

Vera von der Osten-Sacken / Walther Ch. Zimmerli (Hg.)

# Energieia



**unipress**

# Interfacing Science, Literature, and the Humanities / ACUME 2

Volume 12

Edited by

Vita Fortunati, Università di Bologna

Elena Agazzi, Università di Bergamo

## Scientific Board

Susan Bassnett (Warwick University), Andrea Battistini (Università di Bologna), Andreas Blödorn (Westfälische Wilhelms-Universität Münster), Wolfgang Braungart (Universität Bielefeld), Michele Cometa (Università di Palermo), Susan Fairweather-Tait (University of East Anglia), Vincenzo Ferrone (Università di Torino), Claudio Franceschi (Università di Bologna), Susan Friedman (University of Wisconsin-Madison), Brian Hurwitz (King's College), Giovanni Levi (Muséum National D'Histoire Naturelle), Ansgar Nünning (Justus Liebig Universität Giessen), Vera Nünning (Universität Heidelberg), Giuliano Pancaldi (Università di Bologna), Stefano Poggi (Università di Firenze), Stanley Ulyaszek (Oxford University)

## Editorial Board

Raul Calzoni (Università di Bergamo), Valeria Cammarata (Università di Palermo), Zeldia Franceschi (Università di Bologna), Guglielmo Gabbiadini (Università di Bergamo), Gilberta Golinelli (Università di Bologna), Andrea Grignolio (Università di Roma La Sapienza), Federica La Manna (Università della Calabria), Micaela Latini (Università di Cassino), Alessandro Nannini (Università di Bucarest), Greta Perletti (Università di Bergamo), Massimo Salgaro (Università di Verona), Aurelia Santoro (Università di Bologna)

Vera von der Osten-Sacken /  
Walther Ch. Zimmerli (Hg.)

# Energieia

Mit 7 Abbildungen

V&R unipress

Bibliographic information published by the Deutsche Nationalbibliothek  
The Deutsche Nationalbibliothek lists this publication in the Deutsche Nationalbibliografie;  
detailed bibliographic data are available online: <https://dnb.de>.

© 2023 Brill | V&R unipress, Robert-Bosch-Breite 10, D-37079 Göttingen, ein Imprint der Brill-Gruppe  
an imprint of the Brill-Group

(Koninklijke Brill NV, Leiden, The Netherlands; Brill USA Inc., Boston MA, USA; Brill Asia Pte Ltd,  
Singapore; Brill Deutschland GmbH, Paderborn, Germany; Brill Österreich GmbH, Vienna, Austria)  
Koninklijke Brill NV incorporates the imprints Brill, Brill Nijhoff, Brill Hotei, Brill Schöningh,  
Brill Fink, Brill mentis, Vandenhoeck & Ruprecht, Böhlau, V&R unipress and Wageningen Academic.  
All rights reserved. No part of this work may be reproduced or utilized in any form or by any means,  
electronic or mechanical, including photocopying, recording, or any information storage and  
retrieval system, without prior written permission from the publisher.

Printed and bound by CPI books GmbH, Birkstraße 10, 25917 Leck, Germany  
Printed in the EU.

**Vandenhoeck & Ruprecht Verlage | [www.vandenhoeck-ruprecht-verlage.com](http://www.vandenhoeck-ruprecht-verlage.com)**

ISSN 2197-1390

ISBN 978-3-8470-0687-9

*Für den Philosophen Hans Poser (1937–2022), der maßgeblich zu dem vorliegenden Band beigetragen hat, aber sein Erscheinen nicht mehr erleben durfte.*



## Inhalt

Walther Ch. Zimmerli / Vera von der Osten-Sacken	
Einleitung . . . . .	9
<b>Was ist und wie messen wir Energie?</b>	
Hans Poser †	
Ἐνέργεια – vis viva – Energie. Der Weg zur klassischen Mechanik . . . . .	17
Stephan M. Fischer	
Energie – was messen wir eigentlich? . . . . .	39
<b>Energieia, Gottes Wirksamkeit und Wirklichkeit</b>	
Heinz Ohme	
Zur theologischen Rezeption des philosophischen Energieia-Begriffes im 7./8. Jahrhundert . . . . .	63
Reinhard Flogaus	
Nicht von dieser Welt, aber für diese Welt. Die Lehre des Gregorios Palamas über die göttliche Energie . . . . .	87
Andreas Arndt	
Schellings Begriff der Wirklichkeit . . . . .	133
<b>Energiewenden</b>	
Wolfgang König	
Kohle, Eisen, Dampfmaschine. Die Geburt des fossil getriebenen Wirtschaftens . . . . .	147



---

Ulrich Glotzbach	
Das neue Zeitalter der Regenerativen Energien. Zur gegenwärtigen Umgestaltung des Energiesystems . . . . .	163
Wolfgang Huber	
Die Energiewende als ethische Herausforderung . . . . .	169
Kurzbiographien . . . . .	185

Walther Ch. Zimmerli / Vera von der Osten-Sacken

## Einleitung

Zwar nimmt unter den Themen, die uns in Politik, Wirtschaft und Wissenschaft in den letzten Jahrzehnten intensiv beschäftigt haben, die Frage nach der Energie ohnehin eine bevorzugte Stellung ein. Durch die politischen Entwicklungen im Zusammenhang mit dem völkerrechtswidrigen Krieg Russlands gegen die Ukraine und die damit zusammenhängende Energieverknappung und -verteuerung hat sie jedoch eine in diesem Ausmaß nicht erwartete neue Aktualität erhalten. Allerdings gilt auch hier – wie in vielen anderen Kontexten –, dass die Aktualität und Bedeutung eines Themas sich nicht unbedingt darin spiegelt, wie gründlich darüber nachgedacht wird. Hier, wo immer möglich, Abhilfe zu schaffen, ist eine der vordringlichen Absichten des vorliegenden Bandes, der ursprünglich auf eine transdisziplinär und transuniversitär angelegte Lehrveranstaltung »ἐνέργεια – Energie« an der Theologischen Fakultät und der Graduate School der Humboldt-Universität zu Berlin zurückgeht.

In den hier vorliegenden, z. T. gründlich überarbeiteten Beiträgen geht es – anders als in den derzeitigen Mediendebatten – für einmal nicht um die Frage internationaler Abhängigkeiten im Energiesektor oder um die Gaspreisbremse, sondern darum, nicht nur aus der Sicht der Geistes-, Sozial-, Natur- und Ingenieurwissenschaften, sondern aus derjenigen der Philosophie und vordringlich der Theologie über die aktuellen gesellschaftlich-politischen und ethische Diskussionen hinaus z. T. verschüttete Aspekte des Nachdenkens über Energie zu beleuchten.

Dass die Entwicklung des Begriffs »Energie« im abendländischen Denken ihren Anfang bei Aristoteles nahm und dass er seinem Begriff »energeia« den Begriff »dynamis« gegenüberstellte, der in den Ohren von uns Heutigen ganz ähnlich klingt, ist allgemein bekannt. Etwas weniger bekannt ist allerdings, in welcher Weise der Energiebegriff des Aristoteles sich von dem unterscheidet, was wir heute unter »Energie« und »Kraft« verstehen. Und kaum bekannt ist die Rolle, die die Theologie dabei gespielt hat. Daher wählt der vorliegende Band, statt den ebenso ausgetretenen wie schwer verständlichen begriffsgeschichtlichen Pfad zu beschreiten, einen – bei aller historischen Differenziertheit – im

Grundsatz stärker systematisch ausgerichteten Zugang, der Maxime folgend, die Komplexität des Themas nicht über Gebühr zu reduzieren, sondern ihr vielmehr umgekehrt angemessen Rechnung zu tragen. Häufig sind es – und das demonstrieren die Beiträge augenfällig – nicht die scheinbar naheliegenden Verbindungen, sondern die Abzweigungen und Filiationen, die das entscheidende Licht auf das in Rede stehende Problem der Energiea/Energie werfen.

## Was ist und wie messen wir Energie?

Was aber verstehen wir unter »Energie«? Mit dieser grundsätzlich systematischen Frage steigt der in der Zwischenzeit leider verstorbene Berliner Philosoph Hans Poser in einen Durchgang vom aristotelischen Energiea-Begriff bis zur klassischen Mechanik ein. Dieser zentrale Beitrag folgt begrifflichen Verbindungen und Übersetzungsvorgängen in der Philosophie über geographische und chronologische Entfernungen und betrachtet gleichsam aus der Vogelperspektive die verschlungenen Wege, die, aus der aristotelischen Philosophie herkommend, über scholastische Konzepte des Mittelalters und moderne naturphilosophische Ideen zu einem Verständnis von Energie führten, das seinerseits Grundlage ganz neuartiger, nämlich in engerem Sinne wissenschaftlicher Fragestellungen wurde. Dabei bleiben viele mögliche Verzweigungen und alternative Wege auf der Strecke, und es kristallisiert sich eine Perspektive als dominant heraus: die der Messbarkeit. Diese greift exemplarisch der Wiener und Berliner Physiker und Philosoph Stephan Fischer auf, nämlich nicht die philosophische Frage, was Energie *ist*, sondern was in der Physik als Energie *gilt*, d.h. was *gemessen wird*. Hierbei geht es Fischer weder um eine Wesensbestimmung von Energie noch um eine reine Darstellung von Messverfahren. Er fragt vielmehr im Bereich der kanonischen Mechanik, der statistischen Thermodynamik und der Quantenphysik danach, »was genau man eigentlich misst, wenn man auf die Energie mittels vermittelter und indirekter Messungen zugreift«, und eröffnet so einen Blick in die physikalisch wie mathematisch komplexe Theorie des Messens und das hieraus jeweils unterschiedlich akzentuierte Energiekonzept der modernen Physik.

## Energiea, Gottes Wirksamkeit und Wirklichkeit

Was in der Debatte über Energie häufig vernachlässigt wird, ist der große Einfluss, den die theologische Diskussion allgemein, aber im besonderen auch hinsichtlich des Denkens über Energie hat. Die theologische Rezeption des philosophischen Energiea-Begriffes beschäftigt den Berliner Kirchenhistoriker

und Ostkirchenspezialisten Heinz Ohme. Am Beispiel des monenergetisch-monoteletischen Streitens, einer nicht nur theologisch bedeutsamen christologischen Kontroverse aus dem 7. Jahrhundert, zeigt Ohme auf, wie der aristotelische Begriff in der sich zunehmend philosophischer Definitionen bedienender Argumentationsweise der Theologie im 6. und 7. Jahrhundert aufgegriffen und auf kirchenpolitisch entscheidende Fragestellungen der Christologie angewendet wurde.

Die zentrale Bedeutung des aristotelisch begründeten Energiebegriffs für den Gottesbegriff nimmt der Berliner Kirchenhistoriker Reinhard Flogaus am Beispiel des byzantinischen Mönches und Mystikers Gregorios Palamas in den Blick. Ursprünglich, um mystische Vorstellungen aus dem byzantinischen Mönchtum vor dem Vorwurf der Häresie zu schützen, entwickelte Palamas eine Theologie, in deren Zentrum die Unterscheidung von Gottes Wesen und Gottes Energiea stand. Allein die ungeschaffene Energiea Gottes ist nach Palamas imstande, die unüberbrückbare Kluft zwischen den Menschen und dem ontologisch ganz andersartigen Gott zu überwinden. Damit berief Palamas sich nicht auf zentrale Aussagen des Neuen oder Alten Testaments, sondern auf die Kosmologie eines paganen Denkens. Im Jahre 1351 wurde Palamas' Theologie von einer Synode in Konstantinopel als orthodox anerkannt, wenige Jahre später Palamas selbst, ebenfalls von einer Synode in Konstantinopel, heiliggesprochen. Reinhard Flogaus spürt den geistesgeschichtlichen Wurzeln der einflussreichen Theologie des Palamas nach, die unter anderem auf Ideen des Basilius von Caesarea (ca. 330–379) zurückgreift.

Die herbe Enttäuschung, die der dänische Philosoph und Theologe Søren Aabye Kirkegaard erlebte und der bei ihm helle Begeisterung vorausgegangen war, führt den Berliner Philosophen Andreas Arndt zum Wirklichkeitsverständnis von F.W.J. Schelling und damit in ein Gebiet aus der theologisch-philosophischen Reflexion von Energiea und Wirklichkeit. Nach Arndt beschäftigte Schelling sich vor allem mit der Wirklichkeit Gottes als dem wahren Wirklichen oder Über- bzw. mehr als Seienden, der als Schöpfer des Seienden überhaupt erkannt werden sollte. Anhand ausgewählter Stationen im Werk Schellings zeichnet Arndt die Genese dieser Wirklichkeitsauffassung des Naturphilosophen nach, die im unkritischen Hinnehmen des Gegebenen geendet habe, statt einen begreifenden Zugang zu dem bestimmten Sein zu eröffnen.

## Energiewenden

In die Wirtschafts-, Naturwissenschafts- und Technikgeschichte führt der Beitrag des Berliner Technikhistorikers Wolfgang König, indem er hinter den aktuell oft postulierten Übergang von einer fossil zu einer solar getriebenen Energiewirt-

schaft zurückfragt und eine frühere Energiewende, nämlich die Geburt des fossil getriebenen Wirtschaftens im Kontext der britischen Industrialisierung betrachtet. Die entscheidende Bedeutung, die die Kohle als Energiequelle in dieser Epoche hatte, führt ihn schließlich zu der kontrafaktischen Frage, wie eine Industrialisierung ohne diese Ressource ausgesehen haben könnte.

Die aktuelle Energiewende beschäftigt den Ingenieur und Philosophen Ulrich Glotzbach, Leiter der Koordinierungsstelle »Energiesysteme der Zukunft« der Deutschen Akademie der Technikwissenschaften (acatech) in Berlin. Sein knapper und pointierter Beitrag setzt bei der komplexen sozio-technischen Struktur des heutigen Energiesystems an, das nahezu in alle Branchen und Lebensbereiche verzweigt ist und einen zentral gesteuerten strategischen Großplan zur Umsetzung einer Energiewende als kaum durchführbar erscheinen lässt. Vielmehr erweist sich die Transformation des Energiesystems nach Glotzbach als eine gesamtgesellschaftliche Aufgabe, bei der technische Umstellungen und soziale Veränderungen, z. B. im Hinblick auf das Demokratieverständnis, eng miteinander verwoben sind, und sich zahlreiche alternative Möglichkeiten bieten. Auch könne nicht davon ausgegangen werden, dass die zunehmend kostengünstig verfügbar werdenden Regenerativen Energien vor allem in den Schwellenländern den ökonomischen Wettlauf mit der billigen Kohle gewinnen werden. Ulrich Glotzbach plädiert dafür, neue Technologien, auch Großtechnologien zu entwickeln und die Grundlagenforschung voranzutreiben sowie eine produktive Verbindung zwischen dem technischen System zur Erzeugung von Elektrizität und der Prozesstechnik zur Erzeugung und chemischen Umwandlung von Stoffen herzustellen, um zu einem neuen Energiesystem zu gelangen, das in seiner gesamten sozio-technischen Struktur mehr durch Kommunikation und Partizipation geprägt sein soll und in ganz anderer Weise im Leben der modernen Gesellschaft verwurzelt sein wird.

Die ethische Dimension der aktuellen Energiewende nimmt schließlich der Theologe und langjährige ehemalige Berlin-Brandenburgische Bischof Wolfgang Huber in den Blick. Um eine angemessene Heuristik zu erreichen, plädiert er dafür, neben dem fraglos wichtigen Expertenwissen auch dem gesunden Menschenverstand zu vertrauen, der mindestens genauso treffsicher sein könne wie mathematische Verfahren. Aus der Reaktorkatastrophe von Fukushima zieht Wolfgang Huber mit der »Ethikkommission Sichere Energieversorgung« zwei Lehren im Hinblick auf ethische Perspektiven: Erstens sei der Energieeffizienz und sparsamen Nutzung der Ressource Vorrang vor der Debatte über die Energiequellen zu geben, und zweitens sei der Umgang mit zukünftigen Risiken zu zukünftigen Chancen ins Verhältnis zu setzen. Für den öffentlichen ethischen Umgang mit der Energiefrage beruft Huber sich auf das Vorsorgeprinzip (*precautionary principle*), das auf Gedanken von Hans Jonas zurückgreift und das Huber gegen Max Mores Einwurf der »perils of precaution« verteidigt. Den be-

reits 1977 vorgetragenen Vorschlag, dass das Energiesparen als Energiequelle zu betrachten sei, verknüpft Huber mit der fortschrittsoptimistischen Grundannahme, dass nicht von einem statischen bzw. linear steigenden Energiebedarf, sondern einer stetig wachsenden Energieproduktivität auszugehen und diese Entwicklung im Sinne einer »Ethik des Genug« zu unterstützen sei.

Der vorliegende Band »Energiea/Energie« ist aus der akademischen Lehre hervorgegangen. Bei einem so weiten Spektrum von beteiligten Fächern geht es zunächst um ein Grundverständnis der jeweiligen Vorgehensweisen, Instrumentarien und Frageinteressen, dann um den spezifischen Ertrag für den übergreifenden Fragekomplex und schließlich um Ansätze zu einer Gesamtbeurteilung, die einerseits bereits erarbeitete Einzelperspektiven zusammenführen, andererseits dieselben wirklich miteinander bestehen lassen und damit deren Spezifika eben gerade nicht einebnen soll. Nicht Kohärenz steht daher im Vordergrund der Zielsetzung. Vielmehr soll die Breite des Themas so weit wie möglich aufgefächert, exemplarisch vertieft und mit der gegenwärtigen Energieidebatte ins Gespräch gebracht werden. Auf diese Weise wird anhand von Kernfragen nach Energiea als Wirksamkeit, Wirklichkeit (Gottes) und Energie im Sinne heutiger Wissenschaften das angesichts der Komplexität und Weite der möglichen Zugänge im Grunde Unmögliche versucht, nämlich anhand der Wirklichkeit der vielfältigen konkret geleisteten Forschung eine Orientierung über das Potenzial der Frage nach der »Energiea« zu bieten.

Wir danken allen Autorinnen und Autoren nicht nur für ihre Beiträge, sondern auch dafür, dass sie uns diese ohne jede Vergütung zur Verfügung gestellt haben. Den Druck dieses Bandes ermöglichte die großzügige Unterstützung durch die Vattenfall AG. Frau Prof. Dr. Elena Agazzi und Frau Prof. Dr. Vita Fortunati nahmen den Band »Energiea – Energie« in die Reihe »Interfacing Sciences and the Humanities« auf. Herrn Paul Marquering danken wir für unermüdliche und kompetente Hilfe bei der Durchführung der Veranstaltung und bei der Vorbereitung des vorliegenden Bandes. Gesondert sei nochdankend hervorgehoben, dass das Freiburg Institute for Advanced Studies (FRIAS) dem Herausgeber Walther Ch. Zimmerli im Rahmen seiner External Senior Fellowship die Gelegenheit gab, die Arbeit an dem vorliegenden Band abzuschließen. Frau Susanne Köhler, Frau Carla Schmidt und Herrn Oliver Kätsch vom Verlag Vandenhoeck & Ruprecht sei schließlich dafür gedankt, dass und wie sie den – aus verschiedenen Gründen mühsamen – Prozess der Entstehung und Drucklegung des vorliegenden Bandes freundlich und hilfreich begleiteten.

Quinten, Krefeld und Essen im November 2022



## **Was ist und wie messen wir Energie?**





Hans Poser †

## Ἐνέργεια – vis viva – Energie. Der Weg zur klassischen Mechanik

Was ist Energie? Wir sagen bewundernd, jemand habe viel Energie, wir kaufen Energie-Sparlampen, und in der Schule lernen wir, kinetische Energie sei  $\frac{1}{2}mv^2$ , elektrische Energie eines Kondensators sei  $\frac{1}{2}CU^2$ . Dabei gehen wir sehr leichtfertig mit diesem Begriff um: Wir fordern, Energie zu ›sparen‹, wir sprechen von ›erneuerbaren Energien‹, also im Plural, und von ›erneuerbar‹, als ließe sich dieses merkwürdige Objekt irgendwie herstellen oder aufputzen, obwohl das doch der Energieerhaltungssatz verbietet: Energie bleibt Energie. Was wir meinen, ist *physikalisch* gesehen, dass Energie die Fähigkeit eines Körpers oder eines physikalischen Systems bezeichnet, Arbeit zu leisten. Die Energie, deren wir dabei als seelischen Antrieb benötigen, ist davon gar nicht berührt. Ohne Energie läuft also nichts – und der Energieerhaltungssatz hat im 18. Jahrhundert eine Ausweitung des Energiebegriffs auf geistige, soziale und ökonomische Felder geführt. In diesem Beitrag allerdings soll es um die Vorgeschichte gehen, genauer, um den Weg, den die auf die Natur bezogene Sicht zum Energiebegriff geführt hat. Das klingt zwar einfach, doch schon die oben verwendete Bezeichnung als ›Fähigkeit‹ macht deutlich, wie wenig greifbar das ist, worum es geht. Es hat deshalb eines langen, steinigen Weges bedurft, um diesen Zentralbegriff der klassischen Physik zu entwickeln – eines Weges, der zeigt, wie innig auch scheinbar scharfe physikalische Begriffe eingebettet sind in ganze Weltbilder. Dies gilt es von der aristotelischen energieia (ἐνέργεια) über die vis viva hin zur klassischen Mechanik aufzuzeigen.<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Eine umfassende historisch-philosophische Analyse zur Entwicklung des Kraftbegriffs allgemein geht zurück auf Max Jammer (Jammer 1967). Eine Darstellung des Weges zum Energiebegriff gibt Yehuda Elkana (Elkana 1974); dabei liegt allerdings das Gewicht auf dem 19. Jahrhundert – wie in noch stärkerem Maße bei Peter M. Harman (Harman 1982). Das gilt auch für den Überblick von Ernst Müller (Müller [2020]).

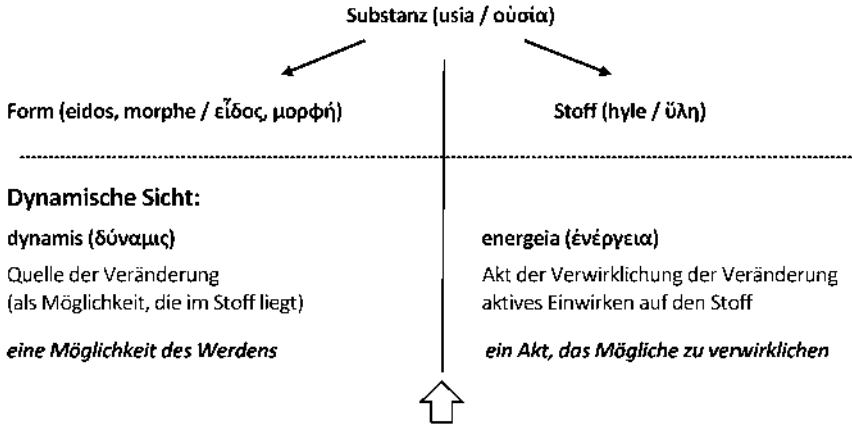
## 1. Aristoteles und die Dynamik der Substanz

Alles, was uns umgibt, verändert sich. Aber was ist Veränderung, was ist Bewegung? Wenn sich etwas verändert, so muss es ein *Etwas* geben, das sich verändert, also ein dahinter liegendes Unveränderliches, eine arché (ἀρχή) oder ousia (οὐσία) – und dazu ein Vermögen, ein *Wie*, das die Veränderung bewirkt. Für die arché hatte die voraristotelische Philosophie schon eine Reihe von Antworten durchgespielt: ein einziges Element, vier Elemente, unendlich viele atomoi (ἄτομοι) als materielle Grundbestandteile; als nicht-materielle arché waren die Proportionen, das Sein, der logos (λόγος) des Wandels und schließlich von Platon die Ideen benannt worden. Dazu aber mussten passende Formen der Bewegung treten – und das bereitete Schwierigkeiten.

Aristoteles bringt beides, das Was und das Wie, zusammen: Er fordert, dass die Ideen nicht separiert, sondern *in* den Dingen belassen werden, nämlich als *Form* (eidos, morphe – εἶδος, μορφή), die einem *Stoff* (hyle, ὕλη) beigegeben ist: Beide zusammen sind ousia, oder in der lateinischen Tradition *Substanz*, ein individuelles Ding. Mit dem Gegensatzpaar von Stoff und Form gelingt es aber noch nicht zu sagen, was eine Veränderung ist und worauf sie beruht; wir müssen darüber hinausschreiten und die Veränderung als einen Prozess betrachten. Darin geht das Ding – ein materielles wie ein beseeltes Ding – von einem Zustand in einen anderen über: ein wirklicher Zustand wandelt sich zu einem anderen. Das kann aber nach Aristoteles nur geschehen, wenn diese Veränderung der Möglichkeit nach im ersten Zustand angelegt ist. Der zweite Zustand wird aktual, weil schon der erste seine Möglichkeit als Potenz enthielt, so wie der aktuelle Kirschbaum schon der Potenz nach im Kirschkern angelegt war. Den Gegensatz von *Potenz* und *Akt* (wie das lateinische Mittelalter sagen wird) bezeichnet Aristoteles als den von dynamis (δύναμις) und energiea (ἐνέργεια). Die dynamis ist der »Ursprung einer Veränderung in einem anderen als ein anderes« (*Metaphysik* 1019a 15ff.; 1020a 5ff.; 1046a 10f.), die energiea dagegen ist der Akt, das jeweils direkte, aktuelle Hervorbringen eben dieses Zustandes. Das lässt sich sofort auf den Gegensatz von Stoff und Form beziehen. Der vorhergehende Zustand gibt den Stoff für den nachfolgenden; dazu muss der Stoff der Möglichkeit nach die künftige Form enthalten – wie die Steine als Stoff die Möglichkeit des künftigen Hauses. Aber der Gegensatz dynamis/energiea geht nicht auf in dem Stoff/Form-Gegensatz, wie er hier bislang gekennzeichnet wurde, denn noch fehlt das aktive Moment des Hervorbringens, das im energiea-Begriff liegt (ergon – ἔργον – heißt »das Werk«), ganz im Gegenteil: Von Aristoteles und der ihm folgenden Tradition wird der Stoff als das Träge, das Widerstand leistende aufgefasst; die prima materia enthält auf der einen Seite also alle Möglichkeiten in sich, ist aber auf der anderen Seite nichts als die Widerständigkeit schlechthin. Die Möglichkeit der dynamis, die in einem Stoff liegt, kann nur durch energiea, ein Tätigsein am Stoff,

zur Wirklichkeit gebracht werden. Das aber verlangt, auch dieses Verwirklichungsstreben der Form zuzurechnen.

### Statische Sicht:



Ursprung der Bewegung: **Unbewegter Beweger (πρῶτον κινουῦν ἀκίνητον)**

Abb. 1: Die aristotelische Einordnung von energiea als Verwirklichung einer Möglichkeit

Dies führt zur Unterscheidung dreier Aspekte am dynamis-Begriff: Zum einen bezeichnet er eine *Möglichkeit*, die nicht bloß logische Möglichkeit, sondern ontologische Möglichkeit des *Werdens* ist. Im Prozess des Werdens werden die Möglichkeiten auf das Wirkliche hin eingeengt. Die dynamis ist als Möglichkeit zwar ein (Noch-)Nicht-Seiendes, also Nicht-Wirkliches, aber an einen festen Wirklichkeitszusammenhang gebunden. – Zum zweiten bezeichnet dynamis als Möglichkeit ein *Können*, eine potentia, ein Vermögen, eine Kraft: Der Baumeister *kann* ein Haus bauen, auch wenn er gerade keines baut. – Zum dritten hat dynamis die Bedeutung des *Leidens* als Komplement zur zweiten Bedeutung, dem Vermögensaspekt; denn als »Prinzip der Veränderung« besagt es, dass die Veränderung passiv erlitten wird (als Folge einer aktiven Veränderung auf der anderen Seite). Die Steine haben diese Form der dynamis, sie können zu einem Haus verbaut werden, leidend, während die aktive Seite in der dynamis des Baumeisters liegt.

Die aristotelische Möglichkeitstheorie kann hier nicht weiter entfaltet werden; vielmehr wollen wir zum Begriff der entelecheia (ἐντελέχεια) übergehen, ein von Aristoteles geschaffener Terminus, zu dessen Einführung wir die dynamis-energeia-Lehre benötigen. Es geht dabei um ein innewohnendes, anzustrebendes Ziel. In erster Näherung stellt die entelecheia das Wirkliche als energiea dar – eben als zielgerichtete Verwirklichung der in der dynamis angelegten Potentialität: Die energiea, die Wirksamkeit eines Dinges, zielt auf das, was auf dem

Wirken, dem *ergon*, beruht, sie *zielt ab* auf die *Vollendung*, die *entelecheia*. So ist die *Seele* die *Entelechie* eines mit Lebensfähigkeit begabten Körpers, in der Physik ist die *Bewegung* die *Entelechie* des Stoffes, in der Metaphysik schließlich wird das *oberste stofflose Wesen* als rein entelechiales Sein bezeichnet, eben der unbewegte Bewegter, die Verkörperung des scholastischen *actus purus*; doch da *actus* zugleich die Übersetzung von *energeia* war, wird so das göttliche Tun als absolute, nicht weiter zu begründende *energeia* verstanden: Der aristotelische Unbewegte Bewegter wird als christlicher Gott in der *energeia* zur Quelle aller Wirklichkeit in ihren Veränderungen. Darin spiegelt sich zugleich eine bis heute festzuhaltende Sichtweise: *Energiea* ist – geradeso wie später *Energie* – gedacht in Analogie zur menschlichen Willenskraft, die beim Verwirklichen hinter einer Handlung steht.

Mit diesen Begriffen hat Aristoteles eine das ganze Universum umschließende Auffassung der Bewegung und ihrer Begründung geschaffen, die das ganze Universum betrifft und bis in die Hochscholastik bestimmend bleiben sollte.

## 2. Vis als vis animae und vis motrix

Die Scholastik hatte dynamis mit *potentia* übersetzt, doch auch mit *vis*. Darin spiegelt sich das Bemühen, deutlich zu machen, dass hierbei sowohl ein Vermögen eine Rolle spielt, als auch eine Auswirkung dieses Vermögens. Dagegen war *energeia* mit *actus* übersetzt worden, also mit dem realen Bewegungsvollzug – doch auch *vis* kommt ebenfalls als Übersetzung vor. Das mag etwas mit der Anstrengung zu tun haben, die mit einer Handlung verbunden ist, ebenso wie mit der Willenskraft, die damit gepaart sein muss. Aber das hilft in der Physik wenig; darum trennte schon die Scholastik beide Formen und bezeichnete die der menschlichen Seele zukommende Kraft als *vis animae*; so schreibt Albertus Magnus gegen 1245, die Sinne, die Vorstellung und die Vernunft seien eine *vis animae*.<sup>2</sup> Dagegen wird die den anorganischen Bewegungen zukommende Kraft *vis motrix* genannt, eine Bezeichnung, die dem aristotelischen Prinzip *omne quod movetur, ab aliquo movetur* (alles was bewegt wird, wird von etwas bewegt) entsprechen soll und in der scholastischen Impetustheorie ihren Ort hat.<sup>3</sup> Doch der Begriff findet sich noch 1747 beim jungen Kant in seinen *Gedanken von der*

2 »Est enim sensualitas quaedam vis animae inferior, ex qua est motus qui intenditur in corporis sensus, atque appetitus rerum ad corpus pertinentium. Ratio vero vis animae est superior«, *Sententiae, Liber II, Dist. 24, F* (Aberti Magni Opera Omnia, vol. 27, S. 405).

3 Allerdings hebt Anneliese Maier hervor, der Begriff der *vis motrix* sei »einer der dunkelsten in der scholastischen Naturphilosophie« (Maier 1964, I, S. 449). – Siehe auch Michael Wolf zur Geschichte der Impetustheorie mit Blick auf den Ursprung der klassischen Mechanik (Wolf 1978).

wahren Schätzung der lebendigen Kräfte und Beurtheilung der Beweise, deren sich Herr von Leibniz und andere Mechaniker in dieser Streitsache bedient haben, nebst einigen vorhergehenden Betrachtungen, welche die Kraft der Körper überhaupt betreffen.<sup>4</sup>

Wie aber soll diese Kraft genauer gefasst werden? Im Impetus wird ihr genau das zugesprochen, was mit *energeia* gemeint war. Doch die scholastische Auffassung, die Geschwindigkeit sei das Verhältnis von *vis motrix* zur hemmenden *resistentia*,<sup>5</sup> lässt sich nicht quantitativ erfassen, insbesondere nicht mathematisch im Sinne der Galileischen Forderung, die Natur sei in mathematischen Zeichen geschrieben. So sah der junge Kepler den Antrieb der Planetenbewegung zunächst in einer *vis magnetica animata*, einer beseelten quasi magnetischen Kraft,<sup>6</sup> die letztlich auf Gott zurückgeht; doch wenig später geht er aufgrund seiner Beobachtungen zu mathematischen Formulierungen über, weil die Geschwindigkeit von der Entfernung von der Sonne abhängig ist – was ihn zu der Aussage führte, die bewegende Kraft eines Planeten müsse umgekehrt proportional zu seiner Entfernung von der Sonne sein: So wird von ihm 1620 die *anima motrix* zur *vis motrix*, die mit *energia* gleichgesetzt wird.<sup>7</sup> Damit lag eine erste quantitative Fassung eines Kraftbegriffs vor, bezogen zwar auf den speziellen Fall der Planetenbewegung, zugleich aber auf einer universellen *vis* beruhend.<sup>8</sup> Viel war damit noch nicht gewonnen – immerhin aber die bedeutsame Einsicht, dass es sich um eine *einheitliche vis* handelt: Die ewigen Bewegungen der Gestirne folgen derselben *vis* wie die irdischen Vorgänge, sodass eine Trennung des translunaren Bereichs vom sublunaren Bereich entfällt.

### 3. Die Aristoteles-Kritik der Neuzeit und die neuen Wege

Mit der These, dass alle Naturdinge eine zielgerichtete *energeia* in sich tragen, sind wir endlich zu dem Punkt gelangt, an dem die vehemente Kritik der neuzeitlichen Aristoteles-Gegner ansetzte, beim Begriff des *telos*; denn nach Auffassung der Aristoteliker solle jede Substanz dank ihrer dynamis plus *energeia* eine ihrem Wesen entsprechende Ausrichtung auf ein Ziel verfolgen. Die Heftigkeit der Kritik an den Finalursachen und damit auch am *energeia*-Begriff hat ihren Grund, weil dieses Lehrstück das wirkmächtigste der aristotelischen Physik gewesen ist, denn es ermöglichte, die Welt als zweckvoll erschaffen zu begreifen.

4 Kant, AA I.1–181.

5 Maier 1964, I, 371.

6 Vgl. Jammer 1999, S. 81, Fn. 1.

7 »vis seu energia«, Kepler, *Epitome astronomiae Copernicanae*, vol. IV.2 (1620), S. 523 / *Gesammelte Werke*, Bd. 7, S. 303.

8 Jammer 1999, S. 85.

Die neuzeitliche Gegenthese behauptete demgegenüber nicht nur, dass ein Naturprozess nicht kausal durch ein Ziel bestimmt sein kann, sondern nichts weniger als dass sich die Fragen nach der Natur nicht mehr befriedigend unter der Verwendung einer universalen kosmischen Teleologie der substantialen Weisensformen beantworten lassen.

Natürlich haben Bacon, Galilei und Descartes alle ihren Platon und ihren Aristoteles gelesen; aber eben darum erklären sie deren Thesen zu den Phänomenen der Natur – anders als später Leibniz – für hoffnungslos unbrauchbar. Was leistet denn das aristotelische *Organon*, die Aristotelische Logik? Sie erlaubt uns festzustellen: Wenn gilt »Alle Menschen sind sterblich« und »Sokrates ist ein Mensch«, dann gilt auch »Sokrates ist sterblich«. Wir bekommen nur etwas heraus, das wir ohnehin schon wissen! So weist Bacon die aristotelische Logik gradeso wie Finalität radikal zurück und setzt 1620 sein *Novum Organum* als zweiten Teil seiner *Instauratio Magna* mit dem Entwurf einer Methode der Induktion und des Experiments Aristoteles entgegen.<sup>9</sup> Ganz in dieser Tradition schreibt Joseph Glanvill 1668 zur Verteidigung der Royal Society und ihres Baconischen Methodenkanons einer Experimental philosophy, die Royal Society habe in sechs Jahren ihres Wirkens mehr für den Erkenntnisfortschritt geleistet als alle Philosophie seit der Zeit der Schule des Aristoteles.<sup>10</sup>

Nicht nur die aristotelische Logik wird zurückgewiesen, sondern auch metaphysische Kräfte, wenn die Natur erklärt werden soll; stattdessen fordert Galilei ganz handfest die geometrische und mathematische Erfassung der Natur, denn das Buch der Natur sei in mathematischen Zeichen geschrieben!<sup>11</sup> Mehr noch, die ganze aristotelische Sicht des Kosmos wird von ihm verworfen, weil die Geozentrik durch eine Heliozentrik zu ersetzen sei. Vor allem aber ist es das Kernstück der aristotelischen Metaphysik, das uneingeschränkt zurückgewiesen wird – nämlich die mit dem dynamis-energeia-Konzept verbundene Teleologie.

Angesichts dieser Lage, in der die tragenden Elemente der aristotelischen Metaphysik von der Logik über die Finalität, den Methodenkanon und den Substanzbegriff bis hin zur Weltsicht als unbrauchbar und irreführend verworfen werden, angesichts auch der Verheißung, mit den neuen Ansätzen dem Individuum, der Vernunft und den erwachenden Naturwissenschaften eine solide Grundlage zu geben, stellt sich die Frage, wie eine Neubegründung aussehen soll, denn dass es Kräfte gibt, die Bewegung und Veränderung bewirken, ist nur allzu klar.

9 »causa finalis tantum abest ut prosit, ut etiam scientias corrumpat«, Francis Bacon, *Novum Organum*, Liber II, Aph. 2 (Bacon 1620).

10 Glanvill 1668.

11 »Egli [das Buch der Natur] è scritto in lingua mathematica, e i caratteri son triangoli, cerchi, & altre figure Geometriche«, Galilei, *Il Saggiatore*, 1623, S. 25 / *Opere di Galileo Galilei*, Ed. Naz. VI.232.

#### 4. Descartes und die vis als quantitas motus

Genau diese Frage nach Kräften und Lageveränderung sucht Descartes zu beantworten.<sup>12</sup> Er lehnt den aristotelischen Begriff der Bewegung in den *Regulae* ab<sup>13</sup> und entwickelt in den *Principia* II.25 folgende Definition:

»Bewegung (motio) ... ist der Übergang eines Materieteils oder Körpers von der Umgebung der Körper, die ihn unmittelbar berühren und die in Ruhe bleiben, in eine andere Umgebung.«<sup>14</sup>

Darüber hinaus sieht Descartes, dass alle Bewegung eine Relativbewegung ist – was aber wird dann aus der Geschwindigkeit? Er begegnet dem, indem er Ruhe und Bewegung als zwei unterschiedliche Modi des Körpers einführt. Doch was gesucht wird, ist das die Bewegung Bestimmende, die quantitas motus, die entscheidend für die Neuausrichtung der Physik werden sollte. Indessen – worin besteht diese quantitas? Er nennt sie *vis* oder *force*: Sie verleihen dem Körper Bewegung. Dabei bezieht Descartes sie auf Größe und Geschwindigkeit, wenn er sagt:

»Wenn die Kugel A viermal die Kugel B ist, und wenn sie sich mit gleicher Geschwindigkeit bewegen, dann hat der Vierfachkörper auch die vierfache Bewegung [hier als vis zu verstehen]«.<sup>15</sup>

Das könnte man als Masse  $m$  und Geschwindigkeit  $v$  und damit als den heutigen Impuls  $mv$  verstehen und als die gesuchte quantitative und begriffliche Präzisierung dessen sehen, was in der Impetustheorie angenommen wurde. Denn wenn man deren resistentia als Masse versteht (ihr wurde traditionell genau diese Eigenschaft zugeschrieben), dann ließe sich das scholastische Verhältnis, quasi als Gleichung gefasst,

vis motrix = Geschwindigkeit mal Widerstand

umformen zu

quantitas motus (vis) = Geschwindigkeit  $v$  mal Masse  $m$ ,

also  $vis = m \cdot v$ .

12 Daniel Garber hat dies sehr differenziert dargestellt in: Descartes' *Metaphysical Physics* (Garber 1992). Ihm folge ich hier.

13 René Descartes, *Regulae ad directionem ingenii*, § 12, *Oeuvres*, éd. Adam, Tannéry (=AT), AT 426f.

14 »Quid sit motus propriè sumptus. ... dicere possumus esse translationem unius partis materiae, sive unius corporis, ex vicina eorum corporum, quae illud immediate contingent & tanquam quiescentia spectantur, in viciniam aliorum.« *Principia* II, 25, AT VIII.1.53.

15 »la boule A estant quadruple de B, si elles se meuuent ensemble, l'vne a autant de vitesse que l'autre, mais la quadruple a quatre fois autant de mouuement.« Brief an Mersenne, 23. Feb. 1643, AT III.635.



Dies werden nachfolgend die Cartesianer vertreten, doch Descartes hat weder den erst etwas später gefundenen Begriff der (trägen) Masse zur Verfügung, noch einen ontologisch festzumachenden Zeitbegriff (die *res extensa* ist bloße Ausdehnung), noch gar den Begriff der Momentangeschwindigkeit: Wie soll man einem Körper in einem Zeitpunkt eine Geschwindigkeit zusprechen können – in einem *Zeitpunkt* kann er sich doch nicht bewegen, also müsste die Geschwindigkeit 0 sein! Erst mit Leibniz' Infinitesimalrechnung oder Newtons Fluxionsrechnung kommt es zu einem präzisen Begriff der Momentangeschwindigkeit ebenso wie der Beschleunigung. Mehr noch – dass die Geschwindigkeit eine Richtung hat, womit  $m\vec{v}$ , der heutige Impuls, eine Vektorgröße ist, blieb noch gänzlich unberücksichtigt.

Zu den kritischen Bemerkungen, die gegenüber Descartes bald erhoben werden, zählt auch die Frage: Wo bleibt die angenommene *vis* im unelastischen Stoß? Dennoch – hier liegt der Ursprung des Impulserhaltungssatzes, der später in der Newtontradition ins Zentrum gestellt werden sollte, sodass neben die heute Newton zugeschriebenen, auf Leonhard Euler zurückgehenden Fassung des heutigen Kraftbegriffs als Masse  $m$  mal Beschleunigung  $a$ , also  $f = m \cdot a$ , der Impuls  $m\vec{v}$  trat.<sup>16</sup> Doch entscheidend war, dass in der *vis mv* die Ursache einer Bewegung gesehen wurde.

Aber Vorsicht: Es ist immer noch nicht erklärt, woher diese Bewegung letztlich kommt. Descartes sieht dies so:

»Die Kraft (*vis*), die einen Körper bewegt, kann die Gottes sein ... oder auch die einer erschaffenen Substanz, der Gott die Kraft (*vis*) gegeben hat, einen Körper zu bewegen.«<sup>17</sup>

Damit wird Gott als erste Ursache angenommen. Aus der Vollkommenheit und Unveränderlichkeit Gottes schließt Descartes, dass die *quantitas* der Bewegung, die der Materie bei der Schöpfung mitgegeben wurde, konstant bleibt (AT II.543). Dieser Erhaltungssatz – ein wichtiger neuer Gedanke – hat also eine ganz metaphysische Grundlage, die zugleich ontologisch eine gänzlich andere Form der Einordnung der Bewegungskräfte hat als noch bei Aristoteles:

Gott als oberste Substanz hat zwei abgeleitete, gänzlich getrennte Substanzen geschaffen, das Denken und das Körperlich-Ausgedehnte. Da es bei der *quantitas*

16 Leonhard Euler, *Découverte d'un nouveau principe de mécanique* (Euler 1752, S. 158). – Der Impulsbegriff geht, auf Leibniz Bezug nehmend, zurück auf Jacob Hermann: *Phoronomia, sive De viribus et motibus corporum solidorum et fluidorum libri duo* (Herman 1716, S. 57). Vgl. Andreas Verdun, *Leonhard Eulers Arbeiten zur Himmelsmechanik* (Verdun 2015, S. 450).

17 »Vis autem mouens potest esse ipsius Dei conseruantis tantumdem translationis in materia, quantum a primo creationis momento in ea posuit; vel etiam substantiae creatae, vt mentis nostrae, vel cuiusuis alterius rei, cui vim dederit corpus mouendi.« An Morus, Aug. 1649, AT V.403f.

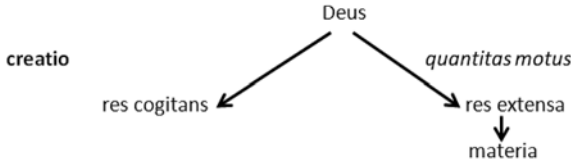


Abb. 2: Descartes' Erhaltungssatz der Bewegungsquantität als Element der Schöpfung

um eine vis geht – also jenes Element, das bei Aristoteles der *energeia* zugesprochen war, deutet sich mit dieser radikalen Zweiteilung eine völlige Loslösung des vis-Begriffs von der seelischen Seite an. Ebenso gilt es hervorzuheben, dass von Descartes ein erster quantitativ gedachter Erhaltungssatz formuliert wird. Mit der *quantitas* wird er auch auf Bewegungen, *motus*, bezogen: »Die Bewegung oder Kraft zur Bewegung ist eine *quantitas*, die sich nie vergrößert oder verkleinert, sondern sich von einem Körper auf den anderen überträgt.«<sup>18</sup> Dabei hat Gott nicht nur die *quantitas* der Bewegung bestimmt, sondern er ist zugleich die eigentliche, letzte und vollständige Ursache der Bewegung (AT VII.369). Dies stellt, wie Dominik Perler es ausdrückt, »eine massive Theologisierung der Physik« dar.<sup>19</sup> Doch das ist nichts Neues – es galt für die ganze Scholastik gerade so wie für Kepler, dass alle Schöpfung und alle Bewegung, alle vis, alle *energeia*, ihre letzte Ursache im Unbewegten Bewegter oder in Gott hat.

## 5. Leibniz' Kritik an Descartes: Vis viva und vis mortua

Leibniz entwickelt seine Kritik an Descartes im März 1686 in einem Aufsatz in den *Acta Eruditorum* mit dem Titel *Brevis Demonstratio Erroris memorabilis Cartesii et aliorum*.<sup>20</sup> Oder vollständig: Kurzer Beweis eines wichtigen Irrtums, den Descartes und andere in der Aufstellung eines Naturgesetzes, nach dem Gott stets dieselbe Bewegungsquantität erhalten soll, begangen haben.<sup>21</sup> Leibniz geht wie Descartes davon aus, dass jede die Bewegung bestimmende göttliche vis in ihrer Größe unveränderlich erhalten bleibt – doch die cartesische Lösung, diese vis in der *quantitas motus* als das Produkt von Masse und Geschwindigkeit zu

18 »considerez le moueument, ou la force a se mouoioir, comme vne quantité qui n'augmente iamais ny ne diminue, mais qui se transmet seulement d'un cors en vn autre«, Brief an Mersenne, 17. Nov. 1641, AT III.451.

19 Perler 2006, S. 109.

20 Leibniz, *Mathematische Schriften*, hg. v. Gerhardt (= GM), GM VI.117–119.

21 Die Literatur hierzu ist seit drei Jahrhunderten äußerst umfangreich; deshalb soll nur eine der jüngsten Veröffentlichungen genannt werden: die von Chun-Fa Liu über die metaphysische Grundlage der Kontroverse um den Kraftbegriff zwischen Descartes und Leibniz (Liu 2014).