

Stand: 2. April 2025

Begleittext des UBA zum Bericht „Umweltbewertung und Regulierungsansätze für Distributed-Ledger-Technologien“

1 Hintergrund: Distributed Ledger Technologien, Blockchain und Kryptowerte

Distributed Ledger Technology (DLT) bedeutet auf Deutsch „verteiltes Register“, also eine dezentrale Datenbanktechnologie. DLT ist eine Art von Datenbank, die über ein Netzwerk von Computern (Nodes) verteilt ist und nicht von einer zentralen Institution verwaltet wird. Mittels eines Konsensmechanismus werden die einzelnen Nodes synchronisiert. Der Mechanismus stellt sicher, dass alle Transaktionen gültig und unverändert sind. Wie ein Konsens erreicht wird, hängt von der Art des DLT ab.

Die bekannteste Anwendung von DLT ist die Blockchain-Technologie, die auch bei Kryptowerten wie Bitcoin und Ethereum zum Einsatz kommt. Diese spezielle DLT speichert die Informationen in einer Kette, was zu einer sicheren, im zeitlichen Verlauf nachvollziehbaren, transparenten und unveränderlichen Aufzeichnung von Informationen führt.

Kryptowerte sind „digitale Darstellungen eines Wertes“, der „nicht den gesetzlichen Status einer Währung oder von Geld besitzt“.¹ Diese virtuellen Positionen stellen weder materielle Vermögenswerte noch Rechte oder Zahlungszusagen dar. Sie sind auch nicht durch finanzielle Forderungen gegenüber Schuldnern abgesichert, wie dies bei Banken, die Geld ausgeben, der Fall ist.² Kryptowerte basieren auf einem Netzwerk von Nutzenden, die Transaktionen bestätigen und neue Einheiten des Kryptowerts erzeugen (z. B. durch Mining). Die bekanntesten Kryptowerte sind Bitcoin und Ethereum, aber es gibt viele weitere.

2 Ergebnisse des Berichts

In dem Bericht wurden verschiedene DLT-Use-Cases hinsichtlich ihrer Energie- und Ressourcenaufwände und ihrer regulatorischen Rahmenbedingungen analysiert und bewertet:

1. Umweltbewertung:

Es wurden vier verschiedene DLT-Use Cases in der Herstellungsphase als auch in der Nutzungsphase hinsichtlich folgender Umweltindikatoren analysiert und bewertet:

- ▶ Rohstoffaufwand (ADP): Dieser KPI bewertet die Inanspruchnahme von Mineralien und fossilen Rohstoffen. Die Einheit ist kg Antimon Äquivalente pro Jahr [kg Sb eq./a].
- ▶ Kumulierter Stromaufwand (KSA): Dieser KPI misst den für die Nutzung relevanten jährlichen Stromverbrauch, der von den Geräten benötigt wird. Die Maßeinheit ist Gigawattstunden pro Jahr [GWh/a]

¹ Kreditwesengesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom 9. September 1998 (BGBl. I S. 2776), das zuletzt durch Artikel 9 des Gesetzes vom 28. Februar 2025 (BGBl. 2025 I Nr. 69) geändert worden ist, § 1, Abs. 1a; Definition in Umsetzung der Richtlinie (EU) 2019/713 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 17. April 2019.

² Ibid.

- ▶ Kumulierter Primärenergieaufwand (KEA): Dieser KPI bewertet den Primärverbrauch an energetischen Ressourcen. Die Einheit ist Megajoule pro Jahr [MJ/a].
- ▶ Treibhausgasemissionen (GWP): Dieser KPI bewertet die Wirkung auf die Erderwärmung. Die Einheit ist kg Kohlendioxid Äquivalente pro Jahr [kg CO₂ eq./a].

Folgende Use-Cases wurden untersucht und herkömmlichen vergleichbaren Lösungen gegenübergestellt:

1. Proof-of-Work-basierte Blockchain (Bitcoin) im Vergleich zu PayPal
2. Proof-of-Stake-basierte DLT im Vergleich zu Cloud-Anwendungen
3. Lokale Energiemärkte, die auf dem Tendermint-Protokoll aufsetzen (Pilotprojekt "Quartierstrom") im Vergleich zu herkömmlichen zentralisierten Energiemärkten
4. Green Bonds (Proof-of-Stake basierte Ethereum-DLT) im Vergleich zu Transaktionen auf der Schweizer Börse

Im Ergebnis zeigte sich:

Proof of Work-basierte DLT (z.B. Bitcoin) sind ressourcenintensiv und belasten die Umwelt besonders stark, und zwar durch die Produktion der Hardware (inkl. Rohstoffabbau), den Energieaufwand beim Mining und die Entsorgung des Elektroschrotts.

Proof of Stake (PoS)-basierte DLT (z.B. Ethereum) verursachen eine deutlich geringere Umweltbelastung, da der Konsensprozess weniger Energie benötigt. Hier zeigte sich beispielsweise ein deutlich geringerer CO₂-Fußabdruck pro Transaktion, da in der PoS-DLT sog. Einlagen („Stakes“) anstelle von Energie zur Netzwerksicherheit genutzt werden.

2. Analyse und Verbesserung der regulatorischen Rahmenbedingungen:

Der aktuelle regulatorische Rahmen in der EU und Deutschland wurde dahingehend geprüft, ob er Anreize für die Entwicklung umweltfreundlicherer DLT-Lösungen bietet. Die Dezentralität, Internationalität und Pseudonymität von DLT erschweren generell eine effektive Regulierung.

Gerade bei den angebotsbezogenen Maßnahmen, also solchen, die das Mining neuer Einheiten von Kryptowerten einschränken, wären international abgestimmte Maßnahmen am effektivsten. Sonst könnte es zur Verlagerung des Minings von der EU ins Nicht-EU Ausland kommen („Carbon Leakage“).

Andererseits zeigt die Analyse auch, dass insbesondere nachfragebezogene Maßnahmen – wie Einschränkungen des Besitzes oder des Handels mit Kryptowerten – in der EU und Deutschland wirksam sein können, da sie die Nachfrage insgesamt senken und damit über den nationalen oder europäischen Markt hinauswirken würden.

3 Einordnung des UBA bezüglich Kryptowerten

Verbraucherschutzorganisationen und die Bundesanstalt für Finanzdienstleistungsaufsicht (BaFin) warnen vor Investments in Kryptowerte, weil sie hoch riskant und hoch spekulativ sind. Gerade Kleinanlegerinnen und Kleinanleger erleiden oft hohe Verluste. Zudem bergen Kryptowerte – gerade aufgrund der hohen Volatilität – beträchtliche Risiken für das globale Finanzsystem. Durch Kryptowerte lassen sich u.a. Geldwäsche, Steuerhinterziehung und Sanktionsumgehung verschleiern. Sie erleichtern auch die Finanzierung anderer illegaler Aktivitäten wie Cyberkriminalität und Terrorismus.

Die Nutzung von Kryptowerten als Spekulationsobjekt ist im Gegensatz zu Aktienmärkten, die viele Funktionen für die Volkswirtschaft erfüllen, finanziell ein „Nullsummenspiel“ (zu Nachhaltigkeitseffekten s.u.). Da Kryptowerte nicht zum Produktionspotential der Realwirtschaft beitragen, ist der durch Kryptogewinne ermöglichte Mehrkonsum redistributiv, d.h. er kann immer nur auf Kosten des Konsums von anderen Teilnehmenden am Markt gehen.

Über die genannten Risiken hinaus, weisen insbesondere DLT-Anwendungen auf Basis des Proof-of-Work (PoW) Konsensmechanismus erhebliche Ressourcen- und Energieverbräuche auf, was sie aus ökologischer Sicht problematisch macht. So benötigen PoW-basierte Anwendungen wie Bitcoin massive Rechenleistung und energieintensive Hardware, die im Fall von Bitcoin mit dem Energieverbrauch mittelgroßer Länder vergleichbar ist. Darüber hinaus führt der kurze Lebenszyklus der Mining-Hardware zu zehntausenden Tonnen an nicht kreislauffähigem Elektroschrott,³ was die Umweltproblematik weiter verschärft. Es gibt allerdings auch andere Kryptowerte mit alternativen Konsensmechanismen, die deutlich weniger Energie verbrauchen.⁴

Mit der Zuspitzung der Umwelt- und Klimakrise stellt sich die Frage nach Emissionsminderungen immer drängender, auch für PoW-basierte DLT-Technologien. So fordert auch das Bundesverfassungsgericht (s. Bericht) eine aktive staatliche Verantwortung zum Schutz des Klimas und zur Sicherung der Klimaneutralität. Für die Transformation in eine klimaneutrale Zukunft geht es darum, wie der knappe aus erneuerbaren Energien gewonnene Strom umsichtig, effizient und nachhaltig eingesetzt wird. Die hohen Strom- und Ressourcenverbräuche von PoW-Kryptowerten stehen daher den notwendigen Transformationsprozessen und letztlich den globalen Klimazielen entgegen.

Gerade vor dem Hintergrund existierender DLT Alternativen wie PoS (s.o.) stellt sich die Frage nach regulatorischen Maßnahmen zur Verringerung des ökologischen Fußabdrucks.⁵ Der Bericht zeigt, dass insbesondere Maßnahmen, die die Nachfrage nach Kryptowerten einschränken, effektiv sein könnten.

³ Allein Bitcoin, der größte Kryptowert, verbraucht nach Schätzungen im Jahr so viel Energie wie Polen (175 TWh), so viel Frischwasser wie die Schweiz (über 2.770 Gigaliter) und verursacht über 42.000 Tonnen Elektroschrott – Tendenz steigend; s. <https://digiconomist.net/bitcoin-energy-consumption>

⁴ Für eine Auflistung der möglichen Alternativen s. Stephan Ramesohl, Julian Lauten-Weiss, Georg Kobiela (Wuppertal Institut), „Blockchains nachhaltig gestalten“, September 2021, S. 26ff., <https://doi.org/10.48506/opus-7815>

⁵ Die Bundesregierung hat sich in der Digitalstrategie vorgenommen, den ökologischen Fußabdruck von Kryptowerten und anderen digitalen Technologien zu beobachten und „weitere Maßnahmen zur Reduktion auszuarbeiten“; Digitalstrategie der Bundesregierung, „Gemeinsam digitale Werte schöpfen“, August 2022, S. 37, <https://bmdv.bund.de/SharedDocs/DE/Anlage/K/presse/063-digitalstrategie.pdf>

Impressum

Herausgeber

Umweltbundesamt
Wörlitzer Platz 1
06844 Dessau-Roßlau

Tel: +49 340-2103-0

buergerservice@uba.de

Internet: www.umweltbundesamt.de

Autorenschaft, Institution

Swiss Economics SE AG

Ottikerstrasse 7

8006 Zürich

Schweiz

DOI:

<https://doi.org/10.60810/openumwelt-8381>