

erschienen in : Methodisches Denken im Kontext. Festschrift für Christian Thiel (P. Bernhard/V. Peckhaus, Hrsg.), Paderborn: mentis 2008, S. 283 - 302.

## Claude Bernard und die Logik des Experiments in der modernen Physiologie

Rudolf Kötter, Erlangen

### 1 Einleitung

Nicht immer spiegelt der Bekanntheitsgrad eines Wissenschaftlers in der Öffentlichkeit seine Bedeutung für die Wissenschaft wider. Mancher hat sich durch eine einzige Entdeckung unsterblichen Ruhm erworben, während andere, die durch ihre Arbeit nicht nur ihre Disziplin, sondern darüber hinaus sogar unser Leben nachhaltig geprägt haben, in Vergessenheit geraten sind. Claude Bernard gehört zweifellos zu den Wissenschaftlern, deren wissenschaftliche Bedeutung in einem deutlichen Missverhältnis zu ihrem heutigen Bekanntheitsgrad steht. Obwohl zu Lebzeiten eine absolute Koryphäe seines Faches und als solche weltweit anerkannt, hat sich sein Ruf jenseits der Grenzen seiner Heimatdisziplin und seines Heimatlandes nicht über die Zeit halten können.

Für die Wissenschaftsgeschichtsschreibung von Medizin und Biowissenschaften stellen die letzten zweihundert Jahre eine besondere Herausforderung dar. Das hohe Entwicklungstempo, das diese Fächer während dieser Zeit vorgelegt haben, schließt eine umstandslose Konfrontation früherer Forschungsergebnisse mit dem heutigen Wissensstand aus, will man sie nicht auf eine unbefriedigende Weise als defizitär oder vorläufig erscheinen lassen. Eine adäquate Würdigung der inhaltlichen Seite der Forschung kann letztlich nur erreicht werden, wenn man die historischen Leistungen in den wissenschaftlichen oder kulturellen Kontext ihrer Zeit stellt oder wenn es gelingt, solche Elemente aus dem Schaffen eines Forschers herauszupräparieren, die zum zeitlichen Wandel der Disziplin invariant geblieben sind. Letzteres bietet sich insbesondere bei der Erörterung methodologischer Fragen an. Da disziplinäre Fortschritte sich nur auf dem Boden einer fruchtbaren und akzeptierten Methodologie vollziehen können, müssen entsprechende theoretische Leistungen in einem frühen Stadium der Entwicklung erbracht worden und resistent gegen ständige Revisionen sein.<sup>1</sup>

Claude Bernard hat nicht nur bedeutende physiologische Entdeckungen gemacht, er hat sich darüber hinaus wie kaum ein anderer Biowissenschaftler um die methodologischen Grundlagen seines Faches gekümmert und seine Beiträge zu diesem Thema dürfen als „klassisch“ in dem Sinne angesehen werden, dass sie kaum eine historische Relativierung erfordern. Da sie außerdem geeignet sind, einen tiefen Einblick in das Wesen physiologischer Forschung überhaupt zu geben, wollen wir sie hier auch ins Zentrum unserer Darstellung rücken, zunächst aber wenigstens einige Bemerkungen zum Menschen und Wissenschaftler Claude Bernard sowie zu seinem Werk.<sup>2</sup>

---

<sup>1</sup> Dies wäre übrigens eine Art von Geschichtsbetrachtung, die Bernard selbst akzeptiert hätte.

Ansonsten stand er historischen, insbesondere wissenschaftshistorischen Erörterungen sehr reserviert gegenüber, s. dazu A. Petit: Claude Bernard and the History of Science. In: *ISIS* 78 (1987), S. 201 - 219.

<sup>2</sup> vgl. hierzu J. M. D. Olmsted und E. H. Olmsted: *Claude Bernard and the experimental method in medicine*. New York 1952; M. D. Grmek: Art. „Bernard, Claude“. In: *Dictionary of Scientific Biography*, vol. 2, New York 1970, S. 24-34; F. L. Holmes: *Claude Bernard and Animal Chemistry. The Emergence of a Scientist*. Cambridge/Mass. 1974; J. Bernard: *The Life and Scientific Milieu of Claude Bernard* In: *Claude Bernard and the Internal Environment* (E. D. Robin, ed.). New York 1979, S. 17-27; G. Rudolph: *Claude*

## 2 Leben und Werk Claude Bernards

Claude Bernard wurde am 12. Juli 1813 in Saint-Julien, einem Dorf in der Nähe von Lyon geboren, wo seine Eltern als Winzer ihr bescheidenes Auskommen hatten. Seine Jugendjahre verliefen recht unspektakulär, nichts deutete auf eine große Zukunft hin. Zunächst erhielt er seine erste schulische Ausbildung vom Dorfpfarrer, später besuchte er weiterführende Schulen in Villefranche und Thoissey. Mit 19 Jahren trat er eine Apotheker-Lehre in Lyon an und wurde dort zum ersten Male mit naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen und der empiristischen bzw. materialistischen Naturphilosophie, die sich die Naturwissenschaftler seiner Zeit zu eigen gemacht hatten, bekannt gemacht.

Seine Interessen waren aber zunächst gar nicht auf Naturwissenschaften ausgerichtet, sondern mehr auf Literatur und Theater. Er begann kleine Theaterstücke zu schreiben und vom lokalen Erfolg beflügelt, beschloss er im Jahre 1834 nach Paris zu gehen und dort sein Glück als Schriftsteller zu versuchen. Er hatte im Reisegepäck sein Historien-Drama „*Arthur de Bretagne*“, das er dem damaligen Literatur-Papst Saint-Marc Girardin vorlegte. Dieser war von dem Stück nicht besonders angetan und riet Bernard, die Schriftstellerei für die Freizeit aufzuheben und sich einen anderen Brotberuf, z.B. in der Medizin, zu suchen. Bernard war klug genug, auf diesen Rat zu hören und es ist eine nette Geschichte, dass Girardin viele Jahre später als Mitglied der Academie Française erleben durfte, wie Bernard selbst in die Akademie aufgenommen wurde, allerdings nicht für seine literarischen, sondern für seine medizinisch-naturwissenschaftlichen Verdienste.

Bernard beschloss also Medizin zu studieren, zunächst ohne großen Erfolg. Mit Mühe bestand er seinen Baccalaureus, wurde daraufhin zum Medizinstudium zugelassen, wo er allerdings nur mittelmäßige Leistungen erbrachte. 1839 schloss er sein Studium ab und begann mit der Assistenzarzt-Tätigkeit am Krankenhaus „Hôtel-Dieu“ in Paris. Dort begegnete er dem großen Physiologen François Magendie (1783 - 1855) und diese Begegnung wurde für Claude Bernard entscheidend: Nicht in der klinischen Arbeit, sondern in der medizinischen, genauer: physiologischen Forschung sah er jetzt seine Lebensaufgabe. Er wechselte vom Krankenhaus ins Labor und wurde Mitarbeiter von Magendie, der ihm nicht nur eine gründliche Ausbildung in den physiologischen Experimentiermethoden gab, sondern ihm darüber hinaus auch die Überzeugung einimpfte, dass Medizin nur auf wissenschaftlichen, insbesondere experimentellen Grundlagen erfolgreich betrieben werden könne.

Obwohl schon seine Dissertation aus dem Jahre 1843 über die Rolle des Magensaftes bei der Verdauung seine wissenschaftliche Begabung und sein experimentelles Geschick erkennen ließ, verlief sein weiterer Weg zunächst noch etwas holprig. Er schaffte es nicht, in die Medizinische Fakultät aufgenommen zu werden und sein Versuch, außerhalb der Universität Kurse in experimenteller Physiologie anzubieten, stieß auf wenig Resonanz. Nur eine Heirat und die damit verbundene Mitgift haben ihn davor bewahrt, seinen Lebensunterhalt als Landarzt verdienen zu müssen.

Nach diesen anfänglichen Schwierigkeiten ging es aber bald mit Macht nach oben. In den Jahren 1848/49 entdeckte er die Rolle des Pankreassekrets für die Fettverdauung und wurde für diese Leistung zum Ritter der Ehrenlegion ernannt. 1853 erwarb er das

---

Bernard (1813-1878). In: *Klassiker der Medizin* (D. v. Engelhardt und F. Hartmann, Hrsg.), Bd. 2. München 1991, S. 135-159 und besonders lesenswert M. Grmek: *Le legs de Claude Bernard*. Paris 1997.

wissenschaftliche Doktorat in Zoologie mit einer großen Untersuchung zum Stoffwechsel der Leber. Wenig später wurde er zum Mitglied der Académie des Sciences gewählt und man richtete für ihn einen eigenen Lehrstuhl für allgemeine Physiologie an der Sorbonne ein. 1855 wurde er zum Nachfolger Magendies am Collège de France ernannt. Sein Lehrstuhl wurde 1868 von der Sorbonne an das Muséum d'Histoire Naturelle umgesetzt, wo er bessere Arbeitsbedingungen vorfand. Kurz darauf wurde er zum Mitglied der Academie Française ernannt, der er schließlich auch als Präsident vorstand. 1869 wurde er außerdem noch zum Senator bestellt.

Claude Bernard wurde aber nicht nur mit nationalen Ehren überhäuft. Er genoss auch im Ausland höchstes Ansehen. Wissenschaftler aus der ganzen Welt kamen zu ihm nach Paris, um seine Arbeitsweise kennen zu lernen. Am 10. Februar 1878 starb Claude Bernard vermutlich an Nierenversagen als Folge einer lange ertragenen Nierenerkrankung und wurde mit einem Staatsbegräbnis beigesetzt.

Dieses glanzvolle Wissenschaftlerleben hatte aber auch seine dunklen Kehrseiten. Schon im mittleren Lebensalter war er von einer Reihe schwerer Krankheiten geplagt und nur mit ungeheurer Anstrengung und Disziplin konnte er sein gewaltiges Arbeitspensum bewältigen. In diesem Kampf fand er kaum persönliche Unterstützung und Anteilnahme. Claude Bernards Ehe verlief ausgesprochen unglücklich. Seine Frau hatte wohl von Anfang an gespürt, dass hinter der Heirat mehr Berechnung als Zuneigung stand und der emotionale Abstand zwischen den Beiden wurde noch durch den Umstand vergrößert, dass sie seine Arbeit zutiefst verachtete. Insbesondere seine Experimente an lebenden Tieren waren ihr ein Gräuel und schließlich trennte sie sich im Jahre 1869 endgültig von ihrem Mann. Besonders bedrückte Claude Bernard, dass beide Töchter ähnlich wie ihre Mutter empfanden und ihr folgten.<sup>3</sup> Da das dritte Kind der Bernards schon früh gestorben war, stand Claude Bernard zuletzt von seiner Familie verlassen da. Als ein Mensch, der nur schwer Kontakte schloss und so kaum Freunde besaß, wuchs seine private Einsamkeit in dem gleichen Maße wie sein wissenschaftlicher Ruhm. Im Grunde verlief sein Leben nur zwischen zwei Polen: Zwischen seinem Labor und seinem Heimatdorf in den Hügeln des Beaujolais, zu dem er immer wieder zurückkehrte, um dort Erholung wie Inspiration zu finden. Allein in Madame Sarah Raffalovich, einer Bankiersgattin, die ein reges Interesse an medizinischen und naturwissenschaftlichen Fragen hatte und seine Vorlesungen besuchte, fand er in seinen späten Jahren wenigstens einen Menschen, der ihm Verständnis und Zuneigung schenkte und mit dem er sich in einem umfangreichen Briefwechsel aussprechen konnte.

Wenn wir auf das Werk von Claude Bernard sehen, dann können wir zwei Schaffensperioden ausmachen. Der Zeitraum, der mit der Arbeit an seiner Dissertation anfangs der vierziger Jahre begann und bis ins Jahr 1860 reichte, war erfüllt von der empirisch-experimentellen Arbeit. In dieser Zeit machte er seine großen Entdeckungen, insbesondere auf dem Feld der Physiologie von Ernährung,

---

<sup>3</sup> Es wird berichtet, dass Mme Bernard mit ihren Töchtern sogar eine Liga gegen Tierversuche ins Leben gerufen hat, s. J. Bernard: *The Life and Scientific Milieu of Claude Bernard*, a.a.O., S. 23. Bei der in der Wissenschaftsgeschichtsschreibung üblichen Heldenverehrung kommt Mme Bernard schlecht weg, die Olmsted's werten z.B. ihr Engagement für den Tierschutz nur als ein strategisches Mittel im Ehekrieg, s. J. M. D. Olmsted und E. H. Olmsted: *Claude Bernard and the experimental method in medicine*, a.a.O., S. 113. C. Bernard selbst hatte eine recht konservative Auffassung von der Ehe; danach hätte die Ehefrau ihren Beitrag zur Wissenschaft als ergebene und dienende Begleiterin des Forschers zu leisten, s. G. Rudolph: *Claude Bernard (1813-1878)*, a.a.O., S. 139. Durchaus denkbar, dass Mme Bernard diese Rollenzuweisung auch als Zumutung empfunden hat.

Verdauung und Stoffwechsel im allgemeinen sowie auf dem der Neurophysiologie und der physiologischen Regelmechanismen.

Zu den großen Leistungen Bernards, die hier unbedingt erwähnt werden müssen, gehört die Entdeckung der enzymatischen Wirkung des Bauchspeichelsekrets.<sup>4</sup> Bernard sah, dass bei einem Kaninchen während der Verdauung unterhalb des Eingangs der Bauchspeicheldrüse in den Darm die Lymphgefäße eine fetthaltige Flüssigkeit enthielten. Bei Unterbindung des Sekretzuflusses aus dem Pankreas findet dagegen kein Übergang von Fett aus dem Dünndarm in die Lymphgefäße statt. Daraus schloss er auf die Eigenschaft des Sekrets, Fett so aufzuschließen, dass es vom Organismus aufgenommen werden kann. Allerdings begnügte er sich nicht nur mit dem Aufweis dieser Funktion der Bauchspeicheldrüse. Der weitere und entscheidende Schritt führte ihn ins Labor der Chemiker und in einer interdisziplinären Zusammenarbeit mit Charles Barreswill<sup>5</sup> und Jules Pelouze klärte er auf, dass die chemische Wirkung des Bauchspeichels auf Neutralfette in deren Spaltung in Fettsäure und Glycerin liegt (die Frage nach der chemischen Natur des Enzyms ließ allerdings noch eine Weile auf sich warten und gab Anlass zu einigen fruchtlosen Kontroversen).

Ähnlich bedeutend war Bernards Forschung zum Zuckerstoffwechsel.<sup>6</sup> Er entdeckte, dass in der Leber Traubenzucker produziert werden kann und zwar aus einer chemischen Vorform, dem Glykogen, das als Energiespeicher dient (Bernard sprach von einer „matérie glycogène“, also einer zuckerbildenden Substanz). Damit räumte Bernard mit der bis dahin herrschenden Lehre auf, dass nur Pflanzen in der Lage seien, aus einfachen chemischen Verbindungen komplexe organische Verbindungen wie Stärke oder Eiweiße zu synthetisieren, während Tiere die aufgenommenen Nährstoffe nur zu Kohlendioxid und Wasser verbrennen bzw. zu Harnstoff abbauen könnten. Er zeigte, dass der Stoffwechsel als ein ständiger Prozess des Auf- und Abbaus organischer Verbindungen ein universelles Phänomen des Lebens ist. Wichtig war ihm dabei insbesondere, dass der Aufbau des Glykogens ein lebensspezifischer, d.h. nicht extrazellulär vollziehbarer Vorgang war, während die Umsetzung des Glykogens in Zucker auch im Reagenzglas durch Beigabe des aus der Leber gewonnenen Enzyms bewerkstelligt werden kann. Über das Ziel hinaus schoss Bernard allerdings mit der Annahme, dass Zucker nur aus Glykogen und ausschließlich in der Leber gebildet werden könne.

Schon bald nach Beginn seiner groß angelegten Leberstudien machte Bernard eine wichtige Entdeckung: Sticht man an einer bestimmten Stelle im Rückenmark eines Kaninchens oder Hundes ein und stimuliert so die dort abgehenden Nerven, so kommt es zu einer drastischen Erhöhung des Blutzuckerspiegels. Bernard schloss daraus, dass der Zuckerhaushalt einer unmittelbaren Kontrolle durch das Nervensystem unterliege;<sup>7</sup> ein Schluss, der in dieser Form später revidiert werden musste, da die

<sup>4</sup> C. Bernard: Du suc gastrique et de son rôle dans la nutrition. Thèse pour le doctorat en médecine. Paris 1843; C. Bernard: Du suc pancréatique et de son rôle dans les phénomènes de la digestion. In: Société de biologie, mémoires 1 (1849), S. 99-115; kritische Darstellungen seiner Leistung finden sich z.B. bei F. L. Holmes, a.a.O.; O. H. Wangenstein: Claude Bernard's Work on Digestion. In: Claude Bernard and Experimental Medicine (F. Grande and M. B. Visscher, eds.). Cambridge/Mass. 1967, S. 45-74.

<sup>5</sup> C. Bernard und Ch.-L. Barreswill: Sur les phénomènes chimiques de la digestion. In: Comptes Rendus de l'Académie des Sciences, 19 (1844), S. 1284-1289.

<sup>6</sup> C. Bernard: Recherches sur une nouvelle fonction de foie, considéré comme organe producteur de matière sucrée chez l'homme et les animaux. Paris 1853.

<sup>7</sup> C. Bernard: Influence du système nerveux sur la production du sucre dans l'économie animale. In: Bulletin de la Société philomatique (1849), S. 49-51.

Nervenstimulation unmittelbar nur zu einer erhöhten Adrenalinausschüttung führt und erst dieses Hormon eine glykolytische Wirkung entfaltet. Aber solche hormonelle Steuerungsmechanismen wurden erst nach Bernard - nicht zuletzt durch seine Schüler - allmählich aufgeklärt.<sup>8</sup>

Diese Untersuchung fügt sich aber gut zu seinen anderen neurophysiologischen Arbeiten, mit denen er zeigen wollte, dass das Nervensystem eben nicht nur für die Steuerung und Registrierung von Bewegungen bzw. Empfindungen zuständig ist, sondern ebenso für die Steuerung und Kontrolle von Körpertemperatur, Herztätigkeit, Durchblutung und anderen Organfunktionen. So fand Bernard z.B. durch Untersuchungen an der Speicheldrüse des Hundes heraus, dass es vasodilatatorische Nerven gibt, die für eine Erweiterung der Blutgefäße und damit für ein vermehrtes Einströmen von Blut in das Organ sorgen, während vasokonstriktorische Nerven die entgegengesetzte Wirkung vermitteln.

Als Letztes seien schließlich noch Bernards Arbeiten zur Physiologie der Gifte erwähnt. Gifte waren für Bernard insoweit von besonderem Interesse, als sie physiologische Mechanismen ändern oder blockieren und damit in ihrer Wirkung immer zugleich etwas über die „normalen“ physiologischen Zustände der Lebewesen verraten, denen sie verabreicht werden.<sup>9</sup> Berühmt geworden sind seine Studien zur Wirkung von Kohlenmonoxid<sup>10</sup> und von Curare, dem berüchtigten Pfeilgift südamerikanischer Indianer; auf letztere Studie werde ich später noch zurückkommen. Die große Zäsur im wissenschaftlichen Leben Bernards bildete eine schwere Darmerkrankung, die ihn im Jahre 1860 befiel und von der er sich nur sehr schwer und langsam erholte. Drei Jahre lang lebte er zurückgezogen in seinem Heimatdorf und konnte keine experimentellen Untersuchungen durchführen. Er nutzte diese Zeit, um seine Arbeit theoretisch zu reflektieren. Als Ergebnis dieser Zwangspause legte er die „*Introduction à l'étude de la médecine expérimentale*“ vor, die 1865 in Paris erschien und als sein Hauptwerk gilt.<sup>11</sup> Dieses Buch stellt eine Auseinandersetzung um die Methodologie der Physiologie, ja der experimentellen Biowissenschaften insgesamt dar. Es hat, gemessen an der Gedankenfülle, die Claude Bernard hier ausgebreitet hat, bis heute keinen ebenbürtigen Nachfolger gefunden. Die „*Einführung*“ besticht aber nicht nur durch ihr intellektuelles Niveau, sie gehört auch nach stilistischen und sprachlichen Maßstäben zu den Meisterwerken wissenschaftlicher Prosa überhaupt (hier hat sich Bernards literarische Neigung also doch noch positiv ausgewirkt).

Bis zu seinem Tode ist Bernard dann der mehr theoretisch orientierten Arbeit treu geblieben. Aus der Reihe von Lehrbüchern und Monographien sind hier insbesondere zu nennen der „*Bericht über Fortschritt und Richtung der Allgemeinen Physiologie in*

---

<sup>8</sup> Zu einer kritischen Darstellung der Untersuchungen Bernards vgl. M. D. Grmek: *Le Legs de Claude Bernard*. Paris 1997, chap VII; eine Bewertung aus heutiger Sicht unternimmt A. Kahn: *Entre dogmatisme et empirisme: la découverte de la fonction glucoformative et glucosécrétice du foie par Claude Bernard*. In: *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences. Sciences de la Vie* 319 (1996), S. 753-761.

<sup>9</sup> Bernards Ansichten hierzu werden gründlich erläutert in der großen Studie von M. D. Grmek: *Raisonnement expérimental et recherches toxicologiques chez Claude Bernard*. Paris/Geneva 1973.

<sup>10</sup> George L. Sternbach und Joseph Varon: *Claude Bernard: On the origin of carbon monoxid poisoning*. In: *Resuscitation* 58 (2003), S. 127 - 130 und M. D. Grmek, a. a. O., Teil 2.

<sup>11</sup> Im Deutschen erschienen als: *Einführung in das Studium der experimentellen Medizin* (Übers. v. P. Szendrő, Einl. v. K. E. Rothsuh). Leipzig 1961 (im weiteren zitiert als „*Einführung*“). Bernard knüpfte damit an seine große Studie: *Leçons de physiologie expérimentale appliquée à la médecine*, 2 tomes. Paris 1855/56 an.

Frankreich“<sup>12</sup> aus dem Jahre 1867 und die „Vorlesungen über die Phänomene des Lebens, welche Tieren und Pflanzen gemeinsam sind“<sup>13</sup>, ein Werk welches aus Vorlesungen hervorgegangen ist, die Bernard in den Jahren 1872/73 am Museum gehalten hat und für das er noch auf seinem Totenbett Korrektur gelesen hat; sein großes Lehrbuch über die „Prinzipien der experimentellen Medizin“<sup>14</sup> konnte er leider nicht mehr vollenden, der Entwurf dazu ist erst rund achtzig Jahre später (1947) veröffentlicht worden. Von seinen vielen theoretischen Werken ist insbesondere die „Einführung“ in mehrere Sprachen, so auch ins Deutsche, übersetzt worden, von seinen „Vorlesungen über die Phänomene des Lebens“ gibt es meines Wissens nur eine englische Übersetzung.<sup>15</sup>

### 3 Die Physiologie als naturwissenschaftliche Grundlage der Medizin

Um nun besser verstehen zu können, warum Claude Bernard der Medizin ein neues theoretisches Fundament geben wollte, müssen wir wenigstens einen ganz kurzen Blick auf deren Situation im beginnenden 19. Jahrhundert werfen. Die Medizin befand sich damals in einer sehr schwierigen Lage. Auf der einen Seite hatte man für den therapeutischen Umgang mit Krankheiten zwar theoretische Konzepte, diese reichten aber zum Teil weit in die Vergangenheit zurück und hatten häufig eher heuristischen Charakter oder waren stark von metaphysischen Vorstellungen vom Menschen und vom Leben überhaupt geprägt. Wie unterschiedlich diese Prinzipien im einzelnen auch sein mochten, gemeinsam war ihnen der Gedanke, dass eine Krankheit ein Geschehen sei, das dem gesunden Organismus widerfährt, gleichsam wie ein feindlicher Akt, der einen „normalen“ Zustand, etwa den eines Säftgleichgewichts, stört oder zerstört und der nur dadurch abgewehrt werden kann, indem man die Verteidigungskräfte des Körpers stärkt und unterstützt. Unter dieser Heuristik wurden diätische oder physikalische Maßnahmen durchgeführt oder Arzneien verabreicht. Allerdings erlaubten es die therapeutischen Prinzipien nicht, die Behandlungsstrategien über die Zeit hinweg mit dem Ziel zu optimieren, höhere Heilungserfolge zu erzielen.

Auf der anderen Seite stand eine medizinische Forschung, welche zwar schon seit langem an naturwissenschaftlichen Standards orientiert war und sich insbesondere experimenteller Methoden bediente, die aber im wesentlichen einen deskriptiven Ansatz verfolgte: Anatomie, Pathologie und Physiologie beschrieben und klassifizierten gesunde wie kranke Organe sowie physiologische Abläufe und die klinische bzw. „Krankenbett-Medizin“ beschränkte sich auf ein genaues Studium von Krankheitsverläufen. Solches empirisches Wissen konnte bestenfalls genutzt werden, um in einem bestimmten Krankheitsstadium Prognosen über den weiteren Verlauf zu erstellen, es konnte aber nicht in einem positiven Sinne mit den herrschenden therapeutischen Ansätzen verknüpft werden. Das Verhältnis zwischen den in der Praxis tätigen und den forschenden Ärzten war denn auch alles andere als gut, man begegnete sich gegenseitig mit Misstrauen und Arroganz; bezeichnend für die

<sup>12</sup> C. Bernard: Rapport sur le progrès et la marche de la physiologie générale en France. Paris 1867 (Nachdruck unter dem Titel: De la physiologie générale. Paris 1872).

<sup>13</sup> C. Bernard: Leçons sur les phénomènes de la vie communs aux animaux et aux végétaux. Paris 1878/79.

<sup>14</sup> C. Bernard: Principes de médecine expérimentale (L. Delhoume, ed.). Paris 1947.

<sup>15</sup> Lectures on the Phenomena of Life Common to Animals and Plants (H. E. Hoff, R. Guillemin und L. Guillemin, Hrsg.), Springfield 1974.

Stimmung ist vielleicht ein Ausspruch, der Magendie, dem Lehrer von Claude Bernard zugeschrieben wird und in dem er zum Ausdruck gebracht haben soll, dass sich die Sterberate in den Krankenhäusern nur senken ließe, wenn man daraus die Ärzte verjagen würde.<sup>16</sup>

Dies war also die Situation, die Bernard vorfand. Seine Idee war es nun, die klinische Medizin und die medizinische Forschung zusammenzubringen, wobei die Brücke durch naturwissenschaftliche Erklärungen hergestellt werden muss: Der Arzt kann nur dann heilend in ein Krankheitsgeschehen eingreifen, wenn er dessen Ablauf als funktionale Störung, dem ein kausales Geschehen zugrunde liegt, verstanden hat und durch sein Handeln Ursachen für eine erwünschte Wirkung setzt. Die Aufgabe der medizinischen Forschung ist es, ein solches handlungsrelevantes Wissen zu vermitteln und der zentrale Ort, an dem solches Wissen produziert wird, ist die Physiologie. Ich darf an dieser Stelle Bernard selbst zu Wort kommen lassen:

„Während der empirischen Periode der Medizin, die zweifellos noch lange weiter bestehen wird, konnten Physiologie, Pathologie und die Therapie getrennt vorgehen, denn da keine von ihnen richtig unterbaut war, konnten sie sich in der ärztlichen Praxis auch nicht gegenseitig unterstützen. Aber in der wissenschaftlichen Auffassung der Medizin wird es nicht so bleiben: ihre Grundlage wird die Physiologie sein müssen. Da die Wissenschaft sich nur auf dem Wege der vergleichenden Untersuchung entwickeln kann, wird die Kenntnis des pathologischen oder anormalen Zustandes nur nach Kenntnis des normalen erhalten werden können, ebenso wie die Wirkung der Therapeutika, d.h. abnormer Wirkstoffe oder Arzneimittel auf den Organismus, ohne das vorausgehende Studium der physiologischen Effekte normaler Wirkstoffe, welche die normalen Lebensvorgänge unterhalten, nicht wissenschaftlich verstanden werden kann.“ (*Einführung*, S. 16)

Beim Versuch, dieses auf wenige Sätze komprimierte Programm kommentierend zu entfalten, fällt zunächst der kritische Ton auf, den Bernard gegen die „empirische Medizin“ erhebt. Dies berührt deshalb so merkwürdig, da die sogenannte „empirische“ Medizin sich als durch und durch naturwissenschaftlich verstand und Bernard schließlich selbst seine experimentelle Ausbildung durch Magendie in ihrem Geiste erhalten hatte. Aber wie ich schon angedeutet habe, war der Empirismus der damaligen Mediziner recht einfach gestrickt: Ein naiver Realismus und Materialismus paarte sich mit einer induktivistischen Wissenschaftstheorie. Man war der Meinung, wissenschaftliche Erkenntnis sei allein das Ergebnis einer Verallgemeinerung von Beobachtungs- und Messergebnissen, die man aus der wiederholten Durchführung von Experimenten gewonnen hatte. Auf diese Weise erhielt man eine Fülle von unzusammenhängenden Einzelergebnissen die ihr Pendant in der klinischen Medizin in den Fallstudien zu Krankheitsverläufen fand. Was Bernard an der klinischen Forschung besonders gestört hat, war die Konstruktion von Zusammenhängen allein durch statistische Verfahren (*Einführung*, S. 195ff, 297f). Er hielt zurecht dagegen, dass eine statistisch abgesicherte Beschreibung immer nur den Anlass für eine Erklärung geben, diese aber nicht ersetzen kann. Das klingt trivial, aber damals war es den Ärzten durchaus nicht immer klar, dass z.B. eine strenge zeitliche Korrelation zweier Sachverhalte noch lange kein Kausalurteil abgibt.

Bernard verurteilte diese Art des induktiven Vorgehens als blind und geistlos. Für ihn war das Experiment eine nachgeordnete Instanz im Prozess der Erkenntnisgewinnung, nicht deren Ausgangspunkt. Der Kontext, in dem das Experiment seine Bedeutung bekommt, ist der der Überprüfung. D.h. am Anfang einer wissenschaftlichen Argumentation steht für ihn eine Hypothese, die so scharf formuliert sein muss, dass ihre Annahme oder Verwerfung durch eine entsprechend

<sup>16</sup> J. Bernard: *The Life and Scientific Milieu of Claude Bernard*, a.a.O., S. 21.

einggerichtete Experimentierpraxis eindeutig entschieden werden kann. Pointiert hat Bernard davon gesprochen, dass das Experiment eine provozierte Beobachtung zum Zwecke der Nachprüfung einer vorgängigen Idee oder Hypothese sei (*Einführung*, S. 38f). Selbstverständlich ist für ihn das Experiment eine technische, weil prinzipiell reproduzierbare Veranstaltung, wobei die Forderung nach Reproduzierbarkeit bei ihm eine besondere und tiefere Bedeutung dadurch erhält, dass in wissenschaftlichen Kontexten Behauptungen immer wieder aufs Neue bezweifelt werden dürfen und dieser Zweifel nur dann entkräftet werden kann, wenn es gelingt, den stützenden Befund aktuell vorzuweisen.

Die Einsicht, dass wissenschaftliche Hypothesen immer nur in einem vorgegebenen theoretischen Rahmen formuliert werden können, durch den Terminologie sowie Beschreibungs- und Erklärungsaufgaben festgelegt werden, wäre für sich genommen so revolutionär nicht gewesen. Schließlich konnte man zu Bernards Zeiten schon auf eine längere und erfolgreiche Geschichte der Physik, insbesondere der Mechanik zurückblicken. Und gerade mit der Newtonschen Mechanik hatte man ein Muster einer naturwissenschaftlichen Theorie vorliegen, an dem klar zu erkennen ist, dass deskriptive Hypothesen (etwa über den Bahnverlauf eines Planeten) nicht nur einer sorgfältigen empirischen Überprüfung ausgesetzt sind, sondern dass diese Hypothesen sich zugleich als Modelle theoretischer Strukturen, also z.B. der Newtonschen Gesetze ausweisen lassen müssen. Erst mit dem gelungenen „Einbau“ einer Hypothese in die theoretische Struktur ist die eigentliche Erklärungsaufgabe der Theorie gelöst.<sup>17</sup>

Vor diesem Hintergrund kann man Bernards besondere Leistung darin sehen, dass er der Physiologie nicht nur beschreibende, sondern darüber hinaus auch erklärende Aufgaben zugewiesen hat: Erste und wesentliche Aufgabe der Physiologie ist es, den in einem Organismus vorfindlichen Organen, Zellen und chemischen Verbindungen *Funktionen* (d.h. Aufgaben) zuzuordnen, die diese wahrnehmen bzw. erfüllen müssen. In einem zweiten Schritt muss dann gezeigt werden, wie diese Funktionen chemisch oder physikalisch realisiert werden, d.h. es muss gezeigt werden, welche chemischen und physikalischen Prozesse ablaufen müssen, damit ein bestimmter, funktional ausgezeichneter Zustand sich kausal vermittelt einstellt. Dieses Zusammenspiel von funktionalen und kausalen Erklärungen macht das Forschungsprogramm der Physiologie aus.<sup>18</sup>

Zu diesem theoretischen Forschungsprogramm gehört nun auch eine eigene Experimentalpraxis. Zunächst muss eine Hypothese, die die Funktion eines Organs (z.B. der Bauchspeicheldrüse) betrifft, durch einen ganz eigenen Typus von Experiment überprüft werden, welcher sich der Art nach grundlegend von Experimenten unterscheidet, die Behauptungen über bloße Abläufe oder Kausalzusammenhänge testen sollen. Und da in der Physiologie nach dem Programm, das Bernard ihr gegeben hat, funktionale Erklärungen mit kausalen

<sup>17</sup> Zu Einzelheiten s. R. Kötter: Experiment, Simulation und orientierender Versuch: Anmerkungen zur Experimentalkultur der Biowissenschaften. In: Wald und CO2. Ergebnisse eines ökologischen Modellversuches (Chr. Brunold, Ph. W. Balsiger, J. B. Bucher und Chr. Körner, Hrsg.). Bern 2001, S. 41-50.

<sup>18</sup> Damit hat Bernard einen bei weitem raffinierteren Ansatz vertreten als seine Zeitgenossen Ludwig oder du Bois-Reymond, die einem einfachen Reduktionismus anhängen. Zu einer Darstellung dieses Programms aus heutiger wissenschaftstheoretischer Sicht vgl. R. Kötter: Wachstum, Evolution und Entwicklung. Wissenschaftstheoretische Überlegungen. In: N. C. Karafyllis (Hrsg.): Biofakte. Versuch über den Menschen zwischen Artefakt und Lebewesen. Paderborn 2003, S. 100 - 120.



Erklärungen verknüpft sind, muss eine solche Verbindung auch in der Experimentalpraxis hergestellt werden.

Deshalb wird schon bei Bernard deutlich, dass es im Grunde genommen in der Physiologie keine isolierten Experimente geben kann. D.h. wer für oder gegen eine Hypothese argumentiert, muss sich in der Regel auf eine ganze Reihe von Experimenten beziehen, die nicht einfach nur Variationen eines Grundversuches sind, sondern die in ihrem Aufbau recht verschieden sein können. Ihren Sinnzusammenhang bekommen sie allein durch die Logik der Argumentation, die sie stützen oder widerlegen sollen. So muss z.B. jeder Versuch, der die Folgen des Ausfalls eines Organs demonstrieren und dadurch die Hypothese über die Funktion des Organs bestätigen bzw. widerlegen soll, durch einen Vergleichsversuch abgesichert werden, bei dem alle Operationsschritte identisch durchgeführt werden bis auf den einen entscheidenden, der den Organausfall zur Folge hat. Dadurch wird sichergestellt, dass die ins Auge gefassten Folgen tatsächlich nur dem Organausfall und nicht etwa dem operativen Vorgehen überhaupt ursächlich zuzurechnen sind (*Einführung, S. 181f, 256f*). Neben dem Vergleichsversuch muss stets auch noch ein Gegenversuch durchgeführt werden, der demonstrieren soll, dass die ins Auge gefasste Funktion nur (und nicht nur auch) dem fraglichen Organ zukommt. Als Beispiel sei an seine Bauchspeichel-Untersuchung erinnert. Hier war die Behauptung, dass der Bauchspeichel Fett in Fettsäure und Glycerin spaltet und somit als Enzym fungiert. Zur Begründung dieser Hypothese genügt es nicht zu zeigen, dass (1) das Sekret im Reagenzglas tatsächlich diese chemische Spaltung der Fette leistet; es muss darüber hinaus noch gezeigt werden, dass (2) dies im Körper auch tatsächlich geschieht und schließlich (3) eine Spaltung unterbleibt, wenn der Bauchspeichel daran gehindert wird, in den Darm zu fließen (dies stellt den Gegenversuch zu (2) dar). Diese „Logik des Experimentierens“ hat Claude Bernard als erster Wissenschaftler für die Physiologie ausführlich dargelegt und an vielen Beispielen aus seiner eigenen Forschung demonstriert.

Wie kommt man nun aber an Hypothesen? Bernard zeigt hier verschiedene Wege auf. Eine Möglichkeit ist, dass sich eine Hypothese als Anschlussfragestellung zu einem Experiment ergibt. Eine andere Möglichkeit ist, dass man durch aufmerksame Beobachtung von Vorgängen, die man nicht direkt geplant hat, darauf gestoßen wird. Solche Beobachtungen können zunächst im Labor durch so genannte „orientierende“ Versuche provoziert werden. Diese Versuche sollen es erlauben, vage Ideen auf den Weg zu entscheidungsfähigen Hypothesen zu bringen, indem sie dazu beitragen, präzisere Fragestellungen zu entwickeln oder die Menge konkurrierender Erklärungsansätze zu verringern. Am Beispiel seiner Untersuchung zur Wirkungsweise des Curare hat er dieses Vorgehen selbst geschildert (*Einführung, S. 223ff*). Er spritzte Fröschen Curare unter die Haut und sezierte sie sofort, um gewissermaßen der Wirkweise des Giftes zusehen zu können. Dabei stellte er dann fest, dass das Gift keine anatomischen Schäden anrichtet, dass die roten Blutkörperchen sich nicht verändern und die Muskulatur ihre normale Kontraktilität behält. Aber obwohl das Nervensystem sein normales anatomisches Aussehen aufweist, verliert es unter der Einwirkung des Giftes seine Funktion, Reize zu übermitteln. Durch eine Reihe solcher orientierender Versuche kam Bernard schließlich zu der Hypothese, dass Curare durch Ausschaltung aller motorischer Nerven und ohne die sensiblen Nerven zu schädigen den Tod durch Atemstillstand herbeiführt. Diese Hypothese konnte nun experimentell getestet werden, wobei der (Gegen-) Versuch eine besondere Rolle spielte, durch den gezeigt wurde, dass ein

Hund die Vergiftung überleben konnte, wenn er solange künstlich beatmet wurde, bis das Gift vom Körper ausgeschieden war.<sup>19</sup>

Neben den orientierenden Versuchen war für Bernard die rein deskriptiv ausgerichtete klinische Forschung seiner Zeit die zweite große Quelle für physiologische Fragestellungen. Aber da diese Forschung bestenfalls Fragen aufwarf und nur wenig bis nichts zu ihrer Beantwortung beitrug, räumte er ihr nur einen geringeren wissenschaftlichen Stellenwert ein:

„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 Wissenschaft; nur dort kann er die Erklärung für das Leben im normalen und pathologischen Zustand mittels der experimentellen Analyse suchen.“ (*Einführung*, S. 209f)

Bernard spricht in diesem Zusammenhang immer davon, dass Erklärungen deterministisch sein müssen, wobei sein Determinismus nicht metaphysisch, sondern rein methodologisch zu verstehen ist (*Einführung*, S. 305). Wenn wir zwei Ereignisse kausal verknüpfen wollen, dann müssen wir einen chemischen oder physikalischen Vorgang darstellen können, der gleichsam wie ein Mechanismus das eine Ereignis als Wirkung des anderen liefert. Nur die Kenntnis eines solchen Mechanismus erlaubt es dem Arzt, eine nachvollziehbare, im Prinzip jedermann vermittelbare Interventionsstrategie zu entwickeln, um den Organismus aus einem pathologischen in einen normalen Zustand zu bringen.<sup>20</sup> Um es noch einmal zu verdeutlichen: Bernard war nicht prinzipiell gegen den Einsatz statistischer Verfahren, er wollte sie aber nur auf beschreibende Kontexte beschränkt wissen.

Mit aller Deutlichkeit hat Bernard auch zwischen der deskriptiv ausgerichteten Naturgeschichte und der Naturwissenschaft eine methodologische Demarkationslinie gezogen. In einer kurzen Bemerkung zu Darwin (den er bezeichnender Weise in einem Atemzug mit Goethe, Oken und Carus erwähnt, *Einführung*, S. 133f) macht er deutlich, dass jeder Naturgeschichte ein spekulatives Element verbleiben muss, da ihre Aussagen nie in Gänze einer experimentellen Überprüfung unterzogen werden können. Dieses Argument ist natürlich stichhaltig und kann auch nicht mit dem Verweis auf die große Bedeutung, die die Evolutionsgeschichtsschreibung für die Biologie hat, relativiert werden.<sup>21</sup> Natürlich hat auch Bernard gesehen, dass sich Organismen nicht isoliert voneinander und von ihrer Umwelt entwickeln und er hat auf diese Erkenntnis zum einen mit seinem Ansatz vom „milieu interieur“ reagiert, zum anderen mit seiner Forderung nach einer engen Verzahnung der Physiologie mit anderen biologischen Disziplinen. Aber damit bleibt es beim methodologischen Primat

<sup>19</sup> C. Bernard und T. J. Pelouze: Recherches sur le curare. In: Comptes Rendus de l'Académie de Science 31 (1850), S. 533-537; C. Bernard: Leçons sur les effets des substances toxiques et médicamenteuses, Paris 1857; dazu J.-P. Changeux, Claude Bernard's Experiments on Curare and Motor Endplate Synaptic Transmission, in: Claude Bernard and the Internal Environment, a. a. O., S. 73-95. Die Forschungsarbeit hat sich übrigens über viele Jahre hingezogen, eine Analyse des allmählichen Fortschritts, bei dem jedes Experiment, das eine funktionale Hypothese sicherstellte wieder Anlass zu neuen Fragen und den daran sich anschließenden orientierenden Versuchen gab, findet sich bei M. D. Grmek: Raisonement expérimental et recherches toxicologiques chez Claude Bernard. Paris/Geneva 1973, insbes. Teil 3.

<sup>20</sup> Für Bernard war ein pathologischer Zustand (also eine Krankheit) letztlich bestimmt als ein Ausfall bzw. eine Einschränkung von physiologischen Funktionen des Körpers, C. Bernard: Leçons de pathologie expérimentale. Paris 1872, S. 46.

<sup>21</sup> Insoweit ist Perlman zu widersprechen, der davon ausgeht, dass sich Bernards reservierte Haltung gegenüber der Evolutionsgeschichtsschreibung in erster Linie einer disziplinären Engstirnigkeit verdankt, vgl. R. L. Perlman: The concept of the organism in physiology. In: Theory Biosci. 119 (2000), S. 174 - 186.

der experimentellen Naturwissenschaften vor der Naturgeschichte. Einen Aspekt hatte Bernard allerdings nicht erkannt, der heute in der Auseinandersetzung mit kreationistischen Ansätzen eine große Rolle spielt, nämlich den systematischen, d. h. methodologischen Vorteil einer auf Naturwissenschaften gestützten Geschichte des Lebens gegenüber mythischen Schöpfungsgeschichten.<sup>22</sup>

#### 4 Die Besonderheiten der physiologischen Experimentierpraxis

Nun ist die Physiologie insoweit eine besondere Experimentalwissenschaft, als sie „das Studium der Vorgänge in Lebewesen und die Feststellung der materiellen Bedingungen ihres Ablaufes zum Gegenstand hat“ (*Einführung*, S. 99). Das bedeutet zu allererst, dass der Physiologe eine Idee davon besitzen muss, was denn das „Lebendige“ an einem Gegenstand ausmacht und wie er diesem Lebendigen in der Experimentalpraxis gerecht werden kann.

Zu Bernards Zeiten verband man das Phänomen „Leben“ häufig mit einer besonderen Kraft, der so genannten „Lebenskraft“ (*vis vitae*). Die Annahme einer solchen Kraft entsprang nicht unbedingt aus einem metaphysischen Vitalismus, sondern häufig aus einer Orientierung an der Physik: So wie der Physiker nichts über das „Wesen“ der Gravitation wissen muss, um das Gravitationsgesetz formulieren zu können, so müsste es auch dem Biologen möglich sein, über Bildungsgesetze des Lebens zu sprechen, ohne sich in Spekulationen zu verlieren, was „Leben“ eigentlich sei. Konsequenterweise hat diesen Ansatz schon der berühmte deutsche Chemiker Justus von Liebig verfolgt. Nach seiner Vorstellung müsste man für einen Organismus eine Bilanz aufstellen, in der die energetischen und stofflichen Inputs den entsprechenden Outputs gegenüber gestellt würden; der Saldo dieser Bilanz könnte dann der Bildungsarbeit des Lebens zugerechnet werden. Hieraus könnte man dann versuchen, für verschiedene Lebewesen und für deren verschiedene Lebensphasen quantitative Bildungsgesetze abzuleiten.

Claude Bernard stand einer solchen „black-box-Physiologie“ ablehnend gegenüber. Nach seinem Wissenschaftsverständnis sollte ja gerade aufgeklärt werden, unter welchen Bedingungen und auf welche Weise solche Bildungsprozesse im Körper ablaufen und dem entsprechend musste er auch eine andere, nicht am Kraftmodell der Physik orientierte Idee von Lebendigkeit formulieren. Für Bernard war ein Gegenstand lebendig, wenn er sich - und hier gebrauche ich einen modernen Ausdruck - systemtheoretisch deuten lässt. Bernard hatte den Systembegriff, wie er heute in der Physiologie und darüber hinaus in vielen Bereichen der Biologie verwendet wird, noch nicht; seine Vorstellungen von den wechselseitig aufeinander bezogenen Funktionen der Organe tragen aber schon viele Züge eines modernen Systemverständnisses, so dass es gerechtfertigt ist, diesen Begriff im Zusammenhang mit seinem Konzept zu gebrauchen.

In seiner Terminologie verfügt jeder Organismus über ein „inneres Milieu“ (*milieu intérieur*), welches durch bestimmte Funktionen und Funktionszustände

<sup>22</sup> Dieser Gedanke ist näher ausgeführt in R. Kötter: Kreationisten versus Evolutionstheoretiker. Zu wissenschaftstheoretischen Aspekten der Auseinandersetzung. In: *Praxis der Naturwissenschaften. Biologie* 49 (2000) S. 6-11 und ders.: Zur methodologischen Struktur des Aktualismusprinzips. In: *Z.d.t.geol.Ges.* 152 (2001), S. 129-141. Der überzogene „Experimentalismus“ Bernards wird in seinen Folgen auch von LaFollett und Shanks kritisiert, vgl. H. LaFollette und N. Shanks: *Animal Experimentation: The Legacy of Claude Bernard*. In: *Int. Studies in the Phil. Sc.* 8 (1994), S. 195 - 210, hier S. 201.

charakterisiert wird und das die Fähigkeit besitzt, seine Funktionszustände in einem gewissen Umfang gegenüber den Einflüssen des äußeren oder kosmischen Milieus (milieu externe) aufrecht zu erhalten bzw. in kontrollierter Weise anzupassen (*Einführung, S. 114ff*). Das innere Milieu liefert für die Organe und ihre Bestandteile bis hin zur Zelle die Bedingungen, unter denen sie funktionieren und es wird gebildet aus Körpersäften wie Blut, Serum und Lymphe; diese Körpersäfte sind Träger der funktionsrelevanten physikalischen wie chemischen Eigenschaften. Zu solchen Eigenschaften gehören z.B. die Körpertemperatur, der Blutdruck sowie die qualitative wie quantitative Zusammensetzung der Inhaltsstoffe wie Elektrolyte und Nährstoffe. Änderungen im externen Milieu, also in der Außenwelt, müssen immer erst umgesetzt werden in Änderungen des internen Milieus, um überhaupt für die Funktion der Organe Bedeutung zu bekommen. Bernard hat diesen Gedanken in der für ihn typischen Weise durch einen Versuch verdeutlicht: Wenn man einen Frosch aus der Winterstarre holt und ein Bein in ein Gefäß mit warmem Wasser steckt, so wird der Frosch allmählich aus der Starre erwachen und zum aktiven Leben zurückkehren. Nun könnte man daran denken, dass es die sensiblen Nerven sind, die den Wärmereiz aufnehmen und den Körper in seinen aktiven Zustand versetzen. Bernard konnte nun zeigen, dass dieser Prozess in gleicher Weise abläuft, wenn die sensiblen Nerven durchtrennt sind, also muss es das Blut sein, das die Veränderungen der Umweltbedingungen aufnimmt und umsetzt.<sup>23</sup>

Dabei spielt das innere Milieu aber nicht bloß eine passive Rolle, indem es die Einwirkung externer Einflüsse auf die Organe lediglich verzögert, sondern eine höchst aktive Rolle, da es die Funktion hat, mittels selbstregulierender Mechanismen bestimmte Sollzustände nach Möglichkeit beizubehalten. Das innere Milieu isoliert und schützt also den Organismus gegen die Einflüsse aus seiner Umwelt. Von entscheidender methodologischer Bedeutung ist für Bernard, dass all den Zusammenhängen, die als Aufgabe, als Funktion, als Steuerung beschrieben und erklärt werden, chemische oder physikalische Vorgänge zugeordnet werden müssen, die kausal erklärt werden können. D.h. die Systeme werden untereinander dadurch verknüpft, dass ein Funktionszustand eines Systems A zur Randbedingung für kausale Abläufe in einem anderen System B wird. Die Erfüllung dieses Forschungsprogramms hat natürlich auch Konsequenzen für den behandelnden Arzt, die Bernard so sieht:

„Durch die normale Tätigkeit der Organbausteine äußert sich das Leben im Zustand der Gesundheit; durch die abnormen Tätigkeiten derselben Bausteine sind die Krankheiten gekennzeichnet, und durch Vermittlung des mittels bestimmter giftiger oder heilsamer Stoffe veränderten Organmilieus kann die Therapie auf die Organelemente einwirken.“ (*Einführung, S. 98*)

„Wenn der Physiologe und der Arzt dahin gelangen zu erkennen, was die normalen und anormalen Bedingungen dieses inneren Milieus für die Äußerungen der Lebenstätigkeit der Organelemente sind, dann werden sie Herren über die Lebensvorgänge sein, denn abgesehen von der Vielfalt der Bedingungen sind die Vorgänge der Lebensäußerung ganz wie die physikalisch-chemischen Vorgänge die Wirkung des Kontaktes eines tätigen Körpers mit dem Milieu, in dem er tätig ist.“ (*Einführung, S. 114*)

Die regulative Idee, nach der das Leben als ein Spannungsverhältnis von externer und inneren Umwelt zu beschreiben ist (*Lectures, S. 49*), bei dem sich Isolationstendenzen und Anpassungstendenzen auf raffinierte Weise die Waage halten müssen, damit die Funktionsfähigkeit der inneren Organe des Organismus

<sup>23</sup> Lectures on the Phenomena of Life Common to Animals and Plants, vol 1 (H. E. Hoff, R. Guillemin und L. Guillemin, Hrsg.), Springfield 1974, S. 80 .

gewahrt bleibt, war für Bernards Forschungen selbst äußerst fruchtbar. Auf seine Zeitgenossen hat sie jedoch zunächst wenig Eindruck gemacht und es hat bis in die Anfangsjahre unseres Jahrhunderts gedauert, bis gerade diese Idee der Physiologie neue Impulse gegeben hat und unter dem Begriff „Homöostase“ all die Zusammenhänge einer gründlichen Untersuchung unterzogen wurden, von denen Bernard etliche schon gedanklich vorbereitet hatte.<sup>24</sup>

Im Gegensatz zu Anatomie oder Morphologie hat die Physiologie nun mit der ganz besonderen Schwierigkeit zu kämpfen, dass sie ihre Versuche am lebenden Organismus ausführen muss: „Um etwas über die Lebensfunktionen zu erfahren, muss man sie am Lebenden studieren.“ (*Einführung, S. 157*) Dies bedeutet, dass man einen Organismus öffnen muss, um überhaupt innere Organe bei ihrer Arbeit beobachten zu können, dass man das innere Milieu bestimmten Veränderungen unterwerfen muss, um dessen Einfluss auf die Organe studieren zu können, dass man Nerven unterbrechen oder Organe zerstören muss, um deren Funktionsweise erfahren zu können. Ja mehr noch: „Um zu erkennen, wie der Mensch und die Tiere leben, ist es unerlässlich, eine große Zahl von ihnen sterben zu sehen, denn der Mechanismus des Lebens lässt nur durch die Kenntnis der Mechanismen seines Todes sich entschleiern.“ (*Einführung, S. 144*) Diese gewaltsame Intervention in den normalen Lebensablauf nennt man „Vivisektion“ und diese Vivisektionen sind nun in mehrerer Hinsicht problematisch.

Zunächst gibt es eine ganze Reihe von methodologischen Bedenken, von denen ich hier nur zwei erwähnen möchte. (1) Bernard und seine Kollegen wollten eigentlich das „normale“ Leben studieren, was sie aber mit ihren Versuchen herausgefunden haben, war immer nur, wie Leben unter den extremsten und grässlichsten Bedingungen funktioniert. Denn all die Versuche wurden damals ohne Narkose oder andere erleichternde Maßnahmen durchgeführt. Wir wissen heute, dass ein Tier wie ein Mensch in solchen Extremsituationen eine Fülle von Stressreaktionen zeigt, die alles andere als „normal“ sind und die ein generelles Urteil über normale Stoffwechselabläufe erschweren, wenn nicht sogar unmöglich machen. Claude Bernard wusste noch nichts von solchen generalisierten Reaktionen und seine Vorstellungskraft reichte wohl nur zur Annahme von solchen lokaler und funktional begrenzter Art; vielleicht hatte er aber den Gedanken an die Möglichkeit solcher Reaktionen auch nur verdrängt, um seine Arbeit nicht von vornherein schwerwiegenden Vorbehalten auszusetzen.

(2) Die Experimente waren dazu gedacht, allgemeine, d.h. nicht auf bestimmte Tiere oder Tiergruppen bezogene physiologische Hypothesen zu testen. Dabei erhebt sich natürlich die Frage, ob und in welchem Umfang Ergebnisse, die an Repräsentanten einer bestimmten Art erzielt worden sind, auf andere Arten, insbesondere der des Menschen übertragbar sind.<sup>25</sup> Für Bernard war das keine prinzipielle Frage. Natürlich sah er, dass zwischen den Arten und Gattungen große, auch physiologisch relevante Unterschiede herrschen können. Aber diese Beobachtungen waren für ihn lediglich

<sup>24</sup> Der Begriff „Homöostase“ wurde von W. B. Cannon geprägt, vgl. W. B. Cannon: Organization for physiological homeostasis. In: *Physiol. Rev.* 9 (1929), S. 399 - 431; zur Erläuterung des Ansatzes von Bernard s. F. Halberg: Claude Bernard and the 'extreme variability of the internal milieu'. In: *Claude Bernard and experimental medicine*, a. a. O., S. 193-210; F. L. Holmes: Origins of the concept of the milieu interieur, a. a. O., S. 179-191; E. D. Robin: Limits of the Internal Environment. In: *Claude Bernard and the Internal Environment*, a. a. O., S. 257-267.

<sup>25</sup> zu diesem methodologischen Aspekt H. LaFollette und N. Shanks: Animal Models in Biomedical Research: Some Epistemological Worries. In: *Public Affairs Quarterly* 7 (1993), S. 113-130; dies.: Animal Experimentation: The Legacy of Claude Bernard. In: *Int. Studies in the Phil. Sc.* 8 (1994), S. 195-210.

Anlass, eine Reihe technischer Regeln für die Auswahl der passenden Versuchstiere aufzustellen. Wesentlich für eine Auswertung der Experimente für den Menschen war für ihn z.B., dass das Tiermodell allein in dem zu untersuchenden Funktionszusammenhang eine große Ähnlichkeit zum Menschen besitzen muss (*Einführung*, S. 177). So können z.B. Erkenntnisse über Verdauungsvorgänge dann auf den Menschen übertragen werden, wenn sie aus Untersuchungen von Tieren stammen, die wie die Menschen Allesfresser sind. Dass das Leben im Laufe der Evolution zur Bewältigung einer Aufgabe verschiedene Lösungsstrategien entwickelt haben könnte, wollte Bernard nicht einmal als theoretische Möglichkeit akzeptieren, vielmehr postulierte er, dass es zwischen den Arten nur graduelle, nie aber grundsätzlich Unterschiede in der Erfüllung bestimmter Organfunktionen geben könne:

„Da aber die vitalen Elemente bei allen Lebewesen gleichartig sind, unterliegen sie auch den gleichen Gesetzen des organischen Lebens, entwickeln sich, leben, erkranken oder sterben unter Einflüssen gleicher Art, obwohl die Erscheinungen dieser Lebensmechanismen unendlich variieren können.“ (*Einführung*, S. 178)

Und hieraus zog er den Schluss, dass z.B.

„die Untersuchungen über Arzneimittel und Gifte gleichfalls ganz und gar für die Therapie am Menschen anwendbar [sind], denn ... die Wirkungen dieser Stoffe sind bei Mensch und Tier gleich, abgesehen von Unterschieden, die sich aus dem Grad der Entwicklung ergeben.“ (*Einführung*, S. 179)

Obwohl sich bis in unsere Tage Reste eines „Bernardianismus“ in der medizinisch-pharmakologischen Forschung gehalten haben,<sup>26</sup> wird man dieser Ansicht in ihrer Allgemeinheit nicht zustimmen können. Vielmehr zeigt sich hier, dass Bernards mangelnder Sinn für Fragen einer evolutionären Entwicklung ihn auf ein falsches Gleis geführt hat. Bernard war davon überzeugt, dass sich die augenscheinliche Vielfalt des Lebendigen immer einheitlicher repräsentieren werde, je tiefer man in den Aufbau des Organismus eindringt, bis schließlich auf der physiologischen und biochemischen Ebene die makroskopischen Unterschiede verschwunden sind und universelle makroskopische Gesetzmäßigkeiten zu Tage treten. Der Gedanke der Einheitlichkeit des Lebendigen lässt sich aber auch auf historische Weise formulieren, wobei die verschiedenen Arten deshalb als mehr oder weniger verwandt gelten, da sie letztlich als von einer ursprünglichen Lebensform abstammend gedacht werden. Zwar wird die konkrete Entscheidung über den Verwandtschaftsgrad zwischen zwei Arten letztlich immer durch anatomische, physiologische und vor allem genetische Untersuchungen getroffen und nie allein durch historische Betrachtungen, dabei können aber qualitative makroskopische Unterschiede durchaus auf der Mikroebene als solche erhalten bleiben. Auch wenn diese Art des evolutionären Denkens zu Zeiten Bernards noch lange nicht etabliert war, ein wenigstens heuristischer Umgang mit Darwins Ideen hätte Bernard davor bewahren können, dass sein methodologischer Determinismus in Dogmatismus umschlägt.

---

<sup>26</sup> Schließlich wird jedes Medikament im Tiermodell erprobt, wobei für die Auswahl des Modells oft weniger Kriterien der biologischen Verwandtschaft als vielmehr Kostengründe entscheidend sind: Man braucht Tiere mit homogenen Eigenschaften, welche leicht gezüchtet, unproblematisch gehalten und entsorgt werden können.

Neben den methodologischen Fragen stellt sich bei der Vivisektion aber auch noch die ethische Frage, was man Tieren überhaupt antun darf und welche Zwecke welche Eingriffe rechtfertigen. Diese Frage hat schon die Menschen in der Mitte des 19. Jahrhunderts stark beschäftigt. Vor allem in England gab es eine sehr aktive Bewegung, getragen von prominenten Persönlichkeiten, die sich gegen Vivisektionen aussprach und die mit einer gewissen Verzögerung auch auf dem Kontinent Resonanz fand.<sup>27</sup>

Ausgelöst wurde diese Bewegung durch die manchmal unvorstellbare Grausamkeit, von der viele der Versuche begleitet waren, wobei erschwerend hinzu kam, dass gerade bei den so genannten „orientierenden“ Versuchen häufig Tiere verstümmelt oder zu Tode gebracht wurden, ohne dass ein nachvollziehbarer Grund dafür erkennbar gewesen wäre. Auch Claude Bernard hat solche Versuche unternommen, was bei ihm besonders verwundert, da er ja immer gefordert hat, dass jedem Versuch, auch einem orientierenden, eine durch diesen Versuch beantwortbare deutliche Fragestellung zugrunde liegen muss und nicht bloße Neugierde.

Warum die Labors der damaligen Zeit manchmal wie Folterkammern wirken mußten, ist nicht einfach zu erklären. Sicherlich spielte es eine Rolle, dass die Mediziner gerade in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts gegenüber dem kreatürlichen Leiden ziemlich abgestumpft waren; zu oft konnten sie gar nichts gegen das Elend der Krankheiten unternehmen und wenn sie doch etwas tun konnten, dann war dies für den Patienten oft auch noch mit besonderen Schmerzen und Unannehmlichkeiten verbunden (da es bis in die zweite Hälfte des 19. Jahrhunderts noch keine Narkose gab, hatte bis dahin jede Operation schon Charakterzüge einer Vivisektion). Vielleicht haben aber Männer wie Magendie und Bernard auch geglaubt, dass sie durch die extreme Lebenssituation, die sie auf sich nahmen und die ein „normale“ Mensch gar nicht würde aushalten können, ein ganz besonderes Opfer für die Wissenschaft und für die Menschheit erbrächten. Sie sahen sich als Heroen, die gewissermaßen das Tal des Grauens durchschreiten, damit andere einer sorgloseren Zukunft entgegensehen können. Es gibt eine berühmte Passage in Bernards *„Einführung“*, die eine solche Interpretation zumindest möglich erscheinen lässt:

„Der Physiologe ist kein Mensch des öffentlichen Lebens, er ist ein Forscher, ein Mensch, der von einem wissenschaftlichen Gedanken, den er verfolgt, gepackt und ausgefüllt ist; er hört nicht die Schreie seiner Versuchstiere, er sieht nicht das Blut fließen, er sieht nur seinen Gedanken und Organismen mit verborgenen Problemen, die er aufklären will. Auch der Chirurg lässt sich nicht durch die Schreie und das erschütternde Schluchzen seiner Patienten aufhalten, denn er sieht nur seinen Gedanken und das Ziel seiner Operation.“ (*Einführung*, S. 149f)

Die Argumente, die Bernard zur Verteidigung der Vivisektion vorbringt, sind von unterschiedlicher Qualität. Unangenehm berührt uns heute der überhebliche Ton, den Bernard in diesem Zusammenhang anschlägt, da schimmert nur schlecht kaschiert die Ansicht durch, dass Wissenschaftler nicht an den moralischen Maßstäben des „gewöhnlichen“ Volkes gemessen werden dürfen. Die Ziele des Forschers sind von außergewöhnlicher Art und erfordern besondere Maßnahmen, über deren Einsatz letztlich nur die Gemeinschaft der Wissenschaftler zu urteilen in der Lage ist:

„Da es unmöglich ist, es allen recht zu machen, braucht sich der Forscher nur um die Meinung der Forscher, die ihn verstehen, zu kümmern und sein Verhalten nur nach seinem eigenen Gewissen zu richten.“ (*Einführung*, S. 150)

<sup>27</sup> vgl. H. Bretschneider, Der Streit um die Vivisektion im 19. Jahrhundert, Stuttgart 1962.

Recht hatte Claude Bernard sicherlich dort, wo er von den Kritikern der Vivisektion mehr Folgerichtigkeit in der Argumentation forderte. Man kann schlecht gegen Tierversuche sein und gleichzeitig auf die Fuchsjagd gehen oder mit Genuss eine Lammkeule verspeisen; und man kann nicht gegen Tierversuche sein um den Preis, dass die medizinische Praxis mangels wissenschaftlicher Grundlagen zu einem einzigen großen Experimentierfeld am Menschen wird.

Im Laufe der Zeit hat sich die Diskussion um die Vivisektion etwas entspannt. Noch im 19. Jahrhundert gab es die ersten gesetzlichen Regelungen, durch die bestimmte Begründungspflichten für Vivisektionen eingeführt und Minimalanforderungen zum Schutz der Tiere festgelegt worden sind. Aber trotz so mancher Fortschritte, die immer nur zögerlichen Eingang in die Forschungspraxis gefunden haben, hat das Thema „Tierversuch“ bis zum heutigen Tage große Aktualität behalten.<sup>28</sup>

## 5 Schluss

Das 19. Jahrhundert spielt in der Geschichte der Medizin eine herausragende Rolle, und gerade das Gebiet der Physiologie ist mit großen Namen dicht besetzt. Neben Bernard müssen vor allem deutsche Forscher wie Johannes Müller, Carl Ludwig, Emil Du Bois-Reymond oder Hermann von Helmholtz genannt werden. Claude Bernard hat die moderne Physiologie sicher nicht im Alleingang begründet. Aber in seiner Forscherpersönlichkeit kommen Licht- und Schattenseiten der historischen Entwicklung so gut zur Geltung, wie kaum bei einem anderen Wissenschaftler. Mit ihm wurde die Physiologie endgültig zu einem theoretischen Grundlagenfach der Medizin; er leistete Entscheidendes für den Brückenschlag von der Physiologie hin zu der sich entwickelnden Biochemie und Zellbiologie und seine Methodologie der Verknüpfung von Diagnostik, Physiologie und Therapie war Weg bereitend für ein neues Verständnis von Gesundheit und Krankheit und damit auch für ein neues Verständnis vom ärztlichen Handeln schlechthin. Und schließlich wurde bei ihm der alte Traum von der Herrschaft des Menschen über das Leben zu einer konkreten Leitvision medizinischer Forschung, an der sich bis heute nichts geändert hat.

---

<sup>28</sup> Für weitere Überlegungen hierzu R. Kötter: Vom rechten Umgang mit dem Lebendigen. Herausforderungen an die praktische Philosophie unserer Zeit. In: Wir sind die Natur - Naturverständnis im Strom der Zeit. Festschrift zum 25 jährigen Bestehen der Bayerischen Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL) (M. Fuchs, Hrsg.). Laufen 2001, S. 99 - 107.