

# Anatomie der Industrierevolution

## Watt, Dalton und Gay-Lussac in Goethes *Wahlverwandtschaften*

Takaoki MATSUI

### 1. Satirische Zergliederung

In den früheren Jahrgängen dieses Journals<sup>1</sup> habe ich gezeigt, dass der Roman *Die Wahlverwandtschaften* (1809) als eine wissenschaftshistorische Satire zu verstehen ist: Wie Don Quijote seinen Liebeswahn anhand der altmodischen Ritterromane entwickelt hat, so verlieben sich auch Goethes Hauptfiguren – Eduard in Ottilie, Charlotte in den Hauptmann – nach der dilettantischen Lektüre der Fachliteratur. Eduard und Ottilie verhalten sich wie Erde und Feuer, Charlotte und der Hauptmann wie Luft und Wasser, als ob sie der alten Elementenlehre nicht entwachsen wollten. Ihre Beziehungen enden in Tod und Trennung, während die meisten Nebenfiguren unversehrt bleiben. Die letzteren sind karikativ verkleidete Naturforscher; im Umgang mit ihnen erneuern die Hauptfiguren ihre Beziehungen zueinander, bis ihre Liebe unwiederbringlich entstellt wird.

Der Erfinder James Watt tritt als der „Gehülfe“ einer „Pension“ auf; die waageartige Bewegung der Dampfmaschinen verdichtet sich etymologisch im Begriff der *Pension*. Im Anblick seiner Liebblingsschülerin Ottilie – seiner technischen Traumfigur – bemüht er sich, die *Erziehung* des Kolbens<sup>2</sup> zu verbessern. Im vorliegenden Beitrag möchte ich zeigen, wie Goethe die technischen Einzelheiten und die wissenschaftlichen Folgen der wattschen Erfindungen schilderte.

Ich möchte dabei auf den Einfluss von Robert Burtons *Anatomy of Melancholy* auf diesen Roman achten. Es geht nicht nur um die bereits nachgewiesene Anknüpfung an Burtons humoralpathologisches Motiv<sup>3</sup>. Burtons Werk zeigt die Besonderheiten der seit Lukian so

---

<sup>1</sup> 「『親和力』の光芒」 [Illuminations of *Elective Affinities*], IV, 2010, 141-156, 187; Paralipomena dazu in Bd. V, 2011, 165-168; 「天文学と地球科学をつなぐゲーテ『親和力』の庭園表象」 [Astronomy and Geoscience in the Landscape Gardening of Goethe's *Elective Affinities*], VI, 2012, 81-97. Die Unzulänglichkeiten dieser Aufsätze sollen im vorliegenden Beitrag sowie im Kommentar meiner bald erscheinenden japanischen Teilübersetzung des Romans korrigiert werden. Einen Überblick über meine Deutung gab ich auch im Vortrag "Towards the Complete Decipherment of Goethe's *Elective Affinities*" (auf der Konferenz *Literature and Chemistry*, 27-28. Oktober 2011, University of Bergen; vgl. <http://www.uib.no/filearchive/abstracts-literature-and-chemistry.pdf>, 7-8.).

<sup>2</sup> Gelegentlich gebrauchte Goethe das Verb *erziehen* im mechanischen Sinne. In *Campagne in Frankreich* (4.10.1792) heißt es: "Die vier kleinen Pferde konnten meine Halbchaise kaum erziehen". Johann Wolfgang Goethe, *Sämtliche Werke*, 40 Bde., Frankfurt a.M. 1985-1999, I.XVI, 386-572, hier: 457.

<sup>3</sup> Vgl. u.a. Bernhard Buschendorf, *Goethes mythische Denkform*, Frankfurt a.M., 1986.

genannten „menippischen Satire“ dermaßen, dass ein berühmter Literaturtheoretiker vorgeschlagen hat, diese Gattung selbst in “anatomy” umzubenennen<sup>4</sup>. Meines Erachtens erneuerte Goethe diese Tradition der satirischen Anatomie mit seinen naturwissenschaftlichen Kenntnissen; so gestaltete er auch den Schauplatz der Handlung als eine mikrokosmisch „kleine Welt“<sup>5</sup>.

## 2. Die Anatomie der „Pension“: Watt vs. Newcomen<sup>6</sup>

Im ersten Teil des Romans tritt der angeblich junge Gehülfe nur als der Verfasser zweier Schreiben auf, die die kurzen geschäftsmäßigen Briefe seiner „Vorsteherin“ ergänzen; er verrät dort seinen leidenschaftlichen Anteil an der leistungsschwachen Ottilie. Als eine anatomische Figur dient seine *Vorsteherin* dazu, die Altersfrage des Erfinders anzudeuten: Der 1736 geborene Watt durfte erst liebesfähig verjüngt auftreten, nachdem ihm altersgemäß die vergrößerte *Prostata* vorgesetzt wurde. Unter der so Vorgesetzten versetzt er sich in die Zeit zurück, wo er als technischer Gehilfe der Universität Glasgow von der Herstellung einer brennstoffsparenden Dampfmaschine träumte. Die Erfindung erfolgte nur so langsam und mühevoll wie Ottilies Ausbildung. Ottilies übermäßige Kompliziertheit im Rechnen und Zeichnen sowie ihre kaum hörbaren „bescheidenen Melodien“ (308) sind unvermeidlich, soweit sie als eine effiziente Maschine gebaut werden will<sup>7</sup>. Erst im zweiten Teil erscheint der Gehülfe persönlich, als werdender Nachfolger der Vorsteherin, um den späteren Zustand der Firma Boulton & Watt auch aus der Perspektive der Söhne des Erfinders zu schildern.

Die vom Gehülfen und von seiner Vorsteherin berichteten Charaktere der beiden Pensionsschülerinnen weisen deutlichen Gegensatz auf. Als ein sparsames Mädchen (293) verhält sich Ottilie zu Luciane wie die unfertige Watt-Maschine zu den Newcomen-Maschinen. Luciane bewahrt ihren verschwenderischen Charakter auch nach dem Schulabschluss: Bei ihrer Mutter Charlotte pflegt sie auch und gerade im Winter auszugehen, als ob sie „nur lebte um nass zu werden und sich wieder zu trocknen“ (412). Eben in diesem Wärmeverlust lag die Schwäche der Newcomen-Maschinen (Abb. 1). Ihr Dampfzylinder war nicht nur mit Wasser luftdicht gemacht; ihm floss auch das Abkühlwasser zu, um den Dampf zu kondensieren. Die darauf

---

<sup>4</sup> Northrop Frye, *Anatomy of Criticism*, Princeton 1957, 311f.

<sup>5</sup> Johann Wolfgang Goethe, *Die Wahlverwandtschaften*, in Goethe (Anm. 2), I.VIII, 271-529, hier: 324. In der Folge mit Seitenzahl im Text angeführt. Näheres zur anthropomorphischen Landschaftsdarstellung siehe meine Aufsätze (Anm. 1).

<sup>6</sup> In diesem Abschnitt habe ich meine früheren unpräzisen Deutungen (Anm. 1) überarbeitet und mit ikonographischen Betrachtungen ergänzt.

<sup>7</sup> Auch ihre Schwäche im Französischen (308) ist nicht zu tadeln, da der junge Watt noch nichts von der revolutionären Entwicklung der französischen Chemie kannte. Bei der Geographie achtet sie nicht auf „die politische Einteilung“ (308), damit die Firma Boulton & Watt den Markt erweitern kann.

einströmende kalte atmosphärische Luft drückte den Kolben herunter. Da der so abgekühlte Zylinder im nächsten Arbeitsgang erneut mit heißem Dampf erwärmt und gleich wieder abgekühlt wurde, blieb der energetische Wirkungsgrad sehr niedrig.

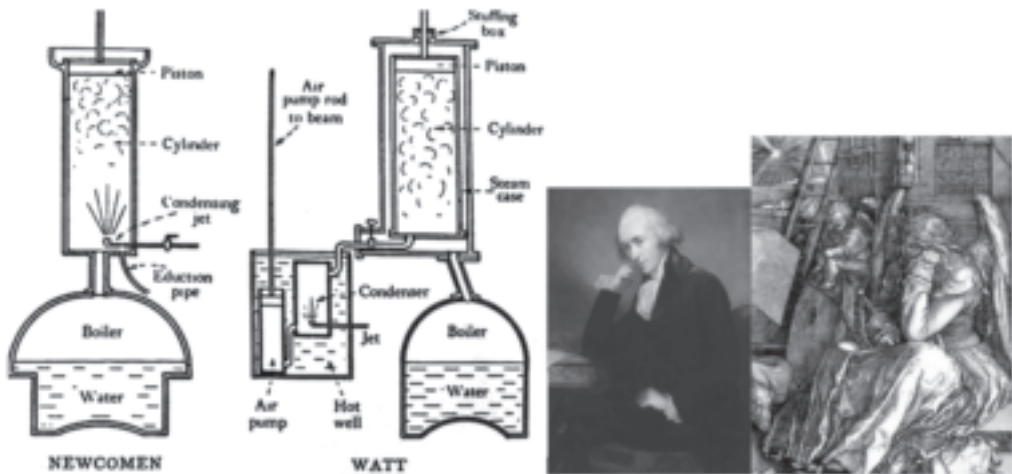


Abb.1: Hauptzüge der Verbesserung (nach H. Dickinson, *A Short History of the Steam Engine*, London, 1963, fig. 10)

Abb. 2: Carl Frederik von Breda, *James Watt* (Ausschnitt). 1792. National Portrait Gallery, London

Abb. 3: Dürer, *Melencolia I* (Ausschnitt). Kupferstich, 1514

Watt achtete auf die Wärmeisolierung des Zylinders; daher scheut Otilie Schnee und Kaltluft (423). Er verlagerte zudem den Abkühlvorgang in einen separaten Kondensator<sup>8</sup>. Otilie verrät den daraus resultierenden asymmetrischen Bau mit ihrer Migräne. Teilnehmend berichtet der Gehülfe davon: Wenn eine „innere unangenehme lebhaftige Bewegung“ sie befällt, wird ihre linke Wange „rot“ (erhitzt), während die rechte „bleich“ (abgekühlt) wird (310; Abb. 1). Nicht umsonst wird also bei ihr das „Kopfweh an der linken Seite“ mit „Steinkohlen“ in Zusammenhang gebracht (480). Goethe stellt ferner ihre Migräne derjenigen des Erfinders<sup>9</sup> spiegelbildlich gegenüber. Als Otilie (nach dem erfolglosen Schulabgang) auf Wunsch des Gehülfen wieder nach der Pension abreist, denkt der ebenfalls migräneanfällige Eduard an sie genau in der Pose, in der Watt sich porträtieren ließ (Abb. 2) – „den Kopf in die rechte Hand gelehnt, den Arm auf den Tisch gestemmt“. Eduard sagt: „Vielleicht leidet auch sie jetzt, denk’ ich, auf ihren linken Arm gestützt, und leidet wohl mehr als ich“ (508). Der saturnischen »Erde«

<sup>8</sup> Der Abkühlvorgang wird in dem Taufakt des Kindes geschildert, wobei der „Geistliche“ und Mittler den Dampf und das Vakuum darstellen (456ff.); wir können hier auf seine Einzelheiten nicht eingehen, da der Taufakt den komplizierten Gang der Inbetriebnahme der Maschine illustriert.

<sup>9</sup> J. G. Crowther, *Scientists of the Industrial Revolution*, London 1962, 104.

Eduard muss Dürers *Melencolia I* (Abb. 3) vorgeschwebt haben, als er im Voraus dieses Spiegelungsverhältnis als „ein Paar artige Gegenbilder“ bezeichnete (311).

Der Gehülfe bemerkt eine weitere Besonderheit seiner Schülerin: „Sie lernt nicht als eine die erzogen werden soll, sondern als eine die erziehen will“ (295). Denn der Kolben der Watt-Maschinen wurde nicht (wie in den Newcomen-Maschinen) einseitig durch den *Luftdruck* nach unten „erzogen“; der Kolben sollte mit *Dampf* beschickt werden, und zwar – im Fall der doppelt wirkenden Maschinen – nicht nur einseitig nach unten sondern abwechselnd von der einen und der anderen Seite. In der Newcomen-Maschine diente der Dampf nur dazu, einen Unterdruck zu erzeugen und die dadurch einströmende Luft den Kolben drücken zu lassen. Kein Wunder also, dass Luciane wie ein Vakuum „nichts Eigenes zu besitzen“ schien (420); sie war von der Leistung ihrer Mutter – d.h. der »Luft« Charlotte – abhängig, die sie großzügig mit ihren „Wintervorräte[n]“ unterstützte (430f.). Otilie erscheint hingegen dem Gehülfen wie eine der „verschlossene[n] Früchte, die erst die rechten kernhaften sind, und die sich früher oder später zu einem schönen Leben entwickeln“ (294); Watt wollte die *Expansionskraft* des Dampfes ausnutzen.

Bevor wir diese technischen Weiterentwicklungen im zweiten Teil des Romans verfolgen, möchten wir einen Blick auf Otilies Handschrift werfen; sie weist die Eigenschaften der wattschen Kopierpresse<sup>10</sup> auf. Otilie „schreibt langsam und steif wenn man so will, doch nicht zaghaft und ungestalt“ (295), berichtet der Gehülfe; sie gebe „wohlgeformte Buchstaben“ ohne „freiere Züge“ wieder (308). Wie die wattsche Presse die Arbeit einfach mit der mechanischen »Fassungskraft« erledigen konnte, so „begriff“ Otilie „leicht“, was der Gehülfe von einer Fremdsprache „schrittweise mitteilte“; „nur wenn man sie fragt, scheint sie nichts zu wissen“ (295). Wegen fortlaufend abnehmender Tintendichte „schienen sich die Züge zu verändern, leichter und freier zu werden“, aber die Schriftzüge waren der Handschrift ihres Geliebten zum Verwechseln ähnlich (355).

---

<sup>10</sup> Eine Vorläuferin des Durchschlags; vgl. H. W. Dickinson, *James Watt*, Cambridge 1935, 116ff.

### 3. Kybernetische Umerziehung

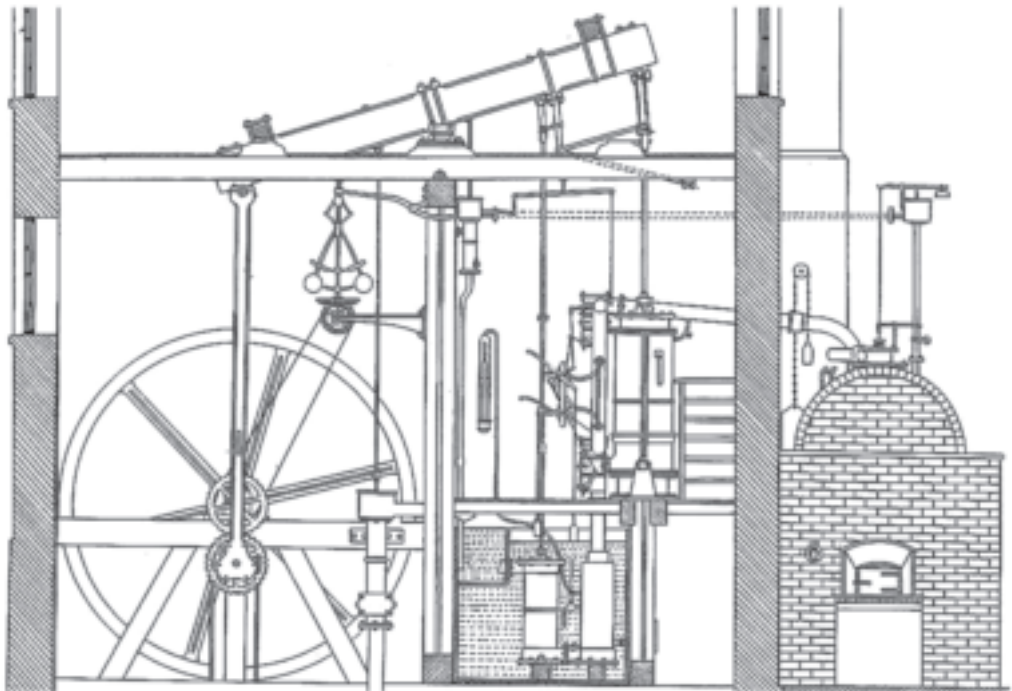


Abb. 4: Doppelt wirkende Rotationsmaschine, 1784 (nach Singer <Anm. 25>, IV, 187)

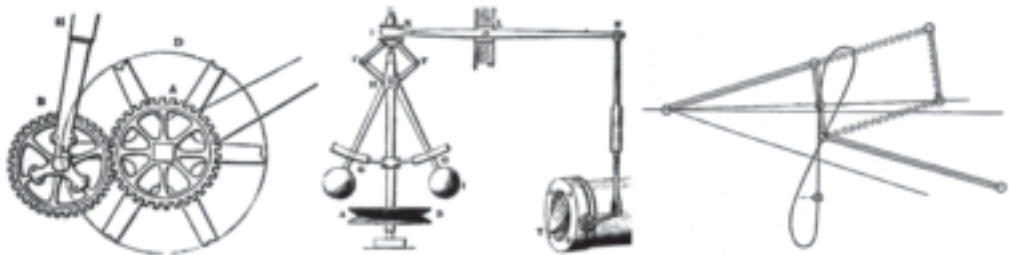


Abb. 5: Planetengetriebe (aus Lardner <Anm. 20>, fig. 32)

Abb. 6: Fliehkraftregler und Drosselklappe (Lardner, fig. 41)

Abb. 7: Parallelogramm (nach Dickinson <Anm. 10>, fig. 9)

Beim Auftritt im zweiten Teil verrät der Gehülfe den presbyterialen Glauben des Erfinders; er interveniert im Marienschauspiel Ottilies mit seiner Stimme und erschüttert sie „wie im zackigen Blitz“ (440), um darauf die Idolatrie des Organisors<sup>11</sup> zu kritisieren: „Das Vorzüglichste am Menschen ist gestaltlos, und man soll sich hüten es anders als in edler Tat zu

<sup>11</sup> Das Modell des Organisors (des jungen „Architekten“) war der Polymath Thomas Young, der vom Quäkertum zum Anglikanismus konvertierte; siehe meine Veröffentlichungen (Anm. 1).

gestalten“ (443). Darauf schildert er die Entwicklungen seines Geschäfts in seinem erzieherischen Gespräch.

Zuerst unterrichtet er die „Gartenknaben“, die wie die Knaben in Boultons Fabrik in „heiteren reinlichen Uniformen“ (444) erscheinen<sup>12</sup>, derart, dass sie die Bewegungen der Maschinenteile illustrieren. Da die Gartenkunst in diesem Roman vor allem die Astronomie (die Bestimmung der Planetenbahn und die Dioptrik der Linse) symbolisiert<sup>13</sup>, ist es nicht verwunderlich, dass diese Knaben zuvor „in den Abendstunden“ erschienen (382). Der Gehülfe lässt sie hier allerdings weder im großen Garten noch in der Dunkelkammer eines optischen Versuchs auftreten, sondern im „Saal aufmarschieren“ und bringt bald durch „Fragen und Wendungen“ ihre „Gemütsarten und Fähigkeiten [...] zu Tage“ (443). Ihr *Aufmarsch* und ihre Fähigkeiten, die durch *Wendungen* zu Tage (wie zum *Sonnenlicht*) gebracht wurden, entsprechen der Bewegung des von Watt erfundenen Planetengetriebes, welches dazu diente, das Auf und Ab des Balanciers in die *Drehbewegung* umzuwandeln (Abb. 4; Abb. 5). Der Gehülfe hat dabei die Kinder „in Zeit von weniger als einer Stunde [...] unterrichtet und gefördert“ (443), d.h. der Rotationswinkel<sup>14</sup> des Planetenrades war kleiner als 30°; denn es war an dem Ende des sich auf- und abwärts bewegenden Gestänges fixiert.

Danach lehrt er Charlotte, wie sie – als die Luft – durch „Hin- und Widerreden“ das Verhalten der „Kinder“ steuern soll:

„[...] Die Antworten [der Kinder] auf Ihre Fragen mögen noch so ungehörig sein, mögen noch so sehr ins Weite gehen, wenn nur sodann Ihre Gegenfrage Geist und Sinn wieder hereinwärts zieht, wenn Sie sich nicht von Ihrem Standpunkte verrücken lassen; so müssen die Kinder zuletzt denken, begreifen, sich überzeugen, nur von dem was und wie es der Lehrende will.“ (444)

Bei Watt erfolgte diese Steuerung durch die Kommunikation des Dampfventils mit den rotierenden Pendeln des Fliehkraftreglers<sup>15</sup>. Der Fliehkraftregler (Abb. 4; Abb. 6) dient zur Drehzahlregelung der Antriebsachse. Er dreht sich mit der Bewegung des Kolbens; die Pendel werden durch Fliehkräfte angehoben. Die mit zunehmender Drehzahl wachsende Auslenkung der Pendel wird auf das Dampfeinlassventil übertragen, wodurch die Dampfzufuhr sich verringert (Charlottes „Gegenfrage“ an die „ins Weite“ gehenden Kinder); die Maschine läuft daraufhin langsamer und zieht die Pendel „hereinwärts“. Der Gehülfe räumt ein, dass das „lößliche Gleichgewicht“ dieses kybernetisch erziehenden Regelkreises – die „Abwechselung ohne Zerstreuung“ – nicht leicht zu erhalten ist (444).

---

<sup>12</sup> Die Knaben trugen dort wöchentlich gewaschene weiße Arbeitskittel; Crowther (Anm. 9), 166.

<sup>13</sup> Siehe meine Aufsätze (Anm. 1).

<sup>14</sup> Die Zeitangaben spielen in diesem Roman häufig auf die Winkelverhältnisse an, allerdings seltener (wie hier) auf die des Uhrzeigers als auf die Minuten und Sekunden der astronomischen Daten.

<sup>15</sup> Dickinson (Anm. 10), 153f.

Anscheinend wollte er weiterhin geschlechtsneutral über die Erziehung dieser „Kinder“ sprechen, als „ihn Charlotte aufrief, die Knaben nochmals zu betrachten, deren munterer Zug sich soeben über den Hof bewegte“. Das Gespräch dreht sich von nun an um die Geschlechterdifferenz:

„Männer – so sagte er – sollten von Jugend an Uniform tragen, weil sie sich gewöhnen müssen zusammen zu handeln, sich unter ihresgleichen zu verlieren [...]. Auch befördert jede Art von Uniform einen militärischen Sinn, sowie ein knapperes, strackeres Betragen, und alle Knaben sind ja ohnehin geborne Soldaten: man sehe nur [...] ihr Erstürmen und Erklettern.“ (444)

Sein Wort erinnert uns nicht nur daran, dass Boulton einige Male seine Fabrik mit der bewaffneten Wache schützen musste<sup>16</sup>. Geschildert wird hier vor allem der von Watt für die doppelt wirkende Dampfmaschine erfundene Mechanismus. Er diente dazu, die Rotationsbewegung des Balanciers in eine angenäherte geradlinige Bewegung umzuwandeln. Die bisher übliche Kopplung mittels einer Kette (vgl. Abb. 8) war unbrauchbar für einen doppelt wirkenden Zylinder, da sie nur abwärts ziehende Kräfte übertragen konnte. Erforderlich war eine *starre* Kopplung, die trotzdem zugleich die gewünschte Umformung und Größenanpassung der Bewegung leisten sollte. Watt löste diese Aufgabe mit seinem Parallelogramm, der die Bewegung eines Punktes auf einem Kreisbahnabschnitt in eine Bewegung auf einer Lemniskate umsetzte; denn für kleine Auslenkungen ist die Bahn der Lemniskate annähernd geradlinig (Abb. 4; Abb. 7). Ein derart „strackeres Betragen“ des sich *uniform* bewegenden Parallelogramms war es, das oben *über* dem „Hof“ des Sonnengetriebes zu sehen war.

Frauen sollen hingegen dem Gehülften zufolge „durchaus mannigfaltig gekleidet gehen“ (444f.). Daher darf Ottilie ruhig einräumen, dass die Bekleidung ihrer „Mädchen“ „ein buntes Gemisch“ darstellte. Zur Begründung seiner These behauptet er jedoch, dass Frauen bestimmt seien, „ihr ganzes Leben allein zu stehen und allein zu handeln“. Ihm zufolge „steht“ auch das erwachsene „Frauenzimmer“ immer

„isoliert, immer ist sie allein, und will allein sein. Ja die Eitle selbst ist in dem Falle. Jede Frau schließt die andre aus, ihrer Natur nach: denn von jeder wird alles gefordert, was dem ganzen Geschlechte zu leisten obliegt. Nicht so verhält es sich mit den Männern. Der Mann verlangt den Mann; er würde sich einen zweiten erschaffen, wenn es keinen gäbe.“ (445)

In der doppelt wirkenden Maschine zeigt sich das *Verlangen* der Männer geometrisch; die Kolbenstange kann sich ein Abbild des Kolbenhubs – wie „einen zweiten“ – im Parallelogramm „erschaffen“. Der Dampfzylinder aber will von der atmosphärischen Luft so „isoliert“ bleiben wie ein Frauenzimmer von der anderen; deshalb trägt er eitel genug eine Jacke

---

<sup>16</sup> Crowther (Anm. 9), 167.



(in der sog. *steam jacket* wird er mit Dampf umspült). Indem er auf diese Weise den Wärmeverlust vermeidet, erhöht er die Leistung der Maschine oder des *ganzen Geschlechts*. Auch der Zylinderdeckel, der ein Loch für die Kolbenstange hat, muss dampfdicht gemacht werden (das gilt auch für die einfach wirkende Maschine). Die Stopfbüchsen der Löcher – Otilies „Mädchen“ – mussten daher mit einem „bunte[n] Gemisch“ der dampfdicht eingeölte Lappen bekleidet werden; diese Lappen sollten auch reibungslosen Kolbenhub ermöglichen<sup>17</sup>. Charlotte aber vergisst nicht, einiges zur Darlegung des Gehülfen hinzuzufügen. Sie betont den Zusammenhalt (die Kohäsion) der Frauen:

„Wir wollen [...] als Frauen mit Frauen zusammenhalten, und auch gemeinsam wirken, um den Männern nicht allzu große Vorzüge über uns einzuräumen. Ja, Sie werden uns eine kleine Schadenfreude nicht übel nehmen, die wir künftig um desto lebhafter empfinden müssen, wenn sich die Herren untereinander auch nicht sonderlich vertragen.“ (445)

Die Zusammenarbeit der Frauen – der »Luft« Charlotte mit dem »Feuer« Otilie – erhöht den Wirkungsgrad der Maschine durch die *Dampfexpansion*. Man darf nämlich die Zuführung von Dampf in den Zylinder durch ein vorzeitiges Schließen der Ventile unterbrechen, denn der darin eingeschlossene Dampf kann auch danach weiter Arbeit leisten. Dadurch wird allerdings der doppelseitige Stoß der „Herren“ jeweils vorzeitig schwächer. Watt bekam ein Patent auf dieses Prinzip; daher brauchte der Gehülfe den Frauen die „Schadenfreude nicht übel[zu]nehmen“. Zudem war in der wattschen Niederdruckmaschine der Effekt der Dampfexpansion nicht so wirksam wie in den später von anderen erfundenen Hochdruckmaschinen; Charlotte will deshalb ihre „kleine“ Schadenfreude *künftig* „lebhafter empfinden“.

Darauf bezeugt der Gehülfe seinen „entschiedenen Beifall“ darüber, dass Otilie ihre „kleinen Zöglinge“ „nur zur nächsten Brauchbarkeit heran[hebt]. Reinlichkeit veranlasst die Kinder mit Freuden etwas auf sich selbst zu halten, und alles ist gewonnen, wenn sie das, was sie tun, mit Munterkeit und Selbstgefühl zu leisten angeregt sind“ (445). Denn auch im Dampfzylinder erfolgt das Öffnen und Schließen der Ventile wie die vom „Beifall“ begleitete Heranhebung einiger „Zöglinge“. Das *reinlich* auf der einen Seite des Zylinders erzeugte *Vakuum* veranlasst die Dampfzufuhr auf seine andere Seite. Für die Zu- und Abführung des Dampfes sind die *kindlich* kleinen Dampf- und Evakuationsventile zuständig. Ihre automatische Umschaltung – ihr *entschiedener Fall* – erfolgt in der Röhre, die dicht *bei* (oder entlang) dem Zylinder läuft (vgl. Abb. 8), und zwar immer „zur nächsten Brauchbarkeit“.

---

<sup>17</sup> Auch im Schlusskapitel (524) dienen Otilies „Mädchen“ zur Anspielung auf die Geschlechtlichkeit. Siehe meinen Beitrag (Anm. 1), V, 2011, 166.



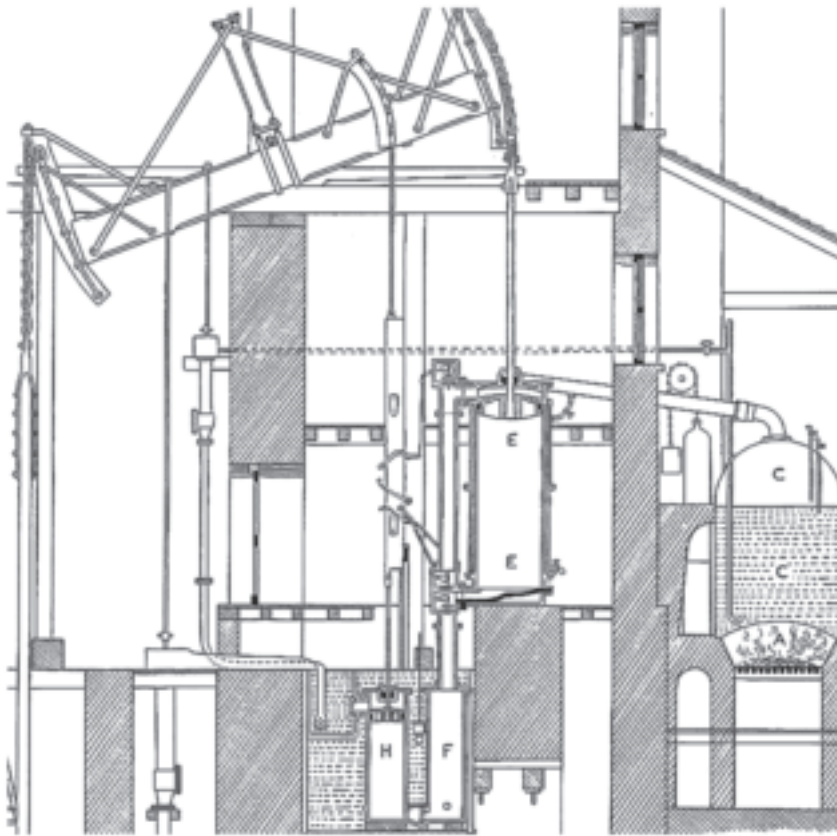


Abb. 8: Einfach wirkende Maschine, 1788. Links vom Dampfzylinder (E) befinden sich die Ventile. (Nach Singer <Anm. 25>, IV, 184)

Der Gehülfe findet auch „zu seiner großen Befriedigung nichts auf den Schein und nach außen getan, sondern alles nach innen und für die unerlässlichen Bedürfnisse“ (445f.). Denn Watt baute keine Hochdruckmaschinen, die den gebrauchten Dampf *auspufften*. In seinen Niederdruckmaschinen wurde der Dampf kondensiert und wieder verwendet; er verzichtete auf die Nutzung des höheren Dampfdrucks und suchte nur den Wärmeverlust zu minimieren. Das danach ausgesprochene Diktum des Gehülfen:

„Man erziehe die Knaben zu Dienern und die Mädchen zu Müttern“ (446), lässt sich aus thermodynamischer Perspektive wie folgt paraphrasieren: *Die Mädchen – die Dampfzylinder – sollen aus der Wärmeenergie die mechanische Arbeit des Kolbens erzeugen, indem sie sich penetrieren lassen; ihnen sollen die Knaben mit dem Kolbenhub einen Dienst leisten.* Otilie stimmt ihm nicht ganz zu: „Das könnten die Frauen noch hingehen lassen, da sie sich, ohne Mütter zu sein, doch immer einrichten müssen, Wärterinnen zu werden [...]“ (446). Ihr Vorbehalt wird verständlich, wenn wir daran denken, dass sie in diesem Roman vor allem die *Phlogistontheorie* vertritt.

Die Naturforscher des 18. Jahrhunderts nahmen an, dass ein „Phlogiston“ genannter Stoff den brennenden Dingen entweiche und von der Luft aufgenommen werde. Der junge Watt war mit dieser Theorie der Verbrennung vertraut. Daher bezeichnet der Gehülfe Ottilie zuerst als die „Pflegetochter“ der »Luft« Charlotte (294). Am Ende des Jahrhunderts – nach der Entdeckung des Sauerstoffs – wurde sie aber von der *Caloricum*theorie verdrängt. Der *Caloricum* genannte (ebenfalls mutmaßliche) Wärmestoff soll in der Luft mit Sauerstoff verbunden sein; bei der Verbrennung soll es vom zerlegten Sauerstoffgas freigesetzt werden, während der Sauerstoff die brennenden Dinge oxydiert. *Caloricum* soll zudem vom wärmeren zum kälteren Körper fließen, indem es sich gegenseitig abstößt und den Ausgleich von hoher zu niedriger Konzentration sucht. Diese von Lavoisier und Laplace verbreitete Wärmestofftheorie genoss um 1800 den Vorrang vor der Bewegungstheorie (Rumford) und der Wellentheorie (Young) der Wärme<sup>18</sup>; erst um 1850 wich sie der Thermodynamik. Im Roman verkörpert Luciane diese *Caloricum*theorie, indem sie zugleich deren starken Anhänger Napoleon karikiert<sup>19</sup>. Ihre Mutter Charlotte ist eben deshalb als die »Luft« anzusehen, die sie *entbunden* hat.

Mit der oben angeführten Bemerkung scheint Ottilie sich von dieser einflussreichen Theorie abzugrenzen; sie scheint nur als eine phlogistisch feurige *Wärterin* des Dampfkessels arbeiten zu wollen, ohne dass sie (wie das *Caloricum*) abstoßende Kraft *im* Wasserdampf ausübte. Der Gehülfe will jedoch nicht auf diese Frage eingehen; die Theorie der Dampfexpansion wird erst später in seiner Abwesenheit behandelt (darauf kommen wir in Abschnitt 5 zurück). In Antwort auf Ottilie erläutert er, wie *verwickelt* seine „Aufgabe“ ist:

„Wenn Ihre kleinsten Mädchen sich mit *Puppen* herumtragen und einige Läppchen für sie *zusammenflicken*, wenn ältere Geschwister alsdann für die jüngern sorgen, und das Haus sich in sich selbst bedient und aufhilft: dann ist der weitere Schritt ins Leben nicht groß [...]. Aber in den *gebildeten Ständen* ist die Aufgabe sehr verwickelt. [...] Wir ändern sollen daher unsre Zöglinge nach außen bilden; es ist [...] unerlässlich und möchte recht gut sein, wenn man dabei *nicht das Maß überschritte*: denn indem man die Kinder für *einen weiteren Kreis* zu bilden gedenkt, treibt man sie leicht ins Grenzenlose, ohne im Auge zu behalten, was denn eigentlich die innere Natur fordert. Hier liegt die Aufgabe, welche mehr oder weniger von den Erziehern gelöst oder verfehlt wird.“ (446f.; Hervorh. v. Verf.)

Der hier geschilderte Wandel trat bei Watt mit der Erfindung des Schiebeventils (durch seinen Angestellten William Murdoch im Jahr 1799) ein. Die herkömmlichen separaten Ventile des Zylinders, die *puppet valves* bzw. *spindle valves* genannt waren, konnten nunmehr durch einen

---

<sup>18</sup> Goethe illustriert Rumfords und Youngs Theorien in dem Tableau vivant, das Gerard ter Borchs *Väterliche Ermahnung* darstellt (428f.); vgl. meinen Beitrag (Anm. 1), IV, 150f. Zur Geschichte der *Caloricum*theorie vgl. Robert Fox, *The Caloric Theory of Gases : from Lavoisier to Regnault*, Oxford, 1971.

<sup>19</sup> Näheres zu dieser *lukianesken* Satire vgl. meine Aufsätze (Anm. 1), IV, 2010, 148f.; VI, 2012, 84, 91, 94.

einzigem Schieber (Abb. 9) ersetzt werden<sup>20</sup>; die Zusammenarbeit der mal spinnenden, mal mit Puppen spielenden „Mädchen“ wurde überflüssig. Die Steuerung des Schiebers erfolgte durch die Welle des Schwungrades; diese Welle setzt die Exzentrerscheibe (Abb. 10) in Bewegung, deren Rotation in Längenbewegung umgewandelt wird. Diese Längenbewegung wird durch das Gestell, dessen langer Arm wie ein *Ständer gebildet* ist, dem Schieber mitgeteilt. Die *das Maß nicht überschreitende* Rotation des Exzentrers ist es, die das Öffnen und Schließen der Schieberlöcher – die Bildung der „Kinder“ – für *einen weiteren Kreis* steuert.

Der Schieber wurde allerdings gleich von Watts Konkurrenten verbessert und diente vor allem zur Entwicklung der Hochdruckmaschinen (Lokomotiven). Daher konnte der Gehülfe der Bedeutung seines Geschäfts nicht ganz sicher sein: „Bei manchem [...] wird mir bange, weil die Erfahrung mir sagt, von wie geringem Gebrauch es künftig sein werde“ (447).

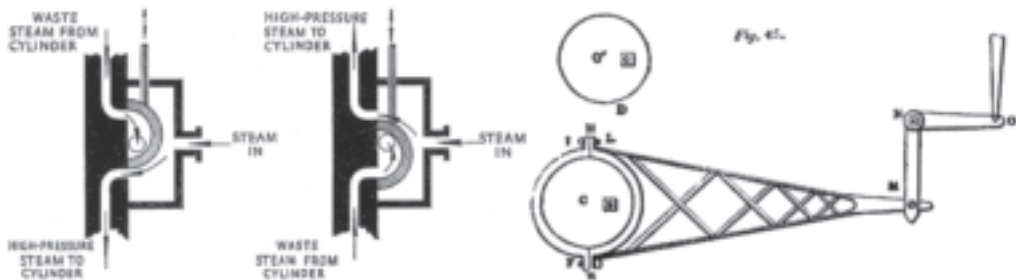


Abb. 9: Schematische Darstellung des Schiebers (J.D. Storer, *A Simple History of the Steam Engine*, London 1969, fig. 22)

Abb. 10: Exzenter (Lardner <Anm. 20>, fig. 45)

#### 4. Vater und Söhne in der „Zeit der Umwendung“

Nach diesem Gespräch wird der Hintergrund seines Besuchs erläutert. Er soll von der „Baronesse“ zum Besuch bewogen worden sein; die letztere soll mit dem „Grafen“ die Pension besucht haben. Als das Modell dieser „Baronesse“ dient Marie-Anne Lavoisier<sup>21</sup>. Sie heiratete 1805, elf Jahre nach dem Tod ihres Gatten Antoine Laurent de Lavoisier, den Grafen von Rumford. In Wirklichkeit haben die beiden keinen gemeinsamen Besuch gemacht; nur hatten sie unabhängig voneinander Kontakte zur Firma Boulton & Watt gehabt (Watt besuchte Paris 1786 und 1802; Rumford ärgerte die Firma 1791 und 1799, indem er ihre Betriebsgeheimnisse ans Licht zu bringen suchte<sup>22</sup>). Die Schilderung ihres fiktiven Besuchs dient m.E. dazu, die

<sup>20</sup> Dionysius Lardner, *The Steam Engine Explained and Illustrated*, London, 1840<sup>7</sup>, 143f., 189f., 227ff.

<sup>21</sup> Vgl. meine Beiträge (Anm. 1), IV, 2010, 149f.; VI, 2012, 90.

<sup>22</sup> Dickinson (Anm. 10), 151, 182; Sanborn C. Brown, *Benjamin Thompson, Count Rumford*, Cambridge, Mass., 1981, 136f., 228f.

Geschichte der von Murdoch entwickelten Kohlengasbeleuchtung zu erläutern. Otilie tritt in dieser Geschichte als das brennende Licht auf.

Dem Erzähler zufolge war Otilie bereits zuvor vom Grafen „angezogen“ (448). Denn der als Physiker bekannte Graf von Rumford beschäftigte sich sowohl mit der Photometrie wie mit der Verbesserung der Lampen. Otilie glaubte zudem

„durch sein gehaltvolles Gespräch dasjenige zu sehen und zu kennen [...], was ihr bisher ganz unbekannt geblieben war. Und wie sie in dem Umgange mit Eduard die Welt vergaß, so schien ihr an der Gegenwart des Grafen die Welt erst recht wünschenswert zu sein.“ (448f.)

Denn Murdoch erhielt 1808 von der Royal Society die vom Grafen gestiftete *gehaltvolle* Rumford-Goldmedaille für die erste kommerzielle Anwendung seines Beleuchtungssystems. Die Methode der Gasreinigung war allerdings noch nicht entwickelt. Wie Otilie im „Umgange mit Eduard die Welt vergaß“, so konnte man mit der *Kalkerde* (Eduard) – womit man die schädlichen und übel riechenden Bestandteile des Gases absorbieren wollte – *die Welt* noch nicht vor der *Vergasung* retten.

Rumford irritierte andererseits seine neue Gattin Marie mit seiner Forschung von Licht und Wärme. Marie hatte mit Antoine Lavoisier eine heftige Kampagne gegen die Phlogistontheorie geführt, wobei sie selber an seiner Forschung teilgenommen hatte. Rumford aber führte seine eigene Forschung allein durch<sup>23</sup>; ihrer Caloricumtheorie setzte er zudem seine Bewegungstheorie entgegen. Deshalb stand Otilie – nunmehr nicht als das Phlogiston sondern als das wärmeausstrahlende Feuer – „der Baronesse zum zweiten Mal und mehr als das erste Mal im Wege“ (449).

Goethe bringt nun diese Feindschaft, die bei ihrer Pensionsbesichtigung angefacht worden sein soll, mit der Geschichte des Gasgeschäfts in Zusammenhang, indem er hier wie sonst (vgl. 347) die Baronesse als eine boshafte Person schildert. Seiner Erzählung zufolge suchte sie nämlich Otilie dadurch vom Grafen zu entfernen, dass sie sie dem Gehülfen zuführte; der von der Baronesse „zu einer kleinen Exkursion auf das Schloss“ (449) angeregte Gehülfe besuchte also Charlotte und Otilie, um sich nach der einleitenden pädagogischen Rede ihr Jawort zu holen. Dennoch konnte der Gehülfe nicht ganz zielbewusst handeln:

„Er weiß, Otilie ist ihm nicht ungünstig [...]. Auch hatte die Baronesse ihm wohl fühlen lassen, dass Otilie immer ein armes Mädchen bleibe. [...] Zwar fand er gegen sich Otilien nicht ganz so offen wie sonst; aber sie war auch [...] im Allgemeinen mitteilender als er sie gekannt hatte. Vertraulich ließ man ihn in manches Einsicht nehmen, was sich besonders auf sein Fach bezog. Doch wenn er seinem Zwecke sich nähern wollte, so hielt ihn immer eine gewisse innere Scheu zurück.“ (449f.)

---

<sup>23</sup> Brown (Anm. 22), 276f.

Der Verlauf dieser im Winter unternommenen „Exkursion auf das Schloss“ spielt auf die Fehlentscheidung der Firma Boulton & Watt an: Sie suchte das Gasgeschäft nicht konsequent voranzutreiben. Gregory Watt, der zweite Sohn des Erfinders, hielt sich auf seiner Europareise – Goethe sah ihn womöglich im August 1801 in Göttingen – auch in Paris auf, und zwar im Winter desselben Jahres. Dort besuchte er nicht nur die meisten bedeutenden Wissenschaftler<sup>24</sup> sondern auch ein „Schloss“: das Hôtel Seignelay, wo der Ingenieur Philipp Lebon das neuerfundene Beleuchtungs- und Heizungssystem installiert hatte. Wie Ottilie im Roman *verschlossener* und *allgemein mitteilender* geworden ist, so wurde auch bei Lebon das Holzgas über ein Röhrensystem in einzelne Zimmer geleitet; und wie die Baronesse sich negativ über Ottilies künftigen Wohlstand geäußert hat, so stellte auch die französische Regierung Lebon keine Förderung in Aussicht<sup>25</sup>. Nach der Besichtigung drängte Gregory seinen älteren Bruder James zur schnellen Weiterentwicklung des murdochschen Projekts. James ließ jedoch Murdochs Entwicklungen nicht patentieren. Die Firma verlor zudem einen jungen Mitarbeiter namens Samuel Clegg; nachdem er die Stelle aufgab, leistete er 1808 einen wichtigen Fortschritt mit seinem Reinigungsverfahren (die CO<sub>2</sub>- und H<sub>2</sub>S-Absorption in *Kalkmilch*)<sup>26</sup>. Die »Luft« Charlotte betrachtete deshalb *Eduards* glückliche Vaterschaft als die Bedingung für das Jawort; sie dachte dabei nicht umsonst „Zeit zu gewinnen“ (451), da *Clegg* buchstäblich wie eine *Bremse* auf den Gasmarkt einbrach. Die Firma Boulton & Watt musste bereits 1814 aus dem immer weiter wachsenden Gasmarkt ausscheiden.

Der Gehülfe scheint ein Zerrbild seines eigenen Geschäfts wahrgenommen zu haben, als er in der Pause nach diesem langen Gespräch auf die Bilder der „Affen“ stieß (451); denn auch Watt und Murdoch sahen sich gelegentlich – wie ihre Konkurrenten – zur Industriespionage<sup>27</sup> und zu weiteren Äffereien gezwungen. Zu den abgebildeten „garstigen Affen“ bemerkt Ottilie gnadenlos: „Man erniedrigt sich schon, wenn man sie nur als Tiere betrachtet“ (451).

Im darauffolgenden Kapitel verbringt der Gehülfe einen „der schönen Tage, an welchen der scheidende Winter den Frühling zu lügen pflegt“, in dem großen Schlossgarten (453). Denn auch Watt erlitt an seinem Lebensabend Enttäuschungen in einem ähnlichen Milieu. Dank der sogenannten *Enclosure*-Bewegung konnte er sich um 1790 ein großes Grundstück anschaffen. Er baute dort eine Villa und umgab den Garten mit einer Mauer; er wollte nach dem Ablauf seines Hauptpatents (1799) die Geschäftsführung seinem Sohn James übergeben und in Zurückgezogenheit leben<sup>28</sup>. Aber die gerade ausgebrochene Französische Revolution

---

<sup>24</sup> Hugh S. Torrens, 2006. „The Geological Work of Gregory Watt“, In: G. B. Vai und W. G. E. Caldwell (Hg.), *The Origins of Geology in Italy*, Boulder, Colorado 2006, 179-197, hier: 180.

<sup>25</sup> Charles Singer, Trevor Williams, *A History of Technology*, Oxford, 1958, IV, 261ff.

<sup>26</sup> Singer / Williams (Anm. 25), IV, 268; Samuel Hughes, William Richards, *Gas Works*, 7. Aufl., London 1885, 15, 19.

<sup>27</sup> John Griffiths, *The Third Man, The Life and Times of William Murdoch 1754-1839*, London 1992, 295f.

<sup>28</sup> Dickinson (Anm. 10), 160.

<sup>29</sup> Crowther (Anm. 9), 151f.; Dickinson (Anm. 10), 164f.

überschattete seinen Plan; der Sohn hat an dem Jakobinertum teilgenommen<sup>29</sup>. Der Gehülfe gibt daher zu:

„Fällt die Jugend eines Sohnes gerade in die Zeit der Umwendung, so kann man versichert sein, dass er mit seinem Vater nichts gemein haben wird. Wenn dieser in einer Periode lebte, wo man Lust hatte sich manches zuzueignen, dieses Eigentum zu sichern, zu beschränken, einzuengen und in der Absonderung von der Welt seinen Genuss zu befestigen, so wird jener sodann sich auszudehnen suchen, mitteilen, verbreiten und das Verschlussene eröffnen.“ (453f.)

Watt löste diesen Generationskonflikt dadurch, dass er vor dem Erlöschen des Patents – wie der Gehülfe es der schwangeren Charlotte als „ein vernünftiges Mittel“ vorstellt – „seinen Sohn zum Mitbesitzer“ (455) der Firma Boulton & Watt erhob. Der Sohn James kehrte sich von der Politik ab, und zwar für immer. Als sein Vater aus dem Geschäft zurücktrat, führte er mit dem neuen Partner (M. R. Boulton, dem Sohn des Mitbegründers der Firma) – wie der Gehülfe es gleichfalls angedeutet hat – „schon wieder Mauern um ihre Gärten auf, damit sie ihrer Erzeugnisse sicher seien“ (454); sie konnten den Gewinn durch die Geheimhaltung ihrer weiteren technischen Innovationen sichern<sup>30</sup>. Sein Vater hatte allerdings noch eine weitere Täuschung des Frühlings zu beklagen: Gregory Watt starb 1804, nach erfolglosen Luftveränderungen, im Alter von 27 an der Tuberkulose.

## 5. Ein Blick ins „Ungeheure“: Theorien der Dampfexpansion

Otilie äußert später in Kapitel 15 den Wunsch, als eine Erzieherin auf die Pension zurückzugehen. In ihrer Erklärung verrät sie uns, wie sie den Phasenübergang des Wasserdampfs in der Kondensationsmaschine begleitet:

„Ich denke es mir als eine glückliche Bestimmung, andre auf dem gewöhnlichen Wege zu erziehen, wenn wir auf dem sonderbarsten erzogen worden. Und sehen wir nicht in der Geschichte, dass Menschen, die wegen großer sittlicher Unfälle sich in die Wüste zurückzogen, dort keineswegs [...] verborgen und gedeckt waren? Sie wurden zurückgerufen in die Welt, um die Verirrten auf den rechten Weg zu führen; und wer konnte es besser als die in den Irrgängen des Lebens schon Eingeweihten!“ (504)

Die Dampfteilchen ziehen sich wegen „sittlicher Unfälle“ (inmitten der Stöße jener „Herren“) in die „Wüste“ des heiß und trocken gehaltenen Zylinders zurück, um bald in den *abgesonderten* Kondensator „zurückgerufen“ und in Wasser verwandelt zu werden. Dadurch werden erneut die *verirrten* Dampfteilchen „auf dem gewöhnlichen Wege“ – aus dem Dampfkessel in den

---

<sup>30</sup> Crowther (Anm. 9), 168.

Zylinder – geleitet. Diese *Irrgänge* (Phasenübergänge) des Wassers verleihen der Maschine die damals so genannte *lebendige* Kraft (*vis viva*). Otilie fährt fort:

„Wie heiter werde ich die Verlegenheit der jungen Aufschösslinge betrachten, bei ihren kindlichen Schmerzen lächeln und sie mit leiser Hand aus allen kleinen Verirrungen herausführen.“ (504)

Als das Feuer des Dampfkessels scheint sie – so *heiter* idealisierend wie nach dem Gesetz von Gay-Lussac<sup>31</sup> – die Teilchen des siedenden Wassers verdunsten zu wollen. Was aber ihre Beziehung zu dem Gehülften angeht, hofft sie nur, dass er als ein *Freund* mit ihrem *ungeheuren* Übel umgehen wird:

„So gut und verständig als der Freund ist, ebenso, hoffe ich, wird sich in ihm auch die Empfindung eines reinen Verhältnisses zu mir entwickeln; er wird in mir eine geweihte Person erblicken, die nur dadurch ein ungeheures Übel für sich und andere vielleicht aufzuwiegen vermag, wenn sie sich dem Heiligen widmet, das uns unsichtbar umgebend allein gegen die ungeheuren zudringenden Mächte beschirmen kann.“ (505)

Das Ungeheure, wovon hier die Rede ist, ist im Kontext der vorhin genannten Wärmestofftheorie zu verstehen. Diese Äußerung entspricht vor allem John Daltons Caloricumtheorie (Dalton war Quäker, Mitglied der Society of *Friends*, und blieb unverheiratet wie der etwas jüngere James Watt Junior)<sup>32</sup>. Seiner Ansicht nach ist jedes Teilchen der Gase (einschließlich des Dampfteilchens) mit einer „Atmosphäre“ von Caloricum umgeben; es zieht das Caloricum an. Die Expansionskraft der Gase soll davon herrühren, dass ihre Teilchen sich durch das Medium dieser Atmosphäre wechselseitig abstoßen<sup>33</sup>. Otilie will hier als dieses Caloricum erblickt werden, indem sie ihre *ungeheure Zudringlichkeit* (ihr Angezogenensein) durch ihren repulsiven atmosphärischen Schirm *aufwiegt*. Ihr Rollenwechsel ist nachvollziehbar, da Daltons neue Theorie auf der Wärmethorie William Irvines (1743-87) – der mit Watt befreundet war – basierte<sup>34</sup>.

Sie hatte bereits in der vorangehenden Äußerung ein derartiges Wechselspiel von Anziehung und Abstoßung als ungeheure Taten geschildert:

„Ein seltsam unglücklicher Mensch, und wenn er auch schuldlos wäre, ist auf eine fürchterlicher Weise gezeichnet. Seine Gegenwart erregt in allen, die ihn [...] gewahr werden, eine Art von Entsetzen. Jeder will das Ungeheure ihm ansehen, was ihm auferlegt ward; jeder ist neugierig und ängstlich zugleich. So bleibt ein Haus, eine Stadt, worin eine ungeheure Tat

<sup>31</sup> Die 1802 von Gay-Lussac formulierte Gesetzmäßigkeit im Verhalten von idealen Gasen: Ihr Volumen (bei konstantem Druck) oder ihr Druck (bei konstantem Volumen) ist direkt proportional zur absoluten Temperatur.

<sup>32</sup> In seiner Erläuterung der Caloricumtheorie zieht Dalton auch die von James Watt (Senior) gemachte Betrachtung des gesättigten Wasserdampfs heran (*A New System of Chemical Philosophy*, Part I, Manchester 1808, 132).

<sup>33</sup> Dalton (Anm. 32), 1, 71.

<sup>34</sup> Fox (Anm. 18), 26; Yoshitaka Yamamoto, *Netsugaku Shiso no Shiteki Tenkai* [Historische Entwicklung der Wärmethorie], Tokio 2008, II, 68.



geschehen, jedem furchtbar, der sie betritt. Dort leuchtet das Licht des Tages nicht so hell, und die Sterne scheinen ihren Glanz zu verlieren.“ (503)

Otilie spricht hier von der Wärmeausdehnung der Luft, die die Brechzahl des Lichts änderte und so die Berechnungen der Astrophysiker erschwerte (Laplace wurde eben deshalb zur Wärmeforschung angeregt<sup>35</sup>). Da die Gesetzmäßigkeit der Wärmeausdehnung nach einer absoluten Temperaturskala aufgefasst werden muss, tritt ein *seltsam unglückliches* – absolut temperiertes – Individuum mit einem *fürchterlich* niedrigen (wenn auch *schuldlos* positiven) Wert auf: als ein Teilchen des idealen Gases, das bei extremer Abkühlung sein Volumen verlieren (d.h. seiner Wärmeermosphäre beraubt und räumlich – wie eine bisher belagerte Festung – *entsetzt* werden) soll. Das ihm (zur Aufwärmung) *aufgelegte* Caloricum wird zugleich auch von den benachbarten Teilchen angezogen, als ob es sie *neugierig* gemacht hätte; aber die ihm zugekommene repulsive calorische Atmosphäre erweckt das Gefühl der *Ängstlichkeit* (räumlicher *Enge*) bei den anderen.

Nach der gerade angeführten Äußerung spricht Otilie auch von anderen Individuen. Sie sucht zu erläutern, wie die „Indiskretion der Menschen“ – die „alberne Zudringlichkeit“ der *Festkörper* und die „ungeschickte Gutmütigkeit“ der *Flüssigkeiten* sind wohl damit gemeint – „doch vielleicht zu entschuldigen“ ist (503), d.h. wie die Materie *diskret* verdunstet und ihr Volumen vergrößert. Am Anfang des 19. Jahrhunderts stritt man gerade über die Erklärung der Gasexpansion. Es gab zwei Schulen innerhalb der Caloricumtheorie: Laplace und Gay-Lussac standen Dalton gegenüber<sup>36</sup>. Otilie grenzt sich von diesen Franzosen (den Physikern der renommierten Société d’Arcueil) ab, indem sie den wiederholten Vorschlag der „Baronesse“ ablehnt, in das „große reiche Haus“ zu gehen (502f.; vgl. 346, 374)<sup>37</sup>. Zur Begründung ihrer Absage erinnert sie sich an das Mädchen, das im Umgang mit Luciane von einem „Entsetzen vor einem eindringenden Ungeheuren“ ergriffen schien (435)<sup>38</sup>: Sie habe

„unglaublich mit jenem armen Mädchen gelitten, als es Luciane aus den verborgenen Zimmern des Hauses hervorzog, sich freundlich mit ihm beschäftigte, es in der besten Absicht zu Spiel und Tanz nötigen wollte.“ (503)

Luciane schleicht sich hier bei einem mutmaßlich *entsetzten* (der daltonschen Wärmeermosphäre beraubten) Teilchen ein, um die laplacesche Theorie zu illustrieren: Laut Laplace erfolgen der Phasenübergang und die Wärmeausdehnung der Materie – wie das „Spiel und

---

<sup>35</sup> Fox (Anm. 18), 71; Yamamoto (Anm. 34), II, 57.

<sup>36</sup> Goethe dürfte dies zuerst aus Häüys Lehrbuch (René-Just Häüy, *Traité élémentaire de physique*, Paris 1803, 1806<sup>2</sup>) gelernt haben.

<sup>37</sup> Mit der „Erbtochter“ dieses Hauses ist wohl – zur Abgrenzung von der Alchemie – die Chemie gemeint; mit dem Haus selbst entweder die Pariser Akademie der Wissenschaften oder die Landhäuser von Berthollet und Laplace in Arcueil.

<sup>38</sup> Die Episode dieses Mädchens dient zuerst am angeführten Ort (Teil II, Kap. 6) zur Anspielung auf Napoleons Feldzug auf der Iberischen Halbinsel; vgl. meinen Beitrag (Anm. 1), IV, 2010, 149.

Tanz“ des Mädchens – dadurch, dass ein Teil der darin enthaltenen calorischen Substanz als *latente Wärme* (wie „aus den verborgenen Zimmern“) Wirkungen auf sie ausübt, anstatt sie zu erwärmen. Gay-Lussac suchte auch die Abkühlung der Gase bei ihrer adiabatischen Ausdehnung als die Folge ihrer Wärmeverbergung aufzufassen<sup>39</sup>. Dieser Ansicht stellt Otilie die daltonsche gegenüber, indem sie schildert, wie sie das geflohene Mädchen umarmte:

„Als das arme Kind bange und immer bänger zuletzt floh und in Ohnmacht sank, ich es in meine Arme fasste, die Gesellschaft erschreckt aufgeregt und jeder erst recht neugierig auf die Unglückselige ward: da dachte ich nicht, dass mir ein gleiches Schicksal bevorstehe; aber mein Mitgefühl, so wahr und lebhaft, ist noch lebendig. Jetzt kann ich mein Mitleiden gegen mich selbst wenden und mich hüten, dass ich nicht zu ähnlichen Auftritten Anlass gebe.“  
(503)

Das Kind (Gasteilchen) macht sich räumlich „bange“ mit seiner repulsiven Wärmeatmosphäre. Daher dehnt es sich ohnmächtig aus, ohne dass es von der eingeschlichenen Luciane dazu genötigt wird. Dalton betrachtete den Zutritt des zusätzlichen Caloricums nicht als die Ursache sondern als die Wirkung der Ausdehnung. Mit der Ausdehnung soll die Wärmekapazität des Gases zunehmen; im Fall der adiabatischen Ausdehnung bewirkt dieser Kapazitätzuwachs seine Abkühlung, d.h. den Temperaturrückgang infolge der Absorption des Caloricums aus seiner Umgebung<sup>40</sup>. In diesem Sinne dehnte sich das *arme* Kind horizontal und machte sich wärmekapabler; um es ihrerseits zu *fassen* (kapieren), senkte Otilie ihre thermalen *Arme* und ließ die Gesellschaft schauern. Anders als die unverantwortliche Auslöserin Luciane bewahrt sie ihr Mitgefühl „noch lebendig“; sie will ähnliche Auftritte nicht selber heimlich veranlassen. – Diese gegensätzlichen Haltungen teilen jedoch „ein gleiches Schicksal“: Es war nur ein Zwiespalt innerhalb der Caloricumtheorie, die die Erscheinungswelt übersprang und über das „Wesen“ der Wärme spekulierte. Goethe unterstützte diese Theorien ebenso wenig wie die Bewegungs- und Wellentheorien der Wärme. Als Naturforscher beschränkte er sich auf die Betrachtung des von ihm so genannten Urphänomens; ein angeblich dahinter verborgenes Wesen der Natur wäre nur als ein Un Ding, als ein Ungeheuer zu bezeichnen.

Wir können jetzt nicht näher betrachten, wie Goethe in diesem Kapitel Daltons und Gay-Lussacs Forschungen über die Ausdehnung der Gase schildert<sup>41</sup>. Unsere Lektüre belegt jedoch bereits sein Vorhaben, die Beziehungen zwischen der Industrierevolution und den Naturwissenschaften

---

<sup>39</sup> Antoine Laurent Lavoisier / Pierre Simon Laplace, «Mémoire sur la chaleur», *Œuvres de Lavoisier*, II, Paris, 1862, 283-333, hier: 314f.; Gay-Lussac, «Premier essai pour déterminer les variations de température qu'éprouvent les gaz en changeant de densité, et considérations sur leur capacité pour le calorique», *Mémoires de physique et de chimie de la Société d'Arcueil*, I, 1807, 180-203, hier: 184f.. Gay-Lussacs Gedankengang ist von Fox (Anm. 18, 129ff.) und Yamamoto (Anm. 34, 24ff., 39ff., 95ff.) näher erläutert.

<sup>40</sup> Dalton (Anm. 32), 6, 50; Yamamoto (Anm. 34), 84.

<sup>41</sup> Vgl. die Stellenkommentare in meiner demnächst erscheinenden Teilübersetzung dieses Romans.

satirisch zu zergliedern. Offenbar war es nicht aus einer technophoben Ignoranz, dass er später im Anblick von den nicht mehr zu dämpfenden Dampffahrzeugen über die „ungeheuern Elemente“ der Zeit klagte<sup>42</sup>. Durch weitere Lektüre werden wir seinen anatomischen Blick auf das zeitgenössische Wissenssystem noch genauer verfolgen können.

(Für Anregungen und Kritik danke ich Agnes Hoffmann)



## Anatomy of the Industrial Revolution: Watt, Dalton, and Gay-Lussac in Goethe's *Elective Affinities*

Takaoki MATSUI

Although *Elective Affinities* is subtitled “a novel”, it has much in common with another literary genre: the Menippean satire which is also called the anatomy. It implicitly caricatures the zealous efforts of scientists to inquire into the “elective affinities” of the four elements (the four protagonists). Goethe included James Watt in those scientists. The old inventor is depicted as a young “assistant” of the “headmistress” [*Vorsteherin*] of a “boarding school” [*Pension*]. The plans and hardships of his early days (including his sick headaches) are mirrored in the assistant’s passionate reports on the unfortunate schoolgirl Otilie. Otilie personifies the »fire« of Watt’s still unfinished steam engine, while her handwriting shows the performance of his copy press (Part I, Ch. 3, 5, and 12). The *Pension* is etymologically reminiscent of the librating motion of his engine. The presence of the old *Vorsteherin* suggests the decline of his vigor by evoking the image of an enlarged *prostate*.

In Part II, the assistant’s conversation with Charlotte and Otilie (»air« and »fire«) serves to describe the later improvements in Watt’s steam engine: sun-and-planet gear, centrifugal governor, parallel linkage, slide-valve and its crankshaft. His theory of “education” [*Erziehung*] illustrates the way to pull [(*er-*)*ziehen*] the piston reciprocally with the power of steam. He also takes on the traits of Watt’s sons as he thinks of taking over the school from the *Vorsteherin*. However, he fails to make Otilie his new assistant. His hesitation in proposing to her points to James Watt Junior’s mismanagement of the gas lighting business (Ch. 7). His stroll in the wintry garden parallels Watt’s life in semi-retirement; his advice about the generation conflict suggests the way Watt tamed the rebellious son James in the years of the French Revolution (Ch. 8).

---

<sup>42</sup> Ein Spruch aus dem Jahr 1825; Goethe (Anm. 2), I.XIII, 134, 686.

Otilie later discloses her wish to work in the *Pension* (Ch. 15). Although she exemplifies the older *phlogiston* theory of combustion throughout the story, she illustrates temporarily – in the assistant’s absence – her “educational” task in accordance with John Dalton’s *caloric* theory of heat. Dalton opposed it to the Laplace version of caloric theory which was adopted by Gay-Lussac. Otilie depicts Dalton’s view of the expansion of steam, while Luciane (Charlotte’s daughter) parodies Laplace’s view of gas expansion as the effect of “latent heat”. However, Otilie’s words signify Goethe’s disapproval of both theories; she admits the monstrosity [*das Ungeheure*] of her own as well as of Luciane’s conduct (cf. Ch. 6).