

# Makroskop

Kritische Analysen zu Politik und Wirtschaft.

## Ökonomie im Kontext des menschlichen Naturverhältnisses - 2

Rainer Fischbach · Dienstag den 25. April 2017

**Die verfügbaren Techniken zur Nutzung erneuerbarer Energie sind nicht in der Lage, den Energiefluss zu gewährleisten. Umso mehr bedarf es eine Überwindung der systemtechnischen Naivität und großer Investitionen in die öffentliche Infrastruktur.**

Die heute verfügbaren Techniken zur Nutzung regenerativer Energiequellen sind insbesondere in den gemäßigten Klimazonen nicht dazu in der Lage, die Beständigkeit, den Durchsatz und die Dichte des Energieflusses zu gewährleisten, den sowohl die urbanen Agglomerationen als auch wesentliche industrielle Prozesse, etwa zur Herstellung und Verarbeitung metallischer, keramischer und, auf der Basis von Kohlenwasserstoffen hergestellter, synthetischer Werkstoffe oder auch von Halbleitern erfordern.

Das bedeutet, dass der jeweilige Bedarf nicht lokal mittels unmittelbar aus regenerierbaren Quellen gewonnener Energie zu befriedigen ist. Notwendig ist immer eine Verstetigung und raum-zeitliche Verdichtung des Energieflusses, die ein Verbundnetz mit umfangreichen Speicherkapazitäten erfordert. Eine Anforderung, die die ohnehin schon geringen Erntefaktoren (EROI, Energy Return on Investment) der diversen Techniken zur Nutzung erneuerbarer Energiequellen noch einmal reduzieren [Smil 2016, 249-255; Kelly 2016].

Von einer Infrastruktur von Speichern und Reservekapazitäten mit der Elastizität, die ein Umstieg auf 100% erneuerbare Energie erfordern würde, sind Deutschland und die europäischen Länder Jahrzehnte, eine Reihe von ausstehenden technologischen Durchbrüchen und Investitionen in der Größenordnung von Hunderten Milliarden Euro entfernt. Gemessen an dem Ziel, bis 2050 80% der Energieversorgung zu dekarbonisieren, ist bereits sehr viel Zeit verflissen. Das heißt, dass dieses Projekt schon von Anfang an aus dem Ruder gelaufen ist.

Die heute verfügbaren Reservekapazitäten sind extrem unflexibel: Kraftwerke mit Dampfturbinen müssen, gleichgültig ob der Dampf mit Kohle oder Kernenergie erzeugt wird, durchlaufen, weil das Hochfahren solcher Turbinen viele Stunden dauert. Gasturbinen lassen sich zwar kurzfristig hoch- und herunterfahren, doch um den Preis verkürzter Lebensdauer und verringerter Effizienz. Einen hohen

Wirkungsgrad haben Gaskraftwerke nur, wenn man aus dem Kühlkreislauf der Gasturbinen zusätzlich Dampfturbinen speist, die wiederum nicht schnell anlaufen können. Das heißt, ein hoher Wirkungsgrad verlangt auch hier den Dauerbetrieb. Die Alterung von Gasturbinen wird weniger durch die Zahl der Betriebsstunden, sondern durch die Zahl der Anlaufvorgänge beeinflusst. Dadurch ist auch, neben der geringen Effizienz der Elektrolyse und Methansynthese, ein weiterer Faktor gegeben, der den Wirkungsgrad der Power-to-Gas-Technik (P2G) begrenzt.

So erweist sich das derzeit bevorzugte Szenario einer eines Umstiegs auf 100% erneuerbare Energien als mit hohen Investitionskosten bei geringer Energieausbeute belastet.

Der EROI ist das Verhältnis der durch eine Anlage während ihres gesamten Lebenszyklus gelieferten Energie zu der für ihre Herstellung, ihren Unterhalt und ihre Entsorgung aufzubringenden. Dieses Verhältnis ist durch technische Fortschritte im Detail veränderbar, doch ganz wesentlich durch die zugrunde liegenden Verfahren bzw. die entsprechenden Anlagentypen und Einsatzprofile bestimmt.

Für den Einsatz in Deutschland liegen diese Werte für die dort verbreiteten Anlagentypen äußerst niedrig ( $\approx 4$  für Photovoltaik und  $\approx 20$  für Windkraft) und fallen noch tiefer ( $\approx 2$  bzw.  $\approx 4$ ), wenn man die zusätzlich, auf Grund des ungleichmäßigen Leistungsanfalls, erforderlichen Vorkehrungen für Speicher und Reservekapazitäten berücksichtigt; wobei die Studie [Weißbach et. al. 2013], aus der die hier angeführten Werte stammen, die denkbar effizienteste, doch nur in begrenztem Umfang verfügbare hydroelektrische Speichertechnik unterstellt. Techniken wie P2G haben bei vergleichsweise hohen Kosten und kurzer Lebensdauer der Anlagen nicht nur, wie bereits ausgeführt, einen schlechteren Wirkungsgrad, sondern sind bisher in großem Maßstab auch noch nicht erprobt.

Um mindestens eine Größenordnung bessere Werte verspricht die bisher ebenfalls weitgehend unerprobte Nutzung von Höhenwind [Notter 2016]. Das ist gegenwärtig die einzige Technik zur Nutzung erneuerbarer Energie, die die Aussicht eröffnet, in unseren Breiten auch unter Einbezug der erforderlichen Puffer zu diskutablen Kosten auf 100% erneuerbare Energie überzugehen. Dies liegt vor allem daran, dass die hohe Konstanz von Höhenwind einen entsprechend hohen Kapazitätsfaktor bedingt, wodurch auch der Bedarf an Speicher- und Reservekapazität sinkt.

Die Signifikanz geringer EROI-Werte besteht darin, dass der Energie-Input der Energiegewinnung nicht unmittelbar in Form von bloßer Energie, sondern in Form von industriellen Fertigprodukten erfolgt, deren Herstellung Energie benötigt. Deren Kosten liegen jedoch in den Industrieländern um einen Faktor von  $\approx 7$  höher als die der dafür eingesetzten Energie. Das ergibt sich aus dem Verhältnis des BIP pro Einheit der eingesetzten Energie zum durchschnittlichen Preis einer Einheit Energie. Ein kleiner EROI bedeutet hohe Kosten und ein Wert  $< 7$  wird, sobald die Energie für die Herstellung der Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Quellen wiederum aus solchen kommen soll, eine zirkuläre Inflationierung der Energiepreise zur Folge haben. Wenn die so gewonnene Energie einen signifikanten Beitrag zur Versorgung leisten soll, dann bedeutet dies, dass ein wachsender Anteil des BIP allein auf die Bereitstellung der Energie entfällt, um von den riesigen Landflächen, die beim weiteren Beschreiten

des bisherigen Technologiepfades dafür umzuwidmen wären, ganz zu schweigen.

Angesichts dieser Problematik erweisen sich Utopien wie die von Jeremy Rifkin [Rifkin 2015] oder von Paul Mason [Mason 2015], die von der grenzenlosen Verfügbarkeit tendenziell kostenloser grüner Energie ausgehen, als groteske Phantastik [Fischbach 2017].

Die CO<sub>2</sub>-Bilanz der deutschen Wirtschaft sähe noch ungleich schlimmer aus, wenn man ihr die Emissionen in Rechnung stellen würde, die mit der Produktion der Photovoltaik-Anlagen verbunden sind, die sich deutsche Hausbesitzer aufs Dach montieren lassen, und demnächst voraussichtlich auch der Batteriespeicher, die sie sich dazu in den Keller stellen werden. Die fallen überwiegend in den chinesischen Kohlekraftwerken an, die dieselben Leute meist so furchtbar finden. Das trifft auch für weitere Produkte zu, die eine große Rolle bei der Energiewende spielen sollen, etwa der Halbleitertechnik, die in allen möglichen ‚smarten‘ Geräten steckt, doch zunächst unter großem Energieeinsatz zu fertigen ist.

## **Ökologische Politik muss ihre systemtechnische Naivität überwinden**

Reinhard Lange macht in seinem letzten Beitrag [Lange 2017] noch einmal die desaströsen Konsequenzen des EEG deutlich. Ich stimme ihm im Wesentlichen zu [Fischbach 2016, 133-135]: Das EEG erweist sich als Maßnahme zur Verteilung von Renten an eine grün-bürgerliche Klientel, die sich mit dem Lock-in einer unausgereiften, weder ökologisch sinnvollen noch wirtschaftlich tragbaren Technologie verbindet. Sie erfolgte auf dem Hintergrund einer Ignoranz der systemtechnischen Anforderungen einer zuverlässigen Energieversorgung.

Es reicht nicht, irgendwie Energie aus erneuerbaren Quellen zu gewinnen. Sondern man muss sie mit der benötigten Leistungsdichte an den Orten und zu den Zeiten des Bedarfs bereitstellen, sowie Rechenschaft von den vollständigen Kosten des dazu erforderlichen Systems – und zwar nicht nur in Form von Euro, sondern auch von Energie, von verbrauchter Fläche, von Mineralien und nicht zuletzt von Umweltgiften – geben. Das EEG stellt ein Paradigma für die beklagte postfaktische Politik dar – insbesondere durch die, die derartiges propagieren und betreiben – und gehört neben der Agenda 2010, der Finanzmarktliberalisierung, der Renten- und der Unternehmenssteuerreform zum fatalen Erbe der rot-grünen Koalition.

Das größte Problem liegt in den geringen Erntefaktoren der heute verfügbaren Techniken zur Nutzung erneuerbarer Energie, die noch weiter absinken, wenn man die Anforderungen an Speicher und Ersatzkapazitäten berücksichtigt. Die schönen Modelle, die dartun sollen, wie Europa im Jahr 2050 seinen Energiebedarf zu nahezu 100% aus erneuerbaren Quellen deckt, enthalten zahlreiche technologische und wirtschaftliche Unbekannte. Insbesondere enthalten sie keinen Ansatz für die Energie, die die Reproduktion eines Systems erfordert, das die, in den Modellen unterstellten, massiven Über- bzw. Reservekapazitäten umfasst.

Die von Reinhard Lange zitierte Formulierung, der zufolge die Energiewende ohne Speicher technisch nicht möglich, mit Speichern dagegen wirtschaftlich nicht möglich

sei, spitzt das Problem aufs Äußerste zu, doch macht sie auf offene Punkte aufmerksam, die alles andere als trivial und bisher kaum adressiert sind. Das mit dem Umstieg auf erneuerbare Quellen verbundene Absinken der Energieproduktivität der Wirtschaft weit unter das bisherige Niveau wird zur Beanspruchung umfangreicher Landressourcen führen und die Erschwinglichkeit vieler Güter und Dienste in Frage stellen.

Selbst wenn man die Hoffnung auf Konzepte, die wie z. B. die Nutzung von Höhenwind deutlich höhere Erntefaktoren versprechen und insbesondere durch eine deutlich höhere Verfügbarkeit geringere Ansprüche an die Pufferung der Energie stellen, nicht aufgibt, bleibt die Forderung, die Energieproduktivität der Wirtschaft an anderer Stelle entscheidend zu steigern, um die Auswirkung der angeführten Faktoren zu begrenzen, unabweisbar. Den Schlüssel dazu bildet die Reduktion nicht nur des unmittelbaren Energieverbrauchs durch den Betrieb der diversen Geräte und Anlagen, sondern, noch mehr, von deren Materialintensität, da die Materialien meist schon große Mengen an Energie gekostet haben, bevor sie einer Nutzung zur Verfügung stehen.

Diese Überlegungen stellen den bisher in den Industrieländern dominierenden Individualverkehr und das hohe Volumen des Luftverkehrs ebenso in Frage wie die Siedlungsstrukturen, die sich dort in enger Wechselwirkung mit jenem herausgebildet haben. Die Frage, wie der Bedarf an Energie für Heizung und Klimatisierung aus erneuerbaren Quellen zu decken wäre, ist bisher so wenig gelöst wie die entsprechende für den Verkehr.

Ein entscheidender Faktor jeder Lösung wird jedoch der Einfluss bilden, den eine vorausschauende Raum- und Verkehrspolitik auf die Höhe des zukünftigen Energiebedarfs auszuüben vermag. Die heutigen Siedlungsstrukturen implizieren nicht nur einen grundsätzlich bedenklichen, unverhältnismäßigen Flächenverbrauch, sondern führen auch zur Verlängerung von Wegen. Sie geben, da durch öffentlichen Verkehr nur mit erhöhtem Aufwand erschließbar, Impulse zur Expansion des Automobilverkehrs.

Das bei Einzelhäusern gegenüber dichter urbaner Bebauung außerordentlich ungünstige Verhältnis von Wohnfläche zu Außenfläche hat einen hohen Konstruktionsaufwand, insbesondere für Wärmedämmung und damit auch einen hohen Energieverbrauch durch Baumaterial und Heizung zur Folge. Unter Gesichtspunkten der Eindämmung des Verbrauchs sowohl von Natur im weitesten Sinne als auch von Energie erscheint geboten, die Ausdehnung solcher Siedlungsformen kurzfristig zu bremsen, mittelfristig zum Halten zu bringen und langfristig zu revidieren. Dies sollte im Rahmen einer Raumpolitik erfolgen, die auch dem ungleichgewichtigen Wachstum weniger Metropolen Einhalt gebietet, mit dem - neben einer Preisinflation für Wohnraum - ein landschaftszerfressendes und wegeverlängerndes Wachstum von unsinnigen Siedlungsformen an deren Rändern verbunden ist.

So wenig, wie die Solarpannele und demnächst vielleicht auch noch die Batterie im Keller die - längst nicht nur im CO<sub>2</sub>-Ausstoß bestehende - ökologische Problematik des Einfamilienhauses lösen, löst der elektrische Antrieb die des Individualverkehrs.

Der hohe Energieinput, den insbesondere die Batterie, doch auch der Elektromotor und ein flächendeckendes Netz von Ladestationen mit den dazu erforderlichen Leitungen und Transformatoren - dort sind überall große Mengen an energiefressendem Kupfer verbaut - senken die Erntefaktoren von erneuerbarer Energie noch weiter ab und verschlechtern entsprechend die Energieproduktivität der Wirtschaft.

Wobei man heute noch weit entfernt davon ist, den Strom für Millionen elektrisch angetriebener PKW, die in den nächsten Jahrzehnten auf die Straße kommen sollen, aus erneuerbaren Quellen gewinnen zu können. Die ebenfalls unter hohem Energieeinsatz hergestellten Leichtbaumaterialien wie Aluminium und Carbon, die höchstens das Batteriegewicht zu kompensieren vermögen, tragen ein Übriges zu dieser Problematik bei.

Der automobiler Verkehr impliziert im Verhältnis zur erbrachten Beförderungsleistung zu viel Aufwand: die bei hoher Reibung wiederholte Beschleunigung und Abbremsung großer Massen von mit hohem energetischem und weiterem Aufwand hergestellten Materials, das nach viel zu kurzer Nutzungszeit wieder zu Schrott wird. Die Substitution der Kohlenwasserstoffe durch Strom für 80% des PKW-Bestandes bis 2035 wird nach Schätzungen der europäischen Umweltagentur die Bereitstellung von zusätzlichen 150 GW elektrischer Leistung - das entspricht 125 klassischen AKW-Blöcken - erfordern [European Environment Agency 2016], bzw. eines Mehrfachen an photovoltaischer und windgenerierter Kapazität plus Speicher und Reserven, wenn diese aus erneuerbaren Quellen kommen soll.

Eine sinnvolle Rolle können elektrisch angetriebene Automobile im Nahverkehr, vorzugsweise in dünn besiedelten Räumen, als Ergänzung zum schienengebundenen Verkehr in Form von Taxifahrzeugen und Kleinbussen und im Güterverkehr auf der letzten Meile zum Kunden spielen. Die E-Monster im Stil von Tesla oder BMW fahren dagegen eine viel zu schwere, viel zu teure und vor allem mit viel zu hohen ökologischen Kosten befrachtete Batterie spazieren. Was sie bieten, ist, anders als heute oft in den Medien propagiert, keine ‚nachhaltige‘, ökologisch korrekte Form des Rasens, sondern der helle Wahnsinn.

Die bloße Elektrifizierung der heutigen Form des Verkehrs stellt keine Lösung, sondern die Verschärfung der damit verbundenen Probleme dar. Dies gilt nicht allein für das Energie- und Ressourcenproblem, sondern auch für das der Überlastung vor allem der städtischen Infrastruktur, die ohnehin dem Individualverkehr zu viel Raum zugesteht. Das sogenannte ‚autonome Fahren‘ - das, da von einer in ihren Dimensionen noch nicht absehbaren elektronischen Infrastruktur abhängig, alles andere als autonom sein wird - stellt den kläglichen Versuch dar, unter Einsatz eines gigantischen elektronischen Wasserkopfes einem prinzipiell irrationalen und dysfunktionalen System Rationalität einzuhauchen.

Die schönen Bilder von der ‚smarten‘ Stadt der Zukunft, in denen allenfalls noch ein paar gerade herbeigerufene autonome E-Mobile parkähnliche Landschaften bevölkern, sind platte Lügen. Sofern sich, was extrem unwahrscheinlich ist, die Masse der Bevölkerung dem Beispiel einer Speerspitze von urbanen Singles anschließen würde, die heute das Car Sharing bevorzugen, würde sich allenfalls der Anteil des

ruhenden Verkehrs reduzieren – wobei offen ist, um wie viel genau.

Viel wahrscheinlicher ist jedoch, dass die Straßen noch verstopfter sein werden, weil die Schwelle zur Benutzung des Automobils gesunken ist. Insbesondere durch autonome Fahrzeuge, die mangels Parkplätze Energie verschwendend ihre Runden drehen, während ihre Besitzer ihren Geschäften nachgehen.

Es gilt immer noch, was schon die Erfahrungen der vergangenen Jahrzehnte lehren: wer das Autofahren erleichtert, sei es durch mehr und bequemere Straßen, sei es durch ‚autonomes‘ Fahren oder durch ‚smarte‘ Verkehrssteuerung, wird mehr Verkehr ernten. Der Rebound-Effekt lässt grüßen.

Beim Schienenverkehr ist fahrerloses Fahren längst Stand der Technik und noch länger das Maß an Sicherheit, das ‚autonome‘ Automobile bisher nur versprechen. Man fragt sich auch, weshalb dieses Argument, das seit Jahrzehnten für den schienengebundenen öffentlichen Verkehr spricht, auf einmal aus der Versenkung geholt wird, nachdem man es jahrzehntelang unter Inkaufnahme von Millionen Opfern dort gelassen hat.

Entsprechendes gilt auch für die Rationalisierung des Gütertransports, den man sich von fahrerlosen LKWs verspricht. Gütertransport auf der Schiene ist in jeder Beziehung rationeller als auf der Straße und kann mit fahrerlosen Zügen noch rationeller werden. Nötig ist dazu neben einem längst fälligen Ausbau des Schienennetzes und dessen Ausstattung mit angemessener Signaltechnik, die nebenbei auch dessen Kapazität deutlich erhöhen würde, vor allem ein Umbau der industriellen Logistik, die heute ein wachsendes Volumen schlecht ausgelasteter und größtenteils unsinniger Verkehre generiert.

Der Einsicht, dass Energie aus erneuerbaren Quellen teuer werden wird – in Form von Geld ebenso wie in Form von Naturressourcen, die dafür bereitzustellen sind – sollte die weitere folgen, dass die Energie- und die damit verbundene Stoffeffizienz der Wirtschaft wo immer möglich steigen sollte. Dazu bedarf das gesamte soziotechnische System eines tiefgreifenden Umbaus.

## **Die ökologische Wende bedarf öffentlicher Infrastruktur und entsprechender Investitionen**

Die Vorstellung, dass alles – die Siedlungsstrukturen, die Industrie, der Verkehr die Welt der Konsumwaren – so bleiben könnte, wie wir es gewohnt sind, indem wir einfach nur mineralische durch erneuerbare, ‚nachhaltige‘ Energiequellen ersetzen, stellt das Rezept für ein ökonomisches und ökologisches Desaster dar. Der Glaube, dass es schon gut sei, wenn alle sich Solarpannele aufs Dach nageln und dazu eine Batterie in den Keller stellen, erweist sich als die Ökovariante des notorischen Schwachsinn der schwäbischen Hausfrau, dessen finanzpolitische einer ökologisch sinnvollen Politik allerdings nicht weniger im Weg steht.

Ein Umbau der Wirtschaft, der genauer als Rekonfiguration des menschlichen Stoffwechsels mit der Natur zu beschreiben ist, wird öffentliche Infrastruktur und entsprechende Investitionen erfordern: in Systeme für die Gewinnung, Speicherung und Verteilung von Energie, für den Verkehr und die Telekommunikation, für den

Wohnungsbau und die Bereitstellung einer Vielzahl von Diensten, die den privaten Besitz vieler Gegenstände erübrigen könnten, als auch in eine intensiviertere Forschung.

Hier tut sich ein weites Feld auf, in dem die Ersparnisse Anwendung finden könnten, für die die Industrie keine Verwendung mehr zu haben scheint. Eine entsprechende Ausweitung der öffentlichen Verschuldung erscheint dabei unausweichlich, solange die – insbesondere bei großen Einkommen und Vermögen angezeigte – Umwandlung von Ersparnis in Steuereinnahmen nur begrenzt gelingt.

Eine solche Strategie erscheint umso dringender, als dass die Investitionsschwäche der Industrie von Dauer zu sein scheint. Sie ist nicht allein auf eine in der Folge einer schwachen, hinter der Produktivität zurückbleibenden Lohnentwicklung zur Stagnation tendierende weltwirtschaftliche Entwicklung zurückzuführen. Sondern auch darauf, dass diese mit einem technologischen Trend zur Kapitalersparnis eine negative Feedback-Schleife bildet [Fischbach 2016, 100-118]. Die technologische Entwicklung eröffnet immer mehr Möglichkeiten der Kapitalersparnis; was die Investitionen schrumpfen lässt und dadurch die Stagnationstendenzen verstärkt; was die technologische Trajektorie noch weiter von der Expansion der Produktion hin zur Ersparnis von Kapital verschiebt... Dass der Kapitalismus nicht immer mehr, sondern immer weniger Kapital benötigt, ist einzelnen Beobachtern schon aufgefallen [z. B. Elsenhans 2016], fand bisher jedoch kaum die angemessene Aufmerksamkeit.

Die umfangreichen öffentlichen Investitionen, die ein ökologischer Umbau der Wirtschaft erfordern wird, werden für wenige Jahrzehnte sicher eine Zwischenlösung für das Ersparnisproblem bieten, langfristig jedoch an der Notwendigkeit einer Anpassung der angestrebten Ersparnisse an einen schwindenden Investitionsbedarf nichts ändern.

Entsprechendes gilt auch für die Degrowth-Debatte: primäres Ziel darf nicht die Absenkung des BIP sein, sondern muss in einer entscheidenden Reduktion der Schäden liegen, die dessen Erwirtschaftung verursacht. Dies wird den Aufbau von Infrastrukturen und die Ausweitung von sozialen Dienstleistungen erfordern. Beides kann das BIP sogar wachsen lassen und wird es ganz bestimmt in den Ländern, die einen großen Nachholbedarf haben. Der Übergang zu einer stagnierenden Wirtschaft, der langfristig unausweichlich erscheint, wird jedoch umso besser und insbesondere gewaltloser gelingen, je egalitärer die Gesellschaft dann geworden sein wird.

---

## Quellen

Bayerl, Günter 2013: *Technik in Mittelalter und Früher Neuzeit*. Stuttgart: Theiss

Elsenhans, Hartmut 2016: Kapitalakkumulation oder Akkumulation von Wissen: Kapital ist nicht wichtig für den Kapitalismus. Makroskop, 21. Oktober <https://makroskop.eu/2016/10/kapitalakkumulation-oder-akkumulati->

[n-von-wissen-kapital-ist-nicht-wichtig-fuer-kapitalismus/](#)

European Environment Agency 2016: *Electric vehicles and the energy sector – impacts on Europe’s future emissions*. Kopenhagen: European Environment Agency

<http://www.eea.europa.eu/themes/transport/electric-vehicles/electric-vehicles-and-energy>

Fischbach, Rainer 2016: *Mensch – Natur – Stoffwechsel: Versuche zur Politischen Technologie*. Köln: PapyRossa.

Fischbach, Rainer 2017: *Die schöne Utopie: Paul Mason, der Postkapitalismus und der Traum vom grenzenlosen Überfluss*. Köln: PapyRossa.

Flassbeck, Heiner 2016: Wachstum und Entwicklung für immer? — Teil 10. *Makroskop*, 22. April. <https://makroskop.eu/2016/04/wachstum-und-entwicklung-fuer-immer-kann-die-menschheit-eine-oekologische-katastrophe-verhindern-eil-10-050-e/>

Kelly, Michael 2016: Lessons from technology development for energy and sustainability. *MRS Energy & Sustainability*, Bd. 3, E3, 23. Mai

<http://journals.cambridge.org/download.php?file=%2FMRE%2FMRE3%2FS2329222916000039a.pdf&code=851bcbd1f812617a7005a5003ed21b36>

Lange, Reinhard 2016a: Ein Plädoyer für kritische Fragen — nicht nur zur Energiewende. *Makroskop*, 19. August. <https://makroskop.eu/2016/08/ein-plaedoyer-fuer-kritische-fragen-nicht-nur-zur-energiewende/>

Lange, Reinhard 2016b: Schlechtes Wetter für die Energiewende. *Makroskop*, 2. November 2016. <https://makroskop.eu/2016/11/schlechtes-wetter-fuer-energie-energiewende/>

Lange, Reinhard 2017: Energiewende — planlos, erfolglos, unsozial. *Makroskop*, 17. Februar 2017. <https://makroskop.eu/2017/02/energiewende-planlos-erfolglos-unsozial/>

Makroskop 2016: Warum argumentiert Makroskop gegen progressive Ideen wie die Energiewende und das Grundeinkommen? *Makroskop*, 2. Dezember. <https://makroskop.eu/2016/12/warum-argumentiert-makroskop-gegen-progressive-ideen-wie-energiewende-und-grundeinkommen/>

Mason, Paul 2015: *Postcapitalism: A Guide to Our Future*. London : Penguin

Mitterauer, Michael 2009: *Warum Europa? Mittelalterliche Grundlagen eines Sonderwegs*. 5. Aufl., München: Beck

Notter, Dominic 2016: Kite power — latest in green technology? *Bulletin of the Atomic Scientists*, 13. Januar  
<http://thebulletin.org/kite-power%E2%80%94latest-green-technology9055>

Radkau, Joachim 2002: *Natur und Macht: Eine Weltgeschichte der Umwelt*. München: Beck

Rifkin, Jeremy 2015: *The Zero Marginal Cost Society: The Internet of Things, the Collaborative Commons, and the Eclipse of Capitalism*. Paperback

Ausg., New York NY : Palgrave Macmillan

Schieber, Martin 2000: *Geschichte Nürnbergs*. München: Beck

Smil, Vaclav 2016: *Power Density: The Key to Understanding Energy Sources and Uses*. Cambridge MA: MIT Press

Starr, S. Frederick 2013: *Lost Enlightenment: Central Asia's Golden Age from the Arab Conquest to Tamerlane*. Princeton NJ: Princeton University Press

von Stromer, Wolfgang 1996: Der Ursprung der Forstkultur: Die Erfindung der Nadelwalddsaat Nürnberg 1368: Naturbeobachtung, Versuche, Praxis und Erfolge. In: Cavaciocchi, Simonetta (Hrsg.) 1996: *L'uomo e la foresta: Secc.XIII-XVIII*. Prato: Istituto Internazionale di Storia Economica 'Francesco Datini', 499-519

Weißbach et al. 2013: Energy intensities, EROIs (energy returned on invested), and energy payback times of electricity generating power plants . *Energy* 52 , 210 - 221 (die Preprint-Version des Artikels ist hier verfügbar: [https://festkoerperkernphysik.de/Weissbach\\_EROI\\_preprint.pdf](https://festkoerperkernphysik.de/Weissbach_EROI_preprint.pdf) )