und 6 bis 8 Minuten kräftig erhitzen, kann gleichzeitig der folgende Demonstrationsversuch ablaufen:
2. In einem Verbrennungsrohr (25 cm, 1 cm lichte Weite) aus schwer-schmelzbarem Glas, das mit einer Heizspirale versehen ist, wird Marmorpulver oder feinstückiger Marmor erhitzt, wobei das entweichende Gas in eine Waschflasche mit Kalkwasser eingeleitet wird. Dabei darf das Einleitungsrohr nur etwa  $\frac{1}{2}$  cm tief in das Kalkwasser eintauchen, weil sonst der zu überwindende Druck zu einem Aufblasen der stark erhitzten Glaswand führen kann. An Hand der Beobachtungen am Lehrerversuch kann die Gleichung für das Kalkbrennen aufgestellt werden, nämlich



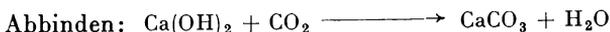
3. Die Schüler fügen zu ihrem gebrannten Kalk in einem Porzellschälchen tropfenweise Wasser hinzu und beobachten dabei das Entstehen eines trockenen Pulvers unter Wärmentwicklung, das durch weitere Wasserzugabe zu einem dünnen Brei wird, der mit Lackmuspapier geprüft wird.



4. Der Löschkalkbrei wird mit der dreifachen Menge Sand vermischt und zu kleinen Kugeln geformt, die in einem bereits vorgeheizten Trockenschrank bei etwa  $100^\circ$  getrocknet werden.

Inzwischen kann die technische Gewinnung von Branntkalk im Ringofen und im Schachtofen an Hand von Diapositiven, schematischen Zeichnungen oder Filmausschnitten besprochen werden. Dabei werden die Vorteile der kontinuierlichen Arbeitsweise im Schachtofen gegenüber der diskontinuierlichen Arbeitsweise im Ringofen<sup>1</sup> herausgearbeitet. Eine wertvolle Ergänzung dieser Betrachtungen stellt die Besichtigung eines Kalkwerkes dar.

5. Die getrockneten Mörtelkugeln werden in einen kleinen Erlenmeyerkolben (100 ml) gelegt und Kohlendioxyd darüber geleitet. Dabei kann die Temperatur des Kolbens mit der Hand kontrolliert und die Bildung von Wassertröpfchen im Kolben beobachtet werden. Die Mörtelkugeln bleiben bis zur nächsten Stunde in der Kohlendioxydatmosphäre stehen. Die durchgeführten Beobachtungen werden wieder in einer Gleichung zusammengefaßt, nämlich:



Der Film BF 307 faßt in anschaulicher Weise die Vorgänge der Mörtelbereitung und des Abbindens zusammen.

Anschließend können die wichtigsten Carbonate und Hydrogencarbonate mit ihren Vorkommen, ihren Gewinnungs- und Verwendungsmöglichkeiten in Technik und Haushalt in einer Tabelle zusammengetragen werden.

Dabei kann die Verwendung von Natriumhydrogencarbonat in Feuerlöschern durch folgende Versuche erläutert werden:



Abb. 25  
Einfaches  
Modell  
eines NaBF-  
feuerlöschers

1. In ein Reagenzglas (100 ml) wird ein Winkelrohr mit Glasdüse so eingepaßt, daß es fast bis zum Boden des Glases reicht. Das Glas wird bis zur Hälfte mit konzentrierter Natriumhydrogencarbonatlösung gefüllt. Dann wird etwa 1 ml verdünnte Salzsäure dazugegossen und das Gefäß schnell mit dem bereitgehaltenen Stopfen mit Gasableitungsrohr verschlossen.

<sup>1</sup> Siehe dazu R. Osterwald: Kontinuierliche und diskontinuierliche Arbeitsweise. „Chemie in der Schule“, Berlin, 2/1956, S. 60 ff.

2. In ein Reagenzglas ( $16 \times 160$  mm) wird etwa 1 g festes Natriumhydrogencarbonat eingefüllt und schräg mit der Öffnung nach oben in ein Stativ eingespannt. Vor der Öffnung wird eine brennende Kerze aufgestellt.<sup>1</sup> Beim Erhitzen wird die Kerze durch das entweichende Kohlendioxyd gelöscht.

## 5. Unterrichtsbeispiele aus dem 10. Schuljahr der Oberschule

### 5.1 Ammoniak und Salpetersäure

In Anlehnung an die Direktive für den Chemieunterricht<sup>2</sup> kann man bei der Behandlung dieses Stoffabschnitts zum Beispiel folgenden Weg gehen:

Ausgehend von der Reaktionsträgheit des elementaren Stickstoffs kann über die Nitridbildung zum Ammoniak hingeführt werden, anschließend wird Ammoniak näher untersucht, und dann geht man ausführlich auf die Ammoniaksynthese ein. Im Zusammenhang damit wird das Ammoniakgleichgewicht näher betrachtet. Die Behandlung des Ammoniumsulfats als des wichtigsten Stickstoffdüngemittels schließt diesen ersten Abschnitt ab. Durch katalytische Oxydation des Ammoniaks werden die Stickoxyde erhalten, die zur Behandlung der Salpetersäure und ihrer Salze überleiten.

Das Schwergewicht dieser Unterrichtseinheit liegt einerseits auf der technischen Gewinnung von Ammoniak und Salpetersäure, andererseits auf der Untersuchung eines chemischen Gleichgewichts in Abhängigkeit von den äußeren Bedingungen, das den Schülern das Verständnis für weitere technologische Prozesse wesentlich erleichtert. Ferner ergeben sich im Zusammenhang damit gute Möglichkeiten der patriotischen Erziehung, indem zum Beispiel auf die Bedeutung der Ammoniakproduktion für unsere wirtschaftliche Entwicklung einerseits und auf die Verwendung des Ammoniaks und der Salpetersäure für Kriegszwecke andererseits eingegangen wird.

Im einzelnen kann man zum Beispiel folgendermaßen vorgehen:

Nach Wiederholung der technischen Gewinnungsmöglichkeiten für den Stickstoff kann Stickstoff im Schüler- oder Lehrerversuch folgendermaßen labormäßig dargestellt werden:

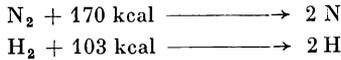
1. Luft wird mit Hilfe von Kolbenprobern oder Gasmeßglocken mehrfach über erhitztes Kupfer geleitet.
2. Eine in einem Kolbenprober abgesperrte Luftmenge wird durch eine Natriumdithionitlösung (20 %ige  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ -Lösung und 14 %ige  $\text{NaOH}$ -Lösung) geleitet, wobei der Sauerstoff gebunden wird.

<sup>1</sup> H. Stapf: Chemische Versuche im Unterricht. 1. Teil, Berlin 1950, S. 232.

<sup>2</sup> Direktive für den Chemieunterricht. Oberschule, Berlin 1956, S. 9.

Die physikalischen Eigenschaften des Stickstoffs werden zusammengestellt und sein Nachweis durchgeführt. Schwerpunkt der Unterrichtsstunde muß sein, auf die Reaktionsträgheit des Stickstoffmoleküls und seine mögliche Aufspaltbarkeit einzugehen.

An Hand der Gleichungen



kann die Stabilität des Stickstoffmoleküls und seine schwere Aufspaltbarkeit erläutert werden, wobei die Schüler erkennen müssen, daß jeder Reaktion des Stickstoffmoleküls die Dissoziation in die Atome vorangehen muß, daß also zur Sprengung des Moleküls nur besonders energiereiche Elemente, etwa das Magnesium, in Frage kommen. Solche Überlegungen können von den Schülern experimentell bestätigt werden, zum Beispiel durch Erhitzen von kleinen Mengen Magnesiumspänen auf einem Asbestdrahtnetz unter beschränktem Luftzutritt (Überstülpen eines Becherglases nach dem Entzünden). Das im Inneren entstandene gelbgrüne  $\text{Mg}_3\text{N}_2$  ergibt beim Anfeuchten mit Wasser Ammoniak.

Bevor auf die technische Ammoniaksynthese eingegangen wird, ist es notwendig, die Schüler mit den Eigenschaften und der Zusammensetzung des Ammoniaks in Schülerversuchen bekannt zu machen. So

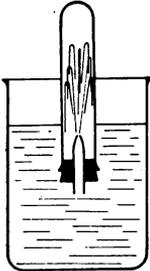


Abb. 26  
Ammoniak-  
springbrunnen

kann der Nachweis des Ammoniaks mit feuchtem Lackmuspapier beziehungsweise durch Nebelbildung mit Salzsäuregas geführt werden. Die Löslichkeit des Ammoniaks kann durch den Springbrunnenversuch im Reagenzglas von den Schülern erkannt werden. Dazu werden normale trockene Reagenzgläser durch Luftverdrängung mit Ammoniakgas gefüllt, mit durchbohrtem Stopfen mit Glasspitze verschlossen und, wie es Abbildung 26 zeigt, in ein Becherglas mit Wasser getaucht.

Die qualitative Analyse des Ammoniaks kann von den Schülern in folgender Apparatur durchgeführt werden:

Der Versuch kann auch so variiert werden, daß an Stelle von Kupferoxyd Cereisen erhitzt wird, dann kann der entstehende Wasserstoff an einem angeschlossenen, zur Spitze ausgezogenen Glasrohr durch Entzünden nachgewiesen werden. An dieser Stelle kann getrennt-gemeinschaftlich gearbeitet werden, das heißt, die eine Klassenhälfte verwendet Kupferoxyd zur Zerlegung des Ammoniaks, die andere Hälfte zerlegt Ammoniak katalytisch durch erhitztes Cereisen in die Elemente.

Anschließend werden einige Ammoniumsalze, wie Ammoniumchlorid, Ammoniumcarbonat und Ammoniumsulfat, näher untersucht, wobei zum Beispiel in getrennt-gemeinschaftlicher Arbeitsweise die gemeinsamen Eigenschaften dieser Salze erarbeitet werden können, vor allem ihre thermische Zersetzbarkeit und ihre Zersetzung durch Basen.

Bei der experimentellen Erarbeitung der technischen Ammoniak-synthese wird empfohlen, die jeweilige chemische Hauptreaktion in den einzelnen Phasen im Schülerversuch zu erarbeiten beziehungsweise zu

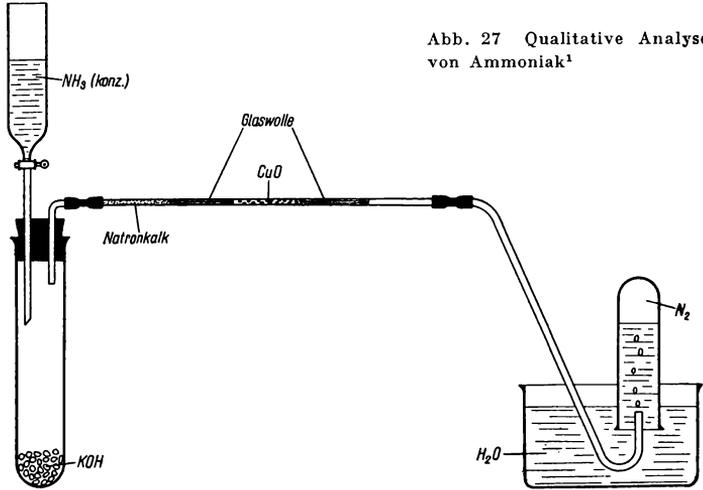


Abb. 27 Qualitative Analyse von Ammoniak<sup>1</sup>

wiederholen und abschließend einen Demonstrationsversuch einzusetzen, der in Anlehnung an die technische Durchführung die einzelnen Phasen in einem Versuch eindrucksvoll zusammenfaßt.

Auf die Darstellung von Wassergas beziehungsweise Generatorgas wurde bereits eingegangen (S. 126 ff.).

Die Konvertierung von Generatorgas beziehungsweise Wassergas kann nach Rheinboldt<sup>2</sup> durchgeführt werden, indem die Schüler zum Beispiel Wassergas zusammen mit Wasserdampf über einen erhitzten Nickelkatalysator leiten. Die Zubereitung des Katalysators aus Bimssteinstücken und Nickelnitratlösung wird dazu angegeben.

Zweckmäßig kann die Konvertierung auch zusammen mit der Wassergaserzeugung im gleichen Glühröhr durchgeführt werden<sup>3</sup>, wie es Abbildung 28 zeigt.

Nach W. Flörke<sup>4</sup> leitet man Wassergas, das mit Hilfe von Natronlauge oder Natronkalk von Kohlendioxyd befreit wurde, durch ein schwerschmelzbares Glasrohr oder Quarzrohr (30 cm, 16 mm weit), das einige Stückchen Gips und davon

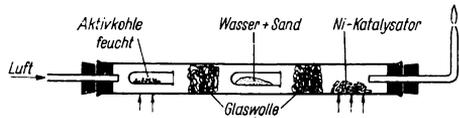


Abb. 28 Konvertierung

<sup>1</sup> Nach E. Rossa: Staatsexamensarbeit. Pädagogische Hochschule Potsdam, S. 42.

<sup>2</sup> H. Rheinboldt: Chemische Unterrichtsversuche. Dresden und Leipzig 1951, S. 240.

<sup>3</sup> In Anlehnung an E. Rossa: Die Demonstration der industriellen Ammoniaksynthese. „Chemie in der Schule“, Berlin, 1/1956, S. 35.

<sup>4</sup> W. Flörke: Methode und Praxis des chemischen Unterrichts. Heidelberg 1951, S. 141.

getrennt Eisenpulver enthält. Das Eisenpulver wird stark erhitzt (500°), dann wird der Gips schwach erwärmt, so daß er Wasser abgibt.

Die Trübung des vorgelegten Kalkwassers zeigt die Bildung von Kohlendioxyd an:



Die Reinigung von Kohlendioxyd und Kohlenmonoxyd kann durch Einleiten des Generatorgases beziehungsweise Wassergases in Kalilauge beziehungsweise in eine Lösung von Kupfer(I)-chlorid verdeutlicht werden.

Für die experimentelle Erläuterung des Prinzips der technischen Ammoniaksynthese gibt es verschiedene Vorschläge, zum Beispiel im Lehrbuch der 10. Klasse (S. 90) oder im Arendt-Dörmer<sup>1</sup>, die eine verhältnismäßig umfangreiche Apparatur erfordern. Apparativ einfacher und daher für die Schüler übersichtlicher und verständlicher ist eine Apparatur, wie sie E. Rossa<sup>2</sup> entwickelt hat.

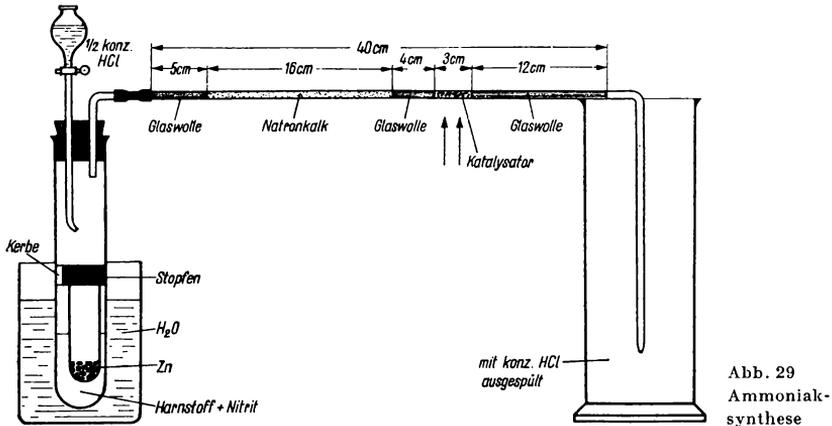


Abb. 29  
Ammoniaksynthese

Bei diesem Versuch wird ein Gasentwickler verwendet, mit dessen Hilfe gleichzeitig Wasserstoff und Stickstoff hergestellt werden kann. Dabei muß allerdings darauf hingewiesen werden, daß diese Darstellung von der in der Technik abweicht. Man verwendet eine Lösung von Harnstoff und Natriumnitrit in Wasser, die sich mit Salzsäure zu Stickstoff und Kohlendioxyd umsetzt. Das Kohlendioxyd wird durch Natronkalk entfernt. Wasserstoff wird in der gleichen Apparatur aus Zink und Salzsäure hergestellt. Daß in dieser Apparatur auch das richtige Verhältnis  $\text{H} : \text{N} = 3 : 1$  annähernd hergestellt werden kann, wird den Schülern zum Beispiel durch folgende Überlegung klargemacht:

<sup>1</sup> Arendt-Dörmer: Technik der Experimentalchemie. Heidelberg 1954, S. 197.

<sup>2</sup> E. Rossa: Präschi, 11/1956, S. 165.

Die Gleichungen:



besagen, daß ein Mol Salzsäure  $\frac{1}{2}$  Mol Wasserstoff oder ein Mol Stickstoff ergibt. Um also das Verhältnis 3 : 1 zu erhalten, läßt man je sechs Tropfen Salzsäure auf das Zink und einen auf die Lösung einwirken.

Das Gemisch wird in dem Reaktionsrohr durch eine Schicht von Natronkalk getrocknet und von Kohlendioxyd befreit und dann über einen auf etwa  $400^\circ$  erhitzten Katalysator geleitet. Als Katalysator ist entweder Cereisen oder noch besser eine Mischung aus zwei Gewichtsteilen Eisenpulver und einem Gewichtsteil Aluminiumoxyd<sup>1</sup> geeignet. Das entstandene Ammoniak wird in einem mit konzentrierter Salzsäure ausgespülten Standzylinder durch Bildung von Salmiakrauch nachgewiesen, wobei die Aufmerksamkeit der Schüler auf die geringe Ausbeute an Ammoniak gelenkt werden kann. Dieser Versuch dauert als Schülerversuch etwa 35 Minuten.

Nachdem die Schüler das Prinzip der einzelnen Phasen des Prozesses an Hand ihrer eigenen Versuche erarbeitet haben, kann abschließend die Zusammenfassung der Ergebnisse an Hand eines Lehrerdemonstrationsversuchs erfolgen, wie ihn E. Rossa<sup>2</sup> vorschlägt.

Die Erarbeitung des technischen Verfahrens geschieht entweder mit Hilfe der Aufbaulehrtafel oder einer entwickelnden schematischen Tafelzeichnung oder entsprechender Diapositive unmittelbar im Zusammenhang mit der Auswertung dieses Versuchs, das heißt also, die einzelnen Teile der Apparatur werden mit den entsprechenden Abschnitten des technischen Prozesses verglichen. Dabei können die Schüler an diesem technischen Prozeß die Aufteilung in Phasen<sup>3</sup> besonders gut erkennen, nämlich:

1. Gewinnung der Rohstoffe Generatorgas und Wassergas,
2. Aufbereitung der Rohstoffe Generatorgas und Wassergas durch Grob- und Feinreinigung,
3. Gewinnung des Rohproduktes  $\text{NH}_3$ ,
4. Aufarbeitung des Rohproduktes  $\text{NH}_3$  zum Beispiel zu  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ .

Dabei können die Schüler darauf hingewiesen werden, daß sich in allen vier Phasen chemische Reaktionen abspielen.

Beim Bekanntmachen der Schüler mit der apparativen Seite des Prozesses wird nur bedingt der Vergleich mit der Demonstrationsapparatur angestellt<sup>4</sup>, damit bei den Schülern keine falschen Vor-

<sup>1</sup> K. Koschel: Ammoniaksynthese. Praschu, 9/1955.

<sup>2</sup> E. Rossa: „Chemie in der Schule“, Berlin, 1/1956, S. 35.

<sup>3</sup> Die sonst übliche Einteilung technologischer Prozesse in drei Phasen wird hier durchbrochen, da der Aufbereitung der Rohstoffe die Gewinnung vorausgeht, die in diesem Falle ebenfalls mit chemischen Prozessen verknüpft ist.

<sup>4</sup> Entsprechend den Ausführungen S. 89.

stellungen über Aussehen und Größe der einzelnen Apparaturen entstehen können. Hier wird zweckmäßig mit Bildern, Zeichnungen beziehungsweise Diapositiven gearbeitet, die durch möglichst anschauliche Schilderungen der einzelnen Apparaturen, ihrer Bauweise und ihrer Größe ergänzt werden. Das Kernstück dieses apparativen Teils ist der Syntheseofen, der sowohl im Längs- und Querschnitt wie auch in seiner Außenansicht und durch entsprechende Vergleichsgrößen veranschaulicht werden muß.

Bei der organisatorischen Seite des Prozesses kann auf die vielfache Verwendung des Gegenstromprinzips, zum Beispiel bei der Herstellung der Rohstoffe, bei ihrer Reinigung sowie bei der Ausnutzung der Reaktionswärme in den Syntheseöfen und schließlich bei der Entfernung des Ammoniaks aus dem Gasgemisch, hingewiesen werden.

Anschließend kann die Gewinnung von Ammoniumsulfat aus dem Ammoniak nach dem Gipsverfahren experimentell und durch Bilder veranschaulicht werden. Dabei muß betont werden, daß das teure Schwefelsäureverfahren bei uns heute fast vollständig durch das Gipsverfahren verdrängt wurde, weil Gips bei uns in genügender Menge zur Verfügung steht.

Dazu sei auf einen Versuch des Lehrbuchs<sup>1</sup> verwiesen, der als Schüler- oder Lehrerversuch durchgeführt werden kann. Die durchgeführten chemischen Prozesse werden zweckmäßig in Ionengleichungen zusammengefaßt.

Eine geschichtliche Betrachtung der Ammoniaksynthese und eine Schilderung vom Leben und Werk seiner Erfinder Haber und Bosch schließt diesen Abschnitt ab.

Anschließend kann auf das Gleichgewicht der Bildung und Zersetzung von Ammoniak sowie auf dessen Beeinflussung durch verschiedene äußere Faktoren genauer eingegangen werden.<sup>2</sup>

Das Problem kann zum Beispiel durch die geringe Ausbeute bei der selbständig durchgeführten Synthese gestellt werden. Daraus können die Schüler zu der Folgerung geführt werden, daß hier offenbar eine Gleichgewichtsreaktion vorliegt, die zugunsten der Ausgangsstoffe verschoben ist. Nach dieser Vermutung teilt der Lehrer mit, daß die Reaktion der  $\text{NH}_3$ -Bildung aus den Elementen exotherm verläuft, nämlich:



<sup>1</sup> Lehrbuch der Chemie für die Oberschule, 10. Schuljahr. Berlin 1955, S. 102.

<sup>2</sup> Weitere Vorschläge für die Behandlung des chemischen Gleichgewichts siehe W. Schuster: Zur Einführung des chemischen Gleichgewichts. „Chemie in der Schule“, Berlin, 1/1954. R. Osterwald: Die Behandlung des Le Chatelier-Braunshen Prinzips. „Chemie in der Schule“, Berlin, 5/1957.

E. Rossa: Ammoniak und Salpetersäure. „Chemie in der Schule“, Berlin, 8/1956.

G. Clauß: Die unterrichtliche Behandlung des chemischen Gleichgewichts. „Chemie in der Schule“, Berlin, 7/1958.

Die Abhängigkeit dieses Gleichgewichts von Druck und Temperatur wird mit der Klasse zweckmäßig an Hand der Tabelle 10 im Lehrbuch der 10. Klasse<sup>1</sup> erarbeitet. Dabei können die Schüler durch Vergleich der Zahlen in den waagerechten Zeilen erkennen, daß die Ausbeute an Ammoniak mit steigendem Druck zunimmt. Dieses Ergebnis darf auf keinen Fall mitgeteilt, sondern kann von den Schülern durch diese Zahlenvergleiche selbst gefunden werden. Zur Bestätigung können sie aus der genannten Gleichung entnehmen, daß Ammoniak nur halb soviel Raum einnimmt wie die Ausgangsgase, also seine Bildung durch Druckerhöhung begünstigt werden muß.

Durch Vergleich der Zahlen in den *senkrechten* Spalten der Tabelle können die Schüler folgern, daß die Ausbeute an Ammoniak mit steigender Temperatur ständig abnimmt. Zur Bestätigung kann anschließend ihre Aufmerksamkeit auf den exothermen Prozeß der Ammoniakbildung gelenkt werden, aus dem sich ergibt, daß Wärmezufuhr den Zerfall von Ammoniak begünstigt, weil dabei Wärme verbraucht wird. Auf diese Art ist es möglich, das Gesetz vom kleinsten Zwange in bezug auf die Ammoniaksynthese für die Temperatur- beziehungsweise Druckveränderungen von den Schülern auf Grund eigener Überlegungen erarbeiten zu lassen, so daß eine abschließende exakte Formulierung dieses Prinzips von Le Chatelier-Braun als ihr eigenes gedankliches Produkt wirklich erfaßt und behalten wird.

Daß in den meisten Klassen dieses Prinzip des kleinsten Zwanges nicht verstanden wird und demzufolge auch nicht anwendungsbereit bei späteren Beispielen zur Verfügung steht, liegt vor allem daran, daß das Prinzip nur mitgeteilt und nicht auf solche oder ähnliche Art mit den Schülern erarbeitet wurde.

Zusammenfassend ergibt sich aus diesen Überlegungen, daß bei der Ammoniaksynthese aus den Elementen bei möglichst niedriger Temperatur und hohem Druck gearbeitet werden muß, um eine möglichst hohe Ausbeute an Ammoniak zu erhalten. Hinzugefügt werden muß, daß der Druckerhöhung durch Materialschwierigkeiten Grenzen gesetzt sind und daß die Temperaturerniedrigung begrenzt wird durch die Wirksamkeit des Katalysators, die erst bei einer bestimmten Mindesttemperatur einsetzt. Das Gesetz vom kleinsten Zwang kann gefestigt und vertieft werden durch Anwendung auf bisher bereits bekannt gewordene Gleichgewichtsreaktionen. Zu empfehlen ist, diese Betrachtung an Hand einer Tabelle vorzunehmen, wie sie W. Flörke<sup>2</sup> zusammengestellt hat.

Schließlich können die Schüler noch auf die Anwendung des Prinzips auf physikalische Prozesse hingewiesen werden, nämlich

1. auf die Verdampfung des Wassers aus einem Gemisch Wasser/Wasserdampf durch Wärmezufuhr (die zugeführte Wärme wird als Verdampfungswärme verbraucht) und

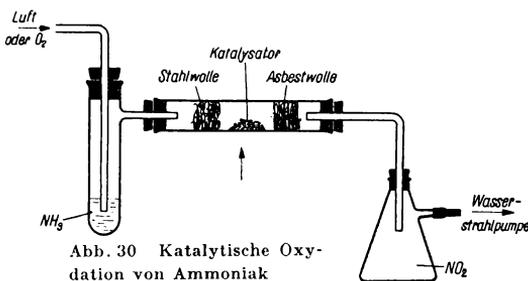
<sup>1</sup> Ebenda, S. 91.

<sup>2</sup> W. Flörke: A. a. O., S. 173.

2. auf das Schmelzen des Eises in einem Gemisch Eis/Wasser durch Druckerhöhung (da Wasser ein kleineres Volumen einnimmt als Eis).

| Zwang                            | Ausweichen durch               | Beispiele   |
|----------------------------------|--------------------------------|---|
| Temperaturerhöhung               | endotherme Reaktion            | Zerfall von $H_2O$ , $H_2S$ , $NH_3$ , Bildung von $NO$   |
| Temperaturerniedrigung           | exotherme Reaktion             | Bildung von $H_2O$ , $H_2S$ , $NH_3$ , Zerfall von $NO$   |
| Druckerhöhung                    | Reaktion mit Volumverminderung | Bildung von $NH_3$  |
| Druckerniedrigung                | Reaktion mit Volumvergrößerung | Zerfall von $NH_3$  |
| Konzentration eines Bestandteils | vergrößert                     | Reduktion von $H_2O$ -Dampf durch Eisen; durch überschüssigen $H_2O$ -Dampf wird die $H_2O$ -Konzentration stets hoch gehalten und $H_2$ weggespült |
|                                  | verkleinert                    | Reaktion, die diesen Bestandteil erhöht   |

Das Rohprodukt Ammoniak wird nicht nur zu Ammoniumsulfat, sondern unter anderem auch zu Salpetersäure weiterverarbeitet. Darauf wird jetzt genauer eingegangen. Das Prinzip der technischen Ammoniakverbrennung zu Stickoxyd, das im großtechnischen Maßstab nach dem Ostwaldverfahren in unserer Republik durchgeführt wird, muß nach Möglichkeit experimentell erläutert werden. Besser geeignet als die umfangreiche Apparatur, die im Lehrbuch der 10. Klasse (S. 99) angegeben



ist, ist eine Apparatur, wie sie Arendt-Dörmer<sup>1</sup> angibt, die in dieser einfachen Form sogar als Schülerapparatur geeignet ist.

In eine konzentrierte  $NH_4OH$ -Lösung taucht das Rohr nur knapp  $1/2$  cm ein. Der Katalysator kann entweder ein Platinnetz, eine Platin-

spirale oder Platinasbest sein, kann aber auch bei Mangel an Platin durch einen Mischkatalysator ersetzt werden. Dafür schlägt Arendt-Dörmer<sup>1</sup> vor, ein Gemenge von Brauneisenstein, Braunstein und Spuren

<sup>1</sup> Arendt-Dörmer: A. a. O., S. 202.

von Kobaltnitrat zu glühen. G. Ludwig<sup>1</sup> empfiehlt in einem Aufsatz über die katalytische Oxydation von Ammoniak, den Mischkatalysator durch Schmelzen von Eisenpulver, Wismutnitrat und einem Soda-Salpetergemenge herzustellen. Der Katalysator wird erhitzt, bis er aufzuglühen beginnt, dann muß die Flamme sofort entfernt werden. Demonstration eines exothermen Vorgangs! Dabei sei darauf hingewiesen, daß Ammoniak/Luftgemische mit mindestens 15 Prozent Ammoniakgehalt explosiv sind. Deshalb wird vorgeschlagen, eine Stahlwollsicherung zwischen Gasentwickler und Reaktionsraum einzuschalten, um ein Zurückschlagen der Flamme zu verhindern. In der Vorlage entstehen braune  $\text{NO}_2$ -Nebel. Dabei sind die Schüler auf den Wasserbeschlag im Glührohr hinzuweisen. Abschließend kann auf Grund der beobachteten Reaktionsprodukte die Gleichung für diesen Prozeß von den Schülern formuliert werden. Die Wärmetönung der Reaktion wird ergänzend mitgeteilt.

Anknüpfend an die Verbrennung von Ammoniak zu Stickoxyd wird auf die technische Durchführung des Ostwaldverfahrens genauer eingegangen.

Anschließend werden die Salpetersäure und die Nitrate nach Möglichkeit mit Schülerversuchen näher untersucht. Dazu werden zum Beispiel Zinkstücke, Aluminiumspäne, Eisendraht, Bleistückchen, Kupferblech oder ein Tropfen Quecksilber mit halbkonzentrierter beziehungsweise stark verdünnter Salpetersäure versetzt. Die Passivierung von Eisen und Aluminium kann dabei beobachtet und erklärt werden. Die Begriffe Scheidewasser und Königswasser werden erläutert. Im Anschluß kann der Nitratnachweis als Nitrosylschwefelsäure von den Schülern in gleicher Front durchgeführt werden. Schließlich können die Schüler die oxydierende Wirkung der Nitrate auf Schwefel beziehungsweise Holzkohle im Schülerversuch selbst erarbeiten, wenn kleine Substanzmengen verwendet und die Schüler nachdrücklich auf die Gefahren hingewiesen werden. (Bei diesem Versuch werden Schutzbrillen für notwendig gehalten.)

Eine Zusammenfassung über die Löslichkeit der Nitrate und über ihr verschiedenes Verhalten beim Erhitzen kann diesen Stoffabschnitt abschließen.

Hinweise auf die Verwendung der Salpetersäure sollten vor allem die beiden Hauptanwendungsgebiete erkennen lassen, nämlich zusammen mit konzentrierter Schwefelsäure als Nitriersäure zum Beispiel in der Farbstoff-, Sprengstoff- und Kunststoffindustrie einerseits und zur Gewinnung von Stickstoffdüngemitteln in Form von Nitraten [ $\text{NaNO}_3$ ,  $\text{KNO}_3$ ,  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ] andererseits. Auf die Stickstoffdüngemittel und ihre Bedeutung für die Landwirtschaft muß ausführlicher eingegangen werden. Das kann entweder an dieser Stelle geschehen oder im Zusammenhang mit der Betrachtung der Phosphordüngemittel im Anschluß an die Behandlung des Phosphors. Wir halten den letzten Weg für geeigneter.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> G. Ludwig: „Chemie in der Schule“, Berlin, 1/1956, S. 38.

<sup>2</sup> Weitere Vorschläge für die Arbeit mit Schülerübungen im 10. Schuljahr der Oberschule siehe E. Rossa: Die Behandlung des Schwefels im 10. Schuljahr mit Hilfe von Schülerübungen. „Chemie in der Schule“, Berlin, 7/1956, S. 321.

## 6. Unterrichtsbeispiele aus dem 11. Schuljahr der Oberschule

### 6.1 Eisen und Stahl

Schwerpunkte des Stoffabschnittes Eisen und Stahl sind

1. die Technologie dieses wichtigsten Gebrauchsmetalls und
2. die besonderen chemischen Verhältnisse, die sich aus der verschiedenen Wertigkeit des Eisens sowie aus seiner Stellung im Periodensystem der Elemente ergeben. Im Zusammenhang damit besteht die Möglichkeit der Erweiterung und Festigung des Redoxbegriffs.

Bei der Behandlung des chemisch-technischen Prozesses der Roheisen- und Stahlgewinnung können zum Beispiel Schülerversuche zur Veranschaulichung verschiedener Aufbereitungsverfahren für Eisenerze sowie bei der Erarbeitung des Hochofenprozesses und zur Verdeutlichung der Vergütungsverfahren des Stahls durch Wärmebehandlung eingesetzt werden. Daher wird im folgenden auf diese Teile des chemisch-technischen Prozesses genauer eingegangen.

#### a) Die Aufbereitung der Eisenerze

Die Aufbereitung von Bodenschätzen wird im Rahmen dieser Unterrichtseinheit zum ersten Male in der Oberschule behandelt. Es erscheint daher zweckmäßig, an dieser Stelle einen Überblick über die möglichen Verfahren zu geben und in diesem Rahmen vor allem auf das für unsere armen Erze in der Deutschen Demokratischen Republik wichtigste Verfahren der Flotation mit seinen physikalisch-chemischen Grundlagen genauer einzugehen.

Dabei werden die Schüler darauf hingewiesen, daß es generell vier Methoden der Aufbereitung gibt<sup>1</sup>, nämlich

1. Zerkleinern fester Stoffe,
2. Agglomeration (Stückigmachen) fester Stoffe,
3. Mischen von Stoffen und
4. Trennung von Stoffen.

Dabei weisen wir die Schüler darauf hin, daß für die Aufbereitung der Eisenerze folgende Verfahren verwendet werden:

*Zu 1:* Großstückige Erze werden gebrochen.

*Zu 2:* Feinkörnige, pulvrige Erze, Konzentrate oder Gichtstaub aus dem Hochofen werden brikettiert oder durch oberflächliches Erweichen und Zusammenbacken im Drehrohrofen gesintert.

*Zu 4:* Die Stofftrennung kann bei den Eisenerzen durch die naßmechanische Aufbereitung (Schlämmen, Flotation), durch die magnetische und die pyrotechnische Aufbereitung vorgenommen werden.

<sup>1</sup> H. Wolffgramm: Die Berücksichtigung der Grundprinzipien der chemischen Produktion im Stoffgebiet „Eisen-Stahl“. „Chemie in der Schule“, Berlin, 1/1956, S. 13.

Die drei letzten Verfahren können durch Schülerversuche erläutert werden, das Schlämmen zum Beispiel durch den folgenden Versuch:

Ein Gemisch aus einem Gewichtsteil (G. W.) Eisen(II, III)-oxyd und zehn G. W. feinem Quarzsand wird in einem Mörser fein pulverisiert. Zwei Spatelspitzen dieses Gemisches werden mit etwa 10 ml Wasser im Reagenzglas kräftig geschüttelt. Nach wenigen Minuten hat sich der Hammerschlag am Boden des Glases und der Sand darüber abgesetzt.

Zur Erklärung und Veranschaulichung der Flotation muß etwas weiter ausgeholt werden. Zunächst wird darauf hingewiesen, daß das Schlämmen unterhalb bestimmter Korngrößen (nämlich unterhalb 0,2 mm) versagt. Dann kann darauf eingegangen werden, daß Mineralien die Fähigkeit besitzen, in fein zerteilter Form unter dem Einfluß von Luftblasen aus einer wäßrigen Trübe an die Oberfläche aufzusteigen. Dazu wird zweckmäßig zunächst das Herabsetzen der Benetzbarkeit eines Erzes durch Zugabe eines Sammlers (z. B. von Kalium-Äthylxanthat) oder Nähmaschinenöl an Hand einer Zeichnung<sup>1</sup> erläutert.

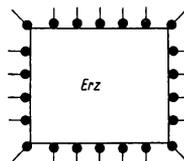


Abb. 31 Wirkung eines Sammlers

Ergänzend wird den Schülern mitgeteilt, daß nur solche Stoffe als Sammler verwendet werden können, deren Moleküle die Eigenschaften besitzen, von der Mineraloberfläche selektiv gerichtet festgehalten zu werden.

Ob es sich hier um eine rein physikalische Adsorption oder um die Fixierung des Anions auf Grund einer chemischen Bindung handelt, ist noch nicht restlos geklärt.

Als nächstes ist es notwendig, den Schülern das Wesen eines Schäumers an Hand einer Zeichnung klarzumachen. Dabei wird ihnen mitgeteilt, daß Schäumer grenzflächenaktive Stoffe sind, das heißt Stoffe, die sich auf Grund ihrer Zusammensetzung aus einer polaren hydrophilen Gruppe und einer unpolaren hydrophoben Gruppe in der Grenzfläche Wasser/Luft stärker anreichern als in der Lösung selbst und so die Oberflächenspannung des Wassers stark herabsetzen. Als Beispiel kann der einfache Amylalkohol angeführt und seine Wirkungsweise als Schäumer an Hand der nachstehenden Zeichnung veranschaulicht werden.

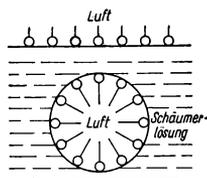


Abb. 32 Wirkung eines Schäumers

Auf Grund dieser Erklärungen können die Schüler jetzt selbständig erkennen, daß sich beim Einblasen von Luft in die Trübe die wasserabstoßend gemachten Erzteilchen an die Luftblasen anlagern und nun, spezifisch leichter als Wasser, von

<sup>1</sup> In Anlehnung an G. Anders: Schwimmende Erze. „Jugend und Technik“, Berlin, 5/1957, S. 199.

ihnen an die Oberfläche der Trübe getragen werden. Letzteres kann noch durch eine ergänzende Zeichnung verdeutlicht werden (Abb. 33).

Nach diesen theoretischen Erläuterungen müssen die gewonnenen Erkenntnisse durch einen Schülerversuch bestätigt werden, zum Beispiel indem man das gleiche Gemisch aus Eisen(II,III)-oxyd und Sand im Reagenzglas mit einem Tropfen Kalium-Äthyl-Xanthat oder notfalls einem Tropfen Nähmaschinenöl (als Sammler) und einem Tropfen Amylalkohol (als Schäumer) versetzt und durchschüttelt. Die Schüler beobachten dabei, daß sich das Eisen(II,III)-oxyd im Schaum anreichert. Auf die selektive Flotation, das heißt auf die selektive Trennung eines Erzgemisches, kann aus Zeitmangel hier nicht näher eingegangen werden.<sup>1</sup>

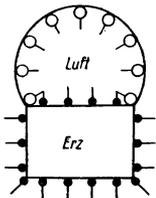


Abb. 33 Schema der Flotation

Jedoch ist es notwendig, darauf hinzuweisen, daß die Flotation bei der Gewinnung von Pyrit in Elbingerode eine wesentliche Rolle spielt. So ist es zum Beispiel gelungen, durch Flotation den Kies aus kiesarmen Schichten bis auf 48 Prozent anzureichern.

Die Magnetscheidung kann an dem gleichen Gemisch aus Eisen(II,III)-oxyd und Sand gezeigt werden, indem man mit einem Hufeisenmagneten, dessen Pole mit weißem Papier bedeckt sind, das Eisen(II,III)-oxyd aus dem Gemisch herausholt. Beim Entfernen des Magneten fällt das Erz vom Papier ab. Anschließend ist es notwendig, die Arbeitsweise des Trommelmagnetscheiders an Hand einer schematischen Wandtafelzeichnung zu erläutern.

Schließlich muß bei der pyrotechnischen Aufbereitung das Rösten des Pyrits, das Entwässern des Brauneisensteines durch Erhitzen sowie das Entfernen von Kohlendioxyd aus dem Spateisenstein durch Brennen genannt werden. Da diese Prozesse den Schülern aus den früheren Schuljahren bekannt sein müssen, kann man normalerweise auf erläuternde Versuche verzichten. Betont werden muß, daß bei einigen Aufbereitungsverfahren, vor allem beim Sintern staubförmiger Erze im Drehrohfen, minderwertige Brennstoffe verwendet werden können und daß die Aufbereitungsverfahren trotz höherer Kosten auch dann angewendet werden müssen, wenn dabei einheimische Rohstoffe hochofenfertig gemacht werden.

#### b) Der Hochofenprozeß

Da der Hochofenprozeß Mittelpunkt des gesamten technologischen Prozesses ist, müssen die verschiedenen chemischen Prozesse, die sich in ihm abspielen, ausführlich behandelt und möglichst anschaulich dargestellt werden. So kann man zum Beispiel von einem Demonstrations-

<sup>1</sup> Siehe H. Schubert: Die Flotation, ein wichtiges Aufbereitungsverfahren. „Mathematik, Physik und Chemie in der Schule“, Berlin, 5/1952, S. 246.

versuch ausgehen, der einen der wichtigsten chemischen Prozesse des Hochofens veranschaulicht, nämlich von der Reduktion von Eisen(III)-oxyd durch Kohlenmonoxyd. Dieser Prozeß kann in folgender Apparatur durchgeführt werden:<sup>1</sup>

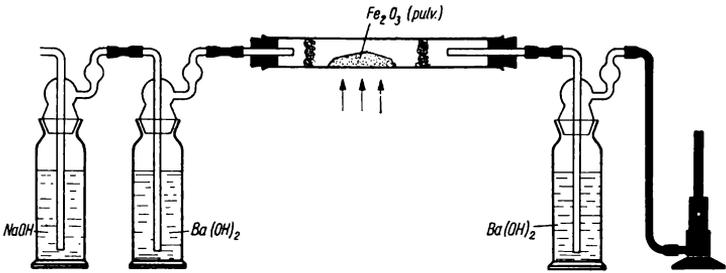


Abb. 34 Reduktion von Eisen(III)-oxyd durch Kohlenmonoxyd

Durch Natronlauge gereinigtes Kohlenmonoxyd wird über erhitztes Eisen(III)-oxyd geleitet, dabei entsteht metallisches Eisen und Kohlendioxyd, das mit Barytwasser nachgewiesen werden kann. Das überschüssige Kohlenmonoxyd wird in einem Bunsenbrenner verbrannt.

Dieser Versuch kann in stärkerer Anlehnung an die Vorgänge im Hochofen variiert werden, wie es Abb. 35 zeigt. Ein senkrecht eingespanntes Quarzrohr wird schichtweise mit Asbestwolle, Holzkohle, Asbestwolle, Eisenoxyd ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), Asbestwolle und Holzkohle gefüllt. Dann wird Sauerstoff von unten hindurchgeleitet und die untere Kohleschicht zum Glühen erhitzt.

In dieser Form ist der Versuch auch als Schülerversuch durchführbar, wobei an Stelle der Sauerstoffbombe ein einfacher Sauerstoffwickler verwendet wird.

Die gewonnenen Erkenntnisse können zum Verständnis der chemischen Vorgänge im Hochofen angewendet werden.

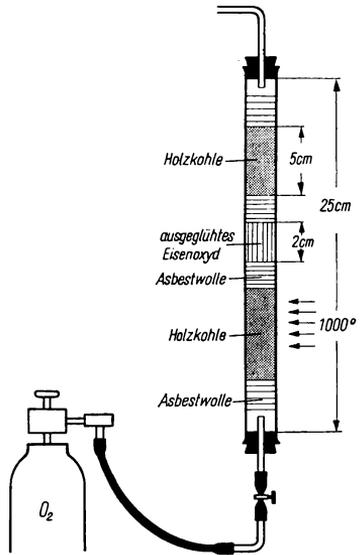


Abb. 35 Reduktion von Eisen(III)-oxyd im senkrechten Quarzrohr

<sup>1</sup> H. Stapf: Chemische Versuche im Unterricht. Teil II, Berlin 1953, S. 164.

### c) Weiterverarbeitung des Stahls

Die Veränderung des Stahls durch Wärmebehandlung kann ebenfalls sehr gut durch Schülerversuche erläutert werden.<sup>1,2</sup>

Wichtig ist es, hier von den Schülern die Erklärungen für die dabei angestellten Beobachtungen auf Grund ihrer Kenntnisse von den Gitterstrukturen des Eisens selbst finden zu lassen.

### d) Eisenverbindungen

Für die sich an die Technologie des Eisens anschließende Behandlung der Eisenverbindungen bieten sich verschiedene Wege an. So kann man nacheinander zunächst die Eisen(II)-verbindungen, und zwar die Oxyde, Hydroxyde, Chloride, Sulfide, Sulfate, Carbonate, und danach die entsprechenden Eisen(III)-verbindungen an Hand geeigneter Versuche besprechen, oder man kann die jeweiligen Eisen(II)- und Eisen(III)-salze nebeneinander behandeln, um von vornherein die Unterschiede deutlich herauszuarbeiten. Steht wenig Zeit zur Verfügung, und das wird in den meisten Klassen der Fall sein, so greift man einige charakteristische Reaktionen der Eisenverbindungen heraus, die das typische Verhalten der Eisen(II)- und Eisen(III)-salze zeigen. Wir schlagen den letzteren Weg vor, und zwar unter dem Gesichtspunkt der Erweiterung des Oxydations-Reduktionsbegriffs.

Einleitend werden zweckmäßig die den Schülern bereits bekannten Reaktionen, die das Verhalten des Eisens charakterisieren, zusammengestellt, nämlich: Eisen oxydiert beim Erhitzen an der Luft und verbrennt in Sauerstoff mit heller Lichterscheinung zu Eisen(II, III)-oxyd. Eisen reduziert Kupferoxyd, dagegen wird Eisenoxyd durch Aluminium und Zink reduziert. Es löst sich in verdünnten Säuren unter Wasserstoffentwicklung auf.

Diese bekannten Beobachtungsergebnisse können von den Schülern dahingehend zusammengefaßt werden, daß Eisen unter den Gebrauchsmetallen in bezug auf seine Affinität zum Sauerstoff eine Mittelstellung einnimmt.

Ferner sind den Schülern drei Oxyde des Eisens bekannt:  $\text{FeO}$ ,  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  und  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ . Daraus erkennen sie, daß Eisen in seinen Verbindungen 2- und 3wertig auftreten kann. Zur Aufklärung der Beziehungen zwischen den Eisen(II)- und Eisen(III)-salzen können folgende Schülerversuche durchgeführt werden:

1. Die Eisen(II)-salze werden von den Schülern durch Auflösen von wenig Eisenpulver in überschüssiger verdünnter Salzsäure oder verdünnter Schwefelsäure hergestellt. Ein Teil dieser blaßgrünen Lösungen kann im verschlossenen Reagenzglas aufbewahrt werden, der übrige Teil färbt sich beim Schütteln an der Luft allmählich braun.

<sup>1</sup> H. Stapf: Chemische Versuche im Unterricht. Teil II, Berlin 1953, S. 169/170.

<sup>2</sup> H. Stapf: Grundlagenchemie für technische Berufe. Leipzig 1950, S. 211, Versuche 198-201,

2. Ferner können die Schüler im Reagenzglasversuch beobachten, daß dieser Farbumschlag von Hellgrün nach Braun sehr schnell vor sich geht beim Zugeben von Wasserstoffperoxyd zu einer angesäuerten Eisen(II)-chloridlösung. Die Braunfärbung der Eisen(III)-salze ist den Schülern bereits aus früheren Beobachtungen bekannt. Aus diesen Versuchsergebnissen können sie also schließen, daß  $\text{Fe}^{++}$ -Ionen bei Gegenwart von Luft oder Oxydationsmitteln in  $\text{Fe}^{+++}$ -Ionen übergehen. Unter Mithilfe des Lehrers wird die Gleichung entwickelt:



3. Ergänzend kann von den Schülern Chlor in eine angesäuerte Eisen(II)-salzlösung eingeleitet werden. Aus der Braunfärbung können die Schüler zu dem Analogieschluß geführt werden, daß Chlor hier dieselbe Wirkung besitzt wie der Sauerstoff, also ebenfalls oxydierend wirkt. Letzteres kommt noch deutlicher in der zugehörigen Reaktionsgleichung zum Ausdruck, die in Analogie zu der vorhergehenden Gleichung von den Schülern entwickelt werden kann:



4. Ergänzend muß von den Schülern auch der umgekehrte Schritt experimentell vollzogen werden, das heißt, zu einer Eisen(III)-chloridlösung fügen sie etwas Eisenpulver, erhitzen, filtrieren und erhalten so die typische hellgrüne Lösung der Eisen(II)-salze. Sie können die zugehörige Gleichung ebenfalls selbständig entwickeln, nämlich



Aus diesen Beobachtungsergebnissen erkennen die Schüler den Zusammenhang zwischen der Wirkung eines Oxydationsmittels und der Zunahme der positiven Ladung bei den Eisenionen beziehungsweise zwischen der Wirkung eines Reduktionsmittels und der Abnahme der positiven Ladung, das heißt, sie können bereits auf der Grundlage dieser Versuche zu der Erkenntnis des erweiterten Oxydations-Reduktionsbegriffs hingeführt werden, etwa in folgender Art:

Aus der ersten und zweiten Gleichung folgt, daß  $\text{Fe}^{++}$ -Ionen durch Oxydationsmittel wie Sauerstoff oder Chlor zu  $\text{Fe}^{+++}$ -Ionen oxydiert werden. Die Oxydation äußert sich in diesen Beispielen in dem Entzug von Elektronen.

Unedle Metalle wie Zink, Aluminium oder Eisen sind den Schülern bereits als Reduktionsmittel bekannt, folglich können sie aus der dritten Gleichung schließen, daß  $\text{Fe}^{+++}$ -Ionen durch Eisen als Reduktionsmittel zu  $\text{Fe}^{++}$ -Ionen reduziert werden, daß also in diesem Falle die Reduktion aus einem Hinzufügen von Elektronen besteht. Durch Vergleich der beiden beobachteten Prozesse ergibt sich:

Oxydation bedeutet Entzug von Elektronen,  
 Reduktion bedeutet Hinzufügen von Elektronen.

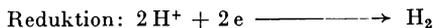
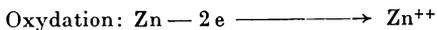
Die Beobachtungsergebnisse gestatten darüber hinaus, den Zusammenhang zwischen Oxydation und Reduktion erkennen zu lassen. So können die Schüler zum Beispiel durch die Frage nach der Veränderung des Oxydationsmittels in den ersten beiden Gleichungen zu der Einsicht gelangen, daß das Oxydationsmittel (hier der Sauerstoff oder das Chlor) die Elektronen aufnimmt, also reduziert wird, während bei der Behandlung der  $\text{Fe}^{+++}$ -Ionen mit metallischem Eisen die Elektronen von dem Eisen abgegeben werden, das Reduktionsmittel also oxydiert wird, das heißt, die Schüler erkennen, daß den beobachteten Oxydationsprozessen jeweils ein Reduktionsprozeß parallel läuft und umgekehrt.

Diese außerordentlich wichtigen Schlüsse müssen von den Schülern selbst vollzogen werden, wenn das Wesen des Redoxprozesses wirklich geistiger Besitz und nicht einfach auswendig gelernt und damit schnell wieder vergessen werden soll.

Zur weiteren Festigung dieses erweiterten Redoxbegriffes ist empfehlenswert, den Schülern bereits bekannte chemische Vorgänge, die sie bisher noch nicht als Redoxprozesse erkennen konnten, ins Gedächtnis zurückzurufen, die zugehörigen Gleichungen als Ionengleichungen aufzustellen und den jeweiligen Oxydations- beziehungsweise Reduktionsprozeß formulieren zu lassen.

Als Beispiele seien genannt:

die Entwicklung von Wasserstoff aus Zink und Salzsäure



die Einwirkung von Chlor auf Kaliumbromid oder Kaliumjodidlösung, die thermische Zersetzung von Quecksilberoxyd, die Disproportionierung von salpetriger Säure in Salpetersäure und Stickstoffmonoxyd, die Ausfällung von Schwefel und die Entwicklung von Schwefeldioxyd beim Einleiten von Schwefelwasserstoff in konzentrierte Schwefelsäure und anderes mehr.

Ergänzend können auch einzelne solcher Reaktionen als Wiederholungsversuche durchgeführt werden. Die Schüler erkennen dabei, daß alle Reaktionen, bei denen eine Veränderung der elektrochemischen Wertigkeit vor sich geht, als Redoxvorgänge aufzufassen sind.

#### e) Rosten und Rostschutz

Der Rostvorgang wird den Schülern erst dann restlos klar, wenn sie ihn im Schülerversuch selbst durchführen und in seinen einzelnen Phasen beobachten können. Als Einführungsversuch<sup>1</sup> können blank geschmirgelte

<sup>1</sup> Lehrbuch der Chemie für die 11. Klasse. Berlin 1954, S. 37, Vers. 16.

Eisenstücke (also gleiches Material) in drei mit Stopfen verschlossene Reagenzgläser gestellt werden, in denen destilliertes Wasser, Leitungswasser beziehungsweise Kohlensäure so hoch eingefüllt werden, daß die Hälfte der Drähte in die Flüssigkeit eintaucht. Die Schüler stellen am nächsten Tage fest, daß an dem Draht, der in die Kohlensäure eintaucht, die Rostbildung am stärksten, an dem im destillierten Wasser am wenigsten auftritt und daß der Rostansatz gerade dort am stärksten ist, wo der Eisendraht aus dem Wasser herausragt.

An Hand dieser Beobachtungen können die Schüler die Vermutung anstellen, daß das Kohlendioxyd der Luft und eventuell auch der Sauerstoff der Luft an der Rostbildung beteiligt sein müssen. Sie werden aufgefordert, Vorschläge für weitere Versuche zu machen, die zur Klärung dieser Frage beitragen können.

So können sie zum Beispiel in ein Reagenzglas, in dem sich eine mit ausgekochtem Wasser frisch bereitete Eisen(II)-chloridlösung befindet, einige Zeit Kohlendioxyd einleiten. Dabei beobachten sie einen weißen Niederschlag, der sich beim weiteren Durchleiten von Kohlendioxyd auflöst. Beim Hindurchblasen von Luft beobachten sie eine Trübung und schließlich eine Braunfärbung. Die beobachteten Prozesse müssen von den Schülern in Gleichungen zusammengefaßt werden, zum Beispiel in folgender Art:



Das Eisen(III)-hydroxyd wird als Rost bezeichnet und der gesamte Vorgang als Rosten. Die Schüler werden darauf hingewiesen, daß diese Vorgänge in der Natur von Bedeutung sind, daß nämlich kohlendioxydhaltige Quellwässer aus eisenhaltigem Gestein Eisenhydrogencarbonat herauslösen und daß diese Eisensäuerlinge als Heilquellen medizinische Bedeutung besitzen. Es kann ebenfalls erwähnt werden, daß sich die gleichen Vorgänge in eisernen Wasserleitungsrohren abspielen können, wenn das Wasser kohlendioxydhaltig ist und daß man neuerdings Eisenrohre zum Schutz gegen diese Zerstörung innen mit Asphaltlack isoliert.

Es ist notwendig, die Schüler darauf hinzuweisen, daß der entstandene Rost porös ist, also keine zusammenhängende dichte Schutzschicht bildet wie beim Aluminium oder Zink, so daß der Vorgang immer weiter in den eisernen Gegenstand dringt, bis das gesamte Eisen zerstört ist. Ferner muß gesagt werden, daß durch Rosten jährlich beträchtliche Mengen an Eisen und Stahl vernichtet werden. — Einige wirtschaftlich wichtige Rostschutzmittel werden genannt, zum Beispiel:

1. Metallüberzüge. Dabei wird das Eisen geschützt, zum Beispiel durch Verzinken, Verzinnen, Vernickeln, Verchromen oder durch Alitieren, das heißt durch Aufspritzen von Aluminium bei 800° (Bildung einer Eisen-Aluminium-Legierung und eines Schutzhäutchens aus Aluminiumoxyd).

2. Nichtmetallüberzüge. Hier kann genannt werden das Auftragen einer feinen Ölschicht, die Oberflächenphosphatierung, die durch Eintauchen in eine Phosphatlösung entsteht, das Bestreichen mit Zement, Asphalt oder Teerpech, das Verwenden von Ölanstrichen über einem Grundanstrich mit Mennige, das Lackieren mit Nitrozelluloselacken oder Kunstharzlacken, das Emaillieren von Gußeisen<sup>1</sup> und anderes mehr.

## 6.2 Neutralisation und Hydrolyse

Laut Direktive für den Chemieunterricht der Oberschule<sup>2</sup> wird in diesem Stoffabschnitt im Zusammenhang mit der Dissoziation des Wassers das Wesen des Neutralisationsvorgangs erarbeitet. Dazu werden die Schüler in das maßanalytische Arbeiten eingeführt. Im Zusammenhang damit werden sie mit Hydrolyseerscheinungen von Salzlösungen bekannt gemacht.

Dieser Abschnitt wurde vor allem deshalb ausgewählt, weil in ihm gezeigt werden kann, wie theoretische Einsichten vorwiegend auf der Basis quantitativer Schülerversuche von den Schülern selbsttätig erarbeitet werden können und wiederum dazu dienen, praktische Aufgaben aus Industrie und Produktion zu lösen.

Ausgangspunkt der Betrachtungen können qualitative Leitfähigkeitsmessungen bilden, um den Schülern an Hand von Beispielen ins Gedächtnis zurückzurufen, daß eine bestimmte Gruppe von Stoffen, die Elektrolyte, den elektrischen Strom leiten. Die dazu notwendigen Wiederholungsversuche können in kleinen Bechergläsern mit Graphitelektroden und einer kleinen Glühlampe als Kontrollgerät durchgeführt werden. Dabei wird zweckmäßig getrennt-gemeinschaftlich gearbeitet, wobei zum Beispiel folgende Lösungen auf ihre Leitfähigkeit untersucht werden:

- a) verdünnte Salzsäurelösung,
- b) verdünnte Phosphorsäurelösung,
- c) verdünnte NatronlaugeLösung,
- d) destilliertes Wasser,
- e) verdünnte Zuckerlösung.

Anschließend können mit Salzsäure- beziehungsweise Natronlauge-Lösungen bekannter Konzentrationen, wobei Konzentration und Temperatur der Lösungen verändert werden, quantitative Leitfähigkeitsmessungen durchgeführt werden.

Als Kontrollinstrument wird dabei ein Multizetgerät oder ein Ampere-meter verwendet. Die Versuche können je nach den vorhandenen Geräten als Lehrer- oder Schülerdemonstrationen oder als Schülerver-

<sup>1</sup> Siehe auch H. Stapf: Grundlagenchemie. Leipzig 1950, S. 195.

<sup>2</sup> Direktive für den Chemieunterricht. Oberschule, Berlin 1956, S. 14.

suche durchgeführt werden. Als Maß für den Zerfall in Ionen wird der Dissoziationsgrad definiert. Die Beobachtungen an Hand dieser quantitativen Versuche führen zu dem Ergebnis, daß der Dissoziationsgrad von der Konzentration und der Temperatur abhängig ist, ergänzend wird mitgeteilt, daß auch eine Abhängigkeit vom herrschenden Druck besteht.

Anschließend ist es notwendig, vom Begriff des Dissoziationsgrades ausgehend unter Anwendung des Massenwirkungsgesetzes auf die Dissoziation des Wassers und im Zusammenhang damit auf die Begriffe der Dissoziationskonstanten und des  $p_H$ -Wertes genauer einzugehen. Dabei gewonnene Erkenntnisse können durch Berechnung der Wasserstoffionenkonzentration von Orthoborsäure, Salzsäure, Ammoniumhydroxyd und anderem mehr gefestigt werden.

Bevor der Begriff der Neutralisation experimentell erarbeitet wird, werden den Schülern praktische Fertigkeiten im maßanalytischen Arbeiten vermittelt. Dazu führen die Schüler eine Reihe von Blindversuchen mit den Geräten durch, die auch bei den später durchzuführenden Neutralisationen verwendet werden. Vor allem muß das Füllen und Auslaufenlassen der Pipetten, das Auffüllen der Meßkolben und die Handhabung und das Ablesen der Büretten geübt werden, wobei die Schüler zu peinlich genauem Arbeiten anzuhalten sind. Dabei werden die einzelnen Handgriffe vorgeführt und die Arbeiten der Schüler sorgfältig kontrolliert beziehungsweise korrigiert.

Anschließend ist es notwendig, eine einfache Neutralisation, zum Beispiel von verdünnter Natronlauge mit  $\frac{1}{10}$  normaler Salzsäurelösung, durchführen zu lassen, wobei die Schüler erkennen, daß die Neutralisation in der Vereinigung von  $H^+$ - und  $OH^-$ -Ionen zu Wasser besteht. Ein entsprechender Wiederholungsversuch kann in einem Dewargefäß durchgeführt werden, wobei die Temperaturerhöhung mit einem Thermometer mit  $\frac{1}{10}$  Gradeinteilung bestimmt werden kann.

Aus den beobachteten Werten muß die Neutralisationswärme berechnet und mit dem theoretischen Wert von 13,7 kcal/Mol verglichen werden.

Die gewonnenen praktischen Fertigkeiten können weiter dazu dienen, zum Beispiel den unbekanntem Gehalt einer Natronlauge zu bestimmen. Dabei werden die Schüler darauf hingewiesen, daß die industrielle Praxis diese oder ähnliche Aufgaben sehr häufig stellt, zum Beispiel um den Gehalt der Natronlauge aus den Elektrolysezellen einer Ätznatronfabrik zu bestimmen, der laufend überprüft werden muß.

Der Natronlaugegehalt der an die einzelnen Schülergruppen ausgegebenen Proben ist unterschiedlich. Den Schülern wird dabei mitgeteilt, daß die Genauigkeit ihrer Bestimmung bewertet wird.<sup>1</sup>

Als weitere Anwendung der theoretischen Kenntnisse sowie der praktischen Fertigkeiten kann das Einstellen einer unbekanntem Salzsäure-

<sup>1</sup> Näheres bei W. Stracke: Über die Einführung von Schülerübungen in den Chemieunterricht des 11. Schuljahres. Staatsexamensarbeit an der Pädagogischen Hochschule Potsdam, 1957, S. 100 ff.

lösung durchgeführt werden. Dabei kommt es darauf an, das Volumen der unbekanntenen Salzsäure genau zu messen und die Salzsäure mit Natronlauge bekannter Normalität zu neutralisieren.

Den Abschluß dieses Stoffabschnitts bildet die Erarbeitung des Begriffs der Hydrolyse. Zur Untersuchung eignen sich vor allem Soda und Eisen(III)-chlorid.

Dabei wird die Soda als Neutralisationsprodukt aufgefaßt, das auf Grund der folgenden Gleichung entstanden ist:



Danach müßte eine wäßrige Lösung neutral reagieren, die Untersuchung der Lösung mit Lackmuspapier läßt jedoch die basische Reaktion der Lösung erkennen.

Zur Klärung dieses Widerspruchs wird das Dissoziationsgleichgewicht herangezogen:



und im Zusammenhang damit darauf hingewiesen, daß die Dissoziationskonstante dieses Gleichgewichts

$$\frac{[\text{H}^+]^2 \cdot [\text{CO}_3^{--}]}{[\text{H}_2\text{CO}_3]} = 3,47 \cdot 10^{-7}$$

sehr klein ist. Daraus können die Schüler selbständig folgern, daß die  $\text{CO}_3^{--}$ -Ionen daher das Bestreben haben müssen, sich mit den  $\text{H}^+$ -Ionen, die aus der geringen Dissoziation des Wassers stammen, zu vereinigen, so daß ein Überschuß an  $\text{OH}^-$ -Ionen verbleibt.

In analoger Weise kann die saure Reaktion des Eisen(III)-chlorids von den Schülern selbständig erklärt werden.

Zusammenfassend muß sich aus diesen beiden Versuchsbeispielen ergeben, daß die Hydrolyse auf der Reaktion des Salzes mit dem Wasser beruht und daß sie die Umkehrung der Neutralisation darstellt.

## Literaturverzeichnis

1. *Adolf, R.*: Zum Problem der Fähigkeiten und Fertigkeiten im Chemieunterricht der deutschen demokratischen Schule. Inauguraldissertation an der Martin-Luther-Universität, Halle 1955.
2. *Adolf, R.*: Schülerübungen im Chemieunterricht der 7. Klasse. III. Teil, „Chemie in der Schule“, Berlin, 2/1957.
3. *Adolf, R.*: Schülerübungen im Chemieunterricht der 7. Klasse. IV. Teil, „Chemie in der Schule“, Berlin, 2/1957.
4. *Adolf, R.*: Schülerübungen im Chemieunterricht der 8. Klasse. I. Teil, „Chemie in der Schule“, Berlin, 8/1957.
5. *Amoss, H. E.*: Elementary Science in the secondary schools of Ontario. University of Toronto Press, Toronto o. J.
6. *Anders, G.*: Schwimmende Erze. „Jugend und Technik“, Berlin, 5/1957.
7. Anleitungsmaterial für den Chemieunterricht in der Grundschule. 1. Schuljahresabschnitt, DPZI, Potsdam 1957.
8. *Antonow, N. P.*: Die Entwicklung des Denkens und der Sprache beim Vorschul- und Schulkind. Beiträge zur Anwendung der Lehre Pawlows auf Fragen des Unterrichts, Berlin 1955.
9. Anweisung zur Durchführung des Schuljahres 1955/56, v. 26. 7. 1955.
10. *Arendt, R.*: Didaktik und Methodik der Chemie. München 1898.
11. *Arendt, R.*, u. *Dörmer, L.*: Technik der Experimentalchemie. Heidelberg 1954.
12. *Backe, H.*: Experimentiertechnik im naturwissenschaftlichen Unterricht an den berufsbildenden Schulen. Berlin 1954.
13. *Bardl, K.*: Schülerübungen im Chemieunterricht der 8. Klasse. II. Teil, „Chemie in der Schule“, Berlin, 11/1957.
14. *Bindseil, W.*: Zur Einrichtung chemischer Arbeitsplätze. „Chemie in der Schule“, Berlin, 8/1956.
15. *Curth, H.*: Das Schülerexperiment im Chemieunterricht. „Chemie in der Schule“, Berlin, 8/1956.
16. *Curth, H.*: Bemerkungen zum Artikel über Schülerübungen im Chemieunterricht. „Chemie in der Schule“, Berlin, 5/1957.
17. *Curth, H.*: Voraussetzungen für das Schülerexperiment. „Chemie in der Schule“, Berlin, 7/1958.
18. *Curth, H.*: Schülerübungen im Chemieunterricht der 8. Klasse. III. Teil, „Chemie in der Schule“, Berlin, 11/1957.

19. *Dalchow, E.*: Die historische Entwicklung der Schülerübungen im Chemieunterricht. Staatsexamensarbeit an der Universität Halle, 1953.
20. *Dannemann, F.*: Leitfaden für den Unterricht in chemischen Laboratorien. Hannover 1893.
21. *D'Ans, J., u. Lax, E.*: Taschenbuch für Chemiker und Physiker. Göttingen und Heidelberg 1949.
22. Direktive zur Arbeit mit dem Lehrplan für das Fach Chemie, Schuljahr 1955/56, Berlin 1956.
23. *Dörmer, L.*: Arbeitsunterricht in der Chemie. Frankfurt/Main 1925.
24. Direktive der 3. Parteikonferenz für den 2. Fünfjahresplan 1956 bis 1960.
25. *Dorst, W.*: Besonderheiten des pädagogischen Experiments. „Pädagogik“, Berlin, 9/1954.
26. *Engels, F.*: Herrn Eugen Dührings Umwälzung der Wissenschaft. Berlin 1953.
27. *Engels, F.*: Ludwig Feuerbach und der Ausgang der klassischen deutschen Philosophie. Berlin 1951
28. Entschließungsentwurf der Kommission Polytechnische Bildung zum 5. Pädagogischen Kongreß vom 5. 5. 1956. „Deutsche Lehrerzeitung“, Berlin.
29. *Fischer, A.*: Arbeiten und Lernen. 2. Jahrbuch der pädagogischen Zentrale des Deutschen Lehrervereins, Leipzig 1912.
30. *Fischer, K. H.*: Ein vereinfachter Versuch zur Gewichtszunahme bei der Verbrennung. „Chemie in der Schule“, Berlin, 5/1957.
31. *Flörke, W.*: Methode und Praxis des chemischen Experiments. Quelle und Meyer, Heidelberg 1951.
32. *Franck, W.*: Unterrichtsblätter für Mathematik und Naturwissenschaften 42, 1936, S. 316.
33. *Gaupp, A.*: Die Bildungssituation des chemischen Erstunterrichts. „Pädagogik“, Berlin, 12/1949.
34. Geschichte der KPdSU (B). Kurzer Lehrgang, Berlin 1950.
35. *Gewolff, H.*: Chemische Schülerübungen. 2. Jahrbuch der pädagogischen Zentrale des Deutschen Lehrervereins, 1912, S. 133.
36. *Göttel, W.*: Lehrbuch der Chemie, 7. Schuljahr. Berlin 1951.
37. *Göttel, W.*: Lehrbuch der Chemie, 9. Klasse. Berlin 1950.
38. *Göttel, W.*: Schülerübungen im Chemieunterricht der 9. Klasse. II. Teil, „Chemie in der Schule“, Berlin, 5/1955.
40. *Grimmer, H.*: Die didaktischen Prinzipien im Physikunterricht. Manuskript zum Handbuch der Physik-Methodik (unveröffentlicht).
41. *Hahn, H.*: Der Physikunterricht an den bayerischen Oberrealschulen und die weitere Ausgestaltung der Schülerübungen. „Zeitschrift für den physikalischen und chemischen Unterricht“, 1909, S. 73.
42. *Heyer, Ch.*: Schülerübungen im Chemieunterricht der Grundschule. „Chemie in der Schule“, Berlin, 1/1954.

43. *Heyer, Ch.*: Schülerübungen im Chemieunterricht der 9. Klasse. I. Teil, „Chemie in der Schule“, Berlin, 4/1955.
44. *Heyer, Ch.*: Über Schülerübungen im Chemieunterricht der deutschen demokratischen Schule. Inauguraldissertation an der Karl-Marx-Universität. Leipzig 1956.
45. *Heyer, Ch.*: Schülerübungen im Chemieunterricht der 7. Klasse. I. Teil, „Chemie in der Schule“, Berlin, 6/1956.
46. *Hoffmann, H.*: Schülerübungen im Chemieunterricht an Oberschulen. „Chemie in der Schule“, Berlin, 1/1955.
47. *Holleman, A. F., u. Wiberg, E.*: Lehrbuch der anorganischen Chemie. Berlin 1955.
48. *Hradetzky, A.*: Die Verhütung von Unfällen im Chemieunterricht. „Chemie in der Schule“, Berlin, 1/1957.
49. *Ickert, G.*: Über die Bedeutung der Schülerexperimente im Chemieunterricht. Berlin 1955.
50. *Ickert, G.*: Schülerübungen im Chemieunterricht der 7. Klasse. II. Teil, „Chemie in der Schule“, Berlin, 7/1956.
51. *Ickert, G.*: Bemerkungen zum Artikel über Schülerübungen. „Chemie in der Schule“, Berlin, 1/1958.
52. *Iljin, M.*: 100000mal Warum. Berlin 1947.
53. *Jöricke, W.*: Ein Beitrag zur unterrichtlichen Behandlung der organisch-chemischen Technologie in den allgemeinbildenden Schulen. Dissertation, Halle 1957.
54. *Kaeding, E.*: Der Chemiebaukasten „Der kleine Experimentator“ im Unterricht. „Chemie in der Schule“, Berlin, 7/1958.
55. *Keune, H.*: Ein Beitrag zur Theorie der Lehr- und Lernmittel des Chemieunterrichts in der deutschen demokratischen Schule. Habilitationsschrift, Halle 1956.
56. *Keune, H., u. Vollrath, S.*: Schülerübungen im Chemieunterricht der 8. Klasse. V. Teil, „Chemie in der Schule“, Berlin, 2 und 3/1958.
57. *Kießkalt, S.*: in Winnacker, K., und Weingaertner, E.: Chemische Technologie. Bd. I, München 1950.
58. *Kirmse, R., u. Schilbach, V.*: Schülerübungen im Chemieunterricht der 9. Klasse. III. Teil, „Chemie in der Schule“, Berlin, 5/1955.
59. *Kirschke, W.*: Zum Vorschlag zur Einrichtung von Chemieunterrichtsräumen. „Chemie in der Schule“, Berlin, 7/1958.
60. *Kornijenkow, H. J.*: Laborkontrollarbeiten als Nachweis von Kenntnissen und Fertigkeiten in Chemie. „Chemie in der Schule“ (russ.), Moskau, 6/1952.
61. *Koschel, K.*: Ammoniaksynthese. Praschu, München, 9/1955.
62. *Lange, F.*: Die deutsche demokratische Schule und ihre neuen Aufgaben. „Neues Deutschland“, Berlin, v. 21. 5. 1955.

63. *Lange, O.*: Eigenbau von Chemiearbeitstischen. „Deutsche Lehrerzeitung“, Berlin, v. 27. 7. 1957.
64. *Lange, F.*: Erzieht aktive Erbauer des Sozialismus. Referat auf der Schulkonferenz der SED, Beilage zur „Deutschen Lehrerzeitung“, Berlin, 18/1958.
65. *Lenin, W. I.*: Aus dem philosophischen Nachlaß. Berlin 1954.
66. *Lenin, W. I.*: Sämtliche Werke. Bd. 23, Verlag für fremdsprachliche Literatur, Moskau 1946.
67. *Lenin, W. I.*: Materialismus und Empirio-kritizismus. Berlin 1949.
68. Lehrplan für Grundschulen. Chemie, Berlin 1951.
69. Lehrplan für Grundschulen. Chemie, Berlin 1953.
70. Lehrplan für Oberschulen. Chemie, Berlin 1951.
71. Lehrplan für Oberschulen. Chemie, Berlin 1954.
72. Lehrbuch der Chemie für das 7. Schuljahr. Berlin 1958.
73. *Löwenhardt, E.*: Leitfaden für chemische Schülerübungen. 1925.
74. *Löwenhardt, E.*, u. *Dörmer, L.*: Die chemischen Schülerübungen an den Realanstalten. Unterrichtsblätter 10, 109, 1912.
75. *Lotz, H. J.*: Ein Universalgerät für Schülerübungen. „Chemie in der Schule“, Berlin, 6/1958.
76. *Ludwig, G.*: Katalytische Oxydation von Ammoniak im Schulversuch. „Chemie in der Schule“, Berlin, 1/1956.
77. *Mader, O.*: Bemerkungen zu Fragen der Allgemeinbildung. „Pädagogik“, Berlin, 5/1957.
78. *Mader, O.*: Zur Frage der polytechnischen Bildung. „Pädagogik“, Berlin, 2/1957.
79. *Marx, W.*: Arbeitsschutz und Unfallverhütung im naturwissenschaftlichen Unterricht der Berufsschulen. Berlin 1956.
80. *Masur, W.*: Ein Vorschlag zur Einrichtung von Chemieunterrichtsräumen. „Chemie in der Schule“, Berlin, 7/1957.
81. *Makarenko, A. S.*: Der Weg ins Leben. Berlin 1950.
82. *Makarenko, A. S.*: Ausgewählte pädagogische Schriften. Berlin 1952.
83. *Mao Tse-tung*: Über die Praxis. Berlin 1952.
84. *Meusel, W.*: Wie wir Schülerübungen durchgeführt haben. „Chemie in der Schule“, Berlin, 1/1955.
85. *Meusel, W.*: Ein neues Gerät zur Durchführung von Schülerübungen. „Chemie in der Schule“, Berlin, 2/1955.
86. *Meyendorf, G.*: Arbeitsbrett für Schülerübungen. „Chemie in der Schule“, Berlin, 3/1957.
87. *Naumburger, D.*: Zwei Schulversuche in der Landschule. „Chemie in der Schule“, Berlin, 7/1957.
88. *Naumann, G.*: Zur Behandlung der Wertigkeiten in der 7. Klasse. „Chemie in der Schule“, Berlin, 4/1955.

89. *Norrenberg, J.*: Monatsschrift für höhere Schulen, 107, 22/1909.
90. *Ogorodnikow, J. T.*, u. *Schimbirew, P. N.*: Lehrbuch der Pädagogik. Berlin 1953.
91. *Ohmann, O.*: Die Entwicklung der chemischen Schülerübungen. „Zeitschrift für den physikalischen und chemischen Unterricht“, Berlin 1913, S. 54.
92. *Ohmann, O.*: Fr. Wöhler und K. F. Klöden in ihrem Verhältnis zu den chemischen Schülerübungen. „Zeitschrift für den physikalischen und chemischen Unterricht“, Berlin 1913, S. 48.
93. *Ohmann, O.*: Die Schülerübungsfrage im Chemieunterricht. „Zeitschrift für den physikalischen und chemischen Unterricht“, Berlin 1908, S. 406.
94. *Okon, W.*: Der Unterrichtsprozeß. „Pädagogik“, Berlin, 11/1953.
95. *Osterwald, R.*: Zur Durchführung von Schülerübungen. „Chemie in der Schule“, Berlin, 5/1956.
96. *Osterwald, R.*: Kontinuierliche und diskontinuierliche Arbeitsweise. „Chemie in der Schule“, Berlin, 2/1956.
97. *Otto, H.*: Erfahrungen mit Schülerübungen im Chemieunterricht der Grundschule. „Chemie in der Schule“, Berlin, 3/1955.
98. *Otto, H.*: Durchführung von Schülerübungen während der Abschlußprüfungen. „Chemie in der Schule“, Berlin, 8/1956.
99. *Otto, H.*, u. *Müller, H.*: Schülerübungen im Chemieunterricht der 8. Klasse. IV. Teil, „Chemie in der Schule“, Berlin, 2 und 3/1958.
100. *Ost, H.*, u. *Rassow, B.*: Lehrbuch der chemischen Technologie. Leipzig 1952.
101. *Pawlow, I. P.*: Sämtliche Werke. Bd. III, Berlin 1953.
102. *Petuchow, N.*: Der Inhalt der sittlichen Erziehung. Diskussionsbeiträge zu Fragen der Pädagogik, Heft 1, Berlin 1954.
103. *Petuchow, N.*: Diskussion zu einigen Fragen der Erziehung zur Kollektivität und der Bildung des Kollektivs. „Pädagogik“, Berlin, 5/1955.
104. *Priemer, H.*: Ein praktisches Stativ für Schülerübungen. „Chemie in der Schule“, Berlin, 11/1957.
105. *Raetz, G.*: Der Schülerversuch als Hausaufgabe. „Chemie in der Schule“, Berlin, 9/1957.
106. *Reichel, G.*: Bemerkungen zur Durchführung von Schülerübungen während der Abschlußprüfungen. „Chemie in der Schule“, Berlin, 6/1957.
107. *Reinmuth, A.*: Schülerübungen im Chemieunterricht der Grundschule. „Chemie in der Schule“, Berlin, 5/1957.
108. *Remy, H.*: Lehrbuch der anorganischen Chemie. Bd. I, Leipzig 1954.
109. *Renneberg, W.*: Methodik des Chemieunterrichts, 1. bis 3. Lehrbrief für das Fernstudium der Oberstufenlehrer. Pädagogische Hochschule Potsdam, 1957.
110. *Renneberg, W.*, u. *Schulze, W.*: Demonstrationsversuche oder Schülerübungen im chemischen Anfangsunterricht. „Die neue Schule“, Berlin 1950, S. 246.

111. *Renneberg, W.*: Zur Systematisierung der Salzbildungsvorgänge. „Mathematik, Physik, Chemie in der Schule“, Berlin, 6/1954.
112. *Renneberg, W.*: Bemerkungen zum Lehrplanabschnitt „Salzsäure-Chlor-Kochsalz“. „Chemie in der Schule“, Berlin, 1/1955.
113. *Renneberg, W.*: Schülerübungen im Chemieunterricht. „Chemie in der Schule“, Berlin, 2/1955.
114. *Renneberg, W.*: Laboratoriumsübungen. Bericht über den Teil II im Lehrbuch der Chemie v. S. G. Schapowalenko und J. M. Chodakow. „Chemie in der Schule“, Berlin, 6/1955.
115. *Renneberg, W.*: Die Behandlung chemisch-technischer Prozesse in der Grundschule. I. bis III. Teil. „Chemie in der Schule“, Berlin, 9, 11 und 12/1957.
116. *Rheinboldt, H.*: Chemische Unterrichtsversuche. Dresden und Leipzig 1951.
117. *Richard, J.*: Form und Technik des chemischen Arbeitsunterrichts. Unterrichtsblätter für Mathematik und Naturwissenschaften, Frankfurt (Main) und Berlin 1929, S. 210.
118. *Richert, H.*: Richtlinien für die Lehrpläne der höheren Schulen Preußens. Berlin 1925.
119. *Roloff, E. M.*: Lexikon der Pädagogik. Bd. III, Freiburg 1914.
120. *Rossa, E.*: Untersuchungen zur praktischen Durchführung von Schülerübungen im 10. Schuljahr. Staatsexamensarbeit an der Pädagogischen Hochschule. Potsdam 1955.
121. *Rossa, E.*: Demonstrationsversuch zur technischen Durchführung der Ammoniaksynthese. „Chemie in der Schule“, Berlin, 1/1956.
122. *Rossa, E.*: Die Behandlung der Schwefelsäure im 10. Schuljahr mit Hilfe von Schülerübungen. „Chemie in der Schule“, Berlin, 7/1956.
123. *Rüst E., u. Ebert, A.*: Unfälle beim chemischen Arbeiten. Zürich 1948.
124. *Schapowalenko, S. G.*: Der Chemieunterricht und die Vorbereitung der Schüler auf die praktische Arbeit. Beiträge zur Verwirklichung der polytechnischen Bildung in der deutschen demokratischen Schule, Heft 2, Berlin 1955.
125. *Scheid, K.*: Methodik des chemischen Unterrichts. Leipzig 1927.
126. *Schubert, H.*: Die Flotation, ein wichtiges Aufbereitungsverfahren. „Mathematik, Physik, Chemie in der Schule“, Berlin, 5/1956.
127. *Shdanow, A. A.*: Kritische Bemerkungen zu dem Buch Alexandrows „Geschichte der westeuropäischen Philosophie“. Berlin 1950.
128. *Skatkin, M. N.*: Die Rolle der Sinneserfahrung der Kinder beim Erfassen der Wortbedeutung. Beiträge zur Anwendung der Lehre Pawlows auf Fragen des Unterrichts. Berlin 1955.
129. *Stapf, H.*: Chemische Versuche im Unterricht. I. und II. Teil, Berlin 1950/52.
130. *Stapf, H.*: Grundlagenchemie für technische Berufe. Leipzig 1950.
131. *Stoye, K.*: Kolben zur Äquivalentgewichtsbestimmung. „Chemie in der Schule“, Berlin, 2/1954.

132. *Stracke, W.*: Schülerübungen im Chemieunterricht der 11. Klasse. Staats-examensarbeit an der Pädagogischen Hochschule Potsdam, 1957.
133. *Telebajewa, E. K.*: Erfahrungen über die Arbeit des Chemielaboranten. „Chemie in der Schule“ (russ.), Moskau, 2/1954.
134. *Teplow, B. M.*: Psychologie. Berlin 1952.
135. *Thieke, B.*, u. *Wolffgramm, H.*: Die Behandlung der Stoffeinheit „Salze“ im Chemieunterricht der Grundschule. „Mathematik, Physik, Chemie in der Schule“, Berlin, 4/1954.
136. *Thieke, B.*, u. *Wolffgramm, H.*: Die Behandlung der Unterrichtseinheit „Die physikalischen Gasgesetze“ im Chemieunterricht der 9. Klasse. „Mathematik, Physik, Chemie in der Schule“, Berlin, 11/1953.
137. *Trajer, J.*: Das System des polytechnischen Unterrichts. „Produktion und Schule“ (tschechisch), Prag, 2/1956.
138. *Ulbricht, W.*: Referat auf dem V. Parteitag der SED. „Neues Deutschland“, Berlin, v. 12. 7. 1958.
139. Verordnung des Ministerrats zur Verbesserung der Arbeit der allgemein-bildenden Schulen v. 4. 3. 1954. „Neues Deutschland“, Berlin, v. 14. 3. 1954.
140. *Vollrath, S.*: Die Anwendung der Halbmikromethode in Schülerübungen. Teil I. und II. „Chemie in der Schule“, Berlin, 9 und 10/1957.
141. *Wigge, H.*: Lehrplan für 6- bis 9stufige Volks- und Mittelschulen nach dem Prinzip der Konzentration. Berlin 1904.
142. *Winderlich, R.*: Das Experiment im naturwissenschaftlichen Unterricht. „Zeitschrift für den physikalischen und chemischen Unterricht“, 41/1928, S. 188.
143. *Winderlich, R.*: Handbuch des Unterrichts an höheren Schulen. Bd. 15, Chemie, Frankfurt (Main) 1928.
144. *Winderlich, R.*, u. *Peter, W.*: Lehrbuch der Chemie, 1. Teil. Braunschweig 1953.
145. *Wirthgen, W.*: Polytechnische Bildung und Erziehung. „Chemie in der Schule“, Berlin, 6/1957.
146. *Wolffgramm, H.*: Die polytechnische Bildung — ein Kernstück der sozia-listischen Erziehung in der allgemeinbildenden Schule. „Einheit“, Berlin, 5/1958, S. 710.
147. *Wolffgramm, H.*: Die Berücksichtigung der Grundprinzipien der chemischen Produktion im Stoffgebiet „Eisen und Stahl“ des 8. Schuljahres. „Chemie in der Schule“, Berlin, 1/1956.
148. *Zapfe, J.*: Die Einrichtung der chemischen Unterrichtsräume. „Unterrichts-blätter für Mathematik und Naturwissenschaften“, Frankfurt (Main) und Berlin 1929, S. 50.
149. *Ziemann, J.*: Unfallverhütung im Chemieunterricht. „Chemie in der Schule“. Berlin, 2/1956.

# Inhaltsverzeichnis

*Vorwort*

*Einleitung*

|  |     |
|--|-----|
| <i>I. Theoretische und praktische Grundlagen</i> .....   | 9   |
| 1. Was versteht man unter Schülerübungen? .....  | 9   |
| 2. Kurzer historischer Rückblick auf die Entwicklung der Schülerübungen .....                          | 10  |
| 3. Warum sind Schülerübungen im Chemieunterricht der deutschen sozialistischen Schule notwendig? ..... | 12  |
| 4. Organisatorische Voraussetzungen für die Durchführung von Schülerübungen .....                      | 16  |
| 5. Auf welche Weise können Schülerübungen im Chemieunterricht durchgeführt werden? .....               | 34  |
| 6. Was ist bei der Vorbereitung von Unterrichtsstunden zu beachten? .....                              | 43  |
| <br>   |     |
| <i>II. Die Durchführung von Unterrichtsstunden mit Hilfe von Schülerübungen</i> .....                  | 48  |
| 1. Die Einführung in ein neues Stoffgebiet .....   | 48  |
| 2. Das Vermitteln und Erfassen des neuen Unterrichtsstoffes .....                                      | 49  |
| 3. Die Festigung des Gelernten .....   | 53  |
| a) durch Wiederholung und Anwendung .....  | 53  |
| b) durch Systematisierung des Gelernten .....  | 55  |
| c) durch Übungen zur Ausbildung von Können, Fertigkeiten und Fähigkeiten .....                         | 56  |
| d) durch Kontrolle und Überprüfung der Schülerleistungen .....   | 58  |
| 4. Die Hausaufgaben .....  | 61  |
| <br>   |     |
| <i>III. Die bildende und erzieherische Bedeutung der Schülerübungen</i> ...                            | 64  |
| 1. Die intellektuelle Bildung und Erziehung der Schüler .....  | 66  |
| 2. Die polytechnische Bildung der Schüler .....  | 85  |
| 3. Die sittliche Bildung und Erziehung der Schüler .....   | 98  |
| 4. Die ästhetische Bildung und Erziehung der Schüler .....   | 105 |
| 5. Die körperliche Bildung und Erziehung der Schüler .....   | 106 |
| <br>   |     |
| <i>IV. Durch welche Maßnahmen kann die Einführung der Schülerübungen gefördert werden?</i> .....       | 108 |

|  |     |
|--|-----|
| <i>V. Zusammenfassung der Ausführungen</i> .....                   | 111 |
| <i>VI. Anhang</i> .....  | 113 |
| 1. Fragen der schriftlichen Arbeiten .....                         | 113 |
| 2. Unterrichtsbeispiele aus dem 7. Schuljahr .....                 | 116 |
| 3. Unterrichtsbeispiele aus dem 8. Schuljahr .....                 | 124 |
| 4. Unterrichtsbeispiele aus dem 9. Schuljahr der Oberschule .....  | 127 |
| 5. Unterrichtsbeispiele aus dem 10. Schuljahr der Oberschule ..... | 131 |
| 6. Unterrichtsbeispiele aus dem 11. Schuljahr der Oberschule ..... | 140 |
| <i>Literaturverzeichnis</i> .....                                  | 151 |