

Warum DePIN die Resilienz der Energie-, Wasser- und Nahrungsmittelinfrastruktur in Brandenburg unterstützen kann

Working Paper – Research Projekt RITS ISSN 2944-7151

Prof. Dr. Bastian Halecker, Robert Henker

Working Paper

11. November 2024

Abstract (Deutsch)

In diesem Working Paper wird beschrieben, wie Decentralized Physical Infrastructure Networks (DePIN) zur Stärkung der Resilienz der Energie-, Wasser- und Nahrungsmittelinfrastruktur in Brandenburg beitragen können. DePIN nutzt Blockchain und das Internet der Dinge (IoT), um zentrale Infrastruktursysteme durch dezentrale, gemeinschaftsorientierte Netzwerke zu ersetzen. Dies erhöht die Effizienz, Transparenz und Widerstandsfähigkeit kritischer Infrastrukturen. Anhand von Beispielen aus den Bereichen Energie, Wassermanagement und Landwirtschaft wird aufgezeigt, wie DePIN-Systeme lokale Gemeinschaften widerstandsfähiger gegenüber Störungen machen und nachhaltige Entwicklung fördern können. Die Analyse schließt mit einer Diskussion der technischen und regulatorischen Herausforderungen, denen DePIN in Brandenburg begegnet, und zeigt die langfristigen Chancen für eine gerechtere und resiliente Zukunft auf.

Abstract (English)

This working paper describes how Decentralized Physical Infrastructure Networks (DePIN) can enhance the resilience of Brandenburg's energy, water, and food infrastructure. By leveraging blockchain and IoT technologies, DePIN decentralizes traditionally centralized systems, improving efficiency, transparency, and community involvement. Through examples in energy, water management, and agriculture, it demonstrates how DePIN strengthens local resilience and promotes sustainable development. The paper also addresses the technical and regulatory challenges DePIN faces in Brandenburg while highlighting the long-term potential for a more resilient and equitable future.

Schlagworte

Infrastruktur, Dezentralisierung, Blockchain, DePIN, Resilienz

keywords

infrastructure, decentralisation, Blockchain, DePIN, resilience

1. Einleitung

Die Herausforderung, Brandenburgs Infrastruktursysteme widerstandsfähiger gegenüber Klimawandel und anderen globalen Einflüssen zu machen, ist eine der dringlichsten Aufgaben

unserer Zeit (vgl. MLUK Brandenburg, 2023). Insbesondere die kritischen Infrastrukturen in den Bereichen Energie, Wasser und Landwirtschaft stehen vor erheblichen Belastungen. Vor diesem Hintergrund bietet der Ansatz der Dezentralen Physischen Infrastrukturnetzwerke (DePIN) eine vielversprechende Lösung. DePIN stellt eine zwar noch junge und wenig erforschte aber zugleich hochinnovative und derzeit überdurchschnittlich wachsende praktische Anwendung von Blockchain und IoT dar (von der Assen et al., 2024), um die Infrastruktursysteme flexibler, robuster und gemeinschaftsorientierter zu gestalten.

2. DePIN: Eine neue Vision für Infrastruktur

DePIN steht für ein neues Paradigma im Management und Betrieb physischer Infrastrukturen (Lin et al., 2024). Im Gegensatz zu zentralisierten Systemen, die häufig ineffizient und anfällig für Ausfälle sind, setzt DePIN auf Dezentralisierung, bei der die Infrastruktur von einer Vielzahl von Akteuren betrieben wird. Blockchain-Technologie ermöglicht es, Transaktionen und Prozesse transparent, sicher und unveränderlich zu gestalten (Ballandies et al., 2023).

Ein Hauptvorteil von DePIN liegt in der Demokratisierung der Infrastruktur. Bürger und lokale Akteure können aktiv am Betrieb und der Verwaltung von Netzen teilnehmen und werden für ihre Beiträge durch Token-Systeme belohnt. Dieser Ansatz schafft nicht nur effizientere Systeme, sondern fördert auch soziale Gerechtigkeit und trägt zur Verteilung der wirtschaftlichen Vorteile bei (Ballandies et al., 2023).

Die Implementation von DePIN in kritische Infrastrukturbereiche birgt trotz ihres innovativen Potenzials auch Risiken, die besonders durch die technologische Unreife und den Mangel an Anwendungsbeispielen bedingt sind. Die fehlenden Langzeiterfahrungen und unklaren rechtlichen Rahmenbedingungen, insbesondere im Bereich der kritischen Infrastruktur, stellen dabei zentrale Herausforderungen dar. Hinzu kommen technische Schwierigkeiten wie die komplexe Integration in bestehende Systeme sowie potenzielle Cybersicherheitsrisiken durch die dezentrale Struktur.

3. Die Rolle von DePIN für resiliente Energieinfrastrukturen

Die Energieinfrastruktur ist ein zentraler Bereich, in dem DePIN transformative Auswirkungen haben kann. Traditionelle Stromnetze sind hochgradig zentralisiert und anfällig für "Single Points of Failure", was zu großflächigen Ausfällen bei Störungen führen kann, wie es bei Naturkatastrophen oder technischen Fehlfunktionen immer wieder zu beobachten ist. DePIN bietet hier eine innovative Lösung: Durch den Einsatz dezentraler Mikrogrids und die direkte Vernetzung von Energieerzeugern und -verbrauchern kann die Abhängigkeit von zentralen Energienetzen reduziert werden.

Ein Beispiel für ein dediziertes DePIN-Startup im Energiebereich ist POKT Network, das sich auf die Verbesserung der dezentralen Energieinfrastruktur spezialisiert hat. Mit seiner blockchain-basierten Plattform ermöglicht POKT die Verbindung zwischen dezentralen Energieerzeugern und dem Stromnetz, wobei Teilnehmer für die Bereitstellung von Infrastrukturdiensten mit POKT-Token vergütet werden.

In Brandenburg, wo erneuerbare Energien wie Solar- und Windenergie zunehmend an Bedeutung gewinnen, könnte DePIN eine Schlüsselrolle spielen, um die regionale

Energieunabhängigkeit zu stärken und gleichzeitig die CO₂-Emissionen zu reduzieren (MLUK Brandenburg, 2023).

4. Wassermanagement und DePIN: Effizientere und widerstandsfähigere Systeme

Das Wassermanagement ist in Brandenburg aufgrund von Dürren und dem steigenden Wasserbedarf eine besondere Herausforderung (MLUK Brandenburg, 2023). DePIN, in Verbindung mit IoT-Technologien, kann hier wesentliche Verbesserungen bieten. Mit IoT-Sensoren ausgestattete Netzwerke überwachen in Echtzeit die Wasserqualität und den Verbrauch und melden sofort etwaige Lecks oder Ineffizienzen. Diese Daten werden in einer Blockchain aufgezeichnet, wodurch eine unveränderliche und transparente Nachverfolgung gewährleistet wird.

Ein innovatives Beispiel für DePIN im Wassersektor ist FlowCarbon, ein Projekt, das IoT-Sensoren mit einer Blockchain-basierten Plattform verbindet, um Wasserqualität und -durchfluss in Echtzeit zu überwachen. Durch die Integration von Smart Contracts und tokenisierten Anreizen werden Netzwerkteilnehmer für das Bereitstellen und Warten der Sensoren sowie für die Datenvalidierung belohnt.

In Brandenburg könnten solche Systeme helfen, Wasserknappheit zu bewältigen, indem sie eine präzisere Steuerung der Wasserverteilung ermöglichen und Verluste minimieren (Lin et al., 2024).

5. DePIN in der Landwirtschaft: Effizienz und Nachhaltigkeit

Die Landwirtschaft spielt eine zentrale Rolle in Brandenburgs Wirtschaft und ist besonders anfällig für die Auswirkungen des Klimawandels. DePIN könnte die Landwirtschaft durch die Einführung dezentraler Systeme grundlegend verändern. Ein innovatives Beispiel hierfür ist Dimitra Technology, deren dezentrale IoT-Infrastruktur mittlerweile in über 50 Ländern von mehr als 100.000 Landwirten genutzt wird. Durch die Integration von IoT-Sensoren, die Boden- und Wetterdaten erfassen, mit einer Blockchain-basierten Plattform ermöglicht Dimitra die Optimierung landwirtschaftlicher Prozesse.

Ein weiteres Beispiel mit Fokus auf die Supply Chain ist die Plattform Farmsent, die es Landwirten ermöglicht, ihre Produkte ohne Zwischenhändler direkt an Verbraucher zu verkaufen (von der Assen et al., 2024). Durch die Nutzung von Blockchain-Technologie wird eine vollständige Rückverfolgbarkeit gewährleistet, was nicht nur die Transparenz erhöht, sondern auch die Nachhaltigkeit fördert.

6. Vorteile von DePIN für die EWF-Infrastruktur in Brandenburg

Einer der wichtigsten Vorteile von DePIN ist die gesteigerte Effizienz bei der Verwaltung kritischer Infrastrukturen (Lin et al., 2024). Traditionelle, zentralisierte Systeme leiden häufig unter Bürokratie, Verzögerungen und dem Risiko von Ausfällen. DePIN nutzt die Vorteile von Blockchain und IoT, um Echtzeitdaten zu sammeln und Probleme schneller zu identifizieren und zu beheben.

Die wichtigsten Vorteile im Überblick:

- Verbesserte Systemeffizienz und Ressourcennutzung
- Erhöhte Transparenz und Nachverfolgbarkeit
- Stärkung lokaler Gemeinschaften durch aktive Teilnahme
- Gesteigerte Resilienz durch Dezentralisierung
- Nachhaltigere Wirtschaftsmodelle

7. Herausforderungen und Perspektiven für DePIN in Brandenburg

Trotz der vielen Vorteile steht die Einführung von DePIN vor technischen und regulatorischen Herausforderungen. Die Integration von Blockchain und IoT erfordert stabile Internetverbindungen und fortschrittliche technische Infrastrukturen, die in ländlichen Regionen Brandenburgs noch ausgebaut werden müssen (MLUK Brandenburg, 2023).

Zentrale Herausforderungen sind:

- Technische Infrastrukturanforderungen
- Regulatorische Anpassungen
- Datenschutz und Cybersicherheit
- Interoperabilität zwischen verschiedenen Systemen
- Schulung und Akzeptanz in der Bevölkerung

8. Fazit

DePIN bietet eine vielversprechende Lösung, um die Resilienz der Energie-, Wasser- und Nahrungsmittelinfrastruktur in Brandenburg zu stärken. Durch die Dezentralisierung und die Nutzung innovativer Technologien wie Blockchain und IoT können effizientere, transparentere und robustere Systeme geschaffen werden (Ballandies et al., 2023). Trotz der Herausforderungen ist das Potenzial von DePIN enorm, insbesondere in einem Flächenland wie Brandenburg, das sich zunehmend den Auswirkungen des Klimawandels und strukturellen Veränderungen stellen muss.

Literaturverzeichnis

Ballandies, M. C., Wang, H., Chee Law, A. C., Yang, J. C., Göskén, C., and Andrew, M., "A Taxonomy for Blockchain-Based Decentralized Physical Infrastructure Networks (DePIN)," *2023 IEEE 9th World Forum on Internet of Things (WF-IoT)*, Aveiro, Portugal, 2023, pp. 1-6, doi: 10.1109/WF-IoT58464.2023.10539514.

MLUK Brandenburg. (2023). *Klimawandel und Infrastrukturanpassung in Brandenburg: Strategiepapier 2023-2030*. Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Klimaschutz Brandenburg.

Lin, Zhibin, Taotao Wang, Long Shi, Shengli Zhang und Bin Cao. "Decentralized Physical Infrastructure Network (DePIN): Challenges and Opportunities." arXiv preprint arXiv:2406.02239 (2024).

von der Assen, J., Killer, C., De Carli, A., & Stiller, B. (2024). Performance Analysis of Decentralized Physical Infrastructure Networks and Centralized Clouds. *arXiv preprint arXiv:2404.08306*.