

Oeconomia animalis: Zur Vorgeschichte des Stoffwechselbegriffs

Prof. Dr. Dr. Johannes Büttner, Wilhelm-Dusche-Weg 12,
30916 Isernhagen <joh.buettner@t-online.de>

Der Beitrag ist dem Andenken des Wissenschaftshistorikers
Frederic L. Holmes gewidmet, der sich intensiv mit der Geschichte der
Biochemie beschäftigt hat. Holmes verstarb 2003 im Alter von 71 Jahren.

Der Begriff „Stoffwechsel“ ist heute in der Medizin, der Chemie und der Biochemie allgemein gebräuchlich. Er bezeichnet die chemischen Vorgänge innerhalb des lebenden Organismus. Im Folgenden soll die Entstehung dieses Begriffes dargestellt werden.

Bereits in der Griechischen Antike haben sich Ärzte und Philosophen eingehend mit den stofflichen Vorgängen im lebenden tierischen und menschlichen Organismus beschäftigt. Hier sei nur erwähnt, dass Aristoteles (384–322 v. Chr.) in seinen physiologischen Schriften das Phänomen der Entwicklung und Reifung des Organismus behandelt hat. In diesem Zusammenhang war der Begriff „pēsis“ (πέσις) für das Reifen wichtig, auch wird schon das Wort metabolé (μεταβολή) für „Verwandlung“ verwendet. Das Reifen erfordert Wärme.¹

Der griechische Arzt und Philosoph Erasistratos, der in Julis auf Keos ca.304 v. Chr. geboren wurde und später in Alexandria als Arzt tätig war, hatte den Gedanken, die Aufnahme und die Ausscheidung von Stoffen² im lebenden Organismus quantitativ, d.h. nach Maß und Zahl zu betrachten. Erasistratos verwendete wahrscheinlich den Begriff „Oikonomia“ (οικονομία) für seine Lehre von den stofflichen Vorgängen im lebenden tierischen Organismus.³ Oikonomia ist das griechische Wort für Haushaltung. Darin stecken die Worte oikos (οἶκος) für Haus und nomos (νόμος) für das Zugeteilte oder Festgesetzte. Der Begriff „Oikonomia“ war seit längerem gebräuchlich. So hat Xenophon (von Athen) ein Buch mit dem Titel „Oikonomikos“ (οικονομικός) über die Lehre vom Haushalt in Form eines fiktiven Dialogs zwischen Sokrates und Kritoboulos geschrieben.⁴ Später wurde die private wie auch die staatliche Haushaltung von Aristoteles⁵ in seiner Politik-Lehre (πολιτεία) ausführlich behandelt.

Erasistratos beschreibt sein grundlegendes Experiment wie folgt:⁶

Wenn jemand ein Lebewesen nehmen würde, wie einen Vogel oder etwas in dieser Art und es für einige Zeit in einen Topf brächte, ohne ihm irgendwelche Nahrung zu geben und es wöge mit den Ausscheidungen, die es sichtbar von sich gegeben hat, dann wird man einen großen Gewichtsverlust feststellen, vor allem weil eine reichliche Ausdünstung stattgefunden hat, die nur der Verstand wahrnehmen kann.

Bemerkenswert ist an diesem Experiment zum einen, dass es mittels einer Waage quantitativ durchgeführt wurde, zum anderen, dass Erasistratos den festgestellten Gewichtsverlust auf eine „Aurdünstung“, d.h. die Abgabe von Wasser zurückführte.

**Santorio Santorio
(1561-1636)**



**Die Waage
des Santorio (1614)**



Abb. 1: Santorio und seine Waage

Erst 2.000 Jahre später, am Ende des 16. Jahrhunderts, wurde der Gedanke des Erasistratos wieder aufgenommen. Im Vordergrund stand wie bei Erasistratos der Versuch, Erklärungen für die im lebenden Organismus ablaufenden Vorgänge zu finden. Der italienische Gelehrte Santorio Santorio (1561-1636) unternahm es, an der Universität Padua das Experiment des Erasistratos wieder aufzugreifen und zwar beim Menschen. Er konstruierte eine Waage, welche fortlaufende Wägung-

gen der Versuchsperson sowie der zugeführten Nahrung und der Ausscheidungen gestattete. Die Abb. 1 zeigt ein Portrait von Santorio und seine Waage. Die Auswertung der Wägungen ergaben, dass in der täglichen Bilanz des Gewichtes (Körpergewicht + Nahrungsaufnahme – Ausscheidungen) regelmäßig ein Gewichtsverlust eintrat, den Santorio als „perspiratio insensibilis“, als nichtfühlbare Abgabe (von Wasserdampf) durch die Haut erklärte. Santorio hat diese Wägungen über viele Jahre besonders an sich selbst, aber auch an vielen Versuchspersonen durchgeführt. In einem Buch mit dem Titel „De Statica Medicina“, „Über die medizinische Waage“ hat er 1614 eingehend über seine Ergebnisse berichtet.⁷ „Statéra“ ist die latinisierte Form des griechischen Wortes für Waage (σταθμός). Santorio beschreibt in Aphorismen die Bedingungen und Ursachen, unter denen unterschiedliche Gewichtsverluste eintraten.

Als Beispiel sei der Aphorismus VI aus Santorios Buch „De Statica Medicina“. Teil I, zitiert:⁸

Wenn 8 Pfund Fleisch und Getränk an einem Tag aufgenommen werden, pflegt die Menge, die durch ‘Perspiratio insensibilis’ gewöhnlich in dieser Zeit abgeben wird, 5 Pfund zu sein.

Santorio hatte 1615 Galileo Galilei (1564-1642) ein Exemplar seines Buches „De Statica Medicina“ gesandt. In einem Brief an Galilei schreibt er:

Denn wenn der Arzt nicht jeden Tag weiß, wieviel der Patient perspiriert und wann mehr und wann weniger, dann würde sich seine Kunst ohne weiteres als vergeblich offenbaren, wie in den genannten Aphorimen bewiesen wurde.⁹

Santorio teilt Galilei in diesem Brief auch mit, dass er mit seiner Wägemethode in 25 Jahren 10.000 Versuchspersonen untersucht habe. Bei diesen Untersuchungen hatte er festgestellt, dass täglich 1/50 der aufgenommenen Nahrung in Körpermasse verwandelt wird. Wenn das Körpergewicht sich nicht verändert, wie dies bei gesunden Erwachsenen über einen längeren Zeitraum der Fall ist, muss dieser geringen täglichen Zunahme der Körpermasse ein gleich großer Abbau von „alter“ Körpermasse entsprechen. Johann Bernoulli (1667-1748) – aus der Mathematikerfamilie der Bernoulli – berechnete später aus diesen Daten, dass in 2 Jahren und 207,5 Tagen die gesamte Körpermasse durch neugebildete Substanz ersetzt worden ist.¹⁰

Der Philosoph René Descartes (1596-1650), der in seinen Büchern über die Physiologie (1632 und 1648) eine mechanistische Auffassung der Vorgänge im lebenden Organismus vertrat, sah den Organismus als „machina“. Er erwähnt in seiner „Physiologie“, die 1648 erschien, die Experimente und Gedanken von

Santorio.¹¹ Abb. 2 zeigt ein Portrait des Descartes gemalt von Frans Hals (1582-1666).



Abb. 2: René Descartes. Gemälde von Frans Hals

Für Descartes ist der „Wechsel der Stoffe“ ein Charakteristikum des belebten Organismus. In seiner „Descriptio corporis humani. Pars tertia, XX, sagt er:

Man muß beachten, daß sich die Teile aller Körper, die leben und durch Nahrung unterhalten werden, d.h. aller Lebewesen und Pflanzen, unaufhörlich auswechseln“.¹²

Der englische Arzt William Harvey hatte 1628 den Blutkreislauf beschrieben.¹³ Descartes hat in seinem Buch „Tractatus de homine“, einer Abhandlung über die Physiologie des Menschen, von der „ewigen Kreisbewegung des Blutes in den Blutgefäßen“ gesprochen. In Übereinstimmung mit Santorio erläutert Descartes, dass Bestandteile des Blutes dauernd aus den Blutgefäßen austreten, und dass dieser Verlust durch den „Saft der Speisen“ ausgeglichen werde.¹⁴

Holländische und englische Naturforscher behandelten im 17. Jahrhundert die stofflichen Veränderungen des menschlichen und tierischen Organismus sehr ausführlich. Sie verwenden den von Xenophon und Aristoteles eingeführten Begriff „Oeconomia“ erweitert um das Wort „animalis“. Zwei Bücher über dieses Thema seien erwähnt. Der holländische Naturforscher Cornelis Hogelande (1590-1662) schrieb 1646 ein umfangreiches Lehrbuch der „Oeconomia anima-

lis“.¹⁵ Er behandelte die Geschichte der „Oeconomia corporis“ und erklärte sie „mechanisch“. 1659 hat auch der englische Arzt Walter Charleton (1619-1707) ein Buch unter dem Titel „Oeconomia animalis“ publiziert.^{16,17} Er betont, das Thema werde „mechanisch“, d.h. physikalisch behandelt. Die Abb. 3 zeigt als Beispiel für die Bücher über die „Oeconomia animalis“ das Titelbild des Buches von Walter Charleton (1659).



Abb. 3: Buchtitel von „De Oeconomia Animali ...“ des englischen Arztes Walter Charlettin (1659)

Im 18. Jahrhundert findet man eine extreme Auffassung des menschlichen und tierischen Stoffwechsels bei Julien Offray de La Mettrie (1709–1751). Er gehörte zeitweise zu dem Diskussionskreis Friedrichs des Großen und wurde Mitglied der Berliner Akademie. In einem Büchlein mit dem Titel „L'homme machine“ (die menschliche Maschine), das 1748 anonym erschien und sofort verboten wurde, vertrat er eine extrem-mechanistische Auffassung der Lebensvorgänge.¹⁸ Die Abbildung 4 zeigt das Titelbild des Buches.

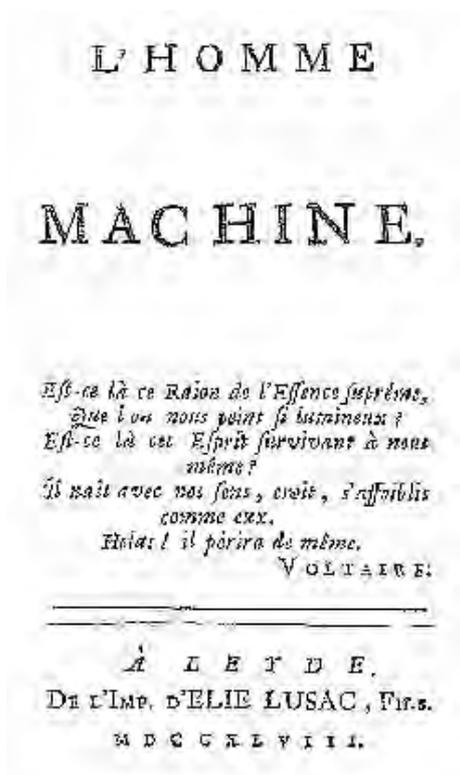


Abb. 4: Buchtitel des anonym publizierten und sofort verbotenen Buches (1748) von Julien Offray des La Mettrie (1709-1751)

Eine charakteristische Formulierung von La Mettrie ist:

Es bedarf wohl kaum weiterer Ausführungen ... um zu beweisen, daß der Mensch nichts anderes ist als ein Tier bzw. eine Maschinerie von Triebfedern, die sich gegenseitig spannen ...¹⁹

Es war dann Antoine Laurent Lavoisier (1743-1794), der wichtige chemische Grundlagen des Stoffwechsels experimentell erarbeitete. Lavoisiers Plan war, die gleichzeitig ablaufenden Prozesse Atmung, Verdauung und Transpiration quantitativ zu erfassen. Hier seien als Beispiel nur seine Arbeiten über die Respiration erwähnt, die er 1777/1780 und 1789/1793 durchführte.

Lavoisier hatte auch begonnen, die Transpiration mit genauen Methoden zu messen. Er schlug vor, die transpiration cutanée und die transpiration pulmonaire getrennt zu untersuchen, was Santorio nicht versucht hatte. In den letzten experimentellen Arbeiten vor seinem Tod auf der Guillotine 1794 hat Lavoisier zusammen mit seinem Assistenten Armand Séguin (1767-1835) das Konzept der „Drei Regulatoren“ entwickelt, welches die Atmung, die Transpiration und die Verdauung umfasst.²⁰

Mit den Arbeiten Lavoisiers erreichen wir den Beginn der modernen Chemie, den Übergang von der Phlogiston-Lehre zur „Antiphlogistischen Chemie“.

Die komplexen chemischen Vorgänge im lebenden Organismus waren zunächst kaum verständlich. Man benutzte den Begriff „Lebenskraft“ zur Erklärung unverständlicher Phänomene. Das Wort „Lebenskraft“ war von Friedrich Casimir Medicus 1774 geprägt worden²¹ und wurde auch in der 1. Hälfte des 19. Jahrhunderts noch verwendet.²² Doch mit der zunehmenden Kenntnis über die im Organismus ablaufenden chemischen Reaktionen verliert der Begriff „Lebenskraft“ seine Bedeutung.

Stattdessen treten nun die im Organismus ablaufenden chemischen Reaktionen in den Vordergrund der Betrachtung. Man wird aufmerksam auf den „Wechsel der Materie“ im lebenden Organismus und fragt nach der Bedeutung dieser Prozesse.

Hier ist besonders Joseph Servatius D'Outrepoint (1776-1845) zu nennen, ein Schüler des Hallenser Klinikers Johann Christian Reil (1759-1813).²³ D'Outrepoint wurde 1798 in Halle promoviert mit der Dissertation „De perpetua materie organico-animalis vicissitudine“ („Über den ständigen Wechsel der organisch-tierischen Materie“). In dieser Arbeit hat er auf den ständigen Wechsel der Materie im lebenden Organismus – den „Stoffwechsel“ – hingewiesen. D'Outrepoint war später als Professor der Gynäkologie an der Universität Würzburg tätig.

In D'Outrepoints Dissertation heißt es:

Ich glaube, daß der Wechsel der Stoffe allgemein in den festen und flüssigen Theilen, in allen Säften und Organen ohne Ausnahme stattfindet; daß er beständig sey; daß er sowohl zum gesunden, als zum kranken Zustand gehöre. Im gesunden Zustande erfolgt er nach einer gewissen Norm, in Krankheiten abweichend von dieser Norm.²⁴

Das Wort „Stoffwechsel“ findet sich vor 1800 nur in wenigen Publikationen. Während der 1. Hälfte des 19. Jahrhunderts wird es häufiger verwendet. Liebig benutzt das Wort in seiner „Thier-Chemie“ (1842) nur gelegentlich. Erst in der 2. Hälfte des 19. Jahrhunderts wird der Begriff allgemein üblich. 1839 prägte Theodor Schwann den Begriff „Metabolismus“,²⁵ der sich von dem griechischen Wort μεταβολή („Veränderung“ oder „Wandel“) herleitet, das schon Aristoteles verwendete (siehe oben). Diese Bezeichnung hat sich besonders in Frankreich (métabolisme) und England (metabolism) durchgesetzt.

Nach einem Vortrag auf der GDCH – Fachgruppentagung Geschichte der Chemie, Bad Langensalza, 25.Mai 2007.

- 1 Siehe: Aristoteles, Parts of animals, II. III. 650f. in: Aristoteles in twenty-three volumes. Vol. XII, Parts of animals. London und Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1993 (The Loeb Classical Library).
- 2 Die Griechen sprachen von ύλη, was „materia“ oder „Stoff“ bedeutet.
- 3 Jones, W[illiam] H[enry] S[amuel]: The Medical Writings of Anonymus Londinensis. Unveränderte Neuauflage des griechischen Textes. Amsterdam: Adolf M. Hakkert, 1968. (Cambridge Classical Studies). Das Buch enthält einen ausführlichen griechischen Papyrus-text (mit englischer Übersetzung) über Themen der Medizin und der Physiologie. Es wird vermutet, dass der Text von Menon, einem Schüler des Aristoteles stammt. Der Text trägt die Bezeichnung „Iatrica“ oder „Menoneia“. Das Experiment des Erasistratos wird ausführlich geschildert..
- 4 Xenophon, ca. 430–nach 354 v.Chr. Siehe: Xenophon, Oekonomische Schriften. Gert Audring [Hrsg.,Übers.]. Berlin: Akademie Verlag, 1992 (Schriften und Quellen der Alten Welt; Band 38).
- 5 Aristoteles behandelt den „Haushalt“ zu Beginn seines Buches über die Politik. Siehe: Aristoteles in twenty-three volumes. Vol. XXI, Politics, Book I. (darin Oeconomica“). London und Cambridge, Mass.: Heinemann und Harvard University Press, 1977 (The Loeb Classical Library).
- 6 Siehe Anm. 4, S. 127.
- 7 Santorio, Santorio: Ars Sanctorii Sanctorii Iustinopolitani in Patauino Gymnasio Medicinæ Theoricam ordinariam primo loco profitentis De Statica Medicina Aphorismorum Sectionibus septem comprehensa. 1. Ausgabe. Venedig : Nicolaus Polus, 1614.
- 8 „Si cibus et potus unius diei sit ponderis octo librarum. transpiratio insensibilis ascendere solet ad quinque libras circiter“. Aus : Santorio, De Statica Medicina, S .2.
- 9 Aus dem Brief des Santorio an Galilei vom 9. Februar 1615. Bibliotheca Nazionale Firenze Mss. Gal., P.VII, T.IX, car. 239-240. Autografe de lin. 48-50.
- 10 Bernoulli, Johann : Dissertatio medico-physica de nutritione. Groningen 1699.
- 11 Descartes, Renatus: Tractatus de homine et de formatione foetus. Quorum prior Notis perpetuis Ludovici de La Forge, M.D. illustratur. Amsterdam: Blaeu, 1686. Teil : Tractatus de Formatione Foetus.
- 12 Descartes : Descriptio corporis humani, omniumque ejus functionum. Tertia Pars, De nutritione, XX. Tractatus de homine et de formatione foetus. Quorum prior Notis perpetuis. Ludovici de La Forge, M.D. illustratur. Amsterdam: Blaeu, 1686. Tertia Pars, XX, S. 209. Der lat. Text lautet : „Verum ut hoc distinctius intelligatur, advertendum est, omnium corporum quae vitam habent, quaeque alimento sustentantur, hoc est, animalium & plantarum partes esse in perpetua mutatione.“

- 13 Harvey, William: *Exercitationes anatomica de motu cordis et sanguinis in animalibus*. Francoforti 1628.
- 14 Descartes, R.: Wie Anm. 12, *Secunda Pars*, S. 202-203.
- 15 Cornelis ab Hogelande: *Cogitationes, quibus Dei existentia; item animae spiritalitas, et possibilis cum corpore unio, demonstrantur, nec non, Brevis historia Oeconomiae corporis animalis, proponitur, atque mechanice explicatur*. Amsterdam 1646.
- 16 Charleton, Walter: *Exercitationes physico-anatomicae, de oeconomia animali, novis in medicina hypothesibus superstructa, & mechanice explicata. Editio secunda, priori multò correctior*. Amsterdam, Johannem Ravesteyn, 1659.
- 17 Booth, Emily: *A subtle and mysterious machine. The Medical World of Walter Charleton (1619-1707)*. Dordrecht: Springer, 2005. (Studies in History and Philosophy of Science ; 18)
- 18 Julien Offray de La Mettrie: *L'homme machine*. 2. Auflage (1. im Buchhandel erschienene Ausgabe). Leyden: Elie Lusac Fils, 1748.
- 19 „En faut-il davantage.....pour prouver que l'Homme n'est qu'un Animal, ou un Assemblage des res- sorts, qui tous se montent les uns par les autres...“ Siehe: Anm. 18, S. 83-84.
- 20 „Nous avons fait voir que la machine animale est gouvernée par trois régulateurs principaux: La respiration....., la transpiration....., la digestion.“ Siehe: A. Seguin et A. L. Lavoisier: *Premier mémoire sur la transpiration des animaux*. Histoire de l'Académie des Sciences [Paris] [Mémoires] Année 1790 (1797), S.601–612.
- 21 Medicus, Friedrich Casimir: *Von der Lebenskraft*. Mannheim, 1774. Eine Vorlesung bei Gelegenheit des höchsten Namensfestes Sr. Kuhrfürstlichen Durchleucht von der Pfalz in der Kuhrpfälzisch-Theodorischen Akademie der Wissenschaften den 5. November 1774.
- 22 Botsch, Walter: *Die Bedeutung des Begriffs Lebenskraft für die Chemie zwischen 1750 und 1850*. Dissertation Fakultät für Geschichts- Sozial- und Wirtschaftswissenschaften Universität Stuttgart. 1997, hier besonders Kap. 6.
- 23 D'Outrepoint stammte aus Malmédy in der Provinz Lüttich. In seinen wissenschaftlichen Arbeiten benutzte er die einfachere Schreibweise „Doutrepoint“.
- 24 Doutrepoint, Jos[eph] Servat[ius]: *Über den Wechsel der tierischen Materie* Archiv für die Physiologie 4 (1800) 3. Heft, S.460–508, Zitat S.490. Die lateinische Dissertation hatte den Titel: *Jos. Servat. Doutrepoint. Diss inaug. medica de perpetua materiei organico-animalis vicissitudine*. Halae 1798.
- 25 Schwann, Th[eodor]: *Mikroskopische Untersuchungen über die Uebereinstimmung in der Struktur und dem Wachstume der Tiere und Pflanzen*. Berlin: Sandersche Buchhandlung (G.E.Reimer), 1839. Siehe: III. Abschnitt „Theorie der Zellen“.