

Organische Chemie im Wandel: Der Einzug des Liebigschen Apparates in französische Laboratorien¹

Alan J. Roche, Case Western Reserve University,
Cleveland, Ohio 44106-7107, USA

Der Liebigsche Apparat zur Bestimmung des Kohlenstoffgehalts organischer Verbindungen, der auf dem Umschlag dieses Journals erscheint, war ein wunderbar schnelles und genaues Gerät. Er wurde aus einer Glasröhre hergestellt, in welche fünf Wölbungen geblasen wurden. Eine Probe der zu analysierenden Verbindung wurde in einer angeschlossenen Verbrennungsröhre durch ein Oxidationsmittel wie Kupferoxid verbrannt; das erzeugte Kohlendioxidgas wurde dann in das Liebigsche Gerät geleitet, das eine Auflösung von Ätzkali zur Absorption der Kohlensäure enthielt. Der sogenannte „Fünfkugelapparat“ oder „Kaliapparat“ wurde vor und nach dem Experiment gewogen; der Gewichtsunterschied war das Gewicht von Kohlendioxid, woraus sich der Kohlenstoffgehalt der Probe leicht kalkulieren ließ. Die Kaliapparatmethode hatte gewisse Vorteile gegenüber der früheren volumetrischen Methode, die etwa zwanzig Jahre zuvor von Joseph Louis Gay-Lussac und Jöns Jacob Berzelius erfunden worden war. Indem man bei der Liebigschen Methode eine viel größere Probe nehmen konnte, wurde die Genauigkeit des Resultats entsprechend erhöht. Indem man das Kohlendioxidgas chemisch und im festen (anstatt gasförmigen) Zustand einfieng; und indem man jetzt die Endmessung mit einer Waage (anstatt volumetrisch) vornehmen konnte, wurde die Analyse viel einfacher, schneller - und immer genauer. Der ganze Vorgang konnte nun außerdem in einem offenen System unter normalem Druck ausgeführt werden, was auch viel leichter als vorher war.

Dieser Apparat wurde bald zum Mythos unter den Chemikern. Carl Löwig beschrieb 1844 die „neue Epoche,“ die jetzt in der Chemie eingeführt werde, und solche Rhetorik war typisch für den deutschen Lehrbuchverfasser dieser Periode.² 44 Jahre nach der Erfindung nannte August Wilhelm Hofmann sie die größte von allen Entdeckungen Liebigs und die „Hauptquelle“ der Entstehung der wissenschaftlichen Chemie, „ein Wunder unseres Zeitalters.“³ Liebig-Schüler pflegten Nachbildungen des Apparats als Abzeichen am Rockaufschlag zu tragen,⁴ und

das Symbol ist seit langem im Emblem der American Chemical Society dargestellt. Obwohl organische Analysen heute durch kommerzielle Laboratorien ausgeführt werden und nicht durch die Forscher selbst, ist die jetzige Methode im wesentlichen dieselbe, die Liebig erfand.

Bekanntlich ist der Name Liebig mit einer zweiten und vielleicht noch wichtigeren Errungenschaft verbunden, nämlich mit der Einführung des praktischen chemischen Unterrichts in Universitätslaboratorien - was übrigens auch, wie wir später sehen werden, mit der Einführung des Kaliapparats zu tun hat. Hofmann schrieb, daß das Liebigsche Laboratorium in Gießen, „das erste wahre Unterrichtslaboratorium, das je gegründet wurde, ... eine Epoche in der Geschichte der Chemie“ sei.⁵ Wie der Kaliapparat für die organische Chemie, so ist die „Forschungsgruppe“ heute überall für höheren Unterricht in den Naturwissenschaften üblich. Jetzt wissen wir jedoch, daß Liebigs Behauptung, das erste chemische Unterrichtslaboratorium gegründet zu haben, nicht wahr ist; einige Historiker haben dieser Behauptung völlig widersprochen. Es wird sogar neuerdings bezweifelt, ob die Liebigsche analytische Methode wirklich ein revolutionärer Schritt war.

Aber die Lage ist noch verwickelter und interessanter, als diese Meinungen vermuten lassen. Ich habe hier vor, die Aufnahme der Liebigschen Neuerungen in Frankreich in den 1830er Jahren zu untersuchen, um bewerten zu können, inwieweit diese Behauptungen gerechtfertigt sind. Meine Untersuchung wird andeuten, daß jene Behauptungen nicht nur verbunden sind mit chemischen Einzelheiten, sondern auch mit weiteren Fragen zu wissenschaftlichem Stil, Theorien, Institutionen, Merkmalen der Forschungslokalitäten und nationalistischen Strömungen. Wir werden jedoch auch sehen, daß diese kulturellen und materiellen Bedingungen, obwohl höchst wichtig, den Erfolg, den man später diesen Neuerungen zuschrieb, nicht völlig erklären können. Der Kaliapparat und das Forschungs- und Unterrichtslaboratorium waren bestimmt tüchtige Werkzeuge, womit man eine Disziplin konstruieren konnte; jedoch waren auch die Institutionen, sich verändernde Theorien sowie persönliche und nationale Merkmale ausschlaggebende Faktoren. Kurz, man muß die weitere Umgebung verstehen, um sich ein klares Bild dieser Geschichte machen zu können.

*

Liebig erfand die neue Methode im Herbst 1830 und schrieb eine deutsche und eine französische Fassung des betreffenden Artikels. Er schickte dann die französische Fassung an seinen Freund und ehemaligen Lehrer Gay-Lussac, der sie in den *Annales de chimie* drucken ließ. Vor dem Druck jedoch gab Gay-Lussac die

Abhandlung seinem jungen Kollegen Jean-Baptiste Dumas, den Liebig im Artikel gelegentlich stark kritisiert. Der Artikel wurde im Oktober 1831 mit einer abgeschlossenen Replik von Dumas veröffentlicht.⁶ Hier muß ich bemerken, daß während Gay-Lussac als Mentor für Liebig wirkte, Louis Jacques Thenard Dumas geschützt und gefördert hatte. Gay-Lussac und Thenard waren einmal eng befreundet gewesen - sie hatten ja eine analytische Methode für organische Verbindungen zusammen entwickelt - aber ihre Freundschaft war dann gescheitert und in Folge hatten auch Liebig und Dumas eine ähnlich schwierige Beziehung. Thenard und Gay-Lussac waren dann als Professoren an der Ecole Polytechnique angestellt. Ihre Assistenten waren Dumas bzw. Jules Pelouze. Pelouze war damals Liebigs bester Freund in Paris. Ähnlich wie Dumas und Liebig hatten auch Dumas und Pelouze eine wechselhafte Beziehung.

Die gedruckte Replik von Dumas zu Liebigs Artikel war überraschend positiv, aber auch widersprüchlich. Er erklärte gleich am Anfang, daß die neue Methode „ohne aller Zweifel dazu bestimmt ist, den Zustand der organischen Chemie in allernächster Zukunft zu ändern.“ Er fuhr dann aber fort, zu sagen, daß die Analyse nicht-stickstoffhaltiger organischer Verbindungen mit der älteren Methode „die einfachste von Operationen“ sei, und keine Verbesserungen erforderlich wären. Seine ausführliche Kritik war Liebigs Methode zur Bestimmung des Stickstoffs gewidmet, die nur einen kleinen Teil des Artikels ausmachte.

Dumas schickte Liebig umgehend ein gedrucktes Exemplar des Journals. In seinem beigelegten Brief schrieb Dumas, er habe erkannt, daß er in manchen Aspekten seiner Kritik Unrecht gehabt habe. Er habe Liebigs Artikel zu oberflächlich (oder vielleicht teilweise gar nicht) gelesen und habe seinen Inhalt falsch verstanden. Er verstehe jetzt, daß die zwei Methoden zur Stickstoffbestimmung im wesentlichen dieselben seien, und er versprach Liebig, daß er seinen Fehler durch eine Bemerkung im nächsten Heft des Journals berichtigen würde. Dumas wollte sich mit Liebig versöhnen, weil er dessen Einfluß benötigte, um zu einem Mitglied der Académie des Sciences gewählt zu werden. Weiter schrieb Dumas in seinem Brief:

Im jetzigen Zustand der Chemie in Frankreich gibt Deutschland den Ton an. ... Unter allen Chemikern, die ich je getroffen habe, sind Sie es, dessen Charakter und Ideen in mir die größte Zuneigung erwecken. ... In Deutschland kann man sich keine Vorstellung von meiner hiesigen Lage machen. Ich bin der einzige in Paris, der Ihre Abhandlungen liest. Ich kann die Chemie mit niemandem besprechen, weil keiner sich auf dem Laufenden hält über all das, was in der Wissenschaft passiert.⁷

Liebig antwortete höflich.⁸ Im nächsten Monat (November 1831) veröffentlichte Dumas, wie versprochen, eine Bemerkung, welche die Fehler in seiner Replik berichtigte. Er gab einige Mängel seiner früheren Bemerkungen zu, fuhr aber fort, die Überlegenheit seiner eigenen Prozeduren zu behaupten.⁹

Trotz der Zweideutigkeit seiner ersten Antwort, übernahm Dumas den Kaliapparat unmittelbar danach. Der erste Kaliapparat in Paris wurde vom elsässischen Liebig-Schüler Carl Oppermann geliefert, der ein Gerät im Dezember 1831 von Gießen in Pelouzes Laboratorium in der Ecole Polytechnique brachte. Unter den Franzosen war nicht nur Oppermann sondern sogar Gay-Lussacs Sohn damals Student in Gießen. „Sie können die Methode durch [Oppermann] erlernen,“ schrieb Liebig an Pelouze, „... gründlicher als durch die [gedruckte] Beschreibung, die ich darüber geschrieben habe. Es würde mich freuen, wenn man in Paris ihre Nützlichkeit erkennen würde.“¹⁰ Dumas, in einem angrenzenden Laboratorium tätig, konnte die Methode aus dritter Hand von Pelouze erlernt haben. In einer Abhandlung, die früh im Jahre 1832 veröffentlicht wurde, schrieb Dumas, daß er „seit geraumer Zeit“ das Gerät „mit vollem Erfolg“ benutzt habe.¹¹

Weitere Einzelheiten ergeben sich aus einem Brief vom Januar 1832, worin Dumas seinem deutschen Kollegen seine Lage beklagte. Im Gegensatz zu Liebig waren sein Laboratorium und seine Wohnung örtlich getrennt, und er hatte zwei Arbeitsplätze - die Ecole Polytechnique und die Ecole Centrale des Arts et Manufactures - wo er jeden Tag anwesend sein mußte. Das schuf große tägliche Schwierigkeiten. Er bewohnte ein Haus beim Jardin des Plantes, das nicht sehr weit von der Ecole Polytechnique an der Rive Gauche in der Nähe des Panthéons lag. Aber die Ecole Centrale lag drei Kilometer nördlich, im Marais an der Rive Droite. Damals gab es keine guten Straßen senkrecht zur Seine, und fast alle Brücken waren in den Händen von Privatleuten, die erhebliche Gebühren verlangten.¹²

Das Pendeln kostete mehr als Zeit und Geld: es verzögerte Dumas' Forschungsprojekte sehr. Jede Analyse mit der älteren Methode in seinem Laboratorium in der Ecole Polytechnique erforderte zwei Tage - einen für die Kohlenstoffbestimmung und einen für die zusätzliche Stickstoffbestimmung. Wenn die neuere Methode weniger als vier Stunden erfordere für eine Analyse erfordere, schrieb er an Liebig, wäre das ein zwingender Grund, sie zu übernehmen; außerdem verursache die Handhabung mit Gasen „d'ennui et de fatigues,“ was mit dem Liebigschen gravimetrischen Vorgang nicht vorkäme. Dumas deutete demnach seine Absicht an, auf die Liebigsche Weise zu analysieren, und versprach ihm, daß er Liebig die Anerkennung dafür geben würde. Auch hier versäumte Dumas nicht, den angeblich wenig beneidenswerten Zustand der Chemie in Frankreich und die Unkennt-

nis über die wichtigsten ausländischen Ereignisse in der Chemie von „unseren armen Chemikern,“ zu beklagen.¹³

In einer langen Abhandlung, die im März 1834 veröffentlicht wurde, erörterte Dumas alle damals angewandten Methoden der organischen Analyse und gab den Methoden den Vorzug, welche die Kohlensäure wiegen und nicht das Volumen messen. Die Methode „die die Vorliebe in jeder Hinsicht verdient, ist die, die den genialen Absorbtionsapparat von M. Liebig benutzt.“ Der Kaliapparat „vereinfacht die organische Analyse zu dem Grad, und gibt Resultate so genau, daß er als einer der unschätzbaren Gewinne betrachtet werden kann, den die analytische Chemie seit vielen Jahren gemacht hat.“¹⁴ In einer Abhandlung, die im darauffolgenden Monat erschien, heißt es:

Der Vorgang, dem man in jeder Forschung über die Zusammensetzung der organischen Basen folgen sollte, ist sehr geschickt angedeutet in der bemerkenswerten Abhandlung, in der M. Liebig seinen unschätzbaren Kondensator beschrieben hat; hier genügt es, einige Beispiele aus dieser Abhandlung zu wiederholen.¹⁵

Wie Dumas, so gaben auch die anderen Pariser Chemiker die ältere Methode der Kohlenstoffbestimmung auf; sie ist in den frühen 1830er Jahren völlig verschwunden.

*

Die fast unmittelbare Übernahme der neuen Methode in Paris fand auch an anderen Orten statt. Als Liebig sie zum erstenmal Berzelius brieflich beschrieb, antwortete dieser, es sei ihm „ganz unbegreiflich,“ wie Liebig so viel in so kurzer Zeit ausführen konnte. Im nächsten Jahr bot Liebig Berzelius an, ihm einen Kaliapparat zu schicken. Berzelius nahm das Geschenk dankbar an, und schrieb, „Sie sind gewiß in diesem Augenblick der größte Meister in der Kunst organische Analyse mit Genauigkeit zu machen, den wir nun haben.“ Liebig schickte ihm zwei Kaliapparate, von denen nur einer die Reise überlebte; aber Berzelius bemerkte, daß dieser Verlust nicht schlimm sei; er könne jetzt beliebig viele Fünfkugelapparate selbst blasen, weil jetzt einer als Modell dienen könne.¹⁶ Achtzehn Monate später schrieb Berzelius an Wöhler:

Wir benutzen täglich [bei diesen Untersuchungen] Liebigs Apparat. Es ist ein herrliches Instrument. ... wir sind damit nun so weit gekommen, daß das Resultat, das man erhält, unmöglich unrichtig sein kann.¹⁷

Zu dieser Zeit hatte Wöhler selbst den Apparat längst übernommen. Im November 1831 besuchte er Liebigs Laboratorium in Gießen, um über zwei Wochen

dort intensiv mit Liebig zusammenarbeiten. Liebig zeigte ihm die neue Methode, die Wöhler Berzelius als „ganz vortrefflich“ beschrieb, und die beiden Chemiker führten viele Analysen durch. Das war „eine Seite der Chemie, worin ich bisher ganz fremd war.“¹⁸ Eine Woche später schrieb er wieder: „Sein organischer Apparat scheint mir ganz vortrefflich zu seyn; auch ist er in der organischen Analyse Meister und dabei von einer pedantischen Exactitude.“¹⁹ Robert Bunsen muß die Methode erlernt haben, als er einige Tage in Gießen verbrachte - genau zu der Zeit (Sommer 1832), als Liebig mit Wöhler am Bittermandelöl arbeitete. Liebig verbrachte im April 1832 die Osterferien mit seinem Studenten Jules Gay-Lussac in Heidelberg; dort, und sechs Monate später in Berlin, trafen sie Mitscherlich und Magnus. Liebig zeigte ihnen die neue Methode.²⁰ Die Berliner Berzelianer-Gemeinde - nicht nur Mitscherlich und Magnus, sondern auch Heinrich und Gustav Rose und andere mehr - übernahm sie dann schnell.

Bemerkenswert ist es, daß diese Vermittlungen, im darauffolgenden Jahr nach der Veröffentlichung der Methode, zwei verschiedenen Mustern folgten: Einerseits körperliche Vermittlung aus der Hand des Meisters (oder aus der Hand eines Surrogats) - wie zum Beispiel Liebig unmittelbar an Oppermann (und dann an Pelouze, Dumas oder Gay-Lussac), oder unmittelbar an Jules Gay-Lussac, Wöhler, Bunsen, Mitscherlich oder an Magnus und viele andere. Ein zweites (und viel selteneres) Muster war die briefliche (nichtkörperliche) Vermittlung über große Entfernungen hinweg, wie es im Falle von Berzelius geschah.

Zwei Umstände sind hier wichtig. Erstens: Sogar der allergrößte Meister Berzelius wartete, bis er einen echten Kaliapparat in den Händen hatte, der von Liebig selbst vorbereitet worden war, bevor er fortfuhr, die Methode selbst zu wiederholen. Zweitens: Er benötigte aber nicht viel Zeit mit dem Gerät, bevor er imstande war, ständig Resultate, die „unmöglich unrichtig sein können“ zu bekommen, ohne in der Handhabung des Geräts je unmittelbar von einem, der es schon beherrschte, unterrichtet worden zu sein. Dieselbe Erfahrung ist neulich von einem heutigen Chemiker erneut gemacht worden: Professor Melvyn Usselman (University of Western Ontario) hat vor kurzem eine Studentin angeleitet, die Liebigsche Kaliapparatanalysen zu wiederholen, mit fabelhaft genauen Ergebnissen.²¹ Daß man relativ schnell und leicht von einer gedruckten Beschreibung lernen kann, überraschend gute Resultate zu erlangen, besagt vieles über den wesentlichen Charakter der Methode.

*

Nun einige Bemerkungen zum wissenschaftlichen Stil. Die Liebigsche Methode verkörperte einen vollständigen Übergang zu Gravimetrie, daher zu einer hauptsächlich chemischen Methodologie. Gay-Lussac, einer der zwei Erfinder der älteren Methode, war Chemiker im vollen Sinne, aber sein frühester Ruf war in der Physik der Gase und der Wärme; er lehrte Physik an der Sorbonne und war in der Abteilung Physik der Académie des Sciences tätig. Eudiometrie, eine Messungsmethode die man vielleicht mehr mit der Physik als mit der Chemie assoziiert, erschien ihm natürlicher als Gravimetrie, die wirklich chemisch war; Maurice Crosland vermutet, daß wir in Gay-Lussac's volumetrischer Methodologie „eine späte Strömung von französischem Cartesianismus“ sehen können, worin „Ausdehnung“ als das eigentliche Maß der Materie betrachtet wurde.²²

Der zweite Erfinder der älteren Methode, Berzelius, war von den Vorteilen des Gay-Lussac'schen Ansatzes überzeugt worden. Nichtsdestotrotz haben wir gesehen, daß ein völlig chemischer Vorgang - Kohlensäure gefangen im festen Zustand durch eine chemische Reaktion, die Bildung von Karbonat, anstatt physikalisch als Gas - wesentliche Vorteile hatte, die Berzelius jetzt erkannte. Es ist auch bemerkenswert, daß Liebigs chemischer Vorgang so viele Vorteile gegenüber der physikalischen Methode in Hinsicht auf Genauigkeit und Präzision hatte, weil es in diesem Jahrhundert einer Wiederkehr der Physik bedurfte, um einen Quantensprung in analytischer Genauigkeit zu machen.

Stilfragen sind auch mit Forschungslokalitäten verbunden. Seit seiner Studentenzeit hatte Liebig eine Laufbahn geplant, in der er Gruppen von Studenten in pharmazeutischen und chemischen Praktika leiten könnte. Wie Frederic L. Holmes überzeugend behauptet hat, paßte die Kaliapparatmethode dieser pädagogischen Strategie vortrefflich, weil Liebigs Studenten jetzt die Analysen selbst machen konnten. Dieses Liebigsche Muster entwickelte sich zu einem charakteristisch deutschen Forschungsstil.²³ Die französischen Chemiker waren nicht imstande, diese Art Forschungslaboratorien bis Ende des Jahrhunderts zu entwickeln, und daher konnten sie diese neue analytische Methode nicht so extensiv nutzen, wie Liebig und seine Landsleute es taten.

Einige französische Chemiker versuchten dennoch eifrig, solche Forschungsgruppen in modernen Unterrichtslaboratorien zu bilden. Ich habe anderswo gezeigt, daß Dumas leidenschaftlich und wiederholt das Gießener Muster zu kopieren versuchte - aber mit wenig Erfolg.²⁴ Er erkannte, bewunderte und begehrte das Modell, das Liebig entwickelt hatte.

Außerdem litt Dumas' neue und wichtige Methode zur Stickstoffbestimmung (1833), trotz einiger Ähnlichkeiten zu Liebigs Methoden, unter wesentlichen Be-

schränkungen und hatte nie die Art der massenproduktiven Einfachheit erreicht, welche die Verwendung des Kaliapparats bot. Dumas gründete bekanntlich ein Pariser Forschungs- und Unterrichtslaboratorium, das reichlich mit Kaliapparaten ausgestattet war. Aber dieses Unternehmen blieb immer klein, privat und zeitlich begrenzt (es hat nur zehn Jahre lang existiert); es verkörperte das Gießener Modell nur teilweise und provisorisch.

In einer anderen Weise paßte die Kaliapparatmethode den Franzosen besser ins Konzept als den Deutschen. Dumas wurde z.B. wegen seiner komplizierten Arbeitsbedingungen von der neuen Methode sehr stark angezogen. Wir sind daran gewöhnt, die französische Gewohnheit, „cumul“ genannt, als vorteilhaft und lukrativ für diejenigen zu betrachten, die so glücklich waren, professionelle Stellen akkumulieren zu können; aber der Fall Dumas besagt etwas ganz anders. Sein professionelles Leben war so kompliziert, daß er der Schnelligkeit und der Einfachheit der Liebigschen Methode dringend benötigte - mehr als die Deutschen.

Was theoretische Dinge anbetrifft, so paßte die Kaliapparatmethode den Deutschen etwas besser als den Franzosen, weil sie Schritt für Schritt mit chemischem Atomismus entwickelt wurde. Auf der einen Seite war es die Unfähigkeit, gute atomistische Formeln für Alkaloide zu bestimmen, die Liebig veranlaßte eine bessere Methode zu erfinden. Auf der anderen Seite stellte die Entstehung der Isomeriefälle gerade zu diesem Zeitpunkt noch eine Herausforderung für die Elementaranalyse dar; die Atomtheorie bot einen Ausweg an. Der Berzelius'sche chemische Atomismus beeinflusste deutsche Chemiker schnell und entscheidend. Schon während Liebigs Pariser Jahren hat er an Einfluß gewonnen und zu der Zeit, als Liebig selbst zu den Berzelius'schen Atomgewichten bekehrt worden war - das war auch in demselben Jahr, als er den Kaliapparat erfand - beherrschte dieses System Deutschland. Die französische Aufnahme der Berzelius'schen Atomistik war langsamer, zweideutiger und immer nur teilweise. Obwohl eine Gruppe von Atomisten in Paris in den 1820er Jahren existierte, wurden ihre Ideen ständig durch eine starke anti-metaphysische Tendenz beeinflusst, die atomistische Aussagen verdächtig erscheinen ließ. Man kann daher vermuten, daß Liebig mehr die Dringlichkeit spürte, eine bessere analytische Methode ausfindig zu machen, als Dumas.

In internationaler Hinsicht kann die Einführung des Kaliapparats als passendes Merkmal für das allmähliche Übergehen der führenden Rolle in der Chemie von Frankreich auf Deutschland gelten. Liebig begann seine Laufbahn als frankophiler und französischsprechender Schüler von Gay-Lussac. Weniger als ein Jahr nach seiner Erfindung traf Liebig Berzelius zum ersten Mal, ging mit ihm einen Briefwechsel ein, wurde den deutschen Berzelianern persönlich und professionell

eng verbunden und wurde Herausgeber eines Journals, was es ihm ermöglichte, auf die Publikation in den Pariser *Annales de chimie* zu verzichten. Alle diese Faktoren lockerten seine Verbindungen zu den Pariser Chemikern; gleichzeitig begannen er und seine Landsleute, selbstbewußt Chemie zu betreiben. Liebig und die anderen deutschen Berzelianer (Wöhler, Magnus, Heinrich Rose, Gustav Rose, u.a.) veröffentlichten viel in den frühen 1830er Jahren.

Einige führende französische Chemiker fingen damals an, sich Sorgen über den „Gesundheitszustand“ der einheimischen Wissenschaft zu machen. 1831 und 1832 drückte Dumas solche Besorgnisse wiederholt in seinem Briefwechsel mit Liebig aus. In seinem frühesten erhaltenen Brief an Liebig machte Pelouze sich Sorgen über seine Unkenntnis der deutschen Sprache und plante, jeden Tag diese Sprache zu studieren (ein Vorsatz, der rasch in Vergessenheit geriet). „Nichts neues wird in Paris getrieben, wenigstens soweit ich weiß,“ berichtete er.

Es scheint, daß wirklich nutzbare Tatsachen und Entdeckungen für Sie persönlich reserviert sind. Wir sind alle erstaunt über Ihre ungeheure Tätigkeit, und über die Experimente mit denen Sie unaufhörlich die Chemie bereichern.

Im nächsten Jahr bat er Liebig um wissenschaftliche Neuigkeiten, „woran Deutschland heute so reich ist,“ und in einem anderen Brief heißt es: „In Paris sprechen wir in der chemischen Welt nur noch über Ihre Experimente.“

Ein Jahr später beschrieb er die überall verbreitete Bewunderung für Liebigs „ungeheure Fruchtbarkeit,“ die alle Chemiker „unseres armen Landes“ hegten.²⁵

Später im selben Jahr klagte er, „Wir haben absolut nichts Neues in der Chemie in Frankreich was Sie nicht schon wissen. Alles Licht kommt jetzt aus Deutschland, und zu meinem großen Unglück kenne ich Ihre Sprache nicht.“ Daß Pelouze nicht nur einfach Liebig schmeicheln wollte, deutet die Tatsache an, daß er auch an Wöhler fast dieselben Worte schrieb.²⁶ Pelouze mag seine Bewunderung der Deutschen von seinem französischen Lehrer aufgenommen haben. Im Gegensatz zur großen Mehrheit seiner Fachgenossen sprach Gay-Lussac ziemlich gut Deutsch, und er bestand darauf, daß alle seine Kinder Deutsch erlernen - auch seine Töchter. Wie wir gesehen haben, suchte sein Sohn Jules höheren chemischen Unterricht nicht bei seinem Vater, die „Perle“ der französischen Chemiker, sondern bei Liebig in Gießen.²⁷

Wir haben auch gesehen, daß Dumas an Liebig ähnlich wie an Pelouze schrieb, indem er die Unkenntnis deutscher Entwicklungen und auch wichtiger ausländischer Entdeckungen, von „unseren armen Chemikern,“ beklagte. Er berichtete, daß Antoine Bussy, Professor an der pharmazeutischen Schule, ihm neulich er-

klärt habe, daß organische Analysen nutzlos seien. „So wird die Chemie in Paris verstanden,“ schrieb Dumas sarkastisch.²⁸ Wie Pelouze, konnte Dumas wenig Deutsch, aber er erkannte die große Wichtigkeit der wissenschaftliche Bewegung jenseits des Rheins, und er hielt sich au courant mit der Liebigschen und Berzelius'schen Schule. Seine schmeichelhaften Aussagen über die deutsche Chemie an Liebig können freilich nicht notwendigerweise als objektive Beschreibungen oder als aufrichtige Erklärungen gelten. Aber die Häufigkeit solcher Meinungen, die in diesem Briefwechsel auftauchen, deutet an, daß wenigstens gewisse französische Chemiker um 1830 doch besorgt über den Zustand der nationalen Wissenschaft waren. Liebig berichtete an Berzelius, daß auch Gay-Lussac die französische Engstirnigkeit und den darauffolgenden Niedergang auf der Weltbühne erkannte.²⁹

Mit vielen seiner Landsleute entdeckte Liebig seine eigene Stärke und begann, die französischen Wissenschaftler in einem anderen Licht zu sehen. In vielerlei Hinsicht wurden seine analytischen Neuigkeiten mit seiner Abwendung vom Pariser Kreis in den späten 1820er Jahren in Zusammenhang gebracht. Die Veränderung war 1832 besonders gut sichtbar, als er eine brutale Denunziation besonders gegen Thenard, aber auch gegen die gesamte französische Wissenschaftlergemeinschaft, veröffentlichte, indem er ihnen Arroganz, Chauvinismus, Engstirnigkeit, rhetorischen Schwulst, und literarischen Diebstahl vorwarf.³⁰ Nur Gay-Lussac, Dulong, Arago, und Chevreul kamen ungeschoren davon. Die Schroffheit dieses Urteils wurde durch Liebigs Behauptung nur teilweise gelindert, daß die Schuld daran den Pariser wissenschaftlichen Institutionen und der Struktur des französischen wissenschaftlichen Lebens zugeschrieben werden müsse.³¹

Liebigs Angriff muß freilich großen Zorn und Groll in Paris erzeugt haben, doch er zerstörte seinen dortigen Ruf als einer der führenden europäischen Chemiker überhaupt nicht. 1836 schrieb Pelouze nochmal nach Gießen:

Sie erzählen mir, bester Freund, von dem Geist des Nationalismus in Frankreich und von seiner Anwesenheit auch in den Wissenschaften; Sie müssen also Franzose sein, denn ich sage Ihnen, und ich bin der letzte, der Ihnen schmeicheln wollte, daß kein Einheimischer, egal wer er ist, so viele Bewunderer in Paris hat, wie Sie.³²

Wenigstens zu einem gewissen Grad behielt Liebig seinen Ehrenstatus als Franzose.

*

Und jetzt einige Schlußbemerkungen. Ich hoffe, hier gezeigt zu haben, daß Liebig's Erfindung eines Glaskörpers, einer damit verbundenen analytischen Methode und ihrer Aufnahme in Frankreich eng mit Fragen über wissenschaftlichen Stil, Theorien, Forschungslokalitäten und nationale Kulturen verbunden war. Ich will aber auch betonen, daß der analytische Fortschritt trotzdem nicht weniger wahr und nicht weniger wichtig war. Die Tatsachen deuten an, daß fast jeder Chemiker, dem die Methode gezeigt wurde, sie umgehend übernommen hat - auch diejenigen Chemiker, die vielleicht Interesse am Überleben der älteren Methode hatten, wie z.B. die Erfinder derselben, Berzelius und Gay-Lussac, sowie auch die Erfinder rivalisierender Methoden, wie Dumas.

Der hier diskutierte Fall bietet auch einige interessante Perspektiven in Bezug auf die Ansichten derer, die die Geschichte der wissenschaftlichen Praxis studieren, was hier nur flüchtig angedeutet werden kann. In einem gewissen Sinne bietet die Arbeit von Professor Usselman ein treffliches Beispiel für den von Ian Hacking geprägten Begriff der „self-vindication“ (Selbstrechtfertigung) der Laboratoriumspraxis. Hacking behauptet, daß wissenschaftliche Theorien und die verbundenen Apparate, Instrumente, Werkzeuge und Experimente gegenseitig angepaßt worden seien, um das resultierende System „wesentlich unwiderlegbar“ zu machen.³³ Dieser Fall scheint auch David Goodings Vorschlag zu rechtfertigen, „agency“ wieder ins Experiment hineinzubringen, um sich unmittelbar auf die Praxis konzentrieren zu können. Gemeinsam mit Hacking betont Gooding mit Recht, daß materielle und begriffliche Gegenstände immer unzertrennlich gehandhabt werden.³⁴

Es ist jedoch weniger gewiß, ob diese Fallstudie Harry Collins' ausgedehnte Kritik der experimentellen Reproduzierbarkeit, und seine Behauptung der Unvermeidlichkeit des Teufelskreises, den er „the experimenters' regress“ nennt, unterstützt.³⁵ Dies ist eine extremere und pessimistischere Stellungnahme als die von Hacking oder Gooding und sie ist schwieriger zu beweisen. Die historischen und experimentellen Untersuchungen der Kaliapparatmethode scheinen gute Beweise dafür zu bieten, wie einfach es war (und ist), zuverlässige und reproduzierbare Resultate damit zu erzeugen.³⁶ Freilich gibt es viele Probleme, die mit der organischen Analyse und Formelbestimmungen verbunden sind: die Feststellung der Reinheit der Probe, die Wahl der Atomgewichte, Atomgewichtsbestimmungen, Molekulargrößebestimmungen, usw. Auch die Bestimmung des Kohlenstoff- und Wasserstoffgehalts, welche das eigentliche Ziel des Apparates ist, ist keineswegs völlig sicher. Aber einer der interessantesten Aspekte dieser Methode ist, daß einige sehr offensichtliche Anzeichen, während der Verbrennung selbst, andeuten, ob man eine gute Messung bekommen wird oder nicht.³⁷

Es muß schließlich nochmals betont werden, daß nicht viel ungreifbare, „tacit“ und „gestural knowledge“, wie Otto Sibum und Simon Schaffer so geschickt untersucht haben, erforderlich war, um das Gerät zu betreiben.³⁸ Wenn man die komplizierte Gestalt des Glases blasen konnte und man über eine ziemlich vollständige Beschreibung des Vorganges verfügte, brauchte man keine persönliche oder körperliche Anweisung. Soviel wird klar aus den Resultaten - nicht nur von Berzelius, sondern auch aus denen von Usselman. Und alles dies ist ein impliziter Beweis für die geniale Einfachheit und Zweckmäßigkeit des Geräts und der Methode. August Hofmann war für seine Rhetorik berühmt, aber vielleicht hatte er schließlich doch Recht mit seiner Behauptung, daß der Kaliapparat die größte von Liebig's Entdeckungen sei.

- ¹ Die Zitate aus französischen Briefen sind von mir ins Deutsche übersetzt worden. Ich danke herzlichst der Bayerischen Staatsbibliothek (München) und der Académie des Sciences (Paris) für die Genehmigung, diese Sammlungen zu benutzen und die Briefe zu zitieren. Ich danke auch meiner Kollegin Dr. Elisabeth Köll, die meine Übersetzungen verbessert hat; und Dr. Elisabeth Vaupel und Dr. Helmuth Trischler, die mich eingeladen haben, dieses Material im Rahmen eines Montagskolloquiums im Deutschen Museum vorzutragen. Dieses Material kommt aus einem Buch, das jetzt im Druck bei MIT Press (Cambridge) ist, und unter dem Titel *Nationalizing Science: Adolphe Wurtz and the Battle for French Chemistry* ca. im Oktober 2000 erscheinen wird.
- ² Löwig, *Chemie der organischen Verbindungen*, Braunschweig: Vieweg² 1846, Bd. I, S. 141 (Vorwort September 1844).
- ³ A.W. Hofmann, „The Life-Work of Liebig,“ *Erinnerung an vorangegangene Freunde* Braunschweig: Vieweg 1888, Bd. I, S. 195-305, 229 (zuerst erschienen 1875).
- ⁴ O.P. Krätz und C. Priesner, *Liebigs Experimentalvorlesung*, Weinheim: Verlag Chemie 1983, S. 11.
- ⁵ Hofmann, „Life-Work,“ S. 201.
- ⁶ Liebig, „Sur un nouvel appareil pour l'analyse des substances organiques; et sur la composition de quelques-unes de ces substances,“ *Annales de chimie*, [2] 47 (1831), S. 147-97; Dumas, „Lettre de M. Dumas à M. Gay-Lussac, sur les procédés de l'analyse organique,“ *ibid.*, S. 198-213.
- ⁷ Dumas an Liebig, o.D., Poststempel 5.10.1831, Liebigiana IIB, Bayerische Staatsbibliothek, München. „Dans l'état où est la chimie en France, c'est l'Allemagne qui forme l'opinion. ... De tous les chimistes que j'ai rencontrés, vous êtes celui dont le caractère, les idées

m'inspirent le plus d'attachement ... On ne se fait pas en Allemagne une idée de ma position. Il n'y a que moi à Paris qui lise vos mémoires. Je ne puis trouver personne à qui parler chimie, car personne ne se tient au courant de ce qui se passe dans la science.“

- ⁸ Liebig an Dumas, 23.10.[1831], Archives de l'Académie des Sciences, Paris.
- ⁹ Dumas, unbetitelte Fussnote, *Annales de chimie*, [2] 47 (1831), 324-25n.
- ¹⁰ Liebig an Pelouze, 27.11.1831, Dossier Pelouze, Archives de l'Académie des Sciences, Paris. „M. Oppermann [der Träger dieses Briefes] a travaillé 2 ans dans mon laboratoire et vous pouvez de lui apprendre la méthode dont je me sers pour les analyses organiques plus parfaitement, que par la description que j'en ai fait. Je serais flatté si on reconnaissait son utilité à Paris.“
- ¹¹ „Depuis quelque temps ... avec un plein succès ...“: Dumas, „Sur l'esprit pyro-acétique“, *Annales de chimie*, [2] 49 (1832), 208-10.
- ¹² Die Straßen „crossing Paris were virtually impossible to use.“ David P. Jordan, *Transforming Paris: The Life and Labors of Baron Haussmann*, New York: Free Press 1995, S. 94, 112.
- ¹³ Dumas an Liebig, o.D., Poststempel 23.1.1832, Liebigiana IIB.
- ¹⁴ Dumas, „De l'analyse élémentaire des substances organiques“, *Journal de pharmacie*, [2] 20 March 1834, 129-156; derselbe Text ist erschienen in *Traité de chimie appliquée aux arts*, Paris: Béchét 1835, Bd. V, S. 3-30 (26-28).
- ¹⁵ Dumas, „Détermination du nombre d'atomes qu'une matière organique renferme“, *Journal de pharmacie*, [2] 20 (1834), 185-223 (211).
- ¹⁶ Liebig an Berzelius, 6.11.1832, 22.12.1832, und 30.5.1833; Berzelius an Liebig, 11.2.1831, 27.11.1832, 15.1.1833, 21.5.1833, und 30.8.1833, in *Berzelius und Liebig: Ihre Briefe von 1831-1845*, hg. von J. Carrière, München: Lehmann 1898, S. 6, 43, 46, 49-51, 60, 66 und 68 Zitate S. 6, 50-51 und 68.
- ¹⁷ Berzelius an Wöhler, 20.3.1835, in *Briefwechsel zwischen J. Berzelius und F. Wöhler*, hg. von O. Wallach, Leipzig: Engelmann 1901, Bd. I, S. 609.
- ¹⁸ Wöhler an Berzelius, 24.11.1831, in Wallach, S. 381.
- ¹⁹ Wöhler an Berzelius, 1.12.1831, *ibid.*, S. 387. Berzelius schrieb an Liebig (13.12.1831): „Es freut mich zu erfahren, dass Sie in Wöhler ein Proselyt für die organischen Analysen gemacht haben. Er war vorher etwas gegen diese Arbeit abgeneigt.“ Carrière, S. 19.
- ²⁰ Siehe die Briefe in Carrière, S. 41-43, und in Wallach, S. 431.
- ²¹ Diese noch nicht veröffentlichte Arbeit ist gemeinsam mit mir ausgeführt worden.

- ²² Crosland, *Gay-Lussac: Scientist and Bourgeois*, Cambridge University Press 1978, S. 92-114, 117-18 (93); H. Metzger, *Newton, Stahl, Boerhaave et la doctrine chimique*, Paris: Alcan 1930, S. 19-26.
- ²³ F. L. Holmes, in „The Complementarity of Teaching and Research in Liebig’s Laboratory,“ *Osiris*, [2] 5 (1989), 121-164.
- ²⁴ Im vierten Kapitel des Manuskripts meines Buches, das im Druck (MIT Press) ist.
- ²⁵ Pelouze an Liebig, 19.6.1832, 8.3.1833 und 11.4.1834, Liebigiana IIB, Bayerische Staatsbibliothek. „On ne fait rien de nouveau à Paris, au moins que je sache. Il paraît que les faits vraiment utiles et les découvertes vous sont personnellement réservés. On est étonné partout de votre prodigieuse activité et des expériences dont vous ne cessez d’enrichir la chimie.“ „On ne parle plus à Paris, dans le monde chimique, que de vos expériences;“ „prodigieuse fécondité;“ „de notre pauvre pays.“
- ²⁶ „En fait de chimie, nous n’avons absolument rien de nouveau en France que vous ne connaissiez. Toute lumière vient de l’Allemagne maintenant et pour mon très grand malheur je ne comprends pas votre langue.“ Pelouze an Liebig, 20.11.1834, *ibid.* Vgl. seine Worte an Wöhler: „Il n’y a à Paris absolument rien de nouveau en chimie; tout le monde d’ailleurs profite des vacances pour voyager. C’est, comme par le passé, en Allemagne que l’on voit paraître tout ce qu’il y a de neuf.“ Pelouze an Wöhler, 6.8.1836, Dossier Pelouze, Archives de l’Académie des Sciences, Paris.
- ²⁷ Gay-Lussac an Liebig, 10.9.1826, in Dossier Gay-Lussac, Sammlung Darmstaedter, Staatsbibliothek zu Berlin Preussischer Kulturbesitz.
- ²⁸ „Voilà comme à Paris on comprend la chimie.“ Dumas an Liebig, o.D., Poststempel 23.1.1832, Liebigiana IIB.
- ²⁹ Liebig an Berzelius, 4.8.1831, in Carrière, S. 15.
- ³⁰ Liebig, „Bemerkungen zu vorhergehenden Abhandlung [von Thenard],“ *Annalen*, 2 (1832), 19-30, bes. S. 19-22.
- ³¹ Wöhler an Berzelius, 13.10.1833 und 27.10.1833, in Wallach, pp. 526-38.
- ³² Pelouze an Liebig, 27.12.1836, Liebigiana IIB. „Vous me parlez, mon cher ami, de l’esprit de nationalité en France et de son existence jusque dans les sciences, alors vous devez être français, car je vous dis, sans vouloir le moins du monde vous flatter, que pas un indigène, quel qu’il soit, n’a autant d’admirateurs que vous à Paris.“
- ³³ I. Hacking, „The Self-Vindication of the Laboratory Sciences,“ in *Science as Practice and Culture*, hg. von A. Pickering, University of Chicago Press 1992, S. 29-64; *idem*, *Representing and Intervening* Cambridge University Press 1983.
- ³⁴ D. Gooding, „Putting Agency Back into Experiment,“ in *ibid.*, S. 65-112; *idem*, *Experiment and the Making of Meaning* Dordrecht 1990.

- ³⁵ H. Collins, *Changing Order*, London: Sage 1985, S. 83-84.
- ³⁶ Ich will nämlich behaupten, daß verschiedene Forscher an verschiedenen Orten, die mit dem Kaliapparat arbeiteten und mit sehr gut gereinigten Proben einer gewissen organischen Verbindung anfangen, im allgemeinen sehr genaue und sehr ähnliche Resultate bekamen. Diese Behauptung isoliert die Methode selbst von anderen problematischeren Faktoren, z.B. wie man die Probe reinigt; wie man wissen kann, daß die Probe eigentlich rein ist; die Wahl der Atomgewichte; und wie man Atomgewichte bestimmen kann.
- ³⁷ So erzeugt z.B. eine Probe die nicht genügend getrocknet ist, Wasserdampf, der deutlich sichtbar am kühlen Teil der Röhre kondensiert; und unvollständige Verbrennung sieht man deutlich an der Farbe des Oxidationsmittels. Dabei kann man leicht ein schlechtes von einem guten Experiment unterscheiden.
- ³⁸ Otto Sibum, „Reworking the Mechanical Value of Heat: Instruments of Precision and Gestures of Accuracy in Early Victorian England.“ *Studies in the History and Philosophy of Science*, 26 (1995), 73-106; idem, „Working Experiments: A History of Gestural Knowledge.“ *Cambridge Review* (May 1995), S. 25-37; Simon Schaffer, „Experimenters’ Techniques, Dyers’ Hands, and the Electric Planetarium.“ *Isis*, 88 (1997), 456-83.