

tigen Möglichkeiten, die sich mit der Anwendung mikrobieller Enzyme zur Lösung wissenschaftlicher Fragen und für die industrielle Praxis eröffnen. Obwohl schon beachtliche Erfolge erzielt wurden, harren noch viele grundsätzliche Probleme einer Lösung, besonders im Hinblick auf die Natur der Enzyme, ihre Wirkungsweise und die Reaktionsmechanismen. Reaktionen mit Mikro-

organismen können als biologische Modelle aufgefaßt werden. Das Studium des Verhaltens der mikrobiellen Enzyme gegenüber Naturstoffen und ihren biogenetischen Vorstufen kann daher wertvolle Hinweise auf deren Biosynthese und Stoffwechsel im Pflanzen- und Tierreich liefern.

Eingegangen am 27. Oktober 1961 [A 176]

Vorschläge zur Gestaltung des Anfängerunterrichtes

VON PROF. C. MAHR

CHEMISCHES INSTITUT DER UNIVERSITÄT MARBURG/LAHN

Die bisherige Form des chemischen Anfängerunterrichts, in dessen Mittelpunkt die klassische qualitative Analyse steht, genügt den modernen Erfordernissen nicht mehr. Es wird eine Neugestaltung vorgeschlagen: Nach einem Vorpraktikum, in dem die Grundlagen der allgemeinen Chemie gelehrt werden, folgt das Grundpraktikum, in dessen Mittelpunkt präparative Trennungen stehen. Ein abgekürzter Kurs über qualitative Analyse schließt sich an. Auch das quantitativ-analytische Arbeitsprogramm läßt sich bei diesem Ausbildungsgang gegenüber früher kürzen.

Die Bestrebungen, das Chemiestudium zu kürzen, geben Anlaß, alle Teile des Ausbildungsganges daraufhin zu untersuchen, ob sie wirkungsvoller gestaltet und dadurch, bei mindestens gleicher Leistung, gekürzt werden können. Ein besonderes Problem stellt in diesem Zusammenhang der Anfängerunterricht dar. Man hat in den letzten Jahrzehnten zwar immer wieder versucht, ihn durch Abänderungen und Zusätze den Erfordernissen der sich stürmisch entwickelnden Chemie anzupassen, aber man hat ihn niemals grundsätzlich umgestaltet. Deshalb mußte man versuchen, einen großen Teil der neuen Arbeitsverfahren dem Studenten in Form von zusätzlichen Aufgaben in späteren Studienabschnitten zu vermitteln. Es erscheint der Verdacht gerechtfertigt, daß die untragbare Verlängerung des Chemiestudiums zu einem ganz wesentlichen Teil dadurch verursacht wurde, daß man allzu konservativ an der überlieferten und zweifellos in der Vergangenheit sehr bewährten Form des Anfängerunterrichts festhielt.

Die Entwicklung

Die Aufgaben des chemischen Grundpraktikums, welches Stoffkenntnis vermitteln, chemisches Arbeiten lehren, die Beobachtungsgabe üben und durch häufige Wiederholung wichtiger Reaktionen einen Grundstock von chemischen Kenntnissen unverlierbar und anschaulich einprägen soll, wurden in früherer Zeit in geradezu idealer Weise vom qualitativ-analytischen Praktikum erfüllt. Die qualitative Analyse bestand in einem systematischen Trennungsgang, bei dessen Durcharbeitung die Mehrzahl der damals für das anorganisch-chemische Arbeiten wichtigen Operationen, wie Fällern, Dekantie-

ren, Filtrieren, Auswaschen und Lösen, ständig wiederholt wurde. Da außerdem in diesem Trennungsgang ausschließlich anorganische Reagentien verwendet wurden, war die Beschäftigung mit qualitativer Analyse der natürliche Weg, dem Anfänger eine breite, experimentell begründete Kenntnis der anorganischen Chemie zu vermitteln.

Inzwischen hat jedoch die chemische Analyse ihre Form völlig gewandelt. Die anorganischen Identitätsreaktionen sind weitgehend durch Umsetzungen mit organischen Reagentien ersetzt worden, wodurch in vielen Fällen die Vortrennungen entbehrlich werden. Vor allem jedoch kann man sich heute nur noch selten mit rein qualitativen Angaben über die Zusammensetzung einer Substanz begnügen, sondern man benötigt fast immer wenigstens halbquantitative Aussagen. Deshalb werden in der Praxis physikalisch-chemische oder rein physikalische Verfahren auch für die qualitative Analyse den alten, naßchemischen Methoden vorgezogen.

Die Lage

Trotz dieser Entwicklung bildet in unseren Unterrichtsinstituten immer noch die qualitative anorganische Analyse den Schwerpunkt der Laboratoriumstätigkeit des Anfängers. Der Grund hierfür liegt vorwiegend in didaktischen und organisatorischen Erwägungen. Die qualitative Analyse der alten Form ermöglicht es, mit einer geringen Zahl von Lehrkräften eine große Studentenschar in ihrer praktischen Arbeit wirksam zu kontrollieren. Die Aufgaben sind wegen der fast unbegrenzten Variationsmöglichkeiten bei der Herstellung der zu analysierenden Gemenge in jedem einzelnen Fall verschie-

den, und es treten immer wieder neue, oft selbst den Erfahrenen überraschende Erscheinungen auf, an deren Aufklärung der Student viel lernt. Es ist nun aber unbestritten, daß die Verbesserung der qualitativ-analytischen Methodik, speziell durch die Einführung der organischen Reagentien, den didaktischen Wert der qualitativ-analytischen Arbeit für den Anfängerunterricht ganz wesentlich vermindert hat. Hierbei kann es nichts helfen, wenn man die Vorschrift erläßt, daß die dem Anfänger gestellte analytische Aufgabe mit Hilfe des alten Trennungsganges gelöst werden muß und daß selektive organische Reagentien nur an gewissen Stellen benutzt werden dürfen. Abgesehen davon, daß sich dieses Gebot leicht umgehen läßt, ist es doch auch nicht recht vertretbar, im Hochschulunterricht, dessen Ziel es ist, möglichst nahe an den neuesten Stand der Entwicklung heranzuführen, Methoden als „qualitative Analyse“ zu lehren, die nur noch eine sehr einseitige Auswahl der heute bedeutungsvollen qualitativ-analytischen Verfahren darstellen.

Will man den chemischen Anfängerunterricht intensivieren, so muß man ferner der immer stärkeren Verwachsung der Chemie mit der Physik Rechnung tragen. Statt der qualitativ-beschreibenden Behandlung des Stoffes muß man versuchen, mehr als bisher von Anfang an die physikalisch-chemische Betrachtungsweise in den Vordergrund zu rücken. Zum Beispiel sollte man an einer mit Natriumacetat versetzten sauren Lösung nicht nur, wie bisher, qualitativ auf Grund des MWG erläutern und experimentell prüfen, daß die Lösung „schwach sauer“ geworden ist, sondern man sollte bereits dem Anfänger die Möglichkeit geben, diese Änderung in pH -Werten zu berechnen und mit ausreichend genauen Methoden durch Messung zu prüfen. Zugleich aber sollte man sich bemühen, die modernen Arbeitsweisen, wie Ionentausch, Adsorption, Extraktion und Papierchromatographie, nicht erst in späteren Semestern dem Chemiker nahezubringen, sondern sie möglichst früh in der Laborarbeit zum Tragen kommen zu lassen. Daß diese Arbeitsweisen hierbei in einer dem Verständnis entgegenkommenden Weise erläutert werden müssen, ist ebenso selbstverständlich wie die Tatsache, daß volles Verständnis erst in höheren Semestern erzielt werden kann. Aber man kann die alte Forderung, daß der Student nur mit Apparaten arbeiten soll, deren Wirkungsweise er voll versteht, heute nicht mehr überspitzen. Schließlich darf der Student des Maschinenbaues auch sein Moped zur Erreichung der Institute benutzen, ehe er über Zündzeitpunkt und Radikalkettenmechanismen bei der Verbrennung im Motor Bescheid weiß.

Vergegenwärtigt man sich zusätzlich, daß die Reform des Anfängerunterrichts auf keinen Fall die gute Stoffkenntnis des deutschen Chemikers und seine anerkannte Fähigkeit zu praktisch-chemischer Arbeit beeinträchtigen darf, dann erkennt man, wie wichtig gründliche Diskussionen und vor allem auch praktische Versuche auf diesem Gebiet sind. Im experimentellen Anfängerunterricht ist derzeit die Entwicklung nachzuholen, die die anorganische Chemie des Lehrbuches und der Vorlesung in den letzten Jahrzehnten bereits durchmachte. Hier geht man heute auch nicht mehr von den qualitativ er-

kennbaren Eigenschaften des Wassers, der Luft usw. aus, sondern man versucht, die Chemie aus dem Atom- und Molekülbau abzuleiten.

Die Möglichkeiten

Aus der oben skizzierten Entwicklung ergibt sich, daß zur experimentellen Einführung in die anorganische Chemie Versuche allgemeiner und physikalisch-chemischer Art notwendig sind, daß es aber auch notwendig ist, eine Arbeitsweise zu finden, die die großen didaktischen Vorteile der früheren qualitativ-analytischen Praktikumsaufgaben beibehält, sich jedoch in Zielsetzung und Ausführung den veränderten Anforderungen anpaßt. Aus diesen Erkenntnissen heraus hat der Verfasser das anorganische Grundpraktikum [1] in folgender Weise aufgebaut:

Vorpraktikum

Die chemische Tätigkeit jedes Praktikanten im Institut, also sowohl der Chemiker als auch der Lehramtskandidaten und der Naturwissenschaftler, beginnt mit einem Vorpraktikum. In diesem erhält der Student Kenntnis der wichtigsten chemischen Arbeitsweisen. Er lernt das richtige Erhitzen von Flüssigkeiten und festen Stoffen, das Füllen von Niederschlägen, das Filtrieren, Zentrifugieren, Destillieren usw. nicht „nebenbei“ an Hand von Versuchen, deren Hauptanliegen die Vermittlung stofflicher Kenntnisse ist, sondern er kann seine ganze Aufmerksamkeit auf die richtige Ausführung der betreffenden Arbeitsweise konzentrieren, weil er noch nicht gezwungen wird, sich gleichzeitig einen chemischen Sachverhalt einzuprägen.

In gleicher Weise angelegt ist der zweite Teil des Vorpraktikums, der den Grundgesetzen der Chemie in wäßriger Lösung gewidmet ist. Ein Beispiel: Der Student lernt zwar das Verhalten einer schwachen Säure und die Anwendung des MWG auf das Dissoziationsgleichgewicht in ihrer Lösung wie bisher am Beispiel der Essigsäure kennen. Er bekommt die Essigsäure aber an dieser Stelle nur als Typ einer schwachen, einprotonigen Säure dargeboten und braucht sich nicht zu gleicher Zeit noch um die stoffliche Eigenart, den Nachweis und die Umsetzungen der Essigsäure zu kümmern. Sein Lernvermögen wird daher nicht durch die Notwendigkeit überfordert, sich gleichzeitig zwei verschiedene Betrachtungsweisen des Systems Essigsäurelösung einzuprägen, wie es der Fall ist, wenn das Beispiel schwache Säure bei der üblichen qualitativ-analytischen Durcharbeitung der Acetate gebracht wird. Da jedoch das chemische Praktikum die Kenntnisse so viel wie möglich durch eigene Versuche einprägen soll, ist es erwünscht, daß die Dissoziationskonstante einer schwachen Säure nicht nur als wichtige und häufig anzuwendende mathematische Größe eingeführt wird, sondern daß sie für den Anfänger durch eine eigene experimentelle Bestimmung zur Realität wird. Hierzu bedarf es dann allerdings einer exakten pH -Messung. Daß hierbei der Anfänger bereits

[1] C. Mahr: Anorganisches Grundpraktikum, Verlag Chemie, Weinheim 1961, 2. Aufl.

mit *pH*-Meter und Glaselektrode arbeitet, ist weder praktisch noch didaktisch ein Nachteil. Er benutzt die Geräte, deren Wirkungsweise er im Grundsätzlichen erläutert bekommt, nur als Hilfsmittel, um auswertbare Meßergebnisse zu erhalten. Aufbau, Wirkungsweise und vor allem Fehlermöglichkeiten der *pH*-Messung in allen Einzelheiten lernt er erst viel später im physikalisch-chemischen oder im fortgeschrittenen analytischen Praktikum kennen. Wenn er dann dort sorgfältige *pH*-Messungen durchführt, wird er sich an seine ersten *pH*-Bestimmungen erinnern. Es entstehen durch diese „mehrstufige“ Einführung des gleichen Sachverhaltes oder der gleichen Methode wertvolle Verbindungslinien zwischen den einzelnen Ausbildungsabschnitten, die für den Studenten vielfach unverbunden nebeneinander stehen.

Aus der Tatsache, daß im Vorpraktikum fast keine Stoffkunde getrieben wird, sondern im wesentlichen nur allgemeine und physikalische Chemie, ergibt sich der Vorteil, daß der Chemiestudent des ersten Semesters erst dann mit den Elementen und Verbindungen zu experimentieren beginnt, wenn inzwischen in der Hauptvorlesung die allgemeine Einführung abgeschlossen und man bei der Besprechung der Stoffe angelangt ist. Im Vorpraktikum sind die Anforderungen an den Anfänger bewußt gesteigert worden, vor allem wird auf die Übung in einfachen Berechnungen auf Grund des klassischen MWG großes Gewicht gelegt, um schon an dieser Stelle den Studenten darauf vorzubereiten, daß die Chemie sich derzeit immer rascher aus einer beschreibenden in eine exakte Wissenschaft umwandelt.

Grundpraktikum; präparative Trennungen

Nach der Durcharbeitung des Vorpraktikums, die 4 bis 5 Wochen in Anspruch nimmt, beginnt das eigentliche anorganische Grundpraktikum. Hier werden in der Hauptsache die üblichen und für die Aneignung genügender Stoffkenntnis auch unerläßlichen Reagensglasversuche durchgeführt. Es wird jedoch versucht, durch größere Einzelaufgaben präparativer und quantitativer Art die Studenten schon in den ersten Semestern mit den modernen Arbeitsverfahren vertraut zu machen und so weit wie möglich die qualitative Arbeitsweise durch quantitative Aufgaben zu ergänzen.

Erfahrungsgemäß prägen sich die Reaktionen der Elemente nur durch mehrfach wiederholte eigene Beobachtung ein, und auch die wichtigsten chemischen Handgriffe kann man nur durch Wiederholung bestimmter Arbeitsweisen nachhaltig einüben. Dieses geschah früher in ausreichender Weise durch die qualitativen Analysen. Für die Anionen, bei denen auch in der Praxis noch am ehesten die klassischen chemischen Nachweismethoden von Bedeutung sind, werden daher auch in dem hier vorgeschlagenen Lehrgang einige wenige Übungsanalysen der alten Art beibehalten, doch wird selbstverständlich die Ausführung im zeit- und materialsparenden Halbmikro-Maßstab verlangt. Die Vertiefung der Kenntnisse über die Kationenreaktionen wird jedoch aus den oben dargelegten Gründen nicht mehr durch qualitativ-analytische Aufgaben erstrebt. An deren Stelle müssen die Praktikums Teilnehmer sog. „prä-

parative Trennungen“ durchführen: Der Student erhält, wie früher, ein ihm in der Zusammensetzung unbekanntes Gemisch von Salzen der verschiedenen Elemente mit dem Auftrag, die einzelnen Kationen in Form möglichst reiner anorganischer Niederschläge aus dem Gemenge abzutrennen. Es wird also nicht mehr die Aufgabe gestellt, die einzelnen Ionen eines Gemisches nachzuweisen, sondern sie vielmehr in Form von Niederschlägen abzutrennen. Die ausgefällten Verbindungen sind in Zentrifugengläsern beim Assistenten vorzuzeigen, wobei die Abscheidungsform und Farbe der Niederschläge eine viel wirksamere Kontrolle über die Arbeitsweise des Praktikanten gestattet als ein schriftliches Protokoll über eine qualitative Analyse.

Der Student muß bei der so gestellten Aufgabe, genau wie in der früheren qualitativen Analyse, die anorganisch-chemischen Reaktionen wiederholen, aber er kommt gar nicht erst in die Versuchung, vorzeitig Farbreaktionen mit organischen Reagentien zu verwenden, die ihm in Konstitution und Reaktionsweise noch völlig unverständlich sind. Mit diesen Trennungen wird eine Arbeitsweise geübt, die von großer Bedeutung geworden ist für die Vortrennungen bei der Spurenanalyse, für die Abtrennung von Radionucliden und bei gewissen präparativen Arbeiten. Es wird damit dem Studenten eine durchaus aktuelle Aufgabe gestellt, die überdies flexibler ist als die Ausführung von Analysen nach einem eingefahrenen Analysengang: Gibt man dem Praktikanten hin und wieder Gemische, deren Bestandteile er nicht erst durch die Anwendung des Trennungsganges ermitteln soll, sondern deren Zusammensetzung ihm mitgeteilt wird, so wird der intelligente Student rasch erkennen, daß er viel Zeit und Arbeit ersparen kann, wenn er nicht den auf das Vorhandensein aller Elemente abgestimmten Trennungsgang mechanisch anwendet, sondern wenn er sein Wissen von den Reaktionen der einzelnen Ionen dazu benutzt, sich neue, einfachere Trennungsmöglichkeiten auszudenken. Solche Aufgaben können in sehr vielseitiger Form zur Übung auch theoretisch durchgesprochen werden. Stellt man z. B. die Frage, wie präparativ (also noch nicht quantitativ-analytisch!) Eisen und Kupfer zu trennen wären, so sollte der Gefragte nicht nur die klassische Analysentrennung (CuS -Fällung in der Sulfangruppe, FeS - oder $\text{Fe}(\text{OH})_3$ -Fällung in der Ammoniumsulfid- bzw. Hydrolysen-Gruppe) kennen, sondern auch weitere Vorschläge machen können, die z. B. auf der Unlöslichkeit des CuSCN beruhen können oder auf der Unmöglichkeit, durch Ammoniak den Eisen-aquo- oder -hydroxo-Komplex in den Amminkomplex zu überführen. Die Besprechung solcher Übungsaufgaben im Seminar gibt den Teilnehmern rasch eine große geistige Beweglichkeit, ohne daß sie zu einer rein „papierchemischen“ Spielerei werden könnte, weil ja stets die Verbindung zu den wirklich praktisch ausgeführten Trennungen hergestellt werden kann.

Legt man dem Praktikum eine genügend vielseitige und ausführliche Anleitung zugrunde, aus der der Praktikumsleiter das ihm Zusagende auswählt, so kann man auch daran denken, einzelne Elementgruppen, z. B. der sog. selteneren Elemente, oder bestimmte aufwendige

Versuche nur von einem Teil der Praktikanten durcharbeiten zu lassen, während der andere Teil dafür solche Aufgaben übernimmt, die die erste Praktikantengruppe ausfallen ließ. In gemeinsamen Besprechungsstunden können dann die Erfahrungen ausgetauscht und gegebenenfalls sogar geeignete Versuche demonstriert werden. Eine derartige Verteilung der Aufgaben hilft Arbeitszeit ersparen, ohne daß wichtige Teile des Lehrganges einem Teil der Praktikumssteilnehmer gänzlich unbekannt bleiben. Die „alternierende“ Arbeitsweise übt außerdem die heute so notwendige Fähigkeit zur Gemeinschaftsarbeit, zum „teamwork“.

Qualitative Analyse

Trotz der verminderten praktischen Bedeutung der qualitativen Analyse ist es jedoch unerlässlich, jedem Chemiker die Kenntnis zu vermitteln, wie er mit Hilfe der modernen Spezialreagentien einzelne Bestandteile empfindlich und selektiv nachweisen kann und wie man aus den neuen Reaktionen einen vereinfachten Analysengang für Gemische aufbaut. Der Student hat inzwischen nicht nur die anorganischen Reaktionen eingeübt, sondern auch die Vorlesung über organische Chemie gehört. Infolgedessen kann nun der dritte Ausbildungsabschnitt, die qualitative Analyse, in viel konzentrierterer Form als früher dargeboten werden. Der Kurs beginnt mit 20 Versuchen über die Anwendung der organischen Reagentien, über die Eigenschaften der Chelatbildner, über Metallindikatoren, Dekomplexierung und Komplexeextraktion. Anschließend berücksichtigt ein ausführlicher Trennungsgang die qualitative Analyse von Gemischen einschließlich der sog. selteneren Elemente und ein abgekürzter Gang die Übungsanalyse von einfachen Gemengen.

Bekanntlich ist man mehr und mehr bestrebt, in der Laboratoriumspraxis solche Verfahren oder Geräte anzuwenden, die an die Geschicklichkeit und Erfahrung des Ausführenden keine besonderen Anforderungen stellen und das Ergebnis auf einem mehr automatischen Wege erzielen lassen. Für die qualitative chemische Analyse bietet die Papierchromatographie in dieser Hinsicht manche Vorteile. Ob man jeden Teilnehmer am chemischen Praktikum auch papierchromatographische Analysen ausführen lassen soll oder ob auch hier die oben angedeutete „alternierende“ Arbeitsweise angebracht ist, muß die Erfahrung lehren. Es ist jedoch bemerkenswert, daß einige bekannte Praktikumsbücher über qualitative Analyse nunmehr auch die anorganische Papierchromatographie berücksichtigen.

Die geschilderte Gliederung des Praktikumsabschnittes, der früher ganz allgemein „Qualitative Analyse“ hieß, scheint mir geeignet zu sein, bewährtes Altes mit den Forderungen der inzwischen weitergegangenen Entwicklung zu verbinden. Ein Vorschlag, der den stofflichen Inhalt des anorganischen Anfängerpraktikums diskutiert, wäre jedoch unvollständig, wenn er nicht auch Hinweise enthielte, wie dieses Praktikum so auszugestalten ist, daß der fleißige und begabte Student innerhalb von vier Semestern alle vor dem Vordiplomexamen notwendigen Praktika absolvieren kann.

Aus der Erkenntnis heraus, daß die von der Schule kommenden Anfänger vielfach noch gar nicht in der Lage sind, ihre Zeit rationell einzuteilen, ist der Anfangsteil der Ausbildung, das Vorpraktikum, in feste Halbtagspensen eingeteilt, deren jedes 3 bis 4 Stunden Laboratoriumsarbeit erfordert. Diese Unterrichtsgestaltung bedingt ausreichende Betreuung durch Assistenten, die nach den neuen Plänen in absehbarer Zeit zur Verfügung stehen werden. In der Zwischenzeit behelfen wir uns hier mit Semesterhilfskräften. Für je 12 Praktikanten des Vorpraktikums steht ein Student des zweiten oder dritten Semesters zur Verfügung, der die notwendigen Geräte überwacht, ausleiht, ihre Benutzung erläutert und die Anfänger in die praktische Arbeit einführt. Die Hilfskräfte lernen und wiederholen bei dieser Tätigkeit sehr viel, und da sie für ihren Zeitverlust dadurch entschädigt werden, daß sie in den Ferien während der Doktorandenarbeitszeit ebenfalls im Laboratorium tätig sein können, nehmen gerade die aktiveren und begabten Studenten gerne diese Arbeit auf sich.

Die Vor- oder Nachmittage, die durch andere Vorlesungen oder Übungen, z. B. Physikpraktikum, keine dreistündige zusammenhängende Tätigkeit der Anfänger gestatten, werden zur Anfertigung der Protokolle, zur Vorbereitung der neuen Versuche und vor allem zu Seminarbesprechungen benutzt, so daß von vornherein ein intensives Arbeiten gewährleistet ist. Der Praktikumsabschnitt erhält dadurch einen stark schulmäßigen Charakter, der nur als Übergang zu einer freieren, der Universität gemäßen Gestaltung der weiteren Ausbildung tragbar ist.

Das nun folgende Haupt-Praktikum läuft ohne festgelegte Tages- oder Wocheneinteilung ab, doch soll die Tätigkeit des einzelnen in ihrer Gesamtdauer sich an die aufgestellten Richtzeiten halten. Die Studenten haben weiterhin die Verpflichtung, regelmäßig an Seminaren teilzunehmen und müssen wie üblich durch Zwischenkolloquien ihre theoretischen Kenntnisse nachweisen. In Marburg lassen wir diejenigen Zwischenprüfungen, die im wesentlichen nur zur Einprägung des notwendigen Wissensstoffes dienen, von einer größeren Zahl von Doktoranden abnehmen. Der hierdurch erheblich entlastete Hauptassistent kann seine Kolloquien auf die größeren Zusammenhänge und auf die Vermittlung von Verständnis abstellen, ohne daß der einzelne Doktorand wesentlich beansprucht wird.

Der Praktikumsabschnitt „Qualitative Analyse“ kann aus den oben dargelegten Gründen gekürzt werden. Da die Gruppentrennungen bereits im Grundpraktikum geübt wurden, können hier sofort Gesamtanalysen mit ansteigendem Schwierigkeitsgrad ausgegeben werden. Nach vier bis fünf Gesamtanalysen gibt der Verfasser gern Legierungen oder technische Produkte aus, deren quantitative Zusammensetzung ihm bekannt ist, so daß die analytische Leistung besser beurteilt werden kann als bei willkürlich und von Hilfskräften zusammen gemischten Gemengen unbekannter Konzentrationsrelation und manchmal sogar unbekannten Reinheitsgrades. Sehr wirkungsvoll haben sich die schon seit vielen Se-

mestern eingeführten, nach Ausbildungsstufen getrennten schriftlichen Klausurarbeiten erwiesen. Durch die Kolloquien und Seminararbeiten ist der Stand der theoretischen Kenntnisse gut zu überwachen, über die praktischen Fähigkeiten des einzelnen geben die insgesamt etwa 15–20 präparativen Trennungen sowie die Ausführung der größeren, testatpflichtigen Versuche und Bestimmungen Aufschluß.

Eine mündliche Abschlußprüfung durch den Instituts- oder Abteilungsleiter schließt die anorganische Grundausbildung ab.

Quantitative Analyse

Der nach diesem Arbeitsprogramm ausgebildete Student bringt für die Tätigkeit im quantitativ-analytischen Praktikum eine Reihe von Kenntnissen (*pH*, Titralkurven, Indikatoren, Puffer usw.) und Fertigkeiten (Wägen, Titrieren und Potentialmessung) mit, so daß der praktische Kurs in quantitativer Analyse entsprechend intensiviert und gekürzt werden kann. Wir versuchen stattdessen, den bis hierhin straff organisierten und dem einzelnen wenig Freiheit lassenden Laboratoriumsbetrieb nun radikal aufzulockern. Hierzu dient die nach der Grundausbildung in quantitativer Analyse auszuführende „Literaturarbeit“, die entweder in der Nacharbeitung neuerer quantitativ-analytischer Originalarbeiten besteht oder, nach Möglichkeit, in der Mithilfe an analytischen Arbeiten, die bei den Diplom- oder Doktorarbeiten des anorganischen oder analytischen Institutes anfallen. Werden diese Praktikanten zur Mitarbeit den einzelnen Doktoranden zugeteilt, so entsteht einerseits für 5 bis 6 Wochen ein wirkungsvolles Tutoren-Schüler-System, andererseits lernt der Doktorand hierdurch den rationellen Arbeitseinsatz von Hilfskräften sowie deren Beurteilung und Überwachung, was seiner späteren Tätigkeit in der Industrie zugute kommt. Der Student des vierten Semesters merkt bei dieser Aufgabe sehr schnell, daß er nun erstmals zu eigenverantwortlicher wissenschaftlicher Arbeit herangezogen wird.

Zeitbedarf

Insgesamt ergibt sich folgender Zeitbedarf für die einzelnen Ausbildungsabschnitte vor dem Vorexamen:

1. Semester: Vorpraktikum (4–5 Wochen), Anionenreaktionen.
2. Semester: Metalle, präparative Trennungen. Vorbereitung der qualitativen Analyse.

3. Semester: Qualitative Analyse, Grundausbildung in quantitativer Analyse.

4. Semester: Erste Hälfte: Physikalisch-chemisches Praktikum I. Zweite Hälfte: Selbständige quantitativ-analytische Arbeit.

Weitere anorganische Ausbildung

Neben der präparativ-trennenden und der qualitativ-analytischen Arbeit muß der Chemiker auch die nötige praktische Erfahrung im präparativ-anorganischen Arbeiten vermittelt bekommen. Hierzu dienen einerseits die in den Grundpraktikumslehrgang eingeschalteten 27 Präparate, die in einer vom Laboratoriumsleiter zu treffenden Auswahl von allen Praktikanten hergestellt werden, andererseits 5 bereits etwas anspruchsvollere Präparate, die für den einzelnen Studenten individuell ausgesucht und von diesem während des quantitativ-analytischen Praktikums dargestellt werden. Diese präparative Arbeit sollte jedoch mit relativ einfachen Hilfsmitteln und in der Regel auf dem eigenen Arbeitsplatz ausführbar sein, da die schwierigeren anorganisch-präparativen Arbeiten ebenso einem Fortgeschrittenenpraktikum kurz vor Ablegung des Hauptdiplomexamens vorbehalten bleiben müssen wie ein Kurs über moderne Methoden der quantitativen Analyse.

Ausblick

Es mag vielleicht manchem Fachgenossen, der einer guten qualitativ-analytischen Ausbildung die sichere Begründung seines chemischen Wissens verdankt, bedauerlich erscheinen, wenn nunmehr die qualitative Analyse in ihrem Anteil an der Ausbildung des Anfängers so stark beschnitten werden soll. Hier liegt ein Mißverständnis vor, denn die hier vorgeschlagene Arbeitsweise macht gerade wieder den alten, rein anorganischen Trennungsgang in der ursprünglichen Form, allerdings mit völlig veränderter Zielsetzung, zur Grundlage des Praktikums. Es wird dadurch nicht nur die alte „Scheidekunst“ wieder belebt, sondern man gewinnt auch Raum für die Neugestaltung des analytischen Unterrichtes, der den heutigen Anforderungen angepaßt werden muß, wenn er dem Studenten Anregung verschaffen soll. Es ist zu hoffen, daß gerade die Zurückdrängung des qualitativ-analytischen Unterrichtes in der Anfängerausbildung die Ansicht des wissenschaftlichen Nachwuchses vom Stand und den Aufgaben der analytischen Chemie entzerrt und daß daher diese Vorschläge dazu beitragen, das Interesse an der modernen chemisch-analytischen Forschung auch in Deutschland wieder zu beleben.

Eingegangen am 9. Januar 1962 [A 192]