

„Energie“ und „Information“. Denkmodelle einer thermodynamischen Konstruktion des Wissens

Maria Osietzki

Zu Beginn des 20. Jahrhunderts richtete der Ingenieur Aurel Stodola in der Einleitung zu seinem Werk über Gasturbinen an die Kollegen den Appell, endlich ihren unnützen und aussichtslosen Feldzug gegen den zweiten Hauptsatz der Thermodynamik aufzugeben und ihn als unumstößliches Naturgesetz zu akzeptieren.¹ Dieses Plädoyer war an eine ingenieurwissenschaftliche Gemeinschaft gerichtet, in der die Konstruktion einer „vollkommenen Maschine“ nach dem kognitiven Vorbild des Carnotschen Kreisprozesses immer noch zu den technischen Sehnsüchten einiger Konstrukteure gehörte. Obwohl an die Verwirklichung eines Perpetuum mobile zwar kaum noch ein Techniker ernsthaft glaubte, nährte das Prinzip der Energieerhaltung eine physikalisch begründete Illusion der verlustfreien Verwandlung von Wärme in Arbeit.²

Um dem im Carnotschen Kreisprozeß wie auch im Energieerhaltungssatz repräsentierten zyklischen Denken Einhalt zu gebieten, hatte sich vierzig Jahre vor Stodola schon der theoretische Physiker Rudolf Clausius, einer der Begründer der mechanischen Wärmetheorie und Theoretiker ihres zweiten Hauptsatzes, veranlaßt gesehen, mit allem Nachdruck zu betonen, daß auf „der Welt nicht alles Kreislauf ist“.³ Eine Abkehr von zyklischen Vorstellungen begründete er durch das Wissen über die Wärme und ihre irreversiblen Erscheinungsformen. Wie er 1850 in seiner grundlegenden Schrift zum zweiten Hauptsatz der mechanischen Wärmetheorie betont hatte, müsse diese zwei Arten der Verwandlung unterscheiden. Denn nur ein Teil der Wärme sei in Arbeit zu verwandeln, während ein anderer Teil im Diffusionsprozeß verloren gehe. Deshalb könne der Wirkungsgrad von Wärme-

¹ Aurel Stodola: Die Dampfturbinen. 3. Aufl. Berlin 1905, S. VII.

² Bezeichnend hierfür ist die Veröffentlichung von Andreas Freiherr von Baumgartner, Präsident der Kaiserlich-österreichischen Akademie der Wissenschaften. Er hob hervor, daß die Wärme, gleichgültig ob im Konzept des „idealen Kreisprozesses“ laut Carnotscher Theorie stofflich oder im ersten Hauptsatz kinetisch vermittelt über die hierdurch erreichte Arbeit theoretisch wieder auf das Ausgangsniveau zu „heben“ war. Siehe Andreas Freiherr von Baumgartner: Das mechanischen Äquivalent der Wärme und seine Bedeutung in den Naturwissenschaften. In: Dingler's Polytechnisches Journal 141, 1856, S 191-204.

³ Rudolf Clausius: Über die verschiedenen für die Anwendung bequemen Formen der Hauptgleichungen der mechanischen Wärmetheorie. In: Pogg. Ann. 201, 1865, S. 353-400.

kraftmaschinen nur einen geringen Prozentsatz betragen. Denn bei der technischen Energieverwertung wie auch generell bei den Umwandlungsprozessen in der Natur komme es beim Wärmeaufkommen stets zu einem Ausgleich von Temperaturdifferenzen. Daß in technischen Prozessen irreversible Verluste an freier Energie zu verzeichnen waren, beunruhigte Natur- und Ingenieurwissenschaftler gleichermaßen, denn auf das Ganze der Natur bezogen schien sich aus dem zweiten Hauptsatz die globale Folgerung zu ergeben, daß alle Bewegung in ferner Zukunft zum Stillstand komme und das Universum durch das gleichmäßig gewordene Bewegungsverhalten der Moleküle erstarre. In kinetischer Präzision des zweiten Hauptsatzes besagte das 1865 von Clausius eingeführte Konzept der „Entropie“, daß die Unordnung auf molekularer Ebene durch den voranschreitenden Ausgleich aller Temperaturdifferenzen wachse.

Während im Verlaufe der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts der erste Hauptsatz der Thermodynamik und vor allem seine Erweiterung auf alle Energieformen im Energieerhaltungssatz eine besondere Wertschätzung erfuhr, und er als „science producing principle“ eine immense Verbreitung und Akzeptanz erreichte⁴, bereitete die Integration des zweiten Hauptsatzes der Thermodynamik und sein Postulat der Irreversibilität thermischer Prozesse in eine von reversiblen mechanischen Denkmodellen geprägte Wissenskultur Probleme.⁵ Die aus dem zweiten Hauptsatz gefolgerte Prognose, wonach der Niedergang des Universums aufgrund der sukzessiven Entwertung der in der Natur vorrätigen potentiellen Energien verbürgt schien, provozierte Zweifel an seiner universellen Gültigkeit. Denn er stand im Widerspruch zur Fortschrittsgewißheit der bürgerlichen Gesellschaft. Insofern war der zweite Hauptsatz der Thermodynamik bis ins 20. Jahrhundert hinein aufgrund der Dominanz reversibler Denkmodelle der Mechanik sowohl auf einer epistemologischen Ebene als auch auf einer sozio-kulturellen Ebene aufgrund der sozio-kulturell bedingten Wünschbarkeit zyklischer Prozesse schwer kommensurabel.

Bisher wurde historisch in erster Linie die epistemologische Diskrepanz zwischen reversibler Mechanik und irreversibler Thermodynamik dargestellt.⁶ Hierin sahen Historiker bisher die zentrale Ursache für die Probleme, den zweiten Hauptsatz physikalisch widerspruchsfrei zu deuten.⁷ Daß auch sozio-kulturelle Motive für die Schwierigkeiten verantwortlich waren, die thermodynamische Prognose der Irreversibilität und des Wärmetods zu

⁴ Jüngst zur Geschichte des Energieprinzips Crosbie Smith: *The Science of Energy*. Cambridge 1999.

⁵ Obwohl es eine Reihe von Studien zur Geschichte des Energieerhaltungssatzes gibt, existieren keine entsprechenden Arbeiten zur Geschichte des zweiten Hauptsatzes. Diese ist allerdings bezogen auf den Thermodynamiker William Thomson in dessen ausführlicher Biographie behandelt. Siehe Crosbie Smith, Norton Wise: *Energy and Empire. A biographical Study of Lord Kelvin*. Cambridge 1989.

⁶ Peter M. Harman: *Energy, Force, and Matter. The Conceptual Development of Nineteenth-Century Physics*. Cambridge, London, New York, Sidney 1982.

⁷ Beispielhaft hierfür Dieter Straub: *Eine Geschichte des Glasperlenspiels. Irreversibilität in der Physik: Irritationen und Folgen*. Basel, Boston, Berlin 1990

akzeptieren, blieb bisher unterbelichtet. Auf diese Problemstellung soll hier der Akzent gelegt werden⁸, denn aus dem sozio-kulturellen Umgang mit dem thermodynamischen Wissen lassen sich Auskünfte über sein Verhältnis zum Alltagswissen gewinnen.

Eine kulturhistorische Betrachtung des exakten Wissens kann von der Prämisse ausgehen, daß wissenschaftlich produziertes Wissen der kontextuellen Glaubwürdigkeit bedarf, um umfassend akzeptiert zu werden. Diese Glaubwürdigkeit wird nach der Einführung wissenschaftlicher Konzepte im Zuge ihrer öffentlichen Darbietung und Popularisierung hergestellt. Erfolgreich kann aber ein solches Unternehmen nur sein, wenn es auf rezeptive sozio-kulturelle Dispositionen trifft.⁹ Symptomatisch für die Geschichte der Thermodynamik war, daß es eine Flut an popularisierender Literatur gab, die das Konzept der Energieerhaltung propagierte und damit seiner Durchsetzung diente.¹⁰ Diese allerdings basierte auf einer gesellschaftlichen Interessenlage, die sich mit den Kernaussagen des Energieprinzips deckte. Der zweite Hauptsatz hingegen wurde vor der ökologischen Wende in den 1970er Jahren kaum popularisiert.¹¹ Zwar galt er bereits in der Kulturkrise der Jahrhundertwende als Bezugspunkt für kulturpessimistische Reflexionen.¹² Doch erst unter dem Eindruck der Energiekrise und der Umweltdebatte diente er zur naturgesetzlichen Bekräftigung eines ökologisch fundierten Weltbildes. Im Kontext der Kritik an der Nutzung nichtregenerativer Ressourcen repräsentierte der zweite Hauptsatz der Thermodynamik eine ökologische Interessenlage, da sich mit seiner Hilfe die Aussage naturwissenschaftlich fundieren ließ, der Umgang mit Energie in der westlichen Welt sei zerstörerisch und beschleunige den vom zweiten Hauptsatz prognostizierten Niedergang. Mithin konfrontiert die Rezeptionsgeschichte der beiden Hauptsätze der Thermodynamik mit lange andauernden asymmetrischen Wertschätzung ihrer beiden Kernaussagen, obwohl diese fast parallel um 1850 formuliert wurden. Symptomatisch für die unterschiedliche Bewertung der beiden Hauptsätze ist etwa die Metaphorik in einer populärwissenschaftlichen Schrift des Ingenieurs Felix

⁸ Bisher existiert keine kulturhistorische Deutung der beiden Hauptsätze der Thermodynamik. Einen solchen Versuch habe ich in meiner noch nicht veröffentlichten Habilitationsschrift unternommen. Sie wird unter dem Titel „Bürgerliche Kräfteökonomie in thermodynamischer (Un-)Ordnung. Energie und Entropie im 19. Jahrhundert“ erscheinen.

⁹ Ein Beispiel für die Herstellung der Glaubwürdigkeit der Thermodynamik in Großbritannien ist die Zusammenarbeit von William Thomson und James Prescott Joule – ausgeführt in Crosbie Smith, Norton Wise: *Energy and Empire*.

¹⁰ Felix Auerbach: *Die Weltherrin und ihr Schatten*. Ein Vortrag über Energie und Entropie. Jena 1902. Andreas Freiherr von Baumgartner: *Das mechanische Äquivalent der Wärme*. Leo Graetz: *Über Energie und Materie*. München 1928. Theodor Gross: *Über den Beweis des Prinzips von der Erhaltung der Energie*. Berlin 1891. Alfred Helfenstein: *Die Energie und ihre Formen*. Leipzig. Wien 1903. Hans Januschke: *Das Prinzip von der Erhaltung der Energie und seine Anwendung in der Naturlehre*. Leipzig 1897. Gustav Krebs: *Die Erhaltung der Energie als Grundlage der neueren Physik*. München 1877. Julius Obermiller: *Der Kreislauf der Energien in Natur, Leben und Technik*. Leipzig 1919. Alfred Stein: *Die Lehre von der Energie*. Leipzig 1909.

¹¹ Christian Schütze: *Das Grundgesetz vom Niedergang*. München 1989. Jeremy Rifkin, Ted Howard: *Entropy: A New World View*. New York 1980.

¹² Vgl. Oswald Spengler: *Der Untergang des Abendlandes*. Bd. II. München 1923.

Auerbach, der 1902 die Energie als strahlende Königin umschrieb, während er die Entropie mit dem Bild eines „bösen Schattens“ verglich, der die Königin bedrohe.¹³

Worin nun lag die Differenz in der Bewertung der beiden Hauptsätze begründet, so soll hier gefragt werden? Auf das Thema des Workshops bezogen ist die Problemstellung weiter in der Frage zuzuspitzen, welches Verhältnis zwischen Alltagswissen und wissenschaftlichem Wissen sich aus der asymmetrischen Wertschätzung der beiden Hauptsätze erschließen läßt. Im Hinblick auf die sozio-kulturellen Rezeptionsprobleme mit dem zweiten Hauptsatzes ist zu fragen: 1) Unter welchen Bedingungen wurde ein Wissen produziert, das mit der vorherrschenden bürgerlichen Ideologie des Fortschritts in Konflikt geriet. 2) Wie reagierte die Community der Natur- und Ingenieurwissenschaftler auf den Widerspruch, wonach in der Alltagswelt die Gewißheit einer aufsteigenden Entwicklung vorherrschte, während in der Physik das Prinzip der entropischen Endlichkeit aller nutzbaren freien Energien prognostiziert wurde und damit der Niedergang der Welt wahrscheinlich schien. Wie ich am Schluß in der gebotenen Kürze darlegen werde, diente das Konzept der „Information“ zur kognitiven Abkehr von der thermodynamischen Endlichkeit, gegen die das „negentropische“ – das heißt die Entropie umkehrende – Ordnungssystem der „Information“ gestellt wurde.

Die Begründung der Energieerhaltung

Die Glaubwürdigkeit des ersten Hauptsatzes der Thermodynamik wurde ganz entscheidend durch das Postulat der Erhaltung erreicht, das auf alle Energieformen auszudehnen war. Daraus ergab sich die Prognose einer Stabilität der Natur, die aufgrund der mechanischen Bewegungsgesetze prekär geworden war. Denn die Reibung galt in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts als ein Effekt, der theoretisch nicht schlüssig zu deuten und auf der Grundlage des damals vorhandenen Wissens auch nicht zu berechnen war.¹⁴ Wie beunruhigend dieses Problem war, läßt sich erst in seinem ganzen Umfang ermessen, wenn man bedenkt, welche symbolische Bedeutung die Kräfte und ihre Verluste im Kontext der bürgerlichen Gesellschaft hatten. Diese grenzte sich gegen die starren Reglements des Ancien Régime mit den Konzepten „Bewegung“ und „Kraft“ ab, indem sie diese Kategorien zu Identitätsmerkmalen eines bürgerlichen Sozialcharakters stilisierte.¹⁵ Es waren mithin nicht

¹³ Felix Auerbach: Die Energie und ihr Schatten.

¹⁴ Georg Vogelpohl, Hans Krause: Geschichte der Reibung. Eine vergleichende Betrachtung aus der Geschichte der klassischen Mechanik. Düsseldorf 1981.

¹⁵ Leider gibt es noch keine Geschichte der Bedeutung von Kraft im bürgerlichen Selbstverständnis, obwohl zahlreiche Studien zur Geschichte der bürgerlichen Gesellschaft sich auf Zitate stützen, in denen mit diesem Konzept operiert wird. Beispielhaft seien hier die Beiträge genannt, die in folgendem Sammelband zusammengestellt sind Hans-Jürgen Schings (Hg.): Der ganze Mensch. Anthropologie und Literatur im 18. Jahr-

nur technische Probleme, die nach einer theoretischen Durchdringung der Reibung verlangten. Auf die dadurch hervorgerufenen Verluste an Kraft wurde die Aufmerksamkeit auch deshalb gelenkt, weil die Stabilität der Kräfte und ihre Erhaltung ein symbolisch hochgradig aufgeladenes Thema war. Denn in den mechanischen Effekten, die aufgrund der Reibung zu Einbußen an Kräften führten, schien sich zu versinnbildlichen, mit welchen Verlusten die bürgerliche Gesellschaft zumal im Zuge der fortschreitenden Mechanisierung und Industrialisierung ihrer Produktionsprozesse zu rechnen hatte.

Als nach der Stabilität der Kräfte auf der Grundlage der Mechanik gefragt wurde, konnte zu Beginn des 19. Jahrhunderts weder die leibnizsche Prognose der Erhaltung der „vis viva“ noch die Annahme Newtons überzeugen, daß Gott gelegentlich ordnend in den Haushalt der Kräfte eingreife. Denn im Zuge der Säkularisierung des naturwissenschaftlichen Weltbildes schienen solche Rückgriffe auf metaphysische Konstruktionen nicht mehr legitim. Obwohl zur Zeit der Romantik in der Naturphilosophie die Potentiale des Lebendigen wie auch des Spirituellen als Stabilitätsfaktoren gegen eine mechanisch verlustreiche Kräfteökonomie stark gemacht wurden, konnte eine solche Lösung im Kontext der bürgerlichen Gesellschaft allenfalls als Flucht, Trost oder Revolte zur Wirksamkeit kommen.¹⁶ Aus der Sicht der auf dem Boden der Mechanik stehenden Naturwissenschaftler war das Denkmodell der selbstregenerativen Kräfte spätestens seit den 1830er Jahren inakzeptabel geworden.¹⁷ Die Annahme einer „Lebenskraft“ etwa paßte nicht zu einer symbolischen Ordnung, in der die mechanischen Kräfte der Bewegung, der Arbeit und damit unabwendbar auch der Reibung an die Spitze einer prosperitätszentrierten bürgerlich-männlich dominierten Wertehierarchie traten.

Als Hermann von Helmholtz 1847 seine Schrift „Über die Erhaltung der Kraft“ publizierte¹⁸, eröffnete er damit einen thermodynamischen Zugang zur Deutung der Kräfte. Demnach war die mechanische Reibung, die bisher als Verlust zu verbuchen war, in ein Erhaltungspostulat zu überführen. Denn er wie auch die anderen Pioniere des ersten Hauptsatzes der Thermodynamik argumentierten, daß sich mechanische Bewegung äquivalent in Wärme und diese wieder in Arbeit verwandeln lasse, weshalb von einer Erhaltung der Kräfte zu sprechen sei. Da dieses Postulat auch auf die anderen großen Agentien der

hundert. Stuttgart, Weimar 1994. Aus geschlechtergeschichtlicher Sicht instruktiv Claudia Honegger: Die Ordnung der Geschlechter. Die Wissenschaften vom Menschen und das Weib. 2. Aufl. Frankfurt a.M., New York 1991.

¹⁶ Eine auf diesen Konzepten basierende Deutung der Romantik bot Cornelia Klinger: Flucht, Trost, Revolte. Die Moderne und ihre ästhetischen Gegenwelten. München, Wien 1995. Zur Geschichte der Naturphilosophie siehe Dietrich von Engelhardt: Naturforschung im Zeitalter der Romantik. In: Walter Ch. Zimmerli (Hg.): „Fessellos durch die Systeme“: frühromantisches Naturdenken im Umfeld von Arnim, Ritter und Schelling. Stuttgart-Bad Cannstatt 1997, S. 19-48.

¹⁷ Hierzu beispielhaft Richard L. Kremer: The Thermodynamics of Life and Experimental Physiology 1770-1880. New York, London 1990.

¹⁸ Hermann von Helmholtz: Über die Erhaltung der Kraft. Leipzig 1847.

Natur wie das Licht, die Elektrizität oder den Magnetismus ausgedehnt wurde, galt Helmholtz' Schrift als Hoffnungsträger einer auf dem Boden der Mechanik stehenden Wissenschaftlichkeit, mit der es gelang, die Erhaltung der Energie ohne Rückgriff auf das metaphysische Konzept der „vis viva“ und vitalistische Postulate der Naturphilosophen zu axiomatisieren. Damit behielten die Konzepte der „Bewegung“ und der „Arbeit“ ihre hegemoniale Position in der Hierarchie der Kräfte, die sich aber fortan nicht mehr durch sich akkumulierende Verluste aufzuzehren schienen. Die perhorreszierte Destabilisierung aufgrund der Zerstörung von Kräften war durch das Postulat des mechanischen Wärmeäquivalents und der hierdurch begründbaren Erhaltungsdoktrin abgewendet worden. Deren Erweiterung auf alle Energieformen basierte auf der Annahme, daß Energie das Vermögen sei, Arbeit zu leisten. Eine solche Konzeptualisierung der Kräfte, die sich auf Kategorien wie „Bewegung“ und „Arbeit“ stützte, trug den Sieg über die Annahme selbstregenerativer Kräfte davon, die nach der Begründung des ersten Hauptsatzes nicht nur als Symbol des „Lebendigen“ vom Primat der Arbeit dominiert wurden. Vorerst wurden selbstregenerative Kräfte naturwissenschaftlich gar nicht mehr wissenschaftlich repräsentiert. Eine Änderung brachten erst neovitalistische Strömungen gegen Ende des 19. Jahrhunderts sowie die Denkmodelle der Selbstorganisation, die, teilweise in Reaktion auf den zweiten Hauptsatz der Thermodynamik, mehr oder weniger explizit auf die Naturphilosophie Bezug nahmen.¹⁹

Die Durchsetzung des Energieerhaltungssatzes als des zentralen und legitimen Naturgesetzes vom Verhalten des natürlichen Arbeitsvermögens favorisierte eine naturwissenschaftliche Perspektive, aus der die Kontrolle der Kräfte und die Vorhersagbarkeit ihres Verhaltens auf der Grundlage mechanischer Deutungsweisen gesichert schien. Da aber die Kräfte der Mechanik und Thermodynamik nicht nur eine naturwissenschaftliche Relevanz hatten, sondern Bestandteile einer symbolischen Ordnung waren, korrespondierte die Konzeptualisierung der Kräfte mit sozialen Vorstellungen. Die Begründung, Popularisierung und Akzeptanz des Energieerhaltungssatzes lag dabei in einer Linie mit der Vorherrschaft eines leistungswilligen, bürgerlich-männlichen Kräfteideals, das sich in „Bewegung“ und „Arbeit“ versinnbildlichte.²⁰

¹⁹ Vgl. hierzu etwa Wolfgang Krohn, Günter Küppers (Hg.): *Selbstorganisation. Aspekte einer wissenschaftlichen Revolution*. Braunschweig 1986. Marie-Luise Heuser-Keßler: *Die Produktivität der Natur. Schellings Naturphilosophie und das neue Paradigma der Selbstorganisation in den Naturwissenschaften*. Berlin 1986.

²⁰ Hierzu ausführlicher Maria Osietzki: *Körpermaschinen und Dampfmaschinen. Vom Wandel der Physiologie und des Körpers unter dem Einfluß von Industrialisierung und Thermodynamik*. In: Philipp Sarasin, Jakob Tanner (Hg.): *Physiologie und industrielle Gesellschaft. Studien zur Verwissenschaftlichung des Körpers im 19. und 20. Jahrhundert*. Frankfurt a.M. 1998, S. 313-346. Interessant zur thermodynamischen Überformung des Körpers auch Anson Rabinbach: *The Human Motor. Energy, Fatigue, and the Origins of Modernity*. Berkeley, Los Angeles 1992.

Konstitutive Bedingung für die Glaubwürdigkeit der Energieerhaltung war insofern der Entwurf einer Subjektivität, deren bürgerliche Identität sich durch Kräfte auszeichnete, die in der mechanischen Epistemologie ihre Entsprechung fanden: sich nicht nur (natur)gesetzlich kontrollieren, in ihrem Bewegungsverhalten wissenschaftlich vorhersagen, im Rahmen eines reversiblen Denkmodells manipulieren und in Bewegung und Arbeit umsetzen zu lassen. Dem Schulterschuß zwischen einer leistungswilligen, gesetzestreu bürgerlichen Männlichkeit mit dem Kräfteideal des Energieprinzips gehörte auch die Abgrenzung gegen andere Kraftkonzepte an, die in ihrer naturphilosophischen Konzeptualisierung eher mit dem Entwurf des „ganzen Menschen“ übereinstimmten²¹, zu dem beispielsweise auch Kräfte der Imagination oder gar sympathetische Kräfte gehören durften, selbst wenn sie etwa im animalischen Magnetismus zur Wirksamkeit kamen. Der Energieerhaltungssatz paßte hingegen zu einer Männlichkeit, die mit einer Beherrschbarkeit der Kräfte rechnete und ihre Beherrschung zu einem zentralen Merkmal ihrer sozio-kulturellen Dominanz erhob. Das Konzept der Energie erhielt insofern aus dem Kontext einer spezifischen bürgerlich-männlichen Kräfteökonomie seine Plausibilität und Akzeptanz.

Gestützt wurde die Glaubwürdigkeit des ersten Hauptsatzes freilich nicht nur durch die soziale Verherrschung des bürgerlich-männlichen Sozialcharakters. Seine sozio-kulturelle Wertschätzung erhielt das Energieprinzip auch aufgrund seiner versöhnlichen Deutung, wonach die Kräfte im Wandel erhalten bleiben. Dieser zweite Aspekt der Glaubwürdigkeit des Energieprinzips bot eine unverzichtbare Ergänzung. Denn während der Schulterschuß zwischen Energie und bürgerlicher Männlichkeit dieser gleichsam entsprang, ihr sozusagen angehörte und sie sozial stützte, bezog der Energieerhaltungssatz seine besondere Akzeptanz aus einem Überschuß an Hoffnung, wonach die Folgen des industriellen Gebrauchs nichtregenerativer Ressourcen abzuwenden seien. Die Akzeptanz des Energieerhaltungssatzes speiste sich mithin nicht nur aus dem Kontext einer Männlichkeit, in deren Sozialcharakter die Konzepte „Kraft“, „Bewegung“ und „Arbeit“ hervorstachen, sondern auch aus dem Hoffnungspotential, die verlustreichen Folgen einer bürgerlich-männlichen, „aufreibenden“ Kräfteökonomie negieren zu können. Das Energieprinzip gehörte insofern einer bürgerlich-männlichen Kultur an, in der ihre eigenen Konsequenzen kognitiv durch die Begründung des Phantasmas der Erhaltung abgewehrt wurden.

Die thermischen Verluste und ihre Abwehr

Die Welt der Kräfte wäre im Sinne einer bürgerlich-männlichen Kräfteökonomie durch die Begründung des Energieprinzips in bester Ordnung gewesen, wenn die Eigenschaft der Wärme sich lediglich auf eine im ersten Hauptsatz beschriebene äquivalente Wandelbar-

²¹ Vgl. hierzu die Beiträge in Hans-Jürgen Schings (Hg.): Der ganze Mensch.

keit reduziert hätte. Sie zeichnete sich aber noch durch eine weitere Eigenschaft aus: von selbst von einem höheren auf ein niedrigeres Temperaturniveau zu sinken.²² Die Beschreibung dieser im zweiten Hauptsatz der Thermodynamik dargelegten Eigenschaft war unverzichtbar, da sich nur durch Berücksichtigung beider Umwandlungsformen etwa Prozesse, die im Betrieb von Wärmekraftmaschinen abliefen, exakt beschreiben und berechnen ließen.

Die für den niedrigen Wirkungsgrad der Dampfmaschinen verantwortliche Diffusion der Wärme führte dazu, daß man annehmen mußte, im Laufe der Zeit entwerte sich sukzessive der Vorrat an potentieller Energie. In ihrer universalisierenden Weise spekulierten die Naturwissenschaftler, daß die thermischen Verluste auf der Welt und im Universum zunehmen würden, und daher in ferner Zukunft der Wärmetod unabwendbar sei. Als erster formulierte diese Prognose 1854 Helmholtz – übrigens opportunistisch im Kontext einer von Theologen dominierten Fakultät, in der er seine eigene Wertschätzung als Naturwissenschaftler durch einen Vortrag zu steigern suchte, in dem er darlegte, daß die Prognosen der exakten Disziplinen mit theologischen Annahmen des Jüngsten Gerichts in Übereinstimmung zu bringen seien.²³ Tatsächlich war im klerikalen Umfeld die Akzeptanz des zweiten Hauptsatzes größer als unter Agnostikern. Friedrich Engels etwa echauffierte sich in seinem Briefwechsel über die Unart einiger Deutscher, an einen Wärmetod zu glauben.²⁴

Die Wärme wurde in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts zu einem Symbol unerwünschter sich auf der Welt ereignenden Transformationen. Es liegt auf der Hand, daß im Kontext der bürgerlichen sich industrialisierenden Gesellschaft die Prognose des zweiten Hauptsatzes, der formuliert worden war, um den in der Dampfmaschine sich ereignenden Prozessen phänomenologisch gerecht zu werden, auf einer sozio-kulturellen Ebene ein unliebsames Wissen repräsentierte. Es schien zwar wissenschaftlich begründet, emotional aber nicht akzeptabel – zumindest aus der Sicht fortschrittswilliger Sozialgemeinschaften. Während der erste Hauptsatz im Kontext bürgerlicher Männlichkeit seinen Rückhalt gewann, sperrten sich Wissenschaftler und die wenigen mit der Prognose des zweiten Hauptsatzes bekannten naturwissenschaftlichen Laien in der Regel gegen das durch ihn begründete pessimistische Weltbild.

Die Ideologie der prosperitätsgewissen westlichen Gesellschaften stellte einen kulturellen Kontext dar, zu dem der zweite Hauptsatz nicht paßte. Denn dieser repräsentierte ein

²² Die grundlegende Schrift des zweiten Hauptsatzes der Thermodynamik ist von Rudolf Clausius: Über die bewegende Kraft der Wärme und die Gesetze, die sich daraus für die Wärmelehre ableiten lassen. In: Pogg. Ann. 79, 1850, S. 368-397, 500-524.

²³ Hermann von Helmholtz: Über die Wechselwirkung der Naturkräfte und die darauf bezüglichen neuesten Ermittlungen der Physik. Ein populär-wissenschaftlicher Vortrag gehalten am 7. Februar 1854. Königsberg 1954.

²⁴ Hierzu Sven-Eric Liedmann: Das Spiel der Gegensätze. Friedrich Engels Philosophie und die Wissenschaften des 19. Jahrhunderts. Frankfurt a.M., New York 1986, S. 162.

Wissen, das die Aufmerksamkeit auf die negativen Begleiterscheinungen der Industrialisierung lenkte.²⁵ Insofern korrespondierte die asymmetrische Wertschätzung der beiden Hauptsätze der Thermodynamik mit einem durch ihre beiden Kernaussagen gestützten Potential an Hoffnung und an Furcht in Bezug auf das Verhältnis der Menschen zu ihren Maschinen und zur Natur. Während der erste Hauptsatz aufgrund seines Erhaltungspostulats als Krönung des naturwissenschaftlichen Wissens galt und deshalb eine große Wertschätzung erfuhr, galt der zweite Hauptsatz als notwendiges Übel. Zwar schien er zur vollständigen Beschreibung des Wärmeverhaltens in Kraftmaschinen unverzichtbar, in seiner prognostischen und symbolischen Bedeutung aber bot er im Kontext der bürgerlich-männlich geprägten Gesellschaftsordnung und ihrer positiven Zukunftserwartungen ein sperriges Wissen. Mochten die Natur- und Ingenieurwissenschaftler auch mit den Rechenoperationen des zweiten Hauptsatzes arbeiten, in seiner weltbildkonstituierenden Bedeutung aber lehnten ihn viele ab.

Bezeichnend für eine Abwehr der thermodynamischen Endlichkeitsprognose war der Umgang James Clerk Maxwells mit dem zweiten Hauptsatz. Obwohl er ihn im Sinne einer kinetischen Interpretation der Wärme weiterentwickelte, bemühte er sich doch, seine Glaubwürdigkeit durch Denkoperationen in Frage zu stellen. Seine Überlegungen kreisten um die Möglichkeit, „to pick a hole ... into the second law“.²⁶ Diese Aufforderung richtete er zunächst an seinen britischen Kollegen Peter Guthrie Tait, ein Physiker, der ein Lehrbuch über die mechanische Wärmetheorie schreiben wollte.²⁷ Konkrete Schritte zur „Durchlöcherung“ des zweiten Hauptsatzes unternahm er selbst, als er ein Wesen ersann, dem er die Fähigkeit zuschrieb, Teilchen in einem Gefäß nach ihrem Bewegungsverhalten, daß heißt nach ihrer Geschwindigkeit, zu sortieren, um auf diese Weise einen Bereich höheren Temperaturniveaus schaffen zu können.²⁸ Das Wesen, das später Maxwells britischer Kollege, der Thermodynamiker William Thomson, Dämon nannte, war erfunden worden, um die Denkmöglichkeit eines Vermögens zu illustrieren, die Wärme sozusagen „konzentrieren“, sie von einem ausgeglichenen Niveau in eine Temperaturdifferenz überführen und damit die Konsequenzen des zweiten Hauptsatzes, also den Wärmetod, abwenden zu können. Von dieser Denkmöglichkeit waren und sind viele Physiker bis heute fasziniert. Leo Szilard sei hier als Beispiel genannt. Er gab seiner 1929 erschienen Schrift bezeichnender-

²⁵ Hieraus zogen einige Natur- und Ingenieurwissenschaftler die Konsequenz, für die weitere Entwicklung die stärkere Verwendung regenerativer Energiequellen wie die Wasserkraft zu empfehlen. Vgl. William Siemens: Über die Nutzbarkeit der Wärme und andere Naturkräfte. In: Ders.: Einige wissenschaftlich-technische Fragen der Gegenwart. Berlin 1879, S. 1-34. Rudolf Clausius: Über die Energievorräte in der Natur. Bonn 1885.

²⁶ Quellen zum Kontext des Entwurfs von Maxwells Dämon sind publiziert in C.G. Knott: Life and Scientific Work of Peter Guthrie Tait. Cambridge 1911, S. 213.

²⁷ Ebd.

²⁸ Materialien zu Maxwells Dämon in Harvey S. Leff, Andrew F. Rex (Hg.): Maxwell's Demon. Entropy, Information, Computing. Bristol 1990.

weise den Titel: „Über die Entropieverminderung in einem thermodynamischen System bei Eingriffen intelligenter Wesen“.²⁹

Es sei Intelligenz nötig, um die Konsequenzen der Thermodynamik abzuwenden, so hatte Maxwell 1877 in einem Artikel über „Diffusion“ in der Encyclopädia Britannica postuliert. Darin hob er explizit hervor, „that the idea of dissipation of energy depends on the extent of our knowledge“.³⁰ Er führte aus, daß die Vorstellung vom energetischen Niedergang der Natur einem noch begrenzten Erkenntnisvermögen angehöre, das Menschen auf einer Entwicklungsstufe haben, auf der sie noch nicht fähig sind, die kleinsten Teilchen der Materie zu manipulieren, sie nach ihrem Bewegungsverhalten und ihrer Geschwindigkeit so zu dirigieren, daß hierdurch die Schaffung von Temperaturdifferenzen möglich und die Diffusion umkehrbar werde. Sein Denkmodell des Dämons zielte mithin auf die Leugnung der universellen Gültigkeit des Entropieprinzips, das nicht zum Weltbild der fortschrittswilligen westlichen Zivilisation passen wollte. Es war von Maxwell entworfen worden, um nicht nur naturwissenschaftlich einen Weg zu finden, die entropische Endlichkeit abzuwehren. Er verfolgte auch die Intention, den Widerspruch zwischen dem thermodynamischen Befund und der sozio-kulturellen Interessenlage einer fortschrittsorientierten Bürgerlichkeit zu überschreiten.³¹

Da naturwissenschaftliches Wissen durch die Begründung des zweiten Hauptsatzes in Konflikt mit der prosperitätswilligen Siegesgewißheit bürgerlich-männlicher Welt- und Naturaneignung geriet, entstand eine Kluft zwischen dem exakten Wissen und alltagsrelevanten Hoffnungspotentialen. Diese wurden zwar nicht von allen Repräsentanten der bürgerlichen Gesellschaft geteilt. Es gab auch Rezipienten des zweiten Hauptsatzes, die ihn als Bestätigung einer kulturpessimistischen Weltsicht ansahen. Ganz generell aber trat die entropische Niedergangsprognose aufgrund der wachsenden thermischen Verluste und der zunehmenden molekularen Unordnung mit dem sozio-kulturellen Status der Naturwissenschaften und vor allem der Physik in Konflikt, da doch die exakten Disziplinen als Hoffnungsträger des Fortschritts galten und ihre Repräsentanten sich selbst so verstanden. Zu ihrem Selbstbild geriet der zweite Hauptsatz der Thermodynamik deshalb in ein Spannungsverhältnis.

²⁹ Leo Szilard: Über die Entropieverminderung in einem thermodynamischen System bei Eingriffen intelligenter Wesen. In: Zeitschrift für Physik 53, 1929, S. 840-856. Weitere Texte zu diesem Thema finden sich in Harvey S. Leff, Anrew F. Rex (Hg.): Maxwell's Demon.

³⁰ James Clerk Maxwell: „Diffusion“ in: Encyclopaedia Britannica, Bd. 7, 9. Aufl. London 1877, Sp 214-221.

³¹ Vgl. hierzu ausführlicher Maria Osietzki: „Energetische“ Optimierungsstrategien und „kybernetische Visionen“. Zum Krisenmanagement thermodynamischer Niedergangsprognosen. In: Hans-Liudger Dienel (Hg.): Der Optimismus der Ingenieure. Triumph der Technik in der Krise der Moderne um 1900. Stuttgart 1998, S. 25-55.

Bemerkenswert an Maxwells Denkmodell war, daß er zur kognitiven Abkehr von der thermodynamischen Endlichkeit zweierlei unternahm: erstens eröffnete er die Aussicht auf eine modifizierte, die entropische Unordnung abwehrende Naturbeschreibung; dabei aber setzte er zweitens auf die Konstruktion eines menschlichen Vermögens, das sich durch die Verfügung über „Information“ charakterisierte. Maxwell baute demnach auf die ausbaufähigen Potentiale des Wissens, wobei er aber nicht nur dessen quantitatives Wachstum postuliert, sondern auch auf eine damit verbundene qualitative Entwicklung der Menschen hoffte. „Wissen“ sollte demnach zu einem intermediären Faktor werden, der sowohl auf den Entwurf eines „Neuen Menschen“ wie auch auf seine erweiterten intellektuellen Potentiale bezogen war.

Wie sich an dem Denkkonstrukt des Maxwellschen Dämons exemplifizieren läßt, betrifft zumindest ein umfangreiches Kapitel in der Geschichte der Thermodynamik den Übergang von der Arbeits- zur Wissensgesellschaft. Denn die Energielehre – so wurde die Thermodynamik gelegentlich in Lehrbüchern auch genannt – hatte im Zentrum das Konzept der „Arbeit“. Da die Arbeitsreservoirs im Sinne der verfügbaren potentiellen Energie laut zweitem Hauptsatz endlich schienen, schickte sich Maxwell an, sie gleichsam durch das Denkmodell einer diese Entwicklung abwendenden „Information“ wieder zu öffnen. Dabei stellte er dem Primat des Konzepts „Energie“ im Sinne von Arbeitsvermögen das der „Information“ voran, das die Summe des „Wissens“ umschrieb.

Die Geschichte der Thermodynamik zeichnet sich nicht nur durch einen grundlegenden Umbau der epistemologischen Grundlagen des Wissens im Hinblick auf die Ergänzung reversibler Denkmodelle der Mechanik durch das Prinzip der entropischen Irreversibilität aus. Nicht nur auf einer solchen theoretischen Ebene kam es in den Naturwissenschaften des 19. Jahrhunderts zur Erweiterung der vorhandenen paradigmatischen Denkmodelle. Zum Umbau des Wissens in Reaktion auf den zweiten Hauptsatz gehörte auch, daß auf eine Natur, die in der Erscheinung der Wärme einen „Eigensinn“ repräsentierte, mit intellektuellen Instrumenten geantwortet wurde, die geeignet sein sollten, diesen „Eigensinn“ mit den Mitteln der menschlichen intellektuellen Entwicklung und der dadurch erreichbaren Erweiterung des Wissens zu brechen. Wenn der Informationstheoretiker Claude Shannon 1948 der Information explizit „negentropische“ Eigenschaften zusprach³², dann bediente er sich dabei eines symbolischen Kapitals, das sich aus kognitiven Denkmöglichkeiten speiste, das thermodynamische Erbe der Endlichkeit aller nutzbaren Energien zumindest auf der Ebene intellektueller Konstrukte aufzukündigen.

Trotz der vielfältigen intellektuellen Versuche, auf dem Wege von Denkkonstrukten die negativen Folgen des thermodynamischen Wissens abzuwenden, konnte im technischen

³² Claude E. Shannon: A mathematical theory of communication. In: Bell System Technical Journal 27, 1948, S. 379-479.

Umgang mit Energie die Vernutzung der Ressourcen angesichts der weitreichenden Verwendung nichtregenerativer Antriebstechniken nicht abgewehrt werden. Durch die Einführung neuer kognitiver Konzepte wie dem der „Information“ gelang es lediglich, versöhnliche Optionen zu eröffnen und Denkperspektiven zu ersinnen, die eine Abwehr des entropischen Niedergangs zumindest punktuell und temporär in Aussicht stellten. Als Exempel hierfür sei zum Schluß noch die Schrift des Quantenmechanikers Erwin Schrödinger genannt, der 1944 in dem Buch „Was ist Leben“ ausführte, daß sich das Leben durch die Fähigkeit auszeichne, sich von der Entropie zu befreien.³³ Diese aber wurde im Vollzug des Lebens unweigerlich in der Umgebung, in der ein Organismus lebt, erhöht. Das „Lebendige“ schien nunmehr einen Ort zu symbolisieren, an dem die Unordnung lediglich nach außen abzugeben war, während mit den Mitteln der „Intelligenz“, der „Information“ und des „Wissens“ negentropische Wege beschritten werden sollten, auf denen die Überwindung der entropischen Unordnung und des thermischen Niedergangs erreichbar schien.

Naturwissenschaftliches Wissen und seine „alltäglichen“ Kontexte

Kennzeichnend für die Moderne war, daß die Potentiale des „Lebendigen“ nicht mehr wie noch um die Wende zum 19. Jahrhundert innerhalb der romantischen Naturphilosophie gegen das mechanische Weltbild und seine Reibungsverluste mobilisiert und symbolisch in Kontrast dazu gesetzt wurden. Die binären Deutungsmuster, die das 19. Jahrhundert beherrschten, lösten sich im Zuge der Durchsetzung kybernetischer Rationalitätsformen auf, mit denen auch das „Lebendige“ durch ein Wissen erschlossen werden sollte, das dem kognitiven Primat der „Information“ folgte. Dessen Begründung und der Anspruch auf seine Vorherrschaft im System kognitiver Deutungsoptionen unterschied sich insofern von der Dominanz des Konzepts der „Energie“; denn dieses wurde gegen vitalistische Deutungsalternativen der Naturphilosophen gestellt und damit gegen alternative Erhaltungspostulate profiliert. Im Zuge der Durchsetzung des Konzepts der „Information“ wurde das „Lebendige“, das ehemals „das Andere“ einer naturwissenschaftlichen Epistemologie war, nun deren Zugriffen unterstellt.

Für die Historisierung des Verhältnisses zwischen dem wissenschaftlichen Wissen und der Alltagswelt ergibt sich hieraus eine folgenreiche Bedingung. Wie aus der Geschichte der Thermodynamik zu lernen ist, gab es Wissensformationen, die ihre Validität eher aus einer Korrespondenz mit sozio-kulturellen Werten und Hoffnungspotentialen bezogen und insofern auf einer großen Affinität zwischen naturwissenschaftlichen Denkmodellen und

³³ Erwin Schrödinger: Was ist Leben? (1944) 4. Aufl. München 1993. Wissenschaftshistorisch dazu Evelyn Fox Keller: Das Leben neu denken. München 1998, S. 74 ff.

alltagsrelevanten Orientierungen beruhten. Hierzu gehörte der Energieerhaltungssatz. Der zweite Hauptsatz der Thermodynamik hingegen entbehrte eines rezeptiven Kontextes. Obwohl auch er von den Konzepten der „Bewegung“ und „Arbeit“ seinen Ausgang nahm, repräsentierte er ein Wissen, das zwar den realen technischen Prozessen der verlustreichen Wärmekraftmaschinen entsprach, aber nicht mit dem Fortschrittswillen der bürgerlichen Gesellschaft übereinstimmte. Er stand für die Differenz zu den technischen Hoffnungen, die das Energieprinzip nährte – obgleich dies in einer illusionären, den bürgerlich-männlichen Phantasmen entsprechenden Weise geschah.

Für die Deutung des Verhältnisses zwischen wissenschaftlichem Wissen und Alltagswelt ergeben sich aus beiden Hauptsätzen weitreichende Konsequenzen. Wie an der Fallstudie zur Geschichte der Thermodynamik zu sehen war, mußte das sozio-kulturell überfrachtete Wissen des ersten Hauptsatzes mit den realen Gegebenheiten in der Natur und in der Technik in Übereinstimmung gebracht werden³⁴; das den realen technischen Gegebenheiten entsprechende Wissen des zweiten Hauptsatzes mußte hingegen mit der sozialen Erwartungshaltung zur Deckung gebracht werden. In der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts bemühten sich die Naturwissenschaftler entsprechend, das mechanische Wärmeäquivalent experimentell zu präzisieren und den Nachweis der durchgängigen Gültigkeit des Postulats der Energieerhaltung in allen Bereichen der Natur zu erbringen. Die Bearbeitung des unliebsamen Wissens des zweiten Hauptsatzes erfolgte hingegen durch die Einführung eines Konzepts, das über die Wertschätzung der Kategorie „Arbeit“ gestellt wurde: die „Information“. Mit diesem Konzept sollte das Spannungsverhältnis zwischen thermischem Wissen und lebensweltlichen Erwartungen aufgelöst und in das versöhnliche Denkmodell einer Umkehr der thermischen Verluste überführt werden.

Aus dem Verlauf dieser Geschichte ist zu schließen, daß es sicherlich heuristisch sinnvolle wäre, die Kontrastierung von Alltags- und wissenschaftlichem Wissen in eine Mehrdimensionalität divergenter Rationalitätsformen zu überführen. Denn damit ließe sich deutlich machen, daß im Fortgang der Wissenschaftsentwicklung Wissensformationen zu verzeichnen waren, die mehr oder weniger mit den technisch realen oder mit den sozialen Dispositionen in einer Gesellschaft korrespondierten. Diese Anteile analytisch zu unterscheiden, verspricht auf einer epistemologischen Ebene, in den Formationen des Wissens die Bestandteile herauszufiltern, die einer technischen Rationalität folgten, und sie mit den Anteilen zu kontrastieren, die dem Selbstverständnis von kulturellen Führungseliten und ihrer symbolischen Ordnung entsprachen. Richtete man seine Aufmerksamkeit auf eine solche Differenzierung, dann erschiene das Verhältnis zwischen Wissenschaft und Alltag

³⁴ Wie dies erfolgte, untersucht Heinz-Otto Sibum in seiner Habilitationsschrift am Max-Planck Institut für Wissenschaftsgeschichte in Berlin.

nicht als eine eindimensionale Wechselbeziehung. Denn die Leitkonzepte der neuzeitlichen Wissenschaften dürften den Ergebnissen dieser Fallstudie zufolge von einer Historizität geprägt sein, zu der die Bearbeitung von Krisen des Wissens gehörte, die in der Hauptsache in einem Mißverhältnis zwischen einem naturwissenschaftlichen Kenntnisstand und den herrschenden Werten und Symbolen einer Gesellschaft bestanden.