



FRIEDRICH NAUMANN
STIFTUNG Für die Freiheit.

POLICY PAPER

VIER WELLEN DIGITALER WÄHRUNGEN UND DIE ZUKUNFT DES GELDES

Sven Hilgers und Konrad Greilich

ANALYSE

Impressum

Herausgeberin

Friedrich-Naumann-Stiftung für die Freiheit
Truman-Haus
Karl-Marx-Straße 2
14482 Potsdam-Babelsberg

 /freiheit.org

 /FriedrichNaumannStiftungFreiheit

 /FNFreiheit

Autoren

Sven Hilgers
Themenmanager Globalisierung, Freihandel & Marktwirtschaft
Friedrich-Naumann-Stiftung für die Freiheit

Konrad Greilich LL.M. (Tel Aviv)
Stipendiat, Friedrich-Naumann-Stiftung für die Freiheit
Promoviert an der Bucerius Law School
zu Blockchain & Gesellschaftsrecht

Redaktion

Referat Globale Themen
World Order and Globalization Hub

Kontakt

Telefon +49 30 220126-34
Telefax +49 30 690881-02
E-Mail service@freiheit.org

Stand

November 2021

Hinweis zur Nutzung dieser Publikation

Diese Publikation ist ein Informationsangebot der Friedrich-Naumann-Stiftung für die Freiheit. Die Publikation ist kostenlos erhältlich und nicht zum Verkauf bestimmt. Sie darf nicht von Parteien oder von Wahlhelfern während eines Wahlkampfes zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden (Bundestags-, Landtags- und Kommunalwahlen sowie Wahlen zum Europäischen Parlament).

Executive Summary

Der Aufstieg digitaler Währung hat die Finanzwelt innerhalb kürzester Zeit verändert. Etablierte Geschäftsmodelle stehen vor neuen Herausforderungen. Häufig wird die gesamte Entwicklung auf eine einzige Kryptowährung reduziert: den Bitcoin. Doch seit der Entstehung dieser ersten digitalen Währung, die direkte Transaktionen zwischen Privatpersonen ermöglicht, sind zahlreiche weitere digitale Währungen entstanden. Dieses Policy Paper skizziert das Aufkommen der verschiedenen Arten digitaler Währungen in vier Wellen und bietet Politikempfehlungen, um deren zukünftige Entwicklung zu gestalten.

In den ersten drei Wellen zeigen sich die Vielfalt digitaler Währungen und ihre technische Ausgereiftheit – kontinuierlich wird diese neue Währungsform weiterentwickelt. Die Autoren nehmen eine Einordnung nach Funktion, Organisationsform, Governance und Wertursprung vor. Mit jeder Welle kommen neue Funktionen hinzu oder verschiebt sich der Fokus ihrer Anwendung. Die Dominanz privater Akteure ohne größeren staatlichen Einfluss ist für die Entstehung digitaler Währungen in den ersten drei Wellen auffällig. Die meisten von ihnen basieren auf der Blockchain- bzw. der Distributed-Ledger-Technologie, die hier im technischen Detail nachvollziehbar erläutert werden.

Aktuell beginnt die vierte Welle: Zentralbanken entwickeln mit dem digitalen Zentralbankgeld eine elektronische Form etablierter staatlicher Währungen und stehen dabei vor zahlreichen kritischen Entscheidungen. Spätestens mit dieser Entwicklung wird ein neues Währungszeitalter eingeleitet, in dem verschiedene Währungen und Währungsformen innerhalb eines Währungsgebietes wieder wesentlich stärker in Konkurrenz zueinander treten. Aufbauend auf der Analyse der Welle werden Vorschläge gemacht, welche Regulierung für dieses neue Währungszeitalter sinnvoll ist und in welcher Form digitales Zentralbankgeld einen positiven Beitrag leisten kann. Während in liberalen Demokratien bei der Entwicklung von digitalem Zentralbankgeld ökonomische Fragen im Vordergrund stehen, deutet viel darauf hin, dass digitales Zentralbankgeld in autoritären, staatskapitalistischen Systemen auch für Überwachung und die Steuerung der Gesellschaft eingesetzt werden kann. So geht es im zunehmenden Systemwettbewerb mit staatskapitalistischen Autokratien auch darum, Standards zu setzen, wie digitales Zentralbankgeld funktionsfähig und im rechtsstaatlichen Kontext eingesetzt werden kann. Insgesamt braucht es mehr Offenheit für die Vielfalt digitaler Währungen, ihr Potenzial für die Innovationsfähigkeit von Volkswirtschaften und die Bereitstellung von stabilem Geld als öffentliches Gut. Eine digitale Währungspolitik sollte sich daher vor allem an den Prinzipien *Innovation, Inklusivität, Stabilität* und *Freiheit* orientieren.

Abkürzungsverzeichnis

BGB	Bürgerliches Gesetzbuch	eWpG	Gesetz über elektronische Wertpapiere
BIS/BIZ	Bank for International Settlements / Bank für Internationalen Zahlungsausgleich	EZB	Europäische Zentralbank
BTC	Bitcoin	KYC	Know-Your-Customer
CBDC	Central Bank Digital Currency (Digitales Zentralbankgeld)	MiCa	Markets in Crypto-Assets EU Regulierung
DeFi	Dezentralisierte Finanzmärkte/ Decentralized Finance	NFT	Non-Fungible Token
DAO	Dezentralisierte Autonome Organisation	NYSE	New York Stock Exchange
DLT	Distributed-Ledger-Technologie	P2P	Peer-to-Peer
e-Krona	Elektronische Form der schwedischen Währung Krona	PoW	Proof-of-Work Mechanismus
eNaira	Elektronische Form der nigerianischen Währung Naira	PoS	Proof-of-Stake Mechanismus
e-Peso	Ehemalige elektronische Form der uruguayischen Währung Peso	SEC	United States Securities and Exchange Commission
ERC-20	Standard für die Erstellung von Token auf der Ethereum-Blockchain	SDR	Special Drawing Rights (Sonderziehungsrechte des IWF)
e-RMB	Elektronische Form der chinesischen Währung Renminbi	SNB	Schweizerische Nationalbank
EUR	Euro	SWIFT	Society for Worldwide Interbank Financial Telecommunication
		TARGET	Trans-European Automated Real-time Gross Settlement Express Transfer System
		TIPS	TARGET Instant Payment Settlement
		USD	US-Dollar

Inhalt

1. EINLEITUNG	6
2. DREI WELLEN DIGITALER WÄHRUNGEN	10
2.1 Erste Welle – Bitcoin: Geld für das Internet	10
2.2 Zweite Welle – Geld vom Internet: Die Entstehung programmierbarer Währungen	13
2.3 Dritte Welle – Auftritt Stablecoins und Plattformwährungen	15
2.4 Bestandsaufnahme digitaler Währungen	16
3. ZURÜCK IN DIE ZUKUNFT: DIGITALES ZENTRALBANKGELD	17
3.1 Der Einstieg der Zentralbanken	17
3.2 Designoptionen für digitales Zentralbankgeld	18
3.3 Kritik und die weitere Entwicklung von digitalem Zentralbankgeld	22
4. DIGITALE WÄHRUNGSPOLITIK: DIE VIERTE WELLE DIGITALER WÄHRUNGEN GESTALTEN	24
4.1 Ein Rechtsrahmen für den digitalen Währungswettbewerb	24
4.2 Digitales Zentralbankgeld als Ergänzung für Bargeld	25
4.3 Implikationen für das globale Finanzsystem	26
4.4 Finanzinnovationen stärken	27
5. VIER PRINZIPIEN FÜR DIE ZUKUNFT DES GELDES	28
LITERATURVERZEICHNIS	30

1. Einleitung

Spätestens seit Beginn der globalen Finanzkrise vor über einem Jahrzehnt wird die Weltwirtschaft durch zwei gleichlaufende Trends beeinflusst: Immer weniger Menschen nutzen Bargeld, gleichzeitig greifen immer mehr Menschen auf digitale Bezahl- und Transaktionsformen zurück. Diese beiden Trends betreffen nicht nur die Finanzwelt. Denn die Art und Weise, wie Menschen bezahlen, hat weitreichende Folgen für das Funktionieren einer Gesellschaft, die Innovationsfähigkeit von Volkswirtschaften und den Umgang zwischen Menschen und Unternehmen (Leibrandt/De Teran 2021). Häufig sind dabei Krisen die Treiber von Veränderung. Doch das Zahlungsverhalten der Menschen hat sich nicht erst seit der COVID-19-Pandemie maßgeblich verändert. Seit Jahren nehmen digitale Zahlungsformen zu, die Bedeutung von Bargeld als Zahlungsmittel ab – und die konventionelle Finanzwelt versucht, damit Schritt zu halten.

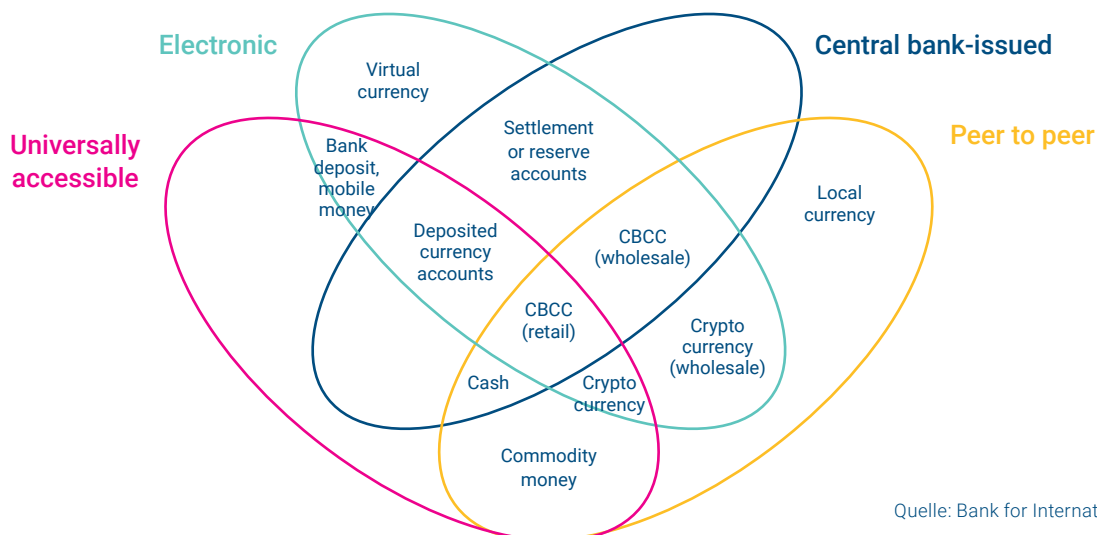
Im Zuge der globalen Finanzkrise 2008 hat der ehemalige amerikanische Zentralbankpräsident Paul Volcker die versammelte Finanzwelt dafür kritisiert, dass die letzte nützliche Innovation im Bankenwesen der Bankautomat gewesen sei (Haldane 2020). Etwa zur gleichen Zeit hat die wohl größte geldpolitische Innovation seit der Einführung des Papiergeldes das Licht der Welt erblickt: die Kryptowährung Bitcoin. Sie ist die erste private Geldform, die direkte digitale Transaktionen ermöglicht, ohne auf Intermediäre wie Banken angewiesen zu sein. Für die sogenannte Distributed-Ledger-Technologie (DLT) bzw. Blockchain-Technologie, auf der viele digitale Währungen basieren, gibt es mittlerweile verschiedenste Anwendungsfälle, und in den Jahren nach der Finanzkrise sind zahlreiche digitale Währungen entstanden. In der Folge möchten heute Plattformen wie Facebook die Bezahlung mit einem eigenen Zahlungsmittel ermöglichen, Zentralbanken arbeiten an digitalen Versionen ihrer Währungen, und staatliche Regulierer suchen nach Standards für das neue Währungszeitalter.

Die Bezeichnung digitale Währungen ist dabei ein Überbegriff, der sowohl neuartige Kryptowährungen als auch die Übertragung konventioneller Währungen oder Zahlungsmittel ins Digitale umfasst. Während einige auf der neuartigen Blockchain-Technologie bzw. der DLT, also einer Art dezentral verwalteten Buchführung, basieren, nutzen andere konventionelle Zahlungssysteme. Genauso wenig, wie alle digitalen Währungen auf einer Blockchain beruhen, sind Währungen das einzige Anwendungsfeld für die Blockchain-Technologie. Beobachter sprechen bereits von einer neuen Form des Computing (Tapscott/Tapscott 2016).

In diesem Policy Paper geht es um digitale Währungen, deren Vielfalt und Anwendungsmöglichkeiten. Die Frage, ob es einen Wettbewerb zwischen privaten und staatlichen digitalen Währungen gibt, stellt sich dabei nicht mehr. Es geht vor allem um die Gestaltung eines neuen und stärker vom Wettbewerb geprägten Währungszeitalters. Um dieses zu analysieren, wird in diesem Policy Paper die bisherige Entwicklung digitaler Währungen nachgezeichnet. Aufbauend auf den bisherigen Erfahrungen mit dieser neuen Form des Geldes werden Gestaltungsoptionen für ein neues Währungszeitalter entwickelt. Im Zentrum steht dabei die Frage, wie der Ordnungsrahmen für die Vielfalt digitaler Währungen aussehen kann, damit diese zu wirtschaftlicher Innovation und Wachstum sowie Finanzstabilität beitragen können.

Um die Vielfalt digitaler Währungsformen zu analysieren, gibt es verschiedene Modelle und Indikatoren. In den Publikationen der Bank für Internationalen Zahlungsausgleich (BIZ) wird regelmäßig die „Moneyflower“ verwendet, ein Venn-Diagramm, das die Überschneidung verschiedener analoger und digitaler Währungsformen darstellt:

Grafik 1 | Moneyflower



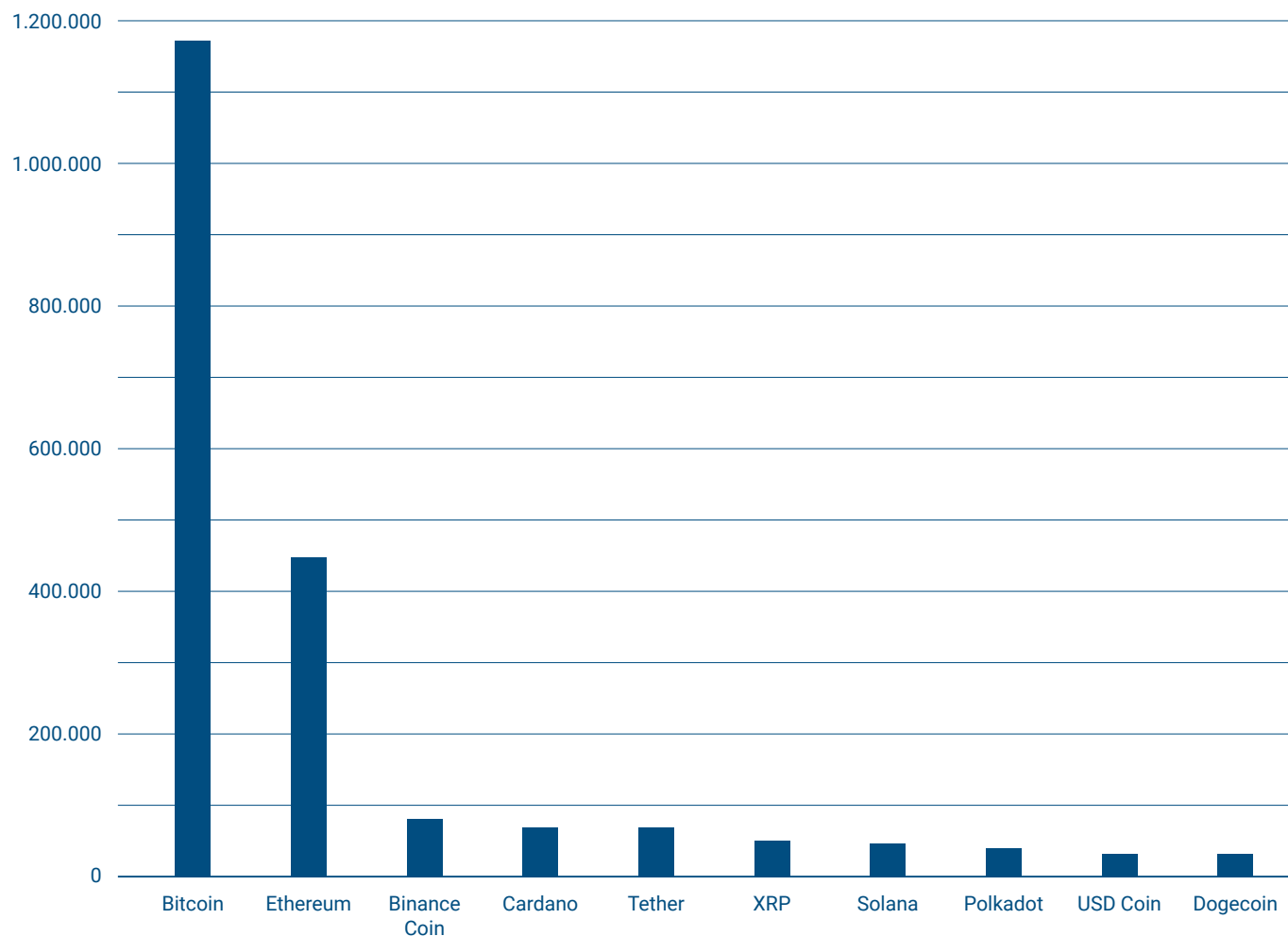
Quelle: Bank for International Settlements

Allerdings fehlen dort zwei Dimensionen, die für die Entstehung einer neuen Währungsform und einen Wettbewerb digitaler Währungen von Bedeutung sind: die zeitliche Dimension sowie die einzelnen Währungsfunktionen. Die Entwicklung

digitaler Währungen ist nicht linear verlaufen – über die Zeit sind verschiedene neue Währungen entstanden und einige auch wieder verschwunden.

Grafik 2 | Börsenwert digitaler Zahlungsmittel

Ranking der größten virtuellen Währungen nach Marktkapitalisierung im Oktober 2021 (in Millionen US-Dollar)



Quelle: Eigene Darstellung basierend auf Daten von CoinMarketCap

Die unterschiedlichen digitalen Währungen sind zu verschiedenen Zeitpunkten entstanden, nutzen unterschiedliche technologische Aspekte und bieten unterschiedliche Geldfunktionen. Nicht jede digitale Währung erfüllt alle drei Funktionen typischen Geldes: die Tauschmittelfunktion („Medium of Exchange“), die Funktion als Recheneinheit („Unit of Account“) und die Funktion als Wertspeicher („Store of Value“). Die Tauschmittelfunktion ist wohl die bekannteste Funktion, denn für die meisten Menschen dient Geld im Alltag als Zahlungsmittel. Auch der Wertspeicher dürfte vielen Menschen ein Begriff sein, die ihr Geld als Anlageform nutzen. Der Anspruch an Geld, als Wertaufbewahrungsmittel zu fungieren, spiegelt auch die Erwartung wider, dass Geld langfristig stabil in seiner Wertbeständigkeit und Kaufkraft sein sollte, also hohe Inflation genauso wie Deflation vermieden

werden soll. Dafür sorgen in modernen Volkswirtschaften unabhängige Zentralbanken mit ihrer Geldpolitik. Die Funktion als Recheneinheit wird von Leibbrandt und De Teran als entscheidende Funktion von Geld benannt. Denn während sich viele Dinge als Wertspeicher oder Tauschmittel eignen, verfügen nur wenige über die erforderliche Skalierbarkeit und Verbreitung, um als Recheneinheit genutzt zu werden (Leibbrandt/De Teran 2021: 202). Bisher gibt es keine digitale Währung, die eigenständig und uneingeschränkt alle Funktionen erfüllen kann. Doch das wird sich voraussichtlich in naher Zukunft ändern. Der bisher wohl am weitesten verbreiteten digitalen Währung Bitcoin wird nachgesagt, dass sie sich aufgrund der hohen Volatilität bisher nur begrenzt als Tauschmittel und schon gar nicht als Recheneinheit eignet (Hagelüken 2020: 143).

Grafik 3 | Der Wert von Bitcoin

Entwicklung des Bitcoin-Wechselkurses von Januar 2017 bis November 2021 (in US-Dollar)

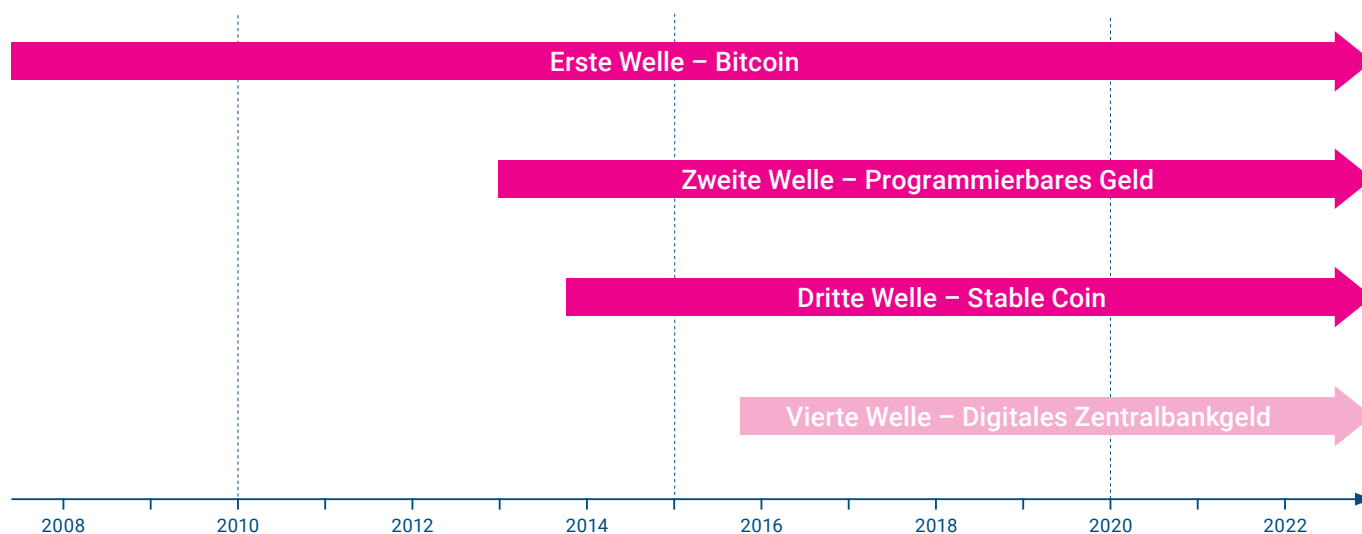


Quelle: Eigene Darstellung basierend auf Daten von CoinMarketCap

Gleichzeitig gilt Bitcoin allerdings aufgrund seiner enormen Wertsteigerung als digitales Gold und wird vielfach auch als Anlageform genutzt (Popper 2015). Andere digitale Währungen sind hingegen besser als Tauschmittel oder Recheneinheit geeignet, aber weniger als Wertspeicher. Eine digitale Währung, die zum Beispiel an eine existierende staatliche Währung wie den Euro oder den US-Dollar gebunden ist, kann zwar als Wertspeicher genutzt werden; die Funktion als Wertspeicher erhält sie gleichwohl nur durch die Referenz zur existierenden Währung und hat damit keine eigenständige Wertspeicherungsfunktion

Um die unterschiedlichen Entwicklungen und die Vielfalt digitaler Währungen seit der globalen Finanzkrise zu beschreiben, greifen wir für dieses Paper auf das in der Sozialwissenschaft verbreitete Narrativ der Entwicklung in Wellen zurück (siehe z.B. Huntington 1991 für Demokratie; Evans/Chamberlain 2015 für Feminismus und Fischer 2021 für Kaffee). Solche Entwicklungswellen sind in der Regel nicht abgeschlossen, sondern verlaufen parallel und verstärken oder behindern sich gegenseitig. In diesem Paper identifizieren wir, beginnend mit der Entstehung von Bitcoin, vier Wellen digitaler Währungen, die sich vor allem in der spezifischen Geldfunktion, der Organisations- und Governance-

form und der Grundlage ihres Wertes unterscheiden. Mit jeder Welle verändern sich die Funktionen und Anwendungen, die einzelne Währungsprojekte abbilden können. Lediglich die Währungen der vierten Welle erfüllen alle klassischen Funktionen des Geldes. Die Organisations- und Governanceform bei digitalen Währungen variiert zwischen öffentlichen, privaten und beschränkten bzw. clubartigen Formen von Organisation und Steuerung. Bei der Organisationsform kann zwischen öffentlichem und beschränktem Zugang sowie öffentlicher und privater Struktur differenziert werden. Bei der Governance geht es vereinfacht gesagt um die Steuerung der Währung, die durch alle Nutzer in einem Peer-to-Peer-Netzwerk oder lediglich durch einen begrenzten Kreis (Club) erfolgen kann. Das moderne Fiatgeld – also die staatlichen Währungen, die von Zentralbanken verwaltet werden – bezieht seinen Wert nicht aus dem Warenwert wie etwa bei Gold oder Silber oder aus dem Bezug auf solche Werte, sondern aus der Regulierung und dem Vertrauen in die ausgebenden Staaten und ihre Institutionen. Digitale Währungen, die nicht von Staaten herausgegeben werden, beziehen ihren Wert aus dem Vertrauen in die Integrität eines Protokolls, der zugrundeliegenden Technologie und Anreizmechanismen oder der ausgebenden Stelle.

Grafik 4 | Vier Wellen digitaler Währungen


Quelle: Eigene Darstellung

In **Kapitel 2** wird es um die ersten drei Wellen digitaler Währungen gehen, angefangen mit Welle 1 und der Entstehung von Bitcoin als Geld für das Internet, das von einer Reihe engagierter Computerexperten entwickelt wurde und mit der technologischen Innovation der Blockchain nicht nur ein neues Währungszeitalter, sondern auch ein neues Computingzeitalter einleitete. In der zweiten Welle geht es nicht mehr „nur“ um Geld für das Internet, sondern um programmierbares Geld, das bestimmten, vorher festgelegten Regeln folgen kann und sozusagen eine Währung im Internet ist. Die dritte Welle greift die technologischen Innovationen der ersten beiden Wellen auf und versucht, durch die Orientierung an einem Referenzwert eine stabile Währung („Stablecoin“) zu schaffen. Alle drei Wellen werden allein von Privatpersonen oder privaten Institutionen entwickelt und verwaltet, erst mit der vierten Welle steigt der Staat mit ein. Allerdings haben staatliche Regulierer und die Sicherheitsbehörden auch auf die Währungen der ersten drei Wellen ein Auge geworfen. Zunächst ging es dabei um den Missbrauch für kriminelle Zwecke oder Fragen der Finanzaufsicht, aber spätestens seit Mitte der 2010er Jahre haben sich selbst etablierte Akteure wie der damalige Chef der US Federal Reserve, Ben Bernanke, positiv über das Potenzial von digitalen Währungen geäußert (Popper 2015: 266; Vigna/Casey 2015: 113). Im **dritten Kapitel** geht es sodann um die vierte Welle und digitales Zentralbankgeld. Aus verschiedenen Gründen, vor allem aus Sorge vor einem Verlust der Kontrolle über die Währungspolitik und die Gewährleistung eines stabilen Zahlungsmittels, steigen die Zentralbanken in die Entwicklung digitaler Währungen ein. Damit könnte es einerseits wieder

zu einer Dominanz staatlicher Währungen im digitalen Bereich kommen, oder es gibt andererseits ein Nebeneinander, eine Art Wettbewerb von staatlichen und privaten digitalen Währungen¹ (Groß et al. 2020a: 712). Dieser Wettbewerb wird sich aber maßgeblich vom Währungswettbewerb unterscheiden, den der Ökonom Friedrich August von Hayek (1976) beschrieben hat. Denn bei Hayek sowie vielen seiner Anhänger ging es um einen Wettbewerb zwischen Wert speichern und nicht um einen Wettbewerb zwischen neuartigen Geldformen mit unterschiedlichen Funktionen und Anwendungsfeldern (Hayek 1976; Brunnermeier et al. 2019). Mit diesem digitalen Währungswettbewerb beschäftigt sich das **vierte Kapitel** zu digitaler Währungspolitik und untersucht, wie belastbare Rahmenbedingungen für technische Innovation und ökonomische Dynamik geschaffen werden können. Gleichzeitig soll aber ein Geld- und Finanzsystem sichergestellt werden, das monetäre und finanzielle Stabilität genauso gewährleistet wie finanzielle Inklusion, Transparenz und Vertrauen in die Zahlungssysteme. Zum Abschluss werden mit Inklusivität, Innovation, Stabilität und Freiheit vier Prinzipien, die den politischen Umgang mit digitalen Währungen prägen sollten, identifiziert. Weder diese drei Prinzipien noch die vier Wellen und Policy-Empfehlungen sind jedoch abschließend. Die Geschwindigkeit, mit der sich diese neue Währungsära entwickelt, ist dafür zu hoch. Dies darf keine Ausrede für Untätigkeit sein oder dazu verleiten, wie es einige Länder schon vergeblich versucht haben, digitale Währungen aus Angst vor Neuem zu verbieten. Richtig eingesetzt und eingebettet können digitale Währungen zu einem echten Freiheits- und Wohlstandsgewinn beitragen.

¹ Privat bezieht sich hier nicht auf die Organisationsform, sondern dient der Differenzierung zwischen staatlichem und privatem Handeln. Staatliche digitale Währungen bezeichnen Geld, das vom Staat herausgegeben bzw. verwaltet wird, wohingegen private

digitale Währungen von nichtstaatlichen Organisationen oder Privatpersonen herausgegeben werden. Bei der Organisationsform erfolgt die Unterscheidung in öffentlich, also frei zugänglich, und privat, also beschränkt. t.

2. Drei Wellen digitaler Währungen

Die Entwicklung digitaler Währungen hat im letzten Jahrzehnt enorm an Fahrt aufgenommen. Innerhalb kürzester Zeit sind zahlreiche Varianten und Formen von digitalen Währungen entstanden. Bereits in den 1990er Jahren gab es mit eCash erste Versuche, digitales Geld zu entwickeln, und die zugrunde liegenden Konzepte von David Chaum spielen für heutige Entwicklungen noch eine große Rolle. Allerdings haben erst im Umfeld der globalen Finanzkrise technologische Entwicklung und Nachfrage nach alternativen Zahlungsformen ein Umfeld geschaffen, in dem digitale Währungen eine echte Alternative zum etablierten Geld- und Finanzsystem darstellen. Die Entwicklung verläuft seitdem wellenförmig, aber stetig und verändert die Finanzwelt kontinuierlich.

2.1 Erste Welle – Bitcoin: Geld für das Internet

Den Startschuss für die heiße Diskussion um digitale Währung legte der bis heute unbekannt Programmierer Satoshi Nakamoto an einem Samstagnachmittag im November 2008, als er das Bitcoin-Whitepaper (Nakamoto 2008a) über eine Mailingliste der Cypherpunk-Bewegung verteilte. Dabei beschrieb Nakamoto die Technologie im Whitepaper als eine neue Form von elektronischem Bargeld, das ohne zentrale Ausgabestelle auskommt und ausschließlich von den Nutzern betrieben und verwaltet werden sollte (Nakamoto 2008b). Anders als bei den zahlreichen früheren Versuchen von privaten Akteuren, eine digitale Währung zu schaffen, vermochte es Nakamoto, ein System zu entwerfen, bei dem das doppelte Ausgeben der digitalen Währung durch eine technische Lösung auch ohne zentrale Ausgabestelle weitestgehend unmöglich sein sollte. Die Währung war damit nicht dem Emittentenrisiko, also dem Risiko, dass die Ausgabestelle ihren Zahlungsverpflichtungen nicht nachkommen kann, ausgesetzt, an dem in der Vergangenheit die zahlreichen privaten digitalen Währungen gescheitert waren (Kutler/Power 1998). Das nun seit über zehn Jahren existierende Bitcoin-Netzwerk legte gleichzeitig die technologische Grundlage für die Begeisterung für Kryptowährungen und stellte die Geburtsstunde der Blockchain-Technologie dar. Das wesentliche innovative Element des Bitcoin-Netzwerkes und der Blockchain-Technologie ist die intelligente Kombination von Kryptografie mit ökonomischen Anreizsystemen zum Erhalt und zur Pflege einer Datenbank in einem dezentralen Netzwerk (The Economist, 31.10.2015). Für das Verständnis der Diskussionen rund um digitale Währungen ist ein zumindest grober Einblick in die Blockchain-Technologie sowie die zugrunde liegende Ideologie der Early-Adopter und Entwicklerinnen zwingend erforderlich. Die erste Welle digitaler Währungen kann daher auch als Geld für das Internet

und unter Berücksichtigung der Erfinder als Geld von Nerds bezeichnet werden. Das Bitcoin-Netzwerk beantwortet nämlich nicht nur die Frage der praktischen Umsetzung mit technischen und kryptografischen Lösungen, sondern überlässt die Geldpolitik- und Geldmengensteuerung ausschließlich dem technischen Protokoll. Der Wert der Währung wird nach Auffassung der Erfinder ausschließlich durch den dahinterstehenden Algorithmus erzeugt (Saveliev 2017: 119).

Die Cypherpunk-Ideologie

Wer der Erfinder der Blockchain-Technologie Satoshi Nakamoto wirklich ist, bleibt bis heute unbekannt (Wallace 2011), wenngleich immer wieder Einzelpersonen verdächtigt werden oder andere sich selbst (ohne Beweise) als vermeintliches Genie outen (Fox-Brewster 2016). Die ideologische Einordnung des anonymen Erfinders fällt durch seine Arbeit sowie die gewählte Kommunikationsform wiederum deutlich leichter. Das Whitepaper schickte Nakamoto nicht über irgendeine Mailingliste, sondern über eine Liste der Cypherpunk-Bewegung. Die Cypherpunks entstanden Ende der 1980er Jahre in Kalifornien und setzen sich seither für den flächendeckenden Einsatz von Kryptografie und anderen die Privatsphäre schützenden Technologien ein, um persönliche Anonymität auch im digitalen Zeitalter zu erhalten und zu ermöglichen (Popper 2015). Eric Hughes, einer der Vorreiter der Bewegung, fasste das Selbstverständnis von Cypherpunks in seinem Manifest 1993 zusammen und gab damit auch die Marschroute für das Bitcoin-Netzwerk vor: *„Wir, die Cypherpunks, widmen uns dem Aufbau anonymer Systeme. Wir verteidigen unsere Privatsphäre mit Kryptografie, mit anonymen Mail-Weiterleitungssystemen, mit digitalen Signaturen und mit elektronischem Geld“* (Hughes 1993). Nakamoto selbst macht im Whitepaper deutlich, dass eine unabhängige Währung für den Handel im Internet notwendig sei. Kleine Transaktionen seien derzeit noch prohibitiv teuer und abhängig von großen Finanzinstituten, die jede Transaktion verifizieren müssen und dazu auch noch hohe Gebühren verlangen (Nakamoto 2008a: 1). Zudem ermögliche das derzeitige System aus Banken, Zahlungsdienstleistern und Nationalstaaten die Umkehrbarkeit von Transaktionen, womit das derzeitige Zahlungssystem nicht nur zu teuer für kleine Internettransaktionen sei, sondern auch noch immer das Risiko der Rückabwicklung mit sich trage (Nakamoto 2008a: 1). Nakamoto wollte diese Abhängigkeit des Cyberspace von Finanzinstituten auflösen und hat dafür mit dem Bitcoin-Netzwerk ein System für eine Art elektronisches Bargeld entworfen, das ausschließlich durch die Nutzer verwaltet wird und kostengünstige anonyme Transaktionen ermöglicht (Nakamoto 2008a: 8).

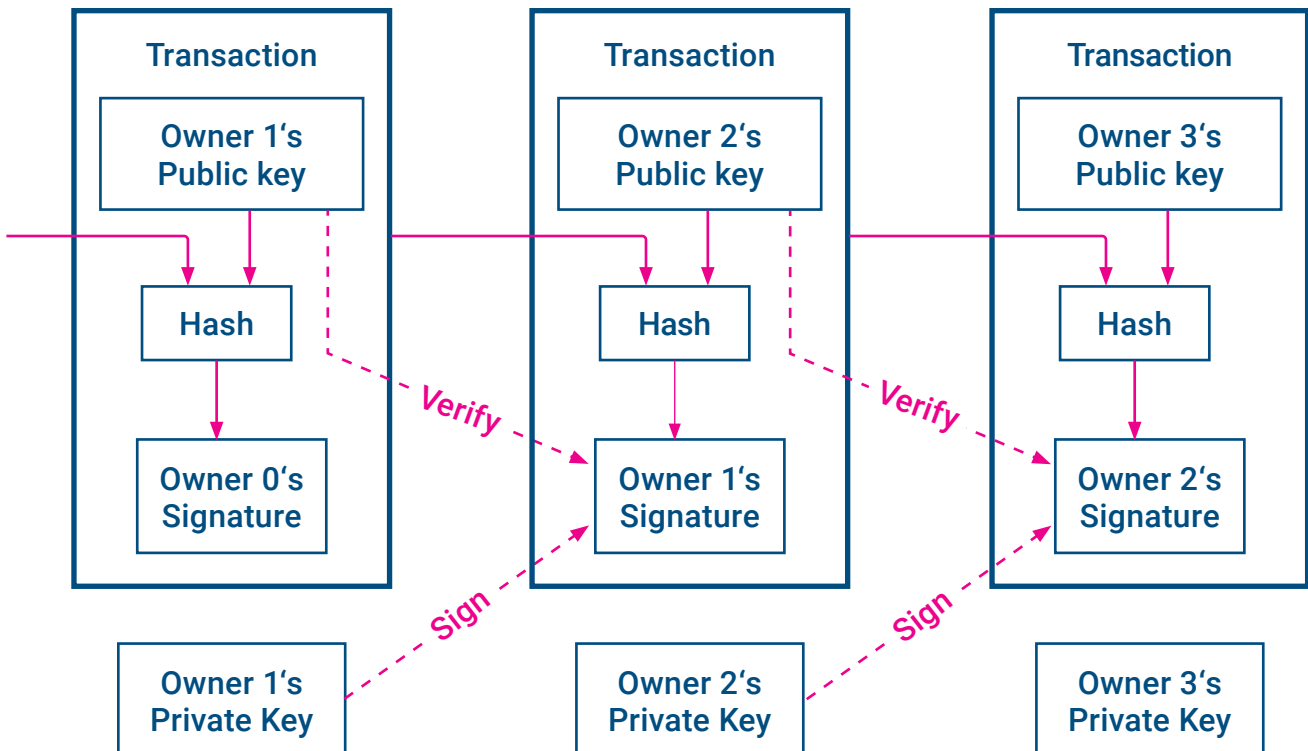
Die Blockchain-Technologie

Das von Nakamoto vorgeschlagene System kommt völlig ohne zentrale Instanz aus und schafft es dennoch, das doppelte Ausgeben („Double-Spending“) der digitalen Münzen nahezu vollständig zu verhindern. In der physischen Welt wird das doppelte Ausgeben von Bargeld mittels der zentralen Ausgabe der Banknoten durch die Zentralbanken vermieden. Diese Banknoten oder Münzen enthalten zudem zahlreiche Sicherungselemente, um eine unberechtigte Vervielfältigung zu verhindern (Armelius et al. 2021). In der digitalen Welt können Bits, die eine digitale Währung repräsentieren, wiederum ganz einfach und ohne hohen Kostenaufwand reproduziert und vervielfältigt werden (Antonopoulos 2017: 27). Die Originaldatei und die durch die Tastenkombination STRG+C in Sekunden entstandene Kopie sind dabei für einen Dritten nicht unterscheidbar. Hier setzte Nakamoto mit seiner heute als Blockchain-Technologie bekannten Erfindung an. Das Bitcoin-Netzwerk hat dafür drei wesentliche Eigenschaften, die über die Zeit dafür gesorgt haben, dass die Blockchain-Technologie hin und wieder auch als Distributed-Ledger-Technologie bezeichnet wird. Das Netzwerk besteht zuvorderst aus einer Datenbank (Ledger), in der jede Bewegung von Bitcoins (Transaktion) aufgezeichnet wird (Antonopoulos 2017: 42). Diese Datenbank wird nicht von einer zentralen Partei, wie zum Beispiel einer Zentralbank, verwaltet, sondern in einem verteilten (Distributed) Netzwerk einer unbestimmten Anzahl an Com-

putern (Nodes) gespeichert und fortgeführt (Antonopoulos 2017: 30). Die dritte Eigenschaft – und gleichzeitig das innovative Element – ist die technologische Lösung, mit der sich die einzelnen Nodes innerhalb des verteilten Netzwerkes auf einen einheitlichen Inhalt der Datenbank einigen: der sogenannte Consensus-Mechanismus (Antonopoulos 2017: 27).

Die Datenbank ähnelt dabei einem Kontoauszug (Kaulartz 2016: 475), der unter Anwendung der Logik der doppelten Buchführung jede Transaktion zwischen Teilnehmern des Netzwerkes chronologisch aufzeichnet (Antonopoulos, 2017: 42). Ungefähr alle zehn Minuten werden neue Transaktionen in einem Block zusammengefasst und der Transaktionshistorie hinzugefügt (Antonopoulos 2017: 27). Diese Transaktionen sind das Kernstück der Blockchain: Sie ermöglichen den Transfer von Bitcoins, und das gesamte Netzwerk ist für ihre Sicherung und ihre Unverfälschbarkeit konzipiert (Antonopoulos 2017: 116). Technisch gesehen sind Transaktionen elektronische Nachrichten, die mithilfe von asymmetrischer Verschlüsselung signiert werden. Dabei kann der öffentliche Schlüssel („Public Key“) des Schlüsselpaars mit einer Kontonummer verglichen werden, während der private Schlüssel („Private Key“) der dazugehörigen PIN entspricht (Antonopoulos 2017: 85). Die Inhaberin beider Schlüssel kann so über die mit der Kontonummer assoziierten Bitcoins frei verfügen, indem sie signierte Transaktionen an das Bitcoin-Netzwerk propagiert (Antonopoulos 2017: 49).

Grafik 5 | Schematische Darstellung von Bitcoin Transaktionen



Doch dafür muss die Kontonummer der Inhaberin überhaupt erst über Bitcoins verfügen. Nakamoto bezeichnete die Bitcoin-Münze als eine Kette von elektronischen Signaturen (Nakamoto 2008a: 2). Die Signaturkette eines jeden Bitcoins beginnt immer in dem Block, in dem sie neu geschaffen wurden. Die Entstehung neuer Bitcoins dient gleichzeitig als Anreiz für die Netzwerkteilnehmer, die Einheitlichkeit der Datenbank innerhalb des verteilten Netzwerkes zu gewährleisten und das doppelte Ausgeben der Münzen zu verhindern. Der dafür im Bitcoin-Netzwerk angewendete Consensus-Mechanismus wird regelmäßig als Proof-of-Work bezeichnet und ist äußerst energieaufwendig. Wie zuvor beschrieben, werden Transaktionen alle zehn Minuten in einem Block zusammengefasst und der Datenbank angehängt. Sogenannte Miner sammeln neue Transaktionen, überprüfen die Übereinstimmung mit der Transaktionshistorie und fassen diese dann in einem Block zusammen. Damit Miner das Recht erhalten, der Transaktionshistorie einen neuen Block hinzuzufügen, müssen sie neben der Überprüfung der Transaktionen ein mathematisches Rätsel lösen (Antonopoulos 2017: 50), was nur durch wiederholtes rechenintensives Erraten einer zufälligen Zahlenabfolge gelingt. Alle am Consensus-Mechanismus beteiligten Nodes versuchen gleichzeitig, das Rätsel zu lösen, und nur der Gewinner des Wettrennens erhält das Recht, den nächsten Block in die Blockkette zu schreiben. In jedem neuen Block ist die sogenannte Coinbase-Transaktion enthalten, die dem Gewinner eine Belohnung (Block-Reward) in Form von neu geschaffenen Bitcoins zuspricht (Antonopoulos 2017: 51). Nur auf diesem Wege entstehen neue Bitcoins (Nakamoto 2008a: 4). Das Ergebnis dieses Puzzles kann dann wiederum mit geringstem Aufwand von allen Teilnehmern im Netzwerk überprüft werden (Antonopoulos 2017: 50). Durch die einfache Überprüfbarkeit und die hohen Kosten für die Lösung des Rätsels werden Miner zu ehrlichem Verhalten angehalten und die Integrität der Transaktionshistorie gesichert (Catalini/Gans 2016: 1). Miner können nur mit korrekten Blöcken den Block-Reward verdienen und so die zur Lösung des Rätsels aufgewendeten Stromkosten refinanzieren. Unehrlliche Miner, die gefälschte Transaktionen in Blocks aufnehmen, werden schnell vom Netzwerk erkannt. Die von ihnen propagierten Blocks werden nicht von den anderen Netzwerkteilnehmern als Teil der Datenbank akzeptiert – die aufgewendeten Stromkosten wurden somit „umsonst“ aufgewendet. Da durch diese Kombination aus signierten Transaktionen und einem mathematischen Rätsel für deren Lösung hohe Kosten in Kauf genommen werden müssen, schafft es das Bitcoin-Netzwerk seit nun über zehn Jahren, eine gemeinsame Datenbank über Werte zu führen, ohne dass eine zentrale Partei eingreifen müsste oder könnte.

Auch wenn Bitcoin innerhalb von zehn Jahren eine Marktkapitalisierung von über 500 Milliarden Euro erreicht hat und ihn im September 2021 El Salvador als erste Nation zum gesetzlichen Zahlungsmittel machte (The Economist

04.09.2021), gibt es weltweit große Kritik an der Währung ohne Währungshüter. Auf Kritik, die dem Bitcoin die Eigenschaft als Anlageklasse vollständig absprechen will (Furman/Hatzius 2020), gehen wir ebenso wenig ein wie auf die Twitter- und Comedy-Aktivitäten eines von der SEC schon lange beobachteten Unternehmers. Berechtigte Kritik am Netzwerk ist dennoch weit verbreitet und kann in drei Kategorien eingeteilt werden: Umwelteinfluss, Nutzung durch Kriminelle und fehlende Eigenschaften einer echten Währung.

Auswirkungen auf die Umwelt

Der wohl aktuell größte Kritikpunkt an Bitcoin ist der immense CO₂-Fußabdruck des Netzwerkes (Ebert et al. 2021). Der beschriebene Proof-of-Work-Mechanismus schützt die Integrität der Datenbank durch den Energieaufwand, der zur Lösung des Rätsels notwendig ist und bei den Teilnehmern hohe Kosten verursacht. Das Bitcoin-Netzwerk verbrauchte vor dem Mining-Ban der autokratischen Regierung in China jährlich ca. 175 Terawatt Stunden Strom (Cambridge Center for Alternative Finance 2021). Das entspricht ca. 1.720 Kilowatt Stunden pro Transaktion (Digiconomist 2021) und ist im Vergleich zum ebenfalls global agierenden VISA-Netzwerk 1,16-millionenfach so energieintensiv (De Best 2021) wie die Abwicklung einer einzigen Kreditkartentransaktion.² Auch wenn Bitcoin insgesamt nur knapp 0,1 Prozent des globalen Energieangebots verbraucht und nach einer Studie des US-Bitcoin Mining Council – eine Interessenvertretung, die knapp 32 Prozent der Mining-Power des Netzwerkes repräsentiert – dabei fast zu über 55 Prozent auf erneuerbare Energie setzt (Bitcoin Mining Council 2021: 9), wenden sich zahlreiche Investoren wegen der Umweltfolgen vom Netzwerk ab. Neben dem Energieverbrauch insgesamt steht besonders die enorme Energieverschwendung innerhalb des Netzwerkes in der Kritik. Da immer nur ein Miner das Wettrennen um den nächsten Block gewinnen kann, aber das gesamte Netzwerk die Rechenleistung aufwendet und alle Computer derselben Tätigkeit nachgehen, werden 99 Prozent des Energieverbrauchs mehr oder weniger verschwendet. Neben dem enormen CO₂-Ausstoß und der hohen Energieverschwendung stehen der PoW-Mechanismus und das Mining auch für den hohen Ressourcenverbrauch in der Kritik. So erhöht etwa der enorme Bedarf an Computerchips für das Mining den Druck auf die bestehenden Lieferengpässe bei Halbleitern (Ebert et al. 2021: 1).

Geld für Kriminelle?

Neben dem Energieverbrauch ist der Bitcoin schon seit jeher der Kritik ausgesetzt, dass er eine Währung für die organisierte Kriminalität sei und die Anonymität innerhalb des Netzwerkes der Umgehung von Geldwäscheregulierung oder der Regulierung zur Verhinderung von Terrorismus-

² Der Vergleich einer VISA-Transaktion mit einer Bitcoin-Transaktion ist nicht vollständig zutreffend und dient hier nur der Veranschaulichung. Während bei einer VISA-Transaktion ausschließlich eine Forderung zwischen Finanzdienstleistern begründet wird, ist eine Bitcoin-Transaktion final und benötigt keine weitere Infrastruktur zur Abwicklung. Im VISA-System ist zur vollständigen Abwicklung der Zahlung noch das Zutun von zahl-

reichen Finanzintermediären sowie staatlichen Stellen notwendig und die Unternehmensorganisation von VISA selbst erfolgt wohl kaum klimaneutral. Die tatsächlichen Energiekosten zur Abwicklung einer VISA-Transaktion sind entsprechend also wesentlich höher als die hier betrachteten Serverkosten der einzelnen Transaktion.

finanzierung diene (Foley et al. 2019; Hagelüken 2020: 147). Dabei wird regelmäßig auf die Möglichkeit verwiesen, mithilfe von Bitcoin auf der „Silk Road“-Plattform illegale Waren und Dienstleistungen bezahlen zu können (Adler 2018). Die Citigroup geht in einer aktuellen Analyse jedoch davon aus, dass weniger als 1 Prozent der Bitcoin-Transaktionen mit illegalen Aktivitäten in Verbindung stehen – deutlich unter den 5 Prozent des globalen BIP, die nach einer Recherche der Vereinten Nationen mit Geldwäsche in Verbindung stehen (Kaul et al. 2021: 18). Andere Studien kommen zu einem höheren Anteil, aber verweisen darauf, dass mit zunehmender Nutzung von Bitcoin auch die Nutzung für kriminelle Zwecke zurückgeht (Foley et al. 2019). Dass Bitcoin dennoch als Geld für Kriminelle bekannt ist, lässt sich wohl einerseits mit den gerade in den letzten zwei Jahren zunehmenden Ransom-Ware-Attacken begründen, bei denen Erpresser regelmäßig ein Lösegeld in Bitcoin fordern (Ip 2021). Andererseits kann diese Skepsis aber auch auf eine Fehlannahme in der breiten Öffentlichkeit hinsichtlich der Eigenschaften von Bitcoin-Transaktionen zurückgeführt werden. Im Bitcoin-Netzwerk wird jede Transaktion dokumentiert, die Transaktionsdatenbank ist für jeden einsehbar und kann damit auch von Strafverfolgungsbehörden zur Ermittlung genutzt werden. Der so entstandene „Papertrail“ führte letztendlich zur Identifizierung und Verurteilung des Silk-Road-Betreibers (United States Court of Appeals, Second Circuit 2017; Rogoff 2016: 214) und ermöglichte es dem FBI, große Teile des Lösegeldes des wohl bisher bekanntesten Ransom-Ware-Hacks zurückzuholen (Uberti 2021). Dass der Bitcoin wie jede andere Währung auch für kriminelle Aktivitäten genutzt wird, steht dennoch außer Frage. Das Ausmaß abseits von den aufmerksamkeitsregenden Drogenverkäufen oder Auftragsmorden scheint aber in der Öffentlichkeit häufig überschätzt. Laut Recherchen der Citigroup werden vergleichsweise geringe 2 Prozent aller Bitcoin-Transaktionen für illegale Zwecke genutzt, wohingegen allein 2 bis 5 Prozent aller Transaktionen in etablierten Währungen für Geldwäsche verwendet werden (Kaul et al. 2021: 18).

Kein echtes Geld

Von den drei Geldfunktionen erfüllt der Bitcoin zumindest bisher keine in ausreichendem Maße. Aufgrund hoher Volatilität, geringer Verbreitung und mangelnder Skalierbarkeit eignet er sich bisher weder als Tauschmittel noch als Recheneinheit. Aufgrund der hohen Nachfrage oder einer absoluten Mengengrenzung wird Bitcoin allerdings häufig als digitales Gold bezeichnet und immer mehr als Anlageform genutzt. Ob das allerdings langfristig ausreicht, um als Wertaufbewahrungsmittel zu fungieren, wird die künftige Entwicklung zeigen. In der ersten Welle stehen in jedem Fall die innovative Technologie sowie die Unabhängigkeit von Intermediären und vom existierenden Finanzsystem im Vordergrund, weniger die Funktionalität in Relation zum konventionellen Verständnis von Geld.

2.2 Zweite Welle – Geld vom Internet: Die Entstehung programmierbarer Währungen

Von Bitcoin zum Weltcomputer

Nicht einmal zwei Jahre nach Veröffentlichung des Whitepapers diskutierten Nakamoto und zahlreiche Entwickler und Entwicklerinnen, die sich dem Projekt angeschlossen hatten, über weitere Anwendungsfelder der Technologie (Werbach 2018: 55). Wenn digitales Geld ohne zentrale Kontrollinstanz möglich ist, wieso sollte man es nicht auch gleich programmieren können oder die Technologie für den Transfer von weiteren Werten und Informationen nutzen (Pilkington 2016: 13)? Schon 2011 wurde mit Namecoin ein Domain-Name-Registrierungssystem entwickelt, das zu Beginn auf dem Bitcoin-Netzwerk als sogenannte „Colored Coins“ aufbaute und alle Eigenschaften des Netzwerkes wie zum Beispiel die Zensurresistenz übernahm (Bradbury 2013). Bei „Colored Coins“ erhalten die Bitcoin-Münzen zusätzliche Informationen, die ebenso wie der Bitcoin selbst zwischen den Teilnehmern ausgetauscht werden können und ermöglichen sollten, dass weitere Werte wie Aktien oder sonstige Eigentumsrechte über das dezentrale Netzwerk verschoben werden können (Rosenfeld 2012: 7).

Der Bitcoin-Developer Vitalik Buterin dachte die Idee von „Colored Coins“ 2013 noch einen Schritt weiter und wollte nicht nur weitere Formen von Werten über das System abwickeln, sondern ganze Softwareprogramme innerhalb des dezentralen Systems ausführen lassen und damit unzensurable Smart Contracts ermöglichen (Buterin 2014: 1). Nach der Veröffentlichung des konzeptionellen Whitepapers hat Gavin Wood das Yellow-Paper mit den technischen Spezifikationen für Ethereum 2014 nachgelegt, und Ende Juli 2015 wurde der erste Block der neuen Blockchain, die auch als Weltcomputer bezeichnet wird, veröffentlicht (ConsenSys 2019). Die Ethereum-Blockchain funktioniert dabei im Wesentlichen wie die Bitcoin-Blockchain und hat mit der Kryptowährung Ether auch eine eigene Form des Geldes. Auch sie setzt bis heute noch auf das Proof-of-Work-Verfahren, wenngleich seit Langem an der Entwicklung des deutlich ressourcenschonenden Proof-of-Stake-Verfahrens gearbeitet wird und sich der Umstieg für den Jahreswechsel 2021/2022 abzeichnet.³ Anders als Bitcoin hat Ethereum mit Solidity eine Turing-vollständige Programmiersprache. Auf der Ethereum-Blockchain können somit nicht nur zusätzliche Informationen abgelegt werden, sondern sie ist universell programmierbar und kann daher auch als General-Purpose-Technology bezeichnet werden, die zahlreiche Wirtschaftszweige beeinflussen kann (Werbach 2018: 72). Unter Zuhilfenahme von Smart Contracts können auf der Ethereum-Plattform seit 2015 durch die Einführung des ERC-20-Token-Standards mit dem Ethereum-Improvement-Proposal-20 ganz einfach weitere „Colored Coins“ erzeugt werden (Yilmaz 2021). Seit her hat es sich zur Unterscheidung durchgesetzt, die Währung des Protokolls als Coin und auf dem Protokoll erstellte

³ Beim Proof-of-Stake wird zur Sicherung der Datenbank anstelle des hohen Energieaufwands auf eine Art Pfand gesetzt. Miner müssen größere Mengen der Kryptowährung hinterlegen, die bei unehrlichem Verhalten oder Manipulationsversuchen

zerstört werden. Dadurch wird ähnlich wie bei Proof-of-Work sichergestellt, dass sich unehrliches Verhalten nicht lohnt und hohe Vermögenskosten entstehen.

„Colored Coins“ als Token zu bezeichnen (Nowak 2021). Ein ERC-20-Token entsteht und existiert dabei eigenständig auf der Ethereum-Blockchain und wird wie die Protokollwährung Ether über Public und Private Keys durch den Nutzer verwaltet. Das Leben auf der Blockchain führt dazu, dass das Handeln mit dem Token durch den Konsensmechanismus des Protokolls abgesichert wird und die Token problemlos in Smart Contracts genutzt werden können.

Seither hat sich um Ethereum ein enormes Ökosystem aufgebaut, in dem schon heute Kredite zwischen Unbekannten vergeben werden, Onlinewerbung ohne zentrale Autorität wie Google organisiert wird oder in Peer-to-Peer-Prognosemärkten auf Ereignisse in der realen Welt gewettet wird.

Während das Bitcoin-Netzwerk weiterhin ohne eigene Governance-Institution auskommt, in einem informellen Prozess zwischen Entwicklerinnen, Minern und Nutzerinnen gesteuert wird und dabei vollkommen auf Freiwilligkeit setzt, gibt es im Ethereum-Netzwerk zumindest einen gewissen Grad an Institutionalisierung. Kurz nach Veröffentlichung des Whitepapers wurde eine Stiftung nach Schweizer Recht gegründet, die über einen Crowdsale über 31.000 Bitcoins für Protokollentwicklung einnahm (ethdocs.org 2016). Die Ethereum-Foundation hat zwar keine formelle Gewalt über das Blockchain-Protokoll, und Entscheidungen müssen wie beim Bitcoin-Netzwerk immer von der Community aus Minern und Nutzerinnen getragen werden, dennoch sorgt ihre Existenz für ein gewisses Maß an Einflusskonzentration. Allein die Finanzierung von Entwicklerinnen, die mit ihrer Arbeit erheblichen Einfluss auf die Protokollweiterentwicklung ausüben, macht die Stiftung zu einer zentralen Instanz innerhalb des Netzwerkes. Ihr Einfluss im informellen Entscheidungsprozess ist wohl mindestens mit Großaktionären in einer Aktiengesellschaft zu vergleichen.

Smart Contracts

Die Idee von programmierbarem Geld oder gar vollständig digitalen Verträgen ist deutlich älter als die Blockchain-Technologie selbst. Schon in den 1990er Jahren diskutierte und veröffentlichte der US-Jurist und Informatiker Nick Szabo erste Gedanken für sogenannte Smart Contracts (Szabo 1996). Die Blockchain-Technologie als irreversibler und unverfälschbarer öffentlich geteilter Informationsspeicher ermöglichte nun aber erstmals auch eine verlässliche Anwendung des Konzepts (Wright/De Filippi 2015: 2). Ein Smart Contract stellt laut Szabo eine Reihe von Versprechen dar, die in digitalisierter Form formalisiert werden und einen eigenständigen Durchsetzungsmechanismus enthalten (Szabo 1996). Unter deutschen Juristen findet die Definition von Kaulartz und Heckmann immer mehr Anklang, die Smart Contracts als eine Software beschreiben, die rechtlich relevante Handlungen in Abhängigkeit von digital prüf- baren Ereignissen steuert und mit deren Hilfe auch Verträge

geschlossen werden (Kaulartz 2016: 618). Zur Veranschaulichung von Smart Contracts wird oft das Beispiel eines Warenautomaten herangezogen, bei dem durch Münzeinwurf und Tastendruck eine Ware ausgeworfen wird. Smart Contracts sollen gewissermaßen die Warenautomaten des Internets sein. Durch sie kann die Vertragsabwicklung mit digitalen Gütern autonom stattfinden, das Risiko bleibt weitestgehend auf Fehlfunktionen des technischen Hilfsmittels begrenzt, und vertragsbrüchiges oder manipulatives Verhalten nach Vertragsabschluss ist nahezu ausgeschlossen.

Zur Abwicklung des Leistungsaustauschs mit Smart Contracts ist eine digitale Währung zwingend notwendig. Derzeit haben alle bekannteren Smart-Contract-Plattformen wie Ethereum, Cardano oder Solana jeweils eigene Kryptowährungen, die die Nutzung von Smart Contracts ermöglichen. Ein vollkommen intermediationsloses Handeln ist aber dennoch (noch) nicht möglich, da Nutzer für den Tausch von Zentralbankgeld in die entsprechende Kryptowährung immer noch auf Intermediäre angewiesen sind (Werbach 2018: 75).

Potential, Funktion und Herausforderungen

Smart Contracts und programmierbares Geld innerhalb dezentraler Netzwerke versprechen, die Zentralisierung des als Peer-to-Peer-Netzwerk gestarteten Internets zurückzudrehen und Peer-to-Peer-Kollaboration in der digitalen Welt unabhängiger von großen Intermediären zu ermöglichen (Wright/De Filippi 2015: 1). Das als dezentrales Freiheitsprojekt gestartete Internet ist heute geprägt durch große Intermediäre wie Google, Facebook oder Airbnb, die es den Nutzern ermöglichen, kommerzielle Anwendungen im Netz anzubieten. Die Intermediäre senken dabei die Transaktionskosten für die Nutzerinnen, schaffen Vertrauen zwischen Unbekannten und wickeln den Werttransfer ab. Die Blockchain-Technologie wird oft auch als Vertrauentechologie bezeichnet, da sie mithilfe von Kryptografie und intelligenten Anreizmechanismen eine neue Form des Vertrauens zwischen Unbekannten schafft – ein Vertrauen, das bis vor Kurzem eben nur durch Intermediäre geschaffen werden konnte (Werbach 2018: 20).

Neben der Redezentralisierung des Internets versprechen sich zahlreiche Technologieverfechter Anwendungsfälle weit über die digitale Welt hinaus. Angefangen bei der Demokratisierung der Unternehmensorganisationen durch dezentrale autonome Organisationen (DAO) (Wright/De Filippi 2015: 15) halten manche sogar die Verwirklichung einer globalen Regierung für möglich (Shapiro 2018) oder wollen die Finanzierung von öffentlichen Gütern unter Zuhilfenahme der Marktkräfte radikal revolutionieren (Buterin/Hitzig/Weyl 2018).

2.3 Dritte Welle – Auftritt Stablecoins und Plattformwährungen

Der Allgemeinheit sind Kryptowährungen neben der Nutzung für kriminelle Aktivitäten oft durch die extremen Kurschwankungen bekannt geworden. Allein im ersten Halbjahr 2021 schwankte der Wert eines Bitcoins zwischen 54.000 und 24.000 Euro. Ein Ether war zu Beginn des Jahres 600 Euro wert und stieg zwischenzeitlich auf bis zu 3.500 Euro, um dann im Juni 2021 wieder auf 1.500 Euro abzufallen.⁴ Tägliche Preisschwankungen zwischen 5 und 10 Prozent sind für Kryptowährungen mit hoher Marktkapitalisierung keine Seltenheit – und bei den Hunderten mit geringer Marktkapitalisierung sind noch höhere Schwankungen eher die Regel als die Ausnahme. Diese enormen Schwankungen machen verlässliches Handeln mit Kryptowährungen und das Nutzen als Recheneinheit wie bei einer Zentralbankwährung nahezu unmöglich. Durch die Notwendigkeit des On- und Offramping⁵ sind Nutzer von Kryptowährungen immer wieder auf zentrale Intermediäre angewiesen und damit gezwungen, die ausschließlich durch Programmcodes kontrollierte Kryptosphäre zu verlassen, um Werte in stabilen Recheneinheiten aufzubewahren.

Stablecoin

Der tatsächliche Bedarf hat über die Jahre dazu geführt, dass private Akteure mit verschiedenen Ansätzen versucht haben, stabile Kryptowährungen zu schaffen. Meist orientieren sich diese am US-Dollar und sind unter dem Begriff Stablecoins bekannt. Durchgesetzt haben sich bisher zwei Ansätze, die sich vor allem durch den Grad der Zentralisierung unterscheiden. Alle Versionen von derzeit existierenden Stablecoins werden als Token auf schon bestehenden Blockchains ausgegeben. Sämtliche im Folgenden genannten Stablecoins existieren mindestens als ERC-20-Token auf der Ethereum-Blockchain.

Einerseits gibt es zahlreiche Stablecoins, die von einem zentralen Intermediär ausgegeben werden. Hier gibt der Intermediär Kryptowährungen aus und hält im Gegenzug Reserven in der ausgegebenen Referenzwährung. Dabei unterscheiden sich die oft als „Fiat-Pegged“ bezeichneten Stablecoins im Wesentlichen durch die Art der Reserve. Die Reserve des USD-Coins, der durch die Kryptobörse Coinbase in Zusammenarbeit mit Circle ausgegeben wird, ist im Verhältnis 1:1 mit US-Dollar gefüllt und unterzieht sich monatlichen unabhängigen Prüfungen (Grant Thornton LLP 2021). Bei der ältesten und derzeit größten Stablecoin Tether, die in enger Verbindung zu der Kryptobörse Bitfinex steht, sind die sich im Umlauf befindenden Tether-Coins hingegen wohl nur teilweise durch Reserven gedeckt, und dabei besteht die Reserve zum großen Teil aus kurzfristigen Zahlungsmitteläquivalenten wie Schuldverschreibungen und zu mindestens 10 Prozent reinen Kreditgarantien (De/Hochstein 2021). Neben

der Zusammensetzung der Reserve wird Tether seit Langem für die mangelnde Transparenz ihrer Reserven kritisiert und hat bis heute noch keinen unabhängigen Prüfbericht vorgelegt (Yue 2021).

Andererseits gibt es derzeit relevante Stablecoins, die nicht von einem Intermediär ausgegeben werden, nicht durch Zentralbankgeld gedeckt sind und vollständig im Kryptoökosystem verwaltet werden. Der Stablecoin DAI soll durch das Hinterlegen anderer Kryptowährungen in einem Smart Contract auf der Ethereum-Blockchain stabilisiert werden, um immer den Wert eines US-Dollars zu repräsentieren. Die Stabilität wird durch ein kompliziertes Anreizsystem ermöglicht, das bei Abweichungen zum Referenzwert Arbitragegewinne für Nutzer verspricht, die mit An- und Verkäufen die Korrelation mit dem Referenzwert wiederherstellen (Shekhar 2018). Der DAI-Token wird nicht durch einen zentralen Intermediär verwaltet, sondern ausschließlich durch Smart Contracts ausgegeben und verwaltet. Diese Smart Contracts werden wiederum von der MakerDAO verwaltet. Die MakerDAO kann mit eigenen Reserven aus Kryptowährungen bei Problemen mit dem dezentralen Arbitragesystem eingreifen und mit An- und Verkäufen in den Preismechanismus eingreifen. Die MakerDAO selbst ist dabei kein typischer Intermediär, sondern besteht ausschließlich aus einer Kombination von Smart Contract mit Anreizsystem zur Mitarbeit und kann somit als dezentrale autonome Organisation bezeichnet werden.

Plattformwährung

Neben Stablecoins, die im Wesentlichen den Handel innerhalb des Kryptoökosystems ermöglichen sollen, gab es in den letzten Jahren auch immer wieder Anstrengungen von einzelnen Plattformen, ein eigenes Zahlungsmittel für den Handel auf der Plattform auszugeben (Brunnermeier et al. 2019; Hagelüken 2020; Leibbrandt/De Teran 2021). Für besonderes Aufsehen hat die Ankündigung von Facebook gesorgt, in Zusammenarbeit mit zahlreichen global agierenden Unternehmen eine eigene Währung einzuführen (The Economist 2019a). Diese Ankündigung sorgte damals über Ländergrenzen hinweg für enormen Aufruhr bei Gesetzgebern, Regulatoren und Zentralbanken und erfährt seither starken Gegenwind (Partington 2019; The Economist 2019b; Hagelüken 2020: 150). Das Projekt hat inzwischen nicht nur den Namen geändert, sondern auch der ursprünglich für 2020 geplante Start ist ins Ungewisse verschoben (Morse 2021). Gleichzeitig wurde aus dem Konzept einer globalen und eigenständigen Währung immer mehr ein US-Dollar-Stablecoin mit Facebook als herausgebendem Intermediär (Morse 2021).

Wenn sogar derartig mächtige Unternehmen wie Facebook trotz groß angekündigter Pläne Probleme haben, ein solches Vorhaben an den Start zu bringen, scheint es äußerst fraglich, ob Plattformwährungen überhaupt eine langfristige

⁴ Daten von <https://coinmarketcap.com>

⁵ On- und Offramping wird oft als Bezeichnung für den Prozess des Wechsels von Zentralbankgeld in Kryptowährungen genutzt. Hier sind Nutzer auf große Intermediäre

als Finanzdienstleister angewiesen, die zum Beispiel Euro gegen oft hohe Gebühren in Kryptowährungen umtauschen.

Relevanz haben werden. Der Gegenwind von Nationalstaaten, die um die eigene Währungssouveränität fürchten, scheint ein enormes Hindernis; gleichzeitig ist auch der konkrete Anwendungsfall fraglich. So hat beispielsweise die Ankündigung der amerikanischen Bank JPMorgan Chase & Co, eine eigene digitale Währung mit dem Namen JPM Coin einzuführen, für viel Aufmerksamkeit gesorgt, wobei auch hier der tatsächliche Nutzen von Beobachtern angezweifelt wird (Leibbrandt/De Teran 2021: 207). Etwas anderes gilt für Gaming-Plattformen, die es Nutzern und Nutzerinnen ermöglichen, mit Kryptowährungen für Extras zu bezahlen, die erspielten Belohnungen über die Grenzen einer Spielplattform hinweg zu handeln oder gar die Infrastruktur zu schaffen, mit der Videospiele für das früher ausschließlich private Vergnügen bezahlt werden können (Rixecker 2021). Hier sind bereits erste Projekte auf dem Markt platziert worden und auf großes Interesse bei Investoren gestoßen (Haigh/Ahmed 2021). Auch wenn hier mit der Anwendung der Blockchain-Technologie weitere Fragen aufgeworfen werden, ist das Thema an sich nicht neu und beschäftigt Rechtswissenschaft und Gerichte schon seit mehreren Jahrzehnten (Lober/Weber 2005).

2.4. Bestandsaufnahme digitaler Währungen

Die ersten drei Wellen verdeutlichen die Vielfalt digitaler Währungen und deren technische Ausgereiftheit. Sie bilden

die stetige Weiterentwicklung dieser neuen Währungsform ab und ordnen diese anhand von Funktion, Organisationsform, Governance und Wertursprung ein. Mit jeder Welle kommen neue Funktionen hinzu oder verschiebt sich der Fokus ihrer Anwendung. In den ersten drei Wellen sorgen vor allem private Akteure ohne größeren staatlichen Einfluss für die Entstehung digitaler Währungen. Die meisten von ihnen basieren auf der Blockchain- bzw. der Distributed-Ledger-Technologie und können aufgrund ihrer technischen Konstruktion als Kryptowährungen bezeichnet werden.

Grundsätzlich beziehen Währungen ihren Wert aus Vertrauen. Bei den Währungen der ersten und zweiten Welle ist es das Vertrauen in die Technologie, also das kryptografische Protokoll und die Konsensmechanismen. In der dritten Welle kommt das Vertrauen in eine ausgebende Stelle hinzu, die die Währung auf der Infrastruktur der ersten und zweiten Welle ausgibt. Bei den Stablecoins der dritten Welle beruht das Vertrauen in die ausgebende Stelle dabei auf der tatsächlichen Deckung durch etablierte staatliche Währungen oder einen Währungskorb. Keine der drei Wellen ist bisher abgeschlossen; insbesondere die Währungen der zweiten und dritten Welle werden sich noch maßgeblich weiterentwickeln. Die Wochenzeitung *The Economist* hat daher in einem Kommentar das quelloffene System Ethereum mit seiner Währung Ether aufgrund dessen Anpassungsfähigkeit treffend als „Self-Improvement Machine“ bezeichnet (The Economist 18.09.2021). In jedem Fall werden die Wellen voraussichtlich noch eine Weile nebeneinander herlaufen.

Tabelle 1 | Überblick Entwicklung digitaler Währungen

	Funktion	Organisationsform	Governance	Wert
1. Welle: Bitcoin	Unklar	Öffentlich	Öffentlich	Vertrauen in Protokoll (PoW)
2. Welle: Programmierbares Geld	Tauschmittel + NEU: Smart Contract	Öffentlich	Öffentlich	Vertrauen in Protokoll (PoW; PoS)
3. Welle: Stablecoin	Wertspeicher + Recheneinheit	Privat oder dezentral	Club oder öffentlich	Vertrauen in Ausgabestelle oder Anreizstruktur und technisches Protokoll
4. Welle: Digitales Zentralbankgeld	Wertspeicher + Recheneinheit + Tauschmittel	Öffentlich	Club	Vertrauen und Einbettung in Staat

Quelle: Eigene Darstellung

Bisher ist allerdings keine digitale Währung der ersten drei Wellen in der Lage, die drei klassischen Funktionen des Geldes – Tauschmittelfunktion („Medium of Exchange“), Recheneinheit („Unit of Account“) und Wertspeicher („Store

of Value“) – vollumfänglich zu erfüllen; das schafft bis heute nur staatliches bzw. Zentralbankgeld. In der anstehenden vierten Welle beginnt genau dieser Akteur, eine digitale Form von Fiatgeld, nämlich digitales Zentralbankgeld, zu entwickeln.

3. Zurück in die Zukunft: Digitales Zentralbankgeld

Der Aufstieg privater digitaler Währungen ist nicht spurlos an den etablierten staatlichen Währungen vorübergegangen. Anfangs noch als Nischenprodukt abgetan, haben Zentralbanken und Regulierer spätestens in der zweiten Welle erkannt, welche Implikationen die digitale Transformation auch für traditionelle Währungen haben kann. Zunächst ging es für Regulierer und Behörden dabei um den möglichen Missbrauch für illegale Transaktionen wie Drogenhandel und Terrorismusfinanzierung. Längst haben Zentralbanken aber auch Potenziale und Risiken für die Geldpolitik identifiziert. Unter Fachleuten gilt es als gesichert, dass es in naher Zukunft auch digitales Zentralbankgeld (Central Bank Digital Currency, CBDC) geben wird (Rogoff 2016; Carney 2021: 117). Die meisten großen Zentralbanken sind bereits dabei, digitale Versionen ihrer Währungen zu erforschen – einige sind schon in der Entwicklungs- und Erprobungsphase. Unter den großen Volkswirtschaften ist die Volksrepublik China derzeit am weitesten mit der Entwicklung von digitalem Zentralbankgeld (Worck 2020; 2021) fortgeschritten. Auch die älteste Zentralbank der Welt, die schwedische Riksbank, befindet sich mit der e-Krona bereits in der Pilotphase. Die Europäische Zentralbank hat im Juli 2021 angekündigt, eine zweijährige Erprobungsphase für einen digitalen Euro zu beginnen. Die Bank of Japan ist bereits in der Erprobung für einen digitalen Yen, wohingegen sich die Bank of England noch in der Forschungsphase befindet. Von den vier größten Zentralbanken war die amerikanische US Federal Reserve bisher am zögerlichsten, evaluiert aber mittlerweile auch eine digitale Version des US-Dollars. Insgesamt beschäftigen sich mehr als 80 Zentralbanken, die über 90 Prozent des globalen Bruttoinlandsprodukts repräsentieren, mit der Entwicklung von digitalem Zentralbankgeld (Atlantic Council 2021). Spätestens mit dieser Entwicklung wird ein neues Währungszeitalter eingeleitet, in dem verschiedene Währungen und Währungsformen innerhalb eines Währungsgebietes wieder wesentlich stärker in Konkurrenz zueinander treten könnten. In dieser gerade erst begonnenen vierten Welle digitaler Währungen wird es eine Vielzahl an digitalen Währungsprojekten geben, von denen einige zu den ersten drei Wellen gehören, einige nach einer gewissen Zeit wieder vom Markt verschwinden werden und sich andere eher in das bisherige Finanzsystem einfügen. Letzteres gilt beispielsweise für die viel diskutierte Facebook-Währung Libra bzw. Diem, das von Experten als „ein vergleichsweise konventionelles Finanzprodukt“ eingeordnet wird (Groß et al. 2020a: 717). Insofern beinhaltet die vierte Welle einerseits die Rückkehr zu einer bestimmenden Rolle für Zentralbanken in der Geldpolitik dieser neuen Währungsform, andererseits aber auch einen vollkommen neuartigen Wettbewerb privater und staatlicher digitaler Währungsformen.

3.1. Der Einstieg der Zentralbanken

Die Zentralbanken waren über Jahrzehnte die wichtigsten Akteure der Geld- und Währungspolitik. Spätestens seit dem globalen Trend zu unabhängigen Zentralbanken und in der globalen Finanzkrise gelten sie als „The only game in town“ (El-Erian 2016). Doch gleichzeitig waren private Akteure maßgeblich für die Weiterentwicklung des Geldes und vor allem der Zahlungsformen verantwortlich (Leibrandt/De Teran 2021). Von der Entstehung von Banknoten über Schecks, Kredit- und Debitkarten bis hin zu modernen Bezahl Dienstleistungen wie PayPal, Alipay oder Klarna waren es häufig private Akteure, die entscheidend beeinflusst haben, wie Menschen Zentralbankgeld nutzen. Solange Bargeld noch das wichtigste Zahlungsmittel war, konnten die Zentralbanken diesen Entwicklungsschritten mehr oder weniger gelassen zusehen: Die Währungshüter waren weiterhin in der Lage, die Menschen im Währungsgebiet mit Zentralbankgeld in Form von Münzen und Noten zu versorgen. Das ändert sich allerdings mit dem zunehmenden Bedeutungsverlust des Bargeldes im Zahlungsverkehr und im täglichen Leben.

Digitales Zentralbankgeld würde sich dabei maßgeblich von dem Geld auf einem Onlinebankkonto oder der Zahlung mit einer EC-Karte unterscheiden. Dafür ist es zunächst wichtig, zu verstehen, dass das Geld auf einem Girokonto anderes Geld ist als Bargeld. Denn die Münze oder Banknote stellt einen Anspruch gegenüber der Zentralbank dar und gilt daher als risikofreies Asset („the ultimate risk-free asset“), wohingegen das Bankguthaben nur einen Anspruch gegenüber der kontoführenden Bank darstellt (Carney 2021: 118). Dieser Anspruch ist in der Europäischen Union gesetzlich derzeit auch nur bis zu 100.000 Euro pro Person und Geldinstitut über die gesetzliche Einlagensicherung garantiert. Die Interaktion von Menschen mit der Zentralbank ist bisher allein indirekt und wird durch das Finanzsystem als Intermediär gestaltet. Zwar geben Zentralbanken Münzen und Scheine an Geschäftsbanken aus, verwalten das Zentralbankguthaben dieser Geschäftsbanken und versuchen, durch ihre Geldpolitik den Wert des Geldes stabil zu halten; eigentlich sind aber private Banken maßgeblich für die (Giral-)Geldschöpfung zuständig, indem sie etwa durch Kredite neues Geld für Nichtfinanzakteure (zum Beispiel Unternehmen, Konsumenten und Konsumentinnen) schaffen. Das ist unproblematisch, soweit Menschen im Zweifel mit dem Bargeld, das der privaten Bank von der Zentralbank zur Verfügung gestellt wird, bezahlen können. Doch je mehr sich der Zahlungsverkehr in den digitalen Raum bewegt, desto mehr schwindet die Möglichkeit von Zentralbanken, im Krisenfall ein belastbares Zahlungsmittel zur Verfügung zu stellen. Hier kommt

die Entwicklung von digitalem Zentralbankgeld ins Spiel: Dieses würde dabei als Äquivalent zum klassischen Zentralbankgeld in Form von Münzen und Scheinen in digitaler Form einen direkten Anspruch gegenüber der Zentralbank darstellen sowie die Finalität einer digitalen Zahlung gewährleisten (Auer/Böhme 2021: 5; BIS 2021: 70). Die Menschen haben dadurch auch im Falle einer Krise Zugang zu einem flächendeckend akzeptierten Zahlungsmittel. Daraus ergibt sich nicht nur die Unterscheidung zu etabliertem „elektronischem Geld“, sondern auch zu den digitalen Währungen der anderen Welle.

Unabhängig von der gewählten Technologie erhält das digitale Zentralbankgeld seinen Wert aus dem Vertrauen in den ausgebenden Staat bzw. Staatenverbund sowie die ausgebende Institution und nicht durch die Deckung eines Währungskorbs, eine besondere Datenbanktechnologie oder kryptografische Computerprotokolle. Im Gegensatz zu privat emittierten digitalen Währungen hat digitales Zentralbankgeld dabei mit der Zentralbank eine zentrale Instanz, nutzt gleichzeitig aber ähnliche Technologien wie privat emittierte digitale Währungen. Inwieweit für Zahlungen dabei Intermediäre wie Geschäftsbanken weiterhin benötigt werden, hängt hingegen maßgeblich von der technischen Ausgestaltung ab. Es gilt, dass nur eine digitale Währung, bei der der Wert von der Zentralbank garantiert wird, auch wirklich digitales Zentralbankgeld ist (Auer/Böhme 2020: 92). Zudem ist digitales Zentralbankgeld vom Grundsatz her so angelegt, dass es alle drei Funktionen einer Währung als Tauschmittel, Recheneinheit und Wertspeicher erfüllen soll. Inwieweit es diese Funktionen erfüllen kann, hängt von Entscheidungen über die technische und organisatorische Ausgestaltung ab.

Die Herausgabe eines digitalen Zentralbankgeldes wäre eine transformative Veränderung für das bisherige Geldsystem. Denn je nach Ausgestaltung würden Zentralbanken damit innerhalb ihres Währungsraumes in den Wettbewerb mit Zahlungsmitteln, Finanzprodukten und Zahlungsanbietern eintreten. Das bisherige zweigliedrige Geldsystem mit Zentralbanken und Finanzinstitutionen als Intermediäre auf der einen Seite und Nichtfinanzakteure auf der anderen Seite könnte dadurch ins Wanken geraten. Die Motivation für den nicht unumstrittenen Einstieg von Zentralbanken in die Welt der digitalen Währungen ist vielfältig (Bofinger/Haas 2020; Kiff et al. 2020). Allen voran verweisen Zentralbanken auf den bereits beschriebenen Bedeutungsverlust des Bargeldes. In Schweden war der massive Rückgang der Bargeldnutzung auf zuletzt unter 20 Prozent einer der Haupttreiber für die Entwicklung der e-Krona. Der Bargeldrückgang schränkt die Handlungsmöglichkeiten von Zentralbanken im wirtschaftlichen Krisenfall ein und macht die Bürger noch abhängiger von privaten Intermediären. Mit der Schaffung eines digitalen Zentralbankgeldes soll für diesen Fall bereits frühzeitig vorgesorgt werden. In dieser Lesart würde die Einführung von CBDC zu einem stabilen und resilienten Zahlungs- und

Finanzsystem beitragen und die Verfügbarkeit und Verwendung von Zentralbankgeld zu jeder Zeit sicherstellen (Groß et al. 2020b: 547). Eine damit verbundene und insbesondere für Entwicklungsländer relevante Motivation ist zudem die Förderung von finanzieller Inklusion, indem auch Menschen ohne Bankkonto Zugang zu digitalen Zahlungs- und Geldspeichermöglichkeiten sowie zahlreichen weiteren Finanzdienstleistungen erhalten (Allen et al. 2020; Leibbrandt/De Teran 2021: 212). Weitere Gründe sind die Entstehung von zusätzlichen Kanälen für die Übertragung geldpolitischer Impulse, das Vorantreiben der Digitalisierung des jeweiligen Wirtschaftsraumes, die Bekämpfung von Geldfälschung und illegalen Transaktionen sowie das Entgegenwirken der möglichen Gefahr, dass digitale Zahlungsmittel privater Anbieter oder ausländischer Zentralbanken eine dominante Stellung im jeweiligen Währungsgebiet aufbauen können, oder die Stärkung der internationalen Rolle der eigenen Währung (Bofinger/Haas 2020; Allen et al. 2020; ECB 2020). Inwieweit diese oder einzelne Ziele erreicht werden können, hängt im Wesentlichen von der Ausgestaltung digitalen Zentralbankgeldes ab.

3.2 Designoptionen für digitales Zentralbankgeld

Die bisherigen drei Wellen veranschaulichen bereits die Vielfalt digitaler Währungen – entsprechend gibt es verschiedene Möglichkeiten, digitales Zentralbankgeld auszugestalten. Die bisher diskutierten Optionen für digitales Zentralbankgeld unterscheiden sich maßgeblich durch den Zugang zu CBDC, den technischen Aufbau, die technische Infrastruktur und die Architektur, die dem digitalen Zentralbankgeld zugrunde liegt (Allen et al. 2020; Auer/Böhme 2020; 2021). Diese Unterschiede korrespondieren mit den Anforderungen an das neue digitale Zentralbankgeld und haben Implikationen für die Attraktivität als ergänzendes oder alternatives Zahlungsmittel.

Zugang zu digitalem Zentralbankgeld: Wholesale oder Retail

Die wohl entscheidendste Frage für Banken, Konsumenten und Konsumentinnen betrifft den Zugang zum neuen digitalen Zentralbankgeld. Bisher haben Letztgenannte nur über Intermediäre Zugang zu Bar- oder Girogeld (Auer/Böhme 2021). Für das neu zu entwickelnde digitale Zentralbankgeld stehen die Zentralbanken vor der Frage, ob sie den Menschen direkten Zugang zur neuen Währung ermöglichen oder weiterhin nur indirekt über Intermediäre wie Geschäftsbanken. Dabei wird zwischen einer Retail-CBDC (direkter Zugang) und einer Wholesale-CBDC (indirekter Zugang) über Intermediäre unterschieden (Allen et al. 2020; Groß et al. 2020b: 545; Prasad 2021: 12). Eine Retail-CBDC käme dabei einer Art Digitalisierung des Bargeldes gleich, wobei die Menschen entweder über ein Konto bei der Zentralbank direkten Zu-

gang haben oder die Einheiten dieses digitalen Zentralbankgeldes ohne Intermediär eigenständig halten und einsetzen können (Groß et al. 2020b: 546). Bei der Wholesale-CBDC würde sich hingegen für Nichtfinanzakteure zunächst wenig ändern: Für den Zugang zu Wholesale-CBDC wären sie weiter auf spezielle Intermediäre wie Geschäftsbanken oder andere Finanzinstitutionen angewiesen, und diese Währung würde dann vor allem im Interbankenmarkt und nicht als allgemeines Zahlungsmittel verwendet. Dabei könnten Finanzinstitutionen mit Zugang zu Wholesale-CBDC Konten anbieten, die zu 100 Prozent mit digitalem Zentralbankgeld abgesichert und somit ähnlich risikoarm sind wie traditionelles Zentralbankgeld und entsprechend als „Safe Asset“ fungieren können (Bofinger/Haas 2020: 3). Die Einführung von Wholesale-CBDC hätte folglich geringe Auswirkungen auf das bisherige Zahlungssystem. Das zweigliedrige Geldsystem, in dem Finanzinstitutionen als Intermediäre zwischen Zentralbankgeld und Nichtfinanzakteure agieren, würde unangetastet bleiben. Wesentlich mehr Potenzial für weitreichende Veränderungen bietet die Einführung einer Retail-CBDC, weil dort theoretisch Nichtfinanzakteure nicht mehr auf die Banken als Intermediäre angewiesen wären, um Zentralbankgeld zu halten und einzusetzen. Die Auswirkungen auf das zweigliedrige Finanzsystem hängen bei einem Retail-CBDC dann maßgeblich von der technischen Ausgestaltung ab, und auch hybride Modelle sind vorstellbar.

Technischer Aufbau: Account- oder Token-based

Neben den beiden Zugangsformen stehen Zentralbanken vor der Entscheidung, welche Nutzungsformen der technische Aufbau ermöglichen soll. Dabei gibt es für Retail-CBDC zwei Optionen: Zum einen können Retail-CBDC als direkte Tausch- bzw. Zahlungsmittel zwischen Nutzern, also für Peer-to-Peer-Zahlungen (P2P), äquivalent zum Bargeld gestaltet werden. Zum anderen könnte der Austausch über von der Zentralbank verwaltete Konten verlaufen (Bofinger/Haas 2020: 11; Auer/Böhme 2020). Bei digitalem Zentralbankgeld, das für den P2P-Einsatz bestimmt ist, spricht man von wertbasierter oder token-based CBDC (Bofinger/Haas 2020: 11; Auer/Böhme 2020). Diese Token-based CBDC kommt Bargeld am nächsten, da die einzelnen CBDC-Einheiten (Token) für Bezahlung oder als Tauschmittel eingesetzt werden. Analog zu Münzen oder Banknoten haben diese Token einen bestimmten Wert, der mit dem Token, einer Art digitaler Banknote, von einer Brieftasche (Wallet) in eine andere übertragen wird. Token-based CBDC können grundsätzlich auch offline eingesetzt werden, erfordern keine Identifikation und können durch den Einsatz von Kryptografie nur einmal ausgegeben werden. Die Alternative dazu wäre eine kontenbasierte oder Account-based CBDC, bei der die Zentralbank selbst Konten führt und Intermediäre (Wholesale CBDC) oder Personen (Retail CBDC), ähnlich wie bei Banküberweisungen, Guthaben übertragen oder das Konto als Wertauf-

bewahrungsspeicher nutzen können (Bofinger/Haas 2020: 11). Abhängig von dem Zugangsmodell (Wholesale oder Retail) können dabei Kontoinhaber Zentralbankgeld direkt oder indirekt überweisen, wobei im Gegensatz zu normalen Banküberweisungen hier anstelle von Giralgeld Zentralbankgeld übertragen wird. Zudem kann eine Account-based CBDC als „Safe Asset“ genutzt werden, wobei digitales Zentralbankgeld als digitaler Wertspeicher analog zum sprichwörtlichen „Geld unter der Matratze“ fungiert (Bofinger/Haas 2020: 11). Ähnlich wie beim Geld unter der Matratze besteht insbesondere in der Retail-Variante das Problem, dass dieses Geld nicht für Wertschöpfung genutzt werden kann, wenn es auf dem Konto der Zentralbank liegt. Daher sollte die Zentralbank bei einer Variante, die Retail und Account-based CBDC kombiniert, entscheiden, inwieweit das digitale Zentralbankgeld verzinst wird und ob es Obergrenzen für die Menge an CBDC gibt, die Nutzerinnen auf dem Konto der Zentralbank halten können. Denn wenn das digitale Zentralbankgeld ähnlich hohe Zinsen wie auf dem Bankkonto abwirft, entsteht ein sogenannter Crowding-out-Effekt, bei dem das staatliche CBDC-Konto die Nachfrage nach privaten Anlageformen verdrängen könnte, womit dem Markt wichtiges Investitionskapital entzogen würde, wenn sich nicht schnell genug lukrative neue Anlageformen durchsetzen (Agur et al. 2019: 3; Bofinger/Haas 2020: 12). Alternativ bestünde auch die Möglichkeit der Kapitalflucht in digitales Zentralbankgeld und damit eine größere Wahrscheinlichkeit eines Bankensturms („Bank Run“) im Falle einer Finanzkrise (Bindseil 2019: 318).

Es gibt verschiedene Vorschläge, um dem entgegenzuwirken. Der Generaldirektor für Marktinfrastrukturen und Zahlungsverkehr im Direktorium der EZB, Ulrich Bindseil, schlägt beispielsweise in einem Paper ein zweistufiges Modell vor, bei dem in einer ersten Stufe CBDC-Guthaben bis zu einem Wert von 3.000 Euro dieselben Zinsen wie konventionelles Zentralbankgeld erhalten und Guthaben, die diesen Wert überschreiten, mit 2 Prozent niedrigeren Zinsen auskommen müssen (Bindseil 2020; Bofinger/Haas 2020: 23). In diesem Vorschlag gilt der Zero Lower Bound, also 0 Prozent, als Untergrenze für Zinsen (Bindseil 2020: 25). Allerdings bestünde theoretisch in einem Niedrigzinsumfeld auch die Möglichkeit negativer Zinsen ab einer bestimmten Guthabenhöhe, sodass eine Gebühr dafür erhoben wird, wenn digitales Zentralbankgeld als digitales Äquivalent zum Geld unter der Matratze genutzt wird. Die Entscheidung zwischen Token- und Account-based hat darüber hinaus auch Implikationen für die Anonymität von Transaktionen: Nur bei einer Token-based CBDC wären anonyme Zahlungen analog zur Bezahlung mit Bargeld möglich. Bei kontenbasiertem digitalem Zentralbankgeld wäre immer eine Identifikation notwendig, um Transaktionen zu validieren. Die Transaktion wird nur dann ausgeführt, wenn sich der Kontoinhaber identifiziert und der zu überweisende Betrag mit einem entsprechenden CBDC-Guthaben gedeckt ist. Bei wertbasierten (Token-based) CBDC wird die Transaktion grundsätzlich über den einzelnen Token verifiziert, was nur eingeschränkte Rückschlüsse auf

die beteiligten Personen erlaubt. Diese können dabei, abhängig von der technischen Ausgestaltung, meist nur sehr schwer zum Sender oder Dritten zurückverfolgt werden. Die Anonymität der Zahlung ist dann vergleichbar mit Bargeld. Allerdings sind hier auch hybride Modelle möglich.

*Technische Infrastruktur:
Distributed-Ledger oder konventionell*

Das Kapitel über die ersten drei Wellen digitaler Währungen hat bereits die Blockchain als eine Form der Distributed-Ledger-Technologie (DLT), auf der dezentrale Währungen aufbauen, eingeführt. Die DLT beschreibt vereinfacht eine dezentral verteilte Buchführung, wobei der Ledger vergleichbar ist mit dem (Kassen-)Buch, in dem etwa eine Bank alle Überweisungen notiert. In einem System mit dezentral verteilter Buchführung verfügen verschiedene Knotenpunkte über den gesamten Ledger und verifizieren die Transaktionen, ohne notwendigerweise die Personen zu kennen, mit denen sie gemeinsam das Kassenbuch verwalten. Wenngleich es sich bei digitalem Zentralbankgeld qua Definition nicht um ein dezentrales Projekt wie bei den meisten Kryptowährungen handelt, kann eine CBDC auch auf einer dezentralen Distributed-Ledger-Technologie aufbauen. Eine wesentliche Entscheidung über die technische Infrastruktur für digitales Zentralbankgeld ist die Wahl zwischen einer konventionellen und einer DLT-basierten Infrastruktur (Auer/Böhme 2020: 91). Zunächst erfordert jede Form digitalen Geldes eine dezentrale Buchführung, weil die Informationen über Transaktionen und Guthaben auf verschiedenen Geräten verfügbar und zumindest auch kleine Transaktionen auch ohne Internetverbindung möglich sein müssen. Der größte Unterschied betrifft die Frage, wer diese Buchführung verwaltet und neue Einträge erstellen darf, also wer Transaktionen propagiert, validiert und in den Datenbanken aktualisiert, um das Problem des doppelten Ausgebens („Double Spending“) zu umgehen (Auer/Böhme 2021).

Im konventionellen bzw. zentralistischen Modell gibt es zwar dezentrale Datenbanken, auf denen Transaktionen und Guthaben gespeichert werden, aber nur ein Knotenpunkt ist berechtigt, die Datenbanken zu beschreiben, also zu aktualisieren, um Transaktionen hinzuzufügen. Dafür bedarf es einer zentralen Instanz, die die Validität einer Transaktion auf Basis einer Identifikation des Kontoinhabers (Account-based CBDC) oder der Gültigkeit des einzelnen Tokens bestätigen kann (Token-based CBDC). In der kontobasierten Variante

werden Guthaben und Transaktionen über von der Zentralbank verwaltete Konten ähnlich dem Bankguthaben oder der klassischen Überweisung in einer Datenbank nachgehalten. Der Unterschied zum bisherigen System wäre vor allem, dass auch Privatpersonen Konten bei der Zentralbank mit digitalem Zentralbankgeld eröffnen könnten (Dyson/Hodgson 2016: 4). Für die Token-based CBDC unterhält die Zentralbank eine technische Infrastruktur, mit der bei der Verfügung über Token deren aktueller Wert mit einer zentralen Datenbank abgeglichen werden kann. Diese Variante würde auf bereits bestehenden, konventionellen Zahlungssystem wie zum Beispiel dem TARGET Instant Payment System (TIPS) der EZB basieren. Dieses System ist Teil der Marktinfrastruktur der EZB und soll große Mengen an Zahlungen direkt abwickeln. Für einen digitalen Euro wird TIPS als mögliche Infrastruktur und Alternative zur DLT von der EZB evaluiert.

Bei einer dezentralen Infrastruktur basierend auf der Distributed-Ledger-Technologie würden die Grundregeln für die Nutzung der Währung, Transaktionen und Daten zwar zentral festgelegt, aber die Transaktionsdatenbank selbst wird über ein dezentrales Netzwerk aktualisiert. In diesem Netzwerk gibt es anders als in der zentralen Variante keinen zentralen, obersten Netzwerkknoten („top node“), sondern viele Netzwerkknoten, die über einen Algorithmus – oder genauer: Konsensmechanismus – Transaktionen validieren (Auer/Böhme 2020: 92). Das wertbasierte digitale Zentralbankgeld (Token-based CBDC) mit DLT-Technologie baut dabei auf kryptografischen Verfahren ähnlich zu den Kryptowährungen der ersten Wellen auf. Die CBDC-Token werden mithilfe asymmetrischer Verschlüsselung signiert, um die Verfügungsgewalt über den zu übertragenen Token zu bestätigen. Dabei gibt es wie bei den digitalen Währungen der vorherigen Wellen verschiedene Formen, über die ein Konsens zwischen den einzelnen Netzwerkknoten erreicht werden kann. Diese Netzwerkknoten können bei CBDC auch vorher designierte Autoritäten wie einzelne Zentralbankzweigstellen oder in einer hybriden Form private Finanzinstitutionen sein. Auch für kontobasierte CBDC kann die Zentralbank ein DLT-basiertes Netzwerk und verteilte Validierungsinstanzen nutzen, wobei die Konten bei der Zentralbank dezentral verwaltet und Transaktionen dadurch verifiziert wären. Bei einer DLT-basierten CBDC kann das Netzwerk, auf dem die CBDC-Token liegen, auch eine bereits existierende Blockchain wie zum Beispiel Ethereum sein. In diesem Fall erfolgt die Verifizierung der Transaktionen durch das bestehende Blockchain-Netzwerk, und die Zentralbank würde nur die Regeln zur Nutzung des CBDC sowie die Geldmenge zentral steuern.

Tabelle 2 | Verschiedene Formen digitalen Zentralbankgeldes

	Zentrale Validierungsinstanz	Distributed-Ledger-Netzwerk
Token-based CBDC	Zentrale CBDC-Token	DLT-basierte CBDC-Token
Account-based CBDC	Zentrale CBDC-Konten	DLT-basierte CBDC-Konten

Quelle: Eigene Darstellung basierend auf Bofinger/Haas 2020; Lee 2021; Auer/Böhme 2020; 2021

In allen vier Fällen muss die Zentralbank den Wert der Währung garantieren, damit es sich tatsächlich um digitales Zentralbankgeld handelt. Bei einer CBDC, für deren Transaktion eine Identifikation notwendig ist, handelt es sich um zentralisierte Zentralbankkonten (Centralised Account-Based CBDC) oder bei dezentraler Validierung um DLT-basierte Konten (Auer/Böhme 2020: 92). Keine Identifikation ist dagegen bei Zahlungen bei Token-based CBDC mit dezentralem Netzwerk oder zentralisierter Datenbank notwendig; hier ist eine (wie auch immer geartete) technische Legitimierung ausreichend, die nicht mit einer bestimmten Identität verknüpft sein muss. Um eine möglichst bargeldahnliche Form für digitales Zentralbankgeld zu erreichen, erscheint die Nutzung eines dezentralen Netzwerkes und Token-basierter CBDC am vielversprechendsten. Hybride Formen können dabei auch DLT-basierte Token-based CBDC mit zentral oder dezentral verwalteten CBDC-Konten verbinden. Von den bisher in der Pilotphase befindlichen CBDC sind die e-Krona in Schweden und die digitale Version des südkoreanischen Wons als DLT-basierte CBDC geplant, die auf schon bestehenden DLT-Netzwerken aufbauen. Die Europäische Zentralbank möchte in der Erprobungsphase herausfinden, welche Infrastruktur oder Kombinationen sie für einen möglichen digitalen Euro einsetzt. Ähnliches gilt für andere Zentralbanken wie die Federal Reserve, die Bank of Japan oder die Bank of England. Eine Entscheidung über die verwendete technische Infrastruktur hängt dabei von der gewünschten Funktion, aber auch von der Architektur, in die digitales Zentralbankgeld eingebettet sein soll, ab.

Architektur

Zentralbanken stellt die Einführung von digitalem Zentralbankgeld vor ganz neue Herausforderungen, denn in Verbindung mit den oben genannten Entscheidungen müssen sie eine völlig neue Infrastruktur bereitstellen oder auf einer existierenden, etwa einer bestehenden Blockchain der zweiten Welle, aufbauen. Bisher basiert das zweigliedrige Geldsystem – bestehend aus Zentral- und Geschäftsbanken – maß auf der Finanzinfrastruktur von Geschäftsbanken und anderen Finanzinstitutionen (Groß et al. 2020b: 545). Diese sollen geldpolitische Impulse übermitteln und fungieren als Intermediäre zwischen Zentralbanken und „Realwirtschaft“. Sie sind sozusagen die Infrastruktur, mit der die Zentralbank arbeitet, und für Nichtfinanzakteure der Zugang zum System (Hilgers 2021: 187). Die Bedeutung von Intermediären würde bei einer Entscheidung für Wholesale-CBDC in der bestehenden Form erhalten bleiben und könnte durch das Angebot von synthetischen CBDC, also mit Wholesale-CBDC gedeckter digitaler Währung, sogar erweitert werden. Für Privatpersonen und Unternehmen gäbe es in dieser Form keinen Zugang zu digitalem Zentralbankgeld, weil die für sie verfügbare Form der digitalen Währung keinen direkten Anspruch gegenüber der Zentralbank darstellt. Anders sieht es dagegen bei Retail-CBDC aus. Auer und Böhme (2021) unterscheiden in einer Analyse für die BIS zwischen der einstufigen (Single-Tier) und der zweistu-

figen (Two-Tier) Retail-CBDC. In der einstufigen oder direkten Retail-CBDC wird das gesamte Zahlungssystem von der Zentralbank unterhalten, und Zahlungen werden durch eine bereitgestellte oder designierte DLT-basierte oder konventionelle Infrastruktur abgewickelt. Intermediäre wie Geschäftsbanken wären in der direkten Variante nicht zwingend notwendig, könnten aber von Privatpersonen oder Unternehmen hinzugezogen werden, um etwa den Zugang und die Verwaltung ihrer Wallets in Form eines klassischen Kontos zu erleichtern. Bei der zweistufigen oder indirekten CBDC würde wie bisher von der Zentralbank nur die Infrastruktur für Intermediäre bereitgestellt und Zahlungen abgewickelt. Die Intermediäre wiederum wären für die Bereitstellung von „Konten“ und für die Zahlungsabwicklung zuständig; sie wären für Privatpersonen und Unternehmen weiterhin der Zugangspunkt zum Finanzsystem. Allerdings wäre das Geld, das sie dort erhalten oder halten, analog zu Bargeld ein direkter Anspruch gegenüber der Zentralbank.

Andere Aspekte der Architektur betreffen das Identitäts- und die Legitimationsprüfung im Finanzsystem, bekannt als „Know your Customer“ („Kenne deinen Kunden“), kurz KYC-Prinzip (Allen et al. 2020: 25). Um illegale Transaktionen, Geldwäsche und Terrorismusfinanzierung zu verhindern, sind Finanzintermediäre meist verpflichtet, die Identität ihrer Kunden zu überprüfen. Gerade digitale Währungen stehen dabei häufig im Verdacht, für illegale Transaktionen missbraucht zu werden, und auch digitales Zentralbankgeld erfordert Mechanismen, die dieses Prinzip zumindest zu einem gewissen Grad sicherstellen. Gleichzeitig wird an digitalem Zentralbankgeld aber auch der Anspruch gestellt, annähernd die Anonymität von Bargeld zu gewährleisten. Im Kontext der technischen Infrastruktur lassen sich sowohl bei ein- als auch bei zweistufigen CBDC Intermediäre einspannen, die das KYC-Prinzip sicherstellen. Über die technische Ausgestaltung sind dabei auch Modelle möglich, in denen täglich ein bestimmter Betrag anonym verwendet werden kann oder bestimmte Transaktionen nur über ein verifiziertes Konto durchgeführt werden können.

Bei allen Fragen korrespondieren Entscheidungen über die technische Infrastruktur, die Architektur, den technischen Aufbau und die Zugangsformen mit den konkreten Funktionsanforderungen sowie legalen und politischen Vorgaben. Nur wenige Zentralbanken, die sich mit der Entwicklung von digitalem Zentralbankgeld beschäftigen, haben bisher klare Entscheidungen darüber getroffen. Die Europäische Zentralbank lässt offen, welche Technologie beim digitalen Euro zum Einsatz kommen soll, und evaluiert Fragen des Zugangs, der Architektur und des Aufbaus in der Erprobungsphase. Auch die schwedische Riksbank hält sich die Entscheidung über die Technologie für die e-Krona noch offen, setzt aber für die Pilotphase auf eine Retail-CBDC mit hybrider Architektur und DLT. Die südkoreanische Zentralbank hat schon entschieden und nutzt für ihr Pilotprojekt eine Retail-CBDC mit hybrider Architektur, basierend auf der Ethereum-Blockchain. Von den Zentralbanken, die bereits gelauncht haben oder deren Launch einer CBDC bevorsteht, haben sich die

Bahamas mit dem Sand-Dollar, der im Oktober 2020 an den Start gegangen ist, für eine Retail-CBDC mit hybrider Architektur entschieden (Prasad 2021: 4). Insgesamt sind die Zentralbanken, die eine Wholesale-CBDC planen, deutlich in der Minderheit. So stehen 44 Zentralbanken, die sich für eine Retail-CBDC entschieden haben und zwanzig, die eine hybride Variante verfolgen, nur fünf mit Präferenz für Wholesale-CBDC gegenüber (Atlantic Council 2021). Die Schweizer Nationalbank hat zum Beispiel in einer Machbarkeitsstudie die Ausgabe einer Wholesale-CBDC basierend auf einer DLT-Plattform erforscht und sieht CBDC in erster Linie als Mittel für Finanzintermediäre (SNB et al. 2020). Ähnlich wie bei den ersten drei Wellen ist auch bei digitalem Zentralbankgeld noch viel Veränderung zu erwarten, und die Entwicklungen in den Wellen werden sich gegenseitig beeinflussen. Insbesondere die Frage der Technologie ist bei einer Mehrheit der digitalen Zentralbankgeldprojekte noch unentschieden. Es ist zu erwarten, dass die südkoreanische Zentralbank nicht die einzige Zentralbank bleibt, die auf Systeme der anderen Wellen setzt.

3.3 Kritik und die weitere Entwicklung von digitalem Zentralbankgeld

Die Entstehung von digitalem Zentralbankgeld wird von verschiedenen Seiten auch kritisch gesehen, und inwieweit es von der breiten Bevölkerung akzeptiert wird, hängt maßgeblich von der konkreten Ausgestaltung ab (Bofinger/Haas 2020; Cecchetti/Schoenholtz 2021). Während in liberalen Demokratien ökonomische Fragen wie etwa der Verdrängung des privaten Finanzsektors und daraus resultierende Allokationsprobleme im Vordergrund stehen, deutet viel darauf hin, dass digitales Zentralbankgeld in autoritären, staatskapitalistischen Systemen auch für Überwachung und die Steuerung der Gesellschaft eingesetzt werden wird. Insbesondere bei einem der Vorreiter im Bereich des digitalen Zentralbankgeldes, der Volksrepublik China mit dem digitalen Renminbi (e-RMB), gibt es begründete Hinweise darauf, dass der e-RMB einen weiteren Baustein im digitalen Überwachungsstaat darstellt und im Systemwettbewerb mit liberalen Demokratien den finanziellen Einfluss des kommunistischen Einparteiensstaates ausbauen soll (Work 2021). Die Durchgriffsrechte und die Überwachung des Staates bei privaten Transaktionen mit digitalem Zentralbankgeld sind vor allem in autoritären Staaten ein berechtigter Einwand ge-

gen CBDC. Die wohl größte Befürchtung in der Bevölkerung ist, dass das digitale Zentralbankgeld zu einer Abschaffung des Bargeldes führen könnte. Dabei betonen Zentralbanken wie die EZB regelmäßig, dass es sich nur um eine Ergänzung zum Bargeld handle und eine Vorsichtsmaßnahme für dessen weiteren Bedeutungsverlust darstelle. Eine damit verbundene Kritik betrifft die Möglichkeit, negative Zinsen bei digitalem Zentralbankgeld einzuführen. Im bisherigen System wird davon ausgegangen, dass Menschen auch auf Bargeld ausweichen, wenn die Zinsen bei Banken so negativ sind, dass es sich eher lohnt, Geld unter der Matratze zu lagern. Allerdings ließe sich auch diese Option ausschließen, indem CBDC von Zinsen ausgenommen oder eine Nullzinsgrenze eingeführt wird. Schwerer wiegt die Kritik, dass digitales Zentralbankgeld zu einer Verdrängung von privaten Geschäftsmodellen von Geschäftsbanken, aber auch Zahlungsdienstleistern führen könnte, was bedeuten würde, dass der Staat effizientere Allokationsformen verdrängen könnte. Wie den anderen genannten Vorbehalten gegenüber digitalem Zentralbankgeld ließe sich auch diesen Risiken durch entsprechende Entscheidungen bei der Ausgestaltung entgegenwirken.

Die (bisherigen) vier Wellen digitaler Währungen sind nicht abgeschlossen, die vierte beginnt gerade erst, und sie werden auch in Zukunft nebeneinander herlaufen. Es ist sehr wahrscheinlich, dass Menschen künftig in ihren digitalen Geldbörsen verschiedene digitale Währungen halten und diese für verschiedene Zwecke nutzen. Während die Koexistenz verschiedener Währungen zunächst nichts Neues ist, wird es durch die technischen Möglichkeiten wahrscheinlicher, dass breite Teile der Bevölkerung davon tatsächlich Gebrauch machen. Dabei ist es wichtig, dass digitales Zentralbankgeld genauso wie bisher Bargeld als eine Option zur Verfügung steht, ohne andere zu verdrängen. Die BIZ hat in einem Bericht von sieben Zentralbanken drei zentrale Prinzipien aufgestellt, an denen sich die Entwicklung von CBDC orientieren soll: Erstens sollte eine Zentralbank durch die Herausgabe von CBDC das Ziel von monetärer und finanzieller Stabilität nicht kompromittieren. Zweitens sollte digitales Zentralbankgeld bisherige Zahlungsmittel nur ergänzen, nicht ersetzen. Drittens sollte die Einführung von CBDC technische Innovation und ökonomische Effizienz fördern (Bank of Canada et al. 2020). Wie diese und weitere Prinzipien umgesetzt werden können, wird im nächsten Kapitel zur digitalen Währungspolitik diskutiert.

Grafik 6 | Timeline digitaler Währungen



4. Digitale Währungspolitik: Die vierte Welle digitaler Währungen gestalten

Vieles deutet darauf hin, dass diese vier Wellen digitaler Währungen aufeinandertreffen und ein Wettbewerb zwischen privaten und staatlichen Währungen entsteht. Damit sind zahlreiche Fragen für die Zukunft des globalen Finanzsystems verbunden. Kernaufgabe für staatliche Akteure wie Zentralbanken ist dabei die Schaffung belastbarer Rahmenbedingungen für technische Innovation und ökonomische Dynamik auf der einen Seite sowie die Sicherstellung eines Geld- und Finanzsystems auf der anderen Seite, das monetäre und finanzielle Stabilität genauso gewährleistet wie finanzielle Inklusion, Transparenz und Vertrauen in das System (Carney 2021: 109). Das Finanzsystem der Zukunft wird dabei mindestens genauso von Vielfalt geprägt wie das bisherige, allerdings schaffen neue Formen des Computing ganz neue Potenziale. Eine smarte digitale Währungspolitik kann dazu beitragen, dass weltweit mehr Menschen Zugang zum Finanzsystem erhalten und von den Vorteilen stabiler Währungen profitieren.

4.1. Ein Rechtsrahmen für den digitalen Währungswettbewerb

Die Kryptowährungen der ersten Welle sind weitestgehend ohne staatliche Eingriffe oder Unterstützung entstanden und entwickeln sich seither in enormer Geschwindigkeit weiter, ohne auf Unterstützung des Gesetzgebers angewiesen zu sein. Gleichzeitig gibt es aber bereits zahlreiche Regulierungsansätze für digitale Währungen (Rogoff 2016: 210). Aus der Krypto-Community werden selten Rufe nach staatlichen Unterstützungsmaßnahmen oder besonderen Regelungen vernommen – ein Kernbestandteil der dahinterstehenden Ideologie ist gerade die Ablehnung alter Strukturen. Meist fordern Vertreter nur Verlässlichkeit und Vorhersehbarkeit bei der Anwendung bestehenden Rechts oder die Berücksichtigung der Besonderheiten der Technologie im bestehenden Recht. Auch die Autoren dieses Papiers sehen keinen großen Handlungsbedarf für Gesetzgeber, wenn es um den währungspolitischen Umgang mit privaten Kryptowährungen geht. In Deutschland gilt der Euro seit seiner Einführung als einziges gesetzliches Zahlungsmittel und ist damit von allen öffentlichen und privaten Stellen als Zahlungsmittel zu akzeptieren („Annahmezwang“) (Omlor, 2018: 86). Die Einordnung des Euros als einziges gesetzliches Zahlungsmittel steht der Weiterentwicklung von privaten Kryptowährungen und einem Währungswettbewerb aber per se nicht entscheidend entgegen. Anders sieht es mit der aus der Zeit gefallenen Auffassung des Bundesgerichtshofs aus, dass Geldschulden immer auch in bar bezahlt werden können (BGH NJW 537: 539). Schon vor der Entstehung von Kryptowährungen war es Vertragsparteien gestattet, sich darauf zu einigen, ihre Geldschulden in ausländischen

Währungen oder gar physischen Produkten auszugleichen. Es steht Unternehmen und Bürgerinnen somit frei, andere Zahlungsmittel als den Euro für ihr Handeln zu nutzen, und zahlreiche Onlineshops akzeptieren schon seit längerer Zeit Zahlungen in Kryptowährungen. Zwar führt die Bezahlung mit Kryptowährungen zur Umwandlung eines Kaufvertrags in einen Tauschvertrag; dies bleibt aber zum Beispiel für die beteiligten Verbraucher weitestgehend unbedeutend, da die Regeln des Kaufrechts über § 480 BGB auch auf Tauschverträge anzuwenden sind (Omlor 2019: 329). Das einheitliche gesetzliche Zahlungsmittel dient als Rückgriff für den Streitfall und erspart Vertragsparteien eine ausdrückliche Vereinbarung über die Art und Weise der Befriedigung von Geldschulden. Das gesetzliche Zahlungsmittel hat insofern mindestens aus Effizienzgründen seine Berechtigung – ob diese aber auch langfristig bei der absehbaren Weiterentwicklung der Tauschinfrastruktur für digitale Währungen bestehen bleibt, ist offen (Omlor 2019: 340). Die Berechtigung besteht indes nicht für mit der staatlichen Währung im Wettbewerb stehende private, digitale Währungen. Entsprechend ist die Entscheidung in El Salvador, den Bitcoin als gesetzliches Zahlungsmittel einzuführen, kritisch zu bewerten. Schließlich sind Gewerbetreibende nun gezwungen, Infrastruktur für zwei gesetzliche Zahlungsmittel vorzuhalten. Da der Bitcoin-Kurs zudem sehr volatil ist, kann das neue gesetzliche Zahlungsmittel zwar als Tauschmittel genutzt werden, ist aber als Recheneinheit zum Beispiel für die Preisauszeichnung völlig ungeeignet. Ein echter Währungswettbewerb entsteht durch diese Maßnahme nicht, da von staatlicher Seite ein Gewinner auserkoren wird. Die entstehende Infrastruktur mag zwar langfristig für die Akzeptanz von weiteren Kryptowährungen mit größerem gesamtwirtschaftlichem Mehrwert in den Geschäften sorgen, die Einordnung von Bitcoin als gesetzliches Zahlungsmittel verschafft hier aber einer privaten Währung einen unverdienten Startvorteil.

Will der Gesetzgeber den Wettbewerb zwischen den digitalen Währungen stärken, geht das weniger über den Status als gesetzliche Zahlungsmittel als vielmehr über die Klarstellung der Rechtsnatur von Token im Geld- und Privatrecht. Hier müssen die staatlichen Gesetzgeber kurz- bis mittelfristig die neue Technologie im jeweiligen Sachen- und Schuldrecht berücksichtigen, um nicht langfristig durch eine sich herausbildende private Rechtsordnung im Sinne einer *lex cryptographia* (Wright/De Filippi, 2015) im digitalen Raum an Bedeutung zu verlieren. Deutschland ist hier 2021 mit der Einführung von elektronischen Wertpapieren durch das Gesetz über elektronische Wertpapiere (eWpG) einen ersten Schritt in die richtige Richtung gegangen, hat aber genauso wie die EU oder die USA – abgesehen von Geldwäscheregelung – das Recht noch nicht an die neuen technologischen Entwicklungen angepasst (Omlor 2019: 332). Neben der Klä-

Die Rechtsnatur von Zahlungsmittel-Token müssen die Gesetzgeber zahlreiche Fragen angehen, die vom Tausch- und Kaufrecht (Omlor 2019: 319) über die Handhabung von digitalen Werten im Sachen- und Bereicherungsrecht (Omlor 2019: 308) bis hin zum Finanzdienstleistungsrecht reichen.

Weiterhin können klare und verhältnismäßige Regeln zur steuerlichen Behandlung von Token-Transaktionen und Kursgewinnen dazu beitragen, Deutschland und Europa als führenden Standort im privaten Währungswettbewerb und auf den digitalen Märkten zu positionieren. Hier sei beispielhaft die Aufnahme von Kryptowährungen ins Kapitalertragssteuerrecht zu nennen, anstelle der vom Bundesfinanzministerium vorgeschlagenen Einstufung als sonstige Einkünfte (Bundesministerium der Finanzen 2021). Auch ein verhältnismäßiges Marktordnungsrecht kann den Standort Europa und den Wettbewerb um digitale Währungen stärken. Die Überlegungen der Europäischen Kommission, im Rahmen der MiCA-Richtlinie Transparenzanforderungen für Anbieter von Stablecoins einzuführen, sind grundsätzlich zu begrüßen. Gleichzeitig ist bei jeder Form von Regulierung besondere Vorsicht geboten, um Innovation nicht zu erdrücken und vor Regelungen zu warnen, die nur von großen Akteuren eingehalten werden können.

4.2. Digitales Zentralbankgeld als Ergänzung für Bargeld

Die Entwicklung von digitalem Zentralbankgeld ist vor allem in Ländern oder Währungsräumen mit stabiler staatlicher Währung, unabhängiger Zentralbank und funktionierenden rechtsstaatlichen Strukturen eine wichtige Ergänzung zu Bargeld. Bei den anstehenden Entscheidungen über die genaue Ausgestaltung sollten sich die Zentralbanken vor allem an dem Ziel finanzieller Inklusion und der Bereitstellung eines digitalen Äquivalents zum Bargeld orientieren. Insbesondere in Ländern, in denen viele Menschen nicht über ein Konto verfügen, bieten CBDC das Potenzial, belastbaren Zugang zum Finanzsystem zu schaffen. Mehr als eine Milliarde Menschen weltweit haben weder ein Konto bei einem Finanzinstitut, noch verfügen sie über einen Anbieter von mobilem Geld – und könnten daher vom digitalen Zentralbankgeld profitieren (Demirgüç-Kunt 2018: 35). Angesichts des Bedeutungsverlustes von Bargeld wird dieser Punkt aber auch in Volkswirtschaften mit inklusiverem Finanzsystem immer wichtiger. Digitales Zentralbankgeld sollte dabei stets eine Ergänzung zum Bargeld sein und nicht der Entwicklung vorgreifen.

Um Ergänzung und zugleich Äquivalent zu Bargeld zu sein, muss digitales Zentralbankgeld einen direkten Anspruch gegenüber der Zentralbank darstellen und eine vergleichbare Anonymität zum Bezahlen mit Bargeld gewährleisten. Dafür eignet sich am besten eine DLT-basierte Token-CBDC, die in einer hybriden Form bis zu einer angemessenen täglichen Höchstgrenze annähernd anonym eingesetzt werden kann, aber auch durch die Nachvollziehbarkeit der Transaktionen

eine Identifizierung der Beteiligten zur Geldwäscheprävention und Verfolgung ermöglicht. Für größere Transaktionen, bei denen aus Geldwäschegründen eine Identifizierung der Beteiligten als notwendig betrachtet wird, besteht die Möglichkeit, über Intermediäre oder direkt über die Zentralbank die Identität der Inhaber von Sender- und Empfängerwallet zu verifizieren. Hierfür wäre die Entwicklung sicherer digitaler Identitäten durch Staaten oder die Europäische Union sinnvoll. Dabei ist eine Identifizierung über private Intermediäre einer direkten Identifizierung bei staatlichen Zentralbanken zum Schutz der Privatsphäre und zum Schutz vor staatlicher Willkür grundsätzlich vorzuziehen. Somit könnten auch CBDC in einer die Privatsphäre schützenden Weise den Identitätsprüfungsanforderungen (KYC) gerecht werden, die notwendig sind, um den Missbrauch für Geldwäsche oder Terrorismusfinanzierung einzudämmen. Bei großen Transaktionen mit CBDC wären dann nachträglich die Identitäten der Beteiligten überprüfbar, während bei kleineren Transaktionen über ein anonymes Wallet eine bargeldähnliche weitgehende Anonymität gewährleistet wäre. Durch einen angemessenen Kompromiss zwischen Kriminalitätsbekämpfung und Wahrung der Privatheit wäre auch die Akzeptanz als Zahlungsmittel in der breiten Bevölkerung wahrscheinlicher. In einem solchen hybriden und zweistufigen Modell hätten Unternehmen und Privatpersonen direkten Zugang zu digitalem Zentralbankgeld, könnten aber weiterhin auch Intermediäre einbinden, etwa wenn es um die benutzerfreundliche Verwaltung der identifizierten CBDC-Wallets (Private Keys/Schlüssel) geht.

Eine wichtige Entscheidung bei der Ausgestaltung von CBDC betrifft zudem die Frage, ob auf digitales Zentralbankgeld Zinsen anfallen sollen, wenn es auf dem Benutzerwallet liegt. Grundsätzlich bietet digitales Zentralbankgeld die Möglichkeit, positive, aber auch negative Zinsen direkt zu setzen (Brunnermeier 2019 et al.: 27; Kiff et al. 2020: 11; Leibbrandt/De Teran 2021: 212). Anders als bei Bargeld gäbe es hier nicht die Möglichkeit, das Geld aus dem System zu ziehen und zu Hause zu lagern, um negativen Zinsen zu entgehen. Diese Möglichkeit gefährdet die Akzeptanz von digitalem Zentralbankgeld und sollte daher technisch ausgeschlossen werden. Fragen des Datenschutzes bei CBDC-Transaktionen und der Limitierung der Zugriffsmöglichkeiten für die Zentralbank werden entscheidend dafür sein, ob digitales Zentralbankgeld erfolgreich ist. Insgesamt bietet CBDC in liberalen Demokratien mit funktionierendem Rechtsstaat und unabhängiger Zentralbank bei entsprechender Ausgestaltung viel Potenzial für finanzielle Inklusion sowie die Bereitstellung einer sicheren, risikoarmen und allgemein akzeptierten Ergänzung zum Bargeld, die alle Funktionen klassischen Geldes in das digitale Zeitalter überträgt.

In Ländern mit instabiler staatlicher Währung – also Ländern mit hohen Inflationsraten – ist die Wahrscheinlichkeit hoch, dass digitales Zentralbankgeld auf ähnliche Akzeptanzhürden stößt wie die ursprüngliche analoge Währung. Denn auch digitales Zentralbankgeld kann immer nur so gut sein wie die ursprüngliche staatliche Währung und ihre In-

stitutionen. In Ländern ohne stabile Währung gibt es in der Regel keine unabhängigen Zentralbanken, sodass neben mangelnder Akzeptanz die Gefahr besteht, dass die Regierung je nach technologischer Ausgestaltung Möglichkeiten nutzt, um direkt auf das digitale Geld der Bürger und Bürgerinnen zuzugreifen. Allerdings kann digitales Zentralbankgeld, das von einer unabhängigen Zentralbank herausgegeben wird, auch durch eine belastbare technische Ausgestaltung größeres Vertrauen in eine CBDC herstellen und so die Inflation bekämpfen. Insbesondere bei programmierbarem Geld bestünde hier sogar die Möglichkeit, das digitale Zentralbankgeld im Kampf gegen Korruption zu nutzen. Jedoch ist bei staatlichem programmierbarem Geld aufgrund eines möglicherweise weitreichenden staatlichen Eingriffs in wirtschaftliche Transaktionen Vorsicht geboten – insbesondere dann, wenn ein funktionierender Rechtsstaat fehlt.

In autoritären Staaten ist die Einführung von digitalem Zentralbankgeld auch vor diesem Hintergrund mit hohen Risiken verbunden und das Missbrauchspotenzial durch autoritäre Regime enorm. So besteht etwa in der Volksrepublik China die Möglichkeit, dass die digitale Version des elektronischen Yuan bzw. digitalen Renminbi in die bisherigen Überwachungssysteme des kommunistischen Einparteiensystems eingebunden und das Ausgabeverhalten von Privatpersonen damit kontrolliert und gesteuert wird (Work 2021). Technisch bestünde bei programmierbarem Zentralbankgeld die Möglichkeit, die Ausgaben auf bestimmte Zwecke zu beschränken oder direkt auf das CBDC-Vermögen zuzugreifen. Für den Fall, dass Bargeld komplett durch CBDC ersetzt wird, wären die Möglichkeiten für ein autoritäres Regime zur Einschränkung des Konsumverhaltens der gesamten Bevölkerung oder auch nur oppositioneller Gruppen nahezu grenzenlos. Während in liberalen Demokratien demokratische und rechtsstaatliche Verfahren einer solche Nutzung enge Grenzen setzen, könnten Diktaturen digitales Zentralbankgeld als Überwachungs- und Kontrollinstrument einsetzen. Auch international stellen die Entwicklung und der Einsatz von CBDC durch autoritäre Regime insbesondere liberale Demokratien vor Herausforderungen: Zum einen können so Standards gesetzt werden, die rechtsstaatliche Mechanismen gefährden, und zum anderen durch die Bereitstellung von digitalen Währungen Sanktionsregime, die unter anderem der Ahndung von Menschenrechtsverletzungen dienen, umgangen werden (Work 2021). Insbesondere für liberale Demokratien spielt daher bei der Entwicklung von funktionsfähigem digitalem Zentralbankgeld auch die Geschwindigkeit eine Rolle. Im zunehmenden Systemwettbewerb mit staatskapitalistischen Autokratien geht es auch darum, Standards zu setzen, indem man zeigt, wie digitales Zentralbankgeld funktionsfähig und im rechtsstaatlichen Kontext eingesetzt werden kann. Für den Systemwettbewerb ist es daher wichtig, die Infrastruktur und die Identifizierungsanforderungen so zu gestalten, dass sie nicht zu unüberwindbaren Zugangshürden für Nutzerinnen aus wirtschaftlich weniger entwickelten Regionen ohne funktionierendes Identifizierungssystem führen.

4.3. Implikationen für das globale Finanzsystem

Neben diesen Fragen der Standardsetzung für Entwicklung, Nutzung und Missbrauch von digitalem Zentralbankgeld können digitale Währungen auch Implikationen für das globale Finanzsystem sowie das globale finanzielle Sicherheitsnetz haben. Diese würden die Beschaffenheit globaler Finanzmärkte und die Bedeutung von Intermediären genauso betreffen wie Zentralbanken und internationale Organisationen sowie Regime in der globalen Finanzwelt.

Das globale Finanzsystem ist bisher maßgeblich geprägt vom US-Dollar als Reservewährung, und die Dominanz des US-Dollars scheint sich in der globalen Finanzkrise 2007 sowie der COVID-19-Pandemie eher noch verstärkt als verringert zu haben (Tooze 2018; 2021). Die US Federal Reserve hat in beiden Krisen Liquidität in Form von US-Dollar zur Verfügung gestellt und dabei Banken in einigen Teilen der Welt vor Liquiditätsengpässen bewahrt. Rund 40 Prozent aller Transaktionen weltweit werden in US-Dollar abgewickelt, an 88 Prozent aller Devisentransaktionen ist der US-Dollar beteiligt, und rund 60 Prozent der von Zentralbanken gehaltenen Assets sind in Dollar denominated (Kempa 2018; Prasad 2021: 278). Ob das Zögern der US Federal Reserve bei der Entwicklung einer digitalen Version des Greenback und die Geschwindigkeit der chinesischen Zentralbank bei der Erzeugung des e-RMB wirklich zu einer Machtverschiebung im globalen Finanzsystem beitragen, erscheint zumindest aktuell fragwürdig. Ebenso werden Kryptowährungen wie Bitcoin zumindest kurzfristig nicht in der Lage sein, die Dominanz des US-Dollars als Leitwährung zu gefährden (Prasad 2021: 312). Es ist genauso denkbar, dass eine digitale Version des Dollars zu einer digitalen Dollarisierung („Digital Dollarization“) führt, weil der Dollar noch einfacher für den täglichen Gebrauch verfügbar sein wird (Brunnermeier et al. 2019: 20; Leibbrandt/De Teran 2021: 213; Prasad 2021: 15).

Aber auch wenn das genaue Ausmaß aktuell noch unklar ist, wird die Entwicklung digitaler Währungen Veränderungen im globalen Finanzsystem nach sich ziehen. Das betrifft zum Beispiel dominante Akteure wie die Society for Worldwide Interbank Financial Telecommunication (SWIFT), von der bisher ein erheblicher Anteil des grenzüberschreitenden Zahlungsverkehrs übermittelt wird und die sich durch innovative Finanztechnologie und digitale Währungen herausgefordert sieht. Gerade digitale Währungen können aufgrund geringerer Transaktionskosten in der Zukunft etablierte Intermediäre wie Korrespondenzbanken bei grenzüberschreitenden Transaktionen überflüssig machen (IMF 2020). Je mehr sich digitale Währungen durchsetzen und auch Zentralbanken digitale Währungen (CBDC) entwickeln, desto mehr stehen internationale Organisationen und deren Mitgliedsstaaten vor der Herausforderung, globale Regeln für grenzüberschreitende Transaktionen zu schaffen, um eine Fragmentierung in digitale Währungsräume und negative Auswirkungen auf Handelsströme zu verhindern (Brunnermeier et al. 2019).

Dabei stehen neben den klassischen Fragen des globalen Finanzsystems auch Überlegungen hinsichtlich der Verwendung von Daten, des Datenschutzes, von Verbraucherrechten, digitaler Identität und Wettbewerbsrecht sowie andere Themen im Kontext der digitalen Ökonomie an (IMF 2020: 8; Brunnermeier et al. 2019). Zudem sind auch Interoperabilität und Konvertibilität digitaler Währungen relevant. Hier besteht aus wettbewerbspolitischer Sicht die Gefahr, dass gerade große Tech-Konzerne technische Monopole schaffen könnten (Brunnermeier 2019: 17). Angesichts unterschiedlicher technischer Gestaltungsmöglichkeiten – insbesondere für digitales Zentralbankgeld – kann Interoperabilität digitaler Währungen aber gleichzeitig für die Akzeptanz von Bedeutung sein.

Bei einem Wettbewerb digitaler Währungen und einer stärkeren Verbreitung nichtstaatlicher digitaler Währungen wird es neuer Mechanismen bedürfen, um globale Finanzstabilität zu gewährleisten. Denn für viele digitale Währungen gibt es in der Regel keinen Kreditgeber letzter Instanz („Lender of Last Resort“), der im Krisenfall Liquidität zur Verfügung stellen könnte. Der ehemalige Gouverneur der Bank of England, Mark Carney, hat dafür eine synthetische, digitale internationale Währung vorgeschlagen, die für globale Transaktionen, aber auch als Wertaufbewahrungsmittel oder Safe Asset eingesetzt werden könnte (Prasad 2021: 301). Ein solcher globaler Stablecoin wäre von einem Währungskorb bestehend aus relevanten Währungen gedeckt und in verschiedenen Formen denkbar (Brunnermeier 2019: 22; IMF 2020; Prasad 2021: 301). Der Vorschlag von Carney (2019) sieht dabei eine von öffentlicher Seite, beispielsweise von einem Netzwerk von Zentralbanken, ausgegebene Synthetic Hegemonic Currency (SHC) vor, die auf einem Währungskorb basiert und als internationale Reservewährung fungieren soll. Eine Blaupause für die Entwicklung einer synthetischen globalen Digitalwährung wären die Sonderziehungsrechte (Special Drawing Right, SDR) des Internationalen Währungsfonds, die bereits auf einem Währungskorb mit den international wichtigsten Währungen (Euro, US-Dollar, Yen, Pfund und Renminbi) basieren (Prasad 2021: 304). Ebenso denkbar wäre ein globaler Stablecoin, der von privater oder öffentlicher Seite ausgegeben wird und sowohl von etablierten Kryptowährungen als auch von staatlichen Währungen gedeckt ist. In jedem Fall bieten digitale Währungen die Möglichkeit, einer echten globalen Währung, wie sie schon bei der Bretton-Woods-Konferenz 1944 diskutiert worden ist, näherzukommen. Die

Auswirkungen des Aufstiegs digitaler Währungen auf das globale Finanzsystem sowie das globale finanzielle Sicherheitsnetz können bisher nur schwer eingeschätzt werden, aber in jedem Fall bedarf es internationaler Kooperation, um sicherzustellen, dass digitale Währungen zu mehr finanzieller Inklusion genauso wie zu Finanzstabilität und zu einer dynamischen Weltwirtschaft beitragen können.

4.4. Finanzinnovationen stärken

Die Entstehung von digitalen Währungen in Verbindung mit neuen dezentralen Computing-Plattformen wie Ethereum deutet langfristig auf einen Bedeutungsverlust großer Finanzintermediäre hin und bietet gleichzeitig die Chance einer deutlich inklusiveren Finanzwirtschaft. Damit dadurch keine negativen Folgen für die Ressourcenallokation und die Gesamtwirtschaft entstehen, müssen die innovativen Finanzprodukte mit dem Peer-to-Peer-Ansatz gestärkt werden. Es empfiehlt sich daher, das Kapitalanlagerecht und den Kapitalanlegerschutz zu reformieren, um Kleinanlegern mehr Handlungsspielraum im dezentralen Finanzraum (DeFi) zu ermöglichen und die Chance der Demokratisierung der Finanzwirtschaft zu nutzen. Dabei sollte ein Fokus auf die neuen Formen des Crowdfunding mit darauf aufbauenden neuen Governance-Formen, Peer-to-Peer-Lending und neuen Formen des Marketmaking gelegt werden. Gerade in Regionen mit unterentwickelter Finanzinfrastruktur kommt innovativen Finanzprodukten entscheidende Bedeutung für die Wohlstandsgewinnung und Ressourcenallokationen zu. Die weitgehende Unabhängigkeit des DeFi von institutionellen Strukturen und die damit verbundene relativ geringe Anfälligkeit für Korruption bieten gerade für Regionen mit schwachen Institutionen und Rechtsordnungen besondere Chancen. Darüber hinaus kann die mit einem dezentralen Finanzraum verbundene Internationalisierung auch bisher unerreichten Bevölkerungsgruppen Zugang zu finanzstarken Kapitalmärkten und Bankdienstleistungen in bisher kaum vorstellbarem Maße verschaffen.

In ferner Zukunft sollte auch über eine eigene Rechtsform für dezentrale autonome Organisationen nachgedacht werden, um die regionale Ansiedlung zu fördern und damit die Einflussosphäre der Rechtsordnungen auf die Organisationsform des digitalen Zeitalters zu sichern (Greilich, 2020).

5. Vier Prinzipien für die Zukunft des Geldes

Digitale Währungen sind längst kein Nischenthema mehr. Genauso wie die Verbreitung von Papiergeld, die Entstehung von Zentralbanken und Kartenzahlungen werden digitale Währungen die Art und Weise, wie Menschen bezahlen und Geld anlegen, verändern. Viele Menschen assoziieren mit dem Begriff „Digitale Währungen“ oder „Kryptowährungen“ häufig nur eine Kryptowährung: Bitcoin. Zweifelsohne war die Entstehung von Bitcoin ein technologischer Meilenstein, doch im vergangenen Jahrzehnt ist eine Vielzahl neuer digitaler Währungsprojekte entstanden – und noch mehr befinden sich im Entwicklungsstadium. Dieses Policy Paper hat einen Überblick über die Vielfalt digitaler Währungen gegeben und ihre verschiedenen Entwicklungsstufen eingeordnet. Die vier Wellen digitaler Währungen spiegeln dabei die unterschiedlichen Funktionen, Anwendungs- und Organisationsformen sowie die Grundlage des Wertes digitaler Währungen wider. Der Einordnung in Wellen liegt dabei die Annahme zugrunde, dass die Entwicklung der verschiedenen Entwicklungsstufen nicht abgeschlossen ist und die Wellen parallel verlaufen bzw. verlaufen werden. Gerade die vierte Welle mit digitalem Zentralbankgeld als zentrale Neuerung ist noch im Entstehungsprozess begriffen. Eine zweite Annahme prägt diese Wellenlogik und die darauf basierenden Handlungsempfehlungen: Die Frage, ob ein Wettbewerb digitaler Währungen – also ein Zustand, in dem Menschen in ihrer digitalen Brieftasche („Wallet“) verschiedene digitale Währungen halten und sie zu unterschiedlichen Zwecken einsetzen – besteht, stellt sich nicht. Dieser Wettbewerb ist bereits im Gange und wird sich kontinuierlich ausweiten. Bisher nutzt nur ein vergleichsweise geringer Teil der Bevölkerung digitale Währungen, aber dieser Anteil steigt fortwährend. Es deutet viel darauf hin, dass sich dieser Trend auch auf digitale Währungen und weitere Innovationen im Bereich der Finanztechnologie (kurz: FinTech) ausweiten wird. Der Staat reagiert dabei mit der Entwicklung von digitalem Zentralbankgeld sowie Regulierung und muss mittelfristig Rahmenbedingungen für das neue Währungszeitalter setzen. Dabei sollte sich die Politik an vier Prinzipien orientieren:

1. Innovation

Die Rahmenbedingungen für digitale Währungen und die Entwicklung neuer staatlicher Zahlungsmittel wie des digitalen Zentralbankgeldes sollten so ausgestaltet sein, dass sie ökonomische Dynamik und Innovation befördern. Zu Beginn haben einige Regulierer die Entstehung digitaler Währung mit Skepsis beobachtet und mit rechtlichen Hürden und Verboten einzudämmen versucht. Das mag in autoritären Regimen wie der Volksrepublik China einigermaßen durchsetzbar sein, ist aber in marktwirtschaftlichen Staaten

weder wünschenswert noch erfolgversprechend. Das staatliche Geldmonopol wird durch das Aufkommen digitaler Währungen nicht bedroht und kann durch die Entwicklung von digitalem Zentralbankgeld sogar modernisiert werden. Das staatliche Geldmonopol hatte nie in erster Linie das Ziel, andere Währungen zu verdrängen, sondern der Bevölkerung eine belastbare staatliche Währung als gesetzliches Zahlungsmittel und öffentliches Gut zur Verfügung zu stellen. Der Staat sollte daher auch im Finanz- und Währungsbereich technologischer Innovation offen gegenüberstehen. Erfahrungsgemäß führt diese zu einer größeren wirtschaftlichen Dynamik und trägt zur Innovation in weiteren Wirtschaftsbereichen bei.

2. Inklusion

Eines der großen Versprechen digitaler Währungen ist mehr Inklusion. Der Zugang zu digitalen Währungen kann auch ohne ein funktionierendes Finanzsystem mit einem mobilen Endgerät erfolgen. Schon heute nutzen Menschen in instabilen Ländern digitale Währungen als Alternative zu instabilen staatlichen Währungen. Gerade dort, wo der Zugang zum Finanzsystem schwieriger oder kostspielig ist, bieten digitale Währungen die Möglichkeit einer größeren finanziellen Teilhabe. Doch auch in Industrieländern können digitale Währungen kostengünstigere und schnellere Transaktionen ermöglichen. Dafür ist gerade bei digitalem Zentralbankgeld, aber auch bei Plattformwährungen Interoperabilität ein entscheidender Faktor. Ein fragmentiertes Währungssystem mit technischen Hürden würde die Vorteile der größeren Zugänglichkeit und damit auch der breiten finanziellen Inklusion eng begrenzen. Bei der Ausgestaltung von digitalem Zentralbankgeld wird es darüber hinaus auch auf die Architektur ankommen, in die dieses eingebettet ist. Die Zentralbanken oder Intermediäre müssen sicherstellen, dass auch weniger technisch affine Menschen weiterhin Zugang zu (digitalem) Zentralbankgeld erhalten können. Dazu gehört auch, digitales Zentralbankgeld als Ergänzung und nicht als Ersatz für Bargeld einzuführen.

3. Stabilität

Die unabhängige Zentralbank mit Mandat für Geldwertstabilität hat maßgeblich dazu beigetragen, die Inflation in vielen Teilen der Welt zurückzudrängen. Für viele Menschen heißt das, dass sie keine Angst vor der Entwertung ihrer Ersparnisse oder dem scheinbar grenzenlosen Anstieg ihrer Lebenshaltungskosten zu haben brauchen. Diese Bereitstellung stabilen Geldes als öffentliches Gut sollte auch im neuen

Währungszeitalter zentrale Handlungsmaxime für die Entwicklung von digitalem Zentralbankgeld sein. In Ländern, in denen es bisher keine stabile staatliche Währung gibt, können sowohl private als auch besser gesteuerte staatliche digitale Währungen Alternativen darstellen.

4. Freiheit

Die Art und Weise, wie Menschen bezahlen, hat immer auch Implikationen für individuelle Freiheit. Digitale Währungen bieten Menschen die Möglichkeit, ihr Geld inflationssicher aufzubewahren, Kapitalverkehrskontrollen zu umgehen und je nach Ausgestaltung auch im digitalen Raum anonym zu bezahlen. Gerade in Ländern mit instabiler Währung oder mangelnder Rechtsstaatlichkeit bietet der Zugang zu digitalen Währungen mehr Unabhängigkeit von staatlichen Strukturen. Doch auch in etablierten liberalen Demokratien sind bei der Regulierung und Ausgestaltung digitaler Währungen Aspekte wie Datenschutz, Schutz der Privatsphäre und Wahlfreiheit bei Bezahl- und Währungsformen zentral.

Das neue Währungszeitalter hat gerade erst begonnen, und viele Fragen sind noch offen. Schon heute ist aber klar, dass sich technologische Innovation im Finanzbereich auch auf den Systemwettbewerb von liberalen Demokratien und autokratischem Staatskapitalismus auswirkt. In autoritären Regimen können – und werden – staatlich ausgegebene digitale Währungen auch als Überwachungs- und Kontrollinstrument oder zur Umgehung von Sanktionen für Menschenrechtsverletzungen eingesetzt werden. Das Zögern westlicher Zentralbanken und das Vorseilen der Volksrepublik China bei der Entwicklung von digitalem Zentralbankgeld haben dazu geführt, dass China zumindest mit einem kleinen Vorsprung in dieses neue Währungszeitalter startet. Umso wichtiger ist es, dass liberale Demokratien bei der Entwicklung von digitalem Zentralbankgeld entschlossener agieren, belastbare Rahmenbedingungen und Regulierung für digitale Währungen und Finanztechnologie schaffen und dabei nicht mit Verboten, sondern mit rechtsstaatlichen Verfahren und innovationsfreundlicher Regulierung die Standards für die Zukunft des Geldes setzen.

Literaturverzeichnis

- Adler, D.** (2018). „*Silk Road: The Dark Side of Cryptocurrency*“, *Fordham Journal of Corporate & Financial Law*, 21 February. Verfügbar unter: <https://news.law.fordham.edu/jcfl/2018/02/21/silk-road-the-dark-side-of-cryptocurrency/> (Abgerufen am: 26.07.2021).
- Agur, I., Ari, A. & Dell’Ariccia, G.** (2021). *Designing central bank digital currencies*. IMF Working Paper WP/19/252.
- Allen, S., Čapkun, S., Eyal, I., Fanti, G., Ford, B. A., Grimmelmann, J., Juels, A., Kostianen, k., Meiklejohn, S., Miller, A., Prasad, E., Wüst, K. & Zhang, F.** (2020). *Design choices for central bank digital currency: Policy and technical considerations*. National Bureau of Economic Research (NBER) Working Paper No. w27634.
- Antonopoulos, A. M.** (2017). *Mastering Bitcoin: programming the open blockchain*. Second edition. Sebastopol, CA: O’Reilly.
- Armelius, H., Claussen, C. A. & Hull, I.** (2021). *On the Possibility of a cash-like CBDC*, Sveriges Riksbank Staff memo, February 2021.
- Atlantic Council** (2021). *Central Bank Digital Currency Tracker*. Verfügbar unter: <https://www.atlanticcouncil.org/cbdctracker/> (Abgerufen am: 15.10.2021).
- Auer, R. & Böhme, R.** (2020). *The technology of retail central bank digital currency*. BIS Quarterly Review, March 2020. Basel: Bank for International Settlements.
- Auer, R. & Boehme, R.** (2021). *Central bank digital currency: the quest for minimally invasive technology*. BIS Working Papers, No 948.
- Auer, R. A., Cornelli, G. & Frost, J.** (2020). *Rise of the central bank digital currencies: drivers, approaches and technologies*. CESifo Working Paper, No. 8655.
- Bank of Canada, European Central Bank, Bank of Japan, Sveriges Riksbank, Swiss National Bank, Bank of England, Board of Governors Federal Reserve System and Bank for International Settlements** (2020). *Central bank digital currencies: foundational principles and core features*. Report No. 1 in a series of collaborations from a group of central banks. Verfügbar unter: <https://www.bis.org/publ/othp33.pdf> (Abgerufen am: 15.10.2021).
- Bank for International Settlements (BIS)** (2021). *Annual Economic Report – Promoting global monetary and financial stability*. Basel: Bank for International Settlements.
- Brunnermeier, M. K., James, H. & Landau, J. P.** (2019). *The digitalization of money* (No. w26300). National Bureau of Economic Research.
- De Best, R.** (2021). *Bitcoin energy consumption 2021*, Statista. Verfügbar unter: <https://www.statista.com/statistics/881541/bitcoin-energy-consumption-transaction-comparison-visa/> (Abgerufen am: 26.07.2021).
- Bindseil, U.** (2019). *Central bank digital currency: Financial system implications and control*. *International Journal of Political Economy*, 48(4), pp. 303–335.
- Bindseil, U.** (2020). *Tiered CBDC and the financial system*, ECB Working Paper, No. 2351.
- Bitcoin Mining Council** (2021). *Global Bitcoin Mining Data Review – Q2 2021*.
- Bitcoin price today, BTC live marketcap, chart, and info** (2021). CoinMarketCap. Verfügbar unter: <https://coinmarketcap.com/currencies/bitcoin/markets/> (Abgerufen am: 25.07.2021).
- Bofinger, P. & Haas, T.** (2020). *CBDC: Can central banks succeed in the marketplace for digital monies?* CEPR Discussion Paper, DP15489.
- Bradbury, D.** (2013). „*Colored coins paint sophisticated future for Bitcoin*“, CoinDesk, 14 June. Verfügbar unter: <https://www.coindesk.com/markets/2013/06/14/colored-coins-paint-sophisticated-future-for-bitcoin/> (Abgerufen am: 08.09.2021).
- Bundesministerium der Finanzen** (2021). „*Entwurf: Einzelfragen zur ertragsteuerrechtlichen Behandlung von virtuellen Währungen und von Token*“. Verfügbar unter: https://www.bundesfinanzministerium.de/Content/DE/Downloads/BMF_Schreiben/Steuerarten/Einkommensteuer/2021-06-17-est-kryptowaehrungen.pdf?__blob=publicationFile&v=2 (Abgerufen am: 12.10.2021).
- Buterin, B.** (2014) „*A next-generation smart contract and decentralized application platform*“, white paper, 3, p. 37. Verfügbar unter: <https://blockchainlab.com/pdf/Ethereum-white-paper-a-next-generation-smart-contract-and-decentralized-application-platform-vitalik-buterin.pdf> (Abgerufen am: 12.10.2021).
- Buterin, V., Hitzig, Z. & Weyl, E. G.** (2018). *Liberal Radicalism: A Flexible Design For Philanthropic Matching Funds*. SSRN Scholarly Paper ID 3243656. Rochester, NY: Social Science Research Network.
- Cambridge Center for Alternative Finance** (2021). *Cambridge Bitcoin Electricity Consumption Index (CBECI)*. Verfügbar unter: <https://cbeci.org/> (Abgerufen am: 26.07.2021).
- Catalini, C. & Gans, J. S.** (2016). „*Some Simple Economics of the Blockchain*“, MIT Sloan Research Paper, (No. 5191–16).

- Carney, M.** (2021). *Values: Building a Better World for All*. London: William Collins.
- Cecchetti, M. & Schoenholtz, K.** (2021). *Central bank digital currency: The battle for the soul of the financial system*. Verfügbar unter: <https://voxeu.org/article/central-bank-digital-currency-battle-soul-financial-system> (Abgerufen am: 15.10.2021).
- ConsenSys** (2019). „A Short History of #Ethereum“, ConsenSys, 13 May. Verfügbar unter: <https://consensys.net/blog/blockchain-explained/a-short-history-of-ethereum/> (Abgerufen am: 13.05.2019).
- De, N. & Hochstein, M.** (2021). *Tether Details Reserve Composition for the First Time*, CoinDesk. Verfügbar unter: <https://www.coindesk.com/markets/2021/05/13/tethers-first-reserve-breakdown-shows-token-49-backed-by-unspe-cified-commercial-paper/> (Abgerufen am: 10.09.2021).
- Digiconomist** (2021). *Bitcoin Energy Consumption Index*, Digiconomist. Verfügbar unter: <https://digiconomist.net/bitcoin-energy-consumption/> (Abgerufen am: 26.07.2021).
- Dyson, B. & G. Hodgson** (2016). *Digital Cash: Why Central Banks Should Start Issuing Electronic Money*. London: Positive Money.
- Ebert, M., Kümmel, M., Jacobs U. H. & M. Hirtschulz** (2021). Sustainable Crypto Currencies Mining is affecting supply chains and the environment, but Germany can help mitigate it. DGAP MEMO, No. 8, October 2021.
- El-Erian, M. A.** (2016). *The only game in town: Central banks, instability, and avoiding the next collapse*. New Haven and London: Yale University Press.
- ethdocs.org** (2016). *History of Ethereum – Ethereum Homestead 0.1 documentation*. Verfügbar unter: <https://ethdocs.org/en/latest/introduction/history-of-ethereum.html> (Abgerufen am: 09.09.2021).
- European Central Bank (ECB)** (2020). *Report on a digital euro*. Frankfurt am Main: European Central Bank.
- Evans, E. & Chamberlain, P.** (2015). *Critical waves: Exploring feminist identity, discourse and praxis in western feminism*. *Social Movement Studies*, 14(4), pp. 396–409.
- Fischer, E. F.** (2021). *Quality and inequality: Creating value worlds with Third Wave coffee*. *Socio-Economic Review*, 19(1), pp. 111–131.
- Foley, S., Karlsen, J. R. & Putniņš, T. J.** (2019). *Sex, drugs, and bitcoin: How much illegal activity is financed through cryptocurrencies?* *The Review of Financial Studies*, 32(5), pp. 1798–1853.
- Fox-Brewster, T.** (2016). „Craig Wright Claims He’s Bitcoin Creator Satoshi – Experts Fear An Epic Scam“, *Forbes*, 5 February. Verfügbar unter: <https://web.archive.org/web/20170719025810/https://www.forbes.com/sites/thomasbrewster/2016/05/02/craig-wright-satoshi-nakamoto-doubt/> (Abgerufen am: 22.07.2021).
- Furman, J. & Hatzius, J.** (2020). „Update on COVID-19 – US Economic Outlook & Implications of Current Policies for Inflation, Gold and Bitcoin“, Goldman Sachs.
- Grant Thornton LLP** (2021). *Circle Examination Report July 2021. Reserve Account Report*. Verfügbar unter: <https://www.centre.io/hubfs/pdfs/attestation/2021%20Circle%20Examination%20Report%20July%202021%20Final.pdf?hslang=en>.
- Greilich, K.** (2020). „Wir brauchen eine neue Gesellschaftsform!“ In: **Bange, M. A.** (ed.) *Rechtsfragen zum gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Wandel im Jahr 2020: Tagungsband Liberale Rechtstagung 2020*. Göttingen: Cuvillier Verlag, S. 49–68.
- Groß, J., Herz, B. & Schiller, J.** (2020a). *Bitcoin, Libra und digitale Zentralbankwährungen – ein Geldsystem der Zukunft?* *Wirtschaftsdienst*, 100(9), S. 712–717.
- Groß, J., Klein, M. & Sandner, P.** (2020b). *Digitale Zentralbankwährungen: Chancen, Risiken und Blockchain-Technologie*. *Wirtschaftsdienst*, 100(7), S. 545–549.
- Hagelüken, A.** (2020) *Das Ende des Geldes, wie wir es kennen. Der Angriff auf Zinsen, Bargeld und Staatswährungen*. München: C.H. Beck.
- Haight, A. & Ahmed, N.** (2021). „Crypto Game Surge Lures Australia’s Carnegie on Play-to-Earn-Bloomberg“, *bloomberg.com*, 9 August. Verfügbar unter: <https://www.bloomberg.com/news/articles/2021-09-08/crypto-gaming-surge-lures-australia-s-carnegie-on-play-to-earn> (Abgerufen am: 10.09.2021).
- Haldane, A.** (2020). *Seizing the Opportunities from Digital Finance*, Speech given by Andy Haldane Chief Economist and Member of the Monetary Policy Committee, TheCityUK 10th Anniversary Conference, 18. November 2020. London: Bank of England.
- Hayek, F. A.** (1976). *Denationalisation of money: the argument refined*. London: The Institute of Economic Affairs.
- Hilgers, S.** (2021). „Business and Monetary Policy“. In: **Kellow, A., Porter, T. & Ronit, K.** (eds.) *Handbook of Business and Public Policy*. Cheltenham, U.K., Northampton MA, USA: Edward Elgar Publishing, pp. 117–192.
- Hughes, E.** (1993). *A Cypherpunk’s Manifesto*. Verfügbar unter: <https://www.activism.net/cypherpunk/manifesto.html> (Abgerufen am: 22.07.2021).

Huntington, S. P. (1991). *Democracy's third wave*. Journal of democracy, 2(2), pp. 12–34.

Ip, G. (2021). „Cryptocurrency Has Yet to Make the World a Better Place“, Wall Street Journal, 20 May. Verfügbar unter: <https://www.wsj.com/articles/cryptocurrency-has-yet-to-make-the-world-a-better-place-11621519381> (Abgerufen am: 26.07.2021).

International Monetary Fund (IMF) (2020). *Digital Money Across Borders: Macro-Financial Implications*. Staff Report. Washington D.C.: International Monetary Fund.

Kaul, S. et al. (2021). *Bitcoin – At the Tipping Point*, p. 108. Verfügbar unter: <https://ir.citi.com/peFJTnzeFoMSIAEFlw-H12VeM5d%2BCckWNrsO9lxpmyWezrz5V%2Bx%2FfRvm0gv6cWRpDHGWtik7sTME%3D>.

Kaulartz, M. (2016). „Die Blockchain-Technologie“, Computer und Recht, (7), pp. 474–480.

Kempa, B. (2018). *Der US-Dollar als Leitwährung – alternativlos?* Wirtschaftsdienst, 98(10), S.691–710.

Kiff, M. J., Alwazir, J., Davidovic, S., Farias, A., Khan, M. A., Khiaonarong, M. T., Khiaonarong, T., Malaika, M. Monroe, H., Sugimoto, H., Tourpe, H. & Zhou, P. (2020). *A survey of research on retail central bank digital currency*. IMF Working Papers, WP/20/104.

Kutler, J. & Power, C. (1998). „Bankrupt Digicash to seek financing, new allies“, American Banker, 163(216), pp. 163-216.

Leibbrandt, G. & De Terán, N. (2021). *The Pay Off: How Changing the Way We Pay Changes Everything*. London: Elliott & Thompson Limited.

Lober, A. & Weber, O. (2005). „Money for Nothing? Der Handel mit virtuellen Gegenständen und Charakteren“, Multimedia und Recht – Zeitschrift für Informations-, Telekommunikations- und Medienrecht, (10), pp. 653–660.

Morse, A. (2021). „Facebook-backed crypto project Diem to launch US stablecoin – CNET“, Cnet, 5 December. Verfügbar unter: <https://www.cnet.com/personal-finance/investing/facebook-backed-crypto-project-diem-to-launch-us-stable-coin/> (Abgerufen am: 10.09.2021).

Nakamoto, S. (2008a). „Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System“. Verfügbar unter: <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf> (Abgerufen am: 10.09.2021)

Nakamoto, S. (2008b). „Bitcoin P2P e-cash paper“, The Cryptography Mailing List. Verfügbar unter: <https://www.mail-archive.com/cryptography%40metzdowd.com/msg09959.html> (Abgerufen am: 29.10.2020).

Nowak, P. (2021). *Coin oder Token: Wo liegt da der Unterschied?*, computerbild.de. Verfügbar unter: <https://www.computerbild.de/artikel/cb-News-PC-Hardware-Coin-oder-Token-Wo-liegt-da-der-Unterschied-29982675.html> (Abgerufen am: 21.09.2021).

Omlor, S. (2018). „Omlor: Blockchain-basierte Zahlungsmittel“, Zeitschrift für Rechtspolitik (3), S. 85–89.

Omlor, S. (2019). „Kryptowährungen im Geldrecht“, Zeitschrift für das gesamte Handels- und Wirtschaftsrecht (183), S. 294-345.

Partington, R. (2019). „France to block Facebook's Libra cryptocurrency in Europe“, the Guardian, 9 December. Verfügbar unter: <http://www.theguardian.com/technology/2019/sep/12/france-block-development-facebook-libra-cryptocurrency> (Abgerufen am: 10.09.2021).

Pilkington, M. (2016). „Blockchain Technology: Principles and Applications“. In: **Olleros, F. X., Zhegu, M. & Elgar, E.** (eds.) *Research Handbook on Digital Transformations*, pp. 225-253.

Popper, N. (2015). *Digital gold: The untold story of Bitcoin*. New York: HarperCollins Publishers.

Prasad, Eswar S. (2021). *The Future of Money. How the Digital Revolution Is Transforming Currencies and Finance*. Cambridge, MA, USA: The Belknap Press of Harvard University Press.

Rixecker, K. (2021). „Krypto-Games: Wie Videospiele die Blockchain erobern“, t3n Magazin, 26 May. Verfügbar unter: <https://t3n.de/news/krypto-games-blockchain-spiele-1363231/> (Abgerufen am: 10.09.2021).

Rogoff, K. S. (2016). *The Curse of Cash*. Princeton: Princeton University Press.

Rosenfeld, M. (2012). „Overview of Colored Coins“, white paper [Preprint]. Verfügbar unter: <https://bitcoil.co.il/BitcoinX.pdf> (Abgerufen am: 22.09.2021).

Savelyev, A. (2017). „Contract law 2.0: ‚Smart‘ contracts as the beginning of the end of classic contract law“, Information & Communications Technology Law, 26(2), pp. 116–134. doi:10.1080/13600834.2017.1301036.

Schweizerische Nationalbank (SNB), Bank for International Settlements (BIS) & SIX Group AG (2020). Project Helvetia Settling tokenised assets in central bank money. Verfügbar unter: <https://www.bis.org/publ/othp35.pdf> (Abgerufen am: 15.10.2021)

Shapiro, E. (2018). „Global Cryptodemocracy is Possible and Desirable“, arXiv:1804.02049 [cs] [Preprint]. Verfügbar unter: <http://arxiv.org/abs/1804.02049> (Abgerufen am: 09.09.2021).

- Shekhar, S.** (2018). „Measuring Maker-Dai stability“, Token-Analyst, 29 March. Verfügbar unter: <https://medium.com/tokenanalyst/measuring-maker-dai-stability-f74c23108128> (Abgerufen am: 10.09.2021).
- Szabo, N.** (1996). *Smart Contracts: Building Blocks for Digital Markets*. Verfügbar unter: https://www.fon.hum.uva.nl/rob/Courses/InformationInSpeech/CDROM/Literature/LOT-winterschool2006/szabo.best.vwh.net/smart_contracts_2.html (Abgerufen am: 31.12.2020).
- Tapscott, D. & Tapscott, A.** (2016). *Blockchain Revolution. How Technology behind Bitcoin is changing money, business, and the World*. New York: Penguin Random House.
- The Economist** (2015). „The promise of the blockchain – The trust machine | Leaders | The Economist“, 31 October. Verfügbar unter: <https://www.economist.com/leaders/2015/10/31/the-trust-machine> (Abgerufen am: 28.10.2020).
- The Economist** (2019a). „Facebook wants to create a global currency“, 22 June. Verfügbar unter: <https://www.economist.com/leaders/2019/06/22/facebook-wants-to-create-a-global-currency> (Abgerufen am: 10.09.2021).
- The Economist** (2019b). „Is Libra doomed?“, 24 October. Verfügbar unter: <https://www.economist.com/finance-and-economics/2019/10/24/is-libra-doomed> (Abgerufen am: 10.09.2021).
- The Economist** (2021). „Using bitcoin as legal tender“, 4 September. Verfügbar unter: <https://www.economist.com/finance-and-economics/2021/09/04/using-bitcoin-as-legal-tender> (Abgerufen am: 09.09.2021).
- Tooze, A.** (2018). *Crashed: How a decade of financial crises changed the world*. Penguin.
- Tooze, A.** (2021). *Shutdown: How Covid Shook the World's Economy*. Viking.
- Uberti, D.** (2021). „How the FBI Got Colonial Pipeline's Ransom Money Back“, Wall Street Journal, 6 November. Verfügbar unter: <https://www.wsj.com/articles/how-the-fbi-got-colonial-pipelines-ransom-money-back-11623403981> (Abgerufen am: 26.07.2021).
- United States Court of Appeals, Second Circuit** (2017). UNITED STATES OF AMERICA v. ROSS WILLIAM ULBRICHT. Docket No. 15-1815. United States Court of Appeals, Second Circuit. Verfügbar unter: <https://caselaw.findlaw.com/us-2nd-circuit/1862572.html> (Abgerufen am: 26.07.2021).
- Vigna, P. & Casey, M. J.** (2015). *Cryptocurrency: How Bitcoin and Cybermoney Are Overturning the World Economic Order*. Random House.
- Wallace, B.** (2011). „The Rise and Fall of Bitcoin“, Wired Magazine [Preprint], (December 2011). Verfügbar unter: https://web.archive.org/web/20140326095105/http://www.wired.com/magazine/2011/11/mf_bitcoin/all/ (Abgerufen am: 22.07.2021).
- Werbach, K.** (2018). *The Blockchain and the New Architecture of Trust*. Cambridge, MA, USA: MIT Press.
- Wieczner, J.** (2021). „Jack Dorsey Says Bitcoin Is Climate Friendly. Is He Right?“, Intelligencer [Preprint]. Verfügbar unter: https://nymag.com/intelligencer/2021/05/jack-dorsey-says-bitcoin-is-climate-friendly-is-he-right.html?utm_source=pocket_mylist (Abgerufen am: 26.07.2021).
- Wright, A. & De Filippi, P.** (2015). *Decentralized Blockchain Technology and the Rise of Lex Cryptographia*. SSRN Scholarly Paper ID 2580664. Rochester, NY: Social Science Research Network.
- Work, A.** (2020). *Crypto RMB: Finance Innovation or New Tool for Control?* Policy Paper. Hong Kong: Global Innovation Hub Friedrich Naumann Foundation for Freedom.
- Work, A.** (2021). *The Rise of e-RMB: Domestic Control, Global Influence*. Taipei: Global Innovation Hub Friedrich Naumann Foundation for Freedom.
- Demirgüç-Kunt, A., Klapper, L., Singer, D., Ansar, S. & Hess, J.** (2008). *The Global Findex Database 2017 Measuring Financial Inclusion and the Fintech Revolution*. Washington D. C.: International Bank for Reconstruction and Development/The World Bank.
- Yilmaz, E. Y.** (2021). „ERC-20 Token Standard | ethereum.org“. ethereum.org. Verfügbar unter: <https://ethereum.org/en/developers/docs/standards/tokens/erc-20/> (Abgerufen am: 21.09.2021).
- Yue, F.** (2021). *Tether General Counsel Tells CNBC Audit Is „Months“ Away – CoinDesk*, CoinDesk: Bitcoin, Ethereum, Crypto News and Price Data. Verfügbar unter: <https://www.coindesk.com/markets/2021/07/21/tether-general-counsel-tells-cnbc-audit-is-months-away/> (Abgerufen am: 10.09.2021).

