

- Bärsch, J./Frank, J. (1985): Kollektive Verwaltung der Umwelt versus ökologische Selbstbestimmung, in: *Ökonomie und Gesellschaft, Jahrbuch 3: Jenseits von Staat und Kapital*, Frankfurt/M.
- Beck, U. (1986): *Risikogesellschaft*. Auf dem Weg in eine andere Moderne, Frankfurt/M.
- Beckenbach, F. (1986): Umbau der Industriegesellschaft, in: *Blätter für deutsche und internationale Politik*, Nr. 9
- Ders. (1987 a): *Zwischen Gleichgewicht und Krise*. Zur Konstitution einer Geldökonomie, Inaugural-Dissertation, Berlin
- Ders. (1987 b): Systemtheoretische Rauschzustände. Bemerkungen zu N. Luhmann, *Ökologische Kommunikation*, in: *Informationsdienst des Instituts für ökologische Wirtschaftsforschung*, Nr. 1/1987
- Ders. (1987 c): Social Costs in Modern Capitalism, erscheint in: *Socialism in the World*, Belgrad
- Coase, R. H. (1960): The Problems of Social Costs, in: *The Journal of Law and Economics*, Vol. III
- Daly, H. E. (1968): On Economics as a Life Science, in: *Journal of Political Economy*, Vol. 76
- Die Grünen (1986): *Umbau der Industriegesellschaft*. Schritte zur Überwindung von Erwerbslosigkeit, Armut und Umwelterstörung, Bonn
- Engels, F. (1973 a): *Brief von Engels an Marx vom 19. Dezember 1882*, in: Marx-Engels-Werke, Bd. 35, Berlin-Ost
- Ders. (1973 b): *Dialektik der Natur*, in: Marx-Engels-Werke, Bd. 20, Berlin-Ost
- Fradin, J. (1976): *Les fondements logiques de la théorie néoclassique de l'échange*, Grenoble
- Ganßmann, H. (1979): On the Reconstruction of Economics as a Social Science, in: *Diskussionsbeiträge zur Politischen Ökonomie*, New York 1979 (mimeo)
- Georgescu-Roegen, N. (1971): *The Entropy Law and the Economic Process*, Cambridge
- Ders. (1972): *Energy and Economic Myths*, New York 1976
- Ders. (1979): Methods in Economic Science, in: *Journal of Economic Issues*, Vol. 13
- Ders. (1986): The Entropy Law and the Economic Process in Retrospect, in: *Eastern Economic Journal*, Vol. XII
- Kneese, A. V./Ayres, R. U./D'Arge, R. C. (1974): *Economics and the Environment: A Materials Balance Approach*, Baltimore
- Krause, U. (1979): *Geld und abstrakte Arbeit*, Frankfurt/M.
- Jänicke, M. (1986): *Staatsversagen*, München
- Luhmann, N. (1985): *Soziale Systeme*, Frankfurt/M.
- Ders. (1986): *Ökologische Kommunikation*, Opladen
- Marshall, A. (1920): *Principles of Economics* (Original 1890), London
- Marx, K. (1953): *Grundrisse der Politischen Ökonomie* (Original 1857/8), Berlin-Ost
- Musgrave, R. A. (1969): *Finanztheorie*, Tübingen
- Matzner, E. (1982): *Der Wohlfahrtsstaat von morgen*, Frankfurt/M.
- Michalski, W. (1965): *Grundlegung eines operationalen Konzepts der Social Costs*, Tübingen
- Offe, C. (1984): Arbeit als soziologische Schlüsselkategorie, in: ders., 'Arbeitsgesellschaft'. Strukturprobleme und Zukunftsperspektiven, Frankfurt/M.
- Podolinsky, S. (1883): Menschliche Arbeit und Einheit der Kraft, in: *Neue Zeit*
- Pigou, A. C. (1962): *The Economics of Welfare* (Original 1920), New York
- Riese, H. (1975): *Wohlfahrt und Wirtschaftspolitik*, Reinbek b. Hmg.
- Roloff, O./Wild, W.: *Umweltschutz in öffentlichen Budgets*, Regensburg
- Schulz, W./Wicke, L. (1987): Der ökonomische Wert der Umwelt, in: *Zeitschrift für Umweltpolitik*, Nr. 2
- Siebert, H. (1978): *Ökonomische Theorie der Umwelt*, Tübingen
- Sraffa, P. (1936): Über die Beziehung zwischen Kosten und produzierter Menge, in: W. Zoll, *Das Kostenproblem in der Wirtschaftstheorie*, Stuttgart 1936 (Original 1925)
- Thoben, H. (1982): Mechanistic and Organistic Analogies in Economics Reconsidered, in: *Kyklos*, Vol. 35
- Veljanovski, C. G. (1982): The Coase Theorems and the Economic Theory of Market and Laws, in: *Kyklos*, Vol. 35
- Vogt, W. (1973): Zur Kritik der herrschenden Wirtschaftstheorie, in: ders. (Hg.), *Seminar: Politische Ökonomie*, Frankfurt/M.
- Zimmermann, K. (1985): *Umweltpolitik und Verteilung*, Berlin

Juan Martínez-Alier Energieberechnung und der Begriff der »Produktivkräfte«¹

In den letzten Jahren haben eine Reihe von Studien, die mit der bemerkenswerten Ausnahme Georgescu-Roegens alle von Nichtökonomern verfaßt wurden, die Bedeutung der Kategorien »technischer Fortschritt«, »Investition« (als Wachstum des Produktionsvermögens) sowie den Begriff »Entwicklung der Produktivkräfte« in Zweifel gezogen. Die Frage wurde aufgeworfen, was »Produktion« bedeuten könnte, oder zumindest, wie sie bewertet werden sollte. Ich spiele im folgenden weder auf die Tatsache an, daß wir Preise benötigen, um heterogene Produkte bewerten zu können, noch auf Sraffas Darlegung, derzufolge Preise von der Verteilung abhängen, so daß das Produktionsergebnis je nach den Einkommensverteilungen zwischen Löhnen und Profiten verschiedene Werte aufweisen wird. Ich beziehe mich vielmehr auf die Energieanalyse, in deren Sichtweise die »Produktion« gewachsen ist, das »Produktionsvermögen« zugenommen hat und sich die »Produktivkräfte« entwickelt haben, weil die auf den Vorrat an fossilen Brennstoffen einwirkenden Zerstörungspotentiale und -kräfte im Zeitablauf stark gestiegen sind.

Mit der Energieanalyse läßt sich beispielsweise zeigen, daß die Leistungsfähigkeit der modernen Agrarwirtschaft viel geringer ist als die der traditionellen Landwirtschaft (Leach 1976; Pimentel 1979). Die Energieanalyse zielt jedoch nicht darauf ab, ein neues Kriterium für ökonomische Leistungsfähigkeit und Effizienz bereitzustellen, etwa das Verhältnis von Energiegewinn zu Energieinput, das das übliche Kriterium wirtschaftlicher Effizienz ersetzen könnte. Es ist zwar richtig, daß verschiedene landwirtschaftliche Produkte Gebrauchswerte besitzen, die sich nicht immer auf ihren Energiegehalt, sondern auf ihren Eiweiß- bzw. Vitamingehalt beziehen, oder schlicht das Vergnügen, das es bereitet, sie zu essen oder zu trinken. Nichtsdestotrotz vermögen energieanalytische Studien zu zeigen, daß die Arbeitsproduktivität in der Landwirtschaft sehr stark zugenommen hat (und weiter zunimmt, Anm. d. Ü.), die Energieergiebigkeit aber in bemerkenswerter Weise gesunken ist. Die Entscheidung darüber, ob ein solcher Prozeß wirklich »technischer Fortschritt« genannt werden darf (oder Entwicklung der Produktivkräfte«), kann erst in der Zukunft, die gerade hinsichtlich der Verfügbarkeit von Energieressourcen äußerst unsicher ist, getroffen werden. Es gibt mit anderen Worten keine Möglichkeit zu entscheiden, ob der Gesamtwirkungsgrad zugenommen hat, ehe wir nicht über rationale oder allgemein akzeptierte Methoden verfügen, mit denen wir den Energieströmen aus dem Vorrat fossiler Brennstoffe bewerten können, was wiederum eine Entscheidung darüber verlangt, wie sehr und wie weit in die Zukunft hinein wir uns um die Belange der nächsten Generationen kümmern.

Das Hauptanliegen dieses Artikels besteht nicht darin, die für den Bereich der Landwirtschaft vorgenommenen Energieanalysen zusammenzufassen, und auch nicht darin, ihre Bedeutung für die Lebensfähigkeit oder Notwendigkeit von kleiner (oder arbeitsintensiver) Landwirtschaft zu diskutieren, noch geht es darum, einen Beitrag zu dem schwierigen Pro-

blem zu leisten, wie natürliche Ressourcen für eine effiziente und optimale Allokation über die Zeit hinweg bewertet werden sollten. Mein Anliegen ist eher, zu überlegen, ob Energieanalysen in die marxistische Theorie eingebaut werden können. Meine Schlußfolgerung dabei lautet, daß dies ein schwieriges Unterfangen wäre, da die marxistische Ökonomie ein gewachsenes System darstellt — mit einer Werttheorie, die mit Energieanalysen unvereinbar ist, und mit einer Vorstellung der Beziehungen zwischen Mensch und Natur, wie sie sich auch in der main stream-Ökonomie findet. Die Begründer des Marxismus, zumindest Engels, haben es uns selbst mitgeteilt, daß Wirtschaftswissenschaften nicht mit Physik durcheinandergebracht werden sollten. Die von der Standardtheorie vorgenommene Analogie zur Mechanik findet sich auch bei Marx, so beispielsweise in den Schemata einfacher Reproduktion, wo es gar keine Frage ist, daß der Reproduktionsprozeß endlos fortgesetzt werden könnte. Dem Problem der Herkunft der Rohstoffe oder der Triebkraft der »Maschine« (mit »Maschine« spricht Martínez-Alier den Motor des kapitalistischen Prozesses an, also das Kapitalverhältnis; d. Ü.) wird keine Wichtigkeit beigemessen. Die marxistische Vorstellung des kapitalistischen Prozesses unterscheidet sich zwar in dem Sinne von der funktionalistischen Ökonomie, als Marx ihren Zusammenbruch aufgrund von Widersprüchen postulierte, die sich notwendig entwickeln müssen, weil im Falle erweiterter Reproduktion ein Teil der Maschine schneller als der andere anwächst. Trotz seiner gelegentlichen Bemerkungen über den Mißbrauch der Natur im Kapitalismus ist aber unübersehbar, daß ökologische Probleme ausgeblendet werden. Da Energieanalyse nicht nur ein wichtiges Instrument zum Verständnis der Wirtschaftsgeschichte der Welt ist, sondern auch hilft, zu erfahren, wohin sich die Weltwirtschaft bewegt, will dieser Aufsatz mit der dringenden Bitte an die marxistischen Theoretiker schließen, den allgemeinen Begriff der »Produktivkräfte«, den ich für metaphysisch halte, zugunsten präziserer Konzepte über den Charakter der »materiellen Basis« der Ökonomie beiseite zu legen.

Einer der Pioniere auf dem Sektor des Verhältnisses von ökonomischer Theorie und Energieanalyse, Frederick Soddy, war der Meinung, daß kein Zweifel bestehe, daß Marx' scharfsinniger und gelehrter Verstand die Bedeutung der modernen Lehre über Energie (d.h. das erste und zweite Gesetz der Thermodynamik) für die Sozialwissenschaften verstanden hätte, wäre diese nur noch zu seinen Lebzeiten formuliert worden. Tatsächlich wurde das von Sadi-Carnot, Clausius u.a. begründete zweite Gesetz der Thermodynamik aber noch während Marxens Wirkungszeit formuliert, ohne daß dieser es allerdings in seinen ökonomischen und historischen Studien berücksichtigt hätte. Nun ist zwar richtig, daß auch hundert Jahre nach Marx' Tod praktisch alle Wirtschaftswissenschaftler immer noch die Thermodynamik ignorieren, und es wäre deshalb ungerecht, Marx' Verständnis hervorzuheben, wäre da nicht das Faktum, daß er außer Wissenschaftler auch der Gründer einer politischen Bewegung war, die auf seinen Lehren fußt. Selbst wenn wir bei der Wissenschaft bleiben, gilt doch, daß der Marxismus auch heute noch eine Menge historischer und sozialwissenschaftlicher Arbeiten inspiriert.

Engels untersuchte in seinen vielleicht nicht zur Veröffentlichung gedachten, aber später in die *Dialektik der Natur* einbezogenen Lesensnotizen von 1875 und 1876 Clausius' zweites thermodynamisches Gesetz, verwarf es aber in unzweideutigen Begriffen als im Widerspruch zu dem ersten Gesetz stehend (vgl. MEW 20, S. 545). Sowohl Marx als auch Engels

hatten die Gelegenheit, das Werk Serge Podolinskys, eines ukrainischen Sozialisten, zu studieren, der einer der ersten Autoren zu sein scheint, die einige Schlußfolgerungen darüber getroffen haben, wie ökonomische Analyse modifiziert (oder vielleicht aufgegeben) werden müßte, wenn die Energieanalyse berücksichtigt würde. Der vorliegende Aufsatz ist in erster Linie ein Kommentar zu Podolinskys Werk und zu Engels' Reaktionen auf diese Arbeit. Marx' Reaktion auf Podolinsky ist nicht bekannt, obwohl der Ton in Engels Briefen an ihn vermuten läßt, daß er mit Engels Argumenten einverstanden war und Podolinskys Thesen nicht teilte.

Der Aufsatz von Podolinsky

Im Jahre 1883 veröffentlichte Podolinsky in *Die neue Zeit* einen zweiteiligen Artikel unter dem Titel »Menschliche Arbeit und Einheit der Kraft«². Zuvor hatte er ihn mit einer Bitte um einen Kommentar an Marx geschickt (am 30. März 1880 aus Montpellier, wo er lebte), dem er erklärte, daß »ihr Werk«, das Kapital, »die erste Anregung gegeben hat«. Jener Artikel gibt Podolinsky ein gutes Anrecht, als einer der Gründer der Sozioenergetik angesehen zu werden. Seinen eigenen Worten zufolge war es sein Ziel, »die Mehrarbeit mit den herrschenden physikalischen Theorien in Einklang zu bringen« (Brief an Marx vom 18. April 1880)³.

Auch wenn Podolinsky von Marx' Werk inspiriert worden war, und trotz der Absicht, der Arbeitswerttheorie eine Grundlage in den Naturwissenschaften zu verschaffen, trafen die Bemühungen von Podolinsky nicht auf Marx' und Engels' Zustimmung. Konfrontiert mit einem derartig neuen Gesichtspunkt und zudem, im Fall von Marx, dem Ende des Lebens nahe, gelang es ihnen nicht, die Bedeutung von Podolinskys Ansichten für die Marxsche Theorie und insbesondere für eine genauere Definition des Begriffs der »Produktivkräfte« zu würdigen. Ob es auf Marx' und Engels' Seite ideologische Hindernisse in der Wahrnehmung dieser neuen Auffassung gab — die beinhaltete, daß Wachstumsgrenzen in der Ökonomie nicht nur in den Fesseln der alten Produktionsverhältnisse sondern auch, und vielleicht hauptsächlich, in den physikalischen und biologischen Tatsachen des irdischen Lebens unter der Sonne gesucht werden müßten —, ist eine Frage, der ich mich am Ende dieses Aufsatzes zuwenden werde. Zunächst möchte ich Podolinskys Argumente zusammenfassen, die trotz einer Veröffentlichung in dem theoretischen Organ der SPD nur geringen Einfluß auf Entwicklungen im marxistischen Denken, insbesondere in der Entwicklung des ökonomischen und anthropologischen Denkens gehabt zu haben scheinen. Von heute aus betrachtet sind Podolinskys Ideen nicht mehr sehr neu, aber ihr geringer Einfluß ist ein Symptom für die Trennung, die zwischen den Naturwissenschaften und den Sozialwissenschaften (einschließlich des Marxismus) existiert.

Podolinsky verstand die Gesetze der Thermodynamik ziemlich gut. Er war sich auch darüber im klaren, daß er sich in einer Nachfolgelinie zu den Physiokraten befand, die versucht hatten, den Wirtschaftsprozeß in Begriffen von Materie zu analysieren, auch wenn sie die Beziehungen zwischen ökonomischem System und natürlichem Umfeld nicht in Begriffen von Energie zu formulieren vermochten, weil die Energietheorie erst im 19. Jahrhundert

entwickelt wurde. Sein Anliegen bestand darin, die Lehre von der Arbeit als Quelle von Wert mit der Energieanalyse des Wirtschaftsprozesses in Übereinstimmung bringen zu können. Er war sich der Tatsache bewußt, daß die Abgabe von Energie durch lebende Organismen (einschließlich des Menschen) mit der Weiterführung von Leben vereinbar ist, weil die Erde ein offenes thermodynamisches System darstellt, das seine Energie von der Sonne bezieht. Die Umwandlung von Sonnenenergie in pflanzliche Substanz, die ihre Abgabe in Form von Wärmeenergie in die Atmosphäre verhindert oder verzögert, ist der Schlüsselfaktor, der tierisches und menschliches Leben auf der Erde erlaubt hat. Podolinsky betonte dieses grundlegende ökologische Faktum, das auf den ersten Blick zu beinhalten schien, daß die vom Menschen genutzte Energie (in Form von Nahrung, Kleidung, Wärme usw.) nicht aus Arbeit sondern von der Natur stammte, und Arbeit demzufolge nicht wertschaffend sei. Das war sein ursprünglicher Standpunkt. Podolinsky verstand die grundlegenden Prinzipien von Ökologie durchaus richtig, wenn er schrieb:

»Wir haben hier vor uns zwei parallele Prozesse, welche zusammengenommen den sogenannten Kreislauf des Lebens bilden. Die Pflanzen besitzen die Eigenschaft, Sonnenenergie anzuhäufen, die Tiere aber, indem sie sich von Pflanzenstoffen nähren, verwandeln einen Teil dieser ersparten Energie in mechanische Arbeit und zerstreuen sie nachher in den Weltraum. Wenn die Menge der von den Pflanzen angehäuften Energie größer bleibt als diejenige der von den Tieren zerstreuten, so entsteht eine Vorratssammlung der Energie, z.B. in der Periode der Steinkohlenbildung, in welche augenscheinlich das Pflanzenleben ein bedeutendes Gewicht über das Tierleben besaß. Wenn im Gegenteil das Tierleben die Oberhand bekäme, so würde bald der angehäuften Energievorrat zerstreut werden, und das Tierleben müßte in das von dem Pflanzenreichtum bestimmte Maß wieder zurücktreten. Auf diese Weise müßte sich also ein gewisser Gleichgewichtszustand zwischen der Anhäufung und der Zerstreung der Energie ausbilden« (»Die Neue Zeit«, S. 420).

Den Ausdruck »Kreislauf des Lebens« hat er vermutlich von Jakob Molleschots gleichnamigem Werk übernommen⁴. Laut Alfred Schmidt hatte Molleschot auch bereits Marx' Gebrauch des Konzepts vom »Stoffwechsel« zwischen Mensch und Natur beeinflusst (1971, S. 86). Auch besaß Molleschot bereits eine moderne ökologische Vorstellung über den Kreislauf des Lebens als Kreislauf von Materie und Kreislauf von Energie, auch wenn er die Gesetze der Erhaltung (in den Schriften aus den Jahren 1840 und 1850) und nicht die Gesetze der Abgabe betonte. Schmidt ist der Ansicht, »daß Marx den Begriff des Stoffwechsels nicht nur metaphorisch sondern auch unmittelbar physiologisch versteht«, was aus seiner Kritik der für die kapitalistische Produktion seiner Zeit typischen schroffen Trennung von Stadt und Land deutlich werde (vgl. Schmidt 1978, S. 89), und überzeugend zitiert er die Passagen aus dem ersten Band des »Kapital«, wo Marx die Tatsache kommentierte, daß die Städte Güter vom Land in Anspruch nahmen, wohingegen der Dung der Städte nicht auf das Land zurückkehrt, und daraus eine Reihe stichhaltiger Fragen über die Fruchtbarkeit formulierte. Man könnte diesen Anmerkungen weitere Passagen hinzufügen, in denen sowohl Marx als auch Engels die Landerosion, den maßlosen Kohleverbrauch durch die kapitalistische Industrie usw. kommentieren. Aber darauf kommt es mir nicht an. Es geht mir vielmehr darum, daß die marxistische Theorie über keine Instrumente für eine Analyse der Energieströme im Wirtschaftsprozess verfügt⁵. Die Konsequenzen dieses Versäumnisses sind weitreichend, sowohl hinsichtlich der Definition der »Produktivkräfte« als auch einer angemessenen Perspektive der Quellen und Grenzen wirtschaftlichen Wachstums. Sobald sich die

marxistische Theorie überhaupt mit natürlichen Ressourcen befaßte, geschah dies nicht in Begriffen der ökologischen sondern der ricardianischen Theorie, d.h. die Form der Renten der Eigner natürlicher Ressourcen verändert das Muster der Verteilung, des Sparens und der Investition⁶. Marx und Engels waren von Podolinskys Analyse verblüfft; viele zeitgenössische Marxisten, und zwar Zeigenossen der 80er Jahre des 20. Jahrhunderts und nicht des 19. Jahrhunderts, mögen sich immer noch verwirrt fühlen.

Podolinsky begann seinen Artikel mit der Feststellung, daß nach dem ersten Gesetz der Thermodynamik Energie nicht erzeugt werden kann, woraus folge, daß nichts durch die Arbeit geschaffen werden kann. Arbeit sei nur nützlich, insofern sie Mengen von Energie in irgendwelche anderen Mengen transformiere. Wie sehen die Regeln solcher Transformationen aus? Wir müssen berücksichtigen, antwortet er, daß nach Clausius' Prinzip, d.h. dem zweiten Gesetz, Energie auf eine Weise umgewandelt wird, so daß gilt:

Diese Tendenz der Energie zu einem allgemeinen Gleichgewichte wird Dispersion (Zerstreuung) der Energie, oder nach dem Vorgange von Clausius, Entropie genannt. Letzterer Ausdruck bedeutet die Quantität der umgewandelten Energie, welche keiner rückführenden Umgestaltung mehr fähig ist« (»Neue Zeit«, S. 414). (Bei dieser Behauptung bezog sich Podolinsky auf die französische, im Jahre 1868 veröffentlichte Ausgabe von Clausius' Werk.)

Im weiteren nimmt Podolinsky eine Aufstellung über den Bestand an vorhandener Energie vor, und zwar sowohl der direkt von der Sonne kommenden als auch jener, die geothermische oder eolithische Form oder die Form fließenden Wassers annimmt. Bei dieser Aufstellung berücksichtigt er auch die Gezeitenenergie. Er gibt plausible Darstellungen für Kohlevorräte in Großbritannien, in den Vereinigten Staaten, ferner erwähnt er auch das Erdöl. All diese Energieformen (oder fast alle) sind Transformation von Sonnenenergie. Die Erde empfängt »ungeheure Mengen physischer Kräfte, welche noch fähig sind, die verschiedensten Umgestaltungen zu erfahren, als deren Ausdruck alle physischen, biologischen Phänomene (Erscheinungen) erscheinen« (»Neue Zeit«, S. 414). Jene Energieformen seien nichts anderes als Formen der Verzögerung von Energiedissipationen, die von der Sonne stammen. Sein Wissen über die Sonne bezog Podolinsky von Secchis Werk, das öfter in Engels »Dialektik der Natur« zitiert wird. Er konnte nicht wissen, wie die Sonne wirklich funktioniert (durch Nuklearfusion nämlich), noch erwähnte er ausdrücklich die Photosynthese. Meine Absicht ist es nun nicht, Podolinskys Ausführungen in die Geschichte der Naturwissenschaften einzuordnen (wozu ich nicht qualifiziert bin), sondern ihn einfach zusammenzufassen, um anschließend Engels' Kommentare darauf interpretieren zu können.

So beeindruckt Podolinsky von der täglich von der Sonne kommenden Energiemenge und der in verschiedenen Formen in der Erde enthaltenen Energie war, so war er zugleich auch scharfsichtig hinsichtlich der »Gefahr, eines Tages an umwandlungsfähigen Kräften auf der Erdoberfläche Mangel zu leiden«. Diese Gefahr war hoch, »zugleich aber bemerken wir bei näherer Beobachtung, daß die Verteilung dieser Kräfte nicht immer die vorteilhafteste für die Befriedigung der Bedürfnisse der organischen Welt im allgemeinen und des Menschengeschlechts im besonderen ist« (»Die Neue Zeit«, S. 414).

Nachdem er erklärt hatte, wieviel größer der Energieinput der Sonne als die umgewandelten Formen von Energie auf der Erde war, und ebenso die Rolle pflanzlichen Lebens für die Verzögerung der Energiezerstreuung der Sonne (dabei auch darauf hinweisend, daß Pflan-

zen zu Kohle werden müssen, um diese Rolle zu erfüllen) erläutert hatte, fährt Podolinsky mit seinem Argument fort, wie menschliche Arbeit in der Tat die Anhäufung von Energie vergrößern kann. Zur Illustration seiner Schlußfolgerungen gibt er Beispiele von Energieberechnungen für verschiedene Ökosysteme in Frankreich an (er bedient sich einer Methodologie, die viel später von Anthropologen wie Rappaport (1968), Richard Lee (1979) oder von Naturwissenschaftlern wie Pimentel oder Gerald Leach neben vielen anderen benutzt werden sollte). Er betrachtet einerseits Wald und natürliche Weiden und andererseits künstliche Weideflächen und Getreideanbau. Im Wald gibt es lt. seiner Quelle, der »Statistique de la France«, für die Jahre 1874, 1875 und 1879 eine durchschnittliche jährliche Zunahme von 9 metrischen Quintalen (900 kg) an trockener Substanz pro Hektar. Jedes Kilogramm trockene Zellulose enthält 2550 kcal (Wärmeeinheiten), und daher beträgt die natürliche Produktion von Energie pro Hektar und Jahr 2 295 000 kcal. Auf natürlichen Weiden beträgt die Heuproduktion pro Hektar und Jahr 2 500 kg. Der Energiegehalt beträgt ebenso 2 550 kcal je kg und daher beläuft sich die Jahresproduktion pro Hektar auf 6 375 000 kcal. (»Produktion« ist der falsche Begriff, weil Energie nicht »produziert«, sondern lediglich umgewandelt und zerstreut wird. Podolinsky benutzt deshalb den Ausdruck »die Anhäufung der Energie«.) Er fährt dann fort, die »von Menschen erstellten« Ökosysteme zu betrachten. Auf gesäten Weideflächen beträgt die durchschnittliche Weideproduktion pro Hektar und Jahr abzüglich der Saat 3 100 kg. Die Energie »Produktion« pro Hektar und Jahr ist dann gleich 7 905 000 kcal. Im Vergleich zu natürlichen Weiden »produzieren« gesäte Weideflächen demnach zusätzliche 1 530 000 kcal pro Hektar und Jahr; dabei handelt es sich jedoch um keine Nettorechnung, da nicht nur die Saat abgezogen werden sollte, sondern auch der Energieeinsatz von Tieren und Menschen. Genau in diesem Sinne verfährt Podolinsky und zwar unter der Annahme, daß pro Hektar und Jahr 50 Pferdestunden Arbeit und 80 Menschenstunden Arbeit gebraucht würden. Der entsprechende Energieinput beläuft sich auf 37 450 kcal (diese Angabe ist durchaus plausibel, wenn wir erinnern, daß ein PS = 0,735 kw und ein kw = 860 kcal, und daß die mechanische Arbeit eines normal arbeitenden Menschen während eines Tages = 0,5 kw oder 430 kcal sein könnte). Er schlußfolgert dann, daß menschliche (und tierische) Arbeit zu einer größeren »Produktion« von Energie beiträgt, und zwar im Verhältnis 37 450 zu 1 530 600, oder 1 : 41. Dies ist der Energieertrag aus einem Energieinput durch menschliche (und tierische) Arbeit.

Wenn er sich im weiteren dem Getreideanbau zuwendet, findet er in seinen Quellen, daß die durchschnittliche Weizenproduktion pro Hektar (abzüglich der Saat) 800 kg Weizen und 2 000 kg Stroh beträgt (der niedrige Hektarertrag erklärt sich aus der geringen Verwendung künstlichen Düngers; auf jeden Fall zieht Podolinsky den Energieinput durch Dünger nicht ab). Er nimmt einen Energiegehalt pro kg Weizen von 3 750 kcal und 2 550 kcal pro kg Stroh an, was 8 100 000 kcal pro Hektar bedeutet. Im Vergleich zu natürlichen Weiden »produziert« der Getreideanbau unter dem Energieeinsatz von schätzungsweise 100 Pferdestunden Arbeit und 200 Menschenstunden Arbeit, die zusammen 77 500 kcal ausmachen, zusätzliche 1 725 000 kcal pro Hektar und Jahr. Dabei bewirkt jede »Wärmeeinheit in Form von Arbeit zur Weizenkultur verwendet, eine Anhäufung von Sonnenenergie, welche 1 725 000 zu 77 500 = 22 Wärmeeinheiten ist« (»Neue Zeit«, S. 421). Auch in diesem Fall sind die angenommenen Energieinputs für Pferde und Menschen durchaus plausibel. Ich

gehe jedenfalls davon aus, daß Podolinsky 25 Tage menschlicher Arbeit und 12 oder 15 Tage Pferdearbeit pro Hektar (zum Pflügen, Transport, Dreschen) ansetzt und darüber hinaus annimmt, daß eine Stunde Pferdearbeit tatsächlich 1 PS/Stunde entspricht und 1 Tag menschlicher Arbeit ungefähr = 500 kcal entspricht. Es ließe sich anmerken, daß von dem Output jener Teil auszuschließen wäre, der zur Fütterung der Tiere benutzt wird, und man lediglich menschliche Arbeit in den Input einzubeziehen hätte, um wirklich zu dem Verhältnis Wärmeoutput/menschlicher Wärmeinput zu gelangen. Auch könnte man darauf hinweisen, daß nicht für alles Stroh Verwendung besteht (das würde davon abhängen, ob wir reinen Getreideanbau oder gemischte Landwirtschaft betrachten). Wichtiger festzuhalten ist, daß Podolinskys Quotienten in allgemeiner Weise mit jenen der modernen Forschung über traditionelle Landwirtschaft übereinstimmen (sowohl als Wärmeoutput/gesamter Wärmeinput als auch als Wärmeoutput/menschlicher Wärmeinput gefaßt), was nicht überraschend ist, da er dieselbe Methode benutzte wie die moderne Energieberechnung.

Es gibt noch einen anderen Punkt, der von Interesse ist. Seine Angaben zeigen, daß die Biomasseproduktion in der Landwirtschaft größer ist als die im Wald. Damit spielt Podolinsky auf die durch Pflanzen fixierte Gesamtenergiemenge pro Jahr abzüglich der für Atmung verbrauchten Energie an. Die Gesamtproduktion (im biologischen Sinne) mag im Wald größer sein, doch landwirtschaftlicher Anbau würde auf jeden Fall die als Nahrung vorhandene Energiemenge vermehren. Weil Podolinsky zeigen wollte, daß der Energievorrat durch menschliche Arbeit zunimmt, entwickelte er das Konzept von der energetischen Produktivität menschlicher Arbeit. Seine Intention bestand darin, zu einer Definition von »nützlicher Arbeit« oder »produktiver Arbeit« zu gelangen. Pflanzen besitzen aus sich selbst heraus die Eigenschaft zu »akkumulieren«, zu »bewahren«, »anzusammeln«, die Zerstreuung von Energie zu verzögern, und dieser Prozeß wird durch die Mittel menschlicher Arbeit intensiviert: »Die Arbeit ist ein solcher Gebrauch der im Organismus angehäuften mechanischen und geistigen Energie, welcher eine Vergrößerung des allgemeinen Energiebudgets der Erdoberfläche zur Folge hat« (»Neue Zeit«, S., 422)⁷. Arbeit schafft dann Wert, und dieser Wert wird in Energieausdrücken gemessen. »Nützliche« oder »produktive« Arbeit ist mit anderen Worten Arbeit, die energetisch einen positiven Beitrag leistet.

Die Landwirtschaft ist mit Sicherheit ein Sektor ökonomischer Aktivität, die sich für solch eine Definition von »nützlicher« Arbeit am besten eignet, aber Podolinsky meinte, daß auch die Tätigkeiten eines Schneiders, Schusters oder Baumeisters als Arbeit in seinem Sinne die Bestimmungen erfüllen, soweit sie »Schutz vor der Zerstreuung in den Weltraum« bieten (ebd., S. 422). Er diskutiert ebenfalls (nicht sehr überzeugend) und verwirft diese Idee, daß Tiere gemäß seiner Definition in der Natur arbeiten.

Der zweite Teil von Podolinskys Artikel⁸ betrachtet, wie der menschliche Organismus in der Lage ist, Arbeit zu verrichten: »Wir haben aber bis jetzt noch nichts über die Entstehung der Fähigkeit zum Arbeiten im menschlichen Organismus gesagt, ohne welche die Anhäufung der Energie auf der Erdoberfläche unter dem Einflusse der Arbeit schwer zu erklären wäre« (»Neue Zeit«, S. 449). Er versteht den menschlichen Organismus richtig als eine Wärmemaschine, und unter Anwendung von Helmholtz' Entdeckungen schlußfolgert er, daß der »Mensch die Fähigkeit besitzt, 1/5 der gesamten, mit der Nahrung zugeführten

Energie in Muskelarbeit zu verwandeln«. Diesem Verhältnis (das vollständig mit den heute gebräuchlichen Meßwerten übereinstimmt) gibt er den verwirrenden Namen »ökonomischer Koeffizient« (»Neue Zeit«, S. 449, 450), während es tatsächlich aber die energetische Leistung des Menschen als einer Maschine ist, die Wärmeenergie in mechanische Energie umwandelt, d.h. arbeitet. Dieser sogenannte »ökonomische Koeffizient« oder die energetische Leistung wird von Podolinsky nicht als feste Größe betrachtet, und zwar deshalb nicht, weil der Mensch nicht vom Brot allein lebt (und arbeitet), d.h. weil menschliche Bedürfnisse auch Kleidung und Wohnung umfassen und weil nicht die ganze menschliche Bevölkerung in der Lage ist, zu arbeiten. Obwohl alte Menschen und Kinder beispielsweise auch Kalorien in mechanische Arbeit umwandeln (in einem rein physikalischen Sinne), leisten sie keinerlei Arbeit von ökonomischem Wert. Daher gestaltet sich der »ökonomische Koeffizient« nicht so günstig, wie es die absolute Größe $1/5$ andeutet. Unter Berücksichtigung solcher Faktoren und auch des Teils der gesamten Ausgaben, der für den Nicht-Nahrungsmittelverbrauch verwendet wird⁹, schlußfolgert Podolinsky, daß eine gute Schätzung des »ökonomischen Koeffizienten« der Betrag $1/10$ wäre: Der Mensch kann ein Zehntel der verbrauchten Energie in Arbeit umwandeln. Eine derartige energetische Leistung kann mit der anderer Wärmemaschinen verglichen werden, was Podolinsky auch tat, indem er als Vergleichsausdruck die Dampfmaschine heranzog und ausdrücklich aus Sadi-Carnots Werk aus dem Jahre 1824 die Umwandlungsprinzipien von Wärmeenergie in mechanische Energie — die erste Aussage des zweiten Gesetzes — anführt. Auf diese Weise gelang er zu einem allgemeinen theoretischen Prinzip: »Wenn wir also den menschlichen Organismus als eine thermische Maschine mit dem ökonomischen Koeffizienten von $1/10$ ansehen, wird es uns möglich, die Bedingungen des menschlichen Lebens auf der Erde etwas näher zu bestimmen« (»Neue Zeit«, S. 451). Ich glaube, daß es Podolinskys ausdrückliche Absicht war, auf den Marxschen Ausdruck »die ewige Naturbedingung des menschlichen Lebens« anzuspielen.

Da menschliche Arbeit die Fähigkeit besitzt, den vorhandenen Energiestrom zu vermehren (wie die landwirtschaftlichen Energieberechnungen gezeigt haben), ist also die

»Menschheit eine Maschine, welche nicht nur die Wärme und andere physische Kräfte in Arbeit umwandelt, sondern auch den rückkehrenden Operationszyklus zustandebringt, d.h. die Arbeit in Wärme und in andere physische Kräfte, welche zur Befriedigung unserer Bedürfnisse notwendig sind, verwandelt, sozusagen mit ihrer eigenen, in Wärme umgesetzten Arbeit ihren Dampfkessel heizt« (»Neue Zeit«, S. 453).

Um die Existenzbedingungen abzusichern, muß jede Kalorie menschlicher Arbeit eine Produktivität (das ist sein eigener Begriff) von mindestens 10 Kalorien haben (unter der Annahme eines »ökonomischen Koeffizienten« von $1/10$). Natürlich kann den Bedürfnissen und Existenzbedingungen primitiver Völker leichter entsprochen werden, da ihr »ökonomischer Koeffizient« statt vielleicht bei ein Zehntel näher bei ein Sechstel liegt — ihre Bedürfnisse sind auf Nahrungsmittel beschränkt und mit einer energetischen Produktivität oder einem Wärmeertrag zum menschlichen Input von $6:1$ ist ihre Existenz gesichert. Der zivilisierte Mensch, mit einem ungünstigeren »ökonomischen Koeffizienten«, muß eine größere energetische Produktivität haben, da der Nenner nicht bloß Energie für Nahrungsmittel sondern auch für andere Bedürfnisse umfaßt. Aus den Daten der französischen Landwirt-

schaft geht hervor, daß das tatsächlich der Fall war. Wenn die notwendige energetische Produktivität der Arbeit nicht erreicht wird, »entsteht die Not und oftmals eine Verminderung der Bevölkerung« (»Neue Zeit«, S. 454).

Es sollte angemerkt werden, daß seit Podolinskys Tagen und sogar zu seiner Zeit der tägliche Kalorien-»Verbrauch« »zivilisierter« Menschen viel größer als derjenige »primitiver« Menschen war, und daß daher der »ökonomische Koeffizient« oder die energetische Leistung der »zivilisierten« Menschheit als Wärmemaschine extrem niedrig ist. Wir wandeln immer noch ein Fünftel oder ein Sechstel unserer über Nahrungsmittel stattfindenden Energieaufnahme in mechanische Arbeit um (ob es sich um »produktive« Arbeit oder um Jogging oder um Schreibmaschineschreiben in Büros handelt, ist an dieser Stelle irrelevant), aber wir nehmen einen Typus von Nahrungsmitteln zu uns, dessen Produktion auf der Ebene von Energie zunehmend aufwendig ist und wir verbrauchen auch für unsere anderen »Bedürfnisse« viel Energie. Die Verteilung ist innerhalb solcher Länder natürlich ungleich, aber wir könnten auch ihre Energieverbrauchsniveaus denen »primitiver« Menschen oder einfach armer Leute in der Dritten Welt gegenüberstellen, die viel weniger verbrauchen und deren Lebensbedingungen daher leichter ohne die Plünderung des Vorrats an fossilen Brennstoffen entsprochen werden kann. Für einige von ihnen werden selbst diese bescheidenen Anforderungen nicht erfüllt, sie leiden Hunger, was nicht weniger als einen Mangel an Energieversorgung bedeutet.

Eine zweite Beobachtung ist von Bedeutung. Podolinsky unterschied in seiner Diskussion der energetischen Produktivität menschlicher Arbeit, trotz der Tatsache, daß er sich für Kohlevorräte interessierte, nicht weiter, ob die durch solche Arbeit gewonnene Energie aus erneuerbaren oder nicht-erneuerbaren Quellen stammte. Seine Beispiele sind auf die französische Landwirtschaft bezogen, die zu seiner Zeit noch hauptsächlich erneuerbare Ressourcen verwendete, wobei er durchaus in der Lage war, prinzipiell zwischen dem Energievorrat an Kohle und den von landwirtschaftlichem Getreide oder von Wäldern und Weiden ausgehenden Energieströmen zu unterscheiden. Nach seiner Definition sollten Arbeiter im Kohlebergbau vielleicht nicht unter denjenigen klassifiziert werden, die eine »nützliche« oder »produktive« Arbeit verrichten, da ihre Aktivität in der Tat die Akkumulation von Energie auf der Erde nicht erhöht, sondern im Gegenteil senkt.

Versucht man die Argumente Podolinskys zusammenzufassen, dann ist festzuhalten, daß er auf korrekte Weise die grundlegende Feststellung unterbreitete, daß menschliches Leben davon abhängt, wie der Strom der Sonnenenergie genutzt wird. Er versuchte dabei, die Arbeitswerttheorie mit einer Energiewerttheorie in Übereinstimmung zu bringen, und er war sich der Implikation, die seine ökologische, thermodynamische Analyse für die Wirtschaftswissenschaften hatte, durchaus bewußt. Darüber hinaus setzte er sich mit einigen Aussprüchen dreier berühmter Ökonomen auseinander. Quesnay vertrat die Ansicht, daß Arbeit unproduktiv sei; Adam Smith setzte entgegen, daß nur Arbeit produktiv sei, und Say formulierte, daß »Arbeit produktiv (ist), Naturkräfte produktiv (sind) und Kapitale produktiv (sind)« (»Neue Zeit«, S. 455). Obwohl sein Verständnis der Rolle pflanzlichen Lebens für die Umwandlung von Sonnenenergie in Nahrung und andere menschliche Lebensnotwendigkeiten ihn zu einer Neuformulierung der von den Physiokraten eingenommenen Positionen hätte führen können, dachte er eher, daß er vermittels seiner Entdeckungen Ques-

nay und Smith versöhnt hätte (oder, nach seiner Interpretation, Smith mit sich selbst, da Smith keine Arbeitswerttheorie hatte), daß nämlich die energetische Produktivität der Natur durch menschliche Arbeit zunehme. Seine Schlußfolgerung lautete, daß der energetische Gesichtspunkt mit der Ansicht vereinbar war, derzufolge Arbeit Wert schafft. Damit wurde ein breites Untersuchungsfeld eröffnet: Wie vermehrt Arbeit den Energievorrat (und aus welchen Quellen) und wie werden die Arbeit und die energetischen Erträge dieser Arbeit zwischen der Menschheit aufgeteilt? Diese Herausforderung wurde von den Marxisten lange Zeit nicht angenommen (Auch nicht von anderen Ökonomen oder Sozialwissenschaftlern, wenn wir einige am Rande der Theoriedebatte stehende Pioniere beiseite lassen)¹⁰. Die moderne Energieanalyse hat ihre Ursprünge deshalb nicht bei marxistischen Ökonomen, sondern vielmehr bei Biologen und Ökologen.

Engels' Kommentare zu Podolinsky

Betrachten wir nun Engels' Reaktion auf Podolinskys Papier, das mit einem interessanterweise »Einheit der Kraft und Volkswirtschaft« betitelten, kurzen Abschnitt endet, der jedoch einen nicht sehr erhellenden Exkurs enthält, in dem Podolinsky versuchte, Produktionsweisen (Sklaverei, Leibeigenschaft, Kapitalismus) und die »Akkumulation« von Energie durch Arbeit zu verknüpfen. In seinem zentralen Argument zeigt er, wie unterschiedlich das Verhältnis produktiver Arbeiter (in seiner Definition) in solchen Systemen ist. Soweit er sich mit dem Kapitalismus beschäftigt, weicht er von seinem konsequenten energetischen Standpunkt ab, und sagt:

»Statt die Anhäufung der Energie auf der Erde zu vergrößern, verstärken jetzt oftmals die Maschinen die nutzlose Zerstreuung der bereits vorhandenen Arbeitskräfte, indem sie infolge Eintreten der Überproduktion ein Teil der Proletarier von der Produktion fortjagen.« (»Neue Zeit«, S. 457).

Engels beachtete diesen letzten Abschnitt nicht besonders und wendete sich dem Kern des Artikels zu. Es war nicht das erste Mal, daß er über das zweite Gesetz und das Gesetz der Entropie gelesen hatte. In seinen Briefen an Marx bezog er sich allerdings nicht auf solche Grundprinzipien. Was er unternahm, war eine bloße Zusammenfassung von Podolinskys Energieberechnungen für Marx, um dann abzustreiten, daß man aus der Energieberechnung irgendwelche interessanten ökonomischen Schlußfolgerungen ziehen könne. Er ging sogar weiter und lehnte jede Analyse industrieller Systeme in Begriffen von Energie ab. Weder interessierten ihn Podolinskys Versuche, die Arbeitswerttheorie neu zu definieren noch begriff er, daß Podolinsky einer physikalischen, empirisch abgefaßten Definition von »Produktionskräften« tatsächlich sehr nahe kam. In seinen Briefen an Marx (vom 19. und 22. Dezember 1882, über zweieinhalb Jahre, nachdem Podolinsky an Marx geschrieben hatte) (vgl. MEW 35), bezieht sich Engels auf die italienische Fassung von Podolinskys Artikel¹¹. Zu Beginn seines ersten Briefes stellt Engels fest, daß Podolinskys wahre Entdeckung darin besteht, daß menschliche Arbeit Sonnenenergie länger auf der Erde halten kann, als es ohne sie der Fall wäre, aber alle von Podolinsky aus dieser Tatsache abgeleiteten ökonomischen Schlußfolgerungen falsch seien. Er wiederholt dann Podolinskys Argumente, daß sich die

täglich vom Menschen verbrauchte Nahrungsmittelenergie, die Engels als Beispiel bei 10 000 Wärmeinheiten¹² festsetzt, in physikalische Arbeit umwandelte, aber auf diesem Weg viel Energie verlorengelasse: physikalische Energie sei nicht gleich der aufgenommenen Nahrungsmittelenergie, es sei viel weniger. Diese physikalische Arbeit wird ökonomische Arbeit werden, wenn sie eine zusätzliche Fixierung von Sonnenenergie erhält. Engels verstand beide Konzepte Podolinskys sehr wohl, d. h. den »ökonomischen Koeffizienten« (die Leistung des Menschen als einer Wärmemaschine) und die »energetische Produktivität« menschlicher Arbeit. Engels fuhr dann fort, seine metaphysische Vorstellung wirtschaftlichen Wachstums darzustellen, die von den meisten Ökonomen marxistischer und nicht-marxistischer Überzeugung geteilt wurden, und er schrieb:

»Ob nun die durch Aufwendung der 10 000 WE der täglichen Nahrung fixierten neuen WE 5 000, 10 000, 20 000 oder eine Million betragen, das hängt allein von einem Entwicklungsgrad der Produktionsmittel ab« (MEW 35, S. 134).

Wie soll diese Behauptung von Engels verstanden werden? Solche Angaben wurden von Engels natürlich nicht als überlegte Schätzungen gegeben. Aber ich glaube, es wäre angemessen, den Schluß zu ziehen, daß er (bei entsprechenden Produktionsverhältnissen) keine Grenzen für die Energiemenge sah, die durch die Arbeit des Menschen nutzbar gemacht werden könne. Vielleicht ist es von Interesse, zu bedenken, daß die Angabe von einer Million kcal ungefähr der jährlichen Nahrungsaufnahme eines Menschen entspricht, und Engels sagt demnach, daß man mit einer Tagesarbeit Nahrungsmittel für ein Jahr erreichen könne, wenn die Produktionsmittel ausreichend entwickelt wären. Durch Zufall ist dies tatsächlich die Art von Beträgen, die die »moderne Landwirtschaft« (Pimentel 1979; Leach 1976; Naredo 1980) als Quotientenergieoutput zu menschlichem Energieinput mit der Größe von 2 000-3 000 erzielt. Dies kann mit den Quotienten in der traditionellen Landwirtschaft von 10 : 60 verglichen werden (Rappaport 1968; Thomas 1976; Naredo 1980; außerdem die von Pimentel und Leach angeführten Untersuchungen für Mexico und China). Wenn wir uns wieder Podolinskys Angaben über Weizenanbau in Frankreich mit einem Output von 800 kg/Hektar und etwa 25 Arbeitstagen pro Hektar zuwenden (unter der Annahme, daß Pferde mit Stroh und Grünfutter von unbenutztem Land gefüttert werden und Stroh kein anderer Wert beigemessen wird), beträgt der Quotient aus Wärmeoutput und menschlichem Wärmeinput ungefähr 250¹³. In all diesen Beispielen — außer in der modernen Landwirtschaft — ist der menschliche Wärmeinput der einzige Input, der zählt, da Zugtiere (soweit vorhanden) von Abfall oder auf Brachland leben, und man unter Dünger wiederverwendeten organischen Dünger verstehen kann. Obwohl in der »modernen« Landwirtschaft mit ihren vielen Inputs von außerhalb des Hofes das Verhältnis von Wärmeoutput zu Gesamtwärmeinput sehr hoch ist, ist das Verhältnis von Wärmeoutput zu Gesamtwärmeinput viel geringer als in der traditionellen Landwirtschaft. Wenn man Dünger, Kraftstoff für Motoren, Pestizide usw. und auch die Energieaufwendungen für die Verteilung an die Haushalte berücksichtigt, sind bei einer nordamerikanischen Ernährungsweise 10 Kalorien für jede zu Tisch gelieferte Kalorie notwendig. Dem von Engels gezeichneten optimistischen Bild mangelt es also an Gehalt für die Welt im allgemeinen, obwohl es für solche Länder angemessen wäre, die auf einen Energievorrat an Öl zurückgreifen können.

Aber wie Pimentel und Leach gezeigt haben, können die landwirtschaftlichen Methoden und (größtenteils auf Fleisch basierenden) Ernährungsweisen nordatlantischer Länder nicht auf die ganze Welt übertragen werden.

Natürlich würden Ölarbeiter oder Arbeiter in Atomkraftwerken (auch Arbeiter in Wasserkraftwerken) extrem hohe Quotienten von Energieoutput zum menschlichen Energieinput aufweisen. Zu Engels Zeit gab es solche Arten von Arbeit nicht, allerdings existierte mit Sicherheit der Kohlebergbau, worauf sich Engels auch bezieht:

»Was Podolinsky total vergessen hat, ist, daß der arbeitende Mensch nicht nur ein Fixierer *gegenwärtiger*, sondern ein noch viel größerer Verschwender *vergänger* Sonnenwärme ist. Was wir in Verschleuderung von Energievorräten, Kohlen, Erze, Wälder usw. leisten, kennst Du besser als ich« (MEW 53, S. 134).

Es ist nicht richtig, daß Podolinsky dies vergessen hatte — aber dies spielt keine Rolle. Was wirklich eine Rolle spielt, ist, daß Engels zur selben Zeit glaubte, daß die »Entwicklung der Produktionsmittel die Ursache (unbegrenzter?) Zunahme von Energievorrat« sei. Müssen wir dann die Entwicklung der Produktionsmittel durch die erreichten Quotienten Energieoutput/menschlicher Energieinput messen? Podolinskys Ansatz implizierte dies in der Tat, aber Engels weigerte sich, die Linie anzunehmen, indem er weiter abtritt, daß Energieanalyse auf eine industrielle Ökonomie anwendbar sei. Er schrieb, daß die Rechnungsweise von Energiequotienten und Energiekosten nur in den primitiven Produktionsbereichen wie Jagd, Fischerei, Viehzucht und Landwirtschaft möglich sei. In der Landwirtschaft — so sein scharfsichtiger Kommentar — sei eine solche Rechnungsweise bereits sehr schwierig, weil der energetische Wert von Düngern und anderen Hilfsmitteln einbezogen werden müßte. Betrachte man die Industrie, so Engels, dann müsse all solche Rechnungsart sogar ganz aufhören.

Wert war durch Arbeit gegeben, und in der Industrie gäbe es keine Möglichkeit, derartige ökonomische Kategorien in physikalische Mengen zu übersetzen. »Der Energiewert, den Produktionskosten nach, eines Hammers, einer Schraube, einer Nähnaedel ist eine unmögliche Größe« (ebd.). Dies ist aber ein Fehler, weil genau dies in der Energieanalyse getan wird. Aber Engels hatte ein Vorurteil gegen sie: »Aus meiner Sicht«, so schrieb er, »ist der Wunsch, ökonomische Beziehungen in physikalischen Maßstäben auszudrücken, völlig unmöglich.« Alles, was Podolinsky dargestellt habe, sei die alte Geschichte, daß alle Industrieproduzenten von Erzeugnissen der Landwirtschaft, Viehzucht, Jagd und Fischerei leben müssen — diese wohlbekannte Tatsache »kann man also, wenn's beliebt, auch ins Physikalische übersetzen, wobei aber kaum viel herauskommt.« Mit diesen Worten schließt er seinen zweiten Brief an Marx, und vielleicht hätten bis vor kurzem viele Ökonomen mit ihm übereingestimmt. Landwirtschaft ernährt die Städte, eine höhere landwirtschaftliche Produktivität wird eine größere industrielle Expansion zulassen, höhere Einkünfte für diese Bauern oder Landarbeiter noch gar nicht mitgerechnet. Jeder Landarbeiter wäre in der Lage, 10, 20, 50 oder 100 Stadtbewohner zu ernähren. Dies wurde von den Wirtschaftswissenschaftlern gelehrt (mit der soziologischen Ableitung, daß Landwirtschaft im kleinen Rahmen oder, genauer, arbeitsintensive Landwirtschaft ein Überbleibsel der Vergangenheit sei). Aber wenn die Tatsachen in die Sprache der Physik (ins Physikalische übersetzen, wie Engels schrieb) übersetzt werden sollen, sollte das, was in der ökonomischen Sprache

»größere Produktivität« genannt wird, eindeutig »geringere Produktivität« genannt werden. Dadurch gewinnt man ein Verständnis der realen Quellen des Wachstums und der Grenzen des Wachstums. Dasselbe gilt für die Industrie. Größere »Produktivität« in der Wirtschaft bedeutet größere »Destruktivität« gegenüber dem Vorrat an fossilen Brennstoffen in der Energieanalyse.

Schlußbemerkung

Nach Engels' Ansicht hatte Podolinsky gute Absichten, lag aber falsch, weil er Physik und Wirtschaftswissenschaft kombiniert hat. Ich glaube, Engels meinte, daß der Marxismus schon eine Werttheorie habe, die keinerlei Unterstützung durch die Physik benötige, wie Podolinsky sie bereitzustellen sich bemühte. Dinge besaßen Wert, weil sie durch Arbeit geschaffen wurden, und dieser Wert war größer als seine Arbeitskosten, weil die Arbeit zu ihren Reproduktionskosten verkauft wird. Die Dinge, aus denen sich die Produktion zusammensetzte, konnten aggregiert werden, obwohl sie heterogen waren, indem ihre Werte benutzt wurden — und mit Sicherheit nicht, indem ihre Energiekosten oder ihr Energiegehalt zugrundegelegt wurden. »Produktion« nahm in der Engelschen Perspektive je nach Entwicklung der »Produktivkräfte« zu, die der Kapitalismus zu gegebener Zeit zwar nicht weiter erhöhen können, die aber durch den Sozialismus auf eine Weise vorangetrieben würden, so daß nach einer Phase der Verteilung je nach Menge und Qualität der Arbeit eine Verteilung entsprechend den Bedürfnissen möglich wäre. Es ist nicht notwendig, die lyrische Passage von Marx in der »Kritik des Gothaer Programms« über das Wachstum der Produktivkräfte anzuführen. Eine durchgängige materialistische Analyse (auf der Energieebene und ebenso hinsichtlich materieller Ressourcen) fehlte damals und fehlt immer noch¹⁴. Die Alternative besteht nun nicht darin, eine energetische Werttheorie zu entwickeln (wenige Leute haben das vorgeschlagen). Die Alternative besteht auch nicht darin, erneut auf eine Theorie von Werte = Preise zurückzufallen, da Preise weder Energiekosten widerzuspiegeln noch die Verfügbarkeit von Energie im Zeitlauf zu reflektieren vermögen, da diese unbekannt sind¹⁵. Außerdem spiegeln Preise eine sehr ungleiche Verteilung von Einkommen wider, und Produktion über Preise zu lenken bedeutet folglich, diese Ungleichverteilung zu akzeptieren. Die Alternative besteht vielleicht darin, ohne eine allgemeine Werttheorie auszukommen — dies würde es zulassen, die Weltwirtschaft in einer Weise zu steuern, daß sie die von den Menschen benötigten Gebrauchswerte produziert, während sie gleichzeitig in geringerem Maße nicht erneuerbare Energie zerstört und gerechter die Last der Arbeit verteilt, zumindest mag das den Menschen gestatten, ohne Schuldgefühle hinsichtlich ihres Mangels an ökonomischer Rationalität entlang solcher Linien zu denken. Indem der Marxismus sich weigerte, Energieprobleme zu behandeln, konnte er die Vorstellungen eines zukünftig unbegrenzten Überflusses am Leben erhalten. In der Zwischenzeit sollte Verteilung in den sogenannten sozialistischen Ländern nach dem Leistungsprinzip erfolgen (wofür man eine Theorie benötigen würde, die es nicht gibt, nämlich warum einige Typen von Arbeit in Menge und Qualität wertvoller sind als andere Typen von Arbeit). Ich habe den jüngsten Diskussionen über solche Probleme nur wenig hinzuzufügen, außer viel-

leicht die Bemerkung von Kropotkin in Erinnerung zu rufen, daß die Marxisten, während es der Ungleichheit im Kapitalismus an Legitimität mangle, darauf eingeschworen zu sein scheinen, Ungleichheit nach der Revolution im Namen revolutionärer Prinzipien mit einer positiven Sanktion zu belegen. Marxisten fanden es schwierig, von dieser Vorstellung von Fülle abzulassen. Energieanalyse und, im allgemeinen, ökologische Analysen waren dem Marxismus immer fremd, und dieser Aufsatz ist ein Versuch, Ursprünge dieser Trennung aufzuspüren. Vielleicht könnte man optimistisch sagen, daß Engels die Prinzipien der Energieberechnung in der Landwirtschaft aber nicht in der Industrie verstand, daß er auch klar den Unterschied zwischen Verbrauch des Energievorrats an Kohle und Gebrauch des Stroms der Sonnenenergie verstand, und daß er vielen späteren Wirtschaftswissenschaftlern, Soziologen und Historikern in seiner Kenntnis und seinem Interesse für Naturwissenschaft weit voraus war. Gesagt werden muß aber, daß Marx und Engels die Gelegenheit hatten, das erste Bemühen um einen ökologischen Marxismus zu lesen und das nicht vorteilhaft genutzt haben. Sicher ist zu berücksichtigen, daß diese Chance sich erst in einem späten Lebensabschnitt ergab. Es hätte späteren Marxisten überlassen bleiben sollen, den Marxismus im Licht der Energieanalyse zu modifizieren, aber es gab gegenüber einem solchen Unterfangen epistemologische (der Gebrauch von Kategorien aus der politischen Ökonomie) und ideologische Hindernisse (die Vorstellung eines zweistufigen Übergangs zur kommunistischen Gleichheit).

Als abschließende Fußnote möchte ich anmerken, in welchem Maße die Erinnerung an Podolinskys Beitrag verloren gegangen ist. So bezog der Anthropologe Lesly White, der in seinen Untersuchungen über Evolution von Kultur einen marxistischen und einen energetischen Ansatz miteinander verband, seine Anknüpfungspunkte nicht von Podolinsky, sondern von dem späteren deutschen Chemiker und Philosophen, dem Nobelpreisträger Wilhelm Ostwald. Ostwald wiederum wußte von Podolinskys Artikeln nichts und war scheinbar am Marxismus uninteressiert — er war Mitglied des von Heckel, einem überzeugten »Materialisten« (oder eher »Energetiker«) gegründeten Monistenbundes¹⁶. Ich habe bereits Frederick Soddy zitiert, auch ein Nobelpreisträger, der, denke ich, auf Ostwald aufbaute und durchaus am Marxismus interessiert war — aber auch er kannte Podolinsky nicht. Sein bedeutendster Beitrag war die Idee, daß »Kapital« in gewissem Sinne die Akkumulation von Produktionsmitteln bedeutete und in einem anderen Sinne Schulden gegenüber den Inhabern von Aktien und Wertpapieren; da in dem ersten, »realen« Sinne, Kapital in der Tat nicht eine Akkumulation der Produktionsmittel sondern eher das Ergebnis bereits verbrauchter Energie war, erhöhte die Welt ihre Schulden gegenüber den Eigentümern eines Energievorrats, der nicht länger existierte. Die Schuldenzahlungen würden letztlich eingestellt werden. Er war jedoch hinsichtlich radioaktiver Energie — seines eigentlichen Untersuchungsfeldes als Naturwissenschaftler — hoffnungsvoll. Marxisten, die neuerdings Engels' Position zu dem zweiten Gesetz der Thermodynamik wahrnehmen, verweisen weder auf Podolinsky noch auf Engels' Kommentare zu ihm. Ähnlich schweigen sich moderne marxistische Schriften über die Kontroverse zu den Grenzen des Wachstums über Podolinsky und Engels aus, offensichtlich nicht absichtlich, sondern weil die Erinnerung an diese frühe Debatte verlorengegangen ist. Es gibt auch keine Erwähnung von Podolinskys Artikel und Engels Reaktion darauf bei Alfred Schmidt. Außer Lesly White

(1943) waren sich andere ökologische Anthropologen, die sich als Marxisten begriffen (wie in der Tat Podolinsky selbst), dieser frühen Beiträge nicht bewußt. Es ist bemerkenswert, daß Marx und Engels fast 100 Jahre vor Lees Buch (1979) wußten, daß man die Energieströme in Sammler- und Ackerbaugesellschaften untersucht hatte (obwohl sie nicht dachten, daß das sehr nützlich war).

Übersetzung aus dem Englischen von Jochen Lorenzen

Anmerkungen

- 1 Dies ist eine neue und erweiterte Fassung des zweiten Teils eines von J. Martínez-Alier und J. M. Naredo (in *Cuadernos de Ruedo ibérico*, Nr. 63-66, Barcelona) 1979, und auf Katalanisch (in *Quaderns d'alliberament*, Nr. 5, Barcelona) 1980 veröffentlichten Artikels. Auf die Briefe von Engels an Marx über Podolinsky stieß ich dank eines Hinweises von Naredo bei Marx und Engels, *Lettres sur les sciences de la nature*, Editions sociales, Paris 1973. Naredo hat Energiebilanzen für die spanische Landwirtschaft veröffentlicht und ich bin ihm für viele Gedanken über Energie, Wirtschaftswissenschaft und Politik dankbar. Ich danke Verena Stolcke und Jordi Brandts für ihre Hilfe mit der deutschen Sprache.
- 2 Der Begriff »Kraft« wurde von ihm synonym mit »Energie« verwandt.
- 3 Diese beiden kurzen, eher formellen und nicht informativen Briefe befinden sich beim Institut für Sozialgeschichte, Amsterdam. Ich danke Rudolf de Jong und dem Institut für die entsprechenden Photokopien. Es gibt keine Briefe von Marx an Podolinsky in der veröffentlichten Korrespondenz (in MEW) oder in Amsterdam. Marx antwortete mit Sicherheit auf Podolinskys ersten Brief, aber nach Podolinskys Antwort scheint Marx' Brief eine freundliche Bestätigung über den Erhalt des Papiers gewesen zu sein — er zeigte außerdem Interesse an Podolinskys Gesundheit, die schlecht war.
- 4 Mainz 1857 (viele Auflagen). Molleschott hatte bereits 1850 *Lehre der Nahrungsmittel* (über Ernährung) veröffentlicht. Er wurde 1822 in den Niederlanden geboren und starb 1893 in Rom, war Universitätsprofessor und ein militanter »Materialist«.
- 5 Auch nicht für eine Analyse von materiellen Strömen, da »auch Materie eine Rolle spielt«, wie Georgescu-Roegens sagt; beispielsweise könnte durch Erosion verlorener Boden, der jetzt auf dem Grund des Meeres liegt, vielleicht wiedergewonnen werden, aber die Kosten (auf der Energieebene) wären unerschwinglich.
- 6 Für diese Art von Ansatz, der von großem Interesse, jedoch der Energieanalyse der Ökonomie fremd ist, siehe beispielsweise M. Massarat 1974, 1980a, 1980b.
- 7 Ich werde Podolinskys Kommentare über »geistige« Energie beiseitelassen, die abschweifender Natur sind und (durchaus zu Recht, wie ich finde) Engels Aufmerksamkeit nicht verdienen.
- 8 In der folgenden Ausgabe von *Die Neue Zeit*, die auch Marx' Todesanzeige enthielt.
- 9 Er benutzt hier Geldwerte und läßt dabei seine *energetische Weltanschauung* beiseite (nicht mein eigener Begriff, sondern der Titel eines Muches von W. Schnenen von 1908, der einen Kommentar zu W. Ostwalds Lehren darstellt).
- 10 Hauptsächlich einige Physiker und Chemiker und später einige ökologische Anthropologen und noch später einige sehr wenige Wirtschaftshistoriker mit einer entschieden nicht-marxistischen Neigung, wie Carlo Cipolla in seiner *Economic History of World Population*.
- 11 Die ich nicht gesehen habe und die 1881 in *La Plebe* erschien. Nicht bekannt ist mir auch, in welcher Sprache Podolinsky seinen Artikel zuerst schrieb, wahrscheinlich auf Deutsch oder auf Französisch. In seinen Briefen an Marx verweist er auf Arbeiten, die er für die *Revue socialiste* schreibt, aber ich habe nicht überprüft, ob das veröffentlicht wurde. Vielleicht hatte Marx die Manuskripte oder Belege des Artikels in *Die Neue Zeit* gesehen oder vielleicht besaß er noch das Papier, das Podolinsky ihm 1880 geschickt hatte. Auf jeden Fall wird aus Engels' Briefen deutlich, daß Marx ihn um seine Meinung zu Podolinsky gebeten hatte, und es ist offensichtlich, daß Engels' Kommentare auf den in *Die Neue Zeit* veröffentlichten Artikel bezogen sind, der wahrscheinlich derselbe ist, den Podolinsky 1880 an Marx geschickt hatte.
- 12 Wovon ich annehme, daß es sich um kcal handelt, was dann eine viel zu große Menge wäre, aber das ist weniger wichtig.
- 13 Es gibt ein weites Spektrum von Unterschieden in den Quotienten für Energieoutput/menschlichem Energieinput, die für die traditionelle Landwirtschaft angegeben werden. Einige der niedrigsten, die ich gefunden habe, sind jene bei Thomas (1976) für Knollen in den Anden, nämlich unter 10. Der bei Podolinsky auftauchende Quotient von 250 für französischen Weizenanbau vermindert sich in der Tat auf ungefähr 50, wenn wie üblich der menschliche Wärmeinput gemessen wird. Grundsätzlich gibt es drei Arten, den menschlichen Wärmeinput zu messen. Nehmen wir an, ein

Mensch isst 1.) 3000 kcal pro Tag, arbeitet 2.) acht Stunden, während derer er 2000 kcal verbraucht (die anderen 1000 kcal verbraucht er beim Schlafen und im Ruhezustand), 3.) die während der acht Stunden verrichtete Arbeit ist energiemäßig gleich, sagen wir, 400 kcal. Podolinsky maß menschlichen Energieinput wie 3.), während Rappaport, Thomas etc. es wie 2.) messen. Es wie unter 1.) zu messen, wäre andererseits für Ochsen oder Pferde angebracht (obwohl Podolinsky dieses Maß nicht benutzte — auch er gebrauchte das Energieäquivalent verrichteter Arbeit), da man behaupten könnte, daß der einzige Zweck von Zuchttieren im Leben in Arbeit besteht. Für Traktoren wäre 1.) und 2.) dasselbe (»Nahrung« wäre die Energie in Öl), und 3.) wäre ein Bruchteil, das von der Leistung des Traktors abhinge.

- 14 Trotz der Tatsache, daß Marx in der *Kritik des Gothaer Programms* auch geschrieben hatte, daß nicht nur Arbeit sondern auch Natur eine Quelle von Gebrauchswerten und daß Arbeit selbst eine Manifestation einer natürlichen Kraft sei.
- 15 Die Preise spiegeln auch keine materielle »Entropie« wider, um Georgescu-Roegens Gedanken aufzugreifen.
- 16 Er war der Verfasser von *Energetische Grundlagen der Kulturwissenschaft* (1909), *Der energetische Imperativ* (1912), *Die Philosophie der Werte* (1913). Ostwald erläuterte seine Ansichten zum ersten Mal 1895, wie er selbst in dem Vorwort zu *Der energetische Imperativ* sagt. Er verweist auf Georg Helm und Ernst Solvay als Mitbegründer der soziologischen Energetik. Ich weiß nicht, was der Industrielle Solvay schrieb, während Helm 1887 und 1898 Bücher über Energie verfaßt hatte (die ich nicht gesehen habe). Ostwalds »energetischen Imperativ«, der in seiner Sicht ein moralischer Imperativ war, formulierte er folgendermaßen: *Vergeude keine Energie, verwerte sie!* (...)

Literatur

- Georgescu-Roegen, N. (1971), *The Entropy Law and the Economic Process*, Cambridge: Harvard University Press
- Ders. (1972), *Energy and Economic Myths*, New York: Pergamon Press
- Leach, G. (1976), *Energy and Food Production*, Guilford/Surrey: IPC Science and Technology Press
- Lee, R. (1979), *The Kung San. Man, woman and work in a foraging society*, Cambridge: Cambridge University Press
- Marx, K./Engels, F., *Werke*, Bd. 35
- Massarat, M. (1974), 'Energiekrise' oder die Krise des Kapitalismus, in: *Prokla*, H. 11/12
- Ders. (1980a), The Energy Crisis: The Struggle for the Redistribution of Surplus Profit from Oil, in: Nore, P./Turner, T., *Oil and Class Struggle*, London: Zed Press
- Ders. (1980b), *Weltenergieproduktion und die Neuordnung der kapitalistischen Weltwirtschaft*, Frankfurt/M.
- Molleschott, J. (1971), *Kreislauf des Lebens*, Mainz
- Naredo, J.-M./Campos, P. (1980), »La energia en los sistemas agrarios«, sowie »Los balances energeticos de la agricultura española«, in: *Agricultura y sociedad*, n. 15
- Ostwald, W. (1909), *Energetische Grundlagen der Kulturwissenschaft*
- Pimentel, D. u. M. (1979), *Food, Energy and Society*, London: E. Arnold
- Podolinsky, S. (1883), Menschliche Arbeit und Einheit der Kraft, in: *Neue Zeit*
- Rappaport, R. (1968), *Pigs for the Ancestors. Rituals in the Ecology of a New Guinea People*, Yale University Press
- Schmidt, A. (1971)², *Der Begriff der Natur in der Lehre von Marx*, Frankfurt/M.
- Schnenen, W. (1908), *Energetische Weltanschauung*
- Thomas, R. B., Energy, flow at high altitude, in: Baker, P. T./Little, M. A., *Man in the Andes*, Pennsylvania: Hutchinson and Ross
- White, L. (1943), Energy and the evolution of culture, in: *American anthropologist*, 45