

Akademie der
Toblacher Gespräche

Accademia dei
Colloqui di Dobbiaco



Fridolin Krausmann

Am Beginn des Zweiten
Solarzeitalters. Über Aufstieg und
Niedergang der fossilen Epoche

Colloqui di Dobbiaco 2009 "Osare più autarchia"
L'energia decentrata: un caposaldo delle economie territoriali post-fossili
02-03 ottobre 2009

Am Beginn des Zweiten Solarzeitalters. Über Aufstieg und Niedergang der fossilen Epoche

Fridolin Krausmann, August 2009

Gesellschaft hat einen Stoffwechsel. Ähnlich wie Organismen benötigen auch gesellschaftliche Systeme zu ihrem Aufbau und ihrem Betrieb einen permanenten Input von Material und Energie. Rohstoffe werden der Natur entnommen, prozessiert und verarbeitet, über Jahre in Beständen fixiert oder aber sofort konsumiert. Letztendlich wird alles, was aufgenommen wird, in Form von Abfällen, Emissionen oder Abwässern wieder an die natürliche Umwelt abgegeben. Der gesellschaftliche Stoffwechsel ist von der Ressourcenentnahme bis zur Entsorgung von Abfällen mit einer Vielzahl von Umwelt- und Nachhaltigkeitsproblemen verbunden und gilt als einer der wesentlichen Motoren für globalen Umweltwandel. In den letzten 250 Jahren hat sich der gesellschaftliche Stoffwechsel mit der Industrialisierung und der Herausbildung des so genannten fossilen Energiesystems grundlegend verändert und zu völlig neuartigen gesellschaftlichen Natur Verhältnissen geführt. Diesen Veränderungsprozess und den Übergang vom Energiesystem agrarischer Gesellschaften, das auf der Nutzung von Sonnenenergie basiert, zum fossilen Energiesystem der Industriegesellschaft versucht dieser Beitrag in aller Kürze beleuchten.

Bis weit ins 19. Jahrhundert waren weite Teile der Welt und auch die heute hochentwickelten Industrieländer noch im agrarischen Stoffwechsel-Regime mit einem so genannten „solaren Energiesystem“ verhaftet. Wichtigster Energieträger und Rohstoff war Biomasse in der Form von Nahrung und Futter für die Bereitstellung menschlicher und tierischer Arbeit sowie von Holz zur Erzeugung von Raum- und Prozesswärme. Wind- und Wasserkraft waren komplementäre Energiequellen, allerdings in quantitativer Hinsicht nur von regionaler Bedeutung. Biomasse ist ein flächengebundener Energieträger und Nutzung von Land ist die Grundlage des solaren Energiesystems agrarisch geprägter Gesellschaften. Mit der Nutzung von Biomasse schaltet sich der Mensch in erneuerbare Energie-Flüsse ein und erfüllte damit ein wichtiges Kriterium ökologischer Nachhaltigkeit. Allerdings war Nachhaltigkeit auch unter diesen Voraussetzungen nicht garantiert, denn die langfristige Aufrechterhaltung der Bodenfruchtbarkeit stellte eine große Herausforderung von Gesellschaften mit einem solaren Energiesystem dar. Es war essentiell, dass Biomasse mit einem positiven Energieertrag erzeugt wurde: Es musste mehr an Nahrung und Futter erwirtschaftet werden als in Form von menschlicher- und tierischer Arbeit eingesetzt wurde. Langfristiges Wachstum stellte unter diesen Umständen ein gravierendes Nachhaltigkeitsproblem dar: Eine Steigerung des Ertrags war in der Regel mit einem überproportionalen Arbeitseinsatz verbunden und mit steigender Produktion sank die Arbeitsproduktivität und damit der Energieertrag. Wachstum bedeutete also in der Regel abnehmenden Wohlstand. Und auch sonst resultierten aus der Nutzung eines erneuerbaren, dezentralen flächengebundenen Energieträgers mit geringer Energiedichte elementare Beschränkungen für die Entwicklung vorindustrieller Gesellschaften. Transport von Biomasse über längere Strecken auf dem Landweg war mit hohen (Energie)kosten verbunden und nur über sehr kurze Distanzen möglich, was Urbanisierung und räumliche Ausdifferenzierung empfindlich einschränkte. Auch das Potential Arbeit zu leisten war gering, was den gesellschaftlichen Materialumsatz (der zu vier Fünfteln aus Biomasse bestand) beschränkte.

Im 18. Jahrhundert begann sich ausgehend von England die Nutzung von Kohle durchzusetzen. Diese Entwicklung läutete den Umstieg von der Nutzung kleiner aber erneuerbarer Energieflüsse zur Ausbeutung großer aber endlicher Energiebestände ein. Die Nutzung von Kohle in Kombination mit einem Technologiekomplex aus Dampfmaschine, Stahlerzeugung und Eisenbahn charakterisiert die erste Phase der Transformation des gesellschaftlichen Stoffwechsels. Die Nutzung des „unterirdischen Waldes“ (Sieferle 1982) erhöhte die Verfügbarkeit von Energie und traditionelle Wachstumsschranken wurden aufgehoben. Um 1900 wurde in England bereits eine Kohlenmenge genutzt, die in ihrem Energiegehalt dem (nachhaltigen) Ertrag eines Waldes im Ausmaß der fünffachen Landesfläche Großbritanniens entsprach. Diese Entwicklung war mit einem bisher nie dagewesenen Bevölkerungswachstum verbunden und führte zu massiven Veränderungen im gesellschaftlichen Stoffwechsel: Zum einen vervielfachte sich innerhalb weniger Jahrzehnte der Umsatz von Materialien und Energie, zum anderen nahm der Anteil mineralischer Rohstoffe im gesellschaftlichen Stoffwechsel kontinuierlich zu. Damit stellten sich eine Reihe neuartiger Umwelt- und Nachhaltigkeitsprobleme ein. Ein Flaschenhals für diese Entwicklung war die Landwirtschaft und die Nahrungsversorgung der rasch wachsenden Bevölkerung in den urban-industriellen Zentren: Die Produktion von Nahrung und Futter profitierte nur wenig vom neuen fossilen Energiesystem. Die Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit und die Steigerung der Erträge gründeten nach wie vor auf biologischen Innovationen mit eng begrenztem Potential. Die Nahrungsversorgung der englischen Bevölkerung wurde zunehmend durch Importe aus neuen Agrarregionen in den USA und in Russland sichergestellt und beruhte dort letztendlich auf der Ausbeutung nicht erneuerbarer Bodenressourcen. Kohle erlaubte also nur eine partielle Entkoppelung des Stoffwechsels von der Fläche und hob nur einen Teil der traditionellen Wachstumsschranken auf.

Ausgehend von den USA begann sich am Beginn des 20. Jahrhunderts eine neue Dynamik in der Transformation des gesellschaftlichen Stoffwechsels durchzusetzen. Im Zentrum der Veränderung stand mit Erdöl (und später auch Erdgas) ein neuartiger fossiler Energieträger. Sinkende Energiepreise im Verbund mit einem Technologiekomplex aus Verbrennungsmotor, petrochemischer Industrie, allgemeiner Elektrifizierung und Motorisierung zeichnen die Phase von Massenproduktion und Massenkonsum, die vom Umwelthistoriker Christian Pfister als „1950er Jahre Syndrom“ beschrieben wurde. Kennzeichnend war eine flächendeckende Durchsetzung des fossilen Energiesystems in allen Bereichen des gesellschaftlichen Lebens. Der Material- und Energieverbrauch begann nicht nur in der Industrie sondern vor allem auch in den Haushalten zu wachsen und es kam erstmals in der Geschichte zu einer rasanten Steigerung der pro Kopf verbrauchten Mengen. Innerhalb von nur zwei Jahrzehnten vervielfachte sich der Material- und Energieumsatz in den Industrieländern und der Anteil von Biomasse am Gesamtumsatz sank auf unter 30%. In dieser Phase erfasste die Transformation des gesellschaftlichen Stoffwechsels auch die Landwirtschaft: Die „grüne Revolution“ ermöglichte durch Agrochemie und Mechanisierung auf Basis von fossiler Energie eine nie dagewesene Steigerung von Flächen- und Arbeitsproduktivität in der Landwirtschaft, die allerdings auf Kosten des Energieertrages ging: In der industrialisierten Landwirtschaft wird mehr Energie investiert als letztlich in Form von Agrarprodukten gewonnen wird, Landwirtschaft wandelte sich also von einer Quelle gesellschaftlich nutzbarer Energie in eine Energie-Senke. Damit wurde letztlich die Entkoppelung des Energiesystems von der Fläche weitgehend abgeschlossen.

Mit den Ölpreiskrisen in den 1970er Jahren wurde das Wachstum des industriellen Stoffwechsels recht abrupt unterbrochen und verlangsamte sich in den darauffolgenden Jahrzehnten. Aber auch in der postindustriellen Dienstleistungsgesellschaft wächst, entgegen mancher Erwartungen, der gesellschaftliche Stoffwechsel weiter. Es ist bisher nicht gelungen Material- und Energieverbrauch von wirtschaftlichem Wachstum zu entkoppeln. In den zweihundert Jahren seit dem Beginn dieser Transformation ist der Ressourcenverbrauch in den Industrieländern um einen Faktor 10-20 gewachsen und pro Kopf nutzen wir heute 3 bis 5 mal mehr Material und Energie als um 1800. Allerdings verbrauchen etwa eine Milliarde Menschen in den Industrieländern heute fast 50 % aller weltweit geförderten Erze, Industriemineralien und Energieträger. Diese Länder haben in der Vergangenheit fast 80% der gesamten klimarelevanten CO₂ Emissionen verursacht. Demgegenüber steht eine Milliarde Menschen in den ärmsten Ländern der Welt, die immer noch fast ausschließlich Biomasse nutzen und deren Anteil an der Nutzung von Schlüsselressourcen unter 2% liegt.

Aus einer historischen Perspektive wird deutlich, dass das derzeitige Stoffwechsel-Muster in industriellen Gesellschaften auf Dauer nicht haltbar sein wird. Auch wenn man berücksichtigt, dass heute völlig andere technologische Voraussetzungen als im 18. Jahrhundert bestehen, ist offensichtlich, dass die schiere Menge an fossiler Energie, die heute umgesetzt wird, nicht einfach durch erneuerbare Ressourcen substituiert werden kann - vor allem wenn man bedenkt, dass auch für die Länder des Südens die Möglichkeit bestehen muss, einen angemessenen Lebensstandard erreichen zu können. Es muss vor allem gelingen Lebensqualität von einem steigenden Material- und Energiedurchsatz zu entkoppeln. Ob das allein mit technologischen Lösungen und ohne tiefgreifende gesellschaftliche Veränderungen zu bewerkstelligen ist, ist zu bezweifeln. Für die Entwicklung von neuen Energiesystemen bleibt zu bedenken, dass Biomasse zuallererst Nahrungsgrundlage einer steigenden Weltbevölkerung ist, denn bis 2050 werden 9 Milliarden Menschen auf der Erde leben. Nach aktuellen Schätzungen liegt das Biomassepotential je nach Ernährungs- und Landwirtschaftsszenario unter einer „food-first“ Annahme im Jahr 2050 zwischen 0 und 100 EJ, also bei maximal 25% des aktuellen Primärenergieverbrauches.

Die historische Perspektive zeigt, dass auch bei der regionalen Umsetzung von Biomassestrategien Umsicht und eine globale Perspektive gefragt. In einem neuen, nachhaltigen industriellen Metabolismus mit einem deutlich geringeren Material- und Energieumsatz können Biomasse und andere erneuerbare Energiequellen in der Tat einen entscheidenden Platz einnehmen. Allerdings erfordern diese dezentralen Energiequellen neuartige Versorgungs- und Verbrauchsstrukturen. Biomasse (sowie alle anderen erneuerbaren Energieformen) ist eine Energiequelle mit starker regionaler Ausrichtung und die Sinnhaftigkeit von Biomassenutzung hängt maßgeblich von der Form und Intensität der Landbewirtschaftung ab.

Ein- und weiterführende Literatur:

- Fridolin Krausmann. Der soziale Metabolismus der Industrialisierung.
Die Überwindung der energetischen Schranken des
Agrarischen Wirtschaftens. GAIA 15 (4):285-293, 2006.
- Fridolin Krausmann und Marina Fischer-Kowalski:
Gesellschaftliche Naturverhältnisse. In Sieder und
Langthaler (ed.): Globalgeschichte 1800 bis 2000. UTB
Taschenbuch (2010).
- Rolf Peter Sieferle. Der unterirdische Wald. Energiekrise
und Industrielle Revolution. München: C.H. Beck, 1982.
- Rolf Peter Sieferle, Fridolin Krausmann, Heinz Schandl, and Verena Winiwarter.
Das Ende der Fläche. Zum Sozialen Metabolismus
der Industrialisierung, Köln: Böhlau, 2006. 370 pages.
- Paolo Malanima: Energia e crescita nell'Europa preindustriale,
Roma, La Nuova Italia Scientifica, 1996.
- Paolo Malanima: The Italian Energy Consumption in the last two Centuries.
A Statistical Outline. Roma, Iissm-CNR, 2006.