

Christoph Meinel

Chemische Laboratorien: Funktion und Disposition*

Fritz Krafft zum 65. Geburtstag gewidmet

Summary: In this essay laboratories are dealt with as symbolic spaces that structure social relationships and ways of knowledge in chemistry. The spatial vicissitudes of the nineteenth-century research laboratory reflect, and at the same time direct, the way chemical knowledge is being produced, transmitted, and perceived.

Schlüsselwörter: Chemische Laboratorien, Organisation der Forschung, Semiotik des Laboratoriumsbaues; XVIII Jh., XIX Jh.

Laboratorien sind räumliche Dispositive, in denen die Produktion, Ordnung und Übermittlung des Wissens geschieht. Räume des Wissens grenzen ab: das Laboratorium vom Hörsaal und von der Bibliothek – und sie grenzen aus: *laboratory life* vom Leben auf dem Campus und dem Marktplatz. Räumliche Ordnungen strukturieren die Interaktion von Menschen und Dingen: die Abfolge von Arbeitsschritten – sie prägen Formen der Kommunikation: das Gespräch am Laborplatz, die theatralischen Gesten des Großen Hörsaals – sie differenzieren sozial: in Räume für Professoren, Fortgeschrittene, Anfänger oder technisches Personal – und sie differenzieren funktional: in Forschungs- und Praktikumsräume, in Spektroskopie-, Wäge- und Titrierzimmer. Hinter der intellektuellen, materiellen und sozialen Praxis der Wissenschaft liegen räumliche Ordnungsmuster verborgen, die diese Praxis organisieren und stabilisieren.

Vor dem Hintergrund des neuerdings breiten wissenschaftshistorischen Interesses an räumlichen Aspekten der Wissensproduktion¹ will ich versuchen, in einer eher semiotischen Lesart räumliche Dispositionen, wie sie das Chemische Laboratorium aufweist, auf ihre wissens- und wissenschaftssoziologischen Implikationen hin zu befragen. Dabei werde ich denjenigen Aspekt ins Zentrum meiner Betrachtung stellen, der schon in der internationalen Diskussion² um den spektakulären Aufschwung der Laborwissenschaft im letzten Drittel des 19. Jahrhunderts besondere Beachtung erfahren hatte: den architektonischen. Die Existenz des Laboratoriums als definierte räumliche Struktur sei dabei vorausgesetzt, wie auch die Frage, wie das Laboratorium den Status eines privilegierten Raumes des Wissens erlangt hat, in diesem Zusammenhang nicht behandelt werden kann.

1. Produkte und Prozesse

Bis ins 18. Jahrhundert hinein hat man Chemie an den Universitäten als Hilfswissenschaft der Medizin gelehrt, und sie blieb meist auf die Arzneibereitung beschränkt³. Für Generationen gab hierbei der Lehrkurs das Vorbild ab, den Her-

* Vortrag, gehalten auf dem XXXVI. Symposium der Gesellschaft für Wissenschaftsgeschichte, „Räume des Wissens“, 13.–15. Mai 1999 in Ingolstadt.

mann Boerhaave 1718 in Leiden eingerichtet hatte. Das daraus hervorgegangene Lehrbuch⁴ bietet eine chemische Handlungs- oder Verfahrenslehre dar: Der allgemeine Teil handelt von den Agentien, den Lösungsmitteln und Gerätschaften des Chemikers; der spezielle Teil zeigt einzelne ‚Prozesse‘, jeweils in Darstellung (*apparatus*) und Nutzen (*usus*) gegliedert. Typischerweise beginnen sie mit einem „Man nehme ...“ (*sumatur*) und laufen letztlich auf eine Lehre von den Rezepturen und Vorgehensweisen hinaus. Das Modell für diesen Darstellungstyp war die Pharmakopöe, das Arzneibuch des Apothekers.

Im Laboratorium wurde die gleiche Systematik der Produkte und der Prozesse räumlich und gewissermaßen naturhistorisch expliziert. Feuer und Lösungsmittel waren für Boerhaave die Grundoperatoren der Chemie. Ihnen entsprachen die beiden Grundtypen der Apparatur: Gefäße und Öfen. Die chemischen Produkte ordnete Boerhaave hingegen nach den drei Reichen der Natur. So kennen wir es auch aus ideal- oder realltypischen Laboratoriumsdarstellungen der Zeit. Die Vielfalt der Öfen und der Gefäße bestimmt den Gesamteindruck. Wie im Lehrbuch sind die Operationen und ihre Abfolge hier aufgereiht. Zusätzlich zeigen die Bilder oft noch die Präparatensammlung, in naturhistorischer oder apothekarischer Ordnung wie ein zu memorierendes Tableau präsentiert. Seltsam verloren nehmen bisweilen die Menschen sich aus in solchen Räumen, wenn die Abbildungen uns überhaupt Personen zeigen⁵. Stattdessen dominiert die Typologie der *processus* von *via secca* und *via humida* und ihre systematische Disposition im Raum – ganz wie in den Ordnungssystemen der alten *ars memoriae*. Das 18. Jahrhundert hat diesen Ansatz zur naturhistorischen Methode fortentwickelt. Noch in der *Encyclopédie* von Diderot und d'Alembert werden Produkte und Prozesse der gewerblichen Welt rationalisiert und damit dem gelehrteten Wissen zugeführt, indem sie naturhistorisch geordnet werden. Es ist daher ganz folgerichtig, wenn im Tafelteil der *Encyclopédie* das chemische Laboratorium (als räumliche Ordnung des Apparats) und Geoffroys Affinitätstafel (als theoretische Ordnung der chemischen Verwandtschaftskräfte) auf ein und demselben Blatt erscheinen (Abb. 1)⁶.

Soweit wir den überlieferten Bildquellen trauen dürfen⁷, präsentiert sich das chemische Unterrichtslaboratorium zunächst als ein Gedächtnistheater, in dem Prozesse und Produkte in räumlichen Beziehungen geordnet werden. Was daraus für die Praxis des Unterrichtens folgt, und ob wir uns vorzustellen haben, daß etwa Boerhaave mit seinen Studenten die *loci* des chemischen Wissens abschritt, um im Labor Ding und Begriff *ad oculos* zu demonstrieren, muß angesichts der spärlichen Quellenlage offen bleiben. Für die botanischen Gärten zumindest ist ein entsprechender Umgang mit der räumlichen Ordnung bezeugt.

2. Ausdifferenzierungen

Adressaten des praktisch-chemischen Unterrichts waren in erster Linie künftige Apotheker. Gegen Ende des 18. Jahrhunderts galt deren traditionelle Ausbildung in Form eines Lehrverhältnisses als unzureichend. Chemie und vor allem die chemische Analytik erschienen geeignet, die wissenschaftliche Basis und zugleich den sozialen Status des Berufs zu heben. Dem Beispiel Johann Christian Wiegles in Langensalza folgend, entstanden daher private Lehranstalten⁸. In diesen sollten Apotheker und Gewerbetreibende eine praktisch-chemische Elementarausbildung

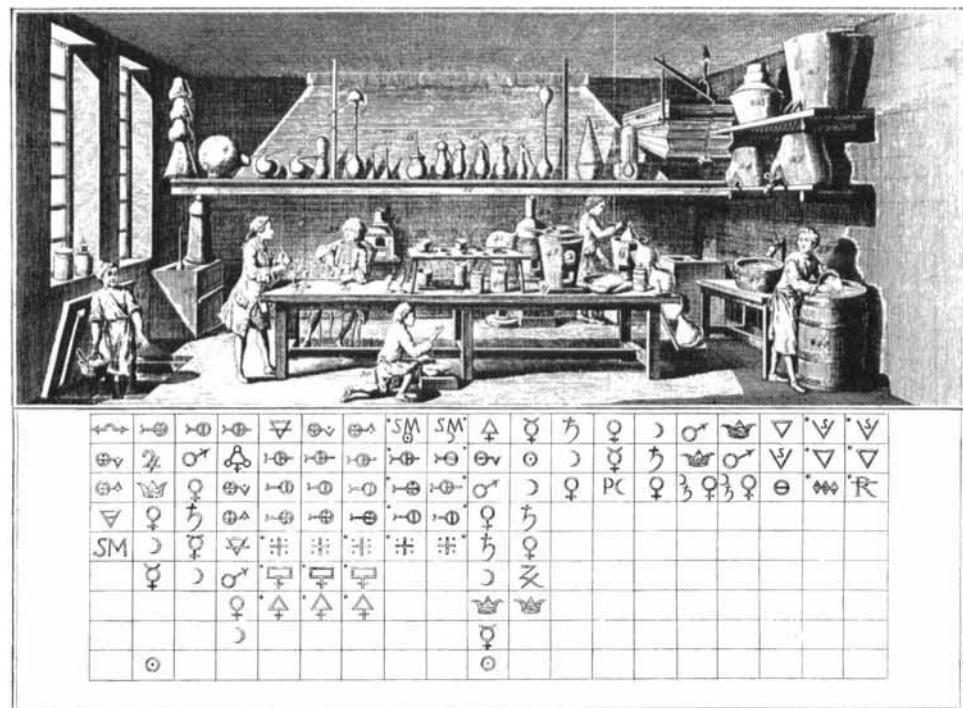


Abb. 1: Laboratoire et Table des Rapports, 1768. Aus: Recueil des planches (wie Anm. 6).

erhalten. Das erfolgreichste dieser Institute war die 1795 in Erfurt eröffnete ‚Chemisch-physikalische und pharmaceutische Pensionsanstalt für Jünglinge‘ von Johann Bartholomäus Trommsdorff. Aus solchen *Boarding Schools* sind viele der chemischen und pharmazeutischen Universitätsinstitute hervorgegangen; denn ihre Leiter waren häufig Professoren und konnten die zunächst privat betriebenen Internate nach und nach in die staatlichen Strukturen der Hochschulen eingliedern.

Auch das kleine ‚Chemisch-pharmaceutische Institut‘, das der junge Justus Liebig 1825 in Gießen gegründet hatte, folgte diesem Modell⁹. Der Unterricht fand in den Räumen der Universität statt; das Schulgeld aber floß dem Professor zu, der daraus die Lehrmittel zu bestreiten hatte. Damit aber schien das Ausbildungsmopol der Universität und ihre korporative wie administrative Einheit durch ein strukturfremdes Element in Frage gestellt. In Gießen stellte der Senat daher fest, es sei zwar Aufgabe der Universität, künftige Staatsdiener heranzubilden; wer indes Unternehmer werden wolle, der könne den Staat dafür nicht in Anspruch nehmen. Die Folge war, daß Liebigs Institut zwar geduldet, bis 1835 jedoch nicht als eigentlicher Teil der Universität betrachtet und daher von Liebig privat finanziert wurde. Ähnliche Verhältnisse, die jeweils auf räumliche Differenzierungsprozesse hinweisen, finden sich noch bis in die 1860er Jahre an vielen Universitäten. Heute würden wir diese Konstruktion vermutlich ein An-Institut nennen.

Als strukturbildendes Element schuf das Laboratorium also zunächst einen Bin-nenraum innerhalb des Universitätskörpers. Dies geschah, indem ein externes Ele-

ment – hier: das Modell einer *Boarding School* – der Universität implantiert wurde, und zwar in administrativer wie in konkret baulicher Hinsicht. Der so konstituierte Raum war ein Zwitter: Er war öffentlicher Raum und insofern Bestandteil des staatlichen Unterrichtswesens, zugleich aber privater Raum, dessen intellektuellen wie materiellen Binnenverkehr der Professor kontrollierte. Die Herstellung eines solchen Binnenraums ermöglichte dann, daß sich Binnenstrukturen des intellektuellen und sozialen Verkehrs ausbildeten.

Das Laboratorium als Raum des chemischen Wissens grenzt ab und grenzt aus. Seine räumlichen Grenzen markieren zugleich soziale Grenzen. Hereingenommen ist ein auf gewerbliche Praxis gerichtetes Handeln, das in der universitären Gelehrsamkeit sonst keinen Platz hatte. Wer hier laborierte, war typischerweise kein Anwärter auf die traditionellen beamtenstaatlichen Laufbahnen, oft nicht einmal Abiturient, und hatte damit einen Sonderstatus, wie ihn das Laboratorium selbst innerhalb des Universitätskörpers genoß.

Die Binnenstruktur des Gießener Laboratoriums, zunächst behelfsmäßig in einer ausgedienten Wache untergebracht, folgte einer von Arbeitsprozessen und deren Einübung bestimmten, hierarchisch nach Lehrherr und Lehrling, aber räumlich nicht weiter differenzierten Ordnung. Gemeinsam genutzte Arbeitsflächen gaben die Schnittpunkte der eher simultan und chaotisch verlaufenden Interaktionsmuster vor. Von einem geregelten Ausbildungsgang oder gar einer Anleitung zur Forschung konnte anfangs keine Rede sein. Auch hatte Liebigs eigenes Forschungsprogramm zunächst noch wenig Kontur. Mitarbeiter waren daran selten beteiligt.

Gleichwohl unterschied sich das Gießener Laboratorium von den naturhistorischen Dispositiven des 18. Jahrhunderts. Nicht die didaktisch gemeinte Systematik von Prozessen und Apparaturen bestimmte die Anlage, sondern die gemeinsame praktische Arbeit an einem zentralen Tisch oder Herd. Nicht um das Vorzeigen, Benennen und Ordnen ging es hier, sondern um die Aneignung gewisser Fertigkeiten. Die didaktische Konstellation war die des traditionellen Lehrverhältnisses: Im überschaubaren Raum konnte der Lehrer seinen Zöglingen Handgriffe vorführen und erläutern, damit diese sie nachmachen und einüben konnten. Nicht anders war dies in Apotheken schon lange üblich, und insofern unterschied sich Liebigs erstes Gießener Labor einzig durch seine Einbeziehung in den universitären Raum.

3. Experimentalsystem und Kontrolle

Die entscheidende Veränderung dieser Raumordnung ging von einer apparativen Innovation aus. Tatsächlich waren es meist Apparate, die den Funktionswandel von Laboratorien ausgelöst haben. Das gilt für die Luftpumpe von Boyle wie für die Gasometer und Waagen von Lavoisier und erst recht für die großen Teilchenbeschleuniger der Gegenwart. 1831 hatte Liebig die organische Elementaranalyse zu einer einfachen, schnellen und verlässlichen Methode fortentwickelt. Erstmals ließ sich nun mit vertretbarem Aufwand und binnen kürzester Frist der Gehalt einer Probe an Kohlenstoff, Wasserstoff und Stickstoff bestimmen, ohne daß es dazu langjähriger Übung und der Arbeitskraft eines Experten bedurfte. Damit veränderten die Analysenergebnisse selbst ihren Stellenwert: Sie waren nicht länger ein Forschungsziel *per se*, sondern wurden zu Daten, mit deren Hilfe sich der Forschungsprozeß lenken ließ. Damit war die Voraussetzung für komplexere Untersuchungen

geschaffen; denn die benötigten Analysenergebnisse konnte sich Liebig nun mit Hilfe des neuen Apparats von Hilfskräften erheben lassen, während er selbst die Hände und den Kopf frei bekam für größere Zusammenhänge.

Statt also einzelnen Mitarbeitern isolierte Aufgaben zu stellen oder sie als Hilfskräfte für eigene Untersuchungen heranzuziehen, mobilisierte Liebig jetzt die Kräfte seiner Studenten, um mit ihrer Hilfe größere Forschungsfelder zu erschließen. Liebigs eigene Rolle bestand darin, das Problem zu definieren, seine Erfahrung einzubringen, die Aufgaben unter den Bearbeitern zu verteilen und schließlich die Teillösungen zusammenzuführen. Dies ist der eigentliche Beginn der universitären Forschungsgruppe und des modernen, arbeitsteiligen Forschungslabors in den Naturwissenschaften.¹⁰ Die Analysenapparatur besorgte das Feedback. Sie wurde Kontroll- und Referenzinstrument bei der Produktion chemischen Wissens. Von hier aus ließ sich Forschung organisieren, zentral kontrollieren, arbeitsteilig funktionalisieren und zur routinemäßigen Produktion von Daten verwenden.

Will man John Pickstones wissenssoziologischer Typologie¹¹ folgen, so wäre hier der Übergang von der ‚gelehrten‘ Form naturhistorischen Ordnungswissens zur ‚analytischen‘ Form des Wissens vollzogen. Mit der forschungsenkenden Kontrollfunktion der Apparatur ist zugleich der Schritt zum ‚Experimentalwissen‘ getan, bei dem es um die Kontrolle von komplexen Experimentsystemen geht, was natürlich stets auch die Kontrolle der Akteure einschließt.

4. Soziale und funktionale Differenzierung

Daß aus dieser Organisationsform von Forschung schließlich die eigentliche, arbeitsteilige Forschungsgruppe hervorging, ist in Gießen mehreren Faktoren zuzuordnen: 1835 waren die ersten Gastwissenschaftler in Liebigs Labor gekommen, zugleich überstieg die Zahl der im Labor arbeitenden Chemiestudenten erstmals die der Pharmazeuten. Deren Unterricht sowie den für die Anfänger besorgten nun Assistenten. Ein Erweiterungsbau schuf die Voraussetzung, die wissenschaftlich Arbeitenden davon abzutrennen. Zugleich aber war Liebig mit publizistischen Aufgaben so stark eingedeckt, daß er kaum noch zu eigener Laborarbeit kam. Damals erkannte er, daß es genügt, wenn der Leiter eines Forschungsinstituts den generellen Arbeitsplan festlegt, die Forschungstätigkeit selbst aber überläßt.

Die neue Forschungspraxis organisierte sich zunehmend arbeitsteilig, und es differenzierten sich die Rollen von Arbeitsgruppenleiter, Assistent, Forschungsstudent und Labordiener. So entstand eine Forschungspraxis, die auf einen immer rascheren Ausstoß verwertbarer Ergebnisse zielte und von der letztlich die großbetriebliche Organisationsform der Universitätsinstitute ihren Ausgang nahm.

Trautscholds bekannte Federzeichnung (Abb. 2)¹² zeigt das Analytische, sprich: das Forschungslabor in Gießen. Waagenzimmer, Präparatekammer und Spülküche sind räumlich bereits abgetrennt und damit als subsidiäre Funktionsräume vom Laboratorium als dem Ort der eigentlichen Wissensproduktion geschieden. Diesen aber strukturiert nicht die didaktische Inszenierung der Gegenstände, nicht das Raster einer naturhistorischen Systematik, sondern die Un-Ordnung der Arbeitsvorgänge. Damit treten neuartige Raumordnungen hervor.

Vor allem sind es soziale Interaktionsmuster, die diesen Raum beherrschen: der Labordiener im Zentrum, der den Mörser bedient, und ein zweiter, der Holz für

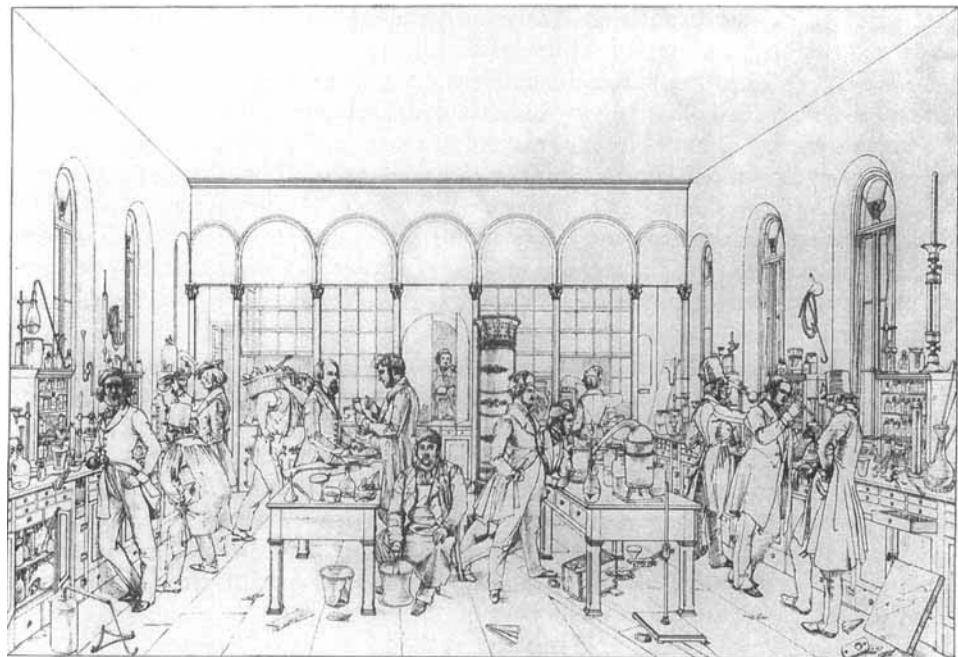


Abb. 2: Das Analytische Labor in Gießen, 1842. Nach einer Zeichnung von Trautschold in einem Stich von H. von Ritgen. Aus: J. P. Hofmann (wie Anm. 12).

die Öfen herbeischleppt – Hilfsdienste beides, die sich in Gestus und Habitus vom akademischen Arbeiten unterscheiden. Die Schar der Jungforscher hingegen erscheint, als sei jeder vor allem mit sich und seiner Aufgabe beschäftigt: eine Gruppe von Gleichberechtigten, deren Kleidung und lässige Gesten zugleich soziale Geltung einfordern. Doch der Schein trügt. Die Dynamik dieser Gruppe ist keineswegs autonom. Denn die Blicke wenden sich zum Betrachter hin, dort hin also, von wo Liebig den Raum betrat, wenn er, vom Privatlabor kommend, den Fortgang der Arbeiten überwachte. Obgleich von der Außenwelt abgeschlossen – und natürlich gerade deshalb – ist der Binnenraum des Laboratoriums ein sorgfältig überwachter Raum. Ein Detail in der Trautscholdschen Zeichnung macht die ein- und zugleich ausgrenzende Funktion dieses Raumes ganz deutlich: Im Hintergrund, jenseits der Durchreiche zum Auditorium, ist Anton Louis¹³ zu sehen, der den Spitznamen Bauch-Louis trug und nicht bei der Chemie blieb, sondern Architekt wurde. Schon die räumliche Trennung macht deutlich, daß er aus dem Kreis von Liebigs speziellen Schülern ausgeschlossen war.

Ferner zeigt die Zeichnung funktionale Differenzierungen: die Trennung von Hörsaal und Labor; offene Arbeitsplätze für die gewöhnlichen Arbeiten und Abzüge, in denen man mit Gefahrstoffen experimentierte. Auch was im Bild fehlt, ist nicht zu übersehen. Die stattliche Vormärz-Gestalt vorne links (der Mexikaner Ortigosa) hält in der Hand zwar den Fünfkugelapparat, das trickreiche Kernstück von Liebigs Analysenapparatur; doch die empfindliche Waage ist bereits in ein staub- und rauchfreies Nebenzimmer verbannt. Aber auch die Anfänger und die

künftigen Apotheker sind aus diesem Raum ausgeschlossen. Sie wurden in den Unterrichtslaboratorien sehr viel direkter und permanent überwacht: durch den Assistenten oder, im Gießener Beispiel, durch ein Guckloch, das Liebig gestattete, direkt von seinem Arbeitszimmer aus das Treiben im Pharmazeutischen Labor zu kontrollieren.

Der Binnenraum ‚Chemisches Laboratorium‘ ist also funktional und sozial sehr vielschichtig strukturiert, und es sind räumliche Vorrichtungen, die diese Strukturen stabilisieren. Das Liebigsche Forschungslabor war ein Experimentsystem, dessen Kontrolle personell durch den Forschungsleiter und instrumentell durch Analysenapparatur und Waage erfolgte, wobei beide Kontrollinstanzen vom Laborgeschehen räumlich getrennt blieben. Diese räumliche Trennung erwies sich als konstitutiv für die soziale Interaktion und Teilautonomie einer Arbeitsgruppe, die ja aus Fortgeschrittenen und Gastwissenschaftlern und nicht aus Anfängern bestand. Gleichwohl implizierte die Raumordnung hierarchische Ordnungen, und die Kontrolle des Experimentsystems schloß die Kontrolle seiner Akteure mit ein.

5. Strukturierungen des Binnenraums

Mit der Etablierung der Institutsstruktur im Universitätskörper war die institutio-nelle Ausdifferenzierung des Chemischen Laboratoriums abgeschlossen. Nun setz-ten Prozesse der Binnendifferenzierung ein, die den Aktionsraum chemischen Wis-sens in vielfältiger Weise strukturierten, wobei diese Binnenordnungen zugleich Ordnungsmuster der äußeren sozialen Welt abbildeten.

Am Leipziger Chemischen Institut (Abb. 3), 1868 für Hermann Kolbe gebaut¹⁴, lässt sich der Prozeß fortschreitender Differenzierung ablesen: Großer Hörsaal mit Vorbereitungszimmern (N) und Lehrmittelsammlung (O) bildeten den südlichen Flügel, durch Innenhof und Freiarbeitsplätze vom Laboratoriumstrakt getrennt. Dieser enthielt im zentralen Gebäudetrakt des Erdgeschosses Anfängerlaboratorien für qualitative Analysen (A) und allgemeine Arbeiten (B) mit dem Labor des Zwei-ten Assistenten (F) samt Apparaten-, Reagentien- und Waagenzimmer. Im ersten Stock die Laboratorien für quantitative Analysen mit dem Labor des Ersten Assistenten sowie verschiedene Funktionsräume einschließlich der Bibliothek. Im nördlichen Flügel dann der kleine Hörsaal für Spezialvorlesungen und die Woh-nungen der Assistenten, darüber Privatlabor und Arbeitszimmer des Professors samt Räumen für die empfindlicheren Apparate und die Gasanalyse. Im Ostteil des Nordflügels schließlich die Dienstwohnung des Direktors.

Unterschiedliche Raumordnungen waren hier am Werk: die didaktische Tren-nung von Vorlesung und Laborarbeit; die hierarchische Trennung von Anfängern und Fortgeschrittenen, Zweitem und Erstem Assistenten, die zugleich eine zeit-liche des beruflichen Aufsteigens implizierte und dies durch den Unterschied der Stockwerke gewissermaßen symbolisch überhöhte. Weiterhin unterschiedliche Stu-fungen von Öffentlichkeit und Privatheit einschließlich sozialer Differenzierungen: über drei Stockwerke und zum Garten hin die Wohnung des Direktors, zur Straße, zwischen Kleinem Hörsaal und Spektroskopieraum, die Zweiraumwohnungen der drei Assistenten; im Souterrain schließlich die Behausungen von Hausmeister und Labordiener.

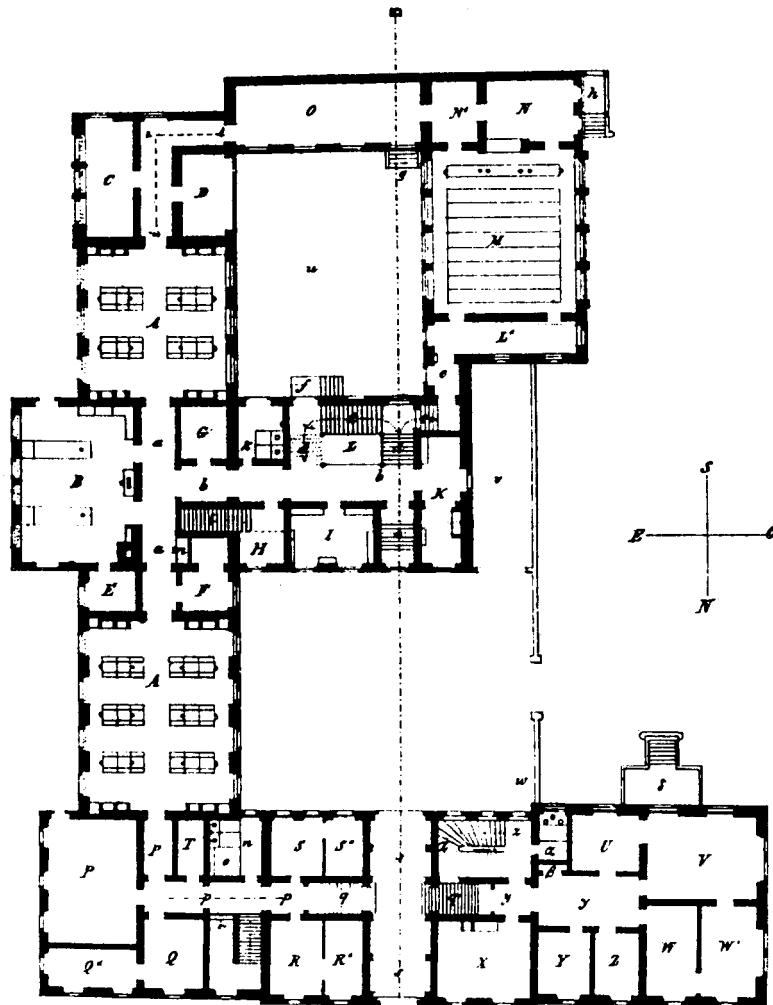


Abb. 3: Das Chemische Institut in Leipzig, 1868, Grundriß des Erdgeschosses. Aus: G. Röster (wie Anm. 2), Taf. VI.

6. Binnenräume – Außenräume

Wirklich neue Qualität hatte der Laboratorienbau 1865 mit dem von August Wilhelm Hofmann geplanten Neubau des Bonner Chemischen Instituts (Abb. 4 und 5)¹⁵ erreicht – dem ersten jener ‚temples de l’avenir‘, wie Louis Pasteur sie genannt hat. Ein Bericht, den Hofmann selbst für beide Häuser des Britischen Parlaments erstattete, dokumentiert den Bau aufs Genaueste. Bereits anhand der Pläne lassen sich interessante Beobachtungen anstellen:

Deutlich tritt die formal und curricular geregelte Ausbildungsfunktion des Universitätsinstituts hervor und wird architektonisch akzentuiert durch den ins Zen-

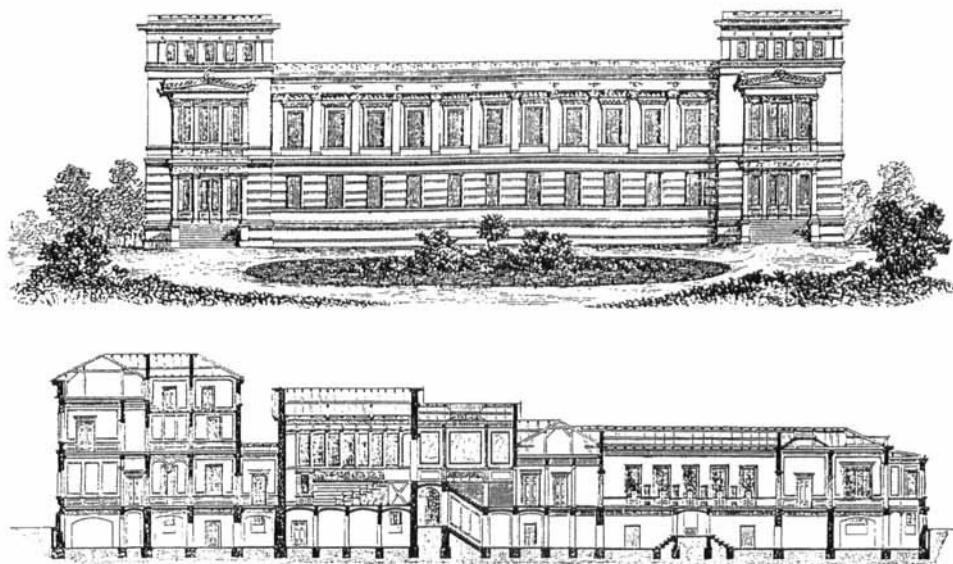


Abb. 4: Das Chemische Institut in Bonn, 1865. Oben: Hauptfassade von SO, unten: S-N-Schnitt. Aus: A. W. Hofmann (wie Anm. 15), S. 34/31.

trum des weitläufigen Komplexes gerückten Großen Hörsaal sowie die – im prachtvoll restaurierten Gebäude auch heute noch eindrucksvolle – theatralische Inszenierung des Treppenaufgangs zum Auditorium.

Mit der neuen Gewichtung der Lehre entstand eine klarere räumliche Scheidung der Arbeitsbereiche für Anfänger, Fortgeschrittene und Doktoranden mit entsprechender Scheidung der jeweils zugeordneten wissenschaftlichen Funktionsräume für Wägung, Gasanalyse, Volumetrische Analyse und Verbrennung.

In der Vermehrung der technischen Funktionsräume für zentrale Aufgaben bahnt sich die beginnende „großbetriebliche“ Organisation des Universitätsinstituts an: Da gab es Lager für spezielle Chemikalien, einen zentralen Waschraum und besondere Lager für Glas- und Porzellangeräte. Als Ergebnis fachlicher Differenzierung finden sich wissenschaftliche Speziallaboratorien für physiologische und forensische Untersuchungen einschließlich einiger Käfige für Versuchstiere.

Den Anspruch auf akademische Geltung der Chemie und auf soziale Geltung ihrer Vertreter schließlich formulierte die Architektur in der ihr eigenen Weise: von der gelb-rot gebänderten Fassade mit ihrer bewußten Anleihе bei der Formensprache der Palastarchitektur, bis hin zu der „splendid suite of appartments for the director“, mit einer „imposing entrance hall, illuminated by a glass cupola above, and the splendid ball-room, extending through two stories, and amply satisfying the social requirements of a chemical professor of the second half of the nineteenth century“¹⁶.

Da Raumordnungen zugleich gesellschaftliche Ordnungen sind, stehen Institutsraum, akademischer Raum und öffentlicher Raum in engem Bezug. Die städtebauliche Situierung des Chemischen Instituts im Bonner Universitätsviertel (siehe Abb. 6a) ist traditionell ‚akademisch‘. Als Bezugspunkte im Lageplan figurieren

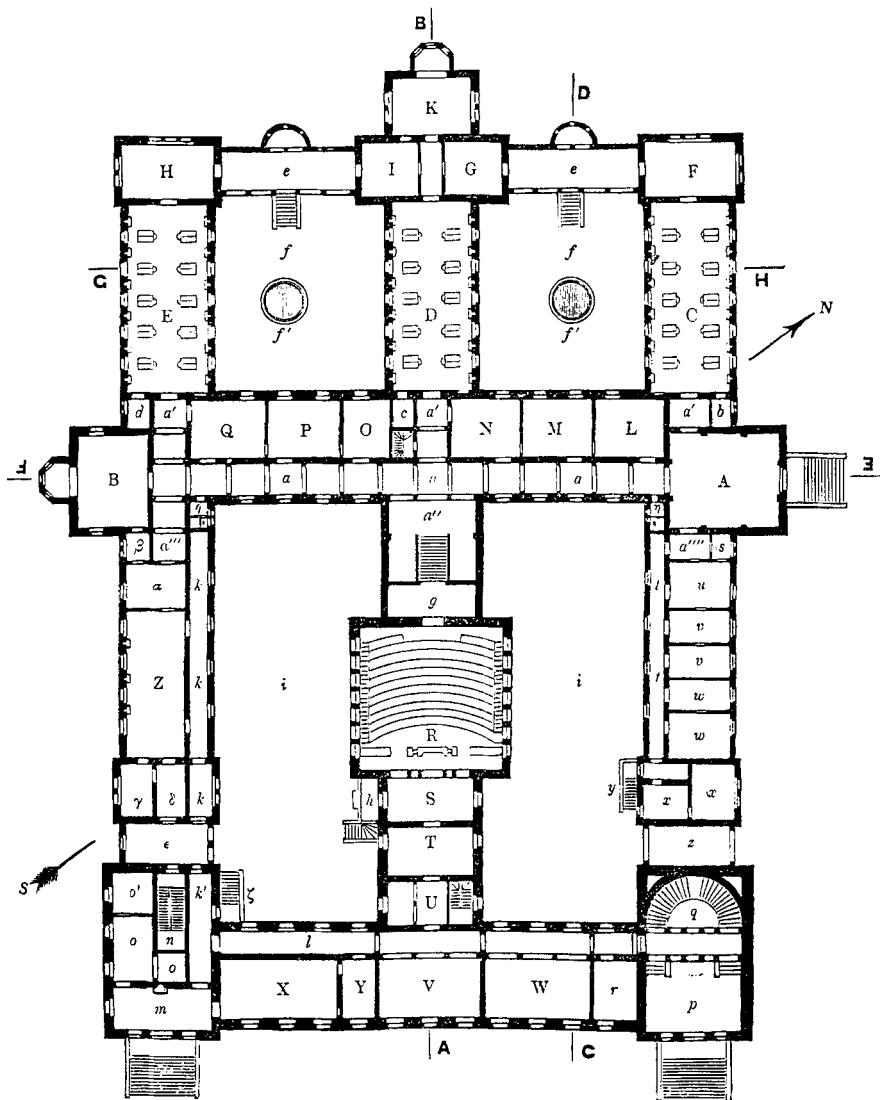


Abb. 5: Das Chemische Institut in Bonn, 1865, Grundriß des Erdgeschosses. Aus: A. W. Hofmann (wie Anm. 15), S. 16.

das Poppelsdorfer Schloß (2), aus dessen Seminar die Bonner Naturwissenschaften hervorgegangen waren, dazu das Universitäts-Hauptgebäude (6) sowie die neueren Institute für Landwirtschaft (4), Astronomie (5) und Anatomie (7); die politisch-administrative Welt ist mit Rathaus (9) und Bergamt (10) präsent; und den symbolischen Raum schließlich konstituieren Hinweise auf die Statuen von Ernst Moritz Arndt (a) und Ludwig van Beethoven (b).

7. Macht und Maschine

Hatte der Bonner Institutsneubau sich noch innerhalb eines traditionellen universitären Selbstverständnisses situiert, so schrieb sich der 1868 ebenfalls von Hofmann geplante Bau des Chemischen Instituts in Berlin¹⁷ bereits in ein völlig neues Koordinatennetz ein. Die symbolische Topographie des Lageplans (siehe Abb. 6b) ist nicht mehr auf das – eigenartigerweise ganz an den Rand des Planausschnittes verlegte – Chemische Institut (1) oder die Welt der Gelehrsamkeit, sondern auf den politischen Raum hin zentriert. Stadtschloß (34), Arsenal (27) und Alte Wache (19) geben die Blickrichtung vor. Und statt des beschaulichen Bonner Statuenschmucks verweist die Legende hier auf die Standbilder von Friedrich dem Großen und der preußischen Generäle Gneisenau, Blücher, York, Bülow und Scharnhorst.

954 000 Mark hatte der Bau gekostet, zweieinhalbmal so viel wie in Bonn. Äußerlich freilich blieb das Erscheinungsbild eher zurückhaltend. Statt der feudalen Geste von Poppelsdorf hier ein Klinkerbau in jener Pseudorenaissance, hinter der Industrielle und Großbürger ihre geschichtliche Ratlosigkeit gern historisierend verbargen. Ansonsten dominierte die Funktionalität. Die Direktorenwohnung mußte ohne Vestibül und ohne Ballsaal auskommen. Immerhin wies ihre Fensterfront an der Dorotheenstraße zur Akademie hin, während der Haupteingang des Instituts von der Georgenstraße her sich mit der Hauptfeuerwache als nützlichem Gegenüber begnügen mußte.

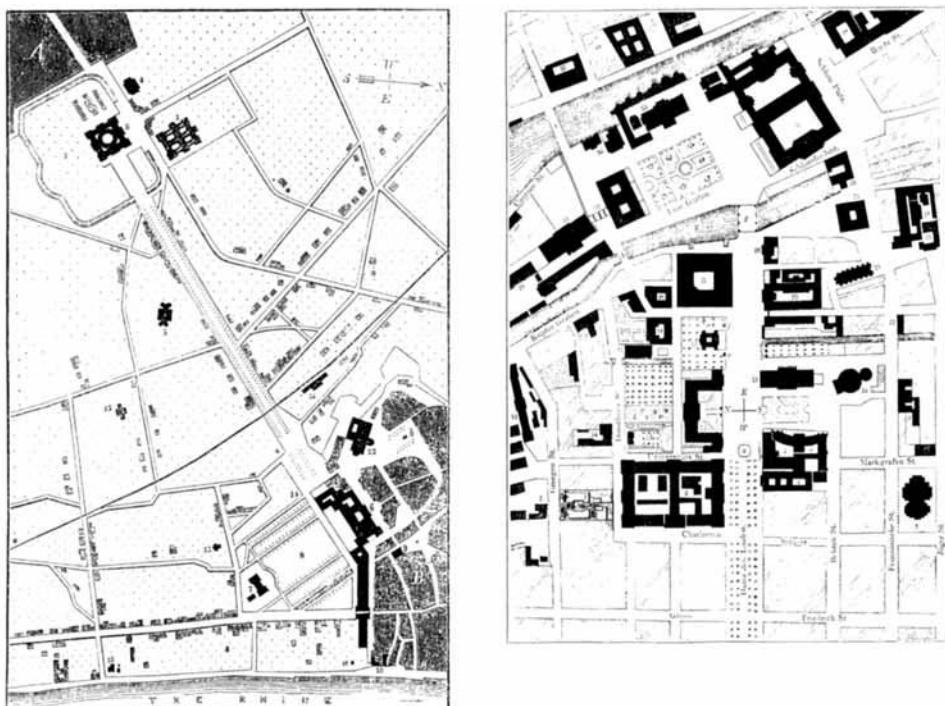


Abb. 6: Lagepläne der Chemischen Institut in Bonn, 1865 (links), und Berlin, 1868 (rechts). Aus: A. W. Hofmann (wie Anm. 15), S. 10/50.

Was die innere Raumordnung angeht, sind Komplexität und Differenzierungsgrad in Berlin abermals weiter vorangetrieben (Abb. 7). Die Diversifizierung innerhalb der Wissenschaft wäre hier schon am Baubefund ablesbar. Doch sei ein anderer, weniger ins Auge fallender Aspekt herausgehoben: die unterschiedlichen Grade von Öffentlichkeit und Privatheit des Raumes. Repräsentativer Eingangsbereich (mit Statuen von Liebig, Wöhler und Faraday), zentraler Treppenaufgang und Gro-

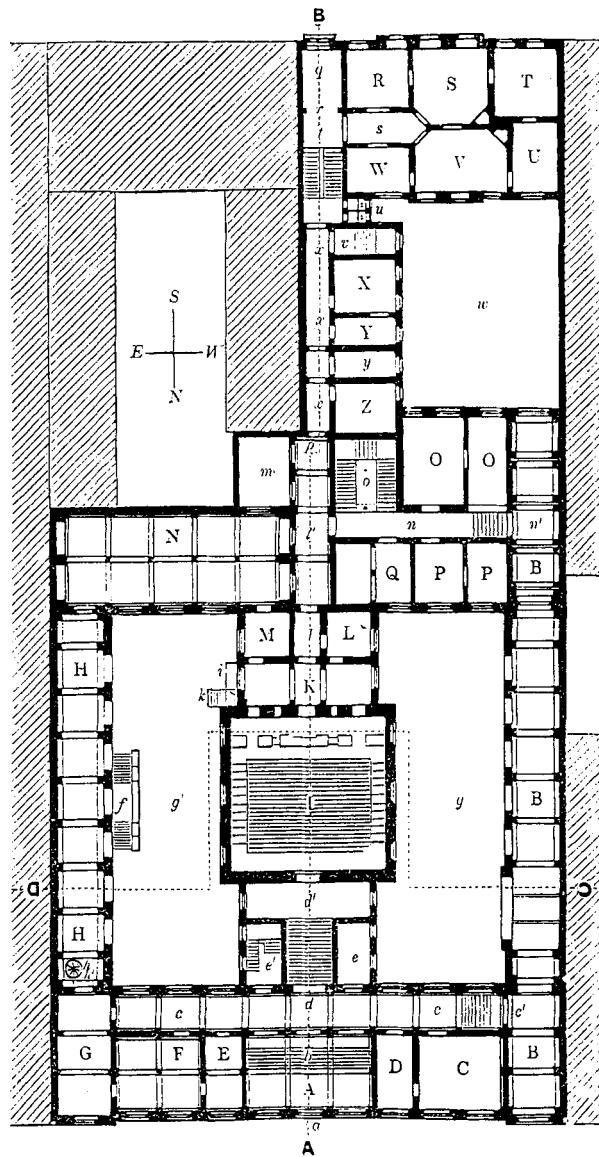


Abb. 7: Das Chemische Institut in Berlin, 1868, Grundriß des Erdgeschosses. Aus: A. W. Hofmann (wie Anm. 15), S. 56.

ßer Hörsaal sind als sich öffnende Achse architektonisch klar akzentuiert. Die räumliche Tiefenstaffelung der Laboratorien hingegen markiert Stufen der Exklusivität oder der Initiation. Zuhinterst schließlich die Privatwohnung des Direktors, zwar noch einbezogen in den Gebäudekomplex, doch durch Innenhöfe baulich klar abgegrenzt von Labor- und Unterrichtstrakt, mit diesem durch Privatlaboratorien und das Studierzimmer des Professors verbunden. Nicht zuletzt erinnert die Präsenz der Privaträume und ihres Eigentümers daran, wer Herr war in diesem Haus – und umgekehrt: wem kein eigener Raum zustand, nämlich den Privatdozenten und Extraordinarien.

Räumliche und funktionelle Differenzierung erlaubten es August Wilhelm Hofmann, ein auf die planmäßige chemische Synthese gegründetes Arbeitsprogramm auf breitester Front voranzutreiben¹⁸. Mehr als 200 Doktorarbeiten hat er in Berlin vergeben, und noch einmal so viele dürften seine Assistenten betreut haben. 899 Publikationen mit dem Serientitel ‚Aus dem Berliner Universitäts-Laboratorium‘ bezeugen die neue Dimension der Produktion von Erkenntnis. In dieser Weise hatte zuvor noch niemand Chemie betrieben. Grundsätze der industriellen Forschung, der Entfaltung und Variation ganzer Produktpaletten sind hier vorweggenommen. Kein Wunder, daß Hofmann sein Institut mit einer ungeheueren Maschine verglich und sich in der Lage eines Industriellen sah, dem Produktionskapital und Arbeitskraft zu Gebote stand. Doch statt Liebigs Prinzip, die Forschung um eine instrumentelle Methode, die Elementaranalytik, herum zu organisieren, verwandelte Hofmann sein Laboratorium in eine gigantische Maschinerie zur planmäßigen Synthese neuer Verbindungen. In John Pickstones Wissenstypologie¹⁹ wäre damit die Stufe der *techno-science* erreicht.

Dabei war Berlin nur der Anfang gewesen. Die Chemischen Institute in Leipzig, Straßburg und München überboten einander, um schließlich 1900 in dem für Emil Fischer in Berlin gebauten Institut in der Hessischen Straße zu gipfeln: mit 250 Arbeitsplätzen damals das größte naturwissenschaftliche Forschungslaboratorium der Welt²⁰.

8. Industrialisierung der Erfundung

Die Einheit von Forschung und Lehre war längst an die Grenze gelangt. Die „Industrialisierung der Erfundung“²¹ war im Hochschullabor nicht zu leisten. Das 1889 von Carl Duisberg für die Farbstoffchemie gebaute Labor der Friedrich Bayer & Co. in Elberfeld (Abb. 8)²² steht für die erste Generation industrieller Forschungslaboratorien²³. Jedes der beiden Stockwerke besaß einen Arbeitsraum für zwölf Chemiker, die an identischen ‚Boxen‘ arbeiteten. Jeder Arbeitsplatz war mit Standardreagenzien, Gas, Wasser und Druckluft ausgestattet und besaß Heiz- und Filtervorrichtungen, Trocken- und Kühlschrank. Hinzu kamen Spezialräume für Verbrennungsanalysen, optische Analysen und Wägungen. Der Laboratoriumsraum mit seinem Boxensystem erscheint hier als eine Mischform zwischen der Offenheit des Hochschullabors und der Geschlossenheit eines Privatlabors. Doch der egalitäre und halbprivate Anschein, den der Grundriß vermitteln könnte, täuscht. Das Labor war einem ‚Dirigenten‘ unterstellt, der den Forschungchemikern ihre jeweiligen Arbeitsgebiete zuwies. Das offene Labor, das der Kommunikation diente, erleichterte zugleich die Überwachung der Arbeiten, deren Ziel ja nicht ins Belieben

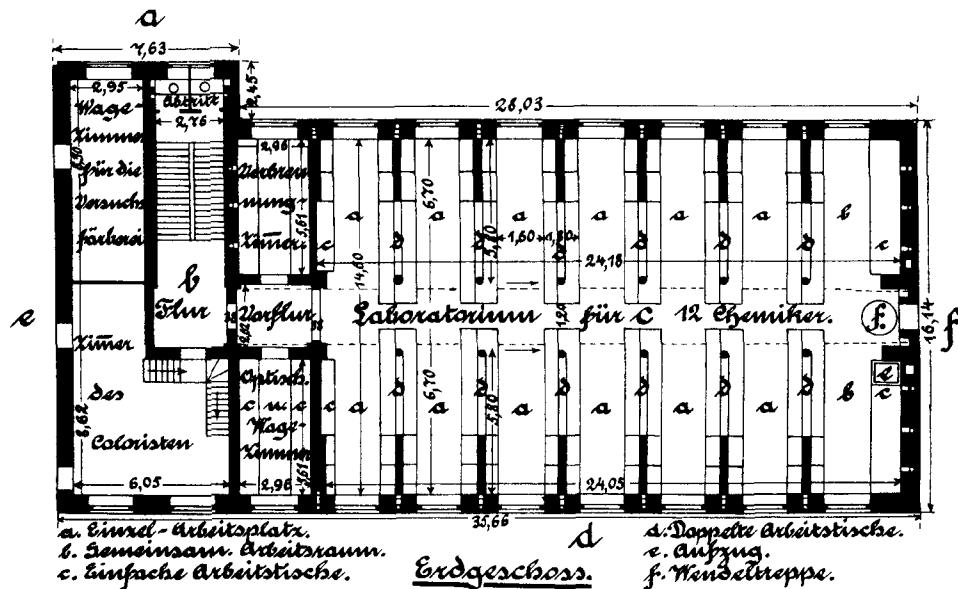


Abb. 8: Carl Duisbergs Plan für das Erdgeschoß des Wissenschaftlichen Laboratoriums der Bayer AG in Elberfeld, 1889. Aus: G. Benz/R. Hahn/C. Reinhardt (wie Anm. 22), S. 21, mit freundlicher Genehmigung der Bayer AG, Firmenarchiv.

des einzelnen Forschers gestellt war. Auch hier gab die Raumordnung den Zweck vor: Ans Laboratorium schloß sich die Versuchsfärberei und – in einem eigenen Gebäude – das Technikum an. Dort wurden die neuen Farbstoffe auf ihre koloristische Eignung geprüft und die Übertragung in halbtechnischen Maßstab vorgenommen. Waren die Resultate zufriedenstellend, konnte der Schritt in die industrielle Produktion gewagt werden.

9. Semiotik des Laboratoriumsraums

Die Semiotik des Laboratoriums ist ein Gebiet, das bisher wenig erforscht ist. Ich habe in diesem Aufsatz versucht, räumliche Ordnungsstrukturen, wie Laboratoriumsbauten sie darstellen, auf die darin inkorporierten beziehungsweise auf die damit vorgenommenen Wissensordnungen hin zu lesen und zugleich auf Resonanzbeziehungen mit Ordnungen des gesellschaftlichen und politischen Raumes zu achten. Wie weit sich eine solche semiotische Betrachtungsweise treiben lässt, ohne in Gefahr zu geraten, das schlicht Kontingente von Bauordnung, Umständen und Zufall überzuinterpretieren, wäre noch im einzelnen zu erproben. Immerhin glaube ich gezeigt zu haben, daß eine solche Lesart möglich ist und zu wissenschaftshistorisch neuen Einsichten führt.

Räumliche Dispositive erzeugen symbolische Ordnungsmuster und strukturieren damit Wissensproduktion und soziale Interaktion. Unterschiedliche Raumordnungen lassen sich mit unterschiedlichen Formen des Wissens in Verbindung bringen: dem ‚gelehrten‘ Wissen einer Naturgeschichte, die ordnet und benennt;

dem ‚analytischen‘ Wissen einer Naturwissenschaft, die nach Erklärungsgründen fragt; dem ‚experimentellen‘ Wissen, dem es um die Kontrolle von Systemen geht; dem ‚technischen‘ Wissen, das auf Machbarkeit aus ist; und dem ‚industriellen‘ Wissen der Produktion. Unterschiedliche Raumordnungen lassen sich aber auch auf unterschiedliche Ordnungen im sozialen Gefüge der Wissenschaft beziehen: die Lehrer-Schüler-Beziehung, die kontrolliert-diskursive Interaktion innerhalb einer Forschergruppe oder die Kopplung von Erkenntnis- und Verwertungsinteresse.

Daß architektonische Ordnungen die kognitiven oder sozialen Ordnungsmuster bloß abbilden, wäre eine idealistische Schlußfolgerung von geringer Überzeugungskraft. Daß architektonische Ordnungen die kognitiven oder sozialen Ordnungsmuster überhaupt erst hervorbringen, wäre als extreme Gegenthese ebensowenig plausibel. Daß aber räumliche (auch: architektonische) Ordnungen mit den Wissensordnungen und sozialen Interaktionsmustern zu tun haben, ist evident, und vermutlich gehören räumliche Zuschreibungen zu den symbolischen Formen, mit denen sich eine Gesellschaft über die sozialen Orte des Wissens verständigt.

- 1 Vgl. Adi Ophir/Steven Shapin/Simon Schaffer (Hrsgg.): *The Place of Knowledge. The Spatial Setting in its Relation to the Production of Knowledge*. *Science in Context* 4 (1991), 3–218, darin vor allem die Beiträge von Adi Ophir und Stephen Shapin sowie von Bill Hillier und Alan Penn; Crosbie Smith/Jon Agar (Hrsgg.): *Making Space for Science. Territorial Themes in the Shaping of Knowledge*. Basingstroke/London 1998, darin vor allem die Beiträge von Simon Schaffer, Sophie Organ und Graeme Gooday; ferner Ana Luísa Janeira (Hrsg.): *Demonstrar ou manipular? O Laboratório de Química Mineral da Escola Politécnica de Lisboa na sua Época, 1884–1894*. Lissabon 1996.
- 2 Adolphe Wurtz: *Les hautes études pratiques dans les universités allemandes*. Paris 1870 (Reprint in: *French Views of German Science*. Hrsg. von William Coleman. New York 1981); Fernand Papillon: *Les laboratoires en France et à l'étranger*. *Revue des deux mondes* 94 (1871), 594–609; Giorgio Rosster: *Delle scienze sperimentaliste e in particolare della chimica in Germania*. Milano 1872.
- 3 Zum hier verwandten Modell der Diszipliningenese der Chemie vgl. Christoph Meinel (a): Das Forschungslaboratorium und die Organisation des chemischen Hochschulunterrichts. In: Alfrid Grimm/Helmut Lindemann/Elke Sumfleth (Hrsgg.): *Naturwissenschaftsdidaktik. (Naturwissenschaft und Unterricht – Didaktik im Gespräch, Bd 21)* Essen 1994, S. 187–206; ferner noch denselben (b): Zur Sozialgeschichte des chemischen Hochschulfaches im 18. Jahrhundert. *Berichte zur Wissenschaftsgeschichte* 10 (1987), 147–168.
- 4 Hermann Boerhaave: *Elementa Chemiae*. Leiden 1732 u. ö.
- 5 Jon Eklund: *The Incomplete Chymist. Being an Essay on the Eighteenth-Century Chemist in His Laboratory*. (Smithsonian Studies in History and Technology, Bd 33) Washington 1975.
- 6 Recueil des planches sur les sciences, les arts libéraux, et les arts mécaniques. Bd 2/2, Paris 1768 (*Encyclopédie ou dictionnaire raisonné des sciences, des arts et des métiers, Planches*, Bd 3 [Reprint Stuttgart-Bad Cannstadt 1967, Bd 24]), s. v. Chimie. Zur naturhistorischen Präsentation vgl. Marco Beretta: *The Enlightenment of Matter. The Definition of Chemistry from Agricola to Lavoisier*. Canton 1993.
- 7 Zum problematischen Verhältnis von ikonographischer Tradition und historischer Wirklichkeit vgl. C. R. Hill: *The iconography of the laboratory*. *Ambix* 22 (1975), 102–110. Siehe auch Otto Krätz: Zur Geschichte des chemischen Laboratoriums. In: E. H. W. Giebel/K. A. Rosenbauer (Hrsgg.): *Historia Scientiae Naturalis. Beiträge zur Geschichte der Laboratoriumstechnik und deren Randgebiete*. Darmstadt 1982, S. 1–24.
- 8 Dieter Pohl: *Zur Geschichte der pharmazeutischen Privatinstitute in Deutschland von 1779 bis 1873*. Rer. nat. Diss. Marburg 1972; Fritz Krafft: Johann Christian Wiegleb und seine Rolle bei der

- Verwissenschaftlichung der Pharmazie. In: Klaus Möckel (Hrsg.): Wiegels 2000. Wissenschaftliche Gedenkveranstaltung, 15. und 16. März 2000 in Bad Langensalza (Im Druck).
- 9 Frederic L. Holmes: The Complementarity of Teaching and Research in Liebig's Laboratory. *Osiris* 5 (1989), 121–164; Joseph S. Fruton: Contrasts in Scientific Style. Research Groups in the Chemical and Biochemical Sciences. Philadelphia 1990.
- 10 Jack B. Morrell: The Chemist Breeders. The Research Schools of Liebig and Thomas Thomson. *Ambix* 19 (1972), 1–46.
- 11 John V. Pickstone: Ways of Knowing: Towards a Historical Sociology of Science, Technology and Medicine. *The British Journal for the History of Science* 26 (1993), 433–458.
- 12 J. P. Hofmann: Das chemische Laboratorium der Ludwigs-Universität Gießen. Heidelberg 1842.
- 13 Vgl. O. K.: Innere Ansicht des analytischen Laboratoriums zu Gießen. *Die BASF* 23 (1973), 84–85.
- 14 Hermann Kolbe (a): Das neue Chemische Laboratorium der Universität Leipzig. Leipzig 1868; derselbe (b): Das Chemische Laboratorium der Universität Leipzig und die seit 1866 darin ausgeführten chemischen Untersuchungen. Braunschweig 1872; Photographische Ansichten vom Chemischen Laboratorium der Universität Leipzig. Braunschweig 1872.
- 15 August Wilhelm Hofmann: The Chemical Laboratories in Course of Erection in the Universities of Bonn and Berlin. London 1866; G. Roster (wie Anm. 2).
- 16 A. W. Hofmann (wie Anm. 15), S. 29 und 36.
- 17 A. W. Hofmann (wie Anm. 15), G. Roster (wie Anm. 2); Michael Engel: Chemische Laboratorien in Berlin, 1570 bis 1945. Topographie und Typologie. In: Fixpunkte. Wissenschaft in der Stadt und der Region. Festschrift für Hubert Laitko. Berlin 1996, S. 161–207.
- 18 Christoph Meinel/Hartmut Scholz (Hrsgg.): Die Allianz von Wissenschaft und Industrie. August Wilhelm Hofmann, 1818–1892. Zeit, Werk, Wirkung. Weinheim/New York 1992.
- 19 J. Pickstone (wie Anm. 11).
- 20 Emil Fischer/M. Guth: Der Neubau des Ersten Chemischen Instituts der Universität Berlin. Berlin 1901.
- 21 Georg Meyer-Thurow: The Industrialization of Invention. A Case Study from the German Chemical Industry. *Isis* 73 (1982), 363–381.
- 22 Günter Benz/Ralf Hahn/Carsten Reinhardt: 100 Jahre Chemisch-Wissenschaftliches Laboratorium der Bayer AG in Wuppertal-Elberfeld, 1896–1996. Leverkusen 1996, S. 20–27.
- 23 Ernst Homburg: The Emergence of Research Laboratories in the Dyestuffs Industry, 1870–1900. *The British Journal for the History of Science* 25 (1992), 91–111; Carsten Reinhardt: Forschung in der chemischen Industrie. Die Entwicklung synthetischer Farbstoffe bei BASF und Hoechst, 1863 bis 1914. (Freiberger Forschungshefte, Bd D 202) Freiberg 1997.

Anschrift des Verfassers: Prof. Dr. Christoph Meinel, Lehrstuhl für Wissenschaftsgeschichte, Universität Regensburg, D-93040 Regensburg