

2. Experiment und Modernität

Das Experiment ist ein essentieller Bestandteil der neuzeitlichen Wissenschaft. Erklärtes Ziel von Experimenten ist nicht nur, die Mechanismen und Funktionen des Experimentalsystems zu beeinflussen, sondern auch diejenigen Segmente der Realität zu verstehen, die es repräsentiert (vgl. Hacking 1983). Seit Galileis (1564-1642) Versuchen zur Entdeckung des Fallgesetzes mit der schiefen Ebene, ausgeführt 1602-1604 und berichtet in den *Discorsi* über »zwei neue Wissenszweige« 1638, gilt die Methode des Experimentierens als der Schlüssel zur Erzielung derjenigen Erkenntnis, die für diese neuen Wissenschaften von größter Bedeutung sind – quantifizierte, in mathematischer Sprache formulierte Gesetze:

»Deshalb habe ich überlegt, ob man nicht mehrmals das Herabfallen durch geringe Höhe wiederholen könnte, so zwar, das seine Accumulation jener kleinen Zeitdifferenzen entstünde zwischen der Ankunft des schweren und des leichten Körpers, wodurch ein sogar sehr leicht wahrnehmbarer Unterschied in die Erscheinung träte. Um übrigens langsamere Bewegungen zu untersuchen, bei welchen die Arbeit des Widerstandes, die Wirkung der Schwere zu vermindern, kleiner ist, habe ich die Körper längs einer schwach geneigten Ebene fallen lassen« (Galilei 1973: 74f.).

Galileis Versuchsanordnung bietet einen dreifachen Gewinn: Vereinfachung, Manipulation und Wiederholbarkeit. Das moderne wissenschaftliche Laboratorium, in dem es um Techniken im Dienst der Naturerkenntnis geht, war geboren. In derselben Epoche verfasste Francis Bacon (1561-1626) den ersten systematischen Entwurf zum wissenschaftstheoretischen Verständnis der experimentellen Methode. Sein »Novum Organum« oder »Neues Werkzeug, oder die wahre Anleitung zur Interpretation der Natur« von 1620 (Bacon 1990a; 1990b) borgte seinen Namen *Organon* von der zusammenfassenden Benennung der aristotelischen Schriften zu Logik und

Rhetorik, die als das klassische ›Werkzeug‹ für scholastisches Operieren im Sprachraum der Argumentationen galten. Der »neue« Werkzeugkasten war – nach Aussage Bacons – dafür nicht gut, umso besser aber für das Operieren im Sachraum der Naturvorgänge, das Bacon für ungleich schwieriger hielt. »Die Feinheit der Natur übertrifft die der Sinne und des Verstandes um ein Vielfaches; jene schönen Erwägungen, Spekulationen und Begründungen der Menschen sind deshalb ungesunde Fundamente« (Bacon 1990a: 85 [N.O. I, Aph. 10]). Nur wenig später verkündete René Descartes (1596-1650) in einer berühmten Passage im Schlussabschnitt seines »Diskurses über die Methode«, dass die Menschen sich zu Herren und Meistern der Natur aufschwingen könnten, wenn sie seiner Anleitung zum »Gebrauch der Vernunft und zur Suche nach der Wahrheit in den Wissenschaften« (so der weitere Titel des Diskurses) Folge leisteten (Descartes 1969). Es schien, als sei mit der experimentellen Methode ein Königsweg für die gemeinsame große Erneuerung der Wissenschaft und der Gesellschaft gefunden worden. Oder, wie Immanuel Kant es 100 Jahre später an prominenter Stelle seiner »Kritik der reinen Vernunft« formulierte: das frühe 17. Jahrhundert hatte eine »Revolution der Denkart« hervorgebracht (Kant 1956: 16 [KdrV, Vorrede B XI]).⁵

Das vorliegende Buch steht sowohl in der Erbfolge als auch in kritischer Distanz zu dieser Revolution. Realexperimente entwickeln zwar die experimentelle Methode weiter und verlängern den experimentellen Arm hinein in Gesellschaft und in die Natur ›da draußen‹. Sie brechen aber auch mit der Grundvorstellung der Labormethode, die Kant mit jener Revolution anheben ließ. Nach Kant steht der Experimentator der Natur gegenüber wie ein »bestallter Richter, der die Zeugen nötigt« (Kant 1956: 18 [KdrV, Vorrede B XIII]). Im Realexperiment ist er selbst Teil des Experiments. Dieses Ende des »Exemptionalismus«, wie die Umweltsoziologen Dunlap und Catton (1994) das Selbstbild von der menschlichen Ausnahmerscheinung genannt haben, trägt ambivalente Züge. In diesem Kapitel soll es darum gehen, auch die historischen Aspekte dieses ambivalenten Modernisierungsprojektes zur Sprache zu bringen. Gegenwärtige Veränderungen sind immer auch Anlässe dafür, die Geschichte neu zu lesen. So auch hier: Geht man davon aus, dass in der Wissensgesellschaft immer mehr Forschungsprozesse in die Modernisierungspraxis der Gesellschaft hineinreichen, so öffnet sich der Blick für die experimentellen Modernisierungszüge der Geschichte. War die Institutionalisierung der experimentellen Methode im ab-

5 | Die methodologische Differenz zwischen dem baconisch-empiristischen und dem cartesianisch-rationalistischen Ansatz entfaltet sich auf dem Boden dieser ›Revolution der Denkart‹. Bei beiden ist das Experiment der Weg, die Kausalforschung voranzutreiben.

begrenzten Labor zu einem spezifischen Werkzeug im Dienst der Fabrikation von Theorien vielleicht immer schon ein Mythos? Ist sie vielleicht nur ein Aspekt eines vielfältigen Instrumentariums des wissenschaftlichen Experimentierens innerhalb und außerhalb des Labors? Ist das wissenschaftliche Experimentieren letztendlich sogar ein Teil einer viel reichhaltigeren Kultur experimentellen Wandels, zu dem vielleicht auch Ökonomie, Literatur, Moral und Religion zählen? Es ist ausgeschlossen, für diese Fragen hier umfassende und detaillierte Antworten bereitzustellen. Es geht uns darum, neben dem systematischen Versuch einer Definition des Realexperiments auch mit historischen Beispielen und Überlegungen plausibel zu machen, dass die Wechselbeziehungen zwischen Wissenschaft und Gesellschaft immer schon solche *innerhalb der Gesellschaft* gewesen sind – den Sonderstatus der Wissenschaft als institutionelle Welt auf Probe eingeschlossen. Im folgenden Abschnitt geht es um einen Versuch, die Wurzeln des Experimentierens in den Zusammenhang eines allgemeinen kulturellen Wandels zu stellen, der – Schlagworte der Renaissance gebrauchend – von einer *vita activa* zur *scientia operativa* führt.

2.1 Die Wurzeln des Experimentierens in der Renaissance

Zwei ganz unterschiedliche intellektuelle Kulturen bringen die Vorstellungen einer experimentellen Lebensgestaltung und Arbeitspraxis hervor: Der Humanismus der Renaissance entwirft neue Werte und Ideale einer *vita activa*; die Schicht der höheren Handwerker, Künstler und Ingenieure entwickelt eine Innovationspraxis, die die Einschränkungen der Zunfttraditionen sprengt. Legt man die Grundannahme der Wissenssoziologie über die kulturelle Seinsbindung des Wissens zugrunde, gehört die »Dekompartimentierung« (Panofsky 1962: 128) dieser in jeder Hinsicht verschiedenen Gruppierungen der Renaissancegesellschaft zu den erstaunlichsten Beispielen eines produktiven kulturellen Wandels. Bevor darauf eingegangen wird, werfen wir einen Blick auf die Beiträge der Humanisten und höheren Handwerker zur Idee des Experimentierens:

In ihrer ideengeschichtlichen Studie »Vita activa oder vom tätigen Leben« (1967) hat Hannah Arendt den tiefen Bruch zwischen den überkommenen Vorstellungen von Antike und Mittelalter zum hohen Wert des »kontemplativen« und dem geringerwertigen »tätigen Leben« dargestellt. Die Überlegenheit der Kontemplation beruhte sowohl auf der platonisch-aristotelischen Idee des der Theorie verpflichteten Lebens als auch auf der christlichen Pflicht zur Andacht. In den Stadtkulturen der Renaissance, allen voran Florenz, begannen die Zweifel an dieser Wertehierarchie. Coluc-

cio Salutati (1331-1406), der Kanzler von Florenz, entwickelte die humanistische Konzeption eines Voluntarismus, der von dem Vorrang des gestaltenden Willens gegenüber dem anschauenden Intellekt bestimmt war (Salutati 1990). Die theoretische Aufgabe der Wahrheitssicherung ist der praktischen Verwirklichung des Guten untergeordnet. Salutati handelte diese Vorstellungen in einer Streitschrift über den konkurrierenden Vorrang zwischen Rechtswissenschaft und Medizin ab, welche die beiden prominenten Handlungswissenschaften seiner Zeit waren. Der Vorrang gehört bei Salutati noch dem Recht, weil sein Ursprung im menschlichen Entschluss selbst liegt und daher seine Ursachenerkenntnis höhere Gewissheit gebietet, während der Ursprung der Medizin in der Natur liegt und daher die Medizin aus ihren Wirkungen erschlossen werden muss. Für einen im Staatsdienst beschäftigten Kanzler mag diese Höherbewertung des eigenen Gewerbes durchgehen. Beide Wissenschaften, und dies ist neu gegenüber der antiken Konzeption der theoretischen Kontemplation, haben sich zudem zu messen an ihrem gesellschaftlichen Nutzen (ebd.: 139). Auch hier schneidet das Recht wegen seiner gesetzgebenden deduktiven Kompetenz besser ab, während die Ärzte darauf angewiesen sind, am Kranken selbst auszuprobieren, was ihm hilft oder schadet. »Ist es nicht so, dass ihr den Sinn eurer Arzneien ermittelt, indem ihr sie an unsren Körpern ausprobiert, bevor man wissen [...] kann, ob sie zu- oder abträglich sind?« (ebd.: 145f.) Während Gott die Grundlagen des Gesetzes mit den zehn Geboten »in Tafeln meißelte«, beließ er die Medizin »in der Natur, damit sie durch lange Erfahrungen [longis experienciis] ihr entrissen würde«. Es gäbe die Wissenschaft gar nicht ohne die »Vielfalt tagtäglicher Erfahrung« (ebd.: 69). Als später in Salutatis Buch der personifizierten Medizin selbst die Gelegenheit zu einer Verteidigungsrede gegeben wird, betont sie: »Und ich schäme mich nicht, eine tätige Wissenschaft oder Kunst [scientia aut ars operativa] zu sein«, deren Ziel nicht Kontemplation, sondern ein »Werk« ist (»finis est opus«; ebd.: 257). Medizin (so triumphiert sie in ihrem Selbstlob) ist als aktive Wissenschaft das Verdienst einer aktiven Lebensführung. Salutatis Hervorhebung des freien Willens gegenüber der Kontemplation und seine Anerkennung einer operativen Wissenschaft gehören zusammen. *Scientia activa* findet in der *vita activa* statt. Salutatis Traktat ist

»ein in seiner Deutlichkeit und Klarheit einmaliges Dokument für den Beitrag des Humanismus zur Entstehung des neuzeitlichen Naturverständnisses und gehört daher zur Vorgeschichte der neuzeitlichen Naturwissenschaft. Humanismus und moderne Naturwissenschaft, Moralphilosophie und Technik sind daher nicht Gegensätze [...], sondern von ihrem Ursprung her aufeinander bezogen« (Kessler 1990: XXV).

Die humanistische Kontroverse über den Vorrang der aktiven Lebensführung berührte nicht nur die Wissenschaft. Viel wichtiger war die Rechtfertigung der neuen Stadtkulturen und ihrer profanen Herrscher – seien diese die Patrizier der Republiken oder die neureichen Adelsgeschlechter in den Oligarchien. Viele Humanisten hatten hohe Posten in den städtischen Verwaltungen und Bildungseinrichtungen und später an den Fürstenhöfen inne. Auch in diesen Berufen ging es um Ruhm, Lob und Ehre für die wagemutigen Taten der Emporkömmlinge in Politik und Wirtschaft. Hier traf sich das Thema des freien Willens mit dem Motiv der bedingungslosen Tat. Viele Erörterungen galten der Frage, wie die eigene Tatkraft (*virtus*) im Verhältnis zum unverfüglichen Schicksal (*fortuna*) stehe. »Es liegt nicht an der Vorsehung Gottes, sondern am Wollen und Laufen des Menschen«, heißt es bei Lorenzo Valla (1987: 135), wobei er die Distanz zur paulinischen Lehre herausstellt, nach der alles Geschick am Erbarmen Gottes hängt.

Die weitreichenden Folgen dieser Überlegungen über die gesamte Reformationszeit bis hin zu Kant können hier nicht angesprochen werden, ebenso wenig wie die Fortsetzung der *virtus*-Lehre in Machiavellis Politiktheorie, die das Handeln des Fürsten ausschließlich am Handlungserfolg orientiert. »Humanismus« bezeichnet neben dem schon in der Renaissance herausgebildeten Sinn der humanistischen Erziehung (*studia humanitatis*) die bedeutungsvolle Wende zum neuzeitlichen Anthropozentrismus. Pico della Mirandolas berühmte »Rede über die Würde des Menschen« (1486) ist der literarische Höhepunkt dieser neuen Sicht des Menschen als freies Wesen. Seine Stellung in der Welt ist nicht durch eine feste Einbindung in die kosmischen Stufen des Seins bestimmt, sondern durch seine Fähigkeit (und Verpflichtung), sich selbst außerhalb der Naturordnung zu gestalten: »Du sollst deine Natur ohne Beschränkung nach dem freien Ermessen, dem ich dich überlassen habe, selbst bestimmen« (nach Kristeller 1974: 185). Diese, wie Hannah Arendt (1959: 2) sagt, »Rebellion gegen die vorgegebene Existenz des Menschen« findet seine wirkungsmächtigste Fortsetzung in der Besitzergreifung der Welt durch die experimentelle Erkenntnismethode.

Die zweite Quelle der experimentellen Einstellung zur Welt findet sich in den rhetorisch ungeschulten Schriften der höheren Handwerker, Künstler, Ingenieure, Instrumentenbauer und praktischen Chirurgen der Renaissance. Der Wissenschaftshistoriker Edgar Zilsel (2000) hat diese Schriften gesichtet und ihren Beitrag für die Erfassung der Welt durch Experimentaltechniken analysiert. Die wichtigste soziologische Bedingung für die Herausbildung dieser neuen Literaturgattung ungelehrter Forschungsberichte war die Lockerung aus den Einbindungen der Zünfte, die grundsätzlich eine Politik der konservativen Bestandswahrung betrieben. Auch für die

Künstler-Ingenieure schufen Patronage und Mäzenatentum der neuen städtischen Oberschicht den Raum zur Entfaltung einer neuen Praxis der Entdeckungen und Erfindungen.

Leonardo da Vinci (1452-1519), ihr bedeutendster Vertreter, schrieb einen Brief an den Herzog von Mailand, Ludovico Sforza, in dem er zahlreiche Angriffs- und Verteidigungswaffen, Brückenkonstruktionen, Stollen und Geheimgänge, Tauchgeräte, Skulpturen in Marmor und Bronze zu vervollständigen anbot. Der Brief schließt mit der Versicherung, dass Leonardo bereit wäre, an jedem gewünschten Ort eine »Demonstration« zu geben, »wenn irgendeine der oben genannten Sachen jemand für unmöglich oder für unausführbar erscheinen sollte« (Da Vinci 1952: 891 [Codex Atlanticus 391 r.o.]). Zu seinem Glück wurde er nicht zu dieser Probe gebeten; vieles wäre in wirklichen Experimenten sicher kläglich gescheitert. Die neue Freiheit der Konstrukteure bestand darin, dem Möglichkeitsraum des Entwurfs sein eigenes Recht zu geben. Er ist für die Techniker dasselbe wie für die Wissenschaftler der theoretische Raum der Hypothesen.

Eine bemerkenswerte Fallstudie zum Beitrag dieser frühen Experimentatoren zur neuen Wissenschaft hat Zilsel für die Erforschung der Eigenschaften der Kompassnadel beziehungsweise des Magnetfeldes der Erde vorgelegt (Zilsel 2000: 71ff.). Der Arzt der Königin Elisabeth, William Gilbert, publizierte 1600 »das erste von einem akademisch geschulten Gelehrten gedruckte Buch über einen Gegenstand der Naturwissenschaft, das fast vollständig auf Beobachtung und Experiment gegründet ist« (Zilsel 1976: 98): »De Magnete«. Zilsel wies nach, dass fast alle Experimentalanordnungen und Befunde aus der Schrift »The New Attractive« (1581) des pensionierten Seefahrers und Instrumentenbauers Robert Norman stammen, den Gilbert »einen erfahrenen Seefahrer und genialen Erfinder nennt« (Zilsel 1976: 114). Normans Untersuchungen galten zum Teil recht schwierigen Fragen, denen er sich durch feine Versuchsanordnungen widmete, wie z.B. dem Zusammenhang zwischen magnetischer Kraft und magnetisierter Masse. Gilbert, der die Anordnungen übernahm, bemühte zugleich Theorien, die noch ganz in neo-platonischen und aristotelischen Kategorien eingebettet waren. Dennoch verspottet er diejenigen, die experimentell unüberprüfbare Behauptungen verbreiten, wie etwa jene, »dass der Magnet lebt, und sich von Eisen ernährt« (ebd.: 100). Wissenschaftshistorisch gehörte Gilbert jener kleinen Gruppe von Gelehrten an, die im 16. Jahrhundert Erfahrungen und Methoden von experimentierenden Praktikern aufnahmen und für naturphilosophische Ziele fruchtbar zu machen suchten. Auf der Gegenseite gab es unter den Künstlern, Architekten und höheren Handwerkern Autoren, die zur Ausgestaltung ihres praktischen Wissens auf naturphilosophisches und humanistisches Ideengut zurückgriffen. Waren es im 15. Jahrhundert vor allem Künstler und Humanisten, aus de-

ren Beziehungen ein neues Geflecht zwischen artistischer Praxis und neoplatonischer Welterkenntnis entstand, kam später das Zusammenwirken zwischen praktizierenden Ärzten und medizinischen Gelehrten, zwischen Navigatoren und Mathematikern, zwischen Ingenieuren und Aristotelikern hinzu.⁶ In diesem Aufsprengen gewohnter Grenzen zwischen der beobachtenden, nutzenentlasteten Tätigkeit der wissenschaftlichen Erkenntnis und der auf praktische Neuerungen gerichteten Neugier der höheren Handwerker, Ingenieure und Ärzte entstand die experimentelle Erkenntnismethode, die der modernen Wissenschaft ihre Charakteristik verleiht. Dieser »soziale Aufstieg der experimentellen Methode aus der Klasse der Handarbeiter zu den Rängen der Universitätsgelehrten im frühen 17. Jahrhundert war ein entscheidendes Ereignis in der Geschichte der Wissenschaft« (ebd.: 124; Zilsel 2000: 93). Jedoch – und darauf kommt es hier an – ist die Durchbrechung der sozialen Barrieren nicht wissenschaftsspezifisch, sondern steht im Zusammenhang mit dem Umbruch der Gesellschaft, der sich in vielen Bereichen zeigt. Die Kunst der Renaissance, das Menschenbild des Humanismus, die religiöse Reformation und die Entdeckungsreisen werden die Symbole eines wagemutigen Aufbruchs in ein neues Zeitalter. In dreifacher Weise kennzeichnet das Experiment in der frühen Neuzeit dann ein neues Weltverhältnis:

Erstens tritt es als *Naturverhältnis* auf. Dies bedeutet den Gewinn der Planung und Kontrolle im Umgang mit der Natur und den Verlust der Einbettung in die kosmische Ganzheit. Nach Alexandre Koyré (1969: 11) hat im 16. und 17. Jahrhundert »der europäische Geist eine tiefgreifende Revolution erlebt, die den Rahmen und die innere Struktur unseres Denkens veränderte«. Er hat den Fundamentalbeleg dafür in erster Linie in der Geometrisierung des Raumes gesehen. Die »Zerstörung« des Kosmos bedeutet für ihn

»den Ersatz der Vorstellung von der Welt als eines unendlichen und wohlgeordneten Ganzen, in welchem die räumliche Struktur eine Hierarchie der Vollkommenheit

6 | Es ist die zentrale These von Zilsel (1976), dass diese wechselseitige Überwindung von Sozialbarrieren und Denktraditionen die wesentliche historische Quelle der wissenschaftlichen Einstellung der Neuzeit ist, die über Experiment und Theorie beide Traditionen sowohl aufnimmt wie verwandelt. Die These ist besonders von Koyré (1992) bestritten worden, der behauptete, dass Galileis Forschungen wenig mit einer praktischen Orientierung zu tun hatten. Auch wenn die neuere wissenschaftshistorische Forschung differenziertere Ergebnisse liefert, als es in der verallgemeinerten These Zilsels zum Ausdruck kommt, scheint sie gerade für das 16. Jahrhundert die Bedeutung der wechselseitigen Wahrnehmung und Durchdringung von gelehrter Bildung und praktischem Können eher zu bestätigen.

und der Werte verkörperte, durch die [Vorstellung] eines grenzenlosen oder sogar unendlichen Universums, welches nicht länger durch natürliche Unterordnung vereint, sondern nur durch die Identität seiner letzten und grundlegenden Bestandteile und Gesetze zusammengehalten wird« (ebd.: 8).

Koyré hat zwischen der Entwicklung neuer geistiger Prinzipien und einer neuen experimentellen Einstellung zur Wirklichkeit keine engen Beziehungen gesehen. Aber sie bestanden, denn das Verlassen der gewohnten Grenzen ist auf die experimentelle Tat nicht minder angewiesen als auf die gedankliche Konsequenz der Theorie. Durch die experimentelle Methode wird die Natur von einer gegebenen und umgebenden zu einer möglichen und disponiblen Natur. Sie verliert ihre Bedeutung als Vorbild; sie wird zu einer Ressource des Neuen und zu einem Testfall für Grenzüberschreitungen. Dies alles geschieht schrittweise und ungradlinig, aber letztendlich mit einer Dynamik, die alle Lebensbereiche der Gesellschaft durchdringt. Es war der amerikanische Philosoph John Dewey (1859-1952), der als einer der Ersten konstatierte, dass die technische Industrialisierung und das wissenschaftliche Experimentieren in einem inneren Zusammenhang stehen. In seiner Philosophie nimmt die Integration von Erkennen und Handeln eine für die Modernisierungsdynamik der Gesellschaft charakteristische Verkopplung an: Die wissenschaftliche Weltbeschreibung wird zu einer versuchsweisen Prognose zukünftiger Handlungsfolgen und die Technisierung der Lebenswelt sucht nach der Gewährleistung von Handlungssicherheit durch verlässliche Konstruktionen. Die experimentelle Methode ist für Dewey die »authentischste Art« (1998: 141), das »Gesicht der Welt« (ebd.: 140) zu verwandeln.⁷

Zweitens tritt das Experiment als *Geschichtsverhältnis* auf. Es erschließt die Zukunft, indem es diese zugleich für offen und für gestaltbar erklärt. Ein zentraler Begriff der gesellschaftlichen Selbstbeschreibung des Zeitverhältnisses ist seit dem 17. Jahrhundert der des Fortschritts. »Fortschritt« in der spezifisch neuzeitlichen Konnotation muss sowohl gegen das zyklische Zeitideal der Renaissance (als die Wiedergewinnung des verlorenen Zustands der Antike) als auch gegen das teleologische Ideal der Evolutionisten des 19. Jahrhunderts abgegrenzt werden. Die Eröffnung der Zukunftsdimension ist eng mit dem Begriff des kalkulierten Risikos verbunden. Genau durch diese Rechtfertigung wird die experimentelle Methode zum sozialen Wagnis. Sich auf etwas einzulassen, das im Stadium des Probierens ist, ist besonders dann eine Zumutung, wenn die Risiken nicht überschau-

7 | Unter dem Stichwort »Apotheose der Industriegesellschaft« hat Meyer-Abich (1997: 151ff.) den Gedanken von Dewey wieder aufgegriffen und kritisch gewendet.

bar sind. Die Bereitschaft zum Risiko ist eine Bereitschaft zum Experimentieren.⁸

Drittens tritt das Experiment als neues *Identitätsverhältnis* auf und bringt damit in der Idee der experimentellen Methode den Menschen zu einer eigentümlichen Distanz zu sich selbst. Diese Distanz beruht auf der Grundidee, dass die Praxis des Experimentierens etwas ist, was in gewissem Sinne zurücknehmbar ist – eine Art Realität auf Probe. Der Experimentator tut etwas – und auch wieder nicht. Die reinste Form dieser Virtualität besteht im ›Gedankenexperiment‹, das übrigens als reflexive Beschreibung intellektueller Tätigkeit auch erst nach dem Aufkommen der experimentellen Methode seinen Namen erhalten hat (vgl. Gooding 1993; Hempel 1965). Am anderen Pol stehen die Realexperimente, in denen, wie in Kapitel 1 gezeigt, die Distanz zwischen dem rücknehmbaren Probehandeln und dem ›wirklichen‹ Leben nicht mehr besteht. Neben den in Kapitel 1.2 diskutierten ›Idealtypen‹ des Experimentierens lassen sich in der hier eingeführten Dimension zwischen Gedankenexperiment und Realexperiment viele Formen des praktischen Experimentierens – einschließlich des Experimentierens mit dem eigenen Körper, mit sozialen Beziehungen und mit Lebensentwürfen – einordnen. Ein Experimentator mit einem Lebensentwurf war etwa Henry David Thoreau (1817-1862), der mit der Selbstbeschreibung seines Überlebens am Walden Pond der selbstgewählten Einsamkeit ein literarisches Denkmal setzte (Thoreau 1995). In dieser Tradition steht auch der Antarktisforscher Richard Evelyn Byrd (1888-1957), der in den 1930er Jahren seine bahnbrechenden klimatologischen und astronomischen Messungen mit dem Selbstexperiment des isolierten Lebens unter extremen klimatischen Bedingungen und der körperlichen Reaktionen hierauf verband und dies auch medienwirksam auszuschlagen wusste (vgl. Bryson 2002: 32-53). Die Vielfalt der Formen des Experimentierens repräsentiert zugleich die Vielfalt der spezifisch modernen Möglichkeiten des Menschen, sich in einer Welt, die in geschichtlicher Interpretation auf Wandel durch Fortschritt und in naturaler Interpretation als offenes Universum angelegt ist, seinerseits zu definieren als ein Wesen, dass aus seinen eigenen Gestaltungsmöglichkeiten heraus ohne vorgegebenes soziales oder naturales Vorbild seine Wege bahnen muss. Wegbahnen ins offene Gelände bleiben unter der Bezeichnung des Experiments immer mit Optionen auf Rückwege und Alternativen verbunden. So kann auch Misserfolg als Chance gedeutet werden.

8 | Im »Duden Fremdwörterbuch« (2001 [7. Aufl.]) kommt dies im Eintrag »Experiment« zum Ausdruck: neben dem »wissenschaftlichen Versuch« wird Experiment auch definiert als »[gewagter] Versuch, Wagnis« oder »Unternehmung mit unsicherem Ausgang«. So ähnlich auch Schulz (1970: 22); vgl. Kapitel 3.

In der Trias dieser Strukturen – Offenheit der Welt, der Gesellschaft und des Individuums – öffnete sich der Horizont für die spezifisch neuzeitliche Form einer an Zukunft orientierten Verknüpfung von Handeln und Erkennen, dessen Paradigma die experimentelle Methode ist. Sie ist nicht in der Wissenschaft entstanden, sondern in den gesellschaftlichen Veränderungen, die mit dem Namen der Renaissance verbunden sind. Sie wird dann jedoch eines der bestimmenden Merkmale der neuen Wissenschaft und erfährt eine spezifische forschungstechnische Ausgestaltung. Im nächsten Abschnitt geht es darum, wie daraus im 17. Jahrhundert das erste Modell eines ›Gesellschaftsvertrags‹ zwischen dem experimentellem Erkenntniserwerb und gesellschaftlicher Modernisierung wurde.

2.2 Legitimation des Experiments: Der baconische Kontrakt zwischen Wissenschaft und Gesellschaft

Bacons Methodologie des Zusammenwirkens von Theorie und Experiment im »Novum Organum« von 1620 ist der historische Ausgangspunkt für alle späteren Reflexionen. Das zentrale Dogma ist, dass die Ziele einer auf Experimente gestützten Welterkenntnis und einer auf Erkenntnis gestützten technologischen Beherrschung der Welt trotz ihrer Spannung nur gemeinsam verfolgt werden können. Die experimentelle Methode soll aus dem kontrollierten Umgang *mit* der Natur zur Quelle der Erkenntnis *über* die Natur werden: Begreifen der Natur durch Eingreifen in die Natur. Andere Anweisungen lehren, dass über die so gewonnenen theoretischen Begriffe neue Experimente schriftweise zu den Grundformen und allgemeinen Gesetzen der Natur führen können. In einer Rede anlässlich einer Krönungsfeier der Königin bedauerte Bacon 1592, dass der gegenwärtige Missstand in der Forschung »die glückliche Zusammenfügung zwischen dem Geist der Menschen und der Natur der Dinge verhindert und ihn stattdessen mit leeren Begriffen und blinden Experimenten verheiratet« (Bacon 1962: 125, unsere Übersetzung).

Dem Ideal eines Wechselspiels zwischen dem Finden experimenteller Effekte und Erzeugen neuer Erklärungen gelten die Bezeichnungen *philosophia operativa* und *experimental philosophy*. Das »Novum Organum«, der zweite Teil von Bacons »Instauratio Magna« (»Die große Erneuerung«), entwirft zum ersten Mal in der Erkenntnisgeschichte die Theorie des Wissens konsequent aus der Tätigkeit des Forschens. Die Instauratio trägt diesen Titel jedoch, weil es Bacon immer um die große Erneuerung der Gesellschaft ging. Seine Utopie »Neu-Atlantis« entwirft das Modell einer Forschungsorganisation, in dem durch Arbeitsteilung und Koordination der Ergebnisse das Wechselspiel zwischen Experiment und Theorie vorange-

trieben werden kann. Es ist zugleich das Wechselspiel zwischen Macht und Wissen. Das erfolgreiche Experiment offeriert eine Handlungsregel, die ein Können des Bewirkens, ein *potesse*, ausdrückt, und dieses verweist auf die *potentia*, die Macht gegenüber der Natur. Begnügt die Methode sich nicht mit dem Handlungserfolg, sondern strebt sie nach der größtmöglichen Unabhängigkeit und Allgemeingültigkeit, führt die Handlungsregel auf die Erkenntnis der unveränderlichen Gesetze der Natur. So dient seine Methode ebenso dem Ziel des Nutzens wie dem des Erklärens. Regeln des Handelns und Gesetze der Natur koinzidieren (vgl. Bacon 1990a: 82 [N.O. I, Aph. 3]). Forschung – *inquisito, inquiry* – ist für Bacon eine Erkenntnistätigkeit, die in methodischer Weise zwischen dem Operieren mit der Wirklichkeit zum Herstellen eines Werkes einerseits und der Verallgemeinerung der Bedingungen seiner Erzeugung, der Erkenntnis seiner Form, hin- und herwandert. Ob dann in der Forschung das Erkenntnisinteresse mehr auf die Erkenntnis der Formen (die Bacon Gesetze nennt) oder die Erzeugung von Effekten (die Bacon Werke nennt) gerichtet ist, ist von untergeordneter Bedeutung. Denn langfristig nützt dem Praktiker die Formerkennnis eben deswegen, weil sie ihn von den partikularen Bedingungen einer Herstellungspraxis befreit. Und dem Theoretiker nützen neue Werke, weil sie ihm Wege zu neuen Formen oder Gesetzen weisen. Ursachenerkenntnis und Wirkungserzeugung stärken einander. Dies ist die große Erneuerung, um die es in der so genannten wissenschaftlichen Revolution des 17. Jahrhunderts ging und in dessen Folge sich das baconische Grundmuster durchgesetzt hat. Wir trennen, genau wie Bacon, nach wie vor zwischen Wissenschaft und Technik, indem wir unterschiedliche Erkenntnisinteressen zu grunde legen, aber wir verwenden den Begriff der Forschung generisch für alle Zweige des empirischen Erkenntnisserwerbs.

Bacon hat gesehen, dass diese Verflechtung zwischen Theorie und Technik ein dauerhaftes Legitimationsproblem aufwirft. Wenn Wissen zu Macht führt, tritt die Frage nach der Berechtigung des Wissenserwerbs auf. In seiner Forschungs- und Gesellschaftsutopie »Neu-Atlantis« hat er eine institutionelle Lösung entworfen. Die Beschreibung des großen Forschungsinstituts benennt dessen Zweck in der Kopplung von Welterkenntnis und Weltveränderung: »Der Zweck unserer Gründung ist die Erkenntnis der Ursachen und Bewegungen sowie der verborgenen Kräfte in der Natur; und die Erweiterung der Grenzen der menschlichen Herrschaft bis an die Grenzen des überhaupt Möglichen« (Bacon 1963: 156, unsere Übersetzung). Damit ist jene grundlegende Veränderung der neuen Wissenschaft benannt, nicht länger die Wirklichkeit in ihrer Gegebenheit zu beschreiben, sondern in ihrem durch Gesetze beschriebenen Möglichkeitsraum, der Natur und Technik umfasst. Dann wird die entscheidende Frage der Kontrolle aufgeworfen:

»Wir haben Konsultationen darüber, welche der Erfindungen und Experimente, die wir entdeckt haben, veröffentlicht werden sollen und welche nicht: Und wir leisten alle einen Eid der Geheimhaltung, um dasjenige zu verbergen, was uns geheim zu halten wichtig erscheint, obwohl wir einiges davon mitunter dem Staat offenbaren, anderes nicht« (ebd.: 165, unsere Übersetzung).

Dieses Modell eines bruderschaftlichen Eides unter Eingeweihten konnte mit der Entwicklung der Öffentlichkeits- und Demokratieformen in der Neuzeit keinen Bestand haben. Aber es ist bemerkenswert, dass Bacon im Zeitalter des Absolutismus die professionelle Verantwortung über das Vorecht des Staates gestellt hat. Mit modernen Worten kann man darin eine Art Verursacherprinzip für die Zurechnung von Schadensfolgen des Wissens sehen: Die Haftung für die Gefahren eines Produkts (bei Bacon Werke des Wissens) trifft nicht (allein) den Verwender, sondern (auch) den Erzeuger. Dies war natürlich immer die gesellschaftliche Praxis. Kein Philosoph, Mediziner oder Alchemist konnte vor dem Zugriff der staatlichen oder kirchlichen Mächte sicher sein, wenn er Wissen (z.B. Gedankenexperimente, Diäten oder okkulte Beschwörungen) anbot, das – aufgenommen und verwendet von anderen – als schädlich eingeschätzt wurde. Der erwartete Effekt dieser Zensur oder Haftung war, dass bereits im Vorfeld der Wissenserzeugung die Kompatibilität mit den gültigen Werten und Interessen bedacht wird. Wenn der Forschungsprozess in der neuen Konzeption nun direkt auf die Erweiterung von Macht zielt, ohne jedoch vorweg über die Risiken möglicher Schäden Auskunft geben zu können, gibt es für das Legitimationsproblem nur zwei Lösungsstrategien: Entweder muss die Forschung in jedem einzelnen Fall durch staatliche und kirchliche Stellen zugelassen werden, oder es muss ein Vorbehalt konstruiert werden, der zwar Forschung erlaubt, aber Ausbreitung und Verwendung einschränkt. Damit kommt man auf Bacons Vorstellung, dass Forschung, gerade weil sie die Erweiterung der Macht betreibt, eine besondere gesellschaftliche Isolation benötigt – auch wenn sein konkreter Vorschlag unbrauchbar ist. Man kann diese Festlegung des Verhältnisses zwischen Öffentlichkeit und experimenteller Erkenntnis als die soziale ›Geburt des Laboratoriums‹ verstehen.

Das Laboratorium gilt als ein institutioneller Raum, in dem die Forschung ihren inneren Geschäften nachgehen kann, ohne die Außenwelt zu belasten und von dieser belastet zu werden. Die zwei wichtigsten Merkmale dieser Sonderwelt sind schon genannt worden: *Erstens* ist das Laboratorium eine Welt auf Probe. *Zweitens* gilt im Labor die Freiheit des Irrtums. Nicht nur hinsichtlich der Nützlichkeit ist das Laboratorium eine Probewelt, sondern auch mit Blick auf Wahrheit. Irrtümer von Theorien und Fehlschläge von Experimenten sind daher willkommen, wie Bacon betonte: »Die Wahrheit geht eher aus dem Irrtum hervor, als aus der Verwirrung« (Bacon

1990b: 361 [N.O. II, Aph. 20]). Da der Irrtum innerhalb des wissenschaftlichen Diskurses verbleibt, kann er unter dem geadelten Namen der widerlegten Hypothese folgenlos aus dem Verkehr gezogen werden. Diese Auffassung gilt genauso für den experimentellen Fehlschlag. Experimente sind häufig ja geradezu darauf angelegt, die Grenze des Funktionierens und der Gültigkeit auszutesten. Mit Bacons Konstruktion erhält die Wissenschaft die Privilegien des Irrtums und des Fehlschlags, die nun nicht länger moralisch und intellektuell zugerechnet werden sollen. Nirgendwo sonst in der Gesellschaft existiert diese Wertschätzung der häufigen und gründlichen Irrtümer und Fehlschläge. Selbst ein so praktischer Geist wie Edison konnte sagen: »Negative Resultate sind gerade das, was ich will. Sie sind genauso wertvoll wie die positiven Resultate« (zitiert nach Rosanoff 1932: 405, unsere Übersetzung). Denn der Weg zur Lösung ist gebahnt durch die Kenntnis der zu nichts führenden Seitenwege. Die gesellschaftliche Anerkennung des Irrtums ist ein enormer Beschleunigungsmechanismus für das Anwachsen des Wissens. Es ist jedoch auch klar, dass nur durch die Festlegung der institutionellen Grenzen dieser Anerkennung eine dauerhafte gesellschaftliche Akzeptanz der freigestellten Forschung erreicht werden konnte.

Wie in den Gesellschaften des 17. Jahrhunderts diese Grenzen eingerichtet wurden, kann hier nicht in den Einzelheiten diskutiert werden (vgl. van den Daele 1977). Auch weichen die Modelle je nach Stellung von Staat und Kirche in England, Frankreich, Italien, Preußen, Österreich und Russland voneinander ab. Der institutionelle Kern ist jedoch immer derselbe und kann der *baconische Kontrakt zwischen Wissenschaft und Gesellschaft* genannt werden. Es sollen hier vier seiner sozialen und epistemischen Implikationen genannt sein: *Erstens* unterstellt diese Welt auf Probe eine Sonderwelt der Reversibilität: eine Wirklichkeit, in der alle Gedanken und Taten rückwärts laufen können, sodass man bei Misserfolg schadlos an den Ausgangspunkt zurückgelangt, von dem aus man erneut und in eine andere Richtung probieren kann. In diesem Sinne ist das Experimentieren ein unbegrenztes Spiel mit Möglichkeiten. *Zweitens* ist die Laborwelt eine Welt der Idealisierung durch Manipulation. Stoffe und Prozesse können isoliert und gereinigt werden; Modelle und Gesetze vereinfachen und abstrahieren. Wird die Wirklichkeit über das Laborwissen interpretiert, dann wird sie nicht mehr über ihre Komplexität wahrgenommen, sondern als ungenaue Approximation an die Welt des Labors (Cartwright 1999). Das wissenschaftliche Wissen gilt als objektiv, neutral und instrumentell. *Drittens* wird eine Trennung zwischen wissenschaftlicher Erkenntnis und sozialem Wandel eingezogen, so als ob neues Wissen nicht selbst bereits ein Wandel ist. Bis heute ist dieser Vorbehalt politisch wirksam, erweist sich jedoch bei genauerer Betrachtung als Illusion. Denn unvermeidlich stellt neues Wissen

Gewohnheiten, Institutionen und Wertmuster in Frage, was immer dann an Aufwand getrieben wird, die Tradition aufrechtzuerhalten oder preiszugeben. *Viertens* definiert sich der Experimentator aus den Wechselwirkungen des Experiments heraus. Er ist nicht Teil der Wirklichkeit, die untersucht wird. Er verändert die Dinge, ohne sich zu verändern.

Diese vier Implikationen sind es, die die Legitimation des Kontraktmodells der Modernisierung durch Wissenschaft tragen. Über sie wurde der Aufbruch zur *vita activa* und der Ausbruch der experimentierenden Praktiker aus den Zunftbindungen zusammengebracht. Für Bacon sind die Restriktionen der Laborwirklichkeit als ›Welt auf Probe‹ notwendig, um das viel größere Experiment einer gesellschaftlichen Modernisierung durch Wissenschaft und Technik zu legitimieren. Dieses Experiment ist die »Instauratio Magna«, die Bacon als ein Fragment konzipiert hat, weil nur die Zukunft das Werk zu Ende schreiben könne. Für Bacon lag die Möglichkeit der Bewährung nicht im Entwurf, sondern in der über einen unbestimmten Zeitraum und durch viele Köpfe getragenen Praxis. Das ist die moderne Fortschrittskonzeption der ›Reise aufs offene Meer‹, die auf dem Titelbild der »Instauratio Magna« dargestellt ist (Bacon 1990a: 1). Man kann die Reise mit dem besten, jedoch begrenzten Wissen planen, ohne – im Zeitalter der Entdeckungsreisen – sicher zu sein, auf welches Ziel man treffen wird. Und man muss die Reise auch um den Preis des Scheiterns probieren.

Heute ist es selbstverständlich, dass Wissen vorläufig und unvollständig ist und unter dem ständigen Vorbehalt weiterer Forschung steht. Zur Zeit Bacons erschien es in jeder Hinsicht riskant, sich einer solchen Strategie der Erneuerung von Wissen und Gesellschaft auszusetzen. Es gehörte zu seinen bedrückenden Lebenserfahrungen, dass er trotz seiner engen Beziehungen zu den Schaltzentralen der Macht praktisch erfolglos für die institutionelle Unterstützung der neuen Wissenschaft warb. Neben vielen anderen rhetorischen Figuren (vgl. Krohn 1987: 32ff.) stellte er die folgende, auf gesellschaftliche Legitimation zielende Argumentation an:

»Schließlich aber müßte man [...] sich dennoch zum Versuch entschließen [experiendum esse], wenn wir nicht ganz verzagten Sinnes dastehen wollen. Es ist nämlich beim Unterlassen und beim augenblicklichen Nichtglücken der Sache nicht gleichviel zu befürchten, denn beim Unterlassen steht ein unermeßliches Gut, beim Mißlingen ein geringer Aufwand menschlicher Arbeit auf dem Spiele. Aus dem, was ich gesagt [...] habe, glänzt reichlich Hoffnung für jeden auf, der eifrig im Versuchen [ad experiendum] und klug und nüchtern im Glauben ist« (Bacon 1990a: 238f. [N.O. I, Aph. 114]).

So wurde der Einstieg in das Projekt der gesellschaftlichen Modernisierung durch Wissenschaft und Technik als eine Art Wette eingeläutet, also durch

eine Risikoabwägung. Obwohl bereits das Sich-einlassen auf den Modus des Experimentierens die soziale und individuelle Wirklichkeit verändert, suchte Bacon dieses ›Experimentieren mit dem Experimentieren‹ herunterzuspielen. Die Bereitschaft dafür, das gesellschaftliche Leben durch einen kollektiven Lernstil bestimmen zu lassen, der mit wenigen Ausnahmen vor keinen Normen und Werten, Institutionen und Hierarchien, Dogmen und Weltbildern Halt macht, ist eine so revolutionäre Haltung, dass Bacon dafür wenig Anhänger gewann. Dennoch hat sich noch im 17. Jahrhundert mit der Gründung der Wissenschaftlichen Gesellschaften und Akademien sein Modell durchgesetzt, eine experimentelle Gesellschaft dadurch akzeptierbar zu machen, dass zwischen den Bereichen der Forschung und denen der Natur, Gesellschaft und persönlichen Existenz institutionelle Grenzen einge-zogen wurden.

Obwohl bis heute diese Barrieren von legitimatorischer Relevanz geblieben sind, hat es immer Wissenschaftler, Philosophen und Kulturkritiker gegeben, welche die verändernde Wirkung des Experiments auf die Gesellschaft, die Natur und den Experimentator selbst gesehen und die Idee des handlungsentlasteten Probehandelns als eine institutionelle Fiktion durch-schaut haben. Bacon bezog zwar die Konzeption des Experiments auf die experimentelle Gesellschaft, hielt jedoch die einzelnen Experimente als Laborexperimente auf Distanz zur Gesellschaft. In den beiden folgenden Abschnitten werden Positionen diskutiert, in denen die wirklichkeitsverän-dernde Bedeutung des Experimentierens nicht weggedrängt wird.

2.3 Das Selbst des Experimentators

Johann Wolfgang von Goethes (1749-1832) »Dr. Faustus« war ein experi-menteller Wahrheitssucher von einem anderen Zuschnitt als der baconi-sche Mann der Wissenschaft. Er war dem wissenschaftlichen Prozess mit seiner ganzen physischen und seelischen Existenz ergeben. Faust führte nicht nur Experimente durch, sondern lebte ein experimentelles Leben. Ein Selbstexperiment ist ohne Frage ein Realexperiment. Wiederum sind Kon-trakt (zwischen Mephisto und Faust) und Wette (zwischen Mephisto und Gott) die Verfahren, über die die Risikoverteilung festgelegt wird. Das Dra-ma spielt in der Blütezeit der Alchemie und Magie, also vor der Institutiona-lisierung der neuzeitlichen Wissenschaft. Durch die Untersuchungen von Frances Yates (1972, 1979) gilt es heute als gesichert, dass Alchemie und Magie einen erheblichen Einfluss auf die Experimentalpraktiken und spe-kulativen Theorien der frühen neuzeitlichen Wissenschaft hatten. Jedoch wurden sie am Ende des 17. Jahrhunderts durch die Positionierung der Wissenschaft in die anerkannten Institutionen der Akademien, Gesellschaf-

ten, Zeitschriften und später Universitäten in Randbereiche abgedrängt. Sie standen zur Zeit Goethes für eine experimentelle Haltung, in der das existentielle Eindringen in die unbekannten und verbotenen Zonen des Seins Wahrnehmungen und Interaktionen ermöglicht, die das Leben verändern. Das Gegenüber war noch nicht die geistlose Materie des mechanistischen Weltbildes, sondern ein mit einflussreichen Symbolen durchwirkter Makrokosmos, dem der Mikrokosmos des Experimentators entsprach. Zwischen der Zeit Fausts und der Goethes liegt genau die wissenschaftliche Revolution, in der das distanzierte Verhältnis zum wissenschaftlichen Wissen institutionalisiert wurde. Jedoch ist das Drama für Goethe keine Entführung in eine ferne Epoche, sondern es ist der Gegenentwurf zum baconianischen Programm. Wissenschaft ist das Projekt, sich selbst in die unabsehbaren Gefahren der Erforschung der Geheimnisse des Seins und des Lebens hineinzuübegeben – mit der Erwartung eines einzigartigen Glücks und dem Risiko unendlicher Verdammnis.

Neben dem Faust ist es der Roman »Die Wahlverwandtschaften«, der von Goethe als ein Experiment aufgezogen wird. Der Titel spielt auf den Versuch an, Liebesbeziehungen auf die freie Wahl zu gründen und auf die neue Theorie der Chemie, nach der die stofflichen Affinitäten durch Anziehungs- und Abstoßungskräfte bestimmt sind (Adler 1987). Zu Beginn des Geschehens sagt Eduard: »Nimm Ottilien, lass mir den Hauptmann, und in Gottes Namen sei der Versuch gemacht!« Charlotte gibt zu Bedenken, dass andere nicht vollständig aus dem Experiment herausgehalten werden können. »Es möchte noch zu wagen sein [...], wenn die Gefahr für uns alleine wäre« (Goethe 1973: 252 [HA Bd. VI: 252]), aber man kann ein Experiment außerhalb des Labors nicht isolieren. Charlotte erwägt:

»Alle solche Unternehmungen sind Wagestücke. Was daraus werden kann, sieht kein Mensch voraus. Solche neue Verhältnisse können fruchtbar sein an Glück und an Unglück, ohne daß wir uns dabei Verdienst oder Schuld sonderlich zurechnen dürfen. Ich fühle mich nicht stark genug, dir länger zu widerstehen. Laß uns den Versuch machen! Das einzige, was ich dich bitte: es sei nur auf kurze Zeit angesehen« (ebd.: 256).

Diese letzte Bemerkung ist die verzweifelte Hoffnung, die Reversibilität des Versuchs in der Hand zu behalten.

Sicherlich ist Faust nicht das Alter Ego Goethes und die »Wahlverwandtschaften« seiner Liebesbeziehungen folgen anderen Mustern. Jedoch bestehen Verknüpfungen zwischen Goethes erkenntnistheoretischer Philosophie zur Experimentalwissenschaft und seinen literarischen Gestaltungen. Matussek schreibt hierzu: »Goethe geht es wie seinem Faust um eine substantielle Erfahrung zeitlicher Dynamik, die nicht ›Mit Rad und Kämmen,

Walz' und Bügel (V. 669) zu erlangen ist, sondern nur als leibhaftige Teilhabe an der ›lebendigen Natur‹ (V. 414)« (Matussek 1998: 205). Freilich verfährt die Methodologie, die Goethe aus seiner eigenen Forschung gewinnt und dieser vorschreibt, kommunikativer und kooperativer als der »alchemistische Prozess der Selbsttransformation« des Dr. Faustus (ebd.: 205). Als Goethes Kontroverse mit der Newton'schen Farbenlehre ihren Höhepunkt erreichte, schrieb er den kleinen Essay »Der Versuch als Vermittler von Objekt und Subjekt« (Goethe 1971a [HA Bd. XIII]; vgl. Krohn 1998). Bereits mit dem Titel ist eins der baconischen Ausgrenzungsverhältnisse in Frage gestellt. Der Experimentator steht dem experimentellen Vorgang nicht so unberührt gegenüber wie der Richter den wechselvollen Fällen vor Gericht, sondern begibt sich in einen Prozess der wechselseitigen Gestaltung hinein. Die Veränderung des Objekts durch die Eingriffe der Versuchsanordnung korrespondiert mit einer Formung der Fähigkeiten des Beobachters, die Dinge zu sehen und zu betreiben. Experimentieren ist eine kontinuierliche Praxis der Ausdehnung des Felds der Phänomene als auch des Felds des Verstehens (vgl. hierzu auch Kap. 3). Während das baconische Laboratorium einer Sicht der Natur entspringt, in der Materialien und Effekte isoliert, gelagert und auf Verlangen benutzt werden können, reflektiert das Goethe'sche die Natur als ein zusammenhängendes Feld, das auch die Eigenschaften des Beobachters berührt:

»Da alles in der Natur [...] in einer ewigen Wirkung und Gegenwirkung [ist], so kann man von einem jeden Phänomen sagen, daß es mit unzähligen andern in Verbindung stehe, wie wir von einem freischwebenden leuchtenden Punkte sagen, daß er seine Strahlen auf allen Seiten aussendet« (Goethe 1971a: 17f. [HA Bd. XIII: 17f.]).

Goethe wollte nicht die natürlichen Phänomene vor dem künstlichen Zugriff des Experimentators schützen. Im Gegenteil, die »Vermannigfaltung eines jeden einzelnen Versuches ist also die eigentliche Pflicht des Naturforschers« (ebd.: 18). Er war jedoch überzeugt, dass die Standardmethode des Überprüfens von Hypothesen durch Experimente ersetzt werden müsse durch eine Methode der wechselseitigen Beeinflussung. Ein Zitat aus der »Morphologie« von 1817 belegt, wie er die baconische Sprache von Macht, Sieg und Niederlage ersetzt durch eine der Empfänglichkeit und Teilnahme:

»Wenn der zur lebhaften Beobachtung aufgeforderte Mensch mit der Natur einen Kampf zu bestehen anfängt, so fühlt er zuerst einen ungeheuern Triebe, die Gegenstände sich zu unterwerfen. Es dauert aber nicht lange, so dringen sie dergestalt gewaltig auf ihn ein, daß er wohl fühlt, wie sehr er Ursache hat, auch ihre Macht anzuerkennen und ihre Einwirkung zu verehren. Kaum überzeugt er sich von diesem

wechselseitigen Einfluß, so wird er ein doppelt Unendliches gewahr, an den Gegenständen die Mannigfaltigkeit des Seins und Werdens und der sich lebendig durchkreuzenden Verhältnisse, an sich selbst aber die Möglichkeit einer unendlichen Ausbildung, indem er seine Empfänglichkeit sowohl als sein Urteil immer zu neuen Formen des Aufnehmens und Gegenwirkens geschickt macht« (Goethe 1971b: 53 [HA Bd. XIII: 53]).

Goethe nimmt das baconische Programm der Herrschaft über die Natur also nicht als das Projekt einer neuen Zeit, sondern als einen etwas primitiven Instinkt, der zunächst nur durch die Anerkennung der unerwarteten Stärke des Gegners in die Schranken gewiesen wird. Während bei Bacon in dieser Situation die Lösung ist, verfeinerte Methoden zu ersinnen, um durch vermeintliche ›Unterwerfung‹ zum ›Sieger‹ zu werden, weist der Weg Goethes in eine ganz andere Richtung. Zwischen der Formung der Natur und der des Experimentators besteht eine gemeinsame Fortentwicklung, die zu immer neuen Formen der Balance führt. Das Experiment endet nicht, sondern ist Teil eines zeitlich unbeschränkten Gestaltungsprozesses der Erkenntnis.⁹ Man wird in diesem Modell des Experimentierens die Ähnlichkeiten zum Faust und zu den Wahlverwandtschaften sehen. Aber Goethe war in seiner eigenen Forschungstätigkeit weder an waghalsigen Manövern mit der eigenen Lebenspraxis interessiert noch an einem Naturverhältnis, das von dem schroffen Gegenüber einer externen Natur und einer davon völlig abgegrenzten Identität des Subjekts bestimmt ist. Vielmehr interessierte ihn ein wechselseitiges Naturverhältnis, das sich gleichzeitig aus den Operationen des Experimentators und den Phänomenen, welche die Natur freigibt, ergibt. Damit wird bei Goethe das wissenschaftliche Experiment in eine Beziehung zur Gestaltung des Lebens gesetzt, die der baconische Kontrakt gerade ausschließen wollte.

Wie geschichtswirksam ist eine solche Position? Dies ist schwer einzuschätzen. Es geht jedoch nicht um den Einfluss Goethes auf die Wissenschaften seiner Zeit, sondern darum, dass hier die baconische Differenz zwischen Lebensführung und Forschungspraxis grundsätzlich in Frage gestellt wird. Ideengeschichtlich ist dies mit der romantischen Bewegung und ihrer Suche nach der blauen Blume¹⁰ in Verbindung gebracht worden.

9 | Siehe auch: »Auszsprechen, wie ich die Natur anschause, zugleich aber gewissermaßen mich selbst, mein Inneres, meine Art zu sein, insofern es möglich wäre, zu offenbaren« (Goethe 1964: 386 [BA Bd. 16: 386]).

10 | Die »blaue Blume« steht in dem Roman von Novalis (Friedrich von Hardenberg) »Heinrich von Ofterdingen«, der um die Jahrhundertwende zum 19. Jahrhundert entstand, für ein neues Erkenntnisinteresse, das sich an einer »seltsamen Leidenschaft für eine Blume« entzündet; »denn in der Welt, in der ich sonst lebte,

Goethe hatte sich zwar immer wieder gegen den Romantizismus abgegrenzt, weil er in dessen Subjektivismus die Balance, die er suchte, zur anderen Seite – zur Seite der nur noch innerlichen Erfahrungswirklichkeit – verschoben sah. Jedoch hielt dies die Romantiker nicht davon ab, in Goethes Werk jene Suche nach der Einheit von Ich und Natur zu sehen, die ihre eigenen Absichten trug. Wichtiger noch ist, dass diese Bewegung in einer ideengeschichtlichen Kontinuität zur *vita activa* stand. Gerade weil das ursprüngliche Nützlichkeitsideal hier aufgelöst wurde in die Authentizität des individuellen Eigensinns und die Berechtigung, diesen nach eigenen Maßstäben zu suchen, verschärft die Romantik den Experimentalismus des Lebens (Berlin 1999; Daiber 2001). Dreh- und Angelpunkt waren dabei die neuen Experimentierfelder der ‚tierischen Elektrizität‘ oder des Galvanismus. Hier vermuteten viele Romantiker jene im mechanistischen Weltbild verloren gegangenen gemeinsamen Kräfte von Geist und Natur. Das Buch des romantischen Physikers Johann Wilhelm Ritter: »Beweis, daß ein beständiger Galvanismus den Lebensprozeß im Thierreiche begleite« von 1798 entwarf in Verallgemeinerung wegweisender Experimente die These, dass der Galvanismus eine Urkraft aller bekannten Kräfte der toten, lebendigen und geistigen Natur sei.

Auch wenn die romantische Bewegung enger mit Wissenschaft verknüpft war als ihr Ruf vermuten lässt, war ihre Domäne die der Kunst und Literatur. Wir greifen die Frage nach den Realexperimenten an einer anderen Stelle wieder auf, nämlich dort, wo Wissenschaftler den baconischen Kontrakt am entgegengesetzten Ende, der von Experimenten unbeeinflussten Natur, ins Wanken brachten. In der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts (Goethe starb 1832) trat die Wissenschaft in eine Entwicklungsphase ein, die – ganz im Sinne des baconischen Programms, aber mit einer Zeitverzögerung von beinahe zwei Jahrhunderten – neue wissenschaftliche Erkenntnis in gesellschaftliche Modernisierungen übersetzen konnte. Hierbei stellte sich heraus, dass diese vermeintlichen Anwendungen neuen Wissens immer wieder mit Überraschungen verbunden waren, die – mehr oder weniger gewollt – Realexperimente zu unverzichtbaren Bestandteilen der Modernisierungsstrategien machten. Wir greifen Beispiele heraus, die in gewisser Verwandtschaft zu den ökologischen Realexperimenten der späteren Kapitel stehen. Das erste Beispiel betrifft den wissenschaftlichen Beitrag zur Industrialisierung der Landwirtschaft. Sicherung der Ernten gegen Krankheitsbefall und Ertragssteigerung bei Verhinderung von Raubbau wurden eine allgemeine Voraussetzung für andere Bereiche der Industrialisierung, für die Bewältigung des Bevölkerungswachstums und Versorgung der Be-

wer hätte sich da um Blumen bekümmert« (Novalis 1960: 195). Sie wurde zum Symbol der romantischen Bewegung.

völkerung. Eine Reihe von Wissenschaften trug hierzu bei, jedoch waren die Beiträge der Chemie durch die Erfindung der Kunstdünger die auffälligsten. Der prominenteste mit ihr verbundene Name ist Justus von Liebig (1803-1873).

2.4 Die Einbettung der Experimente in die Zyklizität der Natur

Von Goethe zu Justus von Liebig – das sind zwei wissenschaftshistorische Schritte in schneller Folge: von der Amateurwissenschaft zur akademischen Professionalität und von der reinen zur anwendungsorientierten Forschung. Liebig wurde berühmt für mehrere Aktivitäten: Er gründete das erste chemische Universitätslabor, gab das führende wissenschaftliche Organ der Chemie heraus, begründete die Agrikulturchemie, war wissenschaftspolitisch tätig und wirkte mit seinen »Chemischen Briefen« in die breite Öffentlichkeit. Ein Gesamtbild seiner Tätigkeiten zeichnete sein Biograph Volhard (1909). Wir greifen Liebigs Werk dort auf, wo es sich realexperimentellen Fragestellungen öffnen musste. Voraussetzung dafür sind theoretische Modelle, die Liebig und andere Chemiker seiner Zeit für die Erklärung des Fortbestands des Lebens auf der Erde entwarfen. Im Mittelpunkt stand die Frage nach der Zyklizität aller Lebensprozesse durch das Ineinandergreifen tierischen und pflanzlichen Lebens (vgl. Schramm 1997). Die Frage war sicherlich durch die Naturphilosophie Schellings vorbereitet, den Liebig als Student in Erlangen kennen lernte, jedoch später scharf wegen seiner empirisch haltlosen Spekulationen kritisierte. Der wissenschaftlich weiterführende Schritt war die fachwissenschaftliche Reformulierung der organischen Chemie als Forschungsprogramm, das schrittweise durch quantitative Analyse und Synthese der am Lebensprozess beteiligten organischen Stoffe abgearbeitet werden konnte. Liebig baute über mehrere Ebenen die Elemente einer umfassenden chemischen Theorie des Öko-Äquilibriums der Erde auf (vgl. Krohn/Schäfer 1978). Zu Beginn der »Agrikulturchemie« schrieb er:

»Unsere heutige Naturforschung beruht auf der gewonnenen Überzeugung, daß nicht allein zwischen zwei und drei, sondern zwischen allen Erscheinungen in dem Mineral-, Pflanzen- und Tierreich [...] ein gesetzlicher Zusammenhang bestehe, so daß keine für sich alleine sei, sondern immer verkettet mit einer oder mehreren anderen, und so fort alle miteinander verbunden, ohne Anfang und Ende, und daß die Aufeinanderfolge der Erscheinungen, ihr Entstehen und Vergehen, wie eine Wellenbewegung in einem Kreislaufe sei« (Liebig 1862: 87).

Experimente beziehen ihre Funktion aus dieser Einbettung in den lebendigen Zusammenhang des Organischen. Sie verlieren leicht ihre Aussagekraft, wenn sie aus diesem Zusammenhang isoliert betrieben werden. Dafür ein kleines Beispiel: Bei der Frage, wie Tiere Fette bilden, kritisiert er die Experimente der Tierphysiologen:

»Man versetzt die Tiere in den Zustand einer künstlichen Krankheit, entzieht ihnen alle Nahrung, alles was zur Blutbildung und zur Unterhaltung des Lebensprozesses und damit derjenigen Tätigkeiten gehört, welche die Fettbildung bewirkt [...] und glaubt mit diesen elenden und grausamen Versuchen beweisen zu können, daß Zucker nicht fähig sei [...] in Fett verwandelt zu werden. Diese Versuche bestätigen die Unwissenheit und gänzliche Unfähigkeit der Experimentatoren dergleichen Fragen zu lösen, allein sonst beweisen sie Nichts« (Liebig 1844: 41).

Liebig äußerte diese Kritik als ein Wissenschaftler, dessen Ruhm gerade auf Verbesserungen der organischen Analysetechniken im Labor beruhte, in denen nicht die geringste Rücksicht auf die Komplexität des Lebens genommen werden musste. Zwar entstammte die Benennung »organisch« ursprünglich dem Bezug auf das Leben, das im 18. Jahrhundert allgemein durch die Fähigkeit zur Organisation seiner inneren Einheit definiert wurde. Die ersten Erfolge der organischen Chemie beruhten jedoch darauf, durch Anschluss an die analytische Methodik der anorganischen Chemie die Verhältnisse der Kohlenstoffverbindungen zu bestimmen. Dennoch war immer offensichtlich, dass hinter allen einzelnen Erfolgen die großen Geheimnisse des Zusammenhangs aller chemischen Prozesse in der Einheit der Lebensprozesse standen. Dieser Zusammenhang spielte sich auf mehreren Ebenen ab. Die aus chemischer Sicht unterste Ebene war die der organischen Synthese von Substanzen. Hier wird wissenschaftshistorisch die Harnsäuresynthese von Friedrich Wöhler 1828 als Zeichen des Durchbruchs dafür genommen, dass organische Prozesse demselben Phänomenbereich wie anorganische angehören.¹¹ Die Chemiker konnten nun von der Hypothese ausgehen, dass im Prinzip alle organischen Stoffe im Labor analysiert und nachgebaut werden können. In der weiter unten angesprochenen Kontroverse zwischen Liebig und Pasteur über das wissenschaftliche Eigenrecht der Mikrobiologie ist es genau diese Hypothese, die die Auseinandersetzungen so heftig machte. Im Rahmen des chemischen Paradigmas erschien es als ein kausaltheoretischer Rückschritt, Gärungs- und Krankheitsprozesse auf die Wirkungen eines Organismus anstatt auf iso-

11 | Die spätere Entwicklung führt dazu, die organische Chemie nicht länger als spezifische Chemie der Lebensprozesse, sondern als die der Kohlenstoffverbindungen zu definieren.

lierbare Substanzen zurückzuführen. Auf einer höheren Ebene ging es in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts darum, den chemischen Stoffwechsel durch eine Art chemische ›Buchführung‹ der aufgenommenen und abgegebenen Stoffe näher bestimmen zu können, wobei die Chemie der Pflanzen (Kohlendioxyd-Assimilation) und die der Tiere (Sauerstoffaufnahme) unterschiedliche Wege gehen mussten. Auf einer weiteren Ebene war die zentrale Frage, wie die Stabilität der Zusammensetzung der Atmosphäre über die Zeit durch das Ineinandergreifen pflanzlichen und tierischen Lebens erklärt werden kann. Dieses große chemische Paradigma der Zyklizität aller Lebensprozesse vom einzelnen Metabolismus über die Nahrungsketten bis hin zur Reproduktion der Atmosphäre bestimmte das Weltbild Liebigs. In ihm waren alle einzelnen Experimente der Tier- und Pflanzenchemie eingebettet. Damit wurden für das organische Experimentieren ganz andere Bedingungen gesetzt als in dem baconischen Labor, in dem es um einzelne, isolierte Effekte ging, die man dann – einer berühmten Metapher Bacons folgend – in einem »Warenlager der Dinge« (*store-house of matters*) den Menschen zur beliebigen Anwendung zur Verfügung stellen konnte.

Schon die erste Auflage seiner »Agrikulturchemie« von 1840 brachte Liebig großen Ruhm in ganz Europa. Sofort wurde das große Potential für die ernährungstechnischen Grundlagen der Industrialisierung erkannt. Eine auf der Theorie der Chemie basierte Landwirtschaft versprach eine Leistungssteigerung, die den düsteren Prognosen von Malthus ([1798] 1993) über die unüberwindlichen Ernährungsgrenzen, in die die wachsende Industriebevölkerung hineingeriet, den Boden nahm. Liebig fühlte sich in seinem wissenschaftspolitischen Kampf sowohl gegen den baconischen Induktionismus (oder was er dafür hielt) bestärkt, wie auch in seiner Offensive gegen die realexperimentelle Tradition der landwirtschaftlichen Versuchsanstalten, in denen ohne moderne chemische Fundierung Versuche zur Ertragssteigerung vorgenommen wurden. Ohne theoretische Fundierung im Paradigma der Zyklizität konnte es nach Liebig unmöglich gelingen, die Grenze zwischen Raubbau und Ertragssteigerung zu ziehen. Ohne diese Grenze ist jeder Erfolg auf Sand gebaut. Um den Gedanken plausibel zu machen, zog Liebig das Prinzip des kapitalistischen Wirtschaftens heran. Nur bei genauer buchhalterischer Unterscheidung zwischen umlaufenden Kapital und Ertrag sei es möglich, ein Unternehmen dauerhaft zum Erfolg zu führen. Genau um diesen Unterschied gehe es bei der Erzeugung und Verwendung der landwirtschaftlichen Produktion auch. Die realexperimentellen Versuchs- und Probierverfahren der Landwirte vor Ort seien den neuen wissenschaftlichen Aufgaben nicht gewachsen. Ihr Operieren mit anscheinend vorwissenschaftlichen Begriffen wie der ›Fruchtbarkeit‹ der Böden (nicht chemisch definiert, sondern durch die Menge, die er hervor-

bringt) oder dem ›Humus‹ der Einträge führe weder über die lokalen Bedingungen hinaus zu verallgemeinerbarem Wissen noch zu Erklärungen. Nur eine auf der chemischen Theorie basierte Experimentalanordnung könne dauerhafte Erfolge erbringen, wie sie zu Recht von einer industriellen Landwirtschaft in einer industriellen Gesellschaft zu erwarten seien:

»Welche Masse von Kapital und Kraft geht in diesen Experimenten verloren! Wie ganz anders, wie viel sicherer, ist der Weg, den die Wissenschaft befolgt, er setzt uns, wenn wir ihn betreten, nicht der Gefahr des Mißlingens aus und gewährt uns alle Bürgschaften des Gewinns« (Liebig 1862: 180).

Um seiner Wissenschafts- und Weltanschauung zum Sieg zu verhelfen, plante Liebig sein eigenes Realexperiment, getragen von der Überschätzung des theoretischen Wissens über das verachtete lokale Können. Mit dem durchschlagenden Erfolg der ersten Auflage seines Werkes ging eine Einladung nach England 1845 einher. Kurz vorher schrieb er seinem Freund Wöhler:

»Ich habe einige Verbindungen entdeckt, welche, als Dünger angewendet, treffliche Dienste leisten werden; ein ungeheures Experiment soll gemacht werden, um die Principien zu bethätigen, die ich bis jetzt in Worten gelehrt habe. Ob ich die rechten Wege wirklich gefunden habe, dies kann nur Gott wissen. Aber ich will alles thun, was ich für meine Pflicht halte; sprich mit Niemandem davon« (zitiert nach Hofmann 1982: 256).

Das geplante Experiment mit der Mineraldüngung war nicht nur eine wissenschaftliche Bringschuld, sondern sollte über ein Patent und einen Vertrag mit dem schottischen Fabrikanten Muspratt Liebigs eigene finanzielle Unabhängigkeit bewirken. 1845 brachte die Firma »Muspratt & Co.« den ersten Patentdünger auf den Markt. Liebig selbst experimentierte auf einem kleinen Versuchsfeld in der Nähe seiner Universität in Gießen. Aber die Experimente schlugen fehl und trafen Liebig – trotz des im Brief an Wöhler formulierten Vorbehalts – unvorbereitet, weil er von der Übertragung der Laborbefunde in die Realitäten der Ackerkrume keine großen Überraschungen erwartete. Genauso hart traf ihn, dass andere Feldexperimente mit der Stickstoffdüngung in England großen Erfolg hatten. Liebig hatte diese auf der theoretischen Basis, dass in der Luft immer genügend Stickstoff vorhanden sei, für sinnlos erklärt.

Der Misserfolg zwischen theoretischen Annahmen und realexperimenteller Praxis diskreditierte Liebigs Status. Der raschen Folge von sechs Auflagen seines Werkes zwischen 1840 und 1846 folgte die siebente erst 16 Jahre später. Denn die wissenschaftliche Erklärung zwischen der Theorie

der Mineraldüngung und dem überraschenden Misserfolg gelang nur langsam, weil die komplexen Verhältnisse zwischen Boden, Bodenfeuchtigkeit, Ausschwemmung und Absorption schwer zu untersuchen waren. Liebigs Bekenntnis zu seinem Irrtum ist zwar keine Rücknahme seines Szenarios, bringt aber die ökologische Weltsicht der Zyklizität der Lebensprozesse zum Ausdruck:

»Ich hatte mich an der Weisheit des Schöpfers versündigt und dafür meine gerechte Strafe empfangen, ich wollte sein Werk verbessern, und in meiner Blindheit glaubte ich, daß in der wundervollen Kette von Gesetzen, welche das Leben an die Oberfläche der Erde fesseln und immer frisch erhalten, ein Glied vergessen sei, was ich [...] ersetzen müsse« (Liebig 1862: 69).

Diese Experimente bewiesen, dass auch Liebig die Komplexität der Natur völlig unterschätzte. Seine szenistische Verblendung, in der er das Misslingen der Wissenschaft in ihrer Anwendung beinahe ausschloss, war bestraft worden. Aus rückblickender Perspektive zeigt sich an der Episode, wie eng die Verbindungen zwischen Theorie und Realexperiment dort ist, wo die Wissenschaft reif für Anwendungen wird.

Die Episode hat eine weitere, längerfristige Fortsetzung, die zurückführt auf die baconische Wette über Nutzen und Kosten des wissenschaftlich-technischen Fortschritts. Denn nach der Behebung des Konstruktionsfehlers des Kunstdüngers eröffnete sich das Feld der agrarindustriellen Veränderungen, das – ganz entgegen der Prognose Liebigs – in ökologische Ungleichgewichtslagen führte, die viel dramatischer wurden als der von Liebig beobachtete Raubbau. Die auf der chemischen Wissenschaft basierte und durch die Mechanisierung flankierte Industrialisierung der Landwirtschaft führte durch Dünger, Herbizide, Pestizide und Züchtung zu Monokulturen, Bodenbelastungen, Erosion, Abwasser- und Grundwasserproblemen, die bis heute nicht bewältigt sind und im Weltmaßstab zunehmen. Die paradigmatische Botschaft des künstlichen Düngers war, dass nur ein umfassendes Verständnis der Chemie der lebenden Welt eine dauerhaft gewinnbringende Landwirtschaft ermöglicht. Jedoch schlug das Vorhaben in mancher Hinsicht fehl. Die baconische Risikoabschätzung über das »große Experiment«, das im Kontrakt zwischen Wissenschaft und Gesellschaft festgeschrieben ist, musste in dem Moment neu aufgemacht werden, in dem die Wissenschaft jene Nutzenanwendungen wirklich hervorzubringen in der Lage war, die Bacons Vision als »unermessliches Gut« (Bacon 1990a: 238 [N.O. II, Aph. 114]) in Aussicht gestellt hatte. Liebig hatte diese Vision als steigende Erträge ohne Raubbau konkretisiert. Seit der Verwissenschaftlichung der Landwirtschaft in der Mitte des 19. Jahrhunderts wird der realexperimentelle Lernprozess weiter getrieben. Wie diese Episode

lehrt, sind es häufig gerade die Überraschungen der Implementierung neuen Wissens, die den Umfang des Nichtwissens sichtbar machen.

2.5 Die Verbindung von Lernprozessen innerhalb und außerhalb des Labors

Louis Pasteur (1822-1895) hatte sich ähnlich wie Liebig zunächst einen Namen als geschickter Experimentator gemacht. Sein Zentralgebiet war die Analyse der mikroskopischen Lebensformen in der ›Chemie‹ der Natur. Völlig entgegengesetzt zur Forschungsstrategie Liebigs, aber zum Teil auf denselben Gebieten arbeitend, verfolgte er keinen chemischen Reduktionismus, sondern versuchte die Wirkungsweise der Mikroorganismen als Ganze in bestimmten chemischen Vorgängen wie Gärung, Krankheitsbefall von Wein, Bier, der Seidenraupe und schließlich bei den Ansteckungs-krankheiten der Zuchttiere und der Menschen zu untersuchen. Die Schlüsselfunktion, die bei Liebig der Kunstdünger bei dem Wandel der Gesellschaft zur Industriegesellschaft einnahm, übernahm bei Pasteur die Entwicklung von Impfstoffen für ansteckende Krankheiten. Gegeben die großen Seuchengefahren für Mensch und Tier unter den Bedingungen verdichteten städtischen Wohnens war dieses Gebiet von immenser gesellschaftlicher Bedeutung. Es führte Pasteur dazu, Verbindungen zwischen seiner Laborwissenschaft und Experimenten außerhalb des Labors aufzubauen. Grundlage dieser Verbindungen war der Umstand, dass die Gefahren der Ansteckungs-krankheiten nur gebannt werden können, wenn die labortechnische Entschlüsselung der Wirkungsweisen einhergeht mit einer Umstrukturierung der gesellschaftlichen Praktiken in den Krankenhäusern, der Bier- und Weinfabrikation und der Tier- und Pflanzenhaltung.

Der Wissenschaftssoziologe Bruno Latour hat diese Beziehung auf die Formel gebracht, dass der Anwendungserfolg der Wissenschaft davon abhängt, dass sich das Anwendungsgebiet in eine laborähnliche Sonderwelt verwandelt: »Give me a laboratory and I will raise the world« (Latour 1983). Für Latour ist diese Umwandlung der archimedische Punkt, über den die Wirklichkeit die Form eines Realexperiments annimmt. In der Tat spielt bei allen Realexperimenten immer eine Rolle, wie weit Umstände isoliert und kontrolliert werden können. Jedoch gibt es kein allgemeines Verfahren dafür, modelltheoretisch zu erfassen, welche Faktoren ein- oder ausgegrenzt und in welchem Umfang kontrolliert sind; denn man kann nicht wissen, was man nicht weiß. Daher entschloss sich Pasteur, die Risiken von öffentlichen Experimenten einzugehen (vgl. Bucchi 2004; Latour 1988). Zugleich zielte er auf den publizistischen Effekt, der ihm im Erfolgsfall sicher war. Viele seiner Vorgehensweisen bei diesen Forschungen sind rekursive Lern-

prozesse, in denen Laborwissen, Realexperimente und offene Beobachtung des Feldes geplant und ungeplant ineinander spielen. So stieß Pasteur beispielsweise zufällig auf den Tatbestand, dass Milzbrand auch durch tote und begrabene Tiere übertragen werden kann, weil ihm die Bodenfärbung eines Feldes einer milzbrandinfizierten Gegend auffiel. Die Laboruntersuchung ergab, dass Würmer Keime des Milzbrands wieder an die Oberfläche brachten, von wo aus sie den Rückweg in die Nahrungskette der Schafe fanden. Das Realexperiment, die Schafe nicht auf Weideland zu verscharren, war erfolgreich. Selbst die weitreichende Entdeckung der Immunimpfung verdankt sich eher dem Zufall einer beiläufigen, jedoch aufmerksam registrierten Beobachtung als einem gezielten Experiment. Pasteur entdeckt, dass Keimkulturen, die er mehrere Wochen sich selbst überlassen hatte, weitgehend unwirksam geworden waren. Von hier aus wurde er auf die Idee geführt, Krankheitskeime mit unterschiedlichen Wirkungsgraden zu züchten und als Impfstoffe einzusetzen. Um die neue Keimtheorie der Ansteckung entspann sich ein heftiger Streit, in dem Rossignol, der Herausgeber einer Zeitschrift der Veterinärmedizin, an Pasteur die Herausforderung formulierte, in einem öffentlichen Realexperiment seine Theorie unter Beweis zu stellen. Der Wissenschaftshistoriker Holmes kommentierte den Vorgang:

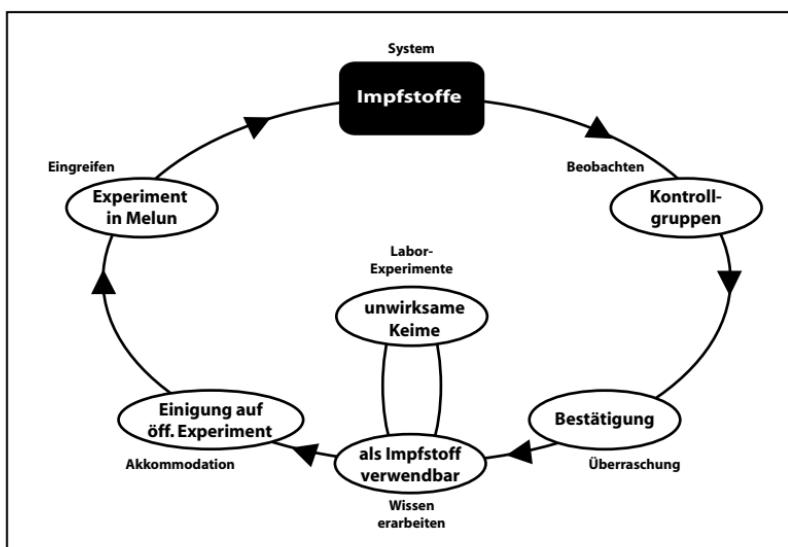
»Würde Pasteur es wagen, seinen Impfstoff einem öffentlichen Test auszusetzen? ›Die Aufmerksamkeit, die diese Experimente notwendigerweise hervorrufen‹, sagte er [i.e. Rossignol], ›wird alle Geister ansprechen und damit enden, die immer noch Skeptischen zu überzeugen; die Evidenz der Tatsachen wird zum Ergebnis haben, alle Ungewißheit zu verjagen.‹ Die landwirtschaftliche Gesellschaft von Melun stimmte dem Vorschlag zu und sein Vorsitzender wurde beauftragt, [...] Pasteur die Herausforderung zu unterbreiten, eine öffentliche Demonstration unter den vorgelegten Bedingungen zu veranstalten. Die Bedingungen wurden von Rossignol gedruckt und weitläufig verbreitet« (Holmes 1961: 105; unsere Übersetzung).

Es handelte sich um ein Kontrollgruppenexperiment, das nur gut gehen konnte, wenn der Impfstoff gegen die Ansteckung wirkte. Es ging gut. Die Kritiker verloren an Boden und schon im selben Jahr 1881 wurden 34.000 Tiere geimpft, Ende 1883 waren es bereits 500.000 (ebd.: 107). Pasteur scheute keine späteren Gelegenheiten, auch weitere Anwendungen seiner Theorie, nach der alle Ansteckungskrankheiten auf der Ausbreitung pathogener Keime von Mikroorganismen beruhten, öffentlich zu demonstrieren. Sein Ziel war nicht nur, nicht einmal in erster Linie, wissenschaftliche Gegner zu überzeugen, sondern in die Überzeugungen der Bevölkerung hineinzuwirken.

Will man Pasteurs Weg zum Experiment in Melun in einem rekursiven

Lernzyklus darstellen, so kann man als Ausgangspunkt zum einen gesellschaftliche Probleme wie Hunger oder Krankheiten annehmen. Es scheint aber hier so zu sein, dass es eher zufällig verlaufende erfolgreiche Laborexperimente waren, also das, was wir in Kapitel 1 mit dem ›Erhärten‹ und ›Verfeinern‹ im Labor bezeichnet haben. Hier handelte es sich jedoch um eine erstmalige Untersuchung des Themas, sodass man auch von ›Grundlagen erarbeiten‹ sprechen könnte. Aus der Beobachtung unwirksamer Keime im Labor ergab sich die Einsicht (Wissensanpassung als eine besondere Form der Akkommodation), dass man diese als Impfstoffe einsetzen könnte. Ergebnis dieser Akkommodation war ein öffentliches Experiment, das in Melun durchgeführt wurde. Beobachtet wurden verschiedene Kontrollgruppen und als Ergebnis ergab sich eine Bestätigung der Hypothese. Es lässt sich hier in der oben eingeführten Terminologie von rekursivem Lernen sprechen, denn der Zyklus wird hier einmal vollständig durchlaufen (siehe Abb. 2.1).

Abb. 2.1: Rekursives Lernen am Beispiel von Pasteurs Impfstoff



Schon vor Pasteur hat jedoch ein weiterer Forscher den Weg in die Öffentlichkeit beschritten. Claude Bernard (1813-1878) schrieb mit seiner 1865 erschienenen »Einführung in die experimentelle Medizin« die erste umfassende theoretisch-methodologische Auseinandersetzung über die Problematik der Experimente mit Lebewesen. Bernard war sich der Grenzüberschreitung dieser Experimente, insbesondere derjenigen am lebenden Kör-

per (Vivisektion), bewusst. Während im normalen Laborexperiment mit toten Materialien moralische Gefühle keinen Ort haben, ist die Grausamkeit gegenüber Versuchstieren faktisch nicht zu unterscheiden von grausamem Verhalten außerhalb der Wissenschaft. Allein um das höhere Gut des Wissens und seiner nützlichen Anwendung willen kann der moralische Unterschied konstruiert werden, der die Vivisektion rechtfertigt, dem Tier jedoch wenig hilft. Während Pasteurs Experimente überwiegend auch den jeweiligen Tiergattungen selbst nützten (es sozusagen aufopferungsvolle Schafe gab, um andere Schafe vor Milzbrand zu schützen), ist in den Tierversuchen der Medizin allein der Mensch Nutznießer der Tierversuche. Bernard war sich überaus bewusst darüber, dass dieser Typus des Experimentierens unvermeidlich einen realexperimentellen Aspekt hat. Die institutionelle Grenze, die im Anschluss an Bacon zwischen den für die Gesellschaft exterritorialen Vorgängen im Labor und den Anwendungen in der Gesellschaft gezogen wurde, versagt hier, da sich das Leiden der Tiere nicht entlang dieser Grenze aufteilen lässt. Bernards Argumentation versuchte, die höheren Werte der Wissenschaft für die Rechtfertigung der Tierversuche in Anspruch zu nehmen, aber er erreichte eher das Gegenteil. Eine bis heute andauernde Debatte über die Berechtigung von Tierversuchen hatte bereits im 19. Jahrhundert ihren ersten Höhepunkt (Elkeles 1996).

Was für Tierversuche gilt, stimmt ebenso für Versuche an und mit Menschen. Sie breiteten sich in der medizinischen und psychopathologischen Forschung zeitgleich mit der erfolgreichen Anwendungsorientierung der Grundlagenwissenschaften aus. War diese für Liebig die Chemie und für Pasteur die Mikrobiologie, so wurde bei Bernard die Physiologie die Grundlagenwissenschaft der experimentellen Medizin:

»Wir sehen leicht, daß die Medizin notwendigerweise dazu tendiert, experimentell zu werden und daß jeder Arzt, der seinen Patienten aktiv Medikamente verabreicht, daran beteiligt ist, die Experimentalmedizin aufzubauen. Wenn jedoch solche Handlung seitens des experimentellen Arztes den Empirismus überschreiten und den Namen Wissenschaft verdienen sollen, müssen sie auf einem Wissen der Gesetze basieren, die die Aktivitäten der inneren Umwelt des Organismus bestimmen [...]. Die wissenschaftliche Basis der experimentellen Medizin ist die Physiologie« (Bernard 1957: 198, unsere Übersetzung).

Im Anschluss an diese deduktionistisch wirkende Aussage betont Bernard die große Bedeutung der beobachtenden Medizin an den Kranken für die Fortschritte der Physiologie. »Das erste Erfordernis also, um experimentelle Medizin zu praktizieren, ist, ein beobachtender Arzt zu sein und von so reinen, einfachen und so vollständigen Beobachtungen der Patienten wie möglich auszugehen« (ebd.). Beide Aspekte zusammenziehend beschreibt

Bernard dann den rekursiven Lernprozess zwischen (theoriegestützter) Physiologie und (einzelfallabhängiger) Pathologie. Die damit verbundene Aufforderung, dass jeder wissenschaftlich orientierte Arzt als experimentierender Praktiker am Fortschritt des medizinischen Grundlagenwissens mitwirken könne und solle, ist die erste explizite methodologische Darstellung der Wissenserzeugung durch das Ineinandergreifen von Realexperiment und Laborexperiment, wenn auch die Terminologie eine andere ist. Diese Balance kann nicht zugunsten einer Seite aufgegeben werden.¹² Zunächst erscheint es in Bernards Text als beinahe widersprüchlich, wenn einerseits die Physiologie als »wissenschaftliche Basis« (ebd.) der Medizin ausgegeben wird, und andererseits die pathologische medizinische Beobachtung als »konstante Basis oder gemeinsamer Grund aller Untersuchungen und Erklärungen« (ebd.: 199) gesehen wird. Die Auflösung liegt in der Rekursion des Lernens. Während die Pathologie den Blick für die Komplexität des Geschehens schult, sucht die Physiologie die möglichst einfache und allgemeine Erklärung. Es wäre nach Bernard katastrophal für die medizinische Wissenschaft, wollte sie die Pathologie als die ›komplexere Wissenschaft‹ auf die Physiologie als die ›einfachere Wissenschaft‹ und vermeintliche Grundlagenwissenschaft zurückführen.

Die weltweite publizistische Wirkung des Essays von Bernard steht den »Chemischen Briefen« Liebigs von 1878 (Liebig 1967) und den öffentlichen Auftritten Pasteurs nicht nach. Sie trägt auch dazu bei, den experimentellen Ehrgeiz der medizinischen Forschung auf den Menschen auszudehnen. Ein Höhepunkt dieser Humanexperimente waren die Syphilis-Untersuchungen des Breslauer Universitätsprofessors Albert Neisser, die er 1898 publizierte. Nach dem Muster der Forschungen Pasteurs ging es um die Kenntnis und Kultivierung des Syphiliserregers. Das Ziel war eine Therapie durch präventive Schutzimpfung. Neisser injizierte mit Vorliebe »jungen, der Prostitution verfallenen Personen« sein Versuchsserum. Initiiert durch einen Artikel in der Tageszeitung »Münchener Freie Presse« am 20. Januar 1899 kam es zu einem öffentlichen Schlagausstausch.¹³ Wir begnügen uns im Folgenden mit einigen Hinweisen auf medizinische Experimente. Sie sind für die Thematisierung von Realexperimenten von größter Bedeutung und sie bleiben bis in die Gegenwart kontrovers, aber sie verlangen eine eigenständige Behandlung, die hier nicht geleistet werden kann.

Das besondere Merkmal dieser Experimente sind die mit ihnen ver-

12 | Liebig hingegen lehnte das Erfahrungswissen der Praktiker ab.

13 | Die Kontroverse ist Gegenstand einer laufenden Dissertation von Katja Sabisch am Graduiertenkolleg »Auf dem Weg in die Wissensgesellschaft« des Bielefelder *Instituts für Wissenschafts- und Technikforschung* (IWT). Ihr verdanken wir Unterlagen zu diesen Fall.

bundenen ethischen Konflikte. In der medizinischen Forschung kommt es neben den zwischengeschalteten Tierexperimenten am Ende jeder Entwicklungskette neuer Medikamente, diagnostischer Verfahren und Therapietechniken immer und unvermeidlich zu realexperimentellen Situationen wie der Arbeit mit Kontrollgruppen und der Beobachtung von Nebenwirkungen. Ihre mögliche Kollision mit strafbaren Handlungen (Körperverletzung und Tierquälerei) wird dadurch vermieden, dass der höhere Wert des Erkenntnisnutzens eine Spezialexemption rechtfertigt. Im Verlaufe der Entwicklung seit der Jahrhundertwende haben Kontroversen und Skandale dazu geführt, dass die demokratische und rechtliche Kontrolle immer weiter ausgebaut wurde und strengere Regelungen greifen. Hierzu gehört die Informationspflicht und Zustimmung Betroffener, strenge Durchführungsbestimmungen für Zulassungsverfahren und Berichtspflichten. Vor allem bei der Zulassung neuer Medikamente und bei Realexperimenten am Krankenbett hat diese Regelungsdichte zu Verbesserungen geführt, ohne die Risiken grundsätzlich beseitigen zu können. Dass es dennoch immer wieder zu Missbrauch und Fehlentwicklungen während und nach der real-experimentellen Phase kommt, liegt nicht nur an Regulierungs-, Verfahrens- und Kontrolldefiziten, sondern auch an der außerordentlichen Komplexität der Materie. Die vielfältigen Wechselwirkungen von Medikamenten mit dem – wie Bernard es nannte – »inneren Milieu« des Körpers, in dem meistens auch andere Medikamente wirksam sind, lassen sich in ihrer Schädlichkeit häufig nicht genügend präzisieren und in experimentelle Designs einbetten.

Neben den genannten Forschungsfeldern, in denen Laborforschung und Realexperimente Hand in Hand gingen (Agrikultur, Tierpathologie und Medizin), sind es auch die Kernfelder der Industrialisierung, in denen Technologieentwicklung und theoretische Forschung zu rekursiven Lernprozessen führen. Zu nennen sind wissenschaftliche Mechanik, Thermodynamik, Elektrizitätslehre und Chemie. Der Wissenschaftshistoriker Thomas Hughes (1987) hat herausgearbeitet, dass der ›Ort‹ dieser Prozesse die sozio-technischen Systeme von der Art der Infrastruktursysteme wie elektrische Versorgung, Transport, Trinkwasserversorgung, Entsorgung von Müll und Abfall sind. Die Rückwirkungen zwischen Erfindung, Implementierung und Beobachtung von Fehlentwicklungen integrieren Forschung und Entwicklung. In Hughes Worten:

»Technological systems contain messy, complex, problem-solving components. They are both socially constructed and society shaping. Among the components in technological systems are physical artifacts, such as the turbogenerators, transformers, and transmission lines in electric light and power systems. Technological systems also include organizations, such as manufacturing firms, utility companies, and invest-

ment banks, and they incorporate components usually labelled scientific, such as books, articles, and university teaching and research programs. Legislative artifacts, such as regulatory laws, can also be part of technological systems» (ebd.: 51).

Der Beschreibung ist zu entnehmen, wie die Integration der Forschung in die Komponenten des Systems dazu führt, das System dynamisch zu halten. Es tendiert dazu, durch immer stärkere Kontrolle seiner Umwelt (Versorgung mit Rohstoffen, Steuerung von Märkten) seine interne Verlässlichkeit und externe Ausdehnung zu steigern. Wir werden im nächsten Kapitel sehen, dass mit ähnlichen Vorstellungen auch die Dynamik ganzer Städte zu verstehen versucht wurde.

Absicht dieses Kapitels ist es gewesen, die Bedeutung der realexperimentellen Einstellung für die Zeit des 19. Jahrhunderts nachzuzeichnen, in der eine Reihe von Wissenschaften theoretisch und methodisch anwendungsreif wurden sowie Prozesse rekursiven Lernens zwischen Forschung im Labor und Forschung im Anwendungskontext sich ergaben oder institutionell eingerichtet wurden. Die Ergebnisse lassen sich unter zwei Gesichtspunkten bündeln: (1) Umstrukturierung der Gesellschaft und (2) Publizität des Wissens:

1. Die Anwendung wissenschaftlichen Wissens bedingte eine Umstrukturierung der Gesellschaft in Richtung einer Regulierung und Kontrolle der industriellen Handlungsmuster nach dem Modell des Labors. Im Gegenzug wurde wissenschaftliche Forschung befähigt, auch komplexe Vorgänge wie die Zyklizität der Lebensprozesse und die Ansteckung von Krankheiten zu analysieren. Die Kombination beider Prozesse führte zu wissenschaftsbasierten Technologien, die zu ökonomischen Grundlagen der Industriegesellschaft wurden – in unseren Beispielen die Konstruktion von Kunstdüngern und Impfstoffen. Unter den gesellschaftstheoretischen Beobachtern dieser Entwicklung wurde die Kausalfrage, ob die Wissenschaft ihre Impulse der Industrie verdankt oder umgekehrt, ständig hin- und hergeschoben. Ideologisch hing viel von dieser Frage ab: Wo liegt die Quelle der Antriebskraft, in der Grundlagenforschung oder in der Industrialisierung? Wir gehen davon aus, dass beides von der realexperimentellen Modernisierungsdynamik und der Bereitschaft zum rekursiven Lernen gespeist wird. Wir haben zu Beginn des Kapitels den amerikanischen Philosophen John Dewey erwähnt, der in seiner Philosophie des Pragmatismus wissenschaftliche Gewissheit und das industrietechnische Streben nach Handlungssicherheit verknüpft hat. Bei dieser Integration von Erkennen und Handeln gilt die experimentelle Methode nicht in erster Linie als ein Hilfsmittel der Wissenschaft zur Gewinnung allgemeiner theoretischer Sätze, sondern als eine Handlungsform, in denen Handlungsplanungen und Handlungsfolgen, Entwürfe und Überraschungen aneinander gebunden sind. In dieser

Konzeption konnte der Pragmatismus zu einer Philosophie der industriellen Gesellschaft avancieren, in der Wissensgenerierung und technischer Fortschritt ineinander greifen.

2. Die Beispielden der Agrikultur, der Seuchenkrankheiten, der Medizin und die infrastrukturellen Innovationsfelder der sozio-technischen Systeme zeigen auf, dass der öffentliche Diskurs eine wesentliche Grundlage realexperimenteller Praktiken ist. Das publizistische Wirken vieler bedeutender Wissenschaftler des 19. Jahrhunderts hat seine Quellen in den Impulsen der Aufklärung im 18. Jahrhundert. Es verändert jedoch seine Funktion sehr stark dadurch, dass nicht mehr (allein) das Wissen über die Welt, sondern die Beteiligung der Wissenschaft an der Veränderung der Gesellschaft der entscheidende Bezugspunkt wird. Francis Bacon hatte zu Beginn der Neuzeit betont, dass die gesellschaftliche Akzeptanz der experimentellen Methode ein Experiment der Gesellschaft mit sich selbst sei. In der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts wurde dieses Programm Realität – aber anders, als die institutionelle Konstruktion des Gesellschaftsvertrags in Aussicht gestellt hatte. Bacon hatte behauptet, dass das Risiko dieses Experiments gering sei, weil es möglich ist, die experimentelle Methode als spezielle Methode des Erkenntniserwerbs in das Institutionensystem der wissenschaftlichen Rationalität einzugliedern. Es hat sich jedoch gezeigt, dass die Wissenschaft danach strebt, möglichst früh die Öffentlichkeit einzubeziehen und von ihr Veränderungen zu erwarten, durch die sich der Nutzen neuen Wissens entfalten kann. Das publizistische Wirken der Forscher des 19. Jahrhunderts zielte darauf, wissenschaftliche Forschungsdynamik mit dem sozialen Wandel zu verknüpfen. Dies ist auch das Thema des folgenden Kapitels, in dem ein besonderer Blick auf die Herausforderung der experimentellen Verknüpfung von wissenschaftlicher Generierung sozialwissenschaftlichen Wissens mit der Anwendung dieses Wissens gelegt werden soll.