Ein Blick auf die historische Nachhaltigkeitsforschung

Industrialisierung als sozialökologischer Regimewechsel

Eine umwelthistorische Perspektive zeigt, dass mit der Industrialisierung ein Nachhaltigkeits-Problem gegen ein anderes eingetauscht wurde. Nachhaltige Entwicklung bedarf demnach nicht bloß einer technischen Kurskorrektur, sondern erfordert eine sehr grundlegende Veränderung im sozialen Metabolismus.

Von Fridolin Krausmann und Heinz Schandl

Industrialisierung ist jener Transformationsprozess, der vor etwa 250 Jahren in England begonnen hat, sich von dort zunächst in Europa und den USA ausgebreitet hat und schließlich im 20. Jahrhundert das globale Wirtschaftssystem erfasste.

Während man in den alten Industrieländern die Industrialisierung oft als einen abgeschlossenen Prozess sieht und von der postindustriellen Gesellschaft, der Dienstleistungs- oder Informationsgesellschaft spricht, ist die industrielle Transformation auf globaler Ebene voll im Gange: Die Lebensumstände von fast zwei Dritteln der Weltbevölkerung sind jenen traditioneller Agrargesellschaften näher als jenen der Industriegesellschaften. Allerdings befinden sich die meisten Regionen dieser Erde bereits in einem rapiden Transformationsprozess, der strukturell in Vielem dem historischen Prozess im Europa des 19. und 20. Jahrhunderts gleicht.

Lesarten der Industrialisierung

Im Gegensatz zur konventionellen ökonomischen Lesart von Industrialisierung widmen wir uns den biophysischen Dimensionen der industriellen Entwicklung und der Frage, was die industrielle Transformation für die gesellschaftlichen Naturbeziehungen bedeutet. In einem interdisziplinär zwischen Sozial- und Naturwissenschaften angelegten Forschungsprojekt haben wir die langfristige historische Entwicklung von gesellschaftlichem Metabolismus, Landnutzung und Zeitnutzung untersucht, um einen Einblick in die sozialökologische Dynamik der Industrialisierung zu gewinnen (1).

Gegenstand waren das Vereinigte Königreich, der Ausgangspunkt der industriellen Transformation, und Österreich, ein typischer europäischer Nachzügler. Diese umwelthistorische Perspektive eröffnet nicht nur neue Einblicke in die Industrialisierungsgeschichte Europas und die Nachhaltigkeitsprobleme vergangener Gesellschaften, sondern auch aktuelle Fra-

gen nachhaltiger Entwicklung erscheinen im historischen Kontext in einem neuen Licht.

Sozialökologische Regime

Wir bezeichnen das Zusammenspiel einer bestimmten sozialen Formation mit einer charakteristischen Form der Gesellschaft-Natur Beziehung als sozialökologisches Regime. In einem solchen Regime sind die gesellschaftlichen Strukturen und Institutionen sowie die Arbeitsprozesse auf die Aufrechterhaltung eines bestimmten sozialen Metabolismus hin optimiert. Dieser Metabolismus der besonderen Form stellt sich als Austausch von Material und Energie zwischen Gesellschaft und Natur dar. Sozialökologische Regime unterschieden sich in der Nutzung von Land und natürlichen Ressourcen, in ihren räumlichen Mustern und in den verwendeten Technologien. Das Regime spiegelt sich daher in einem unterscheidbaren sozial-metabolischen Profil wider, wie Tabelle 1 darstellt.

Regimeübergänge verstehen wir als fundamentale gesellschaftliche Übergänge und ebensolche Veränderungen im sozialen Metabolismus. Universalhistorisch unterscheiden wir das Regime unkontrollierter Solarenergieflüsse der Jäger und Sammler, das Regime kontrollierter Solarenergieflüsse von einfachen Agrargesellschaften und agrarischen Zivilisationen sowie das industriegesellschaftliche Regime auf Basis von Fossilenergie (Weisz 2001; Sieferle 1997).

Das agrarische Regime und seine physischen Grenzen

Das sozialökologische Regime von Agrargesellschaften, wie es auch für England und Österreich bis ins 18. beziehungsweise 19. Jahrhundert kennzeichnend war, ist prinzipiell nachhaltig. Dies gilt, sofern es gelingt, Landnutzung, Bodenfruchtbarkeit, Bevölkerungswachstum und Energiebedarf in Einklang zu bringen. Die energetische Basis von Agrargesellschaften ist die über die Landbewirtschaftung gesteuerte Nutzung von Sonnenenergie. Agrargesellschaften schalten sich also in erneuerbare Energieflüsse ein. Die grundsätzliche Größe dieser Energieflüsse ist nicht beeinflussbar und die maximal verfügbare Energiemenge wird letztendlich durch die Fotosyntheseleistung der grünen Pflanzen, also die biologische Produktivität, bestimmt. Dennoch ist das agrarische sozialökologische Regime keineswegs statisch und zeichnet sich durch hohe regionale Vielfalt aus (Sieferle 1997). Die Effizienz der Produktion und Nutzung der verschiedenen Biomasseformen ist sehr variabel und wurde im Laufe

der historischen Entwicklung von Agrargesellschaften konsequent immer weiter gesteigert. Das erlaubte physisches Wachstum und räumliche Ausdifferenzierung, ohne die erneuerbare Ressourcenbasis nachhaltig zu beeinträchtigen. Letztendlich sind einem solaren Energiesystem aber klare Grenzen gesetzt, was das Wachstum von Energie- und Materialumsatz und damit auch von Bevölkerung, Produktion, Wirtschaftsleistung und den materiellen Wohlstand pro Kopf betrifft. Wo die physischen Wachstumsgrenzen liegen, lässt sich nicht exakt bestimmen, aber aus unseren Untersuchungen können wir einige Rahmenbedingungen ableiten.

Das zentrale Element des agrarischen Energiesystems ist die Landnutzung. Das Holz des Waldes stellt die Primärenergie für Raum- und Prozesswärme dar, Grasland liefert Energie für die Ernährung der Zugtiere und Ackerland für die Ernährung der Menschen. Die lokal verfügbare Energiemenge steht also in direktem Zusammenhang mit der verfügbaren Fläche, ihrer biologischen Produktivität und der spezifischen Ausprägung des Landnutzungssystems. Die Fotosyntheseleistung der natürlichen Vegetation liegt im gemäßigten Klima Europas bei etwa 150–200 Giga-Joule pro Hektar (GJ/ha), wovon allerdings nur ein kleiner Teil vom Menschen nutzbar ist. Durch traditionelle Landbewirtschaftung, also ohne industrielle Betriebsmittel, kann dieser Wert nur in Ausnahmefällen gesteigert werden. Im Gegenteil wird zumeist die biologische Produktivität durch die kolonisierenden Eingriffe in Ökosysteme sogar deutlich verringert (Fischer-Kowalski 1997). Allerdings wird durch Landbewirtschaftung der vom Menschen nutzbare Anteil von Biomasse erhöht und es kann mehr nutzbare Energie pro Flächeneinheit gewonnen werden.

Unter vorindustriellen Bedingungen konnten in Europa im überregionalen Durchschnitt nicht mehr als 25–50 GJ/ha an gesellschaftlich nutzbarer Primärenergie erzeugt werden. Diese Energiemenge erlaubte die ausreichende Versorgung von 30–50 Personen pro km² und der maximale Energieumsatz pro Kopf mag damit bei etwa 50–70 GJ/Kopf gelegen haben, wie Tabelle 1 zeigt. Unter den Bedingungen des agrarischen Regimes war ein großer Teil der Bevölkerung in der Landwirtschaft gebunden und Überlandtransport mit hohen energetischen Kosten verbunden. Daher war der Transport von Massenrohstoffen nur über kurze Distanzen möglich, was die Größe des Materialumsatzes und Urbanisierung begrenzte. Wachstum bedeutete bei gegebener Fläche ein Mehr an landwirtschaftlicher Arbeit und eine wachsende Bevölkerung und daher tendenziell eine Reduktion des Energieumsatzes pro Kopf bei oftmals sinkender Lebensqualität (Boserup 1965).

Erste Schritte ins industrielle Regime

England begann den Spielraum, den diese sogenannten „Malthusianischen Beschränkungen“ (Pomeranz 2000) zuließen, bereits im 18. Jahrhundert auszureizen und die Beschränkungen teilweise außer Kraft zu setzen; ein Prozess, der an vielfältige und umfangreiche Veränderungen in den Gesellschafts-Natur-

Beziehungen gebunden war. Eine Kombination institutioneller und technologischer Neuerungen, wie Landreform, Kommasierung und neue Kulturarten, ermöglichte eine Erhöhung der Nahrungsproduktion bei gleichzeitiger Steigerung der landwirtschaftlichen Arbeitsproduktivität. Diese Entwicklung erlaubte einen wachsenden Anteil nichtagrarischer Bevölkerung (Wrigley 1988).

Parallel zur Effizienzsteigerung im agrarischen Bereich erlaubte die beginnende Nutzung von Kohle eine Versorgung der neuen urban-industriellen Bevölkerung mit Brennstoff und die energetische Subventionierung des Baus von Städten, während der Waldanteil im Vereinigten Königreich auf einige wenige Prozent der Landesfläche sinken konnte. Die Zugänglichkeit von Kohlelagerstätten, die Transportmöglichkeiten entlang der Küste und über das Kanalsystem, die intensive Nutzung von Wasserkraft und viele andere physische Rahmenbedingungen trugen zu einer einmaligen Situation bei, die die Überwindung der agrarischen Restriktionen ermöglichte (Pomeranz 2000; Wrigley 1988). In dieser ersten Phase der Industrialisierung stellte Kohle noch nicht viel mehr als ein willkommenes Substitut für Brennholz dar, um eine stetig steigende Bevölkerung und bestimmte industriell-gewerbliche Prozesse mit ausreichend Brennmaterial zu versorgen. Zwischen 1750 und 1830 wuchs die Bevölkerung im Vereinigten Königreich von 30 auf 76 Personen pro km² an. Der Anteil der agrarischen Bevölkerung sank auf 30 Prozent. Bei einem gleichbleibenden Energiedurchsatz von 65 GJ pro Person stiegen der Energiedurchsatz pro Fläche bis auf über 50 GJ/ha und der Anteil von Kohle an der Primärenergie auf fast 50 Prozent.

Damit war die physische Wachstumsgrenze des agrarischen Regimes im Vereinigten Königreich am Beginn des 19. Jahrhunderts bereits überschritten, während sich Österreich trotz beginnender Industrialisierung noch klar innerhalb dieser Grenzen bewegte. Bei einer Bevölkerungsdichte von 40 Personen pro km² und einem Anteil von in der Landwirtschaft tätigen Bevölkerung von 75 Prozent wurde fast ausschließlich Biomasse als Energieträger verwendet und insgesamt etwa 30 GJ Primärenergie pro Hektar umgesetzt. Das sollte sich in den kommenden Jahrzehnten allerdings rasch ändern (Sieferle et al. 2006).

Der unterirdische Wald und der Flaschenhals Landwirtschaft

Mit dem Zugriff auf den „unterirdischen Wald“ in Form von Kohle wurde der erste große Schritt in Richtung einer Entkopplung des Energiesystems von der Fläche getan (Sieferle 2001). In der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts wurde mit der breiten Durchsetzung des Technikkomplexes aus Kohle, Eisen und Dampfmaschine und in der Folge der Eisenbahn ein Wachstumsmotor in Gang gesetzt, der sowohl in England wie in vielen anderen europäischen Ökonomien einen bisher nie gesehenen Prozess von physischem Wachstum auslöste.

Um 1850 entsprach der Energiegehalt der in England verbrannten Kohle dem nachhaltigen Holzertrag einer Wald- ➔

fläche in der Größe des Vereinigten Königreichs und nur 50 Jahre später bereits dem Dreifachen des Territoriums. Im waldreichen Österreich war der Prozess trotz Industrialisierung weniger stark ausgeprägt, aber auch hier nahm der Zugriff auf den unterirdischen Wald schnell große Ausmaße an. Die virtuelle Kohle-Fläche erreichte die Größe der Landesfläche etwa um die Jahrhundertwende. Dennoch bedeutete die Nutzung von Kohle im 19. Jahrhundert keine vollständige Entkoppelung des Energiesystems von der agrarischen Wachstumsschranke. Das Netz der Kohleindustrialisierung aus industriell-urbanen Zentren und Eisenbahnlinien war weitmaschig und die Dampfmaschine nur für wenige und recht grobe Prozesse anwendbar. Trotz der Steigerung der Arbeitsproduktivität war die frühe Industrialisierung daher an eine Zunahme von menschlicher und tierischer Arbeitsleistung gekoppelt. Mit der Produktion wuchsen die Bevölkerung und der Bestand an Zugtieren und damit der Bedarf an landwirtschaftlicher Biomasse. Die Anforderungen an das Landnutzungssystem stiegen, aber die energetischen Subventionen für die Landwirtschaft blieben bis weit ins 20. Jahrhundert gering und somit das Agrarsystem innerhalb der Systemgrenzen des agrarischen Regimes verhaftet.

Die Nachhaltigkeitskrise der kohlebasierten Industrialisierung bestand darin, dass dem wachsenden Bedarf nach Futter und Nahrung ein Agrarsystem mit begrenzter Leistungsfähigkeit gegenüberstand, dessen Produktion nur innerhalb eines bestimmten Bereiches gesteigert werden konnte. In Österreich, wie in vielen anderen nachziehenden europäischen Ländern, konnte diese Nachhaltigkeitskrise durch eine Optimierung des traditionellen agrarischen Produktionssystems aufgeschoben werden. Neue Kulturpflanzen ermöglichten einen Verzicht auf die traditionelle Brache, damit konnte mehr Futter produziert und mehr Vieh gehalten und die verfügbare Düngermenge gesteigert wer-

den. Gepaart mit Bemühungen, die in die Städte abfließenden Pflanzennährstoffe in die Agrarsysteme zurückzuführen, und ersten Ansätzen, fossile Nährstofflager wie zum Beispiel Guano zu nutzen, wurde damit im 19. Jahrhundert der Wachstumsspielraum des agrarischen Systems bis an seine Grenzen ausgereizt. Insgesamt gelang es auf diese Weise, die Erträge deutlich zu steigern und die Nahrungsproduktion gerade noch mit dem Bevölkerungswachstum Schritt halten zu lassen.

England hatte diesen Prozess der Agrarmodernisierung als wesentliches Element der frühen Industrialisierung allerdings bereits im 18. Jahrhundert vollzogen. Während in Österreich die Getreideerträge zwischen 1830 und 1900 verdoppelt werden konnten, stagnierten die Erträge im Vereinigten Königreich auf hohem Niveau. Die steigende Nachfrage nach Nahrung, Futter und landwirtschaftlichen Rohstoffen konnte nur durch Zugriff auf externe Produktionsflächen befriedigt werden. Die Getreideimporte stiegen ab den 1840er Jahren rapide an und bereits um 1880 wurde mehr Getreide importiert als im Land selbst erzeugt wurde. Auch dieser Import von Agrarprodukten kann als eine Art Entkoppelung des Energiesystems von der Fläche gewertet werden. Um 1900 erreichte das Flächenäquivalent der Importe von Getreide, Zucker und Baumwolle aus der neuen Welt und Russland etwa 80.000 km², eine Fläche so groß wie das Ackerland im Vereinigten Königreich.

Dieser Weg, den Flaschenhals der solarenergiebasierten Landwirtschaft zu umgehen, basierte auf der Möglichkeit des Zugriffs auf neu erschlossene Agrarflächen mit hoher Produktivität und war an die politische und ökonomische Vormachtstellung des Vereinigten Königreichs sowie an ausbeuterische Produktionssysteme gebunden. Ein nachhaltiges Modell zur Überwindung der agrarischen Beschränkungen war er sicherlich nicht. Am Beginn des 20. Jahrhunderts war das Energiesys-

Tabelle 1: Das metabolische Profil von agrarischen und industriellen sozialökologischen Regimes

		Agrarisches Regime	Industrielles Regime	WEL	EL	EU15	AUT 1830	AUT 2000	VK 1750	VK 1830	VK 2000
Bevölkerungsdichte	[Pers./km ²]	30-40	100-300	40	76	116	42	97	30	76	247
Landw. Bevölkerung	[%]	>70	<10	70	50	4	75	5	54	28	1
Energieumsatz pro Kopf	[G]/Kopf/a]	50-70	150-400	33	64	205	73	197	63	68	189
Energieumsatz pro Fläche	[G]/ha/a]	20-30	200-600	13	49	216	31	191	19	52	468
Biomasse	[%]	95-100	10-30	92	50	23	99	29	94	54	12
Fossile Energie	[%]	0-5	60-80	8	50	77	0,5	61	6	46	78
Sonstige	[%]	0-5	0-20	*	*	*	0,5	10	*	*	10
Materialumsatz pro Kopf	[t/Kopf/a]	2-5	15-25	4.2	6.8	16	5.8	18.1	5.7	6.4	11.6
Materialumsatz pro Fläche	[t/ha/a]	1-2	20-50	1.3	4.8	18	2.4	17.5	1.7	4.9	28.7

WEL: Am wenigsten entwickelte Länder im Jahr 2000; EL: Entwicklungsländer im Jahr 2000; EU-15: Mitgliedsländer der Europäischen Union im Jahr 2000, AUT: Österreich 1830 und 2000, VK: Vereinigtes Königreich 1750, 1830 und 2000; * inkludiert in den Zahlen zur fossilen Energie.

Quelle: Fischer-Kowalski 2007

tem vermittelt über das Nahrungssystem immer noch an die Fläche gekoppelt und die Spielräume für weiteres industrielles Wachstum wurden zunehmend enger.

Die Durchsetzung des fossilen Energiesystems

Erst die dritte Phase der sozialökologischen Transformation erlaubte eine endgültige Entkoppelung von Energie und Fläche. In der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts begann sich ein neuer Technikkomplex durchzusetzen, der nach einer Phase der Stagnation, die mit den beiden Weltkriegen und der Wirtschaftskrise zusammenfiel, einen neuen Wachstumsprozess antrieb. Die neuen Energieträger Öl und Erdgas, die allgemeine Elektrifizierung sowie die technologischen Möglichkeiten, die sich mit Elektro- und Verbrennungsmotor eröffneten, gehörten zu den Schlüsseltechnologien dieser Periode, in der sich in den Jahren nach dem Zweiten Weltkrieg das fossile Energiesystem in allen Bereichen flächendeckend durchsetzte. Dass das energetische Netz im ölbasierten Fossilenergieregime lückenlos geknüpft werden konnte, erlaubte die beinahe vollständige Entkoppelung von Produktion und Arbeitskraft. Während die Güterproduktion weiter wuchs, ermöglichten die neuen Technologien die Substitution von tierischer und menschlicher Arbeit durch fossilenergiebetriebene Maschinen.

In dieser Phase nahm insbesondere der Energieumsatz der Haushalte vor allem durch Individualverkehr, Zentralheizung und elektrische Haushaltsgeräte stark zu. Damit stiegen auch Wohlstand und Lebensqualität. Schließlich brachte die Industrialisierung der Landwirtschaft den Prozess der Entkoppelung von Energiesystem und Landnutzung zu einem Abschluss. Die neuen Technologien führten zu einer radikalen Mechanisierung der landwirtschaftlichen Produktion, im Laufe derer innerhalb von 30 Jahren sämtliche tierischen und ein großer Teil der menschlichen Arbeitskräfte verschwanden, während die installierte Leistung pro Flächeneinheit gleich um mehrere Größenordnungen zunahm.

Ähnlich radikal wurde der Engpass, den die Nährstoffversorgung für die Steigerung landwirtschaftlicher Erträge lange Zeit darstellte, durch energieaufwendig produzierte Kunstdünger aufgelöst. Gemeinsam mit chemischem Pflanzenschutz und neuen Hochertragssorten führte das zu einer Vervielfachung der Flächenerträge und der Nahrungs- und Rohstoffproduktion aus der Landwirtschaft, die schließlich in den 1970er Jahren zu empfindlicher Überproduktion führte. Der Preis für diese Entwicklung war ein Rückgang des Energieertrags der Landwirtschaft. Während unter traditionellen Bedingungen die Landwirtschaft ein wichtiges Element des Energiesystems war und gesellschaftlich nutzbare Energie bereitstellte, wandelte sie sich in den 1970er Jahren zu einer Energiesenke. Mit der Industrialisierung der Landwirtschaft ist der letzte Schritt im Entkoppelungsprozess von Energiebereitstellung und Fläche vollendet.

Insgesamt erscheint diese dritte Phase der sozialökologischen Transformation als ein rasanter Prozess, der in allen Industrie-

„Die Industrialisierung ist ein Regimewechsel, dessen Kernelement die Entkoppelung des Energiesystems von der Fläche und der Produktion von der Arbeitskraft darstellt.“

ländern praktisch synchron verlief und in der Umweltgeschichte als 1950er-Syndrom bezeichnet wurde (Pfister 1994). In Österreich und dem Vereinigten Königreich führte diese Periode zu einem neuen Niveau des Energie- und Materialumsatzes von 200 GJ beziehungsweise 20 Tonnen pro Person. Nachdem in den 1950er und 60er Jahren der Energieumsatz mit Raten von bis zu drei Prozent jährlich gewachsen war, verlangsamte sich in den 1970er Jahren, ausgelöst durch politisch motivierte Energiekrisen in den Jahren 1973 und 1979, das Wachstum deutlich. Man begann nicht nur die enorme Importabhängigkeit in Bezug auf Erdöl und Erdgas zu erkennen, auch die Endlichkeit fossiler Energieträger rückte wieder ins gesellschaftliche Bewusstsein. Neue, mit dem enormen Material- und Energieumsatz in Verbindung stehende Umweltprobleme, machten sich bemerkbar. Das führte zu einem Ausbau der Nutzung heimischer und erneuerbarer Energieträger und zu beträchtlichen Effizienzsteigerungen in der Energienutzung und trug damit zu einer relativen Entkoppelung von wirtschaftlichem Wachstum und Energieumsatz bei. Seit den 1980er Jahren liegt der Energieumsatz pro Kopf in beiden Ländern recht stabil auf circa 190–200 GJ/Kopf.

Die metabolische Revolution als globaler Prozess

Die Industrialisierung stellt sich als sozialökologischer Regimewechsel dar, dessen biophysisches Kernelement die Entkoppelung des Energiesystems von der Fläche und der agrarischen und industriellen Produktion von Arbeitskraft darstellt. Wie unsere Untersuchungen zeigen, verläuft dieser Entkoppelungsprozess nicht kontinuierlich, sondern in mehreren Schritten, die sich im Falle der historischen Transformation in Europa über einen Zeitraum von 200–250 Jahren erstrecken.

Die Industrialisierung erweist sich dabei als ein Prozess, in dem ein Nachhaltigkeitsproblem gegen ein anderes eingetauscht wird. Begrenzte Flächen, Bodenfruchtbarkeit und Bevölkerungswachstum stellen Agrargesellschaften früher oder später vor ein unüberwindbares Nachhaltigkeitsproblem. Durch die Nutzung von fossilen Energieträgern wird die solare Wachstumsschranke aufgehoben und es können schlagartig große Mengen an Energie genutzt werden. Das Energiesystem wird von der Fläche entkoppelt und die Nahrungsproduktion enorm gesteigert. Dabei wandelt sich die Landwirtschaft von einer Quelle zu einer Senke für nutzbare Energie. Der gesellschaftliche Material- und Energiedurchsatz wächst um den Faktor 15–25. Mit bis zu 50 t/ha und 600 GJ/ha erreichen gesellschaftliche Flüsse ein Niveau weit über vergleichbaren Flüssen in Öko- →

systemen. Die neuen Energieressourcen können zwar kurzfristig in großen Mengen mobilisiert werden, sie sind aber im Gegensatz zur erneuerbaren Biomasse endlich. Die Bestände nehmen rapide ab, ohne dass realistische Alternativen für die zur Neige gehenden fossilen Energieressourcen bereits in Sicht wären. Darüber hinaus erzeugte das hohe metabolische Niveau des industriellen Systems eine völlig neue Dimension von Nachhaltigkeitsproblemen.

Hatten frühere Gesellschaften stärker mit lokalen Umweltproblemen wie Verschmutzung zu kämpfen, akkumulieren nun die Probleme in globalem Maßstab. Die gegenwärtigen Probleme betreffen den globalen Klimawandel, die Verringerung der Biodiversität und die Knappheit wichtiger natürlicher Ressourcen wie Energie, Metalle und Wasser.

Aus der Perspektive globaler Nachhaltigkeit wirft dies eine Reihe massiver Probleme auf. Einerseits ist das materielle und energetische Niveau der industriellen Ökonomien zu hoch. Der globale Umweltwandel ist das akkumulierte Resultat von 250 Jahren Industrialisierung in den heutigen Industrieländern. Vier Fünftel aller CO₂-Emissionen wurden im Laufe des Industrialisierungsprozesses in den heute industrialisierten Staaten, in denen 20 Prozent der Weltbevölkerung leben, emittiert. Andererseits befinden sich zwei Drittel der Weltbevölkerung auf einem metabolischen Niveau, das jenem von Agrargesellschaften oder der frühen Industrialisierung ähnelt, wie Tabelle 1 verdeutlicht. Diese Länder übernehmen das industrielle Muster zügig. Der Verlauf des Industrialisierungsprozesses folgt dabei in biophysischer Hinsicht weitgehend demselben Grundmuster wie im Europa des 19. und 20. Jahrhunderts. Allerdings verläuft der Transformationsprozess schneller und bestimmte technologische Phasen, wie etwa die Optimierung der traditionellen Landwirtschaft, werden mittlerweile übersprungen. Es ist nicht absehbar, zu welchem Niveau im Material- und Energieumsatz dieser Prozess führen wird und ob genügend Ressourcen für die Industrialisierung der ganzen Welt vorhanden sein werden und die Aufnahmekapazität der Natursysteme ausreichend groß sein wird.

Das industrielle Regime: Ziel oder Zwischenstation?

Welche Veränderungen könnten eine nachhaltige Zukunft ermöglichen? Die Kenntnis der historischen Transformation vom agrarischen zum industriellen sozialökologischen Regime macht deutlich, dass die Industriegesellschaft auf Basis fossiler Energieträger in keinem Fall als stabiler Endzustand eines Transformationsprozesses betrachtet werden kann. Dieser Zustand bedarf nicht nur einiger technischer Korrekturen, um den Kriterien nachhaltiger Entwicklung zu genügen. Vielmehr befinden wir uns inmitten eines Transformationsprozesses, dessen Ausgang höchst ungewiss ist (Sieferle 1997). Grundsätzlich scheint ein industrielles Regime auf Basis von Solarenergie, das auf der Nutzung eines Portfolios verschiedener erneuerbarer Energietechnologien von Wind- und Wasserkraft, Bioenergie,

thermischer und elektrischer Nutzung von Solarenergie beruht, denkbar. Aufgrund der Größe des industriellen Metabolismus kann aber keine dieser erneuerbaren Technologien alleine die fossilen Energieträger ersetzen.

Die Kenntnis des historischen Regimewechsels macht deutlich, wie fundamental die sozialen Veränderungen und die Veränderung der Gesellschaft-Natur-Interaktion am Übergang von der Agrar- zur Industriegesellschaft waren. Es ist anzunehmen, dass ein Umbau in Richtung einer nachhaltigen Gesellschaft einen ebenso grundlegenden sozialökologischen Umbau erfordern wird. Eine solche gesellschaftliche Neuorientierung erscheint angesichts der Neige gehenden Erdöls und der Tatsache, dass große Teile der Welt immer noch auf dem Weg in die industrielle Gesellschaft sind, dringend notwendig.

Anmerkungen

- (1) Das Forschungsprojekt „Historischer Wandel der gesellschaftlichen Naturverhältnisse“ wurde vom österreichischen Wissenschaftsfonds (FWF) gefördert. Detaillierte Ergebnisse aus diesem Forschungsprojekt finden sich in Sieferle et al. 2006 und Fischer-Kowalski und Haberl 2007.

Literatur

- Boserup, E.: The conditions of agricultural growth. The economics of agrarian change under population pressure. Chicago 1965.
- Fischer-Kowalski, M. / Haberl, H. (Hrsg.): Global Change and socio-ecological transitions. Cheltenham 2007 (Im Druck).
- Fischer-Kowalski, M. / Haberl, H. / Hüttler, W. / Payer, H. / Schandl, H. / Winiwarter, V. / Zangerl-Weisz, H.: Gesellschaftlicher Stoffwechsel und Kolonisierung von Natur. Ein Versuch in Sozialer Ökologie. Amsterdam 1997.
- Pfister, C.: Das 1950er Syndrom. Die Epochenschwelle der Mensch-Umwelt-Beziehung zwischen Industriegesellschaft und Konsumgesellschaft. GAIA 3, 2/1994. S. 71-88.
- Pomeranz, K.: The Great Divergence: China, Europe, and the Making of the Modern World Economy. Princeton 2000.
- Sieferle, R. P.: Rückblick auf die Natur: Eine Geschichte des Menschen und seiner Umwelt. München 1997.
- Sieferle, R. P.: The Subterranean Forest. Energy Systems and the Industrial Revolution. Cambridge 2001.
- Sieferle, R. P. / Krausmann, F. / Schandl, H. / Winiwarter, V.: Das Ende der Fläche. Zum Sozialen Metabolismus der Industrialisierung. Köln 2006.
- Weisz, H. / Fischer-Kowalski, M. / Grünbühl, C. M. / Haberl, H. / Krausmann, F. / Winiwarter, V.: Global Environmental Change and Historical Transitions. Innovation - The European Journal of Social Sciences 14, 2/2001. S.117-142.
- Wrigley, E. A.: Continuity, Chance and Change. The Character of the Industrial Revolution in England. Cambridge 1988.

AUTOREN + KONTAKT

Dr. Fridolin Krausmann ist Ökologe und Dozent für Soziale Ökologie am Institut für Soziale Ökologie der Universität Klagenfurt (Standort Wien).

Institut für Soziale Ökologie der Universität Klagenfurt
in Wien, Schottenfeldgasse 29, 1070 Wien.
Tel.: +43/1/5224000-412,
E-Mail: fridolin.krausmann@uni-klu.ac.at,
Website: www.iff.ac.at/soccc

Dr. Heinz Schandl wissenschaftlicher Leiter an der Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization in Canberra, Australien.
E-Mail: heinz.schandl@csiro.au, Website: www.cse.csiro.au

(c) 2010 Authors; licensee IÖW and oekom verlag. This is an article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial No Derivates License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/>), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.