

Geräte zur chemischen Analyse in den ersten klinischen Laboratorien (1790-1850)¹

Johannes Büttner
Medizinische Hochschule Hannover
Wilhelm-Dusche-Weg 12, D-30916 Isernhagen

Am Ende des 18. Jahrhunderts, etwa zeitgleich mit der Französischen Revolution, begann in der Medizin eine tiefgreifende Veränderung, die im Verlaufe des 19. Jahrhunderts zur "Wissenschaftlichen Medizin" führte. Charakteristisch ist zunächst die Entstehung von Krankenhäusern und eine neue Methode des Unterrichts, die als "Klinik" bezeichnet wurde. Etwa ab 1840 kommt etwas Neues hinzu: das medizinische oder klinische Laboratorium. Claude Bernard (1813-1878) hat diese folgenreiche Veränderung² in die berühmten und vielkritisierten Worte gefaßt:

Ich betrachte das Krankenhaus nur als die Vorhalle der wissenschaftlichen Medizin, es ist ihr erstes Beobachtungsfeld, in das der Arzt eintreten muß, aber das Laboratorium ist das wahre Heiligtum der medizinischen Wissenschaft³.

Nun gehörte ein chemisches Laboratorium oder, wie man damals sagte, ein "Laboratorium chymicum", bereits seit dem 17. Jahrhundert zu den "Attributen" der Universitäts-Medizin, es wurde jedoch ausschließlich zur Gewinnung von Arzneimitteln benutzt (ein Beispiel ist das 1609 eingerichtete Marburger Laboratorium des Chymiaters Johannes Hartmann (1568-1631)). Das neue klinische Laboratorium der wissenschaftlichen Medizin hingegen dient der chemischen Analyse von Körpermaterialien von Kranken, mit dem Ziel "chemische Krankheitszeichen" für die Diagnostik und Prognostik zu ermitteln. Es ist deshalb primär ein analytisch-chemisches Laboratorium.

Wie waren diese klinischen Laboratorien eingerichtet? Mit welchen Geräten und Methoden wurde dort gearbeitet? Im Rahmen eines seit längerer Zeit laufenden Forschungsprojektes zur Geschichte klinisch-chemischer Laboratorien^{4,5} wurde versucht, das Geräteinventar einiger früher klinischer Laboratorien zu rekonstruieren. Christa Habrich hat auf die Bedeutung derartiger Untersuchungen für die Bestimmung und Einordnung von Geräten in Sammlungen hingewiesen und zugleich die Schwierigkeiten solcher Rekonstruktionen betont⁶. Als Quellen sind neben Veröffentlichungen, die meist nur ein lückenhaftes Bild geben, vor allem erhalten gebliebene Inventarverzeichnisse sowie andere Originalaufzeichnungen wichtig. Es muß dann versucht werden, die in diesen Dokumenten genannten Ge-

räte anhand von Originalgeräten, die sich in Sammlungen erhalten haben, eindeutig zu identifizieren. Das so entstehende Bild der Geräteausstattung bietet dann eine sichere Grundlage für eine Bewertung der eingesetzten Methoden.

Für das eigene Forschungsprojekt wurden Beispiele früher klinischer Laboratorien ausgewählt, bei denen die Quellenlage für eine genauere Untersuchung günstig war und die historisch eine besondere Bedeutung gehabt haben. Im folgenden sollen die in diesen Laboratorien verwendeten Geräte genauer betrachtet werden.

Frühestes bekanntes Beispiel eines klinischen Laboratoriums

Das erste klinische Laboratorium von dem wir wissen, geht auf den französischen Apotheker, Arzt und Chemiker Antoine François Fourcroy (1755-1809) zurück, der 1791 ein Programm für ein chemisches Laboratorium in einem Hospital entworfen hatte, das dann in der 1794 neugegründeten École de Santé in Paris - zumindest teilweise- realisiert wurde⁷.

Fourcroy hatte gemeinsam mit seinem Laboratoriumsassistenten Nicolas Louis Vauquelin (1763-1829) systematisch zahlreiche Analysen menschlicher und tierischer Körpermaterialien ausgeführt. Dabei bediente er sich der damals neuen analytischen Prinzipien, wie der Untersuchung von Lösungen mittels geeigneter Reagentien für Fällungs- und Farbreaktionen sowie der Extraktion durch geeignete Lösungsmittel⁸. Das bis dahin übliche Verfahren der Zerlegung der Stoffe durch "Feuer" (z.B. bei der trockenen Destillation) trat zurück⁹. Unverkennbar ist in Fourcroys Konzept der Einfluß von Antoine Laurent Lavoisier (1743-1794), dessen neuentwickelte, chemisch-physiologische Methoden zur Untersuchung der Atmung von Fourcroy für sein klinisches Laboratorium empfohlen wurden.

Aus Fourcroys Geräteliste¹⁰ seien hier nur einige Beispiele herausgegriffen. Neben den Materialien und Geräten für die "analyse animal" hielt er eine Waage nach Santorio¹¹ für wichtig, die eine fortlaufende, genaue Kontrolle des Körpergewichts eines Menschen ermöglichte. Mit einer solchen Waage läßt sich die Transpiration bzw. Perspiration quantitativ erfassen. Besonderen Wert legte Fourcroy auf die "neuen Maschinen für die Atmung¹² und die eudiometrischen Apparate nach den letzten Prinzipien von Herrn Séguin"¹³. Über diese Geräte können wir uns auf Grund der bekannten Zeichnung von Madame Paulze-Lavoisier ein Bild machen¹⁴. Es stellt die Versuche von Lavoisier und Armand Séguin (1767-1835) dar, bei denen in der Atemluft air vital (Sauerstoff) und gaz acide carbonique (Kohlensäure) gemessen wurden. Für die Bestimmung des Sauerstoffs hatte Lavoisier in einer früheren Arbeit¹⁵ zunächst ein Stickoxid-Eudiometer nach Joseph Priestley (1733-1804) benutzt¹⁶. Wegen verschiedener Fehler-

quellen setzte er jetzt ein von Armand Séguin entwickeltes Phosphor-Eudiometer ein, bei dem Sauerstoff mit geschmolzenem Phosphor zu P_2O_5 reagiert¹⁷. Die Kohlensäure wurde in "kaustischem Alkali" absorbiert. Die so durchgeführte Analyse von Sauerstoff und Kohlensäure in der Atemluft gestattete die Berechnung des Sauerstoffverbrauchs bzw. des Umsatzes von Kohlenstoff¹⁸.

Fourcroys Konzept für ein klinisches Laboratorium war vor allem auf Forschung über "die Natur der Krankheiten" ausgerichtet. Für den Arzt am Krankenbett bot es wenig praktische Hilfe, da pathologisch-physiologische Kenntnisse zur Deutung der erhaltenen Befunde noch fehlten. Die Komplexität der Geräte und ihr hoher Preis schlossen zudem eine allgemeine Anwendung aus.

Frühes chemisches Laboratorium in Arztpraxen

Eine ganz andere Form eines klinischen bzw. medizinischen Laboratoriums begann sich zu Beginn des 19. Jahrhunderts zu entwickeln, zunächst besonders in England. An der Chemie interessierte Ärzte versuchten, mit einfachsten Geräten qualitative chemische Untersuchungen in Körpermaterialien durchzuführen. Als Untersuchungsmaterial dienten Urin und vor allem "Concretionen" (Harnsteine). Das Ziel waren diagnostische Aussagen, die der Arzt unmittelbar verwenden konnte. Die notwendigen Gerätschaften macht eine Zeichnung von Alexander Marcet (1770-1822)¹⁹ deutlich (Abb.1). Die Methoden waren einfache Fällungs- und Farbreaktionen in der unbehandelten Probe. Sie wurden in "Probirrohren"²⁰ ("Reagenzgläsern"²¹) oder "Liqueurstampergläsern" ausgeführt. Neu hinzugekommen war die Analyse mit dem Lötrohr, dessen Verwendung für die Analyse der "Concretionen" vor allem William Hyde Wollaston (1766-1828) ausgearbeitet hatte²². Dank der wenig aufwendigen Geräte fanden diese Untersuchungen schon bald eine gewisse Verbreitung bei interessierten Ärzten. Geräte- und Reagenz-Zusammenstellungen wurden in der Mitte des 19. Jahrhunderts häufig in der Literatur erwähnt, auch wurden tragbare Kästen mit allen notwendigen Materialien angeboten²³. Der klinische Wert war auch bei diesen einfachen Untersuchungen zunächst begrenzt, weil die beobachteten Veränderungen nur "Zeichen" für bestimmte Krankheiten waren, deren pathophysiologische Ursachen nicht erklärt werden konnten. So blieb Kritik von Seiten der wissenschaftlich arbeitenden Chemiker nicht aus. Max Pettenkofer (1818-1901) schrieb in einem Brief an Justus Liebig²⁴:

Der Reagentienkasten vertritt jetzt die nämliche Stellung, die meist in den Buden der wandernden Äsculape Krokodil und Basilisk eingenommen hatten. Man muß sie haben, aber man kann sie zu nichts gebrauchen.

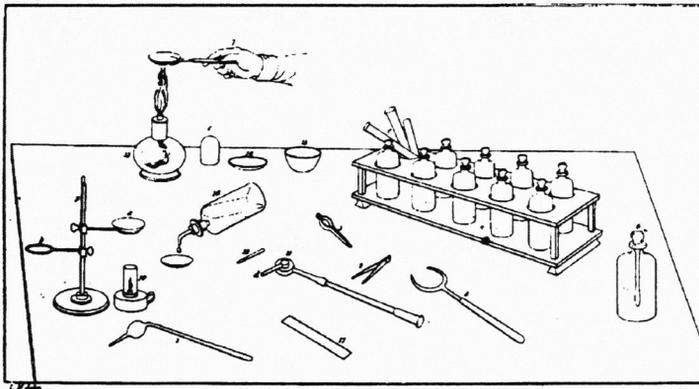


Abb. 1: Geräte zur Untersuchung des Urins und der Steine (nach A. Marcet)

Beispiele für klinische Laboratorien an Universitätskliniken

Inzwischen war aber die Entwicklung neuer Methoden zur Analyse organischer Stoffe so weit fortgeschritten, daß ein Einsatz in der klinischen Medizin denkbar wurde. Damit wurde die Chemie, der beim Aufbau der neuen "Wissenschaftlichen Medizin" eine besondere Rolle zugebracht worden war, auch für die praktische Medizin wichtig.

Joseph Louis Gay-Lussac (1778-1850) und Louis Jaques Thénard (1777-1857) sowie Jöns Jacob Berzelius (1779-1848) hatten, aufbauend auf Lavoisiers Versuchen zur Verbrennung organischer Stoffe in Sauerstoff, die Elementaranalyse entwickelt, die durch Liebig (1803-1873) zu einer zuverlässigen und relativ einfachen Methode ausgebaut worden war. Die Analyse der "principes immédiats", der organischen Verbindungen, hatte ebenfalls Fortschritte gemacht, wenn auch wichtige Substanzgruppen wie Zucker und Proteine noch große Schwierigkeiten bereiteten.

Stimuliert vor allem durch Liebigs Arbeiten zur Physiologie und Pathologie, die hier im Gießener Laboratorium entstanden waren, wurden ab 1839 in verschiedenen Universitätskliniken klinische Laboratorien eingerichtet, die - meist von Chemikern geleitet- mit den neuen Methoden der Chemie die wissenschaftlichen Grundlagen für eine Klinische Chemie zu erarbeiten begannen. Die ersten Laboratorien dieser Art entstanden an der Berliner Charité (ab 1839), am Würzburger Juliuspital (ab 1842) und am Wiener Allgemeinen Krankenhaus (ab 1844). Sie

unterschieden sich in Einrichtung und Arbeitsweise ganz wesentlich von den zuvor beschriebenen Laboratorien.

Die Geräte eines derartigen Laboratoriums sollen an Hand eines Beispiels genauer betrachtet werden. Geeignet ist hierfür das Laboratorium an der Berliner Charité, für dessen Planung und Einrichtung sich im Preußischen Staatsarchiv zahlreiche Dokumente erhalten haben. Johann Lucas Schönlein (1793-1864), der 1839 als Professor der Medizinischen Klinik an die Charité berufen wurde, ließ durch einen "chemischen Assistenten", den Apotheker und Chemiker Johann Franz Simon (1807-1843), im Hörsaal während der klinischen Vorlesungen chemische Untersuchungen an Körpermaterialien von Patienten durchführen. Die Einrichtung eines Laboratoriums scheiterte zunächst daran, daß kein geeigneter Raum zur Verfügung stand. Nach dem Tode Simons übernahm der Chemiker Wilhelm Heinrich Heintz (1817-1880) dessen Aufgaben. Er hat einen detaillierten Plan für Bau und Einrichtung eines klinisch-chemischen Laboratoriums aufgestellt, der auch eine vollständige Liste von Geräten enthält²⁵. Anhand dieser Liste, die 158 Positionen mit Preisangaben umfaßt, sollen im folgenden einige wichtige Geräte besprochen werden, die für ein klinisch-chemisches Laboratorium zwischen 1840 und 1850 typisch waren.

Wichtigstes Meßinstrument war jetzt die Waage, da die Mehrzahl quantitativer Analysen auf eine Massenbestimmung zurückgeführt wurde. Verwendet wurden in dem Zeitraum von 1840 bis 1850 überwiegend die langarmigen "Chemischen Waagen" oder "Feinwaagen". Diese Waagen hatten eine relative Ablesbarkeit (Höchstlast/Ablesbarkeit) von 10^5 oder besser, d.h. 1 mg konnte bei einer Belastung von 100 g noch abgelesen werden. Für die hier betrachteten Laboratorien war der Einfluß Liebig's sehr groß, deshalb sind die heute im Liebig-Museum gezeigten Waagen typische Beispiele. Daneben gehörten Schnellwaagen, Handwaagen usw. zum Inventar. Für medizinische Analysen von Körperflüssigkeiten war seit Jahrhunderten auch die Bestimmung des Volumengewichtes, also der Dichte, gebräuchlich. Die Bestimmung mit Pyknometer und Waage wurde jetzt zur Standardmethode. Im kleinen ärztlichen Laboratorium wurden jedoch fast ausschließlich Aräometer ("Urometer", "Uroscop") verwendet²⁶ (Abb. 2).

Sehr vielfältig waren in den klinischen Laboratorien der vierziger Jahre die Geräte zur Anwendung von Wärme. Die von Berzelius angegebene "Lampe"²⁷, ein Spiritusbrenner mit doppeltem Luftzug und verstellbarem Docht, der eine Weiterentwicklung des bis dahin verwendeten Argand-Brenners darstellt, war bis zur Einführung des Bunsenbrenners 1857²⁸ die wichtigste Wärmequelle (Abb. 3).

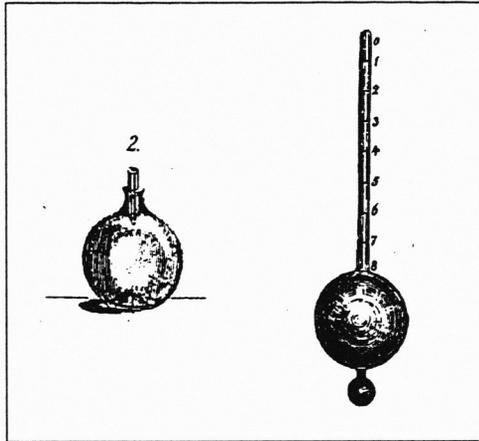


Abb. 2: Pycnometer²⁹ und Aräometer³⁰

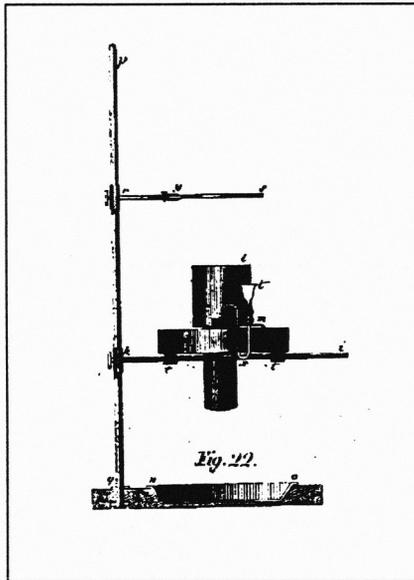


Abb.3: Berzeliuslampe³¹

Zahlreiche "Bäder" wurden eingesetzt, um Manipulationen mit den empfindlichen organischen Stoffen schonend durchzuführen (Abb. 4). Man benutzte einfache Wasserbäder aus Weißblech oder Kupfer, z.B. nach Julius Vogel (1814-1880)³², oder den im Gießener Laboratorium gebräuchlichen, mit Wasser oder Öl gefüllten Kupferblechschrank³³. Verbreitung in medizinischen Laboratorien fand auch das "Gießener Luftbad". In der Inventarliste von Heintz werden auch verschiedene Öfen aufgeführt, wie der Windofen nach Nils Gabriel Sefström (1787-1845)³⁴ und Muffelöfen, die im medizinischen Laboratorium vor allem für anorganische Analysen benötigt wurden.

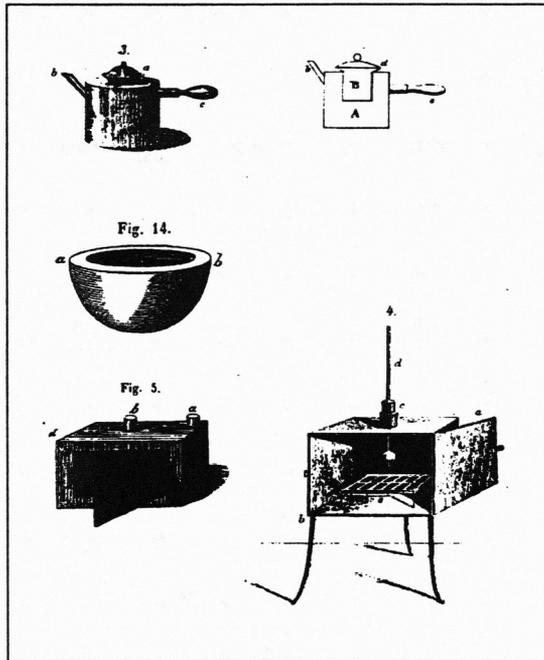


Abb. 4: Obere Reihe: Wasserbad nach Vogel³², Mitte: nach Berzelius³⁵, Untere Reihe: Gießener Ölbad³³ und Gießener Luftbad³³

Zu den wichtigsten Geräten in einem chemischen Laboratorium am Anfang des 19. Jahrhunderts gehören Apparate zur "Pneumatischen Chemie", d.h. Geräte zum Arbeiten mit Gasen, wie Pneumatische Wannen, Gasometer und Eudiometer. Diese Methodik, die vor allem im 18. Jahrhundert entwickelt wurde, trat in den hier betrachteten medizinischen Laboratorien zurück. Dennoch sind diese Geräte als Standardaustattung in der Liste von Heintz noch aufgeführt. Eine

zentrale Stellung nahm hingegen die Elementaranalyse ein³⁶, die sich aus der Pneumatischen Chemie entwickelt hatte und die von Liebig durch den "5-Kugel-Apparat" so vereinfacht wurde³⁷, daß eine "Pneumatische Wanne" nicht mehr erforderlich war. Eine größere Zahl der Klinischen Chemiker der Jahrhundertmitte hatte übrigens Liebigs Methode im Gießener Laboratorium selbst erlernt. Von großer Wichtigkeit gerade für die Analysen biologischer Materialien wurde die Methode zur Stickstoffbestimmung, die Liebigs Assistenten Franz Varrentrapp (1818-1877) und Heinrich Will (1812-1890) 1841 entwickelt hatten³⁸. Bei dieser Methode wird der Stickstoff als Ammoniumplatinchlorid gravimetrisch bestimmt. Das war wesentlich einfacher als die volumetrische Bestimmung des Stickstoffs mit einer Pneumatischen Wanne³⁹ bei der damals übliche Methode von Liebig⁴⁰ in der Modifikation von Jean Baptiste Dumas (1800-1884)⁴¹. Berzelius hatte 1837 in seinem Lehrbuch warnend gesagt: "...diese Analysen sind durchaus zwecklos, wenn man [...] nicht absolut sicher ist, nicht zwei oder mehrere statt eines Stoffes zu analysieren.." ⁴². Tatsächlich war die Darstellung "vollkommen isolierter Körper" mangels geeigneter Methoden der Trennung und Überprüfung in den vierziger Jahren noch ein großes Problem, besonders bei komplexen biologischen Materialien. Elementaranalysen nicht aufgearbeiteter tierischer Gewebe oder ganzer Organismen sind kennzeichnend für die unkritische Anwendung der Methode in dieser Zeit.

Wichtig ist auch, worauf Liebig in seiner Anleitung zur Analyse organischer Körper ausdrücklich hingewiesen hat⁴³, daß die zu analysierende Substanz absolut trocken sein muß. Tatsächlich finden sich im Inventar eines Laboratoriums der hier besprochenen Art zahlreiche Geräte zur Trocknung von Substanzen, bei denen Wärme, konzentrierte Schwefelsäure⁴⁴ oder Calciumchlorid⁴⁵ eingesetzt werden. Liebig selbst hatte einen Apparat beschrieben, der die Trocknung in einem Luftstrom in der Wärme ermöglichte⁴⁶ (Abb.5).

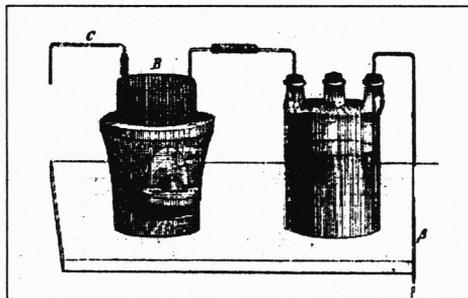


Abb.5: Geräte zur Trocknung organischer Stoffe im Luftstrom nach Liebig

Für den wichtigen Bereich der Isolierung von Stoffen aus biologischem Material sind die benutzten Geräte nur schwer zu rekonstruieren. Hier wurden die üblichen Glasgeräte des Laboratoriums verwendet. Wegen der großen Empfindlichkeit der Stoffe ist die Anwendung von Wärme, beispielsweise bei der Destillation, kaum geeignet. Die wichtigsten Verfahren waren Extraktion und Fällung. Viel benutzt wurden basisches und neutrales Bleiazetat als Fällungsmittel. Liebig's Untersuchung über den Fleischsaft⁴⁷ hatte den Weg für solche Untersuchungen aufgezeigt. In dem hier betrachteten Zeitraum entstanden viele Arbeiten, in denen man sich -um ein Wort Scherers zu gebrauchen- des "Augiasstalles der Extraktivstoffe"⁴⁸ annahm, wobei einer Reihe neuer organischer Verbindungen isoliert wurde.

Als typisches Problem eines klinisch-chemischen Laboratoriums sei noch die Gesamt-Analyse des Blutes erwähnt. Man wußte inzwischen, daß Blut aus Serum mit dem Albumin, aus Fibrin und den Blutkörperchen besteht. Bei einer quantitativen Analyse des Gesamtblutes war bereits die Trennung des defibrinierten Blutes in Serum und Zellen ein Problem. In einer Mischung von 1 Teil Blut und 8 Teilen konzentrierter Glaubersalz-Lösung kann das Serum von den Blutkörperchen abfiltriert werden. Louis Figuier (1818-1894) und Dumas benutzten dieses Prinzip⁴⁹, um die Blutkörperchen vom Serum zu trennen und dann gravimetrisch zu bestimmen (Abb.6).

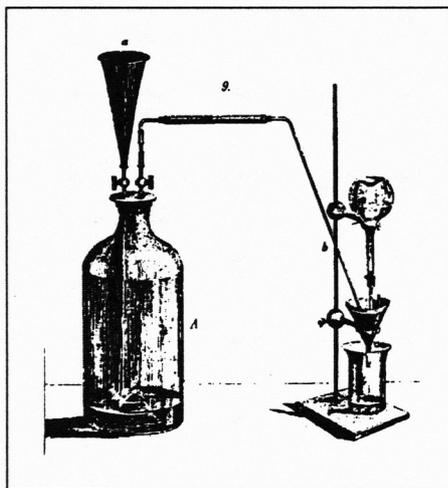


Abb.6: Apparat von Figuier und Dumas zur Zerlegung des Blutes in Serum und Zellen⁵⁰

Die Zentrifuge, die wir heute für diesen Prozeß verwenden, wurde erst um 1890 in das medizinische Laboratorium eingeführt⁵¹.

An mehreren Stellen wird in der Geräteliste von Heintz "Mikrochemisches Glasgerät" genannt. Das weist darauf hin, daß die große Probenmenge, die damals für die Analysen benötigt wurde, einer klinischen Anwendung hinderlich war, ein Problem, das in klinischen Laboratorien bis in unsere Zeit wichtig ist. Für eine Gesamtanalyse des Blutes wurden um 1840 zwischen 85 g und 360 g Blut benötigt⁵². So ist es verständlich, daß man versuchte, mikrochemische Methoden zu entwickeln, um mit geringeren Probenmengen auszukommen. Für die qualitative Analyse von Harnsteinen bot das Lötrohr die Möglichkeit, mit sehr geringen Substanzmengen zu arbeiten. Dementsprechend finden wir das Lötrohr als Standardgerät in den klinischen Laboratorien der damaligen Zeit. Eine Besonderheit ist in der Liste von Heintz ein sog. "selbsttätiges Lötrohr"⁵³, eine Vorrichtung, bei der durch Einblasen von Alkoholdampf in eine Spiritusflamme eine sehr heiße Flamme erzeugt wird (Abb. 7). Heintz benutzt für das Gerät die Bezeichnung "Aeolipile", das ist ein aus der Antike bekanntes Gerät, das Wasserdampf durch eine feine Düse bläst⁵⁴.

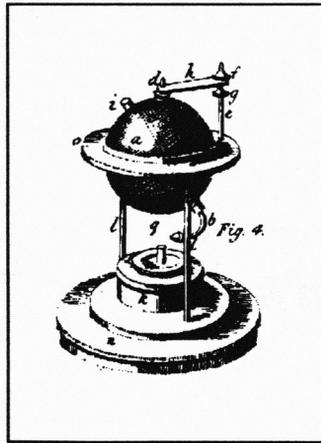


Abb.7: Selbsttätiges Lötrohr, "Aeolipile"

Eine andere Möglichkeit zur qualitativen mikrochemischen Analyse bot das Mikroskop, das in einem chemisch orientierten klinischen Laboratorium weniger der Untersuchung von biologischen Strukturen (Blutkörperchen, Gewebe), als der Bestimmung von Kristallen diente. Das war vor allem bei der Untersuchung des Urinsedimentes wichtig. Carl Schmidt (1822-1894) in Dorpat hatte 1846 ver-

sucht, eine kristallographische Mikroanalyse für das klinische Laboratorium zu entwerfen⁵⁵. Er bediente sich dazu eines Mikroskopes des Berliner Mechanikers Friedrich Wilhelm Schiek (1790-1870), das mit einem Okulargoniometer ausgerüstet war (Abb. 8). Mikroskope von Schiek sind auch in der Liste von Heintz aufgeführt .

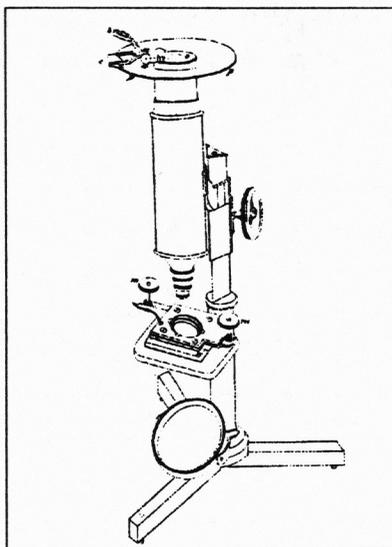


Abb.8: Mikroskop von Schiek (Berlin) mit Okulargoniometer⁵⁵

Schließlich ist noch ein Gerät aus der Inventarliste von Heintz zu erwähnen, das den Beginn einer neuen Ära bezeichnet. Als erstes physikalisches Meßinstrument fand das Polarimeter Eingang in die klinischen Laboratorien. Jean-Baptiste Biot hatte ein Gerät für die Messung der Circularpolarisation in Lösungen konstruiert, das ab 1840 von Apollinaire Bouchardat (1806-1886)⁵⁶ im Pariser Hôtel Dieu für die Untersuchung des Urins auf Glucose eingesetzt wurde. 1844 hatte Eilhard Mitscherlich (1794-1863) ein Polarimeter mit zwei Nicol-Prismen beschrieben⁵⁷, das von der Berliner Firma Boetticher erhältlich war. Mit einem derartigen Gerät hat Heintz Anfang 1844 in der Klinischen Vorlesung von Schönlein Urinzuckerbestimmungen bei Diabetikern durchgeführt⁵⁸. Abb. 9 zeigt ein Polarimeter nach Mitscherlich.

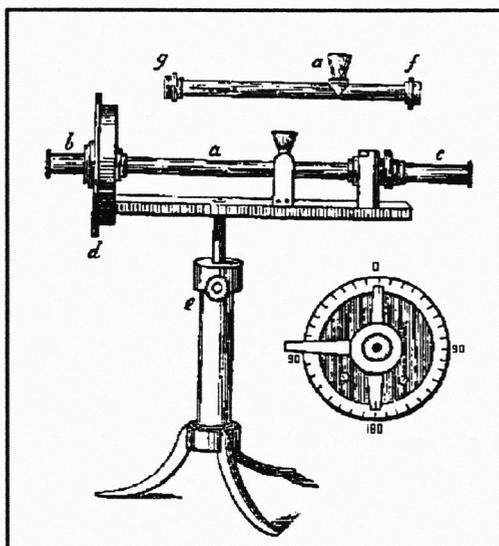


Abb.9: Polarimeter nach Mitscherlich⁵⁹

Schluß

Versuchen wir abschließend, aus den dargelegten Einzelheiten über die Geräteausstattung klinischer Laboratorien um die Mitte des vorigen Jahrhunderts einige allgemeine Schlußfolgerungen zu ziehen. Generell kann man sagen, daß die Einrichtung durchaus vergleichbar der von zeitgenössischen chemischen Laboratorien war. Ein Grund hierfür ist, daß klinische Laboratorien zu dieser Zeit, zumindest in den deutschsprachigen Ländern, fast ausschließlich von Chemikern geleitet wurden. Erst in den letzten Jahrzehnten des 19. Jahrhunderts überwiegen dann Mediziner in diesem Bereich. Insgesamt ist der methodische Einfluß von Liebig's Gießener Laboratorium sehr deutlich.

Um Körpermaterialien, wie Blut, Urin, Mageninhalt usw. zu untersuchen, mußte besonders die schwierige Analyse organischer Verbindungen gepflegt werden. Inzwischen war auch deutlich geworden, daß sich die Materialien Kranker von denen Gesunder weniger qualitativ, als in ihren Konzentrationsverhältnissen unterscheiden. Das erforderte den Ausbau der quantitativen Analytik. Die klinischen Laboratorien an den Universitätskliniken zwischen 1840 und 1850 hatten

deshalb umfangreiche Forschungs- und Entwicklungsarbeit zu leisten, bevor sie den Ärzten am Krankenbett nützlich werden konnten.

Summary

Based on studies in the history of clinical laboratories in the early 19th century the typical instrumentation of these laboratories is described. Fourcroy's plan of 1791 included sophisticated chemical instruments devised by Lavoisier. Small laboratories in doctors' offices were equipped with simple laboratory glassware only for qualitative analysis. From about 1840 clinical laboratories in medical schools used nearly all available instruments for qualitative and quantitative chemical analysis, e.g. balances, equipments for elementary analysis, heating devices, microscopes, polarimeter.

1. Erweiterte Fassung eines Vortrages auf der Vortragstagung der GDCH-Fachgruppe Geschichte der Chemie, Marburg u. Gießen, März 1997
2. *The Laboratory Revolution in Medicine*, herausg. A. Cunningham und P. Williams, Cambridge: 1992.
3. Claude Bernard, *Introduction à l'étude de la médecine expérimentale*. Paris: 1865, S. 258. Deutsche Übersetzung nach: Claude Bernard, *Einführung in das Studium der experimentellen Medizin (Paris 1865)*, herausg. Karl E. Rothschild, Sudhoffs Klassiker der Medizin, 35, Leipzig: 1961, S.209.
4. J. Büttner, "Die Entstehung klinischer Laboratorien in den deutschsprachigen Ländern im 19. Jahrhundert". *Johann Christian Reil (1759-1813) und seine Zeit*, herausg. W. Kaiser und A. Völker, Halle: Martin-Luther-Universität Halle Wittenberg, 1989, 43; T 73) S.118-135.
5. J. Büttner "The origin of clinical laboratories", *European Journal of Clinical Chemistry and Clinical Biochemistry*, 30 (1992) S.585-593.
6. C. Habrich, "Aspekte der Entwicklung des klinischen Laboratoriums im 19. Jahrhundert", *Krankenhausmedizin im 19. Jahrhundert*. herausg. H. Schadewaldt und J.H. Wolf, München:1983, S.158-169.
7. J. Büttner, "The programme devised in 1791 by Fourcroy for the establishment of clinical laboratories", *Tractrix. Yearbook for the History of Science, Medicine, Technology and Mathematics*, 4 (1992) S.39-48.
8. Ein Beispiel ist die Reindarstellung des Harnstoffs durch Extraktion mit Alkohol und Kristallisation. Siehe: A.F. Fourcroy und L.N. Vauquelin, "Nouvelles expériences sur l'urée", *Annales du Muséum national d'histoire naturelle [Paris]* 11 (1808) S. 226-230
9. F.L. Holmes, "Analysis by fire and solvent extractions: The metamorphosis of a tradition", *Isis* 62 (1971) S.129-148.

10. [A.F. Fourcroy], "Idées sur un nouveau moyen de rechercher la nature des maladies", *La Médecin éclairée par les sciences physique* 1 (1791) S. 142-145.
11. Santorio Santorio, *Ars [...] de statica medicina*. Venedig, Apud N. Polum: 1614. Derartige Waagen gestatteten, noch etwa 1 Quentlein (ca. 3 g) bei 70 kg Belastung festzustellen (relative Ablesbarkeit ca. $2 \cdot 10^4$). Siehe: J. Leupold, *Theatrum staticum, Das ist: SchauPlatz der Gewichts-Kunst und Waagen....* Leipzig: 1726. Pars I, S. 62ff.
12. A. Séguin und A.L. Lavoisier, "Premier mémoire sur la respiration des animaux", *Mémoires de l'Académie des Sciences [Paris]*; Année 1789 (1793) S. 566-584.
13. A. Séguin, "Mémoire sur l'eudiométrie", *Annales des chimie [Paris]* 9 (1791) S. 296-303.
14. É. Grimaux, *Lavoisier 1743-1794 d'après sa correspondance, ses manuscrits, ses papiers de famille et d'autres documents inédits*, Paris: 1888, S. 128.
15. A.L. Lavoisier, "Mémoire sur les altérations qui arrivent à l'air dans plusieurs circonstances où se trouvent les hommes réunies en société. *Memoirs de la Société de Médecine [Paris]*, 5 (1782-1783 [1787]) S. 569.
16. Stickoxid ("nitrous air") wird mit der zu untersuchenden Luft in einem Eudiometerrohr gemischt. Es bildet sich Salpetersäure, die sich in dem als Sperrflüssigkeit verwendeten Wasser löst.
17. Siehe die ausführliche Beschreibung bei: F.L. Holmes, *Lavoisier and the Chemistry of Life. An Exploration of Scientific Creativity*, Madison: 1985, chapter 16.
18. Atemgasanalyse bei Kranken z.B. bei: H.P. Nysten, *Recherches de physiologie et chimie pathologiques*, Paris: 1811, seconde section.
19. A. Marcet, *An Essay on the Chemical History and Medical Treatment of Calculous Disorders*. 2nd edition. London: 1819, plate X.
20. Berzelius benutzte Röhren von 3 - 5 Zoll (8 - 13 cm) Länge und 1/2 Zoll (= 1,3 cm) bis 3/4 Zoll (= 2 cm) Weite. Siehe: J.J. Berzelius, *Lehrbuch der Chemie. Übersetzt von F. Wöhler*. 4. Auflage. Dresden, Leipzig: 1841, 10. Band, S. 485.
21. Rose empfiehlt "Reagenzgläser" von 5 Zoll (= 13 cm) Länge und 8 Linien (= 1,75 cm) Weite. Siehe: H. Rose, *Ausführliches Handbuch der analytischen Chemie*. Braunschweig: 1851. Band 1, S. 754-755.
22. W.H. Wollaston, "On gouty and urinary concretions", *Philosophical Transactions of the Royal Society [London]*, 87 (1797) S. 386-400.
23. Siehe z.B.: *Beiträge zur physiologischen und pathologischen Chemie und Mikroskopie*, herausgegeben v. J. F. Simon. Berlin: 1844, S. 76, und: J.J. Griffin, *Chemical Handicraft: A classified and descriptive catalogue of chemical apparatus*. London: 1866, S. 345-347.
24. K. Kisskalt, *Max von Pettenkofer, Grosse Naturforscher*, 4, Stuttgart: 1948, S. 26.
25. W. Heintz, *Plan für ein pathologisch-chemisches Laboratorium*. Preussisches Staatsarchiv. Geheime Medicinal-Registratur, 1847:
1. Plan : Sign.: Rep. 76 VIII D No. 78 vol. 2 41 - 48 r u. v
 2. Erläuterung : Sign.: Rep. 76 VIII D No. 78 vol 2 fol 65 - 68 r u. v
 3. Listen der Geräte und Chemikalien :
Sign.: Rep. 76 VIII D No. 78 vol. 2 fol 125, 151 - 155 r u. v
 4. Liste der Geräte aus dem Privatlaboratorium von Heintz :
Sign.: Rep. 76 VIII D No. 78 vol. 2 fol. 138 - 139 r u. v.

26. Zunächst verwendete man Geräte mit Baumé-Skala, etwa ab 1845 wird die Skala auf Wasser bezogen.
27. Berzelius, *Lehrbuch*, 4. Auflage, Band 10, S.328 f.
28. R. Bunsen und H. Roscoe, "Photochemische Untersuchungen. 2. Abhandlung. Maassbestimmung der chemischen Wirkung des Lichtes", *Annalen der Physik und Chemie*, 100 (1857) S.43-88, hier: S.85-87 und Tafel I.
29. E.C.F. von Gorup-Besanez, *Anleitung zur qualitativen und quantitativen zoochemischen Analyse*. Nürnberg: 1850, Tafel II, Fig. 2.
30. J.F. Heller, "Die pathologisch-chemische und mikroskopische Untersuchung zur medizinischen Diagnose", G. von Gaal, *Physikalische Diagnostik und deren Anwendung in der Medicin, Chirurgie, Oculistik, Otriatik und Geburtshilfe*, Wien: 1846, S.531- 646, hier: S.558.
31. J.J. Berzelius, *Sieben Kupfertafeln zum zehnten Band von Berzelius' Lehrbuch der Chemie: Chemische Operationen und Gerätschaften*, Dresden, Leipzig: 1841, Tafel III, Fig.22.
32. J. Vogel, *Anleitung zum Gebrauch des Mikroskopes zur zoochemischen Analyse und zur mikroskopisch-chemischen Untersuchung überhaupt*, Leipzig: 1841, S. 217 u. Tafel III.
33. C.R. Fresenius, *Anleitung zur quantitativen chemischen Analyse*, Braunschweig: 1845, Fig.5 und Fig.10.
34. Bei diesem Ofen wird mit einem starken Luftzug ein Holzkohlenfeuer zu größerer Hitze entfacht. Siehe: N.G. Sefström, "Beschreibung eines Windofens". *Annalen der Physik und Chemie, herausg. von Poggenдорff*, I.Ser., 91 (1829) S.612-618.
35. Abb. aus: Fresenius, *Quantitative Analyse*, S.49, Fig. 14.
36. Zur Bedeutung der Elementaranalyse für die Entstehung der physiologischen Chemie siehe: F.L. Holmes, "Elementary analysis and the origin of physiological chemistry", *Isis*, 54 (1963) S.50-81.
37. J. Liebig, *Anleitung zur Analyse organischer Körper*, Braunschweig: 1837.
38. Bei diesem Verfahren wird Stickstoff durch Erhitzen mit einer Mischung von Calciumcarbonat und Natriumhydrogencarbonat in Ammoniak verwandelt, das in einem speziellen Absorptionsrohr in Salzsäure aufgefangen wird. Das Ammoniak wird als Platinsalmiak gefällt und gravimetrisch bestimmt. Siehe: F. Varrentrapp und H. Will, "Neue Methode zur Bestimmung des Stickstoffs in organischen Verbindungen", *Annalen der Chemie* 39 (1841) S.257-296, mit Tafel I.
39. Das Problem bei dieser Methode besteht vor allem darin, daß bei der Verbrennung stickstoffhaltiger Substanzen neben Stickstoff auch Stickoxyd entsteht, was Anlaß zu erheblichen Abweichungen ist.
40. J. Liebig, *Analyse organischer Körper*, S.40-53.
41. J.B. Dumas, "Lettre à M. Gay-Lussac, sur les procédés de l'analyse organique". *Annales de chimie [Paris]*, 47 (1831) S.198-213.
42. Berzelius, *Lehrbuch*, 3. Auflage, Band 6, 1837, S.28.
43. J. Liebig, *Analyse organischer Körper*, S.6.
44. Gorup-Besanez, *Zoochemische Analyse*, Tafel II, Fig.5.
45. Gorup-Besanez, *Zoochemische Analyse*, Tafel II, Fig.6.

46. J. Liebig, "Austrocknungs-Apparat behufs der Zerlegung organischer Substanzen", *Annalen der Physik und Chemie*, Folge 2, 27 (1833) S.679-681, mit Tafel V, Fig. 4.
47. J. Liebig, "Ueber die Bestandtheile der Flüssigkeiten des Fleisches", *Annalen der Chemie und Pharmacie* 42 (1847) S.257-369.
48. (J.) Scherer, "Eine neue im Fleische des Ochsen aufgefundenen Zuckerart", *Verhandlungen der Physikalisch-Medicinische Gesellschaft Würzburg* 1 (1850) S.51-55.
49. L. Figuier, "Sur une méthode nouvelle pour l'analyse du sang et sur la constitution chimique des globules sanguins", *Annales de chimie*, III. Sér., 11 (1844) S.503-508, und: [J.B.] Dumas, "Recherches sur le sang", *Annales de chimie [Paris]*, III. Sér., 17 (1846) S.452-460.
50. Abb. aus: Gorup-Besanez, *Zoochemische Analyse*, Tafel II, Fig.9.
51. S.G. Hedin, "Hämatokriten, en ny apparat för blodundersökning", *Upsala Läkareförenings Förhandlingar* 24 (1888-1889) S.440-454. Für das chemische Laboratorium hatte v. Babo zuerst eine Zentrifuge konstruiert. Siehe: L. von Babo, "Mitteilungen aus dem chemischen Laboratorium zu Freiburg. I. Über die Anwendung der Centrifugalkraft im chemischen Laboratorium", *Annalen der Chemie und Pharmacie* 82 (1852) S.301-311, mit Tafel.
52. Benötigte Blutmengen für die damals üblichen Verfahren: Andral u. Gavarret 360 g, Simon 60 g bis 120 g, Scherer 90 g, Becquerel u. Rodier 85 g, Figuier u. Dumas 80g bis 120 g.
53. A. Ure, *Handwörterbuch der practischen Chemie, angewendet auf die anderen Zweige der Naturkunde, wie auf Künste und Gewerbe*. 1. Deutsche Ausgabe. Weimar: 1825, S. 640 und Tafel V. Die Erfindung des mit Alkoholdampf arbeitenden Gerätes wird Robert Hooke zugeschrieben. Vgl. dazu: R.T. Gunther, *Early science in Oxford. Vol. III. Life and Work of R. Hooke*, Part II. Oxford: 1930, S.559.
54. Heintz benutzt hier die auf Vitruv zurückgehende Bezeichnung "aeoli pilae". Siehe: Vitruvius, *On Architecture*, herausg. F. Granger, London: 1955, I, ch. 6, § 2.
55. C. Schmidt, *Entwurf einer allgemeinen Untersuchungsmethode der Säfte und Excrete des thierischen Organismus. Basirt auf krystallonomische, histologische und mikrochemische Bestimmungen*. Mitau und Leipzig: 1846. Tafel, Fig. 1. Vgl. auch: G.L.E. Turner, *Mikroskope*, übers. von D. Gerlach, München: 1981, Abb. 89.
56. A. Bouchardat, "Nouvelles recherches sur le diabète sucré ou glucosurie". *Annuaire de thérapeutique, de matière médicale, de pharmacie et de toxicologie*, herausg. A. Bouchardat. Année 1842. Paris: 1842, S.266-285 (Mémoire, vorgetragen in der Académie des sciences 1841). Biot weist in einer Anweisung zur Benutzung seines Polarisimeters darauf hin, daß Bouchardat seit 1840 im Hôtel-Dieu Untersuchungen im Urin von Diabetikern ausgeführt habe. Siehe: J.B. Biot, *Instructions pratiques sur l'observation et la mesure des propriétés optiques appelées rotatoires avec l'exposé succinct de leur application à la chimie médicale, scientifique et industrielle*. Paris: 1845, S.44.
57. E. Mitscherlich, *Lehrbuch der Chemie*. 4. Auflage. Berlin: 1844, I. Band, S.360-366.
58. J.L. Schönlein, *Schönleins klinische Vorträge in dem Charité-Krankenhaus zu Berlin*, herausg. L. Güterbock, Berlin: 1842, S.400 (Vorlesung vom 5. Januar 1844).
59. J.J. Griffin, *Chemical Handicraft: A classified and descriptive catalogue of chemical apparatus*, London: 1866, S.320.