

**FERNUNIVERSITÄT in Hagen**

**FAKULTÄT FÜR WIRTSCHAFTSWISSENSCHAFT**

**Masterarbeit**

**Bearbeitungszeit: 6 Monate**

**über das Thema: Optimales Design von  
Digitalem Zentralbankgeld**

**eingereicht bei: Univ.-Prof. Dr. Joscha Beckmann**

**von: André Kießling**

**Matrikel-Nr.: 8099065**

**Anschrift: Ingolstädter Str. 101  
80939 München**

**Telefon: 0160/94660404**

**E-Mail: andreakiesslingmueb@hotmail.com**

**Abgabedatum: 22.06.2021**

## Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis .....	III
Symbolverzeichnis.....	IV
Abkürzungsverzeichnis.....	V
Hinweis zur Gender-Schreibweise in dieser Arbeit .....	VI
1        Einleitung .....	1
1.1   Problemstellung .....	1
1.2   Literaturüberblick und Aufbau dieser Arbeit.....	3
1.3   Definition und Ziele von Digitalem Zentralbankgeld.....	8
2        Herleitung eines optimalen Designs .....	12
2.1   Analyse des Modells aus Agur et al. (2019) .....	12
2.1.1   Akteure und deren Zusammenspiel.....	12
2.1.2   Gleichgewicht und Optimalität .....	17
2.2   Auswirkungen und Implikationen.....	22
2.2.1   Verdrängungseffekte.....	22
2.2.2   Finanzstabilität .....	27
2.2.3   Geldpolitik .....	32
2.3   Anforderungen und Bewertungskriterien .....	39
2.4   Bewertung wesentlicher Designelemente.....	41
2.4.1   Aufgabenverteilung .....	41
2.4.2   Zahlungssysteme .....	46
2.4.3   Datenbanksysteme .....	49
2.4.4   Verzinsung .....	54
2.4.5   Operative Elemente .....	57
2.5   Optimales Design im Euro-Raum.....	62
3        Fazit.....	67
3.1   Zusammenfassung und Beantwortung der Forschungsfrage .....	67
3.2   Diskussion und Ausblick .....	71
Literaturverzeichnis .....	75
Anhang.....	VII
Erklärung zur Masterarbeit .....	XV

---

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Prozess zur Herleitung eines optimalen Designs .....	7
Abbildung 2: Definitionen von Digitalem Zentralbankgeld .....	9
Abbildung 3: Taxonomie von Geld: „The Money Flower“ .....	10
Abbildung 4: Ziele und Motive für Digitales Zentralbankgeld im Überblick	11
Abbildung 5: Designoptionen für DZGB im Modell .....	13
Abbildung 6: Zusammensetzung des Nutzens eines Haushalts im Modell	14
Abbildung 7: Nutzung der Zahlungsmittel bei Parametervariation im Modell .....	18
Abbildung 8: Optimales Design von Digitalem Zentralbankgeld im Modell	19
Abbildung 9: Verteilungseffekte im Modell .....	21
Abbildung 10: Bilanzielle Darstellung der Kreditgeldschöpfung .....	28
Abbildung 11: Anforderungen an ein Digitales Zentralbankgeld .....	41
Abbildung 12: Aufgabenverteilung bei Digitalem Zentralbankgeld .....	42
Abbildung 13: Beispiel einer hybriden Architektur .....	45
Abbildung 14: Ansätze zur Vermeidung von Disintermediation .....	60
Abbildung 15: Mögliche Risiken Globaler Stablecoins .....	X
Abbildung 16: Ansätze zur Verwaltung privater Schlüssel .....	XIII

## Symbolverzeichnis

$A$	Produktivitätsfaktor
$C_j$	Konsum eines Haushalts, der das Zahlungsmittel $j$ verwendet
$d$	Einlagen
$i$	Index sowie Präferenz bezüglich Anonymität und Sicherheit
$j$	Art des Zahlungsmittels (siehe tiefgestellte Indizes)
$j^*$	Vom jeweiligen Haushalt verwendetes Zahlungsmittel
$k_0$	Anzahl aller Projekte
$k$	Anzahl der finanzierten Projekte
$l$	Kreditvolumen
$R$	Kreditzins
$r_j$	Verzinsung des Zahlungsmittels $j$
$s_j$	Anteil der Haushalte, die das Zahlungsmittel $j$ nutzen
$T$	Steuern eines Haushaltes
$U_i$	Nutzen des Haushalts mit dem Index $i$
$W$	Gesamtwohlfahrt
$x_j$	Wert des Zahlungsmittels $j$ auf der Sicherheits-Anonymitäts-Skala
$Y$	Rückfluss aus finanzierten Projekten
$\eta_j$	Nutzenverlust durch Netzwerkeffekte bei Nutzung des Zahlungsmittels $j$
$\theta$	Wert von Digitalem Zentralbankgeld auf der Sicherheits-Anonymitäts-Skala
$\pi$	Dividende eines Haushaltes (Ausschüttung des Firmengewinns)
$\rho$	Grenznutzen des Konsums relativ zur Zahlungsmittelpräferenz
$\phi$	Liquidationserlös von nicht finanzierten Projekten
$\omega$	Sammlung von Konstanten
Tiefgestellte Indizes	
$c$	Bargeld
$d$	Einlagen
$cbdc$	Digitales Zentralbankgeld

## **Abkürzungsverzeichnis**

DLT        Distributed Ledger Technology

DZBG      Digitales Zentralbankgeld

NWE       Netzwerkeffekte

## **Hinweis zur Gender-Schreibweise in dieser Arbeit**

In dieser Arbeit wird ausschließlich im Sinne des Leseflusses bei geschlechtsbezogenen Begriffen und Wortendungen auf das generische Maskulinum zurückgegriffen. Autor und Text befürworten ausdrücklich eine konsequente gesellschaftliche Gleichbehandlung aller Geschlechter. Gemeint sind deshalb wo immer möglich auch weibliche und diverse, wenn eine männliche Endung verwendet wird.

# 1 Einleitung

## 1.1 Problemstellung

„Wir werden einen digitalen Euro haben“<sup>1</sup>. Mit dieser Aussage zum Jahresanfang 2021 rückte Christine Lagarde, Präsidentin der Europäischen Zentralbank, das sogenannte Digitale Zentralbankgeld (DZBG) in den Fokus der öffentlichen Wahrnehmung.

Die Überlegungen zum digitalen Euro reichen bereits einige Jahre zurück und noch 2019 hielt die ECB Crypto-Asset Task Force ein DZBG im Euro-raum für nicht erforderlich<sup>2</sup>. Die Deutsche Bundesbank erkannte im gleichen Jahr keinen entscheidenden Mehrwert in DZBG<sup>3</sup> und Bundesbankpräsident Jens Weidmann sah 2020 die Zuständigkeit für moderne Zahlungsverkehrslösungen in erster Linie bei der Privatwirtschaft<sup>4</sup>. Dennoch könnten künftige Herausforderungen durch den Rückgang von Bargeld und erstarkende Kryptowerte ein DZBG erfordern<sup>5</sup>. Die EZB hat daher im Oktober 2020 einen „Bericht über einen Digitalen Euro“ verfasst und möchte zur Jahresmitte 2021 entscheiden, ob ein Projekt zur Vorbereitung eines Digitalen Euro durchgeführt wird<sup>6</sup>.

Mit dieser Überlegung ist die EZB nicht allein: Laut einer Umfrage der Bank für Internationalen Zahlungsausgleich beschäftigen sich rund 86 Prozent der befragten Zentralbanken mit DZBG und mehr als die Hälfte hält eine Einführung in den nächsten sechs Jahren für wahrscheinlich oder möglich<sup>7</sup>. Einige Projekte sind bereits in fortgeschrittenen Stadien. Die schwedische Riksbank Schweden erarbeitet ein technisches Konzept für eine „E-Krona“<sup>8</sup>, China pilotiert den „E-Yuan“<sup>9</sup> und die Bahamas haben einen „Sand-Dollar“ bereits eingeführt<sup>10</sup>.

Die Implementierung eines DZBG könnte Zahlungs- und Geldhaltungsgepflogenheiten entscheidend beeinflussen und hat damit Relevanz sowohl für

---

<sup>1</sup> Handelsblatt GmbH (2021), o. S.

<sup>2</sup> Vgl. ECB Crypto-Asset Task Force (2019) S. 33.

<sup>3</sup> Vgl. Deutsche Bundesbank (2019), S. 48.

<sup>4</sup> Vgl. Weidmann (2020), o. S.

<sup>5</sup> Vgl. Lagarde (2020), o. S.

<sup>6</sup> Vgl. EZB (2020a), S. 46.

<sup>7</sup> Vgl. Boar und Wehrli (2021), S. 6 f.

<sup>8</sup> Vgl. Sveriges Riksbank (2021), o. S.

<sup>9</sup> Vgl. Auer et al. (2020), S. 22.

<sup>10</sup> Vgl. Central Bank of The Bahamas (2020), S. 1.

Staat, Zentralbank, Haushalte, Firmen als auch für den Finanzsektor. Umfangreiche makroökonomische Auswirkungen sind vorstellbar. Die gegenwärtige Forschung sieht verschiedene Chancen. So könnte ein DZBG die Effizienz des Zahlungsverkehrs steigern<sup>11</sup>, die Rolle der eigenen Währung im internationalen Kontext<sup>12</sup> und gegenüber Kryptowerten stärken<sup>13</sup>, mehr Disziplin im Bankensektor erreichen<sup>14</sup> oder als ergänzendes geldpolitisches Instrument dienen<sup>15</sup>. Dem stehen bedeutende Risiken gegenüber. Beispielsweise könnten Disintermediation und digitale Bank-runs<sup>16</sup> die Finanzstabilität bedrohen, die Geldpolitik durch Preisinstabilität<sup>17</sup> und eine modifizierte Transmission beeinflusst werden<sup>18</sup>, die Zentralbank von höheren Bilanzrisiken, Zinsbelastungen, operativen Kosten und zusätzlichen Cyber-Risiken betroffen sein<sup>19</sup> oder andere Zahlungsmittel aus dem Markt gedrängt werden<sup>20</sup>. Ein mangelhaftes Design kann nicht nur Reputationseinbußen für die Zentralbank, sondern auch bedeutende Gesamtwohlfahrtsverluste verursachen.

Die konkrete Ausgestaltung von DZBG sollte Chancen und Risiken abwägen und einem wohlfahrtsmehrenden Kompromiss zuführen. Jedoch bleiben die Umsetzungspläne der Zentralbanken bisher vage beziehungsweise weitgehend unentschieden und die Literatur hat keine allgemein akzeptierten Regeln für eine Ausgestaltung hervorgebracht.

Diese Lücke soll die vorliegende Arbeit füllen und einen Beitrag zum Design-Prozess leisten. Die Forschungsfrage lautet daher:

„Wie kann Digitales Zentralbankgeld optimal designt werden?“

Die Beantwortung dieser Frage erfolgt auf Basis der Analyse eines mit dem optimalen Design befassten makroökonomischen Modells. Durch ein Modell wird ein bestimmter Ausschnitt der Realität vereinfacht dargestellt. Dazu müssen komplexe Sachverhalte der realen Welt abstrahiert und vereinfacht

---

<sup>11</sup> Vgl. Bank of England (2020), S. 17

<sup>12</sup> Vgl. EZB (2020), S. 14.

<sup>13</sup> Vgl. Kiff et al. (2020), S. 14.

<sup>14</sup> Vgl. Berentsen und Schär (2018), S. 102.

<sup>15</sup> Vgl. Barrdear und Kumhof (2016), S. 3.

<sup>16</sup> Vgl. CPMI-MC (2018), S. 15.

<sup>17</sup> Vgl. Schilling et al. (2020), S. 3.

<sup>18</sup> Vgl. Kiff. et al. (2020), S. 15.

<sup>19</sup> Vgl. EZB (2020a), S. 17 f., 22.

<sup>20</sup> Vgl. Agur et al. (2019), S. 1.



zusammengeführt werden. Die Annahmen eines Modells sind dessen Grundpfeiler. Unrealistische Annahmen oder fehlerhaft modellierte Wirkungsbeziehungen können zu falschen Schlussfolgerungen führen und damit den Erkenntniswert eines Modells mindern. Ein valides Modell hingegen erlaubt die Analyse von Zusammenhängen und die Vorhersage von Resultaten, um so Mehrwerte für die untersuchte Fragestellung zu gewinnen.

Das IMF Working Paper „Designing Central Bank Digital Currencies“ von Agur et al. aus dem Jahr 2019 modelliert wesentliche Designoptionen von DZBG und formuliert darauf aufbauend wohlfahrtsmaximierende Entscheidungen. Es dient daher dieser Arbeit als Basis. Zur Ableitung relevanter Erkenntnisse werden die Modellannahmen und Schlussfolgerungen untersucht und mit dem aktuellen Forschungsstand abgeglichen.

Mit den gewonnenen Erkenntnissen können wesentliche Ausgestaltungsoptionen und deren Implikationen abgewogen werden. Ein optimales Design ist dabei abhängig von der individuellen Situation des Währungsraumes. Konkrete Empfehlungen werden daher bezogen auf das Fallbeispiel Eurozone erarbeitet.

Nicht Teil dieser Arbeit ist die normative Diskussion, ob DZBG eingeführt werden sollte. Ebenso werden rechtliche Aspekte der Ausgabe nicht betrachtet, da die Rechtsordnungen der Währungsräume eine große Varianz aufweisen und allgemeingültige Bewertungen kaum möglich sind.

## 1.2 Literaturüberblick und Aufbau dieser Arbeit

Agur et al. (2019) ermitteln eine optimale Ausgestaltung über die Parameter Sicherheit, Anonymität und Verzinsung. Sie finden einen Trade-off: DZBG kann so gestaltet werden, dass es entweder dem Bargeld oder den Einlagen im Bankgeschäft ähnlicher ist. Im ersten Fall verdrängt DZBG das Bargeld und mindert so potenziell die Zahlungsmittelvielfalt. Im zweiten Fall verdrängt DZBG das Einlagengeschäft der Banken und mindert damit ihre Fähigkeit die Wirtschaft zu finanzieren („Disintermediation“). Folglich kommt es zu Produktionsniveau- bzw. Konsumrückgängen<sup>21</sup>. Durch eine – mitunter negative

---

<sup>21</sup> Vgl. Agur et al. (2019), S. 21.

– Verzinsung wird die Nachfrage nach DZBG gesteuert und zur Wohlfahrtsmaximierung eingesetzt.

Mehrere weitere Modelle beschäftigen sich mit den Auswirkungen von DZBG auf Bargeld sowie Einlagen und Intermediation. *Keister und Sanches (2019)* fokussieren auf die Konkurrenz von DZBG zu Einlagen und finden ebenfalls einen Trade-off mit Disintermediation. Dem gegenüber steht in diesem Fall jedoch nicht die Bargeldverdrängung, sondern eine eingeschränkte Nutzbarkeit eines bargeldähnlichen DZBG, die wiederum letztlich zu Konsumrückgängen führt<sup>22</sup>. Ähnlich zu *Agur et al.* korreliert der optimale Zins negativ mit der Bedeutung von Banken für die Finanzierung der Realwirtschaft. Während die vorgenannten Modelle einen vollkommenen Wettbewerb am Bankenmarkt unterstellen, modellieren *Chiu et al. (2020)* einen eingeschränkten Wettbewerb. Banken haben dadurch einen gewissen Spielraum in der Zinssetzung. Eine Verzinsung auf DZBG in kompetitiver Höhe verschärft die Konkurrenz um Einlagen und lässt Banken die Zinssätze anheben. Dadurch nehmen Banken mehr Einlagen herein, senken folglich den Kreditzins und erzielen einen Anstieg der Kreditmenge<sup>23</sup>. *Andolfatto (2021)* bestätigt diesen Mechanismus für einen monopolistischen Bankensektor, wenn die Zentralbank den Banken als Kreditgeber zur Verfügung steht. Bargeld wird durch ein kostenloses DZBG hingegen komplett verdrängt<sup>24</sup>. *Bjerg (2017)* unterscheidet drei Szenarien, in denen DZBG mit Bargeld und Einlagen koexistiert oder sie ersetzt. Dadurch erfüllt DZBG unterschiedliche Geldfunktionen, aus denen sich wiederum spezifische Design-Anforderungen ableiten<sup>25</sup>. *Siciliani (2018)* untersucht den Verdrängungswettbewerb von Zahlungsmitteln als zweiseitige Plattformen. Heterogene Nutzerpräferenzen und Plattforminteroperabilität wirken einer vollständigen Verdrängung entgegen<sup>26</sup>. *Williamson (2020)* untersucht, ob DZBG eine höhere Gefahr von Bank-runs mit sich bringt. Da DZBG ein universelleres Zahlungsmittel als Bargeld ist, steigt zwar die Wahr-

---

<sup>22</sup> Vgl. *Keister und Sanches (2019)*, S. 28.

<sup>23</sup> Vgl. *Chiu et al. (2020)*, S. 2.

<sup>24</sup> Vgl. *Andolfatto (2021)*, S. 527.

<sup>25</sup> Vgl. *Bjerg (2017)*, S. 53 f.

<sup>26</sup> Vgl. *Siciliani (2018)*, S. 22.

scheinlichkeit, aber gleichzeitig sinken die verursachten Störungen im Zahlungsverkehr. Die Einführung von DZBG ist daher insgesamt wohlfahrtssteigernd<sup>27</sup>.

Des Weiteren werden geldpolitische Aspekte eines DZBG diskutiert. *Williamson (2019)* sieht den Zins eines DZBG als ergänzendes geldpolitisches Instrument, um intertemporale Ineffizienzen zu mildern<sup>28</sup>. *Bordo und Levin (2019)* schlagen Wechselgebühren für Bargeld vor, sodass mit DZBG die Effektive Zinsuntergrenze aufgelöst wird<sup>29</sup>. *Meaning et al. (2018)* erwarten durch DZBG eine Verbesserung der Transmission, sehen aber Wechselwirkungen mit Zahlungsverkehrssystemen oder der Finanzstabilität<sup>30</sup>. *Mancini-Griffoli et al. (2018)* bewerten verschiedene Transmissionskanäle und leiten hingegen nur geringe geldpolitische Auswirkungen ab<sup>31</sup>.

Ein weiterer Forschungsstrang untersucht konkrete Gestaltungsformen eines DZBG. Zum einen werden verschiedene Rollen für die Zentralbank diskutiert. *Adrian und Mancini-Griffoli (2019)* schlagen ein synthetisches DZBG vor, das von Dienstleistern statt der Zentralbank ausgegeben wird. *Auer und Böhme (2020)* diskutieren ein direktes DZBG, wobei die Zentralbank alle Aufgaben selbst übernimmt sowie eine hybride Variante mit Auslagerung bestimmter Tätigkeiten<sup>32</sup>.

Darüber hinaus werden Vorschläge zur technischen Abbildung eines DZBG gegeben. *Norges Bank (2019)* skizziert ein Offline-Zahlungssystem mit hoher Anonymität sowie mehrere Online-Zahlungssysteme mit höherer Sicherheit<sup>33</sup>. Online-Zahlungssysteme schreiben im Hintergrund Daten in ein Datenbanksystem. *Bordo und Levin (2017)* grenzen hierbei Konten-basiertes von einem Token-basiertem DZBG ab. Während bei ersterem die Nutzer Konten besitzen, die bei Zahlungen belastet werden, würde letzteres mit Hilfe der Distributed-Ledger-Technology direkt zwischen Nutzern übertragen<sup>34</sup>. *Allen et al. (2020)* betrachten unterschiedliche Zentralisierungsgrade

---

<sup>27</sup> Vgl. *Williamson (2020)*, S. 33.

<sup>28</sup> Vgl. *Williamson (2019)*, S. 18.

<sup>29</sup> Vgl. *Bordo und Levin (2017)*, S. 13.

<sup>30</sup> Vgl. *Meaning et al. (2018)*, S. 3.

<sup>31</sup> Vgl. *Mancini-Griffoli et al. (2018)*, S. 25 f.

<sup>32</sup> Vgl. *Auer und Böhme (2020)*, S. 89.

<sup>33</sup> Vgl. *Norges Bank (2019)*, S. 21–24.

<sup>34</sup> Vgl. *Bordo und Levin (2017)*, S. 7.

in der Verwaltung eines Datenbanksystems und finden einen Trade-off zwischen Performance und zentraler Kontrollierbarkeit<sup>35</sup>.

Schließlich werden Vorschläge zur Verzinsung eines DZBG unterbreitet. *Dyson und Hodgson (2016)* sehen in verzinstem DZBG eine implizite Untergrenze für Einlagen und empfehlen daher keine Verzinsung<sup>36</sup>. *Barrdear und Kumhof (2016)* schlagen einen variablen Zins vor, um geldpolitische Vorteile zu heben und in Krisen antizyklisch reagieren zu können<sup>37</sup>. *George et al. (2020)* sehen ein verzinsliches DZBG auch als Instrument, um Schocks aus dem Ausland abzumildern<sup>38</sup>. *Agur et al. (2019)* schlagen einen – gegebenenfalls negativen – Zins zur Steuerung der Nachfrage nach DZBG vor<sup>39</sup>. *Bindseil (2020)* empfiehlt in diesem Rahmen eine Staffilverzinsung in Abhängigkeit der individuellen Guthaben, sodass DZBG kein attraktives Wertaufbewahrungsmittel wird<sup>40</sup>.

Neben dem Zinssatz wurden weitere Ansätze zum Erhalt der Finanzstabilität vorgebracht. *Kumhof und Noone (2018)* beschränken dazu die Konvertierbarkeit von DZBG<sup>41</sup>. *Panetta (2018)* diskutiert ein DZBG mit Obergrenzen für die Nutzung. *Fernández-Villaverde et al. (2020)* erreichen eine äquivalente Wohlfahrt mit DZBG, wenn die Zentralbank auf dem Kreditmarkt mittelbar in Konkurrenz zu Banken tritt. Im Falle eines Bank-runs fließen ihr jedoch alle Einlagen zu<sup>42</sup>. *Brunnermeier und Niepelt (2019)* erreichen ebenfalls Äquivalenz mit einem konträren Ansatz: Das Geld, das von Banken in DZBG abgeflossen ist, reicht die Zentralbank als Kredit an die Banken zurück<sup>43</sup>.

Schließlich wird die internationale Anbindung von DZBG diskutiert. *Auer et al. (2021)* skizzieren Kooperationssysteme, um währungsraumübergreifende Zahlungen zu ermöglichen und zeigen damit verbundene Abstimmungsanforderungen auf<sup>44</sup>.

---

<sup>35</sup> Vgl. Allen et al. (2020), S. 18.

<sup>36</sup> Vgl. Dyson und Hodgson (2016), S. 31.

<sup>37</sup> Vgl. Barrdear und Kumhof (2016), S. 12.

<sup>38</sup> Vgl. George et al. (2020), S. 5.

<sup>39</sup> Vgl. Agur et al. (2019), S. 21.

<sup>40</sup> Vgl. Bindseil (2020), S. 2.

<sup>41</sup> Vgl. Kumhof und Noone (2018), S. 36.

<sup>42</sup> Vgl. Fernández-Villaverde et al. (2020), S. 26 f.

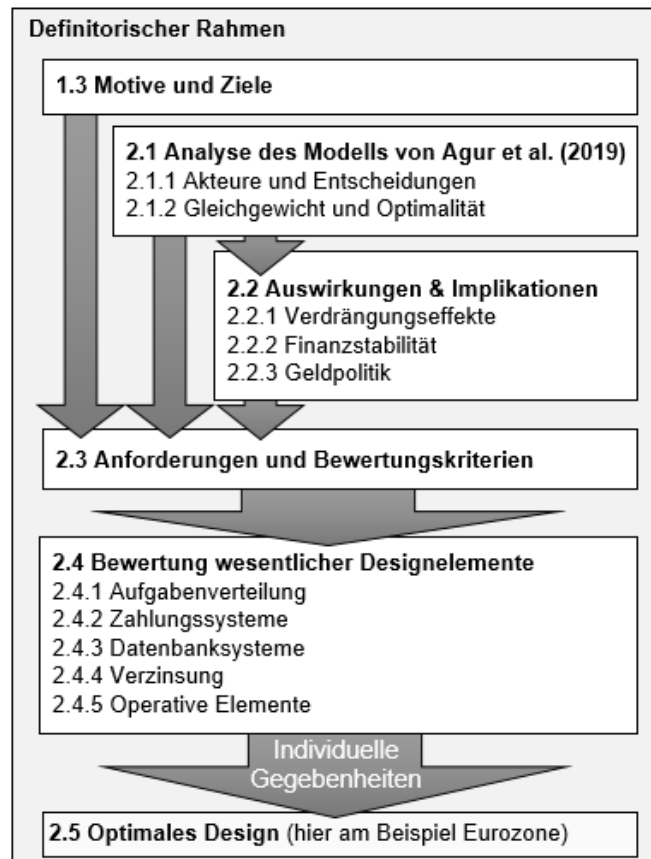
<sup>43</sup> Vgl. Brunnermeier und Niepelt (2019), S. 28.

<sup>44</sup> Vgl. Auer et al. (2021), S. 4–8.

### Aufbau dieser Arbeit

Diese Arbeit nutzt einen strukturierten Prozess zur Ableitung eines optimalen Designs (siehe Abbildung 1). Der verbleibende Teil dieser Einleitung setzt erst mit der Definition und Abgrenzung von DZBG den Rahmen und schafft anschließend mit der Beleuchtung möglicher Motive und Ziele einer solchen Digitalwährung die Grundlage für weiterführende Herleitungen im Hauptteil.

**Abbildung 1: Prozess zur Herleitung eines optimalen Designs**



### Eigene Darstellung

In einem ersten Schritt analysiert Unterkapitel 2.1 das Modell von Agur et al. und erläutert wesentliche Schlussfolgerungen, die als Ausgangspunkt für die weitere Analyse dienen. Unterkapitel 2.2 diskutiert die zugrundeliegenden Annahmen und die resultierenden Erkenntnisse, um so mögliche Auswirkungen und makroökonomische Implikationen von DZBG zu eruieren. Das folgende Unterkapitel 2.3 erläutert und ergänzt die Bewertungskriterien eines DZBG aus dem Modell und verbindet dabei Anforderungen von Nutzern und Zentralbanken. Auf dieser Grundlage erörtert Unterkapitel 2.4 Vor- und

Nachteile wesentlicher Designelemente. Zunächst ist zu klären, welcher Aufgaben ausgelagert werden und welche die Zentralbank selbst übernimmt. Anschließend werden mit Zahlungssystemen und Datenbanksystemen zentrale technische Dimensionen betrachtet. Schließlich werden die Verzinsung eines DZBG sowie operative Designelemente beurteilt.

Damit steht das Handwerkszeug zur Ableitung eines optimalen Designs in Unterkapitel 2.5 zur Verfügung. Variierende Voraussetzungen, Ziele und Rahmenbedingungen können zu abweichenden Designempfehlungen führen. Daher ist eine fallspezifische Anwendung der erreichten Erkenntnisse auf den jeweiligen Währungsraum beziehungsweise die zuständige Zentralbank notwendig. In dieser Arbeit dient die Eurozone als Fallbeispiel zur Ableitung eines optimalen Designs.

Den Abschluss dieser Arbeit bildet das Fazit mit der Zusammenfassung und Beantwortung der Forschungsfrage sowie der Diskussion der erreichten Ergebnisse und einem Ausblick.

### **1.3 Definition und Ziele von Digitalem Zentralbankgeld**

#### *Herleitung einer Definition*

In der Literatur finden sich unterschiedliche Begriffe und Synonyme für DZBG. Neben dem zumeist verwendeten englischen Begriff „Central Bank Digital Currency“ (kurz: „CBDC“) werden beispielsweise „central bank e-money“<sup>45</sup>, „Digital Base Money“<sup>46</sup> und „digital cash“<sup>47</sup> genannt. Ebenso wird mit DZBG eine Vielzahl von unterschiedlichen Konzepten referenziert<sup>48</sup>. Um eine passende Definition für diese Arbeit festzulegen, werden bestehende Definitionen auf ihre zentralen Merkmale und Mehrwerte untersucht.

Der Begriff „Digitales Zentralbankgeld“ offenbart bereits zwei wesentliche Eigenschaften. Zum Ersten ist DZBG digital beziehungsweise elektronisch. Die Mehrzahl der untersuchten Definitionen unterstreicht diesen Aspekt explizit (siehe Abbildung 2, Nrn. 1–3, 5–9). Zum Zweiten steht DZBG in Verbindung mit einer Zentralbank. Die Definitionen betonen die Zentralbank als ausgebende Stelle (Nrn. 3, 6) sowie als Schuldner (Nrn. 2, 4, 5, 7–9).

---

<sup>45</sup> Vgl. Kahn et al. (2019), S. 3.

<sup>46</sup> Vgl. Mersch (2017), o. S.

<sup>47</sup> Vgl. Dyson und Hodgson (2016), S. 4.

<sup>48</sup> Vgl. CPMI-MC (2018), S. 3.

**Abbildung 2: Definitionen von Digitalem Zentralbankgeld**

Nr.	Definition	Herkunft
1	„a new type of fiat money that expands digital access to central bank reserves to the public at large, instead of restricting it to commercial banks.“	Agur et al. (2019)
2	„a digital payment instrument, denominated in the national unit of account, that is a direct liability of the central bank.“	Group of Central Banks (2020)
3	„CBDC is <i>electronic, universally accessible, central bank issued money</i> .“	Bjerg (2017)
4	„a central bank liability, denominated in an existing unit of account, which serves both as a medium of exchange and a store of value.“	CPMI-MC (2018)
5	„a central bank liability offered in digital form for use by citizens and businesses for their retail payments.“	EZB (2020)
6	„a new form of money, issued digitally by the central bank and intended to serve as legal tender.“	Mancini-Griffoli (2018)
7	„we define a central bank digital currency simply as <i>an electronic, fiat liability of a central bank that can be used to settle payments or as a store of value</i> .“	Meaning et al. (2018)
8	„Digital Base Money (DBM) [...] is money that is characterised by two features: (1) like banknotes in circulation, DBM is a claim on the central bank; (2) in contrast to banknotes, it is digital.“	Mersch (2017)
9	„a new form of digitized sovereign currency, generally conceived to be equal to physical cash or reserves held at the central bank. It is central bank money, or a component of the monetary base and a direct liability of the central bank.“	WEF (2020)

**Eigene Darstellung auf Basis von Agur et al. (2019), S. 1, Group of Central Banks (2020), S. 3, Bjerg (2017), S. 23., CPMI-MC (2018), S. 3., EZB (2020a), S. 3, Mancini-Griffoli (2018), S. 7, Meaning et al. (2018), S. 4, Mersch (2017), o. S., WEF (2020), S. 8.**

Darüber hinaus werden die Geldfunktionen als Zahlungsmittel (Nrn. 2, 4, 5, 7) oder als Wertaufbewahrungsmittel (Nrn. 4, 7) hervorgehoben. Ein wesentlicher Unterschied zeigt sich im gesellschaftlichen Zugang zu DZBG. So lässt Definition Nr. 8 Raum sowohl für eine „retail“-Version mit breitem Zugang für die Öffentlichkeit und eine „wholesale“-Version mit beschränktem Zugang<sup>49</sup>, beispielsweise nur für Finanzinstitute. Hingegen begrenzen Nrn. 1, 3 und 5 die Definition auf eine retail-Version.

Die vorliegende Arbeit widmet sich dem optimalen Design einer breit zugänglichen Variante und definiert daher DZBG in Anlehnung an die EZB als „central bank liability offered in digital form for use by citizens and businesses“<sup>50</sup>.

#### *Abgrenzung zu anderen Geldarten*

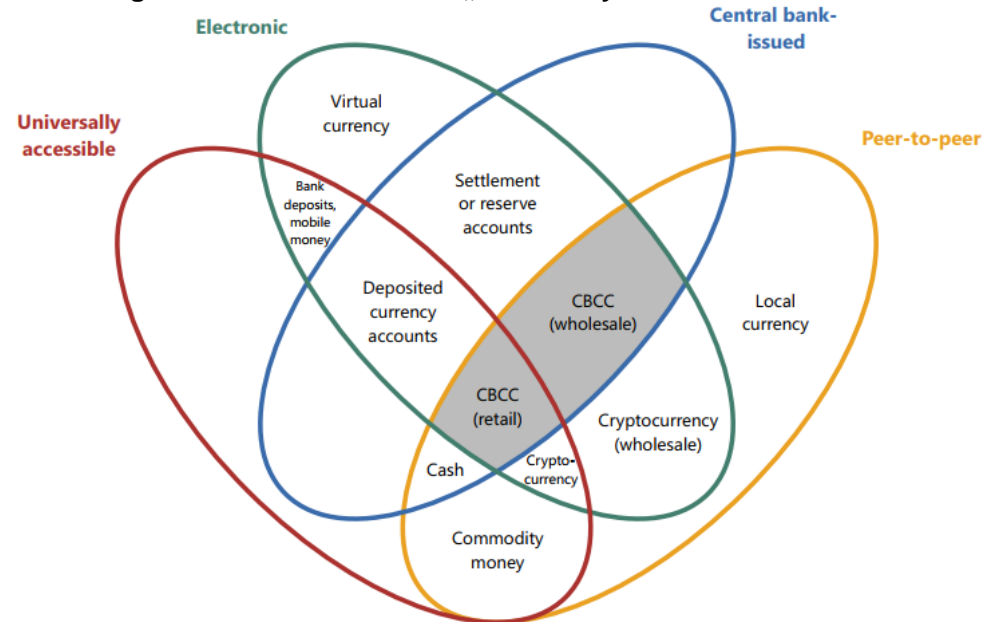
Auf Basis der Definition kann DZBG in die bestehenden Geldarten eingeordnet werden. Die Taxonomie der „Money Flower“ (siehe Abbildung 3) grenzt DZBG zu anderen Geldarten ab: Bargeld ist nicht elektronisch, Reserven

<sup>49</sup> Vgl. Meaning et al (2018), S. 4.

<sup>50</sup> EZB (2020a), S. 3.

sind nicht öffentlich zugänglich, Giralgeld und Kryptowerte werden nicht von der Zentralbank ausgegeben.

**Abbildung 3: Taxonomie von Geld: „The Money Flower“**



Quelle: Bech und Garratt (2017), S. 60.

Die Money-Flower führt mit „peer-to-peer“ eine weitere Unterscheidungsdimension ein. Eine Zahlung erfolgt „peer-to-peer“, wenn Sie direkt zwischen Zahlungssender und Zahlungsempfänger stattfindet<sup>51</sup>. Die in dieser Arbeit verwendete Definition setzt dies nicht voraus und schließt beide Positionen „CBCC (retail)“<sup>52</sup> und „Deposited currency account“ ein.

#### *Ziele und Motivation zur Einführung*

Die Bank für Internationalen Zahlungsverkehr befragte Zentralbanken nach deren Motiven für DZBG. Sowohl Schwellen- als auch Industrieländer halten Sicherheit im Zahlungsverkehr für *besonders wichtig*. Ebenfalls von großer Bedeutung sind für Schwellenländer die Effizienz von Inlandszahlungsverkehr und die finanzielle Inklusion. In Industrieländern sind die nächsthöchsten Motivationsaspekte, Finanzstabilität und effizienter Inlandszahlungsverkehr, nur mehr *wichtig*<sup>53</sup>. Abbildung 4 stellt wesentliche in der Literatur

<sup>51</sup> Vgl. Bech und Garratt (2017), S. 56.

<sup>52</sup> Central bank cryptocurrency

<sup>53</sup> Vgl. Boar et al. (2021), S. 7.



beschriebene Motive überblicksartig dar. Eine detaillierte Erläuterung liegt dieser Arbeit in Anhang A bei.

**Abbildung 4: Ziele und Motive für Digitales Zentralbankgeld im Überblick**

Motiv / Zieldimension		Stichwörter
a)	Verbesserungen im Zahlungsverkehr	Stabilität, Effizienz, Kostenersparnis, Innovationskraft, grenzüberschreitende Zahlungen, neue Technologien
b)	Öffentlicher Zugang zu Zentralbankgeld	Rückgang Bargeldnutzung
c)	Finanzielle Inklusion	Zugang zu Finanzdienstleistungen
d)	Stärkung der Finanzstabilität	Risikofreies Zahlungsmittel, Fehlanreize mindern
e)	Stärkung der Geldpolitik	Transmission, ergänzendes geldpolitisches Instrument, unkonventionelle Instrumente
f)	Begegnung von Risiken aus Kryptowerten	Globale Stablecoins, Risiken bei Geldpolitik, Finanzstabilität, Zahlungssysteme, Regulierung
g)	Verhinderung illegaler Aktivitäten	Abschaffung von Bargeld

**Eigene Darstellung**

## 2 Herleitung eines optimalen Designs

### 2.1 Analyse des Modells aus Agur et al. (2019)

Das Gleichgewichtsmodell untersucht die Auswirkungen verschiedener Designoptionen von DZBG, um Erkenntnisse für ein optimales Design zu gewinnen. Die erste Kernfrage dabei ist, ob DZBG eher Bargeld oder Einlagen ähneln sollte. Diese Designentscheidung wird über die Parameter Verzinsung, Anonymität und Sicherheit modelliert und anhand der Wohlfahrt operationalisiert. Die Variation der Parameter beeinflusst die Nutzung der verschiedenen Geldarten, bis hin zum völligen Verschwinden. Netzwerkeffekte können hierbei eine katalytische Rolle spielen. Die zweite Kernfrage ist, ob und wie DZBG verzinst werden sollte. Im Rahmen des Modells wird eine Verzinsung zur Steuerung der Nachfrage nach DZBG eingesetzt.

Das Modell fokussiert auf Verdrängungs- und Disintermediationseffekte unter einem qualitativen Fokus<sup>54</sup>. Es unterscheidet nicht zwischen Geldwerten (zum Beispiel Bargeld) und Bezahlverfahren (Bargeldzahlung). Im Sinne der Nachvollziehbarkeit wird für die Analyse in diesem Kapitel einheitlich von Zahlungsmitteln gesprochen.

Das erste Unterkapitel spannt den modelltheoretischen Rahmen auf, indem die Modellannahmen sowie die Entscheidungsmöglichkeiten und Kalküle der beteiligten Akteure erläutert werden. Das zweite Kapitel charakterisiert die Gleichgewichtslösungen des Modells und erläutert wesentliche Ergebnisse.

#### 2.1.1 Akteure und deren Zusammenspiel

##### *Zentralbank als Wohlfahrtsmaximierer*

Das Modell vollzieht sich in zwei Schritten: Im ersten Schritt entscheidet die Zentralbank über Einführung und gegebenenfalls Design des DZBG und im zweiten Schritt handeln alle weiteren Akteure.

Im Ausgangszustand gibt es zwei Zahlungsmittel ( $j$ ): Bargeld ( $c$ ) und Einlagen ( $d$ ). Die Zentralbank entscheidet, ob sie zusätzlich ein DZBG ( $cbdc$ ) einführt und bestimmt gegebenenfalls dessen Ausgestaltung<sup>55</sup>. Dazu stehen

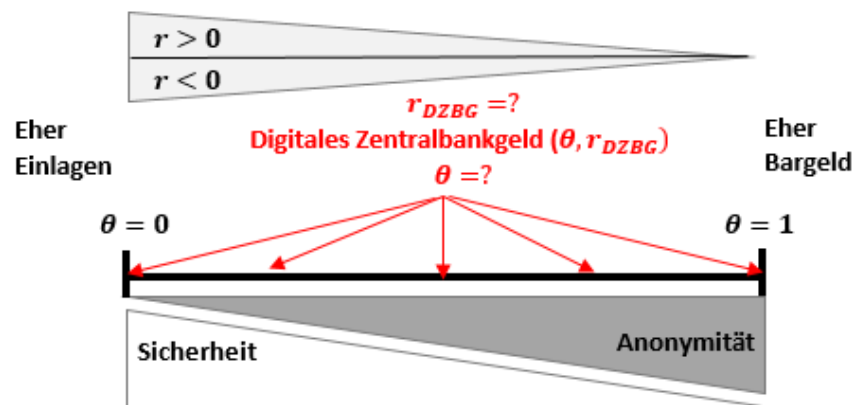
---

<sup>54</sup> Die Wahl der Parameter zielt nicht darauf ab, Echtdaten anzunähern, sondern plausible Ergebnisse für die untersuchten Mechanismen zu erkunden.

<sup>55</sup> Vgl. Agur et al. (2019), S. 4.

zwei Stellschrauben zur Verfügung<sup>56</sup>. Einerseits kann DZBG wie Bargeld unverzinst ausgegeben werden ( $r_{cbdc} = r_c = 0$ ) oder wie Einlagen zinstragend sein. Der Zins von DZBG ist dabei unabhängig wählbar<sup>57</sup>. Andererseits ist für DZBG ein Wert  $\theta$  auf der Sicherheits-Anonymitäts-Skala  $[0; 1]$  zu bestimmen. Ein anonymes Zahlungsmittel offenbart keinerlei Informationen zur Identität der Beteiligten und den durchgeführten Transaktion. Sicherheit beschreibt den Schutz vor dauerhaften Verlust. Bargeld bietet die stärkste Anonymität ( $\theta = 1$ ), Einlagen die größte Sicherheit<sup>58</sup> ( $\theta = 0$ ). DZBG kann eine beliebige Zwischenstellung einnehmen. Beispielsweise könnten Grenzen für die Offenlegung von Transaktionen definiert werden<sup>59</sup>. DZBG kann den perfekten Trade-off von Sicherheit und Anonymität jedoch nicht verlassen, siehe Abbildung 5.

**Abbildung 5: Designoptionen für DZBG im Modell**



Eigene Darstellung auf Basis von Agur et al. (2019), S. 5.

Die Zentralbank gestaltet DZBG so aus, dass die Gesamtwohlfahrt als Summe der individuellen Nutzenwerte aller Haushalte  $i$  maximal wird<sup>60</sup>:

<sup>56</sup> Tatsächlich nennt das Modell drei Stellschrauben: Verzinsung, Anonymität und Sicherheit. Da Sicherheit und Anonymität per Definition einem perfekten Trade-off unterliegen, bleiben effektiv nur zwei Stellschrauben.

<sup>57</sup> Vgl. Agur et al. (2019), S. 6.

<sup>58</sup> Eine ausgegebene Banknote kann nicht mehr mit dem Ursprungsbesitzer assoziiert werden. Gleichzeitig mindert das die (Verlust-)Sicherheit: Ein gestohlener oder verlorener Geldschein ist dauerhaft verloren. Einlagen hingegen können nicht physisch verloren gehen, da sie mit einem Konto verknüpft sind, dessen Kontoinhaber persönlich identifiziert wurde. Das mindert im Gegenzug jedoch die Anonymität.

<sup>59</sup> Vgl. Agur et al. (2019), S. 4 f.

<sup>60</sup> Vgl. ebd., S. 8.

$$\max_{\theta \in [0;1], r_{cbdc}} \int_{i \in [0;1]} U_i(j^*(i)) di$$

Dabei hängt der Nutzen des jeweiligen Haushalts vom verwendeten Zahlungsmittel  $j^*$  ab.

#### Nutzenmaximierende Haushalte

Es existieren unendlich viele Haushalte mit heterogenen Präferenzen. Die Haushalte sind zwischen null und eins gleichverteilt. Die Indexzahl  $i$  eines Haushalts entspricht seiner Präferenz auf der Sicherheits-Anonymitäts-Skala. Haushalte entscheiden sich für genau ein Zahlungsmittel  $j \in \{c, d, cbdc\}$  zum Erwerb von Konsumgütern. Die Mischung verschiedener Zahlungsmittel ist ausgeschlossen<sup>61</sup>.

Jeder Haushalt bezieht einen individuellen Nutzen aus bis zu drei Quellen. Abbildung 6 bietet einen orientierenden Überblick. Nachfolgend werden die Bestandteile erläutert.

**Abbildung 6: Zusammensetzung des Nutzens eines Haushalts im Modell**

Nutzen des $i$ -ten Haushalts		
$\max_{j \in \{c, cbdc, c\}} U_i(j) = \rho(1 + r_j - T + \pi) -  x_j - i  - \eta_j$		
<b>Konsumnutzen</b>	<b>Präferenznutzen</b>	<b>Netzwerkeffekt</b>
Konsum steigt, je höher: • $r_j$ : Zins • $T$ : Steuern • $\pi$ : Dividenden Höhere Gewichtung, je höher: • $\rho$ : Grenznutzen Konsum relativ zu Geldartpräferenz	Nutzenverlust steigt, je mehr: • $i$ : Individuelle Präferenz abweicht von: • $x_j$ : Wert des Zahlungsmittels auf der Sicherheits-Sicherheits-Skala	Nutzenverlust, wenn: • Kritische Zahl an Nutzern des Zahlungsmittels $s_j$ unterschritten

Eigene Darstellung auf Basis von Agur et al. (2019), S. 5–7.

Zu Beginn haben Haushalte ein Anfangsvermögen von 1. Zusätzlich kann der Haushalt Zinszahlungen  $r_j$  sowie Dividenden  $\pi$  erhalten. Dividenden bilden das gesamte Einkommen aus Firmen ab, da von Lohnzahlungen abstrahiert wird. Darüber hinaus können Steuern  $T$  anfallen. Diese finanzieren ausschließlich Zinszahlungen für DZBG. Setzt ein Anteil  $s_j$  der Haushalte das Zahlungsmittel DZBG ein, entsteht ein Steueraufwand von:  $T = r_{cbdc} *$

<sup>61</sup> Vgl Agur et al. (2019), S. 6.

$s_{cbdc}$ <sup>62</sup>. Die Zentralbank behält keine Mittel ein. Daher bedeutet ein negativer Zins eine Steuererstattung. Der Konsum eines Haushalts hängt somit vom ausgewählten Zahlungsmittel ab und beträgt

$$C_j = 1 + r_j - T + \pi$$

In der aufgezeigten Nutzenfunktion wird diesem Term mit  $\rho$  eine Gewichtung gegenüber dem Präferenznutzen gegeben. Letzterer wird durch den zweiten Term in der Nutzengleichung des Haushalts abgebildet. Es entsteht eine Nutzeneinbuße von  $|x_j - i| \in [0; 1]$ , wenn der Sicherheits-Anonymitätswert des verwendeten Zahlungsmittels von der Präferenz des Haushalts abweicht<sup>63</sup>. Setzt beispielsweise der Haushalt  $i = 0,9$  Bargeld ein, resultiert eine Nutzenminderung von  $|1 - 0,9| = 0,1$ .

Der Präferenznutzenverlust eines Haushalts  $i$  steigt insbesondere an, wenn sein bisher bevorzugtes Zahlungsmittel durch Netzwerkeffekte (NWE) aus dem Markt gedrängt wird. NWE sind irrelevant, solange die Nutzerzahl eines Zahlungsmittels  $s_j$  eine kritische Schwelle  $0 < \underline{s} < 1$  nicht unterschreitet. Für die Schwelle wird  $\underline{s} = \frac{1}{17}$  angenommen<sup>64</sup>. Gilt  $s_j < \underline{s}$ , entsteht ein Nutzenverlust  $\eta_j$  in einer Höhe, dass jeder Haushalt, der zu einem anderen Zahlungsmittel wechselt, auch den jeweils näher an  $j$  positionierten Haushalt zu gleichem bewegt. Am Ende dieser Kettenreaktion steht ein neues Gleichgewicht, in dem kein einziger Haushalt mehr jenes Zahlungsmittel einsetzt<sup>65</sup>. Zwar verschwindet dadurch der Nutzenverlust durch NWE ( $\eta_j = 0$ ), aber der Rückgang der Zahlungsmitteldiversität steigert den Präferenznutzenverlust. Könnte der beispielhaft genannte Haushalt  $i = 0,9$  künftig nur noch Einlagen einsetzen, stiege seine Nutzenminderung auf  $|0 - 0,9| = 0,9$ .

### *Bestimmung der Konsummenge durch Firmen und Banken*

Firmen schütten Güter in Form von Dividenden an Haushalte aus. Damit Firmen produzieren können, müssen ihre Projekte finanziert werden. Haushalte

<sup>62</sup> Vgl. Agur et al. (2019), S. 6.

<sup>63</sup> Vgl. ebd., S. 7.

<sup>64</sup> Anhaltspunkte bietet die Empirie: In Schweden mit einer Bargeldnutzung von einem Prozent erschienen NWE deutlich spürbar, in Kanada mit zehn Prozent aber noch beherrschbar, vgl. Agur et al. (2019), S. 9.

<sup>65</sup> Vgl. Agur et al. (2019), S. 5 f.

sind allerdings durch unüberwindbare Informationsasymmetrien daran gehindert, den Firmen direkt Geld zu leihen<sup>66</sup>. Daher werden Banken als Intermediäre gebraucht. Sie vergeben Kredite  $l$ , die sie komplett durch eingesamelte Einlagen  $d$  decken müssen. Dabei konkurrieren sie im Polypol<sup>67</sup>.

Das impliziert erstens die Identität der Zinsen für Einlagen und Kredite:  $r_d = R$ <sup>68</sup>. Zweitens ergibt sich eine Obergrenze für die Kreditmenge von  $l \leq d$ <sup>69</sup>. Mit den zur Verfügung stehenden Einlagen finanzieren Banken  $k$  Projekte aus  $k^0 > 1$  möglichen Projekten. Da Haushalte ein Anfangsvermögen von 1 zur Verfügung steht, herrscht eine strukturelle Kreditknappheit. Jeder Haushalt, der nicht Einlagen als Zahlungsmittel nutzt, reduziert daher die Kreditvergabe.

Aus den finanzierten Projekten ( $l = k$ ) generieren Firmen mit einer Produktivität von  $A > 1$  einen sicheren Rückfluss:

$$Y = \left(A - \frac{k}{2}\right)k$$

Nicht finanzierte Projekte werden zu einem Rückfluss von  $\phi \in [0; 1]$  liquidiert und mehrten so die Dividende. Dabei stellt die Bedingung  $1 < A - \phi$ <sup>70</sup> sicher, dass der Mehrertrag finanzierter Projekte überwiegt<sup>71</sup>. Dadurch senkt jeder Intermediationsrückgang auch den Gesamtkonsum.

Unter Berücksichtigung der Kapitalkosten für Kredite maximiert eine Firma ihren Profit durch:

$$\max_{k,l} Y + \phi(k^0 - k) - (1 + R)l$$

Einsetzen und Ableiten erbringt die Gewinnmaximierungsbedingung:

<sup>66</sup> Vgl. Agur et al (2019), S. 5.

<sup>67</sup> In einer kurzen Erweiterung des Modells wird auch der Fall eingeschränkten Wettbewerbs betrachtet, vgl. Agur et al. (2019), S. 32 f. Mechanik und Ergebnisse des Modells ändern sich dadurch nicht wesentlich.

<sup>68</sup> Bei einem Zins  $r_d < R$  wandert der Haushalt zu einer anderen Bank mit höherer Verzinsung. Für  $r_d > R$  erleidet die Bank operative Verluste und stellt ihr Geschäft ein oder reduziert den Einlagenzins.

<sup>69</sup> Vgl. Agur et al. (2019), S. 7.

<sup>70</sup> Vgl. ebd., S. 9.

<sup>71</sup> Im Bereich  $k \in [0; 1]$  bringt jedes durchgeführte Projekt mehr Ertrag als dessen Liquidation ( $\frac{\delta Y}{\delta k} = \phi + (A - k) > \frac{\delta \phi k}{\delta k} = \phi$ ). Erst nach Umsetzung des letzten finanzierbaren Projektes ( $k = 1$ ) wird im Grenzfall  $(A - \phi - 1) \rightarrow 0$  ein gleicher Grenzertrag erreicht.

$$1 + R = A - \phi - l$$

Je niedriger der Zins, und je größer der Mehrwert durch Intermediation von Banken  $(A - \phi)^{72}$ , desto mehr Projekte werden finanziert<sup>73</sup>.

### 2.1.2 Gleichgewicht und Optimalität

Dieses Unterkapitel charakterisiert zuerst das Modellgleichgewicht. Nachfolgend wird ein optimales Design für nicht-verzinstes DZBG abgeleitet und schließlich dargestellt, wann und inwiefern ein verzinstes DZBG die Wohlfahrt mehrt.

#### *Gleichgewichtszustand*

Im Gleichgewicht wird immer DZBG eingeführt. Im Optimum fällt die Nutzung nie unter die kritische Schwelle. Dies ist intuitiv, da es durch die Wahlmöglichkeit der Sicherheit-Anonymitätsstufe flexibel gestaltet werden kann. Ebenfalls bleiben Einlagen immer als Zahlungsmittel erhalten, denn sie sind notwendig, damit Produktion stattfinden kann. Bargeld hingegen ist weder flexibel noch notwendig und daher von einer Abschaffung durch NWE bedroht<sup>74</sup>.

Somit sind zwei Kombinationen für den Einsatz von Zahlungsmitteln zu untersuchen: DZBG und Einlagen im Gleichgewicht *ohne* Bargeld und *mit* Bargeld. Bargeld ist immer dann Teil der Lösung, wenn dessen Anteil  $s_c^{ce}$  die kritische Schwelle  $\underline{s}$  nicht unterschreitet. Durch Lösung des Maximierungsproblems der Haushalte lässt sich  $s_c^{ce}$  bestimmen und so die Bedingung für die Bargelderhaltung näher beschreiben als:

$$\theta + \rho r_{cbdc} \leq 1 - 2\underline{s}$$

Je höher DZBG verzinst wird und je bargeldähnlicher es gestaltet wurde ( $\theta \rightarrow 1$ ), desto eher verdrängt es Bargeld<sup>75</sup>. Abbildung 7 zeigt, wie DZBG zu Las-

<sup>72</sup> Vgl. Agur et al. (2019), S. 8.

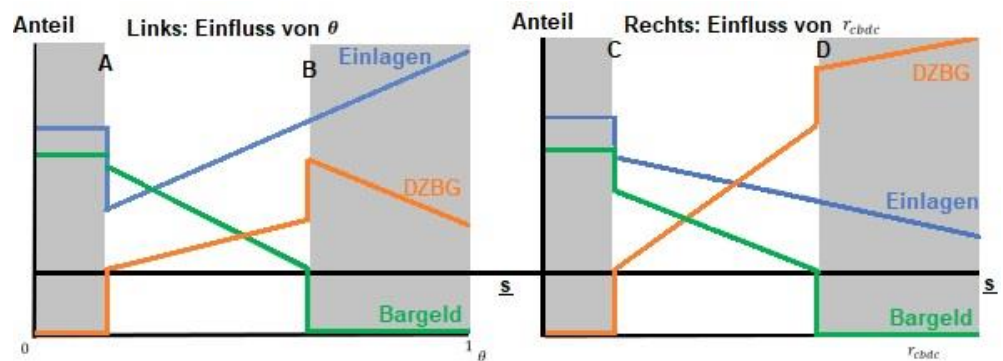
<sup>73</sup> Der Term  $(A - \phi)$  beschreibt den Wertbeitrag von Banken. Liegen die Produktionserträge der Firmen weit über den Liquidationserlösen, leisten Banken einen hohen Wertbeitrag. Der Term kann daher auch als Opportunitätskosten aus der Unterfinanzierung von Banken interpretiert werden. In Währungsräumen, in denen Banken keine wesentliche Rolle in der Finanzierung spielen, sind die Opportunitätskosten gering und die Wirtschaft weniger abhängig von Einlagen.

<sup>74</sup> Vgl. Agur et al. (2019), S. 11 f., 36.

<sup>75</sup> Vgl. ebd., S. 10 f.

ten von Bargeld an Verwendung gewinnt, wenn die Eintrittshürde  $\underline{s}$  überschritten wurde (Punkte A und C). Für Einlagen ergeben sich unterschiedliche Wirkungen. Je bargeldähnlicher DZBG gestaltet wurde, umso mehr Haushalte bevorzugen Einlagen (Abbildung links). Hingegen wirkt eine höherer DZBG-Verzinsung mehr Haushalte von Einlagen ab, da Banken trotz Erhöhung der Einlagenzinsen nicht alle Kunden halten können (Abbildung rechts). Darüber hinaus bewirkt das Verschwinden von Bargeld (Punkte B und D) einen sprunghaften Anstieg beim DZBG, da ehemalige Bargeld-Nutzer den geringeren Nutzenverlust von DZBG den Einlagen vorziehen<sup>76</sup>.

**Abbildung 7: Nutzung der Zahlungsmittel bei Parametervariation im Modell**



Eigene Darstellung auf Basis von Agur et al. (2019), S. 12.

#### Wohlfahrt im Gleichgewicht

Die Wohlfahrt dient im Modell als Entscheidungskriterium für ein optimales Design. Die Gleichgewichte mit und ohne Bargeld unterscheiden sich lediglich durch Konstanten. Für ein grundlegendes Verständnis der Einflussgrößen genügt es daher, das Gleichgewicht mit Bargeld zu betrachten:

$$W = \frac{1}{4(2 + \rho)} \left[ 4\rho \left( A - \phi - \frac{1}{2} \right) \theta + 4\theta - \theta^2(4 + 3\rho) - (4 + \rho)\rho^2 r_{cbdc}^2 + \omega \right]$$

Der erste Summand bildet einen Nutzenzuwachs durch die Finanzierungstätigkeit der Banken ab. Er steigt mit einem höheren Mehrwert durch Intermediation ( $A - \phi$ ) und fällt mit einer stärkeren Konkurrenz zu Einlagen ( $\theta \rightarrow 0$ ). Der zweite und dritte Summand beschreiben den Nutzen, wenn DZBG mit anderen Zahlungsmitteln möglichst wenig interferiert. Dies gelingt durch eine

<sup>76</sup> Vgl. Agur et al. (2019), S. 12.

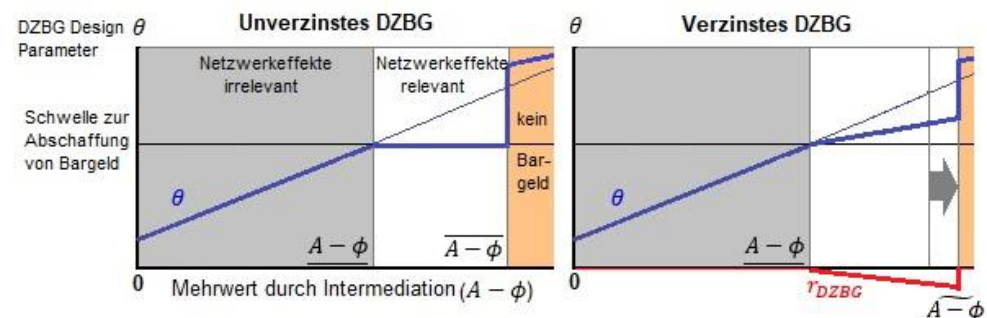


Mittelstellung auf der Sicherheits-Anonymitäts-Skala<sup>77</sup>. Der vierte Summand beschreibt einen Wohlfahrtsverlust aus der Verzinsung von DZBG, da dadurch Haushalte zu einem für ihre Präferenz  $i$  suboptimalen Zahlungsmittel gedrängt werden<sup>78</sup>.  $\omega$  ist eine Sammlung von Konstanten.

#### *Nicht-verzinstes Digitales Zentralbankgeld*

Das optimale Design folgt einer intuitiven Gesetzmäßigkeit: Je größer der Mehrwert durch Intermediation, desto bargeldähnlicher sollte ein DZBG sein, um die Konsumminderung durch Einlagenverdrängung einzudämmen. Abbildung 8 (links) veranschaulicht diesen Zusammenhang durch die ansteigende Gerade. Auf Höhe der vertikalen Linie  $A - \phi$  wurde Bargeld so weit verdrängt, dass kritische Netzwerkeffekte einsetzen würden.  $\theta$  wird daher nicht weiter angehoben, da der entstehende Präferenznutzenverlust durch Bargeldabschaffung den Intermediationsrückgang überwiegt. Erst wenn dieser Rückgang bei  $\overline{A - \phi}$  eine kritische Schwelle übersteigt, wird Bargeld aufgegeben und  $\theta$  übersteigt sprunghaft den ursprünglichen Wachstumspfad, um die Nutzeneinbußen der Haushalte nahe  $i = 1$  zu mitigieren<sup>79</sup>. Erwartungsgemäß ist ein optimales Design deutlich bargeldähnlicher, wenn es kein Bargeld mehr gibt.

**Abbildung 8: Optimales Design von Digitalem Zentralbankgeld im Modell**



Eigene Darstellung auf Basis von Agur et al. (2019), S. 16, 18.

Der Zins eines DZBG ist neben  $\theta$  ein weiteres Instrument, um die Nachfrage zu steuern. Oberhalb von  $A - \phi$  kann  $\theta$  weiter angehoben werden, um mehr Intermediation zu ermöglichen. Dies ermöglicht ein Negativzins auf DZBG,

<sup>77</sup> Lediglich bei extremen Präferenzen maximiert ein einlagengleiches ( $\theta = 0$ ) oder ein bargeldgleiches ( $\theta = 1$ ) Design diesen Teilausdruck, wenn also der Konsum irrelevant ist ( $\rho \rightarrow 0$ ) beziehungsweise das Zahlungsmittel irrelevant ist ( $\rho \rightarrow \infty$ ).

<sup>78</sup> Vgl. Agur et al. (2019), S. 14.

<sup>79</sup> Vgl. ebd., S. 16 f.

welcher Bargeldnutzer aus ökonomischem Kalkül vom Wechsel in DZBG abhält und somit die Abschaffung von Bargeld verhindert (siehe Abbildung 8, rechts). Das erhöht gleichfalls die kritische Schwelle von  $\overline{A - \phi}$  auf  $\widetilde{A - \phi}$ <sup>80</sup>. Hierbei spielt  $\rho$  erneut eine entscheidende Rolle: Bei ausreichend kleiner Konsumpräferenz, würde – abweichend zu Abbildung 8 – eine Verzinsung von DZBG die Abschaffung von Bargeld komplett verhindern<sup>81</sup>.

#### *Analyse der Verteilungseffekte*

Eine negative Verzinsung im Bereich relevanter NWE mehrt die Wohlfahrt, indem eine kritische Nutzerzahl von Bargeld erhalten wird. Dem positiven Konsumeffekt wirkt dabei ein geringerer negativer Präferenznutzeneffekt entgegen, denn Haushalte an den Grenzen zu DZBG werden in ein – für ihre Präferenz  $i$  – suboptimales Zahlungsmittel geleitet<sup>82</sup>.

Einleger erfahren immer eine Wohlfahrtsmehrung. Durch die Konkurrenz zu DZBG heben Banken den Einlagezins. Das überwiegt bereits bei unverzinstem DZBG den Verlust an Intermediation. Bei verzinstem DZBG fällt der Zugewinn durch Umverteilung von DZBG-Nutzern und mehr Intermediation noch größer aus, siehe Abbildung 9.

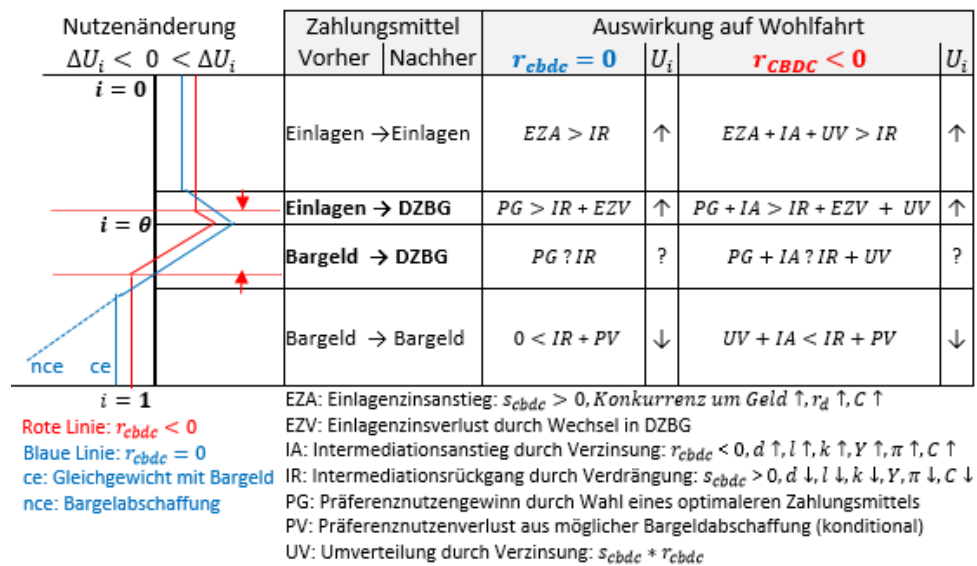
Wer aus Einlagen in DZBG wechselt, wird durch unverzinstes DZBG noch besser gestellt: Der Präferenznutzenanstieg überkompensiert Intermediations- und Zinsverluste. Eine leicht negative Verzinsung lockt weniger Einleger in DZBG (siehe oberer roter Pfeil) und erhöht so den Konsum. Nutzer von DZBG müssen dies jedoch durch Zinszahlungen subventionieren und profitieren somit weniger als beim DZBG mit Nullzins.

---

<sup>80</sup> Anders ausgedrückt: Im Bereich zwischen  $A - \phi$  und  $\overline{A - \phi}$  ist der Negativzins mit moderater Anhebung von  $\theta$  weniger wohlfahrtsmindernd als ein fixes  $\theta$  zu Lasten der Intermediation oder im Bereich zwischen  $\overline{A - \phi}$  und  $\widetilde{A - \phi}$  zu Lasten der Bargeldnutzbarkeit.

<sup>81</sup> Vgl. Agur et al. (2019), S. 18.

<sup>82</sup> Zwar geht ein solcher Sog auch von Einlagen aus, jedoch ist dieser schwächer, da die Position auf der Sicherheits-Anonymitätsskala fix bei 0 liegt. Darüber hinaus bieten Einlagen den Mehrwert durch Intermediation. Dies ist bei DZBG im Modell nicht der Fall. Ein negativer Zins verteilt lediglich von DZBG nutzenden Haushalten an solche, die andere Zahlungsmittel einsetzen, um.

**Abbildung 9: Verteilungseffekte im Modell**

Eigene Darstellung auf Basis von Agur et al. (2019), S. 19, 20, 28–30.

Bargeldnutzer erhalten generell keine Verzinsung und büßen immer Wohlfahrt ein. Selbst bei verzinster DZBG wiegen Umverteilungseffekte und die Mehrintermediation dies nicht auf. Jene, die zu DZBG übergehen, profitieren erst wenn diese Verluste amortisiert und schließlich überkompensiert werden. Dies ist der Fall, wenn die rote beziehungsweise blaue Linie die vertikale Nulllinie nach rechts durchkreuzen.

Im Ergebnis erbringt selbst ein optimales Design Gewinner und Verlierer. Die größten Einbußen entstehen jedoch Haushalten mit starker Anonymitätspräferenz, wenn Bargeld abgeschafft wird. Ein DZBG in einer Mittelposition wäre nur ein schwaches Substitut und führte zu deutlichen Nutzeneinbußen.

#### Wesentliche Schlussfolgerungen des Modells

Im Modell liefert DZBG einen Mehrwert, indem es – im Gegensatz zu Bargeld und Einlagen – einen Kompromiss zwischen Sicherheit und Anonymität abbilden kann und so bestimmte Haushalte besser bedient. Dies ist mit zwei wesentlichen Risiken verbunden: Ein bargeldähnliches DZBG kann zur Abschaffung von Bargeld führen, ein einlagenähnliches DZBG zur Disintermediation.

Das optimale Design hängt daher wesentlich vom Mehrwert durch Intermediation ab. Sind Banken weniger relevant, ist ein optimales Design tendenzi-

ell einlagenähnlicher. Spielen Banken eine wichtige Rolle, ist ein bargeld-ähnliches DZBG vorzuziehen. Je nach der Bedeutung von Bargeld sind dabei NWE zu beachten, sodass Bargeld nicht unbeabsichtigt durch DZBG aus dem Markt verdrängt wird.

Hat die Zentralbank keine Nebenbedingungen zu erfüllen, ist ein nicht-verzinstes DZBG wohlfahrtsoptimal und Präferenzverzerrungen werden vermieden. Sind Nebenbedingungen zu beachten, wie beispielsweise die Bewahrung von Bargeld vor der Abschaffung durch NWE, kann der Nutzen einer (negativen) Verzinsung die dadurch verursachten Nutzeneinbußen einer Präferenzverzerrung möglicherweise überwiegen. Der DZBG-Zins kann demnach als zusätzliches Instrument der Nachfragesteuerung fungieren, wenn sich die Zentralbank mehreren Zielsetzungen gegenüber sieht<sup>83</sup>.

Im Ergebnis ist DZBG immer wohlfahrtsteigernd. Das heißt jedoch nicht, dass alle Nutzer davon profitieren. Die Kernaufgabe des DZBG-Designs ist es daher, Auswirkungen abzuwägen und Kompromisse zu finden.

## 2.2 Auswirkungen und Implikationen

Das Modell indiziert wesentliche volkswirtschaftliche Auswirkungen einer Einführung von DZBG. Dieses Unterkapitel untersucht die zugrundeliegenden Annahmen und die resultierenden Erkenntnisse. Dazu werden zuerst Verdrängungseffekte genauer betrachtet und darauf aufbauend Implikationen für die Finanzstabilität und die Geldpolitik erarbeitet.

### 2.2.1 Verdrängungseffekte

#### *Asymmetrische Substituierbarkeit*

DZBG hat im Modell eine wichtige Flexibilität: Es kann auf der Sicherheits-Anonymitäts-Skala frei zwischen Bargeld und Einlagen positioniert werden. Dabei unterliegt es einem perfekten Trade-off. Jeder Gewinn an Sicherheit schmälert die Anonymität und vice versa. Im Extremum  $\theta = 1$  ist DZBG ein

---

<sup>83</sup> In Erweiterungen des Modells explorieren die Autoren neben Netzwerkeffekten weitere Modellspezifikationen, die eine Verzinsung von DZBG im Optimum erfordern. Dazu gehören ein eingeschränkter Wettbewerb im Bankensektor und negative Externalitäten bei anonymen Zahlungen, vgl. Agur et al. (2019), S. 31–33.

perfektes Bargeld-Substitut<sup>84</sup>. Zwar kann DZBG volle Sicherheit bieten ( $\theta = 0$ ) und Zinsen tragen, jedoch nicht zur Kreditvergabe genutzt werden<sup>85</sup> und daher Einlagen nur unvollständig substituieren.

#### *Nicht-Mischbarkeit*

Ein gemischtes Portfolio an Zahlungsmitteln ließe Wohlfahrtsgewinne vermuten, ist aber per Definition im Modell nicht möglich. Jeder Haushalt<sup>86</sup> kann genau ein Zahlungsmittel auswählen<sup>87</sup>. Einige andere Modelle gestatten hingegen gemischte Portfolien<sup>88</sup> oder untersuchen verschiedene Fälle<sup>89</sup>.

Agur et al. leiten die Nicht-Mischbarkeit aus Nutzenüberlegungen in einem Sub-Modell ab<sup>90</sup>. Die Schlussfolgerung erscheint nicht zwingend. Empirischen Daten nach setzen Haushalte beispielsweise abhängig vom Betrag unterschiedliche Zahlungsmittel ein<sup>91</sup>. Wird Bargeld zwar nur für bestimmte Transaktionen eingesetzt, dafür aber von relativ vielen Nutzern, könnten dies die kritische Schwelle der Komplettverdrängung herabsetzen.

#### *Gleichsetzung von Zahlungsmittel- und Wertaufbewahrungsfunktion*

Im Modell können Banken das Geld aus Einlagen über die gesamte Periode zur Kreditvergabe nutzen, bis am Ende die Einleger ihr Geld abheben und zum Konsum einsetzen. Da Haushalte sich anfangs unwiderruflich auf ein Zahlungsmittel festlegen müssen, ist ein Umtausch ausgeschlossen und alle

<sup>84</sup> Kahn et al. indizieren ebenfalls einen solchen Trade-off: Von den drei Zielen – unbeschränkter Zugriff, Sicherheit und Anonymität – können nur zwei gleichzeitig erreicht werden können, vgl. Kahn et al. (2019), S. 9–11. Eine umfassende Teilnehmerbeschränkung widerspricht dem Grundgedanken eines retail-DZBG. Dies reduziert das Trilemma auf den dargestellten Trade-off zwischen Sicherheit und Anonymität. Kapitel 2.4 der gegenständlichen Arbeit wird organisatorische beziehungsweise technische Ansätze beleuchten, die diesen Trade-off abmildern könnten.

<sup>85</sup> Die Möglichkeit DZBG direkt oder indirekt für die Kreditvergabe nutzbar zu machen, diskutiert Kapitel 2.4.5, Abschnitt Mittelverwendung.

<sup>86</sup> Zum Zwecke der Konsistenz und Nachvollziehbarkeit wird weiterhin von „Haushalten“ gesprochen, wenn der Bezug zum Modell von Agur et al. hergestellt wird. Generell kann ein DZBG auch anderen Wirtschaftssubjekten wie Personengesellschaften und Unternehmen offen stehen. Daher wird nachfolgend auch der allgemeingültigere Terminus „Nutzer“ verwendet.

<sup>87</sup> Vgl. Agur et al. (2019), S. 6.

<sup>88</sup> Vgl. Davoodalhosseini (2018), S. 1.

<sup>89</sup> Vgl. Siciliani (2018), S. 3.

<sup>90</sup> Im Sub-Modell profitieren Haushalte von einer guten Kredit-Rating-Note. Diese beurteilt die Bank durch eine Zahlungsverkehrsanalyse: Erwirbt der Haushalt „böse“ statt „gute“ Güter, senkt dies sein Rating. Bargeldnutzer kann die Bank nicht überwachen und verleiht ein pauschales Rating. Da die Bank die Einkommen der Haushalte in Erfahrung bringen kann, ist dem Haushalt ein Mischen unmöglich. Die Bank wüsste, dass nicht über das Konto abgewickelte Zahlungen wahrscheinlich durch Bargeld in „böse“ Güter geflossen sind, vgl. Agur et al. (2019), S. 34–36.

<sup>91</sup> Vgl. Deutsche Bundesbank (2021a), S. 21.

Mittel in Bargeld und DZBG sind für die Intermediation verloren. Haushalte können in der Realität jedoch Geld auf einem Einlagenkonto anhäufen und somit längere Zeit Einlagen zur Verfügung stellen, um bei Bedarf eine Anschaffung bar oder mit DZBG zu bezahlen. Geringe Wechselkosten zwischen DZBG und anderen Zahlungsmitteln erleichtern eine Trennung der beiden Geldfunktionen und mindern dadurch NWE<sup>92</sup>. Durch Spar- und Tagesgeldkonten in Verbindung zu Girokonten ist die Trennung bereits heute eine gelebte Praxis. So könnte auch das Ziel mancher Zentralbanken, DZBG nur als Zahlungsmittel, aber nicht als Wertaufbewahrungsmittel zu positionieren<sup>93</sup>, erreicht werden.

#### *Zahlungsmittel ohne unmittelbare Kosten*

Eine Bargeldzahlung ist mit Kosten behaftet, beispielsweise für die Lagerung, für den Wechsel oder für die Einzahlung bei Banken. Kartenzahlungen sind häufig gebührenpflichtig, zum Beispiel mit einer umsatzabhängigen Gebühr für den Zahlungsempfänger. Eine Hoffnung beim DZBG ist gerade eine Reduktion von Transaktionskosten<sup>94</sup>. Andere Autoren nähern sich dieser Eigenschaft an, indem sie ein DZBG modellieren, das mehr Transaktionen beziehungsweise Tauschgeschäfte erlaubt als Einlagen<sup>95</sup> oder Bargeld<sup>96</sup>. Diese Effizienzverbesserungen bilden ein zusätzliches Gegengewicht zu möglichen Nachteilen eines DZBG.

Davoodalhosseini verknüpft hingegen DZBG mit direkten Kosten. Diese resultieren jedoch aus Anonymitätsverlusten<sup>97</sup> und werden im Modell von Agur et al. durch den Präferenznutzen abgebildet<sup>98</sup>.

#### *Heterogene, gleichverteilte Präferenzen für Zahlungsmittel*

Die Literatur liefert Beweise für heterogene Präferenzen. Relevante Parameter sind beispielsweise Bildungsstand und Beschäftigungsstatus<sup>99</sup>. Im Modell

<sup>92</sup> Vgl. Brunnermeier et al. (2019), S. 11 f.

<sup>93</sup> Vgl. EZB (2020a), S. 18.

<sup>94</sup> Vgl. Bordo und Levin (2017), S. 3.

<sup>95</sup> Vgl. Barrdear und Kumhof (2016), S. 32 f.

<sup>96</sup> Vgl. Keister und Sanches (2019), S. 2.

<sup>97</sup> Vgl. Davoodalhosseini (2018), S. 3.

<sup>98</sup> Durch die zweite Kostenkomponente „Sicherheit“ sind bei Agur et al. alle Zahlungsmittel von diesen Kosten betroffen. Es handelt sich dabei jedoch um mittelbare, nicht-monetäre Kosten aus dem Verlust an Präferenznutzen, die nicht den Charakter von direkten Transaktionsgebühren innehaben.

<sup>99</sup> Vgl. Koulayev et al. (2016), S. 313.

konkurrieren die Zahlungsmittel in einem Hotelling Setup<sup>100</sup>. Im Gegensatz zum Modell von Siciliani haben Haushalte hier nicht lediglich eine Vorliebe für Zahlungsmittel<sup>101</sup> sondern explizite Präferenzen für deren Eigenschaften. Das ermöglicht die flexible Ausgestaltung von DZBG auf der Sicherheits-Anonymitäts-Skala. In beiden Modellen fördern heterogene Präferenzen tendenziell die Diversität an Zahlungsmitteln.

Die vereinfachende Gleichverteilung der Präferenzen über die Sicherheits-Anonymitäts-Skala scheint für einige Länder akzeptabel. Mit agenten-basierten Modellen könnten hingegen auch ungleiche Verteilungen und gleichzeitige Akzeptanzbeschränkungen modelliert werden<sup>102</sup>. In Währungsräumen mit geringer Bargeldpräferenz würde Bargeld dadurch vergleichsweise schneller verdrängt.

#### *Gleiche Anfangsvermögen*

Agur et al. merken an, dass die Annahme jeweils gleicher Anfangsvermögen der Haushalte verzerrt sein könnte. So würden Einlagen eher von Gutverdienern genutzt und Bargeld eher von schwächer Situierten<sup>103</sup>. Dadurch bekämen Einlagen ein stärkeres Gewicht bei gleicher Nutzerzahl. Andolfatto modelliert beispielsweise Fixkosten für Einlagen und DBZG und drängt so ärmere Haushalte in Bargeld<sup>104</sup>.

#### *Zahlungsmittelauswahl ausschließlich durch Haushalte*

Die Wahl des Zahlungsmittels bestimmen im Modell allein die Haushalte. Die Zahlungsempfänger haben keine Präferenz und nehmen indifferent alle Zahlungsmittel an, solange nicht die kritische Schwelle der NWE unterschritten wird. Diese Modellierung wird durch Ergebnisse von Wakamori und Welte gestützt: Beim Bargeld bestimmt die Nutzerpräferenz wesentlich die Zahlungsmittelwahl<sup>105</sup>. In der Realität sind am Point-Of-Sale häufig nur bestimmte Zahlungsmittel nutzbar. Einige Modelle implementieren daher eine heterogene Zahlungsmittelakzeptanz<sup>106</sup> mit entsprechendem Einfluss auf die Geldhaltung der Käufer und schreiben der Akzeptanz bei Händlern eine kritische

<sup>100</sup> Vgl. Hotelling (1929), S. 45.

<sup>101</sup> Vgl. Siciliani (2018), S. 3.

<sup>102</sup> Vgl. Hummel et al. (2011), S. 43–45.

<sup>103</sup> Vgl. Agur et al. (2019), S. 20.

<sup>104</sup> Vgl. Andolfatto (2021), S. 526.

<sup>105</sup> Vgl. Wakamori und Welke (2018), S. 152.

<sup>106</sup> Vgl. Chiu et al. (2020) S. 7, Keister und Sanches (2019), S. 9.

Bedeutung zu<sup>107</sup>. Diese Akzeptanz kann durch Ordnungspolitik in einem gewissen Rahmen beeinflusst werden.

### *Netzwerkeffekte*

Im Modell entstehen NWE durch sinkende Zahlungsmittelakzeptanz oder -verfügbarkeit<sup>108</sup>. Die Berücksichtigung von Anonymität ist der wesentliche Treiber für die Bewahrung von Bargeld. Williamson abstrahiert hingegen von Anonymitätspräferenzen und modelliert Bargeld wegen der damit verbundenen Kriminalität als unsicher. Ein sicheres DZBG verdrängt Bargeld komplett<sup>109</sup>. Da DZBG im Modell keine Nachteile hat, steigt – im Gegensatz zu Agur et al. – dadurch die Wohlfahrt aller ursprünglichen Bargeldnutzer.

Eine komplette Verdrängung von Bargeld ist auch bei Davoodalhosseini mit einem weniger anonymen DZBG möglich. Dies wird jedoch weniger wahrscheinlich, wenn mangelnde Anonymität den Abschluss gewisser Geschäfte verhindert und so die Substituierbarkeit der Zahlungsmittel sinkt<sup>110</sup>. Ebenfalls eine vollständige Verdrängung erfolgt im Modell von Andolfatto, wenn DZBG kostenfrei zugänglich ist<sup>111</sup>. Bei Hyunh et al. werden Bargeld und Einlagen nur dann weitgehend verdrängt, wenn DZBG diese in allen relevanten Bewertungsdimensionen signifikant übertrifft<sup>112</sup>.

Die Verdrängungseffekte von DZBG sind ex ante schwer einschätzbar und abhängig von der konkreten Ausgestaltung des DZBG und von den Vorbedingungen des Währungsraumes. Bereits heute stehen Zahlungsmittel in zunehmender Konkurrenz zueinander und Bargeld ist in manchen Ländern kaum mehr genutzt<sup>113</sup>.

### *Kosten von Verdrängung*

Unter dem Aspekt „Präferenznutzenverlust“ ist nicht eine bloße Unzufriedenheit der Nutzer zu verstehen. Beispielsweise kann der Wegfall von Bargeld

---

<sup>107</sup> Vgl. Hyunh et al. (2020), S. 24.

<sup>108</sup> Vgl. Agur et al. (2019), S. 21.

<sup>109</sup> Vgl. Williamson (2019), S. 15.

<sup>110</sup> Vgl. Davoodalhosseini (2018), S. 39 f.

<sup>111</sup> Vgl. Andolfatto (2021), S. 527.

<sup>112</sup> Vgl. Hyunh et al. (2020), S. 25.

<sup>113</sup> Selbst wenn kein DZBG eingeführt würde, könnten privatwirtschaftliche Projekte in den nächsten Jahren zu großer Bedeutung aufsteigen und Bargeld verdrängen. Zentralbanken hätten mutmaßlich begrenzten Einfluss auf den Großteil deren Designs.



spezifische Geschäftsmodelle obsolet oder gewisse Handelsgeschäfte unmöglich machen und dadurch die wirtschaftliche Leistungsfähigkeit dämpfen<sup>114</sup>.

#### *Fazit zu Verdrängungseffekten*

Zusammenfassend erscheinen Verdrängungseffekte durch DZBG im Modell zwar überzeichnet, die qualitative Aussage ist aber relevant: Je nach Design kann ein DZBG bedeutende Verdrängungseffekte auf die jeweils konkurrierenden Zahlungsmittel bewirken. Ob dadurch die Vielfalt an Zahlungsmitteln gefährdet wird und Wohlfahrtseinbußen drohen, kann nur im Einzelfall für spezifische Währungsräume und Designs beurteilt werden<sup>115</sup>.

### **2.2.2 Finanzstabilität**

Ein stabiles Finanzsystem gewährleistet die effektive Verteilung von Ressourcen und Risiken sowie ein robustes Zahlungsverkehrssystem. Durch die starke Verbindung von Finanz- und Realwirtschaft kann Instabilität zu Wohlfahrtseinbußen führen. Ein optimales Design sollte daher die Finanzstabilität schützen. Ein Verständnis von Relevanz und Wirkungsweise möglicher Gefahren ist erforderlich. Das vorhergehende Kapitel wies bereits auf Verdrängungseffekte durch DZBG hin. Dieses Wissen wird nachfolgend im Hinblick auf die Finanzstabilität konkretisiert und ergänzt. Zuerst wird die relevante Abbildung des Bankensektors im Modell diskutiert und anschließend die Relevanz zweier wesentlicher Bedrohungen, Disintermediation und Bank-runs, bewertet.

#### *Modellierung der Geldschöpfung*

Banken schöpfen Geld durch Interaktion mit Nichtbanken<sup>116</sup>, zum Beispiel durch Kreditvergabe. Durch die Auszahlung entsteht der Bank eine Forderung gegen den Kreditnehmer und gleichzeitig eine Verbindlichkeit in Form einer Einlage (s. Abbildung 5).

---

<sup>114</sup> Vgl. Chodorow-Reich et al. (2020), S. 60.

<sup>115</sup> Ob gegensteuernde Designentscheidungen ergriffen werden sollen, um kaum mehr genutzte Zahlungsmittel zu beschützen, sollte indes nicht isoliert durch die volkswirtschaftliche Forschung entschieden werden. Ein gesellschaftlicher beziehungsweise politischer Diskurs ist notwendig.

<sup>116</sup> Vgl. Deutsche Bundesbank (2017), S. 17.

**Abbildung 10: Bilanzielle Darstellung der Kreditgeldschöpfung**

Bank		Einleger / Kreditnehmer		
Aktiva	Passiva	Aktiva	Passiva	
Neuer Kredit	Neue Einlagen	Neue Einlagen	Neuer Kredit	Geld- schöpfung
Reserven	Einlagen	Einlagen	Sonstiges	
Bargeld				Bestehendes Geld
Sonstiges	Sonstiges	Bargeld		

Eigene Darstellung auf Basis von McLeay et al. (2014), S. 16, Abbildung 1.

Für die Kreditvergabe ist es daher nicht notwendig, vorab Einlagen in der Kredithöhe einsammeln zu müssen<sup>117</sup>. Die Zentralbank steuert die Geldmenge demnach nicht durch die Begrenzung von Reserven. Die Zinssetzung bestimmt, wie viel Kredit und damit Einlagen die Banken schaffen und wie viele Reserven die Banken halten wollen<sup>118</sup>.

Die Kreditschöpfung ist durch Liquiditäts- und Eigenkapitalvorschriften und die notwendige Refinanzierung begrenzt<sup>119</sup>. Des Weiteren könnten Einleger mit steigendem Geldvolumen vermehrt Kredite zurückzahlen<sup>120</sup>, Tilgungen und Bargeldabhebungen vornehmen oder Überweisungen an Empfänger außerhalb des Währungsgebiets richten und so Giralgeld vernichten<sup>121</sup>.

Im Modell halten Informationsasymmetrien Haushalte davon ab, direkt Kredite an Firmen auszureichen. Banken helfen diese Asymmetrien zu überwinden und reichen gesammelte Einlagen als Kredite weiter. Sie können per Definition ausschließlich vorab erhaltenes Geld verleihen<sup>122</sup>. Da ergänzend die Geldmenge auf eins fixiert ist, entzieht jeder Haushalt, der DZBG statt Einlagen nutzt, Unternehmen ihre Finanzierungsmöglichkeit und senkt damit das Produktionsniveau. Das lässt vermuten, das Modell überzeichne Wohlfahrtsverluste. Da die Disintermediation des Finanzsektors die Wohlfahrt

<sup>117</sup> Die Deutsche Bundesbank nennt diese Geldschöpfung daher ein „Ergebnis eines Buchungsvorgangs“, Deutsche Bundesbank (2017), S. 19.

<sup>118</sup> Vgl. McLeay et al. (2014), S. 15.

<sup>119</sup> Vgl. Deutsche Bundesbank (2017), S. 23 f.

<sup>120</sup> Vgl. McLeay et al. (2014), S. 20 f.

<sup>121</sup> Vgl. Hellwig (2018), S. 15.

<sup>122</sup> Diese Form der Modellierung wird als „intermediation of loanable funds“ bezeichnet, vgl. Jakab und Kumhof (2019), S. 1. Sie findet sich unter anderem auch bei Keister und Sanchez (2019), S. 8. Eine näher der skizzierten Kreditgeldschöpfung angelehnte Modellierung setzen Barrdear und Kumhof (2016), S. 56, ein.

spürbar beeinflussen kann, sollte die Wirkung von DZBG genauer untersucht werden.

#### *Disintermediation durch DZBG*

DZBG tritt zu Einlagen einerseits durch ein ähnliches Design und damit verbundene ähnliche Anwendungsfälle und Annehmlichkeiten als Zahlungsmittel in Konkurrenz. Für die Funktion als Wertaufbewahrungsmittel ist darüber hinaus der Zinssatz auf DZBG ausschlaggebend. Das Zusammenspiel von DZBG-Verzinsung und Disintermediation wurde in mehreren Modellen untersucht.

Analog zu Agur et al. modellieren Keister und Sanches den Bankensektor als Polypol. Ein einlagenähnliches DZBG steigert die Finanzierungskosten von Banken, erhöht dadurch den Kreditzins und wirkt somit kontraktiv auf das Kreditvolumen<sup>123</sup>. Hat der Bankensektor hingegen eine gewisse Marktmacht, kann die Zinsmarge einen Spielraum für die Zinssetzung im Wettbewerb mit DZBG bieten<sup>124</sup>. Dies scheint in entwickelten Ländern naheliegend<sup>125</sup>. Chiu et al. finden einen Anstieg der Kreditmenge, wenn der DZBG-Zins die Banken im beschränkten Wettbewerb zu höheren Einlagezinsen zwingt. Dadurch steigt das Einlagevolumen und folglich das Kreditvolumen bei gesunkenem Kreditzins. Ein zu hoher DZBG-Zins erzeugt jedoch eine Untergrenze für Kreditzinsen und führt bei fallender Kreditnachfrage zur Disintermediation<sup>126</sup>.

Bei Andolfatto agiert der Bankensektor als Monopolist, hebt bei zunehmender Konkurrenz durch DZBG den Einlagezins an und erzielt damit sogar ein Einlagenwachstum. Zwar reduziert sich dadurch der Monopolgewinn, aber ein Anstieg der Kreditzinsen bleibt aus und das Kreditvolumen sinkt nicht<sup>127</sup>.

---

<sup>123</sup> Vgl. Keister und Sanches (2019), S. 3, 8.

<sup>124</sup> Vgl. Mancini-Griffoli et al. (2018), S. 22.

<sup>125</sup> Coccoresse und Santucci ermitteln auf Basis empirischer Daten für den Bankensektor Italiens einen relativ intensiven aber imperfekten Wettbewerb, der mit der Größe der betrachteten Institute zunimmt, vgl. Coccoresse und Santucci (2020), S. 294 f. Darüber hinaus indiziert eine Untersuchung des französischen Bankensektors, dass die Refinanzierungskosten der Banken bis zu 30 Basispunkte steigen können, bevor die Kreditvergabe negativ beeinflusst wird, vgl. Duquerroy et al. (2020), S. 2.

<sup>126</sup> Vgl. Chiu et al. (2020), S. 38.

<sup>127</sup> Vgl. Andolfatto (2021), S. 527.

Dafür wird eine unbegrenzte Kreditaufnahmemöglichkeit bei der Zentralbank zu konstanten Zinsen vorausgesetzt<sup>128</sup>.

Weitere Maßnahmen könnten Banken helfen, eine steigende Konkurrenz durch DZBG zu bewältigen. Einerseits können sie höhere Zinsen durch Kostenreduktion oder mehr Risikonahme<sup>129</sup> ermöglichen. Letzteres kann aber destabilisierend wirken<sup>130</sup> und die Kreditportfoliostruktur ändern<sup>131</sup>. Daneben könnten Banken Einlagen in längerfristige Anlagen umschichten, um Abflüsse zu verhindern<sup>132</sup>. In Niedrigzinsphasen sind entsprechende Anreize durch höhere Zinsen möglicherweise nicht wirtschaftlich. Ebenso ist eine langfristige Finanzierung über Anleihen oder Eigenkapital tendenziell deutlich teurer<sup>133</sup> als durch Einlagen. Darüber hinaus können Banken durch die Verknüpfung mit Zusatzleistungen<sup>134</sup> die Substituierbarkeit ihres Angebots mindern<sup>135</sup>. Dies setzt voraus, dass solche Leistungen mit DZBG nicht möglich sind.

Engert und Fung halten Banken insgesamt für konkurrenzfähig und erwarten höchstens eine moderate Disintermediation bei sinkenden Bankengewinnen<sup>136</sup>. Dies ist vor allem für Banken mit einem geringen Anteil an Refinanzierung durch Einlagen zu vermuten.

Zusammenfassend zeigen sich die theoretischen Sichtweisen zur Disintermediationswirkung heterogen. Wesentlichen Einfluss haben die Konkurrenzsituation im Bankensektor, das Verhalten der Banken, die Ausgestaltung von DZBG und die makroökonomischen Rahmenbedingungen. Beispielsweise in

---

<sup>128</sup> Vgl. ebd. (2021), S. 535. In der Realität ist die Refinanzierung durch Zentralbanken zu-  
meist nur gegen Sicherheitenstellung möglich und auch der Interbankenmarkt oder die  
Finanzierung am Markt unterliegen Grenzen und tendieren zu steigenden Zinskosten mit  
zunehmender Verschuldung. Dass beispielsweise die EZB bereits eine gewisse Band-  
breite an Sicherheiten akzeptiert, bestärkt jedoch die Annahme. Eine Variante liefern Kim  
und Kwon: Grundlegend führt die Einführung von DZBG zur Disintermediation. Leitet die  
Zentralbank aber zugeflossenes DZBG an die Banken als Kredit weiter, sinkt dadurch der  
Kreditzins und die Kreditmenge steigt, vgl. Kim und Kwon, S. 26 f. Dieser Ansatz wird im  
Kapitel 2.4.5 diskutiert.

<sup>129</sup> Vgl. Stiglitz & Weiss (1981), S. 408.

<sup>130</sup> Vgl. CPMI-MC (2018), S. 16.

<sup>131</sup> Vgl. Duquerroy et al. (2020), S. 2.

<sup>132</sup> Vgl. Juks (2020), S. 69 f.

<sup>133</sup> Vgl. Bindseil (2020), S. 11.

<sup>134</sup> Beispielsweise Dispositionskredite, Nutzung als Verrechnungskonto für Depots, Dauer-  
aufträge, Kontowechselservice, Beratung und Vermittlung von Versicherungen, Bauspar-  
verträgen und Immobilienfinanzierungen.

<sup>135</sup> Vgl. Panetta (2018), S. 27.

<sup>136</sup> Vgl. Engert und Fung (2018), S. 69.

starken Negativzinsphasen oder bei hochverzinstem DZBG ist eine relevante Disintermediation vorstellbar. Je wichtiger Banken zur Finanzierung der Wirtschaftssubjekte sind, desto eher muss ein optimales Design dies berücksichtigen. Mögliche Ansätze diskutieren die Kapitel 2.4.4 und 2.4.5.

### *Bank-runs*

Bei einem Bank-run ziehen Einleger kurzfristig in großem Umfang Geld von einer Bank oder gar vom ganzen Bankensystem ab. Die Ursache ist häufig ein tatsächlicher oder wahrgenommener Anstieg des Rückzahlungsrisikos. Im Ergebnis können betroffene Institute – zumindest zeitweise – illiquide werden.

Bank-runs sind im Modell ausgeschlossen, denn die Autoren definieren Einlagen als risikolos<sup>137</sup> und begründen das mit Bail-Out-Garantien und Einlagensicherung. In Deutschland ist ein Einleger mit 100.000 €<sup>138</sup> je Institut<sup>139</sup> gesetzlich abgesichert<sup>140</sup>. Zusätzlich können Banken weitere Sicherheit durch Teilnahme an einer freiwilligen Einlagensicherung oder in institutsbezogenen Sicherungssystemen bieten. Eine gesetzliche Absicherung besteht darüber hinaus in allen EU-Mitgliedsstaaten sowie in vielen weiteren Ländern.

Dennoch spricht die Literatur Warnungen vor systemischen Bank-runs aus. Bereits heute können Einleger in Bargeld oder Auslandswährungen flüchten. Bei DZBG wäre dies aber schneller, umfassender<sup>141</sup>, ohne Lagerkosten<sup>142</sup> und mit weniger Risiken<sup>143</sup> möglich. Darüber hinaus würden eine höhere Risikopräferenz durch DZBG oder gestiegene Refinanzierungskosten Bank-runs wahrscheinlicher machen<sup>144</sup>. Des Weiteren werden Befürchtungen geäußert, manche Zentralbank könnten die zur Stabilisierung notwendige Liquidität

---

<sup>137</sup> Vgl. Agur et al. (2019), S. 4, Fußnote 12.

<sup>138</sup> Vgl. § 8 Absatz 1 EinSiG.

<sup>139</sup> Vgl. § 7 Absatz 3 EinSiG.

<sup>140</sup> Dies umfasst sowohl Kontoguthaben als auch Festgelder und Spareinlagen von Privatkunden, Personen- und Kapitalgesellschaften. Ausgenommen sind gewisse institutionelle Anleger und öffentliche Stellen, vgl. § 6 Absatz 6 EinSiG.

<sup>141</sup> Vgl. CPMI-MC (2018), S. 16.

<sup>142</sup> Vgl. Bindseil und Panetta (2020), o. S.

<sup>143</sup> Bei Auslandswährungen können je nach Instrument beispielsweise Bonitätsrisiken, Zinsänderungsrisiken oder Wechselkursrisiken Hindernisse für einen Geldabzug darstellen. Für Bargeld sind vor allem das Verlust- beziehungsweise Untergangsrisiko sowie Opportunitätskosten relevant.

<sup>144</sup> Vgl. Chiu et al. (2020), S. 38.

nicht kurzfristig bereitzustellen<sup>145</sup> oder unfreiwillig zum Monopolisten für Einlagen<sup>146</sup> werden.

Ein risikomindernder Effekt könnte von DZBG hingegen ausgehen, wenn die Zentralbank große Zuflüsse schnell erkennen und so die Banken stützen kann. Das könnte Bank-runs bereits ex ante verhindern<sup>147</sup>. Gefährdungen könnten auch auf Einzelbankebene erkannt werden, wenn Überweisungen an die Zentralbank diese Informationen beinhalten oder eventuell zwischengeschaltete Institute dies melden müssten<sup>148</sup>.

Darüber hinaus könnten die Einleger mit dem größten Misstrauen in Banken bereits frühzeitig nach Einführung den Wechsel in DZBG vollzogen haben. Dadurch würde die Wahrscheinlichkeit von Bank-runs zu einem späteren Zeitpunkt sinken<sup>149</sup>. Letztlich könnten Bank-runs in DZBG weniger schädlich wirken als solche in Bargeld, wenn der durch Einlagen ausfallende Zahlungsverkehr durch DZBG eher ersetzt würde als durch Bargeld<sup>150</sup>.

Wenn glaubwürdige Einlagensicherungssysteme, wirksame Überwachungskonzepte sowie solide regulatorische Anforderungen durchgesetzt werden und Zentralbanken eine Rolle als Lender-of-Last-Resort<sup>151</sup> einnehmen, scheint von Bank-runs keine bedeutend größere Gefahr als bisher auszugehen<sup>152</sup>. Um in Krisenfällen handlungsfähig zu sein, sollten Instrumente zur Refinanzierung solventer Banken einsatzbereit sein.

### 2.2.3 Geldpolitik

Das Modell nutzt den Zins auf DZBG als ein „secondary policy tool“<sup>153</sup>. Die Zentralbank steuert durch Zinssetzung die Nachfrage nach DZBG und somit mittelbar die Kreditmenge und das Produktionsniveau bei gegebenem Design.

---

<sup>145</sup> Vgl. Kumhof und Noone (2018), S. 6.

<sup>146</sup> Vgl. Fernández-Villaverde (2020), S. 26 f.

<sup>147</sup> Vgl. Brunnermeier und Niepelt (2019), S. 38.

<sup>148</sup> Vgl. Keister und Monnet (2020), S. 28–30. Eine solche Meldungspflicht könnte aber auch ohne Einführung eines DZBG eingerichtet werden.

<sup>149</sup> Vgl. Meaning et al. (2018), S. 14.

<sup>150</sup> Vgl. Williamson (2020), S. 33.

<sup>151</sup> Um illiquide aber solvente Banken zu unterstützen, kann eine Zentralbank vorübergehend Mittel bereitstellen. Im Eurosystem dient dazu beispielsweise die Emergency Liquidity Assistance.

<sup>152</sup> Dies setzt voraus, dass nicht schon eine wesentliche Disintermediationswirkung die Banken in eine strukturelle Bank-run-Situation versetzt.

<sup>153</sup> Agur et al. (2019), S. 17.

Im Modellrahmen agieren die privaten Akteure nur in einer einzigen Periode und ohne Preisniveau. Darüber hinaus ist das Modell auf eine geschlossene Volkswirtschaft begrenzt und bildet die geldpolitische Transmission von Leitzinsen durch den Bankensektor nicht ab. Geldpolitische Wirkungen, beispielsweise über Vermögenspreise, Erwartungen, Leitzinsen oder Wechselkurse werden daher nicht sichtbar. Eine breit genutzte neue Geldart kann allerdings einen wichtigen Einfluss auf die Geldpolitik haben. Daher sollte ein optimales Design solche Chancen und Risiken berücksichtigen. Zu diesem Zweck werden nachfolgend Erkenntnisse aus anderen Modellen und Forschungsbeiträgen herangezogen.

#### *Effektive Zinsuntergrenze*

Sehen sich Anleger mit einer negativen Verzinsung konfrontiert, so besteht ein Anreiz, Gelder in unverzinstes Bargeld zu transferieren, um den Negativzins zu umgehen. Die Literatur spricht daher von einer Nullzinsuntergrenze der Geldpolitik. Da die Bargeldhaltung mit Kosten für Logistik, Versicherung, Verwaltung und Lagerung verbunden und eine gewisse Trägheit bei Umschichtungshandlungen zu vermuten ist, liegt die effektive Zinsuntergrenze niedriger.

Ein nicht-verzinstes DZBG hält den Nominalwert konstant. Da vergleichsweise geringere Haltungskosten als für Bargeld zu erwarten sind, würde die effektive Zinsuntergrenze der Geldpolitik gefestigt beziehungsweise erhöht. Ein positiver Festzins oder inflationsindexierter Zins würde diesen Effekt weiter verstärken<sup>154</sup>, ein variabler Zins hingegen eine gewisse Flexibilität erlauben.

Negativzinsen auf DZBG könnten die effektive Zinsuntergrenze absenken<sup>155</sup>. Da Bargeld jedoch negativzinsfrei gehalten werden kann, könnten die angesprochenen Substitutionseffekte eintreten. Fiedler et al. halten die Abschaffung von Bargeld daher für eine Voraussetzung einer Absenkung der Zinsuntergrenze<sup>156</sup>. Jedoch ist Bargeld vielerorts weiterhin ein wichtiges Zahlungsmittel, selbst bei Strom- oder Serverausfällen nutzbar und ein poli-

---

<sup>154</sup> Vgl. Bordo und Levin (2017), S. 10 f.

<sup>155</sup> Vgl. Davoodalhosseini (2018), S. 5.

<sup>156</sup> Vgl. Fiedler et al. (2020), S. 20.

tischer Wille zur Abschaffung in einigen Währungsräumen derzeit nicht gegeben<sup>157</sup>. Effekte könnten sich aber bereits bei einer gewissen Zurückdrängung von Bargeld<sup>158</sup> oder hohen Tauschgebühren für Bargeld<sup>159</sup> ergeben.

Wie hoch die effektive Zinsuntergrenze tatsächlich ausfällt, ist unklar. Schätzungen für Industrieländer reichen von minus 0,2 Prozent bis minus 1,6 Prozent. In Schwellen- und Entwicklungsländern liegt sie mutmaßlich höher, gegebenenfalls sogar im positiven Bereich, da neben Bargeld auch Fremdwährungen eine relevante Substitutionswirkung entfalten können<sup>160</sup>.

In einigen Währungsräumen sind Negativzinsen bereits heute im Einsatz und haben nach bisherigen Erfahrungen eine relevante Wirkung auf Inflation und Produkt entfaltet<sup>161</sup>. Wie lang die Niedrigzinspolitik noch fortgeführt oder die Zinsen gar weiter abgesenkt werden können, ohne negative Effekte auch auf den Kreditmarkt zu entfalten, ist jedoch unklar<sup>162</sup>. Darüber hinaus werfen negative Zinsen für DZBG generelle Akzeptanzprobleme auf (siehe Kapitel 2.4.4).

Insgesamt sind Bedarf und Nettonutzen fraglich, Negativzinsen auf DZBG vornehmlich zur Absenkung der effektiven Zinsuntergrenze einzusetzen.

#### *Einsatz als geldpolitisches Instrument*

Ein variabler Zins auf DZBG könnte als zusätzliches geldpolitisches Instrument<sup>163</sup> eingesetzt werden. Dadurch könnten gegebenenfalls mehrere Ziele erreicht oder bessere Kompromisse gefunden werden. Ob der DZBG-Zins als autonomes Instrument agieren kann ist allerdings fraglich<sup>164</sup>. Wahrscheinlich wäre er nur eines unter vielen Instrumenten, um letztendlich den kurzfristigen Zins zu beeinflussen<sup>165</sup>.

---

<sup>157</sup> Vgl. Dyson und Hodgson (2016), S. 7. Auf mögliche weitere Vor- und Nachteile der Bargeldabschaffung sowie den Bedarf eines übergeordneten Diskurses wurde im Anhang A Abschnitt g) beziehungsweise im Kapitel 2.2.1 hingewiesen.

<sup>158</sup> Vgl. Davoodalhosseini (2018), S. 5.

<sup>159</sup> Vgl. Bordo und Levin (2017), S. 9.

<sup>160</sup> Vgl. Brandao-Marques et al. (2021), S. 8 f.

<sup>161</sup> Vgl. ebd., S. 41 f.

<sup>162</sup> Vgl. ebd., S. vi.

<sup>163</sup> Vgl. Williamson (2019), S. 3.

<sup>164</sup> Ein wichtiger Einflussfaktor ist in der Art der geldpolitischen Implementierung durch die Zentralbank zu vermuten. So könnte ein Floor-System durch den Zins auf DZBG allein gesteuert werden, während in Korridor-Systemen zumindest auch der Zins auf Zentralbankkredite relevant wäre.

<sup>165</sup> Vgl. Bindseil (2020), S. 19.



Darüber hinaus kann DZBG als Hauptinstrument eingesetzt werden<sup>166</sup> beispielsweise wenn wesentliche Einlagenvolumina verdrängt werden, Banken kaum mehr Reserven halten und die Transmission nur mehr über den DZBG-Zins erfolgt<sup>167</sup>. Nach Bordo und Levin könnte die Zentralbank dann statt der Inflationsrate ein gewisses Preisniveau als Ziel verwenden und so die Geldpolitik transparenter gestalten<sup>168</sup> und den Akteuren eine bessere Erwartungsbildung erlauben.

Daneben könnte DZBG individualisierte Subventionen erlauben – beispielsweise in Abhängigkeit des Kontostandes – und so effizientere gesamtwirtschaftliche Allokationen erlauben<sup>169</sup>. Je spezifischer die Individualisierung erfolgen soll, desto mehr Informationen müssen jedoch verarbeitet werden<sup>170</sup>. Die Anonymität und das Vertrauen der Nutzer können dadurch sinken.

#### *Geldpolitische Transmission*

Ein DZBG könnte über verschiedene Wirkungsmechanismen die Transmission stärken und so geringere Zinsinterventionen erfordern.

Der Kreditmarkt könnte direkter auf Zinsänderungen reagieren. Einerseits führt eine höhere Abhängigkeit vom Interbankenmarkt zu einer engeren Bindung der Refinanzierungskosten an den Interbankenmarkt oder Zentralbanken<sup>171</sup>. Andererseits kann ein DZBG die Rolle von Nicht-Banken im Kreditgeschäft stärken und so die Konkurrenzsituation am Kreditmarkt beleben<sup>172</sup>. Ein umfangreicher Abzug von Einlagen wirkt diesem Effekt jedoch entgegen, da die Bedeutung von Banken abnimmt<sup>173</sup>.

Darüber hinaus könnte Geldpolitik auch ohne Banken durchgeführt werden<sup>174</sup>, wenn die Zentralbanken auch an Nicht-Banken Kredite vergeben (siehe Kapitel 2.4.5). In Währungsräumen mit einer geringen finanziellen Inklusion würde ein breit genutztes DZBG mehr Individuen an die Geldpolitik koppeln. In Ländern mit einer stärkeren Inklusion würden Zinssätze zumin-

<sup>166</sup> Vgl. Bordo und Levin (2017), S. 16.

<sup>167</sup> Vgl. Mancini-Griffoli et al. (2018), S. 26.

<sup>168</sup> Vgl. Bordo und Levin (2017), S. 3.

<sup>169</sup> Vgl. Davoodalhosseini (2018), S. 5.

<sup>170</sup> Vgl. Davoodalhosseini und Rivadeneyra (2020), S. 98.

<sup>171</sup> Vgl. Mancini-Griffoli et al. (2018), S. 25.

<sup>172</sup> Vgl. Meaning et al. (2018), S. 21.

<sup>173</sup> Vgl. ebd., S. 23.

<sup>174</sup> Vgl. Davoodalhosseini und Rivadeneyra (2021), S. 100.

dest weniger verfälscht beim Nutzer ankommen, da bei DZBG kein zwischengeschaltetes Institut den weitergereichten Zinssatz ändern kann<sup>175</sup> und gleichzeitig der Spielraum beim Einlagenzins für Banken eingeschränkt wird<sup>176</sup>.

Des Weiteren könnte eine Transmissionsverschlechterung verhindert werden, wenn ein attraktives DZBG die Nutzung anderer Währungen oder konkurrierender Kryptowerte eindämmt.

Der Einfluss auf die geldpolitische Transmission wäre insgesamt voraussichtlich überschaubar<sup>177</sup> solange DZBG nicht als Wertaufbewahrungsmittel genutzt wird<sup>178</sup>. Andernfalls ist eine Transmissionsverbesserung vorstellbar.

#### *Mögliche Zielkonflikte*

Werden mit einem Instrumentarium unterschiedliche Ziele verfolgt, können Konflikte resultieren. Das makroökonomische Trilemma offener Volkswirtschaften<sup>179</sup> lässt sich auf die Zahlungsmittelkonkurrenz mit DZBG übertragen. Bei freier Konvertierbarkeit könnte zum Schutz von Einlagen eine Anpassung des DZBG-Zinses nötig sein. Wenn Banken ihren Einlagenzins nicht an Zinsänderungen anpassen, bildet der Einlagenzins abzüglich eines Risikoabschlags eine Quasi-Obergrenze für den DZBG-Zins. Bjerg sieht daher die geldpolitische Hoheit der Zentralbank bedroht, um Inflation zu bekämpfen oder fiskalische Impulse zu setzen<sup>180</sup>. Fraglich ist aber, inwiefern Banken einer Zinserhöhung der Zentralbank aus Eigenschutz nicht doch folgen würden, wenn sie auf diese Finanzierungsquelle angewiesen sind.

Unabhängig von einer möglichen Verzinsung kann bereits das Ziel, DZBG zur Realisierung geldpolitischer Effizienzvorteile als Wertaufbewahrungsmittel zu positionieren, einen Trade-off mit der Disintermediation erzeugen<sup>181</sup>.

---

<sup>175</sup> Vgl. Claeys und Demertzis (2020), S. 96.

<sup>176</sup> Vgl. CPMI-MC (2018), S. 12.

<sup>177</sup> Vgl. Mancini-Griffoli et al. (2018), S. 25.

<sup>178</sup> Vgl. CPMI-MC (2018), S. 11.

<sup>179</sup> Vgl. Obstfeld und Taylor (2002), S. 7 f.

<sup>180</sup> Vgl. Bjerg (2017), S. 36 f.

<sup>181</sup> Eine mögliche Lösung des Trade-offs ist es, die in DZBG geflossenen Mittel zur Kreditvergabe zu nutzen, siehe Kapitel 2.4.5, Abschnitt Mittelverwendung.

### *Unkonventionelle Geldpolitik*

Fiskalische Verteilungsmaßnahmen, beispielsweise Helikoptergeld, könnten durch DZBG effizienter abgewickelt werden und effektiver wirken als quantitative Lockerungen<sup>182</sup>. Dies setzt entsprechende Designvorkehrungen voraus. Um eine Mehrfachvereinnahmung zu unterbinden müsste beispielsweise der Kontoinhaber derart identifiziert werden, dass ein Abgleich auf weitere Konten erfolgen kann.

### *Seigniorage*

DZBG wird als neue Seignioragequelle diskutiert. Ein Rückgang von Banknoten könnte so ausgeglichen<sup>183</sup> oder Geldschöpfungsgewinne von Banken übernommen werden. Für den Zinskonditionenbeitrag ist die Differenz von DZBG-Verzinsung und Rendite der erworbenen oder erzeugten Zentralbankaktiva ausschlaggebend<sup>184</sup>. Ein positiver DZBG-Zins bedeutet demnach nicht automatisch einen Verlust, wie es das vorgestellte Modell durch Abwesenheit von Aktiva in der Zentralbank suggeriert<sup>185</sup>. Wenn allerdings Bargeld durch positiv verzinstes DZBG verdrängt wird, resultiert eine Gewinnminderung.

Im vorgestellten Modell sind Zentralbank und Regierung untrennbar miteinander verbunden. Für Zentralbanken, die eine gewisse Unabhängigkeit genießen, kann eine Sicherung oder ein Ausbau der Seigniorage die Unabhängigkeit festigen. Die Effekte sind schwer abschätzbar und wesentlich beeinflusst durch das ausgereichte Volumen, die Art der Emission<sup>186</sup> und zugrundeliegende Verdrängungseffekte.

---

<sup>182</sup> Vgl. Dyson und Hodgson (2016), S. 8.

<sup>183</sup> Vgl. Gustafsson und Lagerwall (2020), S. 55.

<sup>184</sup> Vgl. CPMI-MC (2018), S. 26.

<sup>185</sup> Ob eine positive Verzinsung die Seigniorage gegenüber einem Nullzins steigert oder senkt, hängt auch von den verbundenen Nachfrageeffekten ab. Unabhängig vom Saldo des Zinsergebnisses erscheint eine direkte Kopplung an Transferleistungen beziehungsweise Steuern aber unrealistisch. Wahrscheinlich würden Haushalte durch Gewinnausschüttungen der Zentralbank und folglich die Veränderung der Staatsverschuldung tangiert. Die Stärke dieses Effektes ist jedoch unklar.

<sup>186</sup> Ein wesentlicher Unterschied ist, ob DZBG gegen existierende Zahlungsmittel eingetauscht oder zusätzlich begeben wird, siehe Kapitel 2.4.5, Abschnitt: Einbringung in den Geldumlauf.

*Internationale Aspekte*

Das Modell unterstellt eine geschlossene Volkswirtschaft und abstrahiert daher vom Ausland. In einem offenen Modell könnten Übertragungseffekte unerwünschte Wirkungen auf Wechselkurs oder Vermögenspreise hervorrufen. Darüber hinaus könnten durch den Erstanbietereffekt, Größenvorteile und NWE die Währung anderer Währungsräume geschwächt werden<sup>187</sup>. Insbesondere in Währungsräumen, die bereits heute eine relevante Währungssubstitution erleben, kann dies die geldpolitische Unabhängigkeit bedrohen.

Ferrari et al. erwarten mit DZBG deutlich stärkere Übertragungseffekte. Durch einen flexiblen Zins oder Beschränkungen für Gebietsfremde könnten diese aber gemildert werden<sup>188</sup>. Solche Beschränkungen erwägt auch die EZB<sup>189</sup>. George et al. skizzieren ein Modell mit ähnlichen Vorzügen eines flexibel verzinslichen DZBG: Es federt Schocks aus dem Ausland ab und mindert Schwankungen von Inflation und Wechselkurs<sup>190</sup>.

Insgesamt erscheinen die spezifischen Auswirkungen von DZBG auf internationaler Ebene vielfältig und komplex, aber noch wenig erforscht.

*Fazit zur Geldpolitik*

Zusammenfassend stellt sich die Verbindung von DZBG und Geldpolitik komplex dar. Die grundlegenden geldpolitischen Wirkungsmechanismen bleiben vermutlich erhalten<sup>191</sup>. Je stärker ein DZBG als Wertaufbewahrungsmittel genutzt wird, desto eher ergibt sich eine geldpolitische Relevanz, die in Zielkonflikten mit der Finanzstabilität münden kann. Ein geldpolitisches Erfordernis, DZBG als Wertaufbewahrungsmittel auszugestalten, ist generell nicht zu erkennen, kann aber im Einzelfall gegeben sein, beispielsweise in Währungsräumen mit weichen Währungen. Die Heterogenität an vorgeschlagenen DZBG-Konzepten, Wirkungszusammenhänge und mangelnde empirische Erfahrungen erschweren eine abschließende Beurteilung. Insbesondere ist weitere Forschung zu währungsraumübergreifenden Auswirkungen nötig.

---

<sup>187</sup> Vgl. CPMI-MC (2018), S. 17.

<sup>188</sup> Vgl. Ferrari et al. (2020), S. 39.

<sup>189</sup> Vgl. EZB (2020a), S. 29.

<sup>190</sup> Vgl. George et al. (2020), S. 5, 41.

<sup>191</sup> Vgl. CPMI-MC (2018), S. 13.

## 2.3 Anforderungen und Bewertungskriterien

Um die Wohlfahrt zu mehrern, sollte DZBG eine hinreichend große Anzahl von Nutzern erreichen und ihnen einen Mehrwert stiften. Ein optimales Design berücksichtigt daher neben makroökonomischen Auswirkungen auch die Anforderungen aus dem Gebrauch. Schließlich verschwendet ein nicht genutztes DZBG nicht nur Ressourcen, sondern schadet auch der Glaubwürdigkeit der Zentralbank<sup>192</sup>.

Das Modell bildet Nutzerpräferenzen mit den Parametern Sicherheit und Anonymität ab<sup>193</sup>. Banküberweisungen sind in der Regel nicht *anonym*. Sie machen den Zahlenden und die Transaktion zumindest für die Bank und den Empfänger transparent und dienen so als Informationsspeicher<sup>194</sup>. Bei anonymen Zahlungsmitteln bleiben Identitäten und Transaktionsdaten vor der Gegenpartei, Systembetreibern und Dritten verborgen. Dies schmälert Risiken wie Identitätsdiebstahl, unerwünschte Werbung oder die Auswertung persönlicher Gepflogenheiten und Vorlieben<sup>195</sup>.

Mit dem Term *Sicherheit* beziehen sich Agur et al. auf den Schutz vor Verlust<sup>196</sup>. Bargeld ist nicht logisch mit einer Person verbunden. Kommt es abhanden, ist es meist unwiederbringlich für den Besitzer verloren. In einer digitalen Welt sind auch Systemausfälle oder Cyberrisiken relevant und können zu Verlusten führen. Die Literatur stellt darüber hinaus Anforderungen an die Informationssicherheit. Nur berechtigte Akteure sollen Zugriff haben, sodass Informationen *vertraulich* sind. Damit Informationen *korrekt* sind, muss Manipulation ausgeschlossen sein. Schließlich sollen System und Informationen *verfügbar* sein, wenn berechtigte Akteure Abfragen oder Transaktionen vornehmen möchten<sup>197</sup>.

Die Auswahl der Präferenzparameter Sicherheit und Anonymität stimmt mit Erkenntnissen aus einer Umfrage der Bundesbank zu Beurteilungskriterien von Zahlungsmitteln überein: „Sicherheit vor finanziellem Verlust“ wurde vor

---

<sup>192</sup> Vgl. Bofinger und Haas (2020), S. 18.

<sup>193</sup> Zwar beeinflusst auch die Verzinsung die Wahl des Zahlungsmittels, jedoch treibt Nutzer in der Regel keine bloße Präferenz für ein verzinste Zahlungsmittel sondern das ökonomische Kalkül. Je stärker Nutzer dabei die Zahlungsmittel- von der Wertaufbewahrungsfunktion differenzieren, desto eher lassen sich Präferenz und Kalkül separieren.

<sup>194</sup> Vgl. Masciandaro (2018), S. 542.

<sup>195</sup> Vgl. Bech und Garratt (2017), S. 63–65.

<sup>196</sup> Vgl. Agur et al. (2019), S. 4.

<sup>197</sup> Vgl. Allen et al. (2020) S. 15.

„Wahrung der Privatsphäre“ am häufigsten angegeben<sup>198</sup>. Analoge Ergebnisse konnten auf supranationaler Ebene bestätigt werden<sup>199</sup>. Eine öffentliche Umfrage der EZB sieht diese Parameter ebenfalls an vorderster Stelle, jedoch in der umgekehrten Reihenfolge: Datenschutz wurde mit 42 Prozent als höchste Anforderung an ein DZBG angegeben, Sicherheit folgte mit 17 Prozent<sup>200</sup>.

Andere Untersuchungen zeigen eine einfache und kostengünstige Bedienung als wichtigste Faktoren<sup>201</sup>. Ein sehr komplexes und teures Zahlungsmittel wird keine breite Nachfrage finden. Ebenso müssen DZBG und dessen Risiken für die Zentralbank beherrschbar und die Kosten bestreitbar sein. Andernfalls sind Nutzer beispielsweise durch geringe Sicherheit oder höhere Kosten zumindest mittelbar betroffen. Abbildung 11 zeigt von Zentralbanken häufig formulierte Anforderungen an ein DZBG. Neben Anonymität und Sicherheit ist die Gebrauchstauglichkeit ein wichtiger Bereich. Die Faktoren können wechselseitige Abhängigkeiten und Trade-offs aufweisen (siehe Kapitel 2.4). Der Punkt „no-harm“ fasst die im Vorkapitel diskutierten Gefahren als wesentliche Nebenbedingungen zusammen. Die Wahrung der Finanzstabilität sollte dabei nicht auf den Schutz von Banken reduziert werden. Stabilität ist auch ohne Banken oder Bankeinlagen möglich, wenn andere Akteure relevante Aufgaben abdecken können.

---

<sup>198</sup> Vgl. Deutsche Bundesbank (2021a), S. 17.

<sup>199</sup> Vgl. OMFIF (2020), S. 13.

<sup>200</sup> Vgl. EZB (2021a), o. S.

<sup>201</sup> Vgl. Hyunh et al. (2020), S. 14.

**Abbildung 11: Anforderungen an ein Digitales Zentralbankgeld**

<b>Gebrauchstauglichkeit</b>	Volle Konvertierbarkeit zu Pari	Geringe Kosten / Transparenz
	Einfacher, universeller Zugang	Wettbewerb, Effizienz, Innovation
	Transnationale Zahlungen	Verfügbarkeit / 24-7 / Akzeptanz
	Skalierbarkeit / Geschwindigkeit / Finalität	Einfache Bedienung
	Interoperabilität / Flexibilität	Offline-Transaktionen
<b>Sicherheit</b>	Gesetzes- & regulierungskonform	Verbindlichkeit der Zentralbank
	Resilienz / Sicherheit	Technische Back-Up Lösung
<b>Anonymität</b>	Datenschutz / Anonymität	
<b>Nebenbedingung</b>	"No harm" (v. a. Finanzstabilität, Geldpolitik, Zahlungsmitteldiversität)	

**Eigene Darstellung auf Basis von Bank of England (2020), S. 13, 22 f., 43 f., Bank of Japan (2020), S. 11–15, EZB (2020) 48 f., Group of Central Banks (2020), S. 11, 14, Norges Bank (2019), S. 17–19.**

Eine gründliche und umfassende Analyse sollte dem Design von DZBG vorausgehen und dabei die Gedanken und Bedenken der Akteure proaktiv aufgreifen und adressieren<sup>202</sup>.

## 2.4 Bewertung wesentlicher Designelemente

Die vorhergehenden Unterkapitel haben makroökonomische Implikationen und Anforderungen an ein DZBG beleuchtet. Die erzielten Erkenntnisse werden in diesem Kapitel genutzt, um Vor- und Nachteile relevanter Designelemente abzuwägen. Das schafft die theoretischen Grundlagen für die Ableitung eines optimalen Designs. Der Fokus liegt auf Designdimensionen und deren Elementen mit wesentlichem Einfluss auf die Eigenschaften eines DZBG.

### 2.4.1 Aufgabenverteilung

Mit der Architektur wird festgelegt, welche mit DZBG verbundenen Aufgaben die Zentralbank selbst übernimmt und welche sie an privatwirtschaftliche Partner übergibt. Abbildung 12 zeigt direktes und indirektes DZBG als Randlösungen und hybrides DZBG als Mittellösung. Die Varianten werden nachfolgend beurteilt.

<sup>202</sup> Vgl. Morales-Resendiz et al. (2021), S. 9.

**Abbildung 12: Aufgabenverteilung bei Digitalem Zentralbankgeld**

	Schuldner	Ausgabe / Verwahrung	Abwicklung Zahlungen (kundseitig)	Endkunden- schnittstelle
<b>Direktes DZBG</b>	Zentralbank			
<b>Hybrides DZBG</b>				
<b>Indirektes DZBG</b>				Partner

**Eigene Darstellung***Direktes Digitales Zentralbankgeld*

Beim direkten Modell agiert die Zentralbank ähnlich wie Banken bereits heute, führt selbst die Konten und besorgt die Zahlungsabwicklung. Die Zentralbank könnte weitgehend unabhängig von Dritten agieren, würde aber große Aufwände für Einrichtung und Betrieb des Systems tragen. Darunter könnte die Erfüllung der geldpolitischen Kernaufgaben leiden und eine Konkurrenzsituation zu Banken geschaffen werden<sup>203</sup>. Einigen Zentralbanken kann es an Ressourcen und Erfahrungen in der Betreuung einer großen Zahl an Endverbrauchern mangeln. Dies könnte die Benutzerfreundlichkeit, Innovation und Zuverlässigkeit eines direkten DZBG belasten<sup>204</sup>. Aufwände könnten geschmälert werden, wenn zumindest einzelne Tätigkeiten wie Nutzeridentifikation oder Geldwäscheüberwachung ausgelagert werden.

Die direkte Variante kann für Länder vorteilhaft sein, in denen der Bankensektor nicht leistungsfähig<sup>205</sup> oder vertrauenswürdig ist und keine anderen geeigneten Akteure für die Endkundenschnittstelle bereitstehen.

*Indirektes Digitales Zentralbankgeld*

Das indirekte Modell überträgt wesentliche Aufgaben auf einen beziehungsweise eine Vielzahl an Partnern. Da diese auch als Schuldner fungieren, ist

<sup>203</sup> Vgl. Dyson und Hodgson (2016), S. 15.

<sup>204</sup> Vgl. Auer und Böhme, S. 90.

<sup>205</sup> Vgl. Kiff et al. (2020), S. 24.



die Einordnung als DZBG strittig<sup>206</sup> und für diese Arbeit nicht gegeben. Vorteile gegenüber dem direkten Modell machen eine Betrachtung dennoch sinnvoll.

Die Zentralbank würde Transaktionen auf wholesale-Ebene abwickeln, analog dem Reservesystem. Das Geschäft am Kunden übernehmen die Partner. Dies könnte die Innovationskraft fördern, die Erfahrung der Privatwirtschaft im Kundenverkehr nutzen und der Zentralbank Aufwände und Reputationsrisiken ersparen<sup>207</sup>. Daneben kann die organisatorische Trennung von Zentralbank und Endkundenbetreuung die Anonymität unterstützen, wenn Informationen bei den Partnern verbleiben und nicht weitergegeben werden.

Der Einsatz von Partnern bedeutet eine gewisse Abhängigkeit. Fehler, Ausfälle oder Datenverluste der Partner könnten auf die Zentralbank zurückfallen und ihren Ruf schädigen. Darüber hinaus haben privatwirtschaftliche Partner ein Ausfallrisiko. Um dieses zu eliminieren, könnten erhaltene DZBG-Einlagen komplett bei der Zentralbank hinterlegt<sup>208</sup>, analog Stab-*lecoins* unterlegt<sup>209</sup> oder wie ein Investmentfonds als Sondervermögen abgegrenzt werden. Solche besicherten Konten sind auch ohne DZBG umsetzbar. Zwar wird die diesbezügliche Nachfrage von manchen Autoren bezweifelt<sup>210</sup>, mitunter existieren entsprechende Geldsysteme aber bereits<sup>211</sup>. Für derzeitige Zentralbankprojekte spielt die indirekte Variante jedenfalls keine Rolle<sup>212</sup>.

### *Hybrides Digitales Zentralbankgeld*

Das hybride Modell vereint Elemente aus beiden angesprochenen Lösungen: Die Zentralbank ist Schuldner des DZBG, aber die Partner bringen ihre Innovationskraft und Expertise im Kundengeschäft ein und zeichnen für die Endkundenbetreuung verantwortlich. Hybrides DZBG wäre ein Kompromiss

---

<sup>206</sup> Vgl. Armelius et al. (2020), S. 89, Group of Central Banks (2020), S. 4.

<sup>207</sup> Vgl. Adrian und Mancini-Griffoli (2019), S. 14 f.

<sup>208</sup> Vgl. Kumhof und Noone (2019), S. 29.

<sup>209</sup> Vgl. Adrian und Mancini-Griffoli (2019), S. 14.

<sup>210</sup> Vgl. Kahn et al. (2019), S. 15.

<sup>211</sup> Hess führt Geldsysteme in El Salvador und China als Beispiel an, vgl. Hess (2020), S. 22.

<sup>212</sup> Von 31 ausgewerteten Zentralbankprojekten zu DZBG untersucht keines ein indirektes Design. Einige ziehen ein direktes oder hybrides Design in Betracht, der Großteil zeigt sich unentschieden, vgl. Auer et al. (2020), S. 19.

aus Aufwand, Kompetenz und Sicherheit. Um Schäden für Nutzer und Reputationsrisiken der Zentralbank zu vermeiden, muss die Auswahl und Regulierung der privatwirtschaftlichen Partner im Falle eines hybriden DZBG sorgfältig erfolgen. Kooperationsverträge sollten auch Mindestanforderungen an Sicherheit, Interoperabilität und Anonymität<sup>213</sup> beinhalten. Entsprechende Verträge können auch Vertragsstrafen oder die Hinterlegung von Sicherheitsleistungen<sup>214</sup> umfassen.

Das hybride Modell kann weiter differenziert werden, je nachdem wer die Verwahrung und Verteilung des DZBG vornimmt<sup>215</sup>. Abbildung 13 zeigt einen Entwurf in dem dies die Zentralbank übernimmt. Autorisierte Partner kommunizieren über Application-Programming-Interfaces mit der Datenbank der Zentralbank, initiieren Transaktionen für ihre Kunden und binden neue Endgeräte oder Nutzungsmöglichkeiten<sup>216</sup> an. Das schafft Mehrwerte für Kunden und gleichzeitig Anreize für Partner zur Kooperation. Resultierende Zusatzträge können eigene Kosten der Anbieter sowie Gebühren der Zentralbank quersubventionieren und die Transaktionsgebühren auf einem wettbewerbsfähigen Niveau halten. Schließlich muss ein DZBG seinen Mehrwert an etablierten Konkurrenten wie dem Online-Zahlungsdienstleister *PayPal* messen lassen.

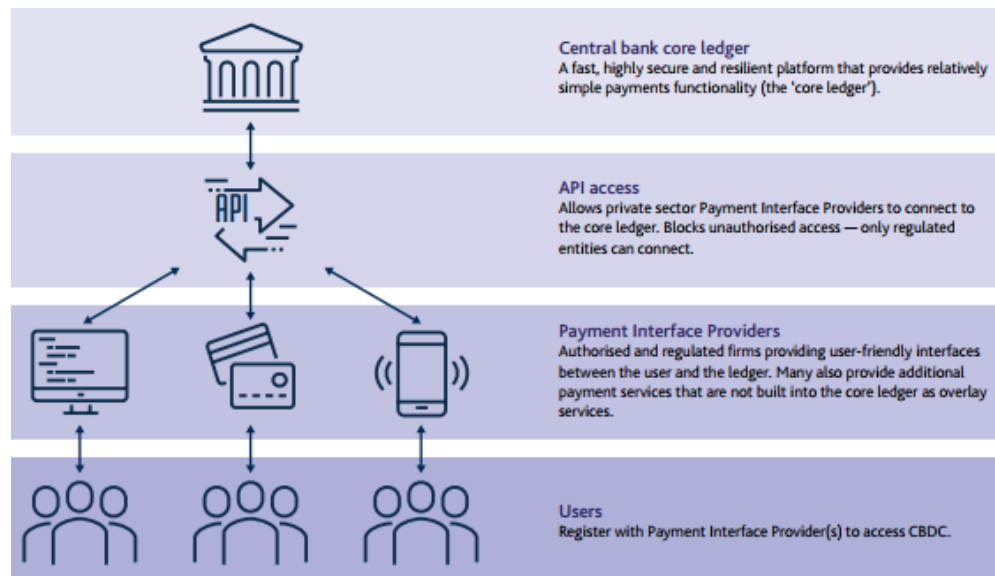
---

<sup>213</sup> Insbesondere sind Regelungen zur Analyse von personenbezogenen Daten oder Zahlungsströmen hervorzuheben. Ergänzend sollten Anonymitätsmechanismen eines DZBG bereits in den technischen Systemen verankert sein, vgl. Ali und Narula (2020), S. 11, denn ein nötiger Zusatzaufwand kann Nutzer dazu verleiten, aus Bequemlichkeit ein Anonymitätsniveau unterhalb ihres Anspruchs zu realisieren, vgl. Athey et al. (2017), S. 17.

<sup>214</sup> Vgl. Bergara und Ponce (2018), S. 84.

<sup>215</sup> Übernimmt dies die Zentralbank, werden die Partner mitunter als „Payment Service Providers“ angesehen, andernfalls als „Technical Service Providers“, vgl. Hess (2020), S. 10–13.

<sup>216</sup> Zum Schutz der etablierten Banken könnten solche Mehrwertleistungen auch ausgeschlossen werden. Die Sinnhaftigkeit und Attraktivität eines solchen DZBG wäre dann auf Basis der verfolgten Ziele zu beurteilen.

**Abbildung 13: Beispiel einer hybriden Architektur**

Quelle: Bank of England (2020), S. 26, Abbildung 4.1.

Natürlich könnten auch etablierte Zahlungsdienstleister als Partner angesprochen werden und DZBG in ihr Angebot integrieren. Beispielsweise hat *Paypal* mit der Einbindung von Kryptowerten<sup>217</sup> Offenheit und Fähigkeit bewiesen und sich analog *MasterCard*<sup>218</sup> und *Visa*<sup>219</sup> als potenzieller Partner für DZBG angeboten<sup>220</sup>.

In einer zweiten hybriden Variante übernehmen die Partner die Verteilung und Verwahrung von DZBG<sup>221</sup>. Dies erhöht die Abhängigkeit des Nutzers vom Partner. Die verwahrten Werte sollten daher einem Aussonderungsrecht unterliegen. Zusätzlich könnte die Zentralbank Back-Ups der Kontostände oder Transaktionen vorhalten, sodass bei Insolvenz oder technischen Problemen ein anderer Partner die Geschäftsverbindung mit dem Kunden fortführen kann<sup>222</sup>.

<sup>217</sup> Vgl. Paypal (2021), o. S.

<sup>218</sup> MasterCard (2020), o. S.

<sup>219</sup> Sheffield (2020), o. S.

<sup>220</sup> Vgl. DiCamillo (2021), o. S.

<sup>221</sup> Wie in Abbildung 12 dargestellt, kann die kundenseitige Zahlungsabwicklung auch von der Zentralbank übernommen werden. Eine weitere Differenzierung bringt im Rahmen dieser Arbeit jedoch keinen weiteren Erkenntnisgewinn.

<sup>222</sup> Vgl. Auer und Böhme (2020), S. 90 f.

## 2.4.2 Zahlungssysteme

### *Offline-Zahlungssysteme*

Digitales Geld kann auf Speichermedien wie kleinen Festplatten, SIM-Karten oder Wertkarten als Datei beziehungsweise Code hinterlegt werden. Die digitale Übertragung findet durch Kommunikation von Endgeräten statt, zum Beispiel durch die NFC-Technologie. Es erfolgt keine Abgleich mit Netzwerken oder Datenbanken im Hintergrund. Offline-Zahlungssysteme sind daher robust gegen Kommunikationsnetzausfälle. Solange zumindest die beteiligten Endgeräte mit Strom versorgt sind, können Transaktionen abgewickelt werden.

Eine Herausforderung ist die *Prüfung der Echtheit* beziehungsweise Integrität der übertragenen Werte. Beim Bargeld sieht oder fühlt der Empfänger schwer fälschbare Sicherheitsmerkmale wie Wasserzeichen oder Reflexionsstreifen. Als Code gespeichertes Geld könnte hingegen leichter kopiert und dadurch mehrfach ausgegeben werden („double-spending“). Kryptografische Verfahren könnten die Integrität der übertragenen Werte sicherstellen<sup>223</sup>. Die Zuverlässigkeit der bestehenden Verfahren wird allerdings bezweifelt<sup>224</sup>, auch da die Sicherheit rein Hardware-basierter Lösungen nach derzeitigem Stand begrenzt ist<sup>225</sup>. Gleichzeitig beschränkt die Anforderung nach Nicht-Kopierbarkeit die Nutzung von Back-Ups. Der Verlust eines Gerätes mit dessen gespeicherten Werten ist daher endgültig<sup>226</sup>.

Der Zahlungsempfänger kann sich in einem zweiten Schritt die erhaltenen Werte in einem nachgeschalteten Online-System kreditieren lassen. Gegenüber den Systembetreibern ist die *Anonymität* beim Zahlungsempfänger abhängig vom zugrundeliegenden Online-System. Für den Zahlenden wird die Anonymität zu Gegenpartei und Dritten weitgehend gewahrt. Die Möglichkeiten der Geldwäsche- und Terrorismusfinanzierungsbekämpfung sind demnach begrenzt. Daten können aber beispielsweise beim Ladevorgang preisgegeben werden<sup>227</sup>.

---

<sup>223</sup> Vgl. Norges Bank (2019), S. 21.

<sup>224</sup> Vgl. Mancini-Griffoli et al. (2018), S. 8.

<sup>225</sup> Vgl. Allen et al. (2020), S. 61.

<sup>226</sup> Dieses Risiko könnte durch den Einsatz von Schattenkonten, ähnlich dem „Geldkarten“-System, geschmälert werden. Dies widerspricht jedoch dem Anonymitätsgedanken bei Offline-Systemen.

<sup>227</sup> Vgl. Norges Bank (2019), S. 21.

Zusammenfassend besitzen Offline-Bezahlsysteme ein Sicherheits-Anonymitäts-Profil ähnlich dem Bargeld. Unter Abwägung der Vor- und Nachteile scheint ein Einsatz innerhalb bestimmter Betragsgrenzen oder als Back-Up-Lösung geeignet. Eine Verzinsung und damit verbundene Umsetzungsschwierigkeiten<sup>228</sup> wären dadurch irrelevant.

### *Online-Zahlungssysteme*

Online-Zahlungssysteme nutzen Datenbanken, um Daten zu Transaktionen und tangierende Informationen zu speichern beziehungsweise abzugleichen. Dadurch kann ein Dritter durch eine Datenbankabfrage prüfen, dass die Zahlung wirksam erfolgen kann. Diese Prüfung nimmt je nach eingesetztem Verfahren wenige Sekunden bis mehrere Stunden in Anspruch. Da dabei Daten verarbeitet werden, ist die erreichbare Anonymität generell geringer als bei Offline-Varianten<sup>229</sup>.

Ein physisches Abhandenkommen des Geldes ist keine Gefahr, solange die Datenbanken fortbestehen. Der Zugriff könnte durch Web-, Desktop- oder Mobile-Applikationen geschehen und die Verfügungsberechtigung an die Kenntnis geeigneter Informationen wie Schlüssel, Zugangsdaten oder Passwörter geknüpft werden. Der Nutzer könnte diese jedoch vergessen oder Aufzeichnungen – ob physisch oder digital – verlieren. Sicherheitskopien können dem vorbeugen, jedoch ebenso in unbefugte Hände fallen. Es besteht ein Trade-off von Untergang des Wissens zu Entwendungsrisiko<sup>230</sup>. Die endkundenbetreuende Stelle könnte daher die Verwaltung von Schlüsseln übernehmen oder Wiederherstellungsverfahren für Passwörter anbieten. Dies würde den Gebrauch vereinfachen, aber gleichzeitig Vertrauen in die Integrität des Anbieters und dessen Systeme erfordern<sup>231</sup>.

Die einmalige *Identitätsfeststellung* der Nutzer könnte über eine Vielzahl an Verfahren geschehen, von denen drei naheliegende zu nennen sind<sup>232</sup>: Eine Identifikation mit weichen Faktoren kann über eine verknüpfte E-Mailadresse erfolgen, aber bei Hacker-Angriffen auf Account, Mailprovider oder Zugang

---

<sup>228</sup> Vgl. Shah et al. (2020), o. S.

<sup>229</sup> Selbst aus pseudo-anonymisierten Systemen können Informationen wie die IP-Adresse extrahiert werden. Eine Lösung für vollkommene Anonymität existiert derzeit nicht, vgl. Allen et al. (2020), S. 41.

<sup>230</sup> Vgl. Allen et al. (2020), S. 35.

<sup>231</sup> Vgl. Kahn und Rivadeneyra (2020), S. 2.

<sup>232</sup> Weitere Ansätze finden sich in Allen et al. (2020), S. 27–31.

Sicherheitslücken eröffnen. Biometrische Verfahren können zwar kaum untergehen, dafür jedoch abgegriffen oder hintergangen werden. Eine harte Identifikation erfolgt durch Ausweisdokumente und bietet die größte Sicherheit. Die *Authentifizierung* erfolgt hingegen beim Zugriff auf die Vermögenswerte. Passwörter, spezialisierte Apps, Mobiltelefon, PINs und biometrische Verfahren sind oft genutzte Ansätze. Eine Kombination mehrerer Verfahren kann die Zugriffssicherheit erhöhen, dabei aber den Bedienkomfort schmälern<sup>233</sup>. In jedem Fall müssten Informationen von Nutzern erhoben und verarbeitet werden, was die Anonymität gegenüber Betreiber oder Endkundenstelle schmälert, aber eine höhere *Verlustsicherheit* als Offline-Systeme bietet.

Ebenso kollidiert der Bedarf nach Transparenz zum Schutz vor krimineller Nutzung mit der Forderung nach Anonymität. Ein weitgehend anonymes DZBG wird wegen der potenziellen Nutzung für kriminelle Machenschaften<sup>234</sup> und untragbaren Reputationsrisiken für die Zentralbank<sup>235</sup> für ungeeignet gehalten. Transaktionen und Identitäten sollten daher ex post unter festgelegten Voraussetzungen und gegebenenfalls oberhalb bestimmter Schwellwerte aufdeckbar sein. Die Forschung skizziert verschiedene Ansätze, um einen Interessenausgleich zu schaffen<sup>236</sup>. Dadurch könnten künftig effizientere Kompromisse erreicht werden, gleichzeitig aber die Komplexität und Verwundbarkeit der zugrundeliegenden Systeme steigen<sup>237</sup>.

Eine weitere Herausforderung ist die Implementierung einer *Offline-Funktionalität*. Auf Schwierigkeiten eines Offline-Zahlungssystems wurde bereits hingewiesen. Ein anderer Ansatz würde Offline-Zahlungen nachträglich auf Datenbanken synchronisieren. Dadurch entsteht ein Zahlungsrisiko, falls die Werte nicht in der vereinbarten Höhe wirksam übertragen werden. Deshalb

---

<sup>233</sup> Vgl. Kahn et al. (2020), S. 27–29.

<sup>234</sup> Vgl. Fernandes de Liz (2018), 55.

<sup>235</sup> Vgl. Berentsen und Schär (2018), S. 104.

<sup>236</sup> Die EZB publizierte bereits 2019 einen Entwurf, in dem Nutzer mit „Voucher“ kleinere Transaktionen relativ anonym abwickeln können, vgl. EZB (2019), S. 1. Van Hee und Wijngaard schlagen im Rahmen eines hybriden DZBG vor, Transaktionen gegenüber der Zentralbank mit anonymen Hash-Schlüsseln zu führen und eine Regelwerk für Detailabfragen bei der endkundenbetreuenden Stelle zu etablieren, vgl. Van Hee und Wijngaard (2021). Tinn und Dubach beschreiben ein Konzept, in dem der Zahlende selbst anonyme Token generiert und durch einer Zero-Knowledge-Verifikation anonym bleibt. Der Zahlungsempfänger hingegen ist nicht anonym und erhält die Gutschrift auf sein Konto, vgl. Tinn und Dubach (2021), S. 2, 32. Weitere Ansätze finden sich in Pocher und Veneris (2021), S. 5 f.

<sup>237</sup> Vgl. Darbha und Arora (2020), o. S.

müsste die Lastenteilung sowie mögliche Limits festgelegt werden<sup>238</sup>. Beispielsweise trägt in der Offline-Version des elektronischen Lastschriftverfahrens der Empfänger das Zahlungsrisiko. Neue Technologien, Protokolle oder Umgebungen<sup>239</sup> könnten die Sicherheit steigern, gegebenenfalls aber die Komplexität erhöhen.

Zusammenfassend ermöglichen Online-Zahlungssysteme ein höheres Sicherheitsniveau und sind daher für den unlimitierten Einsatz besser geeignet als die Offline-Variante. Gleichzeitig treten sie jedoch stärker in Konkurrenz zu Einlagen und machen so Disintermediationsgefahren relevant. Bezüglich der maximal erreichbaren Anonymität sind Online-Zahlungssysteme unterlegen, bieten aber eine gewisse Bandbreite. Ein angemessenes Anonymitätsniveau ist daher eher eine politische Abwägung statt durch technische Komponenten determiniert<sup>240</sup>.

### 2.4.3 Datenbanksysteme

Zur Umsetzung von Online-Systemen müssen relevante Informationen erhoben und gespeichert werden. Hierzu werden Datenbanksysteme genutzt. Diese lassen sich zum einen danach unterscheiden, ob die Datenbankstruktur auf zentralisierten oder verteilten Kontenbuch-Systemen aufbaut, und zum anderen nach dem Zentralisierungsgrad der Verwaltung.

#### *Datenbankstruktur*

Teile der Literatur grenzen in diesem Kontext Konten-basierte von Token-basierten Zugangssystemen ab. Eine solche Unterscheidung wird in dieser Arbeit nicht getroffen, um Unschärfen zu vermeiden. Ein Überblick der Debatte unterstützt zwar das technische Verständnis eines DZBG, ist für die weitere Argumentation jedoch nicht zwingend erforderlich und daher weiterführend in Anhang B verfügbar. Diese Arbeit unterscheidet zentralisierte Kontenbuch-Systeme von verteilten Systemen auf Basis der DLT (*Distributed-Ledger-Technology*).

In einem *zentralisierten Kontenbuch-System* speichert die Zentralbank relevante Informationen selbst. Um Untergangsrisiken zu vermeiden, kann sie mehrere Server an unterschiedlichen Standorten redundant betreiben. Die

---

<sup>238</sup> Vgl. Sveriges Riksbank (2018), S. 36.

<sup>239</sup> Vgl. Christodorescu et al. (2020), S. 4 f.

<sup>240</sup> Vgl. Bank of England (2020), S. 32.

Informationen sind dann logistisch und geographisch verteilt, jedoch unter der Kontrolle einer einzigen Institution<sup>241</sup>. Diese hat annähernd uneingeschränkte Eingriffsmöglichkeiten. Entsprechend großes Vertrauen müssen Nutzer der Zentralbank entgegen bringen.

Alternativ wird die Implementierung des Kontenbuch-Systems durch die DLT diskutiert. Diese ermöglicht ein verteiltes Kontenbuch, in dem mehrere Akteure die Datenspeicherung übernehmen<sup>242</sup>. Ein wesentliches Merkmal der DLT ist, dass einmal festgeschriebene Daten gewöhnlich nicht mehr verändert werden können<sup>243</sup>, sodass historische Aufzeichnungen nicht unbemerkt manipuliert werden können. Dadurch kann der Eindruck entstehen, dass DLT-Systeme ihren Nutzern keinerlei Vertrauen abverlangen. Jedoch ist ein Vertrauen in die Integrität des zugrundeliegenden Quellcodes sowie in die Datenbankverwaltung erforderlich.

Es stellt sich die Frage, welches Kontenbuch-System für ein DZBG besser geeignet ist. Auf der einen Seite bieten zentralisierte Kontenbuchsysteme die Gefahr eines *Single-Point-of-Failure*<sup>244</sup>. Diese Gefahr lässt sich in einer direkten oder hybriden Architektur auch mit der DLT nur teilweise beheben, schließlich kann nur die Zentralbank Geld emittieren. Daneben bieten DLT-Systeme mit mehr Akteuren eine größere Angriffsfläche und sind von Zentralbanken vergleichsweise wenig erprobt<sup>245</sup>. Welche Risiken schwerer wiegen ist derzeit nicht abschätzbar<sup>246</sup>. Im übergeordneten Kontext kann

---

<sup>241</sup> Verteilte Systeme, die keiner zentralen Kontrolle unterliegen, werden als dezentralisiert bezeichnet, vgl. Allen et al. (2020), S. 16. Den Faktor Dezentralisierung analysiert der zweite Abschnitt „Datenbankverwaltung“ dieses Unterkapitels.

<sup>242</sup> Dies muss nicht zwingend redundant erfolgen. So können diese Akteure auch nur für sie relevante Teile der Informationen vorhalten und so Effizienzvorteile in bestimmten Konstellationen gegenüber einem zentralisierten Kontenbuch-System haben, vgl. Armelius et al. (2020), S. 88. Dies wäre beispielsweise in der zweiten Variante des in Kapitel 2.4.1 diskutierten hybriden DZBG der Fall.

<sup>243</sup> Eine Implementierung der DLT ist die Blockchain. Sie fasst Transaktionen in Blöcken zusammen. Diese sind durch Hashwerte miteinander verknüpft, welche durch nachträgliche Änderungen Inkonsistenzen aufweisen würden. Neben der Blockchain kann eine DLT auch durch andere Datenstrukturen implementiert werden beispielsweise durch gerichtete azyklische Graphen, vgl. Fan et al. (2020), S. 126.929.

<sup>244</sup> Neben Untergangsrisiken sind beispielsweise die Gefahr von mutwillig schädlichen Handlungen von Angestellten oder Cyber-Angriffe zu nennen.

<sup>245</sup> DZBG-Pilotierungen zeigen eine hohe Zuverlässigkeit von DLT-Systemen. Offen ist jedoch, ob die Skalierbarkeit den Anforderungen eines Betriebs unter realen Lasten genügt, vgl. Morales-Resendiz et al. (2021), S. 8. Darüber hinaus wurden Experimente mit Großbetragszahlungssystemen durchgeführt. Im Ergebnis wurde der DLT eine grundlegende Eignung zugeschrieben, teils aber eine technische Unausgereiftheit moniert, vgl. Shabsigh et al. (2020), S. vii.

<sup>246</sup> Vgl. WEF (2020), S. 11.



eine DLT-Lösung als Parallelsystem zu etablieren Zahlungssystemen die Ausfallsicherheit erhöhen<sup>247</sup>, jedoch Mehraufwand erfordern<sup>248</sup>.

Die DLT soll darüber hinaus die Einbindung potenzialträchtiger Zahlungsverkehrsinnovationen ermöglichen, beispielsweise Smart Contracts, Micro-Payments oder Maschine-zu-Maschine-Zahlungen<sup>249</sup>. Dass die DLT dafür eine Voraussetzung ist, wird mitunter bezweifelt<sup>250</sup> und verneint<sup>251</sup>. Indes betonen einige Autoren die Risiken und Nachteile solch innovativer Instrumente<sup>252</sup>.

Keine wesentlichen Unterschiede zeigen sich im Bereich der Anonymität. Durch Kombination und Anpassung verschiedener Techniken kann unabhängig von der Technologie das gewünschte Anonymitätsniveau bereitgestellt<sup>253</sup>, Nutzer und Transaktionen gleichermaßen transparent oder pseudo-anonymisiert dargestellt werden<sup>254</sup>. Ein hohes Anonymitätsniveau führt dabei tendenziell zu mehr Komplexität, steigenden Kosten<sup>255</sup> und einer schwächeren Performance des Systems<sup>256</sup>.

Insgesamt sind weitere Erkenntnisse zu technischen Konzepten, Risiken sowie Einführungs- und Betriebsaufwand nötig. Es bleibt abzuwarten, wann die DLT die Einsatzreife für ein DZBG in großen Währungsräumen erreicht<sup>257</sup> und ob Mehrwerte zur Rechtfertigung des Aufwands erzielt werden.

### *Datenbankverwaltung*

Da die DLT eine Datenspeicherung durch mehrere Teilnehmer implementiert, ist eine Synchronisierung des Datenstandes erforderlich. Daher müssen Transaktionen verifiziert werden, um ein gemeinsames Verständnis der

---

<sup>247</sup> Vgl. Sveriges Riksbank (2021), S. 17.

<sup>248</sup> Vgl. EZB (2020a), S. 33.

<sup>249</sup> Vgl. Klein et al (2020), S. 6.

<sup>250</sup> Vgl. Bofinger und Haas (2020), S. 22.

<sup>251</sup> Vgl. Halaburda (2018), S. 5, Bank of England (2020), S. 45, Shabsigh et al. (2020), S. 3.

<sup>252</sup> Smart Contracts könnten makroprudenzielle Maßnahmen und die geldpolitische Transmission schwächen sowie die Nutzbarkeit von DZBG einschränken, vgl. Fan (2020), o. S. Je nach Umsetzung könnte auch die Leistungsfähigkeit und Sicherheit der Systeme gemindert werden, vgl. Bank of England (2020), S. 45. Ein möglicher Ausweg könnte es sein, nur definierte Operationen zu ermöglichen, vgl. Ali und Narula (2020), S. 8.

<sup>253</sup> Vgl. Darbha und Arora (2020), o. S.

<sup>254</sup> Vgl. WEF (2020), S. 11.

<sup>255</sup> Vgl. Darbha und Arora (2020), o. S.

<sup>256</sup> Vgl. Allen et al. (2020), S. 42 f.

<sup>257</sup> Vgl. Shabsigh et al. (2020), S. 8.

Verfügungsrechte sicherzustellen. Diese Datenbankverwaltung kann zentralisiert, dezentralisiert und halb-zentralisiert erfolgen<sup>258</sup>.

Bei *zentralisierter* Verwaltung hat die Zentralbank oder eine andere Stelle das alleinige Recht, Transaktionen zu genehmigen. Sie kann dann theoretisch Transaktionen abweisen, Teilnehmer ausschließen oder eigenmächtig Änderungen am Systemzustand vornehmen. Diese Befugnisse können aus Nutzersicht sowohl positive Auswirkungen (zum Beispiel Korrekturen nach Hackerangriffen) als auch negative Auswirkungen haben (Repressalien, Enteignungen oder Zensuren). Manche Autoren sehen daher durch Zentralisierung wesentliche Ziele eines DZBG verfehlt<sup>259</sup>. Eine solide Reputation der Zentralbank ist jedenfalls unabdingbar.

Im Bitcoin-Netzwerk übernimmt eine Vielzahl von Akteuren kooperativ die Verwaltung des Datenbankzustands. Die Teilnahme steht jedermann offen. Durch diese *Dezentralisierung* kann in der Regel keine einzelne Institution eine beherrschende Rolle einnehmen. Statt einer zentralen Instanz müssen Nutzer den zugrundeliegenden Codes und Mechanismen vertrauen.

Zur Synchronisierung der Datenbank werden *Konsensmechanismen* eingesetzt<sup>260</sup>. Mit diesen werden neue Transaktionen auf ihre Gültigkeit geprüft, bevor sie in der Datenbank festgehalten werden. Konsensmechanismen haben dadurch einen wesentlichen Einfluss auf die Skalierbarkeit, Effizienz und Anonymität. Durch Belohnungen werden Netzwerkteilnehmer („Miner“) motiviert, sich an der Prüfung zu beteiligen.

Der im Bitcoin-Netzwerk verwendete Konsensmechanismus „Proof-of-Work“ verlangt von Minern sehr rechenleistungsintensive Operationen. Das erfordert einerseits entsprechende Hardware und verbraucht andererseits sehr viel Energie<sup>261</sup>. Eine ressourcenschonendere Alternative ist der „Proof-of-

---

<sup>258</sup> Die Literatur differenziert mitunter in zwei Dimensionen, je nachdem ob der Zugriff auf die Daten (private, consortium, public) oder die Verifizierung von Transaktionen (permissioned, permissionless) eingeschränkt wird, vgl. Kiff et al. (2020), S. 63. Dies ist für die Argumentation in dieser Arbeit jedoch unerheblich.

<sup>259</sup> Vgl. Allen et al. (2020), S. 18.

<sup>260</sup> Einen prägnanten Überblick über Konsensmechanismen bieten Ali und Narula (2020), S. 5. Den dort aufgeführten „permissioned consensus“ ordnet diese Arbeit den halb-zentralisierten Verfahren zu, siehe im weiteren Verlauf dieses Unterkapitels.

<sup>261</sup> Der jährliche Stromverbrauch in Deutschland lag 2019 bei rund 580 Terrawattstunden, vgl. Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2021). Für Bitcoin-Mining wird der jährliche Stromverbrauch auf 60 bis 125 Terrawattstunden geschätzt, vgl. Sedlmeir (2020), S. 603. Das entspricht etwa einem Zehntel bis zu einem Fünftel Deutschlands.

Stake“-Konsensmechanismus. Statt mit Rechenleistung konkurrieren Miner durch den Einsatz eigenen Kapitals („Stakes“). Dieser Mechanismus erreicht allerdings nur ein geringeres Sicherheitsniveau<sup>262</sup>.

Beiden Mechanismen ist eine relevante Angreifbarkeit gemein: Ein Angreifer könnte die Aufzeichnung der Transaktionen verändern, wenn er ausreichende Ressourcen besitzt, beispielsweise mehr als 50 Prozent der eingesetzten Rechenleistung. Gerade bei großen Netzwerken erfordert dies sehr hohe Aufwände, weshalb zum Beispiel Bitcoin als „unveränderbar“ betrachtet wird<sup>263</sup>. Darüber hinaus führen diese Konsensmechanismen zu einer niedrigeren Transaktionskapazität als die zentrale Verifikation und es kann lange Zeit in Anspruch nehmen, bis Transaktionen finalisiert werden<sup>264</sup>. Insgesamt ist eine dezentralisierte Verwaltung wegen fehlender Skalierbarkeit und mangelnder Kontrollmöglichkeit für ein DZBG weniger geeignet<sup>265</sup>.

In der *halb-zentralisierten* Variante würden von der Zentralbank zugelassene Akteure die Verwaltung übernehmen. Durch Auswahl und gegebenenfalls Überwachung dieser Akteure behält die Zentralbank eine bestimmte Kontrolle – insbesondere dann, wenn die Beteiligten einem einheitlichen Gesetzesrahmen unterliegen<sup>266</sup>. Dennoch ist jeder Akteur ein potenziell lohnendes Ziel für Angriffe und muss daher ein hohes Sicherheitsniveau bieten.

Der Konsens könnte mit effizienteren und schnelleren Mechanismen erzielt werden, beispielsweise Proof-of-Authority<sup>267</sup>, Byzantine Fault Tolerance oder Kafka<sup>268</sup>. Die Halb-Zentralisierung bietet daher einen Kompromiss zwischen Skalierbarkeit und Kontrollierbarkeit auf der einen und Unabhängigkeit auf

---

<sup>262</sup> Vgl. Klein et al. (2020), S. 8.

<sup>263</sup> Vgl. Halaburda (2018), S. 4.

<sup>264</sup> Der zentralisierte Zahlungsdienstleister Visa kann bis zu 65.000 Transaktionen pro Sekunde bewältigen, vgl. Kiff et al. (2020), S. 29. Bitcoin erreicht nur eine einstellige Anzahl pro Sekunde bei einer durchschnittlichen Wartezeit zur Transaktionsbestätigung von sechzig Minuten, vgl. Hazari & Mahmoud (2020), S. 2. Neue Konsensmechanismen versprechen jedoch Besserung. Im experimentellen Design konnte beispielsweise der Conflux-Konsensmechanismus mehrere Tausend Transaktionen pro Sekunde mit einer Bestätigungsdauer von unter einer Minute erreichen, vgl. Li et al. (2020), S. 515.

<sup>265</sup> Dies bestätigt eine Auswertung von 31 Zentralbankprojekten zu DZBG. Kein einziges zieht eine dezentralisierte Verwaltung in Betracht. Der Großteil ist ferner unsicher, ob die Datenbankstruktur überhaupt mit der DLT umgesetzt werden soll, vgl. Auer et al. (2020), S. 18 f.

<sup>266</sup> Vgl. Allen et al. (2020), S. 22.

<sup>267</sup> Vgl. WEF (2020), S. 10.

<sup>268</sup> Mit Kafka wurden bereits Transaktionsraten von bis zu 20.000 pro Sekunde simuliert, vgl. Gorenflo et al. (2020), S. 16.

der anderen Seite. Sie ist, wie die zentralisierte Verwaltung, potenziell für ein DZBG geeignet.

#### 2.4.4 Verzinsung

Im Modell von Agur et al. führen ein DZBG und die resultierende Disintermediation zu Wohlfahrtsverlusten, die Bargeldnutzer im Ergebnis schlechter stellen. Da die Zentralbank eine um die Zahlungsmitteldiversität erweiterte Zielfunktion maximiert, wurde ein (negativ) verzinsliches DZBG eingesetzt, um die Nachfrage nach DZBG zu steuern und so negative Effekte zu mildern.

Nach den Erkenntnissen aus Kapitel 2.4.2 konkurriert Bargeld vor allem mit Offline-Zahlungssystemen. Für diese scheint aufgrund der eingeschränkten Sicherheit eine intendierte Wertaufbewahrungsfunktion und folglich eine Verzinsung nicht naheliegend. Für einlagenähnlichere Online-Zahlungssysteme ist hingegen eine Verzinsung denkbar.

##### *DZBG als Wertaufbewahrungsmittel*

Wie stark ein DZBG die Finanzstabilität und die Geldpolitik beeinflusst, hängt entscheidend davon ab, ob es als Wertaufbewahrungsmittel genutzt wird. Dieser Status ist entscheidend von der Verzinsung abhängig, sobald ein DZBG durch ein Mindestmaß an Sicherheit zu Verwahrung größerer Summen geeignet ist. Eine DZBG-Verzinsung auf Höhe des Einlagenzinses<sup>269</sup> oder darüber kann bedeutende Volumina anziehen.

Ein verzinstes DZBG als attraktives Wertaufbewahrungsmittel kann die Geldpolitik stärken. Der Mehrwert für Länder mit einem entwickelten Finanzsystem wäre vermutlich überschaubar, die Finanzstabilität jedoch potenziell bedroht und die Mittelverwendung fraglich<sup>270</sup>. Ein entsprechend positiver Zins würde die Zentralbank finanziell belasten, falls mit den eingenommenen Mitteln keine höhere Rendite erzielt werden kann. Dadurch würden die Unabhängigkeit tendenziell geschwächt und Umverteilungseffekte bewirkt. Da DZBG aber als sehr liquide und ausfallsicher angenommen werden kann, ist von Zentralbankaktiva eine zumindest gleichhohe Verzinsung anzunehmen.

---

<sup>269</sup> Vgl. Huber (2018), S. 84 f.

<sup>270</sup> Aspekte der Finanzstabilität und Geldpolitik wurden bereits in Kapitel 2.2.2 beziehungsweise 2.2.3 diskutiert. Die Mittelverwendung wird in Kapitel 2.4.5 ausgeführt.

Ob ein DZBG als Wertaufbewahrungsmittel gestaltet werden soll, kann nur fallspezifisch entschieden werden. Unter den gegebenen Argumenten ist dies – zumindest für Währungsräume mit harten Währungen – zu verneinen.

Im Einklang mit diesem Ergebnis ziehen Zentralbanken im Wesentlichen ein nicht-verzinstes DZBG in Betracht<sup>271</sup>. Dabei ist zu erwägen, ob ein Nullzins ausreicht, damit ein DZBG nicht als Wertaufbewahrungsmittel genutzt wird. Der Zins wirkt als Untergrenze für eine Einlagenverzinsung<sup>272</sup>, selbst wenn Privatkunden weniger preissensitiv agieren oder Wechselkosten scheuen<sup>273</sup>. In einem Niedrigzinsumfeld könnten daher Negativzinsen auf DZBG erforderlich sein, insbesondere wenn ein gewisses Zinsdifferenzial zum Schutz von Einlagen erforderlich wäre.

### *Negative Verzinsung*

Die politische Durchsetzbarkeit von Negativzinsen an eine breite Nutzerschicht ist fraglich. Zwar verlangen Banken bereits heute Negativzinsen, die öffentliche Wahrnehmung dessen scheint aber negativ und Verbraucherverbände erheben Klagen. Einer Zentralbank wird zudem Staatsnähe beigemessen. In der Bevölkerung könnte der Eindruck einer Zusatzsteuer oder finanziellen Repression entstehen. Das könnte dem Ruf und Ansehen der Zentralbank schaden<sup>274</sup>. Dabei ist fraglich, ob ein unattraktiver Zins das in einer Vertrauenskrise wahrgenommene Verlustrisiko aufwiegen und Bankruns verhindern kann<sup>275</sup>.

Darüber hinaus kann ein Negativzins auf DZBG makroökonomische Größen beeinflussen, beispielsweise Inflation und Produktionsniveau<sup>276</sup>, oder die aggregierte Kaufkraft schmälern und eine kontra-intuitive Sparbewegung auslösen<sup>277</sup>. Solche Effekte sind jedoch als unwesentlich zu erwarten, wenn die negativen Zinsen auf DZBG ihren Zweck erfüllen und keine wesentlichen Summen zufließen. Stehen hingegen geldpolitische Motive im Vordergrund, würde die Zentralbank die weiteren Zinsinstrumente ebenfalls entsprechend

---

<sup>271</sup> Vgl. Mancini-Griffoli et al. (2018), S. 29.

<sup>272</sup> Vgl. Dyson und Hodgson (2016), S. 31.

<sup>273</sup> Vgl. CPMI-MC (2018), S. 14.

<sup>274</sup> Vgl. Engert und Fung (2018), S. 68.

<sup>275</sup> Vgl. CPMI-MC (2018), S. 17, Kumhof und Noone (2018), S. 15, Bofinger und Haas (2020), S. 26.

<sup>276</sup> Vgl. Jia (2020), S. 34.

<sup>277</sup> Vgl. Huber (2019), S. 86.

absenken. Dadurch sind die generellen Auswirkungen von Negativzinsen relevant, siehe Kapitel 2.2.3.

#### *Zinsstaffeln und zielgruppenspezifische Zinssätze*

Die Akzeptanz negativer Zinsen könnte durch eine Zinsstaffel gesteigert und gleichzeitig die Nutzbarkeit als Zahlungsmittel beibehalten werden. Ähnlich dem Tiering-System bei Reserven<sup>278</sup> könnten Grundbeträge attraktiver, darüber hinausgehende Beträge geringer oder negativ verzinst werden<sup>279</sup>. Damit ließe sich die Zahlungsmittelfunktion stärker von der Wertaufbewahrungsmittelfunktion separieren.

Darüber hinaus könnte DZBG für Banken höher verzinst werden als für Nicht-Banken, um den Preisdruck auf Einlagen zu mindern und durch Variation des Zinsdifferenzials geldpolitische Impulse zu setzen. Zwar könnte diese Diskriminierung auf Akzeptanzprobleme stoßen, wäre aber keine wesentliche Änderung zum bestehenden Reservesystem<sup>280</sup>. Eine Abschaffung des Reservesystems ist nach bisherigen Erkenntnissen von keiner großen Zentralbank geplant und wesentliche Vorteile sind derzeit nicht ersichtlich. Der Nutzen einer Zins-Diskriminierung ist daher fraglich, insbesondere, falls die DZBG-Architektur keinen wesentlichen DZBG-Bestand in den Banken-Eigenanlagen erforderlich macht.

#### *Fazit zur Verzinsung*

Eine (positive) Verzinsung erscheint zumeist als verzichtbar. Je nach Währungsraum kann jedoch ein DZBG als Wertaufbewahrungsmittel gewünscht und daher eine Verzinsung obligatorisch sein. Auf der Gegenseite kann in Niedrigzinsphasen ein Nullzins gegebenenfalls nicht ausreichen, um die Nutzung zur Wertaufbewahrung zu verhindern. Ein Negativzins ist dann eine wirksame Möglichkeit dem entgegenzuwirken, bringt jedoch Akzeptanz- und Durchsetzungsprobleme sowie allokativen Störungen mit sich und könnte akute Bank-runs gegebenenfalls nicht verhindern. Es sollte daher geprüft werden, ob die Finanzstabilität im Bedarfsfall mit weniger invasiven Instrumenten geschützt werden kann.

---

<sup>278</sup> Vgl. Deutsche Bundesbank (2021b), S. 62.

<sup>279</sup> Vgl. Bindseil (2020), S. 22.

<sup>280</sup> Vgl. Meaning et al. (2017), S. 25 f.

### 2.4.5 Operative Elemente

Dieses Unterkapitel betrachtet fünf ergänzende Fragestellungen eines DZBG-Designs. Die Abschnitte Mittelverwendung, Konvertierbarkeit und Obergrenzen diskutieren zuerst weitere Ansätze zum Schutz der Finanzstabilität. Anschließend werden mit der Einbringungsweise und der internationalen Anbindung grundlegende Fragestellungen eines DZBG betrachtet.

#### *Mittelverwendung der Zentralbank*

Mit Ausnahme von Bargeld und Reserven führt eine Umschichtung in DZBG zu einer Verlängerung der Zentralbankbilanz. Will oder kann die Regierung große Zuflüsse aus Einlagen nicht verhindern, steht sie vor der Aufgabe, die zugeflossenen Mittel zu allokalieren.

Einerseits könnte sich die *Zentralbank* selbst unmittelbar<sup>281</sup> oder mittelbar<sup>282</sup> als *Kreditgeber für die Realwirtschaft* betätigen. Die Zentralbank würde dadurch größere Risiken in Kauf nehmen müssen und in Konkurrenz zu Banken treten<sup>283</sup>. Der Kreditmarkt könnte dann – trotz Disintermediation – weitgehend intakt bleiben. Allerdings wird die Funktion des Markt-Preis-Mechanismus untergraben<sup>284</sup> und die Zentralbank übertritt gegebenenfalls ihr Mandat und ihre Kompetenz.

Alternativ können zugeflossene Mittel den *Banken zur Refinanzierung* bereitgestellt werden<sup>285</sup>. Das würde die DZBG-induzierten Gefahren von Disintermediation und Bank-runs weitgehend eliminieren und potenziell ein DZBG als Wertaufbewahrungsmittel ohne Disintermediation ermöglichen. Der Markt-Preis-Mechanismus wäre dadurch weniger eingeschränkt. Es entfielen ein kompetitiver Anreiz, durch Kundenorientierung Einlagen zu erwerben. Je nach Aufgabenverteilung könnten Banken aber noch um Zahlungsdienstleistungen und verbundene Angebote konkurrieren.

---

<sup>281</sup> Vgl. Schilling et al. (2020), S. 2.

<sup>282</sup> Vgl. Fernández-Villaverde (2020), S. 2.

<sup>283</sup> Neben einer möglichen Mandatsüberschreitung sollten Zentralbanken auch langfristige Auswirkungen auf Wettbewerb und Effizienz am Kreditmarkt in eine Erwägung einfließen lassen.

<sup>284</sup> Vgl. CPMI-MC (2018), S. 15.

<sup>285</sup> Vgl. Andolfatto (2021), S. 535, Brunnermeier und Niepelt (2019), S. 28, Kim und Kwon (2019), S. 27.

Schon heute können Banken durch Geldschöpfung Anlagewerte erwerben und dadurch Fehlanreize unterliegen. Eine bedingungslose Kreditbereitstellung könnte diese Fehlanreize erweitern<sup>286</sup> und Unmut in der Bevölkerung hervorrufen. Um dem zu begegnen und ihr Verlustrisiko zu senken, könnte die Zentralbank solide Sicherheiten für die Ausgabe verlangen, beispielsweise indem DZBG nur gegen Staatsanleihen ausgegeben wird<sup>287</sup>. Genau solche sicheren Anlagen könnten in Krisenzeiten jedoch knapp werden<sup>288</sup> und eine Ausweitung der akzeptierten Sicherheiten erforderlich werden<sup>289</sup>. Dies könnte wiederum die Kreditallokation ändern und Verteilungseffekte bewirken, jedoch der Zentralbank stärkeren Einfluss auf die gesamtwirtschaftliche Lage ermöglichen<sup>290</sup>. Die Allokation könnte effektiver ausfallen, da Zentralbanken die Bonität von Banken besser beurteilen können als Privatanleger. Insgesamt erscheint die Refinanzierung von Banken als geeignetes Mittel, wenn ein DZBG eine Rolle als Wertaufbewahrungsmittel einnehmen soll.

### *Konvertierbarkeit*

Um die Kannibalisierung von Einlagen und Bank-runs zu vermeiden, kann die Konvertierbarkeit in DZBG eingeschränkt werden<sup>291</sup>. Dadurch könnten jedoch das Vertrauen in Einlagen und verbundene Sicherungsinstrumente untergraben werden oder sich Wechselkurse zwischen DZBG und Einlagen bilden<sup>292</sup>. Wechselkurse würden die Funktion als Rechnungseinheit untergraben. Dem wird entgegnet, dass Beschränkungen aber gerade das Risiko von Bank-runs reduzierten und darüber hinaus Liquiditätspuffer und Einlagensicherungssysteme die entscheidenden Instrumente wären, um Vertrauen in Banken zu schaffen<sup>293</sup>. Insgesamt erscheint eine Beschränkung wirkungsvoll, um die Finanzstabilität zu schützen. Je nach Ausgestaltung kann eine solche aber der Akzeptanz und Nutzung eines DZBG abträglich sein.

---

<sup>286</sup> Vgl. Fernández de Liz (2018), S. 52.

<sup>287</sup> Vgl. Barrdear und Kumhof (2016), S. 3.

<sup>288</sup> Vgl. Bindseil und Panetta (2020), o. S.

<sup>289</sup> Vgl. Meaning et al. (2018), S. 10.

<sup>290</sup> Vgl. Claves und Demertzis (2020), S. 98.

<sup>291</sup> Beispielsweise könnte DZBG nur gegen Staatsanleihen eingetauscht werden, vgl. Barrdear und Kumhof (2016), S. 3.

<sup>292</sup> Vgl. Meaning et al. (2018), S. 14. Siehe hierzu auch die Diskussion geldpolitischer Aspekte in Kapitel 2.2.3.

<sup>293</sup> Vgl. Kumhof und Noone (2018), S. 6.



Eine alternative Variante würde die Konvertierbarkeit nicht beschränken, aber hohe Volumina oder häufige Transaktionen mit Kosten belegen<sup>294</sup>, was tendenziell weniger invasiv wäre.

### *Obergrenzen*

Die Nutzung von DZBG kann durch Obergrenzen für Transaktionen oder gehaltene Guthaben eingeschränkt werden<sup>295</sup>. Der „Sand Dollar“ der Bahamas führt derzeit gestaffelte Obergrenzen von 500 bis 8.000 Dollar Guthaben und 1.500 bis 10.000 Dollar Transaktionsvolumen je Monat<sup>296</sup>. Die EZB erwägt ebenfalls Obergrenzen<sup>297</sup>. Bindseil schlägt ein Guthabenlimit von 3.000 Euro vor. Überschüssige Guthaben könnten automatisiert auf Verrechnungskonten verschoben werden<sup>298</sup>. Solche Obergrenzen erzwingen eine harte Identifizierung, um Umgehungsversuche zu vermeiden. Überdies ist fraglich, ob die aus Sicht der Intermediation notwendigen Betragsgrenzen noch eine sinnvolle Nutzung als Zahlungsmittel erlauben<sup>299</sup>. Zu hohe Grenzen könnten wirkungslos sein, zu geringe Grenzen die Akzeptanz untergraben.

Abbildung 14 führt die Erkenntnisse aus den Unterkapiteln 2.2.2 und 2.4.4 mit den in diesem Unterkapitel diskutierten Vorschlägen zusammen. Dies hilft einerseits zu eruieren, ob Disintermediation ein relevantes Problem werden kann und klärt andererseits, welche Handlungsmöglichkeiten zur Verfügung ständen. Aus diesen kann dann die Lösung mit den geringsten negativen Auswirkungen beziehungsweise der größten Nähe zum politischen Willen modelliert werden.

---

<sup>294</sup> Vgl. Bordo und Levin (2017), S. 12.

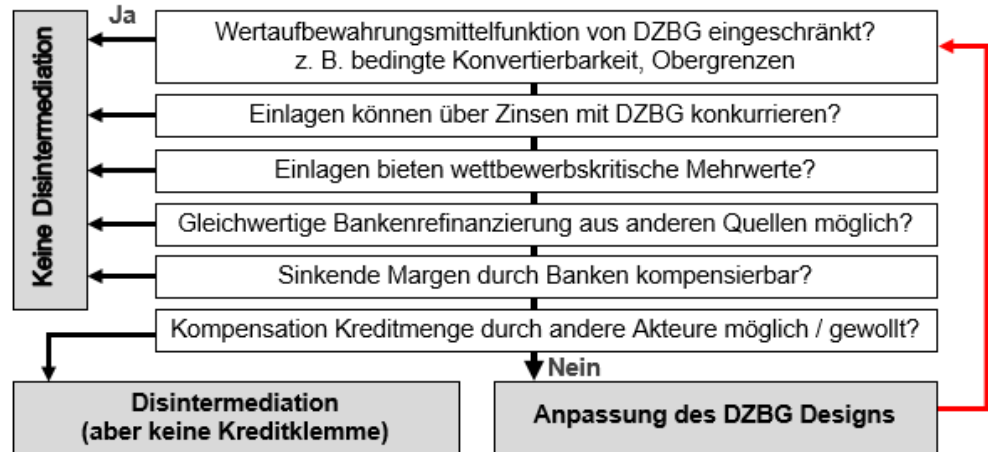
<sup>295</sup> Vgl. Panetta (2018), S. 29.

<sup>296</sup> Vgl. Sand Dollar (2020), o. S.

<sup>297</sup> Vgl. EZB (2020a), S. 28.

<sup>298</sup> Vgl. Bindseil (2020), S. 22, 24.

<sup>299</sup> Vgl. Callesen (2017), S. 5.

**Abbildung 14: Ansätze zur Vermeidung von Disintermediation**

Eigene Darstellung

*Einbringung in den Geldumlauf*

Im vorgestellten Modell steht Nutzern ihr Anfangsvermögen in Form des gewählten Zahlungsmittels zur Verfügung. Ein dezidierter Einbringungsmechanismus besteht nicht. In der Realität stellt sich hingegen die Frage, wie DZBG in Umlauf zu bringen ist. Die Zentralbank kann *reaktiv* die Nachfrage nach DZBG bedienen, ähnlich wie sie Bargeld über Banken ausgibt. Dies setzt ein Mindestmaß an Konvertierbarkeit voraus.

Eine andere Möglichkeit ist es, DZBG *proaktiv* auszugeben. Ein DZBG als Helikoptergeld könnte die Steuerung von gesamtwirtschaftlicher Nachfrage und Inflation unterstützen und die Nutzung von DZBG forcieren<sup>300</sup>. Darüber hinaus sind – zumindest kurzfristig – geringere Verdrängungseffekte zu erwarten, wenn DZBG nicht im Tausch gegen andere Zahlungsmittel erworben werden muss. Um die Verteilung zu gewährleisten, müsste eine eindeutige Legitimation zur Vermeidung von Doppelvereinnahmungen eingesetzt und gleichzeitig sichergestellt werden, dass auch Personen ohne digitale Geräte oder festen Wohnsitz einen Zugang erhalten. Fraglich ist jedoch, wie eine faire Verteilung aussehen sollte. Eine aktive Ausgabe bewirkt potenziell Umverteilungen. Die passive Ausgabe erscheint daher als natürlicher Mechanismus, die aktive Ausgabe wesentlicher Summen der politischen Diskretionarität vorbehalten.

<sup>300</sup> Vgl. Dyson und Hodgson (2016), S. 22–24.

Des Weiteren ist festzulegen, ob DZBG graduell oder ab Start in vollem Umfang eingeführt werden soll. In jedem Fall sollten vorab Simulationen in Testumgebungen<sup>301</sup> weitere Erkenntnisse generieren und Probleme aufzeigen. Ein gradueller Einstieg könnte mögliche Nebeneffekte beherrschbar machen. Dazu könnten Pilotphasen räumlich begrenzt werden oder eine Einführungsphase mit oben angesprochenen Konvertierungsbeschränkungen beziehungsweise Obergrenzen stattfinden und auf Basis der Erfahrung nach und nach aufgehoben werden<sup>302</sup>.

### *Internationale Anbindung*

Ein retail-DZBG setzt eine breite Zugänglichkeit voraus. Fraglich ist, ob auch Nicht-Staatsbürger DZBG halten oder Zugänge einrichten dürften. Sollen Nicht-Staatsbürger am DZBG-Zahlungsverkehr teilhaben, könnten spezielle Zugänge mit Obergrenzen<sup>303</sup> oder aufladbare Karten am Zahlungsverkehr eine gewisse Kontrolle von Kapitalflüssen ermöglichen.

Eine Anbindung an DZBG anderer Währungsräume könnte durch unterschiedlich enge Kooperation der Zentralbanken erfolgen. Eine eher lose Kopplung kann durch die Zwischenschaltung privatwirtschaftlicher Partner erreicht werden. Durch möglichst kompatible Schnittstellen und Vorgaben können Zentralbanken dies erleichtern. Eine engere Kopplung kann durch die direkte Verknüpfung verschiedener DZBG-Systeme über technische Schnittstellen oder gemeinsame Clearing-Systeme erfolgen. Die engste Kopplung kann ein gemeinsam betriebenes System mit mehreren DZBG erreichen<sup>304</sup>. Mögliche Effizienzgewinne sind gegen Koordinations- und Abstimmungsaufwand einer engeren Kopplung abzuwägen.

Kapitel 2.2.3 zeigte bereits, dass die Implikationen von DZBG in offenen Volkswirtschaften noch nicht abschließend bewertet werden können und weitere Forschungsarbeit notwendig ist. Daher spricht diese Arbeit und insbesondere Kapitel 2.5 keine explizite Empfehlung aus. Nichtsdestotrotz werden währungsraumübergreifende Zahlungen als wichtiges Merkmal angesehen (siehe Kapitel 2.3). Jedenfalls sollte ein intensiver

---

<sup>301</sup> Vgl. MasterCard (2020), o. S.

<sup>302</sup> Vgl. Bank of England (2020), S. 40.

<sup>303</sup> Vgl. Sveriges Riksbank (2018), S. 23.

<sup>304</sup> Vgl. Auer et al. (2021), S. 4–7,

Informationsaustausch zu Vorhaben und Konzepten zwischen den Zentralbanken stattfinden.

## 2.5 Optimales Design im Euro-Raum

Die bisherigen Erkenntnisse zu Auswirkungen und Designelementen bilden die theoretische Basis für ein optimales DZBG-Design. Designempfehlungen sollten individuell je Land beziehungsweise Währungsraum erfolgen, da Unterschiede bezüglich technologischer, wirtschaftlicher, infrastruktureller und kultureller Rahmenbedingungen, verfügbarer Ressourcen und verfolgter Ziele bestehen können. Zur Veranschaulichung der Theorie wird nun ein optimales Design exemplarisch für die Eurozone hergeleitet. Folgende Annahmen liegen zugrunde:

Die Bevölkerung hat weitgehend Zugang zu Strom, Internet sowie zu Finanzdienstleistungen<sup>305</sup>. Banken spielen eine wichtige Rolle für die Finanzierung der Realwirtschaft<sup>306</sup>. Sie sind augenscheinlich ausreichend liquide und übertreffen die Mindestreserveanforderungen per Ende 2020 um etwa das Zwanzigfache<sup>307</sup>. Ihre Gewinne und Margen stehen jedoch unter Druck<sup>308</sup>. Europäische Banken unterliegen der Einlagensicherung und der regulatorischen Kontrolle. Das Zinsniveau ist leicht negativ<sup>309</sup>.

Mehr als die Hälfte der Bürger bewertet Bargeld als wichtige oder sehr wichtige Zahlungsoption<sup>310</sup>. Vor allem bei Kleinbeträgen wird es häufig eingesetzt<sup>311</sup>. Wegen der bequemen Nutzung und auch der Corona-Pandemie zeigt sich ein Trend zur elektronischen Zahlung<sup>312</sup>. Die EZB möchte Bargeld dennoch bewahren<sup>313</sup>.

Die EZB verfügt über ein umfangreiches Budget bei guter Ertragskraft<sup>314</sup> und ist insgesamt vertrauenswürdig. Zwar wurde im Nachgang der Finanzkrise

---

<sup>305</sup> Vgl. The World Bank (2021).

<sup>306</sup> Vgl. Altavilla et al. (2019), S. 5.

<sup>307</sup> Reservesoll nach Freibetrag: 146,5 Mrd. €, Überschussreserven: 2.883,9 Mrd. €, vgl. Deutsche Bundesbank (2021c), S. 42\*.

<sup>308</sup> Vgl. Deutsche Bundesbank (2020), S. 75, 86.

<sup>309</sup> Hauptrefinanzierungszinssatz 0,00 Prozent, Einlagezinssatz: –0,5 Prozent, Stand 31.03.2021, vgl. ECB Statistical Data Warehouse (2021).

<sup>310</sup> Vgl. EZB (2020b), S. 61.

<sup>311</sup> Vgl. ebd., S. 31.

<sup>312</sup> Vgl. ebd., S. 22 f.

<sup>313</sup> Vgl. EZB (2020a), S. 21.

<sup>314</sup> Im Jahr 2020 verblieb nach operativen Aufwendungen von 1.199 Mio. € ein Jahresgewinn von 1.643 Mio. €, vgl. EZB (2021b), S. 17.

Vertrauen eingebüßt, jedoch wird die Beurteilung durch diverse Rahmenbedingungen überschattet, insbesondere durch die wirtschaftliche Entwicklung<sup>315</sup> und es zeigt sich im Zusammenhang mit digitalem Geld ein deutlicher Vertrauensvorsprung für die Zentralbank über Technologieunternehmen<sup>316</sup>. Dennoch fehlen der EZB die Ressourcen die Endkundenschnittstelle selbst zu bedienen<sup>317</sup>. Mit dem Target-Instant-Payment-Settlement steht ein öffentliches System zur ganztägigen Abwicklung von Beinahe-Echtzeit-Überweisungen zur Verfügung.

Auf Basis dieser Annahmen lässt sich folgendes optimales Design als Zielbild ableiten:

#### *Aufgabenverteilung*

Ein hybrider Ansatz erleichtert es, eine Nutzerzahl von mehreren Hundert Millionen zu bedienen. Auf der einen Seite wird die Zentralbank von der aufwändigen Endkundenbetreuung entlastet. Auf der anderen Seite profitieren Endkunden von einer hohen Betreuungskompetenz und Kundenorientierung der beteiligten Partner.

Eine Gebührenvereinbarung mit den Partnern kompensiert die Kosten der EZB für Einrichtung und Betrieb des Systems. Die Partner konkurrieren ihrerseits mit unterschiedlichen Kosten- und Nutzungsmodellen um die Gunst der Anwender und erzeugen so ein wettbewerbsfähiges DZBG-System. Ein Kontraktionszwang – zumindest für ausgewählte Institute – gewährleistet den freien Zugang für Nutzer.

#### *Zahlungssysteme*

Ein Online-Zahlungssystem bietet die notwendige Sicherheit, um Verlust-, Kriminalitäts- und Cyber-Risiken beherrschbar zu gestalten. Zu diesem Zweck sollten eine harte Identifikation eingesetzt werden und die Authentifikation an marktübliche Standards aus dem Bankgeschäft angelehnt werden. Die erhobenen Daten verbleiben so weit möglich bei den Partnern an der Endkundenstelle und deren Auswertung ist für nicht vorgeschriebene Zwecke nur mit expliziter Zustimmung erlaubt. Ausschließlich in definierten Fäl-

---

<sup>315</sup> Vgl. Schnabel (2020), o. S.

<sup>316</sup> Vgl. OMFIF (2020), S. 20 f.

<sup>317</sup> Vgl. Panetta (2021), o. S.

len wie Straftaten oder akuten Bedrohungslagen erhalten berechnete, definierte Stellen Einblick. Lösungen für einen vorteilhafteren Ausgleich von Anonymität und Sicherheit werden derzeit erforscht und sollten Gegenstand künftiger Bewertungen sein. Eine Offline-Funktionalität für das Online-Zahlungssystem erhöht die Gebrauchstauglichkeit. Zur Begrenzung der verbundenen Zahlungsrisiken unterliegt diese Funktion zu definierenden Einsatzgrenzen.

Ein ergänzendes Zugriffssystem ist durch eine weiche Identifikation zugänglich und erweitert so den Anonymitätsanspruch für Zahlungsverkehr innerhalb alltagstauglicher Betragsgrenzen<sup>318</sup>. Guthaben aus dem Online-Zahlungssystem ist einfach, ohne Medienbruch und ohne Rückverfolgbarkeit übertragbar beziehungsweise nutzbar.

#### *Datenbanksystem*

Die Ressourcenausstattung der EZB erlaubt, dass mit Hilfe spezialisierter Unternehmen ein sicheres System weiterentwickelt oder errichtet wird, um kommende Bedürfnisse moderner Technologien effizient zu begleiten. Darüber hinaus genießt die EZB ausreichend Vertrauen, um Kontobuchführung oder gegebenenfalls die Validierung von Transaktionen in DLT-Systemen eigenständig zu besorgen.

Der Forschungsstand zu Mehrwerten und Risiken der DLT erlaubt keine abschließende Entscheidung für eine Datenbankstruktur. Der schnelle technologische Fortschritt lässt auf baldige weitere Erkenntnisse insbesondere zur Skalierbarkeit hoffen. In jedem Fall machen die den Entwicklungsprozess begleitenden Belastungstests und Simulationen Problemfelder frühzeitig sichtbar. Im laufenden Betrieb wird die technische Sicherheit durch regelmäßige Überprüfungen und Zertifizierungen gestärkt, neuartige Gefahren werden identifiziert und adressiert.

#### *Verzinsung, Konvertierbarkeit, Obergrenzen, Einbringung und Mittelverwendung*

Die EZB tritt nicht als Konkurrent um wesentliche Anlagesummen am Finanzmarkt auf. Das DZBG sollte daher primär als Zahlungsmittel und nicht als

---

<sup>318</sup> Ein möglicher Richtwert ist die von der Financial Action Task Force für virtuelle Werte vorgeschlagene Grenze von 1.000 €, vgl. FATF (2012–2020), S. 77. Ein höherer Wert von 10.000 € kann sich an § 10 Absatz 6a GWG anlehnen.

Anlagegut gestaltet werden und keine positive Verzinsung aufweisen. Die Auswirkungen auf die geldpolitische Transmission bleiben dann voraussichtlich überschaubar. Der Staatshaushalt wird dadurch nicht belastet und eine Umverteilung vermieden.

Eine generell eingeschränkte Konvertierbarkeit, Konvertierungsgebühren oder Obergrenzen je Nutzer oder Transaktionen untergraben die Gebrauchstauglichkeit beziehungsweise Akzeptanz eines DZBG und werden daher nicht eingesetzt. Lediglich in einer Einführungsphase garantieren Obergrenzen eine gewisse Beherrschbarkeit. Sie werden graduell zurückgenommen. Das DZBG wird grundsätzlich reaktiv in Umlauf gebracht. Anfängliche Incentives sind vorstellbar. Eine proaktive Einbringung erfolgt höchstens auf politischen Auftrag.

Insgesamt ist eine wesentliche Disintermediation durch DZBG im europäischen Bankensektor nicht indiziert. Im Gegenteil versuchen Banken derzeit vielfach, sich ihrer Einlagenbestände durch Verwahrentgelte zu entledigen. Dennoch ist nicht auszuschließen, dass ein dauerhaftes Negativzinsniveau in Verbindung mit Verwahrentgelten auf Bankkonten künftig zu Umschichtungen in DZBG führt, die deutlich größer als erhofft ausfallen und so die geldpolitische Transmission oder die Liquidität der Banken bedrohen<sup>319</sup>. Für diesen Notfall ist ein wirksames Instrument verfügbar. Den geringsten Eingriff in die Gebrauchstauglichkeit bietet ein Negativzins oberhalb bestimmter Freibeträge<sup>320</sup>. Dieser ist bei dringendem Bedarf zur Abwehr wesentlicher makroökonomischer Verwerfungen temporär einsetzbar. Um Akzeptanz und Transparenz zu schaffen bindet sich die EZB an überprüfbare Regeln und kommuniziert diese öffentlich.

Diese Maßnahmen indizieren zum einen, dass das durch DZBG bedingte Wachstum der Zentralbankbilanz in einem beherrschbaren Rahmen bleibt. Zum anderen zeigt sich, dass im Zusammenspiel mit der profunden Regulierung der europäischen Banken und der implementierten Einlagensicherun-

---

<sup>319</sup> Alternativ könnte auch eine Negativzinspolitik unterlassen werden. Eine Abwägung von Sinn und Nutzen liegt jedoch außerhalb des Themengebietes dieser Arbeit.

<sup>320</sup> Für Systeme mit weicher Identifikation müsste die negative Verzinsung ab dem ersten Euro gelten, um Umgehungsversuche zu verhindern.

---

gen kein wesentlicher Anstieg der Bank-run Gefahr zu erwarten ist. Nichtsdestotrotz stehen Refinanzierungsmöglichkeiten bereit und die EZB hält an ihrer Bereitschaft fest, illiquide aber solvente Banken zu stützen.



### 3 Fazit

#### 3.1 Zusammenfassung und Beantwortung der Forschungsfrage

Mit der Implementierung eines DZBG können verschiedene Ziele wie Verbesserungen im Zahlungsverkehr oder die Wahrung der geldpolitischen Hoheit verfolgt werden. Ein DZBG kann jedoch wesentliche makroökonomische Auswirkungen haben und relevante Risiken mit sich bringen, beispielsweise die Verdrängung anderer Zahlungsmittel oder die Disintermediation des Bankensektors. Es stellt sich daher die Frage, welche konkrete Ausgestaltung ein DZBG haben sollte, um einen wohlfahrtsmehrenden Kompromiss aus Chancen und Risiken zu erreichen.

Zur Beantwortung dieser Frage bettet die vorliegende Arbeit die Methode der Modellanalyse in einen systematischen Prozess ein. Zuerst wird der definitorische Rahmen dieser Arbeit erschaffen, indem eine Definition von DZBG auf Basis wesentlicher Vorschläge der Literatur erarbeitet und DZBG von anderen Geldarten abgegrenzt wird. Die Vorstellung relevanter Motive schärft das Bild der mit DZBG verfolgten Ziele und schließt die Einleitung ab.

Die *Analyse des Modells von Agur et al. (2019)* in Unterkapitel 2.1 legt die Basis für das weitere Vorgehen. Die Einführung eines DZBG erzeugt einen sozialen Mehrwert, da damit ein Mittelweg aus der Anonymität von Bargeld und der Sicherheit von Einlagen erzeugt werden kann. Dadurch tritt es jedoch in direkte Konkurrenz zu diesen Zahlungsmitteln und es zeigt sich ein Trade-off zwischen der Verdrängung von Bargeld und Konsumverlusten durch Disintermediation aus der Verdrängung von Einlagen. Je wichtiger die Rolle von Banken in der Finanzierung von Firmen ausfällt, desto bargeldähnlicher ist ein optimales DZBG. Wenn Bargeld dadurch von der Abschaffung bedroht wird, kann ein (negativer Zins) die Wohlfahrt steigern, da er manche Bargeldnutzer von einem Wechsel zu DZBG abhält. Dadurch werden zwar partielle Nutzenverluste generiert, insgesamt ist der Zins dennoch ein wohlfahrtsmehrendes Instrument zur Steuerung der Nachfrage nach DZBG. Diese Ergebnisse werden in den folgenden Unterkapiteln geprüft, ergänzt und auf Designentscheidungen angewendet.

Kapitel 2.2 betrachtet wesentliche *Auswirkungen und Implikationen* eines DZBG und indiziert eine mögliche Überzeichnung der Verdrängungseffekte

im Modell, bestätigt aber grundsätzlich deren Relevanz. Diese Erkenntnisse werden nachfolgend für die Intermediation angewandt und konkretisiert. Die Modellierung gibt Hinweise auf eine Überzeichnung der Disintermediation. Mangels verwertbarer empirischer Belege werden modellhafte Betrachtungen der gegenwärtigen Forschung untersucht. Als wesentliche Indizien für eine Disintermediationswirkung werden ein starker Wettbewerb im Bankensektor und ein hoher DZBG-Zins oder ein Negativzinsumfeld identifiziert. Im Einklang mit dem Modell wird einer starken Abhängigkeit der Finanzierung durch den Bankensektor eine katalytische Rolle für Disintermediation zugeschrieben.

Im Anschluss wird mit Bank-runs eine zweite wesentliche Gefahr der Finanzstabilität betrachtet. In Anwesenheit wirksamer Einlagensicherungssysteme und der Rückendeckung durch eine Zentralbank als Lender-of-Last-Resort wird Bank-runs keine wesentlich größere Gefahr beigemessen als vor der Einführung von DZBG. Dass das Modell von Bank-runs absieht, ist daher vertretbar.

Schließlich werden geldpolitische Aspekte analysiert. Wesentliche Auswirkungen werden nur vermutet, wenn DZBG ein Wertaufbewahrungsmittel würde und so relevante Volumina zufließen. Dies ist auch für mögliche Zielkonflikte mit der Finanzstabilität zu unterstellen. Darüber hinaus wird auf mögliche Verbesserungen für die unkonventionelle Geldpolitik hingewiesen und es werden fehlende Erkenntnisse über die Auswirkungen eines DZBG im internationalen Kontext festgestellt.

Kapitel 2.3 identifiziert *Bewertungskriterien und Anforderungen* an ein DZBG. Aus Sicht der Nutzer werden die Faktoren Sicherheit und Anonymität des vorgestellten Modells bestätigt und näher ausgeführt, die Gebrauchstauglichkeit als dritter wesentlicher Faktor eingeführt und auf wechselseitige Abhängigkeiten hingewiesen. Daneben werden Zahlungsmitteldiversität, Finanzstabilität und eine stabile Geldpolitik als wesentliche Nebenbedingungen gesetzt und die Beherrschbarkeit des Systems aus Sicht der Zentralbank gefordert.

Mit diesen Vorarbeiten wurde die Basis geschaffen, um die Forschungsfrage „Wie kann Digitales Zentralbankgeld optimal designt werden?“ zu beantwor-

ten. Kapitel 2.4 nutzt die zuvor gewonnen Erkenntnisse zur *Bewertung wesentlicher Designelemente* eines DZBG und stellt damit den theoretischen Antwortteil auf die Forschungsfrage dar. Eine wesentliche Erkenntnis ist, dass ein allgemeingültiges optimales Design nicht existiert. Individuelle Aspekte und Rahmenbedingungen müssen Berücksichtigung finden. Daher ergänzt Kapitel 2.5 die Beantwortung durch die Herleitung eines *optimalen Designs am Beispiel des Euro-Raums* um einen praktischen Teil. Folgende Ergebnisse wurden erreicht:

Einerseits ist *Aufgabenverteilung* und somit die Rolle der Zentralbank zu bestimmen. Beim direkten DZBG übernimmt die Zentralbank die meisten Tätigkeiten selbst und hat daher eine umfassende Kontrolle. Bei der indirekten Variante übernehmen privatwirtschaftliche Partner einen Großteil der Aufgaben. Das reduziert Aufwände und regt den Wettbewerb an. Ein hybrides DZBG kombiniert Vor- und Nachteile der beiden Varianten und ist geeignet, eine große Anzahl an Endkunden im Euro-Raum effizient zu bedienen.

Des Weiteren werden *Offline- und Online-Zahlungssysteme* unterschieden. Offline-Zahlungssysteme ermöglichen eine hohe Anonymität, haben aber derzeit Schwachstellen in der Verlust- und Fälschungssicherheit. Sie werden daher nur für betragsmäßig begrenzte DZBG-Varianten empfohlen. Online-Zahlungssysteme bieten eine höhere Sicherheit. Hierbei wird ein gewisser Trade-off zur Anonymität bestätigt und Ansätze zu dessen Minderung angeführt. Weitgehende Anonymität kann allerdings dem öffentlichen Interesse an der Verhinderung krimineller Machenschaften entgegenlaufen. Daher wird neben der technischen auch auf die politische Dimension eines geeigneten Anonymitätsniveaus verwiesen. Darüber hinaus zeigen sich Trade-offs zwischen Sicherheit und Anonymität zur Gebrauchstauglichkeit. Für den Euro-Raum ist ein Online-Zahlungssystem mit harter Identifikation, einem inhärenten Datenschutzkonzept sowie einer Offline-Funktionalität ein sinnvoller Kompromiss der verschiedenen Anforderungen. Ein ergänzendes Zugriffssystem mit weicher Identifikation erfüllt erhöhte Anonymitätsbedürfnisse innerhalb alltagstauglicher Betragsgrenzen.

Die Eigenschaften eines Online-Zahlungssystems werden wesentlich durch das zugrundeliegende *Datenbanksystem* bestimmt. Daher wird im ersten Schritt ein zentralisiertes Kontenbuch-System von einem DLT-basierten System abgegrenzt und Unterschiede im erforderlichen Nutzervertrauen und

den Risikoprofilen aufgezeigt. Die uneinheitliche Forschungslage zu Skalierbarkeit, Aufwänden und Mehrwerten der DLT im Kontext eines DZBG erlaubt derzeit keine abschließende Bewertung und demnach keine Empfehlung für den Euro-Raum. In einem zweiten Schritt werden unterschiedliche Zentralisierungsgrade der Datenbankverwaltung eines DLT-Systems untersucht. Eine vollkommene Dezentralisierung wird mangels Skalierbarkeit und Kontrollierbarkeit nicht empfohlen. Neben der zentralisierten wird die halbzentralisierte Variante als generell geeignet angesehen.

Die Festsetzung der *Verzinsung* wird vor allem davon abhängig gemacht, ob DZBG eine Rolle als Wertaufbewahrungsmittel annehmen soll. Dies wird unter Abwägung von Finanzstabilität und geldpolitischen Aspekten grundsätzlich sowie für den Euro-Raum nicht empfohlen. Eine währungsraumspezifische Prüfung ist jedoch nötig. Negativzinsen zur Steuerung der Nachfragen nach DZBG erscheinen wegen verbundener Akzeptanzprobleme und Verzerrungseffekte nur angemessen, wenn keine anderen Maßnahmen großvolumige Zuflüsse in ein DZBG verhindern und keine anderen Akteure die Kreditnachfrage bedienen können. Für den Euro-Raum wird ein Negativzins ausschließlich in temporären Notsituationen und unter einer transparenten Regelbindung vorgeschlagen.

Abschließend werden verschiedene *operative Designelemente* betrachtet. Zugeflossenes DZBG kann die Zentralbank als Mittel gegen Disintermediation einsetzen. Die Relevanz ist abermals nur für ein DZBG als Wertaufbewahrungsmittel gegeben und demnach ist das für den Euro-Raum vorgeschlagene Konzept nicht tangiert.

Darüber hinaus werden Konvertierungsbeschränkungen und Obergrenzen diskutiert. Erstere werden wegen starker Invasivität nicht empfohlen, bei letzteren auf die Schwierigkeit hingewiesen, geeignete Betragsgrößen zu finden. Des Weiteren wurde eine graduelle und grundlegend passive Einbringung von DZBG in den Geldumlauf vorgeschlagen. Diese Empfehlungen werden für den Euro-Raum übernommen.

Zuletzt werden Aspekte der internationalen Koordination und Anbindung erörtert. Auf Basis des derzeitigen Forschungsstandes kann keine abschließende Empfehlung gegeben werden.

Das in dieser Arbeit skizzierte DZBG-Design versteht sich als Diskussionsbeitrag für einen übergeordneten Rahmen und zeigt relevante Stärken und Schwächen. Das nachfolgende Unterkapitel diskutiert das erreichte Ergebnis und zeigt Anknüpfungspunkte für die weitere Forschung auf.

### 3.2 Diskussion und Ausblick

Die *hybride Aufgabenverteilung* verspricht ein effizientes, wettbewerbsfähiges sowie innovationskräftiges DZBG und stärkt die Anonymität des Nutzers gegenüber der Zentralbank. Mit dem skizzierten Zahlungssystem wurde versucht, den perfekten Trade-off von Sicherheit und Anonymität aufzulösen. Das *zweigliedrige Zugangssystem* ermöglicht eine gute Anonymität mit einem Sicherheitsniveau bis hin zu dem von Einlagen. Eine Anonymität wie sie Bargeld bietet wurde jedoch weder empfohlen noch erreicht. Zwar zeigt sich bereits heute ein Trend zur bargeldlosen Zahlung, eine wesentliche Beschleunigung durch das hier beschriebene DZBG ist jedoch nicht zu vermuten. Insofern sind Präferenznutzenverluste, aber gleichzeitig auch der Beitrag zur *Verhinderung krimineller Aktivitäten* moderat zu erwarten.

Auf der Gegenseite tritt DZBG stärker zu Einlagen in Konkurrenz. Um der Nutzung als Wertaufbewahrungsmittel entgegenzuwirken, wurde hier ein nicht-verzinstes DZBG empfohlen. Die resultierende *Disintermediationsgefahr* wird im Fallbeispiel der Eurozone als beherrschbar bewertet. Die Gefahren eines DZBG-Nullzinses in einem Negativzinsumfeld werden jedoch anerkannt. Daher wurde eine Notfalloption als notwendig erachtet. Ein Negativzins oberhalb bestimmter Freigrenzen mit einer eng definierten Regelbindung erschien als am wenigsten invasive Option.

Insgesamt ist durch ein solches DZBG keine bedeutende Schwächung der *Finanzstabilität*, allerdings auch keine wesentliche Verbesserung für die *Geldpolitik* zu erwarten. Eine entscheidende Seignioragesteigerung ist unwahrscheinlich und die Rolle als zusätzliches Instrument ist für ein nicht-verzinstes DZBG nicht gegeben. Dadurch werden Zielkonflikte aber weitgehend vermieden. Eine Vereinfachung der unkonventionellen Geldpolitik ist hingegen vorstellbar.

Ebenso ist ein Beitrag zur *Reduzierung der Risiken von Kryptowerten* zu erwarten, insbesondere wenn reichweitenstarke und führende privatwirtschaftliche Partner für eine Kooperation gewonnen werden. Vermutlich würde ein

DZBG als Wertaufbewahrungsmittel einen noch stärkeren Beitrag leisten. Die Einführung eines DZBG ist dabei als ein Baustein eines Gesamtkonzeptes zu sehen und sollte notwendigerweise von rechtlichen, regulatorischen und ordnungspolitischen Maßnahmen begleitet werden.

Das abgeleitete Zieldesign zeigt sich insgesamt sensitiv gegenüber individuellen Gegebenheiten. Sowohl die Anwendung unter anderen angestrebten Zielen eines DZBG oder auf andere Währungsräume kann Abweichungen erbringen. Zum Beispiel ist eine Verzinsung für ein DZBG als sicheres Wertaufbewahrungsmittel und geldpolitisches Instrument obligatorisch. Eine Bargeldabschaffung wäre durch Offline-Zahlungssysteme wahrscheinlich effektiver erreichbar. Die Rahmenbedingungen eines Entwicklungslands könnten eine andere Aufgabenverteilung oder insbesondere Offline-Lösungen erfordern.

Bezüglich der in Kapitel 2.3 formulierten Anforderung verspricht dieses Design eine gute Gebrauchstauglichkeit und Sicherheit bei annehmbarer Anonymität. Die Nebenbedingungen „no-harm“ werden eingehalten.

Sechs bedeutende Fragen wurden in dieser Arbeit nicht abschließend beantwortet und bieten Anknüpfungspunkte für die weitere Forschung:

Erstens sind weitere Erkenntnisse zu Risiken, Mehrwerten, Skalierbarkeit und Kosten eines *DLT-Systems* nötig, um Trade-offs mit sowie die Vorteilhaftigkeit gegenüber einem zentralisierten Kontenbuchsystem bewerten zu können.

Zum Zweiten sollte nach besseren Möglichkeiten gesucht werden, um die Nutzung von *DZBG als Wertaufbewahrungsmittel im Notfall zu verhindern*. Diese sollten weniger invasiv wirken als die beschriebenen Ansätze. Sind solche nicht zu identifizieren, müssten nachvollziehbare und kundengruppenindividuelle Betragsgrenzen für einen Negativzins eruiert werden, die gleichzeitig ihr Ziel erreichen, aber die Gebrauchstauglichkeit bestmöglich erhalten. Eine weitere Herausforderung wäre die Festlegung nachvollziehbarer und eindeutiger Regeln, unter denen ein solcher Negativzins zum Einsatz kommt.

Drittens konnten Auswirkungen eines DZBG im internationalen Kontext nicht abschließend beurteilt werden. Es wurde daher keine Empfehlung für die *internationale Anbindung* ausgesprochen. Eine grundlegende Entscheidung ist allerdings bereits in der Frühphase einer DZBG-Konzeptionierung nötig. Dies erfordert zeitnah weitere Diskussionsbeiträge zu Risiken und deren Relevanz sowie gegebenenfalls zu wirkungsvollen (Gegen)Maßnahmen.

Zum Vierten ist ein politisches beziehungsweise gesellschaftlich gewünschtes *Anonymitätsniveau zu identifizieren* und dessen Umsetzung zu entwerfen. Sollte die Identifikation in dem vorgeschlagenen Stufensystem erfolgen, sind auch hier Betragsgrenzen für Transaktionen oder Kontostände aus vorhandenen Rechtsgrundlagen zu übernehmen oder neu abzuleiten.

Fünftens sind *Rahmenbedingungen in der Kooperation mit privatwirtschaftlichen Partnern* zu erarbeiten. Hierzu sollte ein Auswahlprozess beziehungsweise Zulassungsverfahren entworfen werden, um Qualitätsstandards für die Partner sicherzustellen. Darauf aufbauend sollten Kooperationsverträge mit rechtlichen und regulatorischen Richtlinien verknüpft und in Einklang gebracht werden, um eine wirkungsvolle Balance aus Anreiz und Verpflichtung zu erzielen.

Schließlich wurde eine betraglich beschränkte *Offline-Funktion* des Systems vorgeschlagen. Weitere Forschung ist nötig, um Verfahren und Methoden zu verbessern oder zu entwickeln, die ein hohes Sicherheitsniveau garantieren. Steht weitgehende Sicherheit nicht in Aussicht, sind Grenzen und die Risikoverteilung festzulegen.

Die Einführung eines DZBG ist ein komplexes Projekt mit einer Vielzahl an Partnern, Beteiligten, Betroffenen und zahlreichen Schnittstellen von Ökonomen zu Informatikern, Technikern, Juristen, Politikern und weiteren Rollen. Die Konzeptionierung und Vorarbeit muss mit Sorgfalt und Weitsicht erfolgen. Ein konsistentes Design wird durch eine Vielzahl an Interdependenzen der unterschiedlichen Designfragen erschwert. Sicherheitsvorkommnisse oder Vertrauensbrüche können die Nutzung des DZBG und die Glaubwürdigkeit der Zentralbank untergraben. Gleiches gilt für ein erfolgloses DZBG. Die kommenden Erfahrungen aus dem Digitalen Yuan und weiteren Pilotierungen können Erkenntnisse für ein optimales Design bringen und gegebenen-

---

falls Anpassungen in den Bewertungen und Empfehlungen dieser Arbeit erfordern. Ebenso können Fortschritt, Schocks oder andere Einflüsse die Rahmenbedingungen und Anforderungen an ein DZBG ändern. Daher ist ein fortlaufender Prozess der Überprüfung und gegebenenfalls Anpassung angezeigt.



---

## Literaturverzeichnis

Adrian, T. und Mancini-Griffoli, T. (2019): The Rise of Digital Money. IMF Fintech Notes No. 19/01, International Monetary Fund, Washington, D.C.

Agur, I., Ari, A. und Dell’Ariccia, G. (2019): Designing central bank digital currencies. IMF Working Paper No. 19/252, International Monetary Fund, Washington, D.C.

Ali, R. und Narula, N. (2020): Redesigning digital money: what can we learn from a decade of cryptocurrencies? MIT DCI Working Papers, MIT Media Lab, 22.01.2020.

Allen, S., Capkun, S., Ittay, E., Fanti, G., Ford, B., Grimmelmann, J., Juels, A., Kostianen, K., Meiklejohn, S., Miller, A., Prasad, E., Wüst, K. und Zhang, F. (2020): Design Choices for Central Bank Digital Currency: Policy and Technical Considerations. NBER Working Paper No. 27634, National Bureau of Economic Research, Cambridge, Massachusetts.

Altavilla, C., Andreeva, D., Boucinha, M. und Holton, S. (2019): Monetary Policy, Credit Institutions and the Bank Lending Channel in the Euro Area. Occasional Paper Series No. 222, European Central Bank, Frankfurt am Main.

Armeliu, H., Guibourg, G., Johnasson, S. und Schmalholz, J. (2020): E-krona design models: pros, cons and Trade-offs. In: Sveriges Riksbank Economic Review, Second special issue on the e-krona, Vol. 2020(2), Stockholm, S. 80–96.

Athey, S., Catalini, C. und Tucker, C. (2017): The Digital Privacy Paradox: Small Money, Small Costs, Small Talk. NBER Working Paper No. 23488, National Bureau of Economic Research, Cambridge, Massachusetts.

Auer, R. und Böhme, R. (2020): The technology of retail central bank digital currency. In: BIS Quarterly Review March, Bank for International Settlement, Basel, S. 85–100.

Auer, R., Cornelli G. und Frost, J. (2020): Rise of the central bank digital currencies: drivers, approaches and technologies. BIS Working Paper No. 880, Bank for International Settlement, Basel.

Auer, R., Haene, P. und Holden, H. (2021): Multi-CBDC arrangements and the future of crossborder payments. BIS Paper No. 115, Bank for International Settlement, Basel.

Bank of England (2020): Central Bank Digital Currency Opportunities, challenges and Design. BoE Discussion Paper, London.

Bank of Japan (2020): The Bank of Japan's Approach to Central Bank Digital Currency. Tokio.

Barrdear, J. und Kumhof, M. (2016): The Macroeconomics of Central Bank Issued Digital Currencies. BoE Staff Working Paper No. 605, Bank of England, London.

Bech, M. und Garratt, R. (2017): Central Bank Cryptocurrencies. In: BIS Quarterly Review September, Bank for International Settlement Basel, S. 55–70.

Benigno, P., Schilling, L. und Uhlig, H. (2019): Cryptocurrencies, Currency Competition, and the Impossible Trinity. NBER Working Paper No. 26214, National Bureau of Economic Research, Cambridge, Massachusetts.

Berentsen, A. und Schär, F. (2018): The Case for Central Bank Electronic Money and the Non-case for Central Bank Cryptocurrencies. In: Federal Reserve Bank of St. Louis Review, Vol. 100(2), S. 97–106.

Bindseil, U. (2020): Tiered CBDC and the financial system. ECB Working Paper Series No. 2351, European Central Bank, Frankfurt am Main.

Bindseil, U. und Panetta, F. (2020): CBDC remuneration in a world with low or negative nominal interest rates.

<https://voxeu.org/article/cbdc-remuneration-world-low-or-negative-nominal-interest-rates>, 31.03.2021.

Bjerg, O. (2017): Designing new money - the policy trilemma of central bank digital currency. CBS Working Paper, Copenhagen Business School.

Boar, C. und Wehrli, A. (2021): Ready, steady, go? – Results of the third BIS survey on central bank digital currency. BIS Paper No. 114, Bank for International Settlement, Basel.

- Bofinger, P. und Haas, T. (2020): CBDC: Can central Bank succeed in the marketplace for digital monies? CEPR Discussion Paper No. DP15489, Centre for Economic Policy Research, London.
- Bordo, M. und Levin, A. (2017): Central bank digital currency and the future of monetary policy. NBER Working Paper No. 23711, National Bureau of Economic Research, Cambridge, Massachusetts.
- Brandao-Marques, L., Casiraghi, M., Gelos, C., Kamber, G. und Meeks, R. (2021): Negative Interest Rates; Taking Stock of the Experience So Far. IMF Departmental Paper No. 2021/003, International Monetary Fund, Washington, D.C.
- Brunnermeier, M. K., James, H. und Landau, J. P. (2019): The digitalization of money. NBER Working Paper No. 26300, National Bureau of Economic Research, Cambridge, Massachusetts.
- Brunnermeier, M. K. und Niepelt, D. (2019): On the equivalence of private and public money. In: Journal of Monetary Economics, Vol. 106, S. 27–41.
- Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2021): Energieversorgung. <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Dossier/strommarkt-der-zukunft.html>, 31.03.2021.
- Callesen, P. (2017): Can banking be sustainable in the future? A perspective from Danmarks Nationalbank. Speech at the Copenhagen Business School 100 years celebration event, 30.10.2017, Kopenhagen. <https://www.bis.org/review/r171031c.htm>, 31.03.2021.
- Central Bank of The Bahamas (2020): Public Update on The Bahamas Digital Currency Rollout. Pressemitteilung, 31.12.2020, Nassau. <https://www.centralbankbahamas.com/viewPDF/documents/2020-12-31-14-45-14-PSDPRes-Release-Public-Update-20201231-Final.pdf>, 31.03.2021.
- Chiu, J., Davoodalhosseini, M., Jiang, J. und Zhu, Y. (2020): Bank Market Power and Central Bank Digital Currency: Theory and Quantitative Assessment. Working Paper, 19.07.2020.

- Chodorow-Reich, G., Gopinath, G., Mishra, P. und Narayanan, A. (2020). Cash and the Economy: Evidence from India's Demonetization. In: Quarterly Journal of Economics, Vol. 135(1), S. 57–103.
- Christodorescu, M., Gu, W. C., Kumaresan, R., Minaei, M., Ozdayi, M., Price, B., Raghuraman, S., Saad, M., Sheffield, C., Xu, M. und Zamani, M. (2020): Towards a Two-Tier Hierarchical Infrastructure: An Offline Payment System for Central Bank Digital Currencies. Working Paper, 14.12.2020.
- Committee on Payments and Market Infrastructures and Markets Committee (CPMI-MC) (2018): Central bank digital currencies.
- Claeys, G. und Demertzis, M. (2019): The Next Generation of Digital Currencies: In Search of Stability. In: European Parliament (Hrsg.): The Future of Money, Compilation of Papers, Study requested by the ECON Committee, Monetary Dialog. S. 83–101.
- Coccoresse, P. und Santucci, L. (2020): Banking Competition and Bank Size: Some Evidence from Italy. In: Journal of Economics and Finance, Vol. 44, S. 278–299.
- Darbha, S. und Arora, R. (2020): Privacy in CBDC technology. Staff Analytical Note No. 2020-9, Bank of Canada, Montreal.
- Davoodalhosseini, M. (2018): Central Bank Digital Currency and Monetary Policy. Staff Working Paper No. 2018-36, Bank of Canada, Montreal.
- Davoodalhosseini, M. und Rivadeneyra, F. (2020): A Policy Framework for E-Money. In: Canadian Public Policy, Vol. 46(1), S. 94–106.
- Demirgüç-Kunt, A., Klapper, L., Singer, D., Ansar, S. und Hess, J. (2018): The Global Findex database 2017: Measuring Financial Inclusion and the Fintech Revolution. World Bank Group, Washington, D.C.
- Deutsche Bundesbank (2017): Die Rolle von Banken, Nichtbanken und Zentralbank im Geldschöpfungsprozess. In: Monatsberichte der Deutschen Bundesbank, 69. Jg., Nr. 4 (April), Frankfurt am Main, S. 15–36.
- Deutsche Bundesbank (2019): Krypto-Token im Zahlungsverkehr und in der Wertpapierabwicklung. In: Monatsberichte der Deutschen Bundesbank, 71. Jg., Nr. 7 (Juli), Frankfurt am Main, S. 39–60.

Deutsche Bundesbank (2020): Die Ertragslage der deutschen Kreditinstitute im Jahr 2019. In: Monatsberichte der Deutschen Bundesbank, 72. Jg., Nr. 9 (September), Frankfurt am Main, S. 75–105.

Deutsche Bundesbank (2021a): Zahlungsverhalten in Deutschland 2020 - Bezahlen im Jahr der Corona-Pandemie, Frankfurt am Main.

Deutsche Bundesbank (2021b): Das zweistufige System für die Verzinsung der Reserveguthaben und seine Auswirkungen auf Banken und Finanzmärkte. In: Monatsberichte der Deutschen Bundesbank, 73. Jg., Nr. 1 (Januar), Frankfurt am Main, S. 61–81.

Deutsche Bundesbank (2021c): Statistischer Teil. In: Monatsberichte der Deutschen Bundesbank, 73. Jg., Nr. 3 (März), Frankfurt am Main.

DiCamillo, N. (2021): Paypal Wants to Be a CBDC Distributor. Coindesk, 11.02.2021.

<https://www.coindesk.com/paypal-wants-to-be-a-cbdc-distributor>, 31.03.2021.

Duquerroy, A., Matray, A. und Saidi, F. (2020): Sticky Deposit Rates and Allocative Effects of Monetary Policy. BdF Working Paper No. 794, Banque de France, Paris.

Dyson, B. und Hodgson, G. (2016): Digital cash: Why central banks should start issuing electronic money. Positive Money, London.

ECB Crypto-Assets Task Force (2019): Crypto-Assets: Implications for financial stability, monetary policy, and payments and market infrastructures. Occasional Paper Series No. 223, European Central Bank, Frankfurt am Main.

ECB Crypto-Assets Task Force (2020): Stablecoins: Implications for monetary policy, financial stability, market infrastructure and payments, and banking supervision in the euro area, Occasional Paper Series No. 247, European Central Bank, Frankfurt am Main.

ECB Statistical Data Warehouse (2021).  
<https://sdw.ecb.europa.eu>, 31.03.2021.

Engert, W. und Fung, B. S. C. (2018): Motivations and implications of a Central Bank Digital Currency. In: Gnan, E. und Masciandaro, D. (Hrsg.): Do We Need Central Bank Digital Currency? SUERF Conference Proceedings 2018/2, S. 56–81.

Europäische Zentralbank (EZB) (2019): Exploring anonymity in central bank digital currency. IN FOCUS, Issue No. 4, European Central Bank, Frankfurt am Main.

Europäische Zentralbank (EZB) (2020a): Report on a digital Euro. European Central Bank, Frankfurt am Main.

Europäische Zentralbank (EZB) (2020b): Study on the payment attitudes of consumers in the euro area (SPACE). European Central Bank, Frankfurt am Main.

Europäische Zentralbank (EZB) (2021a): ECB digital euro consultation ends with record level of public feedback. Pressemitteilung, 13.01.2021, European Central Bank, Frankfurt am Main.  
<https://www.ecb.europa.eu/press/pr/date/2021/html/ecb.pr210113~ec9929f446.en.html>, 31.03.2021.

Europäische Zentralbank (EZB) (2021b): Annual Accounts of the ECB 2020. European Central Bank, Frankfurt am Main.

Facebook (2020): Facebook Reports Third Quarter 2020 Results. Pressemitteilung, 29.10.2020, Menlo Park, Kalifornien.  
[https://s21.q4cdn.com/399680738/files/doc\\_news/Facebook-Reports-Third-Quarter-2020-Results-2020.pdf](https://s21.q4cdn.com/399680738/files/doc_news/Facebook-Reports-Third-Quarter-2020-Results-2020.pdf), 31.03.2021.

Fan, Y. (2020): Some thoughts on CBDC operations in China.  
<https://www.centralbanking.com/fintech/cbdc/7511376/some-thoughts-on-cbdc-operations-in-china>, 31.03.2021.

Fan, C., Ghaemi, S., Khazaei, H. und Musilek, P. (2020): Performance Evaluation of Blockchain Systems: A Systematic Survey. In: IEEE Access, Vol. 8, S. 126.927–126.950.

- Fernández de Lis, S. (2018): Central bank digital currencies: features, options, pros and cons. In: Gnan, E. und Masciandaro, D. (Hrsg.): Do We Need Central Bank Digital Currency? SUERF Conference Proceedings 2018/2, S. 46–55.
- Fernández-Villaverde, J., Sanches, D., Schilling, L. und Uhlig, H. (2020): Central bank digital currency: Central banking for all? NBER Working Paper No. 26753, National Bureau of Economic Research, Cambridge, Massachusetts.
- Ferrari, M. M., Mehl, A. und Stracca, L. (2020): Central bank digital currency in an open economy. ECB Working Paper Series No. 2488, European Central Bank, Frankfurt am Main.
- Fiedler, S., Gern, K.-J. und Stolzenburg, U. (2019): The Impact of Digitalization on the Monetary System. In: European Parliament (Hrsg.): The Future of Money, Compilation of Papers, Study requested by the ECON Committee, Monetary Dialog. S. 5–30.
- Financial Action Task Force (FATF) (2012-2020): International Standards on Combating Money Laundering and the Financing of Terrorism & Proliferation. Paris.
- FSB (2020): Addressing the regulatory, supervisory and oversight challenges raised by “global stablecoin” arrangements. Basel.
- Garratt, R., Lee, M., Malone, B. und Martin, A. (2020): Token- or Account-Based? A Digital Currency Can Be Both. Federal Reserve Bank of New York Liberty Street Economics, 12.08.2020.  
<https://libertystreeteconomics.newyorkfed.org/2020/08/token-or-account-based-a-digital-currency-can-be-both.html>, 31.03.2021.
- George, A., Xie, T. und Alba, J. D. (2020): Central Bank Digital Currency with Adjustable Interest Rate in Small Open Economies. Working Paper, 26. Mai 2020.
- Gorenflo, C., Lee, S., Golab, L. und Keshav, S. (2020): FastFabric: Scaling hyperledger fabric to 20 000 transactions per second. In: International Journal of Network Management, Vol. 30(5), e2099.

Group of Central Banks (2020): Central bank digital currencies: foundational principles and core features, Report No. 1.

Gustafsson, P. und Lagerwall, B. (2020): The Riksbank's seigniorage and the e-krona. In: Sveriges Riksbank Economic Review, Second special issue on the e-krona, Vol. 2020(2), Stockholm, S. 55–61.

Halaburda, H. (2018): Blockchain Revolution Without the Blockchain. Staff Analytical Note No. 2018-5, Bank of Canada, Montreal.

Handelsblatt GmbH (2021): EZB-Chefin Lagarde rechnet mit dem digitalen Euro und fordert Bitcoin-Regulierung.  
<https://www.handelsblatt.com/finanzen/geldpolitik/notenbank-ezb-chefin-lagarde-rechnet-mit-dem-digitalen-euro-und-fordert-bitcoin-regulierung/26794238.html>, 31.03.2021.

Hazari, S. und Mahmoud, Q. (2020): Improving Transaction Speed and Scalability of Blockchain Systems via Parallel Proof of Work. In: Future Internet 2020, Vol. 12(8), 125.

Hellwig (2018): Bargeld, Giralgeld, Vollgeld: Zur Diskussion um das Geldwesen nach der Finanzkrise. Überarbeitete Fassung eines Vortrags beim Bargeldsymposium der Deutschen Bundesbank, Frankfurt, 14.02.2018.  
<https://www.bundesbank.de/resource/blob/723728/1bad30182ce1b8b4162c37a736c33f8c/mL/bargeldsymposium-2018-hellwig-data.pdf>, 31.03.2021.

Hess, S. (2020): Regulating central bank digital currencies: towards a conceptual framework. Working Paper, 11.08.2020.

Hotelling, H. (1929): Stability in Competition. In: The Economic Journal, Vol. 39(153), S. 41–57.

Huber, J. (2019): Digital currency. Design principles to support a shift from bankmoney to central bank digital currency. In: Real-World Economics Review, Vol. 71, S. 76–90.

Hyunh, K. P., Molnar, J., Scherbakov, O. und Yu, Q. (2020): Demand for Payment Services and Consumer Welfare: The Introduction of a Central Bank Digital Currency. Staff Working Paper No. 2020-7, Bank of Canada, Montreal.



- Internationaler Währungsfonds (IWF) (2020): Digital money across borders: macro-financial implications. IMF Policy Paper No. 2020/050, International Monetary Fund, Washington, D.C.
- Jakab, Z. und Kumhof, M. (2019): Banks are not intermediaries of loanable funds — facts, theory and evidence. BoE Staff Working Paper No. 761, Bank of England, London.
- Jia, P. (2020): Negative Interest Rates on Central Bank Digital Currency. MPRA Paper No. 103828, University Library of Munich.
- Juvs, R. (2020): Central bank digital currencies, supply of bank loans and liquidity provision by central banks. In: Sveriges Riksbank Economic Review, Second special issue on the e-krona, Vol. 2020(2), Stockholm, S. 62–79.
- Kahn, C. M., Rivadeneyra, F. und Wong, T.-N. (2019): Should the central bank issue e-money? Federal Reserve Bank of St. Louis, Working Paper No. 2019-3.
- Kahn, C. M. und Rivadeneyra, F. (2020): Security and convenience of a central bank digital currency. Staff Analytical Note No. 2020-21, Bank of Canada, Montreal.
- Kahn, C. M., Rivadeneyra, F. und Wong, T.-N. (2020): Eggs in One Basket: Security and Convenience of Digital Currencies? Federal Reserve Bank of St. Louis, Working Paper No. 2020-032.
- Keister, T. und Monnet, C. (2020): Central bank digital currency: Stability and information. Working Paper, 07.10.2020.
- Keister, T. und Sanches, D. (2019): Should Central Banks Issue Digital Currency? Federal Reserve Bank of Philadelphia Working Paper No. 19-26.
- Kiff, J., Alwazir, J., Davidovic, S., Farias, A., Khan, A., Khiaonarong, T., Malaika, M., Hunter, M., Sugimoto, N., Tourpe, H. und Zhou, P. (2020): A Survey of Research on Retail Central Bank Digital Currency. IMF Working Paper No. 20/104, International Monetary Fund, Washington, D.C.
- Kim, Y. S. und Kwon, O. (2019): Central bank digital currency and Financial stability. BOK Working Paper No. 2019-6, Bank of Korea, Seoul.

Klein, M., Gross, J. und Sandner, P. (2020): The Digital Euro and the Role of DLT for Central Bank Digital Currencies. FSBC Working Paper, Frankfurt School Blockchain Center, Frankfurt am Main.

Koulayev, S., Rysman, M., Schuh, S. und Stavins, J. (2016): Explaining adoption and use of payment instruments by us consumers. In: The RAND Journal of Economics, Vol. 47(2), S. 293–325.

Kumhof, M. und Noone, C. (2018): Central bank digital currencies - design principles and balance sheet implications. BoE Staff Working Paper No. 725, Bank of England, London.

Lagarde, C. (2020): The future of money – innovating while retaining trust. Article by Christine Lagarde, President of the ECB, in L'ENA hors les murs magazine, 30.11.2020, Paris.

<https://www.ecb.europa.eu/press/inter/date/2020/html/ecb.in201130~ce64cb35a3.en.html>, 31.03.2021.

Mancini-Griffoli, T., Martinez Peria, M. S., Agur, I., Ari, A., Kiff, J., Popescu, A. und Rochon, C. (2018): Casting Light on Central Bank Digital Currencies. IMF Staff Discussion Notes No. 18/08, International Monetary Fund, Washington, D.C.

Masciandaro, D. (2018): Central Bank Digital Cash and Cryptocurrencies: Insights from a New Baumol–Friedman Demand for Money. In: Australian Economic Review, Vol. 51(4), S. 540–550.

MasterCard (2020): Mastercard Launches Central Bank Digital Currencies (CBDCs) Testing Platform, Enabling Central Banks to Assess and Explore National Digital Currencies. Pressemitteilung, 09.09.2021, Purchase, New York.

<https://www.mastercard.com/news/press/press-releases/2020/september/mastercard-launches-central-bank-digital-currencies-cbdcs-testing-platform>, 31.03.2021.

McLeay, M., Radia, A. und Thomas, R. (2014): Money creation in the modern economy. In: Bank of England Quarterly Bulletin 2014(Q1), London, S. 14–27.

Meaning, J., Dyson, B., Barker, J. und Clayton, E. (2018): Broadening narrow money: monetary policy with a central bank digital currency, BoE Working Paper No. 724, Bank of England, London.

Mersch, Y. (2017): Digital Base Money: an assessment from the ECB's perspective. Speech at Finlands Bank, 16.01.2017, Helsinki.  
<https://www.ecb.europa.eu/press/key/date/2018/html/ecb.sp180208.en.html>, 31.03.2021.

Milne, A. (2020): Argument by false analogy: the mistaken classification of Bitcoin as token money. Working Paper, 27.02.2020.

Morales-Resendiz, R., Ponce, J., Picardo, P., Velasco, A., Chen, B., León, S., Buiborg, G., Segendorff, B., Vasquez, J. J., Arroyo, J., Aguirre, I., Haynes, N., Panton, N., Griffiths, M. Pieterz, C., und Hodge, A. (2021): Implementing a retail CBDC: Lessons learned and key insights. In: Latin American Journal of Central Banking, Vol. 2(1), 100.022.

Norges Bank (2019): Central bank digital currencies. Second Report of Working Group. Norges Bank Paper No. 2, Oslo.

Official Monetary and Financial Institutions Forum (OMFIF) (2020): Digital Currencies: A question of trust. London.

Obstfeld, M. und Taylor, A. M. (2002): Globalization and Capital Markets. NBER Working Paper No. 8846, National Bureau of Economic Research, Cambridge, Massachusetts.

Panetta, F. (2018): 21st century cash: central banking, technological innovation and digital currencies. In: Gnan, E. und Masciandaro, D. (Hrsg.): Do We Need Central Bank Digital Currency? SUERF Conference Proceedings 2018/2, S. 23–32.

Panetta, F. (2021): Evolution or revolution? The impact of a digital euro on the financial system. Speech at a Bruegel online seminar, 10.02.2021, Frankfurt am Main.  
<https://www.ecb.europa.eu/press/key/date/2021/html/ecb.sp210210~a1665d3188.en.html>, 31.03.2021.

Paypal (2021): PayPal Launches "Checkout with Crypto". Pressemitteilung, 30.03.2021, San José, Kalifornien.

<https://newsroom.paypal-corp.com/2021-03-30-PayPal-Launches-Checkout-with-Crypto>, 31.03.2021.

Pocher, N. und Veneris, A. (2021): Privacy and Transparency in CBDCs: A Regulation-by-Design AML/CFT Scheme. Working Paper, 03.01.2021.

Rogoff, K. (2014): Costs and Benefits to Phasing out Paper Currency. NBER Macroeconomics Annual 2014, Vol. 29, S. 445–456.

Sand Dollar (2021): How can i get a Sand Dollar Wallet?  
<https://www.sanddollar.bs/individual>, 31.03.2021.

Schilling, L., Fernández-Villaverde, J. und Uhlig, H. (2020): Central Bank Digital Currency: When Price and Bank Stability Collide. NBER Working Paper No. 28237, National Bureau of Economic Research, Cambridge, Massachusetts.

Schnabel, I. (2020): Die Bedeutung des Vertrauens für die Geldpolitik der EZB. Rede als Teil der Vortragsreihe „Havarie Europa. Zur Pathogenese europäischer Gegenwart“ am Hamburger Institut für Sozialforschung, 16.12.2020, Frankfurt am Main.  
[https://www.ecb.europa.eu/press/key/date/2020/html/ecb.sp201216\\_1~9caf7588cd.de.html](https://www.ecb.europa.eu/press/key/date/2020/html/ecb.sp201216_1~9caf7588cd.de.html), 31.03.2021.

Sedlmeir, J., Buhl, H. U., Fridgen, G. und Keller, R. (2020): The energy consumption of blockchain technology: beyond myth. In: Business & Information Systems Engineering, Vol. 62(6), S. 599–608.

Shabsigh, G., Khiaonarong, T. und Leinonen, H. (2020): Distributed Ledger Technology Experiments in Payments and Settlements. IMF Fintech Notes No. 20/01, International Monetary Fund, Washington, D.C.

Shah, D., Arora, R., Du, H., Darbha, S., Miedema, J. und Minwalla, C. (2020): Technology Approach for a CBDC. Staff Analytical Note No. 2020-6, Bank of Canada, Montreal.

- Sheffield, C. (2020): Central Bank Digital Currency and the future: Visa publishes new research. Visa, 17.12.2021.  
<https://usa.visa.com/visa-everywhere/blog/bdp/2020/12/17/central-bank-digital-1608165518834.html>, 31.03.2021.
- Siciliani, P. (2018): Competition for retail deposits between commercial banks and nonbank operators: a two-sided platform analysis. BoE Staff Working Paper No. 728, Bank of England, London.
- Skeie, D. (2020): Digital Currency Runs. Working Paper, 15.03.2020.
- Stiglitz, J. E. und Weiss, A. (1981): Credit Rationing in Markets with Imperfect Information. In: The American Economic Review, Vol. 71(3), S. 393–410.
- Sveriges Riksbank (2018): The Riksbanks's e-krona project, Report 2. Stockholm.
- Sveriges Riksbank (2019): Payments in Sweden 2019. Stockholm.
- Sveriges Riksbank (2021): Riksbank extends test of technical solution for the e-krona. Pressemitteilung, 12.02.2021, Stockholm.  
<https://www.riksbank.se/en-gb/press-and-published/notices-and-press-releases/notices/2021/riksbank-extends-test-of-technical-solution-for-the-e-krona/>, 31.03.2021.
- The World Bank (2021): World Development Indicators. Washington, D.C.  
<https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators>, 31.03.2021.
- Tinn, K. und Dubach, C. (2021): Central bank digital currency with asymmetric privacy. Working Paper, 11.02.2021.
- Tobin, J. (1985): Financial Innovation and Deregulation in Perspective. In: Bank of Japan Monetary and Economic Studies 3(2), S. 19–29.
- Wakamori, N. und Welte, A. (2017): Why Do Shoppers Use Cash? Evidence from Shopping Diary Data. In: Journal of Money, Credit and Banking, Vol. 49(1), S. 115–169.

- Weidmann, J. (2020): Die Zukunft von Geld und Zahlungsverkehr. Podiumsrede auf der virtuellen Herbstkonferenz „Banking and Payments in the Digital World“ der Deutschen Bundesbank, 11.06.2020, Frankfurt am Main.  
<https://www.bundesbank.de/de/presse/reden/die-zukunft-von-geld-und-zahlungsverkehr-844000#tar-5>, 31.03.2021.
- Van Hee, K. und Wijngaard, J. (2021): A new digital currency system. Working Paper, Januar 2021.
- Williamson, S. (2019): Central Bank Digital Currency: Welfare and Policy Implications. 2019 Meeting Paper No. 386, Society for Economic Dynamics.
- Williamson, S. (2020): Central Bank Digital Currency and Flight to Safety. Working Paper, 09.12.2020.
- World Economic Forum (WEF) (2020): Central bank digital currency policy-maker toolkit. World Economic Forum Insight Report, Genf.

## Anhang

### A) Ziele und Motive von Digitalem Zentralbankgeld

#### a) Verbesserungen im Zahlungsverkehr

Die Einführung von DZBG könnte die *Stabilität* des Zahlungsverkehrs steigern, wenn das DZBG-System eine hohe Resilienz aufweist und nach Cyber-Angriffen oder Naturkatastrophen funktional bleibt<sup>321</sup> oder indem eine Alternative zu rein privaten Zahlungssystemen geschaffen wird.

Ein DZBG könnte die *Effizienz* des Zahlungsverkehrs verbessern und die *Innovationskraft* fördern<sup>322</sup> sowie bestehende Markteintrittsbarrieren für Finanzservices senken oder entfernen<sup>323</sup>. Dadurch könnten auch währungsraumübergreifende Zahlungen beschleunigt oder vergünstigt werden, wenn Zentralbanken in Kooperation die nötigen Schnittstellen einrichten<sup>324</sup> oder integrative Systeme entwickeln.

Eine weitere Chance ist die Verknüpfung mit modernen Technologien. So könnte DZBG *programmierbar* sein und beispielsweise die Verwendung von Smart Contracts oder Maschine-zu-Maschine-Zahlungen ermöglichen.

#### b) Öffentlicher Zugang zu Zentralbankgeld

Während in Deutschland noch die Mehrheit der Einkäufe mit Bargeld gezahlt wird<sup>325</sup>, verzeichnet Schweden deutliche Rückgänge: Hatten 2010 noch 39 Prozent der Befragten ihre Käufe zuletzt in Bargeld bezahlt, waren es 2018 nur mehr 13 Prozent<sup>326</sup>. Schreitet diese Entwicklung voran, könnte die Akzeptanz für Bargeld schwinden und das einzige öffentlich zugängliche gesetzliche Zahlungsmittel unbrauchbar werden. Berentsen und Schär erwarten eine komplette Verdrängung von Bargeld in naher Zukunft<sup>327</sup>. Ein DZBG

---

<sup>321</sup> Vgl. EZB (2020a), S. 13.

<sup>322</sup> Vgl. Bank of England (2020), S. 17.

<sup>323</sup> Vgl. Dyson & Hodgson (2016), S. 9.

<sup>324</sup> Vgl. Bank of England (2020), S. 19.

<sup>325</sup> Vgl. Deutsche Bundesbank (2021a), S. 18.

<sup>326</sup> Vgl. Sveriges Riksbank (2019), S. 9.

<sup>327</sup> Vgl. Berentsen und Schär (2018), S. 101.

könnte dann die Rolle der eigenen Währung im internationalen Kontext aufrechterhalten<sup>328</sup> und verhindern, dass private Geldsysteme oder DZBG anderer Währungsräume eine beherrschende Bedeutung übernehmen<sup>329</sup>.

#### *c) Finanzielle Inklusion*

Im Jahr 2017 hatten etwa 1,7 Milliarden Erwachsene kein Bankkonto<sup>330</sup>. Betroffene geben als Gründe an, zu wenig Geld für ein Konto zu haben, keines zu brauchen oder auch, dass Banken zu weit entfernt wären<sup>331</sup>. Rund zwei Drittel dieser Personen haben jedoch ein Mobiltelefon<sup>332</sup>. Hier könnte ein DZBG ansetzen und mehr Menschen den Zugang zu Finanzdienstleistungen ermöglichen. Die Relevanz dieses Motives schwankt stark mit dem betrachteten Staat: In Deutschland sind nur 1 Prozent der Erwachsenen ohne Bankkonto<sup>333</sup> und finanzielle Inklusion ist daher ein untergeordneter Anreiz.

#### *d) Stärkung der Finanzstabilität*

Eine Reduzierung der Risiken im Zahlungsverkehr könnte das Finanzsystem stabilisieren. Unternehmen und Haushalte hätten mit DZBG ein risikofreies Zahlungsmittel als Alternative zu Bankdienstleistungen zur Wahl. Dadurch könnten die Bedeutung großer Banken gedämpft und Fehlanreize zur Risikonahme durch die Einlagensicherung<sup>334</sup> oder der Rolle der Zentralbank als Lender of Last Resort, gemindert werden. Folglich könnten Banken gezwungen sein, ihr Risiko zu reduzieren oder gegenüber ihren Einlegern höher zu vergüten<sup>335</sup>.

#### *e) Stärkung der Geldpolitik*

Durch Zinssetzung könnte DZBG möglicherweise die geldpolitische Transmission stärken, wenn eine Verzinsung direkt auf eine breite Basis von Kontoinhabern wirkt. Falls DZBG Giralgeld verdrängt oder die Geldschöpfung durch Banken schmälert, ist eine effizientere Steuerung der Geldmenge vorstellbar. In diesem Zusammenhang könnte die effektive Zinsuntergrenze durch eine Abschaffung von Bargeld gelockert<sup>336</sup> oder der DZBG-Zins als ein

---

<sup>328</sup> Vgl. EZB (2020a), S. 14.

<sup>329</sup> Vgl. Brunnermeier et al. (2019), S. 21 f.

<sup>330</sup> Vgl. Demirgüç-Kunt et al. (2018), S. 35.

<sup>331</sup> Vgl. ebd., S. 40.

<sup>332</sup> Vgl. ebd., S. 92.

<sup>333</sup> Vgl. ebd., S. 124.

<sup>334</sup> Vgl. Dyson & Hodgson (2016), S. 9 f.

<sup>335</sup> Vgl. Berentsen und Schär (2018), S. 101 f.

<sup>336</sup> Vgl. EZB (2020a), S. 12.



ergänzendes geldpolitisches Instrument eingesetzt werden<sup>337</sup>. Des Weiteren ist ein Einsatz für unkonventionelle Geldpolitik oder fiskalische Impulse beispielsweise als „helicopter-money“ denkbar<sup>338</sup>. Ebenso könnte ein DZBG die geldpolitische Hoheit bewahren, wenn DZBG außenstehender Währungsräume wesentlich an Bedeutung gewinnen. Schließlich könnte ein DZBG die Informationsbasis geldpolitischen Institutionen zu Zahlungsströmen und so die Steuerung verbessern<sup>339</sup> oder die Seigniorage der Zentralbank beim Rückgang von Bargeld mehrten und so die Unabhängigkeit stützen<sup>340</sup>.

*f) Begegnung von Risiken aus Kryptowerten*

Mit Diem (vormals: Libra) kündigte eine Gruppe von Unternehmen um Facebook 2018 einen eigenen Stablecoin an. Ein Stablecoin ist ein Kryptowert, der durch gezielte Geldpolitik oder Hinterlegung von Sicherheiten nur eine geringe Schwankung gegenüber der nationalen Währung oder anderen Referenzwerten aufweisen soll. Bekannte Beispiele sind Tether und USD-Coin.

Mit 2,74 Milliarden monatlich aktiven Nutzern<sup>341</sup> hat Facebook eine große Reichweite. Der IWF sieht in Diem potenziell einen „Global Stablecoin“: „a type of private digital money, issued by Big Techs with the potential for widespread adoption“<sup>342</sup>. Daraus können bedeutende makroökonomische Risiken erwachsen, welche beispielhaft Abbildung 15 aufzeigt.

---

<sup>337</sup> Vgl. Barrdear und Kumhof (2016), S. 3.

<sup>338</sup> Vgl. Dyson und Hodgson (2016), S. 8.

<sup>339</sup> Vgl. Bergara und Ponce (2020), S. 90.

<sup>340</sup> Vgl. Gustafsson und Lagerwall (2020), S. 55.

<sup>341</sup> Vgl. Facebook (2020), S. 1.

<sup>342</sup> IWF (2020), S. 9.

**Abbildung 15: Mögliche Risiken Globaler Stablecoins**

<b>Geldpolitik und Finanzstabilität</b>	<b>Zahlungs- systeme</b>	<b>Überwachung / Regulierung</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verdrängung der einheimischen Währung</li> <li>• Geschwächte Transmission bzw. Verlust der geldpolitischen Hoheit</li> <li>• Effektive Zinsuntergrenze</li> <li>• Beeinflussung von Vermögenspreisen</li> <li>• Beeinflussung von grenzüberschreitenden Zahlungen und Wechselkursen</li> <li>• Wertschwankungen oder Systemausfälle → Schwankung gesamtwirtschaftliche Nachfrage</li> <li>• Plötzliche Mittelabflüsse, z. B. verschlechterte Bonität oder Vertrauensverluste</li> <li>• Ansteckungseffekt zum Finanzsektor</li> <li>• Erhöhung Refinanzierungskosten der Banken</li> <li>• Kreditverknappung oder Veränderung der Risikostruktur</li> <li>• Zentralbank kann Kryptowerte nicht „Drucken“ → kein Lender of Last Resort</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Monopolisierung und Konzentration</li> <li>• Schwindender Wettbewerb</li> <li>• Technologische Abhängigkeit</li> <li>• Eingeschränkte Wahlmöglichkeit für Endnutzer</li> <li>• Missachtung Datenrechte oder Datenmissbrauch</li> <li>• Geldwäsche</li> <li>• Steuerumgehung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aktivitäten oder Anbieter außerhalb der Anwendungsbereiche</li> <li>• Bestehende Regelungen nicht ausreichend</li> <li>• Fehlende Internationale Koordinierung und Abstimmung</li> </ul>

**Eigene Darstellung auf Basis von Benigno et al. (2019), S. 20 f., ECB Crypto-Asset Task Force (2020) S: 17–30, FSB (2020), S. 11–13, 19–30, Lagarde (2020), o. S. und Skeie (2019), S. 44.**

Derzeit werden Risiken aus Kryptowerten nicht als immanente Gefahr betrachtet. Die ECB Krypto-Asset Task Force zeigt aber bedeutende Gefahren für die Geldpolitik auf, sollten Stablecoins zu einem Wertaufbewahrungsmittel werden. Dieses Szenario wird jedoch als unwahrscheinlich bewertet<sup>343</sup>. Würden Stablecoins hingegen als verbreitetes Zahlungsmittel eingesetzt, könnten Gefahren für die Stabilität des Zahlungssystems und die Finanzstabilität drohen<sup>344</sup>. Es gäbe jedoch Instrumente, um diesen Risiken zu begegnen<sup>345</sup>.

Ein DZBG könnte die Vorzüge einer digitalen Währung mit der Vertrauenswürdigkeit und Gestaltungskraft einer geldpolitischen Institution verbinden<sup>346</sup>. DZBG wäre neben rechtlichen und regulatorischen Maßnahmen dann ein weiterer Baustein, um die Abhängigkeit von und die Risiken durch Stablecoins zu steuern oder zu mindern und so wiederum die Finanzstabilität, Geldpolitik und Zahlungssysteme zu stützen.

#### *g) Verhinderung illegaler Aktivitäten*

Bargeld ermöglicht zu einem gewissen Grad anonyme Zahlungen. Bergara und Ponce sehen generell einen positiven Zusammenhang zwischen der

<sup>343</sup> Vgl. ECB Crypto-Asset Task Force (2020), S. 18–20.

<sup>344</sup> Vgl. ebd. S. 3.

<sup>345</sup> Vgl. ebd. S. 31.

<sup>346</sup> Vgl. Morales-Resendiz et al. (2021), S. 4.

Nachfrage nach Bargeld und begangenen Verbrechen<sup>347</sup>. Laut Rogoff werden in einigen Ländern mehr als 50 Prozent des Bargeldes zur Verschleierung von Transaktionen genutzt<sup>348</sup>. Ergänzend verzeichnet die Sveriges Riksbank einen Rückgang von Überfallen als Folge sinkender Bargeldnutzung<sup>349</sup>.

Würde DZBG verstärkt Bargeld verdrängen, könnten dadurch Geldwäsche, Steuerhinterziehung oder Terrorismusfinanzierung reduziert und Steuermehreinnahmen generiert werden<sup>350</sup>. Die Zielsetzungen sind jedoch heterogen: Während China die Verdrängung von Bargeld forciert<sup>351</sup>, möchte die EZB Bargeld bewahren<sup>352</sup>.

---

<sup>347</sup> Vgl. Bergara und Ponce (2018), S. 83.

<sup>348</sup> Vgl. Rogoff (2014), S. 447.

<sup>349</sup> Vgl. Sveriges Riksbank (2019), S. 23.

<sup>350</sup> Vgl. Allen et al. (2020), S. 6.

<sup>351</sup> Vgl. Fan (2020), o. S.

<sup>352</sup> Vgl. EZB (2020a), S. 21.

## B) Konten-basiertes und Token-basiertes DZBG

Ein einlagenähnliches „Konten-basiertes“ DZBG wäre als Guthaben auf einem Konto hinterlegt, ähnlich wie von Tobin als „deposit accounts in the central bank“ vorgeschlagen<sup>353</sup>. Die Forderung gegen die Zentralbank wäre an die *Identifikation* des Kontoinhabers geknüpft<sup>354</sup>. Mitunter werden Konten-basierte Systeme daher für nicht anonymitätsfähig gehalten<sup>355</sup>.

Ein „Token-basiertes“ DZBG würde Bargeld ähneln, jedoch elektronisch direkt zwischen den Nutzern weitergereicht und mit der DLT umgesetzt<sup>356</sup>. Die Forderung wäre an *Wissen* gebunden, beispielsweise einen geheimen kryptografischen Schlüssel<sup>357</sup>. Zur Abwicklung einer Transaktion würde statt der Identität des Kontoinhabers die Authentizität des übertragenen Token geprüft<sup>358</sup>. Beispielhaft werden häufig Bitcoin und andere Kryptowerte angeführt.

Diese Abgrenzung wird von einigen Autoren bestritten, da auch für Kryptowerte Kontenbücher geführt würden und digital Geldsysteme immer Konten-basiert wären<sup>359</sup>. Bei der Unterscheidung von Konten-basiert zu Token-basiert würden verschiedene Technologien vermischt<sup>360</sup> und es fehle eine grundsätzliche einheitliche Definition von „Token“<sup>361</sup>. Da Kryptowerte Merkmale der beiden vorgeschlagenen Zugangswege vereinen, schlagen Garratt et al. vor, nicht zwischen Konten-basierte und Token-basiert zu unterscheiden. Die vorliegende Arbeit folgt diesem Vorschlag und differenziert DZBG Systeme stattdessen nach der Art des Kontensystems. Nachfolgend wird diese Abgrenzung kurz erläutert und in die Argumentation des Hauptteils eingeordnet.

In einem klassischen Kontensystem führt die Bank für jede Kontonummer ein eigenes Kontenbuch. Der Kontostand ergibt sich aus Einzahlungen abzüglich Auszahlungen und der Nutzer kann dann über Geld verfügen, wenn

---

<sup>353</sup> Vgl. Tobin (1985), S. 25.

<sup>354</sup> Vgl. Auer und Böhme (2020), S. 93.

<sup>355</sup> Vgl. Sveriges Riksbank (2018), S. 16.

<sup>356</sup> Vgl. Bordo und Levin (2017), S. 6.

<sup>357</sup> Vgl. Auer und Böhme (2020), S. 94.

<sup>358</sup> Vgl. Brunnermeier et al. (2019), S. 4 f.

<sup>359</sup> Vgl. Milne (2020), S. 2 f., 13.

<sup>360</sup> Vgl. Halaburda (2018), S. 1.

<sup>361</sup> Vgl. Shah et al. (2020), o. S., Bank of England (2020), S. 46.

die Bank nach Prüfung des Kontostandes und tangierender Informationen<sup>362</sup> die Freigabe erteilt. Dies erfolgt typischerweise in dem in Kapitel 2.4.3 als „zentralisiert“ vorgestellten Kontenbuch-System.

Ein alternativer Ansatz führt ein einziges Kontenbuch, in dem alle Transaktionen fortlaufend gespeichert werden. Daraus kann ersehen werden, über welche digitalen Geldeinheiten mit welcher Berechtigung verfügt werden kann. Eine solche Berechtigung kann durch einen kryptografischen Schlüssel abgebildet werden. Der Nutzer legitimiert sein Verfügungsrecht dadurch, dass er den zum digitalen Wert passenden Schlüssel nachweist. Dieser Ansatz wird typischerweise mit der in Kapitel 2.4.3 beschriebenen DLT umgesetzt.

Die benötigten Schlüssel sind mit Untergangsrisiken verbunden, wie sie zu Online-Zahlungssystemen beschrieben wurden. Der Nutzer kann die sichere Verwahrung einem Dienstleister übertragen. Abbildung 16 beschreibt Charakter, Vor- und Nachteile einer zunehmenden Übertragung (von links nach rechts). Es zeigt sich ein wesentlicher Trade-off: Je höher die Verlostsicherheit und je komfortabler die Bedienung, desto geringer die Anonymität und höher das notwendige Vertrauen in den Anbieter.

**Abbildung 16: Ansätze zur Verwaltung privater Schlüssel**

Aggregation method:	Address	→	E-wallet	→	Account
Provided by:	Digital currency		Developers		Crypto exchanges, banks
Secured by:	Private key		E-wallet password		Account password
Key management:	User controls and manages private keys directly		Software manages keys, but user maintains control		Account provider controls keys
Risks:	Forgetting/losing keys; key theft	+	Code vulnerabilities of e-wallet	+	Account provider fraud
Benefits:	Privacy		Key and transaction management	+	Alternative recovery mechanisms with identity; protection against fraudulent transactions
Liability for loss:	With the user		With the user		Potentially shared depending on contract

**Quelle: Kahn und Rivadeneyra (2020), S. 2, Tabelle 1.**

Die Lösung „Account“ weist Parallelen zum heutigen Bankensystem auf. So könnten Schlüssel beispielsweise nur gegen harte Identifizierung ausgegeben werden oder ein klassisches Kontensystem pseudo-anonymisierte Decknamen ohne Identifikationspflicht einsetzen. Im Ergebnis können sowohl DLT als auch klassische Kontensysteme eine große Bandbreite von

<sup>362</sup> Beispielsweise Kreditlinien, Überziehungslinien, Kulanzbeträge, Kontosperrern, Pfändungen, Abtretungen, Verfügungsberechtigungen.

anonymen als auch verlustsicheren Eigenschaften bieten<sup>363</sup>. Auf der Ebene der Zahlungssysteme war eine Abgrenzung daher verzichtbar. Bezüglich der Umsetzung auf Ebene der Datenbanken ergeben sich hingegen Vor- und Nachteile, die eine differenzierte Betrachtung rechtfertigen.

---

<sup>363</sup> Vgl. Bank of England (2020), S. 47.

## **Erklärung zur Masterarbeit**

Ich erkläre, dass ich die Masterarbeit selbstständig und ohne unzulässige Inanspruchnahme Dritter verfasst habe. Ich habe dabei nur die angegebenen Quellen und Hilfsmittel verwendet und die aus diesen wörtlich, inhaltlich oder sinngemäß entnommenen Stellen als solche den wissenschaftlichen Anforderungen entsprechend kenntlich gemacht. Die Versicherung selbstständiger Arbeit gilt auch für Zeichnungen, Skizzen oder graphische Darstellungen. Die Arbeit wurde bisher in gleicher oder ähnlicher Form weder derselben noch einer anderen Prüfungsbehörde vorgelegt und auch noch nicht veröffentlicht. Mit der Abgabe der elektronischen Fassung der endgültigen Version der Arbeit nehme ich zur Kenntnis, dass diese mit Hilfe eines Plagiatserkennungsdienstes auf enthaltene Plagiate überprüft und ausschließlich für Prüfungszwecke gespeichert wird.

---

(Ort, Datum)

---

(André Kießling)