Der Einfluss der Geldpolitik des Eurosystems auf Bitcoin und andere Krypto-Token

Bitcoin und andere Krypto-Token machen vor allem durch ihre beträchtlichen Wertschwankungen und – im mehrjährigen Vergleich – teils hohen Marktbewertungen auf sich aufmerksam. Dass die Geldpolitik ein wichtiger Einflussfaktor für eine Vielzahl von herkömmlichen Vermögenswerten ist, ist gut belegt und könnte daher auch für den Preis von Krypto-Token vermutet werden. So wird mitunter behauptet, dass eine lockere Geldpolitik zu den Wertgewinnen der Krypto-Token beigetragen haben könnte. Der vorliegende Aufsatz geht der Frage nach der Wirkung der Geldpolitik – speziell des Eurosystems – auf die Preise von Bitcoin und anderen Krypto-Token nach.

Erste Anzeichen dafür, dass die Geldpolitik des Eurosystems einen Effekt auf die Kurse von Krypto-Token haben könnte, ergeben sich, wenn kurze Zeiträume um geldpolitische Ankündigungen herum betrachtet werden. So sind die ohnehin beträchtliche Volatilität und die sonst kaum vorhandene Korrelation mit anderen Vermögenswerten tendenziell erhöht, während geldpolitische Neuigkeiten kommuniziert werden. Gleichzeitig ergeben sich aber auch Hinweise darauf, dass die Bedeutung der Geldpolitik für die Kursreaktion etwa von Aktien und Wechselkursen deutlich ausgeprägter ist als die von Krypto-Token.

Dieser Eindruck bestätigt sich durch eine ökonometrische Analyse mithilfe vektor-autoregressiver (VAR-)Modelle, die die Interdependenzen zwischen der Geldpolitik und Finanzmarktentwicklungen berücksichtigen können. Mit ihrer Hilfe lassen sich geldpolitische Impulse isolieren und deren Wirkung auf Vermögenspreise in einem längeren Zeitraum abbilden. Auch hier zeigt sich, dass die Geldpolitik des Eurosystems zwar einen signifikanten Einfluss auf die Preise wichtiger Krypto-Token hat. Geldpolitische Impulse erklären aber nur einen kleinen Teil der volatilen Kursentwicklung.

Konzeptionell unterscheiden sich Krypto-Token auf vielerlei Weise von herkömmlichen Vermögenswerten. So handelt es sich bei den Token um Werteinheiten von dezentralen Zahlungssystemen, die mit kryptografischen Verfahren übertragen werden. Weil damit Werte weitgehend anonym digital übertragen werden können, werden die Token auch für illegale Zwecke eingesetzt. Oft gibt es keinen zentralen Emittenten, und neue Token entstehen anhand festgelegter Regeln, die keine flexible Anpassung der umlaufenden Menge erlauben, um etwa auf Nachfrageveränderungen zu reagieren. Diese Besonderheiten machen sich auch empirisch bemerkbar und tragen dazu bei, dass die Preise von Krypto-Token deutlich stärker schwanken als etwa Aktien- oder Wechselkurse, mit denen die Token-Preise darüber hinaus kaum korreliert sind. Damit stellen die Token in erster Linie spekulative Vermögenswerte dar, eignen sich jedoch kaum als Zahlungsmittel, zur Wertaufbewahrung oder gar als Recheneinheit.

Einleitung

Interesse an Bitcoin und anderen Krypto-Token wächst

Bitcoin und andere Krypto-Token[1] erfahren seit einiger Zeit gesteigerte Aufmerksamkeit in der Öffentlichkeit wie auch unter Finanzmarktteilnehmern. Ursprünglich erdacht als digitales Zahlungsmittel ohne Intermediäre waren sie viele Jahre kaum mehr als ein Nischenphänomen. Sie stoßen aber zunehmend auf das Interesse einer breiteren Schicht von Anlegern und institutionellen Investoren. Dieses Interesse geht unter anderem auf die im Vergleich zu anderen Vermögenswerten ausgeprägten Wertschwankungen und die oft gestiegenen Bewertungsniveaus zurück. Weil sie jedoch weder einen ihnen innewohnenden Wert haben, noch durch hinterlegte Sicherheiten gedeckt sind,[2] gegen die sie gegebenenfalls eingetauscht werden könnten, wird darin häufig auch spekulative Übertreibung vermutet. Mitunter wird auch die Einschätzung geäußert, dass eine lockere Geldpolitik zu den Wertgewinnen von Krypto-Token beigetragen hat.

Wirkung der Geldpolitik auf Vermögenswerte für Zentralbanken von Interesse, ….

Für Zentralbanken ist die Wirkung, die die Geldpolitik auf Vermögenswerte entfaltet, grundsätzlich von großem Interesse. So können Veränderungen von Vermögenspreisen Hinweise auf die Wirksamkeit verschiedener Kanäle der geldpolitischen Transmission geben. Gleichzeitig ist mit Krypto-Token wie Bitcoin oftmals die Hoffnung verbunden, dass sie Risiken vermeiden, die mit der herkömmlichen Geldpolitik assoziiert werden. So wurde Bitcoin als der Menge nach begrenzt konzipiert und ist damit automatisch knapp, um auf diese Weise den Wert des Token langfristig zu erhalten.

… so auch bei Krypto-Token

Im vorliegenden Aufsatz wird daher der Einfluss der Geldpolitik des Eurosystems auf Bitcoin und andere Krypto-Token systematisch untersucht. Dies mag nicht nur zu einem besseren Verständnis darüber beitragen, welche Rolle Krypto-Token im Finanzsystem spielen, sondern auch darüber, wo ihre hohen Wertschwankungen herrühren.

Krypto-Token in Abgrenzung zu herkömmlichen Vermögenswerten

Bitcoin erdacht im Zuge der Finanzkrise …

Der älteste Krypto-Token, Bitcoin, wurde 2008 mit dem Ziel geschaffen, ein dezentrales und weitgehend anonymes elektronisches Zahlungssystem möglich zu machen.[3] Auch im Lichte der Erfahrungen aus der damals um sich greifenden weltweiten Finanzkrise sollte das System unabhängig von Geschäfts- und Zentralbanken sein, die im traditionellen Finanz- und Zahlungsverkehrssystem eine Schlüsselrolle einnehmen.[4] Denn Banken fungieren als Intermediäre, führen also elektronische Zahlungen aus, indem sie Gelder von einem Konto auf ein anderes transferieren. Darüber hinaus bestimmt das Handeln von Geschäfts- und Zentralbanken die Wertstabilität des Zahlungsmittels selbst: Geraten Geschäftsbanken in Schieflage, können Halter das Vertrauen in den Wert des von den Instituten geschaffenen Geldes verlieren. Und auch die massiven Interventionen der Zentralbanken im Gefolge der Finanzkrise führten bei einigen Beobachtern zu der Sorge, es drohe eine Inflation, die den Geldwert des Euro verringern könnte.[5]

… als dezentrales Zahlungsmittel, …

Diese Überlegungen waren für die Konzeption von Bitcoin (vgl. Ausführungen auf S. 67 ff.) in zweierlei Hinsicht prägend: Erstens sollten Zahlungen dezentral abgewickelt werden. Während bei zentralen Datenbanksystemen nur der

1 Als Krypto-Token werden digitale Token bezeichnet, deren Übertragung innerhalb eines Netzwerks anhand eines technischen Protokolls erfolgt, das auf kryptografischen Verfahren basiert.
2 Eine bestimmte Kategorie von Krypto-Token, Stablecoins, sind so konzipiert, dass ihr Preis gegenüber einem Referenzwert stabilisiert wird. Ihr Umlauf ist oft mit herkömmlichen Vermögenswerten hinterlegt; vgl. die Ausführungen auf den S. 72–74. Diese besondere Form von Token sind jedoch nicht Thema dieses Aufsatzes.
3 Vgl.: Nakamoto (2008). Ausführungen zu Krypto-Token und der zugrunde liegenden Technologie im Zahlungsverkehr und in der Wertpapierabwicklung finden sich in: Deutsche Bundesbank (2017b) und Deutsche Bundesbank (2019).
4 Vgl.: Nakamoto (2009).
5 Auch Deflation – also ein Wertzuwachs gegenüber Gütern – ist der Funktion eines Zahlungsmittels nicht zuträglich. Viele Zentralbanken richten ihre Geldpolitik deshalb danach aus, den Wert ihrer Währung gegenüber Waren und Dienstleistungen stabil zu halten.

Wie Bitcoin funktioniert

Bei Bitcoin handelt es sich im Kern um ein Register von Transaktionen (Ledger), das gemäß einem festgelegten Regelwerk sukzessive um Einträge erweitert wird. Im Unterschied zu zentralisierten Datenbanken – etwa die Kontensysteme von Geschäftsbanken – ist Bitcoins Ledger öffentlich einsehbar, wird dezentral von einer Vielzahl von Netzwerkakteuren betrieben und ist in einem Netzwerk aus Computern verteilt (distributed).[1)] Werden Transaktionen getätigt, wird das verteilte Register aktualisiert. Die Zahlungseinheiten heißen Bitcoins.[2)] Damit ein elektronisches dezentrales Zahlungssystem funktioniert, müssen zwei grundlegende Probleme gelöst werden: Transaktionen dürfen nicht unbefugt, also ohne Erlaubnis des Übertragenden, getätigt werden können; und das Transaktionsregister muss über das gesamte Netzwerk synchron und – in Bezug auf die bereits geleisteten Transaktionen – unveränderlich gehalten werden. Bitcoin löst diese beiden Probleme mithilfe kryptografischer Verfahren.

Wenn doch das Transaktionsregister verteilt ist und ohne zentrale Instanz fortgeschrieben werden soll, wie wird verhindert, dass einzelne Teilnehmer unbefugte Einträge vornehmen? Warum können also Teilnehmer des Systems nicht einfach beliebig viele Transaktionen ins Register schreiben, in denen sie als Zahlungsempfänger ausgewiesen sind, ohne dass der Zahlende einwilligt? Die Antwort liegt in sogenannten digitalen Signaturen (Digital Signatures). Bei einem herkömmlichen zentralen Zahlungssystem erlangen nur der Zahlende selbst, der Begünstigte und die zentrale Instanz, etwa eine Bank, Kenntnis von der Transaktion. Die Bank kann über eine Identitätsprüfung – etwa die Kontrolle einer Unterschrift oder einer PIN – sicherstellen, dass Transaktionen tatsächlich von der Person angestoßen werden, deren Konto belastet wird. Im dezentralen, öffentlichen Zahlungssystem von Bitcoin sind den Teilnehmern öffentliche Schlüssel (Public Keys) in Form von Zeichenfolgen zugeordnet, zwischen denen Zahlungen ausgetauscht werden – vergleichbar mit Kontonummern. Durch die zusätzliche Eingabe eines privaten Schlüssels (Private Key) – vergleichbar mit einer PIN oder einem Passwort – können Zahlungen vom Sender digital signiert werden.[3)] Nur wenn der eingegebene private Schlüssel zum öffentlichen Schlüssel passt, kann die digitale Signatur tatsächlich vom Zahlenden stammen. Dies können alle Teilnehmer des Systems anhand kryptografischer Verfahren leicht verifizieren, ohne den privaten Schlüssel selbst zu kennen. Da die digitale Signatur, welche ebenfalls aus einer bloßen Abfolge von Zeichen besteht, prinzipiell beliebig oft kopiert werden kann, könnten im Prinzip Zahlungen von jedem Teilnehmer des Systems vielfach dupliziert werden, sobald ein privater Schlüssel einmal eingegeben worden ist. Dies wird aber dadurch verhindert, dass die digitale Signatur nicht nur von den involvierten öffentlichen Schlüsseln und dem zu zahlenden Betrag abhängt, sondern auch von einer einmalig zugeteilten Identifikationsnummer. Würde dieselbe digitale Signatur damit für eine zweite, ansonsten identische Zahlung kopiert, würde diese als ungültig

1 Die auf solchen und ähnlichen Verfahren beruhenden Methoden werden deshalb auch Distributed Ledger Technology (DLT) genannt, vgl. etwa: Deutsche Bundesbank (2017b).
2 Jeder einzelne Bitcoin besteht aus 100 Millionen Satoshis, in Anlehnung an den oder die Autoren des Whitepapers von Bitcoin. Die Autorenschaft ist nicht geklärt.
3 Eine einführende Beschreibung der sog. Private-Public Key Cryptography findet sich etwa in Auer und Böhme (2020).

erkannt und nicht ins öffentliche Register eingetragen.

Ist das Register aber verteilt auf eine Vielzahl von Computern, wie wird es synchronisiert, wie also sichergestellt, dass auf allen Computern stets dieselben Transaktionen in derselben Reihenfolge eingetragen werden? Wird eine Transaktion ausgeführt, muss überall im Netzwerk vermerkt werden, dass sie stattgefunden hat, bevor weitere getätigt werden können. Denn in der Tat ergeben sich die „Guthaben" jedes einzelnen „Kontos", also eines öffentlichen Schlüssels, lediglich implizit als Saldo aller zurückliegenden Transaktionen. Damit also überhaupt Bitcoins transferiert werden können, müssen in der Vergangenheit mehr Zu- als Abflüsse verzeichnet worden sein. Nur wenn eine Synchronisierung gewährleistet ist, können sich Zahlungsempfänger darüber hinaus sicher sein, dass ein Übertrag stattgefunden hat. Denn ein Begünstigter kann nur dann tatsächlich vom Empfang einer Zahlung ausgehen, wenn die Teilnehmer des Netzwerks zustimmen, dass der empfangene Wert nicht bereits vor der Transaktion schon einmal ausgegeben worden war und sich an dieser Einschätzung mit hoher Wahrscheinlichkeit auch nichts ändern wird. Ganz entscheidend ist also, dass es im gesamten Netzwerk einen Konsens über die Reihenfolge der Transaktionen gibt. In der Lösung dieses Problems liegt die eigentliche Innovation von Bitcoin. So schlug Nakamoto (2008) ein Konsensprotokoll (Consensus Protocol) vor: ein Regelwerk, das mithilfe kryptografischer Methoden die Reihenfolge der Transaktionen sowie die Schreibrechte für neue Transaktionen festlegt, ohne dass eine zentrale Instanz darüber bestimmen muss.

Die Grundprinzipien des Bitcoin-Protokolls sind, dass das Eintragen von neuen Transaktionen ins Register Kosten verursachen muss und dass neue Einträge auf älteren aufbauen müssen. Umgesetzt wird dies mithilfe sogenannter Hash-Funktionen (Hash Functions). Wird eine solche Funktion auf eine beliebige Zeichenfolge (Input) angewandt, ergibt sich ein scheinbar zufälliges, jedoch tatsächlich deterministisch bestimmtes Ergebnis in Form einer neuen Zeichenfolge mit festgelegter Stellenanzahl (Output). Entscheidend dabei ist, dass es keine Möglichkeit gibt, vom Output auf den Input zu schließen. Möchte man also, dass der Output bestimmten, vom Regelwerk vorgeschriebenen Kriterien genügt – etwa mit einer bestimmten Anzahl von Nullen beginnt –, gibt es keine andere Möglichkeit als verschiedene zufällige Inputs auszuprobieren.

Genau dies passiert beim Eintragen neuer Zahlungen ins Bitcoin-Register: Damit ein neuer Eintrag vom Netzwerk anerkannt wird, muss der eintragende Teilnehmer einen passenden Hash-Input gefunden haben. Weil dies für jeden einzelnen Versuch sehr unwahrscheinlich ist, kann davon ausgegangen werden, dass eine extrem hohe Anzahl von Versuchen unternommen worden sein muss und damit eine große Menge Rechenleistung investiert wurde.[4)] Ist der Input aber einmal gefunden, kann sofort von allen Teilnehmern durch Anwenden der Hash-Funktion verifiziert werden, dass er das kryptografische Rätsel löst, also tatsächlich zu einem Output führt, der den Anforderungen genügt. Alle Teilnehmer aktualisieren daraufhin ihre Kopie des Registers um den neuen Eintrag von Transaktionen. Anschließend beginnt die Suche nach Inputs von Neuem, um weitere Einträge ins Register hinzuzufügen. Entscheidend dabei ist, dass der Input der Hash-Funktion nicht be-

4 Weil das Vorweisen einer Lösung damit als Beweis dafür gilt, dass Rechenleistung investiert worden ist, spricht man auch von Proof of Work (PoW).

liebig ist, sondern zu einem Teil aus der Lösung des vorhergehenden Eintrags bestehen muss. Auf diese Weise wird sichergestellt, dass die Einträge im Register aufeinander aufbauen, also eine feste Reihenfolge bekommen. Zudem wird verhindert, dass „vorgearbeitet" werden kann: Weil die Suche nach einer Lösung stets auf dem aktuellsten Eintrag aufbaut, muss von Neuem begonnen werden, sollte ein anderer Eintrag zuerst hinzugefügt werden.[5)]

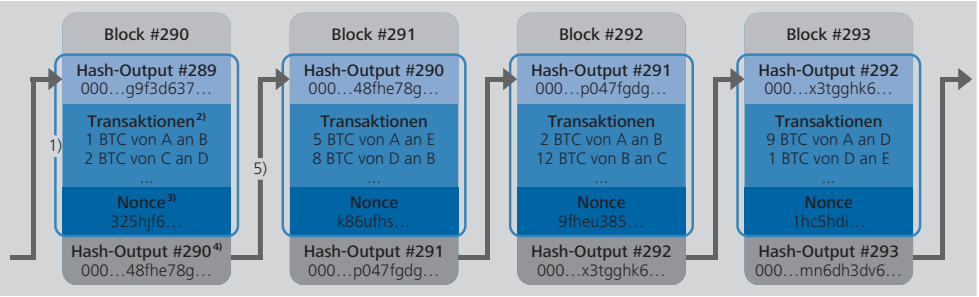
Warum aber sollte es überhaupt notwendig sein, dass das Eintragen von Transaktionen ins Register Kosten in Form von Rechenleistung für das Lösen von kryptografischen Rätseln verursacht? Der Grund ist in einer Regel des Protokolls zu finden, der zufolge das Netzwerk stets diejenige Version des Transaktionsregisters akzeptiert, die am meisten Einträge aufweist.[6)] Um das zu verstehen, ist es zielführend, sich zu überlegen, wie ein Manipulationsversuch aussähe, bei dem die Transaktionsabfolge rückwirkend geändert würde – etwa um Transaktionen ungeschehen zu machen und Bitcoins ein zweites Mal ausgeben zu können (Double Spending). Würde ein Teilnehmer dies versuchen wollen, müsste er dem Netzwerk die Lösung für das zugehörige kryptografische Rätsel des geänderten Eintrags präsentieren, also Rechenleistung aufwenden. Damit aber nicht genug: Je länger die auszulöschende Transaktion zurückliegt, desto wahrscheinlicher ist es, dass bereits weitere Einträge im Register vorhanden sind, die kryptografisch sukzessive auf der zu löschenden Transaktion aufbauen. Wann würde das Netzwerk diese gemeinschaftlich ignorieren und stattdessen das geänderte Register akzeptieren? Wegen der Regel, stets auf der Version des Registers mit den meisten Einträgen aufzubauen, wird dies nur dann geschehen, wenn Lösungen von kryptografischen Rätseln für mehr Einträge vorgewiesen werden können, als seitdem von allen anderen Teilnehmern hinzugekommen sind. Dass dies gelingt, ist praktisch ausgeschlossen, solange nicht mehr als die Hälfte der Rechenleistung des gesamten Netzwerks vereint werden kann – was mit hohen Kosten verbunden wäre.[7)] Die eigentliche Idee des Bitcoin-Protokolls liegt deshalb darin, dass das Ändern von einmal vom Netzwerk akzeptierten Zahlungseinträgen untragbar kostspielig sein muss und somit die Transaktionshistorie im Register vor Manipulation geschützt ist.

In der Praxis lösen transaktionswillige Teilnehmer des Netzwerks nicht etwa selbst die beschriebenen kryptografischen Rätsel, um ihre Transaktionen ins Register aufnehmen zu lassen. Vielmehr überlassen sie dies sogenannten Minern, die über darauf spezialisierte Hardware und damit über eine große Menge Rechenleistung verfügen. Auch werden Transaktionen nicht einzeln ins Register aufgenommen, sondern zuvor von den Minern in Transaktionsblöcken (Blocks) gesammelt. Weil das Transaktionsregister damit nichts anderes als eine Kette von aneinandergereihten Blöcken ist, spricht man auch von einer Blockchain, die sukzessive um Einträge erweitert wird.[8)] Das Schaubild auf Seite 70 zeigt beispielhaft das Ergebnis des beschriebenen Prozesses.

Das Hinzufügen neuer Blöcke verursacht allerdings nicht nur wegen der erforder-

5 Eyal und Sirer (2014) untersuchen formal, unter welchen Umständen es sich lohnen kann, die gefundene Lösung eines kryptografischen Rätsels nicht im Netzwerk zu kommunizieren, sondern stattdessen zunächst „im Geheimen" die Lösung des darauf aufbauenden Rätsels zu suchen.
6 Man spricht von der Longest Chain Rule. Zur Frage, inwiefern diese tatsächlich geeignet ist, stets einen Konsens unter den Teilnehmern des Systems herzustellen vgl.: Halaburda et al. (2020).
7 Zur Frage, wie wahrscheinlich ein solcher Manipulationsversuch mit mehr als der Hälfte der Rechenleistung ist, vgl.: Garratt und Hayes (2014), Budish (2018) und Auer (2019).
8 Einen Überblick über Konzepte und Anwendungsgebiete der Blockchain-Technologie bietet: Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (2019).

Vereinfachte Illustration der Bitcoin-Blockchain



Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Auer (2019). **1** Hash-Input setzt sich aus drei Komponenten zusammen: Hash-Output des vorherigen Blocks, aus Transaktionen abgeleitete Daten und Nonce. **2** Digital signierte Transaktionen werden von Minern gesammelt und zu Blöcken zusammengefügt. **3** Zeichenabfolge, die durch Ausprobieren vom Miner gefunden werden muss, damit der Hash-Output den Anforderungen genügt. **4** Ergibt sich aus den Hash-Inputs. Muss mit einer bestimmten Anzahl von Nullen beginnen, damit der Block vom Netzwerk akzeptiert wird. **5** Weil eine Komponente des Hash-Inputs der Output des vorherigen Blocks ist, ergibt sich eine Verkettung: Sollte ein bereits hinzugefügter Block geändert werden, müssten die Lösungen für alle nachfolgenden Blöcke erneut gefunden werden.

Deutsche Bundesbank

lichen leistungsstarken Hardware, sondern vor allem aufgrund des enormen Energieverbrauchs hohe Kosten für die Miner.[9)] Sie werden dafür auf zweifache Art und Weise entlohnt. Zunächst können Teilnehmer ihren Transaktionen Gebühren hinzufügen. Besonders wenn Transaktionen höher priorisiert werden sollen und viele Teilnehmer Zahlungen gleichzeitig durchführen wollen, werden sie die Gebühren erhöhen. Dies tun sie, um möglichst schnell von den Minern berücksichtigt zu werden, die alle ausstehenden Zahlungen sukzessive in die der Größe nach begrenzten Blöcke aufnehmen. Darüber hinaus ist im Bitcoin-Protokoll festgelegt, dass erfolgreiche Miner mit jedem neu hinzugefügten Block eine bestimmte Anzahl an neu geschaffenen Bitcoins bekommen.[10)]

Im Entstehen neuer Bitcoins liegt eine weitere wichtige Besonderheit des Bitcoin-Protokolls. So legt das Regelwerk fest, wie lange es etwa dauert, einen neuen Block hinzuzufügen und wie viele Bitcoins pro Block geschaffen werden. Vorgesehen ist, dass etwa alle zehn Minuten die Lösung für ein kryptografisches Rätsel gefunden und ein neuer Block hinzugefügt wird. Um dies zu erreichen, wird die Schwierigkeit der kryptografischen Rätsel regelmäßig – alle 2016 Blöcke[11)] – angepasst. Wird eine Weile sehr viel Rechenaufwand von den Minern investiert, sodass die kryptografischen Rätsel schneller gelöst werden, werden die Anforderungen an den Output der Hash-Funktion erhöht – und damit die zu erwartende Lösungsdauer. Umgekehrt wird die Schwierigkeit verringert, wenn es eine Weile im Mittel länger als zehn Minuten gedauert hat, neue Blöcke hinzuzufügen. Die Anzahl neuer Bitcoins, die mit jedem Block geschaffen werden, wird ebenfalls periodisch angepasst, und zwar wird sie alle 210 000 Blöcke

9 Nach Schätzungen des Cambridge Centre for Alternative Finance im Mai 2021 verbraucht das gesamte Validieren von Bitcoin-Zahlungen 144 TWh pro Jahr, was in etwa dem gesamten Energieverbrauch der Niederlande entspricht. Vgl. auch: De Vries (2018). Ein Treiber für den hohen Energieverbrauch ist der Bitcoin-Preis selbst. Wie im Folgenden ausgeführt, werden Miner in Bitcoins entlohnt und konkurrieren untereinander um die Lösung der kryptografischen Rätsel. Bei steigenden Bitcoin-Preisen bestehen damit Anreize, in höhere Rechenleistung zu investieren, was wiederum zur Folge hat, dass der Schwierigkeitsgrad der kryptografischen Rätsel erhöht wird – und damit der zu erwartende Energieverbrauch, um eine Lösung zu finden.
10 Aus der wahrgenommenen Analogie zum Schürfen von Rohstoffen (Mining) erklärt sich auch der Begriff des Miners. Ökonomische Analysen zu den Anreizen von Minern finden sich u. a. in: Ma et al. (2018) sowie Prat und Walter (2021).
11 Das entspricht etwa zwei Wochen.

halbiert.[12] So betrug die Anzahl neuer Bitcoins pro Block zu Beginn des Netzwerks Anfang 2009 noch 50. Sie wurde Ende 2012 auf 25 reduziert und Mitte 2016 auf 12,5. Seit Mitte 2020 beträgt sie nunmehr 6,25. Damit legt das Regelwerk also fest, dass die Angebotsmenge an Bitcoins in hohem Maße voraussehbar wächst und langfristig beschränkt ist: Schreibt man den Prozess in die Zukunft fort, ergibt sich, dass es nie mehr als 21 Millionen Bitcoins geben wird.[13]

12 Das entspricht etwa vier Jahren.
13 Dies wird voraussichtlich etwa im Jahr 2140 der Fall sein, wobei über 18 Millionen Bitcoins bereits geschaffen worden sind. Es kann allerdings nicht ausgeschlossen werden, dass das Regelwerk, das die insgesamt 21 Millionen Bitcoins vorsieht, in Zukunft geändert wird. So kam es bereits 2017 wegen einer Uneinigkeit unter den Nutzern zu einer Abspaltung (Hard Fork) eines Teils des Netzwerks, um die Anzahl von Transaktionen pro Zeiteinheit erhöhen zu können. Grundsätzlich vorstellbar ist eine solche Abspaltung auch im Falle einer Uneinigkeit über die Gesamtmenge oder das Entstehen neuer Bitcoins. Die originäre Version des Protokolls könnte zwar stets weiterbetrieben werden. Es könnte jedoch sein, dass Marktteilnehmer mehrheitlich die andere Version vorziehen würden und der originäre Token an Bedeutung verlöre.

Betreiber des Systems, also etwa eine Bank, Zahlungen ausführen und einsehen kann, werden Werttransfers bei Bitcoin von einer Vielzahl von Teilnehmern validiert und sind in pseudonymisierter Form öffentlich einsehbar.[6] Damit sollte vermieden werden, dass eine Abhängigkeit von einzelnen Institutionen im Zentrum des Systems besteht, auf deren Handlungen und Fortbestand vertraut werden müsste.

… mit mechanisch anwachsender, endlicher Menge umlaufender Token, …

Ein zweiter Punkt betrifft die Steuerung der Menge an umlaufenden Token. Diese ist bei Bitcoin mechanisch an das Hinzufügen von Transaktionsblöcken in das Zahlungsregister geknüpft und damit in hohem Maße vorhersehbar. Gleichzeitig ist festgelegt, dass sich die Emission von Bitcoins über die Zeit verlangsamt und schließlich zum Erliegen kommen wird. Damit ist auch die Gesamtmenge an Bitcoins, die dem derzeitigen Regelwerk zufolge jemals existieren wird, endlich.[7]

In dieser Hinsicht ist Bitcoin mit anderen physisch begrenzten Zahlungsmitteln und Vermögenswerten vergleichbar.[8] Die Mengenbegrenzung erlaubt keine diskretionären Eingriffe. Zentralbanken können dagegen bei Bedarf die geldpolitische Ausrichtung weitgehend nach eigenem Ermessen anpassen und so den Wert der von ihnen ausgegebenen Währung

6 Wertetransfers finden bei Bitcoin zwischen öffentlichen Schlüsseln (Public Keys, vgl. die Ausführungen auf den S. 67 ff.) statt, sodass nicht direkt auf die hinter den Schlüsseln stehende Identität geschlossen werden kann.
7 Es ist jedoch grundsätzlich vorstellbar, dass das Regelwerk in Zukunft geändert wird, was allerdings einen Konsens unter den Nutzern erfordert, das Protokoll in dieser Hinsicht anzupassen. Vgl. die Ausführungen auf den S. 67 ff.
8 Die Angebotssteuerung von Bitcoin ist in den Augen von einigen Nutzern an natürlich vorkommende Rohstoffe wie Gold angelehnt. Auch hier wachse das Angebot durch Schürfen des Edelmetalls in verhältnismäßig gut prognostizierbarer Weise an, die auf der Erde vorhandene Menge Goldes ist jedoch begrenzt. Diese Anlehnung kommt auch im Begriff des Bitcoin Mining zum Ausdruck. Wie das Schürfen von Rohstoffen verursacht es Kosten und ist ressourcenintensiv. Wie auf den S. 67 ff. ausgeführt, dient hier der Ressourcenaufwand jedoch nicht eigentlich dem Schaffen neuer Bitcoins, sondern soll die Blockchain, das Zahlungsregister, vor Manipulation schützen.

Andere Krypto-Token: Altcoins

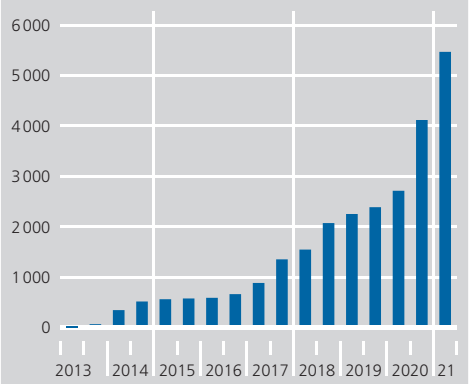
Neben Bitcoin existiert eine Vielzahl weiterer Krypto-Token, die Altcoins genannt werden.[1)] Das unten stehende Schaubild zeigt illustrativ die Anzahl der auf der Webseite www.coinmarketcap.com gelisteten Krypto-Token im Zeitablauf. Vor allem im Nachgang des starken Anstiegs des Bitcoin-Preises Ende 2017 kamen viele Token hinzu, während deren Anzahl zuvor teilweise stagniert hatte. Zuletzt gab es weit über 5 000 verschiedene Krypto-Token, die gemessen an der Marktkapitalisierung jedoch überwiegend unbedeutend sind.[2)]

Die Entstehung neuer Krypto-Token ist unter anderem auf das Hinzukommen neuer Blockchain-Lösungen zurückzuführen, die beispielsweise mehr Transaktionen, geringeren Energieverbrauch oder eine komplexere Rechenlogik als die Bitcoin-Blockchain ermöglichen.[3)] Unterschiede reichen von den eingesetzten kryptografischen Hash-Funktionen über die Größe und Häufigkeit neuer Transaktionsblöcke bis hin zu fundamental anderen Regelwerken zur Transaktionsvalidierung.[4)] Teilweise stellen diese Unterschiede im Design einen Versuch dar, als problematisch wahrgenommene Eigenschaften von Bitcoin zu beheben.[5)]

Bitcoin Cash (BCH) beispielsweise ging 2017 aus einer Abspaltung (Hard Fork) von Bitcoin hervor, um die Größe der Transaktionsblöcke von einem auf acht Megabyte erhöhen zu können.[6)] Damit sollte der mangelnden Skalierbarkeit der Bitcoin-Blockchain begegnet werden – also dem Problem, dass sich innerhalb einer gewissen Zeit nur eine sehr beschränkte Anzahl an Transaktionen durchführen lässt,[7)] was zu Transaktionsverzögerungen und hohen Transaktionskosten führen kann.[8)] Einen anderen Weg war zuvor Litecoin gegangen, eine Blockchain, deren Transaktionsblöcke alle zweieinhalb statt

Anzahl erfasster Krypto-Token*)

Halbjahresendstände



Quelle: Coinmarketcap. * Anzahl der auf Coinmarketcap.com gelisteten Krypto-Token mit Angaben zur Marktkapitalisierung.
Deutsche Bundesbank

1 Von Englisch „Alternative Coins". Für eine Einordnung der Entwicklung siehe auch: Deutsche Bundesbank (2017b, 2019, 2021).
2 Die Webseite Coingecko nennt sogar mehr als 8 000 Token. Auch Coinmarketcap, auf dessen Informationen die Grafik basiert, zählt insgesamt über 10 000, bietet jedoch Informationen über Marktpreise und -kapitalisierung nur von den in der Grafik beschriebenen gut 5 000 Token an.
3 Zudem unterstützen einige Blockchain-Lösungen die Ausgabe verschiedener Krypto-Token, die dann über die jeweilige Blockchain übertragen werden können. Dadurch muss zur Ausgabe eines neuen Krypto-Tokens nicht zwangsläufig eine eigene Blockchain programmiert werden.
4 Zu Begriffen wie „kryptografische Hash-Funktion", „Transaktionsblock" oder „Validierung" vgl. S. 67 ff.
5 Andere Marktteilnehmer sehen hingegen in einigen an Bitcoin kritisierten Aspekten gar dessen eigentliche Stärke, etwa im ressourcenintensiven Konsensmechanismus.
6 Dem war ein intensiver Streit innerhalb der Bitcoin-Community vorausgegangen, die „Blocksize Wars". Dieser mündete in einer Hard Fork, einer Aufspaltung der Blockchain in zwei Ledger. Diese existieren seither getrennt voneinander, haben aber bis zum Zeitpunkt der Spaltung dieselbe Transaktionshistorie. Soiman et al. (2021) geben einen Überblick über zahlreiche weitere Hard Forks bei Krypto-Token.
7 Es lassen sich maximal etwa sieben Transkationen pro Sekunde validieren – ein Bruchteil dessen, was bestehende Zahlungssysteme bewerkstelligen.
8 Besonders zu Zeiten hoher Auslastung des Netzwerks beliefen sich die Transaktionsgebühren im Durchschnitt auf über 50 US-$, während sie in ruhigen Zeiten bei weit unter 1 US-$ liegen. Ökonomische Analysen zu den Transaktionsgebühren finden sich in: Easley et al. (2019) und Huberman et al. (2020).

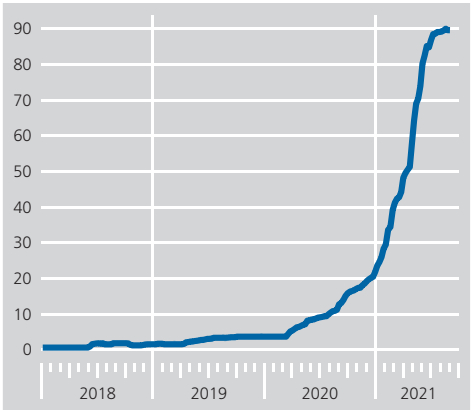
wie bei Bitcoin alle zehn Minuten erstellt werden. Auf diese Weise können also viermal so viele Transaktionen validiert werden.[9)]

Andere Blockchains versuchen das Problem der mangelnden Skalierbarkeit, wie es bei der Bitcoin-Blockchain der Fall ist, durch alternative Konsensverfahren zu beheben, wie zum Beispiel dem Proof of Stake (PoS). Im Gegensatz zu Proof of Work (PoW) hängt die Wahrscheinlichkeit, dass ein Validierer ausgewählt wird, hier nicht vom Anteil seiner Rechenleistung ab, sondern vom Anteil der zu diesem Zweck eingebrachten Krypto-Token (Staking).[10)] Beiden Konsensverfahren ist damit gemein, dass Teilnehmer des Systems umso mehr neue Transaktionen validieren können, je mehr sie investiert haben – in Rechenleistung und spezialisierte Hardware bei PoW sowie über den Besitz und den Einsatz von Krypto-Token bei PoS.[11)] Beide Verfahren basieren also auf der Idee, dass Teilnehmer umso weniger Anreize haben, das System zu manipulieren, je mehr sie selbst involviert sind, und dass es für Außenstehende ausgesprochen kostspielig wäre, Manipulationen vorzunehmen. Während Befürworter von PoW mitunter argumentieren, dass PoS weniger sicher sei, kommt es jedoch ohne Mining aus. Die Energiebilanz von PoS kann damit deutlich positiver ausfallen. Zu den bekanntesten Blockchains, die auf PoS-Basis entwickelt wurden, gehören Cardano, Solana, Algorand und Tezos. Es gibt zudem Bestrebungen, bereits vorhandene Blockchain-Lösungen auf PoS umzustellen.[12)]

Ferner sind im Laufe der Zeit Blockchains entwickelt worden, die im Vergleich zur Bitcoin-Blockchain zusätzliche Funktionalitäten bereitstellen. Das bekannteste Beispiel dafür ist die Ethereum-Blockchain, die 2015 startete.[13)] Auf der Ethereum-Blockchain lässt sich das Ausführen von Transaktionen mithilfe von komplexen Smart Contracts „programmieren“. Auf Basis derartiger Smart Contracts können komplexe Anwendungsfälle automatisiert ausgeführt werden, was mitunter in der Entstehung sogenannter dezentraler Finanzanwendungen (Decentralised Financial Applications) münden kann.[14)]

Marktkapitalisierung von Stablecoins

Mrd €, Wochenwerte



Quelle: Coincodex.
Deutsche Bundesbank

Eine wichtige Kategorie von Krypto-Token sind Stablecoins.[15)] Im Gegensatz zu anderen Token, deren Preis mit dem Angebot und der Nachfrage schwankt, wird bei Stablecoins versucht, den Preis stabil zu hal-

9 2018 wurde die Blockgröße bei BCH weiter auf 32 Megabyte erhöht. Andere Marktteilnehmer setzen hingegen auf Weiterentwicklungen des Bitcoin-Netzwerks selbst, um dem Problem der mangelnden Skalierbarkeit Herr zu werden. Ein Beispiel dafür ist das sog. Lightning Network, das es erlaubt, private Zahlungskanäle zwischen Einzelparteien zu eröffnen und nur deren Salden auf der eigentlichen Blockchain validieren zu lassen, vgl.: Divakaruni und Zimmerman (2020).
10 Eine formale mikroökonomische Analyse von PoS findet sich in: Gans und Gandal (2019).
11 Die Wahrscheinlichkeit, ausgewählt zu werden, bestimmt sich bei PoS nach der Anzahl an Coins, die ein potenzieller Validierer bereit ist, für eine Zeit lang zu blocken. Diese Coins fungieren dem Netzwerk gegenüber als eine Art Pfand. Sie würden im Falle eines nachgewiesenen Missbrauchs zerstört, um den Validierer zu ehrlichem Verhalten zu verleiten.
12 Die Ethereum Foundation etwa plant dies für das weiter unten beschriebene Ethereum-Netzwerk.
13 Vgl.: Buterin (2013).
14 Ausführliche Darstellungen zu dezentralen Finanzanwendungen wie auch zu den damit verbundenen Herausforderungen und Risiken finden sich in: Deutsche Bundesbank (2021).
15 Vgl.: Arner et al. (2020).

ten.[16] Die meisten bestehenden Stablecoins streben etwa an, stets einen Wechselkurs von 1:1 zum US-Dollar zu halten. Andere orientieren sich am Euro oder anderen Währungen, Edelmetallen wie Gold oder an einem Korb mehrerer Vermögenswerte.

Das Schaubild auf Seite 73 zeigt die Marktkapitalisierung der am Markt befindlichen Stablecoins.[17] Im Unterschied zu Krypto-Token mit schwankenden Kursen spiegelt ein Zuwachs der Marktkapitalisierung nicht in erster Linie Bewertungseffekte wider. Werden zusätzliche Stablecoins nachgefragt, müssen neue Token geschaffen werden, um deren Preis konstant zu halten. Weil die Angebotsmenge also völlig elastisch auf die Nachfrage reagiert, entspricht ein Zuwachs der Marktkapitalisierung einem Anstieg der umlaufenden Menge an Token. Im Vergleich zum Gesamtmarkt aller Krypto-Token ist der Markt für Stablecoins allerdings noch immer klein (Ende August 2021 gut 5 %). Gemessen am Transaktionsvolumen auf Krypto-Tauschplätzen und auf dezentralen Handelsplattformen spielen Stablecoins jedoch eine zunehmend wichtigere Rolle.[18]

16 Es existieren unterschiedliche Ansätze, die für Wertstabilität sorgen sollen. Darunter fallen etwa die Hinterlegung der Token mit liquiden Mitteln der Vermögenswerte, gegenüber denen der Stablecoin stabilisiert werden soll, sowie algorithmische Verfahren. Tatsächlich gelingt es nicht immer, den Preis stabil zu halten, und es hat bei einigen Stablecoins bereits erhebliche Abweichungen vom Zielwert gegeben. Ökonomische Analysen zu den Stabilitätsrisiken von Stablecoins und den Anreizen der Emittenten finden sich in: Li und Mayer (2020), Klages-Mundt et al. (2020) sowie d'Avernas et al. (2021). Eine Einordnung von Stablecoins in die Geld- und Finanzgeschichte bieten Gorton und Zhang (2021).
17 Die zugrunde liegenden Daten stammen von privaten Webseiten. Sie sind insofern weniger belastbar als Daten offizieller Institutionen, geben aber einen ungefähren Überblick über die Verhältnisse und werden auch in der akademischen Forschung häufig herangezogen, vgl. etwa: Bouri et al (2017a) sowie Liu und Tsyvinsky (2018),
18 Laut Chainalysis (2021) machten Stablecoins im ersten Quartal 2021 den größten Teil des Handelsvolumens aller Krypto-Token aus.

beeinflussen, etwa mit dem Ziel, Preisstabilität zu gewährleisten und Wertschwankungen, wie sie für Bitcoin typisch sind, zu vermeiden.

… ohne zentralen Emittenten oder Hinterlegung von Sicherheiten

Im Fehlen eines Emittenten besteht schließlich ein weiterer Unterschied von Bitcoin zu herkömmlichen Vermögenswerten. So gibt es keine zentrale Instanz, gegen die etwa ein Bitcoin-Besitzer einen rechtlichen Anspruch geltend machen könnte. In der Tat bedeutet der Besitz von Krypto-Token nichts Anderes, als einen Eintrag im Zahlungsregister des Netzwerks zu haben, dass zu einem vorigen Zeitpunkt Werteinheiten zum derzeitigen Besitzer transferiert wurden. Eigner der Token müssen sich also darauf verlassen, dass das System nicht kompromittiert wird oder der Zugriff auf eigene Token verloren geht, weil in einem solchen Fall keinerlei Forderung geltend gemacht werden könnte. Bitcoin ist nicht durch hinterlegte Sicherheiten gedeckt, und das Halten der Token ist mit keinerlei Erträgen – wie etwa Zinszahlungen bei Anleihen oder Dividenden bei Aktien – verbunden.

Vielzahl von Krypto-Token mit unterschiedlichen Charakteristika, …

Neben Bitcoin gibt es mittlerweile eine Vielzahl von weiteren Krypto-Token, die Altcoins genannt werden.[9] Je nach Konzeption können diese Bitcoin teils stark ähneln oder sich in einzelnen Aspekten deutlich unterscheiden (vgl. Ausführungen auf den S. 72 ff.). Gemein ist jedoch vielen der nach Marktkapitalisierung bedeutendsten Token, dass Werteinheiten dezentral übertragen werden und die umlaufende Menge zwar nicht notwendigerweise endlich ist, aber mechanisch anwächst, ohne dass eine zentrale Instanz nach eigenem Ermessen darüber entscheiden würde. Trotz der großen Anzahl von Altcoins kann sich Bitcoin nach wie vor als mit Abstand bedeutendster Token behaupten – man spricht von Bitcoin-Dominanz (vgl. Ausführungen auf den S. 75 f.). Aus diesen Gründen – und weil Bitcoin als erster Krypto-

… Bitcoin aber nach wie vor mit Abstand der bedeutendste Token

9 Von Englisch „Alternative Coins".

Bitcoin-Dominanz im Markt für Krypto-Token

Der Markt für Krypto-Token ist in den vergangenen Jahren stark gewachsen. Lag die Marktkapitalisierung aller Token, also die Anzahl von umlaufenden Token multipliziert mit deren Preis, ausgedrückt in Euro, in den ersten Jahren nach der Einführung von Bitcoin bei wenigen Milliarden Euro, so nahm sie im Laufe des Jahres 2017 rasant zu und stieg erstmals im Dezember 2017 auf über 600 Mrd € an. 2018 ging die Marktkapitalisierung wieder zurück, stieg aber Ende 2020 erneut stark an und erreichte im Mai 2021 ihren bisherigen Höchstwert von fast 2 Billionen €.[1)]

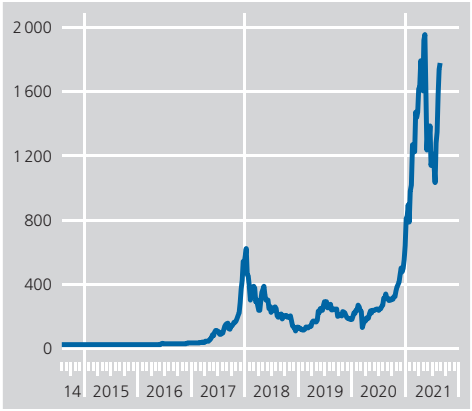
Diese Entwicklung spiegelt in erster Linie Bewertungseffekte wider: Die Marktkapitalisierung schwankt also vor allem mit den Marktpreisen der einzelnen Token. Ein anderer Treiber der Marktdynamik besteht aber auch in der Entstehung immer neuer Krypto-Token. Kamen in den ersten Jahren nach der Einführung von Bitcoin im Januar 2009 nur wenige neue Token hinzu – wie etwa Litecoin, Ripple und Ether –, drängten vor allem nach dem starken Preisanstieg Ende 2017 zahlreiche neue Krypto-Token auf den Markt.[2)]

Machte Bitcoin 2014 noch über 90 % der Marktkapitalisierung aus, sank der Anteil im Laufe des Jahres 2017 auf zwischenzeitlich unter 40 %. Der Anteil neuerer, kleinerer Krypto-Token nahm auf über 20 % zu, und auch andere bereits zuvor etablierte Token, wie beispielsweise Ether, gewannen an Bedeutung. Obwohl es mittlerweile tausende von Krypto-Token gibt, konnte sich Bitcoin als mit Abstand wichtigster Token behaupten. So legte dessen alleiniger Anteil am gesamten Markt ab 2018 wieder zu und lag Ende August 2021 bei 44 % – man spricht von Bitcoin-Dominanz.[3)]

Neben der Marktkapitalisierung ist das Handelsvolumen auf Krypto-Handelsplattformen ein weiterer Indikator, um die Bedeutung des Marktes und einzelner Krypto-Token zu beurteilen. Es gibt eine Reihe von Webseiten, die Angaben zum aggregierten Handelsvolumen auf den vielen Krypto-Handelsplätzen machen, auf denen die Krypto-Token gegen traditionelle Währungen und untereinander getauscht werden können. Die angegebenen Handelsvolumina belaufen sich je nach Krypto-Token auf mehrere Milliarden Euro am Tag, gelten jedoch mitunter als erheb-

Marktkapitalisierung von Krypto-Token

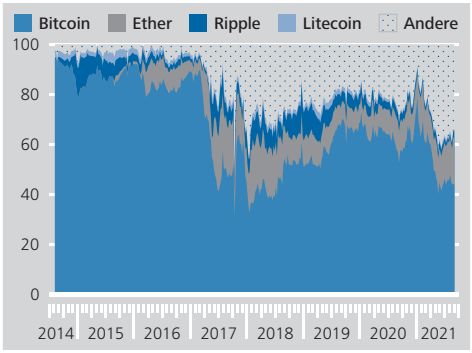
Mrd €, Wochenwerte



Quelle: Coinmarketcap.
Deutsche Bundesbank

Anteile ausgewählter Krypto-Token an der Marktkapitalisierung des Gesamtmarkts

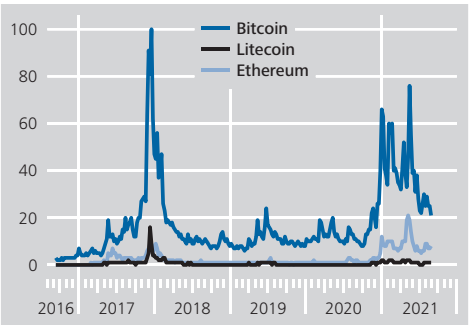
in %, Wochenwerte



Quelle: Coinmarketcap und eigene Berechnungen.
Deutsche Bundesbank

1 Die zugrunde liegenden Daten stammen von privaten Webseiten. Sie sind insofern weniger belastbar als Daten offizieller Institutionen, geben aber einen ungefähren Überblick über die Verhältnisse und werden häufig herangezogen.
2 Einen Überblick bieten die Ausführungen auf den S. 72 ff.
3 Gandal und Halaburda (2016) analysieren den Wettbewerb zwischen Krypto-Token und untersuchen, inwiefern Netzwerkeffekte Bitcoin als ältestem Token zugutekommen.

Google-Suchanfragen zu ausgewählten Krypto-Token*)



Quelle: Google Trends. * Weltweite Internetsuchanfragen zu den Begriffen „Bitcoin", „Litecoin" und „Ethereum" mit der Suchmaschine von Google; Angaben relativ zum Maximalwert der Suchanfragen zu Bitcoin im Dezember 2017 (= 100).
Deutsche Bundesbank

Schließlich lässt sich die Bitcoin-Dominanz auch am öffentlichen Interesse an unterschiedlichen Krypto-Token ablesen, beispielsweise gemessen an der relativen Häufigkeit weltweiter Suchanfragen beim Suchmaschinenanbieter Google. Dabei wird unterschieden nach den Begriffen „Bitcoin" im Vergleich zu „Litecoin" und dem „Ethereum"-Netzwerk. Die Werte sind dabei relativ zum größten Suchinteresse zu Bitcoin im Dezember 2017 angegeben. Das nebenstehende Schaubild macht die Bitcoin-Dominanz auch in der öffentlichen Wahrnehmung deutlich.

lich überzeichnet.[4)] Dennoch kann ein Blick auf die Anteile der einzelnen gehandelten Krypto-Token einen Anhaltspunkt für deren relative Bedeutung liefern. Wie zuvor zeigt sich hier die Marktdominanz von Bitcoin mit rund 34 % Marktanteil, gefolgt von Ether mit rund 26 %.[5)]

4 Schätzungen zufolge besteht ein substanzieller Anteil des ausgewiesenen Handelsvolumens auf gängigen Krypto-Handelsplattformen aus sog. Wash Sales, vgl.: Cong et al. (2021) sowie Aloosh und Li (2021). Dabei werden von Investoren gleichzeitig Kauf- und Verkaufsorders gegeben, um künstliches Handelsvolumen auf den Krypto-Handelsplattformen zu schaffen. Das angegebene Handelsvolumen spielt etwa eine Rolle im Wettbewerb der Krypto-Handelsplattformen um Marktanteile und Transaktionsgebühren.
5 Grundlage sind die auf Coinmarketcap.com angegebenen Handelsvolumina in einem 30-Tageszeitraum von Mitte Juli bis Mitte August 2021. Nicht berücksichtigt sind dabei Stablecoins, die häufig genutzt werden, um Krypto-Token untereinander zu tauschen.

Token als Reaktion auf als problematisch wahrgenommene Eigenschaften des bestehenden Finanzsystems entworfen wurde – liegt der Fokus dieses Aufsatzes zu großen Teilen auf Bitcoin selbst sowie einigen anderen bedeutenden und ähnlich konzipierten Token.

Preisentwicklung von Krypto-Token

Die beschriebenen besonderen Charakteristika von Krypto-Token machen sich auch empirisch bemerkbar.[10)] So verhalten sich deren Marktpreise oft anders als die herkömmlicher Vermögenswerte, insbesondere was die Anfälligkeit für Wertschwankungen angeht.

Marktpreise von Krypto-Token mit Wertzuwächsen, …

Betrachtet man beispielsweise Marktpreise von Bitcoin sowie anderer bedeutender Token, die bereits seit vielen Jahren existieren, wie Ether und Litecoin, zeigt der Trend der Wertentwicklung insgesamt nach oben. Die Marktpreisentwicklung weist jedoch auch zahlreiche merkliche Zyklen auf. In solchen „Boom-Bust-Phasen" stiegen die Token innerhalb vergleichsweise kurzer Zeit um ein Vielfaches im Preis, um danach wieder einen großen Teil des Wertzuwachses abzugeben.

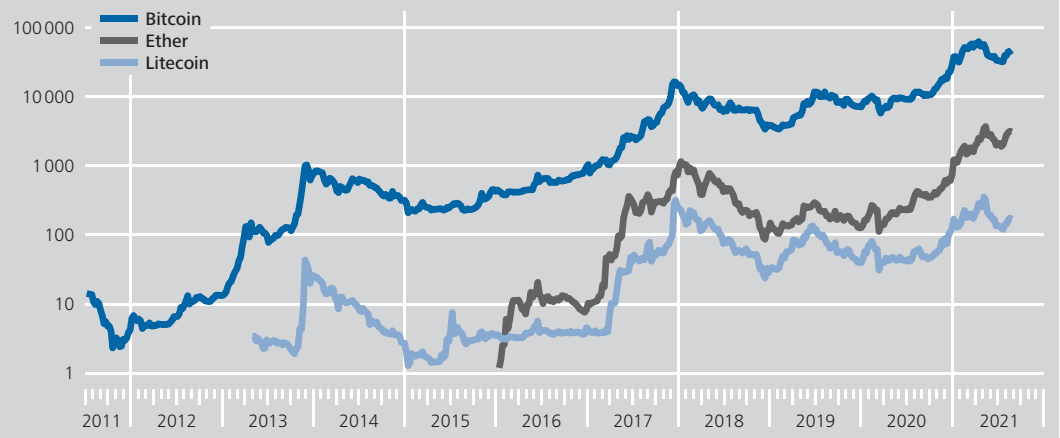
… hoher Volatilität, …

Um das Ausmaß der Wertschwankungen zu erfassen, empfiehlt sich ein Vergleich mit den Preisen anderer Vermögenswerte. Dabei kann man sich beispielsweise an der täglichen Rendite-Volatilität orientieren, einem Maß für die typische prozentuale Renditeveränderung von Tag zu Tag.[11)] So schwankte die tägliche Rendite risikobehafteter Aktien – etwa für einen Index der nach Marktkapitalisierung größten börsengelisteten Unternehmen im Euroraum – im

10 Eine Übersicht über die empirische Literatur zu den Preisen von Krypto-Token findet sich in: Corbet et al. (2019).
11 Berechnet als Standardabweichung der täglichen prozentualen Wertveränderungen der betrachteten Vermögenswerte.

Marktpreise ausgewählter Krypto-Token*)

US-Dollar, log. Maßstab



Quellen: Coinmarketcap und Bitcoinity. * Werte abgetragen ab einem Marktpreis von 1 US-$.
Deutsche Bundesbank

Durchschnitt der letzten Jahre rund 1 Prozentpunkt über den Zeitraum eines Tages. Etwas geringer waren die Renditeschwankungen bei Gold, und die Änderungsrate des Wechselkurses des Euro zum US-Dollar veränderte sich typischerweise sogar nur um weniger als ½ Prozentpunkt. Um ein Vielfaches höher hingegen war die Volatilität bei Krypto-Token. Während die Rendite von Bitcoin rund 4 Prozentpunkte im Wert schwankte, war die durchschnittliche tägliche Wertverschiebung bei Ether und Litecoin mit rund 6 Prozentpunkten sogar noch größer. Und selbst diese deutlich höheren Zahlen gelten nur für einen durchschnittlichen Tag. Sie verdecken damit, dass die Marktpreise der erwähnten Krypto-Token in der Vergangenheit mehrfach innerhalb nur eines Tages um mehrere dutzend Prozent stiegen oder fielen.

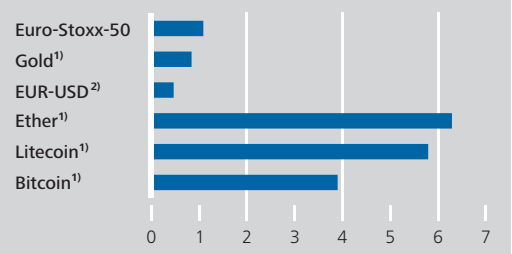
… geringer Korrelation mit anderen Vermögenswerten, …

Die Marktpreise der Token sind jedoch nicht nur außergewöhnlich volatil. Auch weisen die Renditen gängiger Token keinen systematischen Zusammenhang mit herkömmlichen Vermögenswerten auf. So korrelieren die Renditen der drei oben genannten Krypto-Token kaum mit denen von Aktien oder Wechselkursen: Die jeweiligen Korrelationskoeffizienten liegen nahe null. Nur wenig höher ist die Korrelation mit Gold.

… jedoch mit hohem Gleichlauf untereinander

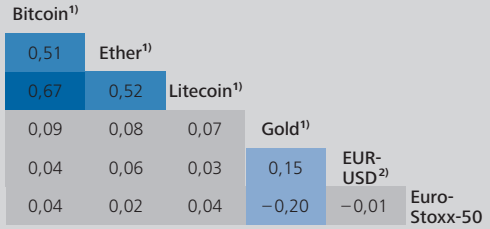
Ganz anders ist der Zusammenhang zwischen den drei betrachteten Krypto-Token selbst. Hier ist die Korrelation beträchtlich, die Koeffizienten liegen bei über 0,5 und sind damit vergleichsweise hoch. Die Preise der Token tendieren also dazu, sich im Lauf eines Tages ähnlich zueinander zu entwickeln, jedoch anders als die von Aktien, Wechselkursen oder Edelmetallen. In der Tat weisen wissenschaftliche Untersuchungen auf einen Rendite-Risiko-Zusammenhang von Krypto-Token hin, der sich in der Vergan-

Rendite-Volatilität von ausgewählten Krypto-Token und konventionellen Vermögenswerten*)



Quellen: Coinmarketcap, EZB und eigene Berechnungen. * Standardabweichung der täglichen prozentualen Wertveränderungen der betrachteten Vermögenswerte. Zeitraum: August 2015 (erstmalige Notierung von Ether) bis Juni 2021. Wegen des Markteinbruchs im Zuge der Covid-19-Krise wurden die Werte aus dem März 2020 bei der Berechnung nicht berücksichtigt. **1** Auf US-Dollar-Basis. **2** Euro-US-Dollar-Wechselkurs.
Deutsche Bundesbank

Korrelation von ausgewählten Krypto-Token untereinander und mit anderen Vermögenswerten*)



Quellen: Coinmarketcap, EZB und eigene Berechnungen. * Grad der Einfärbung signalisiert Höhe der Korrelation. Zeitraum: August 2015 (erstmalige Notierung von Ether) bis Juni 2021. Wegen des Markteinbruchs im Zuge der Covid-19-Krise wurden die Werte aus dem März 2020 bei der Berechnung nicht berücksichtigt. **1** Auf US-Dollar-Basis. **2** Euro-US-Dollar-Wechselkurs.

Deutsche Bundesbank

genheit grundsätzlich von dem herkömmlicher Vermögenswerte unterschied.[12)]

Konzeptionelle Überlegungen zur Wirkung der Geldpolitik auf Krypto-Token

Wirkung der Geldpolitik auf Vermögenspreise zu erwarten, etwa bei Aktien …

Eine umfangreiche wirtschaftswissenschaftliche Literatur beschäftigt sich mit der Frage, wie die Marktpreise verschiedenster Vermögenswerte bestimmt werden. Theoretische Überlegungen legen nahe, dass etwa Aktienpreise von Gewinnerwartungen des dahinterstehenden Unternehmens sowie vom Zinssatz abhängig sind, der benutzt wird, um die zukünftigen, als Dividenden ausgeschütteten Gewinne zu diskontieren. Damit sollten geldpolitische Veränderungen auf mindestens zwei Arten auf Aktienkurse wirken: Senkt die Zentralbank etwa den Leitzins oder kommuniziert sie einen niedrigeren zukünftigen Zinspfad (niedrigerer Diskontsatz), werden die erwarteten Unternehmensgewinne weniger stark abgezinst. Der diskontierte Wert steigt damit mechanisch an. Stimuliert die Zinssenkung zusätzlich das allgemeine Wirtschaftsgeschehen, so können auch die Gewinnerwartungen selbst zunehmen, was ebenfalls einen höheren Aktienkurs zur Folge hätte.

… und Wechselkursen

Auch wirken geldpolitische Impulse auf den Wechselkurs, also den relativen Preis zweier Währungen. Theoretischen Überlegungen zufolge sollte der Kurs zwischen einem Währungspaar wesentlich vom relativen Zinsniveau in den zwei Währungsräumen abhängen.[13)] Sinken also beispielsweise die Zinsen im Euroraum, verlagert sich ein Teil der Nachfrage nach zinstragenden Wertpapieren zum Beispiel in die Vereinigten Staaten, sofern die Zinsen dort nicht ebenfalls sinken. Der US-Dollar würde entsprechend stärker nachgefragt, der Euro weniger stark – die Gemeinschaftswährung wertete also gegenüber dem US-Dollar ab.[14)]

Unmittelbarer Effekt der Geldpolitik auf Preise von Krypto-Token in Euro, …

Dass geldpolitische Impulse der EZB eine Wirkung auch auf die Preise von Krypto-Token in Euro haben sollten, liegt damit ebenfalls nahe. Ebenso wie der Euro durch eine geldpolitische Lockerung des Eurosystems etwa gegenüber dem US-Dollar an Wert verliert (der Preis des US-Dollar steigt also gemessen in Euro an), ist davon auszugehen, dass auch die Euro-Preise anderer Vermögenswerte und Güter zunehmen, so auch der Euro-Preis von Bitcoin. Solange Bitcoin mit nur geringen Friktionen international gegen verschiedene Währungen ge-

12 Liu und Tsyvinski (2018) analysieren, inwiefern die Preise der drei Krypto-Token Bitcoin, Ripple und Ether von Bestimmungsfaktoren abhängig sind, die in der empirischen Wirtschaftsforschung oft eingesetzt werden, um die Rendite etwa von Aktien zu erklären. Die Autoren kommen zu dem Schluss, dass die für andere Anlageklassen aufgedeckten Zusammenhänge für die genannten Krypto-Token nicht gelten. Stattdessen identifizieren sie eigene, krypto-token-spezifische Bestimmungsfaktoren, bspw. in Bezug auf vergangene Renditen der Token (Momentum-Factor). Ankenbrand und Bieri (2018) bestätigen anhand verschiedener Kriterien, dass Krypto-Token eine eigene Anlageklasse darstellen, die sich in vielerlei Hinsicht von herkömmlichen unterscheidet.

13 Dieser Zusammenhang wird in der wirtschaftswissenschaftlichen Literatur durch das Theorem der (ungedeckten) Zinsparität beschrieben. Dies besagt, dass der erwartete Ertrag einer sicheren Anlage in heimischer Währung gleich dem einer äquivalenten sicheren Anlage in ausländischer Währung sein muss. Unterscheiden sich die nominalen Renditen zwischen den Währungsräumen, sorgt eine erwartete Veränderung des Wechselkurses dafür, dass die erwarteten Erträge sich ausgleichen. Nähere Ausführungen dazu finden sich in: Deutsche Bundesbank (2005). Dedola et al. (2020) beschreiben solche und weitere Bestimmungsfaktoren des Wechselkurses, die sich aus theoretischen Überlegungen ableiten lassen.

14 Eine umfangreiche Analyse der Wirkungen der Geldpolitik auf den Wechselkurs des Euro findet sich in: Deutsche Bundesbank (2020).

handelt werden kann, sollten im Anpassungsprozess der Euro-Preis und der mit dem laufenden Wechselkurs in Euro umgerechnete US-Dollar-Preis des Tokens nur geringfügig voneinander abweichen. Anderenfalls wären Arbitragegeschäfte möglich.[15)]

… darüber hinausgehende Wirkung auf Krypto-Token a priori jedoch weniger offensichtlich

Warum sich allerdings darüber hinaus am Bitcoin-Preis auch in US-Dollar etwas ändern sollte, ist zunächst weniger offensichtlich. Im Unterschied zu Anleihen verspricht Bitcoin keine Zinszahlungen und im Unterschied zu Aktien keine Gewinnausschüttungen, die durch eine geldpolitische Lockerung zunähmen oder weniger stark abgezinst würden. Auch wird Bitcoin im allgemeinen Wirtschaftsgeschehen nach wie vor nicht verbreitet als Zahlungsmittel eingesetzt. Sein Wert sollte damit nicht maßgeblich vom Ausmaß der wirtschaftlichen Aktivität getrieben sein, die von einer geldpolitischen Lockerung profitieren sollte.[16)]

Vorstellung von Bitcoin als Inflationsschutz könnte geldpolitische Effekte begründen, …

Vielmehr könnte eine geldpolitische Wirkung in der bisweilen propagierten Funktion von Bitcoin als Inflationsschutz begründet liegen. Macht eine geldpolitische Lockerung in den Augen einzelner Marktteilnehmer das hypothetische Szenario einer rapiden zukünftigen Geldentwertung wahrscheinlicher, könnten diese vor allem Anlageobjekte nachfragen, die sich einer Angebotssteuerung entziehen. Der Bitcoin-Kurs würde dann besonders stark von als übermäßig expansiv wahrgenommener Geldpolitik profitieren.[17)]

… wie auch die Suche nach Rendite, …

Schließlich wird in den hohen Bewertungsniveaus von Krypto-Token aber mitunter auch schlicht der Ausdruck spekulativer Übertreibung gesehen, die unter anderem auf lockere Geldpolitik zurückzuführen sei. Weil selbst risikobehaftete Anleihen teils keine positiven Zinsen aufweisen, würden Anleger in ihrer Suche nach Rendite zunehmend hochspekulative Vermögenswerte in Betracht ziehen und auf weitere Kurssteigerungen hoffen.[18)] Gerade weil Krypto-Token keinen Zahlungsstrom versprechen und auch nicht prominent als Zahlungsmittel eingesetzt werden, seien deren hohe Marktpreise am ehesten mit einer geldpolitisch ausgelösten Liquiditätsschwemme erklärbar, die die Marktpreise aller möglichen risikobehafteten Vermögenswerte in die Höhe treibe.[19)]

… Hypothesen bedürfen aber empirischer Überprüfung

Sollten also entweder durch Geldpolitik getriebene Spekulationen oder die Sorge vor Geldentwertung wesentliche Treiber der Wertentwicklung von Bitcoin und anderen Krypto-Token sein,[20)] wäre zu erwarten, dass deren Preise sensibel auf geldpolitische Impulse reagieren. Inwiefern dies der Fall ist, soll im Folgenden untersucht werden.

---

15 So würden Investoren Bitcoin günstig in Euro kaufen, teurer für US-Dollar verkaufen und anschließend die erworbenen US-Dollar wieder in den abgewerteten Euro umtauschen. Tatsächlich sind die Preise von Krypto-Token in unterschiedlichen Währungen nicht gänzlich frei von scheinbaren Arbitragemöglichkeiten. So können etwa persistente Unterschiede bestehen zwischen dem US-Dollar-Preis von Bitcoin und dessen (in US-Dollar umgerechneten) Preis in anderen Währungen, besonders denen von Entwicklungs- und Schwellenländern. Diese Preisunterschiede spiegeln Friktionen im beschriebenen Anpassungsprozess wider, die sich etwa durch Transaktionskosten und Kapitalverkehrskontrollen ergeben können sowie durch Risiken, die aus der hohen Volatilität der Preise entstehen, vgl.: Kroeger und Sarkar (2016) sowie Makarov und Schoar (2020). Besonders ausgeprägt war die Preisdifferenz in der Vergangenheit beim koreanischen Won, vgl.: Choi et al. (2020). Die Preisunterschiede zwischen US-Dollar- und Euro-Preis von Bitcoin sind hingegen meist sehr klein, und die oben beschriebenen Arbitragegeschäfte dienen vornehmlich der Illustration.

16 Liu und Tsyvinski (2018) etwa finden keine Hinweise darauf, dass der Marktwert von Bitcoin von makroökonomischer Aktivität abhängt.

17 Es könnte sein, dass ein solcher Effekt sich vor allem bei deutlich höheren Inflationsraten niederschlägt, als in der jüngeren Vergangenheit beobachtet wurden. Ein solcher nichtlinearer Effekt wäre anhand historischer Daten schwieriger nachzuweisen. Zum grundsätzlichen Problem, kausale Effekte geldpolitischer Impulse nachzuweisen, vgl. die Ausführungen auf S. 82 f.

18 Die wirtschaftswissenschaftliche Literatur spricht in diesem Zusammenhang von Search for Yield, vgl.: Rajan (2005) sowie Borio und Zhu (2012). Belegt ist dieses Verhalten vor allem für Finanzinstitute wie Banken oder Geldmarkt- und Pensionsfonds, vgl. etwa: Jiménez et al. (2015) sowie Di Maggio und Kacperczyk (2016). Es gibt aber auch Anzeichen für eine „Suche nach Rendite" durch private Haushalte in Form von Portfolioumschichtungen zugunsten renditestärkerer Anlageformen, vgl. etwa Deutsche Bundesbank (2016a) für Deutschland. Auch kalkulieren Finanzmarktakteure bei steigenden Vermögenspreisen möglicherweise mit sinkenden Verlustwahrscheinlichkeiten, weshalb lockere Geldpolitik dazu beitragen könnte, zusätzliche Risiken einzugehen, vgl. etwa: Deutsche Bundesbank (2016b).

19 Vgl. etwa: Bloomberg (2021).

20 Laut De Haan und van den End (2017) besteht dabei ein Zusammenhang. So lieferten ungewöhnlich hohe Vermögenspreise in der Vergangenheit oft Hinweise auch auf zukünftig hohe Inflationsraten.

Hinweise auf die Bedeutung der Geldpolitik des Eurosystems für Krypto-Token

Empirische Literatur betrachtet Reaktion von Vermögenspreisen in kurzen Zeiträumen um geldpolitische Beschlüsse herum

Um einen Eindruck davon zu erlangen, ob und wie geldpolitische Entscheidungen auf Vermögenspreise wirken, betrachtet die wirtschaftswissenschaftliche Literatur oft die Reaktion dieser Preise in kurzen Zeiträumen um geldpolitische Beschlüsse herum.[21] Steigen etwa die Preise von Aktien unmittelbar nach Bekanntgabe einer geldpolitischen Ankündigung, während sie zuvor und danach seitwärts verlaufen, so ist es plausibel, dass der Anstieg vornehmlich auf den geldpolitischen Impuls zurückgeführt werden kann. Dass die Preise von Anleihen, Aktien und Fremdwährungen tatsächlich oft unmittelbar und signifikant auf geldpolitische Beschlüsse reagieren, ist in der empirischen Forschung gut belegt.[22] Erste Hinweise auf eine Wirkung der Geldpolitik des Eurosystems auch auf Krypto-Token könnten also gewonnen werden, indem eine solche Analyse wie im Folgenden auf Token-Preise ausgeweitet wird. Dabei kommt es entscheidend darauf an, in welcher Währung Krypto-Token-Preise ausgedrückt werden. Weil wie oben ausgeführt eine Wirkung auf Euro-Preise wenig verwunderlich ist und Bitcoin vor allem gegen US-Dollar gehandelt wird, werden die Token in der folgenden Analyse stets in US-Dollar ausgedrückt.

Bitcoin-Preis um geldpolitische Beschlüsse herum tendenziell volatiler, …

Zunächst wird ein Blick auf die durchschnittliche Renditevolatilität von Bitcoin und anderen Vermögenswerten um geldpolitische Beschlüsse des EZB-Rats herum geworfen. Der betrachtete Zeitraum beginnt 15 Minuten vor Veröffentlichung der EZB-Pressemitteilung um 13:45 Uhr und dauert bis 75 Minuten nach Beginn der anschließenden Pressekonferenz um 14:30 Uhr; alles in allem reicht er also von 13:30 Uhr bis 15:45 Uhr. Es zeigt sich, dass die ohnehin schon schwankungsanfälligen Bitcoin-Preise in diesem Zeitraum an Tagen geldpolitischer Ankündigungen im Mittel um gut 10 % volatiler sind als an gewöhnlichen Nachmittagen ohne Beschlüsse des EZB-Rats. Dieses Ergebnis könnte darauf hinweisen, dass geldpolitische Entscheidungen auch für die Märkte von Krypto-Token von Belang sind, weil sie zu Preisveränderungen führen, die ungewöhnlich stark sind. Der Unterschied zwischen Tagen mit und ohne geldpolitische Ankündigungen ist jedoch nicht statistisch signifikant, solange auch Tage mit extremen Wertbewegungen berücksichtigt werden.[23]

… Volatilitätszunahme jedoch bei Aktien- und Wechselkursen stärker und dort auch statistisch signifikant

Weitere Erkenntnisse liefert ein Vergleich dieser Resultate mit analogen Berechnungen für den Goldpreis, den Euro-US-Dollar-Wechselkurs sowie die Aktienindizes S&P 500 (für die USA) und Euro-Stoxx-50 (für den Euroraum). Es stellt sich dabei heraus, dass die Volatilität einiger dieser Renditen um die Bekanntgabe geldpolitischer Beschlüsse herum deutlich stärker erhöht ist. So ist die durchschnittliche Volatilität für den Euro-Stoxx-50 doppelt so hoch wie gewöhnlich, die des Euro-US-Dollar-Kurses sogar gut zweieinhalbmal so hoch. Diese Unterschiede sind jeweils statistisch hoch signifikant. Einen nur leicht höheren Anstieg als bei Bitcoin weisen die Renditeschwankungen von Gold und dem US-amerikanischen Aktienindex S&P 500 auf. Die zugehörigen Konfidenzintervalle verdeutlichen aber, dass der Anstieg bei anderen Vermögenswerten in der Regel mit weniger Unsicherheit behaftet ist als bei Bitcoin.

---

21 Kuttner (2001) und Gürkaynak et al. (2005) zählen zu den ersten Studien, die dieses Vorgehen vorschlugen, das sich mittlerweile etabliert hat. Dabei werden in der Regel alle planmäßigen Sitzungen des jeweiligen geldpolitischen Entscheidungsgremiums berücksichtigt, unabhängig davon, welche Ankündigungen gemacht werden. Insbesondere muss ein geldpolitischer Beschluss nicht zwangsläufig mit der Änderung etwa des Leitzinses oder eines Ankaufprogramms verbunden sein, sondern berücksichtigt jegliche geldpolitische Kommunikation in einem engen Zeitfenster um Pressemitteilungen und Pressekonferenzen im Anschluss der Sitzungen.

22 Vgl.: Zettelmeyer (2004), Bernanke und Kuttner (2005), Altavilla et al. (2019), Gilchrist et al. (2019), Deutsche Bundesbank (2017a, 2020) und Gürkaynak et al. (2021).

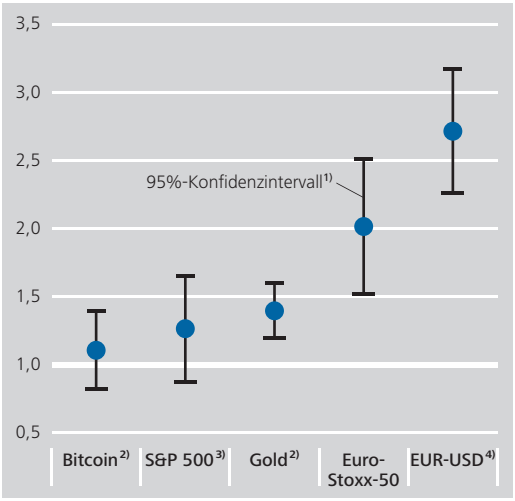
23 Die Differenz beträgt rd. ein Drittel und ist dann statistisch signifikant, wenn man für die Berechnung der Werte die volatilsten 10 % aller Tage unberücksichtigt lässt. So kam es an nicht wenigen Tagen in der Vergangenheit zu extremen Bewegungen des Bitcoin-Preises. Der Ausschluss dieser besonders volatilen Bewegungen würde einen Vergleich „gewöhnlicher" Tage mit denen geldpolitischer Ankündigungen erlauben.

Bitcoin-Preis um geldpolitische Beschlüsse herum stärker mit anderen Vermögenspreisen korreliert

Ein ähnlicher Vergleich lässt sich auch beim zweiten zuvor diskutierten Charakteristikum von Krypto-Token ziehen: deren niedrige Korrelation mit den Marktpreisen anderer Vermögenswerte. Korrelationskoeffizienten zwischen den Renditen von Bitcoin und denen von Aktienindizes, Gold und des Euro-US-Dollar-Wechselkurses verdeutlichen, dass der Zusammenhang im beschriebenen kurzen Zeitraum um geldpolitische Ankündigungen des EZB-Rats stärker ist als sonst. So steigen die Korrelationskoeffizienten von zuvor unter 10 % auf fast 30 %.[24)] Auch hier stellt sich allerdings heraus, dass dieser Zuwachs teils nicht statistisch hoch signifikant ist und geringer ausfällt als der etwa für Aktienindizes und Wechselkurse untereinander – die Korrelation zwischen dem Euro-Stoxx-50 und dem Euro-US-Dollar-Wechselkurs etwa beträgt im geldpolitischen Zeitfenster rund 60 %.

Zusammenfassend liefern die bisherigen Ergebnisse also ein Indiz dafür, dass geldpolitische Entscheidungen auch für Krypto-Token wie Bitcoin von Bedeutung sein könnten. Gleichzeitig scheint der relative Einfluss der Geldpolitik auf die Marktpreise von Aktien, Edelmetallen und Fremdwährungen auf den ersten Blick bedeutender. Allerdings berücksichtigt die vorausgegangene Analyse ausschließlich die unmittelbare Reaktion unterschiedlicher Vermögenspreise auf geldpolitische Ankündigungen. Die ohnehin sehr hohe Preisvolatilität von Krypto-Token könnte es erschweren, eine eindeutige geldpolitische Wirkung in kurzen Zeiträumen nachzuweisen. Auch sind die Märkte für Krypto-Token weniger liquide als die vieler herkömmlicher Vermögenswerte, was die Aussagekraft einer auf Hochfrequenzdaten basierenden Analyse einschränken könnte. Es stellt sich deshalb die Frage, ob ein systematischer Zusammenhang auch über längere Zeiträume festgestellt werden kann und ob geldpolitische Impulse einen quantitativ bedeutenden Teil der Bewe-

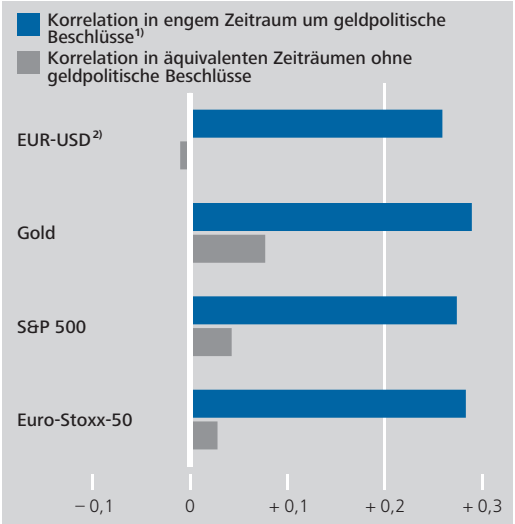
Vervielfachung der Rendite-Volatilität um geldpolitische Beschlüsse*)



Quellen: Tickstory, Bitcoincharts und eigene Berechnungen. * Durchschnittliche Standardabweichung der prozentualen Wertveränderungen der betrachteten Vermögenswerte anhand von Fünfminutendaten um geldpolitische Beschlüsse des EZB-Rats herum (15 Minuten vor Beginn des Pressestatements bis 75 Minuten nach Beginn der anschließenden Pressekonferenz). Werte angegeben relativ zu einem äquivalenten Zeitfenster an Tagen ohne geldpolitische Beschlüsse. Untersuchungszeitraum: Januar 2015 bis Juni 2021. **1** 95%-Konfidenzbänder anhand eines t-Tests auf Mittelwertgleichheit der Werte im und außerhalb des geldpolitischen Fensters. **2** Auf US-Dollar-Basis. **3** Außerbörslicher Handel. **4** Euro-US-Dollar-Wechselkurs.

Deutsche Bundesbank

Korrelation der Renditen von Bitcoin und herkömmlichen Vermögenswerten um geldpolitische Beschlüsse*)



Quellen: Tickstory, Bitcoincharts.com und eigene Berechnungen. * Untersucht wurde der Zeitraum von Januar 2015 bis Juni 2021. Bereinigt um einige Tage mit extremen Wertentwicklungen der betrachteten Vermögenswerte (20. Juli 2017 und 12. März 2020 für Bitcoin sowie 22. Oktober 2015 und 03. Dezember 2015 für den Euro-Stoxx-50). **1** 15 Minuten vor Beginn des Pressestatements bis 75 Minuten nach Beginn der anschließenden Pressekonferenz. **2** Euro-US-Dollar-Wechselkurs.

Deutsche Bundesbank

24 Die Korrelation mit dem Euro-Stoxx-50 liegt allerdings bei unter 20 %, wenn auch der 22. Oktober 2015 in der Analyse berücksichtigt wird, an dem Bitcoin kurz vor der geldpolitischen Ankündigung des EZB-Rats knapp 2 % an Wert gewann.

gungen von Krypto-Token-Preisen über den Zeitablauf erklären können. Zur Beantwortung solcher Fragen bedarf es ökonometrischer Modelle, die geeignet sind, kausale Aussagen über die dynamischen Auswirkungen geldpolitischer Impulse zu machen.

Ökonometrische Untersuchungen zum kausalen Effekt geldpolitischer Impulse auf Krypto-Token

Abgrenzung von geldpolitischen Einflussfaktoren entscheidend, …

Um den Einfluss der Geldpolitik auf Finanzmarktpreise und andere Variablen im Zeitablauf untersuchen zu können, ist es erforderlich, geldpolitische Impulse von anderen Einflussfaktoren abzugrenzen. War es bei der Hochfrequenzanalyse noch plausibel, die unmittelbaren Marktreaktionen auf Ankündigungen der EZB hauptsächlich den geldpolitischen Impulsen zuzurechnen, ist dies bei größeren Zeitabständen nicht mehr der Fall.

… jedoch mit Herausforderungen verbunden

Ein Beispiel mag das Problem illustrieren: Viele Zentralbanken weltweit sind in ihrem Mandat der Preisstabilität verpflichtet, sie versuchen also, die Inflationsrate auf einem niedrigen Niveau zu stabilisieren. Zumindest kurzfristig wird die Preissteigerungsrate jedoch noch von vielen anderen Faktoren als der Geldpolitik bestimmt, etwa Ereignissen auf internationalen Rohstoffmärkten oder Lohnabschlüssen, die einen Einfluss auf die Preise von Vorleistungsgütern der Unternehmen beziehungsweise die Kosten für Arbeitskräfte haben. Antizipiert die Zentralbank allgemein steigenden Preisdruck, wird sie die Zinsen erhöhen, um so einer steigenden Inflation entgegenzuwirken. Gelingt es der Notenbank, die Inflationsrate in den folgenden Monaten stabil in der Nähe des Zielwerts zu halten, lässt sich daraus jedoch nicht der Schluss ziehen, dass die Zinserhöhung keinen Effekt auf das Preisniveau hatte – schließlich wäre die Inflation ohne geldpolitische Anpassung annahmegemäß gestiegen. Und auch wenn die Zentralbank zu zaghaft reagieren sollte, die Inflationsrate also dennoch steigt, wäre es falsch, zu schlussfolgern, dass Zinserhöhungen stattdessen zu steigenden statt sinkenden Preisen führen. Eine bloße Betrachtung dessen, wie sich nur in größeren Zeitabständen vorliegende Variablen nach einer Veränderung eines geldpolitischen Instruments entwickeln, reicht also nicht aus, um Aussagen darüber treffen zu können, welchen kausalen Effekt ein geldpolitischer Impuls hat.

Ökonometrische Modelle erlauben Identifizierung geldpolitischer Schocks

Zur Lösung derartiger Probleme hat die wirtschaftswissenschaftliche Literatur ökonometrische Modelle entwickelt, die es erlauben, „strukturelle Schocks“ zu identifizieren. Dabei geht es darum, die vielen beobachtbaren potenziellen Einflussfaktoren, die auf Preise und andere ökonomische Variablen wirken können, in einzelne, voneinander abgegrenzte Komponenten (Schocks) zu zerlegen. Mit Blick auf die Geldpolitik bedeutet dies: Die Modelle versuchen denjenigen Teil etwa der Zinsveränderungen zu isolieren, bei dem die Zentralbank nicht bloß auf andere, exogene Faktoren reagiert, sondern selbst aktiv eingreift. Gelingt dies, sind die Modelle in der Lage, den kausalen Effekt der Geldpolitik auf einzelne Variablen im Zeitablauf darzustellen und dessen relative Bedeutung einzuordnen.

Oft Einsatz von VAR-Modellen, …

Oft kommen dafür vektor-autoregressive (VAR-) Modelle zum Einsatz. In einem ersten Schritt wird dabei mit statistischen Verfahren ermittelt, wie verschiedene Variablen im Zeitablauf miteinander in Verbindung stehen und sich zueinander verhalten. Ein Teil der Veränderungen jeder einzelnen Variable wird dabei auf die vergangenen Entwicklungen aller anderen Variablen zurückgeführt werden können. Ein anderer Teil wird jedoch von der Modellstruktur, also den geschätzten Abhängigkeiten der Variablen untereinander, unerklärt bleiben, und bildet die Grundlage für die Identifikation der oben erwähnten strukturellen Schocks.

… die um Informationen von außerhalb des Modells erweitert werden

Im Laufe der Zeit sind dafür verschiedene Verfahren entwickelt worden. Besonders für die Identifikation von geldpolitischen Schocks erfreuen sich dabei Ansätze zunehmender Be-

liebtheit, die Informationen von außerhalb des Modells hinzuziehen. In Proxy-VAR-Modellen etwa kommen Instrumentenvariablen zum Einsatz.[25] Bei diesen Instrumentenvariablen handelt es sich oft um die Reaktion kurzfristiger Zinsen in kurzen Zeiträumen um geldpolitische Ankündigungen herum. Ganz ähnlich wie bei der oben beschriebenen unmittelbaren Reaktion anderer Finanzmarktvariablen ist es plausibel, dass eine solche Veränderung kurzfristiger Zinsen ganz überwiegend durch die geldpolitischen Beschlüsse oder Ankündigungen ausgelöst wird, während andere Einflussfaktoren kaum eine Rolle spielen dürften. Die Zinsreaktionen deuten zudem darauf hin, dass die Marktteilnehmer von den Beschlüssen zumindest zum Teil überrascht wurden. Die Veränderung der Zinsen sollte damit also nicht eine bloße Reaktion der Zentralbank auf Veränderungen im Wirtschaftsgeschehen darstellen, denn diese sollten schon zuvor in den Marktpreisen berücksichtigt gewesen sein.[26] Wird diese Information über unmittelbare Zinsreaktionen also hinzugezogen, kann abgeschätzt werden, welcher Teil der vom Modell im ersten Schritt nicht erklärten Veränderung der Zinsen tatsächlich auf den exogenen geldpolitischen Impuls zurückzuführen ist.

Ergebnisse auf Basis eines Proxy-VAR-Modells

Geldpolitische Impulse der EZB haben signifikanten Einfluss auf die Preise von Krypto-Token, …

Sind die geldpolitischen Impulse identifiziert, lässt sich zunächst berechnen, welchen dynamischen Effekt sie auf die einzelnen Modellvariablen haben, wie diese sich also im Zeitverlauf einzig aufgrund der Geldpolitik verändern. Eine in der Bundesbank durchgeführte Studie kommt zu dem Ergebnis, dass der Bitcoin-Preis in der Tat statistisch signifikant auf geldpolitische Impulse des Eurosystems reagiert.[27] Den Schätzungen zufolge führt eine unerwartete Senkung des kurzfristigen Zinsniveaus im Euroraum zu einer lang anhaltenden Erhöhung des Marktwerts von Bitcoin, wie auch von anderen Krypto-Token wie Ether und Litecoin. Die Preissteigerung fällt dabei für sich genommen stärker aus als etwa bei Aktien oder Fremdwährungen, die ebenfalls an Wert gewinnen. Wird jedoch die weitaus höhere Volatilität der Token-Preise berücksichtigt, relativiert sich dieser Eindruck, und die Effekte sind ähnlich groß (vgl. Erläuterungen auf S. 84 ff.).

… können jedoch nur einen geringen Teil der Preisentwicklung erklären

Aus dieser Feststellung ergibt sich die Frage, welcher Anteil der ausgeprägten Schwankungen von Token-Bewertungen insgesamt auf geldpolitische Impulse der EZB zurückgeführt werden kann. Auch diese Frage lässt sich mithilfe des ökonometrischen Modells beantworten. Demnach fällt der Beitrag des geldpolitischen Impulses moderat aus: Weniger als 10 % der Varianz des Bitcoin-Preises lassen sich damit erklären. Auch hier ergeben sich ähnliche Ergebnisse für Ether und Litecoin. Der weitaus größere Teil der Veränderungen in den Token-Preisen muss damit anderen Faktoren als der Geldpolitik im Euroraum zugerechnet werden.[28] Dazu könnten Veränderungen in der allgemeinen Risikoneigung der Finanzmarktteilnehmer gehören,[29] aber auch für Krypto-Token

25 Dieser Ansatz wurde maßgeblich von Stock und Watson (2012) sowie Mertens und Ravn (2013) entwickelt. Gertler und Karadi (2015) wendeten ihn erstmals auf die Identifikation geldpolitischer Schocks an.
26 Sollte die Zentralbank über Informationen über die weitere wirtschaftliche Entwicklung verfügen, die dem Markt unbekannt und deshalb nicht bereits eingepreist sind, könnte die Marktreaktion auch auf sog. Informations-Schocks zurückzuführen sein. Wie in den Ausführungen auf den S. 84 ff. erläutert, werden diese in der vorliegenden ökonometrischen Analyse jedoch herausgerechnet.
27 Vgl.: Karau (2021).
28 Auch der Einfluss der US-Geldpolitik ist im Modell vergleichsweise klein, vgl. die Ausführungen auf S. 84 ff.
29 Dyhrberg (2016), Bouri et al. (2017a, 2017b) und Kalyvas et al. (2020) etwa analysieren, inwiefern Bitcoin von Unsicherheit auf den internationalen Finanzmärkten profitiert und als Absicherungsinstrument fungieren kann.

Der Einfluss der Geldpolitik auf Krypto-Token in einem VAR-Modell

In einem bald erscheinenden Diskussionspapier der Bundesbank werden die Effekte geldpolitischer Impulse auf die Märkte von Krypto-Token mithilfe von vektor-autoregressiven (VAR-)Modellen untersucht.[1)]

Ein VAR-Modell besteht aus n Variablen, die im Zeitablauf zueinander in Beziehung gesetzt werden. Statt eine bestimmte Variable mit mehreren anderen erklären zu wollen, wird jede Variable auf zeitverzögerte Werte aller im Modell vorhandenen Variablen regressiert. Mathematisch ausgedrückt ist die geschätzte reduzierte Form des Modells damit das Gleichungssystem

$$y_t = c + B_1 y_{t-1} + B_2 y_{t-2} + \dots + B_p y_{t-p} + u_t,$$

wobei y und c $(n \times 1)$-Vektoren der endogenen Modellvariablen beziehungsweise Konstanten sind und p die Anzahl der berücksichtigten Verzögerungen beschreibt. Die $(n \times n)$-Matrizen B_i (mit $i = 1,\dots,p$) enthalten die geschätzten Regressionskoeffizienten, die Auskunft darüber geben, wie die Variablen im Zeitablauf voneinander abhängen. u_t schließlich ist ein $(n \times 1)$-Vektor von Modellresiduen.

Es fließen insgesamt sechs Variablen in die Schätzung des VAR-Modells ein:[2)] der zweijährige EONIA-Swapsatz im Euroraum als Kurzfristzins,[3)] der Euro-Stoxx-50-Aktienindex, der Euro-US-Dollar-Wechselkurs, der VIX (ein Maß aus Optionspreisen abgeleiteter Aktienmarktvolatilität für die USA),[4)] der Vstoxx (das Pendant zum VIX für Aktien aus dem Euroraum) und schließlich der Bitcoin-Preis gemessen in US-Dollar.[5)] Die reduzierte Form des Modells wird basierend auf Daten in wöchentlicher Frequenz von Anfang Juli 2013 bis Ende Juni 2021 mithilfe bayesianischer Methoden geschätzt.[6)]

Bei einer solchen Regression ergeben sich die Modellresiduen als Abweichungen der beobachteten Daten von den vom Modell

---

1 Vgl.: Karau (2021).
2 Das hier vorgestellte Modell ist eine in Bezug auf die Variablen und den Schätzzeitraum leicht abgewandelte Version der in Karau (2021) geschätzten Modelle.
3 In der Vergangenheit wurden geldpolitische Impulse oft anhand von Geldmarktzinsen mit kürzerer Laufzeit als zwei Jahren identifiziert. Diese reagieren jedoch seit März 2016 kaum noch auf geldpolitische Entscheidungen, als der EZB-Rat beschlossen hat, den Hauptrefinanzierungssatz auf null abzusenken. Die Literatur ist deshalb dazu übergegangen, etwas längerfristige Zinsen zu betrachten, die geldpolitische Veränderungen etwa in Form von Erwartungen über den zukünftigen Zinspfad widerspiegeln (Gertler und Karadi (2015), Franz (2019), Jarociński und Karadi (2020)). Alternativ könnte hier auch ein Einjahreszins verwendet werden oder statt des EONIA-Satzes die Renditen von deutschen Staatsanleihen. Die Schätzergebnisse ändern sich dadurch nur leicht. Auch könnten prinzipiell Schattenzinsen herangezogen werden, d. h. kontrafaktische Schätzungen des Geldmarktzinses, der sich ohne Nullzinsgrenze ergeben hätte. Diese sind jedoch mit zusätzlicher Schätzunsicherheit behaftet, was bei der Verwendung ein- oder zweijähriger Marktrenditen nicht der Fall ist. Schließlich basiert die unten beschriebene Instrumentenvariable auf Änderungen von zweijährigen Zinsen, und die Verwendung ebensolcher Renditen im VAR-Modell führt zu einer hohen Instrumentengüte.
4 Der VIX wird oft herangezogen, um die im Zeitablauf variierende Unsicherheit auf den US-amerikanischen und internationalen Finanzmärkten abzubilden. Er ist hier aufgenommen, um ökonometrisch für derartige Schwankungen zu kontrollieren.
5 Alle Variablen bis auf den Zins gehen in logarithmierter Form ins Modell ein. Die Analyseergebnisse ändern sich kaum, wenn der Bitcoin-Preis oder andere Finanzmarktvariablen in ersten Differenzen in das Gleichungssystem eingehen.
6 Daten für den Marktpreis von Bitcoin gibt es schon seit 2011. Der Markt war vor Mitte 2013 jedoch klein und wurde von einer einzigen Handelsplattform (Mt. Gox) dominiert. Zudem gibt es Evidenz dafür, dass der Bitcoin-Markt vor Mitte 2013 nicht effizient war, tägliche Renditen also etwa hochgradig autokorreliert waren, vgl.: Urquhart (2016). Wird dennoch Mitte 2011 als Anfangszeitpunkt der Analyse gewählt, verändern sich die qualitativen Ergebnisse kaum, quantitativ sind die Effekte jedoch deutlich kleiner. Die Anzahl der Verzögerungen im Modell wird auf $p = 8$ festgesetzt, was zwei Monaten entspricht. Die genaue Wahl von p beeinflusst die Resultate jedoch kaum.

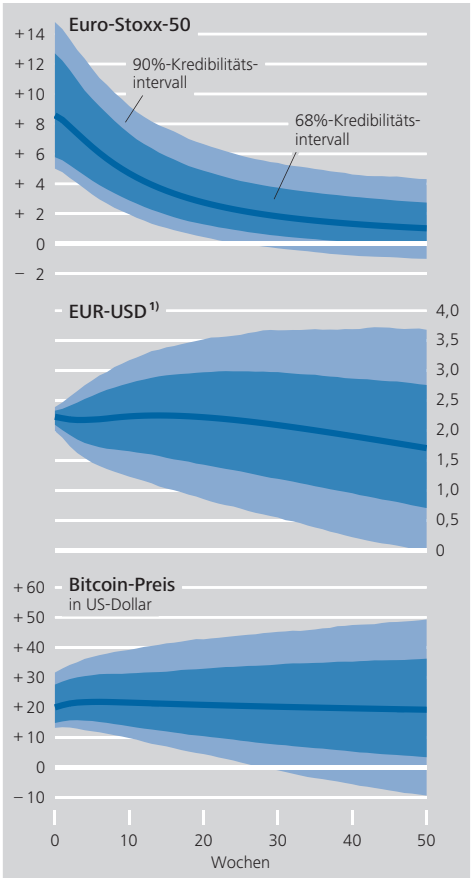
vorausgesagten Werten. Eine Betrachtung der Residuen alleine reicht jedoch nicht aus, um Aussagen darüber treffen zu können, welche Einflussfaktoren die einzelnen Variablen im Modell treiben. Sollte zum Beispiel eine aus Modellsicht überraschende Abweichung des geldpolitischen Zinses nach unten – also ein negatives Residuum – mit einer darauffolgenden überraschenden Abweichung von Finanzmarktpreisen nach oben zusammenfallen, kann daraus nicht zwangsläufig auf einen kausalen Zusammenhang geschlossen werden. Mathematisch besteht das Problem darin, dass die geschätzten Residuen miteinander korreliert sind. Intuitiv treiben alle möglichen Einflussfaktoren sowohl Vermögenspreise wie auch geldpolitische Anpassungen.

Um kausale Aussagen über den Einfluss der Geldpolitik treffen zu können, muss derjenige Teil der unerklärten Zinsveränderung isoliert werden, der keine geldpolitische Reaktion auf andere Einflussfaktoren darstellt, sondern einen eigenen, exogenen Impuls („strukturellen Schock"). Im Laufe der Zeit sind dafür in der wirtschaftswissenschaftlichen Literatur eine Reihe von Ansätzen entwickelt worden. Diese unterscheiden sich hauptsächlich darin, welche zusätzlichen Annahmen getroffen werden müssen, um einzelne strukturelle Schocks zu identifizieren.[7] Proxy-VAR-Modelle beispielsweise ziehen Informationen von außerhalb des eigentlichen Modells in Form von Instrumentenvariablen hinzu.

Ein geeignetes Instrument zeichnet sich dadurch aus, dass es mit dem zu identifizierenden Schock korreliert ist, nicht jedoch mit anderen möglichen strukturellen Schocks. Meist werden als Instrumente die Veränderungen von kurzfristigen Zinsen in engen Zeitfenstern um geldpolitische Beschlüsse herangezogen, da diese hauptsächlich von geldpolitischer Kommunikation getrieben

Impuls-Antwort-Funktionen auf einen expansiven geldpolitischen Schock*)

in %



* Reaktion im Proxy-VAR-Modell auf einen expansiven geldpolitischen Schock in Form einer Senkung des zweijährigen Zinssatzes um zehn Basispunkte. **1** Euro-US-Dollar-Wechselkurs in Preisnotierung; ein Anstieg entspricht einer Abwertung des Euro.

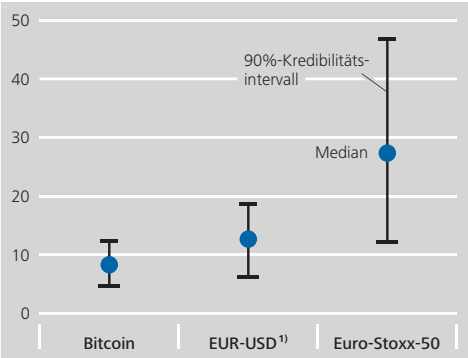
Deutsche Bundesbank

sein sollten. In den letzten Jahren ist in der wirtschaftswissenschaftlichen Literatur aller-

7 In der Vergangenheit wurden dabei oft Annahmen über zeitliche Verzögerungen getroffen, mit denen die einzelnen Variablen auf Schocks reagieren. Durch das Spezifizieren einer Variablenreihenfolge und einer anschließenden Zerlegung der Varianz-Kovarianz-Matrix der Residuen in eine Dreiecksform konnten so die einzelnen Schocks identifiziert werden. Dieser Ansatz ist aber besonders für solche Modelle wenig geeignet, die Finanzmarktvariablen enthalten. Ein anderer weit verbreiteter Ansatz zur Identifikation baut auf Vorzeichenrestriktionen auf, die den Schocks auferlegt werden. Diese müssen allerdings aus theoretischen Überlegungen abgeleitet werden, und oft ist eine Vielzahl von Annahmen nötig, um einzelne Schocks klar voneinander abzugrenzen. Eine ausführliche Übersicht über Verfahren zur Schockidentifikation findet sich z. B. in: Kilian und Lütkepohl (2017).

Anteil der durch den geldpolitischen Schock erklärten Prognosefehlervarianz*)

in %



* Prognosefehlervarianzzerlegung über einen Ein-Wochen-Horizont im Proxy-VAR-Modell. **1** Euro-US-Dollar-Wechselkurs.

Deutsche Bundesbank

dings dokumentiert worden, dass die Reaktion etwa von Aktienpreisen nicht immer mit solchen Zinsänderungen in Einklang zu stehen scheinen, die theoretischen Überlegungen zufolge von einem geldpolitischen Schock ausgelöst würden. Dieses Phänomen wird meist damit erklärt, dass die Zinsänderung durch die Zentralbank von Marktteilnehmern mitunter als Signal für die weitere wirtschaftliche Entwicklung verstanden wird – ein „Informationsschock".[8)] Um diese nichtmonetären Schocks herauszufiltern, wird im hier beschriebenen Modell für das Instrument nicht allein die Zinsreaktion um geldpolitische Beschlüsse herum berücksichtigt, sondern auch die Reaktion von Aktienkursen hinzugenommen.[9)]

Ist mithilfe des Instruments der geldpolitische Schock identifiziert, können Impuls-Antwort-Funktionen berechnet werden. Diese zeigen an, wie sich ein geldpolitischer Impuls über die Zeit auf die einzelnen Variablen im System auswirkt. Die Reaktion des Bitcoin-Preises in US-Dollar auf eine geldpolitische Lockerung des Eurosystems, die zu einer Senkung des zweijährigen Zinssatzes um 10 Basispunkte führt, wird verglichen mit der Reaktion von Aktienpreisen und dem Wechselkurs. Die in dem Schaubild auf Seite 85 eingezeichneten Bänder geben dabei Auskunft über die statistische Unsicherheit der Schätzergebnisse. Alle drei Marktpreise nehmen statistisch signifikant zu, bevor der geldpolitische Effekt mit der Zeit wieder abnimmt. Der Anstieg des Bitcoin-Preises fällt dabei prozentual weitaus größer aus als der des Wechselkurses und auch des Aktienindex. Berücksichtigt man jedoch – wie im Schaubild auf Seite 77 gezeigt – die ohnehin bestehende, etwa vier- beziehungsweise achtmal so hohe Volatilität des Bitcoin-Preises, sind die relativen Effekte des geldpolitischen Impulses auf alle drei Vermögenspreise ähnlich stark ausgeprägt.

Um die jeweilige Bedeutung der Geldpolitik noch besser einordnen zu können, empfiehlt es sich, die Varianz der Prognosefehler zu zerlegen (Forecast Error Variance Decomposition: FEVD). Auf diese Weise lässt sich abschätzen, welcher Anteil der unerklärten Variation der einzelnen Variablen im Mittel dem identifizierten geldpolitischen Schock zugerechnet werden kann. Es zeigt sich, dass geldpolitische Impulse des Eurosystems nur rund 8 % der Wertschwankungen von Bitcoin erklären können. Dies ist etwas weniger als beim Euro-US-Dollar-Wechselkurs (etwa 12 %) und sogar deutlich weniger als beim Euro-Stoxx-50 (etwa 28 %), allerdings auch mit weniger Unsicherheit behaftet.

---

8 Würde bspw. der Zins gesenkt, könnte dies so verstanden werden, dass die Zentralbank den wirtschaftlichen Ausblick pessimistischer als zuvor einschätzt. Weil die Kurse der Aktien die erwarteten Gewinne der Unternehmen widerspiegeln, die sensitiv auf die wirtschaftliche Lage reagieren, kann eine Zinssenkung daher zu fallenden Aktienkursen führen. Vgl.: Melosi (2017), Nakamura und Steinsson (2018), Cieslak und Schrimpf (2019), Kerssenfischer (2019), Jarociński und Karadi (2020) sowie Miranda-Agrippino und Ricco (2021). Für eine Analyse, wie solche Informationsschocks auf Wechselkurse wirken, vgl.: Franz (2020).

9 Diese Daten sind der Datenbank in Altavilla et al. (2019) entnommen. Mithilfe von Matrixrotation wird aus den Kurzfrist-Veränderungen von Zinsen und Aktienkursen eine Instrumentenreihe erzeugt. Diese bildet die Anpassungen aufgrund eines geldpolitischen Schocks ab, bei der sich die Vorzeichen von Zins- und Aktienkursreaktion gemäß der Theorie unterscheiden.

Der Eindruck, dass geldpolitische Impulse nur einen moderaten Einfluss auf die Marktbewertung von Krypto-Token haben, ändert sich auch dann nicht, wenn die Analyse ausgeweitet wird. So reagieren etwa die Preise von Litecoin und Ether ähnlich auf den identifizierten geldpolitischen Schock.[10] Bei ihnen erklärt die Geldpolitik einen sogar noch etwas geringeren Teil der Prognosefehlervarianz. Ebenfalls spielt unkonventionelle Geldpolitik keine ungleich bedeutendere Rolle für die Bewertung von Krypto-Token. So können in der oben beschriebenen Analyse die zweijährigen durch zehnjährige Zinsen ersetzt werden. Es würde dann ein Schock identifiziert, der vornehmlich die Ankaufprogramme des Eurosystems abbildet, die vor allem auf längerfristige Zinsen wirken. Auch in einem solchen Fall vermag der geldpolitische Impuls nur einen etwas größeren Teil der Variation des Bitcoin-Preises – und im Übrigen auch des Euro-US-Dollar-Wechselkurses – erklären.[11]

Schließlich stellt sich die Frage, ob nicht die Geldpolitik des Eurosystems, sondern vielmehr die der US-amerikanischen Federal Reserve (Fed) die Preise von Krypto-Token treibt. Auch dies lässt sich im beschriebenen Modell untersuchen, indem die jeweiligen Euroraum-Variablen durch ihre US-amerikanischen Pendants ersetzt werden.[12] Interessanterweise kommt ein auf diese Weise geschätztes Modell zu einem qualitativ gänzlich anderen Schluss. So führt ein geldpolitischer Impuls der Fed gar nicht erst zu einer gleichgerichteten Reaktion der Preise von Krypto-Token und anderen Vermögenswerten. Während also etwa eine geldpolitische Lockerung in den USA zu einem Anstieg der Preise von US-Aktien und Fremdwährungen führt, nimmt die Marktbewertung von Bitcoin nicht ebenfalls zu, sondern ab. Obwohl nicht abschließend geklärt werden kann, worauf diese Reaktion zurückzuführen ist, könnte sie doch mit den besonders ausgeprägten internationalen Ausstrahleffekten der US-amerikanischen Geldpolitik zu tun haben, verbunden mit den besonderen technologischen und institutionellen Charakteristika von Bitcoin.[13] Unabhängig vom genauen Grund der qualitativen Reaktion ergibt sich jedoch auch hier, dass geldpolitische Schocks der Fed nur einen recht kleinen Teil der Preisschwankungen erklären können.

---

10 Der Bitcoin-Preis wird dazu im Modell durch den Preis von Litecoin bzw. Ether ersetzt und der Schätzzeitraum entsprechend angepasst.

11 Ein auf diese Weise identifizierter Schock ist jedoch nicht notwendigerweise orthogonal zu den zuvor betrachteten Schocks konventioneller Geldpolitik am kurzen Ende der Zinsstrukturkurve. Die jeweils erklärten Teile der Prognosefehlervarianz können deshalb nicht einfach addiert werden, um einen Eindruck vom Gesamteffekt des geldpolitischen Einflusses zu bekommen.

12 Die zur Konstruktion des Instruments notwendigen Kurzfristreaktionen von Zinsen und Aktien sind für das US-amerikanische Modell der Datenbank von Cieslak und Schrimpf (2019) entnommen.

13 Karau (2021) findet Hinweise darauf, dass der Nachfrageanstieg nach Bitcoin als Folge einer geldpolitischen Straffung der Fed in Schwellenländern besonders ausgeprägt ist. In der Literatur ist belegt, dass diese Länder von einem US-Zinsanstieg besonders betroffen sind (vgl.: Miranda-Agrippino und Rey (2020) und Degasperi et al. (2020)), etwa durch Kapitalverlagerungen von internationalen Investoren und global operierenden Banken (vgl.: Bruno und Shin (2015) und Kalemli-Özcan (2019)). Verschlechtern sich dort aber die Wirtschafts- und Finanzierungsbedingungen könnte dies die Nachfrage nach Vermögenswerten wie Krypto-Token antreiben, die anders als das herkömmliche Finanzsystem dort kaum einer Regulierung unterliegen und leicht über Ländergrenzen hinweg transferiert werden können.

spezifische Faktoren.[30] So stiegen die Preise der Token in der Vergangenheit oftmals merklich an, wenn große Unternehmen ankündigten, Bitcoin als Zahlungsmittel für ihre Produkte akzeptieren oder selbst in Bitcoin investieren zu wollen. Auch gibt es Evidenz dafür, dass die Marktpreise oft sensibel auf Ankündigungen von Aufsichtsbehörden reagieren, die regulatorische Änderungen für die Token bedeuten.[31]

Ähnliche Ergebnisse bei der Analyse unkonventioneller Geldpolitik

Die Einschätzung, dass die Geldpolitik des Eurosystems die Preisentwicklungen nur unzureichend erklären kann, ändert sich auch dann nicht, wenn unkonventionelle Maßnahmen betrachtet werden. So erwerben die Zentralbanken des Eurosystems im Rahmen verschiedener Ankaufprogramme in großem Umfang Anleihen und üben somit Druck auch auf langfristige Zinsen aus.[32] Mitunter wird argumentiert, dass besonders diese unkonventionellen Maßnahmen mitverantwortlich für die hohe Bewertung verschiedener Vermögenswerte sind.[33] Die Wirkungen dieser Politik lassen sich mit dem vorgestellten Ansatz untersuchen, indem die Renditen langlaufender Staatsanleihen in das VAR-Modell aufgenommen werden. Entsprechend werden als Instrumentenvariable die Veränderungen dieser Langfristzinsen in kurzen Zeiträumen um geldpolitische Ankündigungen zu Hilfe genommen, um Impulse unkonventioneller Geldpolitik identifizieren zu können. Die Ergebnisse liefern ein ähnliches Bild wie zuvor: Eine auf die Geldpolitik zurückgeführte Verringerung der Renditen zehnjähriger deutscher Staatsanleihen erhöht den Bitcoin-Preis statistisch signifikant; quantitativ ist der Effekt jedoch klein, und es kann ebenfalls nur ein moderater Teil der Gesamtschwankungen erklärt werden.

Fazit

Geldpolitische Impulse haben einen bedeutenden Effekt auf die Preise vieler Vermögenswerte. Während die Wirkung auf Anleihen, Aktien oder Wechselkurse theoretisch wie empirisch umfangreich untersucht ist, ist der Zusammenhang bei Krypto-Token wie Bitcoin zunächst weniger offensichtlich. Allerdings werden in den gestiegenen Bewertungsniveaus einzelner Token oftmals spekulative Übertreibungen gesehen, für die zum Teil auch eine lockere Geldpolitik wichtiger Zentralbanken verantwortlich gemacht wird.

Sollten die Kurse von Bitcoin und ähnlich konzipierten Token vornehmlich durch lockere Geldpolitik getrieben werden oder etwa die Suche nach Sicherheit vor befürchteter Geldentwertung widerspiegeln, könnten sie sensibel auf geldpolitische Impulse reagieren. Tatsächlich zeigt sich, dass die ohnehin ausgeprägte Volatilität der Token-Preise um geldpolitische Ankündigungen des EZB-Rats herum tendenziell noch höher ist als sonst. Auch korrelieren die Preise in unmittelbarer Reaktion auf geldpolitische Kommunikation des Eurosystems etwas stärker mit Aktien- oder Wechselkursen. Die relative Bedeutung der Geldpolitik im Euroraum scheint jedoch auf den ersten Blick nicht höher, teils vielmehr geringer und weniger statistisch signifikant als bei herkömmlichen Vermögenswerten zu sein.

Ein ähnliches Bild ergibt sich auch bei einer systematischen Betrachtung über längere Zeiträume. Werden geldpolitische Impulse des Eurosystems mithilfe ökonometrischer Verfahren identifiziert, so kann zwar ein signifikanter

---

30 Conlon und McGee (2020) stellen fest, dass vor 2016 ein Teil der Preisveränderungen von Bitcoin mit Glücksspiel-Transaktionen assoziiert ist, die mithilfe der Bitcoin-Blockchain durchgeführt werden können. Corbet et al. (2020) führen einen Teil der hohen Volatilität des Bitcoin-Preises auf zahlreiche Betrugsfälle und Hackerangriffe zurück, bei denen Bitcoins illegal entwendet werden. Gandal et al. (2018) analysieren Preismanipulationen im Jahr 2013 auf der damals bedeutendsten Krypto-Token-Handelsplattform, Mt.Gox. Laut Griffin und Shams (2020) wurde der Stablecoin Tether in der Vergangenheit verwendet, um den Bitcoin-Preis zu manipulieren. Ohnehin werden Krypto-Token oft mit illegalen Aktivitäten in Verbindung gebracht. Foley et al. (2019) liefern dazu Schätzungen anhand von Blockchain-Daten und schlussfolgern, dass der illegale Einsatz von Bitcoin ein nicht unwesentlicher Treiber seines Marktwerts ist.

31 Vgl.: Auer und Claessens (2018).

32 Einen ausführlichen Überblick über die Ankaufprogramme des Eurosystems gibt: Deutsche Bundesbank (2016). Deren Wirkung auf den Wechselkurs des Euro analysiert: Deutsche Bundesbank (2017a).

33 Vgl. etwa: De Haan und van den End (2018).

Effekt der Geldpolitik auf den Preis etwa von Bitcoin nachgewiesen werden. Die Geldpolitik des Eurosystems erklärt jedoch nur einen relativ geringen Teil der gesamten Wertentwicklung von Bitcoin, die mehrheitlich auf andere Einflussfaktoren zurückgeführt werden muss. Aus den Daten der Vergangenheit ist damit nicht ableitbar, dass Preise von Krypto-Token aufgrund ihrer Charakteristika in außergewöhnlich hohem Maße von der Geldpolitik getrieben sind.

Literaturverzeichnis

Aloosh, A. und J. Li (2021), Direct Evidence of Bitcoin Wash Trading, Working Paper, https://ssrn.com/abstract=3362153.

Altavilla, C., L. Brugnolini, R. S. Gürkaynak, R. Motto und G. Ragusa (2019), Measuring Euro Area Monetary Policy, Journal of Monetary Economics, 108, S. 162–179.

Ankenbrand, T. und D. Bieri (2018), Assessment of cryptocurrencies as an asset class by their characteristics, Investment Management and Financial Innovations, 15, S. 169–181.

Arner, D., R. Auer und J. Frost (2020), Stablecoins: risks, potential and regulation, BIS Working Paper, Nr. 905.

Auer, R. (2019), Beyond the doomsday economics of proof-of-work in cryptocurrencies, CEPR Discussion Paper, Nr. 13506.

Auer, R. und R. Böhme (2020), An introduction to public-private key cryptography in digital tokens, BIS Quarterly Review, März 2020, S. 73.

Auer, R. und S. Claessens (2018), Regulating cryptocurrencies: assessing market reactions, BIS Quarterly Review, September 2018, S. 51–65.

Bernanke, B. und K. Kuttner (2005), What Explains the Stock Market's Reaction to Federal Reserve Policy?, Journal of Finance, 60(3), S. 1221–1257.

Bloomberg (2021), Pandemic-Era Central Banking Is Creating Bubbles Everywhere, https://www.bloomberg.com/news/features/2021-01-24/central-banks-are-creating-bubbles-everywhere-in-the-pandemic.

Borio, C. und H. Zhu (2012), Capital Regulation, Risk-Taking and Monetary Policy: A Missing Link in the Transmission Mechanism?, Journal of Financial Stability, 8(4), S. 236–251.

Bouri, E., R. Gupta, A. Tiwari und D. Roubaud (2017a), Does Bitcoin hedge global uncertainty? Evidence from wavelet-based quantile-in-quantile regressions, Finance Research Letters, 23, S. 87–95.

Bouri, E., P. Molnár, G. Azzi, D. Roubaud und L. Hagfors (2017b), On the hedge and safe haven properties of Bitcoin: Is it really more than a diversifier?, Finance Research Letters, 20, S. 192–198.

Bruno, V. und H. Shin (2015), Capital flows and the risk-taking channel of monetary policy, Journal of Monetary Economics, 71(C), S. 119–132.

Budish, E. (2018), The Economic Limits of Bitcoin and the Blockchain, NBER Working Paper, Nr. 24717.

Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (2019), Blockchains sicher gestalten – Konzepte, Anforderungen, Bewertungen, https://www.bsi.bund.de/SharedDocs/Downloads/DE/BSI/Krypto/Blockchain_Analyse.pdf?__blob=publicationFile&v=3.

Buterin, V. (2013), A Next-Generation Smart Contract and Decentralized Application Platform, https://ethereum.org/en/whitepaper.

Chainalysis (2021), Cryptocurrency Ecosystem Comparison: Bitcoin vs. Ethereum vs. Stablecoins, https://blog.chainalysis.com/reports/cryptocurrency-ecosystem-bitcoin-ethereum-stablecoins.

Choi, K., A. Lehar und R. Stauffer (2020), Bitcoin Microstructure and the Kimchi Premium, Mimeo, https://ssrn.com/abstract=3189051.

Cieslak, A. und A. Schrimpf (2019), Non-Monetary News in Central Bank Communication, Journal of International Economics, 118, S. 293–315.

Cong, L., X. Li, K. Tang und Y. Yang (2021), Crypto Wash Trading, Mimeo.

Conlon, T. und R. McGee (2020), Betting on Bitcoin: Does gambling volume on the blockchain explain Bitcoin price changes?, Economics Letters, 191, 108727.

Corbet, S., D. Cumming, B. Lucey, M. Peat und S. Vigne (2020), The destabilising effects of cryptocurrency cybercriminality, Economics Letters, 191, 108741.

Corbet, S., B. Lucey, A. Urquhart und l. Yarovaya (2019), Cryptocurrencies as a financial asset: A systematic analysis, International Review of Financial Analysis, 62, S. 182–199.

d'Avernas, A., T. Bourany und Q. Vandeweyer (2021), Are Stablecoins Stable?, Mimeo.

De Haan, L. und J.W. van den End (2018), The signalling content of asset prices for inflation: Implications for quantitative easing, Economic Systems, 42, S. 45–63.

De Vries, A. (2018), Bitcoin's growing energy problem, Joule, 2(5), S. 801–805.

Dedola, L., G. Georgiadis, J. Gräb und A. Mehl (2021), Does a big bazooka matter? Quantitative easing policies and exchange rates, Journal of Monetary Economics, 117(C), S. 489–506.

Degasperi, R., S. Hong und G. Ricco (2020), The Global Transmission of U.S. Monetary Policy, CEPR Discussion Paper, Nr. 14533.

Deutsche Bundesbank (2021), Krypto-Token und dezentrale Finanzanwendungen, Monatsbericht, Juli 2021, S. 33–51.

Deutsche Bundesbank (2020), Der Einfluss der Geldpolitik auf den Wechselkurs des Euro, Monatsbericht, September 2020, S. 19–52.

Deutsche Bundesbank (2019), Krypto-Token im Zahlungsverkehr und in der Wertpapierabwicklung, Monatsbericht, Juli 2019, S. 39–60.

Deutsche Bundesbank (2017a), Anleihekäufe des Eurosystems und der Wechselkurs des Euro, Monatsbericht, Januar 2017, S. 13–40.

Deutsche Bundesbank (2017b), Distributed-Ledger-Technologien im Zahlungsverkehr und in der Wertpapierabwicklung: Potenziale und Risiken, Monatsbericht, September 2017, S. 35–50.

Deutsche Bundebank (2016a), Anzeichen für Portfolioumschichtungen in renditestärkere Anlageformen in Deutschland, Monatsbericht, Mai 2016, S. 36–39.

Deutsche Bundesbank (2016b), Zu den gesamtwirtschaftlichen Auswirkungen der quantitativen Lockerung im Euroraum, Monatsbericht, Juni 2016, S. 29–54.

Deutsche Bundesbank (2005), Wechselkurs und Zinsdifferenz: jüngere Entwicklungen seit Einführung des Euro, Monatsbericht, Juli 2005, S. 29–45.

Di Maggio, M. und M. Kacperczyk (2016), The Unintended Consequences of the Zero Lower Bound Policy, Journal of Financial Economics, 123(1), S. 59–80.

Divakaruni, A. und P. Zimmerman (2020), Ride the Lightning: Turning Bitcoin into Money, https://ssrn.com/abstract=3514125.

Dyhrberg, A. (2016), Hedging capabilities of bitcoin. Is it the virtual gold?, Finance Research Letters, 16, S. 139–144.

Easley, D., M. O'Hara und S. Basu (2019), From mining to markets: The evolution of bitcoin transaction fees, Journal of Financial Economics, 134(1), S. 91–109.

Eyal, I. und E. Sirer (2014), Majority is not enough: Bitcoin mining is vulnerable, in: International conference on financial cryptography and data security, Springer, S. 436–454.

Foley, S., J. Karlsen und T. Putninš (2019), Sex, Drugs, and Bitcoin: How Much Illegal Activity Is Financed through Cryptocurrencies?, Review of Financial Studies, 32(5), S. 1798–1853.

Franz, T. (2020), Central bank information shocks and exchange rates, Diskussionspapier der Deutschen Bundesbank, Nr. 13/2020.

Gandal, N. und H. Halaburda (2016), Can we predict the winner in a market with network effects? Competition in cryptocurrency market, Games, 7(3):16.

Gandal, N., J. Hamrick, T. Moore und T. Oberman (2018), Price manipulation in the Bitcoin ecosystem, Journal of Monetary Economics, 95, S. 86–96.

Gans, J. und N. Gandal (2019), More (or Less) Economic Limits of the Blockchain, NBER Working Paper, Nr. 26534.

Garratt, R. und R. Hayes (2014), Bitcoin: How Likely Is a 51 Percent Attack?, Liberty Street Economics Blog, Federal Reserve Bank of New York, https://libertystreeteconomics.newyorkfed.org/2014/11/bitcoin-how-likely-is-a-51-percent-attack/.

Gertler, M. und P. Karadi (2015), Monetary Policy Surprises, Credit Costs, and Economic Activity, American Economic Journal: Macroeconomics, 7(1), S. 44–76.

Gilchrist, S., V. Yue und E. Zakrajšek (2019), U.S. Monetary Policy and International Bond Markets, Journal of Money, Credit and Banking, 51(1), S. 127–161.

Gorton, G. und J. Zhang (2021), Taming Wildcat Stablecoins, Working Paper, https://ssrn.com/abstract=3888752.

Griffin, J. und A. Shams (2020), Is Bitcoin Really Untethered?, Journal of Finance, 75(4), S. 1913–1964.

Gürkaynak, R., A. Kara, B. Kisacikoglu und S. Lee (2021), Monetary Policy Surprises and Exchange Rate Behavior, Journal of International Economics, 130(C), 103443.

Gürkaynak, R., B. Sack und E. Swanson (2005), Do Actions Speak Louder than Words? The Response of Asset Prices to Monetary Policy Actions and Statements, International Journal of Central Banking, 1(1), S. 55–93.

Halaburda, H., G. Haeringer, J. Gans und N. Gandal (2020), The Microeconomics of Cryptocurrencies, NBER Working Paper, Nr. 27477.

Harvey, C., H. Zhu und L. Yan (2016), … and the Cross-Section of Expected Returns, The Review of Financial Studies, 29, S. 5–68.

Huberman, G., J. Leshno und C. Moallemi (2020), Monopoly without a Monopolist: An Economic Analysis of the Bitcoin Payment System, Columbia Business School Research Paper, Nr. 17–92, https://ssrn.com/abstract=3025604.

Jarociński, M. und P. Karadi (2020), Deconstructing Monetary Policy Surprises – The Role of Information Shocks, American Economic Journal: Macroeconomics, 12(2), S. 1–43.

Jiménez, G., S. Ongena, J.-L. Peydró und J. Saurina (2015), Hazardous Times for Monetary Policy: What do Twenty-Three Million Bank Loans Say About the Effects of Monetary Policy on Credit Risk-Taking?, Econometrica 82(2), S. 463–505.

Kalemli-Özcan, S. (2019), U.S. Monetary Policy and International Risk Spillovers, NBER Working Paper, Nr. 26297.

Kalyvas A., P. Papakyriakou, A. Sakkas und A. Urquhart (2020), What drives Bitcoin's price crash risk?, Economics Letters, 191, 108777.

Karau, S. (2021), Monetary Policy and Bitcoin, Diskussionspapier der Deutschen Bundesbank, im Erscheinen.

Kerssenfischer, M. (2019), Information Effects of Euro Area Monetary Policy: New Evidence from High-Frequency Futures Data, Diskussionspapier der Deutschen Bundesbank, Nr. 07/2019.

Kilian, L. und H. Lütkepohl (2017), Structural Vector Autoregressive Analysis, Cambridge University Press.

Klages-Mundt, A., D. Harz, L. Gudgeon, J.-Y. Liu und A. Minca (2020), Stablecoins 2.0: Economic foundations and risk-based models, in: Proceedings of the 2nd ACM Conference on Advances in Financial Technologies, S. 59–79.

Kroeger, A. und A. Sarkar (2016), Is Bitcoin Really Frictionless?, Liberty Street Economics Blog, Federal Reserve Bank of New York, https://libertystreeteconomics.newyorkfed.org/2016/03/is-bitcoin-really-frictionless.html.

Kuttner, K. (2001), Monetary policy surprises and interest rates: Evidence from the Fed funds futures market, Journal of Monetary Economics, 47, S. 523–544.

Li, Y. und S. Mayer (2020), Managing Stablecoins: Optimal Strategies, Regulation, and Transaction Data as Productive Capital, Ohio State University Working Paper, Nr. 2020–30, Charles A. Dice Center for Research in Financial Economics.

Libra Association (2019), An Introduction to Libra, https://sls.gmu.edu/pfrt/wp-content/uploads/sites/54/2020/02/LibraWhitePaper_en_US-Rev0723.pdf.

Liu, Y. und A. Tsyvinski (2018), Risks and Returns of Cryptocurrency, NBER Working Paper, Nr. 24877.

Lyons, R. und G. Viswanath-Natraj (2020), What Keeps Stablecoins Stable?, NBER Working Paper, Nr. 27136.

Ma, J., J. Gans und R. Tourky (2018), Market Structure in Bitcoin Mining, NBER Working Paper, Nr. 24242.

Makarov, I. und A. Schoar (2020), Trading and arbitrage in cryptocurrency markets, Journal of Financial Economics, 135(2), S. 293–319.

Melosi, L. (2017), Signalling Effects of Monetary Policy, Review of Economic Studies, 84, S. 853–884.

Mertens, K. und M. Ravn (2013), The Dynamic Effects of Personal and Corporate Income Tax Changes in the United States, American Economic Review, 103(4), S. 1212–1247.

Miranda-Agrippino, S. und H. Rey (2020), U.S. Monetary Policy and the Global Financial Cycle, The Review of Economic Studies, 87(6), S. 2754–2776.

Miranda-Agrippino, S. und G. Ricco (2021), The Transmission of Monetary Policy Shocks, American Economic Journal: Macroeconomics, 13(3), S. 74–107.

Nakamoto, S. (2009), Bitcoin open source implementation of P2P currency, Forum-Eintrag auf der Webseite der P2P Foundation, http://p2pfoundation.ning.com/forum/topics/bitcoin-open-source.

Nakamoto, S. (2008), Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System, https://bitcoin.org/bitcoin.pdf.

Nakamura, E. und J. Steinsson (2018), High-Frequency Identification of Monetary Non-Neutrality: The Information Effect, The Quarterly Journal of Economics, 133(3), S. 1283–1330.

Prat, J. und B. Walter (2021), An Equilibrium Model of the Market for Bitcoin Mining, Journal of Political Economy, 129(8).

Rajan, R. (2005), Has Financial Development Made the World Riskier?, Jackson Hole 2005 Symposium Proceedings, Federal Reserve Bank of Kansas City.

Soiman, F., M. Mourey, J.-G. Dumas und S. Jimenez-Garces (2021), The forking effect, Mimeo.

Stock, J. und M. Watson (2012), Disentangling the Channels of the 2007–2009 Recessions, NBER Working Paper, Nr. 18094.

Urquhart, A. (2016), The inefficiency of Bitcoin, Economics Letters, 148, S. 80–82.

Zettelmeyer, J. (2004), The Impact of Monetary Policy on the Exchange Rate: Evidence from three small Open Economies, Journal of Monetary Economics, 51, S. 635–652.