

Paul Burkett, John Bellamy Foster

---

## Stoffwechsel, Energie und Entropie in Marx' Kritik der Politischen Ökonomie: Jenseits des Podolinsky-Mythos (Teil 1)\*

Zwischen der Marxschen Theorie und der Ökologischen Ökonomie<sup>1</sup> verläuft ein tiefer Graben. Unter anderem beruht dieser auf der Vorstellung, dass Marx und Engels indifferent oder sogar ablehnend auf Sergei Podolinskys Einführung bestimmter Elemente der Thermodynamik in die sozialistische Theorie reagiert hätten. Diese These wurde ursprünglich von Juan Martinez-Alier und J.M. Naredo aufgestellt (Martinez-Alier/Naredo 1982; siehe auch Martinez-Alier 1987) und lässt sich so zusammenfassen: Podolinsky publizierte in den frühen 1880er Jahren eine Energieanalyse der menschlichen Arbeitskraft, in der er versuchte, die Marxsche Werttheorie mit dem ersten und zweiten Hauptsatz der Thermodynamik in Einklang zu bringen. Marx ignorierte die Arbeit Podolinskys, während Engels sie als nebensächlich abtat und ihr keine ernsthafte Beachtung schenkte – und das, obwohl Podolinsky die beiden direkt um ihre Meinung gebeten hatte. Die ablehnende Reaktion von Marx und Engels gilt dann als Beleg für die These, dass der Marxismus ökologische Fragen und speziell von der Thermodynamik aufgeworfene Probleme übersehe. Diese Argumentation bildet bis heute ein wesentliches Element innerhalb der Ökologischen Ökonomie und anderer Umweltdisziplinen, der zufolge der Marxismus an inhärenten ökologischen Defiziten leide.<sup>2</sup> Im *ersten Teil* unseres

---

\* Der zweite Teil wird in PROKLA 160, im September erscheinen. Der Aufsatz erschien unter dem Titel *Metabolism, energy and entropy in Marx's critique of political economy: Beyond the Podolinsky myth* zuerst in *Theory and Society* (2006) 35: 109-156.

- 1 Anm. der Redaktion: Unter „Ökologischer Ökonomie“ (ecological economics) wird vor allem im englischsprachigen Raum der Versuch verstanden, ökologische Fragestellungen in einer umfassenden (also auch soziale und politische Aspekte berücksichtigenden) Weise in der Ökonomie zu behandeln. Die Ökologische Ökonomie ist von der „Umweltökonomie“ zu unterscheiden. Unter dieser Bezeichnung werden in der Regel neoklassisch inspirierte Versuche zur marktförmigen Bearbeitung von Umweltproblemen verstanden.
- 2 Dass Podolinskys Arbeit bei Marx und Engels angeblich eine indifferente oder gar ablehnende Reaktion auslöste, wird von ökologisch orientierten Ökonomen, Umweltsoziologen, Umwelthistorikern und Ökosozialisten gemeinhin als „Tatsache“ angesehen. Vgl. z.B. Kaufmann (1987: 91), Bramwell (1989: 86), Deléage (1994: 49), Hayward (1994: 226), Pepper (1996: 230), Salleh (1997: 155), Hornborg (1998: 129), O'Connor (1998: 3), Cleveland (1999: 128), Barry (1999: 277f.), Martinez-Allier (2003: 11).

Aufsatzes fassen wir unsere jüngsten Forschungsergebnisse zur „Podolinsky-Geschichte“ (Engels an Marx, 19. Dez. 1882, MEW 35: 133) zusammen, die ernsthafte Zweifel an der oben zusammengefassten Standardargumentation aufkommen lassen (vgl. ausführlicher Foster/Burkett 2004: 32–60). Unser Hauptanliegen geht jedoch darüber hinaus: Wir möchten untersuchen, in welchem Maße die Kapitalismusanalyse von Marx und Engels bereits Antworten auf spezifische Fragen enthielt, die (erst später) von Podolinsky aufgeworfen wurden. Im *zweiten Teil* wollen wir daher zeigen, dass Marx' Analyse kapitalistischer Produktion und Ausbeutung eine Perspektive auf die menschliche Arbeit einnimmt, die in der Frage des Energiehaushalts gründlich durchdacht und naturwissenschaftlich fundiert ist. Marx behandelt den Wert der Arbeitskraft und die kapitalistische Ausbeutung des Arbeiters sowohl unter dem Gesichtspunkt der Energieerhaltung als auch unter dem der Dissipation von Materie und Energie (bzw. der zunehmenden Entropie, wie es heute genannt wird). Was das Verhältnis von Marx und Engels zueinander angeht, so waren sich beide in ihrer Kritik an reduktionistischen Energieanalysen der menschlichen Arbeitskraft einig.

Im *dritten Teil* legen wir dar, inwieweit Überlegungen zur Thermodynamik und zum Stoffwechsel im Marxschen „Kapital“ im Kapitel über „Maschinerie und große Industrie“ eine Rolle spielen. Im Einklang mit dem ersten Hauptsatz der Thermodynamik untersucht Marx hier die kapitalistische Industrialisierung im Hinblick auf die Entwicklung von Maschinensystemen zur Übertragung von Bewegungskraft auf den Kontaktpunkt, an dem Werkzeuge auf Material wirken. Seine Analyse der kapitalistischen Mechanisierung liefert eine strukturelle, klassentheoretische Erklärung dafür, wie und warum menschliche Produktionsformen definitiv mit der Beschränkung auf das „solare Energieeinkommen“ gebrochen und angefangen haben vom „geologischen Kapital“ zu leben (Daly 1992: 23). Marx gelingt es damit, das vom Kapitalismus hervorgebrachte und historisch einmalige Ansteigen der Arbeitsproduktivität und des Umsatzes von Materie und Energie zu erklären. Dies schlägt sich auch in Engels' Kritik an Podolinsky nieder, merkt er doch an, dass Podolinsky die systemische Verschwendung von „vergangener Sonnenwärme“ in Form von Kohle, Holz und Mineralien nicht vollständig zu erklären vermag. Marx erkennt auch die Bedeutung von Reibung und anderen Verschleißkräften gemäß des zweiten Hauptsatzes der Thermodynamik, sowie die kaum zu unterschätzende Rolle der Biochemie für die moderne Industrie (und zwar nicht nur für die Agrarindustrie). All das steht hinter Engels' Kritik, dass Podolinskys Vorschlag einer Berechnung des reinen Energiewertes industrieller Produkte effektiv nicht möglich sei.

Im *vierten Teil* werfen wir einen kurzen Blick auf die Marxsche Behandlung des Stoffwechsels zwischen Gesellschaft und Natur im Kapitalismus, der in der industriellen Landwirtschaft und in der Trennung von Stadt und Land zu Tage

tritt. Das Marxsche Interesse an den biochemischen und energetischen Produktionsbedingungen wird vor allem in seiner Analyse der Landwirtschaft deutlich: Hier ist offensichtlich, dass es auf die jeweiligen Stoffe ankommt. Ähnlich wie Justus von Liebig argumentiert Marx, dass eine ökologisch nachhaltige Landwirtschaft die kontinuierliche Erneuerung der Nährstoffe im Boden erfordert. Weiterhin betont Marx, dass die schädliche Zirkulation von Stoffen, die durch die kapitalistische städtische Industrie und Landwirtschaft verursacht wird, die Reproduktion der menschlichen Arbeitskraft und des Bodens beeinträchtigt. Ökologische Krisen führt Marx letztlich auf die Trennung der Arbeiter vom Land und anderen Produktionsmitteln zurück und integriert damit materialistische und soziale Überlegungen in eine Umweltanalyse.

Im Schlussteil diskutieren wir die Beziehung zwischen dem historisch-dialektischem Analyserahmen von Marx und Engels und ihrem Verständnis der komplexen ökologischen und sozialen Systeme jenseits mechanistischer und reduktionistischer Modelle. Marx' und Engels' Betonung des unwiderruflichen Wandels und der qualitativen Transformation macht ihren dialektisch-materialistischen Ansatz zu einem Vorläufer der gegenwärtigen Komplexitätstheorie. Obwohl beide die thermodynamischen Analysen schätzten, die sich aus Carnots Modell geschlossener Systeme entwickelten (die durch umkehrbare Prozesse charakterisiert sind), war ihnen klar, dass die realen und konkreten Antworten in einer Welt gesucht werden müssen, in der die Naturgeschichte, genauso wie die menschliche Geschichte, von einem unumkehrbaren Zeitpfeil regiert wird. In diesem Sinne antizipierten die von Marx und Engels vorgelegten Analysen von Stoffwechselprozessen mitsamt ihren energetischen und entropischen Aspekten und deren Beziehungen zur menschlichen Produktion in vielerlei Hinsicht die heutige Ökologische Ökonomie.

## 1. Was bleibt vom Podolinsky Mythos?

Dem in der Podolinsky-Debatte formulierten Vorwurf, Marx und Engels wären gegenüber Umweltfragen und speziell gegenüber der Thermodynamik indifferent gewesen, muss mit Skepsis begegnet werden. Sowohl Marx als auch Engels füllten zahlreiche Notizbücher mit Exzerpten und Kommentaren zu den führenden naturwissenschaftlichen Autoren ihrer Zeit. Ihre Notizen decken ein breites Themenfeld ab – Physik, Chemie, Biologie, Physiologie, Geologie und Agronomie –, und in allen diesen Bereichen spielt die Analyse von Energiedynamiken eine wichtige, wenn nicht gar eine zentrale Rolle. Marx und Engels waren mit den Arbeiten vieler Wissenschaftler, die an der Entwicklung der Thermodynamik mitwirkten, zumindest vertraut, und in einigen Fällen beschäftigten sie sich sogar intensiv mit ihnen. Dies betrifft beispielsweise Hermann von Helmholtz, Julius Robert Mayer, James Prescott Joule, Justus von Liebig, Jean-Baptiste Joseph Fourier, Sadi Carnot, Rudolf Clausius, William

Thomson, Peter Guthrie Tait, William Grove, James Clark Maxwell und Ludwig Eduard Boltzmann. In den Jahren vor und nach der Veröffentlichung des ersten *Kapital*-Bandes (1867) besuchte Marx zahlreiche öffentliche naturwissenschaftliche Vorträge, darunter eine Vorlesungsreihe des englischen Physikers John Tyndall, Autor von *Heat Considered as a Mode of Motion* (Tyndall 1863). Tyndall, der selbst eine zentrale Rolle in der sich zu diesem Zeitpunkt als eigenständige Disziplin entwickelnden Physik spielte, war ein wichtiger Verfechter der Ideen von J.R. Mayer – der wiederum als Mitentdecker des Energieerhaltungssatzes gelten kann, also des ersten Hauptsatzes der Thermodynamik. Marx verfolgte Tyndalls Forschungen über die Sonnenstrahlung mit großem Interesse, insbesondere im Bezug auf Wärme. Auch beschäftigten Marx und Engels sich intensiv mit der Erforschung der Elektrizität, einschließlich der Arbeiten von Michael Faraday, der den ersten Elektromotor entwickelte. 1882 interessierte Marx sich speziell für die Forschungsergebnisse des französischen Physikers Marcel Deprez, der mit der Übertragung von elektrischer Energie durch Überlandleitungen experimentierte. Im gleichen Jahr las Marx auch Edouard Hospitaliers *Principal Applications of Electricity* und fertigte ausgiebige Notizen über seine Lektüre an.<sup>3</sup>

Allein angesichts dieses Interesses an der theoretischen Physik und an praktischen Energiefragen scheint es unwahrscheinlich, dass Marx und Engels sich gegenüber einer neuen Arbeit von Podolinsky, die möglicherweise einen Durchbruch in der Integration thermodynamischer Konzepte in die sozialistische Theorie bedeutete, unempfänglich gezeigt oder gar taub gestellt hätten. Darüber hinaus war Gleichgültigkeit oder Schweigen über einen zeitgenössischen Text, der sich in irgendeiner Art und Weise auf ihre eigenen Arbeiten bezog, ganz und gar untypisch für Marx und Engels.

Verfolgt man die Entwicklung von Podolinskys Arbeit und ihren zeitlichen Bezug zu den Forschungen von Marx und Engels im Detail, so wächst der Zweifel an der oben skizzierten Standardinterpretation. Podolinsky veröffentlichte seine Analyse in den Jahren 1880 bis 1883 in vier verschiedenen Sprachen, wobei sich die Textfassungen erheblich voneinander unterschieden. Die Version, auf die sich Martinez-Alier und Naredo (Martinez-Alier/Naredo 1982; Martinez-Alier 1987) in ihrer Marx-Kritik beziehen, erschien erst nach Marx' Tod, und zwar 1883 in zwei Teilen in der *Neuen Zeit*, der von Karl Kautsky herausgegebenen theoretischen Zeitschrift der deutschen Sozialdemokratie (Podolinsky 1883a; b). Engels' Kommentare über Podolinsky, die er im Dezember 1882 in zwei Briefen an Marx sandte (MEW 35: 133ff.; 136ff.), weniger als drei Monate vor dessen Tod, basierten auf einer Version, die 1881 in der

---

3 Diese und andere Aspekte der naturwissenschaftlichen Studien von Marx und Engels werden bei Pradip Baksi behandelt (Baksi 1996; 2001). Weitere Beispiele führen wir im zweiten und dritten Teil dieses Artikels an.

italienischen Zeitschrift *La Plebe* (Podolinsky 1881a; b) erschienen und erheblich kürzer war als der Artikel in der *Neuen Zeit*. Eine frühere Fassung vom Juni 1880 in der Pariser *Revue Socialiste* war noch kürzer gewesen (Podolinsky 1880).

Diese Chronologie erhält vor folgendem Hintergrund eine Bedeutung: Marx hat zwar detaillierte Exzerpte von Podolinskys Arbeit angefertigt, diese beziehen sich aber ausschließlich auf eine französische Fassung, welche Podolinsky ihm Anfang April 1880 zugeschickt hat.<sup>4</sup> Dabei scheint es sich um einen frühen Entwurf des Artikels für die *Revue Socialiste* gehandelt zu haben.<sup>5</sup> Aus Podolinskys eigenen Briefen geht hervor, dass Marx ihm mindestens einmal geantwortet hat, doch leider konnte bis heute weder dieser noch irgendein anderer Marxscher Brief an Podolinsky gefunden werden. Es ist anzunehmen, dass Marx eine Kommentierung von Podolinskys Entwurf an diesen zurücksandte und dass Podolinsky diese Kommentare in die französische Fassung einarbeitete. Der Grund dafür, dass in Marx' Nachlass keine Kopie der Originalfassung von Podolinskys Arbeit gefunden wurde und es heute nur noch die Exzerpte in den Marxschen Heften gibt, ist wahrscheinlich, dass Marx, so wie es vor der Erfindung des Fotokopierers üblich war, Podolinsky sein Manuskript mit Kommentaren versehen direkt zurückschickte. Im Vergleich zu der früheren Version, die Marx gelesen und kommentiert hat, enthält der Text aus der *Revue Socialiste* umfangreiche Ergänzungen. Dies lässt sich aus den Marxschen Exzerpten schließen. Bei den Ergänzungen handelt es sich unter anderem um zentrale Bezüge zum Marxschen Konzept der Mehrarbeit, um Podolinskys eigene Kalkulation der Energieäquivalente der landwirtschaftlichen Arbeit und ihres Ertrags, sowie um Annahmen über die Energieeffizienz der Arbeit unter feudalen Verhältnissen, in einer Sklavenhaltergesellschaft sowie in kapitalistischen und sozialistischen Produktionsweisen.<sup>6</sup>

Obwohl dies bereits klar die herrschende Meinung widerlegt, dass Marx und Engels Podolinsky nicht ernst genommen hätten, wollen wir uns im Folgenden noch einmal ausführlich mit der Analyse von Podolinsky auseinandersetzen.<sup>7</sup> Nur so ist letztlich zu beurteilen, ob Engels in seinem Brief an Marx fair mit Podolinsky umgegangen ist oder nicht. Genauer gesagt: Es geht darum zu

---

4 Diese Exzerpte werden in MEGA IV/27 veröffentlicht werden.

5 Eine deutlich längere Fassung von Podolinskys Analyse erschien 1880 in der russischen Zeitschrift *Slovo*. Sie wurde vor einigen Jahren in Buchform wiederveröffentlicht (Podolinsky 1991). Die russische Fassung enthält auch ausführliche Abschnitte über die Bedeutung von Pflanzen, Tieren und Menschen für die Energieverteilung auf der Erde.

6 Unseren Vergleich stützen wir auf eine nicht veröffentlichte englische Übersetzung des in der *Revue Socialiste* erschienenen Artikels von Podolinsky (die Übersetzung wurde von unserem Kollegen Mark Hudson angefertigt).

7 Zu diesem Zweck haben wir die in *La Plebe* publizierte Fassung von Podolinskys Arbeit, also diejenige, die Engels gelesen und kommentiert hatte, vollständig ins Englische übersetzen lassen (siehe Podolinsky 2004).

beurteilen, inwieweit Podolinsky tatsächlich wichtige neue Erkenntnisse publiziert hatte, die in den historischen Materialismus und speziell in die Marxsche Werttheorie hätten integriert werden müssen, wozu Marx (und spätere Marxisten) auf Grund ihrer eigenen ökologischen Blindheit angeblich nicht Willens und in der Lage gewesen wären.

In der Tat zeigt eine genaue Auseinandersetzung mit Podolinsky, dass er der Entwicklung einer plausiblen thermodynamischen Basis für die Arbeitswerttheorie, die Marx und Engels hätten übernehmen können, nicht einmal nahe gekommen ist. Podolinsky beginnt seine Arbeit zwar mit der Frage danach, inwieweit die Akkumulation von Mehrarbeit mit dem ersten Hauptsatz der Thermodynamik vereinbar ist, dann jedoch stellt er Behauptungen auf, die dem Entropiegesetz und dessen Auswirkungen auf menschliche Aktivitäten widersprechen. Podolinsky kommt in seiner Analyse zu keinen relevanten Aussagen im Hinblick auf Wert und Mehrwert im spezifisch Marxschen Sinne, d.h. Wert als Vergegenständlichung *abstrakter* Arbeit. Stattdessen konzentriert sich Podolinsky vor allem auf folgende Punkte: (1) menschliche Arbeit hat die besondere Fähigkeit, Energie in nützlichen Formen zu akkumulieren; (2) diese besondere Fähigkeit impliziert, dass der Mensch bei der Arbeit den thermodynamischen Anforderungen an eine „ideale Maschine“ im Sinne Carnots entspricht (Carnot 1977); (3) der Sozialismus ist dem Kapitalismus und anderen Klassengesellschaften überlegen, weil er das größere Potential für die maximale Akkumulation von Energie besitzt; der Sozialismus bietet die besten Bedingungen für die Nutzung der Muskelkraft der idealen menschlichen Maschine. Selbst Podolinskys Berechnungen der Energieproduktivität verschiedener Typen von Agrararbeit werden von ihm nicht etwa als Beitrag für eine Wertanalyse präsentiert, sondern als Beweis dafür, dass die menschliche Maschine ein größeres Vermögen zur Akkumulation von Energie besitzt als Pflanzen und Tiere.

Angesichts der Tatsache, dass Podolinsky immer wieder dazu herangezogen wird, die vorgeblichen ökologischen Defizite des Marxismus zu belegen, muss eine kritische Auseinandersetzung mit den Inhalten seiner Arbeit überraschen. Podolinskys Ansatz ist nicht nur energiereduktionistisch, sondern begeht auch den logischen Fehler, idealisierte Konzepte, die nur für geschlossene, vollständig isolierte Systeme gelten (Carnots Konzept einer idealen Wärmekraftmaschine, die im Rahmen eines sogenannten Carnot-Zyklus verlustfrei Wärme aufnehmen und in mechanische Arbeit umsetzen kann) direkt auf die komplexe Wirklichkeit offener und nicht im Gleichgewichtszustand befindlicher Systeme zu übertragen, d.h. auf die belebte Welt und speziell auf die menschliche Gesellschaft und die menschliche Arbeit. Menschliche Arbeit kann jedoch nur dann als eine ideale Maschine im Sinne Carnots betrachtet werden, wenn man Faktoren wie Reibung ignoriert, also die natürliche Materialität der Arbeit, und die Stoffwechseleigenschaften des arbeitenden menschlichen Organismus sowie dessen Interaktion mit der natürlichen Umwelt.

Die meisten ökologischen Ökonomen werden mit der Begrenztheit von Podolinskys Argumentation vertraut sein. Vor 20 Jahren behauptete Elias L. Khalil, dass „der ökonomische Prozess als Carnot-Zyklus gedacht werden muss und nicht nach dem Entropiegesetz“ (Khalil 1990: 171) – und wurde dafür stark kritisiert. Ähnlich wie Podolinsky argumentierte Khalil, dass sowohl der menschliche Arbeitsprozess als auch der Carnot-Zyklus „absichtlich entwickelt worden sei“ (ebd.: 170, Hervorh. I. O.) und deshalb nicht den Beschränkungen des „nicht-intentionalen, mechanistischen Entropiegesetzes“ unterliegen würden. Lozada beschrieb dieses Argument treffend als den „im Prinzip ‚ultravitalistischen‘ Versuch, zu leugnen, dass lebendige und absichtsvolle Wesen allen grundlegenden Gesetzen der Materie wie dem Entropiegesetz vollständig unterworfen sind“ (Lozada 1991: 157). Man sollte niemals, wie Williamson feststellt, die Möglichkeit, dass „eine beabsichtigte Handlung (...) mit einem ansonsten spontanen (oder natürlichen) Prozess zusammenfällt und nützliche Arbeit produziert“, damit verwechseln, dass eine „beabsichtigte Handlung unbegrenzte Wirkung entfalten könnte“ (Williamson 1993: 70-71). Das zentrale Problem an Khalil (und man kann hinzufügen: an Podolinsky) ist, wie Biancardi et. al. feststellen, die Annahme, „der Carnot-Zyklus und der ökonomische Prozess hätten *die gleiche Form*“ (Biancardi, et al. 1993: 9, unsere Hervorh.). Doch im Gegensatz zu Carnots idealer reibungsloser Maschine, die als isoliertes thermodynamisches System gedacht werden muss, ist die menschliche Ökonomie ein dissipatives System, das sich sowohl auf seine natürliche Umwelt stützt (buchstäblich auf deren Abbau) als auch Abfallprodukte in sie zurückschleust. Daher muss „jeder ökonomische Prozess als eine irreversible Transformation betrachtet werden“, als eine Bewegung, die – ökologisch gesprochen – „niemals an ihren Ausgangspunkt zurückkehrt“ (ebd. 10). Da Khalil und Podolinsky diesen zentralen Formunterschied außer Acht lassen, verwechseln beide die Tatsache, dass die Reproduktion menschlichen Lebens auf die (temporäre) Fixierung von Energie in nützlichen Formen angewiesen ist, mit der fantastischen Vorstellung, dieser Prozess würde keine Entropiesteigerung für das gesamte System der Biosphäre, mit dem zusammen sich die menschliche Reproduktion entwickelt, mit sich bringen.

Erstaunlicherweise stellt Engels Hauptkritik an Podolinsky auf genau diese Probleme ab. In einem Brief an Marx vom 19. Dezember 1882 verwirft Engels nicht nur das Konzept von Podolinsky als reduktionistisch und stellt ihm eine stärker an Stoffwechselprozessen orientierte Alternative entgegen. Engels betont auch, dass Podolinsky in seinen Energieproduktivitätsberechnungen nicht berücksichtigt, in welchem hohem Maße der arbeitende Mensch ein „Verschwender vergangener Sonnenwärme ist“, insbesondere was „die Verschleuderung von Energiereserven, Kohlen, Erze, Wälder usw.“ angeht (MEW 35: 134). Engels Auseinandersetzung mit Podolinsky war anscheinend von einigen Kommentaren von Marx zu Engels' Essay *Die Mark* (MEW 19: 315-330) ausgelöst worden. Dieses Essay, das als Anhang zur deutschen Ausgabe der

worden. Dieses Essay, das als Anhang zur deutschen Ausgabe der Broschüre *Die Entwicklung des Sozialismus von der Utopie zur Wissenschaft* (MEW 19: 181-228) erschien, diskutiert die Entstehung und die Folgen des sozio-ökologischen Drucks auf die Bauern in Deutschland. Angesichts der wachsenden Bedeutung des Privateigentums an Land und des kapitalistischen Wettbewerbs wurden die Bauern mehr und mehr vom Zugang zu Gemeindeland ausgeschlossen und konnten die Landwirtschaft kaum noch ohne den Einsatz von Dünger aufrechterhalten.<sup>8</sup>

Zusammenfassend lässt sich festhalten: Kontext und Inhalt von Engels' Kommentaren zu dem *La Plebe* Artikel Podolinskys zeigen, dass die Engellschen Antworten ökologisch weit fortgeschrittener waren als Podolinskys Analyse (unabhängig von der Frage, welche Bedeutung man dieser zumisst). Darüber hinaus wird auch klar, warum Engels dabei keine werttheoretischen Fragen diskutiert: Das Schweigen in dieser Sache ist nur logisch, da Podolinsky selbst gar nichts Bedeutsames zur Werttheorie zu sagen hatte. Wollte man Podolinskys Energieproduktivitätsberechnungen als eine potentielle Basis der Werttheorie interpretieren, dann würde man nicht nur einem reduktionistischen Ansatz aufsitzen, wie er von ökologisch orientierten Ökonomen wie Georgescu-Roegen (1975) und Daly (1981) klar abgelehnt wird; man würde auch einen eher ricardianischen, krud materialistischen Wertbegriff mit dem gesellschaftlichen Wertbegriff der Marxschen Theorie verwechseln (vgl. Saad-Filho 2002; Burkett 2003).

Was also bleibt vom „Podolinsky-Mythos“? *Erstens* bleibt offen, inwieweit Marx und Engels eine adäquate Antwort auf Podolinskys anfängliche Frage gegeben haben, ob das Konzept des Mehrwerts und der erste Hauptsatz der Thermodynamik (Energieerhaltungssatz) miteinander vereinbar sind. Mit den Worten Podolinskys:

„Folgt man der Marxschen Theorie (und die Sozialisten tun dies), dann akkumulieren Arbeitsprodukte durch die Aufwendung menschlicher Arbeit - in physikalischen Begriffen ausgedrückt - eine größere Quantität an Energie, als zur Produktion der Arbeitskraft der Arbeiter aufgewendet wurde. Wie kann das sein? ... Wenn wir den Energieerhaltungssatz akzeptieren, dann sind wir gezwungen zugeben, dass durch Arbeit nichts neues *geschaffen* werden kann (im strengen Sinn des Wortes).“ (Podolinsky 2004: 61, Hervorh. i. O.)

Man beachte, dass Podolinsky hier nicht von Mehrwert spricht sondern ganz allgemein von Energie im Sinne von Mehrarbeit, wie sie in allen (Klassen-) Gesellschaften geleistet wird. Nichts desto trotz: Insoweit diese Aussage als Kritik an der Marxschen Werttheorie interpretiert wird, gilt es zu fragen, wie Marx

---

8 Dass Marx zu diesem Zeitpunkt ökologische Fragen einschließlich des gesellschaftlichen Stoffwechsels aufwerfen würde, ist wenig überraschend, hatte er doch in seinen *Randglossen zu Wagner* (nicht einmal zwei Jahre zuvor) den Charakter seiner eigenen Analyse explizit gemacht und mit Bezug auf die Verwendung von „Stoffwechsel“ im „Kapital“ festgehalten, „ich habe das Wort aber auch beim ‚naturalen‘ Produktionsprozeß angewandt als Stoffwechsel zwischen Mensch und Natur“ (MEW 19: 377).



(im Hinblick auf die für den Kapitalismus spezifische Form von Mehrarbeit) darauf geantwortet hat.

*Zweitens:* Selbst wenn man akzeptiert, dass Engels' Kommentare zu Podolinsky auf einem Konzept offener Systeme und des Energiestoffwechsels basieren, stellt sich immer noch die Frage, ob diese Konzepte auch in die von Marx und Engels unternommene Analyse des Kapitalismus eingegangen sind. Die Kritik des Podolinsky-Mythos reicht nicht aus, um die verbreitete Vorstellung zu überwinden, dass Marx und Engels die Ökonomie als ein sich selbst reproduzierendes System angesehen hätten, das von seiner natürlichen Umwelt unabhängig ist. Als exemplarisch für diese Position kann Georgescu-Roegens Kritik angesehen werden. Er behauptet, die simple Tatsache, dass sich der ökonomische Prozess und die materielle Umwelt kontinuierlich gegenseitig beeinflussen, spiele für die marxistischen Ökonomen keine Rolle (Georgescu-Roegen 1973: 50). Auch Perrings meint, Marx habe behauptet, „dass die Ökonomie auf Kosten der Umwelt unbegrenzt wachsen kann,“ womit die Umwelt „zugleich als Füllhorn und als Fass ohne Boden“ interpretiert würde (Perrings 1987: 5). Diese weit verbreiteten Einschätzungen werden noch durch die Vorstellung untermauert, dass, so etwa Hawley, „die Marxsche Theorie“ aus der Perspektive eines „geschlossenen Systems“ auf die Ökonomie blickt und „die Umwelt als Interaktionsfeld ignoriert“ (Hawley 1984: 912).

Wir haben zwar in früheren Arbeiten auf den beträchtlichen ökologischen Gehalt des Werks von Marx und Engels hingewiesen (vgl. Burkett 1999; Foster 1999; 2000; Foster/Burkett 2004). Dennoch ist es wichtig, zu untersuchen, in welchem Maße die Überlegungen zu Energie und Entropie in einem offenen System im Marxschen *Kapital* enthalten sind, und ob die ins *Kapital* eingegangenen Überlegungen mit Engels' Kritik an Podolinsky zusammenpassen. Nur dann können wir definitiv entscheiden, welche Folgerungen über die Beziehung zwischen Marxismus und Ökologischer Ökonomie aus der Podolinsky-Episode zu ziehen sind.

## 2. Energie in der Marxschen Stoffwechselanalyse von Wert und Ausbeutung

Für Marx ist Lohnarbeit die spezifisch kapitalistische Form menschlicher Arbeit, die wiederum die „allgemeine Bedingung des Stoffwechsels zwischen Mensch und Natur“ darstellt (MEW 23: 198). Der Kapitalismus ist daher genauso wie alle anderen menschlichen Produktionsweisen den Naturgesetzen unterworfen. „Es sind durchaus nicht ... mystische Vorstellungen mit dieser naturwüchsigen Produktivität der Arbeit zu verbinden“ (MEW 23: 534). „Der Mensch kann in seiner Produktion nur verfahren, wie die Natur selbst, d.h. nur die Formen der Stoffe ändern. Noch mehr. In dieser Arbeit der Formung

selbst wird er beständig unterstützt von Naturkräften“ (MEW 23: 57f.).<sup>9</sup>

Der wohl grundlegendste Mechanismus, durch den menschliche Arbeit ständig durch die Naturkräfte genährt wird, ist der Effekt der Sonnenenergie auf die irdische Umwelt, ohne den es kein Leben und daher auch keine Arbeit gäbe. In diesem Zusammenhang weist Engels (MEW 35: 134) darauf hin, dass Podolinskys Energieproduktivitätsberechnungen den komplexen Prozessen, die durch die Zuführung und Absorption von Sonnenenergie entstehen, in keiner Weise gerecht werden. Engels Überlegungen zu den Schwierigkeiten, die Effekte der Sonnenenergie komplett zu bilanzieren, kann als logisch konsistent mit Dalys zeitgenössischer Kritik an einigen Formen der Energetik angesehen werden:

„Selbst am eigenen Anspruch der Berechnung der zur Warenproduktion ‚mittelbar und unmittelbar notwendigen Sonnenenergie‘ gemessen, bleibt die Bilanzierung der in den Waren verkörperten Energie unvollständig. Sie berücksichtigt nur die Sonnenenergie, die bei der Landwirtschaft und in der Forst- und Wasserwirtschaft anfällt. Doch Sonnenenergie spielt ganz offensichtlich auch bei allen anderen Produktionsprozessen eine Rolle, denn sie spendet Licht und Wärme. (...) Wie diese enorm großen aneinander gekoppelten Energiemengen unter all den Kuppelprodukten [von Kuppelprodukten spricht man, wenn im selben Prozess mehrere Produkte entstehen, die Red.] verteilt werden könnte (...) liegt jenseits meiner Vorstellungskraft.“ (Daly 1981: 169)

Anders ausgedrückt: Die Rolle der Sonnenenergie für die menschliche Arbeit kann nicht durch ein einfaches Bilanzierungsmodell erfasst werden, in dem Energie auf der einen Seite sozusagen als Treibstoff ein- und auf der anderen als nützliche Arbeit wieder austritt. Bevor wir uns in Abgrenzung dazu näher mit dem Marxschen Ansatz einer kombinierten Stoffwechsel- und Energieanalyse des Kapitalismus befassen, müssen wir noch drei Punkte festhalten: Erstens ist der Begriff des „Stoffwechsels“ für Marx weitaus mehr als nur eine Analogie. Griese und Pawelzig (1995; vgl. auch Foster 2000: 157-158) haben darauf hingewiesen, dass Marx die Stoffwechselanalyse in all seinen wichtigen ökonomischen Arbeiten benutzt und weiterentwickelt hat, von den *Grundrisen* (1857-1858) bis zu den *Randglossen zu Adolph Wagner* (1880-1881). Griese und Pawelzig halten dazu fest:

„Worum es sich hier handelt ist nicht bloß ein Bild oder eine Metapher, sondern ein reichhaltiges Konzept. Der Stoffwechsel lebender Systeme, im physiologischen Sinn, wird bei Marx weder verwässert noch verallgemeinert, wie es sonst oft der Fall ist. Der Stoffwechsel besteht in der Aufnahme, der Umgestaltung, der Speicherung und der Abgabe von Stoffen bei gleichzeitigem Energieumsatz. Dies betrifft – und darin besteht die Marxsche Entdeckung – nicht nur lebende sondern auch soziale Systeme, insofern soziales Leben in der Tat Leben im physiologischen Sinne darstellt, welches aus sozialem Leben entsteht und seine materielle Basis weiterentwickelt.“ (Griese/Pawelzig 1995: 132-133).<sup>10</sup>

9 Marx kritisiert in seiner Kritik des Gothaer Programms die Behauptung, dass „Arbeit die Quelle alles Reichtums“ sei. Wird davon abstrahiert, dass die menschliche Arbeit an das Vorhandensein bestimmter Naturbedingungen gebunden ist, werde der Arbeit eine „übernatürliche Schöpfungskraft“ angedichtet (MEW 19: 15, Hervorh. i. O.).

10 Auch Engels Gebrauch des Stoffwechselkonzepts in der *Dialektik der Natur* hält sich an die ‚physiologische Definition‘. Deutlich wird dies an der folgenden Definition von *Leben*: „Le-

Zweitens betrachtete Marx den Arbeitsprozess selbst als wichtigste Stoffwechselbeziehung zwischen Mensch und Natur. Unter dem Einfluss von Liebig beschäftigte er sich darüber hinaus mit dem Stoffwechsel zwischen Natur und Gesellschaft, der sich in der Extraktion von Nährstoffen aus dem Boden zeigt, die als Lebensmittel oder Rohstoffe dienen, und mit deren Transport über hunderte und tausende von Kilometern in die städtischen Zentren, wo sie schließlich die Form von menschlichen und tierischen Abfallstoffen annehmen – womit der natürliche Zyklus unterminiert wird, der die Nährstoffe wieder ihrem „Heimatboden“ zugeführt hätte. In dieser Weise beschäftigte sich Marx mit der Abhängigkeit des Menschen von der Natur, die zwar in engem Zusammenhang mit Energiedynamiken steht, aber nicht auf diese reduziert werden kann (Burkett 1999: Kapitel 9 und 10; Foster 2000: Kapitel 4 und 5).<sup>11</sup> Marx unnachgiebige Weigerung, sich positiv auf energiereduktionistische Ansätze zu beziehen, antizipiert den berühmten Ausspruch von Georgescu-Roegen, „matter matters, too“ („auch Stoffe spielen eine Rolle“, Georgescu-Roegen 1979: 1039). Drittens ist Marx' Interpretation des Stoffwechsels der Warenproduktion und -zirkulation von unmittelbarer Bedeutung für seine Analyse der Waren *als Werte* (der Vergegenständlichung von abstrakter und gesellschaftlich notwendiger Arbeit). Er betrachtet den Warenaustausch als „gesellschaftlichen Stoffwechsel“ und die Wertform der Ware als „ökonomische Zellenform“ (MEW 23: 12) dieses Stoffwechsels. Eine Ware ist ein nützliches Gut oder auch eine Dienstleistung, die getauscht werden soll. Angesichts dessen, dass die „Nützlichkeit (...) durch die Eigenschaften des Warenkörpers bedingt“ ist, sind die Gebrauchswerte der Waren für Marx „die stofflichen Träger des Tauschwertes“ im Kapitalismus (MEW 23: 50). Marx insistiert darauf, dass sowohl menschliche Arbeit als auch die Natur an der Produktion der Gebrauchswerte teilhaben (ausführlich dazu Burkett 1999: 26). Bei der Analyse von Waren und Geld betont er daher, dass die physischen „Warenkörper (...) Verbindungen von zwei Elementen, Naturstoff und Arbeit (sind)“ (MEW 23: 57). Marx besteht ebenfalls darauf, dass „kein Ding Wert sein [kann], ohne Gebrauchsgegenstand zu sein. Ist es nutzlos, so ist auch die in ihm enthaltene Arbeit nutzlos, zählt nicht als Arbeit und bildet daher keinen Wert“ (MEW 23: 55). Anders gesagt: „Welcher Gebrauchswert ihn trägt, ist dem Wert gleichgültig, aber ein Gebrauchswert muß ihn tragen“ (MEW 23: 203). Da Waren also wie alle Gebrauchswerte gleichermaßen Produkte von Arbeit und Natur sind, und weil Arbeit selbst eine Interaktion mit der Natur darstellt, ist die Produktion und

---

ben ist die Daseinsweise der Eiweißkörper, deren wesentliches Moment im *fortwährenden Stoffwechsel mit der äußeren sie umgebenden Natur besteht* und die mit dem Aufhören dieses Stoffwechsels auch aufhört und die Zersetzung des Eiweißes herbeiführt. (...) Stoffwechsel (ist die) charakteristische Tätigkeit der Eiweißkörper.“ (MEW 20: 559f, Hervorh. i. O.)

11 Für historische Beispiele (inkl. der Stadt-Land Beziehung) aus einer Weltsystemperspektive siehe etwa die Arbeiten von Jason W. Moore (2000; 2003).

der Tausch von Waren sowohl eine soziale Beziehung (Mensch zu Mensch) als auch eine Stoffwechselbeziehung (Mensch zu Natur). Die Dialektik von Wert und Gebrauchswert in Marx' Konzept ist nicht einfach nur eine Dichotomie, sondern eine Einheit-in-der-Differenz oder ein sich entwickelnder Widerspruch. Die kapitalistische Ausbeutung der Lohnarbeit ist vor allem wegen der Spannungen zwischen den materiellen Anforderungen der Wertakkumulation und den Stoffwechseleigenschaften sowohl der Lohnarbeit als auch der Lohnarbeiter mit Widersprüchen beladen.

## 2.1 Der Wert der Arbeitskraft

Marx versteht „unter Arbeitskraft oder Arbeitsvermögen (...) den Inbegriff der physischen und geistigen Fähigkeiten, die in der Leiblichkeit, der lebendigen Persönlichkeit eines Menschen existieren und die er in Bewegung setzt, sooft er Gebrauchswerte irgendeiner Art produziert“ (MEW 23: 181). Die Arbeitskraft „ist ein Naturgegenstand, ein Ding, wenn auch lebendiges, selbstbewußtes Ding“ (MEW 23: 217). Sie ist „vor allem in menschlichen Organismus umgesetzter Naturstoff“ (MEW 23: 229, Fußnote 27). Schon mit der Wahl des Begriffs *Arbeitskraft* wird der Marxsche Bezug auf Energie- und Stoffwechselprozesse deutlich. Überlegungen hinsichtlich von Energieprozessen sind dem entsprechend zentral für die Marxsche Analyse des Werts der Arbeitskraft. Marx setzt den Wert der Arbeitskraft gleich mit dem Wert der Waren, die von den Arbeitern und ihren Familien konsumiert werden. Dabei werden zwei Aspekte dieses Konsums voneinander unterschieden: Eine physische Subsistenzkomponente und „ein historisches und moralisches Element“ (MEW 23: 185). Unser Hauptinteresse gilt hier dem Aspekt der physischen Substanz. Diese beginnt natürlich mit den „natürlichen Bedürfnisse selbst, wie Nahrung, Kleidung, Heizung, Wohnung“ die je nach den klimatischen und andren natürlichen Eigentümlichkeiten eines Landes verschieden sind (ebd.). Schon auf dieser einfachen Ebene berücksichtigt Marx sowohl die Rolle der Dissipation von Stoff und Energie, als auch die Energieerfordernisse für die Reproduktion der individuellen Arbeiter. „Die Arbeitskraft existiert nur als Anlage des lebendigen Individuums“ (MEW 23: 185), daher unterliegt sie notwendigerweise (und zwar unabhängig davon, wie der Arbeitsprozess abläuft) „Abnutzung und Tod“ (MEW 23: 186). „Der Eigentümer der Arbeitskraft ist sterblich“ und muss sich „durch Fortpflanzung verewigen“ (MEW 23: 185f.). Der Wert der Arbeitskraft schließt daher den Wert der „Lebensmittel der Ersatzmänner ein, d.h. der Kinder der Arbeiter, so daß sich diese Race eigentümlicher Warenbesitzer auf dem Warenmarkte verewigt.“ (MEW 23: 186).<sup>12</sup> Es sollte also nicht verwundern, dass

12 Marx weist explizit darauf hin, dass es nicht nur um die physischen Anforderungen an die Reproduktion des individuellen Arbeiters geht, sondern immer auch um (Arbeiter-)Familien. „Außer der zu *seiner eignen* Erhaltung erheischten Lebensmittel bedarf er einer andern Le-

Marx sich bei der Beschäftigung mit den physiologischen und energetischen Produktionsbedingungen immer auch des Zeitfeils (d.h. des gerichteten Charakters der Zeit) bewusst war.

Die Relevanz des Stoffwechsels in der Marxschen Theorie tritt allerdings erst mit Marx' Überlegungen zur Beziehung zwischen dem Arbeitsprozess und dem Wert der Arbeitskraft voll zu Tage. „Der Gebrauch der Arbeitskraft ist die Arbeit selbst. Der Käufer der Arbeitskraft konsumiert sie, indem er ihren Verkäufer arbeiten lässt“ (MEW 23: 192). Dies gilt unabhängig davon, ob die Arbeit für die Produktion von Gebrauchswerten oder von (Tausch-)Werten verausgabt wird. Zwar ist es abstrakte Arbeit, welche die Wertschubstanz bildet („gleiche menschliche Arbeit“, „Verausgabung menschlicher Arbeitskraft ohne Rücksicht auf die Form ihrer Verausgabung“, MEW 23: 52), doch hat die Wertbildung als Voraussetzung die Umwandlung von Arbeitskraft in Arbeit, also eine „produktive Verausgabung von menschlichem Hirn, Muskel, Nerv, Hand usw.“ (MEW 23: 58).<sup>13</sup> Die Erhaltung dieser Voraussetzung stellt weitere Anforderungen an den Arbeiter:

„Die Arbeitskraft verwirklicht sich jedoch nur durch ihre Äußerung, betätigt sich nur in der Arbeit. Durch ihre Betätigung, die Arbeit, wird aber ein bestimmtes Quantum von menschlichem Muskel, Nerv, Hirn usw. verausgabt, das wieder ersetzt werden muß. *Diese vermehrte Ausgabe bedingt eine vermehrte Einnahme.* Wenn der Eigentümer der Arbeitskraft heute gearbeitet hat, muß er denselben Prozeß morgen unter denselben Bedingungen von Kraft und Gesundheit wiederholen können. Die Summe der Lebensmittel muß also hinreichen, das arbeitende Individuum als arbeitendes Individuum in seinem normalen Lebenszustand zu erhalten.“ (MEW 23: 185, Hervorhebung durch die Autoren)

Der von uns hervorgehobene Satz verweist auf ein Energieflusskonzept, ähnlich dem des bedeutenden deutschen Physiologen Ludimar Hermann, mit dem sich Marx in den 1870er Jahren beschäftigte (siehe Baksi 2001: 378, vgl. MEGA IV/31). In seinem *Grundriss der Physiologie des Menschen* (1874), hatte Herman den Energieaspekt der menschlichen Arbeit aus einer biochemischen Perspektive untersucht. Dabei hatte er den Konsum von Energiequellen, die in Arbeit konvertiert werden können, (Energiezufuhr) dem Energieverlust des Arbeiters (Energieausgabe) gegenübergestellt. In den 1860er Jahren war Marx ohne Zweifel bereits mit Liebig's Arbeiten zur Anwendung der Thermodynamik in der Physiologie vertraut (Liebig 1864).

---

bensmittelmenge, um eine gewisse Zahl Kinder aufzuziehn, (die ihn auf dem Arbeitsmarkt zu ersetzen und das Geschlecht der Arbeiter zu verewigen haben). (...) Um sich zu erhalten und zu reproduzieren, um ihre physische Existenz auf die Dauer sicherzustellen, muß die Arbeiterklasse die zum Leben und zur Fortpflanzung absolut unentbehrlichen Lebensmittel erhalten.“ (MEW 16: 131, 147)

13 Marx hat stets betont, dass dabei keine neue Materie geschaffen wird, sondern dass die Stoffe durch den Arbeitsprozess nur eine neue Form erhalten (siehe z.B. MEW 23: 229, die Fußnote über Lucretius).

Wie auch Hermann und Liebig lehnte Marx es ab, Energiezufuhr und Energieverausgabung auf rein energetische Aspekte zu reduzieren. Für Hermann dient die Analyse biochemischer Prozesse von Energiezufuhr und -verausgabung und ihre Kompatibilität mit den Stoffwechselfunktionen der Beurteilung, ob eine bestimmte Arbeitssituation mit der gesunden Reproduktion der Arbeiter verträglich ist. Unterschiedliche Arten von Arbeit erfordern verschiedene biochemische Formen der Energiezufuhr. Darüber hinaus spielt die Erholung des Arbeiters von vorherigen Arbeitseinsätzen eine wichtige Rolle. Der Arbeiter ist keine Dampfmaschine, die einfach läuft solange die erforderliche Menge an Kohlen in sie hineingeschaufelt wird. Diesen von Hermann diskutierten Aspekt, hatte Marx bereits in seine Analyse des Wertes der Arbeitskraft integriert, wenn er die Länge der täglichen Arbeitszeit diskutiert:

„Mit verlängertem Arbeitstag kann der Preis der Arbeitskraft unter ihren Wert fallen, obgleich er nominell unverändert bleibt oder selbst steigt. Der Tageswert der Arbeitskraft ist nämlich, wie man sich erinnern wird, geschätzt auf ihre normale Durchschnittsdauer oder die normale Lebensperiode des Arbeiters und auf entsprechenden, normalen, der Menschennatur angemessenen Umsatz von Lebenssubstanz in Bewegung. Bis zu einem gewissen Punkt kann der von Verlängerung des Arbeitstags untrennbare größere Verschleiß der Arbeitskraft durch größeren Ersatz kompensiert werden. Über diesen Punkt hinaus wächst der Verschleiß in geometrischer Progression und werden zugleich alle normalen Reproduktions- und Betätigungsbedingungen der Arbeitskraft zerstört. Der Preis der Arbeitskraft und ihr Exploitationsgrad hören auf, miteinander kommensurable Größen zu sein.“ (MEW 23: 549)

In einer Fußnote zu dieser Passage zitiert Marx eine Arbeit des ‚Erfinders der Brennstoffzelle‘ – dem englischen Juristen und Physiker Sir William Robert Grove: „Die Arbeitsmenge, die ein Mann im Laufe von 24 Stunden geleistet hat, kann annähernd durch eine Untersuchung der chemischen Veränderungen bestimmt werden, die in seinem Körper stattgefunden haben, da veränderte Formen in der Materie die vorherige Anspannung von Bewegungskraft anzeigen.“ Marx und Engels hatten Groves Buch mit dem Titel *On the Correlation of Physical Forces* bereits 1864-1865 im Rahmen ihrer Studien der mechanischen Theorie der Wärme und der Konvertibilität unterschiedlicher Energieformen mit großem Interesse gelesen.<sup>14</sup> Auch waren sie mit der vierten Ausgabe von Groves Arbeit von 1862 vertraut, die eine detaillierte Diskussion des zweiten Hauptsatzes der Thermodynamik beinhaltet (Grove 1864; vgl. MEW 31: 468). Für Marx waren diese Studien unmittelbar relevant für seine Analyse des Wertes der Arbeitskraft (Stokes 1994: 52f.; Baksi 2001: 385).

14 In einem Brief an Lion Philips vom 17. August 1864 schreibt Marx: „Ein sehr bedeutendes naturwissenschaftliches Buch, Groves ‚Correlation of physical forces‘, ist mir kürzlich durch die Hände gegangen. Er zeigt nach, wie mechanische Bewegungskraft, Wärme, Licht, Elektrizität, Magnetismus und Chemical Affinity, eigentlich alle nur Modifikationen derselben Kraft sind, sich wechselseitig erzeugen, ersetzen, ineinander übergehen usw.“ (MEW 30: 670). Zwei Wochen nachdem Marx diesen Brief verfasst hatte, schrieb er in einem anderen Brief an Engels, dass Grove „unbedingt der philosophischste unter den englischen (und auch deutschen!) Naturforschern“ sei (MEW 30: 424). Nur selten hat Marx einen Autor so gelobt.

Marx' Analyse des Wertes der Arbeitskraft schließt eindeutig Aspekte des Energieerhaltungssatzes und der Dissipation von Stoff und Energie ein. Im „Kapital“ zitiert Marx Lucretius und verweist auf das grundlegende Prinzip der Erhaltung der Materie: „Aus nichts wird nichts“ (MEW 23: 229 Fußnote). Die Tatsache, dass Marx weder die Worte Entropie noch Thermodynamik benutzt, ist nicht verwunderlich, wurde dieses Vokabular doch gerade erst in die Physik eingeführt wurde und war selbst innerhalb wissenschaftlicher Debatten noch nicht sonderlich weit verbreitet. Der aus dem Griechischen stammenden Begriff Entropie wurde 1865, also zwei Jahre vor der Veröffentlichung des *Kapitals*, von Clausius eingeführt. Dessen *Mechanical Theory of Heat* erschien 1867, also praktisch zeitgleich mit dem *Kapital*. Der Begriff Thermodynamik tauchte zum ersten Mal 1868 in einem Buchtitel auf (siehe Smith 1998: 255; Lindley/Kelvin 2004: 110).

Da das Entropiegesetz gerade erst entdeckt worden war, mussten seine vollständigen Konsequenzen erst noch erforscht werden. William Thomson, der führende britische Vertreter der Idee der Energie-Dissipation (die später als Entropie bezeichnet werden würde), argumentierte 1852, dass Tiere nicht als thermodynamische Maschinen im Sinne der Dampfmaschine bezeichnet werden könnten (Thompson 1976: Vol. I, 289). Insbesondere Engels war sich der kruden mechanistischen und energiereduktionistischen Argumente bewusst, für die die Thermodynamik in einigen Arbeiten erhalten musste. So hielt er in seinen Notizen zur *Dialektik der Natur* fest:

„Man verwandle doch irgendwelche skilled labour in Kilogramm-Meter und versuche darnach den Arbeitslohn zu bestimmen! Physiologisch betrachtet, enthält der menschliche Körper Organe, die in ihrer Gesamtheit *nach einer Seite hin*, als thermodynamische Maschine betrachtet werden können, wo Wärme zugesetzt und in Bewegung umgesetzt wird. Aber selbst wenn für die übrigen Körperorgane gleichbleibende Umstände vorausgesetzt werden, fragt sich, ob getane physiologische Arbeit, selbst Hebung, sich ohne weiteres in Kilogramm-Metern erschöpfend ausdrücken läßt, da gleichzeitig im Körper inneres Werk vorgeht, das im Resultat nicht erscheint. Der Körper ist eben keine Dampfmaschine, die nur Reibung und Verschleiß erleidet. Physiologische Arbeit ist nur möglich unter fortwährenden chemischen Umsätzen im Körper selbst, auch abhängig von dem Atmungsprozeß und der Arbeit des Herzens. Bei jeder Muskelkontraktion und -relaxation finden in Nerven und Muskeln chemische Umsätze statt, die mit denen der Kohle der Dampfmaschine nicht parallel zu behandeln sind. Man kann wohl 2 physiologische Arbeiten, die unter sonst gleichen Umständen stattgefunden, vergleichen, aber nicht die physische Arbeit des Menschen nach der einer Dampfmaschine etc. messen: ihre äußerlichen Resultate wohl, aber nicht die Prozesse selbst ohne bedeutenden Vorbehalt.“ (MEW 20: 567f., Herv. im Original)

Sieben Jahre nachdem Engels diese Bemerkung niedergeschrieben hatte, wurde er mit Podolinskys naivem Versuch konfrontiert, „die physische Arbeit eines Mannes gemäß der Arbeit einer Dampfmaschine“ zu berechnen, zum Beispiel durch den simplen Vergleich der Kalorien, die ein Arbeiter mit der Nahrung aufnimmt, mit der Energie, die im physischen Ergebnis des landwirtschaftlichen Arbeitsprozesses verkörpert ist (Podolinsky 2004: 64-65; Foster/Burkett 2004: 39-40). Engels' Kritik an Podolinskys Versuch der Energieberechnung ist

im Grunde eine Wiederholung seiner Position gegenüber früheren reduktionistischen Ansätzen der Energieanalyse. Wie bereits angemerkt, wies Engels darauf hin, dass Podolinskys Berechnungen denjenigen Teil des Energiestoffwechsels ignorieren, der sich bei allen Arbeitern im Zuge der Aufnahme von Sonnenlicht vollzieht. Ebenso stellte er fest: Der Energieinhalt, der vom Arbeiter täglich verzehrten Lebensmittel, zur Veranschaulichung unterstellte er einen Wert von 10.000 WE (Wärmeeinheiten), „verliere in der Praxis bei der Umwandlung in andre Energieformen, wie bekannt durch Reibung etc. einen nicht nutzbar zu machenden Teil. Im menschlichen Körper sogar bedeutend. Die in der ökonomischen Arbeit geleistete physikalische Arbeit kann also nie = 10.000 WE sein, sie ist immer kleiner.“ (MEW 35: 133) Verweis auf die Energie-Dissipation diskutiert Engels weitere Stoffwechselaspekte von Podolinskys Berechnungen der Energieproduktivität. Engels betont, dass (entgegen der Unterstellung Podolinskys) nicht alle „physikalische Arbeit“ auch „ökonomische Arbeit“, da ein großer Teil der Energieverausgabung des Arbeiters in „vermehrter und ausgestrahlter Körperwärme“ besteht und was von der ursprünglichen Energie noch nutzbar bleibt, ist die „Düpfungsfähigkeit der Exkreme“ (ebd.). „Bei Jagd und Fischfang wird nicht einmal neue Sonnenenergie fixiert, sondern nur bereits fixierte nutzbar gemacht. Dabei ist es klar, daß – normale Ernährung des Betreffenden vorausgesetzt, das Quantum Eiweiß und Fett, das er erjagt oder erfischt, unabhängig ist [logisch und zeitlich] von dem Quantum dieser Stoffe, das er verzehrt [während er jagt oder fischt].“ (MEW 35: 134). Im Vergleich zu Podolinskys reduzierten Verständnis von Energieumsatz ist Engels stärker stoffwechselorientierter Ansatz – in Übereinstimmung mit der Marxschen Analyse des Wertes der Arbeitskraft – sensibel für den komplexen und entropischen Charakter des Arbeitsprozesses.

An dieser Stelle sollte man darauf hinweisen, dass Engels zuweilen für seine angebliche Skepsis gegenüber dem zweiten Hauptsatz der Thermodynamik kritisiert worden ist. So schreibt Martinez-Alier:

„Engels erwähnt den zweiten Hauptsatz in einigen Notizen aus dem Jahr 1875. Nach seinem Tod erschienen sie in der *Dialektik der Natur* und erlangten einige Berühmtheit. Engels bezieht sich darin auf das Entropiegesetz von Clausius. Es scheint ihm im Widerspruch zum Energieerhaltungssatz zu stehen, und er hofft, dass sich ein Weg finden lässt, die in den Raum strahlende Wärme wieder zu verwenden. Engels war verständlicher Weise besorgt über die religiöse Interpretation des zweiten Hauptsatzes. Nachdem er von dem Gesetz gehört hatte, klagte er in einem Brief an Marx vom 21. März 1869 über William Thomsons Versuch, Gott und die Physik miteinander zu vermischen.“ (Martinez-Alier 1987: 221; vgl. auch 1995: 71)

Das Fragment aus Engels' *Dialektik der Natur*, auf das Martinez-Alier sich hier bezieht, trägt die Überschrift „Wärmestrahlung in den Weltraum“ und ist den kosmologischen Implikationen gewidmet, die sich aus dem zweiten Hauptsatz ergeben (MEW 20: 544f.). Dabei geht es um Fragen von Materialismus versus Idealismus und Religion, verbunden mit alternativen Konzeptionen der Ent-



stehung des Universums und seiner möglichen Zerstörung in der Zukunft. Engels legt in diesem Textteil einige der Schwierigkeiten der Debatte dar. Auf dieser Grundlage zu behaupten, Engels hätte hier seine Skepsis oder gar Ablehnung gegenüber dem zweiten Hauptsatz der Thermodynamik ausdrücken wollen, so wie Martinez-Alier und andere es tun, ist ziemlich vermessen. Eine solche Schlussfolgerung ist allein schon deshalb nicht plausibel, weil Engels an anderen Stellen der *Dialektik der Natur* seinen tiefen Respekt gegenüber den Arbeiten von Carnot und Clausius bekundet, und sich mit seinen eigenen Beobachtungen und Analysen positiv auf den zweiten Hauptsatz bezieht. Ebenso irrig ist Martinez-Aliers Annahme (in dem obigen Zitat), dass Engels erst 1869, als er den besagten Brief an Marx verfasste, auf den zweiten Hauptsatz aufmerksam geworden wäre. Wir wissen heute, dass Engels Groves *Correlation of Physical Forces* bereits 1865 gelesen hat (vermutlich die vierte Auflage von 1862) – kurz nachdem Marx sich mit dem Text beschäftigt hatte. Groves Arbeit enthielt in dem zentralen Kapitel über „Wärme“ eine detaillierte Abhandlung über den zweiten Hauptsatz, und zwar im Kontext der Diskussion über die Entdeckungen von Carnot, Clausius und Thomson. Es ist so gut wie ausgeschlossen, dass Marx und Engels – die Groves Buch beide lobten – diese Diskussion übersehen haben sollten. Da Engels sich mehrfach auf Thomsons und Taits klassischen Text über die Physik *A Treatise on Natural Philosophy* von 1867 bezogen hat (und nicht etwa auf spätere Ausgaben), ist weiterhin davon auszugehen, dass er auch bei der Lektüre der Erstausgabe dieses Buches auf den zweiten Hauptsatz gestoßen war. Als wenn das nicht genug wäre, gibt es in dem von Martinez-Alier zitierten Brief gar keinen direkten Verweis auf den zweiten Hauptsatz (und auch Thomson wird namentlich nicht erwähnt). Engels setzte sich in seinem Brief an Marx mit der Hypothese vom „Wärmetod“ des Universums auseinander, die von Helmholtz, Clausius, Thomson und anderen diskutiert wurde. Engels kritisierte daran, dass ausschließlich auf dem Entropiekonzept basierende Behauptungen über den langfristigen „Wärmetod“ des Universums und über seine Ursprünge in einem „ursprünglichen heißen Zustand“ absurd wären, weil sich die Autoren dabei auf ein Naturgesetz bezögen, das „bis jetzt nur halb bekannt ist“ (MEW 32: 287). Aus allen diesen Überlegungen lässt sich jedenfalls nicht schließen, dass Engels die Gesetze der Thermodynamik in Zweifel gezogen hätte.

## 2.2 Marx Antwort auf Podolinskys Frage

Wenn sich also die Marxsche Perspektive auf Energie und Wert nicht mit der von Podolinsky deckt (welcher auch nur einige Andeutungen dazu macht), wie lautet dann Marx' Antwort auf die Frage nach der Vereinbarkeit von Wertanalyse und Thermodynamik? An verschiedenen Stellen im *Kapital* und in den Vorarbeiten dazu diskutiert Marx die Produktion von Mehrwert auch

im Hinblick auf den Unterschied zwischen (1) dem Energieäquivalent des Wertes der Arbeitskraft, bestimmt durch den Wert der zur Reproduktion des Arbeiters notwendigen Waren, und (2) die mit der Arbeitskraft verausgabte Energie, insofern sie mit dem Energieinhalt der Waren korrespondiert, in denen der Wert verkörpert ist. Da für Marx jedoch Warenform und Wertgegenständlichkeit nicht unmittelbar mit den Energie- und Stoffwechselanforderungen der Arbeitskraft und der von ihr verausgabten Arbeit zusammenhängen, ist es sowohl falsch, die im Wert der Arbeitskraft verkörperte Energie mit der Energie gleichzusetzen, die zur Reproduktion der Arbeitskraft nötig ist, als auch den Energieinhalt der Warenwerte mit jener Energie gleichzusetzen, die im Produktionsprozess aufgewendet wurde. Podolinskys Ausgangsfrage, inwieweit eine Steigerung des Energiegehalts des Arbeitsproduktes über die Energie hinaus, „die zur (Re-)Produktion der Arbeitskraft des Arbeiters aufgewendet wird“ (Podolinsky 2004: 61), mit dem ersten Hauptsatz der Thermodynamik vereinbar ist, ist insofern ein völliges Missverständnis der Marxschen Theorie. Für Marx ist die Mehrwertproduktion ein soziales Phänomen, spezifisch für den Kapitalismus, so dass es dabei nicht um einen rein naturwissenschaftlichen Beweis gehen kann. Nichtsdestoweniger demonstriert Marx' Berücksichtigung der Energiezufuhr und des Energieverbrauchs des Arbeiters bei seiner Analyse des Mehrwerts, dass seine Theorie mit der Thermodynamik vereinbar ist.<sup>15</sup>

Für Marx ist die Möglichkeit der Mehrwertproduktion ein Ergebnis des spezifischen Gebrauchswerts der Arbeit, „Quelle von Wert zu sein und von mehr Wert, als sie selbst hat“ (MEW 23: 208). Dieser Gebrauchswert hat zwei wichtige Charakteristika. Angesichts der im Kapitalismus vollzogenen Reduktion von „Wert“ auf abstrakte Arbeitszeit ist, wie Marx in den *Grundrissen* festhält, „der Gebrauchswert des Arbeitsvermögens als Wert selbst das wertschaffende Element, die Substanz des Werts ist und die wertvermehrnde Substanz“ (MEW 42: 575). Jedoch sind „die vergangne Arbeit, die in der Arbeitskraft steckt, und die lebendige Arbeit, die sie leisten kann, ihre täglichen Erhaltungskosten und ihre tägliche Verausgabung, (...) zwei ganz verschiedene Größen“ (MEW 23: 207f.). Der Wert der Arbeitskraft ist durch die Reproduktionskosten des Arbeiters bestimmt, doch:

„Die *Nutzung* dieser Arbeitskraft ist nur begrenzt durch die aktiven Energien und die Körperkraft des Arbeiters. Der Tages- oder Wochenwert der Arbeitskraft ist durchaus verschieden von der täglichen oder wöchentlichen *Betätigung* dieser Kraft, genauso wie das Futter, dessen ein

---

15 Wir argumentieren hier auf der Grundlage der Marxschen Annahme aus dem ersten Band des *Kapitals*, dass der Preis der Ware gleich ihrem Wert ist, und dass die Konkurrenz zwischen den Kapitalisten im Moment der Auspreisung der Waren alle konkrete Arbeit in abstrakte Arbeit verwandelt (vgl. Saad-Filho 2002: Kapitel 5). Bei unserer Analyse orientieren wir uns eng an Elmar Altvaters Arbeiten (siehe vor allem Altvater 1990: 20-25; 1993: 188-192; 1994: 86-88).

Pferd bedarf, durchaus verschieden ist von der Zeit, die es den Reiter tragen kann. Das Arbeitsquantum, wodurch der Wert der Arbeitskraft des Arbeiters begrenzt ist, bildet keineswegs eine Grenze für das Arbeitsquantum, das seine Arbeitskraft zu verrichten vermag.“ (MEW 16: 133, Hervorhebung im Original)

In Energiebegriffen: „Was der freie Arbeiter verkauft, ist immer nur ein bestimmtes, besondres Maß Kraftäußerung; über jeder besondren Äußerung steht das Arbeitsvermögen als Totalität.“ (MEW 42: 377). Der Arbeiter, bei diesem Austausch, „verkauft sich als Effekt. Als Ursache, als Tätigkeit wird er absorbiert vom und inkarniert in das Kapital“ (MEW 42: 575). Das Ergebnis ist eine Energiesubvention für den Kapitalisten. Er eignet sich diejenigen Waren an und verkauft sie, die während jenes Teils des Arbeitstages produziert werden, welcher über die zur Reproduktion des Arbeiters notwendige Arbeitszeit hinausgeht und im Lohn repräsentiert ist. „So schlägt der Austausch in sein Gegenteil um, und die Gesetze des Privateigentums ... schlagen um in Eigentumslosigkeit des Arbeiters und Entäußerung seiner Arbeit“ (ebd.). Marx entwickelt diesen Punkt im Hinblick auf die Unterscheidung zwischen Mehrarbeit und der „notwendigen Arbeit“, die in den kommodifizierten Substanzmitteln des Arbeiters verkörpert ist:

„Die zweite Periode des Arbeitsprozesses, die der Arbeiter über die Grenzen der notwendigen Arbeit hinaus schenkt, kostet ihm zwar Arbeit, Verausgabung von Arbeitskraft, bildet aber keinen Wert für ihn. Sie bildet Mehrwert, der den Kapitalisten mit allem Reiz einer Schöpfung aus Nichts anlacht.“ (MEW 23: 231)<sup>16</sup>

Natürlich wird der Mehrwert (bzw. die Mehrenergie) nicht wirklich aus dem Nichts heraus geschaffen. Stattdessen repräsentiert der Mehrwert die kapitalistische Aneignung von Teilen der Arbeit, die der Arbeiter *potentiell* leisten kann, weil er sich in seiner (unbezahlten) Freizeit regeneriert. Dies ist nur deshalb möglich, weil die Regeneration der Arbeitskraft in energetischer und biochemischer Hinsicht nicht nur den Konsum von Kalorien umfasst, die in den Lebensmitteln enthalten sind, die mit dem Lohn gekauft wurden, sondern auch frische Luft, Sonnenwärme, Schlaf, Entspannung und Aktivitäten wie

---

16 „Die Sache kann auch so ausgedrückt werden: Wenn der Arbeiter nur einen halben Tag braucht, um einen ganzen zu leben, so braucht er, um seine Existenz als Arbeiter zu fristen, nur einen halben Tag zu arbeiten. Die zweite Hälfte des Arbeitstags ist Zwangsarbeit; surplus Arbeit. (...) In seiner Arbeitsfähigkeit – soweit sie in ihm als *Lebendigem* existiert, oder in ihm als *lebendigem* Arbeitsinstrument, ist vergegenständlicht nur ein halber Arbeitstag. Der ganze lebendige Tag (Lebenstag) des Arbeiters ist das ruhende Resultat, die Vergegenständlichung eines halben Tags Arbeit. Der Kapitalist, indem er durch den Austausch gegen die im Arbeiter vergegenständlichte Arbeit – d.h. gegen einen halben Tag Arbeit den ganzen Tag Arbeit sich aneignet, und dann im Produktionsprozeß an dem Stoff, woraus sein Kapital besteht, konsumiert, schafft so den Mehrwert seines Kapitals – im vorausgesetzten Fall einen halben Tag vergegenständlichte Arbeit.“ (MEW 42: 243f., 252, Hervorh. i. O.). Man beachte, dass Marx hier die zur Reproduktion des Arbeiters notwendige Arbeitszeit aus Sicht des Kapitalisten betrachtet, d.h. es geht um die Arbeitszeit, die das Äquivalent zu denjenigen Waren bilden, die der Arbeiter von seinem Lohn kaufen kann.

Körperpflege, Essen und Wohnen. Insofern der Kapitalismus den Arbeiter zwingt, über die notwendige Arbeitszeit hinaus zu arbeiten, greift er auch auf diese zur Regeneration notwendige Zeit zu.

„Aber die *Zeit* ist in fact das active Dasein des Menschen. Es ist nicht nur das Maaß seines Lebens. Es ist der Raum seiner Entwicklung. Und mit encroachment of capital over time of labour ist Aneignung des *Lebens*, geistigen und physischen, des Arbeiters.“ (MEGA II/3.6: 2016f., Hervorhebungen im Original)

In dieser Perspektive ist die Marxsche Betrachtung von Stoffwechsel und Energieumsatz, die bei der Mehrwertproduktion stattfindet, ein wichtiges Fundament seiner Analyse, dass das Kapital „die Naturgrenzen der Arbeitszeit ins Tolle überschreitet“, eine Tendenz, die auch „die auf der kapitalistischen Produktion beruhende Gesellschaft ... zwingt gewaltsam den normalen Arbeitstag auf festbestimmte Grenzen einzuschränken.“ (MEGA II/3.6: 1909) Wenn sie nicht gewaltsam davon abgehalten wird, greift die kapitalistische Produktion nicht nur auf die Zeit über, die der Arbeiter „zur Befriedigung geistiger und sozialer Bedürfnisse“ benötigt, sondern verletzt auch „die physische Schranke der Arbeitskraft“:

„Ein Mensch kann während des natürlichen Tags von 24 Stunden nur ein bestimmtes Quantum Lebenskraft verausgaben. So kann ein Pferd tagaus, tagein nur 8 Stunden arbeiten. Während eines Teils des Tags muß die Kraft ruhen, schlafen, während eines andren Teils hat der Mensch andre physische Bedürfnisse zu befriedigen, sich zu nähren, reinigen, kleiden usw. (...) Aber was ist ein Arbeitstag? Jedenfalls weniger als ein natürlicher Lebenstag. Um wieviel? Der Kapitalist hat seine eigne Ansicht über dies ultima Thule, die notwendige Schranke des Arbeitstags. Als Kapitalist ist er nur personifiziertes Kapital. Seine Seele ist die Kapitalseele. Das Kapital hat aber einen einzigen Lebenstrieb, den Trieb, sich zu verwerten, Mehrwert zu schaffen, mit seinem konstanten Teil, den Produktionsmitteln, die größtmögliche Masse Mehrarbeit einzusaugen.“ (MEW 23: 246, 247)

Der immanente Trieb des Kapitalismus, die Arbeitszeit über die stoffwechsel- und energiebedingten Grenzen der Arbeitskraft hinaus auszudehnen, ist eines der zentralen Themen im ersten Band des *Kapitals*. Aber der für unseren Zusammenhang wichtigere Punkt besteht darin, dass die Marxsche Mehrwertanalyse die Frage von Podolinsky bereits beantwortet hat: Sie ist nicht nur mit dem ersten, sondern auch mit dem zweiten Hauptsatz der Thermodynamik vereinbar. Ironischerweise ist es Podolinsky, der bei der Beantwortung seiner Frage nach der Beziehung zwischen dem Arbeitsprozess und dem Transfer und der Transformation von Energie dem zweiten Hauptsatz widerspricht, und zwar gleich in doppelter Hinsicht: Zum einen, da er den Arbeiter als eine „ideale Maschine“ behandelt; zum anderen, da in der wirklichen Welt gerade der kapitalistische Versuch, die Arbeitskraft in eine Mehrarbeitsmaschine zu verwandeln, den Stoffwechsel und die Reproduktion des Arbeiters gefährdet:

„Aber in seinem maßlos blinden Trieb, seinem Werwolfs-Heißhunger nach Mehrarbeit, überrennt das Kapital nicht nur die moralischen, sondern auch die rein physischen Maximalschranken des Arbeitstags. Es usurpiert die Zeit für Wachstum, Entwicklung und gesunde Erhaltung des Körpers. Es raubt die Zeit, erheischt zum Verzehr von freier Luft und Sonnenlicht. Es knickt

ab an der Mahlzeit und einverleibt sie womöglich dem Produktionsprozeß selbst, so daß dem Arbeiter als bloßem Produktionsmittel Speisen zugesetzt werden wie dem Dampfkessel Kohle und der Maschinerie Talg oder Öl. Den gesunden Schlaf zur Sammlung, Erneuerung und Erfrischung der Lebenskraft reduziert es auf so viel Stunden Erstarrung, als die Wiederbelebung eines absolut erschöpften Organismus unentbehrlich macht. Statt daß die normale Erhaltung der Arbeitskraft hier die Schranke des Arbeitstags, bestimmt umgekehrt die größte täglich mögliche Verausgabung der Arbeitskraft, wie krankhaft gewaltsam und peinlich auch immer, die Schranke für die Rastzeit des Arbeiters.“ (MEW 23: 280f.)

Im Hinblick auf den nächsten Abschnitt soll hier schon angemerkt werden, dass die Analyse von Energie- und Stoffwechselprozessen Marx zu einem direkten Vergleich zwischen der Überausdehnung der Arbeitszeit und der Überausbeutung des Bodens führte. Intensiv beschäftigte er sich mit den Arbeiten der führenden Agrarwissenschaftler seiner Zeit, einschließlich Justus von Liebig und James Johnston, die die zum Erhalt des Bodens notwendigen biochemischen Prozesse untersuchten (Krohn/Schäfer 1983: 32-39; Baksi 1996: 272-274; 2001: 380-382; Foster 2000: 149-154). Aus Marx' Sicht führt die Tendenz des Kapitalismus, innerhalb eines gegebenen Zeitraums so viel Mehrwert wie möglich zu produzieren, zu einer systematischen Verletzung der Stoffwechselbedingungen für den Erhalt der Produktivität von Boden und Arbeitskraft (Burkett 1999: 88-90; Mayumi 2001: 81-84). Mit direktem Verweis auf die Arbeiten von Johnston argumentiert Marx im Kapital:

„Aber die Abhängigkeit der Kultur der besondern Erdprodukte von den Schwankungen der Marktpreise, und der beständige Wechsel dieser Kultur mit diesen Preisschwankungen, der ganze Geist der kapitalistischen Produktion, der auf den unmittelbaren nächsten Geldgewinn gerichtet ist, widerspricht der Agrikultur, die mit den gesamten ständigen Lebensbedingungen der sich verkettenden Menschengenerationen zu wirtschaften hat.“ (MEW 25: 631, Fußnote 27)

Ähnlich stellt Marx für den Fall der Forstwirtschaft fest:

„Die lange Produktionszeit (die einen relativ nur geringen Umfang der Arbeitszeit einschließt), daher die Länge ihrer Umschlagsperioden, macht die Waldzucht zu einem ungünstigen Privat- und daher kapitalistischen Betriebszweig (...). Die Entwicklung der Kultur und Industrie überhaupt hat sich von jeher so tätig in der Zerstörung der Waldungen gezeigt, daß dagegen alles, was sie umgekehrt zu deren Erhaltung und Produktion getan hat, eine vollständig verschwindende Größe ist.“ (MEW 24: 246f.)

Die Gemeinsamkeit zwischen der kapitalistischen Tendenz zur Übernutzung des Bodens und der Arbeitskraft besteht darin, nicht ausreichend Zeit (und biochemischen Energie-Input) für die Erholung der Produktivkräfte zu gewährleisten. Unter den Bedingungen freier Konkurrenz werden diese in beiden Fällen letztendlich erschöpft:

„Das Kapital fragt nicht nach der Lebensdauer der Arbeitskraft. Was es interessiert, ist einzig und allein das Maximum von Arbeitskraft, das in einem Arbeitstag flüssig gemacht werden kann. Es erreicht dies Ziel durch Verkürzung der Dauer der Arbeitskraft, wie ein habgieriger Landwirt gesteigerten Bodenertrag durch Beraubung der Bodenfruchtbarkeit erreicht.“ (MEW 23: 281)

Daher betonte Marx bezüglich der englischen Fabrikgesetzgebung, die zur Beschränkung der Arbeitszeit führte:

„Von einer täglich bedrohlicher anschwellenden Arbeiterbewegung abgesehen, war die Beschränkung der Fabrikarbeit diktiert durch dieselbe Notwendigkeit, welche den Guano auf die englischen Felder ausgoß. Dieselbe blinde Raubgier, die in dem einen Fall die Erde erschöpft, hatte in dem andren die Lebenskraft der Nation an der Wurzel ergriffen.“ (MEW 23: 253)<sup>17</sup>

Diese Analogie wird durch die Analyse von Energiezufuhr und -verausgabung unterstützt, was in dem folgenden Abschnitt aus den *Theorien über den Mehrwert* deutlich wird, die nur wenige Jahre vor der Veröffentlichung des ersten Bandes des *Kapitals* geschrieben wurden:

„Antizipation der Zukunft – wirkliche Antizipation – findet überhaupt in der Produktion des Reichtums nur statt mit Bezug auf den Arbeiter und die Erde. Bei beiden kann durch vorzeitige Überanstrengung und Erschöpfung durch Störung des Gleichgewichts zwischen Ausgabe und Einnahme die Zukunft realiter antizipiert und verwüstet werden. Bei beiden geschieht es in der kapitalistischen Produktion. (...) Was hier ist expended, exists als Kraft, und durch die forcierte Art der expenditure wird die Lebensdauer dieser Kraft verkürzt.“ (MEW 26.3: 303f.)

Angesichts dieser Parallele ist es nicht überraschend, dass Marx eine entwickelte ökologische Kritik des Kapitalismus geliefert hat. Die Ausbeutung der Arbeitskraft und die des Bodens werden in der Marxschen Analyse des Energiestoffwechsels zusammengeführt. Einen zentralen Platz in dieser Synthese nimmt die Mechanisierung der kapitalistischen Produktion ein.

*Übersetzung aus dem Englischen von Henrik Lebuhn und Anne Steckner*

## Literatur

- Altvater, Elmar (1994): Ecological and Economic Modalities of Time and Space, in: O'Connor, Martin (Hg.), *Is Capitalism Sustainable?* New York: Guilford.
- (1990): *The Foundations of Life (Nature) and the Maintenance of Life (Work)*, in: International Journal of Political Economy, 20. Jg, Nr. 1.
- (1993): *The Future of the Market*, London: Verso (dt.: *Die Zukunft des Marktes*, Münster: Westfälisches Dampfboot, 1991).
- Baksi, Pradip (1996): Karl Marx's Study of Science and Technology, in: *Nature, Society, and Thought*, 9. Jg, Nr. 3, S. 261–296.
- (2001): MEGA IV/31: Natural Science Notes of Marx and Engels, 1877–1883, in: *Nature, Society, and Thought*, 14. Jg, Nr. 4, S. 377–390.
- Barry, John (1999): Marxism and Ecology, in: Gamble, Andrew; Marsh, David; Tant, Tony (Hg.), *Marxism and Social Science*, Urbana: University of Illinois Press.
- Biancardi, C.; Donati, A.; Ulgiati, S. (1993): On the Relationship Between the Economic Process, the Carnot Cycle and the Entropy Law, in: *Ecological Economics*, 8/1.
- Bramwell, Anna (1989): *Ecology in the Twentieth Century*, New Haven: Yale University Press.
- Burkett, Paul (1999): *Marx and Nature*, New York: St. Martin's Press.
- (2003): The Value Problem in Ecological Economics: Lessons from the Physiocrats and Marx, in: *Organization & Environment*, 16. Jg, Nr. 2, S. 137–167.
- Carnot, Sadi (1977): *Reflections on the Motive Power of Fire*, Gloucester, MA: Peter Smith.

17 Im gleichen Absatz weist Marx darauf hin, dass „das abnehmende Soldatenmaß in Deutschland und Frankreich“ einen Hinweis auf die Zerstörung der Arbeitskraft durch den Kapitalismus bildet. Er zitiert dazu Daten aus Liebig's *Die Chemie in ihrer Anwendung auf Agricultur und Physiologie* von 1862.

- Cleveland, Cutler J. (1999): Biophysical Economics, in Gowdy, John; Mayumi, Kozo (Hg.), *Bioeconomics and Sustainability*, Northampton, MA: Edward Elgar.
- Daly, Herman E. (1981): Postscript: Unresolved Problems and Issues for Further Research, in: *Energy, Economics, and the Environment*. Daly, Herman E./Umaña, Alfred F. (Hg.), S. 165–185. Boulder, CO: Westview.
- (1992): *Steady-state Economics, Second Edition*, London: Earthscan.
- Deléage, Jean-Paul (1994): Eco-Marxist Critique of Political Economy, in: O'Connor, Martin (Hg.), *Is Capitalism Sustainable?* New York: Guilford.
- Foster, John Bellamy (2000): Marx's Ecology, New York: Monthly Review Press.
- (1999): Marx's Theory of Metabolic Rift: Classical Foundations for Environmental Sociology, in: *American Journal of Sociology*, 105. Jg, Nr. 2, S. 366-405.
- Foster, John Bellamy; Burkett, Paul (2004): Ecological Economics and Classical Marxism: The 'Podolinsky Business' Reconsidered, in: *Organization & Environment*, 17. Jg, Nr. 1.
- Georgescu-Roegen, Nicholas (1979): Energy Analysis and Economic Valuation, in: *Southern Economic Journal*, 45. Jg, Nr. 4.
- (1975): Energy and Economic Myths, in: *Southern Economic Journal*, 41. Jg, Nr. 3, S. 347–381.
- (1976): *Energy and Economic Myths*, New York: Pergamon.
- (1973): The Entropy Law and the Economic Problem, in: Daly, Herman E. (Hg.), *Economics, Ecology, Ethics..* San Francisco: W.H. Freeman.
- Griese, Anneliese; Pawelzig, Gerd (1995): Why Did Marx and Engels Concern Themselves with Natural Science? in: *Nature, Society, and Thought*, 8. Jg, Nr. 2.
- Grove, William Robert (1864): On the Correlation of Physical Forces, in: Youmans, Edward L. (Hg.), *The Correlation and Conservation of Forces*. 1-208. New York: D. Appleton & Co.
- Hayward, Tim (1994): *Ecological Thought: An Introduction*, Cambridge, UK: Polity Press.
- Hawley, Amos H. (1984): Human Ecological and Marxian Theories, in: *American Journal of Sociology*, 89. Jg, Nr. 4.
- Hermann, Ludimar (1875): *Elements of Human Physiology, Fifth Edition*, London: Smith and Elder.
- Hornborg, Alf (1998): Towards an Ecological Theory of Unequal Exchange, *Ecological Economics* 25/1.
- Kaufmann, Robert (1987): Biophysical and Marxist Economics, *Ecological Modeling* 38/1–2
- Khalil, Elias L. (1990): Entropy Law and Exhaustion of Natural Resources: Is Nicholas Georgescu-Roegen's Paradigm Defensible? in: *Ecological Economics*, 2. Jg, Nr. 2.
- Krohn, Wolfgang; Schäfer, Wolf (1983): Agricultural Chemistry: The Origin and Structure of a Finalized Science, in: Schäfer, Wolf (Hg.), *Finalization in Science*. Boston: D. Reidel.
- Liebig, Justus von (1865): *Die Chemie in ihrer Anwendung auf Agricultur und Physiologie*, 7. Auflage, Braunschweig: F. Vieweg und Sohn.
- (1864): On the Connection and Equivalence of Forces, in: *The Correlation and Conservation of Forces*. Youmans, Edward L. (Hg.), 387–397. New York: D. Appleton & Co.
- Lindley, David; Kelvin, Degrees (2004): *A Tale of Genius, Invention, and Tragedy*, Washington, DC: Joseph Henry Press.
- Lozada, Gabriel A. (1991): A Defense of Nicholas Georgescu-Roegen's Paradigm, in: *Ecological Economics*, 3. Jg, Nr. 2.
- Ludimar, Hermann (2007): *Grundriss der Physiologie des Menschen (Reprint)*, Saarbrücken: VDM, Müller.
- Martinez-Alier, Juan (1987): *Ecological Economics*, Oxford, UK, Basil: Blackwell.
- (1995): Political Ecology, Distributional Conflicts, and Economic Incommensurability, in: *New Left Review*, Nr. 211.
- (2003): Marxism, Social Metabolism, and Ecologically Unequal Exchange, Paper Presented at the Conference on World System Theory and the Environment. Lund University, Sweden, September 2003.
- Martinez-Alier, Juan; Naredo, J.M. (1982): A Marxist Precursor of Ecological Economics: Podolinsky, in: *Journal of Peasant Studies*, 9. Jg, Nr. 2, S. 207-224.

- Mayumi, Kozo (2001): *The Origins of Ecological Economics*, New York: Routledge.
- Moore, Jason W. (2000): Environmental Crises and the Metabolic Rift in World-Historical Perspective, in: *Organization & Environment*, 13. Jg, Nr. 2, S. 123-157.
- W. (2003): The Modern World-System as Environmental History? Ecology and the Rise of Capitalism, in: *Theory and Society*, 32. Jg, Nr. 3, S. 307-377.
- O'Connor, James (1998): *Natural Causes*, New York: Guilford.
- Pepper, David (1996): *Modern Environmentalism*, London: Routledge.
- Perrings, Charles (1987): *Economy and Environment*, New York: Cambridge University Press.
- Podolinsky, Sergei (1991): *Human Labor and Its Relation to the Distribution of Energy*, Moskau: Noosfera.
- (1881a): Il Socialismo e l'Unita delle Forze Fisiche, in: *La Plebe*, 14/3, 13-16.
- (1881b): Il Socialismo e l'Unita delle Forze Fisiche, in: *La Plebe*, 14/4, 5-15.
- (1880): Le Socialisme et l'Unité des Forces Physiques, in: *La Revue Socialiste*, Nr. 8, 353-365.
- (1883a): Menschliche Arbeit und Einheit der Kraft, in: *Die Neue Zeit*, 1/9, 413-424.
- (1883b): Menschliche Arbeit und Einheit der Kraft, in: *Die Neue Zeit*, 1/10, 449-457.
- (2004): Socialism and the Unity of Physical Forces; übersetzt von Angelo Di Salvo and Mark Hudson, in: *Organization & Environment*, 17/1 61-75.
- Saad-Filho, Alfredo (2002): *The Value of Marx*, London: Routledge.
- Salleh, Ariel (1997): *Ecofeminism as Politics*, London: Zed Books.
- Smith, Crosbie (1998): *The Science of Energy: A Cultural History of Energy and Physics in Victorian Britain*, London: The Athlone Press.
- Stokes, Kenneth M. (1994): *Man and the Biosphere*, Armonk, NY: M.E. Sharpe.
- Thompson, Silvanus P. (1976): *The Life of Lord Kelvin, Two Volumes*, New York: Chelsea Publishing Co.
- Tyndall, John (1863): *Heat Considered as a Law of Motion*, London: Longman, Green & Co.
- Williamson, A.G. (1993): The Second Law of Thermodynamics and the Economic Process, in: *Ecological Economics*, 7. Jg, Nr. 1.



### Der Staat zielt auf die Köpfe, wir zielen auf Solidarität.

Die Rote Hilfe ist eine strömungsübergreifende linke Solidaritätsorganisation. Unsere Unterstützung gilt all denjenigen, die aufgrund ihres politischen Engagements von staatlicher Repression betroffen sind. Jeder Mitgliedsbeitrag, jede Spende ist Ausdruck von Solidarität, hilft und ermutigt trotz Repression weiter zu kämpfen. Solidarität muss auf vielen Schultern ruhen. Darum:

**Mitglied werden in der Roten Hilfe!**

**Solidarität ist eine Waffe!**



**ROTE HILFE e.V.**  
Bundesgeschäftsstelle  
Postfach 3255  
37022 Göttingen

T: 0551 / 770 80 08  
F: 0551 / 770 80 09  
bundesvorstand@rote-hilfe.de  
www.rote-hilfe.de

**Spendenkonto:**

Kto-Nr.: 19 11 00 462 | BLZ: 440 100 46 | Postbank Dortmund