



Ausarbeitung

Einsatz der Blockchain-Technologie (Schwerpunkt öffentliche Verwaltung)

Anwendungsfälle, bisherige Erfahrungen und Förderprojekte

Einsatz der Blockchain-Technologie (Schwerpunkt öffentliche Verwaltung)

Anwendungsfälle, bisherige Erfahrungen und Förderprojekte

Aktenzeichen:	WD 5 - 3000 - 032/22
Abschluss der Arbeit:	16.03.2022
Fachbereich:	WD 5: Wirtschaft und Verkehr, Ernährung und Landwirtschaft

Die Wissenschaftlichen Dienste des Deutschen Bundestages unterstützen die Mitglieder des Deutschen Bundestages bei ihrer mandatsbezogenen Tätigkeit. Ihre Arbeiten geben nicht die Auffassung des Deutschen Bundestages, eines seiner Organe oder der Bundestagsverwaltung wieder. Vielmehr liegen sie in der fachlichen Verantwortung der Verfasserinnen und Verfasser sowie der Fachbereichsleitung. Arbeiten der Wissenschaftlichen Dienste geben nur den zum Zeitpunkt der Erstellung des Textes aktuellen Stand wieder und stellen eine individuelle Auftragsarbeit für einen Abgeordneten des Bundestages dar. Die Arbeiten können der Geheimschutzordnung des Bundestages unterliegende, geschützte oder andere nicht zur Veröffentlichung geeignete Informationen enthalten. Eine beabsichtigte Weitergabe oder Veröffentlichung ist vorab dem jeweiligen Fachbereich anzuzeigen und nur mit Angabe der Quelle zulässig. Der Fachbereich berät über die dabei zu berücksichtigenden Fragen.

Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung	4
2.	Stand Umsetzung der Blockchain-Strategie	4
3.	Blockchain-Technologie und deren Anwendungsfälle	6
3.1.	Blockchain-Grundlagen	6
3.2.	Generelle Anwendungsfälle	9
3.3.	Anwendungsfälle in der öffentlichen Verwaltung	14
4.	Bisherige Erfahrungen zu Blockchain-basierten Projekten in der öffentlichen Verwaltung	15
4.1.	Gesammelte Erfahrungen in Blockchain-Projekten	15
4.2.	Sicherheitsaspekte der Blockchain-Technologie	18
5.	Förderprojekte und Förderprogramme mit Blockchain-Bezug	20

1. Einleitung

Dieser Sachstand analysiert den aktuellen Stand der Blockchain-Technologie hinsichtlich des derzeitigen Umfangs möglicher Anwendungsfälle (mit einem besonderen Augenmerk auf die öffentliche Verwaltung) sowie die bisherigen Erfahrungen, die aus Blockchain-basierten Projekten gewonnen wurden. In diesem Rahmen wird gesondert auf die Sicherheit von Blockchain-Anwendungen eingegangen, wozu eine Kurzinformation des Fachbereichs Verfassung und Verwaltung der Wissenschaftlichen Dienste berücksichtigt wurde¹.

2. Stand Umsetzung der Blockchain-Strategie

Mit der Blockchain-Strategie hatte es sich die Bundesregierung 2019 zur Aufgabe gemacht, „die Chancen der Blockchain-Technologie zu nutzen und ihre Potenziale zu mobilisieren“.² Hierzu gehörte unter anderem auch die Einführung von digitalen Verwaltungsdienstleistungen.³ Die Umsetzung der Strategie sollte unter Berücksichtigung der hohen Anforderungen an die IT-Sicherheit und den Datenschutz erfolgen.⁴

Insgesamt wurden 44 Maßnahmen im Verantwortungsbereich von 10 Bundesministerien festgelegt. Bis Ende 2021 sollten diese Maßnahmen ergriffen werden, „um die Chancen der Blockchain-Technologie zu nutzen und ihre Potenziale zu mobilisieren.“⁵ Es wurden fünf Teilbereiche definiert, in denen Maßnahmen umgesetzt werden sollten:

- Stabilität sichern und Innovationen stimulieren: Blockchain im Finanzsektor
- Innovationen ausreifen: Förderung von Projekten und Reallaboren
- Investitionen ermöglichen: Klare, verlässliche Rahmenbedingungen
- Technologie anwenden: Digitale Verwaltungsdienstleistungen
- Informationen verbreiten: Wissen, Vernetzung und Zusammenarbeit

Dabei muss zwischen Projekten und Anwendungsfeldern für Unternehmen und Industrie einerseits sowie Anwendungsfeldern für die öffentliche Verwaltung andererseits unterschieden werden. Im ersten Fall geht es um die Schaffung von Rahmenbedingungen und Rechtssicherheiten, sowie um Pilotprojekte unter Industriebeteiligung für bestimmte Branchen. Im zweiten Fall geht

1 Deutscher Bundestag, Wissenschaftliche Dienste, Zur Verwendung der Blockchain-Technologie in der Bundesverwaltung, WD 3 – 025/22.

2 Blockchain-Strategie der Bundesregierung, <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Digitale-Welt/blockchain-strategie.pdf>, S. 5.

3 Vgl. Blockchain-Strategie der Bundesregierung, S. 6.

4 Vgl. Blockchain-Strategie der Bundesregierung, S. 5.

5 Vgl. Blockchain-Strategie der Bundesregierung, S. 5.

es um konkrete Anwendungsfälle in Behörden und Ministerien, die mit der Digitalisierung der Verwaltung einhergehen.

Im Mai 2021 wurde ein Zwischenbericht zur Blockchain-Strategie veröffentlicht, der den Stand der 44 Maßnahmen darstellt, aber nur sehr oberflächlich auf die einzelnen Maßnahmen eingeht.⁶ Dort wird der Umsetzungsstand der Maßnahmen in den o.g. übergreifenden Teilbereichen als Ganzes mittels eines Tortendiagramms angegeben (siehe Abbildung 1).

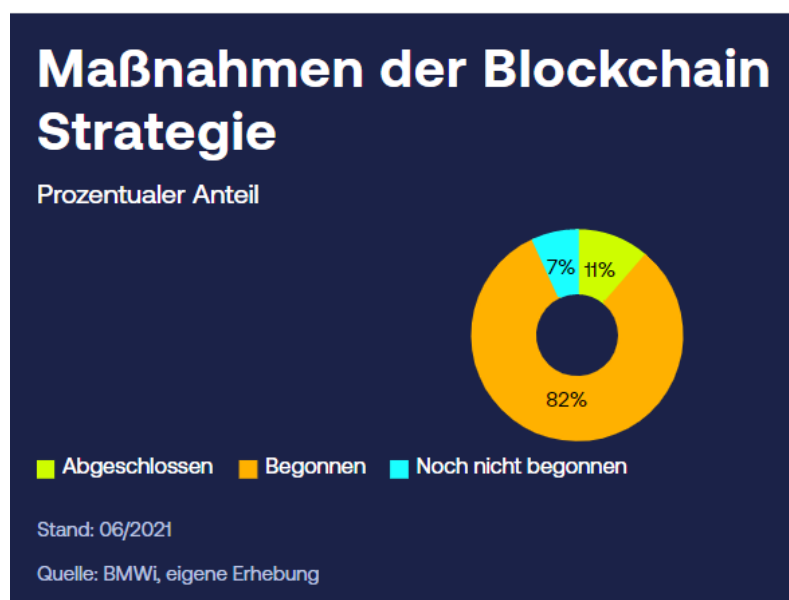


Abbildung 1: Prozentualer Anteil der Umsetzung der Maßnahmen der Blockchain-Strategie⁷

Der im Juni 2021 aktualisierte Bericht der Bundesregierung „Digitalisierung gestalten - Umsetzungsstrategie der Bundesregierung“ platziert die Blockchain-Technologie als eine von mehreren Digitaltechnologien (wie z.B. auch das Thema Künstliche Intelligenz (KI) oder Internet of Things (IoT)), die sich durch mehrere Projekte und Programme ziehen. Auch hier finden sich u.a. die Maßnahmen aus der Blockchain-Strategie, jedoch wird nicht explizit die Technologie in den Vordergrund gestellt, sondern das Anwendungsfeld bzw. der Anwendungssektor.

6 BMWi (2021), Die deutsche Blockchain-Strategie - Stand der Umsetzung und Ausblick, https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Downloads/B/bekanntmachung-umsetzung-blockchain-strategie.pdf?__blob=publicationFile&v=4.

7 <https://www.digital-made-in.de/dmide/massnahmen-der-blockchain-strategie-1793664>

Die gezeigte Entwicklung deutet darauf hin, dass sich das Thema Blockchain von 2019 bis heute stetig fortentwickelt hat: Von einer dezidierten Technologie und deren potenziellen Möglichkeiten hin zu einer anwendungsfallbezogenen Betrachtung, bei der es darum geht, vom Anwendungsfall ausgehend das beste Werkzeug oder Mittel zu identifizieren.⁸

Dies spiegelt sich in einer Reihe von OECD-Akteuren und Studien wieder, die die Blockchain-Entwicklung in den letzten Jahren eng begleiten.⁹ Lindman et al. (2020) zeigten sich zurückhaltend aufgrund der bisher fehlenden großen Durchbrüche beim Blockchain-Einsatz im öffentlichen Sektor. Dennoch sei das Potenzial weiter vorhanden:

„In addition to the private sector, where blockchain has demonstrated disruptive potential through a series of proven use cases in areas such as fintech and asset management, interest for public sector applications of blockchain technology remain high. Governments continue to show strong demand for investments in blockchain efforts for identity, records and supply chain management, financial services, land titles, and other applications.“¹⁰

3. Blockchain-Technologie und deren Anwendungsfälle

3.1. Blockchain-Grundlagen

„Die Blockchain-Technologie gilt als eine potenzielle neue Basistechnologie der Digitalisierung, für die ein breites, sektorübergreifendes Feld an Anwendungsmöglichkeiten vorstellbar ist. Blockchains sind dezentrale, digitale Register, die durch kryptografische Verfahren und dezentrale Speicherung ein hohes Maß an Datenintegrität und Vertrauenswürdigkeit bieten können. So werden manipulationssichere und nachprüfbar Transaktionen ermöglicht. Blockchains stellen damit eine technologische Lösung für bestimmte Vertrauensprobleme dar, die sich an ganz unterschiedlichen Stellen des Wirtschaftslebens und der Verwaltung ergeben. Damit hat die Blockchain-Technologie das Potenzial, bisher notwendige vertrauensschaffende Intermediäre in bestimmten Bereichen zu ersetzen. Die Technologie könnte darüber hinaus zur Modernisierung von Registern und zur Digitalisierung von Dokumentationsprozessen beitragen und die Automatisierung von Prozessen vorantreiben. Zudem könnte der Handel von bislang schwer handelbaren Gütern vereinfacht werden, weil mittels Blockchain-

8 Siehe u.a. Lindman, J., et al. (2020), "The uncertain promise of blockchain for government", OECD Working Papers on Public Governance, No. 43, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/d031cd67-en>, sowie Reetz, F. (2019), Herausforderungen und Förderstrategien für die Blockchain-Technologie, Studien zum deutschen Innovationssystem, No. 10-2019, Expertenkommission Forschung und Innovation (EFI), Berlin, https://www.efi.de/fileadmin/Assets/Studien/2019/StuDIS_10_2019.pdf.

9 U.a. *Blockchains Unchained: Blockchain - Technology and its Use in the Public Sector* (<https://doi.org/10.1787/3c32c429-en>); *State of the Art in the Use of Emerging Technologies in the Public Sector* (<https://doi.org/10.1787/932780bc-en>).

10 Lindman, J., et al. (2020), "The uncertain promise of blockchain for government", OECD Working Papers on Public Governance, No. 43, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/d031cd67-en>, S. 2.

Technologie alle erdenklichen Werte, Rechte und Schuldverhältnisse an materiellen und immateriellen Gütern durch Token repräsentiert werden können. Blockchains sind ein Spezialfall der **Distributed-Ledger-Technologien**¹¹.¹²

Technisch betrachtet ist der Kern einer jeden Blockchain-Anwendung der **Konsens-Algorithmus**, der um **Smart Contracts** zu sogenannten **dApps** erweitert werden kann.

„Dieser [Konsens-]Algorithmus implementiert einen transparenten und verlässlichen Mechanismus für die Einigung der Nutzer über die Validität und Reihenfolge der auf der Blockchain durchzuführenden Transaktionen. Dies ermöglicht eine dezentrale Speicherung eines jederzeit identischen Informationsstandes auf den Systemen der jeweiligen Nutzer und bietet ihnen eine sichere Grundlage für die Überprüfung der Quelle und Unversehrtheit (d.h. Authentizität und Integrität) der abgelegten Informationen.“¹³

Bei den Konsens-Mechanismen wird in der Funktionalität zwischen Proof of Work (PoW), Proof of Stake oder Proof of Authority unterschieden, die sich u.a. darin abgrenzen, wie Teilnehmer zur Berechnung der Validierung ausgewählt werden bzw. wie eine ökonomische Hürde aufgebaut wird, um Daten zu manipulieren (z.B. bei PoW durch hohen Energieverbrauch beim Lösen eines kryptografischen Zufallsrätsels).¹⁴

Anwendungen, die auf Blockchains aufsetzen, sind sogenannte **dApps**.

„Unter einer Blockchain-Anwendung verstehen wir Angebote, die auf der Grundlage einer Basistechnologie (oder ggf. einer digitalen Währung) eine zusätzliche Dienstleistung anbieten. Blockchain-Anwendungen werden in der Regel als Smart Contract¹⁵ realisiert, können aber

11 Abk. *DLT* (Anm. d. Verf.)

12 BMWi (2021), Die deutsche Blockchain-Strategie - Stand der Umsetzung und Ausblick, <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Downloads/B/bekanntmachung-umsetzung-blockchain-strategie.pdf?blob=publicationFile&v=4>, S. 1.

13 NExT e.V. in Zusammenarbeit mit der Initiative "Blockchain in der Verwaltung Deutschland" (BiVD) und der Community of Practice Blockchain des NExT-Expertennetzwerks (2019), Blockchain in der Verwaltung – Anwendungsbereiche und Herausforderungen, https://assets.website-files.com/5ea4da2d27484ba34faa7528/5f4433270ef00855b0116f4a_Blockchain_in_der_Verwaltung_Teil_1_2019-09-06.pdf, S. 4.

14 Reetz, F. (2019), Herausforderungen und Förderstrategien für die Blockchain-Technologie, Studien zum deutschen Innovationssystem, No. 10-2019, Expertenkommission Forschung und Innovation (EFI), Berlin, https://www.e-fi.de/fileadmin/Assets/Studien/2019/StuDIS_10_2019.pdf, S. 11 f.

15 Anm. d. Verf.: „Moderne Blockchain-Technologien können zudem Prozesslogiken in sogenannten Smart Contracts hinterlegen. Diese vordefinierten und für jeden einseharen Programmcode-Abschnitte werden bei Eintritt bestimmter Bedingungen automatisch ausgeführt und können dadurch die Effizienz, Transparenz und Manipulationsresistenz insbesondere organisationsübergreifender Prozesse steigern.“ (NExT e.V. in Zusammenarbeit mit der Initiative "Blockchain in der Verwaltung Deutschland" (BiVD) und der Community of Practice Blockchain des NExT-Expertennetzwerks (2019)), S. 4.

auch eine bereits bestehende Blockchain als Datenspeicher nutzen oder in anderer Form damit interagieren. Bekannte Beispiele für Blockchain-Anwendungen sind die sogenannten „dApps“ – Anwendungen, die auf Basis der Ethereum-Blockchain entwickelt werden. Von Blockchain-Anwendungen angebotene Dienstleistungen werden häufig übersogenannte „Token“ bezahlt. Token sind eine in der Regel über einen Smart Contract realisierte Form von Digitaler Währung, die – unabhängig von der zugrundeliegenden Basistechnologie – für eine einzelne Anwendung genutzt werden kann. Token werden in der Regel genauso gegen Echtgeld gehandelt, wie die „Coins“ einer Digitalen Währung.“¹⁶

Das NExT-Expertennetzwerk weist explizit darauf hin, dass „Blockchain zwar die meist bekannte aber nur eine mögliche Form einer Distributed Ledger Technology (DLT) ist und modernere, alternative DLT vergleichsweise deutlich bessere Eigenschaften bzgl. Skalierbarkeit, Sicherheit und Gesetzeskonformität aufweisen können.“¹⁷ Weitere DLT-Formen sind der Tangle und der Hashgraph (siehe Abbildung 2).

16 BSI (2019), Abschlussbericht Projekt 374 - Sicherheitsuntersuchung ausgewählter Blockchain-Anwendungen, https://www.bsi.bund.de/SharedDocs/Downloads/DE/BSI/Krypto/Blockchain_Studie-374.html, S. 9 f.

17 NExT e.V. in Zusammenarbeit mit der Initiative "Blockchain in der Verwaltung Deutschland" (BiVD) und der Community of Practice Blockchain des NExT-Expertennetzwerks (2019), Blockchain in der Verwaltung – Anwendungsbereiche und Herausforderungen, https://assets.website-files.com/5ea4da2d27484ba34faa7528/5f4433270ef00855b0116f4a_Blockchain_in_der_Verwaltung_Teil_1_2019-09-06.pdf, S. 12.

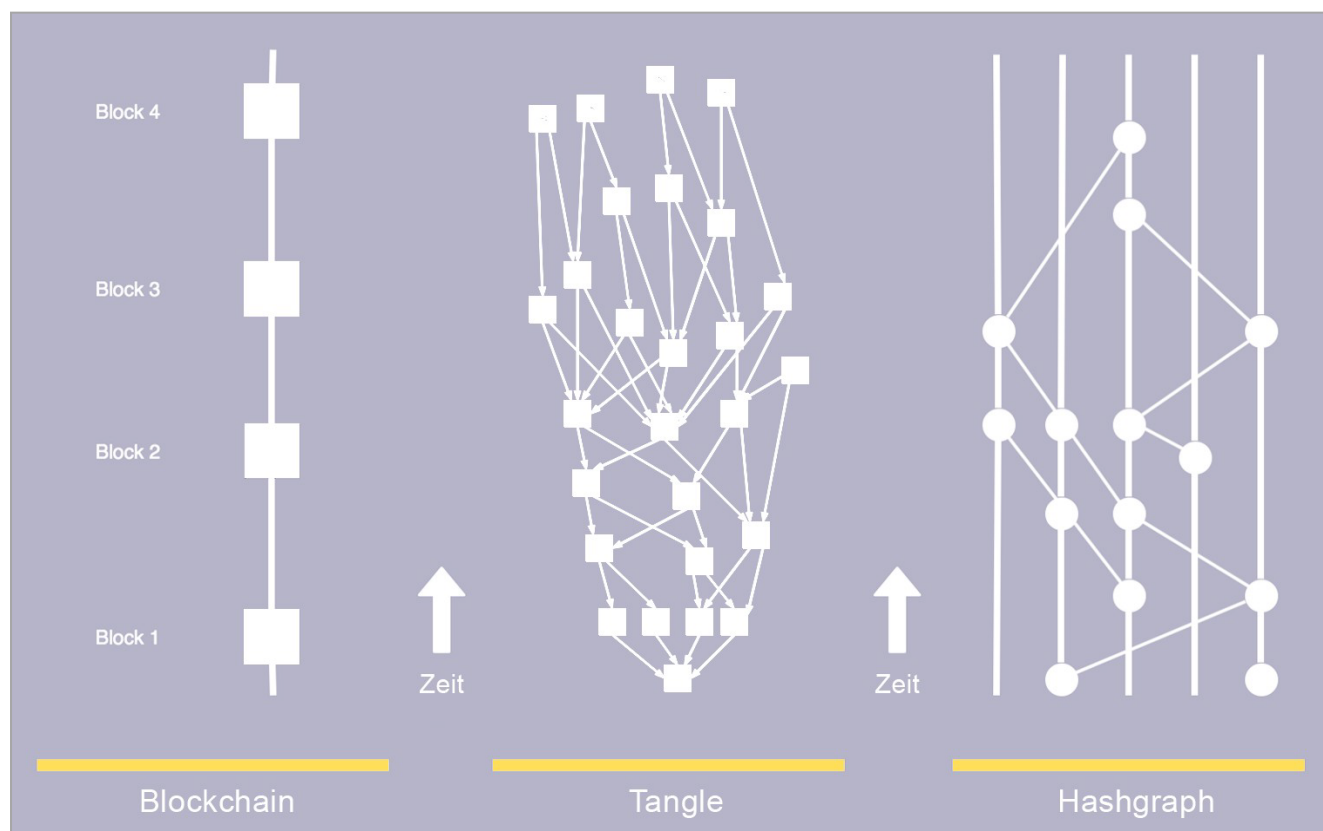


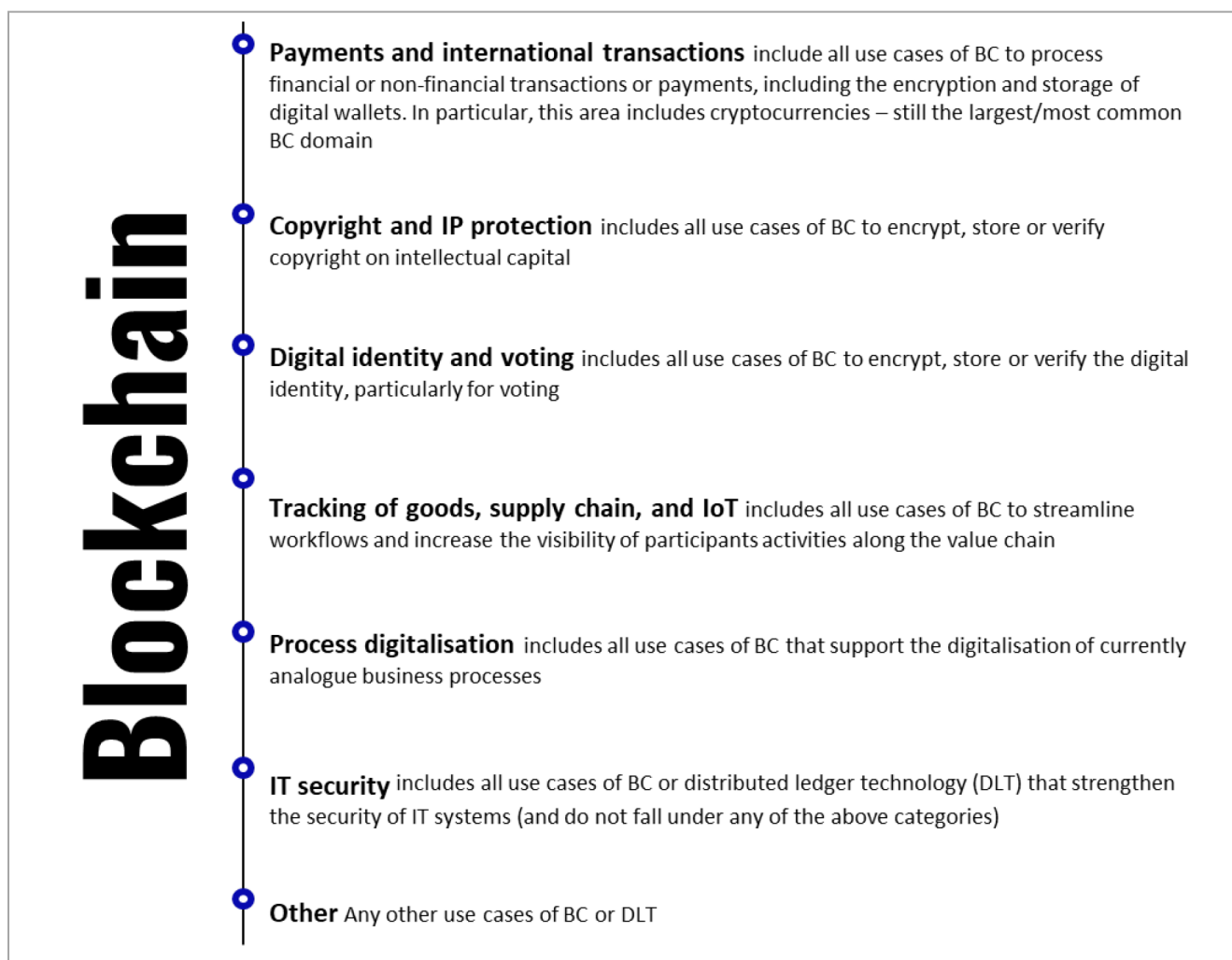
Abbildung 2: Schematische Darstellung der Datenstrukturen einiger unterschiedlicher Ledger-Arten ohne Anspruch auf Vollständigkeit¹⁸

3.2. Generelle Anwendungsfälle

Die Blockchain- bzw. DLT-Technologie sind für die Organisation digitaler Interaktionen universell einsetzbar. In sämtlichen gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Konstellationen lassen sich daher Anwendungsfälle identifizieren. Diverse Studien skizzieren hier die Einsatzfähigkeit und den potenziellen Nutzen. Die Liste an illustrativen Projekten ist vielfältig:

Die Europäische Investitionsbank identifiziert sieben Anwendungsdomänen, wie die Blockchain-Technologien genutzt werden können (siehe Abbildung 3). Vorrangig im Bereich „Bezahlung und Transaktionen“ (Payments and international transactions) ist die Technologie weit verbreitet, was die ursprüngliche Herkunft der Entwicklung im Bereich der Crypto-Währungen widerspiegelt. Die Anwendungen lassen sich in verschiedenen Branchen zu neuen Services ausbauen (siehe Abbildung 4).

¹⁸ NExT e.V. in Zusammenarbeit mit der Initiative "Blockchain in der Verwaltung Deutschland" (BiVD) und der Community of Practice Blockchain des NExT-Expertennetzwerks (2019), Blockchain in der Verwaltung – Anwendungsbereiche und Herausforderungen, https://assets.website-files.com/5ea4da2d27484ba34faa7528/5f4433270ef00855b0116f4a_Blockchain_in_der_Verwaltung_Teil_1_2019-09-06.pdf, S. 14.

Abbildung 3: Blockchain Domänen¹⁹

19 European Investment Bank, Verbeek, A., Lundqvist, M. (2021), *Artificial intelligence, blockchain and the future of Europe : how disruptive technologies create opportunities for a green and digital economy : main report*, <https://data.europa.eu/doi/10.2867/126279>, S. 33 ff.

Sector	AI use cases	Blockchain use cases
Agriculture	Use AI to optimise use of fertiliser to boost yields	Store harvesting data in a blockchain for use in supply chain management
Business intelligence	Use AI to perform revenue forecasts and recommendations based on existing data	Use blockchain connected with the internet of things to securely transmit data from Edge devices and inform forecasting
Customer service	Use AI to improve customer interaction through a chatbot	Use blockchain for better and faster track & trace and verification of package receipt
Education, academic research	Use AI to personalise classes	Use blockchain technology to authenticate and verify diplomas
Energy	Use AI to optimise energy use in a building	Share data across the energy industry to optimise network usage
Financial services, fintech, KYC, AML/CFT*	Use AI to build a personalised financial assistant	Realise secure, cheap transactions
Government services, social impact	Use AI to better target social welfare programmes	Use blockchain to share critical data, e.g. on grant performance, and assess them more quickly
Healthcare	Use AI to identify risk groups and/or diseases	Use blockchain to coordinate care, benefits and payments between all parties in the healthcare system
Human resources	Use AI to improve recruitment processes by selecting optimal candidates	Use blockchain to securely store personal information or payment data
Industrials, manufacturing	Use ML to schedule preventive maintenance	Use blockchain to securely store and share manufacturing data
Legal, accounting, insurance	Use AI to design (smart) contracts	Use blockchain to store and verify smart contracts

Logistics, supply chain	Use AI to optimise routing	Use blockchain to share information across the supply chain
Media, entertainment, publishing	Use AI to find optimal target groups for advertisements	Use blockchain to sell, store and verify event tickets
Mobility	Use AI to design autonomous vehicles	Use blockchain to share location data
Personal assistance	Use NLP to design a voice assistant	Use blockchain to share payment data
Real estate	Use AI and computer vision to automatically create 3D models and room plans	Use blockchain to verify transactions
Security	Use AI to optimise cybersecurity	Use blockchain to verify the origin of news articles
* KYC, know your customer/client; AML/CFT, Anti-money laundering/combating the financing of terrorism.		

Abbildung 4: KI- und Blockchain-Anwendungen in unterschiedlichen Sektoren ²⁰

Die Studie des Wuppertal Instituts zu nachhaltigen Blockchains listet fünf breite Anwendungsfelder auf (siehe Abbildung 5). Pro Anwendungsfeld werden jeweils drei Praxisbeispiele exemplarisch aufgeführt, auf die an dieser Stelle nicht weiter eingegangen werden kann.

20 European Investment Bank, Verbeek, A., Lundqvist, M.,(2021), *Artificial intelligence, blockchain and the future of Europe : how disruptive technologies create opportunities for a green and digital economy : main report*, <https://data.europa.eu/doi/10.2867/126279>, S. 109 ff.

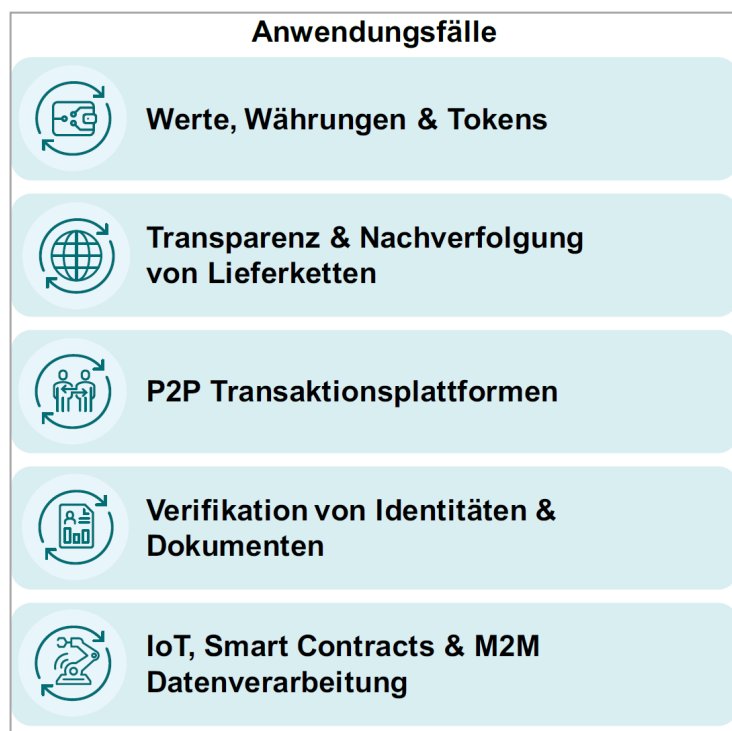


Abbildung 5: Anwendungsfälle nach Ramesohl et al. (2021)²¹

Das Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI) hat in einer Sicherheitsstudie zu Blockchain-Anwendungen 303 Angebote im Rahmen einer Marktanalyse untersucht. Die Anwendungen, Basistechnologien und Digitale Währungen wurden hinsichtlich ihrer Art den folgenden Anwendungsfeldern zugeordnet ²²:

- Finanzsektor
- Rechtemanagement
- Verwaltung
- IoT / Industrie 4.0
- Supply-Chain-Management

21 Ramesohl, S., Lauten-Weiss, J., & Kobiela, G. (2021). Blockchains nachhaltig gestalten - Vorschlag von nachhaltigkeitsorientierten Entscheidungskriterien und eines Verfahrenskonzepts für die Umsetzung staatlich geförderter oder initiiertes Projekte im Bereich Blockchain (Wuppertal Report Nr. 21). Wuppertal Institut. <https://e-pub.wupperinst.org/frontdoor/deliver/index/docId/7815/file/WR21.pdf>, S. 21 ff.

22 BSI (2019), Abschlussbericht Projekt 374 - Sicherheitsuntersuchung ausgewählter Blockchain-Anwendungen, https://www.bsi.bund.de/SharedDocs/Downloads/DE/BSI/Krypto/Blockchain_Studie-374.html, S. 11.

-
- Identitätsmanagement
 - Energie
 - Datenspeicher
 - Gesundheit
 - Spiel
 - Plattformökonomie
 - Mobilität

Einen Leitfaden zur Evaluierung und Implementierung von eigenen Blockchain-Anwendungsfällen sowie mit einem Beispiel zur Lieferkettennachverfolgung bietet der Branchenverband BITKOM an.²³

3.3. Anwendungsfälle in der öffentlichen Verwaltung

Der Einsatz von Blockchain in der öffentlichen Verwaltung nimmt einen gesonderten Teil in der Blockchain-Strategie des Bundes ein²⁴. Der aktuelle Stand der Umsetzung wird dazu wie folgt beschrieben:

„Technologie anwenden: Digitale Verwaltungsdienstleistungen

Wichtiger Bestandteil dieses Handlungsfelds ist die Bereitstellung und Weiterentwicklung von digitalen Identitäten auch auf Basis der Blockchain-Technologie. Dies geschieht u.a. durch den Innovationswettbewerb „Schaufenster Sichere Digitale Identitäten“ der Bundesregierung. Im Rahmen dieses Wettbewerbs werden in vier Projekten mit Städten und Regionen aus sieben Bundesländern Self-Sovereign-Identities (SSI) mit Anwendungen in 14 Sektoren und mit über 100 Partnern erprobt. Darüber hinaus prüft die Bundesregierung laufend, ob Blockchain-basierte digitalen [sic!] Identitäten einen klaren Mehrwert gegenüber bestehenden Lösungen versprechen und ob abgeleitete digitale Identitäten der Privatwirtschaft für Verwaltungsverfahren bzw. bestimmte Rechtsgeschäfte anerkannt werden können. Die Bundesregierung beteiligt sich über die Europäische Blockchain Partnerschaft aktiv am Aufbau der Europäischen Blockchain Services Infrastruktur (EBSI), mit der EU-weite Verwaltungsdienstleistungen zur Verfügung gestellt werden sollen. Erste Anwendungsfälle werden in Kürze in Betrieb gehen. Auf nationaler Ebene wird im Rahmen der Govdigital an einer nationalen Blockchain Infrastruktur für den öffentlichen Sektor gearbeitet. Einige Verwaltungslösungen auf

23 BITKOM (2019), Evaluierung und Implementierung von Blockchain Use Cases, Leitfaden, https://www.bitkom.org/sites/default/files/2019-09/leitfaden_evaluierungundimplementierungvonblockchainuse-cases_190917.pdf.

24 Blockchain-Strategie der Bundesregierung, <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Digitale-Welt/blockchain-strategie.pdf>, S. 17 ff.

Basis der Blockchain-Technologie wurden pilotiert, u.a. zur Unterstützung der behördenübergreifenden Kommunikation und Zusammenarbeit im Asylprozess oder zur transparenten und sicheren Umsetzung öffentlicher Investitionen in Entwicklungsländern. An anderen Lösungen wird aktuell noch gearbeitet, so z. B. an einer elektronischen Fahrzeugakte (eFA), an effizienteren Zollwertbestimmungen von e-Commerce- Transaktionen mit Drittländern oder an digital verifizierten Kompetenzzertifikaten und Arbeitszeugnissen.“²⁵

Speziell für den öffentlichen Sektor werden v.a. vier definierte Anwendungsbereiche gesehen²⁶:

- Blockchain-basierte Identitätslösungen
- Koordination behördenübergreifender Verwaltungsvorgänge
- Digitale Verwaltung von Dokumenten
- Modernisierung der Registerlandschaft
- Weitere Anwendungsmöglichkeiten

4. Bisherige Erfahrungen zu Blockchain-basierten Projekten in der öffentlichen Verwaltung

4.1. Gesammelte Erfahrungen in Blockchain-Projekten

Viele Blockchain-Projekte der öffentlichen Verwaltung befinden sich aktuell noch in der Testphase, z. B. das Projekt „TruBudget“ für die transparente Verfolgung der Mittelverwendung in der Entwicklungszusammenarbeit oder das Projekt „AnKER“ für die Bearbeitung von Asylanträgen.²⁷

Durch das Experimentieren mit der Blockchain und das Aufsetzen unterschiedlichster Projekte wurden wertvolle Erfahrungen gesammelt. Lindman et al. grenzen nachvollziehbare Erwartungen von Mythen ab (siehe Tabelle 1).

25 BMWi (2021), Die deutsche Blockchain-Strategie - Stand der Umsetzung und Ausblick, https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Downloads/B/bekanntmachung-umsetzung-blockchain-strategie.pdf?__blob=publicationFile&v=4, S. 3.

26 NExT e.V. in Zusammenarbeit mit der Initiative "Blockchain in der Verwaltung Deutschland" (BiVD) und der Community of Practice Blockchain des NExT-Expertennetzwerks (2019), Blockchain in der Verwaltung – Anwendungsbereiche und Herausforderungen, https://assets.website-files.com/5ea4da2d27484ba34faa7528/5f4433270ef00855b0116f4a_Blockchain_in_der_Verwaltung_Teil_1_2019-09-06.pdf, S. 5-9.

27 So Deutscher Bundestag, Wissenschaftliche Dienste, Fachbereich Verfassung und Verwaltung, mit Verweis auf Kompetenzzentrum Öffentliche IT, Blockchain in der Verwaltung: Vom Hype zum echten Nutzen, <https://www.oeffentliche-it.de/-/blockchain-in-der-verwaltung-vom-hype-zum-echten-nutzen>.

Tabelle 1: Mythen und Klarstellung beim Einsatz der Blockchain-Technologie in der öffentlichen Verwaltung²⁸

Myth	Response
(Public) blockchains are disrupting the public sector all around the world.	So far, blockchain-related public services that have actual users are very rare.
It is impossible to build successful blockchain applications for the public sector.	There is no obvious reason the public sector could not develop, implement, and use blockchain solutions.
There is one obvious way to apply blockchain technology in the public sector.	Blockchain could bring benefits to a number of areas.
If you build it, users will come.	Users need to be presented with the benefits of the services.
If it is blockchain, it needs to be big and disruptive.	Small, pragmatic, and evolutive blockchain implementations are just as valuable.
Nobody knows how blockchains are implemented.	Technology and corresponding skills have developed in both the public and private sectors in recent years, and there is greater access to external skills (e.g., through partnerships or procurement)
Blockchain is a generic technological solution, similar to AI.	Uses for blockchain technology are much more limited in their scope.
We are not tech people and should not care about detailed design decisions, such as blockchain.	Decoupling design from the implementation does not seem warranted.
Results of blockchain projects contribute to blockchain knowledge.	Experimentation is important, but those lessons and takeaways should be shared. They often are not.
Users care that services are based on blockchain.	All other things being equal (e.g., equitable decisions, privacy of personal information, etc.), service end users do not generally care which technological infrastructure provides them with a service.

Darüber hinaus können nun eindeutige **Erfolgs- und Misserfolgskriterien** bei Projekten in öffentlicher Verwaltung identifiziert werden:

28 Lindman, J., et al. (2020), "The uncertain promise of blockchain for government", OECD Working Papers on Public Governance, No. 43, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/d031cd67-en>, S. 23 f.

Als Kern und grundlegende Voraussetzung dafür wird der **digitale Reifegrad** der Verwaltung und bei den Beteiligten gesehen und die Frage, wie generell die Digitalisierung in der Verwaltung vorangetrieben wird. Ein hoher digitaler Reifegrad sei Voraussetzung, um die Blockchain-Technologie für verwaltungstechnische Vorgänge und Anwendungen auszutesten und zu implementieren.²⁹ Allerdings sind Pilotprojekte zugleich Mittel, um den digitalen Reifegrad zu erhöhen.

Auf **Projekt- und Anwendungsebene** gibt es wichtige Faktoren, die über den Erfolg von Blockchain-Anwendungen in der öffentlichen Verwaltung bestimmen³⁰. Wie Tabelle 2 zeigt, sind die Probleme in Blockchain-Projekten nicht vorrangig in der Technologie an sich zu finden; tendenziell liegt es am fehlenden Anwendungsbezug und Nutzerfokus, was jedoch ein generelles Problem der Software-Entwicklung darstellt.

Tabelle 2: Faktoren, die zum Erfolg oder Misserfolg von Blockchain-Projekten führen³¹

Factor	Contributes to:	Description
Clear value proposal	Success	The project must address a clear, specific business goal.
Appropriate technology	Success	The project must use appropriate (fit-for-purpose) technology.
Stakeholder management	Success	The project must identify and manage relevant stakeholders.
User focus	Success	The project must engage end users with the service's design.
Experimentation	Success	The project must address problems encountered during implementation and pursue unforeseen opportunities.
Disruptiveness	Non-success/failure	Disruptive projects are generally more complex and difficult to implement
Limited scalability	Non-success/failure	The deployment of projects with limited scalability may be impossible or not worth the effort; however, they may provide learning opportunities.
Legal uncertainty	Non-success/failure	Lack of clarity regarding the legal or regulative side hinders service deployment.

29 Lindman, J., et al. (2020), "The uncertain promise of blockchain for government", OECD Working Papers on Public Governance, No. 43, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/d031cd67-en>, S. 35 ff.

30 Ebd.

31 Lindman, J., et al. (2020), "The uncertain promise of blockchain for government", OECD Working Papers on Public Governance, No. 43, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/d031cd67-en>, S. 29 ff.

Detaillierte Erfahrungsberichte zu Blockchain-Projekten in der öffentlichen Verwaltung finden sich an vielen Stellen. Aufgrund des begrenzten Rahmens dieser Ausarbeitung sei nur exemplarisch auf die Quellen diverser Fallstudien verwiesen:

Das OECD-Büro Observatory of Public Sector Innovation (OPSI) sammelt Fallstudien von unterschiedlichen Innovationsprojekten der Mitgliedsstaaten. Von den 520 abgelegten Fallstudien thematisieren 26 die Blockchain.³²

Acht detaillierte Fallstudien eines Blockchain-Einsatzes werden von Lindman et al. (2020) anhand eines einheitlichen Rasters untersucht.³³

4.2. Sicherheitsaspekte der Blockchain-Technologie

Mit der Einführung der Blockchain-Technologie sind rechtliche, technische und organisatorische Herausforderungen verbunden:³⁴

- die Einhaltung von Datenschutzanforderungen,
- die Erhöhung der Transaktionsgeschwindigkeit,
- die Schaffung von Interoperabilität sowohl zwischen einzelnen Blockchains als auch zwischen Blockchains und bestehenden Prozessen,
- die sichere Einbindung externer Daten in Blockchains sowie
- die dauerhafte Gewährleistung der IT-Sicherheit von Blockchain-Anwendungen.

Vor allem die letzte Herausforderung, die Sicherheit der Blockchain-Anwendungen, wird oftmals als Hauptmerkmal der Blockchain-Technologie aufgeführt. Der Next BiVD mahnt, dass Blockchain nicht per se sicher sei, wie oftmals titulierte werde. Manipulationen seien möglich, seien jedoch vom ökonomischen Aufwand abhängig, den ein möglicher Manipulator tragen müsste. Zum Thema Sicherheit bei Blockchain sei eine differenzierte Betrachtung nötig:

„Das Versprechen der Blockchain-Technologien bzgl. deren Manipulationsresistenz und Schutz gegen unterschiedliche Angriffsszenarien wird in der Regel wenig differenziert betrachtet. Konkret wird Manipulationsschutz oft als Blockchain-inhärente Eigenschaft unkritisch und pauschal postuliert, obgleich verschiedenen Konsens-Algorithmen ganz unterschiedliche Schutzniveaus gegenüber verschiedenen Angriffsszenarien erreichen können. Die

32 https://oecd-opsi.org/case_type/opsi/?search=blockchain

33 Lindman, J., et al. (2020), "The uncertain promise of blockchain for government", OECD Working Papers on Public Governance, No. 43, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/d031cd67-en>, S. 48 ff.

34 <https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Fachthemen/Digitalisierung/Blockchain/start.html>

unterschiedlichen Services eines Ledgers, welche auf Basis eines Konsens-Algorithmus realisiert werden (z.B. Smart Contract Ausführung, Geldtransfer, usw.), können zudem je nach Implementierung auch sehr unterschiedliche Qualitäten aufweisen. Für sicherheitskritische Anwendungsfälle sollten daher auf alle Fälle die versprochenen Performance- und Sicherheitseigenschaften sowie die Erfüllung bestimmter gesetzlichen Normen (z.B. DSGVO- und eIDAS Konformität) durch anerkannte Akteure zertifiziert werden.³⁵

Der Fachbereich Verfassung und Verwaltung der Wissenschaftlichen Dienste hat auf folgendes hingewiesen: „In einigen Anwendungsbereichen innerhalb der Bundesverwaltung zeigten sich Probleme bei der Erfüllung der Anforderungen an die IT-Sicherheit bei der Umsetzung der Blockchain-Strategie. So musste das Projekt „**Digitales Schulzeugnis**“ der Bundesdruckerei nach Hinweisen zu Sicherheitslücken gestoppt werden, da es „Unbefugten [...] möglich gewesen sein [soll], (fiktive, nicht-signierte) Zeugnisse auszustellen.“³⁶ Auch die Einführung der App „**ID Wallet**“ für den digitalen Führerschein und den digitalen Personalausweis durch das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur musste Ende September 2021 nach Bekanntwerden von Problemen bei der technischen Umsetzung und IT-Sicherheit ausgesetzt werden.³⁷“

Eine umfängliche Sicherheitsuntersuchung ausgewählter Blockchain-Anwendungen des Forschungszentrums Informatik (FZI) für das BSI wurde 2018 bis 2019 durchgeführt. 303 Blockchain-basierte Anwendungen wurden in einer Marktanalyse identifiziert, wovon neun aus Deutschland kamen. Acht Blockchain-Angebote wurden ausgewählt und einer umfassenden und detaillierten Sicherheitsanalyse unterzogen. Einige Ergebnisse der Studie sind:

„Es existieren so gut wie keine Angebote mit formalen Sicherheitsnachweisen, die wesentliche Teile des Angebots betreffen. Formale Sicherheitsnachweise existieren zwar für die eingesetzten kryptographischen Bausteine wie Verschlüsselungsverfahren oder Signaturfunktionen, viele Blockchain-Angebote versprechen jedoch weit darüber hinausgehende Sicherheitseigenschaften. Für diese Aussagen existieren in der Regel keine formalen Nachweise oder wissenschaftlichen Untersuchungen.

Existierende Angebote wurden bisher kaum öffentlichen Sicherheitsanalysen oder Penetrationstests unterzogen. Obwohl das Hauptverkaufsargument der meisten Blockchain-Angebote die Sicherheit ist, wurden nur in wenigen Einzelfällen vom Hersteller der Produkte unabhängige Sicherheitsuntersuchungen in Auftrag gegeben und deren Ergebnis veröffentlicht. In einigen wenigen weiteren Fällen wurden Sicherheitslücken von unabhängigen Forschern ent-

35 NExT e.V. in Zusammenarbeit mit der Initiative "Blockchain in der Verwaltung Deutschland" (BiVD) und der Community of Practice Blockchain des NExT-Expertennetzwerks (2019), Blockchain in der Verwaltung – Anwendungsbereiche und Herausforderungen, https://assets.website-files.com/5ea4da2d27484ba34faa7528/5f4433270ef00855b0116f4a_Blockchain_in_der_Verwaltung_Teil_1_2019-09-06.pdf, S. 15.

36 Pressemitteilung der Bundesdruckerei vom 10. Februar 2022, <https://www.bundesdruckerei.de/de/news-room/pressemitteilungen/statement-digitale-schulzeugnisse>.

37 Siehe Information der mit dem Projekt beauftragten Entwicklerfirma Digital Enabling GmbH, <https://digital-enabling.eu/>; Digitaler Führerschein: Nutzlos, unsicher und schon wieder kaputt, Süddeutsche Zeitung vom 29. September 2021, <https://www.sueddeutsche.de/wirtschaft/fuehrerschein-digital-id-wallet-1.5425432>.

deckt. Diese wurden in fast allen Fällen schnell behoben. Eine Ausnahme bilden hier Hardware-Wallets und Blockchain-Clients, die überdurchschnittlich gut untersucht sind, jedoch zusammen weniger als 10 Prozent der Gesamtanzahl der untersuchten Angebote ausmachen.

Zahlungsverkehr und Spiele sind die Hauptanwendungsfelder von existierenden Blockchain-Anwendungen. Ein wesentlicher Teil der untersuchten Blockchain-Anwendungen (ca. 20 Prozent) ist für den Einsatz im Finanzsektor gedacht, bei dem zweitgrößten Teil handelt es sich um Spiele, die ihre Spieldaten in der Blockchain verwalten. Insbesondere die Anwendungsfelder Verwaltung, Internet of Things, Identitätsmanagement, Gesundheit und Energie, die häufig als Hauptverkaufsargument für Blockchain-Technologie genannt werden, sind bisher kaum von existierenden Blockchain-Anwendungen besetzt. Ein signifikanter Teil der Anwendungen (ca. 22 Prozent) ist überhaupt nicht in die klassischen Anwendungsfelder einzuordnen. (...)

Grundsätzliche Probleme, die im Rahmen der Studie aufgedeckt wurden, sind

- der hohe Grad an gemeinsam verwendeten Code-Bausteinen zwischen den untersuchten Angeboten, insbesondere was kryptographische Verfahren angeht,
- die ungewöhnliche Wahl der kryptographischen Basisprimitiven, sowie
- die hohe Anzahl an Abhängigkeiten zu externen Programmbibliotheken, die in veralteten Versionen (teilweise mit bekannten Sicherheitslücken) eingesetzt werden.“³⁸

5. Förderprojekte und Förderprogramme mit Blockchain-Bezug

Die Förderung des Einsatzes von Blockchain sowohl in der Privatwirtschaft als auch in der öffentlichen Verwaltung werden gesondert in der Blockchain-Strategie des Bundes aufgeführt³⁹. Der aktuelle Stand der Umsetzung wird dazu wie folgt beschrieben:

„Innovationen ausreifen: Förderung von Projekten und Reallaboren

Die Chancen der Blockchain-Technologie in Bereichen abseits des Finanzsektors werden derzeit in vielfältigen Projekten der Bundesregierung untersucht; alle in diesem Handlungsfeld vorgesehenen Maßnahmen wurden begonnen. Eine Vielzahl von Projekten ist im Energiesek-

38 Lochter, M. (2020), Wie sicher ist die Blockchain? BSI Studie zu Blockchain-Anwendungen, BSI-Magazin 2020/01, S. 46-49. Zur vollständigen BSI-Studie und den ausführlichen Empfehlungen siehe BSI (2019), Blockchain sicher gestalten Konzepte, Anforderungen, Bewertungen, https://www.bsi.bund.de/SharedDocs/Downloads/DE/BSI/Krypto/Blockchain_Analyse.pdf?__blob=publicationFile&v=3.

39 Blockchain-Strategie der Bundesregierung, <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Digitale-Welt/blockchain-strategie.pdf>, S. 17 ff.

tor angesiedelt, denn hier ergeben sich von Preisgestaltung über Anbieterwechsel bis zur Ausgestaltung von Prosumer- Rollen vielfältige Anwendungsmöglichkeiten. Im Auftrag der Bundesregierung wurde von der Deutschen Energieagentur (dena) ein technologieübergreifendes Pilotierungslabor, das Future Energy Lab (FEL), ins Leben gerufen. Unter dem Dach des Future Energy Labs werden Energieprojekte aus der Blockchain-Strategie umgesetzt wie beispielsweise Blockchain-basierte Energieanlagenanbindung via Smart-Meter-Gateway an eine öffentliche Datenbank. Ziel ist es, systemische Effizienzgewinne und -kosten zu untersuchen, Technikfolgen abzuschätzen und so ganzheitliche Bewertungen vornehmen zu können. Synergien mit anderen, neuen Technologien, wie beispielsweise Künstlicher Intelligenz oder Big Data werden ebenfalls in den Blick genommen werden. Wichtige weitere Anwendungsgebiete sind z.B. Industrie 4.0, wo das Projekt "Recht- Testbed Industrie 4.0" Demonstratoren zum Testen neuer automatisierter Geschäftsprozesse basierend auf Blockchain-Technologie aufbaut, und Entwicklungsprojekte im Rahmen des von der Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GmbH im Auftrag der Bundesregierung gegründeten Blockchain-Labs. Ebenso zählen dazu Logistikprojekte im Projekt „Silicon Economy“ des Fraunhofer IML Dortmund und der Innovationsinitiative mFUND, Verbundprojekte zu Industrie 4.0 und Produktionstechnologien, oder Projekte zur Transparenz von Liefer- und Wertschöpfungsketten u.a. im Lebensmittelbereich. Zur Berücksichtigung von Nachhaltigkeitsaspekten wurde vom Wuppertal Institut für Klima, Umwelt und Energie eine Kurzstudie erstellt.“⁴⁰

Eine eigene Recherche (siehe Tabelle 3) in der Förderdatenbank des Bundes (www.foerderdatenbank.de, Stand 10.3.2022, Stichwort „Blockchain“) zeigte, dass aktuell sieben Programme (darunter ein Programm mit vier Modulen) explizit auf den Einsatz von Blockchain als möglichen Fördergegenstand hinweisen. Die Programme an sich sind breit gefächert und adressieren unterschiedlichste Unternehmensgrößen und Anwendungsbereiche.

Tabelle 3: Aktuelle Förderprogramme (www.foerderdatenbank.de, Stand 10.3.2022)

Förderprogramm (Name)	Ministerium	Förderberechtigte	Förderhöhe	Webseite
DeepTech Future Fonds (DTFF)	BMWK	Existenzgründer/in, Unternehmen	Die Förderung erfolgt als Beteiligung. Der Fonds investiert als Co-Investor nur gemeinsam mit privaten kooperierenden Beteiligungsgebern. Das private Investment wird durch den DTFF im Verhältnis von mindestens 30% (privat) zu bis zu 70% (öffentlich) gespiegelt. Der Betrag pro Unternehmen ist über alle Finanzierungsrunden auf	https://www.foerderdatenbank.de/FDB/Content/DE/Foerderprogramm/Bund/BMWi/deeptech-future-fonds.html

40 BMWi (2021), Die deutsche Blockchain-Strategie - Stand der Umsetzung und Ausblick, https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Downloads/B/bekanntmachung-umsetzung-blockchain-strategie.pdf?__blob=publicationFile&v=4, S. 2f.

Förderprogramm (Name)	Ministerium	Förderberechtigte	Förderhöhe	Webseite
		men, Hochschule, Kommune, Verband/Vereinigung, Forschungseinrichtung	<p>für Durchführbarkeitsstudien. Dafür gibt es 2 Förderlinien:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Förderlinie 1: kleine Forschungsprojekte, Vorstudien, Machbarkeitsstudien sowie Konzeptstudien, • Förderlinie 2: angewandte Forschung und experimentelle Entwicklung. <p>Sie erhalten die Förderung als Zuschuss in folgender Höhe:</p> <p>in Förderlinie 1 maximal EUR 200.000 für bis zu 24 Monate, in Förderlinie 2 maximal EUR 3 Millionen für bis zu 3 Jahre.</p>	<p>derprogramm/Bund/BMVI/modernisierungs-fund.html</p>
Netzwerk Mittelstand-Digital	BMWK	Forschungseinrichtung, Hochschule, Kommune, Öffentliche Einrichtung, Verband/Vereinigung	Die Höhe des Zuschusses beträgt bis zu 100 Prozent Ihrer förderfähigen Ausgaben. Wenn Sie auf Kostenbasis gefördert werden, müssen Sie eine Eigenbeteiligung von mindestens 10 Prozent der förderfähigen Kosten erbringen.	<p>https://www.foerderdatenbank.de/FDB/Content/DE/Foerderprogramm/Bund/BMWi/netzwerk-mittelstand-digital.html</p>
InvestEU	EU	Forschungseinrichtung, Kommune, Öffentliche Einrichtung, Unternehmen, Verband/Vereinigung	Das InvestEU-Programm stellt langfristige Finanzmittel bereit und soll damit die Erholung aus tiefen wirtschaftlichen und sozialen Krisen unterstützen. Wenn Sie sich als Durchführungspartner beteiligen, können Sie unter bestimmten Bedingungen eine EU-Garantie erhalten. Die EU-Garantie kann bei zahlreichen Arten von Finanzierungen zur Absicherung der Risiken eingesetzt werden.	
Modellvorhaben Wärmernetzsysteme 4.0:	BMWK	Unternehmen, Kommune, Öffentliche Einrichtung	Die Förderquote beträgt bei kleinen und mittleren Unternehmen 60 Prozent der förderfähigen Ausgaben, in allen anderen Fällen 50 Prozent.	<p>https://www.foerderdatenbank.de/FDB/Content/DE/Foerderprogramm/Bund/B</p>

Förderprogramm (Name)	Ministerium	Förderberechtigte	Förderhöhe	Webseite
Modul I – Machbarkeitsstudie		tung, Verband/Vereinigung	Der Zuwendungsbetrag bleibt dabei auf einen maximalen Betrag von EUR 600.000 beschränkt.	MWi/modellvorhaben-waerme-netzsysteme-modul-i.html
Modul II – Realisierung eines Wärmenetzsystems 4.0	BMWK		Die maximale Gesamtförderquote ist in diesem Zusammenhang auf 50 Prozent begrenzt. Der Förderhöchstbetrag pro Projekt beläuft sich auf EUR 15 Millionen.	https://www.foerderdatenbank.de/FDB/Content/DE/Foerderprogramm/Bund/BMWi/modellvorhaben-waerme-netzsysteme-modul-ii.html
Modul III – Informationsmaßnahmen	BMWK	Unternehmen, Kommune, Öffentliche Einrichtung, Verband/Vereinigung	Der Fördergegenstand von Modul III sind Informationsmaßnahmen zur Erzielung der erforderlichen Anschlussquote und Wirtschaftlichkeit. Der Antragsteller muss über einen Bewilligungsbescheid zu Modul II verfügen. Es können maximal EUR 200.000 pro Vorhaben vergeben werden.	https://www.foerderdatenbank.de/FDB/Content/DE/Foerderprogramm/Bund/BMWi/modellvorhaben-waerme-netzsysteme-modul-iii.html
Modellvorhaben Wärmenetzsysteme 4.0 (unterschiedliche Module): Modul IV – Capacity Building	BMWK	Antragberechtigt sind hier Universitäten, Hochschulen und Forschungsinstitute, die eine Vereinbarung über eine nicht-wirtschaftliche Leistung mit einem Antragsteller von Modul II, dessen Förderantrag positiv beschieden wurde, verfügt.	Die Förderquote beträgt bis zu 100 Prozent der projektbezogenen Ausgaben der wissenschaftlichen Einrichtungen, wobei sich diese auf maximal 10 Prozent der in Modul II beantragten förderfähigen Ausgaben belaufen dürfen. Der Höchstbetrag beträgt EUR 1 Million.	https://www.foerderdatenbank.de/FDB/Content/DE/Foerderprogramm/Bund/BMWi/modellvorhaben-waerme-netzsysteme-modul-iv.html
