

Bitcoin

Implikationen & Chancen für Unternehmen und Investoren unter Betrachtung von ESG

Stand: 30.07.2025

**Im Rahmen des ESG-Ausschusses,
„Bitcoin als unternehmerisches Instrument nachhaltiger Praktiken“,
hat der Bitcoin-Bundesverband das nachfolgende Arbeitspapier verfasst.**

Impressum

Herausgeber:

Bitcoin-Bundesverband
Dennis-Gabor-Straße 2,
14469 Potsdam

Autorinnen und Autoren des Bitcoin-Bundesverbandes:

Lars Eichhorst

LESolution – Lars Eichhorst



Janine Paas

Treasury Managerin
Transformations - Coach



Peter Rochel

UTXO Solutions GmbH



Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	4
1.1	Einführung CSRD	5
2	ESG & SDG	6
2.1	ESG	6
2.2	Bitcoin und ESG.....	7
2.3	SDG.....	10
2.4	Bitcoin und SDGs.....	12
2.5	Energieverbrauch von Bitcoin – Emission, Nutzen und Bewertungskriterien.....	13
3	Hauptanwendungsmöglichkeiten von Bitcoin in Unternehmen.....	17
3.1	Bitcoin als Finanzinstrument und Teil der Corporate Treasury-Strategie	18
3.2	Payment-Streaming und Pay-per-Use Geschäftsmodelle und autonome M2M-Transaktionen 26	
3.3	Transparente Lieferketten und Logistik.....	28
3.4	Direktes Crowdfunding und Finanzinfrastruktur mit Bitcoin.....	31
3.5	Digitalisierung von Verwaltungsprozessen durch Bitcoin-Technologie.....	36
3.6	Integration in Energie- und Netzstabilisierungssysteme	40
3.7	Nutzung von Überschussenergie aus erneuerbaren Quellen für Bitcoin-Mining und Wärmenutzung	43
3.8	Abwärmenutzung für nachhaltige Heizsysteme durch Kombination von Bitcoin PoW-Mining mit HPC (High Performance Computing Application).....	46
4	Effiziente Nutzung von Überschussstrom: Integration flexibler Lasten und Bitcoin Mining im Rahmen des § 13 EnWG	49
4.1	Die Bedeutung von Redispatch und der Ansatz gemäß § 13k EnWG	49
4.2	Wirtschaftlichkeit, Integration, Wärmeversorgung und CO ₂	68
	Über die Autoren.....	76

Abstract

Das vorliegende Diskussionspapier untersucht die zunehmende Relevanz der Konzepte ESG (Environmental, Social, Governance) und SDG (Sustainable Development Goals) im Kontext der nachhaltigen Unternehmensführung und analysiert das transformative Potenzial von Bitcoin als Schlüsseltechnologie und Finanzinstrument. Angesichts der globalen Herausforderungen wie Klimawandel, soziale Ungleichheit und wirtschaftliche Unsicherheiten werden die Verknüpfungen zwischen Bitcoin-Anwendungen und den SDGs herausgearbeitet, um aufzuzeigen, wie Unternehmen durch die Integration von Bitcoin ihre ESG-Strategien stärken und gleichzeitig zur Erreichung globaler Nachhaltigkeitsziele beitragen können.

Insbesondere werden die Chancen, die sich durch den Einsatz von Bitcoin in verschiedenen Branchen wie Energie- und Versorgungswirtschaft, Landwirtschaft, Abfallwirtschaft und IT-Infrastruktur ergeben, ergründet. Dabei wird Bitcoin nicht nur als Inflationsschutz und Wertaufbewahrungsmittel dargestellt, sondern auch als innovatives Instrument zur Optimierung von Zahlungsabwicklungen, zur Förderung transparenter Lieferketten, zur Unterstützung flexibler Geschäftsmodelle wie Payment-Streaming sowie zur Integration in nachhaltige Energie- und Wärmenutzungskonzepte.

Diese Ausarbeitung belegt, dass der Einsatz von Bitcoin-Technologie – insbesondere durch sektorübergreifende Integration von Mining in Energie-, Wärme- und Netzstabilisierungssysteme – einen signifikanten Beitrag zur Reduktion von Treibhausgasemissionen leistet – nicht durch Regulierung oder Subventionen, sondern allein durch starke marktwirtschaftliche und ökologische Anreize, sowie technische Effizienz.

Das Dokument diskutiert dahingehend auch die regulatorischen Rahmenbedingungen, insbesondere im deutschen Energierecht (§ 13 EnWG), und zeigt auf, wie Unternehmen durch eine strategische Bitcoin-Adaption Wettbewerbsvorteile sichern und finanzielle Risiken minimieren können. Es werden konkrete Anwendungsbeispiele diskutiert und erörtert, um die Potenziale von Bitcoin im Einklang mit ESG- und SDG-Kriterien effektiv zu nutzen und sich frühzeitig auf die Herausforderungen einer nachhaltigen Transformation einzustellen.

Dieses Diskussionspapier richtet sich an Entscheidungsträger aus Wirtschaft, Politik und Finanzsektor, die die Chancen und Risiken der Bitcoin-Integration im Rahmen einer nachhaltigen Unternehmensentwicklung verstehen und strategisch nutzen möchten. Es bietet eine fundierte Grundlage für die Entwicklung zukunftsfähiger Geschäftsmodelle, die ökologische, soziale und ökonomische Aspekte gleichermaßen berücksichtigen.

1 Einleitung

In einer Zeit, in der Nachhaltigkeit und verantwortungsvolles Handeln zunehmend in den Fokus der Öffentlichkeit und der Politik rücken, gewinnen die Konzepte ESG (Environmental, Social, Governance) und SDG (Sustainable Development Goals) immer mehr an Bedeutung für Unternehmen und deren Kunden, Investoren und politische Entscheidungsträger. Diese Rahmenwerke dienen als Leitlinien, für eine nachhaltige Zukunftsgestaltung und zur Bewältigung globaler Herausforderungen.

Ähnlich wie das Internet in den späten 1990er und frühen 2000er Jahren Branchen grundlegend verändert hat, besitzt Bitcoin das Potenzial, bestehende Geschäftsmodelle zu transformieren und neue Möglichkeiten zu eröffnen.

Bitcoin, ein dezentrales digitales Asset, das auf einer Open-Source Blockchain-Technologie basiert, wird zunehmend in diesem Kontext betrachtet und in diesem Papier erläutert.

Warum der Bezug zu den Sustainable Development Goals (SDGs) und ESG (Environmental, Social, Governance)?

Die Vereinten Nationen haben 17 Sustainable Development Goals (SDGs) formuliert, um globale Herausforderungen wie Armut, Ungleichheit, Klimawandel und Umweltzerstörung anzugehen. Indem wir die Anwendungsmöglichkeiten von Bitcoin mit den SDGs verknüpfen, zeigen wir auf, wie diese Technologie nicht nur wirtschaftlichen Nutzen stiftet, sondern auch einen positiven Beitrag zur Erreichung globaler Nachhaltigkeitsziele leistet. Dies ist insbesondere für Unternehmen relevant, die ihre ESG-Strategien (Environmental, Social, Governance) stärken und ihre gesellschaftliche Verantwortung wahrnehmen möchten.

Dringlichkeit für Unternehmen

Bitcoin besitzt das Potenzial, bestehende Geschäftsmodelle zu transformieren und neue wirtschaftliche und technologische Möglichkeiten zu eröffnen – im Wesentlichen ist bei der Betrachtung eine Unterscheidung zwischen Bitcoin als Finanzinstrument und Bitcoin als Schlüsseltechnologie zu unterscheiden. Unabhängig von Größe oder Branche sollten Unternehmen daher kurzfristig den Bedarf einer Bitcoin-Strategie /-Adaption und -Nutzung analysieren, um nicht den Anschluss an diese Entwicklung zu verlieren. Die Konsequenz kann sich durch erhebliche finanzielle und wettbewerbliche Nachteile definieren.

Dieses Papier erörtert die Chancen und Risiken einer Bitcoin-Adoption als Finanzinstrument und technologischer Lösung, ihre Verbindung zu den SDGs und deren Auswirkungen auf unterschiedliche Branchen. Zudem werden konkrete Handlungsempfehlungen zur Entwicklung einer Bitcoin-Strategie für Unternehmen gegeben, um die Potenziale bestmöglich auszuschöpfen, um sich frühzeitig mit den Möglichkeiten auseinanderzusetzen und die Potenziale zu nutzen.

Bitcoin als Schlüsseltechnologie für verschiedene Branchen

Was einst als digitales Zahlungsmittel begann, entwickelt sich zu einem flexiblen Instrument zur Lösung vielfältiger wirtschaftlicher und gesellschaftlicher Herausforderungen. Insbesondere der Einsatz von Bitcoin in der Energie- und Versorgungswirtschaft, der Landwirtschaft, der Abfallwirtschaft, der Finanzwirtschaft und der IT-Infrastruktur bietet enorme Chancen, Prozesse zu optimieren und gleichzeitig Nachhaltigkeitsziele zu erreichen.

Bitcoin als Inflationsschutz und Wertaufbewahrungsmittel

Mit seiner begrenzten Menge von 21 Millionen Einheiten und seiner dezentralen Struktur bietet Bitcoin einen Schutz gegen Inflation und Währungsabwertung. Unternehmen können Bitcoin als Teil ihrer Finanzstrategie nutzen, um Vermögenswerte zu sichern und sich gegen wirtschaftliche Unsicherheiten abzusichern. Nahezu ohne Zugangshürden ermöglicht Bitcoin Unternehmen aller Größenordnungen, an der globalen Infrastruktur Bitcoins teilzunehmen.

1.1 Einführung CSRD

Die Corporate Sustainability Reporting Directive (CSRD) ist eine EU-Richtlinie, die Unternehmen zur umfassenden Nachhaltigkeitsberichterstattung verpflichtet. Sie erweitert die bisherige Non-Financial Reporting Directive (NFRD) erheblich und setzt strikte Anforderungen für die Transparenz und Vergleichbarkeit von Umwelt-, Sozial- und Governance-Leistungen (ESG).

Wer ist betroffen?

- Große Unternehmen mit mehr als 250 Mitarbeitern, mehr als 40 Mio. € Umsatz oder mehr als 20 Mio. € Bilanzsumme
- Börsennotierte KMU (ab 2026)
- Unternehmen außerhalb der EU, die mehr als 150 Mio. € Umsatz in der EU erwirtschaften

Was muss berichtet werden?

Unternehmen müssen ihre Nachhaltigkeitsstrategie gemäß den European Sustainability Reporting Standards (ESRS) veröffentlichen. Besonders relevant für Bitcoin-bezogene Geschäftsmodelle sind:

- ESRS E1 – Klimawandel (Energieverbrauch, CO₂-Emissionen, Reduktionsmaßnahmen)
- ESRS S2 – Lieferkette & soziale Auswirkungen (Finanzielle Inklusion, Menschenrechte)
- ESRS G1 – Governance & Compliance (Transparenz, Regulierungskonformität)

Warum ist die CSRD für Bitcoin-Unternehmen wichtig?

- Unternehmen mit Bitcoin-Exposure müssen ESG-Kriterien berücksichtigen und nachweisen, sofern sie reportingpflichtig sind
- Mining-Unternehmen und energieintensive Rechenzentren müssen CO₂-Daten offenlegen
- Bitcoin kann in nachhaltige Energieprojekte integriert werden, muss aber quantifizierbar sein

Die CSRD macht ESG nicht nur zu einem freiwilligen Framework, sondern zu einer verbindlichen Anforderung für Unternehmen und Investoren. Unternehmen müssen ihre ESG-Strategie aktiv steuern, um die neuen Berichtspflichten zu erfüllen.

Da Unternehmen zunehmend zur Berichterstattung über ihre Nachhaltigkeitsstrategien verpflichtet werden – insbesondere durch die neue Corporate Sustainability Reporting Directive (CSRD) – ist es entscheidend, die Auswirkungen von Bitcoin aus einer regulatorischen Perspektive zu betrachten.

Dieses Paper zeigt, wie Bitcoin im Kontext von ESG und SDGs positioniert werden kann und welche Chancen sich daraus für Unternehmen ergeben.

2 ESG & SDG

2.1 ESG

Die ESG-Kriterien (Environmental, Social, Governance) dienen der Messbarkeit und Bewertung von Nachhaltigkeitsleistungen in Unternehmen. Sie zielen darauf ab, Umwelt-, Sozial- und Governance-Aspekte in die Entscheidungsprozesse von Investoren und Unternehmen einzubeziehen.

Seinen Ursprung finden die ESG-Kriterien im Jahr 2004, in einem Bericht mit dem Titel „Who cares Wins“, veröffentlicht durch die Vereinten Nationen. Ziel dieser Studie war es, Empfehlungen zur Integration von Umwelt-, Sozial- und Governance-Faktoren in die Finanzmärkte zu entwickeln und die Bedeutung dieser Kriterien für Investitionsentscheidungen hervorzuheben.

Zwei zentrale Initiative, die maßgeblich zur Etablierung von ESG-Kriterien beigetragen haben, sind:

- **UN Global Compact¹**
gegründet im Jahr 2000 mit der Aufforderung an Unternehmen auf zehn Prinzipien in den Bereichen Menschenrechte, Arbeit, Umwelt und Korruptionsbekämpfung einzuhalten
- **Principles for Responsible Investment (PRI)²**
die im Jahr 2006 durch die Vereinten Nationen ins Leben gerufene Initiative für verantwortungsbewusstes Investieren

Definiert durch ein umfassendes Regelwerk, dienend der Messung, der Analyse, der Beurteilung und der Bewertung der Nachhaltigkeitsleistung eines Unternehmens vor dem Hintergrund nachhaltiger und ethischer Praktiken – teilen sich die ESG-Kriterien in drei Hauptkomponente:

- **Environmental (Umwelt):**
Fokus auf Ressourcenmanagement, Emission und Umweltschutz
- **Social (Sozial):**
Fokus auf die sozialen Auswirkungen und Verantwortlichkeit eines Unternehmens
- **Governance (Unternehmensführung):**
Fokus auf Unternehmensstrukturen, Ethik und Transparenz

Im Wesentlichen zielt ESG darauf ab, eine Balance zwischen wirtschaftlichem Erfolg und sozialer Verantwortung zu schaffen. Unter Berücksichtigung der einzelnen Komponente definiert sich so zusammengefasst eine Konzentration wesentlicher Aspekte, die die Förderung nachhaltiger und verantwortungsvoller Geschäftspraktiken forciert:

- **Nachhaltige Unternehmensführung**
ESG-Kriterien bieten einen strukturierten Rahmen, um die sozialen, ökologischen und

¹ [Integrate the Principles for Responsible Investment UN Global Compact](#)

² [A technical guide to ESG integration in equity investing PRI](#)

unternehmenspolitischen Verantwortlichkeiten von Unternehmen zu bewerten und zu verbessern. Sie sollen unterstützen, die Auswirkungen von Unternehmensentscheidungen auf Umwelt und Gesellschaft zu verstehen und zu steuern.

- **Risikomanagement**
Die Berücksichtigung von ESG-Faktoren ermöglicht es Unternehmen, potenzielle Risiken frühzeitig zu erkennen und zu minimieren. Dazu gehören Risiken im Zusammenhang mit Umweltschäden, sozialen Konflikten oder mangelhafter Unternehmensführung.
- **Wettbewerbsvorteil**
Unternehmen, die ESG-Kriterien erfolgreich implementieren, können ihre Markenreputation verbessern, die Kundenbindung stärken und Zugang zu neuen Kapitalquellen erhalten. Investoren zeigen zunehmend Interesse an Unternehmen mit starken ESG-Praktiken, was deren Attraktivität auf dem Markt erhöht.
- **Gesellschaftliche Verantwortung**
ESG fördert eine verantwortungsvolle Unternehmensführung, die über gesetzliche Anforderungen hinausgeht. Dies schließt die Förderung von Diversität am Arbeitsplatz, ethische Geschäftspraktiken und einen positiven Einfluss auf die Gemeinschaft ein.
- **Langfristige Wertschöpfung**
Durch die Integration von Umwelt-, Sozial- und Governance-Faktoren in ihre Strategien können Unternehmen nicht nur kurzfristige Gewinne maximieren, sondern auch langfristigen Wert für alle Stakeholder schaffen. Dies unterstützt eine nachhaltige wirtschaftliche Entwicklung und trägt zur Erreichung globaler Nachhaltigkeitsziele bei.

2.2 Bitcoin und ESG

Durch die Einführung der Corporate Sustainability Reporting Directive (CSRD) sind Unternehmen verpflichtet, detaillierte Angaben zu ihren Nachhaltigkeitswirkungen zu machen. Dies betrifft insbesondere den Energieverbrauch und die CO₂-Bilanz von Geschäftsaktivitäten mit Bitcoin.

Besonders für Unternehmen mit Bitcoin-Investments, Mining-Aktivitäten oder Zahlungslösungen wird ESG-Transparenz ein zentraler Faktor. Sie müssen künftig berichten:

- Wie hoch ihr direkter und indirekter Energieverbrauch durch Bitcoin-Nutzung ist
- Ob sie erneuerbare Energien im Bitcoin-Mining einsetzen
- Welche strategischen Maßnahmen zur ESG-Optimierung getroffen werden

Die Nutzung von erneuerbarer Energie im Bitcoin-Mining, die Integration in nachhaltige Energiekonzepte sowie die Reduzierung von Abwärmeverlusten können einen positiven Einfluss auf ESG-Kriterien haben. Gleichzeitig sind Unternehmen verpflichtet, Transparenz über ihre Bitcoin-bedingten Emissionen herzustellen.

Environmental (Umwelt)

Bitcoin wird oft wegen seines hohen Energieverbrauchs kritisiert, insbesondere durch das energieintensive Proof-of-Work-Verfahren (PoW). Diese Kritik ist jedoch differenziert zu

betrachten, da sich nicht nur durch den zunehmenden Einsatz erneuerbarer Energien im Mining positive Entwicklungen und ein positiver ökonomischer, wirtschaftlicher und sozialer Impact feststellen lässt:

- **Dekarbonisierungspotenzial:**

Das Bitcoin-Mining wird häufig aufgrund seines hohen Stromverbrauchs kritisiert. Diese Kritik greift jedoch zu kurz, wenn man berücksichtigt, wo und wie die benötigte Energie erzeugt wird. Ein wachsender Anteil des globalen Mining-Sektors verlagert sich gezielt in Regionen mit überschüssiger erneuerbarer Energie, wodurch Bitcoin-Mining zunehmend als Dekarbonisierungswerkzeug fungiert^{3 4}.

Beispiel Texas (ERCOT): Im texanischen Stromnetz, das zu den volatilsten und am stärksten dezentralisierten in den USA gehört, agieren Bitcoin-Mining-Farmen gezielt als flexible Last. Sie absorbieren überschüssigen Wind- und Solarstrom in Zeiten niedriger Nachfrage und stellen ihre Leistung in Netzstresssituationen kurzfristig zur Verfügung. Mining-Firmen wie Riot Platforms und Lancium kooperieren hier aktiv mit Netzbetreibern und tragen zur Netzstabilisierung und besseren EE-Auslastung bei.

Beispiel Paraguay: Der südamerikanische Binnenstaat verfügt mit dem Itaipú-Stausee über eine der größten Wasserkraftquellen der Welt. Ein erheblicher Teil dieser Energie kann mangels Abnehmer im Inland nicht vollständig genutzt werden. Internationale Bitcoin-Mining-Unternehmen siedeln sich gezielt in Paraguay an, um diese erneuerbare Überschussenergie wirtschaftlich zu nutzen – ohne zusätzlichen Emissionsausstoß.

Beispiel Äthiopien: Im Zuge des vollständigen Mining-Verbots in China haben sich Teile der dortigen Infrastruktur nach Äthiopien verlagert. Dort bietet insbesondere der GERD-Staudamm (Grand Ethiopian Renaissance Dam) eine potenziell gewaltige Menge ungenutzter Wasserkraft. Mining wird hier als Exportdienstleistung betrachtet, die staatlich überschüssige grüne Energie in dringend benötigte Devisen umwandelt – mit geringem ökologischem Fußabdruck.

Diese Beispiele zeigen, dass Bitcoin-Mining bei geeigneter Standortwahl nicht nur emissionsarm, sondern auch netz- und entwicklungspolitisch wertvoll sein kann. Es liegt somit in der Verantwortung von Investoren und Unternehmen, gezielt solche Mining-Anbieter und Regionen zu wählen, die nachweislich zur Dekarbonisierung beitragen.

- **Effizienzsteigerung:**

Fortschritte in der Mining-Technologie, wie der Einsatz energieeffizienter ASIC-Miner (Application-Specific Integrated Circuits), tragen zur Reduzierung des Energieverbrauchs pro Bitcoin bei. Unternehmen wie Bitmain und Canaan entwickeln regelmäßig energieeffizientere Hardware. Zudem nutzen Mining-Unternehmen wie Genesis Mining und Marathon Digital Holdings überschüssige Energie, die andernfalls ungenutzt bliebe.

- **Integration in Energienetze:**

Mining-Farmen wie die von Riot Blockchain in Texas⁵ arbeiten mit Energieversorgern zusammen, um Netzüberschüsse zu nutzen und die Netzstabilität zu erhöhen. Dieses

³ [Cambridge Centre for Alternative Finance \(2025\): Cambridge Digital Mining Industry Report – First Edition, April 2025 \(Kapitel IV\).](#)

⁴ [Siehe ergänzend: Riot Platforms, Inc. \(2024\): ESG Report – June 2024, Executive Summary via Crispidea \(kostenpflichtig\).](#)

⁵ [Texas paid bitcoin miner more than \\$31 million to cut energy usage during heat wave - CBS News](#)

Modell ermöglicht es, überflüssige Energie wirtschaftlich nutzbar zu machen, was sowohl die Effizienz des Energiesystems steigert als auch den CO₂-Fußabdruck verringert.

- **Tatsächlicher Energieverbrauch:**

Laut den aktuellen Primärdaten des Cambridge Centre for Alternative Finance (CCAF) betrug der Stromverbrauch des globalen Bitcoin-Minings zum Stichtag 30. Juni 2024 rund 138 Terawattstunden (TWh) pro Jahr⁶. Dies entspricht etwa 0,54 % des weltweiten Stromverbrauchs.

Um eine energiepolitische Gesamteinordnung zu ermöglichen, kann diese Zahl auch in Relation zum globalen Primärenergieverbrauch gesetzt werden. Laut dem BP Statistical Review of World Energy 2023⁷ lag der weltweite Primärenergieverbrauch im Jahr 2022 bei ca. 600 Exajoule (EJ), was etwa 166.667 TWh entspricht. Daraus ergibt sich ein Anteil des Bitcoin-Mining-Stromverbrauchs am globalen Primärenergieverbrauch von rund 0,08 %.

Diese Relationen zeigen, dass der Energieverbrauch des Bitcoin-Netzwerks zwar nicht unerheblich ist, jedoch deutlich unterhalb vieler etablierter Industriesektoren liegt – beispielsweise der globalen Goldförderung oder des traditionellen Bankensektors. Für die ESG-Bewertung ist dabei nicht nur der absolute Verbrauch, sondern insbesondere die Herkunft der Energie, die geografische Verteilung sowie der CO₂-Fußabdruck entscheidend. Diese Aspekte werden im Folgenden separat betrachtet.

Zusammengefasst zeigt sich, dass Bitcoin zwar einen signifikanten Energieverbrauch hat, dieser jedoch in Relation zu anderen Industrien stark abfällt. Zudem fördert die Branche zunehmend die Nutzung erneuerbarer Energien und effizienterer Technologien, um ihre Umweltbelastung zu reduzieren.

Social (soziale Aspekte):

Bitcoin bietet Zugang zu finanziellen Dienstleistungen in Regionen, in denen traditionelle Bankensysteme fehlen:

- **Finanzielle Inklusion⁸:**

In Subsahara-Afrika nutzen viele Menschen Bitcoin über mobile Wallets, um grenzüberschreitende Zahlungen zu tätigen, ohne auf teure Zwischenhändler angewiesen zu sein. Dies reduziert Kosten und Zeitaufwand erheblich. Laut einer Studie der Technischen Universität Dresden fördert die Nutzung mobiler Fintech-Dienste die finanzielle Inklusion in Subsahara-Afrika signifikant.

- **Hilfe in Krisensituationen^{9 10}:**

Während der Wirtschaftskrise in Venezuela haben Bürger Bitcoin genutzt, um Ersparnisse vor Hyperinflation zu schützen und internationale Unterstützung zu erhalten. Plattformen wie LocalBitcoins ermöglichen es Nutzern, Bitcoin unkompliziert in Landeswährungen umzutauschen. Berichten zufolge ist Venezuela eines der

⁶ [Cambridge Centre for Alternative Finance \(2025\): Cambridge Digital Mining Industry Report – First Edition, April 2025.](#)

⁷ [Energy Institute \(ehemals BP\): Statistical Review of World Energy 2023. <https://www.energystat.org/statistical-review>](#)

⁸ [Mobile Fintech Adoption in Sub-Saharan Africa: A Systematic Literature Review and Meta-Analysis | TU Dresden](#)

⁹ [Consultora Económica](#)

¹⁰ <https://www.reuters.com/technology/venezuelas-economy-regresses-crypto-fills-gaps-2021-06-22/>

aktivsten Länder weltweit in Bezug auf den Handel mit Kryptowährungen.

- **Stärkung individueller Freiheiten¹¹:**

Für Aktivisten in autoritären Regimen stellt Bitcoin eine Möglichkeit dar, Gelder sicher und anonym zu speichern oder internationale Unterstützung zu erhalten. Die dezentrale Natur von Bitcoin ermöglicht es, finanzielle Repressionen zu umgehen und finanzielle Autonomie zu bewahren.

Diese Aspekte zeigen, wie Bitcoin zur sozialen Nachhaltigkeit beitragen kann, indem es finanzielle Inklusion fördert und Menschen in Krisensituationen unterstützt.

Governance (Unternehmensführung)

Die dezentrale Struktur von Bitcoin bietet Chancen für transparente und manipulationssichere Finanzsysteme:

- **Transparenz und Sicherheit¹²:**

Die Blockchain-Technologie ermöglicht eine nachvollziehbare und unveränderliche Dokumentation von Transaktionen. Unternehmen können ihre Finanzströme öffentlich über die Blockchain verifizieren lassen, was Vertrauen bei Investoren und Verbrauchern schafft. Laut dem Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI) bietet die Blockchain durch ihre Dezentralität und Kryptografie ein hohes Maß an Sicherheit und Transparenz.

- **Dezentralisierung¹³**

Das Fehlen einer zentralen Kontrolle reduziert systemische Risiken. El Salvador führte im September 2021 Bitcoin als gesetzliches Zahlungsmittel ein, um die Abhängigkeit von traditionellen Finanzinstituten zu verringern und finanzielle Inklusion zu fördern. Allerdings wurde dieser Status im Dezember 2024 im Zuge von Verhandlungen mit dem Internationalen Währungsfonds (IWF) wieder aufgehoben¹⁴.

Diese Aspekte zeigen, wie die Governance-Struktur von Bitcoin zur Schaffung transparenter und sicherer Finanzsysteme beitragen kann.

2.3 SDG

Die Sustainable Development Goals (SDGs)^{15 16} wurden im Jahr 2015 von den Vereinten Nationen als Teil der Agenda 2030 verabschiedet. Sie umfassen 17 Ziele, die darauf abzielen, die drängendsten globalen Herausforderungen zu betrachten und zur Lösungsfindung beizutragen.

Im Wesentlichen wurden die SDG entwickelt, um weltweit eine nachhaltige Entwicklung zu fördern, die soziale, wirtschaftliche und ökologische Aspekte gleichermaßen berücksichtigt. Sie

¹¹ [ANGELICA ALVES THESIS OCT 2019.pdf](#)

¹² [BSI - Blockchain](#)

¹³ [Dezentralisierung: Unternehmen zwischen Stabilität und Desintegration](#)

¹⁴ [El Salvador Made Bitcoin an Official Currency. Now It's Backtracking for IMF Loan. - WSJ](#)

¹⁵ [THE 17 GOALS | Sustainable Development](#)

¹⁶ [Sustainable Development Goals - European Commission](#)

richten sich an Staaten, Unternehmen und die Zivilgesellschaft gleichermaßen und betonen die Notwendigkeit internationaler Zusammenarbeit.

Die einzelnen SDG definieren sich wie folgt:

- **SDG 1 - Keine Armut (No Poverty):**
Ziel ist es, extreme Armut weltweit zu beenden und soziale Sicherungssysteme zu stärken, um den Lebensstandard aller Menschen zu verbessern.
- **SDG 2 - Kein Hunger (Zero Hunger):**
Sicherstellung einer nachhaltigen Landwirtschaft und Ernährungssicherheit, um Hunger und Mangelernährung zu beseitigen.
- **SDG 3 - Gesundheit und Wohlergehen (Good Health and Well-being):**
Zugang zu hochwertiger Gesundheitsversorgung für alle und Förderung eines gesunden Lebensstils.
- **SDG 4 - Hochwertige Bildung (Quality Education):**
Förderung inklusiver und hochwertiger Bildung sowie lebenslangen Lernens für alle.
- **SDG 5 - Geschlechtergleichheit (Gender Equality):**
Beseitigung von Diskriminierung und Gewalt gegen Frauen und Mädchen sowie Förderung ihrer vollen Gleichstellung und Teilhabe.
- **SDG 6 - Sauberes Wasser und Sanitäreinrichtungen (Clean Water and Sanitation):**
Sicherstellung des Zugangs zu sauberem Trinkwasser und sanitären Einrichtungen für alle sowie nachhaltiges Wassermanagement.
- **SDG 7 - Bezahlbare und saubere Energie (Affordable and Clean Energy):**
Sicherstellung des Zugangs zu bezahlbarer, verlässlicher und nachhaltiger Energie.
- **SDG 8 - Menschenwürdige Arbeit und Wirtschaftswachstum (Decent Work and Economic Growth):**
Förderung nachhaltigen Wirtschaftswachstums, produktiver Vollbeschäftigung und menschenwürdiger Arbeit.
- **SDG 9 - Industrie, Innovation und Infrastruktur (Industry, Innovation and Infrastructure):**
Aufbau widerstandsfähiger Infrastrukturen, Förderung nachhaltiger Industrialisierung und Unterstützung von Innovationen.
- **SDG 10 - Weniger Ungleichheiten (Reduced Inequalities):**
Verringerung von Ungleichheiten innerhalb und zwischen Ländern, insbesondere durch gerechtere Chancen und Ressourcenverteilung.
- **SDG 11 - Nachhaltige Städte und Gemeinden (Sustainable Cities and Communities):**
Förderung nachhaltiger, sicherer und inklusiver Städte und Gemeinden durch klimagerechte Infrastruktur und Wohnraum.
- **SDG 12 - Nachhaltige/r Konsum und Produktion (Responsible Consumption and Production):**
Förderung ressourceneffizienter und umweltfreundlicher Produktions- und Konsummuster.
- **SDG 13 - Maßnahmen zum Klimaschutz (Climate Action):**
Ergreifung dringender Maßnahmen zur Bekämpfung des Klimawandels und seiner Folgen.
- **SDG 14 - Leben unter Wasser (Life Below Water):**
Schutz und nachhaltige Nutzung der Ozeane, Meere und maritimen Ressourcen.
- **SDG 15 - Leben an Land (Life on Land):**
Schutz, Wiederherstellung und nachhaltige Nutzung von Ökosystemen, Wäldern und der Artenvielfalt.
- **SDG 16 - Frieden, Gerechtigkeit und starke Institutionen (Peace, Justice and Strong Institutions):**

Förderung friedlicher und inklusiver Gesellschaften, Zugang zu Justiz und Aufbau effektiver Institutionen.

- **SDG 17 - Partnerschaften zur Erreichung der Ziele (Partnerships for the Goals):** Stärkung globaler Partnerschaften und Mobilisierung von Ressourcen, um die Umsetzung der SDGs zu fördern.

Die SDGs dienen als Leitfaden für Regierungen, Organisationen und Unternehmen, um strategische Entscheidungen zu treffen, die nachhaltige Entwicklung fördern. Die Ziele sind miteinander verbunden, was bedeutet, dass Fortschritte in einem Bereich oft positive Auswirkungen auf andere Bereiche haben.

2.4 Bitcoin und SDGs

Bitcoin kann in verschiedenen Bereichen positive Beiträge zu den SDGs leisten, die wesentlichen Beiträge ergeben sich aus den folgenden SDGs:

- **SDG 1 - Keine Armut (No Poverty):**
Bitcoin ermöglicht den Zugang zu finanziellen Ressourcen, insbesondere in Regionen mit unzureichender Bankinfrastruktur. In Nigeria nutzen Menschen Bitcoin, um Geschäftstransaktionen durchzuführen, die zuvor aufgrund fehlender Bankdienstleistungen nicht möglich waren. Eine Studie des Springer-Verlags diskutiert die Chancen und Risiken von Kryptowährungen als Portfoliobestandteil für Verbraucherinnen und Verbraucher.¹⁷
- **SDG 7 – Bezahlbare und saubere Energie (Affordable and Clean Energy)**
Mining-Farmen wie Genesis Mining auf Island nutzen geothermische Energiequellen, um Bitcoin nachhaltig zu erzeugen. Allerdings zeigen Studien, dass Bitcoin-Mining langfristig den Übergang zu einer nachhaltigen Energieversorgung bremsen könnte, da es erhebliche Mengen an Energie verbraucht und Umweltbelastungen verursacht¹⁸.
- **SDG 9 – Industrie, Innovation und Infrastruktur (Industry, Innovation & Infrastructure)**
Projekte wie das Lightning Network verbessern die Skalierbarkeit und Effizienz von Bitcoin-Transaktionen und tragen zur Entwicklung moderner Zahlungsinfrastrukturen bei. Diese Innovationen fördern die industrielle Entwicklung und unterstützen den Aufbau einer belastbaren Infrastruktur.

Diese Beispiele verdeutlichen, wie Bitcoin zur Erreichung bestimmter SDGs beitragen kann, indem es finanzielle Inklusion fördert, nachhaltige Energienutzung unterstützt und technologische Innovationen vorantreibt. Gleichzeitig ist es entscheidend, bestehende Narrative, wie Energieverbrauch und regulatorische Bedenken zu adressieren, um das volle Potenzial von Bitcoin als Instrument zur Unterstützung der SDGs zu entfalten.

Im Rahmen der CSRD-Berichtspflichten müssen Unternehmen, die Bitcoin nutzen, darlegen, welche SDGs dadurch positiv oder negativ beeinflusst werden. Besonders relevant sind:

¹⁷ [Bitcoin & Co: Kryptowährungen für alle? | SpringerLink](#)

¹⁸ [Studie der UW/H nimmt die Umweltbelastung des Bitcoin-Mining unter die Lupe - Universität Witten/Herdecke](#)

- SDG 7 (Bezahlbare und saubere Energie) – Unternehmen können Bitcoin-Mining in nachhaltige Energiekonzepte einbinden.
- SDG 9 (Industrie, Innovation und Infrastruktur) – Blockchain-Technologie kann Prozesse transparenter und effizienter gestalten.
- SDG 13 (Maßnahmen zum Klimaschutz) – Notwendigkeit der Messung von Emissionen und Integration in Klimastrategien.

2.5 Energieverbrauch von Bitcoin – Emission, Nutzen und Bewertungskriterien

Der Energieverbrauch von Bitcoin steht seit Jahren im Zentrum öffentlicher Debatten. Häufig wird auf die absolute Strommenge verwiesen, die das Bitcoin-Mining benötigt – oft im Vergleich zu Staaten oder Branchen. Dieser Vergleich greift jedoch zu kurz und spiegelt die Realität häufig verzerrt wieder. Nicht die bloße Energiemenge, sondern insbesondere die Emissionsintensität, der Systemnutzen und die Anreizstruktur sind entscheidend¹⁹.

Ein zentraler Aspekt der Bitcoin-Blockchain ist der Sicherheitsbezug des Energieeinsatzes – die für das Mining aufgewendete Energie ist kein Nebeneffekt, sondern ein bewusst integrierter, zentraler Bestandteil des Sicherheitsmodells von Bitcoin.

Für eine sachgerechte Bewertung rückt daher nicht die Menge an verbrauchter Energie, sondern deren Herkunft, die Verwendung und Funktion - für die Energie gewandelt wird - in den Vordergrund.

ESG-gerechte Bewertungsdimensionen:

- **Emissionsintensität der Energie**
Entscheidend ist, woher die Energie stammt. Erneuerbare Energiequellen wie Wasserkraft, Wind- und Solarenergie verursachen kaum direkte Emissionen, während fossile Quellen (z. B. Kohle) erhebliche CO₂-Emissionen verursachen. Eine Kilowattstunde aus Wasserkraft ist deshalb klimatisch nicht mit einer Kilowattstunde aus Kohle gleichzusetzen.
- **Systemnutzen**
Die Abregelung erneuerbarer Energien stellt eine zentrale Herausforderung für das deutsche Stromnetz dar. Netzengpässe und fehlende Flexibilitäten führen dazu, dass überschüssiger Wind- und Solarstrom nicht genutzt werden kann, obwohl dieser klimaneutral und kostengünstig verfügbar ist. Stattdessen müssen Anlagenbetreiber entschädigt werden – eine Ineffizienz, die nicht nur erhebliche Kosten verursacht, sondern auch die Akzeptanz der Energiewende gefährdet.

Um diesem Problem zu begegnen, wurde am 29. Dezember 2023 der § 13k EnWG eingeführt. Das Konzept „Nutzen statt Abregeln“ (NsA) zielt auf die gezielte Aktivierung flexibler Lasten, die überschüssigen Strom lokal aufnehmen können. So sollen vor allem in als „Entlastungsregionen“ identifizierten Gebieten neue Verbrauchskapazitäten entstehen.

¹⁹ <https://www.lynalden.com/bitcoin-energy/>

Bitcoin-Mining-Anlagen eignen sich besonders gut für diesen Anwendungsfall: Sie lassen sich zeitlich flexibel zu- oder abschalten, benötigen keine kontinuierliche Versorgung und können gezielt in Regionen mit häufigem Curtailment angesiedelt werden. Auf diese Weise tragen sie nicht nur zur Reduktion von Abregelungskosten bei, sondern verwerten Strom, der andernfalls ungenutzt geblieben wäre.

Darüber hinaus lässt sich die beim Mining entstehende Abwärme zur Raum- oder Prozesswärme nutzen – ein Element sektorübergreifender Energieeffizienz, das vor allem in Industrieparks, Schwimmbädern, Gewächshäusern oder Quartierslösungen wirtschaftlich genutzt werden kann. So wird aus der elektrischen Verlustleistung ein sekundärer thermischer Nutzen, der zur Dekarbonisierung anderer Sektoren beiträgt.

Ergänzend ist auch ein netzdienlicher Einsatz im Kontext des Redispatch 2.0 denkbar – etwa wenn Mining-Anlagen in Netzregionen mit Engpässen gezielt ein- oder ausgeschaltet werden, um die Netzlast zu beeinflussen. Der primäre Systemnutzen liegt jedoch in der Vermeidung von Curtailment, nicht im Redispatch im engeren Sinne.

- **Ökonomische Anreizstruktur**

Bitcoin-Mining ist standortunabhängig und preissensitiv. Miner agieren als Preisnehmer am Strommarkt und verlagern ihre Rechenzentren gezielt dorthin, wo Energie dauerhaft günstig und überschüssig ist. Dies führt dazu, dass zunehmend erneuerbare Reststromquellen (z. B. Flare-Gas, Curtailment-Strom) erschlossen werden, die sonst ungenutzt oder klimaschädlich verbrannt würden.

ESG-Dimension	Relevanz	Typische Kennzahlen
Energie-Mix	CO ₂ -Intensität hängt vom Anteil erneuerbarer, verbrannter oder überschüssiger Energie ab.	% EE-Quote, g CO ₂ e / kWh
Transparenz	On-Chain-Daten + Primärstudien ermöglichen Echtzeit-Monitoring – Vorteil für ESRS E1.	Standort- & Verbrauchsofenlegung
Systemnutzen	Demand-Response, Lastabwurf, Abwärme- & Flare-Gas-Nutzung reduzieren Netz- bzw. Methanemissionen.	GWh Lastabwurf, t CH ₄ vermieden

- Strombedarf des Bitcoin-Netzes ≈ 138 TWh
- Emissionen ≈ 33 – 40 Mt CO₂e bei 52,4 % nachhaltigem Strommix

Im Verlauf dieses Papiers werden die folgenden wesentlichen Aspekte nochmals aufgegriffen und in ihrem thematischen Kontext ausführlicher dargelegt. An dieser Stelle dienen sie einer Differenzierung der Debatte um den Energieverbrauch von Bitcoin und dessen Proof-of-Work Konsensmechanismus.

Wirtschaftliche Unrentabilität fossiler Grundlaststandorte

Durch steigende CO₂-Preise, strengere ESG-Vorgaben bei Kapitalgebern und sinkende Stromgestehungskosten bei erneuerbaren Energien verlieren subventionsfreie fossile Kraftwerke dauerhaft an Wettbewerbsfähigkeit im Mining-Sektor.

- **Miner sind Preisnehmer:** Hardware migriert zu den niedrigsten Grenzstromkosten. Erneuerbare Überschussenergie (z.B. saisonale Wasserkraft in Bhutan) und
- **Null-Kosten-Restströme** (Flare-Gas in Nordamerika)

liegen dauerhaft unter dem Break-even (< 60 €/MWh) moderner ASICs. Steigende CO₂-Preise und ESG-Kapitalkosten verteuern fossile Grundlast zusätzlich – subventionsfreie Kohle- oder Gas-Standorte werden damit unrentabel.

Vergleich mit dem traditionellen Finanzsystem

Eine Bottom-up-Analyse zeigt: Das klassische Bank- und Zahlungssystem (inkl. Rechenzentren, Bargeldlogistik, Filialnetz, ATM-Infrastruktur) verursacht jährlich rund 264 TWh – rund das Doppelte des Bitcoin-Netzwerkes^{20 21}. Die Studie zeigt zudem, dass die CO₂-Intensität pro Transaktion im Bankensystem höher liegt als bei einem überwiegend erneuerbare betriebenen Bitcoin-Netzwerk.

Klimapositiver Hebel durch Sektorenkopplung

Die Ausführungen dieses Papiers belegen, wie Bitcoin-Mining als flexible Hochlast eine Kopplung im Energiesektor möglich macht elektrischer Energie (Redispatch § 13k EnWG),

- Finanz / Computing,
- Wärme (Abwärme-Nutzung) und
- Überschuss- & Abfallenergie (Curtaiment-Strom, Methan-Flaring)

So lassen sich Netzkosten senken, erneuerbare Investitionen beschleunigen und direkte Treibhausgasemissionen vermeiden – ein potenzieller Schlüssel für eine kosteneffiziente Energiewende.

Methodische Einordnung: Warum pauschale Vergleiche in die Irre führen

Schlagzeilen wie „Bitcoin verbraucht so viel Strom wie Norwegen“ sind plakativ, aber wenig aussagekräftig – sie ignorieren:

- Unterschiedliche Systemgrenzen – Nationalbilanzen enthalten alle Sektoren, Bitcoin nur einen Teilsektor.
- Fehlen eines Nutzwertbezuges – kWh-Angaben ignorieren wirtschaftlichen, sozialen oder sicherheitsrelevanten Wert.
- Emissionsintensität fehlt – 1 TWh Wasserkraft ≠ 1 TWh Kohle.
- Unterschied zwischen Marginal- und Durchschnittseffekt– Klimapolitik zielt auf zusätzliche oder vermiedene Emissionen, nicht auf absolute Mengen²².

²⁰ <https://docsend.com/view/adwmddeeyfvqwecj2>

²¹ <https://alphanode.global/wp-content/uploads/2022/06/SSRN-id4125499.pdf>

²² <https://www.iea.org/reports/net-zero-by-2050>

Leitplanken für ESG-konforme Bewertungen

1. CO₂-Intensität je MWh (Scope 2).
2. Anteil erneuerbarer bzw. Abfall- & Überschussenergie.
3. Flexibilitätsmetriken (Lastabwurf-GWh, Peak-Shaving-Faktor).
4. Transparenz von Standort- und Verbrauchsdaten.
5. Sektorenkopplungs-Nutzen (vermiedene Curtailment-kWh, Abwärme-Ersatz-GWh).

Unter Berücksichtigung dieser Kriterien wird der Energieeinsatz des Proof-of-Work als Sicherheits- und Klima-Asset bewertet. Die Voraussetzung für diese Betrachtungsweise ist, dass Miner konsequent auf CO₂-arme Energiequellen und Effizienztechnologien zurückgreifen.

3 Hauptanwendungsmöglichkeiten von Bitcoin in Unternehmen

Die Integration von Bitcoin in unternehmerische Prozesse gewinnt zunehmend - nicht nur aus Perspektive der ESG-Relevanz - sondern auch im Hinblick auf Digitalisierung und neue Geschäftsmodelle. Unternehmen stehen heute vor der Herausforderung, ihre Prozesse effizienter, transparenter und resilienter zu gestalten bei der gleichzeitigen Anforderung Verantwortung für nachhaltiges Handeln und einen nachhaltigen gesellschaftlichem Beitrag zu übernehmen.

Bitcoin bietet in diesem Spannungsfeld eine technologische Grundlage, die auf Offenheit, Unveränderbarkeit und Dezentralität basiert. Dabei geht es nicht allein um Bitcoin als Wertspeicher oder Finanzinstrument, sondern um die Nutzung der darunterliegenden Infrastruktur zur Schaffung von vertrauenswürdigen, manipulationssicheren und global zugänglichen Prozessen – von Zahlungsströmen über Lieferketten bis hin zur Energienutzung.

In diesem Kapitel werden konkrete Anwendungsfelder aufgeführt und zeigen, wie Bitcoin konkret in Unternehmen eingesetzt werden kann. Um diese Potenziale nachvollziehen und einordnen zu können, ist ein grundlegendes Verständnis der technologischen Eigenschaften notwendig.

- **Dezentrale Netzwerkstruktur:**
Es existiert keine zentrale Instanz – alle teilnehmenden Knoten im Netzwerk halten und prüfen die gleichen Daten. Diese Dezentralität macht das System widerstandsfähig gegenüber Ausfällen, politischem Einfluss und institutioneller Zensur.
- **Digitale Knappheit und Planbarkeit:**
Die maximale Geldmenge ist auf 21 Millionen Bitcoin begrenzt und im Code dauerhaft verankert. Diese digitale Knappheit schafft eine planbare Angebotsstruktur – ein Aspekt, der insbesondere in Treasury-, Anreiz- und Inflationsschutzstrategien an Berücksichtigung gewinnt.
- **Sicherheit durch Kryptographie und Netzwerkstabilität:**
Die Validierung von Transaktionen erfolgt im Bitcoin-Netzwerk über den Proof-of-Work-Konsensmechanismus. Trotz des hohen Energieaufwands bietet dieses Verfahren ein hohes Maß an Sicherheit und Integrität, das vor Manipulation und Zensur schützt – ein zunehmend relevanter Faktor in geopolitisch sensiblen Märkten. Ergänzend sorgt die im Protokoll verankerte automatische Difficulty-Anpassung dafür, dass sich das System selbst stabilisiert und kontinuierlich an die verfügbaren Rechenressourcen anpasst. Damit entsteht eine dauerhaft verlässliche Verbindung zwischen digitaler und physischer Welt – durch die feste Bindung der Blockproduktion an Energie und Zeit.
- **Digitale Eigentumsnachweise durch kryptografische Signaturen:**
Transaktionen basieren auf mathematisch gesicherten Signaturen, die Besitz eindeutig nachweisen – ganz ohne zentrale Register oder Intermediäre.
- **Transparenz, Auditierbarkeit und regulatorische Schnittstellen:**
Die Bitcoin-Blockchain ist öffentlich, unveränderlich und global einsehbar. Alle Transaktionen lassen sich eindeutig nachvollziehen, was eine prüffähige und revisionssichere Dokumentation von Zahlungs- und Besitzvorgängen ermöglicht. Diese Transparenz ist insbesondere im Kontext von Buchführung, Wirtschaftsprüfung und Compliance von großem Vorteil. Gleichzeitig erfordert die Pseudonymität von Wallet-Adressen ein technisches Setup, das mit regulatorischen Anforderungen wie KYC/AML

vereinbar ist.

- **Einfach programmierbare Bedingungen (Bitcoin Skript):**
Mit Hilfe einfacher Logiken wie Mehrfachfreigaben (Multisig) oder zeitgesteuerten Ausführungen lassen sich automatisierte Abläufe abbilden – etwa für Zahlungsfreigaben, Governance-Prozesse oder digitale Verträge.
- **Offene Weiterentwicklung durch Community-Governance:**
Technologische Anpassungen erfolgen im Rahmen eines offenen Vorschlags- und Konsensverfahrens („BIP-Prozess“) und nicht durch einzelne Institutionen. Das stärkt die technologische Unabhängigkeit und reduziert systemische Abhängigkeiten („Vendor Lock-in“).

3.1 Bitcoin als Finanzinstrument und Teil der Corporate Treasury-Strategie

Einleitung und Kontext

Die Integration von Bitcoin in Unternehmen aus finanzieller Sicht gewinnt zunehmend an Bedeutung. Dabei dient Bitcoin unter anderem als Instrument zum Schutz vor Inflation, zur effizienteren Kapitalnutzung und zur Optimierung im internationalen Zahlungsverkehr. Gleichzeitig erfordert die Einbindung in eine Corporate-Treasury-Strategie jedoch ein umfassendes Risikomanagement, da Volatilität, regulatorische Herausforderungen und operative Komplexitäten berücksichtigt werden müssen. Unternehmen, die diese Faktoren erfolgreich ausbalancieren, können sich in einem sich wandelnden Finanzumfeld strategisch zukunftssicher positionieren.^{23 24 25}

Bitcoin wird häufig als Inflationsschutz und Wertaufbewahrungsmittel diskutiert, bietet jedoch darüber hinaus weitere finanzielle und strategische Möglichkeiten. Diese beinhalten unter anderem die Nutzung als Sicherheit bei Fremdfinanzierungen, die Optimierung von Cross-Border-Zahlungen sowie den Schutz vor Verwässerung (Dilution Protection). Auf diese Weise trägt Bitcoin zu einer Diversifizierung der Unternehmensfinanzen bei, stärkt die Kapitalbasis und eröffnet neue Märkte.

Die Relevanz dieses Anwendungsfalls ist hoch und betrifft Unternehmen unterschiedlicher Größe und Branchen. Insbesondere Unternehmen mit hohen Liquiditätsreserven oder mit Exposition gegenüber Inflation und Währungsrisiken können profitieren. Auch staatliche Akteure und Staatsfonds zeigen zunehmendes Interesse an Bitcoin, was als ein Vorbote wachsender institutioneller Akzeptanz und Adoption interpretiert werden kann.

3.1.1 Technische Grundlagen und Umsetzung

Bitcoin ist ein digitales Asset auf Basis der Bitcoin-Blockchain-Technologie mit einer maximalen Gesamtmenge von 21 Millionen Bitcoin –(BTC). Diese künstliche Knappheit wird häufig als

²³ [The Strategic Bitcoin Reserve: A Hedge Against Inflation or Digital Mirage? by David Krause :: SSRN](#)

²⁴ [The Bitcoin Ecosystem: 2024 Annual](#)

²⁵ [Enable digital innovation in the financial sector; preserve financial stability](#)

argumentatives Fundament für die potenzielle Werterhaltung/ -steigerung und als Schutz vor Inflation herangezogen.

Aus finanzstrategischer Sicht ist es wichtig, die technischen Eigenschaften und operativen Implikationen von Bitcoin zu verstehen. Die operative Umsetzung und strategische Integration erfordert spezialisiertes Know-How, um eine sichere Verwahrung und eine reibungslose Nutzung zu gewährleisten:

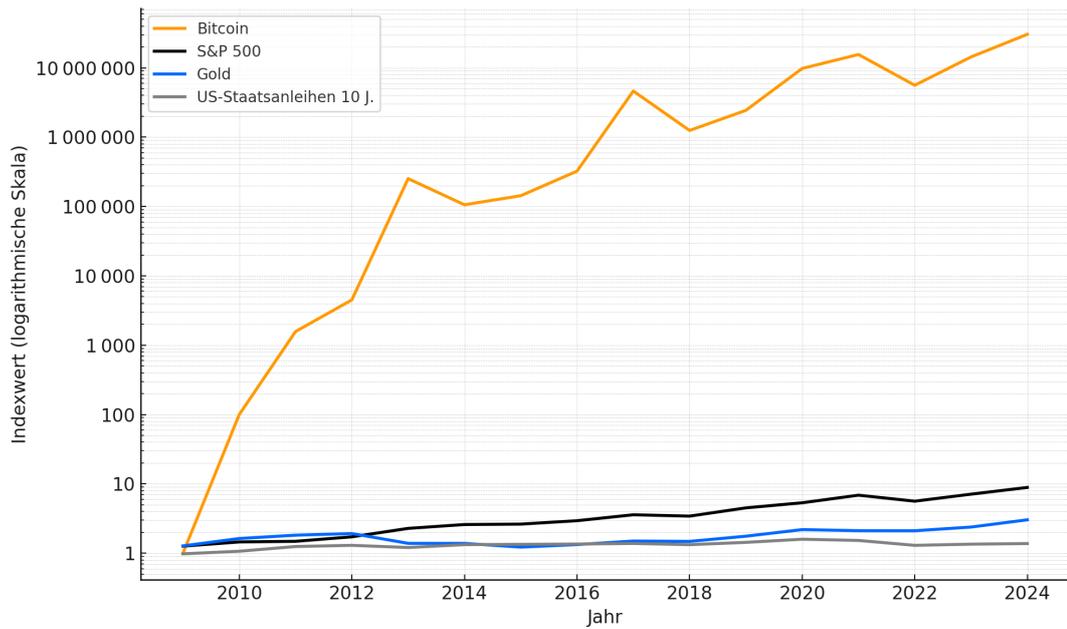
- **Transaktionsabwicklung über ein dezentrales Netzwerk:**
Bitcoin-Transaktionen erfolgen ohne zentrale Intermediäre direkt zwischen Teilnehmern. Die Daten werden kryptografisch abgesichert und dauerhaft auf einer öffentlichen Blockchain gespeichert. Dies ermöglicht ein vertrauensminimiertes Transaktionssystem, das unabhängig von traditionellen Finanzinfrastrukturen funktioniert.
- **Digitale Knappheit:**
Die im Protokoll fest verankerte maximale Umlaufmenge von 21 Millionen Bitcoin schafft digitale Knappheit. Diese künstliche Limitierung ist technisch unveränderbar und macht Bitcoin zu einem Asset mit deflationären Eigenschaften.
- **Custody:**
Der Zugriff auf Bitcoin erfolgt über Private Keys, die kryptografisch gesichert sind, eine Tatsache, die ein besonders sorgfältiges Schlüssel- und Zugriffsmanagement erfordert. In der Praxis kommen je nach Risikoprofil verschiedene Verwährlösungen zum Einsatz:
 - Self-Custody mittels Hardware-Wallets oder Multi-Signature-Lösungen
 - Institutionelle Custody-Services mit regulatorischer Überwachung und VersicherungsdeckungDiese technischen Optionen müssen in die Unternehmensrichtlinien zur IT-Sicherheit, zum Risikomanagement und zur internen Kontrolle eingebettet werden.
- **Transaktionsfähigkeit und Liquiditätszugang:**
Bitcoin kann weltweit, rund um die Uhr, ohne Intermediäre transferiert werden. Die Peer-to-Peer-Architektur ermöglicht einen direkten Werttransfer ohne Clearingstellen, wodurch internationale Zahlungen, konzerninterne Mittelverschiebungen und kurzfristige Liquiditätsbedarfe effizient abgebildet werden können. Zusätzlich ist Bitcoin auf zahlreichen Handelsplätzen hochliquide und sofort in Fiatwährungen umtauschbar. Über APIs und Handelsplattformen mit institutioneller Schnittstelle (z. B. OTC-Desks, Prime Broker) lässt sich Bitcoin nahtlos in bestehende Treasury-Systeme integrieren.
- **Teilbarkeit und Kapitalflexibilität:**
Bitcoin ist bis zur achten Dezimalstelle teilbar. Selbst geringe Beträge lassen sich effizient transferieren oder bilanzieren. Dies unterstützt sowohl feingliedrige Allokationen als auch Mikrotransaktionen im operativen Umfeld.
- **Schnelligkeit und Kosteneffizienz:**
Insbesondere bei grenzüberschreitenden Zahlungen Bitcoin-Transaktionen schneller und zu geringeren Gebühren als herkömmliche Banküberweisungen abgewickelt werden, was bei großen Summen oder in Ländern mit ineffizienten Bankensystemen relevant ist.

Die Integration von Bitcoin in das Treasury-Management erfordert spezialisiertes Know-how, um eine sichere Verwahrung und eine reibungslose Nutzung zu gewährleisten. Zudem ist die bilanzielle und steuerliche Behandlung von Bitcoin derzeit komplex und unterliegt in vielen Ländern rechtlichen Neuerungen, was im Wesentlichen auf das Fehlen einer einheitlichen rechtlichen und wirtschaftlichen Einordnung zurückzuführen ist. Die bestehenden Regulierungs- und Bilanzierungsrahmen wurden für traditionelle Vermögenswerte konzipiert und erfassen die besonderen Merkmale von dezentralen, digitalen Assets wie Bitcoin nur unzureichend. Neben der fehlenden Klassifikation als eigenständige Asset-Klasse erschweren auch technologische Entwicklungen, sowie uneinheitliche internationale Regelungen eine standardisierte Behandlung.

3.1.2 Wirtschaftliche Aspekte und Markt

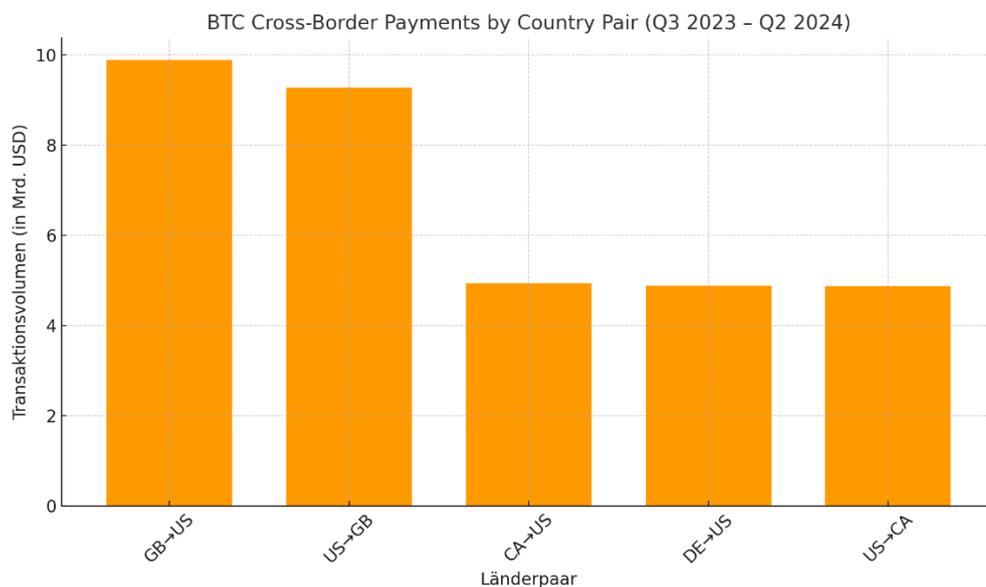
Unternehmen, die Bitcoin als Teil ihrer Corporate-Treasury-Strategie einsetzen, verfolgen vielfältige finanzielle und strategische Ziele:

- **Inflationsschutz und langfristige Wertsteigerung:**
Aufgrund seiner algorithmisch, mathematisch festgelegten Obergrenze von 21 Millionen Einheiten gilt Bitcoin als digitales, knappes Gut. Diese Knappheit, kombiniert mit einer dezentralen Struktur und zunehmender globaler Nachfrage, verleiht ihm das Potenzial zur langfristigen Wertsteigerung und macht ihn für viele Marktteilnehmer attraktiv als Wertaufbewahrungsmittel. Diese Eigenschaft kann zur Absicherung gegen die durch monetäre Inflation bedingte Kaufkraftminderung dienen.
- **Strategische Finanzierungsmöglichkeiten und Kapitalmarktzugang:**
Unternehmen können Bitcoin als Sicherheit für Fremdfinanzierungen nutzen und beispielsweise Bitcoin-besicherte Kredite aufnehmen. Die zunehmende Akzeptanz von Bitcoin im Kapitalmarkt ermöglicht es, Bitcoin-besicherte Kredite aufzunehmen oder Liquiditätsmanagement durch Bitcoin-Positionen zu optimieren. Dies kann neue Finanzierungsquellen eröffnen und die Kapitalstruktur verbessern, setzt jedoch ein sorgfältiges Risikomanagement hinsichtlich der Volatilität voraus.
- **Potenzial zur Steigerung der Eigenkapitalrendite (ROE):**
Bitcoin verzeichnete über die vergangenen Jahre eine deutlich höhere durchschnittliche jährliche Wachstumsrate (CAGR) als traditionelle Anlageklassen wie Aktienindizes, Anleihen oder Rohstoffe. Für Unternehmen, die einen Teil ihres Eigenkapitals oder überschüssiger Liquidität in Bitcoin allokalieren, kann dies – bei geeigneter Risikosteuerung – zu einer signifikanten Steigerung der Eigenkapitalrendite führen. Diese Form der Allokation kann insbesondere in einem makroökonomischen Umfeld mit niedrigen Realzinsen eine attraktive Ergänzung im Rendite-Risiko-Profil des Unternehmens darstellen. Eine regelmäßige Neubewertung der Positionen im Rahmen des Treasury-Risikomanagements ist hierbei essenziell.



CAGR – KUMMULIERTE TOTAL RENDITE 2009 - 2024^{26 27 28}

- **Cross-Border-Zahlungsverkehr:** Die Abwicklung grenzüberschreitender Zahlungen mit Bitcoin bietet Schnelligkeit, Kosteneffizienz und Transparenz. Dies ermöglicht in vielen Fällen eine Reduzierung von Transaktionskosten und Währungsrisiken. Studien belegen^{29 30 31 32} die zunehmende Relevanz dieses Einsatzbereichs.



TOP-5 GRENZÜBERSCHREITENDE BITCOIN-TRANSAKTIONSPAARE ZWISCHEN Q3 2023 UND Q2 2024.³³

²⁶ <https://www.slickcharts.com/sp500/returns/details>

²⁷ <https://www.macrotrends.net/1333/historical-gold-prices-100-year-chart>

²⁸ <https://fred.stlouisfed.org/series/DGS10>

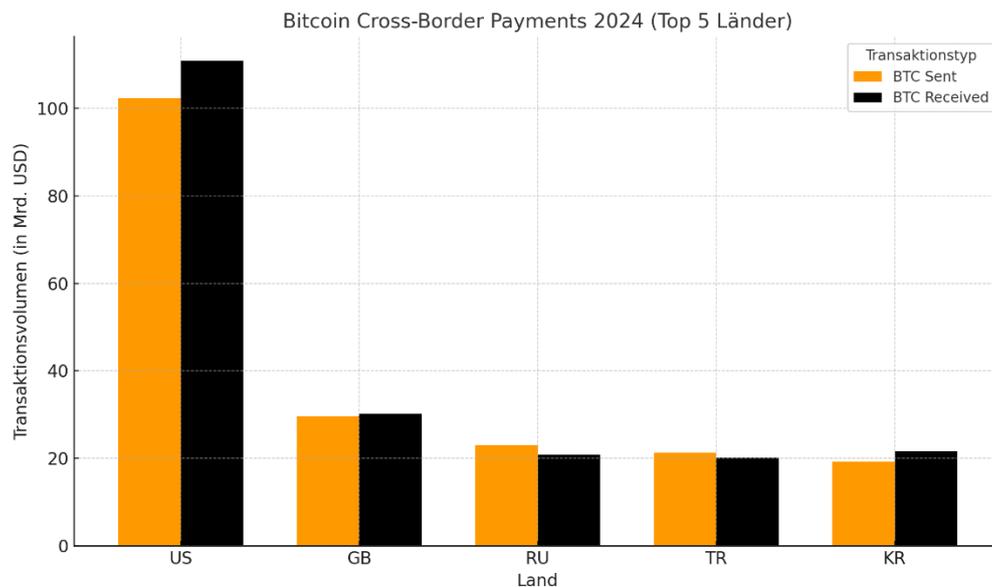
²⁹ <https://www.bis.org/publ/work1265.htm>

³⁰ <https://hrcak.srce.hr/file/414855>

³¹ <https://bvnc.com/blog/blockchain-cross-border-payments>

³² <https://osl.com/hk-en/academy/article/how-bitcoin-is-revolutionizing-cross-border-money-transfers>

³³ BIS Working Papers No 1265 DeFi'ing gravity? An empirical analysis of cross-border Bitcoin, Ether and stablecoin flows



DARSTELLUNG DER FÜNF WICHTIGSTEN LÄNDER NACH GEGESENDETEN UND EMPFANGENEN BITCOIN-ZAHLUNGEN IM JAHR 2024.

- Schutz vor Verwässerung (Dilution Protection):**
 Start-ups oder Wachstumsunternehmen können durch eine Allokation in Bitcoin den Kapitalbedarf für künftige Finanzierungsrunden verringern. Dies schützt Gründer- und Investorenanteile und kann die Unternehmensbewertung positiv beeinflussen.
- Reduzierung der Abhängigkeit von traditionellen Finanzsystemen:**
 Eine größere Unabhängigkeit von Banken und Zentralinstituten kann in Zeiten geopolitischer oder wirtschaftlicher Turbulenzen von strategischem Vorteil sein.
- Zugang zu Märkten mit eingeschränktem Bankensystem:**
 Unternehmen haben die Möglichkeit, Zahlungen auch in Regionen sicher und transparent abzuwickeln, in denen internationale Bankdienstleistungen nur eingeschränkt verfügbar sind.
- Unabhängigkeit von Währungsschwankungen:**
 Bitcoin ist als grenzüberschreitend handelbares digitales Asset nicht an eine nationale Währung gebunden. Dadurch kann es Unternehmen als neutrale Recheneinheit und Wertspeicher dienen – insbesondere in Märkten mit volatilen oder schwachen Landeswährungen.

Marktbeispiele und institutionelle Akzeptanz:

Corporates

- Strategy (USA):** Hält über 538.200 Bitcoin (Stand 20.04.2025) zur Diversifikation und als Inflationsschutz^{34 35 36 37}.

³⁴ <https://www.investing.com/news/sec-filings/microstrategy-updates-atm-programs-and-bitcoin-holdings-93CH-3993337>

³⁵ <https://www.sec.gov/Archives/edgar/data/0001326801>

³⁶ <https://www.strategy.com/press/2025/02/24/strategy-btc-holdings>

³⁷ <https://www.reuters.com/technology/microstrategy-bitcoin-2024>

- **Tesla (USA):** Nutzt Bitcoin zur Diversifikation seiner Barmittelreserven³⁸.
- **Genius Group (USA):** Absicherung von Finanzreserven mithilfe von Bitcoin³⁹.
- **Deutsche Börse (Deutschland):** Bietet institutionellen Kunden via Digital Exchange (DBDX) Bitcoin-Investments an⁴⁰.
- **Bitcoin Group SE (Deutschland):** Weist laut Geschäftsberichten (Februar 2025) Bitcoin in der Bilanz aus, mit einem bilanzierten Krypto-Reservenswert von ca. 356,8 Mio. €⁴¹.
- **SynBiotic SE (Deutschland):** Hält seit 2021 einen Teil seiner Liquidität in Bitcoin, um Währungsrisiken zu hedgen⁴².

Staatsfonds und staatliche Akteure:

- **Abu Dhabi:** Der Staatsfonds Mubadala Investment Co. investierte 2024 in den iShares Bitcoin Trust von BlackRock (Investmentwert ~436 Mio. USD)⁴³.
- **Bhutan:** Der staatliche Investmentarm Druk Holding & Investments (DHI) hält rund 13.000 BTC (seit 2020) und investiert gemeinsam mit Bitdeer rund 500 Mio. USD in grüne Mining-Anlagen⁴⁴.
- **Texas (USA):** Treibt via Gesetzesentwürfen und Pilotprojekten die Integration von Bitcoin in die staatliche Finanz- und Energiepolitik voran^{45 46}.

3.1.3 Ökologische Aspekte (Environment)

Obwohl Bitcoin regelmäßig wegen seines Energieverbrauchs kritisiert wird, ist dessen relativer Anteil im Vergleich zu etablierten Systemen differenziert zu betrachten. Studien zeigen, dass das traditionelle Finanzsystem – inklusive Banken, Bankautomaten, Zahlungsnetzwerke und Rechenzentren – deutlich mehr Energie verbraucht als das Bitcoin-Netzwerk. Auch der jährliche Energieaufwand für den globalen Goldabbau liegt über dem von Bitcoin. Die Betrachtung der Energieeffizienz ist daher nicht isoliert, sondern im Verhältnis zum Nutzen und zur Funktion des jeweiligen Systems zu betrachten.

³⁸ btc-echo.de: Institutionelle Bitcoin-Adoption in Deutschland

³⁹ wallstreet-online.de: Unternehmen investiert in Bitcoin

⁴⁰ cryptonews.com: Bitcoin als Investment für Unternehmen

⁴¹ <https://www.eqs-news.de/bitcoin-group-se-2025>

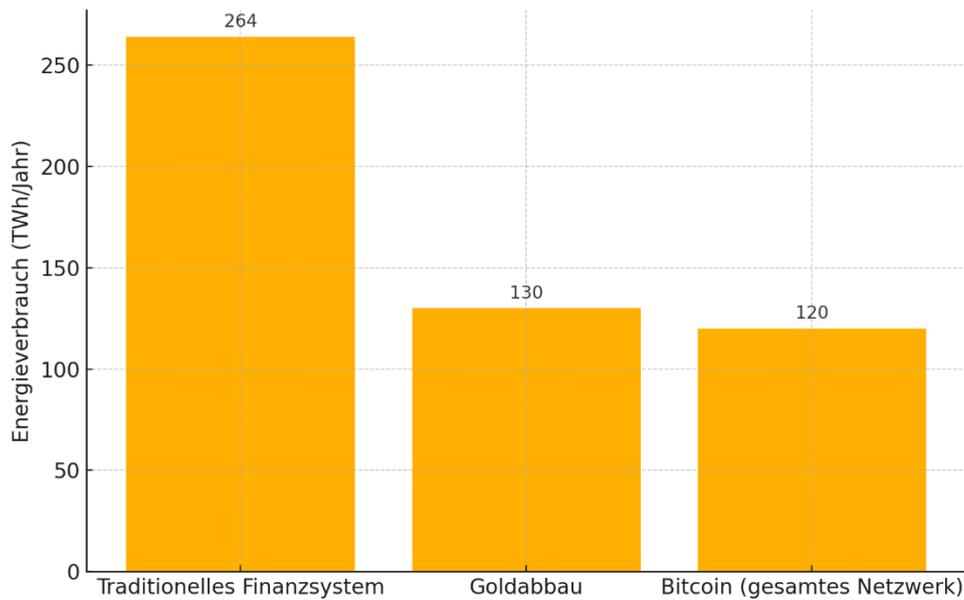
⁴² <https://www.synbioticse.com/de/presse/2021/crypto>

⁴³ <https://www.sec.gov/Archives/edgar/data/0001326801/mubadala2024>

⁴⁴ <https://www.kuenselonline.com/bhutan-bitcoin-mining-2023>

⁴⁵ <https://www.texas.gov/crypto-law>

⁴⁶ <https://www.fortworthtexas.gov/bitcoin-mining-pilot>



DARSTELLUNG DES STROMVERBRAUCHS 2024 IM VERGLEICH^{47 48}

3.1.4 Soziale und Governance-Aspekte

Die gesellschaftlichen und regulatorischen Rahmenbedingungen für Bitcoin sind weltweit uneinheitlich, was sowohl Chancen als auch Unsicherheiten birgt: **Regulatorische Unsicherheit:** Weltweit existieren unterschiedliche Vorgaben zur Bilanzierung und Steuerbehandlung von Bitcoin. Während in der EU mit MiCA strenge Berichtspflichten eingeführt werden, sind in anderen Regionen entsprechende Regelungen noch unklar oder im Aufbau. Dies kann internationale Vergleichbarkeit erschweren und zu regulatorischer Arbitrage führen.

- Finanzielle Inklusion und Zugang zu globalen Finanzinstrumenten:**
 Unternehmen und Privatpersonen in Regionen mit eingeschränktem Bankensystem können von Bitcoin profitieren, indem sie Zugang zu globalen Zahlungen und Finanzdienstleistungen erhalten. Dadurch werden Währungs- und Transaktionsbarrieren reduziert (SDG 8, SDG 10).
- Governance-Fragen in Unternehmen:**
 Die Einführung von Bitcoin in die Corporate-Treasury-Strategie erfordert klare Verantwortlichkeiten, Schulung der Mitarbeitenden und Anpassungen der Unternehmensrichtlinien. Dabei sind nicht nur Risikomanagement-Prozesse und Compliance-Aspekte zu berücksichtigen, sondern auch die Corporate Governance-Strukturen, um eine angemessene Überwachung, Transparenz und Kontrolle der neuen Asset-Klasse sicherzustellen. Dies umfasst insbesondere die Festlegung von Entscheidungsbefugnissen, Berichtspflichten und Kontrollmechanismen im Umgang mit Bitcoin.

⁴⁷ <https://docsend.com/view/adwmdeeyfvqwecj2>

⁴⁸ <https://alphanode.global/wp-content/uploads/2022/06/SSRN-id4125499.pdf>

3.1.5 Chancen, Risiken und Ausblick

Bitcoin birgt für Unternehmen unter finanzieller Betrachtung verschiedene Chancen, wie etwa Inflationsschutz, Diversifikation, neue Finanzierungsmöglichkeiten, Kosteneinsparungen im grenzüberschreitenden Zahlungsverkehr und die Möglichkeit, bestehende Abhängigkeiten vom traditionellen Finanzsystem zu reduzieren. Gleichzeitig bedarf es einer sorgfältigen Risikoanalyse, speziell unter Betrachtung der folgenden Aspekte:

- **Volatilität:**
Die annualisierte Realized Volatilität von Bitcoin mit 52,2 % Ende Q1 2025 erfordert ein aktives Risikomanagement und eine klare Risikoakzeptanz⁴⁹.
- **Regulatorische Unsicherheit:**
Die global unterschiedlichen regulatorischen Rahmenbedingungen führen zu Komplexität und potenziellen Rechtsrisiken.
- **Operative Komplexität:**
Custody, Wallet-Management und Transaktionsabwicklung erfordern Know-How. Hinzu kommen die Themen Rechnungslegung, die bilanzielle Betrachtung und die steuerliche Behandlung.
- **Liquidität:**
Die Liquidität variiert je nach Handelsplattform und Marktsituation, die Wahl der Börse und der Infrastruktur für den Liquiditätszugang sind essenziell.

Die langfristige Erwartung ist, dass die institutionelle Akzeptanz von Bitcoin stetig weiter zunimmt. Dies zeigt sich bereits in zahlreichen Beispielen – von staatlichen Investoren (z.B. Bhutan, Abu Dhabi, Texas) bis hin zu börsennotierten Unternehmen.

Die Entwicklung und Verbreitung nachhaltiger Mining-Konzepte wird zudem ökologische Bedenken schwächen und Bitcoin stärker in ESG-orientierte Strategien integrieren.

Insgesamt bleibt die Integration von Bitcoin in Corporate-Treasury-Strategien eine bedeutende, jedoch risikobehaftete Option, die bei sorgfältigem Management einen wichtigen Beitrag zur Diversifizierung und Zukunftssicherung von Unternehmen leisten kann.

⁴⁹ NYDIG - [Comparing Bitcoin and Gold](#)

3.2 Payment-Streaming und Pay-per-Use Geschäftsmodelle und autonome M2M-Transaktionen

Einleitung und Kontext

Payment-Streaming- und Pay-per-Use-Modelle basieren auf einer Echtzeit-Abrechnung der tatsächlichen Nutzung von Produkten und Dienstleistungen. Gleichzeitig ermöglichen Machine-to-Machine (M2M)-Transaktionen, dass Maschinen eigenständig Werte transferieren und bezahlen können. Dies ist vor allem im Industrie- und IoT-Sektor von erheblicher Bedeutung, da hier durch autonome Prozesse und Micropayments neue Geschäftsmodelle entstehen können, die keine überproportional hohen Transaktionskosten verursachen. Die Relevanz dieses Konzepts gilt als sehr hoch, da es sämtliche Branchen betrifft, die nutzungsbasierte Modelle anbieten (z. B. Industrie 4.0, Medienindustrie, Mobilität). Es ist zudem ein wesentlicher Treiber für Innovation und nachhaltige Industrialisierung (SDG 9) sowie für eine effizientere Ressourcennutzung (SDG 12).

3.2.1 Technische Grundlagen und Umsetzung

Die technische Umsetzung stützt sich auf Protokolle, die autonome Transaktionen zwischen Maschinen ermöglichen, und auf Payment-Streaming-Verfahren, bei denen Zahlungen in Echtzeit in sehr kleinen Einheiten (Micropayments) erfolgen. Die Herausforderungen liegen vor allem in:

- Entwicklung und Integration geeigneter Protokolle für den Austausch zwischen Maschinen oder vernetzten Geräten (IoT).
- Sicherheitsaspekten wie die Verschlüsselung und Authentifizierung, um Manipulationen und Missbrauch zu verhindern.
- Skalierbarkeit der Netzwerke, damit eine große Anzahl von Micropayments in Echtzeit abgewickelt werden kann.

Eine wichtige Rolle spielen hierbei Branchenstandards und interoperable Plattformen, um einen reibungslosen Datenaustausch zu gewährleisten und neue Geschäftsmodelle effizient integrieren zu können.

3.2.2 Wirtschaftliche Aspekte und Markt

Pay-per-Use-Geschäftsmodelle und Payment-Streaming ermöglichen es Unternehmen, die Kosten an die tatsächliche Nutzung ihrer Produkte und Dienstleistungen zu koppeln, wodurch bedarfsgerechte Kundenzahlungen ermöglicht werden, während Unternehmen ihre Umsätze genauer steuern und besser auf Nachfrageschwankungen reagieren können. Daraus ergeben sich unter anderem folgende Vorteile:

- **Flexiblere Abrechnungsmodelle:**
Kunden zahlen nur für den tatsächlichen Verbrauch (z. B. in der Medienindustrie für einzelne Artikel oder Videos), ohne die systemisch bedingt, für Kleinstbeträge bisher über-proportional hohen Nebenkosten des Zahlungsverkehrs.
- **Reduzierte Eintrittsbarrieren:**
Für preissensitive Kunden kann eine nutzungsabhängige Bezahlung attraktiver sein, was die Marktabdeckung erhöht und zu zusätzlichen Einnahmequellen führt.

- **Skalierbarkeit:**
Unternehmen können ihre Dienstleistungen weltweit anbieten und damit neue Kundensegmente erschließen.

Betroffene Branchen:

- **Industrie und Fertigung:** Maschinenleasing, Produktionsanlagen, Industrie 4.0
- **IoT-Sektor:** Vernetzte Geräte, Sensoren, Smart Homes, Smart Cities
- **Medienindustrie:** Zeitungen, Magazine, Streaming-Dienste, Musikplattformen
- **Mobilität:** Carsharing, E-Scooter, autonomes Fahren
- **Technologie:** Software as a Service (SaaS), Cloud-Dienste
- **Energie:** Dynamische Tarife für erneuerbare Energien

3.2.3 Ökologische Aspekte (Environment)

Nutzungsbasierte Modelle können durch punktgenaue Abrechnung die Effizienz im Konsum- und Produktionsverhalten fördern (SDG 12). Beispielsweise kann im Energiesektor die gezielte Abrechnung nach tatsächlichem Verbrauch den Anreiz schaffen, erneuerbare Energien effizienter einzusetzen und Lastspitzen zu vermeiden. Insgesamt können Pay-per-Use-Konzepte zu einem bewussteren Ressourceneinsatz beitragen.

3.2.4 Soziale und Governance-Aspekte (Social & Governance)

Soziale Aspekte

- **Finanzielle Inklusion:** Insbesondere für preissensitive Kunden kann ein nutzungsabhängiges Modell den Zugang zu Dienstleistungen erleichtern (SDG 8).
- **Zugang zu Innovationen:** Durch die Erweiterung um M2M-Zahlungen können auch entlegene Regionen oder Bereiche von automatisierten Diensten profitieren, beispielsweise in der Landwirtschaft oder im Smart-City-Kontext.

Governance Aspekte

- **Regulatorische Anforderungen:** Eine rechtskonforme Umsetzung erfordert die Einhaltung von Finanz-, Datenschutz- und Sicherheitsgesetzen.
- **Unternehmensrichtlinien:** Eine Umstellung auf autonome Transaktionen setzt klare interne Vorgaben zum Risikomanagement und der Corporate-Governance voraus, sodass ein klarer Handlungs- und Nutzungsrahmen geschaffen wird.

3.2.5 Chancen, Risiken und Ausblick

Die Einführung von Payment-Streaming und M2M-Transaktionen birgt ein hohes Transformationspotenzial für zahlreiche Branchen:

Chancen

- **Echtzeit-Abrechnung** ermöglicht eine präzise Erfassung und monetäre Bewertung der Ressourcen- und Dienstleistungsnutzung.
- **Potenziell höhere Kundenzufriedenheit** durch passgenaue Bezahlmodelle.

- Erweiterung des globalen Marktzugangs, da Micropayments internationale Transaktionen ohne große Gebührenbarrieren ermöglichen.

Risiken

- **Technologische Anforderungen:** Die Umsetzung erfordert spezifische Protokolle und starke IT-Sicherheit.
- **Geschäftsmodelle:** Unternehmen müssen ihre Prozesse teils grundlegend anpassen, was hohe Investitionen und umfangreiche Schulungen bedeuten kann.
- **Regulatorische Unsicherheiten:** Die rechtliche Einordnung autonomer Transaktionen, z. B. in Bezug auf Haftung und Datenschutz, ist nicht abschließend geklärt.

Langfristig ist damit zu rechnen, dass sich nutzungsbasierte Pay-per-Use-Konzepte und autonome M2M-Transaktionen weiter verbreiten werden. Die Vorteile in Bezug auf Innovation, Ressourceneffizienz und Kundenorientierung sprechen für eine zunehmende Akzeptanz in verschiedenen Branchen, von der Industrie 4.0 bis hin zur Medien- und Mobilitätsbranche⁵⁰.

Beispiele

- **Industrie 4.0:** Maschinen bestellen und bezahlen Ersatzteile oder Materialien eigenständig⁵¹.
- **IoT-Smart Home:** Vernetzte Haushaltsgeräte ordern Verbrauchsgüter automatisiert⁵².
- **Medienindustrie:** Pay-per-Article-Modelle erlauben Nutzern, nur für einzelne Artikel oder Videos zu bezahlen⁵³.
- **Mobilität:** Autonome Fahrzeuge begleichen Mautgebühren, Ladestationen oder Parkplätze automatisch²³.

3.3 Transparente Lieferketten und Logistik

Einleitung und Kontext

Transparente Lieferketten und Logistik profitieren stark von Blockchain-Technologie und der Einbindung von Bitcoin als zusätzlichem „Trust Anchor“. Durch unveränderliche und manipulationssichere Aufzeichnungen entlang der Lieferkette wird die Nach- und Rückverfolgbarkeit von Produkten deutlich verbessert. Diese Eigenschaft steigert die Effizienz und Verlässlichkeit von Lieferprozessen und kann in Bereichen wie Handel, Produktion, Logistik und der TIC-Industrie (Testing, Inspection, Certification) transformativ wirken.

Bitcoin kann hierbei nicht nur für automatisierte Zahlungsprozesse eingesetzt werden, sondern auch als sogenannte „Anchoring-Lösung“: Bestimmte Prozess- oder Produktdaten (in Form von Hashes) werden in Abständen in die Bitcoin-Blockchain geschrieben, um die Integrität dieser Daten global überprüfbar zu machen. Gleichzeitig ist zu beachten, dass sich diese Technologie bislang vor allem in klar umrissenen Anwendungsbereichen bewährt und weniger für große Datenvolumina oder hohe Transaktionsraten geeignet ist.

⁵⁰ [ecb.europa.eu: A big future for small payments? Micropayments and their impact on the payment ecosystem](https://ecb.europa.eu/press/pr/20180914_en)

⁵¹ [bankingclub.de: Industrie 4.0 ermöglicht neue Geschäftsmodelle „Pay-per-Use“](https://bankingclub.de/industrie-4-0-ermoeglicht-neue-geschaeftsmodelle-pay-per-use/)

⁵² [corporatebanking.de: M2M-Payment: Autonome Zahlungen zwischen Maschinen](https://corporatebanking.de/m2m-payment-autonome-zahlungen-zwischen-maschinen/)

⁵³ <https://coincharge.io/en/bitcoin-micropayments-mit-lightning/>

3.3.1 Technische Grundlagen und Umsetzung

- **Blockchain-Systeme:**

In vielen Fällen werden hybride Ansätze genutzt: Kritische Daten (z. B. Zeitstempel in Form von Hashes) werden gebündelt und periodisch in eine öffentliche Blockchain (z. B. Bitcoin) geschrieben. Die eigentlichen Dokumente oder umfangreichen Datensätze verbleiben in einer externen Datenbank oder einer privaten Blockchain.

- **Oracle-Problem:**

Um Manipulation oder Fehleingaben zu vermeiden, müssen externe Datenquellen („Oracles“) vertrauenswürdig sein. Die Bitcoin-Blockchain selbst garantiert ausschließlich die Unveränderbarkeit des gespeicherten Hashes, nicht die inhaltliche Richtigkeit der Daten.

- **Skalierbarkeit und Kosten:**

Da die Transaktionskapazität der Bitcoin-Blockchain begrenzt und die Gebühren variabel sind, eignen sich Massen- oder Echtzeitanwendungen nur eingeschränkt für eine direkte On-Chain-Speicherung. Hash-Bündelung oder Second-Layer-Lösungen mindern die Kosten, daraus resultiert jedoch zusätzliche technische Komplexität.

3.3.2 Wirtschaftliche Aspekte und Markt

Die Verwendung von Blockchain und Bitcoin in Lieferketten und Logistik bietet signifikante Kosteneinsparungen durch:

- **Effizienzsteigerung und Kostensenkung:**

Durch automatisierte Prozesse und eine gemeinsame Vertrauensbasis zwischen Lieferanten, Logistikdienstleistern und Abnehmern können Transaktionskosten sinken.

- **Wettbewerbsvorteile:**

Unternehmen können auf steigendes Verbraucherinteresse an transparenten Lieferketten reagieren, was zu einem besseren Markenimage und gegebenenfalls zu Premiumpreisen führen kann.

- **Kostenstruktur:**

Die Investitionskosten (z. B. Infrastruktur, Schulung, Implementierung) sind mittel bis hoch. Die laufenden On-Chain-Gebühren (Bitcoin Mining Fees) lassen sich durch Hash-Bündelung reduzieren, bleiben aber ein kritischer Faktor bei wachsender Transaktionszahl.

Zudem ergeben sich Wettbewerbsvorteile auf dem globalen Markt, da Kunden zunehmend nach transparenten und nachhaltigen Produkten verlangen. Insbesondere die TIC-Industrie kann durch den Einsatz von Blockchain und Bitcoin in Prüf- und Zertifizierungsprozessen neue Geschäftsmodelle schaffen und den Zertifizierungsaufwand senken.

3.3.3 Ökologische Aspekte (Environment)

- **Effizientere Ressourcennutzung (SDG 12):**
Eine transparente Lieferkette verhindert doppelte Transporte und fehlerhafte Lieferungen.
- **Vermeidung von Fälschungen:**
Manipulationssichere Zertifizierungen können dazu beitragen, Abfall und unnötige Produktion zu reduzieren.
- **Energieverbrauch:**
Wenn Bitcoin als Trust Anchor genutzt wird, entsteht ein indirekter Bezug zu dessen Proof-of-Work-Verfahren. Da jedoch meistens nur Hashes in die Blockchain geschrieben werden, ist der eigene Energieaufwand der beteiligten Unternehmen relativ gering.

3.3.4 Soziale und Governance-Aspekte (Social & Governance)

- **Transparenz und Verbrauchervertrauen:** Manipulationssichere Dokumentation steigert das Vertrauen der Verbraucher in Produkte (z. B. Fair-Trade- oder Nachhaltigkeitssiegel).
- **Regulatorische Anforderungen:**
 - Nationale und internationale Vorgaben zu Datenschutz und Datensicherheit (z. B. GDPR) erfordern, dass personenbezogene Daten nicht öffentlich abrufbar sind.
 - Die rechtliche Anerkennung von Blockchain-basierten Zertifizierungen ist in vielen Ländern im Aufbau, wodurch Unsicherheiten für internationale Lieferketten entstehen können.
- **Oracle-Problem in der Praxis:** In der TIC-Industrie oder bei zertifizierten Prüfstellen werden die Inhalte vor dem Eintrag in die Blockchain geprüft. Damit verlagert sich die Vertrauensfrage auf die Kompetenz und Integrität dieser Instanzen.

3.3.5 Chancen, Risiken und Ausblick

Chancen:

- **Verbesserte Effizienz und Nachverfolgbarkeit** in Lieferprozessen durch automatisierte Bezahlvorgänge und transparente Audit-Trails.
- **Stärkung der Markenreputation** und Erfüllung von ESG-Vorgaben durch manipulationssichere Herkunftsnachweise.
- **Synergiepotenzial mit IoT-Anwendungen**, wenn Geräte selbst Transaktionen auslösen (z. B. automatisches Bezahlen von Fracht- oder Prüfgebühren).

Risiken:

- **Kosten und Skalierung:** Bei hohen Transaktionszahlen oder großen Datenmengen wird eine direkte Nutzung der Bitcoin-Blockchain schnell unwirtschaftlich.
- **Abhängigkeit von Oracles:** Ohne vertrauenswürdige Dateneingabe kann selbst die beste Blockchain falsche Informationen unveränderlich speichern.
- **Technische und regulatorische Komplexität:** Unternehmen müssen Rechtssicherheit (z. B. Zertifizierungsstandards, Datensicherheit) und technische Expertise sicherstellen.

Ausblick:

Die in Pilotprojekten und bestimmten Branchen (z. B. Lebensmittel, Pharma, TIC) erzielten Erfolgsmeldungen verdeutlichen das Potenzial von Blockchain und Bitcoin für transparente

Lieferketten. Allerdings erfordert ein breiter Roll-out hybride Ansätze, die das Skalierungs- und Kostenproblem adressieren. Auch das Oracles bleiben ein Kernthema: Eine hohe Datenintegrität setzt nach wie vor zuverlässige und zertifizierte Schnittstellen voraus. Dennoch wird erwartet, dass immer mehr Unternehmen diese Technologie einsetzen, um Nachhaltigkeit, Nach- und Rückverfolgbarkeit, sowie Prozessautomatisierung (z. B. M2M-Zahlungen) voranzutreiben.

Beispiele

- **Logistik:** Automatisierte Nach- und Rückverfolgbarkeit von Waren mithilfe von Blockchain, kombiniert mit Bitcoin-Zahlungen für logistische Dienstleistungen⁵⁴.
- **TIC-Industrie:** Zertifizierungsprozesse für Lebensmittel, Pharma und weitere Konsumgüter, bei denen Daten manipulationssicher dokumentiert werden. Gleichzeitig können Zahlungen per Bitcoin automatisiert freigegeben werden⁵⁵.
- **Handel:** Nachvollziehbare Produktions- und Lieferprozesse, z. B. im Bereich Fair-Trade-Kleidung, durch die Kombination von Blockchain und IoT⁵⁶.
- **Fertigungsindustrie:** Echtzeitüberwachung von Materialflüssen und automatisierte Zahlungen über Bitcoin, wenn vordefinierte Produktionsschritte erfolgreich abgeschlossen sind⁵⁷.

3.4 Direktes Crowdfunding und Finanzinfrastruktur mit Bitcoin

Einleitung und Kontext:

In den letzten Jahren haben neue Formen des Crowfundings im Krypto-Sektor an Bedeutung gewonnen. Insbesondere Initial Coin Offerings (ICOs) und Security Token Offerings (STOs) etablierten sich als tokenbasierte Crowdfunding-Modelle, bei denen Projektteams eigene digitale Token ausgeben, um Kapital einzusammeln⁵⁸. Zwar galten ICOs anfangs als „transparent, sicher und selbstregulierend“ sowie grenzüberschreitend ohne staatliche Kontrolle, doch diese Annahme erwies sich als trügerisch. Viele ICOs zeigten strukturelle Schwächen – von Sicherheitslücken in Smart Contracts bis hin zu zentralisierten Entscheidungsstrukturen und spekulativen Blasen. Tatsächlich wurden die meisten ICO-Token als Wertpapiere eingestuft, was zu regulatorischen Eingriffen und einem Einbruch des ICO-Marktes führte.

Vor diesem Hintergrund rückt ein Bitcoin-fokussiertes Crowdfunding in den Fokus, das ohne die Emission neuer Token auskommt und stattdessen auf der etablierten Bitcoin-Infrastruktur aufbaut. Direktes Crowdfunding mit Bitcoin bedeutet, dass unterstützter Projekte unmittelbar mit Bitcoin (BTC) finanzieren, oft in Form von Spenden oder Vorfinanzierungen, ohne intermediäre Plattformen oder eine Neuausgabe von Token. Durch Second-Layer-Lösungen wie das Lightning Network und Sidechains wie Liquid gewinnt dieses Modell weiter an Effizienz und globaler Reichweite.

⁵⁴ [DHL Freight: Blockchain in der Logistik](#)

⁵⁵ [PwC: Blockchain in der Lieferkette](#)

⁵⁶ [Capgemini: Blockchain-Transparenz](#)

⁵⁷ [Softseq: Blockchain im Supply Chain Management](#)

⁵⁸ https://www.richmondfed.org/publications/research/econ_focus/2019/q1/feature2#

Bitcoin, als älteste und dezentralste Kryptowährung, bietet dafür ein einzigartiges Fundament: eine über 14 Jahre erprobte Sicherheitsarchitektur, ein robustes, weltweit verteiltes Netzwerk und eine breite Nutzerbasis⁵⁹.

Im Folgenden wird erläutert, welche marktbildenden Vorteile dieses Bitcoin-basierte Crowdfunding gegenüber tokenbasierten Ansätzen bietet und wie die technischen sowie sozioökonomischen Implikationen – etwa für Finanzinfrastruktur, Kapitalallokation und Transparenz – ausfallen.^{60 61}

3.4.1 Technische Grundlagen und Umsetzung

Bitcoin-basiertes Crowdfunding nutzt die bestehende Bitcoin-Infrastruktur und baut sie mittels Second-Layer-Protokollen zu einer dezentralen Finanzinfrastruktur aus. Technisch erfolgt die Finanzierung meist durch direkte BTC-Transaktionen an eine projektbezogene Bitcoin-Adresse oder via Lightning Network. Moderne Bitcoin-Fundraising-Plattformen wie TallyCoin und Geysir setzen dabei auf Non-Custodial-Modelle: Projektinitiatoren hinterlegen lediglich eine eigene Bitcoin-Adresse oder einen Extended Public Key (xPub), sodass alle Beiträge direkt in ihre Wallet fließen⁶². Dadurch behalten sie die volle Kontrolle über die Mittel, und *jeder spendete Satoshi gehört unmittelbar dem Empfänger* – die Plattform selbst hat keinen Zugriff und erhebt keine Gebühr⁶³.

Für die Unterstützung kleinster Zahlungen und globaler Mikro-Transaktionen kommt das Lightning-Netzwerk zum Einsatz. Das Lightning Network ist ein Second-Layer auf Bitcoin-Basis, der mittels Zahlungskanälen nahezu sofortige und kostengünstige Transaktionen ermöglicht⁶⁴. Jeder Lightning-Transfer wird letztlich durch die Bitcoin-Blockchain selbst abgesichert, bedarf jedoch keiner sofortigen Aufnahme in die Blockchain. In der Praxis bedeutet dies, dass Kampagnen z.B. über eine Lightning-Invoice oder eine Lightning-Adresse Spenden empfangen können – Geysir etwa vergibt jedem Projekt eine eigene Lightning-Adresse, sodass Unterstützer direkt aus beliebigen Lightning-Wallets heraus zahlen können⁶⁵. Dies erhöht die Interoperabilität und Benutzerfreundlichkeit: Eine Geysir-Kampagne kann z.B. direkt aus einer Wallet-App wie Breez oder über QR-Codes in sozialen Netzwerken finanziert werden, ohne sich auf der Plattform registrieren zu müssen⁶⁶.

Neben Lightning spielt derzeit die Bitcoin-Sidechain Liquid eine Rolle beim Crowdfunding. Liquid ist ein auf einer Föderation basierendes Second-Layer-Netzwerk mit 1-Minuten-Blöcken und vertraulichen Transaktionen, das die Emission digitaler Vermögenswerte auf Bitcoin-Basis erlaubt⁶⁷. Projekte können über Liquid bspw. tokenisierte Aktien, Anleihen oder Anteilscheine ausgeben, die 1:1 mit BTC hinterlegt sind, um Investoren im Rahmen regulierter STOs anzusprechen⁶⁸. Die Liquid-Plattform bietet hierbei schnelle Abwicklung, Privacy durch Confidential Transactions und Atomic Swaps für den vertrauensminimierten Handel.

⁵⁹ <https://jimmysong.medium.com/why-bitcoin-is-different-e17b813fd947>

⁶⁰ [Framework of crowdfunding sustainable development goals projects using blockchain](#)

⁶¹ [Does blockchain have a role in the financing infrastructure?](#)

⁶² [Tallycoin Fundraising & Crowdfunding with Bitcoin and Lightning](#)

⁶³ <https://bitcoinke.io/2022/04/top-10-platforms-for-crowdfunding-in-crypto/>

⁶⁴ <https://bitcoinist.com/btc-the-lightning-network-s-energy-consumption-vs-the-world-a-comparison/>

⁶⁵ <https://bitcoinmagazine.com/business/crowdfunding-on-a-bitcoin-standard-with-geyser>

⁶⁶ <https://crowdsourcingweek.com/blog/lightning-network-crowdfunding/>

⁶⁷ <https://blockstream.com/liquid/>

⁶⁸ <https://blog.blockstream.com/el-salvador-to-issue-1b-in-tokenized-bonds-on-the-liquid-network/>

Zusammen ermöglichen diese Technologien eine dezentrale Finanzinfrastruktur auf Bitcoin, in der Akteure weltweit ohne Banken Gelder einsammeln und verwalten können. Technisch gesehen sinken die Eintrittsbarrieren: Jeder Benutzer mit Internetzugang kann eine Bitcoin- oder Lightning-Node (z.B. über benutzerfreundliche Lösungen wie Umbrel) betreiben und so faktisch selbst als Zahlungsabwickler agieren. Dieses offene, modular aufgebaute System bildet die Grundlage für die folgenden wirtschaftlichen und sozialen Vorteile:

3.4.2 Wirtschaftliche Aspekte und Markt

Aus ökonomischer Sicht bietet direktes Bitcoin-Crowdfunding gegenüber tokenbasierten Modellen grundlegende strukturelle Vorteile in puncto Sicherheit, Dezentralität, Anreizstrukturen und Netzwerkeffekten.

1. Sicherheit:

Bitcoin als älteste Blockchain wird durch enorme weltweite Rechenleistung (Proof-of-Work) gesichert und hat sich über Jahre als *robust gegen Betrug und Angriffe* erwiesen und etabliert. Im Gegensatz dazu bringen neu emittierte Token häufig technologische Risiken mit sich – komplexe Smart Contracts erhöhten z.B. bei Ethereum-basierten ICOs die Angriffsfläche, was spektakuläre Hacks wie der DAO-Angriff zeigten⁶⁹. Bitcoin verzichtet bewusst auf Komplexität in seinem Skripting, was zu seiner *Resilienz über die Zeit* beigetragen hat. Zudem reduziert das Fehlen einer zentralen Herausgeberinstanz regulatorische Risiken, da Bitcoin als etabliertes digitales Asset in vielen Jurisdiktionen klarer eingeordnet wird als neuartige Token, die oft als Wertpapiere eingestuft werden.

2. Dezentralität:

Bitcoin besitzt kein zentrales Organ und somit keinen *“Single Point of Failure”*, während bei ICOs häufig ein Gründerteam oder ein Unternehmen die Kontrolle über Tokenausgabe und -verwendung behält. Das Bitcoin-Crowdfunding ist per Design zensurresistent: Als Peer-to-Peer-Netzwerk ermöglicht Bitcoin es Unterstützern, direkt und ohne Zwischeninstanz BTC an eine Projektadresse zu senden – wodurch durch keine zentrale Instanz eine Transaktion einseitig blockiert werden kann⁷⁰.

Ein Beispiel zeigte sich bei den kanadischen Trucker-Protesten 2022: Staatliche Stellen zwangen Plattformen wie GoFundMe zur Schließung von Kampagnen, woraufhin die Community auf Bitcoin-Spenden über TallyCoin auswich^{71 72}.

3. Spieltheoretische Anreize und Netzwerkeffekte:

Beim Bitcoin-Crowdfunding basieren Beiträge meist auf langfristigem Interesse an einem Projekt oder einem Gemeinwohlzweck, statt des Fokus kurzfristiger Wertsteigerung eigener Token. Indem keine neuen Assets erschaffen werden, entfällt der Druck, einen künstlichen Marktpreis zu etablieren. Das vorhandene Kapital (BTC) fließt direkt ins Projekt, wodurch Finanzierung und Projekterfolg enger gekoppelt sind.

Unterstützer profitieren zudem indirekt vom Netzwerkeffekt Bitcoins: Jede nützliche Anwendung, die via BTC-Crowdfunding entsteht, kann den Wert, die Etablierung und Adaption von Bitcoin selbst steigern. Bitcoin ist global verfügbar, breit akzeptiert und an allen großen Börsen handelbar, was die Kapitalakquise erleichtert.

⁶⁹ [The DAO Controversy: The Case for a New Species of Corporate Governance?](#)

⁷⁰ <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>

⁷¹ [Canadian Truckers Are Funded with Bitcoin After \\$10 Million GoFundMe Campaign Was Shut Down](#)

⁷² [Canadian trucker protest raises over \\$900,000 in bitcoin after GoFundMe blocks millions of dollars in donations](#)

4. Effizienzgewinne und Kostenvorteile:

Transaktionsgebühren im Lightning-Netzwerk sind verschwindend gering, wodurch Transaktionen von Kleinstbeträgen darstellbar und rentabel sind. Im Vergleich behalten klassische Crowdfunding-Plattformen häufig 5–10 % Gebühren plus Zahlungsdienstleister-Kosten ein. Die Plattform TallyCoin verzichtet vollständig auf Provisionen.

Darüber hinaus fließen durch Geysers die Spenden in Echtzeit direkt an die Bitcoin-Node des Projekts, was Liquidität und Flexibilität erhöht. Das "Keep-what-you-raise"-Modell kommt so besonders kleineren Initiativen zugute⁷³, da kein Mindestfundingbetrag erreicht werden muss. Zudem wird durch die öffentliche Natur der Bitcoin-Blockchain und seine Transparenz das Vertrauen gefördert.

Nicht zuletzt schafft die globale Infrastruktur von Bitcoins einen Zugang zu Märkten, der traditionellen Finanzierungswegen verschlossen bleibt. Grenzüberschreitende Kapitalallokation wird vereinfacht: Während klassische Crowdfunding-Plattformen meist nur in ausgewählten Ländern operieren, können Bitcoin-basierte Kampagnen weltweit unterstützt werden. Beispiele wie Geysers, TallyCoin oder OpenSats zeigen, dass dieses Modell in der Praxis bereits erfolgreich funktioniert – selbst in politisch sensiblen Situationen.

3.4.3 Ökologische Aspekte

Die ökologische Diskussion um Bitcoin fokussiert sich oft auf den Energieverbrauch des Proof-of-Work-Minings. Direktes Crowdfunding mit Bitcoin und dessen Second-Layer-Technologien kann jedoch pro Transaktion wesentlich effizienter und ressourcenschonender sein als alternative Modelle.

- **Lightning-Transaktionen** verursachen nahezu keinen zusätzlichen Stromverbrauch, da sie Off-Chain über bestehende Payment-Channels abgewickelt werden. Das Netzwerk kann somit skaliert werden, ohne dass der Energieaufwand proportional zur Transaktionszahl steigt⁷⁴.
- **Sidechains wie Liquid** erlauben zudem das Handeln von Vermögenswerten und tokenisierten Assets, ohne jede einzelne Transaktion in die Main-Chain zu schreiben. Dadurch wird diese entlastet, wodurch die CO₂-Bilanz pro Transaktion sinkt, da ein bestehendes Sicherheitsfundament mehrfach genutzt wird.
- **Rolle erneuerbarer Energien:** Viele Mining-Betriebe verlagern sich bereits in Regionen mit überschüssiger, erneuerbarer Energie – was Crowdfunding-Projekten indirekt zugutekommt, sofern "sauber" geminte BTC als Grundlage dienen.

Second-Layer-Lösungen wie Lightning entschärfen somit das Skalierungs-Energie-Dilemma deutlich: Ein wachsendes Crowdfunding-Volumen kann erreicht werden, ohne den ökologischen Fußabdruck in gleicher Weise zu erhöhen.

⁷³ <https://github.com/OpenSats/website/>

⁷⁴ [BTC + The Lightning Network 's Energy Consumption Vs. The World, A Comparison](#)

3.4.4 Soziale und Governance-Aspekte

Bitcoin-basiertes Crowdfunding berührt diverse soziale und Governance-Fragen:

- **Soziale Inklusion:**
Personen in Regionen ohne etablierte oder funktionierende Bankeninfrastruktur können am globalen Kapitalmarkt teilnehmen, durch die Nutzung einer Bitcoin-Wallet.
- **Zensurrestistenz und Zivilgesellschaft:**
NGOs, Aktivisten oder Journalisten in repressiven Umfeldern können auf Bitcoin ausweichen, wenn traditionelle Kanäle blockiert sind ^{75 76}.
- **Governance durch Gemeinschaft:**
In einem offenen Crowdfunding-Ökosystem entscheiden die Nutzer, welche Projekte erfolgreich Mittel erhalten. Plattformen wie Geyser verwenden soziale Validierungsmechanismen (z.B. ein Community-gated Launchpad), um Betrugsrisiken zu minimieren.
- **Reputation und Transparenz:**
Durch das Fehlen einer zentralen Instanz bedarf es einer regelmäßigen Kommunikation der Mittelverwendung durch die Projektinitiatoren, sodass das Vertrauen in ein Projekt wächst und bestehen bleibt. Multi-Signature-Wallets oder Community-basierte Entscheidungsprozesse können für zusätzliche Sicherheit und der Etablierung von Vertrauen sorgen.
- **Soziale Gerechtigkeit:**
Bitcoin-Crowdfunding demokratisiert den Zugang zu Kapital, birgt allerdings in regulierungsarmen Märkten auch die Gefahr, dass unerfahrene Anleger weniger geschützt sind. Die Bitcoin-Community versucht dies u.a. durch Aufklärung und freiwillige Ratings ^{77 78} zu entschärfen.

Insgesamt stärkt Bitcoin als Zahlungs- und Infrastruktur die finanzielle Souveränität sowohl von Projekten als auch von Unterstützern, indem es neue, dezentral organisierte Finanzierungswege im Crowd-Funding Kontext eröffnet.

3.4.5 Chancen, Risiken und Ausblick

Chancen

- **Offenere Finanzierungslandschaft:** Projekte, die zuvor keinen Zugang zu Venture Capital oder Bankkrediten hatten, können sich an eine globale Gemeinschaft wenden.
- **Etablierung eines dezentralen Finanzsektors:** Durch Plattformen wie TallyCoin, Geyser oder OpenSats kann ein permanentes Crowdfunding-Ökosystem entstehen, in dem jeder eigenverantwortlich und zu jeder Zeit ein Projekt adressieren, starten und finanzieren kann.

⁷⁵ [Canadian Truckers Are Funded with Bitcoin After \\$10 Million GoFundMe Campaign Was Shut Down](#)

⁷⁶ [Canadian trucker protest raises over \\$900,000 in bitcoin after GoFundMe blocks millions of dollars in donations](#)

⁷⁷ [Bitcoin crowdfunding platform Geyser launches social-gated launchpad for Bitcoin projects](#)

⁷⁸ <https://opensats.org>

- **Makroökonomische Potenziale:** Erste Schritte wie der angekündigte “Bitcoin Bond” von El Salvador zeigen, wie sich Staatsanleihen über das Bitcoin-Ökosystem abwickeln lassen. Gelingt dies, könnte Bitcoin den Weg für Privat-, Unternehmens- und Staatsfinanzierungen ebnen.
- **Kombination mit dezentralen Technologien:** Projekte wie Nostr (ein dezentrales Social-Media-Netzwerk) eröffnet die Möglichkeit einer direkten Finanzierung/ Bezahlung von Content-Erstellern mittels des Lightning- Netzwerks.

Risiken

- **Rechtliche Grauzone:** Bei Projekten in einer höheren Größenordnung und mit Gewinnerwartung könnte das Crowdfunding als Wertpapiergeschäft gewertet werden. Die Unterscheidung zwischen Spende, Vorverkauf und Wertpapieranlage ist nicht immer definierbar und eindeutig.
- **Betrugsgefahr:** Bitcoin-Transaktionen sind final und pseudonym, wodurch eine Rückabwicklung nicht möglich ist und eine Haftbarkeit von Verantwortlichen nicht unbedingt leicht darzustellen ist.
- **Volatilität:** Der Bitcoin-Kurs kann stark schwanken, was das Budget-Management für Projekte erschwert. Mögliche Lösungen können hier Bitcoin-basierte Stablecoins oder Hedging-Instrumente sein.
- **Technische Anforderungen:** Das Lightning-Netzwerk erfordert Liquidität in Kanälen und konstante Erreichbarkeit. In Regionen mit schlechter Infrastruktur kann dies herausfordernd sein.
- **Regulatorische Eingriffe:** Sollten große Kapitalströme an staatlichen Aufsichten vorbeifließen, kann es zu einer Verschärfung der gesetzlichen und steuerlichen Regulatorik kommen.

Ausblick

Die bisherigen Erfahrungen belegen, dass Bitcoin als Fundament einer dezentralen Finanzarchitektur tragfähig ist. In globaler Perspektive kann dies die finanzielle Inklusion verbessern, Korruption erschweren und die Effizienz der Kapitalallokation steigern. Die Frage wird sein, wie gut Second-Layer-Anwendungen, Nutzerbildung und der Dialog mit Regulatoren fortschreiten. Falls diese Faktoren positiv zusammenspielen, kann direktes Bitcoin-Crowdfunding *einzigartige marktbildende Vorteile* entfalten: eine transparente, sichere und global zugängliche Finanzierungsform, die vor allem dort greift, wo konventionelle Finanzsysteme versagen – nicht durch die Emission spekulativer Token, sondern auf der Basis der Dezentralität, Transparenz und des Netzwerkeffektes.

3.5 Digitalisierung von Verwaltungsprozessen durch Bitcoin-Technologie

Einleitung und Kontext

Die Nutzung der Bitcoin-Blockchain-Technologie zur Absicherung von Verwaltungsakten bietet eine praktikable Möglichkeit, Prozesse in der öffentlichen Verwaltung manipulationssicher, transparent und weltweit unabhängig überprüfbar zu gestalten. Dabei spielt insbesondere die Integritätssicherung eine Rolle, wenn zentrale Behördenstrukturen oder das Vertrauen in staatliche Institutionen fehlen. Die Relevanz dieses Anwendungsfalls wird im Allgemeinen als

mittel eingestuft, ist aber hoch in Ländern mit schwachen Institutionen oder begrenztem Vertrauen in zentrale Behörden.

3.5.1 Technische Grundlagen und Umsetzung

Anstelle einer vollständigen Speicherung sensibler Dokumente auf der Blockchain wird üblicherweise nur ein kryptografischer Fingerabdruck (Hash) hinterlegt. Dieser Hash belegt nachweislich, dass ein Dokument oder Datenbankeintrag zu einem bestimmten Zeitpunkt in unveränderter Form existierte. Damit dient die Bitcoin-Blockchain als unveränderbarer Zeitanker, der global und dezentral agiert, ohne auf nationale IT-Strukturen oder zentrale Intermediäre angewiesen zu sein.

- **Kernprinzip:**
Nur der Hash wird verankert, während die Originaldaten Off-Chain verbleiben.
- **Technische Resilienz:**
Die Bitcoin-Blockchain weist ein hohes Sicherheitsniveau auf und ist resistent gegen nachträgliche Manipulation oder staatliche Zensur.
- **Praktische Umsetzung:**
Durch sogenannte Batch-Verfahren (Bündelung vieler Hashes in wenigen Transaktionen) lassen sich große Datenmengen mit minimalem On-Chain-Aufwand integrieren.

Beispiele erfolgreicher Umsetzungen:

- **Estland** (seit 2012): Verwendet ein blockchainbasiertes Sicherungssystem (KSI-Blockchain), das periodisch mit der Bitcoin-Blockchain verankert wird⁷⁹.
- **Georgien** (seit 2016): Absicherung von über 100.000 Grundbucheinträgen mittels Hashes auf der Bitcoin-Blockchain^{80 81 82}.
- **Guatemala** (2023): Nutzung des OpenTimestamps-Protokolls, um Wahldokumente auf der Bitcoin-Blockchain zu sichern^{83 84 85}.

3.5.2 Wirtschaftliche Aspekte und Markt

Marktpotenzial und betroffene Branchen:

- Öffentlicher Sektor (Register, Wahlbehörden, Asylverfahren).
- Internationale Organisationen und Großunternehmen (Compliance, Revision).
- Entwicklungszusammenarbeit (Korruptionsprävention, Nachvollziehbarkeit).

⁷⁹ [Blockchain in der öffentlichen Verwaltung – Drei erfolgreiche Beispiele aus Europa](#)

⁸⁰ [Forbes – Republic Of Georgia To Pilot Land Titling On Blockchain](#)

⁸¹ [Cointelegraph – Georgia Records 100,000 Land Titles on Bitcoin Blockchain](#)

⁸² [Exonum – Improving the Security of a Government Land Registry](#)

⁸³ [Bitcoin Magazine – How The Bitcoin Blockchain Is Fighting Fraud In Guatemala’s Presidential Elections](#)

⁸⁴ [Open Dialogue Foundation – Bitcoin’s Role in Guatemala’s Digitally Safeguarded Democracy](#)

⁸⁵ [Nasdaq – Documentary Shows How Bitcoin Helped Verify Guatemala’s Elections](#)

Kosten/Nutzen:

- **Investitionsbedarf:** Gering bis mittel. Die Kosten für das eigentliche Verankern von Hashes sind durch Batch-Verfahren sehr niedrig (< 0,01 € pro Dokument).
- **Hauptaufwände:** Schulung der Mitarbeitenden, infrastruktureller Aufbau und Anpassung von Governance-Strukturen.
- **Zugangsbarrieren:**
 - *Technologieverständnis:* Erfordert Grundkenntnisse in kryptografischen Hash-Verfahren und Zeitstempelprotokollen (z. B. OpenTimestamps).
 - *Marktwissen und Expertise:* Kenntnisse in der Implementierung von Hash-basierten Workflows sowie der Verwaltung kryptografischer Nachweise.

3.5.3 Ökologische Aspekte (Environment)

Ein zentrales Argument ist die **Kosten- und Energieeffizienz:**

- **Hash-Bündelung:**
Millionen Datensätze können mit wenigen Bitcoin-Transaktionen abgesichert werden, was den Energie- und Ressourcenaufwand pro Dokument auf ein Minimum reduziert.
- **Einsatz der bestehenden Infrastruktur:**
Da nur sehr wenige zusätzliche On-Chain-Transaktionen benötigt werden, bleibt der Mehraufwand für das Bitcoin-Netzwerk gering.

Somit ist der tatsächliche CO² Verbrauch in Relation zur abgesicherten Datenmenge relativ niedrig, vor allem im Vergleich zu alternativen Lösungen, die umfangreichere On-Chain-Speicherung erfordern.

3.5.4 Soziale und Governance-Aspekte (Social & Governance)

Regulatorische Anforderungen:

- Datenschutz (z. B. DSGVO) verlangt, dass personenbezogene Informationen nicht direkt auf der Blockchain gespeichert werden; Hashes sind als solche nicht unbedingt definiert.
- Die Off-Chain-Datenhaltung muss zuverlässig und sicher erfolgen, sodass nur der Hash auf der Blockchain öffentlich einsehbar ist.

Bedeutung für Institutionen und Gesellschaft:

- **Transparenz:** Öffentliche Nachvollziehbarkeit fördert Rechenschaftslegung (z. B. bei Wahlen, Registerführung).
- **Vertrauen:** Bürger und internationale Partner können eigenständig die Echtheit und den Zeitpunkt behördlicher Dokumente überprüfen.
- **Internationale Vergleichbarkeit:** Ermöglicht eine standardisierte, globale Einsicht in behördliche Prozesse, wie sie SDG 16 (starke Institutionen) und SDG 17 (internationale Partnerschaften) befürworten.

3.5.5 Chancen, Risiken und Ausblick

Chancen:

- **Integrität:** Unveränderliche Zeitstempel garantieren, dass Dokumente oder Ereignisse zu einem bestimmten Zeitpunkt existierten.
- **Resilienz:** Schutz vor nachträglicher Manipulation oder Zensur, besonders in Staaten mit schwachen Institutionen.
- **Niedrige Kosten:** Durch Hash-Bündelungen sehr geringe Kosten pro Datensatz.

Risiken und Grenzen:

- **Keine inhaltliche Prüfung:** Die Blockchain garantiert lediglich Integrität, nicht die Richtigkeit der Daten.
- **Skalierungsgrenzen:** Nicht geeignet für Echtzeitanwendungen oder hochfrequente Massenprozesse.
- **Transparenzkonflikte:** Personendaten dürfen nicht direkt auf der Blockchain liegen; Umsetzung nur durch anonymisierte Hashes.
- **Abhängigkeit vom Bitcoin-Netzwerk:** Umsetzung erfordert, dass Staaten das dezentrale Governance-Modell einer globalen Blockchain akzeptieren.

Zukunftsaussichten:

- Erfolgreiche Anwendungen in Guatemala und Georgien belegen, dass Bitcoin-basierte Integritätslösungen real existierende Herausforderungen lösen können.
- Die Technologie dürfte sich besonders dort bewähren, wo es um sensible Register oder Wahlunterlagen geht und wo Vertrauen in zentrale Behörden gering ist.
- Zwar ist die Bitcoin-Blockchain nicht für alle Digitalisierungsvorhaben geeignet, kann aber durch gezielten Einsatz wesentlich zur Stärkung von Institutionen und Good Governance beitragen.

3.6 Integration in Energie- und Netzstabilisierungssysteme

Einleitung und Kontext

Bitcoin-Mining kann als flexibel steuerbare Last in Stromnetzen eingesetzt werden, um aktiv zur **Netzstabilisierung** und zur verbesserten Nutzung erneuerbarer Energiequellen beizutragen. Diese Einsatzmöglichkeit, häufig als Demand-Side-Response bezeichnet, erlaubt das kurzfristige Hoch- oder Herunterfahren des Stromverbrauchs in Mining-Anlagen. Auf diese Weise können sowohl Überschussstrom aufgenommen, als auch Engpässe im Netz entlastet werden. Die Relevanz dieses Anwendungsfalls gilt als sehr hoch, da Energieversorger, Rechenzentren, industrielle Großverbraucher sowie Regionen mit schwankender Stromverfügbarkeit oder hoher Einspeisung erneuerbarer Energien profitieren können.

3.6.1 Technische Grundlagen und Umsetzung

Ein zentrales Praxisbeispiel ist die Zusammenarbeit des staatlichen Energieversorgers Vattenfall in Schweden mit Proof-of-Work-Mining-Anlagen seit 2019. Die Mining-Rechenzentren (z. B. HIVE Blockchain in Boden) fungieren hier im Frequenzregelungsmarkt (FCR) als zuschaltbare Lasten, die innerhalb von Sekunden bis zu 10 MW abschalten können⁸⁶. Dies stabilisiert die Netzfrequenz und unterstützt die Flexibilisierung erneuerbarer Energiesysteme.

Henrik Juhlin, ehemaliger Leiter des Bereichs Physical Power Management bei Vattenfall, wies 2021 darauf hin, dass Bitcoin-Mining eine hervorragende flexible Last darstelle. Aus Unternehmenssicht sei die wirtschaftliche und klimapolitische Sinnhaftigkeit besonders dann gegeben, wenn Mining mit erneuerbarem Strom betrieben werde. Ein Verbot von Bitcoin-Mining in Schweden wäre laut Juhlin kontraproduktiv, da sich die Aktivität nur in Länder mit höherem CO₂-Ausstoß verlagern würde^{87 88 89}.

Ein weiteres Beispiel zeigt, dass Bitcoin-Mining-Anlagen gezielt zur Netzstabilisierung eingesetzt werden können – sowohl durch kurzfristige Abschaltungen als auch durch die Aufnahme von Überschussstrom. In Norwegen etwa sorgte die Abschaltung einer Mining-Farm in Hadsel trotz niedriger Strompreise für öffentliche Irritation⁹⁰. Der Fall zeigt exemplarisch die Komplexität des Lastmanagements im Zusammenspiel von Marktpreisen, Netzbelastung und lokaler Politik.

Eine aktuelle Studie⁹¹ analysiert die Curtailment-Dynamiken im Mining-Sektor über mehrere Länder hinweg und belegt, dass flexible Mining-Lasten positiv auf das Stromsystem einwirken können, sofern sie regulatorisch eingebunden sind. Damit gewinnt das Konzept der „schaltbaren Mining-Lasten“ insbesondere in Stromsystemen mit volatiler EE-Einspeisung an Bedeutung.

Zusätzlich kann die beim Mining entstehende Abwärme genutzt werden, etwa zur Beheizung von Gewächshäusern oder Gebäuden sowie zur Einspeisung in Fernwärmenetze. Pilotprojekte

⁸⁶ [Vattenfall ermöglicht Industrieunternehmen die Teilnahme am schwedischen FCR-Markt](#)

⁸⁷ [HIVE Blockchain: Warum Wasserkraft aus Schweden für Mining genutzt wird](#)

⁸⁸ [Cyprtomonday.de - Vattenfall verteidigt Bitcoin-Mining öffentlich](#)

⁸⁹ [Bitcoin Insider - Mining Verbot kontra Netzstabilität](#)

⁹⁰ [WiWo \(2024\): Darum ärgern sich Norweger über die Abschaltung einer Bitcoin-Farm. https://www.wiwo.de/30000622.html](#)

⁹¹ [Winkler, P. et al. \(2024\): Curtailment Dynamics in Bitcoin Mining and Grid Integration.](#)

in der Schweiz (z. B. K51 AG, RY3T) und Finnland (z. B. Marathon Digital) zeigen, dass Bitcoin-Mining in kalten Monaten als Wärmequelle dienen und fossile Brennstoffe ersetzen kann^{92 93}
⁹⁴.

3.6.2 Wirtschaftliche Aspekte und Markt

Marktpotenzial:

- Energieversorger: Integration von Mining-Anlagen in Redispatch und andere Regelungsmechanismen.
- Rechenzentren und Hochleistungsrechner: Nutzung der Flexibilität zur Stabilisierung des Stromnetzes.
- Industrie: Einsatz als steuerbare Last und Wärmequelle in Produktionsumgebungen.
- Agrarwirtschaft: Beheizung von Gewächshäusern mit Mining-Abwärme.
- Immobilienwirtschaft: Kosteneffiziente Wärmeversorgung von Gebäuden.

Wirtschaftlicher Nutzen:

- Verringerung von Abregelungen bei erneuerbarer Energie, da Mining-Anlagen Lastspitzen ausgleichen können.
- Zusatzeinnahmen für Energieversorger und Betreiber durch Teilnahme an Frequenzregel- oder Redispatch-Programmen.
- Reduzierung von Emissionen und Kosten, wenn fossile Brennstoffe durch Mining-Abwärme ersetzt werden.

3.6.3 Ökologische Aspekte (Environment)

Der Einsatz von Bitcoin-Mining als flexible Last unterstützt den Ausbau erneuerbarer Energien, indem überschüssiger Strom genutzt wird, der andernfalls verloren ginge (z. B. bei Wind- oder Solarüberschuss). Dies ist insbesondere relevant im Kontext von SDG 7 (Bezahlbare und saubere Energie), da die effizientere Nutzung erneuerbarer Stromquellen gefördert wird. Darüber hinaus kann die Abwärmenutzung im Sinne von SDG 13 (Klimaschutzmaßnahmen) fossile Backup-Systeme ersetzen und so die CO₂-Bilanz verbessern.

3.6.4 Soziale und Governance-Aspekte (Social & Governance)

Regulatorische Rahmenbedingungen:

- Ein Verbot von Bitcoin-Mining kann, wie im Fall Schweden diskutiert, zu einer Verlagerung in andere Länder mit höherem CO₂-Ausstoß führen.
- Netzbetreiber und Gesetzgeber müssen klare Richtlinien für den Einsatz von Mining-Anlagen in Redispatch- oder FCR-Programmen definieren.

Gesellschaftliche Bedeutung:

- Integration von Mining in Energienetze kann helfen, Netze stabil zu halten und die Versorgungssicherheit zu erhöhen.

⁹² [Smart Energy International - Blockchain-Mining unterstützt das Stromnetz](#)

⁹³ [Schaffhauser Nachrichten: Mit Abwärme von Servern Tomaten wachsen lassen](#)

⁹⁴ [International District Energy Association: How Marathon Digital is Using Bitcoin Mining to Heat a Finland Town](#)

- Der Einsatz erneuerbarer Energien zur Unterstützung von Mining kann für mehr Akzeptanz in der Bevölkerung sorgen, da Klimaziele unterstützt werden.

3.6.5 Chancen, Risiken und Ausblick

Die erfolgreiche Integration von Bitcoin-Mining in moderne Energiekonzepte ist bereits Realität, etwa in Schweden oder der Schweiz. Dabei entwickeln sich **Proof-of-Work-Anlagen** zunehmend zu technisch steuerbaren Systemkomponenten, die im Rahmen von Redispatch, FCR und weiteren Regelinstrumenten eine nachhaltige Alternative zur Abregelung von erneuerbarem Strom darstellen können (z. B. §13k EnWG in Deutschland).

Chancen:

- Steigerung der Netzstabilität und effizientere Nutzung erneuerbarer Energien.
- Verringerung des CO₂-Ausstoßes durch Abwärmenutzung und Ersatz fossiler Energieträger.

Risiken:

- Mögliche regulatorische Unsicherheit bei politisch motivierten Mining-Verboten.
- Wirtschaftliche Abhängigkeit von volatilen Bitcoin-Preisen und Stromkosten.

Insgesamt zeigt sich, dass Bitcoin-Mining als flexible Last und Abwärmelieferant in ein zukunftsorientiertes Energiekonzept integriert werden kann. Die bereits umgesetzten Praxisbeispiele unterstreichen dabei das Potenzial, erneuerbare Energiesysteme effektiver zu nutzen und gleichzeitig eine höhere Netzstabilität zu gewährleisten.

3.7 Nutzung von Überschussenergie aus erneuerbaren Quellen für Bitcoin-Mining und Wärmenutzung

Einleitung und Kontext

Die Nutzung von überschüssiger Energie aus erneuerbaren Quellen für das Bitcoin-Mining und die anschließende Wärmenutzung gewinnt zunehmend an Bedeutung. Hintergrund sind unter anderem die steigenden CSRD-Anforderungen, nach denen Unternehmen mit Bitcoin-Mining-Aktivitäten die nachhaltige Nutzung von Energie dokumentieren und belegen müssen. Dazu gehören Angaben zur Herkunft des Stroms, zu Netzstabilisierungsmaßnahmen mittels flexibler Mining-Kapazitäten sowie zur Kohlenstoffintensität der genutzten Energiequellen nach ESRS E1.

Ein wesentlicher Anwendungsfall ist die Integration von Bitcoin-Mining in Solaranlagen oder Windkraftprojekte, wobei Überschussenergie zur Steigerung des Return on Investment (ROI) und zur Minimierung von Energiekosten beiträgt, insbesondere wenn öffentliche Einspeisevergütungen auslaufen. Zusätzlich kann die beim Mining entstehende Abwärme für Heizsysteme genutzt werden, was die Energieeffizienz erhöht und Heizkosten reduziert.

3.7.1 Technische Grundlagen und Umsetzung

Beim Einsatz von Bitcoin-Mining für den Verbrauch von Überschussenergie steht die Integration in bestehende Energie- und Heizungsinfrastrukturen im Vordergrund. Sogenannte Mining-Heizungen oder Mining-Kessel binden die entstehende Abwärme in Gebäudeheizsysteme ein. In Solaranlagen oder Windparks ermöglichen diese Mining-Anlagen, Überschussstrom flexibel abzunehmen, was zugleich die Netzstabilität erhöhen kann.

- **Wärmenutzung:**

Die Abwärme aus dem Mining-Prozess wird über ein Wärmetauscher- oder Lüftungssystem direkt in das Heiznetz eingespeist.

- **Flexible Laststeuerung:**

Bei Überkapazität im Stromnetz können Mining-Geräte zugeschaltet werden, um Stromspitzen aufzunehmen; bei geringem Angebot werden sie gedrosselt oder abgeschaltet.

Beispielhafte Lösungen sind Unternehmen wie 21energy und RY3T aus Österreich bzw. der Schweiz, die Bitcoin-Mining-Heizungen entwickeln⁹⁵. Ein weiterer Anbieter, K51 (Schweiz), kombiniert Mining mit Hochleistungsrechnern, um Großbetriebe oder landwirtschaftliche Anlagen zu beheizen^{96 97}.

⁹⁵ 21energy.com

⁹⁶ k51.ch

⁹⁷ <https://www.schweizerbauer.ch/regionen/ostschweiz/was-ein-serverraum-mit-einem-gewaechshaus-zu-tun-hat>

3.7.2 Wirtschaftliche Aspekte und Markt

Die wirtschaftlichen Vorteile ergeben sich aus der Doppelnutzung von überschüssigem Strom und der Wärmenutzung:

- **Return on Investment (ROI):**
Bei Solaranlagen kann das Mining zusätzlichen Ertrag generieren, wenn keine Fördervergütungen mehr gezahlt werden.
- **Skalierbarer Investitionsbedarf:**
Vom Einstieg mit kleineren Mining-Hardware-Einheiten bis zu größeren Industrieanwendungen ist ein schrittweiser Ausbau möglich.
- **Marktpotenzial:**
Hohe Relevanz für Betreiber von Solar- und Windkraftanlagen, für energieintensive Unternehmen, die Abwärme nutzen können, sowie für die Immobilienwirtschaft.

Die **Zugangsbarrieren** sind vergleichsweise niedrig:

- **Technologische Anforderungen:**
Gering bis mittel, da bestehende Infrastruktur (z. B. Heizsysteme, Stromanschlüsse) oft weiterverwendet werden kann.
- **Investitionsbedarf:**
Gering bis mittel, da Mining-Hardware skalierbar und modular ist.
- **Regulatorische Aspekte:**
Mittel – Steuervorschriften und ggf. erforderliche Genehmigungen müssen beachtet werden.
- **Marktwissen und Expertise:** Gering; spezialisierte Dienstleister unterstützen bei Konzeption und Integration.

3.7.3 Ökologische Aspekte (Environment)

Das Konzept des Bitcoin-Minings mit erneuerbarer Überschussenergie und Wärmenutzung kann Energieverschwendung verringern und damit einen Beitrag zum Klimaschutz leisten (SDG 13). Gleichzeitig wird durch die Abwärmenutzung der Bedarf an externer Heizenergie reduziert, was Emissionen einsparen kann. Unter SDG 7 (Bezahlbare und saubere Energie) fällt die effizientere Nutzung von regenerativen Quellen und Abwärme.

Aus Sicht der CSRD können Unternehmen diesen Einsatz als positiven ESG-Faktor darstellen, sofern nachgewiesen wird, dass das Mining überwiegend auf erneuerbaren Energiequellen basiert und zur Netzstabilisierung beiträgt.

3.7.4 Soziale und Governance-Aspekte (Social & Governance)

Die CSRD-Anforderungen machen deutlich, dass Unternehmen ihre Maßnahmen zur nachhaltigen Energieverwendung belegen müssen, etwa durch:

- Nachweise zur **Herkunft des Stroms** (fossile vs. erneuerbare Quellen).
- Dokumentation der **Kohlenstoffintensität** gemäß ESRS E1.

- Darstellung, wie flexible Mining-Kapazitäten die Netzstabilität stützen.

Auf diese Weise wird das Bitcoin-Mining als Lastmanagement-Option verstanden. Im Hinblick auf Governance-Anforderungen sind steuerrechtliche Aspekte und rechtliche Aspekte zur Umsetzung (u.a. notwendige Genehmigungen) zu berücksichtigen, wobei im Wesentlichen die Einbettung in regionale Infrastrukturen und lokale Gesetzgebungen (z. B. Baurecht, Energiegesetze) zu berücksichtigen sind.

3.7.5 Chancen, Risiken und Ausblick

Chancen:

- Weitere Nutzung von bisher ungenutzter Überschussenergie bei Solar- oder Windkraftprojekten.
- Reduzierung von Heizkosten und effiziente Energienutzung durch integrierte Wärmenutzung.
- Verbessertes ESG-Rating durch dokumentierte, klimafreundliche Energieverwendung und Netzentlastung.

Risiken:

- **Preisliche Volatilität** im Bitcoin-Markt und damit Unsicherheit in der Wirtschaftlichkeit.
- **Regulatorische Aspekte:** Genehmigungen und steuerliche Aspekte, sowie die Gesetzgebung können sich ändern.
- **Technische Komplexität** bei der Einbindung in bestehende Systeme und Steuerung der flexiblen Last.

Pilotprojekt – Mining-Heizung

Ein aktuelles Beispiel ist das Schweizer Unternehmen RY3T⁹⁸, das Ende Januar 2025 ein Einfamilienhaus vollständig mit der Abwärme eines Bitcoin-Mining-Systems beheizte. Erste Daten belegen, dass ein einzelner Mining-Heizkessel rund 30–32 m² Wohnfläche versorgen kann. In den kommenden Monaten sollen weitere Geräte zum Einsatz kommen, um repräsentative Betriebsdaten (Heizleistung, Laufzeiten, Solarstrom-Ertrag) zu sammeln und zu veröffentlichen. Diese Pilotprojekte verdeutlichen das Potenzial, Überschussenergie und Mining-Abwärme effizient zu nutzen und damit einen Meilenstein in nachhaltiger Energiewirtschaft zu setzen.

⁹⁸ RY3T | BITCOIN HEATING

3.8 Abwärmenutzung für nachhaltige Heizsysteme durch Kombination von Bitcoin PoW-Mining mit HPC (High Performance Computing Application)

Einleitung und Kontext

Die Kombination von Bitcoin Proof-of-Work (PoW) Mining und High-Performance Computing (HPC) ermöglicht eine effiziente Abwärmenutzung für nachhaltige Heizsysteme. PoW-Mining kann Lastgänge präzise steuern, da es innerhalb von Sekunden anpassbar ist, während HPC profitabler, jedoch weniger flexibel ist. Durch eine geschickte Zusammenführung beider Verfahren lassen sich sowohl Flexibilität als auch Wirtschaftlichkeit steigern. Dieser Ansatz ist von hoher Relevanz für Rechenzentren, Energieversorger, Industrieunternehmen und die Immobilienwirtschaft.

3.8.1 Technische Grundlagen und Umsetzung

- **PoW-Mining** benötigt nur geringe Internetbandbreite und kann Lastschwankungen zügig kompensieren. So lässt sich die Heizkurve präzise abfahren und überschüssige Energie effizient verwerten.
- **HPC** dient als Grundlast für dauerhafte Leistungsauslastung; die dabei entstehende Abwärme ist durchgängig verfügbar, jedoch weniger anpassungsfähig an variable Lastprofile.
- **Kombination:** Durch geschicktes Zusammenspiel von PoW-Mining und HPC lassen sich flexibel aufkommende Wärmebedarfe und Energieverfügbarkeiten bedienen. PoW-Mining deckt Spitzenlasten ab und HPC sorgt für konstante Leistung, sodass die Energieeffizienz insgesamt steigt.

Beispiele für technische Umsetzungen sind:

- **HeatCore (USA):** Bietet kombinierte Lösungen aus PoW-Mining und HPC für maximale Flexibilität und Profitabilität ⁹⁹.
- **Northern Bitcoin AG (Deutschland):** Nutzt mobile Container mit PoW-Mining und HPC, um Abwärme direkt für Heizzwecke einzusetzen ^{100 101}.
- **K51 AG (Schweiz):** Verbindet High-Performance Computing mit Anwendungen in Gewächshäusern, Hotels und Industrieanlagen. In einem Pilotprojekt wurde mithilfe immersionsgekühlter Mining-Module ein Gewächshaus beheizt ^{102 103 104}.

⁹⁹ <https://heatcore.tech/2022/10/20/microbt-and-heat-core-inaugurate-first-hydro-cooling-and-heat-recovery-pilot-in-usa/>

¹⁰⁰ <https://de.cointelegraph.com/news/german-firm-unveils-mobile-eco-friendly-bitcoin-mining-containers>

¹⁰¹ <https://via.ritzau.dk/pressemeddelelse/13596457/northern-data-ag?publisherId=90456>

¹⁰² <https://www.shn.ch/innovation/k51-pilotprojekt>

¹⁰³ <https://www.k51.ch/news>

¹⁰⁴ <https://www.fachmagazin.ch/k51-bitcoin-mining-heizsystem>

3.8.2 Wirtschaftliche Aspekte und Markt

- **Flexibilität und Profitabilität:**
PoW-Mining sorgt für kurzfristige Lastanpassung, HPC erbringt höhere Erträge als stabile Grundlast.
- **Investitionsbedarf:**
Gering bis mittel. Skalierbare Lösungen ermöglichen einen flexiblen Einstieg und können an unterschiedliche Anforderungen (z. B. Größe der Heizungsanwendung) angepasst werden.
- **Marktwissen und Expertise:**
Sind bei spezialisierten Dienstleistern und Start-ups vorhanden, sodass die Einstiegshürden für Betreiber relativ gering sind.
- **Relevante Branchen:**
Energieversorgung, Immobilienwirtschaft, Industrie, Landwirtschaft, Rechenzentren.

3.8.3 Ökologische Aspekte (Environment)

- **Nachhaltige Energie- und Abwärmenutzung:**
Indem fossile Brennstoffe durch Abwärme aus PoW-Mining und HPC ersetzt werden, lassen sich Treibhausgasemissionen reduzieren.
- **SDG-Bezüge:**
 - SDG 7 (Bezahlbare und saubere Energie): Effiziente Nutzung erneuerbarer Energie und Abwärme.
 - SDG 9 (Industrie, Innovation und Infrastruktur): Innovationsförderung und verbesserte Energieeffizienz in industriellen Prozessen.
 - SDG 13 (Maßnahmen zum Klimaschutz): Verringerung der Emissionen durch den teilweisen oder kompletten Ersatz fossiler Brennstoffe.

3.8.4 Social und Governance-Aspekte

- **Regulatorische Anforderungen:**
Einhaltung geltender Vorschriften für Energieerzeugung und -nutzung.
- **Zugangsbarrieren:**
 - **Technologische Anforderungen:** Gering bis mittel, da Plug-and-Play-Lösungen verfügbar sind.
 - **Marktwissen:** Unterstützung durch Dienstleister erleichtert Einstieg.
 - **Genehmigungen:** Je nach Land oder Region sind weitere energie- oder baurechtliche Vorschriften zu beachten.
- **Governance:**
Projekte können das nachhaltige und ressourceneffiziente Profil eines Unternehmens stärken und so ESG-Ziele positiv beeinflussen.

3.8.5 Chancen, Risiken und Ausblick

Chancen:

- **Flexibilität:** PoW-Mining kann sehr schnell Lasten hoch- oder herunterfahren.
- **Profitabilität:** HPC-Anwendungen steigern die Grundauslastung.
- **Effizienz:** Optimale Ausnutzung von Stromangebot und Abwärme reduziert Betriebskosten und Emissionen.
- **Skalierbarkeit:** Sowohl kleine Lösungen (z. B. für einzelne Gebäudeblocks) als auch großindustrielle Projekte sind realisierbar.

Risiken:

- **Preisvolatilität:** Schwankende Erträge aus Krypto-Mining beeinflussen die die Wirtschaftlichkeitsrechnung.
- **Regulatorische Entwicklungen:** Änderungen in Energie- und Umweltvorschriften können das Geschäftsmodell erschweren.

Zukunftsperspektive: Durch wachsenden Fokus auf nachhaltige Energien und Kosteneffizienz gewinnen PoW-Mining und HPC-Kombinationen weiter an Bedeutung. Pilotprojekte wie jenes der K51 AG in der Schweiz verdeutlichen das Potenzial, Abwärme aus Mining und HPC in unterschiedlichen Bereichen (Gewächshäuser, Hotels, Industrieanlagen) zu nutzen und damit fossile Brennstoffe zu ersetzen.

4 Effiziente Nutzung von Überschussstrom: Integration flexibler Lasten und Bitcoin Mining im Rahmen des § 13 EnWG

4.1 Die Bedeutung von Redispatch und der Ansatz gemäß § 13k EnWG

Mit der Einführung des § 13k im Energiewirtschaftsgesetz (EnWG) hat Deutschland einen neuen Rahmen geschaffen, um die Abregelung erneuerbarer Energien (EE) zu minimieren und überschüssigen Strom effizient zu nutzen. Das am 1. April 2024 veröffentlichte ÜNB-Umsetzungskonzept beschreibt, wie gezielt zuschaltbare Lasten aktiviert werden können, um Überschussstrom aufzunehmen und Netzengpässe zu entlasten. Bitcoin Mining fügt sich in diesen Rahmen ein, da es die zentralen Anforderungen des ÜNB-Konzepts erfüllt und gleichzeitig erhebliche Potenziale für die Nutzung von Überschussstrom bietet. Im Folgenden wird detailliert erläutert, wie Bitcoin Mining als zuschaltbare Last konkret in das Konzept integriert werden kann und welche Relevanz es für die Zielsetzungen des § 13k EnWG hat.

Die Abregelung erneuerbarer Energien stellt eine zentrale Herausforderung für das deutsche Stromnetz dar. Netzengpässe führen dazu, dass überschüssige Energie aus Wind- und Solaranlagen nicht genutzt werden kann, obwohl diese umweltfreundlich und kostengünstig verfügbar ist. Stattdessen müssen Anlagenbetreiber für die entgangene Einspeisung entschädigt werden, was erhebliche Kosten verursacht. Laut der Bundesnetzagentur beliefen sich die Abregelungskosten allein im Jahr 2021 auf 807 Millionen Euro, die letztlich von den Verbrauchern über Netzentgelte getragen wurden. Diese Ineffizienz stellt nicht nur eine Belastung für das Energiesystem dar, sondern gefährdet auch die Akzeptanz der Energiewende. Redispatch-Maßnahmen, bei denen die Einspeisung von EE-Kraftwerken angepasst wird, um Engpässe im Stromnetz zu vermeiden, waren bislang eine gängige Methode zur Netzstabilisierung. Im Jahr 2023 wurden im Rahmen des Redispatches 27.133 GWh an Einspeisungen angepasst, davon 10.478 GWh aus erneuerbaren Energien. Trotz der Anpassungen verbleiben jedoch deutliche Abregelungsmengen, die effizienter genutzt werden könnten.

Um diese Problematik zu adressieren, wurde am 29. Dezember 2023 der § 13k EnWG eingeführt, der gezielt auf die Aktivierung flexibler Lasten setzt. Das Konzept „Nutzen statt Abregeln“ (NsA) soll überschüssigen Strom aufnehmen und damit die Abregelung erneuerbarer Energien verringern. Das Ziel ist es, neue Verbrauchskapazitäten in sogenannten Entlastungsregionen zu schaffen, die auf Basis historischer Abregelungsdaten und Netzanalysen identifiziert wurden. Die Maßnahmen des § 13k EnWG ermöglichen es, Strom, der bislang ungenutzt blieb, wirtschaftlich und nachhaltig einzusetzen.

Ein besonders innovativer Ansatz in diesem Zusammenhang ist der Einsatz von Bitcoin-Mining-Anlagen als zuschaltbare Lasten. Diese Anlagen erfüllen die Kriterien des § 13k EnWG und bieten eine flexible, skalierbare Möglichkeit, überschüssigen Strom zu nutzen. Darüber hinaus erzeugen sie im Betrieb erhebliche Mengen Abwärme, die beispielsweise in Fernwärmesystemen genutzt werden kann, was die Effizienz und Nachhaltigkeit weiter erhöht.

Die folgenden Ausführungen erläutern detailliert, wie Bitcoin Mining als Teil des Redispatch-Systems und im Kontext von § 13k EnWG eingesetzt werden kann, welche technischen und wirtschaftlichen Vorteile es bietet und welche Herausforderungen berücksichtigt werden müssen. Gleichzeitig wird die Bedeutung dieser Maßnahmen im Hinblick auf die ESG-Kriterien (Environmental, Social, Governance) und die Energiewende hervorgehoben. Quellen wie Berichte der Bundesnetzagentur, Studien der dena und Stellungnahmen aus dem

parlamentarischen Prozess (BT-Drs. 20/9187) dienen als Grundlage für die folgenden Analysen und Argumentationen.

4.1.1 Einführung zur Problematik der Abregelungskosten

Am 29. Dezember 2023 trat § 13k des Energiewirtschaftsgesetzes (EnWG) „Nutzen statt Abregeln“¹⁰⁵

(Nsa 2.0) in Kraft, mit dem Ziel, in geeigneten Regionen zusätzliche Stromverbräuche durch zuschaltbare Lasten (Entlastungsanlagen) zu aktivieren und dadurch Netzengpässe zu entlasten. Dieses Instrument soll die Abregelung von Strom aus Erneuerbare-Energien-Anlagen aufgrund von Netzüberlastungen reduzieren und die effiziente Nutzung von erneuerbarem Strom fördern. Bereits mit dem EEG 2016 wurde das Vorgängerinstrument „Nutzen statt Abregeln“ (Nsa 1.0) eingeführt. Die neue Regelung ersetzt und erweitert den bisherigen § 13 Abs. 6b EnWG, der zwar 2022 in Kraft getreten war, jedoch nicht zur praktischen Anwendung kam.

Zur Umsetzung der neuen Regelung wurden im Jahr 2024 verschiedene Informations- und Konsultationsprozesse initiiert. Die Bundesnetzagentur, das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) und die Übertragungsnetzbetreiber führten hierzu bereits Anfang des Jahres Informationsveranstaltungen für Verbände, Unternehmen und Verteilnetzbetreiber durch. Am 7. Februar 2024 leitete die Bundesnetzagentur von Amts wegen das Festlegungsverfahren¹⁰⁶ ein und stellte dieses im Zeitraum vom 15. April bis 6. Mai 2024 zur öffentlichen Konsultation. Zahlreiche Verbände, Interessengruppen und Unternehmen beteiligten sich an diesem Verfahren durch Stellungnahmen, die gewürdigt und veröffentlicht wurden. Mit diesen Schritten wurde die Grundlage für die praktische Umsetzung von § 13k EnWG geschaffen.

Die Abregelung von Strom aus erneuerbaren Energien (EE) stellt eines der zentralen Probleme im deutschen Energiesystem dar. Diese Abregelungen erfolgen, wenn Netzengpässe den Transport von überschüssigem Strom verhindern. Dabei bleibt der erzeugte Strom ungenutzt, während die Anlagenbetreiber gemäß den gesetzlichen Vorschriften für ihre entgangene Einspeisevergütung entschädigt werden. Die entstehenden Kosten werden über die Netzentgelte an die Verbraucher weitergegeben.

¹⁰⁵ [Netztransparenz: Nutzen statt Abregeln](#)

¹⁰⁶ Bundesnetzagentur Festlegungsverfahren – Konsultation 2024 [Bundesnetzagentur: Festlegungskriterien](#)

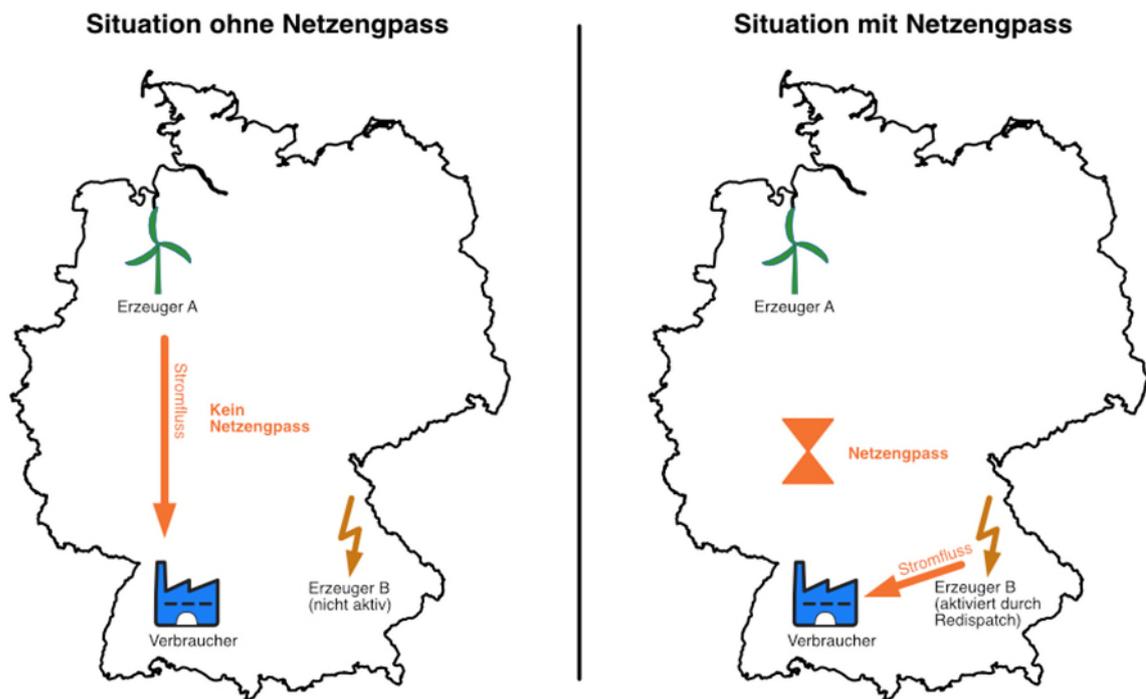


ABBILDUNG 1 SCHEMATISCHE ÜBERSICHT EINER SITUATION OHNE NETZENGPASS UND EINER SITUATION MIT NETZENGPASS UND REDISPATCH NACH §§ 13 Abs. 1 Nr. 2 i.V.M. 13A ENWG – FRONTIER ECONOMICS¹⁰⁷

Ein Bericht des Ausschusses für Klimaschutz und Energie¹⁰⁸ (Drucksache 20/9187) zeigt detailliert auf, dass die Abregelungskosten in den letzten Jahren erheblich angestiegen sind. So mussten allein im Jahr 2021 etwa 6,1 Terawattstunden (TWh) Strom aus Wind- und Solaranlagen abgeregelt werden, was Entschädigungszahlungen von rund 807 Millionen Euro zur Folge hatte. Diese Zahlungen stellen für das Energiesystem eine erhebliche finanzielle Belastung dar und sind sowohl wirtschaftlich als auch klimapolitisch ineffizient.

Die Bundesnetzagentur¹⁰⁹ bestätigt diese Zahlen in ihrem Bericht zum Netzenspassmanagement für das Jahr 2021. Demnach wurden knapp 5,8 TWh abgeregelt, während die daraus resultierenden Entschädigungen sich auf 807 Millionen Euro beliefen. Dieses System führt dazu, dass Verbraucher die Kosten für ungenutzte Energie tragen, was nicht nur die Akzeptanz der Energiewende gefährdet, sondern auch die Strompreise für Haushalte und Unternehmen belastet.

¹⁰⁷ Kurzgutachten für die deutschen Übertragungsnetzbetreiber (Amprion, Tennet, TransnetBW, 50 Hertz) [Frontier Economics](#)

¹⁰⁸ Ausschussbericht Klimaschutz und Energie, Drucksache 20/9187 [Drucksache 20/9187](#)

¹⁰⁹ Bericht der Bundesnetzagentur zum Netzenspassmanagement 2021 [Link zur BNetzA](#)

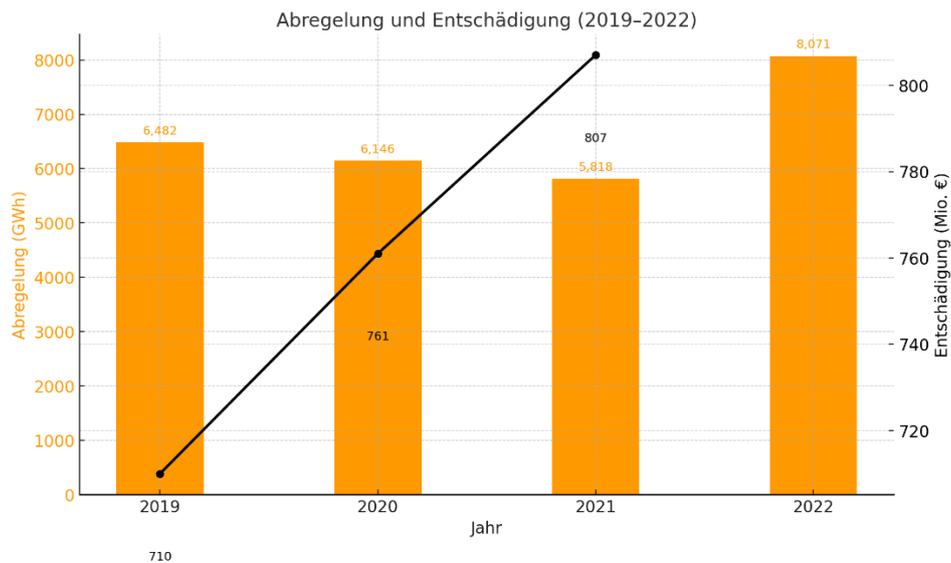


ABBILDUNG 2 FRONTIER ECONOMICS BASIEREND AUF BNETZA / BKARTA, MONITORING BERICHT 2023, TABELLE 41¹¹⁰

Darüber hinaus weist das Umsetzungskonzept gemäß § 13k EnWG¹¹¹ der Übertragungsnetzbetreiber (ÜNB) auf die Möglichkeit hin, überschüssigen Strom aus EE-Anlagen effizienter zu nutzen, indem gezielt zusätzliche Lasten in sogenannten Entlastungsregionen¹¹² geschaffen werden. Diese Regionen wurden auf Basis historischer Abregelungsdaten, operativer Erfahrungen und Netzplanungsaspekten identifiziert. Das Ziel ist es, die Abregelung von EE-Strom durch neue Verbrauchsoptionen wie Elektrolyseure oder andere flexible Lasten zu reduzieren.

Der Ausschuss für Klimaschutz und Energie betont, dass das bisherige System nicht nur finanzielle Ressourcen verschwendet, sondern auch die Klimaziele Deutschlands gefährdet. Jede abgeregelte Gigawattstunde Strom aus erneuerbaren Quellen bedeutet eine verpasste Gelegenheit, fossile Energieträger zu ersetzen und die CO₂-Emissionen weiter zu senken.

Um dieser Problematik zu begegnen, schlägt das Konzept gemäß § 13k EnWG eine gezielte Integration zusätzlicher Lasten vor, die in definierten Entlastungsregionen die abgeregelte Leistung aufnehmen können. Dies soll nicht nur die Entschädigungszahlungen reduzieren, sondern auch die Effizienz der EE-Nutzung verbessern und somit einen Beitrag zur Dekarbonisierung des Energiesystems leisten.

Ein zentraler Ansatz des § 13k EnWG besteht darin, diese Abregelungskosten durch die gezielte Aktivierung flexibler Lasten zu reduzieren. Überschüssiger Strom soll nicht länger abgeregelt, sondern durch Verbraucher genutzt werden, die in der Lage sind, ihren Strombedarf flexibel und kurzfristig anzupassen. Dies betrifft vor allem industrielle Verbraucher, Wärmepumpen, Speichertechnologien und andere steuerbare Lasten.

„In der Niederspannungsebene haben Verteilnetzbetreiber nach § 14a EnWG die Möglichkeit, Flexibilität von Verbrauchern zu nutzen, um so lokale Überlastungen zu vermeiden. So können sie mit Letztverbrauchern, die steuerbare Verbrauchseinrichtungen wie Wärmepumpen, Elektromobile und Nachtspeicherheizungen besitzen, eine netzdienliche Steuerung vereinbaren und im Gegenzug ein verringertes Netzentgelt berechnen“¹¹³

¹¹⁰ Bundesnetzagentur [Monitoringbericht 2023](#)

¹¹¹ Umsetzungskonzept gemäß § 13k EnWG [ÜBN-Umsetzungskonzept](#)

¹¹² Entlastungsregionen [dena-Netzstudie III](#)

¹¹³ Steuerbare Verbrauchseinrichtungen [Monitoringbericht Bundesnetzagentur](#)

Die dena-Netzstudie III zeigt deutlich, dass die Abregelung erneuerbarer Energien vor allem in den Regionen mit hoher Wind- und Solareinspeisung ein erhebliches Problem darstellt. Besonders betroffen sind die Regelzonen von 50Hertz und TenneT, die weite Teile Nord- und Ostdeutschlands sowie die Küstenregionen umfassen. Diese Regionen zeichnen sich durch eine hohe Einspeisung von Wind- und Offshore-Strom aus, stehen jedoch gleichzeitig vor der Herausforderung begrenzter Netzkapazitäten, die den Abtransport der erzeugten Energie erschweren. Dies führt zu häufigen Netzengpässen und Abregelungen, bei denen Strommengen aus erneuerbaren Energien nicht ins Netz eingespeist werden können, obwohl sie erzeugt wurden.

4.1.2 Regelzonen

In der Regelzone von 50Hertz betrug das Abregelungsvolumen im Jahr 2023 allein in der Region D8N1, die Mecklenburg-Vorpommern und Offshore-Anlagen umfasst, 599 Gigawattstunden (GWh). Das entspricht einer deutlichen Steigerung gegenüber den 291 GWh aus dem Vorjahr. Ähnlich hohe Abregelungsmengen wurden in D8M2, das Sachsen-Anhalt umfasst, und in D8M4, das Nord-Ost-Brandenburg abdeckt, registriert. Gleichzeitig wurden für diese Regionen hohe Abregelungsstunden verzeichnet, die auf strukturelle Engpässe im Netz hinweisen. Anders verhält es sich in der Stadt Hamburg, die zwar keine oder nur vernachlässigbare historische Abregelungsmengen aufweist, aber dennoch als Entlastungsregion ausgewiesen wurde. Der Grund dafür ist, dass zusätzliche Lasten in Hamburg potenziell Engpässe in südlicher gelegenen Netzabschnitten reduzieren können.

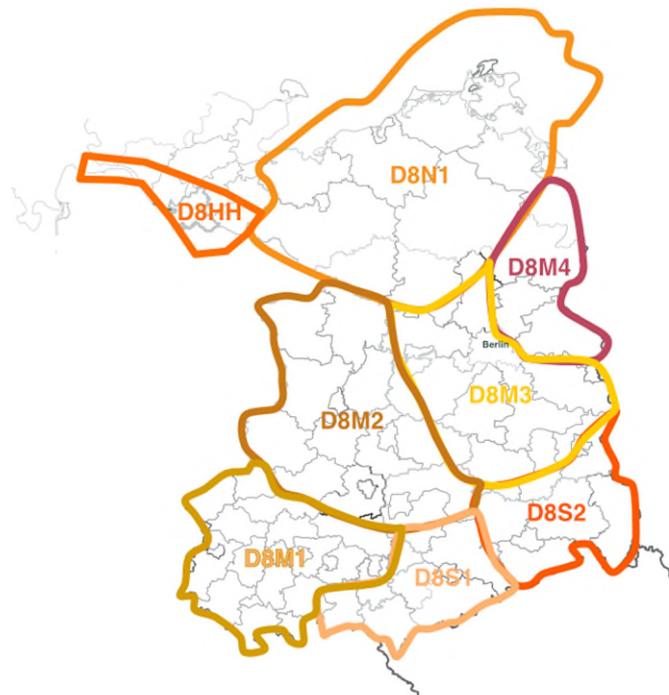


ABBILDUNG 3 DARSTELLUNG DER DENA REGIONEN DER 50HERTZ REGELZONE ©ÜNB-UMSETZUNGSKONZEPT-GEMÄß-13K-ABS-6-

DENA-Region	EE-Abregelungsvolumen (GWh)		DENA-Region	EE-Abregelungsstunden	
	2022	2023		2022	2023
D8N1	291	599	D8N1	968	1.343
D8M2	193	485	D8M4	1.327	1.289
D8M4	386	265	D8M2	417	1.050
D8M3	106	104	D8M3	605	483
D8M1	45	67	D8M1	185	334
D8S2	4	19	D8S2	17	71
D8S1	3	4	D8S1	29	53

ABBILDUNG 4 EE-ABREGELUNGSMENGEN UND -STUNDEN¹¹⁴

Auch in der Regelzone von TenneT, die sich über Nordwestdeutschland, Niedersachsen und Teile Schleswig-Holsteins erstreckt, wurden signifikante Abregelungsmengen festgestellt. Besonders die Regionen D22 und D21, die große Teile Niedersachsens sowie Schleswig-Holsteins und Offshore-Anlagen umfassen, sind mit Abregelungsvolumina von 4.669 GWh bzw. 3.951 GWh im Jahr 2023 führend. Diese Regionen weisen nicht nur die höchsten Abregelungsmengen, sondern auch die längsten Abregelungszeiten auf, was die Bedeutung dieser Gebiete für Maßnahmen zur Netzentlastung unterstreicht. Um dem Problem der Netzengpässe zu begegnen, wurden mehrere Entlastungsregionen definiert. Beispielsweise umfasst die Region T1 das Emsland und benachbarte Gebiete, während T5 und T6 Gebiete in Schleswig-Holstein abdecken. Diese Regionen wurden so abgegrenzt, dass sie historische Abregelungsmengen und bestehende Netzengpässe berücksichtigen.

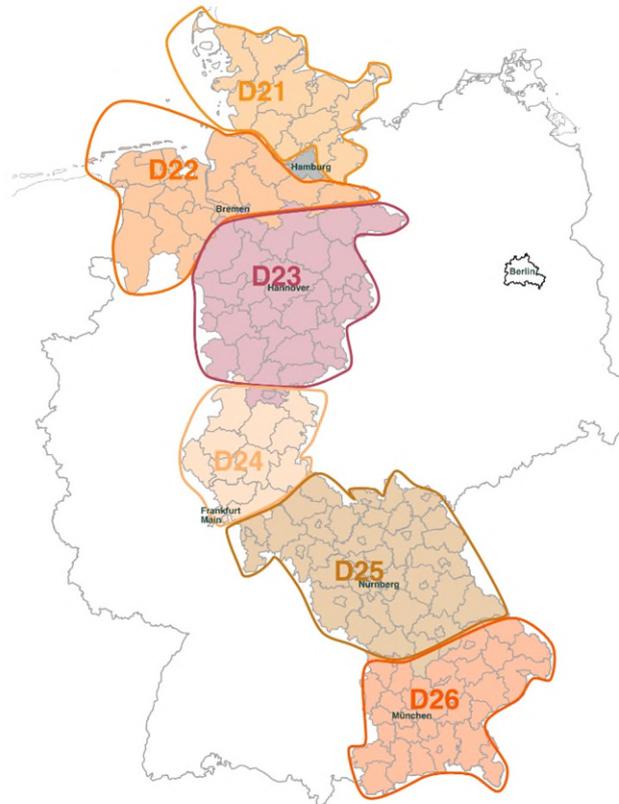


ABBILDUNG 5 DARSTELLUNG DER DENA-REGIONEN DER TENNET REGELZONE ©ÜNB-UMSETZUNGSKONZEPT-GEMÄß-13K-ABS-6-

¹¹⁴ Analyse in der Regelzone 50Hertz ÜNB-Umsetzungskonzept

DENA-Region	EE-Abregelungsvolumen (GWh)		DENA-Region	EE-Abregelungsstunden	
	2022	2023		2022	2023
D21	839	3.951	D21	1.783	3.176
D22	4.325	4.669	D22	3.241	3.369
D23	493	982	D23	612	992
D24	65	53	D24	271	442
D25	0	1	D25	0	5
D26	15	25	D26	98	86

ABBILDUNG 6 EE-ABREGELUNGSMENGEN UND -STUNDEN¹¹⁵

Eine Besonderheit zeigt sich in den Regelzonen von Amprion und TransnetBW, die vergleichsweise geringere Abregelungsmengen aufweisen. In der Regelzone 50Hertz werden bestimmte Entlastungsregionen ausgewiesen, die zur Stabilisierung des Netzes beitragen. Die Entlastungsregion „H1“ umfasst das Stadtgebiet Hamburg, in dem historisch kaum EE-Abregelungsmengen auftreten, da wenig erneuerbares Redispatchpotenzial vorhanden ist. Dennoch können zusätzliche Lasten in dieser Region zur Reduzierung von Netzengpässen südlich von Hamburg beitragen. Aufgrund dieser Wirkung wird Hamburg als Entlastungsregion „H1“ ausgewiesen. Dabei sind jedoch, je nach Größe und Lage der Lasten im Mittel- und Niederspannungsnetz, enge Abstimmungen mit den betroffenen Verteilnetzbetreibern sowie mit TenneT erforderlich. Dennoch wird für die Zukunft eine potenzielle Ausweisung solcher Regionen geprüft, da mit dem weiteren Ausbau erneuerbarer Energien auch in diesen Gebieten zusätzliche Lasten erforderlich werden könnten.

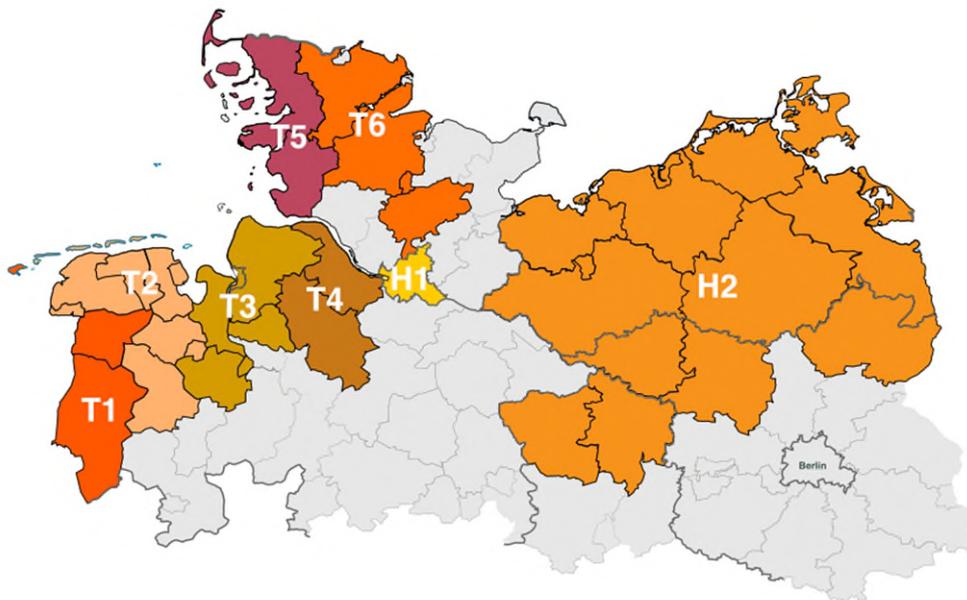


ABBILDUNG 7

Die geografische Abgrenzung der Entlastungsregionen folgt den Vorgaben des § 13k EnWG, der die Übertragungsnetzbetreiber verpflichtet, Gebiete mit hoher Abregelung und Netzbelastung klar zu definieren. Diese Entlastungsregionen sollen es ermöglichen, Maßnahmen wie die Integration flexibler Lasten oder die Aktivierung zusätzlicher Verbrauchskapazitäten gezielt umzusetzen. Ziel ist es, die Nutzung erneuerbarer Energien zu

¹¹⁵ Analyse in der Regelzone TenneT ÜNB-Umsetzungskonzept

maximieren und gleichzeitig die Abregelungskosten zu senken, die sich 2021 auf über 800 Millionen Euro beliefen und die Netzentgelte für Verbraucher erheblich belasten.

Die Analysen der dena-Netzstudie III und die Ausweisung der Entlastungsregionen verdeutlichen, dass die Abregelung erneuerbarer Energien kein flächendeckendes, sondern ein regional konzentriertes Problem ist. Vor allem die windreichen Regionen im Norden und Osten Deutschlands sind von hohen Abregelungsmengen betroffen, da die Netzkapazitäten dort nicht mit der schnellen Entwicklung erneuerbarer Energien Schritt halten konnten. Die geografisch klar definierten Entlastungsregionen bieten eine Grundlage, um gezielte Maßnahmen umzusetzen, die Abregelungen reduzieren und die Integration erneuerbarer Energien verbessern können. Dies umfasst sowohl technische Innovationen wie Freileitungsmonitoring¹¹⁶ und flexible AC-Transmission-Systeme¹¹⁷ als auch die Nutzung flexibler Lasten, die sich dynamisch an die Netzanforderungen anpassen. Die Umsetzung dieser Maßnahmen soll nicht nur die Effizienz des Energiesystems steigern, sondern auch die finanziellen Belastungen für Verbraucher senken und die Akzeptanz der Energiewende fördern.

Besonders in Regionen mit einer hohen Einspeisung aus Wind- und Solaranlagen und gleichzeitig begrenzten Transportkapazitäten im Netz kommt es regelmäßig zu Situationen, in denen überschüssiger Strom abgeregelt werden muss. Bitcoin Mining bietet hier den Vorteil, dass die Anlagen dezentral und flexibel in den betroffenen Regionen installiert werden können. Beispielsweise könnten Mining-Anlagen direkt in der Nähe von Windparks oder Solarparks errichtet werden, was den Bedarf an Stromtransport über weite Strecken reduziert. Dies entlastet das Netz zusätzlich und ermöglicht eine direkte Nutzung des vor Ort erzeugten Stroms.

4.1.3 Voraussetzung von Teilnehmern

Im ÜNB-Konzept ist zudem die Qualifikation von Teilnehmern¹¹⁸ fest verankert. Diese Anforderung stellt sicher, dass nur technisch geeignete und verlässliche Lasten am System teilnehmen können.

- Eine zuschaltbare Last muss zur Sicherstellung der Zusätzlichkeit des Stromverbrauchs bestimmte Voraussetzungen erfüllen, um am Verfahren der Übertragungsnetzbetreiber zur Zuteilung von Abregelungsstrommengen gemäß § 13k Abs. 2 S. 2 und S. 3, Abs. 6 EnWG oder einem entsprechenden Verfahren der Verteilnetzbetreiber gemäß § 13k Abs. 8 EnWG teilnehmen zu können. Sie muss einem der in den Ziffern 2, 3 oder 4 festgelegten Segmente zugeordnet werden und sowohl die dort genannten besonderen Voraussetzungen als auch die allgemeinen Anforderungen aus Ziffer 1 erfüllen.
- Zu den allgemeinen Voraussetzungen gehört zunächst, dass die technische Steuerbarkeit der Anlage gewährleistet ist. Dies kann entweder durch den Betreiber selbst, durch seinen Lieferanten oder – sofern die Registrierung über einen Aggregator erfolgt – durch den Aggregator sichergestellt werden. Außerdem darf die Anlage nicht Gegenstand einer vertraglichen Vereinbarung nach § 13 Abs. 6a EnWG zwischen dem Übertragungsnetzbetreiber und dem Betreiber einer KWK-Anlage sein.

¹¹⁶ Freileitungs-Monitoring [Tennet](#)

¹¹⁷ Flexible AC transmission systems [Siemens Energy](#)

¹¹⁸ Festlegungsverfahren zur Bestimmung der Kriterien bezüglich der Zusätzlichkeit des Stromverbrauchs [Bundesnetzagentur](#)

- Handelt es sich um eine Anlage, die fossile Wärmeerzeugung durch strombasierte Wärmeerzeugung ersetzen kann (Segment 1: „Substitution fossiler Wärmeerzeugung“), gelten zusätzlich besondere Anforderungen.

Weiter heißt es seitens der Bundesnetzagentur Festlegungskriterien¹¹⁹ 5.3.1 Spezifizierung des Segments 1 „Substitution fossiler Wärmeerzeugung: „Das Segment 1 „Substitution fossiler Wärmeerzeugung“ erfasst sowohl Bestands- als auch Neuanlagen. Unter das Segment 1 fallen zuschaltbare Lasten, die technisch in der Lage sind, im Betrieb (operativ) eine fossile Wärmeerzeugung durch eine strombasierte Wärmeerzeugung zu ersetzen. Die Ersetzung erfasst für die Dauer des Betriebs neben der Ausschaltung der fossilen Wärmeerzeugung auch deren Drosselung. Die strombasierte Anlage muss in der Lage sein, die fossile Anlage zu ersetzen. ...“

“ Für das Segment 1 kommen eine Vielzahl von Anlagen in Frage. Beispielsweise sind neben KWK-Anlagen angebrachte elektrisch betriebene Tauchsieder („Heizstäbe“) zu benennen, die in der Lage sind, durch eine strombasierte Wärmeerzeugung die sonst stattfindende fossilbasierte Wärmeerzeugung durch die KWK-Anlage ganz oder teilweise operativ zu ersetzen. Bei Einhaltung der weiteren Voraussetzungen kommen auch elektrische Wärmeerzeuger in Frage, die gemäß § 7b KWKG gefördert wurden oder werden oder die über § 13 Abs. 6a EnWG errichtet und betrieben wurden und deren vertragliche Bindung ausgelaufen ist. Ebenfalls kommen bei fossilen Heizungssystemen im Warmwasserspeicher eingebaute Heizstäbe, sowohl im gewerblichen als auch im privaten Bereich, insbesondere auch als aggregierte Lasten in Frage. Weitere Beispiele, die bei Einhaltung der weiteren Voraussetzungen in das Segment 1 fallen können, sind bivalente Glasschmelzen, Trocknungsanlagen, Dampferzeugungsanlagen sowie Anlagen in der Lebensmittelindustrie (etwa bei gasbefeuerten Großbacköfen, die bivalent auf einen Strombetrieb umstellen können).“

Nach Auffassung des Verfassers dieses Berichtes, erfüllen Bitcoin-Mining-Anlagen die Anforderungen des § 13k Abs. 6 Satz 2 Nr. 3 EnWG an das Verfahren zur Registrierung von Entlastungsanlagen, da sie in besonderer Weise die gesetzlichen Vorgaben für die Nutzung von Abregelungsstrommengen einhalten können. Ebenso werden die Festlegungskriterien der Bundesnetzagentur, auf Grund der PtH-Methode¹²⁰, vollständig umgesetzt. Weiter legt der Gesetzestext dabei spezifische Anforderungen fest, die sicherstellen sollen, dass teilnehmende Anlagen zur Netzentlastung beitragen, überschüssigen Strom effizient nutzen und gleichzeitig regulatorische und technische Standards erfüllen.

Eine zentrale Vorgabe ist, dass die Abregelungsstrommengen ausschließlich über eine eigene Entnahmestelle bilanziert werden müssen, die keine anderen Verbrauchsanlagen oder Stromspeicher versorgt.

Bitcoin-Mining-Anlagen sind in ihrer Infrastruktur so aufgebaut, dass sie ihren Stromverbrauch vollständig und transparent über eine eigene Marktlokation¹²¹ messen könnten und dokumentieren können. Dies erfüllt die Anforderung, dass der Verbrauch über viertelstundenscharfe Messungen überwacht werden muss. Mining-Anlagen verfügen typischerweise über die notwendige Technologie, um diese Anforderungen durch Lastgangmessungen oder Zählerstandsgangmessungen gemäß den Anforderungen der TAB der

¹¹⁹ Bundesnetzagentur Festlegungskriterien [Festlegungskriterien](#)

¹²⁰ Power-to-Heat [BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V](#)

¹²¹ Marktlokation [Bundesnetzagentur](#)

Netzbetreiber zu erfüllen. Damit wird gewährleistet, dass die abgenommene Strommenge eindeutig bilanziert und dem 13k-Instrument zugeordnet werden kann.

Zudem sieht der Gesetzestext vor, dass Übertragungsnetzbetreiber (ÜNB) eine Mindestleistung für Entlastungsanlagen festlegen können, so werden mit Tenorziffer 4 Elektrolyseure und Wärmepumpen erst ab einer installierten elektrischen Nennleistung von mindestens 100 kW erfasst.

Bitcoin-Mining-Anlagen sind hochgradig skalierbar und flexibel in ihrer Dimensionierung, sodass sie spezifische Anforderung problemlos erfüllen könnten. Dies gilt sowohl für einzelne Anlagen als auch für die Bündelung mehrerer Mining-Einheiten innerhalb einer Entlastungsgruppe. Durch ihre modulare Bauweise können Mining-Anlagen sowohl in kleineren als auch in größeren Leistungsbereichen betrieben werden, was sie für die Nutzung im Rahmen des 13k-Instruments besonders geeignet macht.

Ein weiterer zentraler Punkt im Verfahren ist die Präqualifikation der Entlastungsanlagen. Im Rahmen dieser Prüfung müssen die Betreiber von Entlastungsanlagen sicherstellen, dass sie die technischen Voraussetzungen zur Datenbereitstellung und Kommunikation mit den ÜNB erfüllen. Diese Fähigkeit umfasst die Übermittlung von Verbrauchsdaten, Planungsdaten und Informationen über Nichtbeanspruchbarkeiten, die gemäß den Anforderungen der Systemoperation (SO-Verordnung¹²²) vorgeschrieben sind. Mining-Anlagen können diese Daten kontinuierlich liefern, was ihre Integration in die Überwachungs- und Steuerungssysteme der

ÜNB erleichtert. Darüber hinaus erfüllen diese Anlagen die Vorgabe, ausschließlich flexibel und nicht lastprofilgebunden zu arbeiten. Diese Anforderung bezieht sich auf die Fähigkeit, den Stromverbrauch dynamisch an die Netzsituation anzupassen. Mining-Anlagen¹²³ können kurzfristig hoch- oder heruntergefahren werden, ohne dass dies ihren Betrieb langfristig beeinträchtigt. Diese Flexibilität ist eine wesentliche Voraussetzung für die Teilnahme am 13k-Instrument, da sie sicherstellt, dass Anlagen gezielt überschüssigen Strom aufnehmen können, wenn dieser verfügbar ist, und sich zurücknehmen, wenn das Netz entlastet werden muss.

Zusammenfassend erfüllen Bitcoin-Mining-Anlagen die Anforderungen des § 13k Abs. 6 Satz 2 Nr. 3 EnWG durch ihre technische Flexibilität, Transparenz und Skalierbarkeit. Sie können überschüssige Strommengen effizient nutzen, ihre Verbräuche transparent und viertelstundenscharf dokumentieren sowie die geforderten technischen und regulatorischen Rahmenbedingungen einhalten. Damit sind sie ideal geeignet, als Entlastungsanlagen registriert zu werden und im Rahmen des 13k-Instruments zur Reduktion von Abregelungsmengen und zur Entlastung der Stromnetze beizutragen.

4.1.4 Energieeffizienz und zusätzlicher Nutzen

Das BMWK-Inputpapier¹²⁴ legt einen besonderen Fokus auf die Energieeffizienz von Anlagen, die an der Versteigerung von Überschussstrom teilnehmen. *„Bei anderen Lasten ist eine Zusätzlichkeit des Stromverbrauchs unwahrscheinlich bzw. nicht hinreichend sicher zu gewährleisten, so dass die Nachteile die Vorteile überwiegen würden. Die Teilnahme am Instrument umfasst deshalb ausschließlich Wärmelasten und Elektrolyseure.“*

¹²² Datenaustausch [Beschluss vom 18.01.2019](#)

¹²³ University of Twente [Bitcoin mining as a flexible load for feed-in congestion management in the electricity grid](#)

¹²⁴ BMWK [Ein präventives Nutzen-statt-Abregeln-Instrument für Wärmelasten und Elektrolyseure](#)

Wärme ist essenziell für zahlreiche Anwendungen – von der Beheizung von Wohnräumen über die Erwärmung von Wasser bis hin zu wichtigen industriellen Prozessen. Mit dem weiteren Wachstum urbaner Gebiete werden Fernwärmesysteme zunehmend als effektive Lösung zur Deckung des Wärmebedarfs eingesetzt. Traditionell basierten diese Systeme jedoch auf kohlenstoffemittierenden Brennstoffen, was Umweltprobleme zur Folge hatte.

Eine mögliche Alternative bietet die Nutzung von Abwärme aus Rechenzentren. Herkömmliche Rechenzentren stoßen jedoch oft auf Herausforderungen bei der Integration in Fernwärmesysteme, da die erzeugte Wärme häufig von minderer Qualität ist und die Anlagen meist weit von den Fernwärmesystemen entfernt liegen. Diese Faktoren führen zu ineffizientem Wärmetransport, Energieverlusten und erschweren die Wiederverwendung der Wärme.

Rechenzentren für digitale Vermögenswerte, wie etwa Bitcoin-Mining, bieten eine vielversprechende Lösung für diese Probleme. Sie wandeln Energie effizient in Wärme um und können direkt auf dem Gelände oder in unmittelbarer Nähe von Fernwärmeanlagen betrieben werden. Dadurch entfällt die Notwendigkeit aufwändiger Leitungsinfrastrukturen, und Wärmeverluste werden erheblich reduziert. Diese Nähe ermöglicht eine kosteneffiziente und schnelle Bereitstellung sowie einen energie- und wärmeeffizienten Betrieb.

Die Integration von Digital-Asset-Rechenzentren in Fernwärmesysteme bringt zahlreiche Vorteile mit sich. Dazu gehören die Reduzierung von Emissionen, erhebliche Kosteneinsparungen und eine Minimierung von Abwärme. Diese Kombination fördert letztlich die Nachhaltigkeit sowohl der Fernwärmebranche als auch der digitalen Infrastruktur.

Die Abwärmenutzung von Bitcoin-Mining-Anlagen maximiert die Effizienz des eingesetzten Stroms, da dieser nicht nur für den primären Zweck des Minings verwendet wird, sondern auch für die Wärmeerzeugung.

Die Abwärmenutzung von Bitcoin-Mining-Anlagen stellt eine sinnvolle Ergänzung zur im BMWK-Inputpapier vom 27. Juni 2023 beschriebenen Versteigerung von Überschussstrom dar und ermöglicht es, die Effizianzforderungen und Nachhaltigkeitsziele des Konzepts umfassend zu erfüllen. Das Papier sieht vor, dass überschüssiger Strom aus erneuerbaren Energien nicht nur effizient genutzt, sondern auch in Kombination mit zusätzlichen Nutzenaspekten integriert wird, um die Abregelungskosten zu minimieren und die Energieeffizienz zu steigern. Mining-Anlagen, die Abwärme sinnvoll weiterverwenden, bieten hierbei ein großes Potenzial, da sie neben der Nutzung von Überschussstrom auch zur Wärmeversorgung in verschiedenen Sektoren beitragen können.

Während des Betriebs erzeugen Bitcoin-Mining-Anlagen eine erhebliche Menge an Abwärme, da die für die Rechenprozesse eingesetzte Energie in Form von Wärme abgegeben wird. Diese Abwärme, die häufig ungenutzt bleibt, kann in unterschiedliche Anwendungen integriert werden, wodurch ein zusätzlicher Nutzen geschaffen wird. So könnten Mining-Anlagen beispielsweise in die Fernwärmeversorgung eingebunden werden, indem die Abwärme zur Beheizung von Wohngebieten oder Gewerbeflächen genutzt wird. Besonders in urbanen Regionen oder in der Nähe bestehender Fernwärmenetze würde dies die Abwärmenutzung effizient gestalten und gleichzeitig fossile Energieträger ersetzen, die traditionell für die Wärmeversorgung genutzt werden.

Darüber hinaus bietet die Abwärme von Mining-Anlagen Potenzial für industrielle Prozesse, insbesondere solche, die Niedertemperaturwärme benötigen. Viele industrielle Anwendungen, wie die Trocknung oder das Vorwärmen von Materialien, könnten von der Wärme profitieren, die durch Mining-Anlagen erzeugt wird. Dies würde die Energieeffizienz in der Industrie erhöhen und zugleich die CO₂-Bilanz der Prozesse verbessern. Auch die Beheizung von Wohngebäuden, insbesondere in Regionen, in denen die Anlagen nahe an den Abnehmern

installiert werden können, ist eine Möglichkeit, die Abwärme zu nutzen und Wärmeverluste durch lange Transportwege zu minimieren.

4.1.5 Unterschiede zu herkömmlichen Rechenzentren

Die Integration herkömmlicher Rechenzentren in Fernwärmesysteme ist aufgrund mehrerer Herausforderungen schwierig. Ein zentrales Problem ist die niedrige Temperatur der Abwärme. Luftgekühlte Rechenzentren erzeugen Wärme mit Temperaturen von nur etwa 25–35 °C¹²⁵, während Fernwärmenetze¹²⁶ typischerweise Wärme von 70/35°C bis 80/45°C oder höher benötigen.

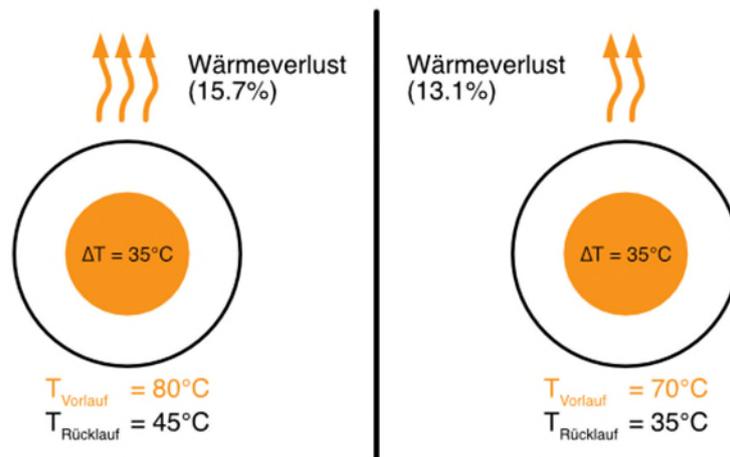


ABBILDUNG 8 BEISPIEL FÜR WÄRMEVERLUSTE IN EINEM FERNWÄRMENETZ BEI AUSLEGUNGSTEMPERATUREN (80/45 °C, LINKS) UND REDUZIERTEM SYSTEMTEMPERATUREN (70/35 °C, RECHTS) – FRAUNHOFER INSTITUT⁵⁸

Um diese Temperaturlücke zu schließen, sind zusätzliche Wärmeerzeuger wie elektrische Heizkessel oder Wärmepumpen notwendig.

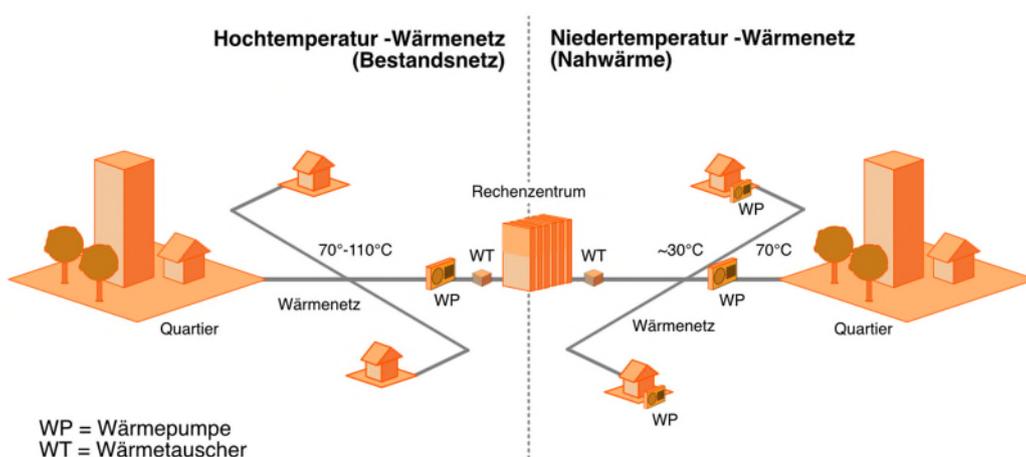


ABBILDUNG 9 JLL RESEARCH RECHENZENTREN IN DEUTSCHLAND¹²⁷

¹²⁵ TÜV Nord Abwärme in Rechenzentren richtig nutzen

¹²⁶ Fraunhofer Institut Low-Temperature District Heating Implementation Guidebook. Final Report

¹²⁷ JLL Global Marktüberblick Deutschland 2024

Dies erhöht jedoch nicht nur die Systemkomplexität, sondern auch die Kosten, insbesondere bei hohen Strompreisen. Die geringe Qualität der Abwärme herkömmlicher Rechenzentren gilt daher als Hauptgrund¹²⁸ dafür, dass in die Wärmerückgewinnung bislang nur zögerlich investiert wird.

Die Kombination dieser Herausforderungen macht die Nutzung herkömmlicher Rechenzentren für Fernwärmenetze oft ineffizient und kostspielig. Es besteht daher ein klarer Bedarf an skalierbaren, kostengünstigen und kompakteren Lösungen, die saubere Energie effizient in Wärme umwandeln und sich besser in bestehende Fernwärmesysteme integrieren lassen. Eine solche Lösung könnte in Form von Digital Asset Compute (DAC) entstehen.

Digital Asset Compute (DAC) bietet eine effiziente und nachhaltige Lösung für Fernwärmesysteme, indem es Rechenleistung zur Erzeugung digitaler Werte wie Bitcoin nutzt und gleichzeitig große Mengen Wärme bereitstellt. Im Gegensatz zu herkömmlichen Rechenzentren, die oft ineffizient und dezentral sind, wandeln DAC-Systeme bis zu 95 % der Energie in Wärme um und können diese bei Temperaturen von 55–75 °C direkt vor Ort bereitstellen. Dies reduziert den Bedarf an zusätzlichen Heizsystemen, senkt Kosten und steigert die Effizienz.

DAC-Rechenzentren sind kompakt, modular und skalierbar. Ein 2-Megawatt-DAC-System¹²⁹ kann in einem kleinen Raum installiert werden und bis zu 4.000 Haushalte mit Fernwärme versorgen. Dank der lokalen Integration entfallen Wärmeverluste und hohe Transportkosten. Zudem leisten DAC-Systeme einen wichtigen Beitrag zur Emissionsreduktion: Ein Megawatt DAC kann jährlich bis zu 1.500 Tonnen CO₂ einsparen, wenn es mit erneuerbarer Energie betrieben wird. Mit ihrer Kombination aus Effizienz, Wirtschaftlichkeit und Nachhaltigkeit sind DAC-Systeme ideal für moderne Fernwärmeanwendungen.

Um die Theorie zu prüfen, dass Digital Asset Computing und Fernwärmesysteme erfolgreich zusammenarbeiten können, startete Marathon ein Pilotprojekt in Finnland. In der Region Satakunta wurde ein 2-Megawatt-Digital-Asset-Datenzentrum eingerichtet, um eine Gemeinde mit 11.000 Einwohnern zu beheizen. Das System wurde vollständig in einem kompakten Raum von 50 x 50 Fuß innerhalb der lokalen Fernwärmanlage untergebracht und stellt somit eine effiziente Integration von DAC und Fernwärmesystem dar.

4.1.6 Finanzielle Erstattung im Rahmen des § 14 EnWG

Die finanzielle Erstattung, die der Übertragungsnetzbetreiber (ÜNB) an den Teilnehmer auszahlt, basiert auf einer Differenzpreisvergütung. Diese wird durch die Differenz zwischen dem sogenannten 13k-Preis und dem Referenzpreis berechnet.

Der Referenzpreis entspricht entweder dem Day-Ahead-Auktionspreis der Strombörse gemäß § 3 Nr. 42a EEG oder der im Zusammenhang mit § 13k EnWG eingeführten Preisobergrenze. Die Preisobergrenze dient dazu, finanzielle Risiken sowohl für den ÜNB als auch für den Teilnehmer zu minimieren, insbesondere in Extremszenarien, in denen der Day-Ahead-Preis außergewöhnlich hohe Werte erreicht. Sie stellt den maximalen Referenzpreis dar und begrenzt somit die finanzielle Erstattung auf diesen Höchstwert. Die Festlegung der Preisobergrenze erfolgt anhand der maximalen spezifischen Kosten der innerdeutschen Netzreserve des letzten abgeschlossenen Kalenderjahres, für das vollständige Daten vorliegen. Aktuell beträgt dieser Wert etwa 500 €/MWh.

¹²⁸ Borderstep Institut [Wirtschaftlichkeit der Abwärmenutzung aus Rechenzentren in Deutschland](#)

¹²⁹ MARA Holdings [Heating with Hashes](#)

Während der 13k-Preis und die Preisobergrenze für festgelegte Zeiträume unverändert bleiben, variiert der Referenzpreis stündlich entsprechend dem Day-Ahead-Preis, sofern dieser die Preisobergrenze nicht überschreitet. Sollte der Referenzpreis jedoch unter den 13k-Preis fallen, wird die Erstattung auf 0 €/MWh begrenzt.

Die Aktivierung von dynamischen Lasten ist erheblich günstiger als die bisherigen Entschädigungszahlungen. Während diese Zahlungen auf den gesetzlichen Einspeisevergütungen basieren, kann überschüssiger Strom flexibel zu niedrigeren Preisen¹³⁰ angeboten werden.

Finanzielle Erstattung = MAX (Referenzpreis – 13kPreis;0)
 mit Referenzpreis = MIN (DAPreis;Preisobergrenze)

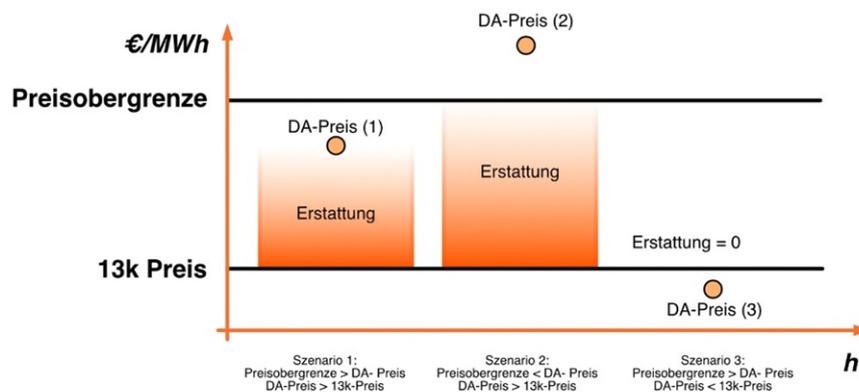


ABBILDUNG 10 GRAFISCHE DARSTELLUNG DER MÖGLICHEN SZENARIEN DER VON DEN ÜNB AN DEN TEILNEHMER AUSZUZAHLENDEN FINANZIELLEN ERSTATTUNG⁶²

Während der Erprobungsphase wird der 13k-Preis einheitlich für alle Teilnehmer, Entlastungsanlagen und Entlastungsregionen festgelegt. Ziel ist es, einen Preis zu definieren, der sich an der Technologie mit den geringsten Produktionskosten orientiert, um die Teilnahme sämtlicher für das § 13k-Instrument relevanter Technologien zu ermöglichen. Der 13k-Preis basiert dabei konzeptionell auf den Produktionskosten einer fossilen Wärmeerzeugungstechnologie, die durch Entlastungsanlagen substituiert werden soll. Nach Einschätzung der Übertragungsnetzbetreiber (ÜNB) stellt der Erdgaspreis dabei eine zentrale Referenz dar, da er sowohl den Betrieb als auch die Investitionen in Entlastungsanlagen maßgeblich beeinflusst.

Power-to-Heat-Anlagen (PtH-Anlagen) und Elektrodenheizkessel stehen in direkter Konkurrenz zu erdgasbasierten Wärmeerzeugungssystemen. Um das Potenzial dieser Anlagen freizusetzen und ihre operative Zusätzlichkeit zu gewährleisten, ist eine Kostenparität zwischen strombasierten und gasbasierten Technologien erforderlich. Elektrolyseure, die Wasserstoff strombasiert bereitstellen, bilden ein weiteres bedeutendes Potenzial für Entlastungsanlagen, konkurrieren jedoch mit alternativen Technologien wie der Erdgasreformierung.

Da PtH-Anlagen derzeit die kostengünstigste Technologie im Teilnehmerfeld darstellen, wird der 13k-Preis anhand der Kosten der fossil-basierten Wärmeerzeugung durch Gaskessel ermittelt.

¹³⁰ Bestimmung des 13k-Preises ÜNB-Umsetzungskonzept S.30

Höhe 13-k-Preises	Verringerung der EE-Abregelung	Gesamtwirtschaftlicher Nutzen	Senkung der BWL-Redispatch-Kosten
< 0 €/MWh	starker Anreiz ++	Ggf. Nutzenverlust [abh. von Höhe] o/-	Ggf. Kostenanstieg [abh. von Höhe] o/-
= 0 €/MWh	Anreiz +	Anstieg ++	Kostensenkung +
> 0 €/MWh	reduzierter Anreiz [abh. von Höhe] +/o	Anstieg [abh. von Höhe] +/o	Deutliche Kostensenkung ++

ABBILDUNG 11 AUSWIRKUNG 13K-PREIS AUF ZIELERREICHUNG¹³¹

Frontier Economics empfiehlt, den 13k-Preis auf einen Wert größer als 0 €/MWh festzusetzen. Dabei sollte sich die Höhe des Preises an dem marginalen Teilnehmer orientieren, der den geringsten Nutzen aus Nicht-Standard-Anwendungen (NsA) zieht. Aus Erfahrung bietet eine effiziente Erdgasheizung eines Gewerbe- oder Industriekunden einen geeigneten Referenzwert. Diese Anlagen beziehen Gas zu großhandelsnahen Konditionen und weisen damit geringere vermiedene Brennstoffkosten auf als Kleinverbraucher.

Die vermiedenen Kosten einer solchen Gasheizung hängen von verschiedenen Faktoren ab, die bei der Festlegung des 13k-Preises berücksichtigt werden sollten. Aufgrund der naturgemäß groben Schätzungen der alternativen Kosten für Wärmelasten, der variierenden tatsächlichen Beschaffungskosten zwischen Verbrauchern sowie der zeitlichen Veränderungen dieser Kosten wird ein Sicherheitsabschlag empfohlen. Um die Einführung der Maßnahme nicht zu gefährden und angesichts eines erwarteten Überhangangebots sollte zu Beginn ein größerer Abschlag vorgenommen werden. Ein Abschlag in Höhe von 50 % bis 1/3 würde einen konservativen Startwert für den 13k-Preis im Bereich von 30-40 €/MWh ergeben.

Ein solcher Preisabschlag hätte zudem den Vorteil, dass neue Power-to-Heat-(PtH)-Anlagen, die speziell im Hinblick auf NsA errichtet werden, eine angemessene Marge erzielen könnten. Dies würde ermöglichen, die Investitionskosten (Capex) neuer Anlagen wie beispielsweise Heizstäbe oder DCA-Anlagen zu amortisieren.

4.1.7 Day-Ahead-Preis Ermittlung und 13k Preis am Beispiel

Die Analyse der monatlichen Durchschnittspreise des Spotmarktes im Jahr 2023 zeigt deutliche Schwankungen im Jahresverlauf. Der höchste Durchschnittspreis wurde im Februar 2023 mit 12,83 ct/kWh erreicht, was auf einen erhöhten Energiebedarf im späten Winter und möglicherweise angespannte Marktbedingungen hindeutet. Der Januar 2023 folgte mit einem durchschnittlichen Preis von 11,78 ct/kWh. Der niedrigste Durchschnittspreis wurde im Juli 2023 gemessen und betrug 7,76 ct/kWh, was typisch für die Sommermonate ist, da in dieser Zeit eine geringere Nachfrage und eine hohe Einspeisung aus erneuerbaren Energien wie Solarenergie erwartet werden können.

Insgesamt spiegelt die Entwicklung der monatlichen Durchschnittspreise die saisonalen Muster und die Dynamik des Strommarktes wider.

¹³¹ Frontier-Economic Auswirkung 13k-Preis auf Zielerreichung

Der höchste Spotmarktpreis betrug 52,427 ct/kWh und wurde am 11. September 2023 um 19:00 Uhr erreicht. Dies könnte auf außergewöhnliche Marktbedingungen wie eine hohe Nachfrage oder eine eingeschränkte Energieversorgung zu dieser Zeit hinweisen. Der höchste durchschnittliche Tagespreis betrug 20,273 ct/kWh und wurde am 23. Januar 2023 erreicht. Dies deutet auf außergewöhnliche Marktbedingungen an diesem Tag hin, wie etwa hohe Nachfrage, niedrige Energieproduktion oder andere externe Faktoren.

Im Jahresdurchschnitt betragen die Stromkosten 9,52 ct/kWh, was auf ein moderates Preisniveau hinweist. Dieses Niveau war jedoch durch erhebliche monatliche Schwankungen geprägt. Besonders in den Sommermonaten, insbesondere im Juli mit einem Durchschnittspreis von 7,76 ct/kWh, sorgte ein Überangebot an erneuerbarer Energie für vergleichsweise niedrige Preise. Dennoch war der Einfluss negativer Preise weniger ausgeprägt als angenommen.

In den Wintermonaten, wie Januar (11,78 ct/kWh) und Februar (12,83 ct/kWh), lagen die Preise deutlich höher, was die Herausforderungen für Marktteilnehmer ohne flexible Verbrauchsmodelle verdeutlicht. Hingegen können solche Niedrigpreisphasen im Sommer für flexible Verbraucher wirtschaftliche Vorteile bieten. Insgesamt bestätigt sich, dass saisonale Faktoren die Strompreise wesentlich beeinflussen.

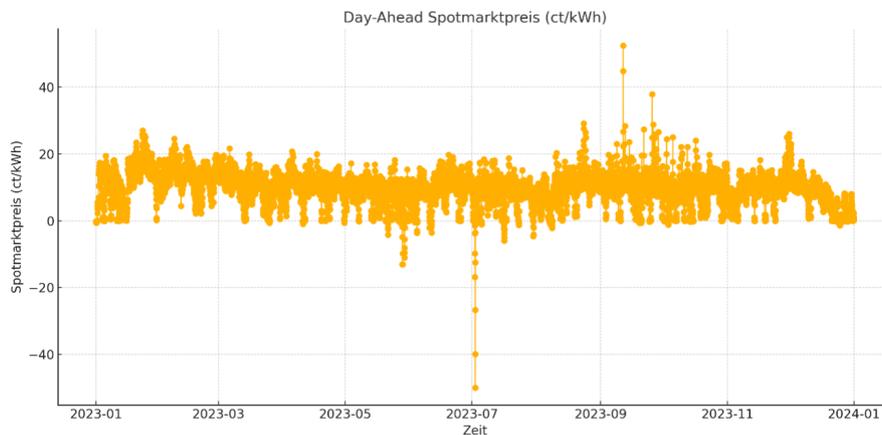


ABBILDUNG 12 DAY-AHEAD SPOTMARKTPREIS (CT/KWH)¹³²

Die zeitliche Clusterung der Spotmarktpreise 2023 zeigt Muster im Tagesverlauf. Der durchschnittliche Preis ist am Abend am höchsten (ca. 11,66 ct/kWh), was auf die Spitzenlastzeiten zurückzuführen ist, in denen Haushalte und Industrie verstärkt Energie nachfragen. Am Morgen ist der Durchschnittspreis mit etwa 10,19 ct/kWh ebenfalls relativ hoch, was die zunehmende Aktivität zu Beginn des Tages widerspiegelt. Im Vergleich dazu sind die Preise am Nachmittag und in der Nacht mit durchschnittlich 8,11 ct/kWh nahezu identisch. Diese niedrigeren Preise könnten auf eine geringere Nachfrage oder eine höhere Einspeisung aus erneuerbaren Energien, wie Solar- oder Windkraft, hinweisen.

¹³² [Epexspot](#)

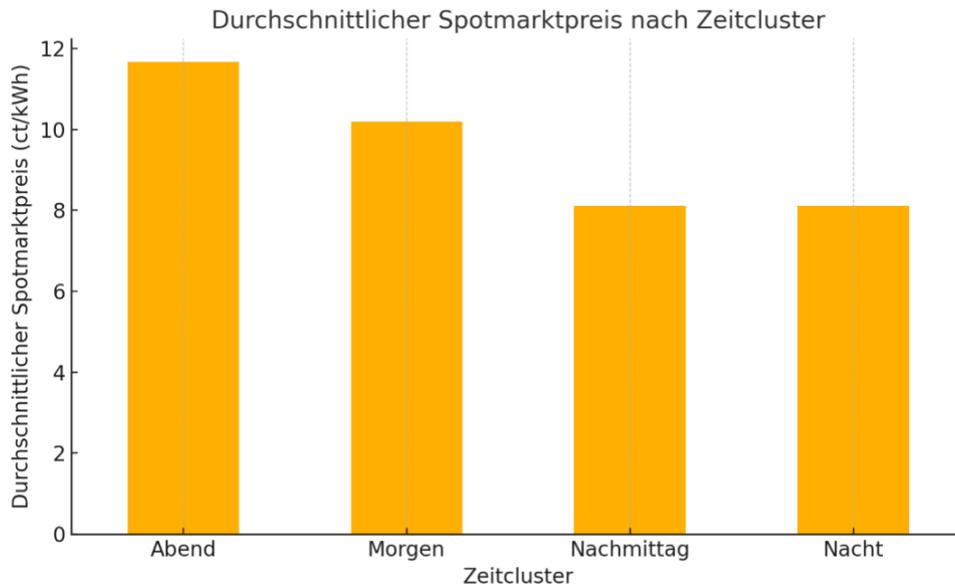


ABBILDUNG 13 DURCHSCHNITTLICHER SPOTMARKTPREIS NACH ZEITCLUSTER

Der Preis pro MWh kann auf Basis des Jahresdurchschnittspreises von 9,52 ct/kWh berechnet werden. Da eine MWh genau 1.000 kWh entspricht, wird der Durchschnittspreis pro kWh mit 1.000 multipliziert. Dies ergibt einen Preis von 9.517,55 ct/MWh, was umgerechnet 95,18 EUR/MWh entspricht.

Preis pro MWh = Durchschnittspreis pro kWh × 1.000

Dieser Wert stellt eine solide Grundlage für Beispielrechnungen dar, insbesondere wenn größere Energiemengen wie MWh als Einheit verwendet werden. Es ist jedoch zu beachten, dass saisonale Schwankungen oder Marktbedingungen den tatsächlichen Preis beeinflussen können.

4.1.8 Kosten der Regelregion D8N1 im Netzengpassmanagement mit 13k

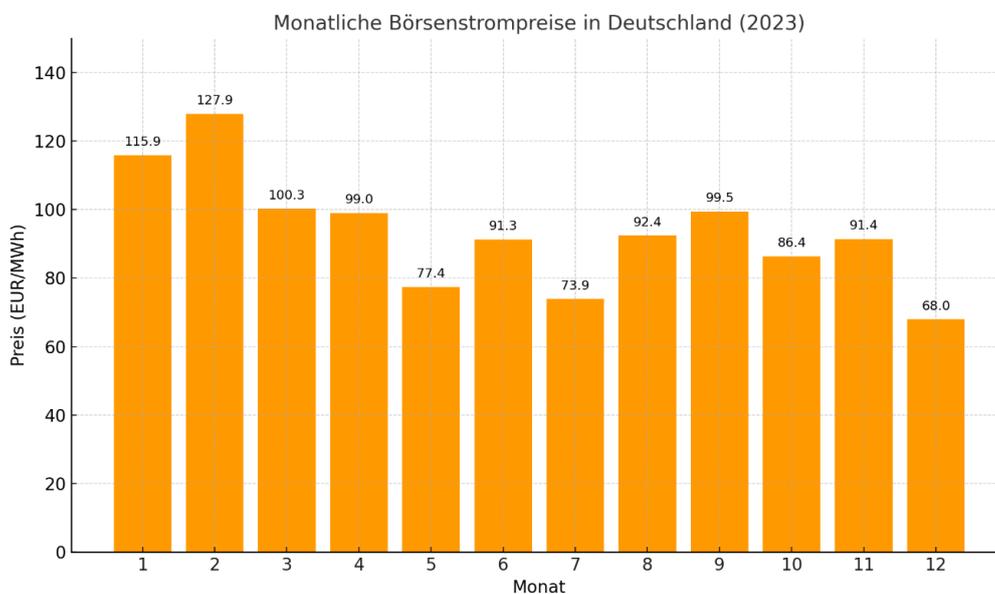


ABBILDUNG 14 ENERGY-CHARTS.INFO; DATENQUELLE ETNSO-E, NETZTRANSPARENZ, EPEX SPOT; LETZTES UPDATE 25,11,2024, 04.20 MEZ

- **Verteilung des Abregelungsvolumens:**

Die durchschnittliche abgeregelter Leistung pro Stunde ist:

$$\text{Leistung pro Stunde} = \frac{\text{Gesamtleistung (MWh)}}{\text{Abregelungsstunden}} = \frac{599 \text{ (MWh)}}{1343 \text{ h}}$$

- **Monatliche Berechnung:**

Für jeden Monat wird die Differenz zwischen dem monatlichen Börsenstrompreis und dem 13k-Preis berechnet, multipliziert mit der stündlichen Leistung und der Anzahl der Stunden im Monat.

- **Summierung der Gesamtkosten:**

Unter der Annahme, dass das Abregelungsvolumen von 599 GWh über 1343 Stunden verteilt wurde, ergeben sich die monatlichen Erstattungen basierend auf den Börsenstrompreisen 2023:

Month	Erstattung (€)
Januar	3.787.177,50
Februar	4.388.673,33
März	3.010.973,33
April	2.945.582,50
Mai	1.867.382,50
Juni	2.560.225,83
Juli	1.691.176,67
August	2.615.633,33
September	2.969.043,33
Oktober	2.313.637,50
November	2.565.716,67
Dezember	1.397.167,50

Die 599 GWh wurden gleichmäßig auf die 1343 Stunden verteilt, was zu einer konstanten Leistung pro Stunde führte. Die monatlichen Strompreise abzüglich des 13k-Preises (40 €/MWh) bestimmen die Erstattung pro MWh. Diese Erstattungen wurden entsprechend der durchschnittlichen stündlichen Leistung und der Anzahl der Stunden pro Monat berechnet.

Die gesamte finanzielle Erstattung beträgt 32.112.390,00 €

Erläuterung

Die Berechnung der finanziellen Erstattung basiert auf der Differenz zwischen dem 13k-Preis und dem Referenzpreis. Es gibt dabei zwei wichtige Aspekte:

1. Referenzpreis:

- Entspricht dem Day-Ahead-Preis der Strombörse oder einer Preisobergrenze, die auf maximal 500 €/MWh festgelegt ist.
- Der Referenzpreis kann stündlich variieren, während die Preisobergrenze konstant bleibt.

2. 13k-Preis:

- Ein einheitlicher Preis, der während der Erprobungsphase für alle Teilnehmer und Regionen festgelegt wird.
- Er orientiert sich an den Produktionskosten, z. B. von Power-to-Heat-Anlagen, und wird so bestimmt, dass kosteneffiziente Nutzung der Lasten gefördert wird.

Die finanzielle Erstattung erfolgt nach der Formel:

Erstattung = $\max(\text{Referenzpreis} - 13\text{k-Preis}, 0)$ wobei:

Referenzpreis = $\min(\text{Day-Ahead-Preis}, \text{Preisobergrenze})$

Beispielrechnung:

Gegeben:

- 13k-Preis: 40 €/MWh
- Preisobergrenze: 500 €/MWh
- Day-Ahead-Preis: 100 €/MWh
- Abgeriegelte Leistung: 599 GWh (599.000 MWh)

Berechnung der Erstattung pro MWh:

Erstattung pro MWh = $\max(100\text{€} - 40\text{€}) = 60\text{ €/MWh}$

Gesamterstattung:

Gesamtkosten = $60\text{ €/MWh} \times 599.000\text{ MWh}$

Die Berechnung ergibt eine finanzielle Erstattung von 60 €/MWh. Für eine abgeriegelte Leistung von 599 GWh (599.000 MWh) betragen die Gesamtkosten in dieser Erläuterung 35.940.000 €.

(Diese Kosten basieren auf einem 13k-Preis von 40 €/MWh und einem Day-Ahead-Preis von 100 €/MWh, unter Berücksichtigung der Regelungen des Vergütungsrahmens gemäß § 13k EnWG.)

4.1.9 Kosten für Netzengpassmanagementmaßnahmen im deutschen Stromnetz bis 2023

Im Jahr 2023 entstanden durch Netzengpassmanagementmaßnahmen Kosten in Höhe von rund 3,1 Milliarden Euro. Die Netzbetreiber sind dazu verpflichtet, Maßnahmen zur Aufrechterhaltung der Sicherheit und Zuverlässigkeit des Stromversorgungssystems zu ergreifen. Zu den Instrumenten des Netzengpassmanagements zählt unter anderem Redispatch. Darunter werden Eingriffe in die Erzeugungsleistung von Kraftwerken, um Leitungsabschnitte vor einer Überlastung zu schützen, verstanden. Der starke Anstieg der Netzengpassmanagementmaßnahmen im Jahr 2022 war auf gestiegene Brennstoffpreise zurückzuführen.

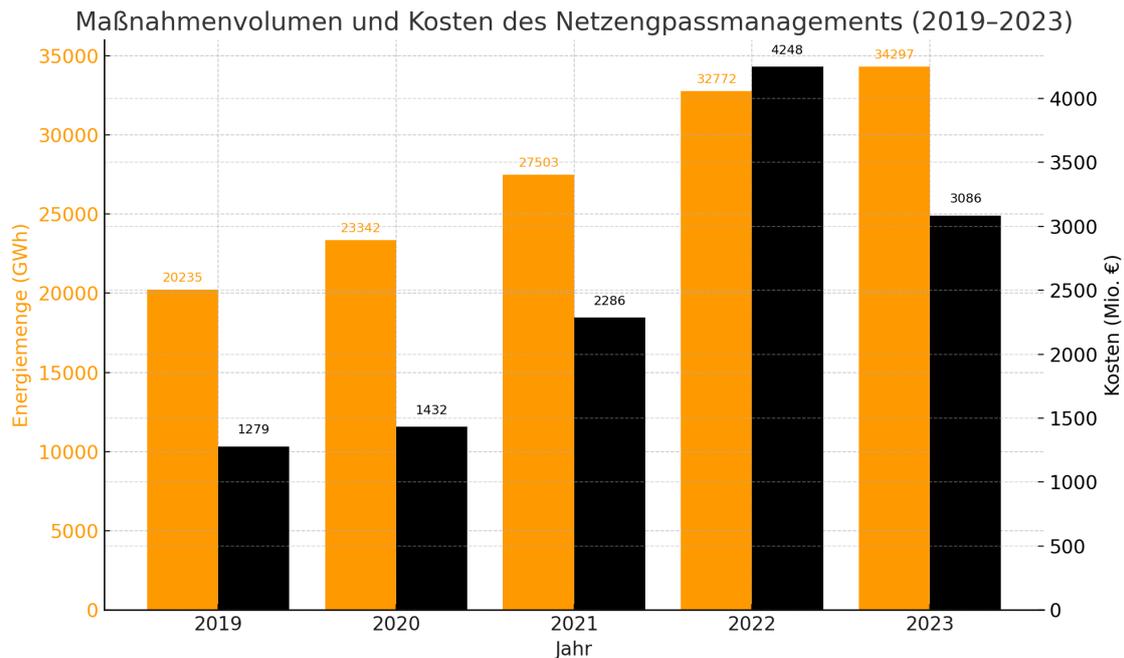


ABBILDUNG 15 MAßNAHMEVOLUMEN UND KOSTEN DES NETZENGPASSMANAGEMENTS¹³³

„Die im Redispatch angepassten Einspeisungen der am Markt befindlichen Kraftwerke betragen im Jahr 2023 rund 27.133 GWh (2022: 24.225 GWh). Davon entfielen 10.478 GWh auf Redispatch mit erneuerbaren Energien (2022: 8.071 GWh). Obwohl rund 42 Prozent dieser Menge EE-Anlagen betrafen, die im Verteilernetz angeschlossen sind, lag der verursachende Netzengpass zu rund 80 Prozent im Übertragungsnetz. Rund 20 Prozent der Redispatchmenge mit erneuerbaren Energien wurde aufgrund von Engpässen im Verteilernetz veranlasst.“⁶⁵

4.2 Wirtschaftlichkeit, Integration, Wärmeversorgung und CO₂

Das ÜNB-Umsetzungskonzept legt besonderen Wert auf die Flexibilität und Steuerbarkeit der eingesetzten Lasten, um kurzfristig auf Überschussstrom reagieren zu können. Eine der Kernanforderungen ist die Fähigkeit, Lasten innerhalb kürzester Zeit zu- oder abzuschalten, je nach Verfügbarkeit von Strom und den Anforderungen des Stromnetzes. Bitcoin Mining-Anlagen sind in dieser Hinsicht ideal geeignet. Der Prozess des Bitcoin Minings ist nicht auf eine kontinuierliche Stromzufuhr angewiesen und kann bei Bedarf pausiert oder wieder aufgenommen werden, ohne die Funktionalität der Anlagen oder den Verarbeitungsprozess zu beeinträchtigen. Dies ermöglicht es den Übertragungsnetzbetreibern, Mining-Anlagen präzise und dynamisch zu steuern, um überschüssige Strommengen aufzunehmen, sobald diese verfügbar sind. Diese Flexibilität macht Bitcoin Mining Anlagen zu einer optimalen Lösung für die Anforderungen des § 13k EnWG.

Ein weiterer relevanter Aspekt ist die potenzielle Reduktion von Abregelungskosten. Derzeit entstehen durch die Abregelung von EE-Anlagen erhebliche Kosten, da die Betreiber von Wind- und Solaranlagen für die entgangene Einspeisung entschädigt werden müssen. Diese Kosten werden letztlich über die Netzentgelte an die Verbraucher weitergegeben. Durch die Nutzung überschüssigen Stroms durch Bitcoin Mining können diese Kosten signifikant gesenkt werden.

¹³³ SMARD Netzengpassmanagement im Jahr 2023

Statt teure Entschädigungen zu zahlen, wird der überschüssige Strom wirtschaftlich genutzt und in Form von Wertschöpfung durch den Mining-Prozess effizient eingesetzt.

Wie die DENA Leitstudie Aufbruch Klimaneutralität¹³⁴ darstellt, sind Innovationen für die Erreichung der Klimaneutralität unverzichtbar. Auf Seite 57 des Abschlussberichts der dena-Leitstudie Aufbruch Klimaneutralität wird betont, dass technologische Weiterentwicklungen und die Integration neuer Ansätze essenziell sind, um die Dekarbonisierung effizient und nachhaltig zu gestalten. Weiter beschreibt die DENA „Aktives Chancenmanagement und ein innovationsfreundliches Umfeld“ wie folgt:

„Ein innovationsfreundliches Umfeld zeichnet sich durch transparente Kommunikation, Zugang zu Wissen, eine positive Fehlerkultur, Technologieoffenheit, Freiraum für Ideen und die Bereitstellung der nötigen Ressourcen (z. B. finanzielle Unterstützung oder Zeit) aus. Die Erfüllung dieser Kriterien bildet eine gute Grundlage für die Entwicklung von Ideen. Die Idee an sich macht allerdings noch keine erfolgreiche Innovation aus. Jede Idee steht dann vor der Herausforderung der Umsetzung.“

Der Verfasser dieses Berichts sieht Bitcoin-Mining als eine potenzielle Technologie, die in diesem Kontext eine Rolle spielen könnte, und beleuchtet dessen Eigenschaften und Anwendungsbereiche daher detaillierter.

Das Mining kann als ein Ansatz beschrieben werden, der unter bestimmten Bedingungen zur Flexibilisierung und Optimierung der Stromnutzung beitragen kann, insbesondere durch die Nutzung überschüssiger erneuerbarer Energie. Solche Anwendungen könnten nicht nur dazu beitragen, Netzstabilität zu gewährleisten, sondern Investitionen in erneuerbare Energien zu fördern. Durch die Ausrichtung auf innovative Technologien wie diese könnte der Übergang zu einem klimaneutralen Energiesystem beschleunigt werden.

In der folgenden statischen Berechnung werden die wirtschaftlichen Anreize und Anwendungsmöglichkeiten von DCA-Anlagen anhand vereinfachter Annahmen untersucht und aufgezeigt. Die Analyse basiert auf einem pragmatischen Ansatz, der exemplarisch die potenzielle Rentabilität und Praxistauglichkeit solcher Anlagen unter Berücksichtigung spezifischer Faktoren wie Energieverbrauch, Effizienz und Kostenstruktur veranschaulicht. Ziel ist es, die Möglichkeiten und Herausforderungen dieser Technologie klar und nachvollziehbar darzustellen, wie im zugehörigen Kontext der Diskussion über den Einsatz von DCA-Anlagen thematisiert wird.

4.2.1 Wirtschaftlichkeit

Die folgende Berechnung¹³⁵ dient dazu, die Wirtschaftlichkeit einer Mining-Anlage mit einer Gesamtleistung von 356kW zu analysieren. Dabei werden die grundlegenden Betriebskosten, Einnahmen sowie potenzielle Herausforderungen berücksichtigt, um ein realistisches Bild der ökonomischen Tragfähigkeit einer solchen Anlage zu vermitteln. Faktoren wie Stromverbrauch, Hashrate, Bitcoin-Preis und Netzwerk-Schwierigkeit werden in die Analyse einbezogen, um die Rentabilität unter aktuellen Marktbedingungen darzustellen. Ziel ist es, eine fundierte Grundlage für die Bewertung der wirtschaftlichen Vorteile und Risiken des Betriebs einer Mining-Anlage zu schaffen.

¹³⁴ DENA [Leitstudie Aufbruch Klimaneutralität](#)

¹³⁵ [Hedging Investments of Grid-Connected PV-BESS in Buildings Using Cryptocurrency Mining: A Case Study in Finland](#)

Bestimmungen

α^{BTC}	Blockbelohnung in BTC
λt	BTC Bitcoinpreis in €
δt^{BTC}	BTC-Mining-Schwierigkeitsgrad in TH/Block
ρ^{CMD}	Hashleistung einer Maschine in TH/s
PD^{CMD}	elektrische Leistungsaufnahme einer Maschine in kW
P_t^{CMD}	elektrische Arbeit einer Maschine/Tag in kWh
N_{in}^{CMD}	Anzahl der eingesetzten Maschinen in Stück
PP^{CMD}	Kaufpreis (netto) einer Maschine in €
$\gamma^{cooling}$	Kühlungsfaktor des Minings in %
MPF^{BTC}	Mining Pool Gebühr in %

Parameterwerte

Bitcoin-spezifische Daten (Stand 19.12.2024):

α^{BTC}	= 3,125 BTC ohne Transaktionsgebühren
λt^{BTC}	= 94.050 € / BTC
δt^{BTC}	= 108,52Terra

CMD-spezifische Daten (Bitmain S21 pro):

ρ^{CMD}	= 234 TH/s
PD^{CMD}	= 3.564 kW
N_{in}^{CMD}	= 100
PP^{CMD}	= 4,644 €
UL_{year}^{CMD}	= 5 Jahre

Sonstige Werte:

$\gamma^{cooling}$	= 0.10
MPF^{BTC}	= 0,02
ir	= 0.05 (Zinssatz)

Berechnung des Profitfaktors ($\beta_t^{BTC,CMD}$)

$$\beta_t^{BTC,CMD} = \frac{3600 \times \alpha^{BTC} \times \rho^{CMD} \times (1 - \gamma^{cooling}) \times \lambda t^{BTC}}{2^{32} \times \delta t^{BTC} \times P_D^{BTC}}$$

$$\beta_t^{BTC,CMD} = \frac{3600 \times 3,125 \times 234 \times 0,9 \times 94.050}{2^{32} \times 108.52 \times 3,564}$$

$$\beta_t^{BTC,CMD} = \frac{222827962500}{1661144229000} \approx 0,134$$

Berechnung stündlichen Einnahmen (Rev_t^{BTC})

$$Rev_t^{BTC} = (1 - MPF^{BTC}) \times \beta_t^{BTC,CMD} \times P_t^{CMD}$$

$$Rev_t^{BTC} = (1 - 0,02) \times 0,134 \times (3,564 \times 1)$$

$$\text{Rev}_t^{\text{BTC}} = 0,98 \times 0,134 \times 3,564 \text{ kW} \approx 0,47 \text{ € / h}$$

Berechnung Regelregion D8N1 mit 1.343 Regelstunden und einer bereitgestellten Regelleistung von 356kW

$$N_{\text{in}}^{\text{CMD}} = 100 \text{ Stk}$$

$$\text{Rev}_t^{\text{BTC}} = (1 - \text{MPF}^{\text{BTC}}) \times \beta_t^{\text{BTC,CMD}} \times (P_t^{\text{CMD}} \times N_{\text{in}}^{\text{CMD}})$$

$$\text{Rev}_t^{\text{BTC}} = (1 - 0,02) \times 0,134 \times (3,564 \text{ kW} \times 1343 \text{ h} \times 100)$$

$$\text{Rev}_t^{\text{BTC}} = 0,98 \times 0,134 \times 478.108 \approx 62.785,14 \text{ €}$$

4.2.2 Bestimmung der Kriterien bezüglich der Zusätzlichkeit des Stromverbrauchs

Nachfolgend wird dargelegt, wie gemäß § 13k Abs. 3 Satz 3 in Verbindung mit Abs. 1 EnWG¹³⁶ durch die Festlegung von Kriterien zur Zusätzlichkeit des Stromverbrauchs sichergestellt wird, und somit die Reduzierung der Wirkleistungserzeugung von Erneuerbare-Energien-Anlagen (§ 3 Nr. 1 EEG) aufgrund strombedingter Engpässe minimiert wird.

Dabei soll gewährleistet werden, dass ausschließlich zusätzlicher Stromverbrauch angeregt wird, der ohne die Maßnahme nach § 13k EnWG nicht stattgefunden hätte, um eine tatsächliche Entlastung der Netzengpässe zu erreichen. Eine bloße Verlagerung der Strombeschaffung bestehender Verbraucher würde hingegen nicht die gewünschte Wirkung erzielen und durch Mitnahmeeffekte die Netzentgelte erhöhen (vgl. BT-Drs. 20/9187, S. 147 f.).

Darüber hinaus sind Fehlanreize wie das sogenannte Increase-Decrease-Gaming zu vermeiden, da diese das Problem der Netzengpässe weiter verschärfen könnten (vgl. BT-Drs. 20/9187, S. 147). Die folgenden Ausführungen belegen, wie diese Zielsetzungen durch die Maßnahme umgesetzt werden sollen.

Der Mining-Prozess führt zu einer erheblichen Wärmegewinnung, da die eingesetzte Rechenhardware einen Großteil der elektrischen Energie in Wärme umwandelt. Die beim Mining eingesetzten Geräte, ASICs (Application-Specific Integrated Circuits), erzeugen durch ihre hohe Rechenleistung große Mengen Abwärme. Bis zu 95 % der aufgenommenen Energie werden dabei in Wärme umgewandelt, was sie zu einer potenziell wertvollen Ressource macht.

Die Temperaturen, die dabei entstehen, liegen je nach verwendeter Kühltechnologie zwischen 55 °C und 75 °C. Diese Werte sind ausreichend, um die Wärme in Fernwärmesysteme einzuspeisen oder zur Beheizung von Gebäuden, Warmwasseraufbereitung oder industriellen Prozessen zu nutzen. Durch den Einsatz von Wärmetauschern kann die Abwärme direkt an Fernwärmenetze abgegeben werden, wodurch eine doppelte Nutzung der Energie erreicht wird: Die Rechenleistung dient dem Netzengpassmanagement, während die entstehende Wärme sinnvoll weiterverwendet wird.

Die Integration von Mining-Anlagen in Wärmeversorgungssysteme bietet zahlreiche Vorteile. Die Abwärme, die ansonsten ungenutzt bliebe, wird effizient verwertet und trägt zur Energieeinsparung bei. Zudem können durch die Nutzung von erneuerbaren Energien im Mining und die Weiterverwendung der Abwärme die CO₂-Emissionen gesenkt werden. Da

¹³⁶ Festlegungsverfahren zur Bestimmung der Kriterien bezüglich der Zusätzlichkeit des Stromverbrauchs, die eine zuschaltbare Last zu erfüllen hat nach § 13k Absatz 3 Satz 3 Energiewirtschaftsgesetz (EnWG)

Mining-Systeme modular aufgebaut sind, lassen sie sich flexibel an den Wärmebedarf anpassen, wodurch sowohl kleine als auch große Anwendungen realisiert werden können.

Diese Nutzung der Wärme aus dem Mining-Prozess ist ein innovativer Ansatz, der Energieeffizienz und Nachhaltigkeit fördert, während gleichzeitig Betriebskosten gesenkt und Ressourcen optimal genutzt werden. Mining-Anlagen können so nicht nur als regelbasierte Rechenzentren, sondern auch als wertvolle Wärmequellen betrachtet werden.

a. Wärmeabgabe

Die Wärmekapazität wird berechnet aus der elektrischen Leistung (P) der Geräte, unter der Annahme, dass nahezu 95 % der elektrischen Energie in Wärme umgesetzt wird.

Formel:

$$Q = P \times t$$

- Q: Wärmeenergie (in Joule oder kWh)
- P: Elektrische Leistung des Geräts (in kW)
- t: Betriebszeit (in Stunden)

Wärmekapazität für die Entlastungsanlage

Für N Geräte:

$$Q_{\text{total}} = N \times P \times t$$

Einsetzen der Parameter:

- Anzahl der Geräte (N): 100
- Leistungsaufnahme pro Gerät (P): 3,564 kW
- Betriebszeit (t): 1343 h / Jahr

Berechnung

$$Q_{\text{total}} = 100 \times 3,564 \text{ kW} \times 1343 \text{ h/a}$$

$$Q_{\text{total}} = 478.645 \text{ kWh/a}$$

Umrechnung in Joule

Wärmeenergie in Joule:

$$Q_{\text{total}} = Q_{\text{total}}^{\text{kWh}} \times 3,6 \times 10^6 \text{ J}$$

$$Q_{\text{total}} = 478.645 \text{ kWh/a} \times 3,6 \times 10^6 \text{ J}$$

$$Q_{\text{total}} = 1,723 \times 10^{12} \text{ J}$$

Um die Abwärme einer Mining-Anlage effizient in ein Heizsystem zu integrieren, ist es entscheidend, die erzeugte Wärme an die typischen Anforderungen von Anwendungen wie Raumheizung oder Warmwasseraufbereitung anzupassen. Dabei wird die Wärmekapazität des Systems berücksichtigt, um die verfügbare Energie optimal zu nutzen. Im Folgenden wird berechnet, wie die erzeugte Wärmeenergie gezielt für diese Zwecke eingesetzt werden kann.

Annahmen für das Heizsystem

- Wärmeenergie der Anlage: $Q_{\text{total}} = 478.645 \text{ kWh / Jahr}$
 $Q_{\text{total}} = 1,723 \times 10^{12} \text{ J}$
- Effizienz des Heizsystems: 95 % der Wärmeenergie wird nutzbar umgesetzt.
- Spezifische Wärmekapazität von Wasser (c): 4.186 kJ/(kg\K)
- Dichte von Wasser (ρ): 1 kg/1l
- Heiztemperatur: Wir erwärmen Wasser von 10°C auf 55°C

Berechnung der Heizkapazität

Energiebedarf zur Erwärmung von Wasser

Die benötigte Energie zur Erwärmung von Wasser berechnet sich wie folgt:

$$Q = m \times c \times \Delta T$$

- Q: Wärmeenergie in Joule
- m: Masse des Wassers in kg (entspricht Litern)
- c: Spezifische Wärmekapazität von Wasser (4.186 J/kg*K)
- ΔT: Temperaturdifferenz (55°C – 10°C = 45 Kelvin)
- Um 1 Liter um 45K zu erhitzen

$$Q = 4.186 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \times 1 \text{ kg} \times 45 \text{ K}$$

$$Q = 188,370 \text{ kJ} = 0,052 \text{ kWh}$$

Maximale Wassermenge, die erwärmt werden kann

Die verfügbare Wärmeenergie beträgt $Q_{\text{total}} = 478.645 \text{ kWh / Jahr}$

Bei einer Effizienz von 95 % ergibt sich:

$$Q_{\text{nutzbar}} = 478.645 \times 0,95$$

$$Q_{\text{nutzbar}} = 454.712 \text{ kWh}$$

Die Wassermenge, die diese Energie erwärmen kann:

$$m = \frac{Q_{\text{nutzbar}}}{0,052 \text{ kWh}} = \frac{454.712}{0,052} = 8.744.461 \frac{\text{Liter}}{\text{Jahr}} \text{ bei } 45 \text{ K Temperaturdifferenz}$$

Abschließend lässt sich feststellen, dass die Nutzung der Abwärme zur „Substitution fossiler Wärmeerzeugung“¹³⁷ von Mining-Anlagen nicht nur eine technische Möglichkeit, sondern auch ein vielversprechender Ansatz zur Steigerung der Energieeffizienz und Nachhaltigkeit ist. Die hier vorgestellten Berechnungen und Konzepte zeigen, wie diese Abwärme effizient in Heizsystemen eingesetzt werden kann, um zum Beispiel Raumheizung und Warmwasseraufbereitung zu unterstützen. Damit wird deutlich, dass Mining-Anlagen weit

¹³⁷ Bundesnetzagentur Festlegungskriterien

über ihren primären Zweck hinaus als wertvolle Energiequellen in lokalen und regionalen Wärmenetzen dienen können.

Es ist wichtig anzumerken, dass die hier diskutierten Möglichkeiten nur einen Teil der potenziellen Anwendungen umfassen. Der Verfasser dieses Dokuments weist darauf hin, dass in weiteren Arbeitspapieren detaillierter auf zusätzliche Einsatzmöglichkeiten eingegangen wird.

4.2.3 Integration

Die Integration von Bitcoin Mining in das Konzept des § 13k EnWG bietet weitreichende Potenziale, um sowohl technische als auch wirtschaftliche Ziele zu erreichen. Neben der effizienten Nutzung überschüssiger erneuerbarer Energien eröffnet der gezielte Einsatz von Mining-Anlagen in strukturschwachen Regionen neue Perspektiven. Besonders in ländlichen Entlastungsregionen mit hoher Einspeisung erneuerbarer Energien, aber begrenzten wirtschaftlichen Möglichkeiten, könnte Bitcoin Mining als Katalysator wirken. Es bietet die Chance, Einnahmequellen zu erschließen, Investitionen in die lokale Infrastruktur zu fördern und die wirtschaftliche Attraktivität dieser Regionen nachhaltig zu steigern. Gleichzeitig trägt die Integration von überschüssigem Strom zur Stabilisierung des Energie- und Stromnetzes bei und stärkt die Verknüpfung zwischen regionalen und nationalen Energiesystemen.

Jedoch dürfen die damit verbundenen Herausforderungen nicht außer Acht gelassen werden. Das öffentliche Image des Bitcoin Minings wird oft durch Kritik an seinem Energieverbrauch geprägt. Im Rahmen des § 13k EnWG ist eine transparente Kommunikation erforderlich, um deutlich zu machen, dass der Strombedarf dieser Anlagen aus überschüssiger, erneuerbarer Energie gedeckt wird, die andernfalls ungenutzt geblieben wäre. Ebenso erfordert die langfristige Attraktivität von Deutschland als Standort für Mining-Anlagen stabile regulatorische Rahmenbedingungen sowie wirtschaftliche Anreize, um Abwanderungseffekte zu verhindern. Hinzu kommt der technische und organisatorische Aufwand bei der Integration von Mining-Anlagen in das Übertragungsnetz, der eine enge Zusammenarbeit zwischen Betreibern, ÜNB, VNB und Behörden voraussetzt.

Die Flexibilität und Skalierbarkeit von Bitcoin Mining machen es zu einer idealen Lösung für die Anforderungen des § 13k EnWG. Als zuschaltbare Lasten können Mining-Anlagen nicht nur zur Reduktion von Abregelungen und zur besseren Nutzung von erneuerbaren Energien beitragen, sondern auch die Netzstabilität erhöhen und wirtschaftliche Vorteile schaffen. Erfolgreich umgesetzt, könnte Bitcoin Mining ein innovatives Modell zur Verknüpfung von Energiewende und moderner Technologie darstellen und somit ein Schlüsselinstrument für die Zukunft der Energieversorgung werden.

Darüber hinaus stehen die Maßnahmen des § 13k EnWG in engem Zusammenhang mit der ESG-Berichterstattungspflicht (Environmental, Social, Governance) von Unternehmen. Die gezielte Nutzung überschüssiger erneuerbarer Energie und die Aktivierung flexibler Lasten tragen nicht nur zur Ressourceneffizienz und Kostensenkung bei, sondern stärken auch die Nachhaltigkeitsstrategie von Unternehmen. Unternehmen, die solche Maßnahmen umsetzen, können diese als Teil ihrer ESG-Strategie hervorheben und damit ihre Position in der Bewertung durch Investoren und Stakeholder verbessern. Die Einbindung nachhaltiger Technologien in die Unternehmensführung bietet somit nicht nur ökologische Vorteile, sondern auch einen klaren Wettbewerbsvorteil.

Insgesamt verdeutlicht die Integration von Bitcoin Mining in das § 13k EnWG-Konzept, wie technologische Innovation, wirtschaftliche Entwicklung und ökologische Nachhaltigkeit erfolgreich miteinander verbunden werden können. Die Kombination dieser Ansätze bietet

nicht nur Lösungen für aktuelle Herausforderungen der Energiewende, sondern eröffnet auch neue strategische Chancen für Unternehmen und Regionen, die aktiv zur Transformation der Energie- und Wirtschaftssysteme beitragen möchten.

Über die Autoren

Lars Eichhorst (Kapitel 4)

LESolution – Lars Eichhorst

Inhaber von LESolution, Experte für Energietechnik und regulatorische Rahmenbedingungen im Energiewirtschaftsgesetz (EnWG), Vorstandsmitglied des Bitcoin Bundesverbands

Lars Eichhorst ist Elektrotechnikmeister, Energieberater und Inhaber von LESolution, Deutschlands einzigem eingetragenen Handwerksbetrieb für Mining-Systeme und Geschäftsführer der 21PV GmbH. Sein Schwerpunkt liegt auf der Integration erneuerbarer Energien, flexiblem Lastmanagement und der Anwendung des § 13k EnWG zur effizienten Nutzung von Überschussstrom.

Seit 2024 im Vorstand des Bitcoin Bundesverbands, setzt er sich für die Verbindung von Energie- und Blockchain-Technologien ein. In diesem Paper analysiert er die regulatorischen und technischen Aspekte von Bitcoin-Mining als steuerbare Last im Stromnetz und dessen Potenzial zur Netzstabilisierung.

Janine Paas (Kapitel 2 & 3)

Treasury Managerin & Transformations - Coach

Janine Paas bringt fundierte Expertise in Treasury, Finanzmanagement sowie Blockchain- und Bitcoin-Technologie mit und verbindet diese mit einem ganzheitlichen Blick auf Transformation und unternehmerische Zukunftsfähigkeit.

Mit langjähriger Erfahrung im internationalen Konzern- und Bankenwesen sowie tiefem Wissen in den Bereichen Bitcoin, technologische Zahlungssysteme und Finanzierungsstrategien steht sie für eine Perspektive in dem wirtschaftlichen Handeln, soziale Verantwortung und menschliche Entwicklung miteinander einhergehen.

Durch ihre beruflichen Erfahrungen und ihrer freiberuflichen Tätigkeit als systemischer Transformations- und BreathWork- Coach kombiniert sie technologische Kompetenz und ein systemisches Verständnis für persönliche Entwicklung. In diesem Kontext betrachtet sie Bitcoin nicht nur als technologisches Asset, sondern als Impulsgeber und potenziell evolutionäres Instrument in einem tiefgreifenden Wandel zwischenmenschlicher Interaktion und unternehmerischen Handelns.

Peter Rochel (Kapitel 2 & 3)

Innovationsstrategie

Peter Rochel ist Managing Partner der UTXO Solutions GmbH und Vorsitzender der Arbeitsgruppen ESG & Bildung im Bitcoin-Bundesverband. Als Jobs-to-Be-Done-Pionier begleitet er seit 2006 über 700 Transformationsprojekte in Energie-, Industrie- und Digitalwirtschaft, hat das Methodentool Wheel of Progress® mitentwickelt und wirkte mehrere Jahre als Aufsichtsratsvorsitzender eines Solarunternehmens. Sein Fokus: Bitcoin-gestützte Sektorenkopplung, Netzflexibilität und ESG/CSRD-Reporting – UTXO Solutions unterstützt Unternehmen dabei von Strategie bis KPI-Verprobung. Rochel verbindet fast zwei Jahrzehnte Solar- und Energietechnik-Praxis – u. a. Barcelona Energy Forum 2007 – mit datengetriebener Innovationsmethodik, um marktorientierte Geschäftsmodelle zu skalieren und erneuerbare Energie profitabel zu monetarisieren. Weiterführende Einblicke liefert er in den Podcasts „The Bitcoin Effekt“ und „Innovate + Upgrade“ sowie in Fach-Whitepapers.

Danksagung

Die Zusammenstellung der einzelnen Beiträge wurde durch die freundliche Unterstützung von Shkrep Haxhimusa ermöglicht. Sein Engagement und seine Mithilfe haben maßgeblich zur Fertigstellung dieses Papers beigetragen. Dafür danken wir herzlich.

Haftungsausschluss

Die in diesem Paper enthaltenen Informationen werden ohne Gewähr und ohne Garantie für Vollständigkeit, Richtigkeit oder Aktualität bereitgestellt. Die Autorin übernimmt keine Verantwortung für Schäden, die durch die Nutzung dieser Informationen entstehen. Die darin geäußerten Meinungen sind ausschließlich die der Autorin und spiegeln nicht unbedingt die Ansichten anderer Personen oder Organisationen wider. Das Dokument dient ausschließlich informativen Zwecken und stellt keine Anlage-, Finanz-, Steuer- und Rechtsberatung dar.

Auch wird keine Haftung für die Inhalte verwendeter Links oder herangezogener Literatur verwendet. Die Bereitstellung der Informationen erfolgt "wie besehen", ohne Garantie für Vollständigkeit, Richtigkeit oder Aktualität. Eine Prüfung des Inhalts erfolgte im Rahmen des zumutbaren. (hierzu BGH Urt. 18.06.2015, Az.: I ZR 74/14).

Impressum

Bitcoin Bundesverband
Dennis-Gabor-Straße 2,
14469 Potsdam

Vertreten durch

Philipp J.A. Hartmannsgruber (Vorstandsvorsitzender)
philipp@bitcoin-bundesverband.de

Verantwortlich für den Inhalt nach § 18 Abs. 2 MStV:
Lars Eichhorst, Janine Paas und Peter Rochel, Anschrift wie oben

Lizenz: CC BY 4.0 – Bitcoin Bundesverband 2025

Lizenzhinweis

Dieses Whitepaper steht unter der [Creative Commons Attribution 4.0 International-Lizenz \(CC BY 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Man darf es kopieren, verteilen, remixen und kommerziell nutzen, solange die Autoren als Urheber genannt werden.