

Wind, Wasser, Sonne und Sozialismus

Elektrizitätssysteme: Bausteine einer sozialistischen Sichtweise

Simon Pirani

Abstract

Weltweit sind Tausende von Sozialist:innen in Bewegungen aktiv, die Maßnahmen gegen den Klimawandel fordern; viele weitere beteiligen sich an Genossenschaften und gemeinschaftlichen Energieprojekten. Aber unsere kollektiven Bemühungen, den Übergang weg von den fossilen Brennstoffen zu erfassen, und zu verstehen, wie er mit dem Übergang weg vom Kapitalismus zusammenhängt, sind meiner Meinung nach zu kurz gekommen. Insbesondere brauchen wir einige Ausgangspunkte, um zu verstehen, wie sich die Stromsysteme verändern.

In diesem Artikel – sowohl im ersten Teil über die Energieversorgung als auch im zweiten Teil über die Stromnetze – skizziere ich wie diese Ausgangspunkte aussehen könnten. Er dient der Klärung, auch der Selbstklärung, und ich bitte um Diskussionsbeiträge.

Zudem antworte ich in einigen polemischen Kommentaren auf die jüngsten vermeintlich sozialistischen Argumente von Matt Huber und Fred Stafford, die die Kernenergie gegen dezentrale erneuerbare Energien unterstützen (Huber und Stafford 2022; 2023).

1 Energieangebot

Zunächst stelle ich meine Annahmen vor, auf die sich meine weiteren Ausführungen stützen. *Erstens* wird die Rolle der Elektrizität bei der Abkehr von fossilen Brennstoffen zunehmen: Sie wird nicht nur für Wärme und Licht, zum Kochen und zum Antrieb von Geräten und Maschinen verwen-

det werden, sondern muss sich auch im Verkehr und in der Industrie ausbreiten. Diese Ausweitung ist zu begrüßen, da sie eine Möglichkeit darstellt, fossile Brennstoffe zu ersetzen. Aber sie wird scheitern, wenn sie nicht mit Maßnahmen kombiniert wird, die den Zyklus des Kapitals von Überproduktion und Überkonsum eindämmen – und damit den gesamten Energieumsatz in den Volkswirtschaften verringern.¹

Zweitens bin ich der Meinung, dass die Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien grundsätzlich besser ist als die Kernenergie oder zweifelhafte, grenzwertige Technologien wie Wasserstoff und Biokraftstoffe,² zum Teil wegen ihres Potenzials, ein Energiesystem in kollektivem Besitz und unter kollektiver Kontrolle zu unterstützen. Allerdings werden alle guten (und alle schlechten!) Lösungen höchstwahrscheinlich eine Kombination von Technologien beinhalten; jede hat ihre Vor- und Nachteile und gesellschaftlich bedingte Potenziale für gute oder schlechte Anwendungen.

Drittens ist keine Technologie politisch oder gesellschaftlich neutral. Der Kapitalismus hat die Technologien, die sich unter seiner Herrschaft entwickelt haben, geprägt und prägt sie. Technologischer Wandel treibt selten den sozialen Wandel in der Weise voran, wie manche Leute hoffen, aber wenn sich die Gesellschaft verändert, können technologische Potenziale, die durch den Kapitalismus eingeschränkt sind, freigesetzt werden.

Viertens kann von einem sozialistischen Standpunkt aus, die Bekämpfung des gefährlichen Klimawandels nicht vom Kampf gegen den Kapitalismus und seine Hierarchien getrennt werden. Unsere Aktionen in Bezug auf das Energiesystem müssen sich darauf konzentrieren, für Formen des öffentlichen und gemeinsamen Eigentums und der Kontrolle zu kämpfen und Energie in eine öffentliche Dienstleistung im Gegensatz zum Warencharakter zu verwandeln (Pirani 2021).

Fünftens konzentriere ich mich hier darauf, was die Arbeiter:innenbewegung und die sozialen Bewegungen auf internationaler Ebene jetzt tun können. Viel zu viele Sozialist:innen richten ihre Argumente auf die staatliche Politik aus, obwohl sie nur begrenzte oder gar keine Möglichkeiten haben, diese zu beeinflussen. Ich werde mich ihnen nicht anschließen.

¹ Ich habe über die Verringerung des Durchsatzes geschrieben (Pirani 2023b; Pirani 2018a: Kap. 12).

² Ich habe die Probleme mit Wasserstoff hier beschrieben (Pirani 2020). Eine gute Quelle zu Agrartreibstoffen ist [Biofuelwatch web site](#).

1.1 Inwieweit sind erneuerbare Energien zu einem Konkurrenten für fossile Brennstoffe geworden?

Der Anteil der erneuerbaren Energien an der weltweiten Stromerzeugung ist zwar immer noch geringer als der der fossilen Brennstoffe, wächst aber schnell. Aufgrund der in den letzten zehn Jahren stark gesunkenen Kosten fließt immer mehr Kapital in Windparks und Solaranlagen. In vielen Ländern überlegen die Unternehmen, die die Stromnetze verwalten, nicht, ob, sondern wie sie sich auf eine von erneuerbaren Energien dominierte Stromversorgung einstellen sollen.

Der Anteil der Wasserkraft an der weltweiten Stromerzeugung liegt bei 15,7 %, der Anteil der anderen erneuerbaren Energien bei 10,8 % – insgesamt also etwa ein Viertel der Gesamtmenge. Der Anteil der Kernenergie beträgt 10,4 %, und die restlichen 63,1 % entfallen auf fossile Brennstoffe (Kohle 36,7 %, Gas 23,6 % und Öl 2,8 %). Im Jahr 1973, als die Gesamtmenge der erzeugten Elektrizität weniger als ein Viertel der heutigen betrug, lag der Anteil der Wasserkraft bei 20,9 % und jener der anderen erneuerbaren Energien bei 0,6 % (IEA 2021).³

Es sei daran erinnert, dass die Stromerzeugung nur einen kleinen Teil – etwa ein Viertel oder weniger, je nachdem, wie man genau zählt – der gesamten Primärenergieversorgung ausmacht. Diese misst alle Inputs (oder besser gesagt, die kommerziell gehandelten Inputs) für Energiesysteme. Fast der gesamte Rest sind Erdölprodukte für den Verkehr und fossile Brennstoffe für die Industrie und die Haushalte.

Wenn man die Abkehr von fossilen Brennstoffen als Ganzes betrachtet (siehe Abschnitte 1.2 und 1.3), ist die Ausweitung des Stromangebots zur Verdrängung fossiler Brennstoffe aus diesen anderen Verwendungszwecken ein großes Problem.

Der Einstieg von Kapital in erneuerbare Energien ist eine relativ neue Entwicklung. Die Internationale Energieagentur (IEA) geht davon aus, dass in diesem Jahr von den 2800 Mrd. USD an Energieinvestitionen 1700 Mrd. USD in saubere Energien (im weitesten Sinne, einschließlich Kernenergie) fließen werden. Mehr als 600 Milliarden USD davon werden in erneuerbare Energien fließen; zum ersten Mal wird mehr Geld in die Solarenergie als in die Ölförderung fließen (IEA 2023b: 9, 12).

Diese Kapitalströme reproduzieren die gleichen räuberischen Beziehungen in den Versorgungsketten wie bei den fossilen Brennstoffen und der Atomenergie. Rohstoffe werden oft im globalen Süden abgebaut und –

³ The “non-hydro renewables” item covers “geothermal, solar, wind, tide/wave/ocean, biofuels, waste, heat and other”.

meist in China, das auch seinen klimaschädlichen Kohlekraftwerkssektor rasant ausbaut – zu Solarmodulen, Windturbinen, Batterien und anderen Ausrüstungsgütern verarbeitet. Die oft harten Bedingungen der Ausbeutung der Arbeiter:innen sind das Ergebnis von hierarchischen finanziellen Verflechtungen, die von den Märkten des globalen Nordens ausgehen.

Die Dynamik dieser Märkte wirkt sich zugunsten der erneuerbaren Energien aus. Die Kosten für Photovoltaik-Module (PV-Module) sind besonders drastisch gesunken. Ein guter Indikator sind die Stromgestehungskosten (*levelised cost of energy* LCOE), die vom Finanzkapital verwendet werden, um die Kosten für den Strom zu messen, der mit Hilfe verschiedener Technologien an die Märkte geliefert wird. Die Investmentbank Lazard's beziffert die LCOE der Photovoltaik auf 60 USD pro Megawattstunde (USD/MWh), verglichen mit 359 USD im Jahr 2009; die LCOE der Onshore-Windkraft auf 50 USD, der Gas-Kombikraftwerke auf 70 USD, der Kohlekraftwerke auf 117 USD und der Kernkraftwerke auf 180 USD (Lazard 2023: 9).⁴

Die Entwicklung der Solartechnologie wurde jahrzehntelang von Staaten finanziert. Sowohl Solar- als auch Windenergie waren in hohem Maße auf Subventionen angewiesen. Einspeisetarife beispielsweise legten deren Preise auf den Stromgroßhandelsmärkten fest, um mit fossilen Brennstoffen konkurrieren zu können, die ihrerseits alle Vorteile einer etablierten Position, der politischen Macht der Unternehmen und eigener Subventionen hatten.

Das ändert sich nun, unter anderem weil diese Technologien durch ihre weitere Verbreitung von Learning-by-Doing und Skaleneffekten profitiert haben, wie auch andere Technologien der „dritten industriellen Revolution“ (z. B. Halbleiter, Kleincomputer und darauf basierende Telefone, das Internet usw.) (Nemet 2019; Roser 2020). Die IEA schreibt, dass die durch den Einmarsch Russlands in die Ukraine und die daraus resultierenden Sanktionen verursachte Störung der Energiemärkte den Impuls für Investitionen in erneuerbare Energien beschleunigt hat, „auch wenn sie gleichzeitig zu einem kurzfristigen Gerangel um Öl- und Gaslieferungen geführt hat“ (IEA 2023c: 9. 12).

Matt Huber und Fred Stafford⁵ argumentieren gegen Sozialist:innen, welche die erneuerbaren Energien begrüßen. Sie behaupten, dass diese

⁴ Die Stromgestehungskosten (LCOE) für alle Technologien sind in diesem Jahr höher als in den Jahren 2018-21, was auf die globale Inflation zurückzuführen ist.

⁵ Matt Huber (Professor für Geographie an der Syracuse University, New York) und Fred Stafford (unabhängiger Forscher im Bereich Wissenschaft, Technologie, Ingenieurwesen und Mathematik) profilieren sich in der US-amerikanischen Linken mit

Brennstoffe künstlich billig sind, weil die Kostenschätzungen und Preise nicht die Investitionen widerspiegeln, die für die Netze erforderlich sind, um sie zu nutzen. Das ist weit weniger als die halbe Wahrheit. Das Finanzkapital ist sehr gut darin, die Kosten zu schätzen. Und obwohl die Unternehmen natürlich Investitionen in die Infrastruktur vermeiden und versuchen, diese Kosten auf den Staat abzuwälzen, wird dies den Ausbau der erneuerbaren Energien wahrscheinlich nicht aufhalten (siehe meine Hinweis auf Infrastrukturkosten am Ende dieses Texts).

Die weitaus größeren Gefahren, die mit dem Ausbau der erneuerbaren Energien im Kapitalismus verbunden sind, bestehen darin, dass sie als Ergänzung und nicht als Ersatz für die fossilen Brennstoffe eingesetzt werden, dass somit die Dekarbonisierung eher verzögert als beschleunigt wird; und dass der Ausbau in einer Weise durchgeführt wird, die genauso ausbeuterisch und extraktivistisch ist wie der Einsatz der fossilen Brennstoffe und der Atomindustrie.

1.2 Welche Rolle könnten erneuerbare Energien dabei spielen, den Verbrauch fossiler Brennstoffe auf null zu senken?

Kohle, Gas und Öl werden von technischen Systemen verbraucht, die in das soziale und wirtschaftliche System eingebettet sind, in dem wir leben, den Kapitalismus. Um ihren Verbrauch zu senken, müssen alle diese Systeme umgestaltet werden. Die Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien wird dabei auf die eine oder andere Weise eine große Rolle spielen.

Bevor ich skizziere, wie dies geschehen könnte, möchte ich die Begriffe „**Energie**“ und „**Energiebedarf**“, die in der öffentlichen Diskussion zu diesen Themen verwendet werden, in einigen Absätzen dekonstruieren.

einer deutlichen Befürwortung der Kernenergie und einer Relativierung erneuerbarer Energieträger. Sie argumentieren ausgehend von der Position der Arbeiter:innenklasse im Produktionsprozesse und einem schematischen Verständnis der Interessen der Arbeiter:innenklasse (Huber und Stafford 2022; Huber und Stafford 2023). Huber erlangte mit seinem Buch *Climate Change as Class War: Building Socialism on a Warming Planet* eine gewisse Bekanntheit (Huber 2022). Die von Huber und Stafford vertretene Position zur Atomkraft ist in der deutschsprachigen Diskussion aufgrund der historischen Errungenschaften der Anti-AKW-Bewegung kaum vertreten. Ein ökonomistisches Verständnis der gesellschaftlichen Entwicklungsdynamik und eine Geringschätzung der stofflichen Aspekte der Produktion und Reproduktion findet sich auch im deutschsprachigen Kontext. Klassische sozialistische Strömungen tendieren dazu, die ökologische Herausforderung den herkömmlichen sozialen Kämpfen um Löhne und Arbeitszeit zu unterordnen. Gewerkschaftsbürokratien weigern sich weiterhin, sich auf eine Diskussion über industrielle Konversion einzulassen [Anm. Christian Zeller].

„**Energie**“ wird oft als eine Ware angesehen, die man kaufen und verkaufen kann, was zwei Jahrhunderte Geschichte widerspiegelt, in denen fossile Brennstoffe – und Elektrizität, Wärme, die Antriebskraft von Fahrzeugen und andere Formen von Energie, die durch sie erzeugt werden – hauptsächlich unter der Kontrolle des Kapitals genutzt wurden. Es gibt einen Unterschied zwischen dieser kommodifizierten „**Energie**“, deren Tauschwert in Dollar oder einer anderen Währung gemessen wird, und der Energie als physikalischem Phänomen, das in Joule, Kilowattstunden oder anderen Einheiten gemessen wird⁶. Ein großer Teil der Energie wird am Rande des kommodifizierten Systems in nicht kommodifizierter Form genutzt, beispielsweise in ländlichen Gemeinden, die auf selbst gesammeltes Brennholz angewiesen sind. Und nun bieten Solar- und andere Technologien das Potenzial für neue Arten der nicht kommodifizierten Energienutzung.

Auch dem Begriff „Energiebedarf“ wurde eine falsche Bedeutung beigegeben. Politiker:innen und Geschäftsleute reden so, als ob die „Energienachfrage“ von der Bevölkerung bestimmt werde und die Unternehmen, die Öl, Autos oder Strom produzieren, diese Nachfrage lediglich bedienen. Tatsächlich aber wird die meiste Energie (ob als Kraftstoff, Strom, Antriebskraft oder Wärme) von Industrie- oder Verkehrssystemen, der bebauten Umwelt, der Infrastruktur oder anderen Bereichen der Wirtschaft verbraucht, die nicht von der Bevölkerung, sondern vom Kapital kontrolliert werden.

Im Folgenden werde ich mich mit den wahrscheinlichen Trends befassen, die sich erstens bei der Energienutzung auf globaler Ebene und zweitens bei der Energieversorgung abzeichnen.

Der Endenergieverbrauch, ob durch Luxusjets, Hochöfen oder die Kochherde armer ländlicher Familien, ist nur ein Aspekt des Gesamtenergieverbrauchs. Es ist zutreffender, sich vorzustellen, dass Energie von und durch große technologische Systeme verbraucht wird, wobei ein Teil der Energie erst am Ende zu den Endverbrauchern gelangt.⁷ In den reichen Ländern ist der Energieverbrauch durch endemische Überproduktion und Überkonsum geprägt. Die Verringerung des Gesamtenergieverbrauchs ist

⁶ Auf globaler Ebene kann die Energie in Exajoule (eine Milliarde Milliarden Joule oder 10^{15} Joule) gemessen werden, wie ich es in diesem Abschnitt tue. Ein Exajoule entspricht 277,8 Terawattstunden oder 23,8 Millionen Tonnen Öläquivalent.

⁷ Zur Analyse der Energieströme (Primärenergieversorgung, Sekundärenergie, Endenergie usw.) siehe Pirani (2023b).

der wirksamste Weg, um die Verbrennung fossiler Brennstoffe zu reduzieren, was wiederum der wirksamste Weg ist, um die globale Erwärmung zu bekämpfen.

Um es in Zahlen auszudrücken: Analyst:innen gehen davon aus, dass der Gesamtenergieinput in die Weltwirtschaft bei etwa 600 Exajoule liegt; nach Umwandlungsverlusten und Ineffizienzen werden etwa 400 Exajoule pro Jahr in Form von Strom, Wärme, Licht, Antriebskraft usw. verbraucht.⁸ Die meisten Szenarien, die für die internationalen Klimaverhandlungen ausgearbeitet wurden, enthalten Schätzungen des Gesamtenergieverbrauchs für das Jahr 2050: Die weit verbreiteten Szenarien, in denen die globale Erwärmung auf 1,5° C über dem vorindustriellen Niveau begrenzt wird, gehen davon aus, dass der Energieverbrauch im Jahr 2050 auf dem heutigen Niveau oder etwas darüber liegt – also bei 400+ Exajoule. Szenarien, in denen die globale Erwärmung darüber hinausgeht, gehen meist von einem höheren Gesamtenergieverbrauch aus.

Die aus sozialistischer Sicht interessanten Szenarien sind diejenigen, die die potenziellen Einsparungen aus der Umstellung des Energieverbrauchs hervorheben – (a) durch weitreichende Veränderungen in den Volkswirtschaften des globalen Nordens, beispielsweise durch die Abkehr vom privaten Autobesitz, die Reduzierung des Fleischkonsums, die Reform der bebauten Umwelt, die Dematerialisierung industrieller Prozesse und die Umsetzung von Energieeinsparungen; sowie (b) durch die Bereitstellung von Elektrizität für die 770 Millionen Menschen, die keine haben, und von saubereren Kochbrennstoffen für mehr als 2 Milliarden Menschen, die keine haben.

Wir können zwei solcher Szenarien – das eine stammt von einem Forscherteam unter der Leitung von Arnalf Grubler, das andere von Greenpeace – mit anderen Szenarien vergleichen, in denen die globale Erwärmung auf 1,5° C beschränkt wird. Grubler et al. zeichnen einen Weg zur Reduzierung des weltweiten Gesamtenergieverbrauchs auf 245 EJ/Jahr und Greenpeace auf 314 EJ/Jahr bis 2050. Im Gegensatz dazu prognostizieren andere Szenarien des fünften IPCC-Sachstandsberichts, die bei 1,5° C bleiben, einen Anstieg des weltweiten Gesamtenergieverbrauchs auf 424 EJ/Jahr (SSP1-1.9) oder 438 EJ/Jahr (SSP2-1.9) (Grubler, et al. 2018; Teske, et al. 2015).

⁸ Für das Jahr 2019 bezifferte die IEA das jährliche Gesamtprimärenergieangebot (das heißt alle Inputs) auf 606 Exajoule (EJ) und den Endenergieverbrauch (das heißt die gesamte Nutzung) auf 418 EJ. (IEA 2019). Zu den Maßeinheiten siehe Anmerkung 6 oben.

Sind die wirtschaftlichen Veränderungen, die den Energiedurchsatz verringern könnten, möglich? Das ist in erster Linie eine gesellschaftliche und politische Frage. Wenn der zügellose Kapitalismus nicht durch „Green New Deals“ oder andere sozialdemokratische Maßnahmen gebändigt, durch soziale Bewegungen gegen das Kapital überwunden – oder durch seine eigenen Krisen mit den daraus resultierenden sozialen Katastrophen niedergedrungen wird – dann eindeutig nicht. Ich bleibe hoffnungsvoll, dass die Gesellschaft das Kapital bekämpfen, ja sogar überwinden und die schlimmsten Klimafolgen verhindern kann – auch wenn ich nicht behaupte, zu wissen, wie dies geschehen wird.

Grublers Team arbeitet in einem akademischen Mainstream-Kontext, und ihr Papier befasst sich nicht mit den Aussichten für einen gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Übergang nach dem Kapitalismus. Nichtsdestotrotz ist ihr Gedankenexperiment – etwas was im Grunde alle modellierten Szenarien ungeachtet aller Behauptung sind – nützlich, um zu überlegen, wie sich die kommenden Jahrzehnte entwickeln werden.

Nun möchte ich vorschlagen, wie sich die Energieversorgung in Zukunft verändern könnte. Die von Ölfirmen und Regierungen propagierten Szenarien, die davon ausgehen, dass riesige Mengen an Treibhausgasen durch unbewiesene Technologien aus der Atmosphäre gesaugt werden können, gelten seit langem als Greenwashing, um die Verbrennung fossiler Brennstoffe weiter zu ermöglichen (u.a. Dyke, et al. 2021; Anderson, et al. 2020).

Der Ausbau der Stromnetze, die mit erneuerbaren Energien betrieben werden, ist die wichtigste Alternative. Unter den Forscher:innen, die sich dafür einsetzen, gibt es jedoch unterschiedliche Ansätze. Die meisten Autor:innen, die über die Perspektive „100 % erneuerbare Energien“ forschen, verfolgen einen technokratischen Ansatz, indem sie die vorherrschenden Annahmen über den Energiebedarf akzeptieren und nach technologischen Mitteln suchen, um diesen zu decken. Im Gegensatz dazu verbinden das Team von Grubler und andere Wissenschaftler:innen die Forschung zur Energieversorgung mit der Frage, wie Energie genutzt wird. Sie kritisieren sowohl den übermäßigen Verbrauch im globalen Norden als auch die extreme Energiearmut im globalen Süden.

Politisch gesehen ist der letztgenannte Ansatz für Sozialist:innen und alle, die sich für „Klimagerechtigkeit“ einsetzen, nützlicher. Darüber hinaus besteht ein deutlicher Unterschied zwischen den beiden Ansätzen, wenn es um die tatsächliche Menge an erneuerbaren Energien geht, die genutzt werden könnte.

Die Forscher:innen um Grubler rechneten vor, dass von den 245 EJ des Energieverbrauchs im Jahr 2050 (gegenüber 410 EJ im Jahr 2020) 132 EJ

in Form von Elektrizität (gegenüber 78 EJ im Jahr 2020) und weitere 22 EJ aus der nicht-elektrischen Nutzung der Sonnenenergie stammen würden. Ihr Szenario sieht bis 2050 einen Input (Primärenergieversorgung) von 87 EJ aus Solarenergie und 52,5 EJ aus Windenergie vor – verglichen mit 2,45 EJ aus Solarenergie und 5,1 EJ aus Windenergie im Jahr 2019.

Selbst in dem Szenario von Grubler et al., das einen weitaus radikaleren gesellschaftlichen, wirtschaftlichen und politischen Wandel vorsieht als die gängigen IPCC-Szenarien, würde sich die Stromerzeugung in den nächsten 30 Jahren fast verdoppeln. Dies liegt daran, dass sie, wie die meisten Forscher:innen, davon ausgehen, dass viele Formen der Energienutzung, bei denen derzeit Kohle, Öl und Gas zum Einsatz kommen (zum Beispiel Heizen von Häusern, verschiedene Arten des Verkehrs und industrielle Prozesse), elektrifiziert und dekarbonisiert werden würden.⁹

Die in 17 kürzlich untersuchten Publikationen zur Perspektive „100 % erneuerbare Energien“ angestrebten Mengen an erneuerbarer Stromerzeugung sind weit höher als die von Grubler et al. angegebenen: für Solarenergie 33,8 bis 375,4 EJ (durchschnittlich 137,5 EJ) und für Windenergie 23 bis 238,3 EJ (durchschnittlich 96,8 EJ) (Grubler, et al. 2018; Breyer, et al. 2022). Der Pessimist in mir sagt, dass das obere Ende dieser Spannen niemals erreicht werden könnte, aber der Analytiker in mir sagt, dass sie unter der Annahme eines gesellschaftlichen Wandels ohnehin unnötig sind.

Zusammengefasst. Die Bandbreite der Prognosen über die Energiemenge, die die Weltwirtschaft im Jahr 2050 verbrauchen könnte, ist groß. Die wichtigsten Determinanten sind, wie sich die Gesellschaft verändert, inwieweit kapitalistische Überproduktion und Überkonsum eingeschränkt werden können und wie der Gesamtenergiedurchsatz reduziert werden kann. Fortschritte in dieser Richtung vorausgesetzt, wäre es möglich, aber nicht einfach, den Bedarf mit Systemen zu decken, die auf erneuerbarer Stromerzeugung basieren.

Eine lohnende Forschungsaufgabe wäre es, eine sozialistische Kritik an den Auseinandersetzungen zwischen akademischen Forscher:innen über Szenarien für „100 % erneuerbare Energien“ zu entwickeln. Huber und Stafford (2022) stellen fälschlicherweise fest, dass das Thema „weitgehend

⁹ Untersuchungen wie die von Grubler et al. sind ein nützliches Gegenmittel gegen die übertriebenen Behauptungen zum „Strombedarf“ in den Prognosen der Energiekonzerne und ihrer Berater:innen. Beispielsweise Hitachi Energy behauptet, dass „die Welt bis 2050 viermal so viel Stromerzeugung benötigt, wie heute“, was Fragen darüber aufwirft, was „die Welt“ ist, was „Bedarf“ bedeutet usw. Siehe *The Economist* (2023b).

auf den Modellen nur eines Forschers, Mark Z. Jacobson, beruht“. Das verrät ihr eigenes Desinteresse. Als der Befürworter der Kernenergie, Ben Heard von der Universität Adelaide, Australien, und seine Kolleg:innen die Schlussfolgerungen bedeutender Arbeiten über „100 % erneuerbare Energien“ überprüften und in Frage stellten, untersuchten sie die Arbeit von 13 Forscherteams (Heard, et al. 2017 und die Antwort von Brown, et al. 2018).¹⁰

Ein letzter Punkt in Bezug auf die Energieversorgung: Wasserkraft, Windkraft und Photovoltaik sind zwar die wichtigsten Technologien. Es gibt aber auch andere, die durchaus funktionieren, aber noch ausgebaut werden müssen. Einige erzeugen Strom, zum Beispiel konzentrierte Solarenergie; andere liefern Wärme, zum Beispiel moderne Verfahren zur Verbrennung von Biomasse und die direkte Nutzung der Sonnenwärme, zum Beispiel durch Wärmekollektoren auf dem Dach oder Bodenanlagen; die Geothermie kann beides. Wieder andere, wie die Wellenkraft, thermische Anlagen im Meer und Windenergie aus der Luft, befinden sich noch im Versuchsstadium.¹¹

1.3 Was ist mit Materialien?

Ist es denkbar, dass die Solar- und Windkraftkapazität in den kommenden Jahrzehnten um das Dutzendfache gesteigert werden kann? Neue Technologien können sich schnell verbreiten: man denke nur an Mobiltelefone und Personalcomputer. Aber Sonnenkollektoren und Windturbinen sowie die Netze und Speichersysteme, die zu ihrer Unterstützung benötigt werden, sind viel größer und gewichtiger. Das Haupthindernis für ihr Wachstum ist sicherlich die Verfügbarkeit von Materialien.

Heute werden diese Rohstoffe in den meisten Fällen in Ländern des globalen Südens von Bergbauunternehmen geplündert. Der hohe Preis, den Millionen von Menschen in diesen Ländern zahlen müssen – zum Beispiel in der Demokratischen Republik Kongo, wo sich schätzungsweise 56 % der Kobaltreserven befinden, oder in Guinea, wo 28 % der Bauxit- und Aluminiumoxidreserven (für die Aluminiumproduktion) lagern – wurde von linksgerichteten NROs dokumentiert.¹²

¹⁰ Wer sich in die Debatte einarbeiten will, sei empfohlen mit Roberts (2017) und Pirani (2023a) zu beginnen.

¹¹ Eine nützliche Übersicht gibt es in Elliott (2020: 17-64).

¹² Clare Church and Alec Crawford (2018) geben eine Zusammenfassung. Sie heben neben dem Kongo und Guinea China (seltene Erden), Guatemala (Nickel) und Simbabwe (Lithium) hervor.

Natürlich haben diese Lieferketten, gemessen an dem von ihnen verursachten menschlichen Elend wie auch an anderen Kriterien, viel geringere Auswirkungen als jene von fossilen Brennstoffen und Atomkraft. Aber zusammen mit der staatlichen Macht, die sie schützt, und den ausbeuterischen sozialen Beziehungen, von denen sie abhängen, werden durch andere Ideologien getragen. Während die Gewinnung fossiler Brennstoffe oft im Namen des Kolonialismus, des Nationalismus oder der „Energiesicherheit“ legitimiert wurde, werden „grüne“ Rohstoffprojekte oft im Namen der universellen Klimarettung gerechtfertigt, auch gegenüber den Bevölkerungen, die am ehesten die Kosten zu tragen haben“, wie die Wissenschaftlerin Meredith DeBoom kürzlich argumentierte.¹³

Sozialist:innen im globalen Norden können sich nicht einfach damit zufrieden geben, dass der „grüne“ Extraktivismus das bestätigt, was wir über den Kapitalismus wissen, und weitermachen. Politisch müssen wir den großen sozialen Kämpfen im globalen Süden viel mehr Aufmerksamkeit schenken, nicht nur den Kämpfen gegen die fossilen Energiekonzerne, sondern auch den Kämpfen gegen die Bergbau- und Metallkonzerne und ihre Verbündeten. Wir müssen langfristige Allianzen zwischen den sozialen Bewegungen in Nord und Süd aufbauen.¹⁴

Eine weitere wichtige Aufgabe besteht meines Erachtens darin, Mainstream-Ansätze zum Energieverbrauch im globalen Norden in Frage zu stellen. Das ist erforderlich, um ein wirkliches Verständnis dafür zu bekommen, ob und wie erneuerbare Energiesysteme in großem Maßstab entwickelt werden können. Einige zentrale Fragen werden in einem Bericht von *War on Want* und dem *London Mining Network* aufgeworfen, der die Annahmen in Frage stellt, auf denen viele Studien zur Energiewende beruhen (Hitchcock Auciello 2019).

„Keine dieser Studien stellt die Annahme in Frage, dass die gesamte Wirtschaftstätigkeit und der Gesamtenergiebedarf weiter zunehmen werden. Besonders besorgniserregend ist, dass sie die Möglichkeit einer Verringerung des überproportionalen Verbrauchs des globalen Nordens nicht in Betracht ziehen.“

¹³ Extraktivismus wurde als „ein Mechanismus der kolonialen und neokolonialen Ausplünderung und Aneignung“ definiert, der „in der Ausbeutung der für die industrielle Entwicklung und den Wohlstand des globalen Nordens wesentlichen Rohstoffe wurzelt“ (Acosta 2013). Die allgemeinen Bemerkungen zum Extraktivismus werden mit einer Studie über den chinesischen Uranabbau in Namibia konkretisiert (DeBoom 2021). Zu den energiebezogenen Aspekten des Extraktivismus siehe Kirschner (2020).

¹⁴ Einen guten politischen Anfang bietet das Manifest für eine ökosoziale Energietransition der *Peoples of the Global South* (2023).

Der Bericht zeigt, dass kritische Metalle¹⁵ auf vielfältigere Weise verwendet werden, als die Bergbauunternehmen suggerieren. Erstens werden sie nicht in erster Linie von den Erzeugern erneuerbarer Energien nachgefragt. Zu den „vielfältigen und oft zerstörerischen“ Verwendungszwecken gehören das Baugewerbe, die Luftfahrt, die Kerntechnik, die Elektronik und die Rüstungsindustrie, die in Frage gestellt werden können und sollten.

Zweitens spielen die Batterien für Elektrofahrzeuge (EVs) bei den Nachfrageprognosen, zum Beispiel für Kobalt und Lithium, eine überragende Rolle. Das Potenzial für eine Verringerung der Lithiumnachfrage durch wirtschaftliche Veränderungen im globalen Norden wurde kürzlich von einer US-Forschungsgruppe hervorgehoben. Diese kam zum Schluss, dass die Treibhausgasemissionen des US-Verkehrssystems auf Null gesenkt werden könnten, während gleichzeitig die Menge des verbrauchten Lithiums drastisch reduziert würde, „indem die Abhängigkeit des Verkehrssystems vom Auto verringert, die Größe der Batterien für Elektrofahrzeuge reduziert und das Lithiumrecycling maximiert wird“. Allein durch die Begrenzung der Größe von Elektroauto-Batterien könnten 42 % des Lithiumbedarfs in einer Basisprojektion eingespart werden (Riofrancos, et al. 2023).

War on Want und das Londoner Mining Network fordern eine weitere Aufschlüsselung der prognostizierten Nachfrage, „um kritisch zu bewerten, welche dieser Endnutzungen am meisten dazu beiträgt, die Anforderungen der Energiegerechtigkeit und des Energiezugangs zu erfüllen“, und nicht die Erfordernisse der Überproduktion und des übermäßigen Konsums im globalen Norden. Ein weiterer aktueller Bericht des australischen Institute for Sustainable Futures weist auf die Bedeutung von Recycling- und Effizienzmaßnahmen hin, die nachweislich viel zu wenig genutzt werden, sowie auf die Substitution kritischer Metalle durch alternative Materialien (Dominish, et al. 2019)¹⁶.

All diese Veränderungen werden natürlich auf den Widerstand der profitorientierten Unternehmen stoßen; technologische Potenziale können nicht realisiert werden, ohne sich mit deren Macht zu konfrontieren und sie zu schwächen.

¹⁵ Das *International Resource Panel* definiert kritische Metalle als solche von "hoher wirtschaftlicher Bedeutung, die mit Versorgungsrisiken konfrontiert sind" und für die es keinen kommerziell tragfähigen Ersatz gibt. Der Begriff wird im *Just(ice) Transition*-Bericht verwendet, allerdings mit dem Vorbehalt, dass der Autor die geopolitischen Positionen, die dieser repräsentiert, nicht befürwortet.

¹⁶ Ein sehr viel technischeres Briefing-Papier über mögliche Substitutionen haben Rhodes, Heptonstall und Speirs (2022) verfasst.

1.4 Wie sieht es mit der Energieernte aus?

Könnte der Übergang zu einem neuen, vollständig erneuerbaren Energiesystem selbst die Energienachfrage so drastisch in die Höhe treiben, dass die Wirtschaft unter der Last zusammenbricht oder gar kollabiert? Solche Möglichkeiten werden in einem guten Artikel von Michael J. Albert erörtert, der auch (meiner Meinung nach völlig zu Recht) die „Ökosozialist:innen“ insgesamt dafür kritisiert, dass sie viel zu wenig über den Übergang von der jetzigen Situation zu den utopischen Zielen, die sie sich vorstellen, sagen (Albert 2023b; vgl. Albert 2023a).¹⁷

Albert wirft in seiner Kritik an verschiedenen Versionen des Green New Deal (GND) die Frage des Energiebedarfs auf.

„GNDs (vor allem gemäßigte GNDs, die in naher Zukunft eher möglich erscheinen) würden wahrscheinlich zu einer anhaltenden Stagnation und Krise des globalen Kapitalismus führen.“

Anstatt den globalen Kapitalismus in einem neuen Regime der Akkumulation zu stabilisieren, schreibt Albert, könnten die GNDs „einer Ära politisch-ökonomischer Turbulenzen den Weg bereiten“, die Chancen, aber auch Gefahren mit sich brächten – und einer der Gründe dafür sei die Möglichkeit eines „Netto-Energierückgangs“.

Alberts umfassendere Argumentation kann man selbst nachlesen. Hier konzentriere ich mich auf die Frage des „Netto-Energierückgangs“. Hier sind einige Definitionen anzubringen. Es braucht Energie, um Energie zu erzeugen; die zugeführte Energie abzüglich der im Energiesystem verbrauchten Energie ist die „Nettoenergie“ oder Nutzenergie. Forscher haben im Laufe der Jahrzehnte ein weiteres Maß entwickelt, die „Energierendite auf die investierte Energie“ (*energy return on energy invested*, üblicherweise abgekürzt als EROI), die das Verhältnis von Energieeinsatz zu Nutzenergie darstellt¹⁸.

Es gibt viele Möglichkeiten, dies zu ermitteln, und noch mehr Unwägbarkeiten. Aber die meisten Forscher:innen sind sich einig, dass der EROI seit Mitte des 20. Jahrhunderts, als die Weltwirtschaft von Kohle und Öl

¹⁷ Michael J. Albert ist nicht mit dem US-amerikanischen Ökonomen Michael Albert zu verwechseln, der über partizipative Ökonomie (parecon) schreibt.)

¹⁸ Das Konzept der "Nettoenergie" beruht weitgehend auf der Pionierarbeit von Howard Odum; siehe zum Beispiel Howard Odum (1971). Zum EROI siehe zahlreiche Artikel von Charles Hall, der das Konzept als erster verwendet hat. Eine Erklärung für den Einstieg befindet sich in: Richard Heinberg and David Fridley (Heinberg and Fridley 2016: 18-21, 117-121).

mit hohem EROI zehrte, gesunken ist. Es besteht allgemeines Einvernehmen darüber, dass beispielsweise Ethanol auf Maisbasis einen so niedrigen EROI hat, dass es keinen Sinn macht, es zu produzieren (von ökologischen Gründen ganz abgesehen). Aber die Debatten über den EROI von Wind- und Solarenergie gehen weiter, zum Teil weil die Auswirkungen von Stromschwankungen und die Anpassung der Stromnetze an diese nicht vollständig verstanden werden. Albert schreibt:

„Da wir zunehmend auf erneuerbare Energiequellen mit einem niedrigeren EROI umsteigen, wird mehr Energie benötigt, um diese diffusen Energiequellen zu sammeln und zu speichern, was bedeutet, dass der Weltwirtschaft insgesamt weniger Energie zur Verfügung stehen könnte.“

Albert nennt vier Gründe, warum der EROI während des Übergangs zu erneuerbaren Energien sinken könnte: (1) die Notwendigkeit groß angelegter Speicher, die ihrerseits Energiekosten verursachen; (2) die Belastung der Flächennutzung durch groß angelegte Wind- und Solarparks und die Möglichkeit, dass Wind- und Solarparks weiter von den Stromverbraucher:innen entfernt platziert werden müssen, was Transportkosten verursacht; (3) die Tatsache, dass die Infrastruktur für erneuerbare Energien, die derzeit mit fossil erzeugter Energie hergestellt wird, schließlich mit erneuerbar erzeugter Energie produziert wird; und (4) die Menge an Metallen, die für die Infrastruktur für erneuerbare Energien benötigt wird.

Ein von Albert zitiertes Papier von Iñigo Capellán-Pérez und seinen Kolleg:innen stellt das von den internationalen Finanzinstitutionen und westlichen Regierungen geförderte Paradigma des „grünen Wachstums“ in Frage: Sie sagen, dass seine „Konsistenz und Solidität“ durch ihre Ergebnisse in Frage gestellt werde und dass die Schwierigkeiten mit erneuerbaren Energien, die sich in ihren Computermodellen widerspiegeln, im Mainstream-Wirtschaftsdenken nicht berücksichtigt worden seien (Capellán-Pérez, et al. 2019).¹⁹ Insbesondere sagen sie, dass ihr Ansatz, den „dynamischen EROI“ zu berechnen, die Vorlaufkosten und die verzögerten Erträge (gemessen an Energie) eines Übergangs von fossilen zu erneuerbaren Energien realistischer erfasst. All das kann ich glauben – aber ich stelle

¹⁹ Dasselbe Forschungsteam findet in einer anderen Publikation (de Castro und Capellán-Pérez 2020), in der es die Grenzen des Energiesystems erweitert, EROI-Werte für Wind- und Solarenergie, die alle unter 3:1 liegen und deutlich unter den Ergebnissen anderer Forscher:innen. Über die methodischen Probleme habe ich von Murphy et al. (2016) gelernt.

fest, dass Capellán-Pérez et al. die Unsicherheiten in ihren Berechnungen benennen und zu weiteren Forschungen aufrufen.

Daraus ergibt sich die wichtige politische Schlussfolgerung eine sozialistische Kritik am Diskurs über „grünes Wachstum“ zu entwickeln. Die Annahmen, dass erneuerbare Technologien in Verbindung mit „Greenwash“-Technofixes (Kohlenstoffabscheidung usw.) ein Mittel zur Fortsetzung der kapitalistischen Wirtschaftsexpansion seien, müssen nicht nur wegen der mit ihnen verbundenen Aufrechterhaltung von Hierarchie und sozialer Ungerechtigkeit in Frage gestellt werden, sondern sie stehen auch im Widerspruch zu dem, was Forscher:innen über die physikalischen Beschränkungen von Energiesystemen wissen.

1.5 Ist es nicht realistischer, die Kernenergie in unsere Perspektive einzubeziehen?

Die Kernenergie ist eine kohlenstoffarme Art der Stromerzeugung und benötigt eine viel kleinere Fläche als Wind- oder Solarenergie. Der größte Teil des französischen Stroms (69 %) wird durch Kernkraft erzeugt, in anderen großen Kernkraftnationen ergänzt sie Gas (z. B. in Russland, wo 19 % des Stroms durch Kernkraft erzeugt werden), Kohle (z. B. in China mit 4,7 % Kernkraft) oder Wasserkraft und erneuerbare Energien (z. B. in Schweden mit 30 % Kernkraft) (Energy Institute 2023). Die tatsächlichen Kosten für die Stilllegung eines Reaktors, die leicht ein Jahrzehnt oder länger dauern kann, sind immer noch schlecht erforscht, aber das weitaus größere unge löste Problem ist das Vergraben von Atommüll.

Huber und Stafford (2023), die sich nachdrücklich für Investitionen in die Kernenergie aussprechen, meinen, das Abfallproblem sei überbewertet und es gäbe bewährte Methoden, um den Abfall sicher an Ort und Stelle zu lagern sowie eine langfristige Lösung der unterirdischen Lagerung. Auch hier handelt es sich um weniger als Halbwahrheiten. Dave Cullen, ein sozialistischer Autor zu Atomfragen, weist darauf hin, dass die „langfristige Lösung“ noch nicht existiert: Es gibt „nirgendwo auf der Welt ein funktionierendes Tiefenlager für hochaktive Abfälle“, trotz begrenzter Fortschritte in Finnland und Schweden. Claire Corkhill, die die britische Regierung in Fragen der Kernenergie berät, hat gesagt, dass Pläne für neue Kernkraftwerke auf Eis gelegt werden sollten, „bis wir ein geologisches Endlager haben“: Offiziell ist das für die 2040er Jahre vorgesehen, aber es wird wahrscheinlich viel länger dauern (Cullen 2021; Laville 2022).

Huber und Stafford schreiben außerdem, dass die Kernenergie auf dem Strommarkt nur schwer mit Erdgas und subventionierten erneuerbaren

Energien konkurrieren kann. Das ist eine gestelzte Beschönigung. Die Kosten für Atomstrom sind im Laufe der Zeit ständig gestiegen – und das trotz staatlicher Unterstützung für den Bau, die Stilllegung und anderer Bereiche der Branche –, während die Kosten für Strom aus erneuerbaren Energien weiter sinken (siehe 1.1 oben).

In den 1970er Jahren galt die Kernkraft in weiten Teilen der herrschenden Klasse, insbesondere in den USA und im Vereinigten Königreich, als die vielversprechendste Energiequelle der Zukunft. Doch trotz der starken Unterstützung durch das Kapital, die Regierungen und vor allem das Militär ging die Kernkraft langfristig zurück. Im Jahr 2021 war ihr Anteil an der weltweiten Stromerzeugung mit 9,8 % so niedrig wie seit vier Jahrzehnten nicht mehr; in den zwei Jahrzehnten von 2002 bis 2021 wurden 98 Kernkraftwerke in Betrieb genommen und 105 stillgelegt. Fünfundzwanzig der Inbetriebnahmen fanden in China statt, was bedeutet, dass der Rest der Welt einen Netto-Rückgang von 57 Reaktoren verzeichnete (Froggatt, et al. 2022).

Die Kernenergie ist so teuer, dass sie nicht nur von Kapital, das schnelle Renditen anstrebt, gemieden wird, sondern auch selbst mit staatlicher Finanzierung und politischer Unterstützung durch das Militär zunehmend unhaltbar wird. Die Fachwissenschaftler Andy Stirling und Phil Johnstone argumentierten kürzlich, dass die Frage nicht laute, warum die Kernkraft insgesamt rückläufig ist, sondern vielmehr, warum sie sich in einer begrenzten Gruppe von Ländern als „so überraschend resistent“ gegenüber veränderten Marktbedingungen erweise. Die Antwort liegt in der Verflechtung mit dem Militär, die in militärischen Studien deutlich zum Ausdruck kommt, in energiepolitischen Analysen aber typischerweise vernachlässigt wird (Stirling und Johnstone 2018).

Huber und Stafford gehören zu denjenigen, die die Verbindung zwischen ziviler und militärischer Kernkraft vernachlässigen. Sie schreiben kein einziges Wort darüber. Dieses Verschweigen ist bizarr, angesichts der Tatsache, dass das größte Kernkraftwerk Europas, Saporischschja, von der russischen Armee besetzt ist und diese die Aufforderungen der UNO, die Militäraktionen in der Nähe des Kraftwerks einzustellen, ignoriert und die Verantwortung für den Zusammenbruch des nahe gelegenen Wasserkraftwerks Kachowka trägt.²⁰

²⁰ Der neuste IAEA Bericht über *Nuclear safety, Security and Safeguards in Ukraine* (IAEA 2023) stellt fest, dass Russland den Aufforderungen der Agentur, „alle Aktionen gegen und an Atomanlagen in der Ukraine unverzüglich einzustellen“, nicht nachgekommen ist. Die Agentur meldet weiterhin militärische Aktivitäten in der Nähe der Anlage. Siehe beispielsweise auch Parker (2023). Über den Staudamm Kachowka siehe Glanz et al. (2023).

Dies ist typisch für den Ansatz von Huber und Stafford: Sie wählen Teile des sozialen und wirtschaftlichen Kontexts von Technologien aus, um ihre Argumentation zu untermauern. Sie stellen die erneuerbaren Energien einseitig als Spielball von US-Tech-Giganten und kommerziellen Stromerzeugern dar. Sie ignorieren dabei das umfassendere Bild der staatlichen Unterstützung für die Forschung im Bereich der erneuerbaren Energien während der Energiekrise in den 1970er Jahren, der Entwicklung der erneuerbaren Energien als Gemeinschaftsenergie in Dänemark und durch ein sozialdemokratisch-grünes Bündnis in Deutschland ab den 1980er Jahren, der Rolle der chinesischen Regierung und der weit verbreiteten gesellschaftlichen Unterstützung für erneuerbare Energie im globalen Norden und Süden. In Bezug auf die Kernenergie erwähnen sie die Rolle der Regierungen und des Militärs nicht, und verschweigen komplett die jahrzehntelange gesellschaftliche Opposition, nicht nur im Japan nach Hiroshima, sondern auch in Europa und den USA. Dies ist keine marxistische Analyse.

Wie sieht es mit der Zukunft der Kernenergie aus? Auch hier kommt es auf die breitere soziale und wirtschaftliche Dynamik an. Wenn unser einziges Ziel darin besteht, so viel Strom wie möglich zu produzieren, und zwar so weit in die Zukunft hinein wie möglich, mag die Kernenergie eine gute Wahl sein. Wenn es aber darum geht, den gefährlichen Klimawandel aufzuhalten, die Gesellschaft von sozialer Ungerechtigkeit und der Herrschaft des Kapitals zu befreien, die endlose Expansion des Kapitals in Frage zu stellen und den vom Kapital verursachten Riss zwischen der Menschheit und ihrer natürlichen Umwelt zu überwinden, sieht die Sachlage anders aus. Dann besteht die folgerichtige Politik darin, den gesamten Energieumsatz durch technologische Systeme zu verringern (siehe 1.2). Erneuerbare Energien sind für diese Ziele geeignet, die Kernenergie nicht. Wenn man davon ausgeht, dass die Geschwindigkeit des technologischen Übergangs eine Rolle spielt – eine Frage, die Huber und Stafford nicht direkt ansprechen –, dann haben erneuerbare Energien einen weiteren großen Vorteil: Sie können schnell expandieren. Der Bau eines Kernkraftwerks dauert in der Regel ein Jahrzehnt.

Außerdem stellt sich die Frage, wo die soziale, wirtschaftliche und politische Macht in der Gesellschaft liegt. Wenn unsere Zukunftsvision von einem starken Staat und einem machtvollen Militär ausgeht, könnte die Kernkraft funktionieren. Solche Annahmen stehen im Widerspruch zu allem, was ich unter dem Begriff Sozialismus verstehe. Wenn der Sozialismus davon ausgeht, dass die Menschen ihr Leben selbst in die Hand nehmen und Formen der kollektiven Macht und der Demokratie entwickeln, dann

haben erneuerbare Energien – und insbesondere dezentrale erneuerbare Energien – Potenzial, die Kernenergie nicht.

Was ist mit den Arbeitsplätzen, an denen Strom erzeugt wird? Huber und Stafford schreiben, dass Unternehmen im Bereich der erneuerbaren Energien stark gewerkschaftsfeindlich seien (was zweifelsohne stimmt), erklären aber nicht die Haltung der US-amerikanischen Nuklearunternehmen gegenüber den Gewerkschaften oder ihr Verhältnis zu ihnen. Im Vereinigten Königreich ignorieren Gewerkschaftsfunktionäre, die Beschäftigte im Nuklearsektor vertreten, häufig die umfassenderen Anliegen der Arbeiter:innenbewegung und konzentrieren sich auf die Wahrung der Verhandlungsrechte ihrer relativ wohlhabenden Mitglieder.

Obwohl ich Huber und Stafford zustimme, dass wir uns anhören sollten, was diese Lohnabhängigen und Gewerkschaften zum Thema Elektrizität zu sagen haben, hat ihr Argument, dass die Gewerkschaften des Energiesektors einen „breit angelegten Ansatz zur Dekarbonisierung“, einschließlich Einsatz von Kernenergie, befürworten, weniger Gewicht, als sie ihm geben. Sie gehen nicht der Frage nach, inwieweit diese Gewerkschaftsfunktionäre wirklich für diese Beschäftigten sprechen. Sie setzen sich auch nicht mit der harten Realität auseinander, dass es hier, wie so oft, Spannungen zwischen den sektoralen Interessen einiger Lohnabhängiger und den Zielen der breiteren Arbeiter:innenbewegung gibt. Ich bezweifle, dass es darauf einfache Antworten gibt – aber je länger wir es vermeiden, darüber zu diskutieren, desto weiter sind wir von einer Lösung des Problems entfernt.

Wie steht es schließlich mit konkreten politischen Vorschlägen? Huber und Stafford schlagen staatliche Investitionen in einem kapitalistischen Kontext vor. In einem früheren Artikel schlug Stafford eine „Rückkehr zur New-Deal-Politik der öffentlichen Hand“ vor und plädierte dafür, die im Rahmen des US Inflation Reduction Act frei werdenden Mittel über die staatliche Tennessee Valley Authority in die Atomindustrie fließen zu lassen (Stafford 2022). Das ist im Grunde eine Aufforderung, Mittel von erneuerbaren Energien in die Atomkraft umzuleiten.

In ihrem Catalyst-Artikel behaupten Huber und Stafford, dass die Kernkraft sich als so teuer erwiesen hat (Huber und Stafford 2023):

„Die Kernenergie braucht den Sozialismus, um zu wachsen – oder zumindest eine Form öffentlicher Investitionen, die die Baukosten sozialisiert und die Gewinne nicht privatisiert.“

Aber in Wirklichkeit haben die meisten Kernkraftwerke keinen Sozialismus gebraucht; sie wurden von einer Allianz aus kapitalistischen Regierun-

gen und Privatkapital gebaut. Die Ausnahmen sind diejenigen, die im Sowjetblock gebaut wurden, der, was auch immer er war, nicht „sozialistisch“ war.

Eine zwingendere Frage lautet: Braucht der Sozialismus die Atomkraft? Darauf kann ich keine bessere Antwort geben als die von Dave Cullen. Nach einem Arbeitsleben, das er mit dem Studium der Kernkraft verbracht hat, schreibt er:

„Die Kernkraft steht im Gegensatz zu der Welt, die wir uns wünschen. Von ihrem Ursprung als Feigenblatt, das uns von der düsteren Wahrheit der gegenseitig zugesicherten Zerstörung ablenken sollte, bis zu ihrer jüngsten Wiederauferstehung als Scheinlösung für den Klimawandel ist sie von Natur aus mit gewalttätigen Staatsformen und paranoiden und geheimnisvollen Hierarchien verbunden. [...]

Maßnahmen zur Abschwächung des Klimawandels müssen andere Veränderungen vorbereiten, die wir in der Welt sehen wollen. Technologie wird niemals die Lösung für den Klimawandel sein, aber jede praktikable Lösung muss sie zusammen mit gesellschaftlichen Veränderungen einsetzen. Die Kernenergie kann nicht einmal in den begrenzten Bereichen, in denen sie etwas zu verändern vorgibt, etwas ausrichten. Sie ist eine ablenkende Sackgasse. In einer politischen Situation, in der ein gesellschaftlicher Wandel nicht unmittelbar realisierbar ist, müssen wir uns für Technologien einsetzen, die mit den von uns gewünschten Veränderungen in Einklang stehen, und nicht kostenlose PR für eine Industrie betreiben, die man schon vor Jahrzehnten hätte sterben lassen sollen.“

1.6 Zu den Kosten der Infrastruktur

Matt Huber und Fred Stafford weisen darauf hin, dass erneuerbare Energien nicht „die billige Option“ seien:

„Die günstigen Preise für erneuerbare Energien beinhalten weder die Übertragungsleitungen zu den entlegenen Standorten noch die kostspieligen Reservekraftwerke, die bei ungünstigen Wetterbedingungen erforderlich sind. Mit anderen Worten: Der begrenzte Nutzwert von Solar- und Windenergie führt zu höheren Systemkosten für die Integration von Reservekraftwerken (meistens Erdgas) und Speichertechnologien.“ (Huber und Stafford 2023: 71-72)

Das ist weit weniger als die halbe Wahrheit. Erstens, weil die staatliche Unterstützung für erneuerbare Energien seit Jahrzehnten in jeder Hinsicht

geringer ist als die für fossile Brennstoffe und Kernenergie. Die Unterstellung, erneuerbare Technologien seien Trittbrettfahrer auf dem guten alten Kohle- und Gassektor – die immer dann zu hören ist, wenn eine Gruppe von Managern eines Ölkonzerns in einer Bar zusammensitzt – ist bei einer ernsthaften Analyse fehl am Platz.

Zweitens haben Elektroingenieur:innen und Forscher:innen jahrelang darüber nachgedacht, wie man sich an die groß angelegte Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien anpassen kann (siehe 2.1 und 2.2). Sicherlich hinken die Investitionen in Verbundnetze, Speicher und Flexibilität weit hinterher. Wie bei allen Infrastrukturinvestitionen im Kapitalismus sind die Unternehmen verzweifelt bemüht, die Kosten zu vermeiden, und wollen sich die staatliche Finanzierung sichern. Aber es gibt einen Berg von Forschungsergebnissen, die zeigen, dass (a) erhebliche Netzkosten anfallen werden, unabhängig davon, in welche technologische Richtung sich die Systeme entwickeln, und dass (b) diese Kosten in Systemen, die von erneuerbaren Energien dominiert werden, voraussichtlich höher, aber nicht dramatisch höher sein werden. Der Energieforscher David Elliott gibt die Konsensmeinung wieder, dass die zusätzlichen Kosten für den Netzausgleich zur Anpassung an die Versorgung mit erneuerbaren Energien 10-15 % betragen könnten (Elliott 2020: 7-9).

Drittens verdrehen Huber und Stafford zur Untermauerung ihres Arguments die Arbeit von Robert Idel, einem Forscher, der Marktmodelle konstruiert, um zu behaupten, dass die Kosten für Solar- und Windenergie in Texas, USA, mehr als elf bzw. sieben Mal höher wären, wenn zu den LCOE-Schätzungen die Systemkosten hinzukämen. Idel hat jedoch nur eine theoretische Situation modelliert, die in der Realität nicht eintreten kann und wird, in der die jeweilige Technologie 100 % des Stroms liefert (Idel 2022).²¹

Hätten Huber und Stafford sich ernsthaft für die Netzkosten interessiert, hätten sie sich die Forschungsergebnisse angesehen. Ein Papier von Wirtschaftswissenschaftler:innen des Imperial College in London, das die derzeitigen Erkenntnisse zusammenfasst, kommt unter anderem zum

²¹ Matsuo (2022) kommentiert in einer kürzlich durchgeführten Untersuchung der Methoden zur Berechnung der Systemkosten die Methodik von Idel: “Die LFSCOE von Idel unterscheidet sich von anderen Metriken insofern, als sie die Kosten von VRE [variable erneuerbare Energien] berechnet, wenn der Markt nur von einer Stromerzeugungstechnologie besetzt ist. Aus diesem Grund wird diese Kennzahl in diesem Artikel, der darauf abzielt, die Ökonomie realer Stromsysteme zu erfassen, nicht viel diskutiert.“ Mit anderen Worten: Idels Arbeit geht nicht darauf ein, was in realen Stromsystemen tatsächlich passiert.

Schluss, dass variable erneuerbare Energien hohe Anteile an der Gesamterzeugung mit „relativ“ niedrigen Kosten übernehmen können, sofern auf Flexibilität geachtet werde. Man könne nicht sicher sein, dass die erneuerbaren Energien immer billiger seien als die Kernenergie, aber „es ist wichtig, vereinfachende Behauptungen zu vermeiden, dass die Kosten für die Systemintegration hoch sind“ (Heptonstall und Gross 2021). Das ist ein guter Rat.

Einen Blick wert ist auch ein Bericht der IEA und der Kernenergiebehörde, die eine „wertbereinigte Stromgestehungskostenrechnung“ entwickelt haben, um die Systemkosten zu berücksichtigen (IEA und NEA 2020: 80). Der Bericht kommt zu dem Schluss, dass Gaskraftwerke im Jahr 2025 weitaus wettbewerbsfähiger wären, wenn die Systemkosten berücksichtigt würden; Kernkraft- und Kohlekraftwerke hätten meist „keine oder nur minimale Wertberichtigungen“; und Wind- und Solarkraftwerke wären „etwas weniger wettbewerbsfähig“, als die LCOE-Methode zeigt.

Meiner Ansicht nach sollten Sozialist:innen eine Technologie begrüßen, die dazu beitragen kann, den gefährlichen Klimawandel abzuwenden, auch wenn sie auf dem Markt „etwas weniger wettbewerbsfähig“ ist. Wenn jemand einen legitimen Grund hat, dies zu bestreiten, ist das in Ordnung, aber, unterstützt durch das selektive Herauspicken von Forschungsfragmenten, Scheinargumente aufzuzählen, ist unzureichend.

2 Stromnetze

2.1 Lassen sich die Stromnetze mit unregelmäßigen erneuerbaren Energien betreiben?

Der Ausgangsfrage ist, ob es technisch wirklich möglich ist, die Stromnetze mit erneuerbaren Energien zu betreiben, da diese unregelmäßig Strom erzeugen? Könnte es sogar Vorteile geben?

Es gibt bereits große Stromnetze, die auf erneuerbaren Energien basieren, und weitere sind aufgegleist. Dänemark erzeugt 61 % seines Stroms aus Wind- und Sonnenenergie und weitere 23 % aus der Nutzung moderner Biokraftstoffe. Drei der größten europäischen Volkswirtschaften – Deutschland, das Vereinigte Königreich und Spanien – erzeugen 41 %, 40 % bzw. 35 % ihres Stroms aus Wind- und Sonnenenergie, und dieser Anteil wird sicherlich weiter steigen. Innerhalb dieser Länder ist der Anteil der variablen erneuerbaren Energien an der Stromerzeugung mancherorts noch viel grösser: In Schottland, einem Land mit 5,5 Millionen Einwohner:innen, liegt er 2019-21 bei durchschnittlich 60 %, Tendenz steigend.

Während der Anteil der variablen erneuerbaren Energien an der Stromerzeugung in den USA nur 16 % beträgt, liegt er im Bundesstaat Kalifornien (der mehr Strom verbraucht als die meisten Länder) bei 43 %, wobei weitere 24 % aus Wasserkraft, 10,5 % aus Kernkraft und 22,5 % aus Gas stammen. Und dann gibt es noch Länder wie Norwegen und Paraguay, wo 88 % bzw. 99,5 % des Stroms aus Wasserkraft, einer nicht-variablen erneuerbaren Ressource, erzeugt werden²².

Die Zunahme an erneuerbaren Energien zwingt die Stromnetze zu zwei großen Veränderungen: Sie werden weniger zentralisiert und sind bi- oder multidirektional. Die Netze, die in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts in den reichen Ländern und in der zweiten Hälfte in weiten Teilen des globalen Südens installiert wurden, waren darauf ausgelegt, Strom in eine Richtung zu transportieren: meist von großen Kohle-, Gas- und Kernkraftwerken zu den Verbraucher:innen. Der Höhepunkt der Zentralisierung wurde in den 1970er Jahren erreicht; Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen (WKK) und Kraftwerke mit Gas- und Dampfturbinen (GuD), die in den 1980er und 90er Jahren gebaut wurden, waren kleiner. Bei den Windkraftanlagen sind nur die größten mit 100 oder mehr Turbinen in ihrer Größenordnung mit Kohlekraftwerken vergleichbar. Die Solarenergie wird meist in noch kleinerem Maßstab betrieben: Nur etwa die Hälfte des weltweiten Angebots stammt aus Solarparks, der Rest aus Dachanlagen. In China und Europa, die bei der Installation von Photovoltaikanlagen in den letzten Jahren führen, wird mehr Solarstrom auf Dächern als in Solarparks installiert (Patterson 1999: 68-70, 72-75, 114-116; REN21 2023c: 17-18, 64-66; Europe 2022).

Die *physische Dezentralisierung der Stromerzeugung* geht mit einer *Zunahme der zentralisierten Koordinierung* einher. In dem Maße, wie Anzahl und Art der Stromerzeuger:innen zunehmen, passen sich die Netze – das heißt das „Netz“ aus Übertragungsleitungen, Speicheranlagen und Computern, die die Stromflüsse regeln – an, um deren Input zu verwalten. Dies ist Teil der „dritten industriellen Revolution“ und in mancher Hinsicht vergleichbar mit einem Komitee, das Videokonferenzen einsetzt (geografisch verstreute Personen, die eine zentralisierte operative Technologie für

²² Daten von Our World in Data (Dänemark, Norwegen und Paraguay); dem Energy Institute (ehemals BP) Statistical Review of World Energy (Vereinigtes Königreich, Deutschland, Spanien); der Website der britischen Regierung (<https://www.gov.scot/publications/energy-statistics-for-scotland-q1-2023/pages/electricity-generation-low-carbon-vs-fossil-fuels/>) und der Website der US Energy Information Administration (<https://www.eia.gov/state/?sid=CA#tabs-4>)

ihre Arbeit nutzen), oder einer Zeitung (geografisch verstreute Reporter:innen, Redakteur:innen und Manager:innen, die im letzten Jahrhundert ein physisches Produkt herstellten, das von einem physischen Standort aus verteilt wurde, und sich jetzt digital koordinieren, um mehrere digitale Produkte zu produzieren).

Die physische Dezentralisierung der Stromproduktion stört auch die Märkte, über welche Strom verkauft wird. Die Zahl der Verkäufer:innen nimmt zu. In der Regel produzieren die Besitzer:innen von Solaranlagen (meist reichere Haushalte, öffentliche Einrichtungen oder Genossenschaften in reichen Ländern) nicht nur den Großteil ihres eigenen Stroms, sondern haben auch noch etwas übrig. Zu welchen Bedingungen sie den Überschuss an die Stromversorger zurück verkaufen können, ist heftig umkämpft.

Im globalen Süden ist ein anderer Umbruch im Gange: Netzunabhängige Systeme werden in Gebieten eingerichtet, die bisher noch gar keinen Zugang zu Strom hatten. Die Internationale Energieagentur (IEA) schätzt, dass bis 2019 39 Millionen Haushalte auf diese Weise elektrifiziert wurden. Das Kapital verwandelt selbst diese Versorgung einiger der ärmsten Menschen der Welt mit Strom in einen Markt. Während einige Projekte von NGOs und Entwicklungsagenturen verwaltet werden, sind es die Monopole des Privatsektors, darunter Mobilfunknetzbetreiber:innen, mobile Bankplattformen und Versorgungsunternehmen der ersten Generation, die ihre Macht auf diesem Markt konsolidieren.²³

Die Kämpfe darum, wer was kontrolliert und wer wen bezahlt, werden weitergehen. Aber der technologische Trend zu dezentraler Erzeugung und multidirektionalen Netzen kann sich meiner Meinung nach nur beschleunigen.

Die Entwicklung der Netze ist hinter dem Ausbau der erneuerbaren Energien zurückgeblieben. Vor mehr als einem Jahrzehnt konstatierten die Autor:innen des *Global Energy Assessment*, „die überwältigende Ironie, dass Computer, Sensoren und Rechenkapazitäten alle wichtigen Industriezweige außer der Stromerzeugung verändert haben“ (Bull, et al. 2012: 1159-61; Pirani 2018a: 36). Die Unterinvestition, die für den Umgang des Kapitals mit gesellschaftlich wichtiger Infrastruktur charakteristisch ist, hält an. Ein Zeichen dafür ist die regelmäßige Drosselung der Stromerzeugung. Beispielsweise müssen einige Windparks bei starkem Wind ihren Betrieb einstellen, weil der Netzbetreiber:in nicht in der Lage ist, den plötzlichen Anstieg des Stromflusses zu bewältigen. In den USA, im Vereinigten

²³ Zum Thema netzunabhängige Solarenergie im globalen Süden (Baker 2023; Ulsrud 2020; Rothfuß und Boamah 2020).

Königreich und in Deutschland führt dies zu einer Verringerung der Windenergieerzeugung um 2-5 %. Mitte der 2010er Jahre wurde in China fast ein Fünftel der Windenergie gedrosselt, doch bis 2019 konnte die Drosselung auf ein ähnliches Niveau gesenkt werden (REN21 2023a: 11-12; Chen, et al. 2022).

Noch gravierender sind jedoch die langen Verzögerungen, mit denen neue Wind- und Solarstromerzeuger:innen konfrontiert sind, die Strom ins Netz einspeisen wollen. In den USA stiegen die Wartezeiten bei den vier größten Stromnetzbetreibern von durchschnittlich 2,1 Jahren in den 2000er Jahren auf 3,7 Jahre in den 2010er Jahren. Im Vereinigten Königreich wurden Projekte im Jahr 2022 erst vier Jahre nach dem von ihnen beantragten Datum tatsächlich angeschlossen. Und Anbieter:innen, die im Jahr 2023 einen Anschluss beantragen, können damit rechnen, dass sie ihn zwischen 2030 und 2038 erhalten. Eine Untersuchung von *The Economist* kam zu dem Schluss, dass ein wesentlicher Faktor für die Verzögerungen Spekulationen sind, das heißt Unternehmen, die Projekte auf dem Papier einreichen, um ihren Platz in der Warteschlange zu verkaufen. Auch die Planungs- und Genehmigungsverfahren sind alarmierend langsam – 3-9 Jahre für Onshore-Windprojekte in der EU (The Economist 2023a; O’Connell, et al. 2021; Rand, et al. 2023; REN21 2023b: 18).

2.2 Können die technologischen Herausforderungen bewältigt werden?

Die Umgestaltung der Stromnetze zur Bewältigung eines hohen Anteils an erneuerbaren Energien ist eine Herausforderung, an der Elektroingenieur:innen seit Jahren arbeiten. Im Jahr 2015 nannte eine Forschungsgruppe der US-Regierung die wichtigsten Probleme, die erneuerbare Energien für die Netze mit sich bringen würden: (1) Variabilität (d. h. die Sonne scheint nicht immer und der Wind weht nicht immer); (2) Ungewissheit (es ist schwierig, genau vorherzusagen, wie viel Strom sie wann produzieren werden); (3) Ortsabhängigkeit (Sonne und Wind sind nicht unbedingt dort am stärksten, wo sich die Stromnetze gerade befinden); (4) nicht synchrone Erzeugung (das heißt, grob gesagt, eine fehlende Erzeugung von Wechselstrom, insbesondere für die Trägheit im System); (5) Kapazitätsfaktoren (wie oft kann ein Generator mit maximaler Kapazität betrieben werden – was bei Solar – (ca. 25 %) und Windkraftanlagen (ca. 36 %) weitaus weniger

der Fall ist als bei Gaskombikraftwerken (ca. 56 %) oder Kernkraftwerken (ca. 93 %) (Cochran, et al. 2014; Roberts 2015).²⁴

Mehrere Lösungen für diese Probleme bieten sich an:²⁵

Speicherung. Stromnetze sind komplexe Systeme, in denen In- und Output immer gleich sein müssen. Die Speicherung ist ein Schlüssel zur Regulierung des Stromflusses, aber auch sehr knifflig: Strom muss in eine andere Energieform umgewandelt werden, um gespeichert werden zu können – entweder chemische Energie in einer Batterie, Wärmeenergie oder Antriebsenergie. Viele technologieorientierten Mainstream-Kommentator:innen gehen davon aus, dass Lithiumbatterien, insbesondere in Elektroautos, eine große Rolle bei der Speicherung spielen werden – womit wir wieder bei den im ersten Teil des Artikels erwähnten Beschränkungen für Lithium wären. Es gibt groß angelegte Speichermethoden wie die Pumpspeicherung oder die Wärmespeicherung. Andere Möglichkeiten bestehen darin, den Strom in ein energieintensives Gas, zum Beispiel Druckluft oder Wasserstoff, umzuwandeln, die später wieder rückumgewandelt werden können (Elliott 2017; 2020: 65-73).

Flexibilität. Abgesehen von der Speicherung können die Netze durch Anpassung der Einspeisung oder der Leistung ausgeglichen werden. Die meisten windlastigen Systeme nutzen heute Gaskraftwerke, um Schwankungen bei der Einspeisung auszugleichen; mit dem Ausstieg aus Gas kann dies durch Wasserkraft und andere nicht-variable erneuerbare Energien geschehen. Die Anpassung der Leistung ist potenziell eine viel größere Quelle für Einsparungen, in erster Linie durch „Peak Shaving“, d.h. die Verlagerung der Nachfrage weg von den Spitzenlastzeiten. Umweltschützer argumentieren seit langem, dass die Stromkonzerne die Nachfragespitzen zu großzügig kalkulieren, was zu einem übermäßigen Bau von Kraftwerken führt. Mit der Technologie der „intelligenten“ Stromnetze ist das „Peak Shaving“ nun technisch einfach zu realisieren. Wo Strom als kostenpflichtige Ware geliefert wird, ist dies eine Marktanpassung.

Das britische Staatsnetz testete vor kurzem Preisanreize für Kund:innen, die Geräte außerhalb der Spitzenlastzeiten nutzen: ein einfacher Ansatz führte zu einer Reduzierung der Spitzennachfrage um 12 %, ein ehrgeizigeres „Big Turn Down“-Angebot um 64 %. Es ist nicht nötig, der Unternehmensrhetorik von der „Ermächtigung der Kund:innen“ Glauben zu schenken, um das Potenzial der Flexibilität zu verstehen. Es ist auch nicht

²⁴ Die Kapazitätsfaktoren gelten für die USA im Jahr 2022 und stammen von der [Energy Information Administration](#) (eia 2023).

²⁵ Dies ist meine Zusammenfassung als Nicht-Ingenieur, basierend auf meiner Lektüre von Veröffentlichungen der Industrie und akademischer Forschung.

nötig, strikt antikapitalistisch zu sein, um zu erkennen, dass die Flexibilität der Haushalte von der in der Industrie möglichen Flexibilität in den Schatten gestellt wird: *The Economist* verweist auf das Beispiel industrieller Gefriertruhen (die Kühlungsaggregate laufen nicht dauernd sondern müssen nur regelmäßig nachkühlen, dies kann getimt werden) und meint, dass ein Großteil der industriellen Nachfrage „nicht besonders zeitabhängig“ ist und auf Preissignale reagieren wird. Die *Energy Transition Commission*, ein von Unternehmen unterstützter „grüner“ Think Tank, verweist auf das „große Potenzial“ der Flexibilität von großen industriellen Verbraucher:innen wie Aluminiumschmelzereien (National Grid ESO 2021; ETC 2020: 22; *The Economist* 2023c).

Änderungen bei der Gewährleistung der Systemstabilität. Eine große technische Herausforderung beim Übergang zu Netzen, die von erneuerbaren Energien dominiert werden, besteht darin, dass fossil befeuerte Kraftwerke, Kern- und Wasserkraftwerke in der Vergangenheit eine Trägheit erzeugt haben, die für den Schutz des Systems vor Ausfällen unerlässlich ist. Die Fachleute gehen davon aus, dass erstens mit der Umstellung der Netze auf erneuerbare Energien die verfügbare Trägheit abnimmt, aber auch die benötigte Trägheit; und dass zweitens Wechselrichter (die Gleichstrom in Wechselstrom umwandeln und zur Einspeisung erneuerbarer Energien in das Netz verwendet werden) so entwickelt werden können, dass sie eine „netzbildende“ Funktion übernehmen und die alte „Momentanreserve“ ersetzen (Denholm, et al. 2020; Kroposki, et al. 2017; Elliott 2020: 87).

Informationstechnologie. Verbesserte Wettervorhersagen und Datenanalysen, die durch die Entwicklungen in der Informationstechnologie ermöglicht werden, gehen das Problem der Unsicherheit an (REN21 2023a: 13).

Integration. Je mehr Versorgungsoptionen zur Verfügung stehen, desto effektiver kann mit Schwankungen in der Einspeisung umgegangen werden. Eine stärkere Verbindung zwischen den regionalen Netzen ist hilfreich. Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragungsleitungen (HGÜ), eine relativ neue Technologie, können dies mit geringerem Stromverlust beim Transport durch die Leitungen leisten. Langfristig bedeutsamer ist erstens die Vernetzung zwischen Strom, Heizung/Kühlung und Verkehr (über Elektrofahrzeuge) und zweitens die Verbreitung dezentraler erneuerbarer Energien, was sowohl den Bedarf an Energieerzeugung im großen Maßstab als auch an Übertragung verringert. Die *International Renewable Energy Agency* (IRENA) hat vor kurzem eine Studie über das Potenzial einer solchen sektoralen Integration in Verbindung mit Wasserstoffspeichern und dezentralen erneuerbaren Energiequellen mit „Selbstverbrauch“ (das heißt

Haushalte oder Gemeinschaften, die Energie erzeugen, nutzen sie auch veröffentlicht. Eine Unternehmensberatung in den USA hat kürzlich einen Bericht veröffentlicht, in dem eine sehr starke Verringerung des Gesamtdurchsatzes prognostiziert wird, wenn dezentrale erneuerbare Energien in großem Umfang eingesetzt werden (IRENA 2021; Clack, et al. 2020; Roberts 2021).²⁶

Neue Kombinationen von Gleichstrom und Wechselstrom. Bezüglich der Verringerung des Durchsatzes sehen einige Ingenieur:innen ein Potenzial dafür in Mikronetzen, die mit Gleichstrom betrieben werden (siehe z.B. Magdefrau, et al. 2016; Shenai und Shah 2011; Glasgo, et al. 2016).

Die Richtung des technologischen Wandels ist klar. Dort, wo die erneuerbaren Energien das Netz bereits dominieren, werden in der Regel Gaskraftwerke (deren Leistung relativ einfach nach oben und unten geregelt werden kann) für den Ausgleich eingesetzt. Im Laufe der Zeit werden sie durch eine größere und vielfältigere Palette von Erzeugern, eine stärkere Vernetzung und Integration sowie durch Speicher ersetzt werden. Die Verwaltung der vielfältigen Änderungen der Stromflüsse ist dank der Revolution in der Informationstechnologie bereits viel einfacher geworden. Die dezentrale Erzeugung (in erster Linie Solaranlagen auf den Dächern) wird sicherlich immer mit größeren Erzeugern kombiniert werden, seien es Solar- und Windkraftanlagen, Wasserkraftwerke oder andere nicht mit fossilen Brennstoffen betriebene Anlagen.

2.3 Was sind die Ausgangspunkte für eine sozialistische Sichtweise in diesem Bereich?

Die Umstellung auf erneuerbare Energien ist nicht nur in vollem Gange, die Stromkonzerne und ihre politischen Verbündeten basteln Narrative zusammen, um diese Umstellung zu steuern. In einem Interview, das vor gut einem Jahrzehnt gegeben wurde – und das meiner Meinung nach repräsentativ für diese Narrative ist –, erklärte Steve Holliday, der damalige Chef des britischen Staatsnetzes, dass „die Welt sich eindeutig in Richtung einer viel stärker verteilten [d.h. dezentralen] Stromerzeugung und in Richtung von Microgrids bewegt“, und dass „die Idee der Grundlastversorgung bereits überholt ist“. In Zukunft werde der Markt „auf den Kopf gestellt“; die Solaranlage und die Wärmepumpe der Verbraucher:innen würden die

²⁶ Siehe auch Hanna (2018) und meine Kommentare dazu (Pirani 2018b).

Grundlast darstellen; die Stromwirtschaft, die „auf der Deckung der Nachfrage basiert“, werde durch eine Branche ersetzt, die Angebot und Nachfrage ausgleicht (Beckman 2015).

Eine sozialistische Antwort auf solche Narrative muss nicht auf einer Ablehnung der erneuerbaren Energien oder der Dezentralisierung beruhen, sondern auf einer Ablehnung der Macht der Konzerne, des Diktats der kapitalistischen Expansion und der kapitalistischen Märkte. Sie muss die Notwendigkeit bekräftigen, Energie zu dekommodifizieren, die Energieinfrastruktur in öffentliches Eigentum zu überführen und die Energieversorgung zu einem öffentlichen oder Gemeingut zu machen.

Die technologischen Veränderungen, auf die wir reagieren müssen, wurden oben (2.1) skizziert: Je mehr die dezentrale Erzeugung jene mit großen Kraftwerken verdrängt, desto mehr wird der Stromfluss in mehrere Richtungen fließen, und desto mehr wird das Netz so funktionieren, dass es die flexible Nutzung mit der flexiblen Versorgung in Einklang bringt. Meiner Meinung nach ist dies für Sozialist:innen nicht weniger begrüßenswert als das Wachstum des Internets oder der Mobiltelefonie: Wir müssen nicht die Form des Eigentums akzeptieren, um das Potenzial der Technologie anzuerkennen. Im Falle des Internets wurde dieses Potenzial von den Konzernen, die einen Großteil des Internets kontrollieren, abgewürgt und unterdrückt, aber noch nicht ausgelöscht. Im Falle der dezentralen erneuerbaren Energien steht das Potenzial für neue Formen des gemeinschaftlichen oder öffentlichen Eigentums und der Kontrolle der Energieversorgung offen vor uns.

Dieses Potenzial wurde bisher nur in begrenztem Masse realisiert, in Genossenschaften und kommunalen Projekten, die bestenfalls als Inseln gemeinsamen Eigentums und gemeinsamer Kontrolle in einem von Konzernen dominierten Meer funktionieren. Die vielleicht wichtigste Frage ist, ob und wie sich solche kleinen Inseln zusammenschließen und Teil einer allgemeinen Herausforderung für das Kapital werden können; ob und wie sie mit politischen Veränderungen auf nationaler Ebene zusammengebracht werden können – sozialdemokratische Positionen im kapitalistischen Staat oder andere weitreichendere Veränderungen, die das Kapital zurückdrängen können.

Kämpfe für gemeinsame Eigentumsformen werden immer nur begrenzt möglich sein, wenn sie nicht mit Kämpfen für die Dekommodifizierung von Energie und die Ablösung der Märkte durch die öffentliche Versorgung verbunden sind – das heißt für die öffentliche Kontrolle der Netze und nicht nur für ihre Verstaatlichung im Dienste der Konzerne. Eine Gruppe von akademischen Forschern in Europa hat in den letzten Jahren Vorschläge

für eine gemeinschaftsbasierte und gleichgestellte Produktion entwickelt, bei der „intelligente“ Technologie nicht für den Handel mit Strom als Ware, sondern für die gemeinsame Nutzung als Gemeingut eingesetzt wird.

Die Gruppe hat die technischen Anforderungen für eine gemeinschaftsbasierte Peer-Produktion analysiert, die sich grob in digitale Technologien zur Steuerung der Energieflüsse einerseits und in Rohstoffe und physische Komponenten andererseits unterteilen lassen. Die beiden wichtigsten Softwaretechnologien sind softwaredefinierte Energienetze (SDEN) und paketiertes Energiemanagement (PEM). Diese „passen zum bestehenden liberalisierten Markt mit Hilfs- und Ausgleichsdiensten“, schrieb die Gruppe in einem Papier aus dem Jahr 2020, „sie eröffnen aber auch die Möglichkeit, die Elektrizität zu demokratisieren, wenn sie als Gemeingut verwaltet wird.“ (Giotitsas, et al. 2020)

Ich zitiere hier aus einem von dieser Gruppe im letzten Jahr veröffentlichten Papier, dessen Hauptautor Chris Giotitsas von der Universität Tallinn in Estland ist (Giotitsas, et al. 2022):

„Unser Vorschlag für ein gemeinschaftsorientiertes Energie-Internet basiert auf dem Konzept der Microgrids. In einem softwaredefinierten Energienetz verbinden sich mehrere Microgrids (kleine lokale, oft unabhängige Netze) miteinander, um Strom als Gemeingut zu teilen. Diese Interaktionen werden durch ein paketorientiertes Energiemanagement über eine Kommunikationsnetzinfrastruktur, die auf ähnlichen Prinzipien wie das Internet beruht, optimiert und verwaltet. Das technologische Know-how für die digitale Infrastruktur ist bereits weitgehend vorhanden, auch wenn hauptsächlich versucht wird, sie in marktwirtschaftlichen Beziehungen anzuwenden, bei denen Energie als Ware zwischen verteilten Erzeugern und Verbrauchern behandelt wird.

Die Anwendung dieser Infrastruktur in einem Gemeinschaftsrahmen, das heißt die Behandlung von Energie und Energieinfrastruktur als gemeinschaftliche Ressource und nicht als Ware, vereinfacht mehrere strukturelle Schwierigkeiten, die mit den derzeitigen Vorschlägen zur verteilten Energieerzeugung verbunden sind. Der Gemeinschaftsrahmen beseitigt die komplexen finanziellen Überlegungen, die einem ohnehin schon komplexen Netz der dezentralen Energieübertragung aufgesetzt sind. Er macht den Wert der gemeinsamen Nutzung von Energie für die Bürger transparenter und nachvollziehbar. Er vermeidet eine überwältigende Komplexität von Marktdynamiken und Gleichgewichten, die die Bürger oberflächlich als rationale, egoistische Akteure darstellen.“

Für diejenigen, die für die Ausweitung dieser Gemeinschaftsinseln kämpfen, ist der Zugang zu den Hardware-Elementen von Energiesystemen schwieriger als die Entwicklung von Software. Der Austausch von Wissen über Design- und Konstruktionstechniken ist eine Möglichkeit. Giotitsas et al. berichten über die Erfahrungen, die bei zwei Projekten – einem Mikro-Wasserkraftwerk in Nepal und einem Mikro-Stromnetz in Brasilien – gemacht wurden, um an die Ausrüstung heranzukommen. An der Lösung wird noch gearbeitet. Sie kommen zu dem Schluss, dass die beiden Projekte derzeit „auf die in dieser [kapitalistischen] Weltwirtschaft produzierte Infrastruktur angewiesen sind“ - zeigen aber auch, wie diese vorhandenen materiellen Komponenten und Infrastrukturen „genutzt, repariert oder umgestaltet“ werden können, um die Grundlage für eine gemeinschaftsbasierte Peer-Produktion zu bilden.

Diese wertvollen Artikel zeichnen keinen Pfad für den Übergang zu einem gemeinschaftlich besessenen und kontrollierten Energiesystem. Das ist keine Kritik an den Artikeln: Diesen Weg abzustecken ist eine riesige gemeinschaftliche Aufgabe, gleichbedeutend mit der Herausforderung und Überwindung des Kapitalismus, vor der wir alle stehen. Und meiner Meinung nach haben die letzten Jahrzehnte des Kampfes gezeigt, dass wir kollektiv zwangsläufig unsicher sind, welche Wege wir einschlagen werden (Giotitsas, et al. 2020; Pirani 2021: 9-11). Ich schlage jedoch vor, dass diese Vorschläge ein guter Ausgangspunkt für die Diskussion über den Übergang zu einem sozialistischen Energiesystem sind.

2.4 Schließen sich Dezentralisierung und öffentliches Eigentum gegenseitig aus?

Matt Huber und Fred Stafford behaupten, dass sich Dezentralisierung und öffentliches Eigentum aus zwei Gründen gegenseitig ausschließen. Erstens konstruieren sie einen falschen Gegensatz zwischen öffentlicher/zentralisierter Elektrizität und privater/dezentralisierter/erneuerbarer Elektrizität, der in der Realität nicht existiert. Zweitens behaupten sie, dass ihr imaginäres öffentliches/zentralisiertes System durch variable erneuerbare Energien bedroht sei.

Dieser falsche Gegensatz wird durch das untermauert, was Huber und Stafford (2023) ein „umfassendes materialistisches Verständnis“ der Stromnetze nennen. Die von ihnen vorgeschlagenen Kernprinzipien

„verweisen auf die Bedeutung zentralisierter, groß angelegter und zuverlässiger Stromerzeugung, wie z. B. Wasserkraftwerke und Kernkraftwerke, im Gegensatz zu dezentralen, kleinen und intermittierenden Formen der Stromerzeugung, wie z. B. Solarzellen auf Dächern.“

Erstens ist nicht die gesamte Stromerzeugung in kleinem Maßstab intermittierend/variabel (z. B. kleine Staudämme, geothermische Anlagen, moderne Biokraftstoffanlagen und kleine Gaskraftwerke), und die Stromerzeugung in großem Maßstab ist zwar nicht intermittierend, aber sie nimmt zu und ab auch über längere Zeiträume (z. B. für Reparaturen und Wartungsarbeiten oder wenn die Brennstoffversorgung unterbrochen wird).

Zweitens, und noch wichtiger, besteht die Aufgabe zentraler Stromnetze darin, die ständigen Veränderungen im Angebot und im Verbrauch zu bewältigen. Gegenwärtig wird die zentrale betriebliche Koordinierung der Netze notwendigerweise ausgebaut, da die Stromerzeugung zur Dezentralisierung tendiert und durch die Veränderungen in der Kommunikationstechnologie revolutioniert wird (siehe 2.1).

Jedes materialistische Verständnis des Elektrizitätssystems muss die Dynamik zwischen dem Dezentralisierungstrend bei der Erzeugung und den Veränderungen bei der zentralisierten betrieblichen Koordination erfassen. Huber und Stafford erkennen den Unterschied zwischen beiden nicht einmal an.

Huber und Stafford (2023) zeichnen auch ein völlig verzerrtes Bild davon, wie sich die dezentrale Erzeugung in der Realität entwickelt, indem sie sich auf die netzunabhängige Solarenergie im globalen Norden konzentrieren, die nur einen winzigen Teil des Gesamtbildes ausmacht:

„Während die Elon Musks dieser Welt die Vorteile der „Abkopplung“ vom Stromnetz durch den individuellen Kauf von Solaranlagen auf dem Dach und Batteriespeichern anpreisen, müssen wir für den Ausbau der Elektrizität als universelle öffentliche Infrastruktur kämpfen.“

Ja, Elon Musk ist ein gefährlicher Clown, und ja, eine kleine Anzahl reicher Haushalte, z. B. in den USA und Australien, sieht in der Solarenergie auf dem Dach sicherlich den Weg zu einer reaktionären, isolationistischen, netzunabhängigen Existenz. Aber im Großen und Ganzen sind sie irrelevant. Der Boom bei der Installation von Solaranlagen auf Dächern in den letzten Jahren wurde von staatlichen oder staatlich geförderten chinesischen Unternehmen angeführt, gefolgt von europäischen Stromversorgern, die oft auch staatlich unterstützt werden. All diese Solaranlagen sind be-

reits Teil einer universellen Infrastruktur. Das Hindernis für eine öffentliche Infrastruktur besteht nicht darin, dass die Anlagen dezentralisiert sind, sondern darin, dass sie - wie auch einige Netze - nicht in öffentlichem oder gemeinschaftlichem Besitz und unter öffentlicher Kontrolle sind.

Der Artikel von Huber und Stafford (2023) ist voller Warnungen vor der angeblichen Bedrohung der zentralen Stromsysteme durch dezentrale erneuerbare Energien. Die Intermittenz verleihe den erneuerbaren Energien einen „begrenzten Nutzwert“, der „unvermeidliche Probleme für die Netzplanung schafft“, schreiben sie; wenn es zu viel Wind- und Solarstrom gibt, führe dies zu Drosselungen der Stromproduktion, und wenn es zu wenig Wind gibt, stiegen die Strompreise.

Sie verweisen nicht auf die zentralisierte betriebliche Koordinierung der Stromnetze – nicht nur in Schottland, Dänemark und Kalifornien mit einer mehrheitlich aus erneuerbaren Energien bestehenden Versorgung, sondern auch in vielen anderen Ländern mit einer bedeutenden Stromerzeugung aus variablen erneuerbaren Energien – und erwähnen nicht, wie sich diese Koordinierung in den letzten zwei Jahrzehnten durch die Computertechnologie verändert hat.

Wie das *Renewable Energy Policy Network* und eine Reihe von Forschungsartikeln ausführlich darlegen, ist die Ursache für die Drosselung der Stromerzeugung der Mangel an Übertragungs- und Speicherkapazitäten (REN21 2023a: 11-14), der auf zu geringe Investitionen zurückzuführen ist, was wiederum im Neoliberalismus wurzelt.

Was den Anstieg der Strompreise angeht, wenn weniger Strom als erwartet aus der Windenergie kommt – nun, so regulieren die Märkte (bis zu einer verbesserten Wettervorhersage) Angebot und Nachfrage. Das Problem ist nicht die Intermittenz, sondern die Märkte. (Man beachte, dass das verwendete Beispiel von zu wenig Wind in Europa im Dezember 2022 faktisch falsch ist, was auf ein Problem mit den Forschungsmethoden von Huber und Stafford hinweist.²⁷)

²⁷ Huber und Stafford (2023) schreiben, dass im Herbst 2022 niedrige Windgeschwindigkeiten „das europäische Netz genau zu dem Zeitpunkt plagten, als es die Windenergie am meisten brauchte“. Tatsächlich war die europäische Onshore-Windstromerzeugung im dritten Quartal 2022 um 7 % und im vierten Quartal um 10 % höher als im Vorjahr. Im Juli gab es einen Tag mit negativen Großhandelspreisen (d. h. die Erzeuger bezahlten die Händler dafür, dass sie ihnen den Strom abnahmen) aufgrund hoher Windgeschwindigkeiten in Verbindung mit einer schwachen Nachfrage. Die steigenden Großhandelspreise im dritten Quartal wurden von den Brüsseler Analysten vor allem auf die Unterbrechung der Gaslieferungen durch Russland zurückgeführt; ein weiterer Preisanstieg im Dezember war ihrer Meinung nach auf eine "erhöhte Nachfrage aufgrund niedriger Temperaturen, unterstützt durch Ausfälle norwegischer Gasanlagen" zurückzuführen und nicht auf weniger Wind. Anstatt sich auf

Auf dieser wackeligen Grundlage stellen Huber und Stafford (2023) die Behauptung auf, es sei „immer noch nicht klar, wie [die erneuerbaren Energien] das gesamte Stromnetz so zuverlässig versorgen können, wie es heute die zentralen Kraftwerke tun“, und übergehen dabei alle in der Realität gemachten Erfahrungen und Forschungsergebnisse (siehe 2.2.). Sie verweisen auf die Gefahren von Stromausfällen für „das Überleben des Systems“ und ignorieren dabei die Tatsache, dass in der Vergangenheit Stromausfälle in von fossilen Brennstoffen dominierten Systemen aus Gründen aufgetreten sind, die nichts mit der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien zu tun haben.

Huber und Stafford fassen ihre Ansicht zur Intermittenz mit einem Zitat von Mark Nelson zusammen, der sagte: „Die Behauptung, billige erneuerbare Energien seien eine praktikable Lösung für unser Netzsystem, ist so, als würde man behaupten, dürftige Zelte seien eine praktikable Lösung für die Wohnungsfrage“. Absurderweise bezeichnen sie Nelson, ein Berater und lautstarker öffentlicher Befürworter der Kernenergie,²⁸ als „Energieanalyst“. Dies ist symptomatisch für einen unbefriedigenden Ansatz: Um polemische Ziele zu unterstützen, präsentieren sie ein verzerrtes Bild der Elektrizitätssysteme, gespickt mit Faktenfehlern und illustriert mit Worthülsen wie der von Nelson. In einer Diskussion, die angesichts des Klimawandels zu Recht als eine Frage von Leben und Tod bezeichnet werden kann, hat dies keinen Platz.

2.5 Gibt es grundlegende (und nicht nur pragmatische) Argumente, die gegen eine Dezentralisierung sprechen?

Meines Erachtens gibt es zwei Gründe, die dezentralen erneuerbaren Energien zu begrüßen – einen grundsätzlich technologischen und einen grundsätzlich sozialen und politischen.

Das Wachstum der dezentralen erneuerbaren Energien und die entsprechende Entwicklung der zentralen Netzkoordinierung lassen sich am besten als Teil der „dritten industriellen Revolution“ der 1980er und 90er Jahre verstehen, die mit der transformativen Entwicklung des Mikroprozessors begann. Dies liegt nicht nur an der Bedeutung der Post-Einstein-

eine Analyse zu stützen, die auf einer angemessenen Auswahl von Informationen und Statistiken beruht, scheinen Huber und Stafford ihre falsche Behauptung auf einen Bericht im Wall Street Journal gestützt zu haben. Aber selbst mittelfristige Marktrends lassen sich nicht aus einem einzigen Zeitungsbericht ableiten. Er ist gut genug, wenn man eine Schlagzeile sucht, um sein bereits entschiedenes Argument zu untermauern (EC 2022b, 2022a; IEA 2023a: 75-82).

²⁸ Siehe Mark Nelsons Profil auf X <https://twitter.com/energybants>.

Physik für die Entwicklung von Solarzellen (zum Verständnis des photovoltaischen Effekts und des p-n-Übergangs in Siliziumchips), sondern vor allem an der entscheidenden Rolle der neuesten Computergenerationen für die Entwicklung der Stromnetze. All dies hat dazu geführt, dass erneuerbare Energien, einschließlich dezentrale – ungeachtet der ernstzunehmenden Probleme, die mit ihrer Nutzung in großem Maßstab verbunden sind (siehe 1.3, 1.4 und 2.2) – eine Rolle bei der Dekarbonisierung der Wirtschaft und damit bei der Bewältigung der Bedrohung durch den Klimawandel spielen können.

Ist es angesichts der Bedingungen des Kapitalismus des 21. Jahrhunderts und der extremen Zersetzung und des Missbrauchs von Technologien durch das Kapital sinnvoll, die „dritte industrielle Revolution“ im marxistischen Sinne als „Entwicklung der Produktionskräfte“ zu definieren? Ich denke schon, wenn auch mit großen Einschränkungen – nicht zuletzt wegen der erschreckenden Geschwindigkeit, mit der sich neue Formen der Arbeitsausbeutung ausbreiten, die durch diese neuen Technologien noch verstärkt werden (siehe Huws 2019). In seinem Buch *Climate Change as Class War* suggeriert Huber (2022), dass „Zentralisierung“ in der Entwicklung der Produktivkräfte inhärent sei und dass Marx dachte, sie sei irgendwie von Natur aus fortschrittlich. Vielleicht ist dieses Missverständnis der Grund für seine einseitige Betrachtung der Stromnetze. Siehe *Anmerkung. Marx und die Zentralisierung* am Ende).

Sozialismus bedeutet sicherlich, die zersetzende Wirkung des Kapitalismus auf die Technologien, die Arbeit und die Beziehung des Menschen zur Natur zu überwinden und die Potenziale der Technologien, einschließlich der erneuerbaren Energien, für die menschliche Zusammenarbeit und die Demokratie sowie für neue gesellschaftliche Produktionsverhältnisse nicht nur bei der Elektrizität, sondern auch bei vielem anderen ins Visier zu nehmen. Es sind diese unausgeschöpften, aber sichtbaren Potenziale, die meines Erachtens ein Grund für Sozialist:innen sind, die Verbreitung dezentraler erneuerbarer Energien zu begrüßen.

Der zweite Grund, dezentrale erneuerbare Energien zu begrüßen, ist der oben erwähnte soziale und politische Grund (siehe 2.3): Sie eröffnen Möglichkeiten für öffentliche und kollektive Eigentumsformen; sie zeigen uns, inwiefern die postkapitalistische Gesellschaft anders sein kann und können eine Rolle in breiteren Bewegungen rund um die Klimapolitik spielen.

Huber und Stafford lehnen diese Vision von öffentlicher Macht grundsätzlich ab und bezeichnen sie als „lokalistische Utopie“. Sie behaupten, es gebe eine „Spaltung innerhalb der Kapitalistenklasse“ zwischen „historisch verankerten, investorengeführten Versorgungsunternehmen“, die sich der

Zuverlässigkeit verpflichtet fühlen, und „industriellen Stromverbraucher:innen“, die flexible Lieferverträge anstrebten und „sich betont grün geben“. Diese Spaltung finde sich auch in der „Linken“ wieder: Die „traditionellen Gewerkschaften“ stünden auf der Seite der Versorgungsunternehmen und damit auf der Seite der zentralen Stromerzeugung, während „Umweltschützer:innen und Ökosozialist:innen“ auf der Seite der „Erzeuger:innen erneuerbarer Energien, von Google und der verstärkten Vermarktung von Strom“ stünden.

Das ist ein erfundenes Argument. Die Spaltung zwischen den US-Stromversorger:innen und den industriellen Stromverbraucher:innen ist keine grundsätzliche, sondern eine zwischen Verkäufer:innen und Käufer:innen. Und die Gleichsetzung von mehr erneuerbaren Energien mit „verstärkter Marktöffnung“ ist ein Mythos: Die schnellste Expansion der erneuerbaren Erzeugung findet in China statt, einem der am stärksten regulierten Strommärkte der Welt. Was die angebliche Allianz zwischen „Umweltschützer:innen und Ökosozialist:innen“ mit „verstärkter Vermarktlichung“, „Google“ und so weiter angeht, so kommt das einer unhaltbaren allgemeinen Schuldzuweisung gleich.

Für Huber ist die Ablehnung des „lokalistischen Weges“ eine Frage des Prinzips: Er stehe "in tiefem Widerspruch zur traditionellen marxistischen Vision der Umgestaltung der gesellschaftlichen Produktion", schreibt er. Und um es auf den Punkt zu bringen: „Duke Energy ist es egal, ob Sie ein lokales Mikronetz einrichten“ (Huber 2022: 250).

Dies verrät eine sehr enge Sichtweise sozialistischer Politik. Huber und Stafford scheinen zu glauben, dass die mit dem kapitalistischen Staat verbundene nationale Politik und der traditionelle Arbeitsplatz die einzigen Arenen sind, in denen es sich zu kämpfen lohnt. Aber im wirklichen Leben ist der Klassenkampf viel grösser und komplizierter als das, und – ohne das Potenzial von Genossenschaften zu übertreiben – es ist schwer zu erkennen, was daran „marxistisch“ sein soll, dass man sie mit solch bitteren Beschimpfungen abtut.²⁹

²⁹ Wenn Marx' eigene Haltung relevant ist, lohnt es sich, den klassischen Text *Utopischer und wissenschaftlicher Sozialismus* von Marx' engem Gefährten Friedrich Engels erneut zu lesen. Während er den "eklektischen Durchschnittssozialismus" anprangert, der seine Prinzipien der wirtschaftlichen Organisation als "Ausdruck absoluter Wahrheit, Vernunft und Gerechtigkeit" ansieht, und den Ursprung dieser Ansichten bei "utopischen Sozialisten" wie Robert Owen aufzeigt, war Engels' Charakterisierung dieser Utopisten voll warmer Bewunderung für ihre theoretischen Erkenntnisse und ihre Praxis. Owen, "aus der offiziellen Gesellschaft verbannt" und von der Bourgeoisie gehasst, war durch seine Tätigkeit mit "jeder sozialen Bewegung, jedem wirklichen Fortschritt in England [dem Vereinigten Königreich und vor allem Schott-

In praktischer Hinsicht kann die Ablehnung von Genossenschaften und Gemeinschaftsprojekten im Energiesektor eine echte Bewertung ihrer Fortschritte und Grenzen nur behindern. Ein wichtiger Beitrag zu einer solchen Bewertung wurde im Jahr 2020 von *Trade Unions for Energy Democracy* veröffentlicht. Die Autor:innen haben die Erfahrungen solcher Organisationen in Europa während des letzten Vierteljahrhunderts untersucht. Während sie die Befürworter:innen der gemeinschaftlichen Energieproduktion, die sich den Narrativen der Marktliberalisierung angeschlossen haben, energisch in Frage stellen, richten sie ihre Hauptkritik – meiner Meinung nach zu Recht – auf die unternehmensfreundliche EU-Marktregulierung, die die Rolle des Kapitals stärken soll, und fordern „eine umfassende Rückeroberung der Energiesysteme, verankert in einem Ansatz für öffentliche Güter“ (Sweeney, et al. 2020).

Genossenschaften und Gemeinschaftsprojekte sind bei aller Bedeutung, die sie insbesondere in Dänemark für die Pionierarbeit im Bereich der erneuerbaren Energien haben, nur eine Form von Eigentum dezentraler erneuerbarer Energieerzeugung. Ein Großteil davon ist im Besitz von Unternehmen.

Eine weitere wichtige Form des Eigentums ist die kommunale Verwaltung, wo dezentrale erneuerbare Energien zusammen mit Wärmedämmung und Wärmepumpen in den Kämpfen um den Wohnraum der Arbeiter:innen immer mehr eine Rolle spielen werden. Dies ist ein weiteres Kampffeld, das Huber und Stafford anscheinend für Zeitverschwendung halten – während in New York dank einer langwierigen Kampagne von Sozialist:innen und Gewerkschafter:innen gerade ein Gesetz verabschiedet wurde, das öffentliche Stromversorgungsunternehmen anweist, Projekte für erneuerbare Energien zu planen, zu bauen und zu betreiben (Dawson 2023).

Die wahrscheinlich bedeutendste Ausweitung der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien findet jedoch auf der Ebene der Haushalte statt. In den USA beispielsweise hat die Zahl der Haushalte mit Solaranlagen auf dem Dach im Jahr 2019 die Marke von 2 Millionen überschritten. In vielen Bundesstaaten tobt ein Streit über das „Net Metering“ – die Bedingungen, zu denen diese Haushalte überschüssigen Strom an das Netz zurück verkaufen sollen (Sioshansi 2023: Kapitel 1 zu „net metering“ (Netzstrommessung); Stokes 2020).

land, tatsächlich! Die von ihm gegründeten Genossenschaften, die als "Übergangsmaßnahmen zur vollständigen kommunistischen Organisation der Gesellschaft" gedacht waren, hatten im frühen 19. Jahrhundert "den praktischen Beweis erbracht, dass der Kaufmann und der Fabrikant gesellschaftlich völlig überflüssig sind".

Untersuchungen haben gezeigt, dass vor allem die wohlhabendsten Haushalte in Solaranlagen investieren. Sie ersparen ihren Besitzer:innen Geld bei den Stromrechnungen, obwohl die Amortisationszeit mit den derzeitigen Vorschriften vielerorts viele Jahre betragen kann. Die politische Antwort der Sozialist:innen sollte nicht darin bestehen, sich dem Ausbau der Solarenergie zu widersetzen, sondern zu fordern, dass die Kommunal- und Zentralregierungen die Solarpaneele kostenlos zur Verfügung stellen und die Rechnungen zum Vorteil der Haushalte streng regulieren. Solche Forderungen wären eine natürliche Fortsetzung der Kampagnen, die bereits laufen, um die Profitmacherei der Stromkonzerne durch Preiserhöhungen im Einzelhandel einzudämmen.

3 Schlussfolgerungen

Im ersten Teil des Artikels habe ich die Frage gestellt, ob erneuerbare Energien eine Rolle bei der Verdrängung fossiler Brennstoffe aus der Wirtschaft spielen können. Eine wichtige Schlussfolgerung ist, dass sie zwar durchaus eine Rolle spielen können, die wirklich entscheidenden Fragen aber der Widerstand gegen das Kapital und insbesondere gegen sein Regime der Überproduktion und des Überkonsums im globalen Norden sind. Fortschritte in einem solchen Kampf würden zu einer Verringerung des gesamten Energiedurchsatzes durch großtechnische Systeme führen. Außerdem habe ich denjenigen widersprochen, die behaupten, dass die Unterstützung der Kernenergie durch die Arbeiter:innenbewegung in irgendeiner Weise helfen würde.

Ich habe auch die Hindernisse für die Entwicklung der erneuerbaren Energien erörtert, von denen das schwerwiegendste das Problem der Rohstoffe ist, auf die derzeit in ungerechten, extraktivistischen Beziehungen zugegriffen wird, die dem Kapitalismus des 21. Jahrhunderts inhärent sind. Die Herausforderung besteht darin, den Kampf gegen diesen Extraktivismus mit Initiativen zur Bekämpfung des gefährlichen Klimawandels zu verknüpfen.

Im zweiten Teil des Artikels habe ich die Entwicklungen erörtert, die erforderlich sind, um erneuerbare Energien, einschließlich ihrer dezentralen Formen, in die Stromnetze aufzunehmen. Und ich habe gegen die falsche Behauptung argumentiert, dass dezentrale Erzeugung von Natur aus im Widerspruch zu öffentlichen und gemeinsamen Eigentumsformen steht.

Ich habe eine Perspektive auf durch den Kapitalismus geprägte Technologien vorgestellt und vorgeschlagen, dass wir uns nicht nur der Art und

Weise bewusst sein müssen, wie das Kapital Technologien korrumpiert, sondern auch ihres Potenzials, Gemeineigentum und Demokratie zu unterstützen.

Im Kapitalismus sind diesen Technologien Gefahren eingeschrieben: die Gefahr, dass sie als Ergänzung statt als Ersatz für fossile Brennstoffe eingesetzt werden; die Gefahr, dass die Lieferketten genauso ausbeuterisch und extraktiv sind wie die bei fossilen Brennstoffen und Atomkraft; die Gefahren, die mit der Kontrolle durch die Unternehmen und dem Greenwashing verbunden sind. Aber jedes Solarmodul und jede Windturbine, selbst wenn sie in Privatbesitz installiert sind, haben das Potenzial, in öffentliche oder kollektive Systeme integriert zu werden und eine Rolle bei der Dekarbonisierung zu spielen.

Anmerkung. Marx und die Zentralisierung

Karl Marx' Ideen über die Spannungen zwischen der Entwicklung der Produktivkräfte und den gesellschaftlichen Produktionsverhältnissen, gehören meiner Meinung nach zu seinen wichtigsten, aber auch am meisten missverstandenen Erkenntnissen. Die bedeutenden Kämpfe des frühen 20. Jahrhunderts, als die russische Revolution Marxist:innen an die Regierung brachte, die vor wenig beneidenswerten Entscheidungen über die rasche Industrialisierung standen, hatten eine verzerrende Wirkung auf diese Ideen. Einerseits schrieben die Marxist:innen über die „Produktivkräfte“ nicht als die Gesamtheit der produktiven Interaktion der Menschheit mit der Natur, in deren Mittelpunkt die Arbeit steht, sondern als eine rein quantitative Ausweitung von Maschinen und Techniken – was im Falle der Sowjetunion als eine äusserst dringliche Aufgabe erschien. Auf der anderen Seite vertraten einige Marxist:innen ein mechanisches Verständnis davon, wie die Spannung, über die Marx geschrieben hatte, gelöst werden könnte. Sie hofften, dass – entgegen der sich häufenden Beweise – der Fortschritt von Maschinen und Technik eine grundlegende Kraft sein würde, die die Gesellschaft über den Kapitalismus hinausführt (ich habe an anderer Stelle mehr darüber geschrieben Pirani 2013, 2015).

Matt Huber ist, wie ich meine, von diesem mechanischen Verständnis beeinflusst. In seiner üblichen Polemik gegen den „lokalistischen Weg zum sozialen Wandel“ schreibt er (Huber 2022: 250):

„Aus der Sicht von Marx schafft der Kapitalismus die materielle Grundlage für die Emanzipation durch die Entwicklung einer gross angelegten

und immer stärker zentralisierten Industrie. Er erklärte, wie der Kapitalismus dazu neigt, das Kapital durch die „Enteignung vieler Kapitalist:innen durch wenige“ zu zentralisieren. Aber durch diesen Zentralisierungsprozess wird die Produktion selbst mehr und mehr vergesellschaftet.“

Aber als Marx von der „Enteignung vieler Kapitalist:innen durch wenige“ schrieb, bezog er sich auf die zentralisierende Wirkung des Geldkapitals und die Entwicklung der Kapitalgesellschaften. Marx schrieb auch ausführlich über den Zusammenschluss von Arbeiter:innen in Fabriken, die zuvor in kleinen Werkstätten oder in Heimarbeit verstreut waren. Die Grundlage für gesellschaftliches Eigentum und gesellschaftliche Kontrolle (Sozialismus) war für Marx jedoch nicht die Zentralisierung, sondern der zunehmend gesellschaftliche Charakter der Produktion im Kapitalismus.

Hubers Behauptung, dass Marx' Beschreibungen der physischen Zusammenführung von Arbeiter:innen in Fabriken oder der Entwicklung des Finanzkapitals eine Art prinzipielle Zustimmung zur „Zentralisierung“ implizieren, ergibt keinen Sinn. Dies dann auf den Kontext des 21. Jahrhunderts zu übertragen und zu behaupten, dass der Marxismus eine dritte Art der Zentralisierung - die physische Zentralisierung der Stromerzeugung - befürwortet, macht noch weniger Sinn.

Literatur

- Acosta, Alberto (2013): *Extractivism and neoextractivism: two sides of the same curse*. Beyond development: alternative visions from Latin America 1: Transnational Institute. S. 61-86.
https://www.tni.org/files/download/beyonddevelopment_extractivism.pdf
- Albert, Michael J. (2023a): Ökosozialistische Zukünfte: Ausblick und Strategie *emanzipation - Zeitschrift für ökosozialistische Strategie* 7 (2), S. 203-220.
- Albert, Michael J. (2023b): Ecosocialism for Realists: Transitions, Trade-Offs, and Authoritarian Dangers. *Capitalism Nature Socialism* 34 (1) 2023/01/02, S. 11-30. <https://doi.org/10.1080/10455752.2022.2106578>.
- Anderson, Kevin; Broderick, John F und Stoddard, Isak (2020): A factor of two: how the mitigation plans of 'climate progressive' nations fall far short of Paris-compliant pathways. *Climate Policy* 20 (10), S. 1290-1304.
- Baker, Lucy (2023): New frontiers of electricity capital: energy access in sub-Saharan Africa. *New Political Economy* 28 (2), S. 206-222.
- Beckman, Karel (2015): *Steve Holliday, CEO National Grid: "The idea of large power stations for baseload is outdated"*. *Energy Post*, 11 September 2015. <https://energypost.eu/interview-steve-holliday-ceo-national-grid-idea-large-power-stations-baseload-power-outdated/>.
- Breyer, Christian, et al. (2022): On the history and future of 100% renewable energy systems research. *IEEE Access* 10, S. 78176-78218.
- Brown, Tom W, et al. (2018): Response to 'Burden of proof: A comprehensive review of the feasibility of 100% renewable-electricity systems'. *Renewable and sustainable energy reviews* 92, S. 834-847.
<https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.04.113>.
- Bull, Stan, et al. (2012): *Energy Supply Systems*. In: T. Global Energy Assessment Writing (Hrsg.): *Global Energy Assessment: Toward a Sustainable Future*. Cambridge: Cambridge University Press. S. 1131-1172.
<https://www.cambridge.org/core/product/E999B02E5ABE726E39210572639DD4F7>.
- Capellán-Pérez, Iñigo; De Castro, Carlos und González, Luis Javier Miguel (2019): Dynamic Energy Return on Energy Investment (EROI) and material requirements in scenarios of global transition to renewable energies. *Energy strategy reviews* 26, S. 26.
- Chen, Hao; Chen, Jiachuan; Han, Guoyi und Cui, Qi (2022): Winding down the wind power curtailment in China: What made the difference? *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 167, S. 112725.
- Church, Clare und Crawford, Alec (2018): *Green conflict minerals*: International institute for sustainable development London.
- Clack, Christopher TM; Choukulkar, Aditya; Cotè, Brianna und McKee, Sarah A (2020): *Why local solar for all costs less: a new roadmap for the lowest cost grid*, Vibrant Clean Energy, LLC, 94 S.
- Cochran, Jaquelin, et al. (2014): *Flexibility in 21st century power systems*, National Renewable Energy Lab (NREL), Golden, CO (United States), 14 S.

- Cullen, Daven (2021): Stop Trying to Make Nuclear Power Happen. *New Socialist* 16 October. <https://newsocialist.org.uk/stop-trying-make-nuclear-power-happen/>.
- Dawson, Ashley (2023): How to Win a Green New Deal in Your State. *The Nation*, May 11. <https://www.thenation.com/article/environment/dsa-new-york-build-public-renewables-act/>.
- de Castro, Carlos und Capellán-Pérez, Iñigo (2020): Standard, point of use, and extended energy return on energy invested (EROI) from comprehensive material requirements of present global wind, solar, and hydro power technologies. *Energies* 13 (12), S. 3036.
- DeBoom, Meredith J (2021): Climate necropolitics: Ecological civilization and the distributive geographies of extractive violence in the Anthropocene. *Annals of the American Association of Geographers* 111 (3), S. 900-912.
- Denholm, Paul, et al. (2020): *Inertia and the power grid: A guide without the spin*; NREL/TP-6120-73856, National Renewable Energy Lab (NREL): Golden, CO (United States), 40 S. <https://www.nrel.gov/docs/fy20osti/73856.pdf>.
- Dominish, Elsa; Florin, Nick und Teske, Sven (2019): *Responsible minerals sourcing for renewable energy*; Report prepared for Earthworks by the Institute for Sustainable Futures, University of Technology Sydney, Institute for Sustainable Futures, 54 S.
- Dyke, James; Watson, Robert und Knorr, Wolfgang (2021): Climate scientists: concept of net zero is a dangerous trap. *The Conversation* 22. <https://theconversation.com/climate-scientists-concept-of-net-zero-is-a-dangerous-trap-157368>.
- EC (2022a): *Quarterly Report on European electricity markets* 15 (3, covering third quarter of 2022), European Commission Market Observatory for Energy DG Energy, 52 S. <https://energy.ec.europa.eu/system/files/2023-01/Quarterly%20Report%20on%20European%20Electricity%20markets%20Q3%202022.pdf>.
- EC (2022b): *Quarterly Report on European electricity markets* 15 (4, covering fourth quarter of 2022), European Commission 58 S. https://energy.ec.europa.eu/system/files/2023-05/Quarterly%20Report%20on%20European%20Electricity%20Markets%20Q4%202022%20v2C_0.pdf.
- eia (2023): *Electric Power Monthly*, November 2023, U.S. Energy Information Administration: Washington DC. https://www.eia.gov/electricity/monthly/current_month/november2023.pdf.
- Elliott, David (2017): *Energy Storage Systems*. Bristol, UK: IOP Publishing.
- Elliott, David (2020): *Renewable Energy: Can it Deliver?* Cambridge, UK: Polity Press.
- Energy Institute (2023): *Statistical Review of World Energy*, 26 June 2023, Energy Institute in partnership with KPMG, Kearny, Herriot Watt University, support of BP: London, 60 S.
- ETC (2020): *Making Mission possible: delivering a net-zero economy*; Energy Transitions Commission: London, UK, September, Energy Transitions Commission. <https://www.energy-transitions.org/publications/making-mission-possible>.

- Europe, SolarPower (2022): *Annual rooftop and utility scale installations in the EU*. <https://www.solarpowereurope.org/advocacy/solar-saves/fact-figures/annual-rooftop-and-utility-scale-installations-in-the-eu>
- Froggatt, Antony, et al. (2022): *World Nuclear Industry Status Report 2022*, October 2022, World Nuclear Industry Status Report, M. Foundation; H. B. Stiftung; EWS; T. Greens/EFA und S. Energiestiftung, 385 S. <https://www.worldnuclearreport.org/IMG/pdf/wnisr2022-v3-hr.pdf>.
- Giotitsas, Chris; Nardelli, Pedro HJ; Kostakis, Vasilis und Narayanan, Arun (2020): From private to public governance: The case for reconfiguring energy systems as a commons. *Energy Research & Social Science* 70, S. 101737.
- Giotitsas, Chris, et al. (2022): Energy governance as a commons: Engineering alternative socio-technical configurations. *Energy Research & Social Science* 84, S. 102354.
- Glanz, James, et al. (2023): Why the Evidence Suggests Russia Blew Up the Kakhovka Dam. *The New York Times*, June 16, 2023. <https://www.nytimes.com/interactive/2023/06/16/world/europe/ukraine-kakhovka-dam-collapse.html>.
- Glasgo, Brock; Azevedo, Inês Lima und Hendrickson, Chris (2016): How much electricity can we save by using direct current circuits in homes? Understanding the potential for electricity savings and assessing feasibility of a transition towards DC powered buildings. *Applied Energy* 180, S. 66-75.
- Grubler, Arnulf, et al. (2018): A low energy demand scenario for meeting the 1.5 C target and sustainable development goals without negative emission technologies. *Nature energy* 3 (6), S. 515-527.
- Hanna, Richard, et al. (2018): *Unlocking the Potential of Energy Systems Integration*; Imperial College London: London, UK. <https://imperialcollegelondon.app.box.com/s/0sil57fndc5tn9gfy6ypzp8v61qnv3mg>.
- Heard, Benjamin P; Brook, Barry W; Wigley, Tom ML und Bradshaw, Corey JA (2017): Burden of proof: A comprehensive review of the feasibility of 100% renewable-electricity systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 76, S. 1122-1133. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.03.114>.
- Heinberg, Richard und Fridley, David (2016): *Our renewable future: Laying the path for one hundred percent clean energy*. Washington DC: Island Press, 248 S.
- Heptonstall, Philip J und Gross, Robert JK (2021): A systematic review of the costs and impacts of integrating variable renewables into power grids. *nature energy* 6 (1), S. 72-83.
- Hitchcock Auciello, Benjamin (2019): *A just (ice) transition is a post-extractive transition: Centering the extractive frontier in climate justice*, War on Want and London Mining Network, 32 S. [https://waronwant.org/sites/default/files/Post-Extractivist Transition WEB 0.pdf](https://waronwant.org/sites/default/files/Post-Extractivist%20Transition%20WEB%200.pdf).
- Huber, Matt und Stafford, Fred (2022): In Defense of the Tennessee Valley Authority. *Jacobin* (45), 04.04.2022. <https://jacobin.com/2022/04/new-deal-tennessee-valley-authority-electricity-public-utilities-renewables-green-power>.

- Huber, Matt T und Stafford, Fred (2023): Socialist Politics and the Electricity Grid. *Catalyst: A Journal of Theory & Strategy* 6 (4). <https://catalyst-journal.com/2023/03/socialist-politics-and-the-electricity-grid>.
- Huber, Matthew T. (2022): *Climate Change as Class War: Building Socialism on a Warming Planet*. London: Verso, 320 S.
- Huws, Ursula (2019): *Labour in contemporary capitalism: what next?* London: Palgrave Macmillan.
- IAEA (2023): *Nuclear Safety, Security and Safeguards in Ukraine*, 31 May 2023, International Atomic Energy Agency: Vienna, 36 S.
<https://www.iaea.org/sites/default/files/23/06/gov2023-30.pdf>.
- Idel, Robert (2022): Levelized full system costs of electricity. *Energy* 259, S. 124905.
- IEA (2019): *Key World Energy Statistics 2019*, International Energy Agency: Paris. <https://doi.org/10.1787/71b3ce84-en>.
- IEA (2021): *Key World Energy Statistics 2021*, International Energy Agency: Paris, 80 S. <https://www.iea.org/reports/key-world-energy-statistics-2021>.
- IEA (2023a): *Electricity Market Report 2023*, International Energy Agency: Paris, 133 S. <https://www.iea.org/reports/electricity-market-report-2023>.
- IEA (2023b): *World Energy Investment 2023*, International Energy Agency: Paris, 179 S. <https://www.iea.org/reports/world-energy-investment-2023>.
- IEA (2023c): *World Energy Investment 2023*, May 25, 2023, International Energy Agency: Paris, 180 S. <https://iea.blob.core.windows.net/assets/54a781e5-05ab-4d43-bb7f-752e27495680/WorldEnergyInvestment2023.pdf>.
- IEA und NEA (2020): *Projected costs of generating electricity 2020*, International Energy Agency (IEA), Nuclear Energy Agency (NEA): Paris.
- IRENA (2021): *Sector coupling in facilitating integration of variable renewable energy in cities*, International Renewable Energy Agency: Abu Dhabi, 78 S. https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2021/Oct/IRENA_Sector_Coupling_in_Cities_2021.pdf?rev=26fb6fdd94c743c09a09a54f438ff30d.
- Kirshner, Joshua; Broto, Vanesa Castán und Baptista, Idalina (2020): Energy landscapes in Mozambique: The role of the extractive industries in a post-conflict environment. *Environment and Planning A: Economy and Space* 52 (6), S. 1051-1071.
- Kroposki, Benjamin, et al. (2017): Achieving a 100% renewable grid: Operating electric power systems with extremely high levels of variable renewable energy. *IEEE Power and energy magazine* 15 (2) March-April, S. 61-73.
- Laville, Sandra (2022): Push for new UK nuclear plants lacks facility for toxic waste, say experts. *The Guardian* 28 March. <https://www.theguardian.com/environment/2022/mar/28/push-for-new-uk-nuclear-plants-lacks-facility-for-toxic-waste-say-experts>
- Lazard (2023): *Lazard's Levelized Cost Of Energy+ 2023*, Lazard, 45 S.
- Magdefrau, Derrick; Taufik, Taufik; Poshtan, Majid und Muscarella, Maxwell (2016): *Analysis and review of DC microgrid implementations*. Paper

- presented at 2016 International Seminar on Application for Technology of Information and Communication (ISemantic), IEEE, 241-246 S.
- Matsuo, Yuhji (2022): Re-Defining System LCOE: Costs and Values of Power Sources. *Energies* 15 (18), S. 6845.
- Murphy, David J; Carbajales-Dale, Michael und Moeller, Devin (2016): Comparing apples to apples: why the net energy analysis community needs to adopt the life-cycle analysis framework. *Energies* 9 (11), S. 1-15.
- National Grid ESO (2021): *CrowdFlex – Phase 1 Report*, November 2021, National Grid ESO, 35 S.
- Nemet, Gregory F. (2019): *How Solar Energy Became Cheap*. Abingdon, UK: Routledge, 238 S.
- O’Connell, Ric , et al. (2021): Carbon-Free Energy: How Much, How Soon? *IEEE Power and Energy Magazine* 19 (6), S. 67-76.
- Odum, Howard T. (1971): *Environment, Power, and Society for the Twenty-First Century: The Hierarchy of Energy*. New York: Wiley-Interscience.
- Parker, Kris (2023): *Inside the Ukrainian city threatened with nuclear sabotage*. 6 July. <https://www.opendemocracy.net/en/odr/zaporizhzhia-inhabitants-fear-russian-sabotage-on-nuclear-plant/>
- Patterson, Walt (1999): *Transforming Electricity. The Coming Generation of Change*. Abingdon, UK: earthscan from Routledge.
- Peoples of the Global South (2023): *Manifesto for an Ecosocial Energy Transition from the Peoples of the South*, February 9, 2023, Foreign Policy in Focus. <https://fpif.org/manifesto-for-an-ecosocial-energy-transition-from-the-peoples-of-the-south/>.
- Pirani, Simon (2013): *Technology and socialism. Do they fit together THAT easily?* People and Nature. August 14. <https://peopleandnature.wordpress.com/2013/08/14/technology-and-socialism-do-they-fit-together-that-easily/>.
- Pirani, Simon (2015): *‘The instrument of labour strikes down the labourer.’ Marx on machinery is worth reading*. People and Nature. June 18. <https://peopleandnature.wordpress.com/2015/06/18/the-instrument-of-labour-strikes-down-the-labourer-marx-on-machinery-is-worth-reading/>.
- Pirani, Simon (2018a): *Burning Up. A Global History of Fossil Fuel Consumption*. London: Pluto Press, 272 S.
- Pirani, Simon (2018b): *Memo to Labour. Let’s have energy systems integration for the many*. People and Nature. May 17, 2018. <https://peopleandnature.wordpress.com/2018/05/17/memo-to-labour-lets-have-energy-systems-integration-for-the-many/>.
- Pirani, Simon (2020): The hydrogen hoax. *The Ecologist* (323) 18 december 2023. <https://theecologist.org/2020/dec/18/hydrogen-hoax>.
- Pirani, Simon (2021): *How energy was commodified and how it could be decommodified*. People and Nature. <https://peopleandnature.wordpress.com/site-content/how-energy-was-commodified-and-how-it-could-be-decommodified/>.
- Pirani, Simon (2023a): We need social change, not miracles. *The Ecologist* (339).

- Pirani, Simon (2023b): *How to do away with fossil fuel consumption* People and Nature. 14. August 2023. <https://peopleandnature.wordpress.com/2023/08/14/how-to-do-away-with-fossil-fuel-consumption/>.
- Rand, Joseph, et al. (2023): *Queued Up: Characteristics of Power Plants Seeking Transmission Interconnection As of the End of 2022 [Slides]*, April 2023, Lawrence Berkeley National Lab.(LBNL), Berkeley, CA (United States), 42 S.
- REN21 (2023a): *Global Status Report 2023 Energy Systems and Infrastructure*, REN21, 31 S. https://www.ren21.net/wp-content/uploads/2019/05/GSR2023_EnergySystemsAndInfra_Full_Report_with_endnotes_web.pdf.
- REN21 (2023b): *Global Status Report 2023 Global Overview*, REN21, 48 S.
- REN21 (2023c): *Renewables 2023 Global Status report: Energy Supply module*, 126 S. https://www.ren21.net/gsr-2023/modules/energy_supply/01_energy_supply.
- Rhodes, Aidan; Heptonstall, Phil und Speirs, Jamie (2022): *Materials for Energy- An Energy Futures Lab and UKERC Briefing Paper*, 50 S. <http://hdl.handle.net/10044/1/100872>.
- Riofrancos, Thea, et al. (2023): *Achieving zero emissions with more mobility and less mining*, Januar 2023, Climate and community project. <https://www.climateandcommunity.org/more-mobility-less-mining>.
- Roberts, David (2015): Why wind and solar power are such a challenge for energy grids. Vox June 19. <https://www.vox.com/2015/6/19/8808545/wind-solar-grid-integration>.
- Roberts, David (2017): A beginner's guide to the debate over 100% renewable energy. Vox.
- Roberts, David (2021): *Rooftop solar and home batteries make a clean grid vastly more affordable*: Volts. May 28. <https://www.volts.wtf/p/rooftop-solar-and-home-batteries#details>
- Roser, Max (2020): *Why did renewables become so cheap so fast?, Our World in Data*. <https://ourworldindata.org/cheap-renewables-growth>.
- Rothfuß, Eberhard und Boamah, Festus (2020): Politics and (Self)-organisation of electricity system transitions in a global north-south perspective. *Politics and Governance* 8 (3), S. 162-172.
- Shenai, Krishna und Shah, Krushal (2011): Smart DC micro-grid for efficient utilization of distributed renewable energy. *IEEE 2011 EnergyTech*, S. 1-6.
- Sioshansi, Fereidoon (Hrsg.) (2023): *The Future of Decentralized Electricity Distribution Networks*. Amsterdam: Elsevier, 526 S.
- Stafford, Fred (2022): We Need a Nuclear New Deal. *Breakthrough Journal* (18), December 6. <https://thebreakthrough.org/journal/no-18-fall-2022/we-need-a-nuclear-new-deal>.
- Stirling, Andy und Johnstone, Philip (2018): A global picture of industrial interdependencies between civil and military nuclear infrastructures. *SWPS 2018-13*. https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3230021.
- Stokes, Leah Cardamore (2020): *Short circuiting policy: Interest groups and the battle over clean energy and climate policy in the American States*. New York Oxford University Press, USA.

- Sweeney, Sean; Treat, John und HongPing Shen, Irene (2020): *Transition in Trouble? The Rise and Fall of Community Energy in Europe*; TUED Working Paper (13), Union for Energy Democracy: New York, 45 S.
<https://rosalux.nyc/wp-content/uploads/2020/09/tuedworkingpaper13.pdf>.
- Teske, Sven, et al. (2015): *Energy [R]evolution - A sustainable world energy outlook 2015*, greenpeace international, global wind energy Council, solarPowereurope: Amsterdam, Brussels, 363 S.
- The Economist (2023a): Hurry up and wait. Adding capacity to the electricity grid is not a simple task. *The Economist*, Technology Quarterly.
<https://www.economist.com/technology-quarterly/2023/04/05/adding-capacity-to-the-electricity-grid-is-not-a-simple-task>.
- The Economist (2023b): The ultimate supply chains. *The Economist*, 8 April.
<https://www.economist.com/technology-quarterly/2023-04-08>.
- The Economist (2023c): Defying Dunkelflaute. It is harder for new electric grids to balance supply and demand. *The Economist* Technology Quarterly April 5th.
<https://www.economist.com/technology-quarterly/2023/04/05/it-is-harder-for-new-electric-grids-to-balance-supply-and-demand>.
- Ulsrud, Kirsten (2020): Access to electricity for all and the role of decentralized solar power in sub-Saharan Africa. *Norsk Geografisk Tidsskrift-Norwegian Journal of Geography* 74 (1), S. 54-63.

Dieser Artikel ist erstmals auf Englisch am 13. und 14. September auf dem Blog *People and Nature* erschienen.³⁰ Peter Hänggli und Christian Zeller haben ihn für *emanzipation* ins Deutsche übersetzt.

Simon Pirani ist Historiker und Honorarprofessor an der Universität von Durham. Er arbeitet seit vielen Jahren zu Energiefragen und schreibt einen Blog unter peoplenature.org

Sein letztes Buch:

Pirani, Simon (2018): *Burning Up. A Global History of Fossil Fuel Consumption*. London: Pluto Press, 272 S. Simon Pirani schrieb kürzlich *Die Grenzen des westlichen Wirtschaftskriegs mit Russland und das Scheitern der Klimapolitik* für *emanzipation* 7.1, 2023, S. 121-145.

³⁰ Simon Pirani: [Wind, water, solar and socialism. Part 1: energy supply](#) *People and Nature*, 13. September 2023, and [Wind, water, solar and socialism. Part 2: electricity networks](#) *People and Nature*, 14. September 2023