

Prof. Dr. Philipp Sandner, Jonas Groß, Jong-Chan Chung

Der programmierbare Euro: Bestandsaufnahme – Perspektive

Studie für die Finanzplatz München Initiative (fpmi)

München, 19. November 2021

Diese Studie wurde 2021 von der Finanzplatz München Initiative (fpmi) in Auftrag gegeben.

Die Finanzplatz München Initiative (fpmi) ist eine Vereinigung der bayerischen Finanzinstitutionen. Die Initiative hat rund 50 Teilnehmer. Dabei handelt es sich um Finanzunternehmen (Banken, Versicherungen u.a.), Verbände und öffentliche Einrichtungen, die wissenschaftliche Forschung betreiben.

Weitere Informationen: www.fpmi.de. kontakt@fpmi.de.

Verfasser dieser Studie sind Prof. Dr. Philipp Sandner, Leiter des Frankfurt School Blockchain Centers (FSBC), sowie Jonas Groß und Jong-Chan Chung, beide Projektmanager am FSBC. Das FSBC an der Frankfurt School of Finance & Management wurde im Februar 2017 ins Leben gerufen und ist ein Think Tank und Forschungszentrum, das die Auswirkungen der Blockchain-Technologie auf Unternehmen und deren Geschäftsmodelle untersucht.

Weitere Informationen: www.fs-blockchain.de. contact@fs-blockchain.de

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	iv
Glossar	vi
1. Einleitung	1
2. Der Status Quo der Digitalisierung und Automatisierung	2
2.1 Zunehmende Automatisierung und Digitalisierung.....	2
2.2 Aktuelle Zahlungssysteme nicht vollumfänglich auf Digitalisierung abgestimmt.....	5
3. Wie die DLT die Digitalisierung vorantreiben kann	8
3.1 Definition und die Rolle der DLT für die Digitalisierung	8
3.2 Automatisierung von Prozessen durch DLT	9
3.3 Zug-um-Zug-Geschäfte	10
3.4 Micropayments und Streaming Money.....	12
3.5 Anbindung von Maschinen	14
3.6 Zwischenfazit: Die Vor- und Nachteile von DLTs für Zahlungsabwicklungen	15
3.7 Limitationen von Kryptowerten.....	17
4. Der öffentliche digitale Euro der Europäischen Zentralbank (EZB)	18
4.1 Einordnung und Ziele.....	18
4.2 Aktueller Projektstand.....	21
4.3 Limitationen	23
4.3.1 Time-to-Market.....	23
4.3.2 Technologische Basis	24
5. Der programmierbare Euro des Privatsektors	25
5.1 Definition programmierbarer Euro des Privatsektors und Abgrenzung.....	25
5.2 Taxonomie des programmierbaren Euros.....	26
5.3 Formen des programmierbaren Euros	28
5.3.1 Triggerlösung als synthetischer programmierbarer Euro	28
5.3.2 Nativer DLT-basierter programmierbarer Euro	29
5.3.3 Triggerlösung vs. (nativer) DLT-basierter programmierbarer Euro	32
6. Ausgewählte Anwendungsfälle des programmierbaren Euros	33
6.1 Realwirtschaft.....	34
6.1.1 Pay-per-Use.....	34
6.1.2 Tokenisierung	36
6.1.3 Flexibilisierung von Produktionskapazitäten	39
6.1.4 Lieferkettenmanagement.....	40

6.1.5 Elektromobilität	41
6.2 Finanzsektor	43
6.2.1 Blockchain-basierte Finanzprodukte und Finanzierungsquellen	43
6.2.2 Kreditwirtschaft	44
6.2.3 Versicherungsbranche	45
7. Handlungsempfehlungen	47
7.1 Kooperativer Ansatz und Vernetzung	47
7.2 Anpassungen des Rechtsrahmens	48
7.3 Etablierung von Standards und Sicherstellung von Interoperabilität.....	50
8. Fazit	53
Literaturverzeichnis	55

Zusammenfassung

- Diese Studie legt dar, wie DLT-basierte Zahlungssysteme und ein programmierbarer Euro innovative Geschäftsmodelle der Realwirtschaft und des Finanzsektors fördern können. Hierzu werden diese Geschäftsmodelle und ihre Anwendungsfelder anhand von Praxisbeispielen diskutiert. Nicht zuletzt werden Handlungsempfehlungen ausgesprochen, um den Finanzstandort Deutschland zu stärken.
- Geschäftsprozesse innerhalb der deutschen Realwirtschaft und der Finanzbranche gewinnen stetig an Komplexität, wodurch Automatisierung und Digitalisierung in den Fokus rücken. Aktuelle Zahlungsinfrastrukturen wie das SEPA- oder TARGET2-System können die Anforderungen neuartiger Geschäftsmodelle nicht optimal abbilden, da komplexe Datensynchronisationen zu Systembrüchen führen und Kontrahentenrisiken, welche durch die zeitliche Asynchronität zwischen Leistung und Gegenleistung entstehen, bislang nicht gänzlich vermieden werden können. Demnach wächst der Bedarf nach Zahlungslösungen, welche Ineffizienzen aktueller Infrastrukturen beheben und ein Fundament für zukunftssträchtige Geschäftsmodelle legen.
- Eine zeitnahe Lösung in Form eines programmierbaren Euros ist essentiell, um innovative Geschäftsmodelle des Industriestandorts Deutschland zu fördern. Hierfür ist der Privatsektor gefragt. Es sollte nicht auf die Entwicklung eines digitalen Euros der Europäischen Zentralbank (EZB) gewartet werden, welcher zwar parallel abläuft aber wohl nicht vor 2026 zur Verfügung stehen wird.
- Um den Anforderungen der Realwirtschaft und des Finanzsektors gerecht zu werden und die Limitationen des aktuellen Geldsystems zu adressieren, bietet sich die Emission eines programmierbaren Euros auf Basis der Distributed-Ledger-Technologie (DLT) durch Institutionen des Privatsektors an. Mögliche Ausgestaltungen sind hierfür (1) Stablecoins; emittiert durch (derzeit) unregulierte Unternehmen, (2) tokenisiertes Girogeld; emittiert durch Kreditinstitute, (3) tokenisiertes E-Geld; emittiert durch E-Geld-Institute und (4) Trigger-Lösungen, die konventionelle Zahlungsinfrastrukturen und DLT verbinden.
- Diese Studie zeigt auf, wie auf der DLT basierende Euro-Zahlungslösungen Ineffizienzen des aktuellen Zahlungssystems adressieren und innovative Geschäftsmodelle ermöglichen können. Es werden konkrete Anwendungsfälle beschrieben und Handlungsempfehlungen zur proaktiven Förderung entsprechender Innovationen abgeleitet. Die DLT als technologische Infrastruktur ermöglicht u.a. sofortige, fälschungssichere und automatisierte Transaktionen – DLT-basierte Zahlungslösungen werden zukünftig traditionelle Zahlungssysteme ergänzen, um mit der zunehmenden Digitalisierung von Geschäftsprozessen Schritt zu halten.

- Ein programmierbarer Euro unterstützt zahlreiche innovative Anwendungsfälle für den Finanzsektor und die Realwirtschaft. Innerhalb der produzierenden Industrie können Geschäftsmodelle rund um Pay-per-Use und Tokenisierung u.a. zu einem effektiven Liquiditätsmanagement beitragen und neue Geschäftsfelder erschließen. Die dezentrale Natur der DLT impliziert zudem, dass Effizienzgewinne innerhalb des Lieferkettenmanagements realisiert werden können, da Parteien nicht einander, sondern ausschließlich der zugrundeliegenden Technologie vertrauen müssen. Innerhalb der Energiewirtschaft ermöglichen Smart Contracts einen automatisierten und effizienten An- und Verkauf von Strom. Der Finanzsektor profitiert von DLT-basierten digitalen Wertpapieren, effizienteren Wertpapierabwicklungen und einer höheren Effizienz im Interbankenzahlungsverkehr. Darüber hinaus birgt die DLT auch ein überaus großes Potential für die Versicherungsbranche. Für all diese DLT-Anwendungsfälle würde ein programmierbarer Euro eine effiziente Bezahlungsmöglichkeit bereitstellen, die u.a. Micropayments und digitale Zug-um-Zug-Geschäfte ermöglicht – Grundbausteine für die Industrie der Zukunft.
- Es ist unerlässlich, in engem und kontinuierlichem Dialog mit allen beteiligten Stakeholdern, u.a. politischen Entscheidungsträgern, Finanzaufsichtsbehörden, Organisationen des Finanzsektors, privaten Unternehmen und Verbrauchern zu stehen, um die Entwicklung des programmierbaren Euros zu fördern. Auch innerhalb der Wirtschaft ist unternehmensübergreifende Kollaboration notwendig, um Standardisierung, Interoperabilität und Fungibilität der Zahlungslösungen zu gewährleisten. Besonders die Interoperabilität verschiedener DLT-Protokolle sollte im Fokus aller Parteien stehen, da das Potential der Technologie nur durch interoperabel nutzbare Leistungen in vollem Maße ausgenutzt werden kann. Die europäische Wirtschaft sollte sich auf eine einheitliche Lösung verständigen, damit der Euro weiterhin weltweit Zahlungsmittel bleibt. Dafür ist ein weitsichtiger, transparenter und technologieneutraler Rechtsrahmen für den programmierbaren Euro unerlässlich. Kernpunkte sind hierbei u.a. die Vereinbarkeit des programmierbaren Euros mit Datenschutzbestimmungen, dem Vertragsrecht sowie dem Wertpapierrecht. Die daraus resultierende Rechtssicherheit ist notwendig, um das Vertrauen von Investoren zu gewinnen und Praxisprojekte rund um den programmierbaren Euro zu fördern. Hierfür setzt sich die vorliegende Studie und die Finanzplatz München Initiative (FPMI) ein.

Glossar

Anti-Money Laundering (AML)	Geldwäschebekämpfung: Umfasst Maßnahmen zur Prävention, Verfolgung und Ahndung von Geldwäsche, also der Verschleierung und Verschiebung von Vermögenswerten aus illegalen Aktivitäten.
Atomic Swaps	Atomic Swaps bieten die Möglichkeit, Daten von verschiedenen Blockchains Peer-to-Peer auszutauschen, ohne dass eine dritte Partei, wie z.B. eine Tauschbörse, erforderlich ist.
Blockchain	Die Blockchain bezeichnet eine auf Kryptographie basierende Unterform der Distributed-Ledger-Technologie. Hierbei handelt es sich um eine dezentral verteilte, verschlüsselte und unveränderliche Speicherung von Daten, strukturiert in aneinandergereihte Blöcke.
Cash-to-Cash Cycle	Der Cash-to-Cash Cycle bezeichnet die Periode zwischen der Zahlung an Lieferanten und dem Zahlungseingang von Kunden.
Central Bank Digital Currency (CBDC)	Eine CBDC ist eine von einer Zentralbank ausgegebene digitale Währung, die der breiten Öffentlichkeit zur Verfügung steht.
Customer-Relationship-Management (CRM)-Systeme	CRM-Systeme bilden Marketing- und Vertriebsprozesse ab und bieten eine Bedienoberfläche für Kundendaten.
Decentralized Oracle-Network (DON)	Ein Decentralized Oracle-Network ist ein dezentraler Dienst, der externe Daten sammelt und validiert und für Smart Contracts auf einer Blockchain zur Verfügung stellt.
Delivery-versus-Payment (DvP) Mechanismus	Zug-um-Zug-Abwicklung: Ein Transaktionsmodus, bei dem eine Gegenleistung erst dann "Zug-um-Zug" erbracht wird, wenn eine Leistung stattgefunden hat.
Distributed-Ledger-Technologie (DLT)	Die Distributed-Ledger-Technologie bezeichnet sowohl eine Infrastruktur als auch ein Protokoll zur sicheren und dezentralisierten Validierung, Speicherung und Aktualisierung von Daten.
Enterprise Resource Planning (ERP)-Systeme	ERP-Systeme erlauben die Abbildung von Geschäftsprozessen vom Personalmanagement bis hin zu Maschinen- und Einkaufsplanung.

Industrie 4.0	Industrie 4.0 beschreibt die Vernetzung von Maschinen und Prozessen mittels fortschrittlicher Technologie- und Kommunikationsmöglichkeiten.
Internet of Things (IoT)	Das Internet der Dinge bezeichnet die Vernetzung von Geräten, Maschinen, Sensoren und ganzen Anlagen, sodass diese autonom miteinander über das Internet kommunizieren und interagieren können.
Machine Economy	Die Maschinen-Ökonomie bezeichnet eine Wirtschaftsform, welche auf einem Netzwerk aus intelligenten, autonomen und kommunikationsfähigen Endgeräten fußt und die Notwendigkeit menschlicher Eingriffe minimiert.
Micropayments	Mikrozahlungen bezeichnen Transaktionen in Höhe eines Bruchteils einer Währungseinheit.
Mining	Als Mining „Schürfen“ wird in Anlehnung an die Goldproduktion, im Kontext von Kryptowerten, die Validierung von Transaktionen gemäß des Proof-of-Work-Verfahrens (PoW) durch Miner bezeichnet, wofür sie in Form von Kryptowerten entlohnt werden.
Maschine-zu-Maschine-Zahlung (M2M-Zahlung)	Eine M2M-Zahlung bezeichnet eine autonome Zahlung zwischen zwei oder mehreren mit digitalen Identitäten versehenen Maschinen ohne menschlichem Eingriff.
Nodes	Netzwerkknoten: Unter dem Begriff Nodes versteht man im Kontext der DLT elektronische Geräte, die an das dezentrale Netzwerk als Kommunikationsendpunkte angeschlossen sind. Nodes können Transaktionen prozessieren und sich am Validierungsprozess des Netzwerkes beteiligen.
Pay-per-Use-Zahlung	Nutzungsbasierte Zahlung: Eine Pay-per-Use-Zahlung bezeichnet eine kosteneffiziente Zahlungsstruktur, bei welcher nur der tatsächliche Verbrauch eines Gutes oder einer Dienstleistung in Rechnung gestellt wird.
Programmierbare Zahlung	Programmierbare Zahlungen bezeichnen an bestimmte vordefinierte Bedingungen (Wenn-Dann-Logiken) geknüpfte Zahlungen.
Proof-of-Stake (PoS)	Proof-of-Stake bezeichnet einen Konsensmechanismus für Blockchains, bei der einem Validator zufällig das Recht erteilt wird, einen Block zu minen.

	<p>Die Wahrscheinlichkeit ausgewählt zu werden, steigt dabei proportional mit dem Einsatz der zugrundeliegenden Krypto-währung: je mehr Ether eingesetzt wird, desto höher die Wahrscheinlichkeit. Proof-of-Stake ist deutlich ressourcenschonender als Proof-of-Work.</p>
Proof-of-Work (PoW)	<p>Proof-of-Work bezeichnet einen Konsensmechanismus bei Blockchain-Anwendungen, bei denen eine Partei zur Bestätigung von Transaktionen (und damit zum "Minen" des nächsten Blocks) ausgewählt wird, wenn diese eine bestimmte Arbeit verrichtet hat. Bei Bitcoin handelt es sich hierbei um das Lösen eines kryptographischen Rätsels.</p>
Single-Source-of-Truth (SSOT)	<p>SSOT bezeichnet das Prinzip, Information jederzeit verlässlich an genau einem zentralen Platz zu speichern, um Aktualität und Richtigkeit zu gewährleisten und Falschinformationen oder Versionskonflikte zu vermeiden.</p>
Smart Contracts	<p>Smart Contracts sind auf einer Blockchain ausgeführte, häufig einfache Programme von jedoch theoretisch uneingeschränkter Komplexität, mit der Vertragslogiken und Vereinbarungen zwischen beliebig vielen Parteien inklusive automatisierter Auszahlung abgebildet werden können.</p>
Stablecoin	<p>Ein Stablecoin ist ein Kryptowert, der Mechanismen zur Stabilisierung des Preises nutzt, um Schwankungen zu minimieren und häufig an eine Leitwährung, wie den US-Dollar, gekoppelt ist.</p>
Streaming Money	<p>Bei Streaming Money-Anwendungen wird nicht diskretionär, sondern stetig für eine Dienstleistung bezahlt. Ein Anwendungsbeispiel ist das Streamen eines Kinofilms.</p>
Telematik	<p>Die Integration von Informatik und Telekommunikation zur Ermittlung, Speicherung und/oder Verarbeitung von Daten.</p>
Tokenisiertes E-Geld	<p>Tokenisiertes E-Geld bezeichnet eine neuartige Geldform. Hierbei wird bestehendes E-Geld auf einer Blockchain emittiert und somit „tokenisiert“.</p>
Tokenisierung	<p>Der Begriff Tokenisierung beschreibt im DLT-Kontext die digitale Abbildung von Vermögenswerten und Rechten in Form eines sogenannten Tokens.</p>

1. Einleitung

Digitalisierung auf dem Vormarsch. Innovationen rund um Industrie 4.0, Internet-of-Things (IoT) und Machine Economy werden die deutsche Wirtschaft in den kommenden Jahren und Jahrzehnten nachhaltig verändern. Die damit einhergehende Automatisierung von Prozessen, die durch die Distributed-Ledger-Technologie (DLT) und die Blockchain-Technologie, einer auf Kryptographie basierenden Unterkategorie der DLT, zusätzlich vorangetrieben wird, wirkt sich sowohl auf die Realwirtschaft als auch auf den Finanzsektor aus. Um das volle Potential der Digitalisierung auszuschöpfen, bedarf es insbesondere einer Symbiose zwischen digitalisierten und automatisierten Geschäftsprozessen auf der einen Seite und effizienten Methoden zur Zahlungsabwicklung auf der anderen Seite. DLT-basierte Euro-Zahlungslösungen in Form eines programmierbaren Euros stellen hierfür eine vielversprechende Möglichkeit dar, um Effizienzen in Industrie- und Finanzunternehmen zu steigern und neue innovative Geschäftsmodelle zu ermöglichen. So können beispielsweise Micropayments, digitale Zug-um-Zug-Geschäfte oder auch Maschine-zu-Maschine (M2M)-Zahlungen effizient durchgeführt werden und gleichzeitig neue Geschäftsfelder, beispielsweise rund um Pay-per-Use-Geschäfte oder die Tokenisierung, erschlossen werden.

Inhalt der Studie. In der vorliegenden Studie werden die Chancen eines programmierbaren Euros für die deutsche Realwirtschaft und den Finanzsektor untersucht. Insbesondere wird thematisiert, inwiefern die gegenwärtigen Zahlungssysteme auf die Digitalisierung der Realwirtschaft und des Finanzsektors vorbereitet sind, bzw. welche Maßnahmen zur Anpassung getroffen werden müssen. Dabei spielen vornehmlich programmierbare Zahlungen und ein programmierbarer Euro eine zentrale Rolle. Für die Umsetzung eines solchen programmierbaren Euros werden im Folgenden insbesondere die Möglichkeiten einer Triggerlösung, die konventionelle Bezahlsysteme mit einer DLT verbindet, von Euro-Stablecoins, tokenisiertem E-Geld, tokenisiertem Giralgeld und einer digitalen Zentralbankwährung (Central Bank Digital Currency, CBDC) skizziert. Neben einer Analyse dieser Ausgestaltungsformen wird zudem der Bedarf verschiedener Industriezweige und Geschäftsfelder rund um den programmierbaren Euro analysiert und entsprechende Anwendungsfälle diskutiert.

Notwendigkeit eines DLT-basierten Euros. Im Rahmen der Studie wird aufgezeigt, dass die Möglichkeiten des IoT und der Industrie 4.0 im Speziellen, sowie die zunehmende Digitalisierung von Geschäftsprozessen im Allgemeinen, einer DLT-basierten Zahlungslösung bedürfen. Gegenwärtige Zahlungslösungen weisen Ineffizienzen und Limitationen auf, beispielsweise in Form von Systembrüchen und der Asynchronität zwischen Zahlung und Leistungserbringung, welche durch neuartige Automatisierungs- und Digitalisierungsmöglichkeiten behoben werden können. Um programmierbare Zahlungslösungen möglichst zeitnah und effektiv zur

Verfügung stellen zu können, werden in dieser Studie konkrete Handlungsempfehlungen, auch für Entscheidungsträger aus der Politik, abgeleitet.

Handlungsempfehlungen. Vor dem Hintergrund des transformativen Potentials eines programmierbaren Euros für Gesellschaft und Wirtschaft ist ein koordiniertes Handeln aller beteiligter Interessengruppen auf nationaler und europäischer Ebene erforderlich. Einen zentralen Aspekt stellen effektiver Wissenstransfer und Kooperationen in Form von Dialogreihen, Konsultationen, Arbeitsgruppen, Projekten und Reallaboren dar. Sowohl Akteure aus dem öffentlichen Sektor (z.B. politische Entscheidungsträger, nationale sowie supranationale Notenbanken, Finanzaufsicht), als auch Akteure aus dem Privatsektor (z.B. Experten aus der Zivilgesellschaft und Wissenschaft sowie private Unternehmen und Verbände) müssen aufeinander abgestimmt sein und neue Erkenntnisse und Machbarkeitsstudien liefern. Darüber hinaus müssen Anpassungen des Rechtsrahmens vorgenommen werden, um die Innovationskraft des programmierbaren Euros zu fördern, aber auch um z.B. die veränderten Anforderungen bezüglich der Unterbindung von Geldwäsche und Terrorismusfinanzierung und der Gewährleistung des Verbraucherschutzes zu reflektieren. Neue Gesetzesinitiativen müssen dabei möglichst technologieneutral ausgestaltet sein, um einen fairen Wettbewerb im Sinne eines Level-Playing-Fields zu ermöglichen. Eine weitere Rahmenbedingung für Investitionssicherheit ist die Entwicklung von einheitlichen technologischen Standards für den programmierbaren Euro, um insbesondere die Interoperabilität zwischen verschiedenen DLT-Infrastrukturen und die Austauschbarkeit des programmierbaren Euros sicherzustellen. All diese Maßnahmen tragen dazu bei, die Wettbewerbsfähigkeit und Attraktivität Deutschlands als Finanzstandort und der Europäischen Union (EU) zu stärken. Besonders Deutschland kann aufgrund seines exzellenten Industriesektors von den vielen Anwendungsfällen eines digitalen Euros profitieren.

2. Der Status Quo der Digitalisierung und Automatisierung

2.1 Zunehmende Automatisierung und Digitalisierung

Der Wandel des Finanzsektors. Die Anzahl an deutschen FinTechs – technologiebasierten Finanzdienstleistern – stieg 2021 auf 946 an¹; seit 2015 ein Wachstum von über 60%.² Zudem ermöglicht die Digitalisierung operativer Prozesse, wie die Unterstützungs-, Kern- und Managementprozesse³, Kreditinstituten, ihre Betriebskosten zu senken und ihre Wettbewerbsfähigkeit zu steigern.⁴ Inzwischen

¹ Comdirect, 2021.

² Dorfleitner et al., 2020.

³ Fischermanns, 2013.

⁴ In dieser Studie werden primär die Vorteile der Digitalisierung adressiert. Allerdings steigen mit der Digitalisierung auch die Kosten für Mitarbeiterschulungen und IT-Infrastrukturen, beispielsweise die Anschaffung neuer Systeme oder die Verlegung von Glasfaser zur adäquaten Datenübertragung.

weitert sich die Digitalisierungswelle, auch getrieben durch die Blockchain-Technologie, zunehmend auch auf die Kernbereiche von Kreditinstituten aus. Abgesehen von sich veränderndem Verhalten und Bedürfnissen von Kunden, die vermehrt digitale Schnittstellen wie beispielsweise Smartphone-Apps für die schnelle und bequeme Verrichtung ihrer Finanzgeschäfte erwarten, drängen neue Wettbewerber auf den Markt. Hierzu gehören insbesondere Fin-Tech- und Big-Tech-Unternehmen sowie große Zahlungsdienstleister, welche zunehmend die Abwicklung des Zahlungsverkehrs übernehmen und an der Entwicklung von eigenen Zahlungslösungen bzw. -plattformen arbeiten. Aber auch der öffentliche Sektor wartet mit potentiell einflussreichen Zahlungslösungen wie CBDCs auf, sodass insgesamt die Abhängigkeit von Kreditinstituten für Zahlungsabwicklungen mittelfristig abnehmen wird. Darüber hinaus ist eine dauerhafte Kapitalabwanderung getragen von Verbrauchern als auch von institutionellen Investoren aus dem traditionellen Bankensektor in den Krypto-Sektor absehbar.

Die Digitalisierung der Realwirtschaft schreitet voran. In der Realwirtschaft steht nach der Mechanisierung, der Massenproduktion und der Automatisierung nun die vierte industrielle Revolution – die sogenannte Industrie 4.0 – an, mit der sich Unternehmen in der Regel bereits seit Jahren beschäftigen.⁵ Besonders bayerische Unternehmen haben frühzeitig auf die Digitalisierung der Realwirtschaft reagiert und stellen sich neuen Herausforderungen. So soll der Freistaat Bayern internationaler Vorreiter in der Entwicklung des Mobilfunkstandards 6G werden.⁶ Industrie 4.0 beschreibt die Vernetzung von Maschinen und Prozessen mittels fortschrittlicher Technologie- und Kommunikationsmöglichkeiten. Diese vernetzten und automatisierten Maschinen sind in der Lage eine flexiblere Produktion, einen kundenzentrierten Produktionsprozess, sowie Effizienzgewinne zu realisieren. Das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) rechnet durch die Implementierung von Industrie 4.0-basierten Anwendungen mit einem Anstieg der Bruttowertschöpfung um 23 Milliarden Euro.⁷ Eine vom Digitalverband Bitkom durchgeführte Studie kommt zum Schluss, dass 81% der deutschen Industrieunternehmen aktuell an Anwendungen rund um die Industrie 4.0 arbeiten oder solche Arbeiten in naher Zukunft planen.⁸

Darüber hinaus bedeutet ein höherer Digitalisierungsgrad eine potentiell größere Angriffsfläche für Hacker-, bzw. Spionageangriffe. Die Konsequenz dessen sind höhere Kosten zur Gewährleistung der Cybersicherheit eines Unternehmens. Zudem ergeben sich im Extremfall sogar neue ressourcenintensive aufsichtsrechtliche Anforderungen, welche im Rahmen dieser Studie nur angerissen werden können. So stellte die BaFin 2018 eine Digitalisierungsstrategie vor, welche sich mit den steigenden aufsichtsrechtlichen Anforderungen an Unternehmen befasste und Richtlinien zur Gewährleistung von Informations-, IT- und Cybersicherheit erläuterte (BaFin, 2018).

⁵ Klein, 2020.

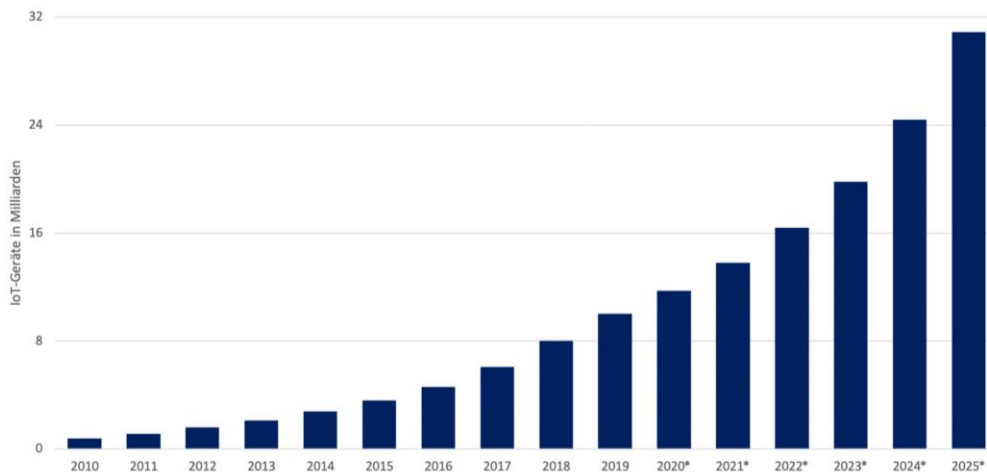
⁶ StMWi, 2021.

⁷ BMWi, 2019.

⁸ Berg, 2020; Industrieunternehmen ab 100 Mitarbeiter. Stichprobengröße: 552.

Das Internet-of-Things (IoT) als Paradebeispiel für die Automatisierung der Realwirtschaft. Unter dem Begriff Internet-of-Things (IoT) versteht man die Vernetzung von Geräten, Maschinen, Sensoren und ganzen Anlagen (Kraftwerke, Raffinerien, Stahlwerke, etc.), sodass diese autonom miteinander über das Internet kommunizieren und interagieren können. Geräte, Maschinen und Sensoren werden hierbei mit einer digitalen Identität ausgestattet und können somit Transaktionen und Prozesse autonom – ohne manuelle Eingriffe von Menschen – durchführen.⁹ Beispielsweise könnte ein IoT-Gerät autonom benötigte Ersatzteile bestellen und bezahlen. Die Vernetzung von Maschinen ermöglicht zudem die autonome Erstellung umfangreicher Prozessanalysen und daraus resultierenden Verbesserungsvorschlägen. Dies beinhaltet z.B. die sogenannte Predictive Maintenance, wobei eine Maschine selbst abschätzt, wann eine Wartung nötig sein wird.¹⁰ Schätzungen von IoT Analytics (2020) zufolge sollen bis 2025 weltweit über 30 Milliarden IoT-Geräte an das Internet angeschlossen werden (siehe Abbildung 1).

Abbildung 1: An das Internet angeschlossene IoT-Geräte weltweit



Quelle: IoT Analytics (2020, übersetzt).

Die zunehmende Automatisierung und Digitalisierung rund um Industrie 4.0 und IoT werden die Realwirtschaft, besonders durch neuartige innovative Geschäftsmodelle und Effizienzsteigerungen, substantiell verändern. Unternehmen könnten zudem von erheblichen Netzwerkeffekten profitieren, sollte sich die Vernetzung von Produktionsmaschinen und bisher isoliert voneinander agierenden Lieferketten branchenweit durchsetzen. Durch die vollständige Automatisierung der Lieferprozesse könnten Materialengpässe vorgebeugt, Personalressourcen effizienter eingesetzt und Kosten eingespart werden. So werden Prozesse effizienter, dynamischer und flexibler gestaltet.¹¹

⁹ FinTechRat, 2020; Bechtel et al., 2020.

¹⁰ Ayvaz & Alpay, 2021.

¹¹ BMWi, 2021; Paulsen & Eylers, 2020.

2.2 Aktuelle Zahlungssysteme nicht vollumfänglich auf Digitalisierung abgestimmt

Bestehende Zahlungssysteme müssen optimiert werden. Für die zukünftige Wettbewerbsfähigkeit des Wirtschaftsstandorts Deutschland spielt neben der zunehmenden Digitalisierung und Automatisierung auch die effiziente Integration der digitalisierten Geschäftsprozesse mit entsprechenden Zahlungsmöglichkeiten eine essentielle Rolle.¹² Um das volle Potential der Digitalisierung und Automatisierung auszuschöpfen, müsste das heutige Single Europe Payments Area (SEPA)-Zahlungssystem noch optimiert werden. Solche Bemühungen müssen zudem von einem Ausbau der zugrundeliegenden Infrastruktur, insbesondere im Hinblick auf die flächendeckende Verlegung von Glasfasern und der Errichtung eines lückenlosen 5G-Netzwerkes, begleitet werden.

Komplexe Geschäftsmodelle führen heute zu Systembrüchen. Die Synchronisation von (Transaktions-)Daten aus verschiedenen IT-Systemen führt heutzutage noch regelmäßig zu Systembrüchen, sodass automatische Abläufe unterbrochen werden müssen, um Daten teilweise manuell abzugleichen oder zu übertragen. Gründe hierfür sind eine begrenzte oder gar gänzlich fehlende Integration von Zahlungsprozessen in Enterprise Resource Planning (ERP)- und Customer-Relationship-Management (CRM)-Systeme oder auch Datenschutzbedenken.¹³

Systembrüche bei Bezahlung einer Leistung über das heutige Bankensystem. Um eine Zahlung über konventionelle Zahlungssysteme wie das SEPA-System abzuwickeln, wird ein Intermediär – wie etwa ein Kreditinstitut – zur Bestätigung der Zahlung benötigt. Hierbei wird das Geld nicht vom Kunden A direkt (peer-to-peer) zum Kunden B, sondern über die Bank des Zahlungssenders an die Bank des Zahlungsempfängers, gesendet. Zudem sind typischerweise Clearinghäuser in die finale Abwicklung der Zahlungen zwischen den jeweiligen Kreditinstituten involviert. Die Notwendigkeit dieser Intermediäre impliziert, dass die Prozesskette unterbrochen bzw. Zahlungen verzögert werden – ein Hindernis für eine absolut automatisierte Transaktion. Alleine im Jahr 2019 wurden im Euroraum 98 Milliarden bargeldlose Zahlungen mit einem kumulativen Volumen von 162,1 Billionen Euro¹⁴ abgewickelt – eine Steigerung von 8,1% gegenüber dem Vorjahr. Das veränderte Zahlungsverhalten als Folge der COVID-19 Pandemie wird die Entwicklung weiter beschleunigen und die Rolle des bargeldlosen Zahlungsverkehrs weiter stärken.

Zeitliche Verzögerung zwischen Leistung und Gegenleistung führt zu Kontrahentenrisiken. Das aktuelle SEPA-System ist insofern reguliert¹⁵, als dass der

¹² Obgleich durch Straight-Through Processing (STP)-Ansätze die Notwendigkeit manueller Eingriffe in Geschäftsprozesse teilweise behoben werden kann, stellt beispielsweise die unternehmensübergreifende Datenintegration noch immer eine erhebliche Barriere dar.

¹³ FinTechRat, 2020.

¹⁴ EZB, 2020b.

¹⁵ Auf etwaige Nachteile eines programmierbaren Euros wird in Tabelle 1 auf S. 15ff. eingegangen, u.a. auch auf Schwierigkeiten im Hinblick auf Konfliktlösung bzw. der Durchsetzung von Rechtsansprüchen.

zu überweisende Geldbetrag spätestens nach einem Werktag auf dem Konto des Zahlungsempfängers valutarisch gutgeschrieben sein muss.¹⁶ Gleichzeitig darf auch die Belastung des Kontos der zahlenden Person maximal einen Werktag dauern. Beabsichtigen Parteien sogenannte Zug-um-Zug-Geschäfte (Delivery vs. Payment, DvP), d.h. Geschäfte bei denen die Gegenleistung (z.B. eine Zahlung) erst dann erfolgt, wenn die Leistung (z.B. eine Lieferung) tatsächlich erbracht wurde, über das SEPA-System abzuwickeln, entstehen demnach Kontrahentenrisiken für die jeweiligen Parteien. Es drohen auf der einen Seite Szenarien, bei denen die zahlende Partei in Vorkasse geht, die Ware aber nicht geliefert wird (Zahlung vor Leistung). Auf der anderen Seite könnte die Ware auch geliefert werden, ohne dass die notwendige Zahlung erbracht wird (Leistung vor Zahlung). Dieses Kontrahentenrisiko kann durch Zahlungsgarantien oder Echtzeitüberweisungen minimiert, aber nicht komplett beseitigt werden. Zahlungsgarantien implizieren für den Händler, dass die vereinbarten Zahlungsbedingungen gewährleistet sind, auch wenn der Kunde nicht zahlt. Zahlungsgarantien sind allerdings tendenziell teuer und übertragen nur die Transaktionsinformationen, nicht den eigentlichen monetären Wert.¹⁷ Bei Echtzeitüberweisungen wird im Gegensatz zu Zahlungsgarantien der eigentliche Wert in weniger als zehn Sekunden transferiert. Im Rahmen von Echtzeitüberweisungen sind somit (quasi) digitale Zug-um-Zug Geschäfte realisierbar, jedoch sind bei weitem nicht alle Kreditinstitute an diese Zahlungsoption angebunden.¹⁸ Im Falle des Echtzeitzahlungssystems SEPA Instant Payments Systems sind derzeit beispielsweise nur 62% der Zahlungsverkehrsdienstleister, die traditionelle SEPA-Transaktionen anbieten, mit dem System verbunden.¹⁹

Fehlende Standards erschweren die Digitalisierung von Zahlungsprozessen.

Empfänger einer SEPA-Zahlung können heute ausschließlich über ihre IBAN adressiert werden. Allerdings wäre es deutlich bequemer, auch alternative Identifikationsmöglichkeiten, wie E-Mail-Adressen oder Handynummern, für Transaktionen auswählen zu können.²⁰ Für industrielle Transaktionen unter Maschinen (M2M-Transaktionen), eine essentielle Voraussetzung des IoTs, fehlen Standardisierungen und Möglichkeiten für Maschinen am Zahlungsverkehr teilzunehmen. Zahlungssysteme wie SEPA können derzeit keine Maschinen-identitäten abbilden und somit durch IoT-Geräte initiierte Transaktionen nicht zuordnen.²¹ Maschinen können daher nur bedingt an den Zahlungskreislauf angebunden werden, und Transaktionen können nicht autonom initiiert werden. M2M-Transaktionen sind auf diese Weise nicht möglich, da ein Intermediär zur Zahlungsbestätigung benötigt wird. M2M-Zahlungen werden zudem durch das ebenfalls für Maschinen geltende regulatorische Erfordernis einer 2-Faktor Authentifizierung erschwert.

¹⁶ Forster et al., 2021.

¹⁷ Forster et al., 2021.

¹⁸ Forster et al., 2021.

¹⁹ Stand: Mai, 2021; BEUC, 2021.

²⁰ Forster et al., 2021.

²¹ Forster et al., 2021.

Micropayments nicht möglich. Zudem führt der arbeitsintensive Abgleich zwischen eingehenden Zahlungen und offenen Rechnungen für die beteiligten Parteien zu erheblichen Transaktionskosten. Da diese Transaktionskosten unabhängig von der Höhe der Transaktion anfallen, sind Zahlungen im Cent- oder Sub-Cent-Bereich, sogenannte Micropayments, derzeit nicht wirtschaftlich durchführbar, da Standards und effiziente Möglichkeiten zur Zahlungsabwicklung fehlen. SEPA-Transaktionen können beispielsweise keine kleineren Werteinheiten als einen Cent effizient abbilden.²²

Nur beschränkte Möglichkeit programmierbarer Zahlungen. Erste Praxisbeispiele aus der Industrie 4.0 zeigen, dass digital verknüpfte Maschinen Vorteile in der Entwicklung einer effizienteren Produktionslogistik komplexer Anlagen und der Reduktion von Leerlaufzeiten bringen können. Vor allem die Integration in den Zahlungskreislauf ist hierbei ein zentrales Element, besonders dann, wenn vielseitige Zahlungsauslösevorgänge für Maschinen spezifiziert werden können. In der Konsequenz könnten dann Maschinen eigenständig Zahlungen senden und empfangen. Jedoch können aktuelle Zahlungssysteme komplexe Prozesse für die Zahlungsauslösung noch nicht abbilden.²³ Einfache, konditionale, programmierbare Zahlungen, d.h. Zahlungen, die ausgelöst werden, wenn bestimmte Bedingungen eintreten, können über heutige Bezahlsysteme bereits abgebildet werden. So lassen sich beispielsweise Daueraufträge einrichten, die zu einem bestimmten Stichtag eine Zahlung auslösen. Eine Überweisung kann jedoch typischerweise nicht häufiger als monatlich ausgelöst werden. Komplexere programmierbare Zahlungen, wie beispielsweise mehrere oder zeitlich versetzte Bedingungen für die Zahlungsauslösung, sind im heutigen System nicht effizient umsetzbar. Für innovative Geschäftsmodelle rund um das IoT und Micropayments sind derartige Systeme demnach nicht ausreichend.

Nicht alle neuen, innovativen Geschäftsmodelle sind mit traditionellen Infrastrukturen umsetzbar. Insgesamt führt besonders die Integration von Zahlungsprozessen komplexer Geschäftsmodelle, wie beispielsweise Pay-per-Use²⁴, zu Schwierigkeiten, Zahlungen über konventionelle Kanäle abzuwickeln. Es sind jedoch genau diese Geschäftsmodelle, welche bei einer steigenden Digitalisierung und Automatisierung von Prozessen immer mehr an Bedeutung gewinnen (siehe Kapitel 6).²⁵ Allerdings weichen die angesprochenen Geschäftsmodelle vor allem in ihren Zahlungslogiken von den bisher bekannten, traditionellen Zahlungen ab. Pay-per-Use-Geschäftsmodelle stehen daher vor dem Hintergrund der zuvor beschriebenen Limitationen gegenwärtiger Bezahlsysteme bislang noch vor erheblichen Herausforderungen.

²² FinTechRat, 2020; Forster et al., 2021.

²³ FinTechRat, 2020.

²⁴ Pay-per-Use-Kunden bezahlen für eine Leistung basierend auf der tatsächlichen Nutzung des Produktes.

²⁵ Bechtel et al., 2020.

3. Wie die DLT die Digitalisierung vorantreiben kann

3.1 Definition und die Rolle der DLT für die Digitalisierung

Einordnung von DLT und Blockchain. Um die beschriebenen Limitationen zu adressieren und die Digitalisierung weiter voranzutreiben, wird DLT eine wichtige Rolle einnehmen. Der Begriff DLT beschreibt eine spezielle Form der dezentralen und verteilten elektronischen Datenverarbeitung und -speicherung. Die Blockchain-Technologie bezeichnet eine Unterform der DLT. Daten werden hierbei in Datenblöcken gesammelt und kryptographisch miteinander verknüpft.²⁶ Innerhalb dieser Studie werden die Begriffe DLT und Blockchain synonym verwendet.

Öffentliche und private DLTs. Öffentliche (public) DLTs erlauben jedem Netzwerkteilnehmer das Auslesen von Transaktionsdaten auf der verteilten Datenbank. Es ist daher erkennbar, welche Partei zu welcher Zeit welche konkreten Transaktionen getätigt hat. Auch können Teilnehmer selber Nodes hinzufügen, um durch Bereitstellung von Rechenkapazität an der Berechnung des nächsten Blocks teilzunehmen und hierfür mit Coins belohnt zu werden. Da hierdurch ein Sicherheitsrisiko für betrügerische Machenschaften eröffnet wird, werden kryptografische Rätsel als Sicherheitsgarantie eingeführt, um einer 51%-Attacke²⁷ entgegenzuwirken. Hierdurch sind öffentliche Blockchains sehr rechen- und energieintensiv. Für die Privatwirtschaft haben in der Praxis öffentliche DLTs u.a. aufgrund von Datenschutzbedenken und Vertraulichkeit der Daten eine geringe Anwendbarkeit, da Daten für immer pseudonymisiert gespeichert sind und die Transaktionskosten und -geschwindigkeiten nicht für alle Geschäftsbereiche geeignet sind. Zudem stellen die derzeitige Energieintensität und mangelnde Skalierbarkeit auf in der Regel Proof-of-Work basierenden DLTs Hindernisse dar (siehe Kapitel 3.7). Neben öffentlichen DLTs existieren daher private DLTs, denen man durchaus einen eher zentralisierten Charakter zusprechen kann: Lese- und Schreibberechtigungen werden in der Regel von Unternehmenskonsortien nach interner Abstimmung und nur auf Einladung erteilt. Im Gegensatz zu öffentlichen DLTs sind private DLTs aufgrund der Überschaubarkeit von ausgewählten Knotenpunkten energieeffizienter und skalierbarer. Private Blockchains eignen sich daher besonders für Konsortien und geschlossene Netzwerke. In letzter Zeit werden auch "public-permissioned" Blockchains zunehmend diskutiert. Diese semi-public Blockchains versuchen, die Vorteile beider Systeme zu kombinieren, indem sie z. B. alternative Konsensmechanismen wie Proof-of-Stake (PoS) nutzen. So werden z.B. Leserechte öffentlich vergeben, während nur einer kontrollierten Teilnehmerzahl das Hinzufügen

²⁶ Brühl, 2017.

²⁷ Eine 51%-Attacke bezeichnet eine Attacke auf ein Blockchain-Netzwerk, bei der ein Miner oder eine Gruppe von Minern mehr als 50% der gesamten Rechenleistung des Netzwerks auf sich vereint und dadurch die Prämisse der ehrlichen Transaktionsausführung langfristig kompromittieren kann. In Folge einer solchen Attacke könnte es dazu kommen, dass falsche und unautorisierte Transaktionen durchgeführt werden.

von Nodes erlaubt wird. Somit werden Daten zwar transparent und damit vertrauensbildend veröffentlicht, eine 51%-Attacke wird jedoch prinzipiell verhindert. Somit kann die Blockchain sehr energieeffizient betrieben werden, während sich für die Nutzer weiterhin die Vorteile einer Blockchain ergeben.

Die Rolle der DLT für die Digitalisierung und Resilienz. Durch die verwendeten kryptographischen Methoden und den festgelegten dezentralen Konsensmechanismus sind Daten in einer DLT-basierten Datenbank vor Manipulationen geschützt. Dadurch entfällt im Falle von öffentlichen DLTs die Notwendigkeit für jegliches Vertrauen zwischen den jeweiligen Transaktionsparteien. In zugangsbeschränkten Systemen muss im Gegensatz zu heutigen zentralisierten Systemen nicht mehr einer einzelnen Entität, nämlich dem Systemoperator, vertraut werden. Daten werden auf DLT-Systemen dezentral und geografisch verteilt gespeichert. Da es in solchen Systemen keine Single-Point-of-Failures gibt, erhöht sich die Resilienz der Systeme. Sollte eine validierende Instanz ausfallen oder nicht verfügbar sein, z.B. wegen fehlender Internetverbindung, ist das System als Ganzes weiterhin uneingeschränkt operabel. Die Validierung von Zahlungen läuft hierbei dezentral ab und kann derartige Ausfälle kompensieren. Aufgrund dieses verteilten Mechanismus können zudem Effizienzgewinne erzielt werden, sollten Parteien im System ausfallen bzw. nicht erreichbar sein. Dieser Ausfall kann dann von anderen Netzwerkteilnehmern kompensiert werden.

3.2 Automatisierung von Prozessen durch DLT

Automatisierung durch Smart Contracts. Die Notwendigkeit von Intermediären im traditionellen Finanzwesen hat zur Folge, dass die impliziten zusätzlichen Schritte zur Transaktionsbestätigung die Fehleranfälligkeit und die Wahrscheinlichkeit von Systembrüchen an den Schnittstellen von Infrastrukturen erhöht. DLT-Systeme setzen hier an und können Abhilfe schaffen.²⁸ Gänzlich DLT-basierte Lösungen können demnach eine nahtlose und automatisierte Zahlungsausführung direkt zwischen zwei Parteien ermöglichen, indem sie Prozesslogiken mithilfe von Smart Contracts abbilden können, ohne dass die Prozesslogik durch die ausstehende Transaktionsbestätigung eines Intermediärs unterbrochen wird. Smart Contracts sind auf einer DLT gespeicherte und ausgeführte Skripte, welche die Blockchain und damit die dezentrale Rechenkapazität der Nodes als Systemumgebung nutzen. Alle Smart Contract-Programmiersprachen sind turing-vollständig, sie können also theoretisch alle denkbar komplexen Programmlogiken abbilden; limitiert sind Smart Contracts nur durch die Rechenkapazität (und die damit einhergehenden Gebühren) ihrer jeweiligen Blockchain und den Erfindungsreichtum ihrer Entwickler. Die meisten Smart Contracts nutzen lediglich klassische Wenn-Dann-Logiken, d.h. sie lösen beim Eintreten im Voraus definierter Umstände bestimmte Aktionen aus, die bei Kombination mit DLT auch verlässlich dokumentiert werden.

²⁸ Welzel et al., 2017.

Während es teilweise Sicherheitsbedenken bezüglich der Komplexität der Programmiersprache und damit verbundener Sicherheitslücken gibt, könnten zwei Drittel der Smart Contracts aufgrund ihres simplen Quellcodes auch auf einer weniger komplexen Programmierumgebung ausgeführt werden.²⁹

Programmierbare Zahlungen. Konditionale, programmierbare Zahlungen via Smart Contracts bieten ein großes Automatisierungspotential und sind wesentlich flexibler als simplere, aktuell bekannte Automatisierungen über programmierbare Zahlungen wie Daueraufträge. Mithilfe von Sensoren und entsprechenden Rahmenverträgen können z.B. Lagerbestände, ohne jegliche menschliche Unterstützung, präzise kontrolliert werden.³⁰ Auf Grundlage dieser Messung kann bei tatsächlichem Verbrauch direkt und instantan eine Zahlung über die DLT an den Lieferanten getätigt werden. Somit entsteht keine zeitliche Asynchronität zwischen Leistung und Gegenleistung, wodurch das Kontrahentenrisiko behoben werden kann. Insgesamt ermöglicht es die DLT also, komplexe Geschäftsmodelle, welche auf automatisierten Zahlungen beruhen (beispielsweise im Kontext von Pay-per-Use), effizient abzubilden und es mit entsprechenden Zahlungen zu verbinden.

3.3 Zug-um-Zug-Geschäfte

Digitale Zug-um-Zug-Geschäfte. Neben der höheren Automatisierung und den damit einhergehenden Effizienzsteigerungen ermöglichen DLT-basierte Smart Contracts zudem digitale Zug-um-Zug-Geschäfte. Ein Beispiel für ein physisches Zug-um-Zug-Geschäft ist eine Bargeldzahlung, bei der eine Ware oder eine Dienstleistung (Leistung) direkt bezahlt wird (Gegenleistung). Bei Geschäften dieser Art wird zeitgleich zur eigentlichen Leistung direkt eine Gegenleistung erbracht. Wird der Austausch von Leistung und Gegenleistung asynchron abgewickelt, entstehen Effizienzverluste. Als Konsequenz entfällt bei Zug-um-Zug-Geschäften das Kontrahentenrisiko, dass für eine Leistung gezahlt wird, die nicht erbracht wird, bzw., dass geleistet, aber nicht gezahlt wird.

Die Rolle der Blockchain für Zug-um-Zug-Geschäfte. Digitale Zug-um-Zug-Geschäfte sind heute noch nicht weitläufig verbreitet. So dauert beispielsweise die Abwicklung eines Wertpapierkaufs typischerweise noch mehrere Tage (T+2). Bei einem Wertpapierkauf erfüllt ein Zentralverwahrer, beispielsweise Clearstream, die Aufgabe des Settlements (Abwicklung) und sorgt für eine rechtmäßige Besitzübertragung von Geld und Wertpapier. Die Übertragung des Wertpapiers erfolgt allerdings nicht gleichzeitig mit der getätigten Zahlung, sondern findet in einer

²⁹ Jansen et al., 2019.

³⁰ Allerdings stellt die Integration physischer Ereignisse in die Blockchain über sogenannte Oracles teilweise eine Herausforderung dar, da dies eine möglichst hohe Kongruenz zwischen von Sensoren gemessenen Daten und dem tatsächlichen Lagebild voraussetzt. Bei Verbindung der physischen Welt mit der Blockchain über Oracles benötigt ein Smart Contracts zudem einen externen Auslöser.

separaten Infrastruktur statt, weshalb die Transaktion häufig erst einige Tage später durch ein Clearinghouse final und rechtswirksam abgewickelt wird.³¹ Diese Verzögerung liegt auch daran, dass die Zahlungsdurchführung und der Austausch des Wertpapiers in zwei verschiedenen technischen Infrastrukturen stattfinden. Für digitale Zug-um-Zug-Geschäfte können die DLT und Smart Contracts eine wichtige Rolle einnehmen. Das Geld zur Bezahlung einer Leistung wird hierbei innerhalb der Blockchain so lange in einem Smart Contract gehalten bzw. "eingesperrt", bis die Leistung tatsächlich erfolgt und bestätigt wurde. Es wird technisch nicht möglich sein, dass nur die Lieferung erfolgt, ohne dass auch die Zahlung im gleichen Moment erfolgt und umgekehrt. Dies bedeutet, dass es bei einer Unterbrechung des Zahlungsvorgangs oder der Lieferung gleich aus welchem Grund zu keinem Geschäftsabschluss kommt. Die vom Smart Contract zwischenzeitlich verwahrten Vermögenswerte kehren sodann zu den Geschäftspartnern zurück.

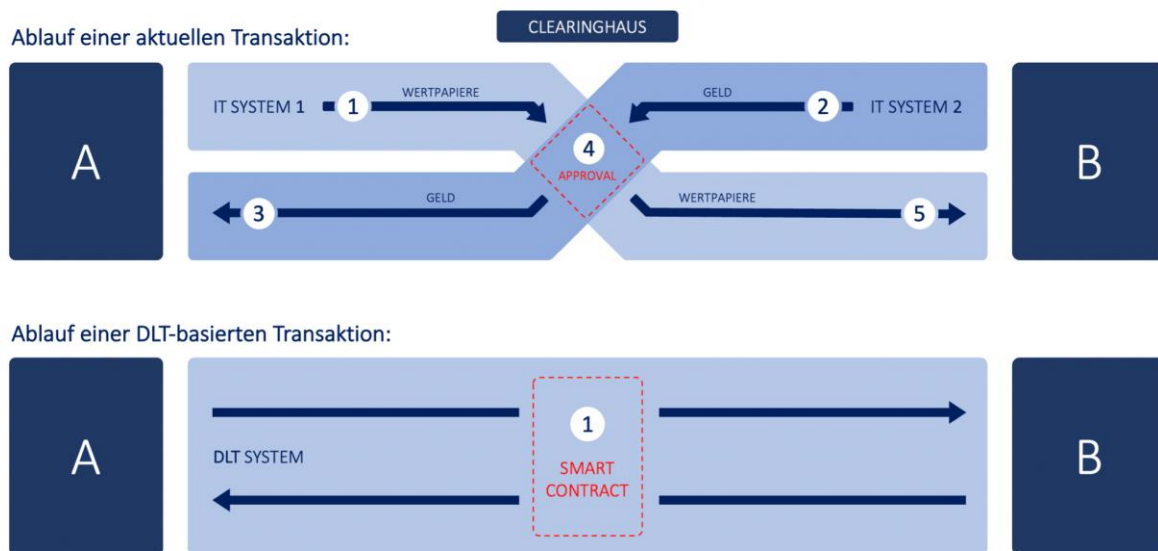
Eine Plattform für Dienstleistung und Bezahlung. Die Nutzung einer Blockchain ermöglicht es, sowohl die Dienstleistung (z.B. die Übertragung eines Wertpapiers) als auch die entsprechende Bezahlung (z.B. Bezahlung des Wertpapiers) über die gleiche Plattform abzuwickeln. In einer solchen Situation ist die zeitintensive und tendenziell fehleranfällige Synchronisation verschiedener Infrastrukturen nicht mehr notwendig. Beispiele aus der Praxis sind Anwendungen aus dem Bereich der Decentralized Finance (DeFi). Hierbei werden Anwendungen meist auf der Ethereum-Blockchain entwickelt, die den Geschäftsprozess und die Bezahlung über dieselbe Blockchain-Plattform erbringen. Inzwischen sind im DeFi-Universum fast 100 Milliarden US-Dollar an Kapital investiert.³²

Rolle der Tokenisierung. Das volle Potential digitaler Zug-um-Zug-Geschäfte kommt erst in Verbindung mit der Tokenisierung von Vermögenswerten zur Geltung (siehe Kapitel 6.1.2). Bei physischen Lieferungen muss z.B. im Einzelfall geklärt werden, wer im Fall eines Geschäftsabbruchs etwaige Rücktransportkosten zu tragen hat. Für die Eingabe der auslösenden Information sind entweder externe Oracles, z.B. Decentralized Oracle-Network (DONs), oder die beiden Geschäftspartner verantwortlich.

³¹ Deutsche Börse, 2021.

³² DeFi Pulse, 2021.

Abbildung 2: Die Rolle der DLT bei der Zahlungsabwicklung



Quelle: Eigene Darstellung.

Atomic Swaps. Für blockchain-basierte Zug-um-Zug-Geschäfte spielen Atomic Swaps eine wichtige Rolle. Atomic Swaps ermöglichen es, auf einer Blockchain repräsentierten Werte, wie z.B. digitale Wertpapiere, Peer-to-Peer zwischen unterschiedlichen DLT-Protokollen auszutauschen. Trotz des fehlenden Intermediärs wird die Zahlung für beide Akteure sichergestellt, indem die Transaktion durch einen sogenannten Hashed Timelock Contract (HTC), einen bestimmten Smart Contract, ausgeführt wird. Dieser bedarf einer kompatiblen, interoperablen Blockchain und versieht eine Transaktion mit einem Zeitlimit, in welchem diese beidseitig vollzogen werden muss. Wird beispielsweise die Leistung nicht erbracht, wird die Transaktion als Gegenleistung automatisch abgebrochen. Aufgrund dieser Eigenschaft eignet sich der Atomic Swap insbesondere für Geschäfte, bei denen eine sofortige, zweiseitige Transaktion (also Zug-um-Zug-Geschäfte) erfolgen soll.³³ Der zugrundeliegende Prozess am Beispiel eines Wertpapierkaufs wird in Abbildung 2 dargestellt. Während die Zahlung bei konventionellen Transaktionen über ein Clearinghaus final abgewickelt wird, übernimmt diese Aufgabe im Falle einer DLT-Plattform der festgelegte Smart Contract selbst und reduziert somit die nötigen Intermediäre und Zwischenschritte einer Transaktion auf ein Minimum, wodurch der Automatisierungsgrad erhöht wird.

3.4 Micropayments und Streaming Money

Die Fraktionalisierung DLT-basierter Zahlungsmittel. Darüber hinaus ermöglicht es die DLT, Zahlungen im Sub-Cent-Bereich, sogenannte Micropayments, effizient zu tätigen, da Intermediäre wegfallen und dementsprechend Kosten reduziert werden. Durch die Abbildung von Vermögenswerten auf DLT-Basis sind diese theoretisch

³³ Bitpanda, 2021b.

unendlich teilbar, also fachlich "fraktionalisierbar". Somit ist es möglich, den Euro nicht nur in Euro und Cent, sondern auch kleinere Beträge, d.h. weniger als ein Cent, abzubilden. Durch eine Fraktionalisierung des Geldes würde die Bezahlung auch mit Kleinstbeiträgen ermöglicht werden. Ein Beispiel zur Illustration der technologischen Möglichkeiten der Teilbarkeit DLT-basierter Zahlungsmittel wäre Ether, die "Geldeinheit" der Ethereum-Blockchain. Ether-Einheiten können bis in die Subeinheit Wei unterteilt werden, was 10^{-18} Ether entspricht. Ein Ether ist somit theoretisch Trillionen Mal teilbar.³⁴ Allerdings schränken derzeit noch hohe Transaktionskosten öffentlicher Blockchains die Verbreitung von DLT-basierten Micropayments ein. Die Systemanpassungen bei Ethereum im Zuge des Updates zu Ethereum 2.0 versprechen, die Transaktionskosten in naher Zukunft erheblich zu reduzieren.

Die Vorteile der Fraktionalisierung. Diese Stückelung von Geldbeträgen in noch kleinere Einheiten ermöglicht eine noch präzisere Quantifizierung der erbrachten Leistung und garantiert somit eine effizientere Abrechnung, da nicht wie bislang zu einer "groben Schätzung" des Betrags gegriffen werden muss. Insbesondere bei einer zukünftig steigenden Anzahl von Pay-Per-Use-Geschäften wird somit eine stärkere Automatisierung mit effizienter Zahlungsabwicklung von Kleinstbeträgen ermöglicht. Durch die Weiterentwicklung der Machine Economy³⁵ und den damit einhergehenden zunehmenden Automatisierungsprozessen von Maschinen wird die Implementierung von Micropayments der ausschlaggebende Faktor sein, um z.B. die rechenleistungs-basierte Gebühr für die Nutzung von Cloud Services abzurechnen und effizient transferieren zu können. Dies sollte auch im Sinne der Verbraucher und der Dienstleister bzw. Hersteller sein: Käufer bezahlen heutzutage durch Aufrundungen auf den nächsten Centbetrag mehr und Verkäufer nehmen durch weniger ein als sie müssten, weil Subcent-Beträge derzeit nicht abgerechnet werden können. Heute werden Zahlungen typischerweise aggregiert und dann beispielsweise am Tagesende gebündelt abgewickelt. Allerdings führt dies zu hohen Buchhaltungs- und Administrationskosten. Transaktionen könnten durch die DLT sofort und in kleinsten Beträgen besonders effizient abgewickelt werden, da die Leistungserbringen, die Bezahlung, die Rechnungsstellung und die Buchung atomar durchgeführt werden können.

Streaming Money als Anwendungsfall. Micropayments sind zudem für Geschäftsmodelle rund um Streaming Money von großer Bedeutung. Hierbei wird

³⁴ Dies ist im Falle des Ethereum-Netzwerks notwendig, um die Netzwerksicherheit durch die Bepreisung von Transaktionsaufträgen sicherzustellen. Einerseits sollen zwar im Idealfall Transaktionsaufträge an die Validatoren des Netzwerks sehr günstig sein, zumal Automatisierungen von Wertetransferprozessen auch eine große Anzahl an Transaktionen implizieren. Andererseits dürfen solche Transaktionsaufträge nicht kostenlos sein, um böswillige Akteure von Netzwerkangriffen in Form von Überlastung des Netzwerks durch unendlich viele Transaktionen abzuhalten.

³⁵ Machine Economy bezeichnet die vollständige Integration und Teilhabe vollständig autonom funktionierender Maschinen auf Basis der Implementierung einer innovativen Technologie, wie z.B. der Blockchain (Fraunhofer Institut, 2020).

nicht diskretionär für eine Dienstleistung bezahlt, sondern stetig.³⁶ Ein konkretes verbrauchernahes Beispiel wäre die Nutzung von Informationsquellen wie eBooks oder Online-Artikeln aber auch Musik-Streaming. Hierbei bezahlt der Kunde für jede Sekunde, die er die Quelle verwendet bzw. Musik streamt. Folglich steigern solche Möglichkeiten das Interesse der Kundengruppen, die nur vereinzelte Teile der Informationsquelle nutzen wollen, einen kompletten Erwerb der Quelle aber wirtschaftlich nicht vertreten können. Weitere Beispiele umfassen die nutzungs-basierte Abrechnung von Verbrauchsgütern, welche nicht regelmäßig und nur vereinzelt genutzt werden, wofür Zahlungen im Subcent-Bereich notwendig sind. Streaming Money wäre jedoch nur dann von besonders hohem Nutzen, wenn die genutzte Geldeinheit ausreichend fraktionalisierbar ist, um einen stetigen Geldfluss adäquat abbilden zu können – auch im Sub-Cent-Bereich.³⁷ Eine solche Granularität erreichen derzeit nur DLT-basierte Zahlungsmittel, jedoch bilden auch andere Systeme Sub-Cent Beträge zu einem gewissen Grad ab. Das Tick Size Regime der European Securities and Markets Authority (ESMA) definiert, dass Börsenpreise mit vier Nachkommastellen aufgeführt werden müssen und zeigt somit, dass Handels- und Abwicklungssysteme Sub-Cent Beträge abbilden können, wengleich solche Zahlungsoptionen derzeit nicht für die Realwirtschaft zur Verfügung stehen.

3.5 Anbindung von Maschinen

Single Source of Truth (SSOT) als Alleinstellungsmerkmal der DLT. Die effiziente Abbildung von Streaming Money-Anwendungen und Micropayments kann insbesondere durch die Ausstattung von Maschinen bzw. Sensoren mit eigenen Wallets zu einem deutlichen Bedeutungsgewinn der industriellen Anwendungsfälle von Pay-per-Use gestützten Geschäftsmodellen führen. Hierbei kann die DLT eine wichtige Rolle einnehmen, um das Onboarding der Maschinen durch Wallets effizient zu ermöglichen.³⁸ Zusätzlich ist durch die Verwendung der Blockchain-Technologie die Datenintegrität und -authentizität gewährleistet. Dadurch wird der Blockchain die Rolle einer Single Source of Truth (SSOT) zuteil.

Die Vergabe von Maschinenidentitäten. Ohne DLT-basierte Maschinenidentitäten ist eine vollständige Umsetzung der Industrie 4.0 und des IoTs nur schwer vorstellbar. Sie sind notwendig, um Sensoren, Geräte, Maschinen und Anlagen identifizieren zu können und den Zugriff auf (sensible) Daten zu verwalten. Dies wird durch den Einsatz der üblicherweise in der DLT implementierten Public-Key-Kryptographie ermöglicht, die über digitale Signaturen den Nachweis der Authentizität des Nachrichtensenders erbringen können. Darüber hinaus können Maschinen diese Identitäten benutzen, um

³⁶ FinTechRat, 2020.

³⁷ In offenen, POW-basierten Systemen wie Bitcoin oder Ethereum sind die Transaktionskosten heute noch zu hoch, um Streaming Money-Anwendungsfälle effizient abzubilden. Deshalb empfiehlt sich hierfür die Nutzung von privaten Blockchain-Systemen, die einen zentralisierteren Konsensmechanismus verwendet, der die Transaktionskosten erheblich reduziert.

³⁸ Forster et al., 2021.

sich selbst zu authentifizieren und Daten- und Wertetransfers zu autorisieren. Erst durch die Zuweisung dieser Identitäten werden Maschinen zu autonomen, kommunikations- und transaktionsfähigen Teilnehmern der Machine Economy, innerhalb derer die DLT die transaktionsvalidierende Notarfunktion übernimmt. Die DLT vereint dabei die Informationen der über die Zahlungen getroffenen Vereinbarungen, lokale Daten der Maschinen (z.B. von Sensoren) sowie externe Daten aus Oracles wie DONs. In diesem Zusammenhang sammeln diese externen Informationen, validieren diese und speisen sie schließlich in das DLT-Netzwerk ein. Durch die Kombination aus Blockchain-Technologie und externen Daten kann ein bislang unerreichter Grad an Automatisierung erzielt werden.

3.6 Zwischenfazit: Die Vor- und Nachteile von DLTs für Zahlungsabwicklungen

In der folgenden Tabelle werden die Vorteile von DLTs für Zahlungsabwicklungen, die in Kapitel 3 ausführlich beschrieben wurden, in aggregierter Form zusammengefasst. Zudem werden ebenfalls entsprechende Risiken, die aus der Nutzung von DLTs resultieren, skizziert und kurz beschrieben.

Tabelle 1: Vor- und Nachteile von DLTs für Zahlungsabwicklungen

	Argument	Beschreibung
Vorteile	Höhere Resilienz	Das Zahlungssystem kann auch dann weiter problemlos funktionieren, wenn einzelne Systemparteien ausfallen, nicht verfügbar oder kompromittiert sind.
	Nahtlose Systeme/keine Systembrüche	Dienstleistung (z.B. Übertrag eines Vermögenswertes) und entsprechende Bezahlung können über die gleiche Plattform abgewickelt werden (Cash-Leg und Asset-Leg im selben System).
	Höhere Effizienz der Zahlungsabwicklung	Schnellere Zahlungsabwicklung, z.B. im Zuge eines Wertpapierübertrags, da nicht mehr verschiedene Infrastrukturen miteinander synchronisiert werden müssen; geringere Kontrahentenrisiken durch DLT-basierte Zugum-Zug-Geschäfte in (Quasi-)Echtzeit; keine Clearinghäuser mehr notwendig (Funktion übernimmt Smart Contract)
	Standardisierte und vertrauensvolle technologische Basis	Schaffung einer Plattform zum Austausch von Werten, auf welcher keine Partei eigenständig Regeln ändern kann, da die Regeln transparent im Protokoll festgelegt sind. Auf

		diese Art und Weise kann das Vertrauen in die technologische Basis erhöht werden, sodass sich kooperierende Unternehmen eher auf eine technologische Basis einigen können.
	Hohe Automatisierung durch Smart Contracts und Oracles	Smart Contracts sind auf einem DLT-System ausgeführte Programme, die Zahlungen ausführen können. Sie werden durch interne Ereignisse (wie z.B. Zahlungen) oder externe Ereignisse, die über Oracles in die Blockchain eingespeist werden, ausgelöst. Auf diese Art und Weise lassen sich höchst komplexe Programmier-, Vertrags- und Geschäftslogiken abbilden.
	Effiziente Abbildung von Micropayments und Streaming Money	Bedingt durch die beschriebenen Vorteile lassen sich Zahlungen im (Sub-)Cent-Bereich über private (und zukünftig wohl auch über public) Blockchain-Systeme effizient abbilden, wodurch Streaming Money-Anwendungsfälle effizient und verlässlich umgesetzt werden können.

Nachteile	Blockchain als neuartige Infrastruktur mit neuen operativen Risiken	Blockchains stellen neuartige Datenbanksysteme dar, die bislang unbekannt operative Risiken, beispielsweise hinsichtlich Infrastruktur, Programmierung und Smart Contracts mit sich bringen können.
	Neue Anschaffungskosten	Als in der Regel von zentralisierten Infrastrukturen unabhängige Datenbanken erfordern Blockchains zu Beginn nicht unerhebliche Anfangsinvestitionen, die zusätzlich zu Infrastrukturkosten zentralisierter Systeme anfallen. Zudem müssen neuartige Schnittstellen entwickelt werden.
	Sourcing neuer Kompetenzen erforderlich	Blockchain-Projekte können in der Regel nicht ohne externe Kompetenzen, wie z.B. Technologieanbieter oder Software-Entwickler durchgeführt werden.
	Hohe Transaktionskosten	Bei Public Blockchains (wie Bitcoin oder Ethereum) sind die Transaktionskosten derzeit sehr hoch, sodass sich Micropayments oder Streaming Money-Anwendungsfälle nicht effizient umsetzen

		lassen. Second-Layer-Lösungen, wie das Bitcoin Lightning Netzwerk, oder die mit dem Update Ethereum 2.0 einhergehenden Änderungen, versprechen, zukünftig Transaktionskosten zu senken.
	Komplizierte Konfliktklärung	Konfliktklärung ist in Systemen mit Intermediären leichter möglich, da Intermediäre als Anlaufstellen fungieren und gerichtliche Urteile zentral umgesetzt werden können. Bei Peer-to-Peer-Netzwerken gibt es keine solche Anlaufstellen, d.h. von der Programmlogik nicht bedachte Konflikte oder Sonderfälle sind (technisch) aufwendiger zu lösen.
	Rechtsslage teils unklar	Rechtsfragen sind im Falle eines blockchain-basierten Euros und rund um Smart Contracts nicht immer klar bzw. abschließend geregelt, was einen Nachteil gegenüber konventionellen Zahlungssystemen darstellt.

3.7 Limitationen von Kryptowerten

Kryptowerte sind für die Realwirtschaft nicht die Lösung. Blockchain-basierte Zahlungen, die durch Smart Contracts ausgelöst werden, sind bereits seit mehreren Jahren möglich. Jedoch werden diese lediglich über Kryptowerte wie Bitcoin oder Ether, aber kaum über Fiat-Währungen, wie den Euro, abgewickelt.³⁹ Für Unternehmen sind Zahlungen in den bekannten Kryptowerten u.a. aus den folgenden drei Gründen problematisch, die anhand des Beispiels Bitcoin verdeutlicht werden.

Hohe Volatilität von Kryptowerten. Kryptowerte wie Bitcoin sind extrem volatil und bergen somit erhebliche Kursänderungsrisiken. Im Vergleich zu einem Stablecoin, einem wertstabilen Kryptowert (siehe Kapitel 5.3.2), fehlen klassischen Kryptowerten hinterlegte Sicherheiten wie Staatsanleihen oder Fiat-Währungen, welche das Vertrauen in die Stabilität stärken und den Wert stabilisieren. Aufgrund ihrer starken Kursschwankungen sind Kryptowerte wie Bitcoin (noch) nicht als Zahlungs- oder Wertaufbewahrungsmittel geeignet.

Geringe Skalierbarkeit. Der Begriff der Skalierbarkeit bezieht sich im DLT-Kontext grundsätzlich auf die Anzahl der pro Zeitintervall durchführbaren Transaktionen. Das Bitcoin-System erlaubt aufgrund von Restriktionen bzgl. der Blockgröße und des Konsensmechanismus derzeit nur sieben

³⁹ Zwar existieren heute bereits erste Euro-Stablecoins, die Euro-Transaktionen auf DLT-Basis ermöglichen. Allerdings sind diese heute noch von rechtlichen Unsicherheiten und Ausfallrisiken geprägt.

Transaktionen pro Sekunde, während Zahlungsinfrastrukturen von Visa oder Mastercard mehrere tausend Transaktionen pro Sekunde abwickeln können.⁴⁰ Aus diesem Grund sind Bitcoin-Zahlungen (noch) nicht skalierbar – ein weiterer Grund, weshalb Bitcoin als Zahlungsmittel für die Realwirtschaft und den Finanzsektor derzeit nicht in Frage kommt.

Hoher Energieverbrauch. Zusätzlich gelten Bitcointransaktionen sowie das Schürfen der Bitcoin, das sogenannte Bitcoin-Mining, als überaus energieintensiv. Eine einzige Bitcoin-Transaktion verbraucht ca. 1600 Kilowattstunden Strom.⁴¹ Zum Vergleich: Ein durchschnittlicher deutscher Ein-Personen-Haushalt benötigt ein Jahr, um 1600 Kilowattstunden Strom zu verbrauchen.⁴² Der Grund für den hohen Energieverbrauch ist die Validierung der Blockchain-Transaktionen. Das sogenannte Proof-of-Work (PoW)-Konsens-Verfahren erfordert viel Rechenleistung und somit Strom, da jeder Validator einer Transaktion im Wettlauf gegen andere Validatoren des Netzwerks ein kryptographisches Rätsel lösen muss. Somit verbrauchen derartige PoW-basierte Verfahren mehr Strom als Transaktionen, die über zentralisierte Systeme abgewickelt werden. Der hohe Energieaufwand ist eine grundlegende Limitation blockchain-basierter Zahlungssysteme, was der Nutzung von Bitcoin als Zahlungsmittel im Weg steht. Allerdings gibt es bereits alternative Konsensmechanismen, die sehr wenig Energie verbrauchen. Aus diesem Grund betrifft der hohe Energieverbrauch nicht blockchain-basierte Systeme im Allgemeinen, sondern tritt v.a. bei PoW-basierten Kryptowerten wie Bitcoin auf.

Blockchain-basierte Euro-Zahlungen werden benötigt. Die beschriebenen Limitationen implizieren, dass Kryptowerte (derzeit) nicht als Zahlungsmittel für die Realwirtschaft und den Finanzsektor in Frage kommen. Aus diesem Grund bedarf es Lösungen, Fiat-Währungen auf eine DLT zu bringen, sodass Smart Contracts Zahlungen in Euro auslösen können, um die in Kapitel 2.2 beschriebenen Limitationen zu adressieren. Auf diese Art und Weise könnte sowohl auf den dargelegten Vorteilen DLT-basierter Zahlungsmittel als auch auf der Stabilität des Euros aufgebaut werden.

4. Der öffentliche digitale Euro der Europäischen Zentralbank (EZB)

4.1 Einordnung und Ziele

Eine DLT-basierte CBDC als potentielle Lösung. Eine Möglichkeit, um den Euro auf eine Blockchain zu bringen, wäre ein DLT-basiertes Euro-Zahlungsmittel, das vom

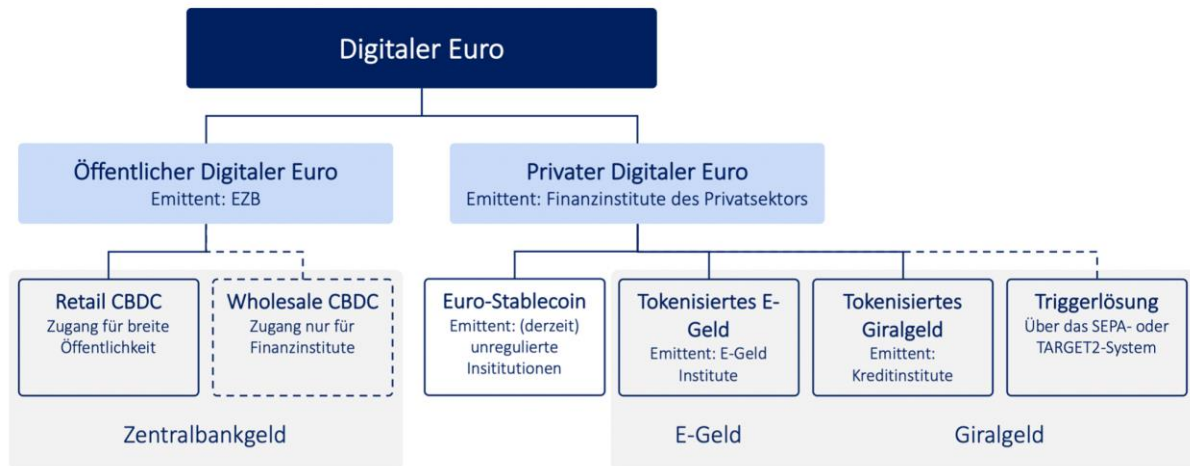
⁴⁰ Bitpanda, 2021a.

⁴¹ De Best, 2021.

⁴² WEMAG, 2020.

öffentlichen Sektor, also von der EZB, emittiert wird. Im Folgenden wird diese Variante als öffentlicher digitaler Euro bezeichnet (siehe Abbildung 3). Konkret beschäftigen sich derzeit 86% der Zentralbanken weltweit – so auch die EZB – mit der Einführung einer eigenen CBDC.⁴³

Abbildung 3: Taxonomie für den digitalen Euro



Quelle: In Anlehnung an Forster et al., 2021.

CBDC als risikoloses Zentralbankgeld. Bei einer CBDC handelt es sich um eine von der Zentralbank geschaffene digitale Währung, welche – bei Nutzung einer DLT als technologische Basis – auch die in Kapitel 3 beschriebenen Vorteile erreichen kann. Hierbei agiert die Zentralbank als Emittent des digitalen Euro – es handelt sich bei einer CBDC folglich um Zentralbankgeld –, wodurch sich eine CBDC von Giralgeld unterscheidet. Giralgeld, welches von Kreditinstituten emittiert wird, ist in Form von Bankeinlagen verfügbar. Wird heute eine Zahlung per Kreditkarte, Mobile Payment, Lastschrift oder Überweisung durchgeführt, werden im Hintergrund stets Zahlungen zwischen den Bankkonten des Senders und des Empfängers über den Transfer von Bankeinlagen durchgeführt. Agiert die Zentralbank als Emittent einer Währung, hat dies zur Folge, dass die Halter des Geldes eine Forderung gegenüber der Zentralbank und nicht, wie im Falle von Giralgeld, gegenüber einer Geschäftsbank besitzen, was sich in einem niedrigeren Risiko widerspiegeln kann.⁴⁴

Unterscheidung Wholesale und Retail CBDC. Bei CBDCs muss zwischen einer Wholesale und einer Retail CBDC unterschieden werden (siehe Abbildung 3). Eine Wholesale CBDC beschreibt eine CBDC, welche ausschließlich für den Interbankenhandel zur Verfügung steht und auf einer DLT basieren könnte. Ziel einer Wholesale CBDC sind Effizienzgewinne im Interbankenzahlungsverkehr und bei der Abwicklung

⁴³ Boar & Wehrli, 2021.

⁴⁴ Hierbei ist qualifizierend zu erwähnen, dass Geschäftsbankeinlagen durch eine gesetzlich vorgeschriebene Einlagensicherungen von 100.000 Euro je Einleger geschützt sind. Zudem besitzen bestimmte Banken, beispielsweise Genossenschaftsbanken, eigene Einlagensicherungen von über 100.000 Euro je Einleger.

von digitalen Wertpapieren, primär bedingt durch die Möglichkeit von DLT-basierten Zug-um-Zug-Geschäften.⁴⁵ Eine Retail CBDC beschreibt hingegen eine CBDC, welche in digitaler Form der Öffentlichkeit zugänglich gemacht wird.⁴⁶ Sie vereint somit die Eigenschaften von Bargeld, das physisch vorliegt und für die Öffentlichkeit zugänglich ist, und digitalen Zentralbankreserven, die digitaler Natur sind, aber nur Finanzinstituten zur Verfügung stehen.

Digitaler Euro zur Stärkung der Rolle der Zentralbank. Ein Hauptgrund, warum die EZB die Einführung einer CBDC erwägt, ist die rückläufige Bedeutung von Bargeld als Zahlungsmittel in der Eurozone, wodurch der Einfluss der Zentralbank im Markt für Zahlungen zunehmend geringer wird.⁴⁷ Der Anteil von Bargeldtransaktionen ist sowohl in der EU⁴⁸ (2017: 74%, 2020: 60%) als auch in Deutschland⁴⁹ (2016: 79%, 2019: 73%) rückläufig. Die COVID-19 Pandemie hat diesen Trend weiter beschleunigt, da der Onlinehandel in Folge der Schließung großer Teile des stationären Handels sprunghaft an Bedeutung gewonnen hat und zusätzlich Bargeld als potentieller Keim- und Virusträger gemieden wurde. Damit einhergehend stieg die Verwendung der vom privaten Sektor zur Verfügung gestellten Bezahlungsmöglichkeiten, wie Mobile Payments, EC- und Kreditkartenzahlungen, enorm an. Die Anzahl an Kreditkartentransaktionen in Deutschland ist zwischen 2018 und 2019 um 14% gestiegen.⁵⁰ Die Einführung einer CBDC soll deshalb als Ergänzung zu Bargeld dienen und die Rolle der EZB gegenüber dem Privatsektor wieder stärken.⁵¹

Verbesserung der Resilienz der Zahlungssysteme durch einen digitalen Euro. Eine bedeutendere Rolle der EZB im Markt für Zahlungen hätte zur Folge, dass die Resilienz der Zahlungssysteme verbessert werden könnte. Infrastrukturen, welche vom Privatsektor zur Verfügung gestellt werden, sind in Krisenzeiten teilweise weniger widerstandsfähig, da diese Zahlungskonzepte beispielsweise nur mit einer Internetverbindung genutzt werden können.⁵² Offline-Zahlungen sind hingegen heute nur mit Bargeld möglich, da für die Abwicklungen von Zahlungen in Giralgeld stets eine Internetverbindung benötigt wird. Eine CBDC könnte ebenfalls Zahlungen ohne Internetverbindung ermöglichen, beispielsweise über hardware-basierte Systeme, und somit eine höhere Resilienz in Krisenzeiten bieten, sollte in Extremfällen keine Internetverbindung hergestellt werden können.⁵³

⁴⁵ Bundesbank, 2021a.

⁴⁶ Gross et al., 2020.

⁴⁷ EZB, 2020a.

⁴⁸ Pietrowiak et al., 2021.

⁴⁹ EZB, 2020c.

⁵⁰ Statista, 2021.

⁵¹ EZB, 2020a.

⁵² Sandner et al., 2021b.

⁵³ Christodorescu et al., 2020.

Monetäre Souveränität als weiteres Ziel der EZB. Die EZB kann durch die Digitalisierung des Bargeldes in Form einer CBDC eine Zahlungsinfrastruktur zur Verfügung stellen, welche bequeme, schnelle, und kostengünstige Transaktionen erlaubt. Da diese Zahlungsinfrastruktur ohne Einfluss von Drittstaaten oder Drittparteien geführt wird, kann die EZB auf diese Weise ihre Souveränität bewahren. Zudem könnte der zunehmenden Rolle von Big-Tech-Unternehmen entgegengewirkt werden.⁵⁴ Nutzer, die derzeit über Zahlungsmethoden wie Google Pay, Apple Pay oder PayPal bezahlen, entrichten bei einer Transaktion vertrauliche Kundeninformationen an die jeweiligen Zahlungsdienstleister. Durch eine autonome Zahlungsinfrastruktur der EZB kann die Eurozone unabhängiger von Unternehmen des Privatsektors und Drittländern werden und den Nutzern dadurch einen höheren Grad an Datenschutz bieten.⁵⁵ Außerdem gefährden laut Ansicht der EZB Stablecoins und andere Kryptowerte die geldpolitische Souveränität der EZB.⁵⁶ Durch eine CBDC ließe sich dieser Entwicklung entgegenwirken, da die EZB eine Alternative für Zahlungssysteme und Währungen des Privatsektors bereitstellen würde.

4.2 Aktueller Projektstand

Start eines Projekts zum digitalen Euro angekündigt. Umfragen der Bank für Internationalen Zahlungsausgleich (BIZ) zufolge wollen Zentralbanken, deren gemeinsamer geldpolitischer Hoheitsraum ein Fünftel der Weltbevölkerung repräsentiert, in den nächsten drei Jahren eine CBDC in Umlauf bringen.⁵⁷ Aktuelle CBDC-Vorreiter sind beispielsweise die Bahamas, China und Schweden. Die Zentralbank der Bahamas hat bereits Ende 2020 als erste Nation weltweit eine CBDC eingeführt.⁵⁸ Während sich auch China und Schweden bereits seit 2014 beziehungsweise 2017 konkret mit einer CBDC beschäftigen, hat sich die EZB öffentlich erstmalig 2019 in Forschungspapieren und 2020 im Report zum digitalen Euro zu einem möglichen digitalen Euro geäußert.⁵⁹ Im Juli 2021 hat die EZB nun den Start eines Projekts zum digitalen Euro angekündigt.⁶⁰ Zunächst werden in einer zweijährigen Investigationsphase konzeptionelle Analysen hinsichtlich grundsätzlicher Designanforderungen des digitalen Euros durchgeführt. Im Anschluss wird die EZB eine Entscheidung hinsichtlich der Einführung des digitalen Euros treffen. Dabei stehen in der Investigationsphase vor allem die Ausgestaltung und Identifikation von Anwendungsfällen des digitalen Euros im Vordergrund. Zudem wird in weiteren Tests untersucht werden, welche technologische Basis benutzt werden wird, d.h. ob eine DLT oder eine zentrale Infrastruktur zum Einsatz kommt. Außerdem soll untersucht werden, welche Rolle Kreditinstitute in einem solchen CBDC-System spielen können.

⁵⁴ Sandner & Blassl, 2021.

⁵⁵ Sandner & Blassl, 2021.

⁵⁶ EZB, 2020a.

⁵⁷ Boar & Wehrli, 2021.

⁵⁸ Boar & Wehrli, 2021.

⁵⁹ EZB, 2021a.

⁶⁰ EZB, 2021b.

Die Rolle von Kreditinstituten innerhalb des CBDC-Ökosystems. In ihren Publikationen machte die EZB bislang klar, dass Intermediäre, wie beispielsweise Kreditinstitute, eine wichtige Rolle im CBDC-System einnehmen sollen. Erstens sollen bestehende Angebote wie elektronische Bankdienstleistungen und -anwendungen auf einer CBDC aufbauen können. Zweitens bietet ein öffentlicher digitaler Euro Kreditinstituten die Möglichkeit, innovative und effiziente Produkte, beispielsweise innerhalb der Zahlungsabwicklung, anbieten zu können. So könnten Kreditinstitute beispielsweise die Distribution der CBDC-Einheiten, die Durchführung von Anti-Geldwäsche-Maßnahmen (Anti-Money-Laundering, AML) und Identitätsfeststellungen (Know-your-Customer-Verfahren, KYC) übernehmen. Kreditinstitute bewältigen diese Aufgaben bereits seit vielen Jahren und haben erhebliche Expertise, auf welche die EZB zurückgreifen möchte. Zudem hat die EZB kein Interesse daran, diese operativen Aufgaben zu übernehmen.

Risiken für den Finanzsektor. Neben dieser wichtigen Rolle im CBDC-System befürchten Experten allerdings auch negative Auswirkungen für Kreditinstitute. So könnte es in Krisenzeiten eine CBDC-bedingte substantielle Umschichtung von Giralgeld in CBDC geben. Je attraktiver der digitale Euro für Nutzer ausgestaltet sein wird, desto größer dürfte der negative Effekt auf Bankeinlagen ausfallen.⁶¹ Hierbei sind besonders zwei potentielle Risiken im Fokus: Digitale Bank Runs und eine Disintermediation des Finanzsektors.

Digitale Bank Runs. Bank Runs beschreiben die kurzfristige Umschichtung von einer großen Anzahl an Bankeinlagen in Zentralbankgeld, was typischerweise durch fehlendes Vertrauen in den Finanzsektor ausgelöst wird. Im Falle einer CBDC-Einführung könne die Wahrscheinlichkeit von Bank Runs steigen.⁶² So wird in der Literatur argumentiert, dass die Wahrscheinlichkeit eines Bank Runs steige, da Probleme, wie eine geschlossene Bank, fehlende Reserven in der Filiale, eine beschränkte Auszahlung über Geldautomaten oder nicht-monetäre Transaktionskosten, z.B. durch den Gang zum Kreditinstitut, nicht ausgeschlossen werden können. Angenommen, dass Giralgeld 24/7 „per Klick“ in großem Maße in CBDC umgeschichtet werden könnte, könnten sich Runs schneller verbreiten.⁶³

Disintermediation des Finanzsektors und Fokus der EZB. Außerdem könnte eine CBDC zu einer Disintermediation des Finanzsektors führen, bei der ein substantieller Anteil von Bankeinlagen in CBDC umgewandelt werden würde.⁶⁴ Sollte eine solche Disintermediation eintreten, würde die Bedeutung

⁶¹ Sander et al., 2021a; Bundesbank, 2021a.

⁶² Bindseil, 2020; Bitter, 2020.

⁶³ Bitter, 2020.

⁶⁴ Bundesbank, 2021a.

der Kreditinstitute im Zahlungsmarkt geschwächt werden. Zudem würden Liquiditätsengpässe und höhere Refinanzierungskosten für Kreditinstitute drohen.⁶⁵ Vor einer CBDC-Einführung muss die EZB diese potentiellen Probleme ausführlich analysieren und adressieren, um die Finanzmarktstabilität nicht zu gefährden.

Maßnahmen zur Vermeidung von Disintermediation und digitalen Bank Runs. Um eine Disintermediation und digitale Bank Runs zu vermeiden bzw. deren Auswirkungen zu reduzieren, werden derzeit beispielsweise eine zweistufige Verzinsung diskutiert.⁶⁶ Auch ein maximaler CBDC-Haltebetrag – die EZB redet beispielsweise zunehmend von einem CBDC-Haltelimit von 3000 Euro⁶⁷ – und eine erhöhte Vergabe von Zentralbankkrediten an Kreditinstitute werden in Betracht gezogen.⁶⁸

4.3 Limitationen

4.3.1 Time-to-Market

Der digitale Euro kommt frühestens 2026. Unserer Schätzung zufolge wird die Einführung eines öffentlichen digitalen Euros durch die EZB noch ca. fünf Jahre dauern. Das stimmt u.a. mit der persönlichen Einschätzung von EZB-Präsidentin Christine Lagarde und den Äußerungen der EZB zum Projektstart überein.⁶⁹ Dieser Zeithorizont deckt sich mit vergleichbaren Projekten, etwa in China. So startete China mit der digitalen Währung e-CNY 2014 mit ersten CBDC-Analysen. 2020 konnten fortgeschrittene Systemtests durchgeführt werden. Somit durchlief das Projekt eine knapp sechs Jahre andauernde Entwicklungsphase.⁷⁰

Langer Weg zur Einführung einer CBDC. Ein digitaler Euro – unabhängig von dessen Ausgestaltung – erfordert zudem regulatorische Anpassungen. Insbesondere müssen der Datenschutz und der rechtliche Status einer CBDC als offizielles Zahlungsmittel geregelt werden. Neben strategischen Überlegungen und notwendigen regulatorischen Anpassungen muss zudem die technische Infrastruktur entwickelt und getestet werden.

⁶⁵ Bindseil, 2020.

⁶⁶ Bindseil, 2020.

⁶⁷ Panetta, 2021.

⁶⁸ Brunnermeier & Niepelt, 2019; Gross & Schiller, 2020.

⁶⁹ Siedenbiedel, 2021; ESZB, 2021b.

⁷⁰ Sandner et al., 2021a.

4.3.2 Technologische Basis

EZB wird digitalen Euro möglicherweise nicht auf einer DLT bereitstellen. Ein digitaler Euro auf Basis einer DLT würde die in Kapitel 3 beschriebenen Vorteile hinsichtlich Zug-um-Zug-Geschäfte, Micropayments, etc. liefern. Allerdings ist die DLT nur eine Option für die technologische Ausgestaltung. Der digitale Euro könnte auch über eine zentrale Infrastruktur emittiert und beispielsweise in das aktuelle Target Instant Payment System (TIPS-Zahlungssystem) integriert werden. Die EZB scheint derzeit die Nutzung einer zentralisierten, nicht DLT-basierten, Infrastruktur zu präferieren, sodass es momentan eher unwahrscheinlich erscheint, dass der öffentliche digitale Euro tatsächlich DLT-basiert sein wird. Falls es tatsächlich so kommt, könnten bestimmte Anwendungsfälle, beispielsweise innovative Pay-per-Use-basierte Geschäftsmodelle, nicht durch diese Form des digitalen Euros bedient werden. Allerdings ist hinsichtlich der technischen Ausgestaltung noch keine finale Entscheidung gefallen, auch nicht nach der EZB-Ankündigung des Projektstarts.

Konten-basierter digitaler Euro nicht unbedingt mit DLT-System interoperabel. Sollte ein öffentlicher digitaler Euro in ein derzeitiges Zahlungssystem integriert werden, beispielsweise in das TIPS-System, wäre der digitale Euro konten-basiert.⁷¹ Bei einem konten-basierten System muss jeder Nutzer, welcher über ein Konto verfügt, zum Tätigen einer Transaktion den legitimen Besitz eines Kontos via Bestätigung der eigenen Identität, z.B. durch Einloggen, nachweisen.⁷² Im Gegensatz zu Giralgeld halten die Kunden bei einer CBDC folglich Zentralbankgeld und besitzen ein Konto bei der Zentralbank. Allerdings könnten diese Zentralbankkonten auch von Kreditinstituten im Auftrag der EZB geführt werden. In einem solchen Fall würden sich Kreditinstitute um den Kontakt mit den Endkunden kümmern und administrative Aufgaben übernehmen. Eine solche private-öffentliche Partnerschaft scheint wahrscheinlich. Die Transaktionsdurchführung einer token-basierten CBDC hingegen erfordert den Beweis der Legitimität des Zahlungsmittels selbst. Eine konten-basierte CBDC ist nicht direkt mit anderen DLT-Systemen interoperabel. Sie würden innovative Anwendungsfälle, beispielsweise die Integration in das IoT, nicht notwendigerweise ermöglichen. Zwar könnte hier über sogenannte Brückenlösungen (siehe Kapitel 5.3.1) Interoperabilität hergestellt werden, allerdings würden dennoch Systembrüche auftreten, was sich negativ auf die Effizienz und Automatisierung auswirken würde. Eine unzureichende Interoperabilität des digitalen Euros könnte dazu führen, dass ausländische Zahlungsinfrastrukturen und sogar Kryptowerte für DLT-basierte Zahlungen verwendet werden können. Dies könnte sich im Extremfall sogar negativ auf die Rolle des Euros auswirken.

Der Privatsektor ist für einen digitalen DLT-basierten Euro gefragt. Nach dem derzeitigen Kenntnisstand lässt sich vermuten, dass die EZB wohl keinen DLT-

⁷¹ Bechtel et al., 2020

⁷² Bechtel et al., 2020.

basierten digitalen Euro herausbringen wird. Sollte sie sich dennoch für eine DLT-basierte technologische Ausgestaltung entscheiden, kommt sie mit einer Einführung ab 2026 zu spät, da bereits heute die Nachfrage nach DLT-basierten Euro-Zahlungslösungen deutlich zunimmt. Aus diesem Grund müssen zeitnah Lösungen für die steigende Nachfrage der Privatwirtschaft vom Privatsektor entwickelt und zur Verfügung gestellt werden. So könnten beispielsweise Finanzinstitute einen privaten, DLT-basierten digitalen Euro zur Verfügung stellen, der die Nachfrage der Realwirtschaft bedient und die in Kapitel 3 adressierten Vorteile realisiert. Wie genau der Privatsektor hierzu beitragen kann, wird im nächsten Kapitel beleuchtet.

5. Der programmierbare Euro des Privatsektors

5.1 Definition programmierbarer Euro des Privatsektors und Abgrenzung

Definition des privaten digitalen Euros. Der private digitale Euro würde im Gegensatz zum öffentlichen digitalen Euro nicht von der EZB emittiert werden, sondern von Unternehmen des Privatsektors, wie Kredit- oder E-Geld-Instituten. Um den Anforderungen der Realwirtschaft gerecht zu werden und die Limitation des aktuellen Geldsystems zu überwinden, bietet sich die Emission eines privaten digitalen Euros auf DLT-Basis an.⁷³ Im Folgenden wird der Begriff programmierbarer Euro für einen solchen blockchain-basierten Euro verwendet und bezieht sich auf ein euro-denominiertes Zahlungsmittel, das programmierbare Zahlungen ermöglicht.

Programmierbare Zahlungen in aktuellen Zahlungssystemen. Programmierbare Zahlungen sind Zahlungen, die bei der Erfüllung vordefinierter Kriterien ausgeführt werden und somit von einem Smart Contract ausgelöst werden können.⁷⁴ Ein klassisches Beispiel hierfür ist der Dauerauftrag, welcher bei Erreichen eines bestimmten Datums die Überweisung eines festgelegten Betrages auslöst oder eine Zinszahlung, die zu einem vordefinierten Termin automatisch berechnet und überwiesen wird. Programmierbare Zahlungen auf Basis der DLT erlauben dank der Verwendung von Smart Contracts jedoch deutlich flexiblere und komplexere Zahlungslogiken. Darüber hinaus ermöglicht ein solcher programmierbarer Euro aufgrund der DLT als technologische Basis weitere Vorteile, z.B. DvP-Mechanismen (siehe Kapitel 3).

Programmierbares Geld mit inhärenter Logik. Programmierbare Zahlungen müssen von programmierbarem Geld unterschieden werden.⁷⁵ Programmierbares Geld bezeichnet Geld, welches eine inhärente Logik in sich trägt. Token, welche über eine DLT emittiert werden, können eine solche inhärente Logik besitzen. Ein Token

⁷³ Forster et al., 2021.

⁷⁴ Sandner et al., 2020a.

⁷⁵ Sandner et al., 2020a.

kann beispielsweise so programmiert sein, dass dieser nur für bestimmte Zwecke, wie Investitionen in Bildung oder Konsumausgaben, oder innerhalb eines bestimmten Zeitraums, beispielsweise für temporäre COVID-19-Hilfszahlungen, verwendet werden kann.⁷⁶ Durch die verankerte Logik des Tokens kann beispielsweise auch die Politik die ausschließliche Verwendung des Tokens für einen vordefinierten Zweck anordnen und z.B. Subventionen für Elektromobilität oder Bildung ausgeben. Die Verwendung des Geldes für andere, nicht vorgesehene Zwecke ist dann technisch unmöglich. Darüber hinaus kann ein Token inhärent programmierte Wertgewinne (oder Wertverluste) direkt abbilden und so z.B. kontinuierliche Zinszahlungen darstellen.⁷⁷ Die Studie fokussiert sich auf programmierbare Zahlungen. Die Implikationen von programmierbarem Geld werden in dieser Studie nicht weiter thematisiert.

Einordnung des programmierbaren Euros. Insgesamt ist es wichtig zu verstehen, dass ein programmierbarer Euro – ein euro-denominiertes Zahlungsmittel, das programmierbare Zahlungen ermöglicht – keine neuartige Währung darstellt.⁷⁸ Die DLT dient hierbei als Trägerplattform und bildet den Euro lediglich auf einer dezentralen Infrastruktur ab. Der programmierbare Euro wird bei Nutzung einer DLT nicht, wie heutzutage üblich, auf einer zentralisierten Datenbank gespeichert, sondern läge auf einer Blockchain und wäre über die in Wallets verwahrten privaten Schlüssel zugänglich. Demnach grenzt sich ein programmierbarer Euro klar von Kryptowerten wie dem Bitcoin ab, welche von Grund auf eigenständige und neu geschaffene Zahlungsmittel darstellen. Im Vergleich zu Bitcoin reduziert sich auch im Falle eines blockchain-basierten Euros der Energieverbrauch erheblich. Grund hierfür ist, dass nur noch eine kleine Anzahl an Parteien – oder im Extremfall nur eine einzelne Partei – die Transaktion validiert, wodurch energieintensive PoW-Verfahren zur Konsensfindung entfallen.

5.2 Taxonomie des programmierbaren Euros

In diesem Kapitel wird eine Taxonomie zum programmierbaren Euro skizziert, um seine verschiedenen Ausgestaltungsformen vergleichen und einordnen zu können. Der Prozess einer DLT-basierten Zahlung lässt sich gemäß Abbildung 4 anhand von drei Säulen kategorisieren: (1) Contract Execution System, (2) die digitale Zahlungsinfrastruktur und (3) die verwendete Geldeinheit.⁷⁹

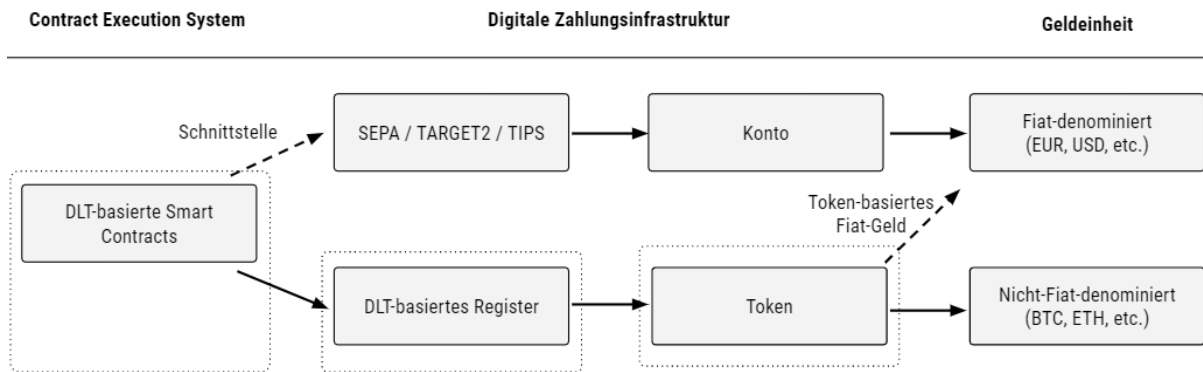
⁷⁶ Sandner et al., 2020a.

⁷⁷ Sandner et al., 2020b.

⁷⁸ FinTechRat, 2020.

⁷⁹ Sandner et al., 2020a; Bechtel et al., 2020.

Abbildung 4: Taxonomie des programmierbaren Euros



Quelle: Bechtel et al. (2020).

Contract Execution System. In dem dargestellten schematischen Zahlungsprozess verkörpert das Contract Execution System die erste Säule einer Zahlung. Diese Säule ist der Grundbaustein des später ablaufenden Bezahlvorgangs, da sie neben dem Großteil der Logik des Zahlungsprozesses auch die Bedingungen festlegt, welche schlussendlich eine Zahlung auslösen. Hierbei wird von einem DLT-basierten zugrundeliegenden Geschäftsprozess ausgegangen. Hierzu ein Beispiel aus dem IoT: Angenommen eine Maschine ist an eine Blockchain angeschlossen und soll nach ihrer Nutzung (Pay-per-Use) bezahlt werden. Im Contract Execution System würde ein Smart Contract die Logik der Zahlungsabwicklung spezifizieren, d.h. die Zusammensetzung der Nutzungsgebühr, beispielsweise basierend auf der Nutzungsdauer und der Güte der Wartung.

Digitale Zahlungsinfrastruktur. Die digitale Zahlungsinfrastruktur als zweite Säule gibt den Zahlungsweg an. Dieser kann auf zwei unterschiedliche Arten realisiert werden: Erstens kann die Infrastruktur über konventionelle, konten-basierte Zahlungsinfrastrukturen, wie z.B. TIPS, SEPA und TARGET2⁸⁰, durchgeführt werden. Zweitens ist eine Zahlungsabwicklung über eine DLT möglich.

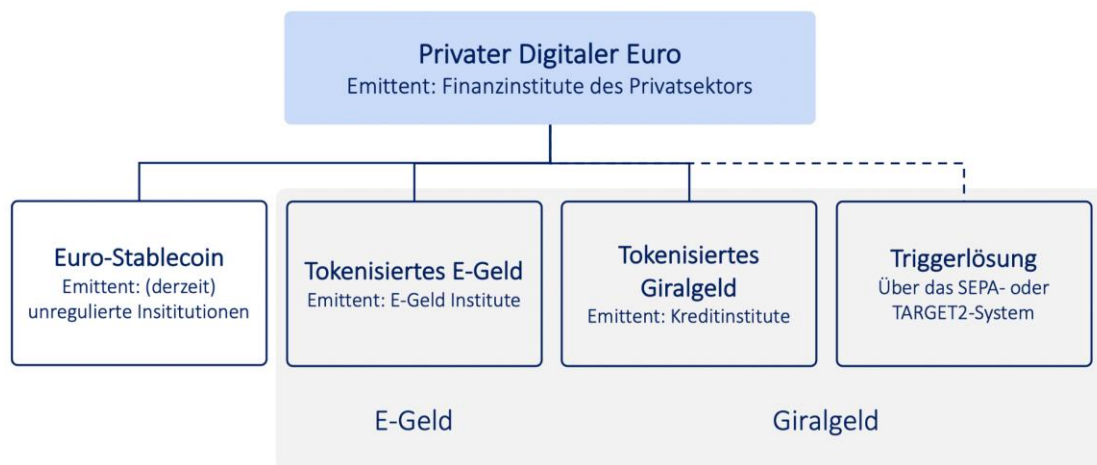
Geldeinheit. Die Wahl der digitalen Zahlungsinfrastruktur hat einen signifikanten Einfluss auf die zugrundeliegende, verwendete Geldeinheit (dritte Säule). Diese kann entweder eine Fiat-Währung oder ein Kryptowert sein. Während über die DLT nur DLT-basierte Zahlungsmittel, vor allem Kryptowerte, versendet werden können, können über herkömmliche Systeme alle bekannten Fiat-Währungen transferiert werden.

⁸⁰ "TARGET2" steht für "Trans-European Automated Real-time Gross Settlement Express Transfer System".

5.3 Formen des programmierbaren Euros

Insgesamt gibt es vier verschiedene Möglichkeiten, wie ein DLT-basierter Euro vom Privatsektor bereitgestellt werden kann (siehe Abbildung 5). Neben der Herausgabe von Euro-Stablecoins gibt es die Möglichkeit des tokenisierten E-Geldes und des tokenisierten Giralgeldes. Eine vierte, ebenfalls auf Giralgeld basierte Möglichkeit ist eine Trigger- oder Brückenlösung.

Abbildung 5: Überblick zu Formen des privaten, digitalen Euros



Quelle: In Anlehnung an Forster et al., 2021.

5.3.1 Triggerlösung als synthetischer programmierbarer Euro

Funktionsweise der Triggerlösung. Die Trigger- oder Brückenlösung kann wie folgt in die in Kapitel 5.2 beschriebene Taxonomie eingeordnet werden: (1) Contract Execution System: DLT, (2) digitale Zahlungsinfrastruktur: SEPA, TARGET2 oder TIPS, und (3) verwendete Geldeinheit: Fiat-Währung/Euro. Hierbei wird der Zahlungsprozess von einem DLT-basierten Smart Contract ausgelöst. Die Zahlung wird dann allerdings letztendlich über konventionelle Zahlungskanäle abgewickelt. Bei der Brückenlösung werden Infrastrukturen traditioneller Zahlungssysteme, beispielsweise das SEPA-System oder das TARGET2-System, mit einem DLT-System verbunden.⁸¹ Somit kann die bereits erläuterte zeitliche Asynchronität zwischen Leistung und Gegenleistung – und auch das damit einhergehende Kontrahentenrisiko – reduziert werden. Die über die DLT spezifizierten Smart Contracts agieren in diesem Fall als Zahlungsauslöser, oder "Trigger", welche transaktionsrelevante Informationen weiterleiten und somit eine Zahlung innerhalb der traditionellen Zahlungssysteme

⁸¹ Bundesbank, 2021b.

auslösen.⁸² Die Deutsche Bundesbank hat Anfang 2021 in Kooperation mit der deutschen Börse eine derartige Triggerlösung für die Anbindung eines DLT-Systems an das TARGET2-Zahlungssystem erfolgreich getestet.⁸³ Die Bundesbank unterstrich, dass die Entwicklung und Implementierung von Triggerlösungen deutlich kurzfristiger erreicht werden können als beispielsweise ein digitaler Euro der EZB.⁸⁴

Eine Triggerlösung kann zügig in bestehende Systeme integriert werden. Eine Brückenlösung kann relativ einfach und zeitnah implementiert werden, da sie nicht auf der Tokenisierung von Geldeinheiten beruht, sondern auf den klassischen Zahlungssystemen aufbaut. Bereits heute gibt es neben dem Pilotprojekt der Bundesbank in Kooperation mit der Deutschen Börse ernsthafte Versuche auf Prototyp-Basis, welche möglicherweise Ende des Jahres bereits in marktreifen Versionen umgesetzt werden könnten. Die innerhalb der Brückenlösung verwendeten Token repräsentieren lediglich eine Forderung gegenüber einer Bank und werden durch eine nachgelagerte SEPA-Überweisung beglichen.⁸⁵ Hierbei entsteht eine kurzzeitige Asymmetrie zwischen Leistung und Gegenleistung, da die Bank über das SEPA-System den notwendigen Konten- und/oder Kreditrahmen überprüfen muss, bevor ein Wert übertragen werden kann. Nach erfolgreicher Prüfung wird ein DLT-basierter Token mit einer Wertgutschrift erstellt und, sobald dieser eingelöst wurde, technisch zerstört. Dadurch wird die SEPA-Überweisung initiiert.⁸⁶ Ein Nachteil der Brückenlösung ist allerdings, dass Zug-um-Zug-Geschäfte nicht optimal abgebildet werden.⁸⁷ Zudem wird die Bezahlung von Kleinstbeträgen im Sinne von Streaming Money nicht unterstützt, da die Zahlungsinfrastruktur schließlich immer noch auf dem SEPA-System beruht. Dasselbe Argument greift auch im Hinblick auf eine wünschenswerte Beschleunigung des Zahlungstransfers und so benötigen auch Triggerlösungen bis zu einem Tag für Zahlungsabwicklungen.

5.3.2 Nativer DLT-basierter programmierbarer Euro

Mögliche Ausgestaltungen eines nativen DLT-basierten programmierbaren Euros. Neben der Triggerlösung, bei der eine DLT mit den konventionellen Zahlungssystemen verbunden wird, kann der programmierbare Euro auch direkt über eine DLT emittiert werden. Diese Möglichkeit kann wie folgt in die Taxonomie eingeordnet werden: (1) Contract Execution System: DLT, (2) digitale Zahlungsinfrastruktur: DLT, und (3) verwendete Geldeinheit: Fiat-Währung/Euro. Hierdurch können die Vorteile aus Kapitel 3 in einem noch höheren Maße realisiert werden, wie z.B. tatsächliche digitale Zug-um-Zug-Geschäfte, höhere Transaktionsgeschwindigkeit und Streaming Money-Anwendungsfälle. Solche nativen DLT-basierten

⁸² Forster et al., 2021.

⁸³ Bundesbank, 2021a.

⁸⁴ Bundesbank, 2021a.

⁸⁵ Forster et al., 2021.

⁸⁶ Forster et al., 2021.

⁸⁷ Sandner et al., 2020b.

Formen des programmierbaren Euros lassen sich durch Stablecoins, tokenisiertes E-Geld, tokenisiertes Giralgeld oder DLT-basierte CBDCs umsetzen.⁸⁸

Stablecoins und tokenisiertes E-Geld. Stablecoins bezeichnen wertstabile Kryptowerte, welche Vermögenswerte oder Fiat-Währungen, wie z.B. den Euro, durch einen Token auf einer DLT-Plattform nachbilden. Der Token fungiert dabei als eine Werteinheit, welche in die zugrundeliegende Währung konvertierbar ist. Aufgrund dieser Eigenschaft sollte der Stablecoin vollständig durch die jeweilige Währung gedeckt sein. Diese Möglichkeit des programmierbaren Euros unterscheidet sich dahingehend von der Triggerlösung, als dass die Zahlung über eine DLT-Plattform und nicht über das SEPA-System abgewickelt wird. Heute dominieren US-Dollar-basierte Stablecoins den Markt, allen voran USDT mit einer Marktkapitalisierung von fast 70 Milliarden US-Dollar, gefolgt von USDC und BUSD.⁸⁹ Unter den Top 10 Stablecoins nach Marktkapitalisierung befindet sich kein einziger Euro-Stablecoin.⁹⁰

Markets in Crypto-Assets (MiCA)-Regulierung der Europäischen Kommission. Die in 2020 von der EU-Kommission vorgeschlagene MiCA-Regulierung sieht vor, die digitale Repräsentation von Werten und Rechten, welche z.B. basierend auf der DLT elektronisch geteilt und gespeichert werden können, zu regulieren und ergänzt bestehende Rechtsgrundlagen wie MiFID II.⁹¹ MiCA legt ein besonderes Augenmerk auf die Regulierung von Stablecoins, die z.B. durch die Währung Euro als Teil des Reservevermögens des Emittenten besichert sein können.⁹² Dieser Gesetzesvorschlag wird derzeit in den nationalen Parlamenten diskutiert. Sollte der Gesetzesvorschlag in der vorgeschlagenen Form angenommen werden, würden Stablecoins als tokenisiertes E-Geld klassifiziert werden und unter die E-Geld-Richtlinie⁹³ fallen. Nach dieser muss der Emittent der E-Geld-Token als E-Geld- oder Kreditinstitut⁹⁴ zugelassen sein und die daraus resultierenden Governance- und Rücknahmeregelungen einhalten. Euro-Stablecoins, welche die regulatorischen Anforderungen der MiCA nicht erfüllen, dürfen in der EU weder öffentlich angeboten noch zum Handel auf einer Handelsplattform für Kryptowerte zugelassen werden. Somit müssten alle Stablecoins auch zwangsläufig vollständig gedeckt sein, ähnlich wie E-Geld heute. Durch MiCA hat Europa die Möglichkeit, eine der ersten Jurisdiktionen zu sein, die sowohl für die Emittenten als auch für die Nutzer privat emittierter Stablecoins Rechtssicherheit bieten. Die E-Geld-Token bzw. Stablecoins müssen grundsätzlich zu ihrem Nennwert ausgegeben werden. Zudem haben die Inhaber einen Anspruch gegenüber dem Emittenten und ein Rücknahmerecht zu

⁸⁸ CBDCs wurden bereits in Kapitel 4 diskutiert, weswegen CBDCs in diesem Kapitel nicht noch einmal aufgegriffen werden.

⁸⁹ CoinGecko, 2021.

⁹⁰ CoinMarketCap, 2021.

⁹¹ Kerkmann, 2020; Europäische Kommission, 2020.

⁹² Europäische Kommission, 2020.

⁹³ Europäisches Parlament & Rat der Europäischen Union, 2009.

⁹⁴ Europäisches Parlament & Rat der Europäischen Union, 2009.

jedem Betrag und Zeitpunkt. Durch einen stabilen Rechtsrahmen und die daraus gewonnene Gewissheit können Innovationshemmungen reduziert und neue Unternehmen angelockt werden.

Risiken von Stablecoins. Stablecoins können sich theoretisch negativ auf die Finanzstabilität, die Transmission geldpolitischer Maßnahmen und die Souveränität von Zentralbanken auswirken, was ihre Attraktivität erheblich einschränkt.⁹⁵

Risiken für Zentralbanken. So kann die Finanzstabilität gefährdet werden, wenn der Stablecoin-Emittent eine derartige Marktmacht hat, dass die Folgen eines Totalausfalls aus finanzpolitischer Sicht nicht tragbar sind ("Too-Big-To-Fail"-Szenario). Auch die geldpolitische Transmission könnte beeinflusst werden, da Zentralbanken keine direkte Möglichkeit haben, die Nachfrage und das Angebot von Stablecoins zu steuern, wodurch Zahlungskanäle der Zentralbank oder des konventionellen Finanzsektors an Bedeutung verlieren könnten.

Emittentenrisiken. Darüber hinaus sind privat emittierte Stablecoins in der Regel durch Emittenten-Risiken gekennzeichnet, da die Emittenten derzeit nicht reguliert sind. So zeigt sich am Beispiel des US-Dollar Stablecoins Tether (USDT), dass weder ein rechtlicher Anspruch noch eine Garantie auf eine paritätische Einlösung oder Umtausch in US-Dollar besteht. Für Investoren ist es wichtig zu wissen, mit nun mehr als 62 Milliarden Tokens im Umlauf, die laut dem privaten Unternehmen Tether Operations Limited 1:1 an den USD gekoppelt sind, ob Tether tatsächlich zu 100% besichert ist und diese volle Besicherung auch beibehalten wird.⁹⁶ Da USDT zu weniger als 4% durch Bargeld gedeckt ist⁹⁷, gibt es jedoch erhebliche Ungewissheit und Skepsis hinsichtlich der Kursstützung. Ein weiterer Nachteil von Stablecoins, bzw. nach MiCA auch von tokenisiertem E-Geld ist, dass Token nicht multibankenfähig sind. Dem liegt zugrunde, dass von unterschiedlichen Finanzinstituten emittierte Stablecoins unterschiedliche Risiken aufweisen und demnach keine vollständige und automatische Fungibilität vorliegt, da nicht wie im heutigen System primär Zentralbankgeld zur Zahlungsabwicklung im Interbankenverkehr verwendet wird.⁹⁸

Der vom Bankhaus von der Heydt emittierte EURB Stablecoin. Als Beispiel für einen Euro-Stablecoin hat das Bankhaus von der Heydt Ende 2020 in Kooperation mit dem Technologieunternehmen Bitbond einen eigenen, DLT-basierten Stablecoin emittiert.⁹⁹ Der EURB ist der erste Kryptowert, der von

⁹⁵ Europäische Kommission, 2021; Arner et al., 2020.

⁹⁶ Tether, 2021a.

⁹⁷ Tether, 2021b.

⁹⁸ Bechtel et al., 2020.

⁹⁹ Weniger, 2020.

einem Finanzinstitut auf Basis des Stellar DLT-Protokolls für Testzwecke emittiert wurde. Dennoch gilt, obwohl der EURB im Gegensatz zum USDT zu 100% durch EUR gedeckt ist, dass auch hier ein gewisses Emittentenrisiko besteht, da Stablecoins bis zum Inkrafttreten von MiCA unreguliert sind.

Tokenisiertes Giralgeld. Auch Kreditinstitute haben die Möglichkeit, einen programmierbaren Euro in Form tokenisierten Giralgelds – Giralgeld auf DLT-Basis – zu emittieren. Hierbei würde Giralgeld nicht in einer zentralisierten Datenbank, sondern über eine DLT geschöpft werden. Ein solcher digitaler Euro könnte für programmierbare Anwendungen verwendet werden. Das zentrale Unterscheidungskriterium zwischen Stablecoins bzw. tokenisiertem E-Geld und tokenisiertem Giralgeld ist, dass tokenisiertes Giralgeld keine vollständige monetäre Deckung benötigt. Demnach sind Kreditinstitute dazu befähigt, fortlaufend Geld auf einer DLT-Plattform – auch ohne zugrundeliegende Deckung – im Sinne des Teilreservesystems zu schöpfen. Hierbei müssen sich unterschiedliche Kreditinstitute in ihrer Rolle als Emittenten von tokenisiertem Giralgeld untereinander auf gemeinsame Standards (und auf ein gemeinsames Abwicklungssystem) einigen, denn unterschiedliche DLT-Systeme implizieren unterschiedliche Ausgestaltungen von tokenisiertem Giralgeld, sodass nicht automatisch von der Gegebenheit der Fungibilität von unterschiedlichen Giralgeldtoken und Interoperabilität zwischen verschiedenen DLT-Systemen ausgegangen werden kann. Das Sicherstellen von Fungibilität ist vor allem deshalb von großer Relevanz, da ohne Fungibilität zwei Tokens, die von verschiedenen Kreditinstituten emittiert wurden, nicht 1:1 konvertierbar wären, was Wechselkurse zwischen den Tokens implizieren würde.¹⁰⁰ Aktuell beschäftigen sich erste Kreditinstitute mit der Entwicklung von tokenisiertem Giralgeld. Mit einer tatsächlichen Einführung kann allerdings wohl erst frühestens ab 2023 gerechnet werden.¹⁰¹

5.3.3 Triggerlösung vs. (nativer) DLT-basierter programmierbarer Euro

Tabelle 2: Vorteile der Triggerlösung und eines (nativen) DLT-basierten programmierbaren Euros

	Argument
Vorteile Triggerlösung	Zeitnahe Umsetzung der Triggerlösung möglich*
	Geringe Disruption existierender Zahlungssysteme und geringe Anfangsinvestitionen

¹⁰⁰ Verschiedene Möglichkeiten zur Sicherstellung der Fungibilität werden in Deutsche Kreditwirtschaft (2021) diskutiert.

¹⁰¹ Bechtel et al., 2020.

	Hohe Rechtssicherheit**
Vorteil DLT-basierter programmierbarer Euro	Zug-um-Zug-Geschäfte möglich
	Effiziente Abbildung von Micropayments
	Keine Systembrüche bei DLT-basierten Geschäftsmodellen
	Effizientere Programmierung der Zahlungsflüsse

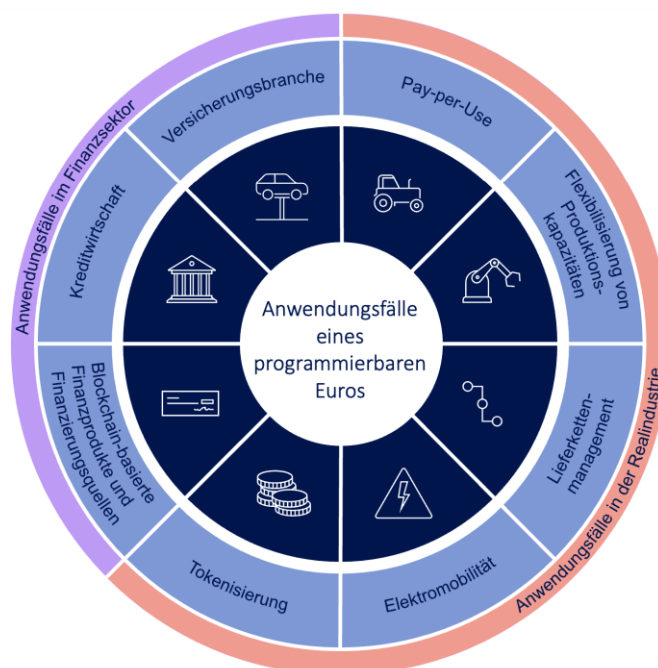
*Gilt nicht gegenüber Stablecoins, die ebenfalls bereits heute verfügbar sind.

** Nach Inkrafttreten der MiCA ist für Stablecoins ebenfalls eine hohe Rechtssicherheit gegeben.

6. Ausgewählte Anwendungsfälle des programmierbaren Euros

Ein programmierbarer, DLT-basierter Euro ermöglicht innovative Anwendungsfälle für die Realwirtschaft und den Finanzsektor. Von besonderer Relevanz ist der programmierbare Euro für produzierende Unternehmen, Kreditinstitute und Versicherungen. In diesem Kapitel werden entsprechende Anwendungsfälle aufgezeigt und erläutert. Abbildung 6 bietet eine Übersicht der diskutierten Anwendungsfälle.

Abbildung 6: Überblick über Anwendungsfälle



Quelle: Eigene Darstellung.

6.1 Realwirtschaft

6.1.1 Pay-per-Use

Die Rolle von Pay-per-Use-Modellen. Produzierende Unternehmen benötigen eine hohe Auslastung ihrer Produktionskapazitäten, um profitabel wirtschaften zu können. Bereits kleine Änderungen in der Nachfrage können zu erheblichen Gewinnrückgängen führen. Um diesem Risiko entgegenzuwirken, können Fixkosten reduziert werden, indem auf Pay-per-Use-Modelle zurückgegriffen wird. Im Gegensatz zum klassischen Leasing von Sachwerten, bei dem fixe monatliche Raten anfallen, die sich in der Regel über die gesamte Vertragslaufzeit nicht ändern, erfolgt die Abrechnung bei Pay-per-Use-Modellen rein nutzungsabhängig und daher variabel. Ein Praxisbeispiel aus dem Jahr 2020 stammt von der Daimler AG, die Pay-per-Use-Leasing für LKWs anbietet.¹⁰² Für Kunden bedeutet dies, dass sie mit hoher Flexibilität auch auf einen substantiellen Einbruch der Auftragslage reagieren können, indem Teile der Fahrzeugflotte stillgelegt werden können, ohne dass nutzungsunabhängig hohe Kosten anfallen würden, wie dies beim klassischen Leasing der Fall wäre.

Maschinenhersteller können von Pay-per-Use-Modellen profitieren. Pay-per-Use-Modelle erlauben Maschinenherstellern durch die Vermietung ihrer Maschinen variable, aber dennoch beständige, an die tatsächliche Nutzung gekoppelte Umsätze. Für Abnehmer solcher Maschinen impliziert Pay-per-Use, die mitunter sehr hohen Anschaffungskosten von Maschinen umgehen zu können. Die geringeren Anschaffungskosten ermöglichen Maschinenherstellern zudem die Erschließung neuer Absatzmärkte. Neben der Industrie könnte Pay-per-Use u.a. in folgenden Bereichen Anwendung finden: Unterhaltungsindustrie, Mobilität, Energieerzeugung, Landwirtschaft, 3D-Druck und öffentlicher Nah- und Fernverkehr.¹⁰³

Pay-per-Use am Beispiel des Traktorenherstellers Lindner. Der österreichische Nutzfahrzeughersteller Lindner hat bereits ein Pay-per-Use-Modell in Kooperation mit dem Kölner Finanzunternehmen CashOnLedger in der Praxis umgesetzt.¹⁰⁴ Das Geschäftsmodell von Lindner erlaubt es Kunden, Traktoren basierend auf der tatsächlichen Nutzung zu bezahlen. Hierbei ist es beispielsweise möglich zu unterscheiden, ob ein Traktor nur als Transportmittel verwendet wird oder mit Mähwerk arbeitet, was einen höheren Verschleiß und damit einen höheren Tarif bedeutet. Die mit Sensoren ausgestatteten Telematiksysteme sammeln Nutzungsdaten, die von CashOnLedger verwaltet werden. Anhand dieser Daten und dem gewählten Abrechnungsmodell, beispielsweise basierend auf Nutzungsart und Nutzungsdauer, kann in Echtzeit eine Forderung an den Abnehmer gestellt werden. Daraufhin werden die über die DLT ausgelösten Transaktionen über ein klassisches

¹⁰² Daimler Mobility, 2019.

¹⁰³ Arnoscht et al., 2011.

¹⁰⁴ Kaiser-Neubauer, 2020.

Geschäftskonto verrechnet. Hierbei gewährleistet die DLT komplette Transparenz und Datenauthentizität. Die Verfügbarkeit eines programmierbaren Euros würde erlauben, Abbuchungen direkt vorzunehmen und an die Buchungssysteme zu kommunizieren. Die einzige Manipulationsmöglichkeit dieses Systems bleiben die Sensoren am Gerät, ähnlich den Kilometerzählern heutiger Automobile.

Pay-per-Use ermöglicht neue Geschäftsfelder für Kreditinstitute. Die Funktion von Kreditinstituten im Kontext von Pay-per-Use kann einerseits das Anbieten nutzungsabhängiger Kreditangebote sein, welche auf den gesammelten Industriedaten basieren. Hierbei bietet die Nutzung einer DLT hinsichtlich Datenintegrität entscheidende Vorteile, denn Pay-per-Use-basierte Geschäftsmodelle sind nur dann vielversprechend, solange Gewissheit besteht, dass die gesammelten Daten bzgl. der Produktnutzung korrekt sind. Andererseits könnten Kreditinstitute Finanzprodukte anbieten, die Investitionen in Stammkapital, wie z.B. Maschinen, ermöglichen. Die Commerzbank bietet beispielsweise ein Kreditmodell an, bei welchem die Tilgungshöhe eines Kredits auf der Maschinennutzung basiert.¹⁰⁵ Konkret sinkt die Tilgungsrate bei einer geringeren Auslastung um bis zu 50%. Gleichzeitig kann das Darlehen bei hoher Auslastung auch schon vor Ende der Laufzeit komplett zurückgeführt werden. Diese Finanzierungsmöglichkeit zielt explizit auf produzierende Unternehmen mit hohem Maschinenbedarf ab.¹⁰⁶ Derartige Finanzprodukte führen zu einem reibungsloseren Zahlungsmanagement. Darüber hinaus wird das Investitionsrisiko, d.h. in diesem Fall das Risiko, dass Maschinen weniger ausgelastet sind als erwartet aber die anfallenden Kosten unverändert bleiben, reduziert.¹⁰⁷

Pay-per-Use und Versicherungen. Pay-Per-Use-Modelle können auch für Versicherungen neuartige Geschäftsmodelle und neue Märkte und Kundengruppen bedeuten. Beispielsweise können Versicherungen maßgeschneiderte, nutzungsabhängige Versicherungsprämien, welche sich z.B. nach der Maschinenauslastung richten, vermarkten.¹⁰⁸ Das Pay-per-Use-Geschäftsmodell von Lindner, das bereits erläuterte Praxisbeispiel von Pay-per-Use, beinhaltet beispielsweise neben dem eigentlichen Produkt auch eine Versicherungsprämie. Diese wird, wie auch der Mietpreis für das Fahrzeug, auf Basis der Nutzung kalkuliert und von der R+V Versicherung abgewickelt.¹⁰⁹ Das Zusammenspiel von Industrieunternehmen, Kreditinstituten und Versicherungen im Rahmen von DLT-basierten Pay-per-User-Modellen bildet somit mehrere konventionelle Schritte in einem Zug ab, sodass Administrationskosten und zeitlicher Aufwand minimiert werden.

¹⁰⁵ Commerzbank, 2021b.

¹⁰⁶ Commerzbank, 2021b.

¹⁰⁷ Commerzbank, 2021b.

¹⁰⁸ Schulden et al., 2020.

¹⁰⁹ Kaiser-Neubauer, 2020.

Die Rolle der DLT. Ein grundlegender Vorteil einer DLT gegenüber zentralisierten Technologien ist, dass Geschäfts- und Zahlungsprozesse in eine einzelne Plattform integriert werden können. Dieser Vorteil erschließt sich jedoch erst im Zusammenspiel mit Konzepten wie Smart Contracts, Tokenisierung und Maschinenidentitäten. So planen die Firmen TRUMPF und Munich Re nach eigenen Angaben ein “Pay-per-Part-Modell”, welches die Abrechnung von geschnittenen Blechteilen zu einem Fixpreis vorsieht.¹¹⁰ Anders als bei einem DLT-basierten Pay-per-Use-Modell ist aber zweifelhaft, ob dieses Geschäftsmodell die Asynchronität zwischen Leistung und Gegenleistung und somit Kontrahentenrisiken behebt. Vielmehr ist davon auszugehen, dass zunächst die erbrachte Leistung des Vormonats aggregiert und erst dann eine monatliche Rechnung von TRUMPF an den Kunden ausgestellt wird. Ein Zahlungsausgleich findet erst im Anschluss statt. Wie beschrieben, ermöglicht die DLT über das Konzept Streaming Money bzw. Micro Payments Kleinst- bzw. Bruchteilüberweisungen für Dienstleistungen an den Maschineneigentümer in Echtzeit. Durch sofortige und risikofreie Transaktionen – gewährleistet durch die zugrundeliegende Technologie – gewinnt Pay-per-Use für die Realwirtschaft an Relevanz und ermöglicht neue Geschäftsmodelle.

Datenqualität. Der Pay-per-Use-Ansatz, welcher auf einer akkuraten Messung der tatsächlichen Nutzung basiert, ist jedoch nur dann vielversprechend, wenn die Datenintegrität im Sinne einer Datenvalidität und -reliabilität gewährleistet werden kann, damit sowohl Maschinenhersteller als auch Abnehmer den von Sensoren und Telematiksystemen vorgenommenen Datenmessungen vertrauen können. Dabei haben sich solche Telematiksysteme schon seit Längerem beispielsweise in der KFZ-Versicherungsbranche zur Auswertung von Fahrverhalten bewährt. Der technische Aufbau einer DLT und seine SSOT-Funktion (siehe Erläuterung in Kapitel 3.5) können die Echtheit, Korrektheit und Integrität der Daten sicherstellen. Hierfür kann auf IoT-Technologien aufgebaut werden, um Daten direkt und in Echtzeit von einer mit dem Internet verbundenen Maschine auszulesen. Zudem kann auf externe Datenquellen, wie z.B. Wetter- oder Konjunkturdaten, die von Oracles in die DLT eingespeist werden, zugegriffen werden.

6.1.2 Tokenisierung

Definition der Tokenisierung. Der Begriff Tokenisierung beschreibt im DLT-Kontext die digitale Abbildung und Übertragbarkeit von Vermögenswerten und Rechten in Form eines sogenannten Tokens. Ein Token kann jede Art von Vermögenswert repräsentieren, wie z.B. Eigentumsrechte an einer Immobilie, einem Unternehmen oder einem physischen Vermögenswert.¹¹¹ Token werden üblicherweise über Smart Contracts auf einer Blockchain emittiert und können auf dezentralen Marktplätzen

¹¹⁰ Trumpf, 2020.

¹¹¹ Weiß, 2019.

gehandelt werden, wofür lediglich ein an das Internet angeschlossenes digitales Wallet notwendig ist.

Tokenisierte Immobilien. Ein Beispiel aus der Immobilienbranche: Immobilienkäufe sind heute langwierige Prozesse und meist mit einem hohen administrativen und regulatorischen Aufwand verbunden, beispielsweise bedingt durch notwendige Grundbucheintragungen und die Nicht-Teilbarkeit von Immobilien. Die Tokenisierung von Immobilien ermöglicht es, zukünftig ohne Intermediäre Immobilien auf Peer-to-Peer-Basis zu veräußern. Zudem wird ein beliebig kleines Teileigentum einer Immobilie ermöglicht, das in Form von Token abgebildet wird. Diese Fraktionalisierung ist gerade bei illiquiden Vermögenswerten wie Immobilien von großer Bedeutung und ermöglicht auch Kleininvestoren Investitionen in entsprechende Werte. Die Tokens repräsentieren sodann den anteiligen Anspruch des Investors an Mieteinnahmen, das Recht zum Verkauf seiner Tokens auf einem Sekundärmarkt, aber auch Pflichten wie die Zahlung von Grundsteuer und Versicherungsprämien. Um die Tokenisierung von Immobilien über Machbarkeitsnachweise und -studien hinaus in der Praxis großflächig zu realisieren, bedarf es allerdings noch Veränderungen.¹¹²

Tokenisierung von Immobilien am Beispiel Meridio. Tokenisierte Immobilien werden beispielsweise vom US-Unternehmen Meridio angeboten.¹¹³ Das Geschäftsmodell von Meridio verbindet Investoren und Immobilieneigentümer. Ein beispielhaftes Geschäftsszenario ist der Versuch eines Immobilieneigentümers für die Finanzierung eines weiteren Projektes kurzfristig Anteile der Immobilie zu liquidieren, ohne eine Kreditfinanzierung zu nutzen. In diesem Fall kann die Immobilie tokenisiert und ein bestimmter Prozentsatz verkauft werden. Für die Dokumentation des Eigentumswechsels sind in den USA keine Richter notwendig und die Funktion der Notare – anders als im Zivilrecht Kontinentaleuropas üblich – beschränkt sich allein auf die Prüfung der Authentizität von Unterschriften¹¹⁴, welche auch eine DLT übernehmen könnte. Der Vorteil für den Besitzer besteht darin, dass der Handel mit geringem zeitlichem und finanziellem Aufwand verbunden ist. Der Investor kann hierbei auch mit wenig Kapital eine Investition in eine Immobilie tätigen. Die Vergütung des Investors beispielsweise durch Mieteinnahmen läuft ebenfalls über Token ab. Somit können nicht nur Fraktionalisierung ermöglicht und Kosten reduziert, sondern auch die Automatisierung der Zahlungen gesteigert werden.¹¹⁵

¹¹² Für mehr Informationen rund um tokenisierte Immobilien siehe de la Rubia et al., 2021.

¹¹³ deLisa Coleman, 2018.

¹¹⁴ Consiglio Nazionale Del Notariato, o.D.

¹¹⁵ Meridio, 2021.

Tokenisierung von Immobilien am Beispiel der FINEXITY AG.¹¹⁶ Auch das deutsche Unternehmen FINEXITY tokenisiert u.a. Immobilien mit Hilfe von Smart Contracts, welche die Bedingungen für die Investoren zur Kapitalanlage festlegen. 65% des Immobilienpreises wird von einer Bank finanziert; das verbleibende Kapital wird von Investoren eingesammelt, indem Token verkauft werden.¹¹⁷ Manuelle Verwaltungsarbeit sowie der Gang zum Notar oder zu einer Bank sind nicht mehr notwendig. Auf der von FINEXITY angebotenen Sekundärmarktplattform können Token dann gehandelt werden. Hierbei ist hervorzuheben, dass sich die Anleger nicht direkt an der Immobilie beteiligen, da dies die aktuelle Gesetzeslage noch nicht zulässt, beispielsweise da Grundbucheintragungen von großen Personengruppen derzeit noch nicht vorgesehen sind. Darüber hinaus käme es bei einer direkten Beteiligung der Investoren zu einer Verkomplizierung beispielsweise hinsichtlich der Begleichung der Grunderwerbsteuer. Der Investor erwirbt stattdessen Investment-Token (Wertpapiere nach §2 WpPG).¹¹⁸

Die Tokenisierung von Maschinen. Durch die Tokenisierung von Maschinen und anderen IoT-Geräten über eine DLT-Plattform können diese als autonome Agenten auftreten, indem eindeutig identifizierbare digitale Zwillinge geschaffen werden. Diese können dann nach vordefinierten Regeln Handlungen einleiten und selbstständig Zahlungen tätigen. So könnten beispielsweise mit Sensoren ausgestattete smarte Rohstoff-Silos erkennen, wenn sich der Bestand im Silo reduziert und auf Basis dieser Information eine Nachlieferung an einen Zulieferer anfordern. Bei Erhalt der Waren fände sodann ein Zug-um-Zug-Geschäft statt. Im Zuge der Fraktionalisierung können auch beliebig viele Maschinen-Tokens emittiert werden, um selbst kleinteilige Anteilsansprüche an der Maschine abbilden zu können. Verbunden mit der Verfügbarkeit eines programmierbaren Euros sind Mikrozahlungen von Maschine zu Maschine schnell und kostengünstig ausführbar. Voraussetzung für die flächendeckende Nutzung der Tokenisierung ist eine entsprechende Rechtslage, welche die rechtssichere Verknüpfung von Token mit Eigentumsrechten ermöglicht.¹¹⁹ Sollten entsprechende Anpassungen des Rechtsrahmens erfolgen, könnte durch die Tokenisierung eine unkomplizierte und günstige Form der Kapitalbeschaffung entstehen, von der gerade produzierende Unternehmen profitieren können.

Pay-per-Use und Tokenisierung. In Zukunft ist es zudem denkbar, dass tokenisierte Maschinen oder IoT-Geräte in Form von neuartigen Finanzprodukten erworben und gehandelt werden können, sodass sich Investoren an den Geräten beteiligen können.

¹¹⁶ Finexity, 2021.

¹¹⁷ Finexity, 2021.

¹¹⁸ Ibid.

¹¹⁹ FIN LAW, 2021.

Besonders durch die kombinierte Nutzung von IoT, DLT und Künstlicher Intelligenz (KI) können Synergieeffekte entstehen; so kann KI menschliche Kontrollinstanzen ergänzen oder gar ablösen. Somit kann das Sicherheitsrisiko reduziert werden, während menschliches Eingreifen minimiert wird.¹²⁰ Diese erhöhte Sicherheit erlaubt es, dass Geräte autonom Transaktionen ausführen. Ein Beispiel, welches das Innovationspotential eindrucksvoll zeigt¹²¹: Es könnten zukünftig intelligente Straßenlaternen mit einer eigenen DLT-basierten digitalen Identität als autonome Agenten in den Zahlungskreislauf eingebunden werden, sodass diese nicht nur selbständig Zahlungen tätigen können, z.B. zur Bezahlung des Stroms, sondern auch nutzungsbasiert Zahlungen erhalten können (z.B. wenn ein selbstfahrendes Auto die Straße passiert). Diese autonomen "Profit-Center", die ihre Ein- und Ausgaben selbstständig verwalten, können dann als Finanzprodukte Investoren angeboten werden, sodass sie sich am Profit des intelligenten Geräts beteiligen können.

6.1.3 Flexibilisierung von Produktionskapazitäten

Flexible Nutzung von Produktionskapazitäten. Unternehmen nutzen ihre Infrastrukturen und Ressourcen, wie Maschinen, nicht ausschließlich für die eigene Produktion, sondern vermieten diese teilweise gewinnbringend an andere Unternehmen.¹²² Wie Synergieeffekte zwischen eigentlich konkurrierenden Unternehmen entstehen können, zeigt ein Blick in die Digitalwirtschaft am Beispiel von Netflix, dessen komplette Infrastruktur inzwischen auf den Servern von Amazon läuft.¹²³ Somit wird ein augenscheinliches Konkurrenzverhältnis in eine effiziente Nutzung von Serverkapazität und Gewinnoptimierung für beide Unternehmen überführt. Unternehmensübergreifende Kooperationen rund um Produktionsressourcen können beispielsweise über einen DLT-basierten IoT-Marktplatz umgesetzt und verwaltet werden.

DLT-basierter IoT-Marktplatz. Ein derartiger Marktplatz bietet Produkte zu Preisen basierend auf Echtzeitdaten der mit dem Internet verbundenen Sensoren an und berücksichtigt dabei auch über den Tag hinweg schwankende Preise.¹²⁴ Basierend auf autonomen Entscheidungen der Maschinenflotten soll erkannt werden, wann Produktionskapazitäten benötigt oder nicht genutzt werden. Die DLT bietet diesbezüglich den grundlegenden Vorteil der Datenintegrität und verhindert demnach eine Informationsasymmetrie zwischen den verschiedenen Nutzern der Plattform. Diese Integrität ist besonders wichtig, da heute Geschäftsbeziehungen häufig von vertraulichen Informationen gekennzeichnet sind, z.B. hinsichtlich Produkt- und Produktionsgeheimnissen.

¹²⁰ Sandner et al., 2020c.

¹²¹ Sandner et al., 2020c.

¹²² Kaiser et al., 2020.

¹²³ Förster, 2016.

¹²⁴ Kaiser et al., 2020.

Die Rolle des programmierbaren Euros für die flexible Nutzung von Produktionskapazitäten. Durch den Aufbau eines Marktplatzes auf DLT-Basis ist auch die Integration des Zahlungsprozesses zwischen einzelnen Marktteilnehmern über einen programmierbaren Euro möglich. Die effiziente Umsetzung dessen beruht letztendlich auf der Nutzung eines DLT-basierten Zahlungssystems, um Transaktionen über eine einheitliche Infrastruktur und ohne Intermediäre zu gewährleisten.

6.1.4 Lieferkettenmanagement

Probleme beim Lieferkettenmanagement. Innerhalb des Lieferkettenmanagements fällt es Unternehmen oft schwer, anderen Parteien hinsichtlich der Qualität und des aktuellen Status eines Produktes zu vertrauen.¹²⁵ Zudem steigt die Komplexität der Lieferketten durch die Globalisierung und einen hohen Konsumentendruck zunehmend an.¹²⁶ Heutige Lieferketten weisen häufig zudem noch mangelnde Transparenz bezüglich Herstellung, Qualität und Lieferung von Produkten auf. Darüber hinaus sind Lieferketten mit zahlreichen Teilnehmern anfällig für Betrug und Cyberangriffe. Bei einem unbefugten Zugriff auf sensible Daten kann dies negative wirtschaftliche Folgen und Misstrauen gegenüber Herstellern verursachen.¹²⁷

Die Vorteile eines DLT-basierten Lieferkettenmanagements. Um die genannten Probleme des heutigen Lieferkettenmanagements zu adressieren, kann eine DLT als technologische Basis für das gesamte Lieferkettenmanagement verwendet werden. Hierbei müssen primär drei Datenkanäle, sogenannte Channels, aufgesetzt werden; (1) zwischen Einzelhändler und Lieferant, (2) zwischen Lieferant und Produzent und (3) zwischen allen Parteien.¹²⁸ Auf diese Art und Weise wird der Datenschutz durch die Datenhoheit jeder Partei gewährleistet, sodass beispielsweise Vertragsinformationen zwischen Einzelhändler und Lieferant nicht mit den anderen Parteien geteilt werden. Allerdings ließe sich ebenfalls eine höhere Transparenz durch die Rückverfolgbarkeit von Produkten innerhalb der Channels realisieren. Zudem würden schnellere und transparente Lieferketten ermöglichen werden, wodurch niedrigere Kosten realisiert werden würden.¹²⁹ In diesem Kontext würde ein programmierbarer Euro dafür sorgen, dass Transaktionen innerhalb der Lieferkette schnell und effizient abgewickelt werden könnten.

Commerzbank, Evonik und BASF testen bereits das DLT-basierte Lieferkettenmanagement. Das von den drei deutschen Unternehmen Commerzbank, Evonik und BASF aufgesetzte Pilotprojekt rund um ein DLT-basiertes

¹²⁵ Kaiser & Sandner, 2020.

¹²⁶ Schäffner et al., 2021.

¹²⁷ Schäffner et al., 2021.

¹²⁸ Schäffner et al., 2021.

¹²⁹ Kaiser & Sandner, 2020.

Lieferkettenmanagement soll die effiziente Abwicklung bilateraler Forderungen ermöglichen.¹³⁰ Die regelmäßige und wechselseitige Geschäftsbeziehung zwischen Evonik und BASF dient als Basis des Projektes. Forderungen und Leistungen werden über die von der Commerzbank bereitgestellte DLT-Plattform mithilfe eines auf ihr bereitgestellten digitalen Euros in Echtzeit abgewickelt. Die Unternehmen nennen die automatische Datenvalidierung via Smart Contracts und die damit einhergehende Transparenz, Geschwindigkeit und Verlässlichkeit als Vorteile der Nutzung einer DLT für das Lieferkettenmanagement. Die Projektpartner beschreiben die Nutzung einer DLT-basierten Plattform als grundlegenden Baustein für vollautonome Lieferketten.¹³¹

6.1.5 Elektromobilität

Elektromobilität auf DLT-Grundlage. Ein weiterer Anwendungsfall für den programmierbaren Euro und die DLT findet sich im Bereich der Energiewirtschaft. Durch die Nutzung einer DLT können Geräte, Maschinen ganze Anlagen, beispielsweise zur Stromerzeugung, Entscheidungen autonom treffen. Smart Contracts können für den effizienten An- und Verkauf von Elektrizität verwendet werden. Ein Beispiel: Im Falle von Elektrofahrzeugen kann ein bestimmter Strompreis pro kWh festgelegt werden, zu welchem das an der Ladesäule angebrachte Fahrzeug geladen werden soll. Alternativ kann das System auch die günstigsten Ladezeiten berechnen. Das Fahrzeug lädt in diesem Fall nicht sofort, sondern ist ausreichend intelligent, um erst dann den Ladevorgang zu starten, wenn es aus Sicht der programmierten Logik günstig ist, beispielsweise in der Nacht, wenn die Nachfrage und folglich der Strompreis typischerweise geringer sind.¹³² Der gesamtwirtschaftliche Vorteil besteht neben geringeren Kosten darin, dass Abnahmespitzen verringert werden können, was zu einer Entlastung des Stromnetzes führt. Die Zahlungsabwicklung erfolgt bis zu einem bestimmten, in der Logik verankerten, definierten Maximalbetrag für den Ladevorgang komplett automatisiert.¹³³ Diese automatisierte und autonome Steuerung hätte enorme Auswirkungen auf bestehende und zukünftige Carsharing-Konzepte. Durch das Zusammenspiel des Carsharing Systems, eines DLT-basierenden Zahlungsmittels und des KI-getriebenen Stromnetzes könnten Preise, Reichweiten und Verfügbarkeiten sowie die Effizienz und Attraktivität des Carsharings verbessert werden.

Der automatische An- und Verkauf von Strom durch Smart Contracts. Die autonome Natur eines effizienten Ökosystems impliziert zudem, dass Elektroautos als Stromspeicher und damit als Einnahmequelle genutzt werden können.¹³⁴ So können physisch angebundene Elektroautos gespeicherten Strom im Fahrzeug zur Verfügung

¹³⁰ Commerzbank, 2021a.

¹³¹ Commerzbank, 2021a.

¹³² Kaiser & Gross, 2020a.

¹³³ Kaiser & Gross, 2020b.

¹³⁴ Kaiser & Gross, 2020a.

stellen, sollte die Nachfrage – und somit der Strompreis – besonders hoch sein. Sinken Nachfrage und Preis wieder, kann das Auto den Netzstrom wieder für die Eigennutzung erwerben. Der Kauf des Stroms bei niedrigen Preisen und der Verkauf von Strom bei hohen Preisen bedeutet einen finanziellen Gewinn für die Besitzer des Autos. Das autonome Elektroauto kann diese Entscheidung aufgrund der Nutzung von Smart Contracts selbst treffen. Somit muss der Kunde den Preis des selbst produzierten Stromes nicht mehr mit dem Stromanbieter verhandeln, sondern kann auf einem Markt automatisch den optimalen Preis finden. Dadurch könnten beispielsweise autonome Fahrzeuge ihren Strom direkt und kostengünstig von der Photovoltaikanlage des Privatanbieters beziehen.

Der Einfluss der DLT-basierten Elektromobilität auf die Marktteilnehmer. Das Potential der DLT-basierten Elektromobilität wird besonders in Kombination mit einem programmierbaren, DLT-basierten Zahlungsmittel deutlich. So wäre eine direkte Abrechnung – ohne die Notwendigkeit eines Intermediärs und ohne den Umtausch des nötigen Tokens in eine Fiat-Währung – möglich. Die Zahlungsabwicklung des beschriebenen Ladeprozesses kann hierbei beispielsweise auch dem Streaming-Money-Modell folgen, bei welchem Geld nicht diskretionär, sondern als stetiger Fluss transferiert wird. Die extrem hohe Fraktionalisierbarkeit von DLT-basierten Zahlungsmitteln erlaubt, dass auch Bruchteile einer kWh effizient abgerechnet werden können.

DLT-basierte Beteiligungen an Elektromobilitätsgewinnen am Beispiel „Eloop“. Das Wiener Carsharing-Unternehmen Eloop hat im März 2021 bekanntgegeben, einen DLT-basierten Token emittieren zu wollen, welcher Investitionen in die Flotte des Unternehmens ermöglicht.¹³⁵ Der Halter des Tokens finanziert somit die Anschaffung von zusätzlichen Fahrzeugen und profitiert durch eine Umsatzbeteiligung. Auf diese Art will Eloop 250 Tesla Model 3 für ihren Kernmarkt Wien finanzieren.¹³⁶ Darüber hinaus testen auch Autohersteller selbst, wie die DLT im Kontext der Elektromobilität genutzt werden kann. BMW hat beispielsweise einen DLT-basierten – und somit fälschungssicheren – Fahrzeug-Pass namens „VerifyCar“ entwickelt, welcher die Manipulation von Kilometerständen und andere Betrügereien unterbinden soll.¹³⁷

¹³⁵ Kasantmascheff, 2021.

¹³⁶ Kasantmascheff, 2021.

¹³⁷ Kasantmascheff, 2021; Wilhelm & Müller, 2021.

6.2 Finanzsektor

6.2.1 Blockchain-basierte Finanzprodukte und Finanzierungsquellen

Digitale Wertpapiere auf dem Vormarsch. Die Übertragung von Wertpapieren ist heute mit einem erheblichen Aufwand – und demnach Kosten – verbunden, da im Hintergrund der Eigentümerwechsel physisch, in Form einer Urkunde, bei einem Zentralverwahrer festgehalten und dokumentiert wird. Digitale Wertpapiere, die beispielsweise über eine DLT dokumentiert werden, können in diesem Zusammenhang Effizienzen heben, da komplexe und langwierige Prozesse wie die Verrechnung und Abwicklung sowie die Verwahrung automatisiert werden können.

Die rechtliche Situation in Deutschland. Der entsprechende Rechtsrahmen für digitale Wertpapiere ist in Deutschland inzwischen durch das im Juni 2021 verabschiedete Gesetz zur Einführung elektronischer Wertpapiere (eWpG) gegeben. Das Gesetz ermöglicht die Nutzung einer DLT als digitales Kryptowertpapierregister ohne die heute notwendige Pflicht zur Hinterlegung einer physischen Papierurkunde bei einem Zentralverwahrer.¹³⁸ Zwar werden momentan nur Anleihen und keine Aktien von diesem Gesetz erfasst, aber die Verabschiedung eines solchen Gesetzes signalisiert einen ersten Schritt in Richtung Dematerialisierung an den deutschen Kapitalmärkten.

DLT kann die Finanzierung durch Eigen- und Fremdkapital erleichtern. KMUs sind heute auch aufgrund hoher Eintrittskosten nur selten an europäischen Börsen gelistet (2018 waren dies nur 3.000 der 20 Millionen KMUs in Europa¹³⁹). Eine DLT-basierte Handelsplattform könnte ihnen ermöglichen, tokenisierte Anteile des Unternehmens mit geringeren Eintrittsbarrieren und geringeren Kosten zum Handel anzubieten.¹⁴⁰ Demnach entfallen Teile des langwierigen und kostenintensiven Prozesses des Initial Public Offerings. Die Vorteile der Finanzierung über digitale Wertpapiere betreffen nicht nur die Finanzierung durch Eigenkapital, sondern auch die Aufnahme von Fremdkapital. So hat beispielsweise Daimler erfolgreich ein Schuldscheindarlehen mit der Landesbank Baden-Württemberg (LBBW) auf DLT-Basis abgewickelt.¹⁴¹ Einfache und günstige Finanzierungsmöglichkeiten, welche auf einer DLT basieren, werden den Kapitalmarkt nachhaltig verändern und können die Liquidität steigern. Dieser Nutzen ist auch Folge der Erschließung eines breiteren Investorenpools beispielsweise durch Fraktionalisierung (siehe Kapitel 6.1.2) und der prinzipiell globalen Natur der DLT. Zudem beschleunigt und automatisiert die DLT mit Hilfe von Smart Contracts die Verrechnungsprozesse, ohne dass Intermediäre involviert sein müssen.

¹³⁸ BMJV, 2021; von Zehmen & Kaulartz, 2021.

¹³⁹ Europäische Kommission, 2018.

¹⁴⁰ Voutsas, 2020.

¹⁴¹ Krug, 2019.

Der programmierbare Euro und die Wertpapierabwicklung. Nun wird durch das eWpG der Handel digitaler, DLT-basierter Wertpapiere rechtlich unterstützt. Allerdings ist die Euro-Zahlungsabwicklung via DLT derzeit nur eingeschränkt möglich. Um die Effizienz zu erhöhen und Zug-um-Zug-Geschäfte zu ermöglichen, sollten Wertpapiere sowohl über eine DLT emittiert und verwaltet als auch effizient bezahlt werden können. Eine Möglichkeit hierfür ist es, beide Plattformen, also DLT und traditionelle Zahlungsinfrastruktur, über eine Triggerlösung zu verbinden und miteinander zu synchronisieren (siehe Kapitel 5.3.1). Anstelle einer Triggerlösung könnten auch DLT-basierte Euro-Zahlungsmittel verwendet werden, um die Grenzen der Triggerlösung zu adressieren. In der Konsequenz könnten dann alle Geschäftsprozesse – Emission des Wertpapiers, Bezahlung des Wertpapiers und Zinszahlungen – über die DLT abgebildet werden.

Smart Derivative Contracts als Beispiel für DLT-basierte Finanzprodukte. Drei Jahre nach Beginn des Projektes haben die DZ BANK, die Bayerische Landesbank und die deutsche Börse erstmals ein außerbörsliches (OTC) Zinsderivat in Form eines digitalen, DLT-basierten Smart Derivative Contract erfolgreich gehandelt.¹⁴² Kernaspekt der Entwicklung des Smart Derivative Contracts war die Vereinbarung von Technologie und Rechtssicherheit, denn selbst eine vollautomatisierte Transaktion ist ohne Nutzen, wenn diese keine Rechtsanerkennung genießt. Um eine automatisch initiierte Transaktion zu gewährleisten, wird der Wert des Derivates basierend auf einem vertraglich definierten Algorithmus errechnet und eine tägliche Vorfinanzierung eingestellt, um eine Zahlungsabwicklung zu garantieren.¹⁴³ Damit haben die drei Institute gemeinsam bewiesen, dass eine solche Transaktion vollständig digital umgesetzt werden kann. Der bislang komplexe und langwierige Prozess, OTC-Derivate zu handeln, kann demnach durch die DLT vereinfacht und beschleunigt werden. Die Kreditinstitute erläuterten jedoch auch, dass ein programmierbarer Euro – unabhängig von den jeweiligen Emittenten – On-Chain- und Off-Chain-Transaktionen friktionsfrei verbinden muss.¹⁴⁴

6.2.2 Kreditwirtschaft

Der Einsatz der DLT im Interbankenzahlungsverkehr. Die große Anzahl an involvierten Kreditinstituten im Interbankenverkehr aus verschiedenen Jurisdiktionen impliziert die Nutzung unterschiedlicher Datenformate für den Informationsaustausch bei grenzüberschreitenden Zahlungen. Die entstehenden Synchronisationsprobleme führen in der Regel zu hohen Kosten und Ineffizienzen. Die DLT könnte als gemeinsame technologische Basis verwendet werden, um den Informationsaustausch zu harmonisieren und für Transaktionen zwischen Kreditinstituten ein gemeinsames System mit einheitlichen Regeln zu etablieren. Hierdurch dürften Effizienzgewinne

¹⁴² Godenrath, 2021; DZ Bank, 2021.

¹⁴³ Godenrath, 2021.

¹⁴⁴ Godenrath, 2021.

hinsichtlich Transaktionsgeschwindigkeit und -transparenz realisiert werden. Die Notwendigkeit gegenseitigen Vertrauens wird durch Kryptographie-gestützte Fälschungssicherheit minimiert. Anstelle des Vertrauens in die Ehrlichkeit der Transaktionsteilnehmer tritt daher lediglich das Vertrauen in das DLT-Protokoll.

Das Spunta-Projekt des Italienischen Bankenverbands. Das Spunta-Projekt des Italienischen Bankenverbands (AIB) treibt die Integration der DLT im italienischen Bankensektor voran.¹⁴⁵ Die Hauptmotivation des Projektes, an welchem derzeit 18 Kreditinstitute partizipieren, ist die automatische Abgleichung bilateraler Konten zweier, miteinander agierender Kreditinstitute.¹⁴⁶ Im aktuellen Interbankenzahlungsverkehr werden Daten teils in unterschiedlichen Systemen und basierend auf unterschiedlichen Dateiformaten gespeichert. Die hieraus resultierenden Ineffizienzen sollen im Rahmen des Spunta-Projekts adressiert werden. Die genutzte Technologie erkennt Fälle, in welchen Transaktionsinformationen der beiden interagierenden Kreditinstitute nicht übereinstimmen, und standardisiert den Datenabgleich. Bislang wurden über das DLT-System 332 Millionen Transaktionen abgewickelt.¹⁴⁷ Anstelle langsamer und fehleranfälliger Back-Office Abgleichungen, welche bislang monatlich durchgeführt wurden, erlaubt das System einen täglichen Abgleich von Informationen.¹⁴⁸ Grundlegende Vorteile, die hieraus resultieren, sind eine höhere Transparenz und ein integrierter Kommunikationskanal, welcher den Dialog zwischen Kreditinstituten fördert, sollten Datendiskrepanzen auftreten.¹⁴⁹ Ein solches Projekt würde von der Integration eines DLT-basierten Zahlungsmittels profitieren, um weitere Effizienzgewinne zu verzeichnen. Deshalb ist im Rahmen des Spunta-Projekts die Integration eines DLT-basierten, programmierbaren Euros geplant, um auch die eigentliche Zahlungsabwicklung, nicht nur die Zahlungsanweisung, über eine DLT abbilden zu können.

6.2.3 Versicherungsbranche

Smart Contracts innerhalb der Versicherungsbranche. Smart Contracts ermöglichen es, Transaktionen automatisch in Abhängigkeit von externen Ereignissen auszulösen. Da Verträge innerhalb der Versicherungsbranche grundsätzlich auf der Erfüllung von zuvor definierten Ereignissen, beispielsweise einem Verkehrsunfall, basieren, sind Smart Contracts von besonderer Relevanz. Die Implementierung und Abwicklung von Versicherungsleistungen durch Smart Contracts haben das Potential, die organisatorischen, bürokratischen und investigativen Geschäftskosten für Versicherungen reduzieren zu können, und begünstigen die sofortige Auszahlung im Schadensfall. Dies setzt voraus, dass etwa die Frage nach der Schadensursache oder der Schuld eindeutig beantwortet werden kann. Viele Sachverhalte sind komplex

¹⁴⁵ EPC, 2021.

¹⁴⁶ EPC, 2021.

¹⁴⁷ Attanasio, 2021.

¹⁴⁸ EPC, 2021.

¹⁴⁹ EPC, 2021.

gestrickt und erfordern die Beurteilung eines Gutachters. Zwar sind Smart Contracts (wie alle Algorithmen) aktuell nicht intelligent genug, um menschliches Urteilsvermögen im Rahmen von Versicherungsfragen nachzuahmen. Hybride Modelle könnten jedoch Anwendung finden, in welchen Smart Contracts lediglich spezifische Aspekte der Sachlage mittels Telematik- und Sensordaten gegen die Vertragsinhalte abgleichen und nur bestimmte Transaktionen ausführen können, beispielsweise solche in Bezug auf das Vertragsmanagement und Prämieninkasso.¹⁵⁰

Kernanwendungen der DLT in der Versicherungsbranche. Die Versicherungsbranche ist aufgrund des hohen Digitalisierungs- und Automatisierungsgrades grundsätzlich für die Integration der DLT in Geschäftsprozesse prädestiniert. Die Vorteile der Nutzung einer DLT – u.a. Transparenz, Schutz vor Datenmanipulation und Automatisierung – sind deshalb für Geschäftsprozesse des Versicherungsgeschäfts besonders vielversprechend. Ernst & Young hat u.a. folgende Kernbereiche der Versicherungsbranche, welche von der Nutzung von DLTs profitieren würden, identifiziert: (1) Betrugserkennung, (2) Schadensmanagement, (3) IoT, (4) Vertrieb und Zahlungsabwicklung.

Betrugserkennung. Der dezentrale Prüfmechanismus einer DLT erkennt und unterbindet jegliche Datenmanipulationsversuche. Dies gilt v.a. für Anwendungen rund um öffentliche Blockchains oder zugangsbeschränkte Blockchains mit einer hohen Anzahl an ausgewählten Netzwerkteilnehmern. Darüber hinaus können die manipulationsresistenten Daten als Grundlage für KI-getriebene Kontrollalgorithmen dienen. Die Minimierung des Betrugsrisikos steigert in der Konsequenz das Vertrauen zwischen den involvierten Parteien, da die Datenlage zu jeder Zeit akkurat und belastbar ist.

Schadensprävention und -management. Um noch gezielter die Wahrscheinlichkeit bestimmter Schadensfälle und der damit verbundenen Ersatzzahlungen kalkulieren zu können, haben Versicherungen ein hohes Interesse daran, auf Basis von Nutzerdaten statistische Hochrechnungen anzustellen. So können Gerätedaten – übertragen und gespeichert auf einer gemeinsamen DLT – dafür genutzt werden, Schadensmeldungen zu vereinheitlichen und die Kommunikation zwischen allen beteiligten Parteien maßgeblich zu erleichtern.¹⁵¹ Die Verifizierung des Versicherungsschutzes könnte mithilfe einer DLT schnell und sicher ermittelt werden und auch jede Transmission von digitalen Beweisstücken und Gutachten kann in einem dezentralen Prüfprotokoll chronologisch prüffähig festgehalten werden.

¹⁵⁰ Möhlenkamp & Wessel, 2018.

¹⁵¹ EY, 2018.

IoT. Schafft es die Versicherungsbranche die bereits erläuterten Vorteile des IoT zu nutzen, können Versicherungsprodukte noch genauer auf die Anforderungen der Kunden angepasst werden. Beispielsweise können Fahrzeuginformationen bezüglich Brems- und Beschleunigungsmuster, gefahrene Strecken und andere Verhaltensmuster genutzt werden, um Hochrisikofahrer zu identifizieren.¹⁵² Gleichermaßen können günstigere Tarife für sichere Fahrer angeboten werden. Eine Versicherung kann sich durch solch individualisierte Produkte differenzieren und einen Wettbewerbsvorteil gegenüber anderen Anbietern erlangen.

Abwicklung der Zahlung. Wie bereits erläutert, bietet die Integration der Zahlungsabwicklung in eine DLT Effizienzgewinne und reduziert Kontrahentenrisiken.¹⁵³ Besonders in Kombination mit einem programmierbaren Euro kann die Versicherung demnach transparente und sofortige Zahlungen und Prämien gewährleisten.

7. Handlungsempfehlungen

7.1 Kooperativer Ansatz und Vernetzung

Gemeinschaftlicher Diskurs und kooperative Umsetzung. Bei der Entwicklung und Umsetzung von Anwendungen rund um den programmierbaren Euro sollten die Interessen aller Stakeholder reflektiert und berücksichtigt werden. Es wäre nicht erstrebenswert, wenn Unternehmen eigene "Silo-Lösungen" entwickeln, welche keine flächendeckende Adoption erfahren würden. Vielmehr sollte der Dialog und Austausch mit zukünftigen Kunden, wie z.B. Industrieunternehmen oder privaten Endnutzern, sowie mit potentiellen Kooperationspartnern, wie Kreditinstituten und Versicherungen, gesucht werden. Idealerweise werden sowohl die Ideenphase als auch die Entwicklungs- und Umsetzungsphase von Finanzaufsichtsbehörden begleitet und in Abstimmung mit dem Eurosystem durchlaufen. Hierbei sollten effiziente, transparente und sichere Lösungen rund um programmierbare Zahlungen gemeinschaftlich entwickelt und implementiert werden; wie beim Vorgehen der EZB zum digitalen Euro können Marktakteure in Expertenrunden eingeschlossen werden. Denkbar sind auch Dialogreihen und Arbeitsgruppen, welche beispielsweise in enger Abstimmung mit den Bundesländern, z.B. dem Bayerischen Staatsministerium für Digitales, initiiert und koordiniert werden könnten. Zudem könnten entsprechende Use Cases möglicherweise sogar im Verbund monetarisiert werden. Ein kritischer Diskurs mit Fokus auf interdisziplinären Aspekten ist hierbei besonders wichtig, um in hohem Maße innovative Lösungen auf den Markt zu bringen. Auch auf EU-Ebene muss

¹⁵² EY, 2018.

¹⁵³ EY, 2018.

erreicht werden, dass sämtliche Stakeholder im Einvernehmen mit den am EU-Gesetzgebungsprozess beteiligten EU-Organen handeln und eine möglichst kohärente Interessengemeinschaft bilden. Dies setzt einen öffentlichen Diskurs sowie die zügige Dissemination von Erfahrungswerten von Forschungsstudien und praktischen Sandkasten-Projekten zum digitalen Euro voraus. Es ist deshalb erforderlich, dass der EU-Gesetzgeber, das Eurosystem und die nationalen Zentralbanken der Eurozone und Finanzaufsichtsbehörden gemeinsam mit Vertretern der Privatwirtschaft und Wissenschaft DLT-Lösungsmodelle für den programmierbaren Euro entwickeln, aus welchen die EU als Ganzes international gestärkt hervorgeht.

Chancen des programmierbaren Euros erkennen. Zahlungslösungen rund um den programmierbaren Euro komplementieren, die bisher existieren Zahlungsmöglichkeiten für alle Marktteilnehmer. Diese Zahlungslösungen haben zweifelsfrei disruptive Elemente, sollen aber nicht zu einer substantiellen Verdrängung klassischer Zahlungssysteme und somit zu einer Disintermediation des Finanzsektors führen. Kreditinstitute sind angehalten, den Anschluss an die Digitalisierung nicht zu verlieren und sich aktiv an der Erschließung neuer Geschäftsfelder zu beteiligen (siehe Kapitel 6.2). Weiterhin sind vor dem Hintergrund einer absehbar steigenden Nachfrage nach Experten in der Finanzbranche und Realwirtschaft, die den digitalen Euro über DLT-Zahlungsinfrastrukturen verwirklichen werden, die Bundesländer angehalten, gemeinsam mit dem Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) Bildungsmaßnahmen zur Ausbildung von Fachkräften zu fördern. Insbesondere die Hochschulbildungspolitik könnte derart angepasst werden, sodass das Thema digitaler Euro prominenter in Studiengängen wie Informatik und in der Betriebs- und Volkswirtschaftslehre platziert wird. Mittelfristig wären wohl auch ganze Studiengänge vorstellbar, welche sich ausschließlich mit den Voraussetzungen, Umsetzungen und Implikationen der Blockchain-Technologie, Kryptowerten sowie des digitalen Euros beschäftigen, um systematisch und wissenschaftlich belastbare Erkenntnisse zu schaffen. Insbesondere für Finanzaufsichtsbehörden scheint es erstrebenswert, weitere Stellen für Programmierer und Experten im Bereich DLT-basierter Zahlungen zu schaffen, um beispielsweise adäquat auf Verdachtsmeldungen nach dem Geldwäschegesetz reagieren zu können und mitunter auch die Rechtskonformität von Smart Contracts beurteilen zu können.

7.2 Anpassungen des Rechtsrahmens

Rechtsunsicherheit hemmt Innovationen. Unternehmen wollen kostspielige Produktanpassungen aufgrund regulatorischer Änderungen vermeiden und benötigen sowohl auf nationaler als auch auf EU-Ebene einen klaren und transparenten Rechtsrahmen, um die eigene Planungssicherheit zu erhöhen. In Deutschland herrscht derzeit noch keine gänzliche Rechtssicherheit und -klarheit hinsichtlich der Regulierung entsprechender DLT-basierter Anwendungen, beispielsweise von

tokenisiertem Giralgeld oder Stablecoins. Hierbei ist es weniger ein Mangel an regulatorischen Regeln an sich, der Innovationen hemmt, sondern eher die Ungewissheit, ob zukünftig ein restriktiverer Rechtsrahmen zu erwarten ist, welcher Projektfortschritte verlangsamen könnte. Unternehmen benötigen einen regulatorischen Rahmen, der möglichst technologieneutral, innovationsfreundlich und vorausschauend ausgestaltet ist, um u.a. neuartige Geschäftsmodelle rund um den programmierbaren Euro umzusetzen.

Rechtliche Kernaspekte. Die Rechtsnormen sollten auf dem bereits bestehenden Rechtssystem aufbauen und dieses an die Besonderheiten eines programmierbaren Euros anpassen. Auch unter dem Gesichtspunkt des Verbraucher- und Anlegerschutzes müssen einige Prinzipien, wie der Rücknahmeanspruch vom programmierbaren Euro gegen Giralgeld zum Nennwert beim Emittenten, sowie der Datenschutz gesetzlich verankert werden. Letzteres erfordert eine Abwägung zwischen dem rechtsstaatlichen Interesse an KYC- und AML-Prozessen einerseits und der Privatsphäre und Persönlichkeitsrechten des Individuums andererseits. Ein Einklang mit der Datenschutz-Grundverordnung (DSGVO) impliziert eine Anonymisierung einsehbarer Nutzerdaten, welche beispielsweise über sogenannte Zero-knowledge Proofs oder aber auch autorisierte Instanzen (z.B. Systemadministrator) implementiert werden kann, die rückwirkend Veränderungen beispielsweise hinsichtlich Löschung der Daten vornehmen können. Sowohl der EU-Gesetzgeber als auch der nationale Gesetzgeber sollen sich darüber hinaus mit dem Bedarf einer zivilrechtlichen und aufsichtsrechtlichen Gesetzesanpassung auseinandersetzen. Es muss die Frage beleuchtet werden, wer das Risiko eines Smart Contract-basierten Vertragsfehlers zu tragen hat und diese Erkenntnisse sind in die das Vertragsrecht betreffenden Teile des Bürgerlichen Gesetzbuches (BGB) zu verankern. Daneben könnte die Dematerialisierung des Wertpapierrechts weiter vorangetrieben werden: die Privatwirtschaft könnte von einer Erweiterung des Anwendungsbereiches des eWpG auf Aktien über Schuldscheine hinaus profitieren. Dies setzt jedoch eine eingehende juristische Auseinandersetzung mit den Implikationen für das Gesellschaftsrecht mit Blick auf die Gründung einer Gesellschaft, der Emission von Aktien und ihren Handel an internationalen Kapitalmärkten voraus.¹⁵⁴ Ein besonderes Augenmerk sollte auch auf die Erarbeitung einer Rechtsgrundlage gelegt werden, welche es mit Identitäten versehenen und autonom handelnden IoT-Geräten ermöglicht, Zahlungsgeschäfte einzugehen.

Die Förderung einer klaren, technologieneutralen Regulierung. Der Gesetzgeber sollte zeitnah entsprechende Rechtsklarheit schaffen und einen technologieneutralen Gesetzesrahmen auf den Weg bringen. Das Regulierungsprinzip der Technologieneutralität bzw. -offenheit bedeutet, dass es zwar seitens politischer Entscheidungsträger Zielvorgaben geben kann. Die Technologie jedoch, welche sich letztlich durchsetzt, wird durch den Innovationswettbewerb und den Markt bestimmt.

¹⁵⁴ Tönningesen & Adolph, 2021.

Der juristische Rahmen sollte dabei insbesondere eine Integration der DLT über die gesamte Wertschöpfungskette verschiedener Geschäftsmodelle ohne einschneidende Einschränkungen erlauben und dadurch Entwicklungen rund um den programmierbaren Euro fördern.

Welche Formen des programmierbaren Euros sind bereits rechtlich abgedeckt?

Transaktionen, die von DLT-basierten Systemen über Smart Contracts ausgelöst, aber über traditionelle Zahlungssysteme abgewickelt werden, unterliegen weitestgehend dem aktuell existierenden Rechtsrahmen. Demnach muss für eine solche Triggerlösung keine substantielle Änderung des regulatorischen Rahmens vorgenommen werden.¹⁵⁵ Darüber hinaus fallen teilweise auch andere, euro-denominierte, DLT-basierte Anwendungen unter den bereits existierenden Rechtsrahmen. Allerdings liegt die Mehrzahl der DLT-basierten Anwendungen rund um den programmierbaren Euro außerhalb der heute bestehenden Regulatorik.¹⁵⁶ Auch wenn die Rechtssicherheit für Stablecoins/tokensiertes E-Geld durch die MiCA-Regulatorik geschaffen werden soll, sind nicht alle Formen des programmierbaren Euros von der Regulatorik umfasst, wie z.B. tokenisiertes Girogeld oder auch CBDCs. Emittenten von solchen digitalen Euro-Token sind ebenfalls Informationspflichten aufzuerlegen, beispielsweise in Form eines Prospektes oder Whitepapers, um sowohl Finanzaufsichtsbehörden als auch Verbraucher hinreichend zu informieren. Hier gilt es einen transparenten, innovationsfreundlichen Rechtsrahmen zu schaffen. Dieser sollte, wenn möglich, einen supranationalen Charakter haben, um die Wirkungsfähigkeit und die Nutzung des digitalen Euros nicht einzuschränken. Die europäischen Gremien sind entsprechend gefordert.

7.3 Etablierung von Standards und Sicherstellung von Interoperabilität

Praxisprojekte rund um den programmierbaren Euro. Auf Basis der Triggerlösung und von Euro-Stablecoins ist es grundsätzlich bereits heute möglich, den Euro über eine DLT-basierte Plattform abzubilden. Auch erste Use Cases in der Realwirtschaft setzen solche Lösungen ein, wie z.B. das oben beschriebene Projekt von CashOnLedger und der Commerzbank. Beide Beispiele bauen allerdings auf unterschiedlichen technologischen Plattformen auf. Es ist kurz- bis mittelfristig zu erwarten, dass unterschiedliche DLT-Anwendungen weiterhin auf verschiedenen DLT-Protokollen basieren werden und sich nicht eine DLT-Infrastruktur für alle DLT-Use-Cases durchsetzen wird, da hierfür die Technologien zu verschieden sind.

Interoperabilität von hoher Relevanz. Aus diesem Grund ist es essentiell, Interoperabilität zwischen den verschiedenen Infrastrukturen herzustellen. Interoperabilität bezieht sich in diesem Kontext auf die Möglichkeit unterschiedlicher Systeme, sich untereinander zu vernetzen, miteinander zu kommunizieren und

¹⁵⁵ Bechtel et al., 2020.

¹⁵⁶ Bechtel et al., 2020.

dementsprechend friktionslos miteinander Daten austauschen zu können, selbst wenn diese nicht vom selben Hersteller bzw. Dienstleister zur Verfügung gestellt werden.¹⁵⁷ Der reibungslose Informationsaustausch auch von Transaktionsdaten zwischen verschiedenen Applikationen, Maschinen und Datenbanken ist hierbei entscheidend. Setzen Unternehmen auf grundlegend unterschiedliche Plattformen, ist es wichtig, die Technologien so aufeinander abzustimmen, dass ein möglichst hoher Grad an Interoperabilität gewährleistet wird. Der Grund hierfür liegt darin, dass die genannten Vorteile einer DLT und des programmierbaren Euros besonders dann in Erscheinung treten, wenn ein großes Netzwerk an Nutzern auf die Daten zugreift, zur Wertschöpfung beiträgt und entsprechende Anwendungen entwickeln kann. Die Sicherstellung der Interoperabilität verschiedener DLT-Protokolle ist derzeit ein Hauptfokus der Krypto-Industrie, wie sich an zahlreichen auf Interoperabilität ausgelegten Projekten wie Chainlink oder Polkadot und dem offenen Wettbewerb um einen technischen Standard zur Verbindung verschiedener Blockchains zeigt.¹⁵⁸

Die Etablierung von Standards zur Erzeugung von Synergien. Neben der Gewährleistung der Interoperabilität ist auch eine gewisse Standardisierung und Harmonisierung der genutzten Technologien erstrebenswert. Es ist entscheidend, dass sich Unternehmen über verschiedene Industrien hinweg auf Standards hinsichtlich Verschlüsselungsalgorithmen, Datenformaten und Vergabeprozessen von digitalen Identitäten einigen. Eine Einigung muss darauf abzielen, Synergien zwischen den Nutzern von DLT-Protokollen zu fördern. Insbesondere in Bezug auf einen programmierbaren Euro müssen Standards festgelegt werden.¹⁵⁹ Ansonsten können die Vorteile des programmierbaren Euros nicht vollständig ausgeschöpft werden.

Internationale Zusammenarbeit bei der Standardisierung. Obgleich Initiativen rund um Standardisierung und Interoperabilität für den programmierbaren Euro auf nationaler Ebene über spezialisierte Standardisierungsorganisationen wie das Deutsche Institut für Normierung (DIN) hinreichend erfolgversprechend erscheinen, so muss auch auf internationaler Ebene eine Zusammenarbeit hinsichtlich zentraler Designaspekte stattfinden. Ein Beispiel kann sich am World Wide Web Consortium (W3C) genommen werden, das maßgeblich Standards für das Internet entwickelt. Unterdessen arbeitet das Technische Komitee ISO/TC 307 ("Blockchain and distributed ledger technologies") an den Formulierungen von 15 Standards, wengleich bislang nur vier Standards veröffentlicht worden sind. Zu diesen gehören, neben der grundlegenden Einigung auf gemeinsame Termini, der Schutz von personenbezogenen Daten, die Interaktion zwischen Smart Contracts sowie das Sicherheitsmanagement der Verwalter von digitalen Vermögenswerten.¹⁶⁰ Begrüßenswert wäre die Aufnahme eines Standards mit Fokus auf Zahlungssysteme

¹⁵⁷ Bechtel et al., 2020.

¹⁵⁸ Tse, 2021.

¹⁵⁹ Deutsche Kreditwirtschaft, 2021.

¹⁶⁰ ISO, 2021.

und in diesem Zusammenhang beispielsweise die Erörterung der Frage, wie ausländische Zahlungslösungen bei Außenhandelsgeschäften auf inländischen Zahlungsinfrastrukturen abgebildet werden können bzw. wie die Synchronisation verschiedener technologischer Infrastrukturen zu erfolgen hat und an welchen Voraussetzungen diese gebunden ist. Dieser Diskurs ist auch deshalb wichtig, um europäische Bezahllösungen als Gegenstück zu amerikanischen und asiatischen Initiativen, wie Diem oder e-CNY, zu positionieren. Der programmierbare Euro des Privatsektors könnte Abhängigkeiten von ausländischen Zahlungsdienstleistern abbauen und langfristig die digitale und geldpolitische Souveränität Europas fördern. Insbesondere unter datenschutzrechtlichen Gesichtspunkten erscheint es sinnvoll, dass die EU mit ihrer fortgeschrittenen Legislation bezüglich des Datenschutzes und der Privatsphäre, eigene Projekte vorantreibt, welche die datenschutzrechtlichen Anforderungen der EU zum Wohle des Verbrauchers erfüllen.

Fungibilität und Multibankenfähigkeit. Neben der Etablierung von Standards und der Sicherstellung von Interoperabilität sollte auch die Multibankenfähigkeit von Zahlungslösungen gewährleistet werden. Hierfür ist ein fungibler Austausch der Tokens notwendig, d.h. Tokens unterschiedlicher Emittenten müssen 1:1 untereinander ohne entsprechende Wechselkurse ausgetauscht werden können. Um Multibankenfähigkeit zu gewährleisten, sollten Emittenten gemeinsam an entsprechenden Lösungen arbeiten. Beispielsweise könnten Emittenten sich auf eine Konsortial-DLT einigen und auf dieser Tokens emittieren, welche durch identische Reservevermögen besichert sind, die auch einheitlichen Verwahrvorschriften unterworfen sind. Dies würde gewährleisten, dass das Emittentenrisiko bei allen Emittenten gleich ausgeprägt ist, sodass digitale Euro-Token untereinander keinem Wechselkurs unterliegen.

Weitere Maßnahmen. Es erscheint sinnvoll, den Investitionsbedarf bei Infrastruktur, Forschung und praktischer Erprobung des digitalen Euros sowohl für die öffentliche Hand als auch für die private Wirtschaft festzustellen. Eine Aufschlüsselung nach verschiedenen Wirtschaftsbranchen ist notwendig, damit die jeweiligen Besonderheiten und verschiedene Anforderungen an den digitalen Euro ausreichend Berücksichtigung finden. Dies würde auch die Operationalisierung nächster Schritte vereinfachen.

Die Rolle Bayerns. Die zuvor thematisierten Kernthemen, wie die Etablierung neuer Standards und die Gewährleistung von Interoperabilität der verschiedenen Infrastrukturen, sind auch auf Landesebene von großer Bedeutung. Um diese Aspekte weiterhin zu fördern, bedarf es einer weitsichtigen Strategie, welche z.B. die Förderung des horizontalen Informationsaustausches innerhalb der Realwirtschaft im Rahmen von Konsortien rund um den programmierbaren Euro beinhaltet. Der Fokus der Bayerischen Blockchain-Strategie liegt auf einer praktischen Anwendung der

Forschungsergebnisse und könnte in Erweiterungen ebenfalls die Aspekte der Standardisierung und Interoperabilität adressieren.¹⁶¹

8. Fazit

Chancen des programmierbaren Euros. Der programmierbare Euro bietet für die Realwirtschaft und den Finanzsektor vielschichtige Chancen. Aktuelle Zahlungssysteme sind noch nicht vollumfänglich auf die voranschreitende Digitalisierung und Automatisierung vorbereitet. Die zeitliche Asynchronität von Leistung und Gegenleistung bei Zahlungsabwicklung über konventionelle Zahlungskanäle impliziert Effizienzeinbußen und Kontrahentenrisiken. Zudem sind innovative Geschäftsmodelle, z.B. rund um Micropayments, Streaming Money oder Tokenisierung, in konventionellen Zahlungssystemen nicht vollständig abbildbar. Die DLT sehen wir als ein denkbare technologisches Fundament das Möglichkeiten eröffnet, Unzulänglichkeiten der aktuellen Zahlungssysteme zu beheben und innovative Geschäftsmodelle abzubilden. DLT-basierte Kryptowerte wie Bitcoin weisen eine hohe Volatilität, eine geringe Skalierbarkeit und einen erheblichen Energieverbrauch auf und sind somit (noch) nicht als alltagstaugliches Zahlungsmittel geeignet. Die Chancen des programmierbaren Euros liegen u.a. darin, Kontrahentenrisiken zu eliminieren und innovative Geschäftsmodelle rund um Micropayments und Tokenisierung zu fördern. Ein DLT-basiertes Zahlungsmittel treibt Entwicklungen rund um Industrie 4.0 und IoT voran, indem Produktionsabläufe erheblich automatisiert werden und das autonome Handeln zwischen Maschinen ermöglicht werden kann, die mit eigenen Identitäten versehen sind. Ein programmierbarer Euro bietet demnach die Chance, die Vorteile innovativer Geschäftsmodelle bestmöglich auszunutzen und als Katalysator der Digitalisierung zu fungieren. Nicht zuletzt fungiert ein digitaler Euro als Garant für die Souveränität der Mitgliedstaaten der Eurozone und die langfristige Unabhängigkeit ihrer Verbraucher von ausländischen Zahlungslösungen, welche beispielsweise nicht zwangsläufig denselben datenschutzrechtlichen Bestimmungen unterliegen wie jene der EU.

Anwendungsfälle und Beispiele des programmierbaren Euros. Ein programmierbarer Euro des Privatsektors kann in Form einer Triggerlösung, eines Euro-Stablecoins/tokenisiertem E-Geld oder in Form von tokenisierten Giralgeld realisiert werden. Obgleich viele mögliche Ausgestaltungsformen existieren, haben sie gemeinsam, dass an ihnen dieselben Funktionalitätsansprüche herangetragen werden, um der Realwirtschaft sowie der Finanzbranche durch zahlreiche Anwendungsfälle von Nutzen zu sein. Konkret können u.a. Pay-per-Use-Geschäftsmodelle implementiert, das Lieferkettenmanagement verbessert und die Tokenisierung vorangetrieben werden. Zudem können die Energiewirtschaft, der Interbankenzahlungsverkehr und die Versicherungsbranche von einem programmier-

¹⁶¹ STMD, 2021.

baren Euro profitieren, indem Datenvalidität durch Manipulationsresilienz, transparente Nachvollziehbarkeit der Transaktionshistorie und Skalierbarkeit auf Basis der DLT gewährleistet werden kann.

Handlungsempfehlungen rund um den programmierbaren Euro. Aktuell ist nicht davon auszugehen, dass die EZB einen digitalen Euro vor 2026 emittieren wird. Zudem ist noch unklar, ob dieser auf einer DLT basieren würde. Demnach ist die Innovationskraft des Privatsektors gefragt, um in enger Abstimmung mit den relevanten öffentlichen Institutionen auf nationaler, EU- und internationaler Ebene einen programmierbaren Euro bereitzustellen, sodass die beschriebenen Anwendungsfälle abgebildet und bestehende Limitationen aufgehoben werden können. Zentrale Aspekte der Einführung eines weit genutzten programmierbaren Euros, wie Standardisierung und Interoperabilität verschiedener DLT-Plattformen, erfordern einen öffentlichen und inklusiven Diskurs, in welcher die wesentlichen Erkenntnisse in internationalen Arbeitsgruppen, Dialogreihen und Reallaboren gemeinsam und der Öffentlichkeit zugänglich erarbeitet werden. Darüber hinaus muss der Gesetzgeber einen technologieneutralen Rechtsrahmen schaffen, welcher insbesondere die Interoperabilität eines digitalen Euros sicherstellt. Einerseits gewährleistet die Technologieneutralität, dass nicht von vornherein bestimmte Formen des digitalen Euros ausgeschlossen werden, mit der Folge, dass möglicherweise die Innovationskraft im DLT-Bereich schwindet und potentiell vielversprechende DLT-Lösungen erst gar nicht untersucht und erprobt werden. Andererseits verhindert die Fokussierung auf Interoperabilität das Aufkommen eines DLT-Flickenteppichs, so dass der digitale Euro des einen Emittenten auf der Infrastruktur eines anderen Emittenten abgebildet werden kann. Um eine solche Entwicklung zu erreichen, gilt es, dass sich private Akteure, ganze Branchen und Länder untereinander auf einheitliche Standards und Regeln verständigen, die dann auch mittelfristig Eingang in ein formales Regelwerk finden. In der EU sind demnach insbesondere die Europäische Kommission, das Europäische Parlament und der Rat der Europäischen Union gefragt, die notwendigen rechtlichen Weichenstellungen zu setzen, um für Rechts- und Investitionssicherheit zu sorgen, sowie auf nationaler Ebene die Bundesregierung und der Bundestag. Es gilt Pilotprojekte zu unterstützen und Informationsplattformen zu schaffen, welche die unterschiedlichen Stakeholder zusammenbringen und die Bemühungen um die Emission eines digitalen Euros für die Realwirtschaft bündeln.

Literaturverzeichnis

- Arnoscht J., Behr, M., Bohl, A., Lenders, M., Brecher, C., Buchbinder, D., Bührig-Polaczek, A., Jan Bültmann, J., Diatlov, A., Elgeti, S., Herfs, W., Hinke, C., Karlberger, A., Kupke, D., Michaeli, W., Nußbaum, C., Probst, M., Queudeville, Y., Quick, J., Schleifenbaum, H., Schuh, G., Vorspel-Rüter, M. & Windeck, C. (2011). Individualisierte Produktion. S. 83-255. In: Brecher C. (Hrsg) *Integrative Produktionstechnik für Hochlohnländer*. VDI-Buch. Springer, Berlin, Heidelberg.
- Arner, D., Auer, R. & Frost, J. (2020). *Stablecoins: risks, potential and regulation*. BIS Working Papers, No. 905, S. 14. Verfügbar unter: <https://www.bis.org/publ/work905.pdf> (Zugriff: 26.09.2021).
- Attanasio, S. (2021). *The Spunta project – blockchain for Italian interbank reconciliation*. European Payments Council AISBL. Verfügbar unter: <https://www.europeanpaymentscouncil.eu/news-insights/insight/spunta-project-blockchain-italian-interbank-reconciliation> (Zugriff: 27.07.2021).
- Ayvaz, S. & Alpay, K. (2021). *Predictive maintenance system for production lines in manufacturing: A machine learning approach using IoT data in real-time*. Expert Systems with Applications. Volume 173. ISSN 0957-4174. Verfügbar unter: <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2021.114598>.
- BaFin (2018). *Digitalisierungsstrategie der BaFin*. Bundesanstalt für Finanzdienstleistungsaufsicht. Verfügbar unter: https://www.bafin.de/SharedDocs/Downloads/DE/dl_digitalisierungsstrategie.pdf;jsessionid=A207F9DB65B27E4DF92DC6898CF4EE64.1_cid502?__blob=publicationFile&v=5 (Zugriff: 26.09.2021).
- Bechtel, A., Ferreira, A., Gross, J. & Sandner, P. (2020). *The Future of Payments in a DLT-based European Economy: A Roadmap*. Verfügbar unter: <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3751204> (Zugriff: 07.07.2021).
- Berg, A. (2020) *Industrie 4.0 - so digital sind Deutschlands Fabriken*. Bitkom. Verfügbar unter: https://www.bitkom.org/sites/default/files/2020-05/200519_bitkompräsentation_industrie40_2020_final.pdf (Zugriff: 02.06.2021).
- BEUC (2021). *Consumers and Instant Payments – Answers to the Commission’s consultation on the content of a new legislation*. Bureau Européen des Unions de Consommateurs. S. 7 (Stand: Mai 2021). Verfügbar unter: https://www.beuc.eu/publications/beuc-x-2021-027_consumers_and_instant_payments.pdf (Zugriff am: 07.07.2021).

- Bindseil, U. (2020). *Tiered CBDC and the financial system*. ECB Working Paper, No. 2351. S. 9-11; 22-26. Verfügbar unter: <https://www.ecb.europa.eu/pub/pdf/scpwps/ecb.wp2351~c8c18bbd60.en.pdf> (Zugriff: 26.09.2021).
- Bitter, L. (2020). *Banking Crises under a Central Bank Digital Currency (CBDC)*. S. 3ff. Verfügbar unter: <https://www.econstor.eu/bitstream/10419/224600/1/vfs-2020-pid-40056.pdf> (Zugriff: 26.09.2021).
- Bitpanda (2021a). *The problem of scalability in the Bitcoin network*. Verfügbar unter: <https://www.bitpanda.com/academy/en/lessons/the-problem-of-scalability-in-the-bitcoin-network/> (Zugriff: 14.06.2021).
- Bitpanda (2021b). *Was sind Atomic Swaps*. Verfügbar unter: <https://www.bitpanda.com/academy/de/lektionen/was-sind-atomic-swaps/> (Zugriff: 19.06.2021).
- BMJV (2021). *Gesetz zur Einführung von elektronischen Wertpapieren*. Bundesgesetzblatt Jahrgang 2021 Teil I No. 29, ausgegeben zu Bonn am 9. Juni 2021. Verfügbar unter: https://www.bmjv.de/SharedDocs/Gesetzgebungsverfahren/Dokumente/Bgbl_elektronische_Wertpapiere.pdf;jsessionid=46189631DE80194EB48DFA018234B640.1_cid289?__blob=publicationFile&v=2 (Zugriff: 07.07.2021).
- BMWi (2021). *Was ist Industrie 4.0?* Verfügbar unter: <https://www.plattform-i40.de/PI40/Navigation/DE/Industrie40/WasIndustrie40/was-ist-industrie-40.html> (Zugriff: 29.05.2021).
- BMWi (2019). *Digitale Transformation in der Industrie*. Verfügbar unter: <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Dossier/industrie-40.html> (Zugriff: 01.06.2021).
- Boar, C. & Wehrli, A. (2021). *Ready, steady, go? – Results of the third BIS survey on central bank digital currency*. BIS Paper, No. 114, S. 3. Verfügbar unter <https://www.bis.org/publ/bppdf/bispap114.pdf> (Zugriff: 26.09.2021).
- Brühl, V. (2017). *Bitcoins, Blockchain und Distributed Ledgers: Funktionsweise, Marktentwicklungen und Zukunftsperspektiven*. Wirtschaftsdienst. Springer, Heidelberg, Vol. 97, Iss. 2, S. 135-142, Verfügbar unter: <http://dx.doi.org/10.1007/s10273-017-2096-3> (Zugriff: 07.07.2021).
- Brunnermeier, M. & Niepelt, D. (2019). *On the Equivalence of Private and Public Money*. NBER Working Paper, No. 25877, S. 2-4. Verfügbar unter:

https://www.nber.org/system/files/working_papers/w25877/w25877.pdf
(Zugriff: 26.09.2021).

Bundesbank (2021a). *Monatsbericht*. April 2021, 73. Jahrgang, No. 4. Verfügbar unter:
<https://www.bundesbank.de/resource/blob/864096/350e25885ac93c3aedf63930503f32dd/mL/2021-04-monatsbericht-data.pdf> (Zugriff: 07.07.2021).

Bundesbank (2021b). *Digitales Geld: Optionen für den Zahlungsverkehr*. Monatsbericht, April 2021, No. 61, S. 10. Verfügbar unter:
<https://www.bundesbank.de/resource/blob/864372/8dd7e83c9ce700c93693dc0c061ffd51/mL/2021-04-digitales-geld-data.pdf> (Zugriff: 26.09.2021).

Christodorescu, M., Gu, W.C., Kumaresan, R., Minaei, M., Ozdayi, M.S., Price, B., Raghuraman, S., Saad, M., Sheffield, C., Xu, M., & Zamani, M. (2020). *Towards a Two-Tier Hierarchical Infrastructure: An Offline Payment System for Central Bank Digital Currencies*. S. 3. Verfügbar unter:
<https://arxiv.org/pdf/2012.08003.pdf> (Zugriff: 26.09.2021).

CoinGecko (2021). *Stablecoins by Market Capitalization*. Verfügbar unter:
<https://www.coingecko.com/en/categories/stablecoins> (Zugriff: 05.10.2021).

CoinMarketCap (2021). *Top Stablecoin Tokens by Market Capitalization*. Verfügbar unter: <https://coinmarketcap.com/view/stablecoin/> (Zugriff: 24.07.2021).

Comdirect (2021). *Comdirect FinTech-Studie 2020*. Studie. S. 8. Verfügbar unter:
https://www.comdirect.de/cms/ueberuns/media/comdirect_Fintech_Studie_2020_Praesentation.pdf (Zugriff: 25.07.2021).

Commerzbank (2021a). *Commerzbank, Evonik und BASF testen erstmals Blockchain-Technologie und programmierbares Geld zur Abwicklung von Supply-Chain-Prozessen zwischen Unternehmen*. Pressemitteilung. Verfügbar unter:
https://www.commerzbank.de/de/hauptnavigation/presse/pressemitteilungen/archiv1/2021/2__quartal/presse_archiv_detail_21_02_97290.html (Zugriff: 17.06.2021).

Commerzbank (2021b). *Pay Per Use*. Verfügbar unter:
<https://www.firmenkunden.commerzbank.de/portal/de/cb/de/firmenkunden/produkte-4/corporate-finance/betriebsmittelfinanzierung/Payperuse.html> (Zugriff: 25.07.2021).

Consiglio Nazionale Del Notariato (o.D.). *Notaries around the world*. Verfügbar unter:
<https://www.notariato.it/en/notaries-around-world> (Zugriff: 28.09.2021).

- Daimler Mobility (2019). *Dynamic Lease – Usage based leasing product for trucks*. Verfügbar unter: <https://www.daimler-mobility.com/en/company/news/dynamic-lease-fleet/> (Zugriff: 25.07.2021).
- DeFi Pulse (2021). *Total Value Locked (USD)*. Verfügbar unter: <https://defipulse.com> (Zugriff: 02.09.2021).
- deLisa Coleman, L. (2018). *Two Tech Trends To Watch As They Boldly Intersect With The Real Estate Industry*. Forbes. Verfügbar unter: <https://www.forbes.com/sites/laurencoleman/2018/09/27/two-tech-trends-to-watch-as-they-boldly-intersect-with-the-real-estate-industry/?sh=156ccd004693> (Zugriff: 26.07.2021).
- Deutsche Börse (2021). *Zentralverwahrer: Geld und Wertpapiere sicher und effizient buchen*. Verfügbar unter: <https://www.deutsche-boerse.com/dbg-de/unternehmen/wissen/deutsche-boerse-aktuell/zentralverwahrer-clearstream> (Zugriff: 13.06.2021).
- Deutsche Kreditwirtschaft (2021). *Europa braucht neues Geld – Das Ökosystem aus CBDC, Giral-geldtoken und Triggerlösung*. Bundesverband der deutschen Volksbanken und Raiffeisenbanken e.V., Bundesverband deutscher Banken e.V., Bundesverband öffentlicher Banken Deutschlands e.V., Deutscher Sparkasse- und Giroverband e.V., Verband deutscher Pfandbriefbanken e.V., S. 25; 35-38. Verfügbar unter: https://die-dk.de/media/files/20210625_DK_Ergebnisdokument_DE.pdf (Zugriff: 26.09.2021).
- De Best, R. (2021). Bitcoin average energy consumption per transaction compared to that of VISA as of June 25, 2021. Verfügbar unter: <https://www.statista.com/statistics/881541/bitcoin-energy-consumption-transaction-comparison-visa/> (Zugriff: 25.06.2021).
- De la Rubia, C., Sandner, P. & Gross, J. (2021). *Studie zur Tokenisierung von Immobilien. Wie die Blockchain-Technologie den Immobilienmarkt revolutioniert*. S. 18. Verfügbar unter: <http://explore-ip.com/2021-Studie-Immobilientokenisierung.pdf> (Zugriff: 05.10.2021).
- Dorfleitner, G., Hornuf, L. & Wannemacher, L. (2020). *Der deutsche FinTech-Markt im Jahr 2020*. ifo Schnelldienst, 8/2020, 73. Jahrgang. S. 34. Verfügbar unter: <https://www.ifo.de/DocDL/sd-2020-08-dorfleitner-hornuf-wannenmacher-deutscher-fin-tech-markt.pdf> (Zugriff: 25.07.2021).
- DZ Bank (2021). *DZ BANK, BayernLB und Deutsche Börse weisen Funktionsfähigkeit von digitalen Smart Derivative Contracts nach*.

Pressemitteilung. Verfügbar unter:
https://www.dzbank.de/content/dzbank/de/home/die-dz-bank/presse/pressemitteilungen/2021/2021-06-29_dzbank-bayernlb_deutscheboerse.html (Zugriff: 28.08.2021).

EPC (2021). *The Spunta project – blockchain for Italian interbank reconciliation*. European Payments Council AISBL. Verfügbar unter:
<https://www.europeanpaymentscouncil.eu/news-insights/insight/spunta-project-blockchain-italian-interbank-reconciliation> (Zugriff: 19.06.2021).

Europäische Kommission (2021). *Updating the Crypto Assets Regulation and establishing a pilot regime for distributed ledger technology*. S. 4. Verfügbar unter:
[https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2021/662617/EPRS_BRI\(2021\)662617_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2021/662617/EPRS_BRI(2021)662617_EN.pdf) (Zugriff: 07.07.2021).

Europäische Kommission (2020). *Vorschlag für eine Verordnung des Europäischen Parlaments und des Rates on Markets in Crypto-assets, and amending Directive (EU) 2019/1937*. 2020/0265. S. 3; 163. https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:f69f89bb-fe54-11ea-b44f-01aa75ed71a1.0022.02/DOC_1&format=PDF (Zugriff: 07.07.2021).

Europäische Kommission (2018). *Häufig gestellte Fragen: Erleichterung der Kapitalmarktfinanzierung für kleinere Unternehmen*. Factsheet. Verfügbar unter:
https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/de/MEMO_18_3728 (Zugriff: 24.06.2021).

Europäisches Parlament und Rat der Europäischen Union (2009). *Richtlinie 2009/110/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 16. September 2009 über die Aufnahme, Ausübung und Beaufsichtigung der Tätigkeit von E-Geld-Instituten, Änderung der Richtlinien 2005/60/EG und 2006/48/EG sowie zur Aufhebung der Richtlinie 2000/46/EG*. Verfügbar unter:
<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/ALL/?uri=celex%3A32009L0110> (Zugriff: 22.09.2021).

EY (2018). *Wie die Blockchain-Technologie die Versicherungsbranche revolutioniert*. Verfügbar unter: https://www.ey.com/de_de/consulting/how-blockchain-is-disrupting-insurance (Zugriff: 27.07.2021).

EZB (2020a). *Report on a digital Euro*. S. 11-12. Verfügbar unter
https://www.ecb.europa.eu/pub/pdf/other/Report_on_a_digital_euro~4d7268b458.en.pdf (Zugriff: 04.06.2021).

- EZB (2020b). *Pressemitteilung 11. September 2020. Zahlungsverkehrsstatistik für das Berichtsjahr 2019*. S. 1. Verfügbar unter:
<https://www.bundesbank.de/resource/blob/843920/45c4d0ddaa55088e541d6d3979dd8887/mL/2020-09-11-zahlungsverkehrsstatistik-download.pdf>
(Zugriff: 27.09.2021).
- EZB (2020c) *Allmählicher Wandel beim Zahlungsverhalten im Euroraum*. Verfügbar unter:
<https://www.ecb.europa.eu/press/pr/date/2020/html/ecb.pr201202~0645677cf6.de.html> (Zugriff: 06.06.2021).
- EZB (2021a). *Eurosystem report on the public consultation on a digital euro*. Verfügbar unter:
https://www.ecb.europa.eu/pub/pdf/other/Eurosystem_report_on_the_public_consultation_on_a_digital_euro~539fa8cd8d.en.pdf (Zugriff: 07.07.2021).
- EZB (2021b). *TIPS Facts and Figures*. Verfügbar unter:
<https://www.ecb.europa.eu/paym/target/tips/facts/html/index.en.html> (Zugriff: 09.06.2021).
- Finexity (2021). *FAQ*. Verfügbar unter:
<https://finexity.com/personal/discover/knowledge-base/faq> (Zugriff: 26.07.2021).
- FIN LAW (2021). *Der Traum vom tokenisierten Eigentum – Ist das rechtlich möglich?* Rechtsanwalt Lutz Auffenberg, LL.M.. Verfügbar unter: <https://www.fin-law.de/2021/05/17/der-traum-vom-tokenisierten-eigentum-ist-das-rechtlich-moeglich/> (Zugriff: 26.07.2021).
- FinTechRat (2020). *Der digitale, programmierbare Euro*. Verfügbar unter https://www.bundesfinanzministerium.de/Content/DE/Downloads/Finanzmarkt-politik/2020-07-08-fintechrat-digitaler-euro.pdf?__blob=publicationFile&v=3
(Zugriff: 29.05.2021).
- Forster, M., Gross, J., Kamping, A. K., Katilmis, S., Reichel, M., Sandner, P. & Schröder, P. (2021). *Whitepaper: Der Zahlungsverkehr der Zukunft: Programmierbare Zahlungen im Bereich IoT*. Verfügbar unter: <http://explore-ip.com/2021-IoT-Payments.pdf> (Zugriff: 07.07.2021).
- Förster, M. (2016). *Verzicht auf eigene Rechenzentren: Netflix setzt auf die AWS-Cloud*. iX Magazin. Heise Medien. Verfügbar unter:
<https://www.heise.de/ix/meldung/Verzicht-auf-eigene-Rechenzentren-Netflix-setzt-auf-die-AWS-Cloud-3101392.html> (Zugriff: 16.06.2021).

- Fraunhofer Institut (2020). *The Advance of the Machines*. S. 1. Verfügbar unter: <https://www.fim-rc.de/Paperbibliothek/Veroeffentlicht/1175/wi-1175.pdf> (Zugriff: 07.07.2021).
- Godenrath, B. (2021). „*Wir wollten etwas schaffen, das sich selbst automatisiert abwickelt*“. Börsen-Zeitung. Verfügbar unter: <https://www.boersen-zeitung.de/banken-finanzen/wir-wollten-etwas-schaffen-das-sich-selbst-automatisiert-abwickelt-569fb084-e3c7-11eb-b174-3bd4e3a5f9cd> (Zugriff: 29.08.2021).
- Gross, J., Sandner, P. & Klein, M. (2020). *The Digital Euro and the Role of DLT for Central Bank Digital Currencies*. FSBC Working Paper. S. 11-12. Verfügbar unter: http://explore-ip.com/2020_The-Digital-Euro-and-the-Role-of-DLT-for-Central-Bank-Digital-Currencies.pdf (Zugriff: 09.06.2021).
- Gross, J. & Schiller, J. (2020). *A Model for Central Bank Digital Currencies: Do CBDCs Disrupt the Financial Sector*. S. 5. Verfügbar unter: <https://ssrn.com/abstract=3721965> (Zugriff: 09.06.2021).
- IoT Analytics (2020). *Internet of Things (IoT) and non-IoT active device connections worldwide from 2010 to 2025 (in billions)*. In Statista. Verfügbar unter: <https://www.statista.com/statistics/1101442/iot-number-of-connected-devices-worldwide/> (Zugriff: 13.06.2021).
- ISO (2021). *ISO/TC 307 – Blockchain and distributed ledger technologies*. Verfügbar unter: <https://www.iso.org/committee/6266604.html> (Zugriff: 03.09.2021).
- Jansen, M., Hdhili, F., Gouiaa, R. & Qasem, Z. (2019). *Do Smart Contract Languages Need To Be Turing Complete?* Preprint Version, S. 7. Verfügbar unter: https://www.researchgate.net/publication/332072371_Do_Smart_Contract_Languages_Need_to_be_Turing_Complete (Zugriff: 27.09.2021).
- Kaiser, M. & Gross, J. (2020a). *Blockchain und Elektromobilität – Wie passt das zusammen?* bvd aktuell. No. 147, S. 30-32. Verfügbar unter: <https://epaper.koellen.de/bdvd/147/4/> (Zugriff: 07.07.2021).
- Kaiser, M & Gross, J. (2020b). *Blockchain und Elektromobilität*. Verfügbar unter: <https://jonasgross.medium.com/blockchain-und-elektromobilit%C3%A4t-wie-passt-das-zusammen-9615ac6dd56> (Zugriff: 18.06.2021).
- Kaiser, M. & Sandner, P. (2020). *Logistics and Supply Chains: Monitoring Shippings Leveraging Tokens and DLT*. iBlockchain. Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF). Verfügbar unter: <https://industrial->

blockchain.medium.com/logistics-and-supply-chains-monitoring-shippings-leveraging-tokens-and-dlt-de77cf80f3be (Zugriff: 22.06.2021).

Kaiser, M., Kunz, D., Binzer, M. & Sandner, P. (2020). *iBlockchain's Open IoT Marketplace: Order-Controlled Production*. iBlockchain. Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF). Verfügbar unter: <https://industrial-blockchain.medium.com/iblockchains-open-iot-marketplace-order-controlled-production-4c09483b3acc> (Zugriff: 22.06.2021).

Kaiser-Neubauer, C. (2020). *Voll Automatisch. Zahlungen schneller abwickeln mit der Blockchain-Technik: Der Traktoren-Hersteller Lindner testet dies bereits*. Süddeutsche Zeitung. Verfügbar unter: <https://www.sueddeutsche.de/wirtschaft/blockchain-technologie-voll-automatisch-1.5046412> (Zugriff: 25.07.2021).

Kasenmascheff, M. (2021). *Tesla Model 3: Wiener Startup Eloop bietet Blockchain-Investments in E-Carsharing-Flotte*. Cointelegraph. Verfügbar unter: <https://de.cointelegraph.com/news/tesla-model-3-viennese-start-up-eloop-offers-blockchain-investments-in-carsharing-fleet> (Zugriff: 29.08.2021).

Kerkmann, J. (2020). *Bahamas veröffentlichen Sand Dollar als erste CBDC*. Blockchainwelt. Verfügbar unter: <https://blockchainwelt.de/bahamas-veroeffentlichen-sand-dollar-als-erste-cbdc> (Zugriff: 02.06.2021).

Klein, O. (2020). *Industrie 4.0 - Chance für Deutschland*. BDI. Verfügbar unter: <https://bdi.eu/themenfelder/digitalisierung/industrie-40/#/artikel/news/industrie-4-0-chance-fuer-deutschland/> (Zugriff: 02.06.2021).

Krug, K. (2019). *Was die Blockchain für Kapitalmärkte bedeutet*. WirtschaftsWoche. Verfügbar unter: <https://www.wiwo.de/finanzen/geldanlage/verkehrte-finanzwelt-was-die-blockchain-fuer-kapitalmaerkte-bedeutet/25265202.html> (Zugriff: 22.06.2021).

Meridio (2021). *Divisible Real Estate With Equity And Ownership For Everyone*. Verfügbar unter: <https://www.cofi.tech/> (Zugriff: 27.06.2021).

Möhlenkamp, M. & Wessel, T. (2018). *Smart Contracts in der Versicherung – Chancen und rechtliche Herausforderungen*. Wilhelm Rechtsanwälte. S. 8. Verfügbar unter: https://www.wilhelm-rae.de/sites/default/files/pdf/versicherungspraxis_-_smart_contracts_in_der_versicherung_-_mai_2018.pdf (Zugriff: 25.07.2021).

Panetta, F. (2021). *Evolution or revolution? The impact of a digital euro on the financial system*. EZB. Verfügbar unter:

<https://www.ecb.europa.eu/press/key/date/2021/html/ecb.sp210210~a1665d3188.en.html> (Zugriff: 21.07.2021).

Paulsen, N. & Eylers, K. (2020) *Industrie 4.0 - so digital sind deutsche Fabriken*. Bitkom. Verfügbar unter: <https://www.bitkom.org/Presse/Presseinformation/Industrie-40-so-digital-sind-Deutschlands-Fabriken> (Zugriff: 04.06.2021).

Pietrowiak, A., Korella, L. & Novotny J. (2021). *Zahlungsverhalten in Deutschland 2020 – Bezahlen im Jahr der Corona-Pandemie*. <http://www.bundesbank.de/zahlungsverhalten> (Zugriff: 04.06.2021).

Sandner, P. & Blassl, J. (2021). *Der digitale Euro als papierloses Bargeld*. Frankfurter Allgemeine Zeitung. <https://www.faz.net/aktuell/finanzen/der-digitale-euro-als-papierloses-bargeld-17297652-p2.html> (Zugriff: 07.06.2021).

Sandner, P., Gross, J. & Grale, L. (2021a). *Europäische Zentralbank: Wie steht es um den digitalen Euro?* Wirtschaftsdienst 101 (3), S. 155. Verfügbar unter: <https://www.wirtschaftsdienst.eu/inhalt/jahr/2021/heft/3/beitrag/europaeische-zentralbank-wie-steht-es-um-den-digitalen-euro.html> (Zugriff: 26.09.2021).

Sandner, P., Gross, J. & Grale, L. (2021b). *Der Digitale Euro: Einfluss auf die deutsche Wirtschaft*. Konrad-Adenauer-Stiftung. S. 3. Verfügbar unter: <https://www.kas.de/documents/252038/11055681/Der+digitale+Euro++Einfluss+auf+die+deutsche+Wirtschaft.pdf/f06d51c7-cb78-911f-a37c-cb3849a61e81> (Zugriff: 07.07.2021).

Sandner, P., Gross, J., Bechtel, A. & von Wachter, V. (2020a). *Programmierbares Geld und programmierbare Zahlungen*. Verfügbar unter: <https://www.capital.de/wirtschaft-politik/programmierbares-geld-und-programmierbare-zahlungen> (Zugriff: 02.12.2020).

Sandner, P., Gross, J. & Drozdov, I. (2020b). *Will Blockchain Replace Clearinghouses? A Case Of DVP Post-Trade Settlement*. Verfügbar unter: <https://www.forbes.com/sites/philippsandner/2020/12/02/will-blockchain-replace-clearinghouses-a-case-of-dvp-post-trade-settlement/?sh=3adc0cbf408f> (Zugriff: 02.12.2020).

Sandner, P., Gross, J., & Richter, R. (2020c). *Convergence of Blockchain, IoT, and AI*. Frontier in Blockchain. No. 3. Artikel: 522600. Verfügbar unter: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fbloc.2020.522600/full> (Zugriff: 05.08.2021).

- Schulden, P., Faber, T., Schaub, B. & Sandner, P. (2019). *How Pay-Per-Use Is Improving the Financial Metrics of the CFO and the Finance Department*. iBlockchain. Verfügbar unter: <https://industrial-blockchain.medium.com/how-pay-per-use-is-improving-the-financial-metrics-of-the-cfo-and-the-finance-department-1d19b095f83b> (Zugriff: 29.06.2021).
- Schäffner, M., Lichti, C., Gross, J. & Sandner, P. (2021). *KOSMoS Private Blockchain Toolkit: How to Use Hyperledger in an Industrial DLT Project*. German Federal Ministry of Education and Research (BMBF). S. 43-45. Verfügbar unter: <http://explore-ip.com/KOSMOS-Blockchain-Toolkit.pdf> (Zugriff: 07.07.2021).
- Siedenbiedel, C. (2021). *EZB-Präsidentin kündigt an: Digitaler Euro spätestens in fünf Jahren*. FAZ, 13. Januar. Verfügbar unter: <https://www.faz.net/aktuell/finanzen/ezb-praesidentin-lagarde-kuendigt-digitalen-euro-in-fuenf-jahren-an-17144352.html> (Zugriff: 12.06.2021).
- Statista (2021). *Anzahl der Transaktionen mit Kreditkarten in Deutschland in den Jahren von 2010 bis 2019*. Verfügbar unter: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/6833/umfrage/transaktionen-mit-kreditkarten-in-deutschland/> (Zugriff: 12.06.2021).
- STMD Bayern (2021). *Blockchain-Strategie: "Block-Chain-Trust"*. Verfügbar unter: <https://www.stmd.bayern.de/themen/bavarian-center-for-blockchain/strategie/> (Zugriff: 02.07.2021).
- StMWi (2021). *Weigert: "Bayern soll bei Forschung und Entwicklung von 6G international Vorreiter sein"*. Pressemitteilung-Nr. 107/21. Verfügbar unter: <https://www.stmwi.bayern.de/presse/pressemeldungen/pressemeldung/pm/107-2021/> (Zugriff: 25.08.2021).
- Tether (2021a). *Transparency – Current Balances*. Verfügbar unter: <https://wallet.tether.to/transparency> (Zugriff: 28.06.2021).
- Tether (2021b). *Reserves Breakdown at March 31, 2021*. Verfügbar unter: <https://tether.to/wp-content/uploads/2021/05/tether-march-31-2021-reserves-breakdown.pdf> (Zugriff: 23.06.2021).
- Tönningesen, G. & Adolph, D. (2021). *Erste Weichenstellung für elektronische Wertpapiere in Deutschland*. Capital. Verfügbar unter: <https://www.capital.de/geld-versicherungen/erste-weichenstellung-fuer-elektronische-wertpapiere-in-deutschland> (Zugriff: 03.09.2021).

- Trumpf (2020). *Pay-per-part: TRUMPF und Munich Re planen neues Geschäftsmodell für die produzierende Industrie*. Verfügbar unter: https://www.trumpf.com/filestorage/TRUMPF_Master/Corporate/Press/Press_releases/2020_21/Corporate/20201014-PR-relayr/20201014-PM-TRUMPF-und-Munich-Re-pay-per-part.pdf (Zugriff: 10.08.2021).
- Tse, S. (2021). *Trustless bridges may be the key to blockchain interoperability*. Cointelegraph. Verfügbar unter: <https://cointelegraph.com/news/trustless-bridges-may-be-the-key-to-blockchain-interoperability> (Zugriff: 06.07.2021).
- Von Zehmen, D. & Kaulartz, M. (2021). *eWpG-Briefing (2/4): Anwendungsbereich und elektronisches Wertpapier*. Blog. CMS Hasche Sigle. Verfügbar unter: <https://www.cms-shs-bloggt.de/gesellschaftsrecht/aktienrecht/ewpg-briefing-24-anwendungsbereich-und-elektronisches-wertpapier/> (Zugriff: 21.06.2021).
- Voutsas, K. (2020). *Kapitalmarkt: Infrastruktur der Zukunft*. Accenture Banking Blog. Verfügbar unter: https://bankingblog.accenture.com/deutsch/kapitalmarktinfrastuktur-der-zukunft?lang=de_DE (Zugriff: 25.06.2021).
- Weiß, H. (2019). *Tokenisierung*. BaFin Journal, April 2019. S. 8-10. Verfügbar unter: https://www.bafin.de/SharedDocs/Veroeffentlichungen/DE/Fachartikel/2019/fa_bj_1904_Tokenisierung.html (Zugriff: 5.10.2021).
- Welzel, C. Eckert, K., Kirstein, F. & Jacumeit V. (2017). *Mythos Blockchain: Herausforderungen für den öffentlichen Sektor*. Kompetenzzentrum öffentliche Informationstechnologie. 1. Auflage, April 2017. S. 3-7. Verfügbar unter: <https://www.oeffentliche-it.de/documents/10181/14412/Mythos+Blockchain+-+Herausforderung+für+den+Öffentlichen+Sektor> (Zugriff: 04.06.2021).
- Wemag (2021). *Stromverbrauch im 1, 2, 3 und 4 Personen Haushalt*. Wemag Blog. Verfügbar unter: <https://www.wemag.com/energiesparberatung/stromverbrauch-single-2-3-4-personen-haushalt> (Zugriff: 02.07.2021).
- Weniger, L. (2020). *Euro Stablecoin (EURB) auf Stellar*. Bankhaus von der Heydt. Blog. Verfügbar unter: <https://1754.eu/post/bitbond-und-bankhaus-von-der-heydt-geben-euro-stablecoin-eurb-auf-stellar-heraus> (Zugriff: 05.07.2021).
- Wilhelm, I. & Müller, C. (2021). *How blockchain automotive solutions can help drivers*. BMW. Verfügbar unter: <https://www.bmw.com/en/innovation/blockchain-automotive.html> (Zugriff: 02.09.2021).

Finanzplatz München Initiative 

Finanzplatz München Initiative

c/o Bayerische Börse AG

Karolinenplatz 6

80333 München

E-Mail: kontakt@fpmi.de

www.fpmi.de

 **Frankfurt School**
Blockchain Center

Frankfurt School Blockchain Center

c/o Frankfurt School of Finance &

Management gGmbH

Adickesallee 32-34

60322 Frankfurt am Main

E-Mail: contact@fs-blockchain.de

www.fs-blockchain.de