

Von Rechnern und Retorten

Technische Innovationen und der wissenschaftliche Fortschritt haben den Arbeitsplatz Labor im Laufe der Zeit stark verändert. Ein Blick auf die historische Entwicklung – von den Laboratorien der Alchemisten bis zum «Lab on a chip».

VON ERNST PETER FISCHER

Ora et labora! Bete und arbeite! So lautet die bekannte Formel der Benediktiner, die unter den europäischen Mönchen bis weit in das 12. Jahrhundert hinein als ideale Vorschrift angesehen wurde. Viele werden diese Regel vor allem wegen des Gleichklangs der lateinischen Wörter kennen, ohne in dieser Übereinstimmung mehr als einen harmlosen Zufall zu sehen. Doch die Verbindung geht tiefer, wie sich rasch zeigt, wenn man dem Substantiv «Oratorium» eine Silbe voranstellt und dabei das «Laboratorium» erhält, in dem erst nach unserem heutigen Verständnis kein Gott mehr gepriesen, sondern die Natur vermessen und wissenschaftlich-technisch erkundet wird.

Leider gehört es zu den Tendenzen des Forschungsbetriebs, seine Wurzeln aus den Augen zu verlieren, und dazu gehört auch das Bemühen, das schöne Wort des Laboratoriums immer mehr zu verkürzen – in der deutschen Sprache ist höchstens noch von einem «Labor» die Rede, und im Amerikanischen verschwendet derjenige offenbar seine Zeit, der mehr als «Lab» sagt, was mit einem breiten «ä» in der Mitte auszusprechen ist. Dieser sprachlichen Tendenz zur Verkürzung des alten Wortes steht das technische Bemühen um eine Verkleinerung vieler Gerätschaften zur Seite, die in den letzten Jahren ungeheure Fortschritte gemacht hat.

Goethe und die Stammzellen

Komplementär dazu sind viele Laboratorien enorm viel grösser geworden, wie noch geschildert werden soll, aber erst, nachdem wir an das Oratorium im ursprünglichen Laboratorium erinnert haben. An die Tatsache also, dass Wissenschaft mit dem Blick auf Gott und – wörtlich – als Gottesdienst entstanden ist. Johannes Kepler und Isaac Newton zum Beispiel waren tief gläubige Menschen, deren Denken für heutige Zeitgenossen auch dann schwer

nachvollziehbar ist, wenn wir die Naturgesetze kennen, die mit ihren Namen verbunden sind.

Wichtig an diesen beiden Begründern der modernen Wissenschaft ist, dass beide noch fest in Traditionen steckten, die inzwischen spurlos verschwunden zu sein scheinen. Kepler war nämlich ebenso sehr Astrologe wie Astronom, und Newton hat mehr alchemistische Schriften als physikalische Texte verfasst. Für diesen Beitrag spielt vor allem der Aspekt der Alchemie eine Rolle, weil mit diesem Bemühen das Laboratorium, wie wir es bis heute kennen, und die in ihnen beschäftigten Laboranten in die Welt gekommen sind. Tatsächlich mussten diese annehmen, sich in einem Laboratorium auf die Spuren Gottes zu begeben. Ihre Aufgabe bestand darin, die Natur immer mehr zu verbessern, um sie zuletzt vollkommen zu machen. Alchemisten wollten perfektionieren, was vor den Menschen geschaffen und von der Natur unvollkommen gelassen worden war.

Wenn man den Weg beschreibt, den die Laboranten dabei beschreiten sollten, klingt das Ergebnis fast so, als ob man von der Arbeit in einem biochemischen Labor der Gegenwart erzählt. Die Aufgabe des alchemistischen Laboranten war es, erst einen lapis philosophorum (einen Stein der Weisen) herzustellen, um anschliessend in den unedlen Metallen das wertvolle Gold heranreifen oder aus natürlichen Stoffen ein Heilmittel (Panacée) hervorkommen zu lassen. Der Job seines biochemischen Nachfolgers in den Laboratorien von heute besteht darin, erst einen Katalysator oder einen Trennungsvorgang (Chromatographie) zu finden, um aus den unreinen Stoffen (den Homogenaten vom Schlachthof) das reine Protein zu gewinnen. Aus diesem soll anschliessend ein Medikament entwickelt werden.

Mit anderen Worten, in unseren Köpfen und in unseren Gedanken werkeln wir immer noch im alchemistischen Laboratorium herum – ähnlich dem Labor, in dem Goethes «Faust» einen Menschen erzeugen will. Im Zeitalter von Klonen und Stammzellkulturen klingt das sehr vertraut. Goethes Regieanweisung für die zweite Szene im zweiten Akt des zweiten Teils – «Laboratorium im Sinne des Mittelalters, weitläufige, unbehelfliche Apparate zu phantastischen Zwecken» – kann uns unmittelbar nahe an die Neuzeit heranbringen. Denn wenn jemand einen Blick in das Laboratorium der Universität Tübingen wirft, in dem der aus Basel

Dr. Ernst Peter Fischer ist Professor für Wissenschaftsgeschichte an der Universität Konstanz.

stammende Friedrich Miescher in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts den Stoff gefunden hat, aus dem die Gene sind, hat man den Eindruck, Goethes Szene könnte hier spielen.

Das Laboratorium, in dem die moderne Biochemie mit allen ihren Möglichkeiten entstanden ist, unterschied sich fast nicht von den Kellerräumen, in denen grosse Männer wie Paracelsus oder Newton sich ganz im Sinne der Alchemie darum bemühten, zur göttlichen Schöpfung beizutragen.

Systematische Suche

Dieses Denken ist dem späten 19. Jahrhundert natürlich fremd. In jener Zeit ist etwas anderes gelungen: die systematische Suche von Heilmitteln, die auf eine methodische Basis gestellt werden konnte. Sie war damit nicht mehr länger die Sache von Kräuterweiblein, die sich gut in den Wäldern auskannten. Von nun an war sie eine Angelegenheit der Fabriken, die aus den Apotheken hervorgegangen waren und nach und nach zu den pharmazeutischen Firmen wurden, die wir bis heute kennen.

Die entscheidende Geschäftsentwicklung ist dabei den Unternehmen gelungen, die eigene Laboratorien eingerichtet haben, was jetzt konkret Räume meinte, in denen nicht produziert werden musste, sondern in denen experimentiert werden konnte. Es waren zuerst chemische Laboratorien, und in jedem von ihnen standen mehrere Laboranten nebeneinander, die mit systematischen Aufgaben beschäftigt waren. Ihre Arbeit mussten sie im Stehen verrichten. Da die Labortische von Bleibeschlägen umfasst waren, bildeten sich bald auf Bauchhöhe schwarze Streifen auf den weissen Kitteln der Laboranten, die an dieser Markierung für Ausstehende gut erkennbar waren.

Der Fortschritt von der alchemistischen zur systematischen Laborarbeit – ein merkwürdiges Wort, da sich in ihm die «Arbeit» verdoppelt hat – bestand vor allem in der Zahl der Laboranten und in einigen neuen Methoden. Aber auch alt Bewährtes wie die Destillation mit Kolben und Retorten spielten weiterhin eine wichtige Rolle. Auch ging man bis zum Beginn des 20. Jahrhunderts wie früher mit den eigenen Händen zu Werke und agierte vor allem mit Reagenzgläsern, in denen verschiedene Lösungen gemischt und geschüttelt, erhitzt und erprobt wurden.

Der grosse Chemiker Adolf von Baeyer (1835–1917) beispielsweise pries das einfache Reagenzglas als das wichtigste Werkzeug des Chemikers im Labor. Der Laborant habe nicht mit komplizierten Materialien, sondern mit ein-

fachen Substanzen zu arbeiten, um sie in neue und nützliche Stoffe umzuwandeln. Von Baeyer entwickelte eine neue Methode, um Indigoblau (für die Blue Jeans) herzustellen. Auch fertigte er die ersten Barbiturate an, die er nach einer Barbara benannte und die wir bis heute als Schlafmittel verwenden.



Bild: Universität Tübingen

Man kann die Chemiker dieser Zeit fast vor sich sehen, wie sie die Augen auf die Reagenzgläser richten, um zu sehen, ob sich in ihnen Farben oder Schlieren zeigen, mit deren Hilfe sich die Verwandlung des Ausgangsstoffs zeigt. Dieses Schauen übernehmen heute Messgeräte, die entweder Extinktionskoeffizienten einer Lösung oder ihre Doppelbrechung bestimmen, was natürlich sehr viel genauer als das alte Verfahren ist. Zugleich ist der Forscher aber auch weiter von der Natur entfernt, die er nicht einmal mehr im Reagenzglas zu Gesicht bekommt.

Automatisierte Laboratorien

Die Automatisierung, die heute jedes Laboratorium erreicht hat und die einzelnen Wissenschaftler immer weniger mit den eigenen Händen und Augen machen lässt, entwickelt erst in der Mitte des 20. Jahrhunderts ihre volle Dynamik. Wenn man sich zum Beispiel die Geschichte des Erbmaterials DNA anschaut und von Mieschers Anfängen in Tübingen zu der Auffindung der Doppelhelix im Jahre 1953 in Cambridge springt, dann kann man nicht sagen, dass James Watson, Francis Crick und die anderen, die sich um Nukleinsäuren kümmerten, besonders raffinierte Instrumente benutzt haben. Im Gegenteil – die eigentliche Arbeit des Modellbaus wurde mit selbst gefertigten Pappscheiben erledigt, und die Daten, die

Im Tübinger Labor von Friedrich Miescher, einem der Väter der modernen Genforschung, könnte man sich auch Goethes Faust bei der Arbeit vorstellen. 1869 entdeckte Miescher hier die Nukleinsäuren.

in die Doppelhelix verwandelt wurden, stammten aus Röntgendiagrammen, die von Hand mit Bleistift und Lineal ausgewertet worden waren.

Zwar stehen in den heutigen Laboratorien immer noch dieselben Flaschen wie vor Jahrzehnten herum, ansonsten wimmelt es aber von Computern und Rechnern, die alle miteinander vernetzt sind und auf diese Weise mehr Daten erfassen können als die Laboranten, die wir besser Wissenschaftler nennen. Die Natur verschwindet aus ihren Augen und Händen und rutscht in die Maschinen hinein, was letztlich dazu führt, dass wir nur oft noch von den Dingen im Computer sprechen.

Wenn etwa vom menschlichen Genom die Rede ist, dann meinen wir eher die Daten in den Rechnern und weniger die DNA in den Zellen. Während die ersten Biochemiker, die sich um die Analyse von DNA-Sequenzen bemüht haben – wie etwa der kürzlich verstorbene Erwin Chargaff (1905–2002) –, die DNA immer vor Augen hatten und selbst manipulierten, gibt man heute seine Probe einem Techniker, der sie in einem Kästchen verschwinden lässt und auf Knopfdruck eine Vielzahl von automatisierten Schritten in Gang setzt, an deren Ende das gewünschte Ergebnis vorliegt – als Datei in einem Computer, die per Mausclick verfügbar werden, ohne dass man sich die Finger dreckig macht.

Die Automatisierung hat sich durch die Industrialisierung rasch entwickelt, und zwar vor allem nach dem Zweiten Weltkrieg. Damals gingen Biochemiker mit dem konkreten Ziel in die Industrie, für das Forschen zu forschen. Ihre Idee bestand darin, die Arbeit der Doktoranden und Assistenten zu unterstützen, indem sie die Materialien oder die Verfahren herstellten und kommerziell anboten, die sonst jeweils mühsam im Laboratorium angefertigt werden mussten. Wenn etwa ein Biochemiker DNA analysieren wollte, musste er erstens eine Quelle für die Nukleinsäuren finden, zweitens die dazugehörigen Analysewerkzeuge anfertigen und drittens die Pappe zurechtschneiden.

«Lab on a chip»

All diese und andere Schritte werden ihm heute abgenommen, und viele Firmen bieten hochwertige Substanzen und Präzisionsinstrumente an, mit denen die Wissenschaft sich direkt an die Arbeit der Forschung machen kann, ohne noch viel Zeit für die Vorbereitungen zu investieren. Die Industrie bemühte sich dabei, immer mehr Analysen auf immer kleineren Flächen unterzubringen, was zwar glänzend gelungen ist, aber die oben erwähnte Tendenz verstärkt, dass

die Natur selbst in einem naturwissenschaftlichen Laboratorium immer mehr verschwindet. Man braucht inzwischen nicht mehr als einige Mikroliter – also einen Tropfen –, um alles messen zu können, was sich messen lässt.

Diese Miniaturisierung des Labors strebt im Zeitalter der Mikrochips ihrer logischen Vollendung entgegen. Tatsächlich sind erste Bestrebungen aufgetaucht, die Ausrüstung, die in einem Laboratorium für die alltäglichen biologischen und chemischen Verfahren benötigt wird, auf einem Chip von der Grösse einer Briefmarke unterzubringen. Dieses Projekt wird es dabei mit eigenwilligen Problemen zu tun haben, denn in diesen Dimensionen geht es weniger um Mikro- und mehr um Nanoliter. Solch winzige Mengen neigen rasch zur Turbulenz, wenn sie strömen. Doch die Gilde der Chemiker sieht in dieser Idee den Weg in die Zukunft, weshalb sie dafür ein eigenes Journal gegründet hat, das «Lab on a Chip» heisst und in dem man davon träumt, den Chip direkt in einen Computer zu stecken, um die individuellen Daten mit dem Wissen der ganzen Welt zu verbinden.

Dieser Tendenz zur Miniaturisierung komplementär entgegen haben sich viele Laboratorien in der Physik entwickelt, vor allem, seit kurz vor dem Zweiten Weltkrieg die Kernspaltung entdeckt worden ist. Was Otto Hahn (1879–1968) und Fritz Strassmann (1902–1980) auf einem Tisch beobachtet haben, führte bald zu Versuchen, die Hallen beanspruchten, und inzwischen gibt es physikalische Experimente, bei denen die Menschen äusserst winzig neben den Apparaten erscheinen, mit denen sie Neutrinos einfangen oder die Wirklichkeit anderer exotischer Konstrukte der physikalischen Phantasie nachprüfen wollen. Selbst die theoretische Physik kommt kaum noch mit dem Zimmer aus, in dem der Forscher sitzt. Vielfach kommt dieser ohne die Verbindung mit den Rechnern der grossen Institute nicht weiter. Hier ist eine Grossforschung entstanden, ohne dass sich sagen lässt, ob es sich um grosse Forschung handelt.

Kurioserweise gehört zu den Folgen der Kernspaltung die Möglichkeit, Elemente so umzuwandeln, wie es die Alchemisten erträumt haben. Hahn hat das moderne Treiben daher auch mit dem Namen der Alchemie belegt, mit der alle Arbeit im Laboratorium begonnen hat. Bei allem Wandel ist also etwas Zeitloses zu erkennen, nämlich die Zielrichtung der Wissenschaft. Sie muss schon in der Regel der Benediktiner stecken, auch wenn das Beten aus der Mode gekommen ist.

