

März 2019 · Fabian Reetz

Blockchain & das Klima

Warum die nationale Blockchain-
Strategie Innovations- und
Klimapolitik zusammenbringen
sollte



Think Tank für die Gesellschaft im technologischen Wandel



Executive Summary

Blockchains stehen für einen hochinnovativen und vielseitigen Technologiebereich, der auf ein enormes Interesse in Unternehmen stößt. Insbesondere hat sich Berlin zu einem globalen Zentrum der Blockchain-Entwicklung entwickelt. Viele Startups, Entwickler:innen und Technologie-Hubs haben ihren operativen Sitz in Deutschland und nicht wie so häufig im Silicon Valley. Mehrere Bundesministerien erarbeiten deshalb aktuell die nationale Blockchain-Strategie, um den Technologiebereich in Deutschland finanziell zu fördern und rechtliche Rahmenbedingungen für die Branche zu schaffen. Bei der Entwicklung der Strategie steht die Bundesregierung vor der Herausforderung, einerseits die Weiterentwicklung und wirtschaftliche Nutzung des Technologiebereichs anzutreiben. Andererseits muss sie auf den enormen Energieverbrauch vieler Blockchains wie Bitcoin und Ethereum – den beiden bekanntesten Vertretern dieser Technologie – reagieren, da dieser mittlerweile Größenordnungen ganzer Nationen erreicht.

Der hohe Stromverbrauch vieler Blockchains entsteht vor allem durch einen speziellen Baustein der Technologie, der als Proof of Work (PoW) bezeichnet wird. Konsensmechanismen wie PoW ersetzen in Blockchains eine zentrale Vertrauensinstanz wie eine Bank oder Clearingstelle, indem deren Aufgaben und das ihnen entgegengebrachte Vertrauen auf eine größere Gruppe verteilt wird. Der spezielle Konsensmechanismus PoW erfordert enorme parallele Rechenleistung für das Verlängern der Blockchain durch neue Blöcke, was als Mining (zu Deutsch: Schürfen) bezeichnet wird. Je nach Studie und Methodik wird etwa der jährliche Verbrauch von Bitcoin mit 30 bis 75 Terawattstunden angegeben. Damit ist er vergleichbar mit dem Stromverbrauch von Dänemark oder der gesamten künstlichen Beleuchtung in Deutschland. Der Energieverbrauch von Bitcoin ist jedoch nur die Spitze des Eisbergs. Denn viele andere noch im Wachstum befindliche Blockchains wie Ethereum, Dash, ZCash, Monero und hunderte anderer basieren ebenfalls auf dem energieintensiven PoW-Mechanismus. Lösungsvorschläge, den Energiebedarf von PoW-Blockchains wie Bitcoin durch erneuerbare Energiequellen zu decken, würden ins Leere laufen. Die benötigten Energiemengen würden anderswo fehlen und das Problem nur verschieben.

Durch den Proof of Work Mechanismus sind viele Blockchains klimapolitisch nicht tragbar. Denn hält die globale Verbreitung der PoW-Blockchains weiter an, werden sie mittel- bis langfristig einen Energieverbrauch auf dem Niveau von Bitcoin und damit ganzer Nationen entwickeln. Das wäre aus klimapolitischer Sicht eine gravierender Rückschritt. Keines der Szenarien, auf denen



Beschlüsse wie das Pariser Klimaabkommen basieren, beziehen diese Entwicklung mit ein. Dadurch tragen Blockchain-Technologien dazu bei, dass die Einhaltung der Pariser Klimaziele immer unwahrscheinlicher wird, da andere Wirtschaftsbereiche dies kompensieren müssten.

Allerdings ist der allergrößte Teil dieser Emissionen technologisch überhaupt nicht notwendig. Mittlerweile existieren viele Blockchains, deren Konsensmechanismen auf anderen technischen Verfahren basieren und dadurch weitaus weniger klimaschädlich sind. Dies sind Blockchains, die statt Proof of Work beispielsweise auf Verfahren wie Proof of Stake oder Proof of Authority setzen. Auch sie können die Sicherheit der verteilten Datenbank gewährleisten – jedoch ohne den massiven parallelen Rechenaufwand. Diese Alternativen sind bereits im Markt etabliert und werden etwa im Stromhandel oder für die Verwaltung von Zertifikaten im Strommarkt eingesetzt. Allein der Energieverbrauch von Bitcoin könnte durch die Umstellung von Proof of Work auf den Proof of Stake Konsensmechanismus von derzeit ca. 30 bis 75 Terawattstunden auf weniger als 0,01 Terawattstunden reduziert werden – eine Einsparung von mehr als 99 Prozent.

Die nationale Blockchain-Strategie sollte daher das Ziel haben, den Einsatz und die Weiterentwicklung energieeffizienter Blockchains zu fördern. Regierung und Verwaltung haben darauf direkten Einfluss: Von staatlichen Förderprogrammen wird abhängen, welche Blockchains einen breiten Einsatz in regulierten Bereichen wie Finanz-, Versicherungs-, oder Energiewirtschaft finden und welche nicht. Die Energieeffizienz sollte daher Bestandteil aller behördlichen Analysen und Entscheidungen im Blockchain-Bereich werden. Zusätzlich könnte eine ohnehin geplante Besteuerung von Kryptowährungen an den verwendeten Konsensmechanismus, beziehungsweise an die Energieeffizienz der jeweiligen Blockchain geknüpft wird.

Gleichzeitig sollte die nationale Blockchain-Strategie alle energieintensiven PoW-Blockchains von jeglicher staatlicher Förderung ausschließen, um ein klares Signal an die Entwickler:innen-Community zu senden. Bei Technologieausschreibungen der öffentlichen Hand sollten nur Angebote zugelassen werden, die kein Proof of Work verwenden. Langfristig könnte das PoW-Mining in Deutschland mit einer angemessenen Karenzzeit auch verboten werden. Obwohl das energiefressende Mining vor allem im Ausland in Ländern wie China, Kanada oder Georgien betrieben wird und ein internationaler Alleingang Deutschlands dies nicht stoppen würde, könnte die mediale Wirkung einen deutlichen Effekt auf den Wechselkurs und damit den Energieverbrauch von Blockchain-basierten Währungen haben. Dieser Effekt würde

zunehmen, je mehr Staaten diesem Weg folgen würden. Staaten wie Kanada haben schon erste Schritte in diese Richtung unternommen.

Blockchain ist ein hochinnovativer und vielseitiger Technologiebereich, der einen wichtigen Wirtschaftsfaktor darstellen könnte. Deutschland könnte hier Innovationsförderung mit Klimaschutz verbinden. Unserem früheren Ruf als innovativer Technologie- und Klimavorreiter könnten wir damit wieder gerechter werden.



Blockchain: Licht und Schatten

Die Energiewirtschaft beschäftigt sich intensiv mit dem Thema Blockchain. Nachdem die Branche in den letzten Jahrzehnten kaum Innovationen gesehen hat, befindet sie sich nun in Aufbruchstimmung. Da unsere Energiewirtschaft aus mannigfaltigen Transaktionen besteht, die via Blockchain vereinfacht und automatisiert werden können, birgt die Technologie großes Veränderungspotential in der Energiewirtschaft.

Damit wir sicher unseren Strom aus der Steckdose bekommen, laufen unmerklich von Verbraucher:innen etliche Prozesse im Hintergrund ab. Diese sind seit Jahren quasi unverändert und nutzen zum Teil Datenprotokolle aus den 1970er Jahren für die Kommunikation zwischen den IT-Systemen der Versorger, Netzbetreiber und Kraftwerke. Mit der immer höheren Prozessgeschwindigkeit und Komplexität, die die Energiewende mit ihrer volatilen Erzeugung aus Wind und Sonne erzeugt, gelangen diese Prozesse und Protokolle an ihre Grenzen. Da Datensicherheit für die Betreiber:innen von kritischen Infrastrukturen einen besonders hohen Stellenwert hat, sind deren IT-Systeme wie Silos aufgebaut und sie zeigen wenig Bereitschaft, ihre Systeme zu modernisieren. Blockchain macht durch das Vertrauen in gemeinsam genutzte IT-Infrastruktur und die weitreichenden Automatisierungsoptionen neue Herangehensweisen an die Prozesse der Energiewirtschaft möglich.¹

Auch die Politik hat Blockchain als Thema für sich erkannt. Nachdem die Technologie schon im aktuellen Koalitionsvertrag der Bundesregierung vielfach als Wirtschaftsfaktor und Innovationstreiber benannt wurde, erarbeitet nun das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) in Kooperation mit dem Bundesministerium für Finanzen (BMF) eine nationale Blockchain-Strategie, die im Sommer 2019 vorgelegt werden soll. Sie soll unter anderem Schwerpunkte für Forschungsgelder festlegen, die Anwendung der Technologie durch die öffentliche Hand und Bildungsmaßnahmen regeln.²

Während das Interesse an Blockchain seitens der Politik und ihre Bereitschaft, diese Technologie zu fördern grundsätzlich begrüßenswert sind, dürfen ihre Schwachstellen nicht ausgeblendet werden: Der Energieverbrauch der bislang größten und ältesten Kryptowährung Bitcoin hat eine Größen-

¹ BDEW 2017: [Blockchain in der Energiewirtschaft - Potenziale für Energieversorger](#);
Reetz 2017: [Welche Chancen ein digitales Energie-Marktdesign bietet](#);
dena 2019: [Blockchain in der integrierten Energiewende](#).

² Die nationale Blockchain-Strategie wurde unter anderem in der Antwort der Bundesregierung auf eine kleine Anfrage der Grünen zum Thema Blockchain erwähnt: <http://dip21.bundestag.de/dip21/btd/19/058/1905868.pdf>.



ordnung erreicht, die (zugegebenermaßen plakativ) mit dem ganzen Länder wie Chile verglichen wird.³

Doch Bitcoin ist nicht gleich Blockchain. Letzteres ist ein technologischer Oberbegriff, die Kryptowährung Bitcoin hingegen stellt eine konkrete Anwendung dieser Technologie dar. Die Unterschiede zwischen den verschiedenen Blockchains, die es mittlerweile gibt, können gravierend sein, da jede dieser Lösungen aus verschiedenen *Bausteinen* besteht, die unterschiedliche Funktionen und vor allem Auswirkungen auf den Energieverbrauch haben können.

Obwohl Blockchain der Heilsbringer der Energiewende sein soll, ist Bitcoin als die älteste und populärste Blockchain ein Klimakiller. Eine stringente staatliche Förder- und Forschungspolitik ist auf dieser Grundlage kaum denkbar, da weitgehend unklar ist, ob sie anderen politischen Zielen, wie dem Klimaschutz, entgegenstehen würde. Entwickler:innen und politische Entscheidungsträger:innen sollten sich deshalb dringend mit den Auswirkungen der Technologie auf diese Bereiche auseinandersetzen und darauf reagieren.

Mit diesem Papier wollen wir eine Differenzierung vornehmen, was *genau* den enormen Energieverbrauch verursacht und welche klimapolitischen Implikationen das hat. Politischen Entscheidungsträger:innen wollen wir damit Orientierung geben und Vorschläge präsentieren, wie sie konkret damit umgehen können. Bitcoin als populärste Blockchain nutzen wir dabei zur Veranschaulichung.

Das Energieproblem vieler Blockchains: Der Proof of Work-Mechanismus

Entgegen der Darstellung in öffentlichen Debatten und den Medien haben weder die Länge der Blockchain, noch die Anzahl der Transaktionen einen großen Einfluss auf den Energieverbrauch. Der Energieverbrauch vieler Blockchains wie Ethereum und Bitcoin lässt sich in zwei Bereiche aufteilen:

Der erste Teil entfällt auf den Betrieb der Computer, auf denen eine Blockchain gespeichert ist – sogenannte Nodes. Die offizielle Anzahl der Nodes

³ Energy Institute at Haas 2018: [Bitcoins should be called BTU-Coins and that's a Problem.](#); Holthaus 2018: [Bitcoins Energy Use got studied and you libertarian Nerds look even worse than usual.](#); Digiconomist 2019: <https://digiconomist.net/bitcoin-energy-consumption>.



liegt sowohl für Bitcoin, als auch für Ethereum bei etwa 10.000, wobei vermutet wird, dass viele weitere Nodes ihre Existenz digital verschleiern.⁴ Diese Nodes können normale Computer sein, die zum Teil auch für andere Zwecke – zum Beispiel als Server – verwendet werden. Nimmt man eine durchschnittliche Leistung von 1000 Watt pro Node an, ergibt sich ein Stromverbrauch von ca. 8,76 Gigawattstunden für die Speicherung der Bitcoin oder Ethereum Blockchain. Das entspricht etwa dem Stromverbrauch von 2000 Drei-Personen-Haushalten in Deutschland.

Der zweite und weitaus größere Teil des Energieverbrauchs entfällt auf das Erstellen neuer Blöcke. Damit eine Blockchain ohne eine zentrale Vertrauensinstanz wie eine Bank oder eine Clearingstelle auskommt, ist es notwendig, deren Aufgaben und das ihnen entgegengebrachte Vertrauen auf eine größere Gruppe zu verteilen. Dafür werden Regeln zur gemeinsamen Entscheidungsfindung – ein Protokoll – gebraucht.

Dieses Protokoll ist so gestaltet, dass alle Gruppenmitglieder einen Anreiz haben, gemeinsam die Aufgaben als “Vertrauensstelle” zu übernehmen. Es sorgt also dafür, dass Transaktionen überprüft und gespeichert werden und sich alle darüber einig werden können. Gleichzeitig muss das Protokoll verhindern, dass sich Einzelne als Mehrheit der Gruppe ausgeben, um Abstimmungen zu ihren Gunsten zu manipulieren – beispielsweise durch Erhöhen des eigenen Kontostandes. Dieser sogenannte Konsensmechanismus ist ein zentraler Baustein von Blockchains, kann aber auf unterschiedliche Weise ausgeführt werden.

Nur eine Variante dieser Konsensmechanismen hat einen hohen Energieverbrauch: der *Proof of Work*. Dieser Nachweis über eine erbrachte Arbeit wird unter anderem von Bitcoin, Ethereum und vielen weiteren, weniger bekannten Blockchains verwendet. Hinter dieser Arbeit verbirgt sich die Rechenleistung, die Computer aufbringen müssen, um ein Zufallsrätsel zu lösen. Bei diesem Vorgang spricht man vom Mining (zu Deutsch: Schürfen) von Kryptowährung.

Wenn also vom hohen Energieverbrauch von Blockchain oder Bitcoin berichtet wird, ist eigentlich das Mining des PoW-Mechanismus gemeint. Hinter diesem Mechanismus verbirgt sich der Grund für deren enormen Energieverbrauch: Auf der ganzen Welt verteilt finden viele Millionen energieintensive Rechenoperationen gleichzeitig statt, von denen *immer nur eine einzige*

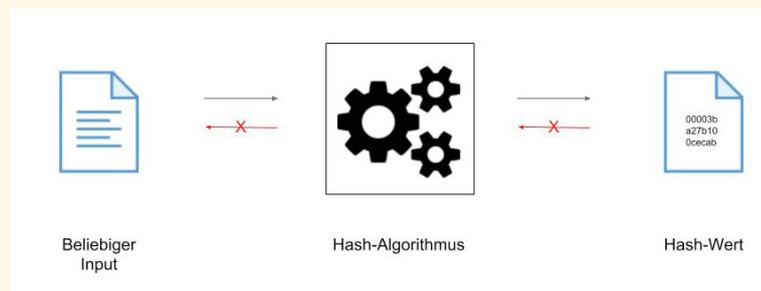
⁴ Die Nodes des Ethereum Netzwerks sind unter <https://www.ethernodes.org/network/1> einsehbar;

Die Nodes des Bitcoin Netzwerks sind unter <https://bitnodes.earn.com> einsehbar.

das Rätsel löst. Die anderen vielen Millionen Rechnungen verbrauchen zwar Strom, werden aber schlussendlich verworfen.

Technischer Hintergrund: Die Abläufe bei Proof of Work

Beim Aufbau einer Blockchain, also dem Aneinanderreihen von Blöcken, spielt das so genannte Hashing eine entscheidende Rolle. Den Hashwert eines Blockes kann man sich als Prüfsumme vorstellen. Ein Hash ist eine eindeutige Zeichenfolge in einer bestimmten Länge, die einen beliebigen Input repräsentiert. Etwas anschaulicher ausgedrückt ist das ein eine Art Black Box, in die man zum Beispiel einen Text (oder im Falle von Blockchain eine Folge von Transaktionen) hineingibt und eine kryptische Zahl immer gleicher Länge herausbekommt. Berechnet jemand anderes den Hash des gleichen Inputs, kommt exakt dasselbe Ergebnis heraus – es ist also sehr leicht zu prüfen, dass der Hashwert zu einem Input gehört. Es gibt aber keine Möglichkeit, den Input aus dem Hashwert zu rekonstruieren. Das Hashing funktioniert nur in eine Richtung.

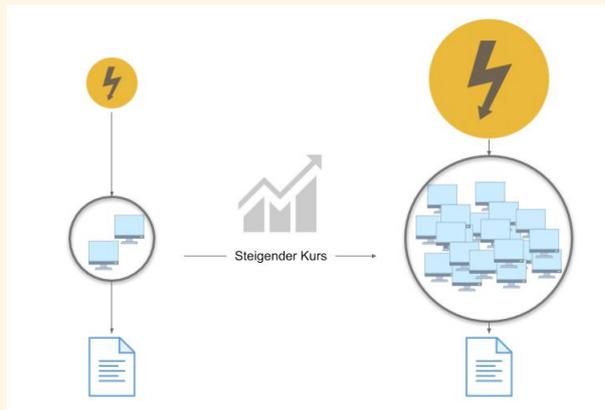


Bei Proof of Work steht aber nicht der Input am Anfang, sondern ein bestimmter Hashwert, zu dem dem passenden Input gefunden werden soll. Im Falle von Bitcoin ist dies zum Beispiel eine bestimmte Anzahl von Nullen am Anfang des Hashwertes. Dafür hängen die Miner dem Inputtext eine beliebige Ergänzung an und überprüfen, ob das Ergebnis damit der Vorgabe entspricht – wenn nicht, wird die nächste Ergänzung ausprobiert. Jeder Versuch hat dabei aufs Neue dieselbe Erfolgswahrscheinlichkeit. Statistisch gesehen sind für das richtige Ergebnis viele Millionen Versuche notwendig (Unter <https://blockexplorer.com> sind die Inhalte, Hashwerte und weitere Informationen zu den Blöcken u. A. der Bitcoin-Blockchain einsehbar).

Zusammenfassend kann man festhalten: Es ist sehr schwer und mit hohem Rechenaufwand verbunden, den richtigen Hashwert für einen Block zu finden, jedoch sehr einfach für Dritte, das Ergebnis auf Richtigkeit zu prüfen. Hier liegt das entscheidende Sicherheitsmerkmal dieses Konsensmechanismus. Es wird durch den zu leistenden Rechenaufwand (und damit verbundene Energiekosten) eine ökonomische Hürde gesetzt, einen neuen Block an die Blockchain anzufügen. Gleichzeitig ist die Wahrscheinlichkeit, bei Fehlverhalten erwischt zu werden, enorm hoch.

Damit die Miner diesen Aufwand trotzdem auf sich nehmen, bekommen sie für jeden Block, den sie erfolgreich an die Blockchain anfügen, eine Belohnung. Bei Bitcoin sind das 12,5 Bitcoin alle 10 Minuten, was zeitweise bis zu 250.000 US-Dollar entsprach (Dezember 2017). Wer mehr Rateversuche pro Sekunde schafft, hat eine höhere Chance, als erster Miner den richtigen Hash zu finden, was zu einer Art Wettrennen um die meisten Versuche pro Sekunde, der so genannten Hashrate, sorgt. Da jeder Versuch eine Rechenoperation und damit Energieaufwand darstellt, sind die örtlichen Stromkosten ein entscheidender Faktor für den Betrieb solcher Miner.

Man kann sich das wie eine Lostrommel auf dem Rummel vorstellen, die nur ein einziges richtiges Los enthält. Je mehr Lose ich kaufe, desto höher sind meine Chancen, das richtige Los zu ziehen. Nur, dass der Losverkäufer (bei Bitcoin also das Protokoll) merkt, wenn auf einmal mehr Lose verkauft werden als sonst, und einfach entsprechend viele Nieten hinzugibt, um es wieder schwerer zu machen.



Hier verbirgt sich ein entscheidendes Detail des PoW-Algorithmus: Nur der eine Rechner beziehungsweise Miner, der als erster das Rätsel lösen konnte, bekommt dafür eine Belohnung. Alle anderen Rechenoperationen – sowohl die erfolglosen, vorangegangenen Versuche des Gewinners, als auch die aller anderen Miner – waren umsonst. Die Anzahl dieser Versuche ist mittlerweile auf eine astronomische Größe angestiegen. Pro Sekunde werden allein von den Minern des Bitcoin-Netzwerkes, das nur einen Teil des globalen PoW Hashings ausmacht, um ein Vielfaches mehr Hashes berechnet, als es [Galaxien im gesamten Universum](#) gibt.

Der Haupteinflussfaktor für den Energieverbrauch ist der Wechselkurs zu Währungen wie Dollar oder Euro. Je höher die Differenz aus aktuellem Kurs und den Betriebskosten für das Schürfen, desto mehr Gewinn kann erzielt werden. Vereinfacht ausgedrückt: *Je höher der Kurs, desto höher ist der Energieverbrauch*. Denn dann ist die Gewinnwahrscheinlichkeit und die theoretisch mögliche Gewinnsumme durch den Bitcoin-Kurs so hoch, dass die Betriebskosten überschritten werden – sie machen Gewinn. Diese Logik betrifft nicht exklusiv Bitcoin, sondern alle PoW Blockchains.⁵

Wieviel Energie Blockchains wie Bitcoin genau verbrauchen, ist allerdings nur schwer zu bestimmen, da die Computer, die die Blöcke schürfen (Miner) auf der ganzen Welt verteilt sind und ihre jeweilige Effizienz stark variiert. Je nach Methodik und verwendeten Annahmen variieren die Ergebnisse zahlreicher Studien zu diesem Thema entsprechend stark, was zum Teil zur Unsicherheit von Entscheidungsträger:innen und gegenseitigen Diskreditierung der Autor:innen führt. Je nach Studie und Methodik wird der jährliche

⁵ Economist 2019: [Will bitcoin's price crash cut into its energy use?](#).



Verbrauch von Bitcoin mit 30 bis 75 Terawattstunden angegeben.⁶ Damit liegt er in der Realität zwischen dem Stromverbrauch von Dänemark und dem der gesamten künstlichen Beleuchtung in Deutschland.⁷ Für die Ableitung eines dringenden Handlungsbedarfs ist die genaue Zahl aber ohnehin zweitrangig. Vielmehr die schiere Größenordnung des Energieverbrauchs von Proof of Work-Blockchains im Allgemeinen und Bitcoin im Speziellen ist hier ausschlaggebend.

Warum ist das energie- und klimapolitisch relevant?

Spätestens seit dem letzten Bericht der internationalen Expert:innengruppe IPCC zu den Folgen der Klimakrise⁸, dem fast versiegten Rhein und den Fotos des ausgetrockneten Europas, die der Astronaut Alexander Gerst von der Raumstation ISS aus geschossen hat, sollte die Dringlichkeit, mit der wir unseren Energieverbrauch reduzieren und dekarbonisieren müssen, allen bewusst sein.

Der Energieverbrauch in der Größenordnung von Terawattstunden von Bitcoin allein ist energie- und klimapolitisch schon eine relevante Größe, jedoch nur die Spitze des Eisbergs, denn viele andere Blockchains wie Ethereum, Dash, ZCash, Monero und Hunderte andere verwenden PoW und schicken sich an, weiter zu wachsen und eine immer größere Rolle in unserer Welt zu spielen. Wenn sich die Technologie also weiterhin großem Wachstum erfreut, werden langfristig etliche PoW-Blockchains einen Energieverbrauch auf dem Niveau von Bitcoin und damit ganzer Nationen entwickeln. Das wäre aus klimapolitischer Sicht eine Katastrophe.

Bitcoin-Fans führen immer wieder an, dass das Mining hauptsächlich in Ländern mit viel Erneuerbaren Energien aus Wasserkraft oder Geothermie stattfindet (zum Beispiel Island oder Kanada) und damit kaum Emissionen

6 Nimmt man für diese Abschätzung an, dass weltweite Mining ausschließlich mit der effizientesten Hardware (Antminer S9) durchgeführt wird und keine zusätzliche Energie für Kühlung und Nebenaggregate benötigt wird, ergibt sich zum Beispiel bei einer Hashrate von 40 Exahashes pro Sekunde ein Jahresstromverbrauch von ca. 32 TWh. Der reale Stromverbrauch dürfte aufgrund von weniger effizienter Hardware und zusätzlich benötigter Kühlung deutlich darüber liegen.

7 UN 2016: <http://data.un.org/Data.aspx?q=denmark+energy&d=ICS&f=cmlID%3a17100-0%3bcrID%3a208>;

BMWi 2018: [Energieeffizienz in Zahlen](#).

8 Der letzte Spezialreport des IPCC beschäftigt sich mit den möglichen Folgen einer durchschnittlichen Erderwärmung von 1.5°C im Vergleich zum vorindustriellen Zeitalter: <https://www.ipcc.ch/sr15/>.

verursache. Diese Erklärung unterschlägt aber, dass diese Energie dann an anderer Stelle fehlt. Proof of Work-Mining verschiebt durch massive Nachfrage Emissionen auf andere Sektoren. Kosten und Emissionen werden systematisch externalisiert.

Gleiches trifft zu, wenn das Mining von Kryptowährungen nach Auslaufen der Subventionen für Erneuerbare Energien als Einnahmequelle genutzt werden soll. Die hierbei verbrauchte Energie steht anderen Verbraucher:innen nicht mehr zur Verfügung. Es wirkt aus volkswirtschaftlicher Sicht wie ein zusätzlicher Sektor für den Stromverbrauch, der innerhalb von kürzester Zeit entstanden ist. Die nötige Infrastruktur und der weltweite Kraftwerkspark verändern sich im Vergleich dazu aber nur im Schneckentempo – Emissionen steigen und Infrastrukturkosten werden sozialisiert.

Ein weiterer Punkt, den Befürworter:innen von Proof of Work immer wieder anführen, ist, dass die Effizienz des Minings durch regelmäßig erneuerte Spezial-Hardware stetig steigt und damit weniger Energie verbraucht wird. Diese Effizienzgewinne werden jedoch von der umso schneller steigenden Gesamtrechenleistung (der Hashrate) des Netzwerks mehr als aufgezehrt, sodass eine regelrechte “Aufrüstungsspirale” entsteht.

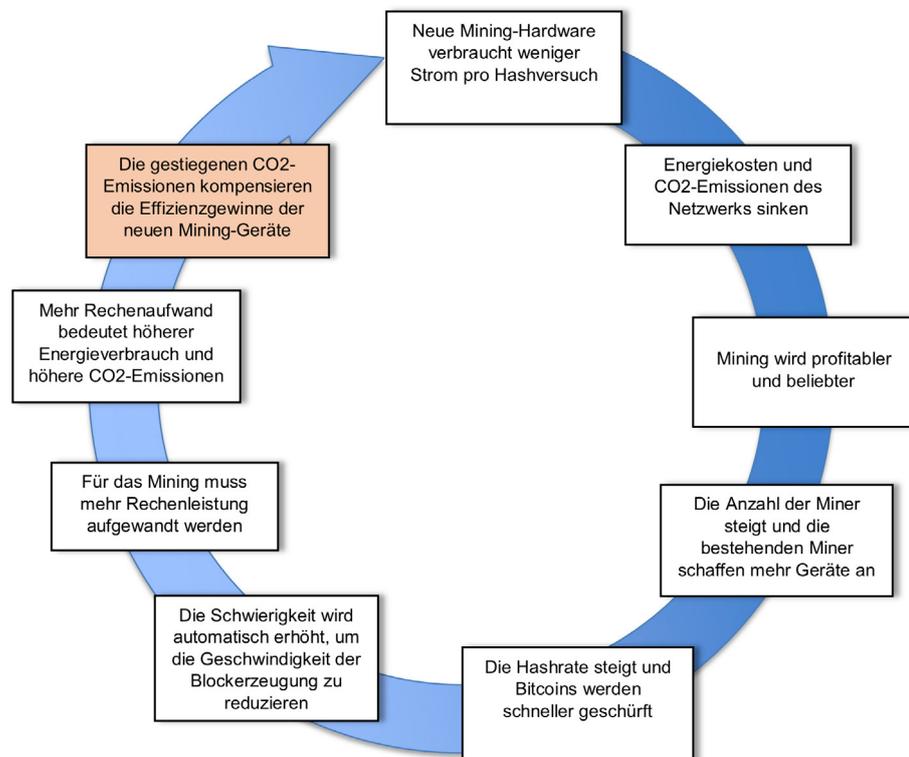


Abb. 3: Zusammenhang zwischen Effizienz der Miner, Hashrate und CO2 Ausstoß (Eigene Darstellung nach [Longfuture](#))



Neben dem reinen Energieaufwand des Minings bringt das Wettrüsten mit Spezialhardware auch Umweltprobleme mit sich. Der große Wettbewerb beim Mining von Bitcoin führt zu sehr kurzen Technologiezyklen. Schon nach ca. anderthalb Jahren sind die teuren Spezialgeräte nicht mehr wirtschaftlich einsetzbar, weil die nächste Technologiesgeneration den Großteil der Gewinne einstreicht. Während jedoch normale Computer an anderer Stelle weiterverwendet werden können, haben die auf das Mining optimierten Geräte keinerlei weiteren Verwendungszweck – es entsteht tonnenweise Elektroschrott. Schätzungen zufolge produziert allein das Bitcoin Netzwerk etwa 11.000 Tonnen Elektroschrott im Jahr und damit etwa soviel wie ganz Luxemburg.⁹

Es ist außerdem davon auszugehen, dass das Mining anderer Blockchains im Vergleich zu Bitcoin zwar nicht absolut, aber pro berechneten Hashwert deutlich energieintensiver ist, weil dort keine hochspezialisierte Hardware zum Einsatz kommt. Häufig werden auch durch Hacker kompromittierte Computer zum Schürfen von Kryptowährungen wie Monero verwendet, ohne, dass die Betreiber:innen Kenntnis davon haben.¹⁰ Auch hier profitieren einige Wenige, während die Kosten andere Tragen – sie werden externalisiert.

All diese Faktoren haben auf die Energie- und Klimapolitik einen großen Einfluss. Keines der Szenarien, auf denen Beschlüsse wie das Pariser Klimaabkommen basieren, beziehen diesen neuen, zusätzlichen “Sektor” mit ein. Dadurch tragen Blockchain-Technologien dazu bei, dass die Einhaltung der Pariser Klimaziele immer unwahrscheinlicher wird, da andere Wirtschaftsbereiche dies kompensieren müssten. Die konkreten Maßnahmen in diesen Bereichen müssten also noch deutlich ambitionierter sein.

Hier wird leider auch deutlich, wie fragil internationale Klimapolitik und deren zugrundeliegenden Szenarien im Hinblick auf unvorhergesehene technologische Entwicklungen sind. Davon sind nationale Klimaziele und Energiepolitik ebenso betroffen wie globale Abkommen.

Proof of Work mag technologisch spannend sein, ist jedoch klimapolitisch problematisch und sollte durch politische Maßnahmen schnellstmöglich eingedämmt und direkte oder indirekte staatliche Förderungen dafür eingestellt werden. Das internationale Verbot von FCKW in Kühlschränken könnte hier als Vorbild dienen. Auch diese Technologie galt als vorteilhaft, hatte je-

⁹ Reetz 2018: [Stromhungrige Bitcoin-Miner landen auf dem Müll](#);

de Vries 2019: [Renewable Energy Will Not Solve Bitcoin's Sustainability Problem](#).

¹⁰ Bloomberg 2018: [Hackers Target Bitcoin With Leaked NSA Software Tip](#).



doch negative Auswirkungen auf andere Bereiche und wurde schlussendlich durch bessere Alternativen ersetzt.

Alternativen zu PoW stehen bereit

Bitcoin und Ethereum als Vertreter der Proof of Work-Blockchains dominieren zwar die Berichterstattung, es gibt jedoch zahlreiche Alternativen zu PoW. Diese sind allerdings deutlich weniger bekannt, weil ihnen Galionsfiguren wie Bitcoin mit großer medialer Reichweite fehlen.

Ihnen allen ist eines gemeinsam: Beim Erstellen eines neuen Blockes findet keine Parallelarbeit statt. Nur jeweils ein Computer errechnet den richtigen Hashwert. Zur Erinnerung: die vielen Versuche, den richtigen Hashwert bei PoW zu finden, dienen nicht der Sicherung des eigentlichen Blockes, sondern sollen den "Preis für das Miträtseln" hochhalten, um sich beim Konsens nicht als Mehrheit auszugeben. Dieser Preis – oder Anreiz, sich korrekt zu verhalten – wird nur bei PoW durch den Energieaufwand erbracht.

Der bekannteste Vertreter dieser Alternativen ist *Proof of Stake*.¹¹ Hier wird eine Vorab-Kautions verlangt, die zum Verifizieren von Blöcken berechtigt. Verstößt man gegen die Regeln, verliert man die Kautions. Die Sicherheit der Blöcke, beziehungsweise deren Verschlüsselung beeinflusst das nicht. Es wird lediglich vorher festgelegt, wer den jeweiligen Block verifizieren darf, anstatt dies die Rechenleistung entscheiden zu lassen. Damit reduziert sich der Stromverbrauch einer Blockchain auf den oben beschriebenen Teil, der zur Speicherung der Blockchain auf den Nodes notwendig ist.

Das bedeutet : Durch den Wechsel von PoW auf PoS könnte der Stromverbrauch der Bitcoin-Blockchain von zwischen 30 und 75 TWh mit einem Schlag auf etwa 0,01 TWh reduziert werden.

Eine Variation dieses Konsensmechanismus wird zum Beispiel seit 2014 bei der Tendermint Blockchain eingesetzt. Diese wurde 2016 unter anderem vom Energiehandelsunternehmen Ponton verwendet, um erstmals [real Energiemengen](#) zu handeln. Auch bei Ethereum wird die schrittweise Umstellung auf Proof of Stake geplant.

Eine weitere Spielart ist das so genannte *Proof of Authority*. Dieser Mechanismus wird häufig bei konsortialen Blockchains – also solchen, bei denen nun ein ausgewähltes Konsortium Blöcke verifizieren darf – angewandt. Ein

¹¹ Buterin 2016: [A Proof of Stake Design Philosophy](#).



Beispiel dafür ist die Blockchain der Energy Web Foundation, einem Konsortium aus NGOs, wie dem Rocky Mountain Institut, Blockchain-Startups und etablierten Unternehmen aus der Energiewirtschaft, denen im Allgemeinen ein großes Vertrauen entgegengebracht wird. Dazu zählen neben Stromnetzbetreibern und Aufsichtsbehörden auch Unternehmen wie Siemens oder Shell. Die Lösung der Energy Web Foundation ist zwar grundsätzlich verwandt mit Ethereum, jedoch wurde hier der Konsensmechanismus gegen *Proof of Authority* ausgetauscht. Die Erstellung von neuen Blöcken übernehmen hier die Konsortialmitglieder. Ein Fehlverhalten bei der Konsensbildung würde zum einen ihren Ruf schädigen und zum anderen gegen Verträge zwischen den Konsortialpartner:innen verstoßen.

Darüber hinaus sind diverse weitere Konsensmechanismen im Einsatz. So nutzt zum Beispiel Ripple schon seit 2012 ein Abstimmungssystem um einen Konsens zwischen den Beteiligten herzustellen. Die Technologie wird heute unter anderem von der Santander Bank für die Abwicklung internationaler Geldgeschäfte eingesetzt. Expert:innen zufolge wird der jährliche Energieverbrauch von Ripple auf 0,01 TWh geschätzt – ein Bruchteil von dem, was Bitcoin verbraucht.¹²

Es zeigt sich, dass Blockchain und Proof of Work entgegen der Meinungen aus der Bitcoin-Szene keineswegs untrennbar zusammen gehören. Der überwiegende Teil der aktuellen Blockchain-Entwicklungen verwendet Alternativen zu Proof of Work. Viele dieser Lösungen sind marktreif und haben sich im Betrieb bewährt. Es wird außerdem mit Nachdruck an neuen Herangehensweisen zur Konsensbildung in verteilten Systemen geforscht.¹³ Eine gute Entwicklung, die politisch abgesichert werden sollte.

Die Welt der Blockchains und Konsensmechanismen ist mittlerweile mannigfaltig. Sie alle haben ihre Vor- und Nachteile. Aus energiepolitischer Sicht gibt es jedoch nur ein schwarzes Schaf: Proof of Work.

12 [Berechnung des Wissenschaftlers Alex de Vries.](#)

13 Insbesondere aus dem akademischen Bereich kommen zur Zeit vielversprechende neue Entwicklungen. [Avalanche](#) und [Unit-e](#) sind Beispiele dafür.



Fazit: Innovationsförderung und Klimapolitik bei Blockchain verbinden

Was bedeutet dieses Auseinanderklaffen der verschiedenen Blockchain-Typen für die Politik? Sollte die Technologie als Ganzes kritisch betrachtet werden und von den Agenden der (Forschungs-)Ministerien verschwinden und die Entwicklung eingeschränkt werden? Ganz im Gegenteil.

Blockchain ist ein hochinnovativer und vielseitiger Technologiebereich, der einen wichtigen Wirtschaftsfaktor darstellen kann. Neben [Ethereum](#), [Web3](#), [Lisk](#) und der [Energy Web Foundation](#) haben viele zentrale Akteure ihren operativen Sitz in Deutschland und nicht wie so häufig bei Hightech-Unternehmen im Silicon Valley.

Umso wichtiger ist es, Rahmenbedingungen zu schaffen, die es ermöglichen, Blockchain nachhaltig weiterzuentwickeln. Dazu gehört neben der glaubwürdigen Schaffung eines gesellschaftlichen Nutzens auch, dass nicht die Innovationspolitik andere politische Ziele – zum Beispiel aus dem Energie- und Klimabereich – konterkariert.

Man sollte diesen Aspekt der Technologie nicht der Selbstregulierung durch die Entwickler:innen-Community allein überlassen, da sie starke Partikularinteressen und mikroökonomische Anreize zu klimaschädlichem Verhalten haben können. Beim Ausloten solcher Zielkonflikte ist die Politik gefragt. Regulatorische Behörden rund um die Welt haben sich zwar mit finanzrechtlichen und steuerlichen Implikationen von Bitcoin und anderen Kryptowährungen beschäftigt, jedoch wurde die Energieeffizienz bisher nicht thematisiert.

Konkret sollte die Politik in diesem Bereich anstreben, die Entwicklung und den Einsatz von energieeffizienten Blockchain-Lösungen ohne Proof of Work aktiv zu fördern. Die aktuelle Entwicklung zeigt: Blockchain braucht Proof of Work nicht (mehr). Alternativen, die weniger in Konflikt mit anderen gesellschaftlichen Bestrebungen wie Energieeffizienz stehen, können zu einer breiteren Anwendung der Blockchain-Technologie führen. Doch das allein reicht nicht aus. Gleichzeitig sollten Maßnahmen zur Eindämmung des hohen Energieverbrauches bestehender PoW-Blockchains wie Bitcoin ergriffen werden.

Direkten Einfluss auf öffentliche Blockchains wie Bitcoin zu nehmen, scheint zunächst nicht möglich. Sie können keiner Jurisdiktion zugeordnet werden, es gibt keine:n zentrale:n Ansprechpartner:in, keine Rechtsform, keine Mit-



arbeiter:innen. Außerdem entscheiden über die Weiterentwicklung – zum Beispiel auch den Wechsel des Konsensmechanismus – die Miner, die Millionen in Spezialcomputer investiert haben, die man nur für Proof of Work braucht.

Tatsächlich hat die Politik aber erhebliche Einflussmöglichkeiten. Denn von der Kooperation mit der Politik wird abhängen, welche Blockchains breiten Einsatz in regulierten Bereichen wie Finanz-, Versicherungs-, oder Energiewirtschaft finden und welche ein Nischenthema bleiben. Ein Beispiel: Dass die kritischen Prozesse in unserer Energiewirtschaft durch Blockchain automatisiert werden, ist ohne eine Validierung der dafür nötigen Smart Contracts durch die Bundesnetzagentur und das Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik kaum denkbar. Die Politik kann öffentliche Blockchains zwar nicht abschaffen, wenn sie allerdings wirtschaftlich nicht nutzbar sind, werden sie über kurz oder lang irrelevant.

Nachfolgend sind Handlungsempfehlungen aufgeführt, die einen signifikanten Einfluss auf den derzeitigen Energieverbrauch und die energieeffiziente Weiterentwicklung der Technologie haben können. Sie sollten in sowohl in der nationalen Blockchain-Strategie der Bundesregierung, als auch in europäischen Initiativen beachtet werden.

1. Alle öffentliche Fördermaßnahmen sollten PoW ausschließen, um ein klares Signal an die Entwickler:innen-Community zu senden. Die Weiterentwicklung anderer, energieeffizienter Konsensmechanismen sollten durch entsprechende Programme explizit gefördert werden. Auf diese Weise würden Alternativen zu Proof of Work verstärkt nachgefragt und Pfadabhängigkeiten abgebaut werden.
2. Bei der Vergabe von Blockchain-Anwendungen für die öffentliche Hand sollten nur Angebote zugelassen werden, die kein Proof of Work verwenden.
3. Die nationale Blockchain-Strategie sollte die Entwicklung einer einheitlichen Methodik zu Bewertung und Vergleich der Energieeffizienz von Blockchain-Lösungen beinhalten. Hierbei sollte auf eine interdisziplinäre Arbeitsgruppe gesetzt werden, die verschiedene Perspektiven auf die Implikationen der Technologie einbringen kann. Denkbar wäre in diesem Zusammenhang auch die Entwicklung eines (europäischen) Gütesiegels für Blockchains anzustoßen, das neben einem niedrigen Energieverbrauch auch Faktoren wie die Kompatibilität mit Normen und Gesetzen wie zum Beispiel der DSGVO umfasst. Dies würde Unternehmen Sicher-



heit für Investitionsentscheidungen geben und für die weitere Verbreitung “guter” Blockchain-Lösungen sorgen.¹⁴

4. Die Energieeffizienz sollte Bestandteil aller behördlichen Analysen und Entscheidungen im Blockchain-Bereich werden. Insbesondere das Bundesministerium für Finanzen und die BaFin beschäftigen sich derzeit intensiv mit den steuerlichen Implikationen von Kryptowährungen. In Kooperation mit diesen Akteuren könnte ein Konzept zur Versteuerung von Gewinnen entwickelt werden, dass an den verwendeten Konsensalgorithmus, beziehungsweise an die Energieeffizienz der jeweiligen Blockchain geknüpft wird.¹⁵
5. Als Ultima Ratio könnte das PoW-Mining mit einer angemessenen Karenzzeit zur Umstellung verboten werden. Damit ein solches Verbot wirkungsvoll ist und Probleme nicht nur verschiebt, wäre die gemeinsame Umsetzung durch die internationale Staatengemeinschaft nötig, wodurch die Migration der Miner in andere Länder vermieden würde. Obwohl in Deutschland kaum Mining betrieben wird, kann die mediale Wirkung einen deutlichen Effekt auf den Wechselkurs von Blockchain-basierten Währungen und damit das internationale Mining haben.¹⁶ Je mehr Staaten sich an einer solchen Ultima Ratio beteiligen, desto stärker wird dieser Effekt. Insbesondere Staaten, in denen sich Miner aufgrund der Rahmenbedingungen derzeit angesiedelt haben, sollten hier einbezogen werden. Staaten wie Kanada haben schon erste Schritte in diese Richtung unternommen.¹⁷

Der Glaubwürdigkeit und Zukunftsfähigkeit der Blockchain-Technologie wäre das ausgesprochen zuträglich. Denn nur wenn berechtigte Bedenken adressiert und verbessert werden, kann sich durch eine breite Anwendung und Akzeptanz ihre volle Innovationskraft entfalten.

Beim Thema Blockchain bietet sich Deutschland die Chance, Weitblick und Verständnis für die komplexen Wechselwirkungen der Technologie zu beweisen und Innovationsförderung mit Klimaschutz zu verbinden. Unserem früheren Ruf als innovativer Technologie- und Klimavorreiter könnten wir damit wieder gerechter werden.

¹⁴ Reetz 2019: [Herausforderungen und Förderstrategien für die Blockchain-Technologie.](#)

¹⁵ Truby 2018: Decarbonizing Bitcoin.

¹⁶ Matthews 2018: [5 factors, that affect Bitcoins Ups and Downs.](#)

¹⁷ In Kanada ist dies in einigen Regionen schon passiert, weil der massive Anstieg des Stromverbrauchs durch Mining zu erhöhten Preisen für andere Marktteilnehmer:innen führte. Wired 2018: [The fightback against the Bitcoin Energy Guzzlers has begun.](#)

Literaturverzeichnis

BDEW 2017: Blockchain in der Energiewirtschaft - Potenziale für Energieversorger. Online: https://www.bdew.de/media/documents/BDEW_Blockchain_Energiewirtschaft_10_2017.pdf, [Zugriff am 31.1.2019].

Bloomberg 2018: Hackers target Bitcoin with leaked NSA Software Tip. Online: https://www.bloomberg.com/amp/news/articles/2018-09-19/hackers-target-bitcoin-with-leaked-nsa-software-tip-report-says?__twitter_impression=true.

Bundesregierung 2018: Antwort auf kleine Anfrage der Grünen: Blockchain und Distributed-Ledger-Technologien – Potenziale und Anwendungsfelder. Online: <http://dip21.bundestag.de/dip21/btd/19/058/1905868.pdf>.

Buterin 2016: A Proof of Stake Design Philosophy. Online: <https://medium.com/@VitalikButerin/a-proof-of-stake-design-philosophy-506585978d51>.

Dena 2019: Blockchain in der integrierten Energiewende. Online: https://www.dena.de/fileadmin/dena/Publikationen/PDFs/2019/dena-Studie_Blockchain_Integrierte_Energiewende_DE4.pdf.

De Vries 2019: Renewable Energy Will Not Solve Bitcoin's Sustainability Problem. Erschienen in: Joule. Online: <https://www.cell.com/action/showPdf?pii=S2542-4351%2819%2930087-X>.

Economist 2019: Will bitcoin's price crash cut into its energy use? Online: https://amp.economist.com/graphic-detail/2019/02/07/will-bitcoins-price-crash-cut-into-its-energy-use?__twitter_impression=true.

Energy Institute at Haas 2018: Bitcoins should be called BTU-Coins and that's a problem. Online: <https://energyathaas.wordpress.com/2018/01/08/bitcoins-should-be-called-btucoins-and-thats-a-problem/>.

Holthaus, E. 2018: Bitcoin's energy use got studied and you libertarian nerds look even worse than usual. Online: <https://grist.org/article/bitcoins-energy-use-got-studied-and-you-libertarian-nerds-look-even-worse-than-usual>.

IPCC 2018: Special Report - Global Warming of 1.5 °C. Online: <https://www.ipcc.ch/sr15/>.

Matthews, K. 2018: 5 Factors That Affect Bitcoin's Ups and Downs. Online: <https://hackernoon.com/5-factors-that-affect-bitcoins-ups-and-downs-dbee777dd125>.

Reetz, F. 2017: Welche Chancen ein digitales Energie- Marktdesign bietet. Online: https://www.stiftung-nv.de/sites/default/files/chancen_eines_digitalen_marktdesigns.pdf.

Reetz, F. 2018: Stromhungrige Bitcoin-Miner landen auf dem Müll. Online: https://bizz-energy.com/energieintensive_bitcoin_miner_landen_auf_dem_muell.

Reetz, F. 2019: Herausforderungen und Förderstrategien für die Blockchain-Technologie. Studien zum deutschen Innovationssystem. Berlin: EFI. Online: https://www.e-fi.de/fileadmin/Innovationsstudien_2019/StuDIS_10_2019.pdf.

Truby, J. 2018: Decarbonizing Bitcoin: Law and policy choices for reducing the energy consumption of Blockchain technologies and digital currencies. Erschienen in: Energy Research & Social Science. Amsterdam: Elsevier.

Wired 2018: The fightback against the bitcoin energy guzzlers has begun. Online: <https://www.wired.co.uk/article/bitcoin-mining-energy-consumption-new-york>.



Über die Stiftung Neue Verantwortung

Think Tank für die Gesellschaft im technologischen Wandel

Neue Technologien verändern Gesellschaft. Dafür brauchen wir rechtzeitig politische Antworten. Die Stiftung Neue Verantwortung ist eine unabhängige Denkfabrik, in der konkrete Ideen für die aktuellen Herausforderungen des technologischen Wandels entstehen. Um Politik mit Vorschlägen zu unterstützen, führen unsere Expertinnen und Experten Wissen aus Wirtschaft, Wissenschaft, Verwaltung und Zivilgesellschaft zusammen und prüfen Ideen radikal.

Über den Autor

Fabian Reetz arbeitet bei der SNV als Projektleiter für das Projekt “Digitale Energiewende”. Hierbei beschäftigt er sich mit der Frage, wie digitale Technologien für eine neue Strompreisbildung genutzt werden können. Dazu untersucht er unter anderem das Marktdesign für die Energiewende und prüft radikale Ansätze wie die Blockchain als dezentralen Gegenentwurf zum Status Quo der Energiewirtschaft.

So erreichen Sie den Autor

Fabian Reetz
Projektleiter Digitale Energiewende
freetz@stiftung-nv.de
+49 (0)30 81 45 03 78 95



Impressum

Stiftung Neue Verantwortung e. V.

Beisheim Center
Berliner Freiheit 2
10785 Berlin

T: +49 (0) 30 81 45 03 78 80

F: +49 (0) 30 81 45 03 78 97

www.stiftung-nv.de

info@stiftung-nv.de

Design:

Make Studio

www.make-studio.net

Layout:

Johanna Famulok

Free Download:

www.stiftung-nv.de



Dieser Beitrag unterliegt einer CreativeCommons-Lizenz (CC BY-SA). Die Vervielfältigung, Verbreitung und Veröffentlichung, Veränderung oder Übersetzung von Inhalten der Stiftung Neue Verantwortung, die mit der Lizenz „CC BY-SA“ gekennzeichnet sind, sowie die Erstellung daraus abgeleiteter Produkte sind unter den Bedingungen „Namensnennung“ und „Weiterverwendung unter gleicher Lizenz“ gestattet. Ausführliche Informationen zu den Lizenzbedingungen finden Sie hier:

<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>