Thießen, Friedrich

Working Paper

Öffentliche vs. Private Blockchains in der Finanzwirtschaft

Chemnitz Economic Papers, No. 038

Provided in Cooperation with:
Chemnitz University of Technology, Faculty of Economics and Business Administration

Suggested Citation: Thießen, Friedrich (2020) : Öffentliche vs. Private Blockchains in der Finanzwirtschaft, Chemnitz Economic Papers, No. 038, Chemnitz University of Technology, Faculty of Economics and Business Administration, Chemnitz

This Version is available at:
https://hdl.handle.net/10419/221762

TECHNISCHE UNIVERSITÄT
CHEMNITZ

Faculty of Economics and
Business Administration

Öffentliche vs. Private Blockchains in der Finanzwirtschaft

Friedrich Thießen

Chemnitz Economic Papers, No. 038, June 2020

Chemnitz University of Technology
Faculty of Economics and Business Administration
Thüringer Weg 7
09107 Chemnitz, Germany

Phone +49 (0)371 531 26000
Fax +49 (0371) 531 26019
https://www.tu-chemnitz.de/wirtschaft/index.php.en
wirtschaft@tu-chemnitz.de

Öffentliche vs. Private Blockchains in der Finanzwirtschaft

Für welche Variante sollten sich Banken und andere Finanzdienstleister entscheiden? Eine Stärken-Schwächen-Analyse

Technische Universität Chemnitz
finance@wirtschaft.tu-chemnitz.de
Prof. Dr. Friedrich Thießen
Post: 09107 Chemnitz
Sitz: Thüringer Weg 7
09126 Chemnitz
Tel. 0371-531-26190
Fax. 0371-531-834174

Öffentliche vs. Private Blockchains in der Finanzwirtschaft

Zusammenfassung

Blockchains gelten als zukunftsträchtige Datenbanktechnologien. In dieser Studie werden Public und Private Blockchain-Konzepte hinsichtlich ihrer Stärken und Schwächen miteinander verglichen. Dazu werden die Konzepte in einen strategischen und einen operativen Teil getrennt. Es zeigt sich, dass auf der *strategischen Ebene* die Führungsstrukturen bei Public Blockchain-Projekten suboptimal sind. Dies gilt für die grundlegenden Corporate Governance Strukturen, die Verantwortlichkeiten für die zentrale Software (Core Client), den dezentralen Betrieb der Blockchain im Rahmen von DLT-Systemen und die Nichtsteuerbarkeit von Anwendungen Dritter, die auf die Public Blockchain ohne Restriktionen zugreifen können. Auf der *operativen Ebene* erscheinen Public Blockchain-Strukturen auf den ersten Blick durchaus möglich. Aber hier stehen Effizienzkriterien im Weg. Public Blockchains sind im Betrieb nicht günstig. Geschwindigkeit und Skalierbarkeit sind beschränkt. Nach Angriffen kann die Datenbank nur schwer wieder richtiggestellt werden. Für den Fall nachlassenden Interesses von Nodes muss der Initiator eines Blockchain-Projektes Vorkehrungen treffen, selbst einzuspringen. Das sind Nachteile im operativen Betrieb, die sehr schwer wiegen. Insgesamt ergibt sich Skepsis hinsichtlich der Public Blockchain. Die Zukunft scheint eher in Private Blockchain- und ganz klassischen Datenbankprojekten zu liegen.

Schlagworte: Public Blockchain, Private Blockchain, Corporate Governance, Finance

Summary

Blockchains are regarded as promising database technologies. This study compares public and private blockchain concepts with regard to their strengths and weaknesses. For this purpose, the concepts are separated into a strategic and an operational part. It is shown that at the *strategic level*, the management structures in public blockchain projects are suboptimal. This applies to the basic corporate governance structures, the responsibilities for the central software (core client), the decentralized operation of the blockchain in the context of DLT systems and the non-controllability of third-party applications that can access the public blockchain without restrictions. At the *operational level*, public blockchain structures appear at first glance to be quite possible. But here, efficiency criteria stand in the way. public blockchains are not cheap in operation. Speed and scalability are limited. After attacks, the database can only be re-corrected with difficulty. In case of decreasing interest of nodes, the initiator of a blockchain project has to make arrangements to step in himself. These are disadvantages in the operational business that weigh very heavily. All in all, there is scepticism about the public blockchain. The future seems to lie in private blockchain and very classical database projects.

Key Words: Public Blockchain, Private Blockchain, Corporate Governance, Finance

I. Einleitung

Krisen haben den Vorteil, dass über Aktivitäten grundlegend neu nachgedacht wird. Daraus können dann bessere Konzepte als zuvor resultieren. Das betrifft indirekt auch das Problem der Blockchains in der Finanzwirtschaft.

Die Blockchaintechnologie befand sich vor der Coronakrise an einem kritischen Punkt. Viele vorbereitende Entwicklungsarbeiten waren abgeschlossen. Pilotprojekte hatten die grundsätzliche Einsetzbarkeit der Technologie bewiesen.[1] Allerdings waren auch erheblich Mängel in der Technologie sichtbar geworden.[2] Dann kam die Pandemie, die viele Aktivitäten zum Stillstand brachte. Jetzt stellt sich die Frage, wie es weitergehen soll.

Es ist nicht zu erwarten, dass die Blockchain-Technologie generell aufgegeben werden wird. Aber der Weg zur Realisierung von Projekten wird sich ändern, und die Technologie wird sich stärker an traditionelle Datenbankstrukturen annähern. Von der ursprünglichen Idee der Bitcoin-Blockchain wird evtl. nicht viel übrigbleiben.

Zwei grundlegend unterschiedliche Varianten der Blockchain konkurrieren miteinander: Public Blockchains und Private Blockchains. *Public Blockchains* entsprechen in ihrer extremen Ausprägung dem innovativen System von Satoshi Nakamoto und Bitcoin, während *Private Blockchains* in ihrer extremen Ausprägung traditionellen Datenbankkonzepten gleichen.[3] Dazwischen gibt es beliebig viele Zwischenstufen. Der folgende Aufsatz untersucht, welche der beiden grundlegenden Verfahren für professionelle Anwendungen in der Finanzwirtschaft besser geeignet sind. Dabei wird insbesondere auf die selten thematisierten Umstände der strategischen, längerfristigen Aspekte von Blockchain-basierten Geschäftsmodellen fokussiert. Es wird zunächst ein Katalog von Anforderungskriterien erstellt, deren Ausprägungen dann für beide Verfahren überprüft werden.

II. Grundlagen

Blockchain-Systeme werden vom Fintechrat, der von der Bundesregierung als Beratungsgremium eingesetzt wurde, als „*Protokolle zum Synchronisieren dezentraler Datenbanken*" definiert (FTR, 2019). Ursprungsidee der Blockchain ist es, ein System zu haben, bei dem

[1] *BuReg*, 2019, S.12, *Deutsche Börse* (2018), *Dieterich, u.a.* (2017), S. 2 ff.
[2] Quelle: https://blockonomi.com/bitcoin-theft-skyrocketed-2-billion/, https://www.coindesk.com/what-should-we-do-with-stolen-bitcoins
[3] Der wesentliche Unterschied zwischen Blockchain-Datenbanken und herkömmlichen Datenbanken ist dem Fintechrat zufolge die *Distributed Ledger Technologie* („DLT-System"). Diese Technologie zeichnet sich dadurch aus, dass die kryptographisch gesicherten Daten auf mehreren Rechnern verteilt sind. Diese werden „Nodes" (Knoten) genannt. Die Nodes prüfen neue Daten auf Authentizität und bearbeiten, d.h. ergänzen die Blockchain, *ohne* dass es für diese Aufgaben einen bestimmten zentralen Akteur gibt. Das DLT-System übernimmt die „Prozesse eines zentralen Akteurs"; es tritt an dessen Stelle. Bei Private Blockchains gibt es eine Gruppe von namentlich bekannten Akteuren, die gemeinsam die Datenbank und Änderungen daran verantworten. Das entspricht traditionellen Datenbankkonzepten; vgl. *FTR*, 2019.

i. in *operativer* Hinsicht ein nicht manipulierbarer Datenspeicher existiert, der von einer anonymen, großen Masse von Mitwirkenden („Nodes“) betrieben wird, und der zudem
ii. in *strategischer* Hinsicht in eine Governance-Struktur eingebettet ist, die eine Weiterentwicklung des Systems unabhängig von einzelnen Institutionen oder Personen ermöglicht.

Die Lösung dieser Anforderungen war die Blockchaintechnologie von Nakamoto. Seinem bei Bitcoin realisiertem System wurden die Eigenschaften der Sofortigkeit, Transparenz[4], Dezentralität[5], Voraussetzungslosigkeit[6] und Anonymität[7] zugeordnet, woraus große volkswirtschaftliche Potentiale abgeleitet wurden. Das World Economic Forum schätzte 2017, dass bis 2027 10% aller Leistungen des Welt-GDP über Blockchains abgewickelt werden würden.[8] Welche das sein könnten, fasste der Fintechrat 2019 zu vier wichtigen Feldern zusammen[9]:

- *Machine Economy.* Sie befasst sich mit der sicheren Anbindung von Geräten der realen Welt an die digitale Welt. Die reale Welt soll den Menschen weitestmöglich digital zugänglich gemacht werden.
- *Register Economy.* Hierunter ist das digitale Management von *Registern* (Handelsregister, Grundbuch, Meldewesen, Personenidentitätsregistern, Firmenregister, Impf- und andere Gesundheitszertifikate etc.) mit hoher Integrität und Möglichkeit zu Real-time-Transaktionen zu verstehen. Die Register sollen auf Blockchains gespeichert werden.
- *Money Economy.* Der Fintechrat spricht von *Datenmonetarisierung*, also der Repräsentation von Geld und Währungen in digitaler Form auf Blockchains. Hierunter würde auch die neue Facebook-Währung Libra fallen, falls sie zustande käme.
- *Finance* und *Assets Economy.* Hierunter fällt die Erbringung diverser Finanzdienstleistungen mit Hilfe von Blockchain-Technologien.

[4] Es findet eine *sofortige* (genaugenommen bei Bitcoin im Mittel 10 Minuten, sicher bestätigt 1 Stunde dauernde) Sicherung von Transaktionsdaten in verschlüsselten Blöcken statt, und es gibt eine *jederzeitige* Einsichtsmöglichkeit in die Datenbank. Das entpuppte sich als attraktiv für Transaktionen aller Art. Settlementrisiken mindern sich, wenn Vorgänge sofort verbucht und der Stand eines Handels, einer Position, eines Registers etc. jederzeit und unmittelbar von allen eingesehen werden können; vgl. *BuReg* (2019), S. 11.
[5] Zentrale Instanzen im herkömmlichen Sinne sind nicht nötig. Transaktionen werden unmittelbar zwischen den Teilnehmerinnen eines Netzwerkes ermöglicht (*BuReg*, 2019, S. 3). Die typischen „middle parties" wie Clearinghäuser, Registerverwalter, Controllingabteilungen, welche die Zeitdauer und Komplexität von Abläufen oft erhöhen und zur Störquelle werden können, entfallen. *Dieterich, u.a.* (2017), S. 11.
[6] Das System funktioniert, ohne dass eine Institution im traditionellen Sinne für Erfolge einsteht. Das System benötigt keine staatlichen lizenzierten Unternehmen oder solche, die eine besondere Reputation besitzen als Garant für sicheres und fehlerfreies Abspeichern von Transaktionsdaten, da die Software auf vielen unabhängigen Rechnern arbeitet und der Synchronisationsmechanismus Manipulationen verhindert (*Dieterich, u.a.*, 2017, S. 1).
[7] Eintragungen auf der Blockchain sind zwar transparent für jeden einsehbar. Statt Klarnamen werden aber Verschlüsselungen benutzt, so dass Transaktionen letztlich anonym bleiben.
[8] *Dieterich u.a.* (2017), S. 2.
[9] Weitere Anwendungsgebiete bzw. Konkretisierungen siehe *Sandner*, 2017; *Paulus*, 2017; *Paulus*, 2019; *Schlatt/Schweizer/Urbach/Fridgen*, 2016; *Jedelsky/Wiegelmann*, 2018; *Dentz*, 2017; *Bolesch/Mitschele*, 2016; *Buhl/Schweizer/Urbach*, 2017.

Die zwei grundlegend unterschiedlichen Varianten der Blockchain zeigt Abb. 1 in Form eines stilisierten Ablaufplanes. Es werden eine strategische und eine operative Ebene unterschieden. Diese beinhalten die Gründung, die strategische Konzeption des Geschäftsmodells und die Erstellung des Core Client. Dann folgt der Betrieb der eigentlichen Blockchain mit Speicherung, Schreib- und Lesevorgängen bis zu Anwendungsapplikationen, die auf die Blockchain zugreifen. Im oberen Teil von Abb.1 sind die Ausprägungen von Public Blockchain-Projekten und im unteren Teil diejenigen von Private Blockchains stilisiert abgebildet.

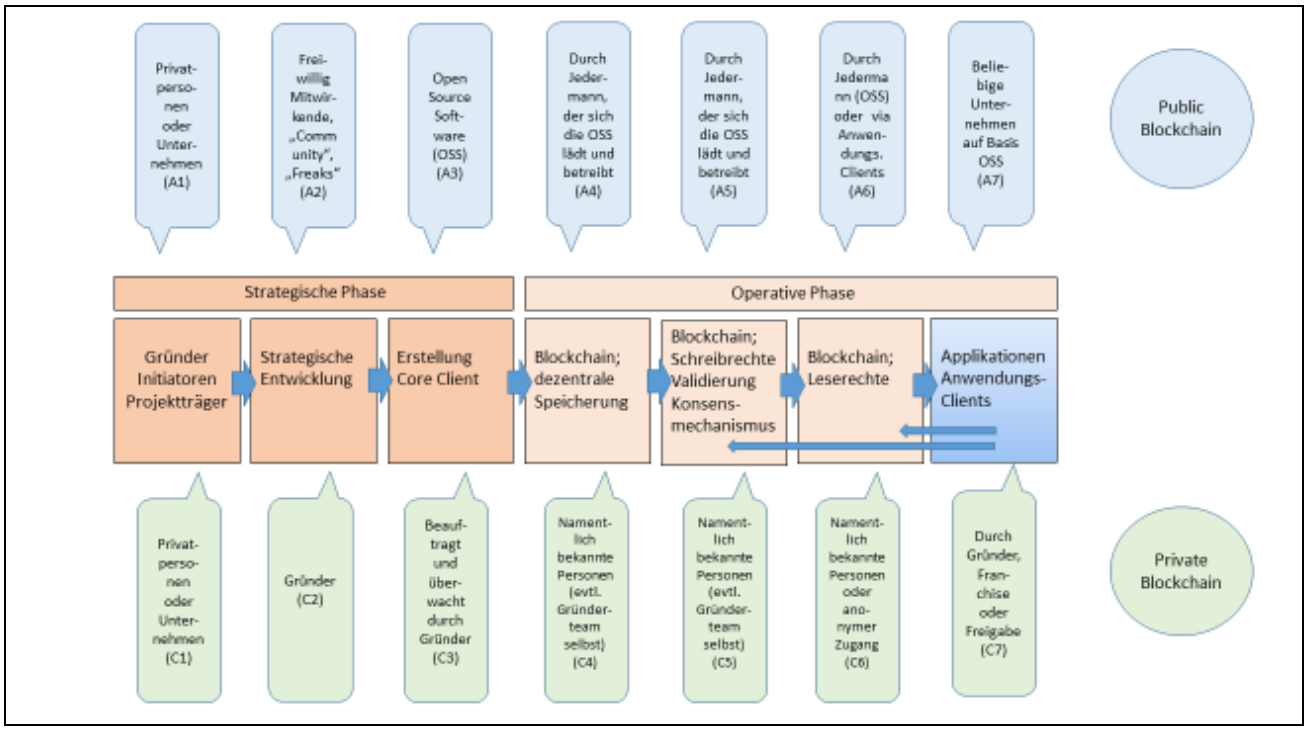

Abb 1: Stilisierter Ablaufplan eines Blockchainbetriebs

III. Anforderungskriterien

Nach welchen Kriterien lassen sich nun Public und Private Blockchains aus Bankensicht miteinander vergleichen? Eine Literaturanalyse zeigt, dass häufig die folgenden *operativen* Kriterien verwendet werden: (i) Transaktionseffizienz (Geschwindigkeit, Zahl, Kosten), (ii) Sicherheit, Angreifbarkeit, Anonymität (iii) Handling nach Problemen, Korrigierbarkeit von Datenfehlern.[10] Auf der *strategischen* Ebene geht es um die Frage der Entscheidungshoheit über grundlegende Entwicklungsschritte. (i) *Wer* legt die längerfristigen und grundlegenden Ziele des Blockchainprojektes fest[11], und wer darf die Ziele im Verlauf des Projektes ändern?

[10] Vgl. *Pejic*, 2019; *Sandner/Höfelmann*, 2019; *Thießen*, 2018; *Sandner*, 2017; *Dieterich u.a.*, 2017; *Schlatt u.a.*, 2016.

[11] Das Bundesamt wies auf die fehlende *Langzeitsicherheit* der Public-Blockchaintechnologie hin. Bedingt dadurch, dass die am Betrieb der Blockchain Beteiligten keinen dauerhaften und sicheren Vorteil von ihrer Mitwirkung haben, kann die Blockchain jederzeit zusammenbrechen, wenn das Interesse nachlässt (*BSI*, 2018).

(ii) Wie werden die Führungsstrukturen (Corporate Governance[12]) festgelegt? (iii) Wer erstellt die zentrale Software (Core Client), hat die Rechte daran und darf in Betrieb befindliche Software ändern? (iv) Wer darf weitere Applikationen an die Blockchain anschließen, d.h. Dienstleistungen unter Benutzung der Blockchain anbieten (Anwendungs-Clients)?

Im Folgenden werden Public und Private Blockchainkonzepte unter dem Blickwinkel operativer und strategischer Kriterien verglichen.

IV. Private Blockchains

A. Strategische Ebene

Wir greifen zurück auf das stilisierte Ablaufschema in Abb. 1. Private Blockchains können von Einzelunternehmen oder Konsortien gestartet werden. Die Mitwirkenden im Konsortium können sorgfältig ausgewählt werden. Ein Initiator oder eine Initiatorengruppe können wohldurchdachte Abstimmungsregeln (Corporate Governance) festlegen. Jede bekannte Gesellschaftsform kann verwendet werden. Über das Geschäftsmodell und die Erstellung des Core Client (d.h. der zentralen Software) besteht im Rahmen der festgelegten Corporate Governance-Strukturen volle Kontrolle (vgl. Abb.1; C1 bis C3).

Darüber, welche Rechte und Pflichten weitere Beteiligte auf der operativen Ebene, insbesondere Nutzer mit Leserechten oder solche mit Schreibrechten, haben sollen, besteht Entscheidungsmacht (vgl. Abb.1; C4 bis C6). Lese- und Validierungsrechte können zugewiesen und entzogen werden. Die Maßnahmen können durch die entscheidungsberechtigten Personen willkürlich erfolgen oder auf Verträgen beruhen. Es kann vorgesehen werden, dass wie bei Public Blockchains jedermann anonym Lese- und Schreibrechte bekommt. Genauso kann aber auch festgelegt werden, dass nur namentlich bekannte Wirtschaftssubjekte die Datenbank lesen und beschreiben können. Jede beliebige Zwischenform ist realisierbar. Die Verbindung der Datenbank, d.h. der eigentlichen Blockchain, mit Anwendungen kann vollständig kontrolliert werden (vgl. Abb.1; C7).

Für den Fall, dass sich irgendwelche Strukturen als ungünstig herausstellen sollten, können Vorkehrungen getroffen und Rechte, Änderungen vornehmen zu können, vereinbart werden. Ein Problem können unerwartete Fluktuationen in der Entscheidergruppe sein. Wie überall im Wirtschaftsleben können neue Eigentümer neue Ideen verfolgen. Aufsichtsorgane sind deshalb notwendig, welche die Entscheidergruppe überwachen, was aber im traditionellen Unternehmensalltag mit Aufsichtsrat, Wirtschaftsprüfern, Finanzmarktaufsicht und anderen Regulatoren befriedigend gelöst ist.

Private Blockchains sind also aus Corporate Governance-Sicht mehr oder weniger unproblematisch, indem auf bewährte Governance-Strukturen zurückgegriffen werden kann. Traditionelle Compliance-Regeln können eingesetzt werden. Es handelt sich um eine Datenbanktechnologie, die in den Rahmen traditioneller

[12] Corporate Governance wird definiert als die Regeln und Verfahren, nach denen Unternehmen gesteuert werden.

Unternehmensstrukturen eingebunden wird und insofern deren Stärken und Schwächen in sich trägt.

B. Operative Ebene

Auf der operativen Ebene überzeugen zunächst vergleichsweise günstige Betriebskosten, da unnötig aufwändige Prüfungen wie bei der Bitcoin-Blockchain verhindert werden; energieeffiziente Konsensmechanismen sind einsetzbar oder können ganz entfallen. Schreibvorgänge können auf traditionellen Prüfroutinen basieren. Datenprüfungen brauchen nicht von allen Teilnehmern durchgeführt zu werden. Dadurch ist eine höhere Geschwindigkeit und bessere Skalierbarkeit möglich. Teilnehmer, die namentlich bekannt sind, können mit Haftungspflichten versehen werden, was die Vertrauenswürdigkeit des Systems steigert.

Ein hohes Maß an Datenschutz und Privatsphäre ist grundsätzlich möglich. Das Risiko von Angriffen ist gegeben. Die gefährliche „51%-Attacke“ der Public Blockchain-Welt[13] spielt keine Rolle. Eine größere Gefahr geht von einem unerlaubten Eindringen in die Blockchain, d.h. die Datenbank, aus. Da aber das Konsortium die Rechte zu Änderungen an der Datenbank besitzt, haben solche Angriffe weniger schwerwiegende Folgen, da ex post-Modifikationen der Datenbank möglich sind. Vor allem gibt es bei Private Blockchains Verantwortliche, die Haftungserklärungen abgeben und die Schäden der Nutzer begrenzen. Insgesamt kann flexibel auf neue Angriffstechniken reagiert werden.

V. Public Blockchain

Im Folgenden prüfen wir, welche Eigenschaften Public Blockchains besitzen.

A. Strategische Ebene

Public Blockchains verfolgen den Ansatz, von keiner einzelnen Institution abhängig zu sein und alle Vorgänge dezentral ablaufen zu lassen (*Nakamoto*, 2008). Die Dezentralität ist ein bestimmendes Merkmal und wird nicht nur auf der operativen Ebene, insbesondere durch das DLT-System und das Mining (vgl. Abb. 1; A4 bis A6), sondern auch auf der strategischen Ebene, d.h. der Ebene der grundlegenden Entscheidungsfindung, angewandt (vgl. Abb. 1; A2 und A3)). Dazu gibt es eine nicht begrenzte Anzahl von freiwillig Mitwirkenden, die gemeinsam langfristige, strategische Ideen entwickeln und die Software als Open Source Software erstellen.[14]

Wie sich die vielen Mitwirkenden auf der strategischen Ebene abstimmen und einigen (vgl. Abb. 1; A2), kann sehr unterschiedlich sein.

[13] Vgl. https://blockchainwelt.de/51-prozent-attacke/

[14] Als Vorteile dieses Verfahrens werden die Kreativität der vielen Mitwirkenden genannt, der auf viele Schultern verteilte Entwicklungsaufwand, Unabhängigkeit der Entwicklungen von großen Konzernen und traditionellen Institutionen, flexible Erweiterungen und Ergänzungen sowie laufende Qualitätssicherung, da der Quellcode offenliegt.

- *Bestimmende Personen:* Einige Projekte, wie z.B. Linux, arbeiten weniger mit einem Bienenschwarm gleichberechtigter Entwickler, die im Konsens entscheiden, als mit einem zentralisierten Entwicklungsmodell, das einer zentralen Person (bei Linux ist dies Linus Torvalds) oder einem kleinen Team an der Spitze Entscheidungs- bzw. Lenkungsrechte gibt. Die informelle Leitungsperson wird im Netz als „wohlwollender Diktator" bezeichnet.[15]
- *Stiftungen:* Auch ist bekannt, dass bei Projekten mit Open Source Software häufig eine Stiftung, ein Verein oder eine andere Organisation an der Spitze steht, welche koordinierend und leitend wirkt.
- *Dezentrale Community:* Bei anderen Systemen wird der Dezentralitätsgedanke sehr ernst genommen. Es gibt eine bestimmende „Community", über deren Köpfe hinweg nichts entschieden wird.

Das Bitcoin-System gilt als dasjenige System, welches die Dezentralität am stärksten verwirklicht hat. Deshalb zeigen wir im Folgenden, wie die Entscheidungsstrukturen bei dieser Public Blockchain beschaffen sind und welche Probleme sich gezeigt haben.[16]

Aufbau der Governance-Strukturen der Bitcoin Blockchain

Das Bitcoin-System ist mehrstufig aufgebaut. Es gibt den Core Client – auch Bitcoin Core genannt – der die zentrale Software darstellt, die als Open Source Software ausgestaltet ist und von einer nicht begrenzten Zahl von Entwicklern – der „Community" – weiterentwickelt wird.

Neben dem Core Client gibt es verschiedene weitere Clients, welche Anwendungen darstellen, die zwischen Core Client (also der Blockchain) und Nutzern vermitteln und dabei zusätzliche Dienstleistungen abgeben (z.B. Tausch von Bitcoin gegen Geld). Der Core Client stellt das Herzstück des Bitcoin-Systems dar. Allerdings werden aus diesem nur zusammen mit den Anwendungs-Clients nützliche Dienstleistungen, weil der Core Client nicht von jedermann gehandhabt werden kann (siehe unten). Damit ergibt sich die problematische Lage, dass verkaufbare Finanzdienstleistungen aus einem Gemisch aus (i) den ubiquitären, Open Source-Elementen des Core Clients, d.h. der eigentlichen Blockchain, sowie (ii) aus proprietären Elementen von Anwendungs-Clients bestehen, die ganz traditionell privaten Unternehmen gehören und nicht Teil der Open Source Community sind.[17]

Wie unten noch deutlich werden wird, sind diese beiden völlig verschiedenen Bereiche durch eine Stiftung miteinander verbunden, in welcher ausgewählte Mitglieder der „Community" sowie ausgewählte Vertreter von Unternehmen, die Anwendungs-Clients erstellen, vertreten sind. Ob das eine geeignete Governance-Struktur für Finanzdienstleistungen darstellt, ist bisher noch nicht untersucht worden – bei Bitcoin hat sie nicht funktioniert.

---

[15] Vgl. https://www.linux-ag.com/blog/tags/linux.

[16] *Oermann* und *Töllner* (2015) haben die Entscheidungsstrukturen näher analysiert. Sie fragen: Welche Personen haben die eigentliche Macht über strategische Entscheidungen über die Bitcoin-Blockchain und wie organisieren sich diese Personen im Innenverhältnis.

[17] Die Anwendungs-Clients stammen u.a. von jungen Start-ups wie Mt. Gox Co.Ltd, von denen sich einige in kriminelle Richtungen entwickelten; vgl. https://de.wikipedia.org/wiki/Mt.Gox.

Steuerung des Core Client

Wie wird nun der Core Client, also die Software der eigentlichen Blockchain, gesteuert? Der Core Client wird auf GitHub.com in einem sog. Code Repository bereitgehalten. GitHub erlaubt zum einen, Software in Repositories zu speichern und abzurufen. Zum anderen bietet GitHub Foren an, auf denen sich Beteiligte über die Software und denkbare Änderungen austauschen und darüber abstimmen können. Die von GitHub angebotenen Funktionalitäten beeinflussen also als erstes einmal die Corporate Governance-Strukturen der Bitcoin Blockchain.[18]

Teilnehmen können registrierte Nutzer. GitHub erlaubt außerdem die Bildung von virtuellen Organisationen, die „Eigentümer" (sog. „owner") von gespeicherten Codes werden. In solchen virtuellen Organisationen kann es gestufte, d.h. hierarchische, Mitgliedschaften geben. „*Administrators*" können Mitglieder („*members*") neu aufnehmen oder andere entfernen. Sie üben damit einen Einfluss auf das Verhalten der Mitglieder aus, wenn diese z.B. weiter mitwirken und nicht entfernt werden wollen. Mitglieder sind diejenigen, die Programmiercode verändern dürfen; sie sind das eigentliche „*development team*". Registrierte Nichtmitglieder („non-members") können an den Diskussionen teilnehmen und Vorschläge und Kommentare abgeben.

Laut Oermann und Töllner gibt es im Kreis der Entwickler Abstufungen. Es gibt eine kleine Gruppe von „*Core Developern*", welche die technischen Voraussetzungen besitzen, Änderungen am Core Client zuzulassen. Sie sind im strengen Sinne das Herz der Bitcoin Blockchain. Zur Zeit der Untersuchung von Oermann und Töllner gab es nur 7 Personen, welche Core Developer waren. Die Autoren konnten nur eine Person davon sicher identifizieren. Dies deutet auf eher informelle Strukturen im Führungskreis hin. Tragen Nichtmitglieder Vorschläge für Veränderungen vor, dann werden diese von einem Mitglied begutachtet. Anschließend macht dieses Mitglied einen Vorschlag für oder gegen die Annahme eines Vorschlags. Unkritische und wenig bedeutende Vorschläge werden von den Core Developern direkt in den Bereich der aufzunehmenden Änderungen gezogen. Bedeutendere Änderungen (in den Augen der Core Developer) werden zur Diskussion gestellt und nach einem nicht bekannten Abstimmungs- und Konsensprozedere beschlossen oder abgelehnt.

Es lassen sich zwei Arten von Debatten unterscheiden: (i) Debatten um Computercode und (ii) grundsätzliche Debatten um strategische Ideen zur längerfristigen Weiterentwicklung der Blockchain. Letztere werden „*Improvement Proposals*" genannt. Solche Vorschläge landen zuerst auf einer speziellen Mailingliste, die allen Beteiligten offensteht. Dort wird über die Vorschläge diskutiert. Angenommene Vorschläge werden von einem Core Developer auf den Status „*active*" gesetzt und können dann von einem interessierten Programmierer in Programmcode umgesetzt werden, über den dann nach Fertigstellung wieder debattiert wird. Das Verfahren mit der Mailingliste, in der über strategische Fragen debattiert wird, verlangsamt den Prozess der Innovation und reduziert damit das Spaltungspotential der

[18] "By providing the technological means to organize open-source software development, these platforms form a dominantly code-based governance structure for that process. They can be understood as a meta-structure influencing the governance group of the Bitcoin core client and its processes of participation"; siehe *Oermann/Töllner*, 2015.

Community, das in allen Neuerungen liegen kann, die nicht von allen Beteiligten befürwortet werden (Gefahr des sog. Code Fork[19]).

Wenn man fragt, was denn der vorherrschende Tenor in den Diskussionen über strategische Änderungsvorschläge der Bitcoin Blockchain ist, dann gibt es Anzeichen dafür, dass die Grundtendenz „*konservativ*" lautet. Zu weitgehende Änderungen werden von Core Developern nicht unterstützt. Sie suchen einen breiten Konsens. Wichtiges Ziel ist es, die Community zusammenzuhalten: „Overarching goal among Bitcoin's core developers is to prevent a breakup of the system".[20] Viele Entwickler arbeiten enthusiastisch, freiwillig und unbezahlt für das System und dürfen nicht verärgert werden. Die Blockchainwelt beschreibt die Motivation der Mitglieder wie folgt: „*Die Blockchain-Community ist eine enge Gruppe von Menschen auf der ganzen Welt, von denen viele seit mehreren Jahren an die Möglichkeiten glauben, die sich mit Blockchain bieten.*"[21] Zu weitgehende Änderungen bergen die Gefahr, dass sich diese Mitwirkende damit nicht mehr identifizieren und abspringen. Grundlegende Neuerungen werden deshalb eher in ganz neuen Systemen umgesetzt, wie die Geschichte der digitalen Währungen, von denen es weit über 100 gab, hinlänglich beweist.

Das bedeutet, dass die Veränderungsgeschwindigkeit bei Public Blockchains (Abb. 1; A2, A3) von einer Community von Leuten mit unbekannten Interessen abhängig ist, die in ihrer Freizeit mal mehr, mal weniger intensiv an der Blockchain mitarbeiten. Deren Wille und deren Bereitschaft, etwas zu ändern, bestimmt, ob eine Software den Markterfordernissen angepasst werden kann oder nicht. Dabei ist zu beachten, dass der Core Client (zumindest bei Bitcoin) weit weg von Anwendungen ist. Der Core Client ist „nur" die Datenbank, während die eigentlichen Dienstleistungen in den Anwendungs-Clients stecken, welche von kommerziell arbeitenden Unternehmen erstellt werden. Es besteht die Gefahr, dass die stimmberechtigten Mitglieder der Core Client Community zu wenig Kontakt mit und Interesse an den Markttrends bei den finalen Produkten besitzen. Die vielen Abspaltungen neuer Varianten vom Ursprungssystem sind Ausdruck von bedeutenden Kräften, die Änderungen nicht zustimmen.

Stiftungen

Wie oben bereits erwähnt, sind ein weiterer Einflussfaktor auf die Governance bei Open Source Software-Projekten die Stiftungen. Fast alle erfolgreichen Projekte haben Stiftungen gegründet, deren Aufgabe es ist, die Community zusammenzuhalten, die Anstrengungen der vielen unabhängigen und unbezahlten Mitwirkenden zu bündeln sowie die Verbindung zu den kommerziellen Anwendungen herzustellen. Darüber hinaus werden Gelder eingesammelt, um einige besonders aktiv Beteiligte zu bezahlen und zentrales Marketing zu betreiben.

Bei vielen Projekten funktioniert die Stiftungsarbeit. Bei Bitcoin lief sie aus dem Ruder. Das zentrale Entscheidungsgremium war der Board of Directors, der 7

[19] Ein Code Fork ist eine Abspaltung eines Teils der Entwickler von der ursprünglichen Community, die den Code in eine Richtung weiterentwickeln, die von den anderen Entwicklern nicht befürwortet wird. Nach dem Code Fork gibt es zwei unterschiedliche Systeme.
[20] Vgl. *Oermann/Töllner*, 2015.
[21] Vgl. https://blockchainwelt.de/wie-werde-ich-ein-blockchain-entwickler/

Mitglieder hatte, die durch die Gründer der Stiftung gewählt wurden. Es gab drei Kategorien: founding members, industry members, und individual members. Sitzungsprotokolle und Beschlüsse wurden nicht veröffentlicht. Zwei Mitglieder der Stiftung wurden – unabhängig voneinander – wegen Geldwäsche, Urkundenfälschung oder Betrugs verhaftet.[22] Ein Mitglied, das zugleich zu den Core Developern gehörte, erhielt anfänglich eine angemessene Aufwandsentschädigung von 15.000 USD p.a. (in Bitcoin ausbezahlt). Im nächsten Jahr sah sich die Person nach dem exorbitanten Kursanstieg des Bitcoin mit einem Gehalt von 145.000 USD konfrontiert. Parallel explodierten die Mitgliedsbeiträge in USD gerechnet. Dies alles trug dazu bei, dass es zu Entscheidungsproblemen kam, welche die Stiftung nicht bewältigte und letztlich ihre Aktivitäten einstellte.[23]

Open Source Software (OSS)

Ein letzter Schwachpunkt auf der strategischen Ebene ist die Open Source Software. Es wird gesagt, dass Open Source Software aus Corporate Governance-Gesichtspunkten heraus verlässlicher sei und schnellere Innovationen ermögliche als herkömmliche hierarchische Produktionsprozesse von Software. Der Grund sei, dass „Tausende" von Programmierern ganz flexibel Ideen beisteuerten sowie Fehler fänden und beseitigten.[24] Tatsächlich zeigte eine Umfrage bei 32.000 Entwicklern, dass im Mittel nur 5,1 Personen an einem Projekt arbeiten mit einem Median von 2.[25] Darüber hinaus wurde festgestellt, dass die Entwickler, die sich für ein Projekt interessieren lassen, mehr an technischen Aspekten und weniger an kommerziellen Aspekten interessiert seien. Kein Interesse bestehe bei den freiwillig Mitwirkenden an „*system testing*" und „*documentation*". Die Folge ist, dass unfertige Software, die noch voller Fehler steckt, verwendet wird. Kritisiert wurde auch, dass Open Source Software kaum mit „*commercially sound business models*" verbunden werde. Was die Sicherheit anbetrifft, gibt es das Problem, dass zumindest einige mitwirkende Entwickler Fehler der Software kennen und sich hinterher als Hacker betätigen.[26]

Alles in allem kann man erkennen, dass in den Corporate Governance-Strukturen der existierenden Blockchain-Systeme erhebliche Risiken stecken. Wie sollen Finanzdienstleister Aktionären oder der Bankenaufsicht erklären, dass zentrale Mechanismen ihres Blockchain-Projektes von „Freaks", unabhängigen und wechselnden Core Developern und unausgereiften Stiftungsstrukturen abhängen? Für

[22] Vgl. https://blog.bitmex.com/the-bitcoin-foundation/

[23] Zustand der Stiftung Mitte 2019 wurde so beschrieben: "The Foundation still exists today, with Brock as Chairman and Bobby as Vice chairman, although their elected terms have long since expired and no more elections are in sight. The Foundation has no significant financial resources and is largely irrelevant. The activities the Foundation used to conduct are now carried out by others, for example Coin Centre does some regulator lobbying, and Bitcoin development is funded by other organisations such as Chaincode Labs, Blockstream, MIT's DCI and other industry players. … Some members of the cryptocurrency community (not all newer ones), had radically different expectations, focusing more on what they perceived as game-changing technology, changing the world and getting super rich, rather than governance. Even in this new climate, irreparable damage to the Foundation's brand had been done and it never again found its place"; Quelle: https://blog.bitmex.com/the-bitcoin-foundation/.

[24] Die für OSS vorgeschlagene Vorgehensweise ist es, frühe und unfertige Versionen von Software so schnell wie möglich zu veröffentlichen, um Interesse zu wecken.

[25] Vgl. *Nüttgens*, 2014.

[26] Vgl. *Nüttgens*, 2014.

Finanzdienstleister wäre der Rückgriff auf diese Strukturen mit erheblichen operativen und strategischen Risiken verbunden. Eigentlich kommen solche Modelle für regulierte Kreditinstitute nicht in Frage.

B. Operative Ebene

Wie sieht es auf der operativen Ebene aus?

Grundsätzlich ist es bei Public Blockchains jedermann gestattet, den Core Client zu nutzen und dessen Leistungen in Anspruch zu nehmen. Allerdings steht dieses „Jedermannsrecht“ mehr oder weniger auf dem Papier. Bei Bitcoin seien die Schnittstellen unpraktisch, und die technischen Voraussetzungen für den Zugang zum Core Client seien nicht jedem (Laien) bekannt. Deshalb setzten sich *vor* die Public Blockchain private Unternehmen, welche die Verbindung zum Core Client herstellen und einige zusätzliche Dienstleistungen anbieten (vgl. Abb. 1; A7). Zu diesen Unternehmen hat nun definitiv nicht jedermann Zugang. Es liegen kommerzielle Anbieter-Kunde-Beziehungen vor. Dazu kommt, dass die Sicherheit, welche die Blockchain an sich bietet, in keiner Weise auch durch die zusätzlichen Dienstleistungen der privaten Anbieter gewährleistet ist. In der Vergangenheit ist es zu Betrugsfällen und entwendeten Guthaben gekommen. Zwei der in der Bitcoin-Stiftung mitarbeitenden Unternehmer wurden wegen Betrugs und Geldwäsche verhaftet.

Bisher gab es keine Blockchain, die nicht erfolgreich angegriffen wurde.[27] Bedenklich ist, dass Angreifer auch aus dem Kreis der Insider, d.h. der Programmierer der Core Software, stammen. Wenn man das folgende Zitat liest: "*If you want a war... I will do 2 years of no trade. Nothing. In the war, no coin can trade. … I will see BCH trade at 0 for a few years.*"[28], würde man nicht glauben, dass es von einem der bekanntesten Protagonisten von Public Blockchains, nämlich Craig Wright, stammt, der in einem Disput über die Weiterentwicklung der Software damit droht, unter Ausnutzung von Schwächen der Public Blockchain von Bitcoin Cash, an der selbst mitgearbeitet hat, alles lahmzulegen.

Einige der Unternehmen sind auch erheblichen Interessenkollisionen ausgesetzt, indem sie sowohl eigene Produkte verkaufen als auch in der Bitcoin-Stiftung vertreten sind oder als Member in der Bitcoin-Community mitarbeiten und mitprogrammieren. So wäre es z.B. möglich, dass ein Core Developer Verbesserungen am Core Client verhindert, die dann in den eigenen Clients den eigenen Kunden als add ons verkauft werden.[29]

Insgesamt gesehen zeigt sich also, dass das Prinzip der Unabhängigkeit der Public Blockchains von Institutionen defacto ins Leere läuft. Nutzer der Blockchains finden ohne die Hilfe privater Unternehmen keinen Zugang zur Blockchain. Außerdem ist die bloße Existenz einer (nackten) Datenbank noch kein attraktives Produkt.

[27] Vgl. https://www.coindesk.com/what-should-we-do-with-stolen-bitcoins
[28] Craig Wright plante, durch „Minen“ leerer Blöcke jeglichen Handel auf der ABC-Blockchain unmöglich zu machen, weil die Blöcke mit Transaktionen immer wieder absterben und durch Ketten leerer Blöcke ersetzt werden. Eine Kryptowährung, die nicht gehandelt werden kann, würde jedoch augenblicklich wertlos. Siehe https://www.heise.de/newsticker/meldung/Showdown-bei-Bitcoin-Cash-Kampf-bis-zum-Tod-4222197.html.
[29] Vgl. https://kryptoszene.de/mt-gox-insolvenzverfahren-geht-in-die-naechste-runde/.

Nutzer sind daher auf Intermediäre angewiesen, die in der Vergangenheit nicht immer unzweifelhafte Eigenschaften zeigten.

Ein weiteres Problem liegt darin, dass die Nodes bei Public Blockchains ihre Leistungen freiwillig erbringen. Es ist nicht sichergestellt, dass sich immer eine genügend große Anzahl von mitwirkenden Nodes einstellt (*FTR*, 2019). Die Mitwirkung der Eigentümer der Rechner muss durch Anreize gesteuert werden.[30] Im Prinzip könnte das Interesse ganz abflauen und überhaupt niemand mehr bereit sein, die Datenbank zu speichern, für Zugriffe bereitzuhalten sowie neue Daten zu prüfen und zu verschlüsseln. Für diesen Fall, so hat der Fintechrat der Bundesregierung geraten, müsse der Staat einspringen und auf eigenen Servern Nodes betreiben (FTR, 2019).

Ein drittes Problem ist die betriebswirtschaftliche Effizienz. Bei Public Blockchains liegen Einschränkungen im Bereich der Performance von Transaktionen und in der Speicherkapazität vor. Verglichen mit zentralen Netzwerken wie Visa sind Skalierbarkeit und Geschwindigkeit bei Public Blockchains schlecht. Durch ineffiziente Konsensmechanismen sind die Betriebskosten hoch. Nachteilig sind auch die Reaktionsmöglichkeiten bei operativen Fehlern. Es ist nicht möglich, Daten zu ändern, zu zensieren oder zu löschen. Die Blockchain wird durch eine Vielzahl von Rechnern (der Nodes) bearbeitet, und diese haben mangels Existenz einer zentralen Organisation keinen Ermessensspielraum – sie müssen die Geschäftsvorfälle entsprechend der einmal erstellten Programmcodes abarbeiten. Die Nichtexistenz einer zentralen Organisation schützt deshalb die Anwender vor den Entwicklern. Das kann ein Vorteil sein. In Abhängigkeit vom Einsatzzweck wäre aber eine Änderbarkeit von Transaktionsdaten gelegentlich ausgesprochen sinnvoll. Im berühmten DAO-Hack wäre ein Zurücksetzen von Transaktionen akzeptabel und hilfreich gewesen.[31]

VI. Schlussfolgerungen

Blockchains stellten vor der Coronakrise die große Hoffnung der Finanzwirtschaft im Hinblick auf neue und innovative Geschäftskonzepte dar. Durch die Krise sind viele Überlegungen zum Stillstand gekommen und bedürfen eines begründeten Neustarts.

In dieser Studie wurden Public und Private Blockchain-Konzepte hinsichtlich ihrer Stärken und Schwächen miteinander verglichen. Dazu wurden die Blockchain-Projekte in einen strategischen und einen operativen Teil getrennt.

[30] Beim Bitcoin-System ist der Anreizmechanismus suboptimal, weil die Mitwirkenden Bezahlung in Bitcoin erhalten, während sie ihre Ausgaben in üblichen Währungen tätigen. Sie haben also ein erhebliches Wechselkursrisiko.
[31] Vgl. https://medium.com/@ogucluturk/the-dao-hack-explained-unfortunate-take-off-of-smart-contracts-2bd8c8db3562.

Eigenschafen von Public und Private Blockchains auf strategischer und operativer Ebene			
		Public Blockchain	Private Blockchain
Strategische Ebene	*Gründer, Initiator Projektträger*	Startet Projekt und gibt dann Rechte ab	Startet Projekt und behält Kontrolle
	Strategische Entwicklung	Anonymes Entwicklerteam. Governance problematisch	Volle Kontrolle. Bewährte Governance-Strukturen
	Erstellung Core Client	Open Source Software	Private Softwarerechte
Operative Ebene	*Speicherung der Blockchain*	Keine Kontrolle über Orte, Personen anonym	Ortskontrolle möglich, Personen identifizierbar
	Schreibrechte, Konsens-mechanismus	Jedermann; aufwändige Koordination; Kosten hoch, Geschwindigkeit begrenzt	Rechte zuteilbar und einschränkbar; effiziente Prozeduren möglich
	Leserechte	Jedermann	Rechte an Bedingungen knüpfbar. Jedermanns-Zugriff auch möglich
	Anwendungs-Clients	Keine Kontrolle möglich. Jedermann kann Public Blockchain für eigene Dienstleistungen nutzen	Anwendungen kontrollierbar. Evtl. Verfahren ähnlich Franchise denkbar.

Tab. 1: Zusammenfassende Bewertung

Es zeigte sich, dass auf der *strategischen Ebene* die Führungsstrukturen bei Public Blockchain-Projekten suboptimal sind. Die Verlagerung der strategischen Führung auf einen Kreis Freiwilliger, die mit dem späteren Betrieb der Blockchain und den Produkten, die damit erstellt werden, nur bedingt zu tun haben, deren eigentliche Interessenlage unbekannt und schwer kanalisierbar ist, ist für ein Kreditinstitut, das langfristig stabile Finanzdienstleistungen erzeugen muss, indiskutabel. Für Kreditinstitute kommen nur Projektstrukturen infrage, die auf der strategischen Ebene dem Kreditinstitut die volle Kontrolle ermöglichen (also die Lösungen C1 bis C3).

Genauso kann man es sich nicht vorstellen, dass es ein Kreditinstitut gestattet, dass auf eine eigene Blockchain beliebige Anwendungen Dritter zugreifen, wie das bisher bei Public Blockchains der Fall ist (A7). Wenn Apps Dritter Zugriff nehmen sollen – z.B. weil diese besonders pfiffig und kreativ sind – dann nur auf eine kontrollierte Art und Weise (C7). D.h. auch bei diesem Aspekt der Dienstleistungen im Zusammenhang mit einer Blockchain ist die Public Blockchain keine vorteilhafte Variante.

Auf der *operativen Ebene* erscheinen Public Blockchain-Strukturen auf den ersten Blick durchaus möglich. Die Verlagerung von Speicher- und Prüfvorgängen auf eine anonyme Masse von Nodes könnte – so das zu hörende Argument – größeres Vertrauen in die Datenbank und die damit verbundenen Dienstleistungen schaffen. Es ergäbe sich dann eine Struktur, wie sie in Abb. 2 zu sehen ist.

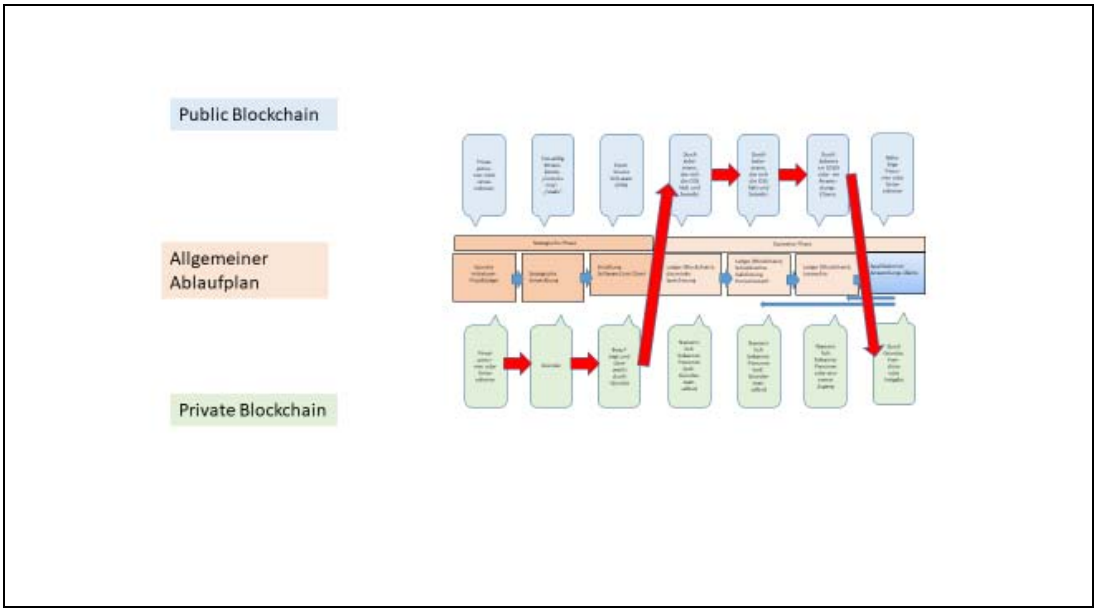

Abb. 2: Organisation von strategischen und operativen Aspekten eines Blockchainprojektes

Aber hier stehen Effizienzkriterien im Weg. Public Blockchains sind im Betrieb nicht günstig. Geschwindigkeit und Skalierbarkeit sind beschränkt. Nach Angriffen kann die Datenbank nur schwer wieder richtiggestellt werden. Für den Fall nachlassenden Interesses von Nodes muss der Initiator eines Blockchain-Projektes zudem Vorkehrungen treffen, selbst einzuspringen (vgl. *FTR*, 2019). Das sind Nachteile im operativen Betrieb, die sehr schwer wiegen.

Insgesamt ergibt sich, dass man hinsichtlich der Zukunft von Public Blockchains in der Finanzwirtschaft skeptisch sein muss. Die Zukunft wird eher in Private Blockchain-Projekten liegen und damit bei ganz klassischen Datenbankprojekten. Der kritische Aspekt liegt weniger bei der *Produktion* (d.h. der Dezentralität, dem DLT-System, dem Open Source-Charakter der Software), sondern im *Marketing*, d.h. darin, ob Initiatoren die Marketingkraft aufbringen, ihrer Datenbank und den daran hängenden Dienstleistungen eine genügend große Marktverbreitung zu verschaffen. Das scheint derzeit der Hemmschuh der Blockchain-Projekte zu sein.

VII. Literatur

Backhaus-Maul, Holger; Kunze, Martin; Nährlich, Stefan (Hg.) (2018), Gesellschaftliche Verantwortung von Unternehmen in Deutschland, Wiesbaden

Bafin (2018), Big Data trifft auf künstliche Intelligenz, Herausforderungen und Implikationen für Aufsicht und Regulierung von Finanzdienstleistungen, 15.6.2018, Bonn, verfügbar: https://www.bafin.de/SharedDocs/Downloads/DE/dl_bdai_studie.html

Behrens, Christoph (2017), „Kampf um die Seele von Bitcoin", in: Süddeutsche Zeitung, 2.8.2017

Bolesch, Lara; Mitschele, Andreas (2016), „Revolution oder Evolution? Funktionsweise, Herausforderungen und Potenziale der Blockchain-Technologie", in: Zeitschrift für das gesamte Kreditwesen, Heft 22, S. 35

BSI (2018), Blockchain sicher gestalten – Eckpunkte des BSI, Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (Hrsg.), Bonn

Buhl, Hans-Ulrich; Schweizer, André; Urbach, Nils (2017), „Blockchain-Technologie als Schlüssel für die Zukunft", in: Zeitschrift für das gesamte Kreditwesen, Heft 12, S. 30-33

BuReg (2019), Blockchain-Strategie der Bundesregierung, Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, Bundesministerium der Finanzen, Berlin

Dentz, Markus (2017), „Treasurer Kurt Schäfer über Daimlers Blockchain-Deal", in: Der Treasurer, 27.9.2017

Deutsche Börse (2018), Blockbaster – Final Report vom 25.10.2018, Deutsche Börse AG, Frankfurt

Dieterich, Vincent, u.a. (2017), Application of Blockchain-Technology in the Manufacturing Industry, FSBC Working Paper, Frankfurt School Blockchain Center, Nov. 2017, Frankfurt

FTR (2019), Stellungnahme des Fintech-Rat zur Blockchain-Strategie der Bundesregierung im Rahmen der öffentlichen Konsultation, Positionspapier vom 27.3.2019, Berlin; online verfügbar unter https://www.bundesfinanzministerium.de/Content/DE/Downloads/Finanzmarktpolitik/2019-04-17-stellungnahme-fintech-rat.pdf?__blob=publicationFile&v=7

Höfelmann, Daniel; Sandner, Philipp (2019), Entscheidungshilfe für den Einsatz von Blockchain-Technologien in Unternehmen: Vier Framworks im Vergleich, FSBC Working Paper, Frankfurt School Blockchain Center, April 2019, Frankfurt

Jedelsky, Achim; Wiegelmann, Thomas (2018), „Die Blockchain-Technologie und ihr Potenzial für die Immobilienwirtschaft“, in: Immobilien und Finanzierung, Heft 34, S. 34-36

Nakamoto, Satoshi (2008), Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System, o.O.; online verfügbar: https://bitcoin.org/bitcoin.pdf

Nüttgens, Markus (2014), Open-Source-Software, online verfügbar: http://www.enzyklopaedie-der-wirtschaftsinformatik.de/lexikon/uebergreifendes/Kontext-und-Grundlagen/Markt/Open-Source-Software/index.html

Oermann, Markus; Töllner, Nils (2015), The Evolution of Governance Structure in Cryptocurrencies and the Emergence of Code-Based Arbitration in Bitcoin, Studie des Hans-Bredow-Instituts, Universität Hamburg, auch erschienen in: Berkman Center for Internet & Society Research Publication Series, No. 2015-5, online verfügbar: https://publixphere.net/i/noc/page/IG_Case_Study_Bitcoin_and_Autonomous_Systems.

O.V. (2019), „Top 100 Kryptowährungen nach Börsenwert“, in: https://coinmarketcap.com/de/

Paulus, Sabine (2017), „Commerzbank und KfW steigen in Blockchain-Wettlauf ein“, in: Der Treasurer, 27.9.2017

Paulus, Sabine (2019), „Daimler testet Blockchain im Zahlungsverkehr“, in: Der Treasurer, 13.8.2019

Pejic, Igor (2019), Blockchain Babel – the Crypto Craze and the Challenge to Business, Kogan Page Ltd. London, New York

Sandner, Philipp u.a. (2017), Application of Blockchain Technologyn in the Manufacturing industry, FSBC Working Paper Nov. 2017, Frankfurt School Blockchain Center der Frankfurt School of Finance, Frankfurt

Sandner, Philipp und Höfelmann, Dietmar (2019), Entscheidungshilfe für den Einsatz von Blockchain-Technologien in Unternehmen: Vier Frameworks im Vergleich, Positionspapier, Frankfurt School Blockchain Center der Frankfurt School of Finance, Frankfurt

Schlatt, Vincent und Schweizer, André und Urbach, Nils und Fridgen, Gilbert (2016), Blockchain: Grundlagen, Anwendungen und Potenziale, Fraunhofer FIT Projektgruppe Wirtschaftsinformatik der Universität Augsburg, Augsburg; verfügbar: https://www.fit.fraunhofer.de/content/dam/fit/de/documents/Blockchain_White-Paper_Grundlagen-Anwendungen-Potentiale.pdf

Thießen, Friedrich (2018), „Das Ende der Blockchain?“, in: Zeitschrift für das gesamte Kreditwesen, Fritz Knapp Verlag, Vol. 71, Heft 12, S. 16-21