

Einsatzmöglichkeiten der Blockchain-Technologie in der Luftfahrt

Dr.-Ing. Alexander Goudz, B.Sc. Manuel Textor

Universität Duisburg-Essen, Fakultät für Ingenieurwissenschaften,
Lehrstuhl Transportsysteme und-logistik

Abstrakt

Eine Technologie, die heutzutage immer mehr in den Fokus verschiedener Industriebranchen rückt, ist die Blockchain-Technologie. Sie soll als dezentral gestaltetes Verwaltungssystem eine Erhöhung der Transparenz und eine Erhöhung der Manipulationssicherheit gespeicherter Daten erzeugen. Eine Branche, die sich zwangsläufig mit einer innovativen Technologie zur Digitalisierung von Daten beschäftigen wird, ist die Luftfahrtbranche. Inwiefern sie von der innovativen Blockchain-Technologie profitieren kann, wird in dieser Thesis untersucht.

Schlüsselbegriffe — **Blockchain, Datensicherheit, Digitalisierung, Industrie 4.0, Smart Contracts, Luftfahrt, Dokumentation von Werkstattereignissen, Blockchain-Tickets**

I. EINLEITUNG

Im Zuge der vierten industriellen Revolution sind digitale Technologien derzeit in verschiedenen Anwendungsbereichen einsetzbar. Die vierte industrielle Revolution bezeichnet die „Digitalisierung der Produktion“, welche mit einer Vernetzung der Produktionssysteme und einer immer autonomer werdenden Arbeitsweise der Produktionskomponenten einhergeht. [1] Eine Technologie, die diesen Prozess unterstützen kann, ist die Blockchain-Technologie. Spätestens seit dem Jahr 2008 erlangte sie, durch das White Paper „Bitcoin: A Peer to Peer Electronic Cash System“ von Satoshi Nakamoto, große Bekanntheit.

Nakamoto konzipierte den Entwurf des Bitcoin-Netzwerkes, welches eine Innovation darstellte, da es kryptographische Konzepte wie beispielsweise das Verwenden von Hashes nutzte, um digitale Transaktionen sicherer zu gestalten. Außerdem zeichnet sich dieses Transaktionssystem durch dessen dezentralen Charakter aus. [2] Hinter diesem System verbergen sich die Grundlagen der Blockchain-Technologie. Dabei werden die Daten in Form von komprimierten Blöcken konsequent und chronologisch aneinandergereiht und durch kryptographische Verschlüsselungsmethoden miteinander verknüpft. [3]

Ein besonderes Merkmal dieser Technologie ist das ausführliche Verifizieren sämtlicher Transaktionen auf Basis eines Konsensmechanismus und kryptographischen Verschlüsselungsmethoden innerhalb des Netzwerkes. Dadurch ist die Blockchain-Technologie besonders manipulationssicher. Eine Branche, die ebenfalls von dem Einsatz der Blockchain-Technologie profitieren kann, ist die Luftfahrt. Zu ihr zählen verschiedene Komponenten wie Flughäfen, Flugzeuge, Flugzeugbauer und Flugunterstützungssysteme wie beispielsweise die Flugsicherung und elektronische Systeme. Vorhersagen zufolge wird der Passagierflugverkehr bis 2038 einen starken Anstieg erfahren. [4] Diesen Anstieg gilt es mithilfe technologischer Innovationen zu bewältigen.

II. FORSCHUNGSFRAGE

Das Ziel dieser Arbeit besteht einerseits darin, ein Grundverständnis für die Blockchain-Technologie zu schaffen, indem die wichtigen Prozesse und Begrifflichkeiten der

Blockchain-Technologie erläutert werden. Im Verlauf der Arbeit werden dann die Einsatzmöglichkeiten der Blockchain-Technologie in der Luftfahrt vorgestellt und im Hinblick auf verschiedene Kriterien analysiert, sodass die Frage beantwortet werden kann, inwiefern die Blockchain-Technologie aktuell in die verschiedenen Bereiche der Luftfahrt implementiert werden kann.

III. METHODIK

Zu Beginn der Arbeit wurde eine systematische Literaturrecherche zu den Themen der Blockchain-Technologie und bezüglich Konzeptvorschlägen zur Implementierung dieser in aktuelle Problematiken der Luftfahrt durchgeführt. Anhand der ausgewählten Literatur werden die Konzepte vorgestellt. Dazu wurden die Kernaussagen und die Zusammenhänge dieser Konzepte ausgearbeitet. Im Anschluss an die Vorstellung der jeweiligen Einsatzmöglichkeit, erfolgt eine Analyse, die sich auf Basis von sieben Gesichtspunkten, kritisch mit dem Vorschlag auseinandersetzt, um im Verlauf der Arbeit die Einsatzmöglichkeiten der Blockchain-Technologie in der Luftfahrt untersuchen zu können. In der Arbeit werden die Anwendungsbeispiele zum einen für die bemannte Luftfahrt, zum anderen für die unbemannte Luftfahrt vorgestellt. Da sich der Entwicklungsstatus der Einsatzmöglichkeiten der Blockchain-Technologie in der unbemannten Luftfahrt noch in den Anfängen befindet werden in diesem Artikel exemplarisch zwei Anwendungsbeispiele der bemannten Luftfahrt vorgestellt und analysiert.

IV. BEGRIFFLICHE GRUNDLAGEN

Nachfolgend erfolgt eine Erläuterung der grundlegenden Begriffe, um den Leser in die Blockchain-Technologie einzuführen und ein Grundverständnis für den weiteren Verlauf der Arbeit zu schaffen. Dabei werden Begrifflichkeiten, wie Industrie 4.0, Grundlagen der Blockchain-Technologie, Smart Contracts und das Hyperledger Fabric Framework erklärt.

A. *Industrie 4.0*

Kommunikation und Interaktion erleben derzeit einen Wandel. Nicht nur im alltäglichen Leben der Bevölkerung ist dieser Wandel spürbar, auch in der Industrie verändern sich die Produktionsschritte. Konkret ist hierbei die Industrie 4.0 von zentraler Bedeutung. Sie stellt die vierte industrielle Revolution dar. Dabei ist zu beachten, dass

laut Hänisch und Andelfinger der Begriff der Revolution hierbei nicht eindeutig angebracht ist, da im Vergleich zu den vorherigen drei Revolutionen „kein technologischer Wandel und somit kein Auslöser für eine derartige Revolution eindeutig identifiziert werden“ könne. Außerdem sei kein gesellschaftlicher Wandel erkennbar. [5]

Weiterhin ist der Begriff der Industrie 4.0 nicht eindeutig definiert. Das Bundesministerium für Bildung und Forschung definiert den Begriff wie folgt: „Industrie 4.0 bezeichnet die intelligente Vernetzung von Maschinen und Abläufen in der Industrie mithilfe von Informations- und Kommunikationstechnologie“. [6] Sie bewirkt einen Verfall von zentralen Organisationsstrukturen, hin zur dezentralen, vernetzten Struktur. Den Prozess zeichnet ebenfalls aus, dass immer mehr Industriekomponenten smart, also intelligent, arbeiten. Intelligent bedeutet in diesem Zusammenhang, dass Komponenten innerhalb eines Systems eine autonome, selbstständige Arbeitsweise vorweisen. So sammeln und kommunizieren sie Daten selbstständig. [7]

Die Grundlage eines solchen Produktes und der vernetzten Industrie 4.0 bilden Cyber-Physische-Systeme. Als ein solches wird die Vernetzung mechanischer Systeme mit Software und Informations- und Kommunikationstechnologie bezeichnet. Dabei funktioniert das System unter Verwendung von Sensoren und Aktoren. Sensoren erfassen dabei die physikalische Welt und übersetzen die gemessenen Daten in die digitale Welt. Über digitale Kommunikationsnetzwerke sind diese Systeme miteinander verbunden, können diese Daten auswerten und über Aktoren aktiv mit der physikalischen Welt interagieren. [8]

In Bezug auf die Blockchain-Technologie kann die Industrie 4.0 stark von ihr profitieren. Als chronologische, verteilte Datenbasis besitzt sie das Potential dazu den Prozess der Digitalisierung zu unterstützen, indem sie Daten digital verwaltet und für jede Komponente in der Industrie einsehbar gestaltet. Ebenfalls bietet sie als Plattform für Smart Contracts auch eine deutliche Unterstützung bei der Realisierung von autonomen Prozessen. Der aktuelle Aufschwung der Blockchain-Technologie ist in hohen Maßen auf den Prozess der Industrie 4.0 zurückzuführen, weil sie die Digitalisierung vorantreibt. Mit der Digitalisierung entstehen allerdings neue Angriffsmöglichkeiten

auf sensible Daten. Diese Problematik soll mittels der Blockchain-Technologie gelöst werden, da sie als äußerst manipulationssicher gilt.

B. Die Blockchain-Technologie

1) Definition

Zum aktuellen Zeitpunkt existieren verschiedene Definitionen der Blockchain. So definieren Condos et al. die Blockchain „als ein elektronisches Register für digitale Datensätze, Ereignisse oder Transaktionen, welches [...] durch die Teilnehmer eines verteilten Netzwerks verwaltet wird“. [9] Diese Definition impliziert bereits, dass die Blockchain zwei Hauptkomponenten beinhaltet. Die Blockchain besteht aus Daten, die von einem Netzwerk verwaltet werden. Glaser und Bezenberger bezeichnen die Verwaltungssysteme als „verteilte Konsensnetzwerke“. Solchen Netzwerken liegt, den Autoren nach, das Peer-to-Peer (P2P) Netzwerk zugrunde. Kryptographie dient dabei als Verschlüsselung. [10] Als P2P-Netzwerk wird ein Netzwerk an Computern bezeichnet, die selbstständig agieren. Die Netzwerkteilnehmer werden als Peers bezeichnet. Eine dezentral organisierte, direkte Kommunikation aller Netzwerkteilnehmer ist durch dieses System gewährleistet. Außerdem sind in solch einem System die Netzwerkteilnehmer gleichberechtigt. [11]

Aus den vorangegangenen Definitionen wird deutlich, dass es sich bei einer Blockchain um ein dezentral organisiertes System handelt, welches mittels Kryptografie Transaktionen innerhalb eines Netzwerkes lückenlos dokumentiert.

2) Verschiedene Netzwerktypen

Das wesentliche Merkmal eines zentralisierten Netzwerks ist, dass es nicht ohne einen Intermediär funktionieren kann. Alle Netzwerkteilnehmer sind nur mit der zentralen Instanz verbunden, können aber nicht direkt untereinander kommunizieren. Vorteilhaft an solchen Netzwerken ist die Einhaltung von Regeln durch die zentrale Instanz. Sollte das Vertrauen in die zentrale Instanz nicht mehr gegeben sein, kann das System nicht mehr funktionieren. Auch das Risiko eines „Single Point of Failure“ ist hier gegeben, welcher impliziert, dass das System durch den Ausfall einer Instanz, nicht mehr funktionsfähig ist. Ein dezentrales Netzwerk hingegen organisiert sich selbst. Es

existiert dabei keine zentrale Instanz. Es ist aber essenziell, dass ein Kommunikationsprotokoll die Korrektheit aller Daten im Netzwerk sicherstellt. Die Teilnehmer kennen sich untereinander nicht und somit kann kein Vertrauen aufgebaut werden. Dieses Defizit führte bisher stets dazu, dass in der Regel zentralisierte Netzwerke verwendet wurden. Die Blockchain-Technologie beruht auf einem verteilten Netzwerk. Das ausschlaggebende Merkmal ist, dass verteilte Netzwerke aus Knoten bestehen, die miteinander interagieren können und sich gegenseitig synchronisieren. Ein Knoten kann durch jeden einzelnen Netzwerkteilnehmer dargestellt werden. Der Vorteil daran ist, dass jeder Knoten eine Kopie der aktuellen Blockchain besitzt. Sollte ein Knoten durch einen technischen Defekt ausfallen, stellt dies kein Zusammenbruch des Systems dar, da die Blockchain auf jedem Knoten verteilt vorliegt. [12]

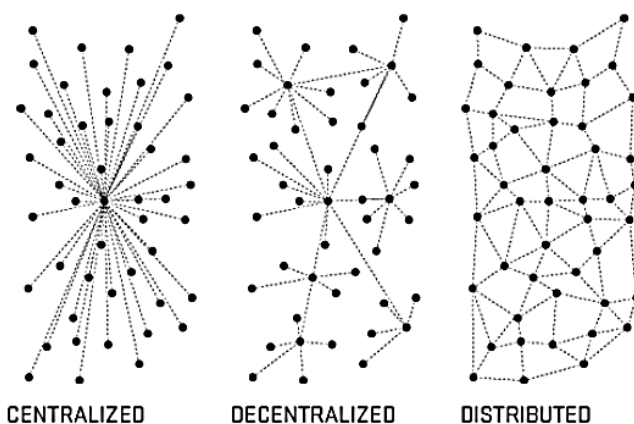


Abb. 1: Netzwerktypen. Swanson (2015), S.1

3) Blockchain-Klassifizierungen

Grundsätzlich lassen sich Blockchains in der Art und Weise unterscheiden, welche Teilnehmer eine Validierung durchführen können und welche Teilnehmer Zugriff auf die Blockchain haben. So ist bei einer offenen Blockchain der Zugang zu ihr für jeden Interessenten möglich. In privaten Blockchains ist der Zugang nur für ausgewählte Teilnehmer gewährt. Private Blockchains werden meist von wenigen Teilnehmern aufrechterhalten. Somit verringert sich die Manipulationssicherheit, welche eigentlich darauf basiert, dass viele unabhängige Knoten Transaktionen validieren und die Blockchain an möglichst vielen verteilten Stellen gespeichert ist. Weiterhin kann eine Blockchain als konsortiale Blockchain ausge-

führt sein. Bei einer privaten Blockchain wird der validierende Knoten nur von einer Person betrieben. In einer konsortialen Blockchain verteilt sich diese Aufgabe auf eine Gruppe von mehreren Organisationen. Inwiefern sich Netzwerkteilnehmer am Konsensmechanismus beteiligen dürfen, ist abhängig von den Berechtigungen im Netzwerk. Eine Blockchain kann auf Berechtigungen beruhen oder vollkommen frei von solchen sein. Eine permissioned Blockchain zeichnet sich dadurch aus, dass nur berechnete Knoten Blöcke erstellen und sie validieren dürfen. Bei einer permissionless Blockchain darf jeder Netzwerkteilnehmer daran teilhaben. Ein Nachteil an permissioned Blockchains ist, dass sie zu einem gewissen Grad ihre Dezentralität verlieren, da die Rechte von zentralen Knoten vergeben werden. [13]

4) Hashes

Unter der Nutzung von Hashes gelingt es große Eingabewerte in einem komprimierten Zielwert zusammenzufassen. Bei der SHA-256 Funktion ist der Zielwert auf eine Länge von 64 Zeichen definiert. [11] Sie bilden die Grundlage der kryptografischen Verschlüsselung. Hashwerte haben die Eigenschaft der kollisionsresistenz. Das bedeutet, dass zwei Eingabewerte niemals einen gleichen Ausgabewert erzeugen können. Außerdem ändert sich der Ausgabewert, bei einer Änderung des Eingabewertes, vollständig und zufällig. Die Blockchain basiert auf Hash-Referenzen. Diese sind eine Kombination von Hashwerten und beinhalten zudem den Speicherort der Daten. Des Weiteren überprüfen sie nach dem Erzeugen der Referenz, ob die Daten nachträglich geändert wurden. Bei einer Veränderung der Daten gilt die Hash-Referenz als beschädigt und eine Manipulation der Datenstruktur kann leicht erkannt werden. [12]

5) Blöcke

Die Blöcke innerhalb einer Blockchain dienen generell dazu, die vorliegenden Transaktionen und Dateien zusammenzufassen und sie zu speichern. Doch ein Block weist noch mehr Komponenten als nur die vorhandenen Transaktionen auf. Jeder Block besteht aus einem Header. Der Header eines Blockes enthält neben dem Hash des vorherigen Blocks, einen Zeitstempel, den Schwierigkeitsgrad des Hash Puzzles, die Merkle-Wurzel und eine Nonce. Der Zeitstempel stellt sicher, dass die Transaktionen alle chronologisch sortiert sind. Die Merkle-Wurzel

bildet dabei den endgültigen Hashwert, welcher durch den Merkle-Baum generiert wurde. Weiterhin weist ein Block auch einen Datenbereich auf. Dieser trägt die notwendigen Transaktionsdetails. [14]

6) Merkle-Baum

Der Merkle-Baum beschreibt die Vorgehensweise zur Bildung der Merkle-Wurzel. Er erstellt von allen Transaktionen, die in einem Block enthalten sind, die Hashwerte. Dabei wird SHA-256 Algorithmus verwendet. Das Ende dieser Entwicklung stellt die Merkle-Wurzel dar. In Abbildung zwei wird eine symbolische Darstellung eines solchen Verfahrens gezeigt. [10]

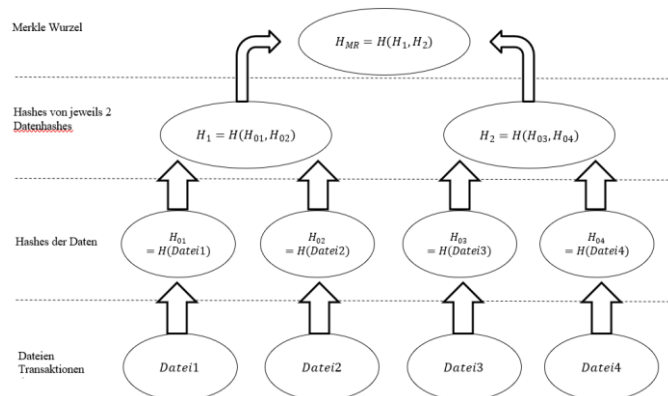


Abb. 2: Vorgehensweise zur Bildung der Merkle-Wurzel, eigene Darstellung in Anlehnung an Fill, Meier (2020): S. 10.

7) Erstellung und Verkettung neuer Blöcke

Der erste Block der Blockchain wird Genesis Block genannt und bildet keine Referenz zu einem anderen Block. Der nächste Block mit Transaktionsdaten wird dann an ihn angehängt. Dabei gilt für alle nachkommenden Blöcke, dass sie den Hashwert des vorherigen Blocks beinhalten und somit eine Referenz entsteht. Soll nun ein weiterer Block der Kette hinzugefügt werden, ist der erste Schritt die Erstellung eines Merkle-Baums, der die Hashes der Transaktionsdaten verknüpft. Danach wird für den neuen Block ein Block-Header erstellt, welcher letztendlich die Merkle-Wurzel (Merkle-Root) des neuen Blocks enthält. Außerdem enthält er auch die Hash-Referenz des vorherigen Blocks. Bevor der Block allerdings mit der neuen Kette verbunden wird, ist es erforderlich, dass eine Konsensbildung durchgeführt wurde. [11]

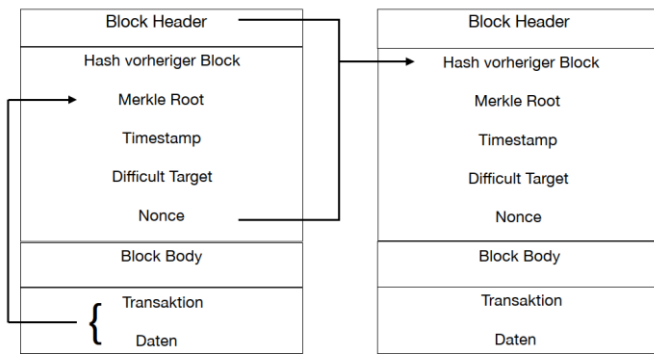


Abb. 3: Verknüpfung von Blöcken, eigene Darstellung in Anlehnung an Heck (2019): S. 21.

8) Vorgang einer Transaktion innerhalb der Blockchain

Eine Transaktion in einer Blockchain funktioniert nach folgendem Prinzip. Zunächst schlägt ein Knoten eine Transaktion vor. Dieser Transaktionsvorschlag wird an das Netzwerk weitergeleitet. Die Knoten des Netzwerkes prüfen die Gültigkeit der Transaktion und validieren sie durch einen Mechanismus zur Konsensbildung. Ist die Transaktion validiert, wird sie in einem Block aufgenommen und kryptographisch verschlüsselt. Dies geschieht mit der Vergabe von Hashes pro Block. Hashes sind für jede Transaktion einzigartig. Dadurch, dass die Blöcke alle konsequent und lückenlos hintereinander aneinandergereiht werden entsteht eine Reihe von Blöcken, die Blockchain. [14]

9) Validierung durch Konsensbildung

Konsensmechanismen dienen innerhalb der Blockchain dazu, Transaktionen vor Manipulationen zu schützen. Sie sind dazu angedacht, eine kontrollierende Instanz abzuschaffen und dennoch Transaktionen und Interaktionen innerhalb des Netzwerkes auf ihre Korrektheit zu überprüfen. Soll also ein neuer Block zur Blockchain hinzugefügt werden, muss das gesamte Netzwerk eine Übereinstimmung, einen Konsens, über die Richtigkeit dieser Änderung erzielen. Da das Netzwerk also über das Hinzufügen eines neuen Blocks entscheidet, ist es notwendig, ein vertrauenswürdige Blockchain-Netzwerk zu haben. Es existieren derzeit verschiedene Konsensmechanismen. Darunter fallen beispielsweise der Proof of Work und der Proof of Authority Mechanismus. [12]

a) POW

Der Proof of Work (POW) Mechanismus ist ein Konsensmechanismus, der vor allem im Bitcoin-Netzwerk Verwendung findet. Er wird hier beispielhaft herangezogen, um die Logik eines Konsensmechanismus in der Blockchain zu verstehen. Die Idee dieses Mechanismus beschreibt, dass ein kryptographisches Rätsel gelöst werden muss, bevor ein Block der Blockchain hinzugefügt wird. Dieses dient dem Nachweis von Arbeit, dem Proof of Work. Dabei konkurrieren die Netzwerkteilnehmer untereinander. Jene, die das Rätsel bearbeiten, nennen sich Miner. Der Prozess des Erstellens eines neuen Blocks wird Mining genannt. Der Block, welcher neu zu erstellen ist, wird Candidate Block genannt. Dadurch, dass die Blockchain auf Hash-Referenzen beruht, beinhaltet jeder Block den Hashwert aller vorherigen Blöcke. Auch der Candidate Block enthält, vor seiner Erstellung durch den Proof of Work Mechanismus, bereits die Merkle-Wurzel, also die Hash-Referenzen aller bis dahin erstellten Blöcke. Wichtig zu definieren ist außerdem noch das Target Value, welches mit dem Schwierigkeitsgrad des zu lösenden Rätsels einhergeht und die Anzahl anführenden Nullen des zu generierenden Hashes angibt. Außerdem wird eine Nonce definiert, die einen frei veränderbaren Wert darstellt. Der Block-Header des Candidate Blocks ist also fast vollständig. Eine Nonce fehlt dem Candidate Block noch. Um nun den Block zu erstellen muss ein Miner eine Nonce durch mehrmaliges Erproben raten und mithilfe der Nonce und dem Header des letzten Blockes den Hashwert des Candidate Blocks berechnen. [11] Dabei muss der resultierende Hashwert kleiner als das Target Value sein. Die Nonce wird solange verändert, bis diese Bedingung erfüllt ist. Ist die Bedingung erfüllt, wird der Block erstellt und von den restlichen Netzwerkteilnehmern validiert, indem sie das Target Value mit dem Hashwert vergleichen. Wenn der Block erstellt wird, erhält der Netzwerkteilnehmer, der dieses Rätsel gelöst hat, eine Belohnung, beispielsweise in Form von Bitcoins. Dadurch, dass alle Netzwerkteilnehmer untereinander in Konkurrenz stehen, aber nur einer das Rätsel letztendlich löst, ist die Rechenleistung der anderen Konkurrenten unnötiger Weise erbracht worden. Das ist der Nachteil des POW Verfahren. [14]

b) POA

Der Proof of Authority (POA) spiegelt sich in einigen Anwendungskapiteln wider. Im Gegensatz zu dem POW-Mechanismus ist der POA ein Konsensmechanismus, der auf dem Vertrauen in autorisierte Knoten basiert. Er findet in permissioned Blockchains Anwendung. Die validierenden Knoten, zwischen welchen ein Konsens gefunden werden muss, beschränken sich hierbei auf eine begrenzte Anzahl. Dabei muss die Mehrzahl der validierenden Knoten den neu zu erstellenden Block bestätigen. Der POA gilt als skalierbar, effizient und schnell, da der Konsens nur zwischen wenigen Autoritäten gefunden werden muss. Allerdings widerspricht die Anwendung eines POA der Grundidee der Blockchain, Vertrauen überflüssig zu machen und einen hohen Grad der Dezentralisierung hervorzuheben, da die Macht des Netzwerkes auf wenige Teilnehmer beschränkt wird. [13]

C. Hyperledger Fabric

Einige, der im Verlauf der Arbeit vorgestellten, Einsatzmöglichkeiten der Blockchain in Bezug auf die Luftfahrt basieren auf Hyperledger Fabric. Nachfolgend wird eine kleine Einführung in dieses Blockchain Framework gegeben. Es entstand aus einer Open Source Kooperation der Linux Foundation und bietet für permissioned Blockchains einen hohen Grad an individueller Anpassbarkeit. Hyperledger Fabric legt dabei besonderen Wert auf Skalierbarkeit, Vertraulichkeit und Flexibilität. Fabric verfolgt das Konzept der Modularität. Mithilfe von Modulen können einzelne Komponenten des Systems beliebig entwickelt und ausgetauscht werden. Somit kann eine individuell gestaltete Blockchain konstruiert werden. Auch Programme können auf einer Hyperledger Fabric Blockchain hinterlegt werden. Sie sind vergleichbar mit einem Smart Contract und nennen sich Chaincode. [15]

Gewöhnliche Blockchains arbeiten nach dem „Order-Execute“-Prinzip. Das bedeutet, dass Transaktionen vor dem Ausführen geordnet werden müssen. Fabric arbeitet nach dem „Execute-Order-Validate“ Prinzip. Dieses sieht zunächst eine Ausführung der Transaktion vor, bevor sie sortiert wird. Anschließend geschieht die Validierung durch die Netzwerkteilnehmer. Durch dieses Verfahren kann gewährleistet werden, dass nur ausgewählte Netzwerkteilnehmer einen Smart Contract ausführen. Dies

wird durch die Endorsement Policy festgelegt. Sie beinhaltet Regeln zum Validieren einer Transaktion. Hyperledger Fabric bietet außerdem die Möglichkeit, eine Gruppe von Netzwerkteilnehmern in Kanälen unterzubringen. Nur diese Netzwerkteilnehmer haben dann Zugriff auf die Daten in diesem Kanal. Dabei ist jeder Kanal eine einzelne Blockchain und fungiert selbstständig. [16] Der von Hyperledger Fabric unterstützte Konsensmechanismus ist Crash Fault Tolerance (CFT). Dieser Mechanismus sorgt dafür, dass das Netzwerk trotz eines möglichen Ausfalls von Netzwerkteilnehmern dennoch weiter funktionieren kann. [17]

D. Smart Contracts

Smart Contracts stellen im Zuge der Industrie 4.0 einen wichtigen Terminus dar. Sie erhöhen den Automatisierungsgrad von Prozessen und Transaktionen. Der Begriff bezeichnet im Wesentlichen ein Programm, welches für jeden Anwendungsfall individuell programmiert werden kann. Szabo erläuterte Smart Contracts damals mithilfe eines Warenautomaten. Dieser funktioniert ebenfalls vollautomatisch. Sobald genügend Geld in den Automaten eingeworfen und ein Wunschprodukt ausgewählt wurde, prüft dieser den Betrag und gibt bei korrektem Betrag die Ware selbstständig aus. Ein Smart Contract ist also immer an Bedingungen geknüpft. Er ist somit ein digitalisiertes Regelwerk, welches in Form eines Programmes implementiert wird und dabei auf einer Wenn-Dann Logik beruht. Das System, welches Smart Contracts verwaltet, ist die Blockchain. [18]

V. BLOCKCHAIN IN DER BEMANNTEN LUFTFAHRT

Die Luftfahrt stellt momentan eine der hoch technisierten Branchen dar. Durch den vermehrten Anstieg des Luftverkehrs in den kommenden Jahren, wird auch sie sich mit innovativen Technologien auseinandersetzen, die sowohl die Produktion von Flugzeugen, die Planung einer Flugroute und die Sicherheit in der Kommunikation zwischen Flugobjekt und der Flugverkehrskontrolle effizienter und sicherer gestalten. Die Technologie, die dabei immer stärker in den Fokus der Airlines gerät, ist die Blockchain-Technologie. Laut einer Statistik planen 57% der befragten Airlines bis 2022 ein Forschungsprogramm zur Blockchain-Technologie. [19] Belegt wird das Interesse der Airlines ebenfalls durch die Initiative Blockchain for Aviation (BC4A), welche 2016 von der Airline Lufthansa

gestartet wurde. [20] Aber auch Zulieferer der Luftfahrt, wie das Unternehmen Rolls Royce, starteten bereits solche Initiativen. [21] Diese Initiativen richten sich jeweils an Startups und Blockchain-Entwickler, die ihre Idee in einen Prozess in den Unternehmensabläufen integrieren können. In den nachfolgenden Kapiteln werden exemplarisch zwei Einsatzmöglichkeiten der Blockchain-Technologie in der bemannten Luftfahrt erläutert und analysiert.

A. Dokumentation von Werkstattereignissen

Die Dokumentation sicherheitsrelevanter Bauteile ist heutzutage gesetzlich vorgeschrieben. Durch eine lückenlose Dokumentation aller Produktstammdaten und Montageprozesse wird das Ziel einer höheren Transparenz und eines höheren Druckes an Qualitätsanforderungen verfolgt. Trotz des Einsatzes von IT-Systemen könne eine lückenlose Dokumentation nicht gewährleistet werden, da die Systeme nicht aufeinander abgestimmt seien. [22] Ein Lösungsansatz dafür wird von Wickboldt und Kliever dargestellt.

Problemstellung

Ein wichtiger Bestandteil im Prozess der Flugzeugwartung ist die lückenlose Dokumentation von Prozessen innerhalb einer Werkstatt. Dadurch soll eine genaue Historie aller ausgetauschten oder gelagerten Bauteile gewährleistet werden. So werden Bauteile eines Flugzeuges bei Bedarf gegen den Lagerbestand ausgetauscht und überschüssige Teile auf dem Sekundärmarkt gehandelt. Besonders hervorzuheben sind sicherheitsrelevante Bauteile. Die Historie dieser Teile muss lückenlos nachvollziehbar sein, was eine konsequente Dokumentation der Werkstattereignisse dieser Bauteile notwendig macht. Teile, deren Historie nicht eindeutig nachvollzogen werden könne, werden verschrottet. Auch der Verzicht auf Teile, die auf Sekundärmärkten gehandelt werden, führe zu Ineffizienzen. Dieser ist ebenfalls auf eine mangelhafte Historie zurückzuführen. Eine mangelhafte Historie kann dadurch entstehen, dass Papiere, die den Bauteilen beigelegt werden, verloren werden.

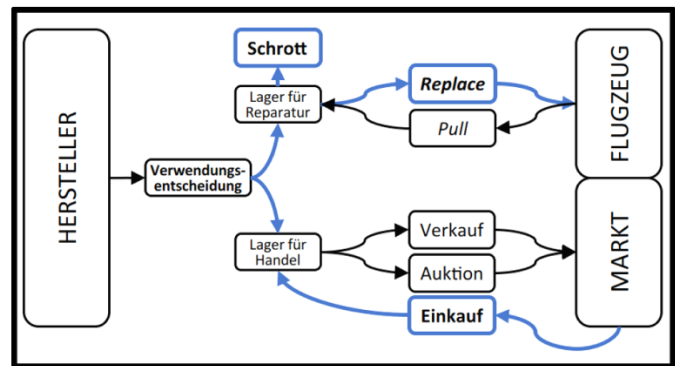


Abb. 4: Übersicht des Materialflusses von Flugzeugteilen. Wickboldt, Kliever, S.1305

Nach den Autoren könne eine digitale Plattform dieses Problem lösen. Sie definieren sechs Anforderungen an ein neues System zur Dokumentation von Werkstattereignissen. Das neue System solle eine „Lösung zur schnellen (A1), geordneten (A2), persistenten (A3), fälschungssicheren (A4), mit Zugriffsbeschränkungen versehen (A5) und auf die Regeln des Geschäftsprozesses abgestimmten (A6) Dokumentation“ darstellen. [23]

Blockchain-Lösung

Die Lösung der Autoren basiert auf einer Hyperledger Fabric Blockchain. In diesem Netzwerk werde zwischen drei Netzwerkteilnehmern unterschieden. Initiiert werde eine Transaktion durch einen Committer. Geprüft und letztendlich freigegeben oder abgelehnt, werde sie durch einen Endorser. Zuletzt ordne ein Orderer die freigegebenen Transaktionen in die Blockchain ein. Sobald der Committer eine Transaktion vorschlage, werde diese vom Endorser geprüft. Entspricht die Transaktion den Geschäftsbedingungen, gebe er sie frei. Zuletzt werde die Transaktion vom Orderer auf Basis einer Konsensfindung geordnet und validiert. Dadurch, dass die Ordnung und Validierung einer Transaktion erst nach der Durchführung einer solchen stattfinden, sei die Einhaltung der Geschäftsprozesse (A6) gewährleistet. Außerdem werde durch die verteilte Aufgabenstellung und parallelen Arbeitsschritten eine hohe Ausführungs geschwindigkeit (A1) erzielt. Da permissioned Blockchains zu einem gewissen Grad ihre Dezentralität verlieren, existiere ein Membership Service Provider, der den Zugang zum Netzwerk leite (A5). Der Vorschlag sehe als zentrale Idee vor, die Zertifikate eines Bauteils durch die Werkstatt erstellen zu

lassen und sie nach der Reparatur an die Blockchain anzuhängen. Somit können alle Stakeholder auf die Blockchain zugreifen und die Historie eines Bauteils einsehen. Das Zertifikat enthalte alle notwendigen Informationen über den Zustand des Bauteils und über die durchgeführten Reparaturen in der Werkstatt. Die Transaktionen innerhalb dieses Hyperledger-Systems unterliegen gewissen Voraussetzungen, die durch Smart Contracts festgelegt sind. Dieser Smart Contract nennt sich in Fabric Chaincode. In diesem Anwendungsfall enthalte der Chaincode folgende Regeln. So sei nur die bestimmte Fachwerkstatt zur Reparatur berechtigt und dürfe ein Zertifikat ausstellen. Weiterhin seien bestimmte Teile nur für bestimmte Reparaturen geeignet. Außerdem müsse die Historie der Teile mit dessen Parametern konform sein. [23] Zuletzt werde noch sichergestellt, dass alle eineinhalb Jahre ein C-Check, und alle sechs Jahre oder 30000 Flugstunden ein D-Check des Flugzeuges stattfindet. C- und D-Checks seien spezielle Inspektionen, wobei der D-Check einen ausführlichen Austausch sämtlicher Flugzeugteile vorsehe. [24] Der genaue Prozess einer Dokumentation wird in Abbildung fünf dargestellt.

Der erste Schritt sei die Erstellung eines Zertifikates durch die Werkstatt in einer Webanwendung. Dieses werde digital signiert und als Transaktionsvorschlag an die Endorsing Peers weitergeleitet. Insgesamt drei Endorsing Peers müssen diese Transaktion gemäß den Richtlinien prüfen. Es werde zunächst geprüft, ob die Signatur gültig ist. Danach werde die Einhaltung, der im Chaincode festgelegten Regeln, mithilfe einer Simulation geprüft. Ist die Überprüfung erfolgreich, werden die Ergebnisse der Überprüfung von den Endorsing Peers signiert und an die App zurückgesendet. Die App verteile die Daten an die beteiligten Channels. Der Orderer sortiere alle eingegangenen Transaktionen. Anschließend erfolge durch einen Konsensmechanismus die Verifikation der Gültigkeit dieser Sortierung. Die sortierten Transaktionen werden an die Blockchain angehängt und an alle Netzwerkteilnehmer zurückgegeben. Die Netzwerkteilnehmer aktualisieren dann ihre Kopie der Blockchain. Dadurch, dass die Dokumentationen validiert werden und konsequent der Blockchain hinzugefügt werden, sei eine lückenlose Dokumentation gewährleistet. Auch ein Single Point of Failure könne durch die Blockchain abgewehrt werden. [23]

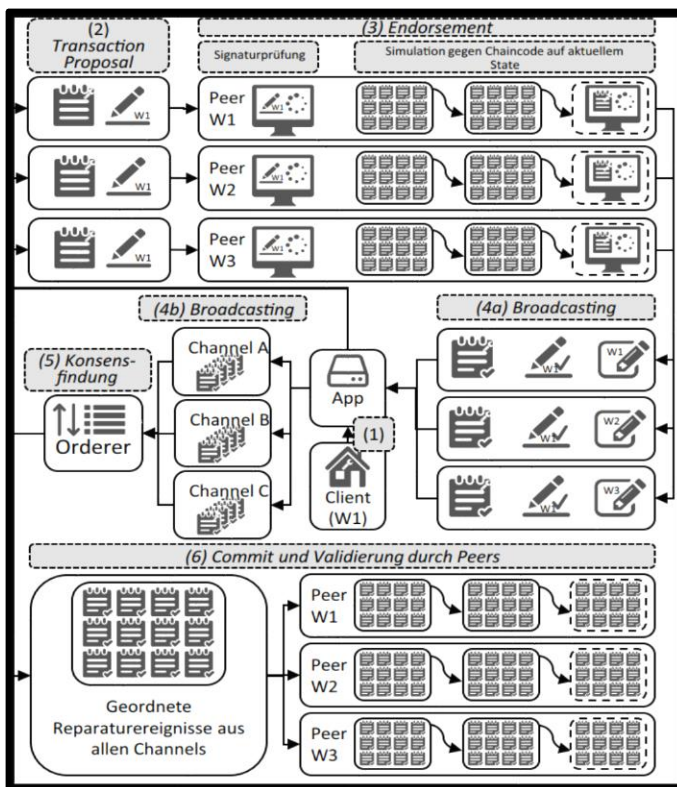


Abb. 5: Transaktionsprozess für die Dokumentation von Werkstattereignissen in Hyperledger Fabric. Wickboldt, Kliwer (2018), S. 1307

Blockchain-Typ	Privat, permissioned auf Basis von Hyperledger Fabric
Verifizierung	Orderer-Dienst, CFT
Daten in Blöcken	Bauteildokumentationen
Programm auf Blockchain	Chaincode → Bezahlung, Einhaltung der Regeln

Tab. 1: Gestaltung der Blockchain zur Dokumentation von Werkstattereignissen, eigene Darstellung

1) Analyse

Im Vergleich zum aktuellen Stand in der Digitalisierung von Wartungsprozessen lässt sich feststellen, dass beispielsweise Arbeitskarten bereits digitalisiert werden, sodass die Wartungstechniker durch mobile Geräte jederzeit Zugriff auf die Arbeitskarte und die Herstelleranleitung haben. [25] Generell ist dies ein weiterer Hinweis dafür, dass die Digitalisierung auch in diesem Segment weiter an Bedeutung gewinnt. Allerdings ist die Implementierung einer Blockchain auf diesem Gebiet noch von keiner Airline realisiert worden. Stattdessen setzt beispielsweise die Lufthansa auf den Einsatz des Aviation DataHubs. Diese Applikation zeichnet alle Prozesse der Luftfahrt auf, unter anderem auch jene der Wartungs-, Reparatur- und Überholungsbranchen. Sie zeichne sich dadurch aus,

dass sie Datensicherheit, Qualität und Datenintegrität vereint. Weiterhin können die beteiligten Parteien auswählen, ob und mit wem sie die gespeicherten Daten teilen. Die Vorteile, die diese Plattform bringt, entsprechen denen eines Einsatzes der Blockchain-Technologie. Auch der wahrscheinlich größte Nachteil der Blockchain-Technologie, der sich auf die Skalierbarkeit der Blockchain bezieht, sei in der Lösung von Lufthansa aufgehoben. [26] Im Vergleich zur Implementierung einer Blockchain-Technologie auf diesem Gebiet lässt sich feststellen, dass mit der Applikation von Lufthansa Industry Solutions eine Lösung gefunden wurde, die zusammenfassend weniger Nachteile mit sich bringt als die Implementierung einer Blockchain Technologie. Nach Angaben von Siemens sei die Implementierung von Aviation DataHUB auch mit einem reduzierten Integrationsaufwand realisierbar. [27]

Es zeigt sich also, dass eine effiziente Lösung zum Speichern der Daten gefunden wurde, ohne die Implementierung einer Blockchain. Auch Hinsch und Olthoff identifizieren die Hauptproblematiken bei der Dokumentation von Flugzeugwartungen. Dementsprechend seien die Organisation des Eingangs der Dokumente, das Revisionsmanagement das Speichern und Ablegen der Dokumente und die weltweite Verfügbarkeit die Hauptaufgaben, die es zu bewältigen gilt. In Bezug auf die Organisation des Eingangs lassen sich die Handhabung mit verschiedenen Quellen und Dateiformaten als Aufgabe betiteln. Die Blockchain-Technologie erweist sich zur Bewältigung dieser Aufgabe insofern als sinnvoll, dass sie im Rahmen einer Open Source Lösung einheitliche Rahmenbedingungen definieren kann, die die Einhaltung von Dateiformaten zur einheitlichen Dokumentation sicherstellen. Im Hinblick auf das Revisionsmanagement sind laut Hinsch und Olthoff Luftfahrt die regelmäßige Kontrolle der Aktualität der Dokumente von hoher Bedeutung. Dieses Problem lässt sich ebenfalls durch eine Blockchain Implementierung lösen, da man anhand der Zeitstempel, die die Blockchain jedem Block anhängt, nachvollziehen kann wie alt das jeweilige Dokument ist. Allerdings betitelt der Autor auch das kontrollierte Sperren von alten Dokumenten als Herausforderung, was sich aktuell in der Blockchain als schwierig gestaltet, da die Daten nicht nachträglich geändert werden können. Für die Implementierung

einer Blockchain-Technologie spricht hingegen wiederum die einfachere Speicherung der Dateien sowie die weltweite Verfügbarkeit der Daten. Auch bei der Archivierung von Dateien würde Arbeitsaufwand entfallen, da die Blockchain aus Ihren Gegebenheiten heraus bereits Daten archiviert. Allerdings stellt der Autor auch dar, dass eingehende Dokumente in der Luftfahrt bereits seit einigen Jahren auf einer IT-Anwendung hinterlegt werden, wobei Mechaniker per Viewer Technik darauf zugreifen können. Auch die Geheimhaltung der Dokumente sei möglich, da vor der Ablage auf der Anwendung, die Zugriffsrechte festgelegt werden. [22] Es lässt sich also schlussfolgern, dass die Digitalisierung im Wartungssektor für Flugzeuge zwar an Bedeutung gewinnt, jedoch die Blockchain aktuell keine attraktive Lösung darstellt.

Kriterien	Bewertung	Bemerkung
Entwicklungsstatus	-	Nur Konzept
Automatisierung	+	Automatische Archivierung, Smart Contracts implementiert
Vertrauen	-	Vertrauen in zentrale Instanzen und korrekte Dokumentationsabläufe erforderlich
Dezentralität	-	Da permissioned Blockchain
Einzigartigkeit	-	Alternative digitalisierte Möglichkeiten existieren
Manipulationssicherheit	-	Da Blockchain nicht so groß wie andere Blockchain geringe Teilnehmerzahl → mindert Manipulationssicherheit
Umsetzbarkeit	o	Abhängig von Anerkennung der MROs

Tab. 2: Analyseergebnisse zur Dokumentation von Werkstattereignissen, eigene Darstellung

B. Blockchain Tickets

Problemstellung

Papiertickets repräsentieren heutzutage nicht mehr den derzeitigen Stand der Technik. Sie gehen mit einem hohen Verwaltungsaufwand und einer unnötigen Ressourcenverschwendung einher. Außerdem sei die globale Reiseindustrie aktuell stark zentralisiert. Es existieren viele verschiedene Fluggesellschaften und Agenturen. Dennoch nutzen die meisten von ihnen die gleichen globalen Vertriebssysteme. Ein globales Vertriebssystem erfasse dabei Daten, wie Flugtickets und Hotelzimmer und stelle diese dann den Reisebüros zur Verfügung. Dadurch erhalten sie einen Anteil am Gewinn, was die Kosten für die Reisenden erhöht. [28]

Blockchain-Lösung

Im November 2019 war Hahn Air die erste deutsche Fluggesellschaft, die die ersten Flugtickets über die Blockchain verkauft hat. Dabei arbeitete die Airline mit dem Startup Unternehmen Winding Tree zusammen. Das Unternehmen bietet einen Blockchain basierten Marktplatz für Flugtickets an. Ohne Website, die die Tickets verwaltet, können Kunden das Ticket nun direkt bei der Airline digital erwerben. Dabei können sie das Ticket bar, per Kreditkarte oder per Kryptowährung bezahlen. Ein weiteres Merkmal, was eine Blockchain basierte Ticketbuchung auszeichnet ist, dass sie open source ist. Das bedeutet, dass Ticketvertrieb, Reisebüros und alle sonstigen Akteure, die an einer Flugticketbuchung beteiligt sind, leichter untereinander Transaktionen austauschen können. [29] Dadurch, dass keine zentrale Instanz die Tickets verwaltet, können Kosten für den Reisenden gesenkt werden. Außerdem werden veraltete Papiertickets eliminiert.

Die Tickets, welche über eine Blockchain gebucht werden, sind außerdem sicher vor Manipulationen, da sie von mehreren Parteien verifiziert werden. Ein weiterer Anwendungsfall für einen Smart Contract in der Buchung von Flugtickets wäre die, durch das Unternehmen AXA angebotene, Flugversicherung. Dieser Smart Contract nutzt die Ethereum Blockchain als Basis und schließt einen digitalisierten Vertrag zwischen dem Versicherten und dem Versicherer ab. Sollte der Flug dann verspätet starten, ist es dem Versicherten dann möglich die vereinbarte Versicherungssumme einzufordern. Umgekehrt bekommt die Versicherung bei einem pünktlichen Start die Versicherungssumme gutgeschrieben. Die Abflugzeiten werden über eine Datenbank abgefragt. Zuletzt wird mithilfe der Blockchain die Vertragsbedingungen geprüft und der Betrag dem Empfänger gutgeschrieben. [30]

Nach Verma ist der Einsatz von Kryptowährungen ein weiterer Vorteil der Blockchain unterstützten Ticketbuchung. Kryptowährung seien laut Verma sicherer als der gewöhnliche Gebrauch von Kreditkarten. Außerdem sinken laut ihm die Transaktionsgebühren für einen Kauf des Tickets per Kryptowährung anstatt per Kreditkarte. Auch die Umtauschgebühren würden entfallen, falls das Ticket in einem anderen Land erworben wird. Die Auswirkungen einer Inflation seien durch den Einsatz von Kryptowährungen für den Ticketverkauf unerheblich. Weiterhin ließe sich ein Loyalitätsprogramm auf Basis der

Blockchain für den Passagier einrichten. Durch das Vergeben einer einzigartigen ID pro Kunde und Zeitstempeln, kann unter der Verwendung von Smart Contracts die Belohnung treuer Kunden unkompliziert erfolgen. Der Smart Contract würde dann für einzelne IDs ab einer bestimmten Anzahl an Flügen automatisch eine Prämie herausgeben. [31]

Blockchain-Typ	Öffentlich → Jeder potenzielle Kunde sollte Zugriff haben, permissionless
Verifizierung	POW sinnvoll
Daten in Blöcken	Transaktionsdetails
Programm auf Blockchain	Smart Contracts → Versicherung, Transaktionen

Tab. 3: Gestaltung der Blockchain zum Ticketverkauf, eigene Darstellung

1) Analyse

Eine blockchainbasierte Ticketbuchung geht mit einem deutlich geringeren Verwaltungsaufwand einher. Außerdem stellt diese Lösung eine Digitalisierung der Tickets dar, wodurch Ressourcen eingespart werden können. Durch die dezentrale Struktur Blockchain können Kosten für den Kunden gesenkt werden, da Tickets nicht mehr zentral von einer Instanz verwaltet werden.

Weiterhin ist eine permissionless Blockchain ein Vorteil, da sie das Vertrauen in zentrale Instanzen überflüssig macht. In einem offenen, berechtigungslosen Netzwerk eignet sich der POW als sinnvoller Konsensmechanismus, welcher allerdings das bekannte Problem des überhöhten Energieverbrauchs mit sich bringe. Die Open Source Lösung, die mit der Blockchain-Technologie erreicht wird, stellt ein neuartiges Konzept dar, was die Einzigartigkeit einer Blockchain auf diesem Gebiet unterstreicht. Ein hoher Automatisierungsgrad, z.B. bei einer Ticketversicherung wird unter Verwendung von Smart Contracts erreicht.

Ein Problem, was sich allerdings bei der Anwendung einer Blockchain zum Ticketverkauf ergibt, ist die fehlende Möglichkeit, bestehende Tickets auf der Blockchain zu löschen. Sollte ein Kunde ein Ticket stornieren wollen, ist dies nicht ohne weiteres möglich. Die Weiterentwicklung der Blockchain in den kommenden Jahren muss eine Lösung finden, um dieses Problem zu beheben.

Ein blockchainbasierter Buchungsprozesses eines Flugtickets kann zusammenfassend ein Anwendungsbeispiel für einen sinnvollen Einsatz der Blockchain-Technologie in der Luftfahrtindustrie abbilden. Bewiesen hat dies die Airline S7 mit der Implementierung einer Blockchain zur Ticketbuchung im Jahre 2016. Sie konnte seitdem einen Gewinn an Passagieren und an Einnahmen erzielen. [32] Blockchainbasierte Ticketverkäufe könnten den Flugbuchungsprozess also schneller, sicherer und unkomplizierter gestalten.

Kriterien	Bewertung	Bemerkung
Entwicklungsstatus	+	Erste Tickets bereits auf Blockchain verkauft
Automatisierung	+	Kein Aufwand zum Kaufen von Tickets mehr nötig, Implementierung von Smart Contracts
Vertrauen	+	Kein Vertrauen in Ticketanbieter nötig, kein Vertrauen in Berechtigte Nutzer nötig
Dezentralität	+	Da jeder potenzielle Kunde die Blockchain betreten soll, ist sie öffentlich-> hohe Dezentralisierung
Einzigartigkeit	+	Digitalisierte Ticketbuchung bereits möglich, Open Source Lösung jedoch einzigartig
Manipulationssicherheit	+	Da hohe Teilnehmerzahl
Umsetzbarkeit	+	Wurde bereits unter Beweis gestellt, weiterer Erfolg abhängig von Nutzerakzeptanz, Abhängig von Weiterentwicklung der Blockchain

Tab. 4: Analyseergebnisse zur Ticketbuchung mithilfe der Blockchain, eigene Darstellung

VI. PROBLEME

Derzeit gehen mit der Implementierung der Blockchain-Technologie noch einige Probleme einher. Im Hinblick auf die Dokumentation einer Flugzeugwartung lassen sich als erstes Problem hohe Investitionskosten identifizieren, da die Infrastruktur einer Werkstatt dann Blockchain fähig gestaltet werden müsste. Es müssten dementsprechend elektronische Geräte installiert werden, die in einem Blockchain-Netzwerk als Knoten fungieren können. Weiterhin sind hohe Unterhaltskosten in Form eines hohen Energieverbrauchs des Blockchain-Systems zu berücksichtigen. Eine papierbezogene Dokumentation ist die deutlich kostengünstigere Alternative, denn nicht nur die Sicherheit eines Flugzeuges muss bei der Wartung beachtet werden, sondern auch die Wirtschaftlichkeit.

Ein weiterer Anhaltspunkt, der sich bei einer Dokumentation innerhalb einer Blockchain als Problem betiteln lässt, ist die mangelnde Anpassbarkeit der Daten innerhalb der Blockchain. Zwar sind die Daten dadurch besser

vor Manipulationen geschützt, jedoch könnten menschliche Fehler jederzeit auftreten. Ein Wartungsschritt könnte Beispiel fehlerhaft dokumentiert werden. Sollte im Nachhinein auffallen, dass die Dokumentation fehlerhaft ist, ist es nicht möglich sie nachträglich zu verändern. Stattdessen müsste dann eine von Grund auf neue Dokumentation in der Blockchain hinterlegt werden, was wieder mit Arbeitsaufwand und Kosten verbunden wäre, wodurch Ineffizienten innerhalb der Arbeitsabläufe eines Wartungsprozesses entstehen. In Bezug auf den Ticketverkauf auf der Blockchain lässt sich die mangelnde Nutzerakzeptanz in der Gesellschaft als Problem auflisten. So könnte das Vertrauen in diese unbekannt Technologie nur durch Aufklärung und Promotionsaktionen hervorgerufen werden, was dann ebenfalls wieder mit höheren Investitionskosten verbunden ist. Außerdem ist ein aktuelles Problem der Blockchain-Technologie das Auswählen eines sinnvollen Konsensmechanismus. Im Verlauf der Arbeit wurde festgestellt, dass einige Konzepte den POA als Konsensmechanismus wählen. Somit muss das Vertrauen aller Netzwerkteilnehmer in autorisierte Teilnehmer erbracht werden. Der Vorteil einer Blockchain, welcher das Vertrauen in zentrale Instanzen überflüssig machen soll, verfällt bei dem Konzept. Außerdem sind einige Konzepte auf der Basis von Hyperledger Fabric. Hyperledger Fabric bietet mit seiner zugangsberechtigten Blockchain zwar eine höhere Skalierbarkeit als offene Blockchains, allerdings ist die Problematik gegeben, dass zugangsberechtigte Blockchains einen niedrigen Grad der Dezentralisierung aufweisen, sodass auch der Vorteil eines dezentral organisierten Systems nicht gegeben ist. Sollten diese Vorteile nicht mehr gegeben sein, muss sich durchaus die Frage nach der Sinnhaftigkeit einer Implementierung der Blockchain-Technologie gestellt werden.

VII. AUSBLICK

Die enorme Forschungsarbeit, die momentan bezüglich der Blockchain-Technologie verrichtet wird, wird weiterhin dafür sorgen, dass die Einsatzmöglichkeiten dieser neuartigen Technologie in immer mehr Branchen untersucht werden. Entsprechend der Prognose einer Studie des World Economic Domes werden bis 2027 mehr als zehn Prozent des weltweiten BIPs unter Anwendung der Blockchain-Technologie erwirtschaftet. Außerdem erwartet das Beratungshaus Roland Berger, dass die Block-

chain-Technologie in den nächsten fünf Jahren Einsparpotential in Milliardenhöhe bringt. [29] Auch der Hype Cycle 2018 geht davon aus, dass die Blockchain Technologie in fünf bis zehn Jahren einen Status erreichen wird, an dem die Blockchain-Technologie produktiv wird, d.h. bis sie allgemeine Anerkennung erlangt und ein stabiles Anwendungsgebiet erreichen wird. [33] Allerdings sollte beachtet werden, dass die Blockchain-Technologie in dem Hype Cycle schon 2016 als Innovation gelistet wurde und bereits 2017 das Level der „überhöhten Erwartungen“ erreichte. Daraus lässt sich also schlussfolgern, dass der Hype der Blockchain-Technologie abgeklungen ist und momentan eine Phase der sachlichen Analyse der Einsatzgebiete und Vorteile der Technologie stattfindet.

Buhl et.al. zufolge bietet die Blockchain-Technologie in jenen Branchen Vorteile, in denen auf einen Mittelsmann verzichtet werden kann, um Kosten zu senken. Auch Risikominimierung durch Prozess- und Datenintegrität, sowie die Echtzeit-Datenübertragung und Verifikation zählen zu den größten Potentialen der Blockchain-Technologie. Datenübertragung in Echtzeit ist unter anderem auch eine derjenigen Eigenschaften, die in der Luftfahrtindustrie von hoher Bedeutung sind. [34]

Einem Interview von Eggenschwiller nach sei die Luftfahrtbranche derzeit auch eine, die mit mehreren Mittelsmännern fungiert. Durch die Transparenz, die mit der Blockchain einhergeht, bringe die Implementierung einer Blockchain in der Luftfahrt erhebliche Vorteile mit sich. Ein Wegfall von Intermediären führe dazu, dass Informationen zwischen allen Gruppierungen, die in der Luftfahrt interagieren, schneller ausgetauscht werden können. Auch er bestätigt, dass der „massive Hype“ der Blockchain aus 2017-2018 mittlerweile in eine systematische Analyse der Potentiale dieser Technologie gemündet ist. Er beschreibt die Zukunft der Luftfahrt mit den Worten: „nahtlos, transparent und datengesteuert“. Diese Worte ließen sich zwar alle mit der Blockchain-Technologie identifizieren, jedoch seien sie nicht ausschließlich auf sie bezogen. [35]

Eine weitere Prognose über die Zukunft der Luftfahrt gibt das, im vorherigen Verlauf der Arbeit vorgestellte, SESAR Projekt ab. Dieses Projekt definiert sechs Hauptziele, von denen vier mit der Implementierung einer

Blockchain Technologie, einfacher zu erreichen wären. Integrierte Systeme lassen sich mit dem Hyperledger Fabric Framework darstellen, indem eine Modularisierung und eine individuelle Anpassbarkeit der Blockchain gegeben ist. Außerdem ist die Unterstützung der Automatisierung durch Smart Contracts realisierbar. Das Teilen von Daten wird mit der Blockchain-Technologie erleichtert und die Integration aller Luftfahrtobjekte ist möglich. Die Luftfahrt wird sich zukünftig also immer mehr mit innovativen Technologien, wie der Blockchain-Technologie auseinandersetzen. Inwiefern sie allerdings in die Prozesse der Luftfahrt implementiert werden kann, bleibt abzuwarten. Es werden Gesetzesänderungen und eine Aufklärung der Nutzer bezüglich der Blockchain-Technologie von Nöten sein.

VIII. FAZIT

Generell wurde im Verlauf der Arbeit festgestellt, dass das Interesse der Luftfahrtbranche an einer neuartigen Technologie, wie der Blockchain, besteht. Projekte und Initiativen, wie BC4A, bestätigen dies. Eine sinnvolle Einsatzmöglichkeit stellt die Verwendung der Blockchain-Technologie im Bereich der Ticketbuchung dar. Dort ist der Entwicklungsstatus bereits so fortgeschritten, dass die Tickets derzeit schon über die Blockchain buchbar sind. Ein hoher Automatisierungsgrad, das dezentrale, offene und damit manipulationssichere Netzwerk runden die Sinnhaftigkeit dieses Einsatzgebietes der Blockchain ab. Die weitere Entwicklung in diesem Gebiet wird abhängig von der Nutzerakzeptanz und der Weiterentwicklung der Blockchain hinsichtlich der Löschung von Daten sein.

In Bezug auf die Dokumentation von Werkstattereignissen wurde erarbeitet, dass aktuell alternative Möglichkeiten existieren, die die Hinterfragung einer Blockchain auf diesem Gebiet zu implementieren, festigen. Hierbei besteht das Problem einer zugangsberechtigten Blockchain, die eine Minderung der Dezentralität hervorruft. Außerdem wird das Vertrauen der Netzwerkteilnehmer in zentrale, verwaltende Knoten nötig. Die Umsetzbarkeit auf diesem Gebiet wird abhängig von der Bereitschaft der Unternehmen sein.

Rückblickend auf alle Einsatzmöglichkeiten der Arbeit, welche in diesem Artikel nur exemplarisch vorgestellt

wurden, lässt sich festhalten, dass die meisten Blockchains in der Luftfahrt eine zugangsberechtigte Blockchain als Basis aufweisen, was den eigentlichen Sinn einer Blockchain in Frage stellt. So beruht der eigentliche Sinn darauf, Vertrauen in zentrale Instanzen überflüssig zu machen einen hohen Grad an Dezentralität einzuführen. Daher sollte die Frage gestellt werden, ob die Nachteile der Blockchain, wie eine begrenzte Skalierbarkeit oder mangelnde Nutzerakzeptanz, in Kauf genommen werden. Weiterhin wurde erkannt, dass die meisten Einsatzmöglichkeiten bislang nur auf Konzepten und Modellen beruhen. Dies ist ein Zeichen dafür, dass die Blockchain-Technologie sich in der Luftfahrt noch in ihren Anfängen befindet und es einer starken Weiterentwicklung bedarf. Die Blockchain-Technologie bietet Vorteile in Netzwerken, die auf eine hohe Teilnehmerzahl zurückgreifen, damit die Verifizierung von möglichst vielen Knoten durchgeführt werden. [17]

Sie muss den Nutzern erklärt werden, um Akzeptanz und Vertrauen in diese Technologie zu erlangen. Dadurch kann eine hohe Teilnehmerzahl erreicht werden und die Sicherheit in dieser Technologie erhöht werden. Sollte diese Technologie verstanden werden und Vertrauen in diese Technologie gebracht werden, stellen auch Konzepte wie der Proof of Authority kein Problem mehr dar, da dieses System der Autorisierung bedingt durch das Verständnis zu mehr Vertrauen führt. Auch eine Weiterentwicklung der Blockchain ist von Nöten, um das Problem der Skalierbarkeit bei einer Blockchain mit hohen Datenverbräuchen zu beheben. Außerdem sollte die Weiterentwicklung auch eine Möglichkeit mitbringen, Daten zu löschen oder rückgängig zu machen, sodass beispielsweise der Ticketverkauf durch die Blockchain problemlos vonstattengehen kann. Abschließend lässt sich festhalten, dass der derzeitige Entwicklungs- und Aufklärungsstatus der Blockchain-Technologie noch nicht hinreichend weit fortgeschritten ist, sodass eine Implementierung der Blockchain-Technologie in sämtliche Bereiche der Luftfahrt einen Mehrwert erbringen kann.

QUELLENANGABEN

[1] Ravling, J. (2019): Was ist Industrie 4.0? Die Definition von Digitalisierung. URL <https://www.wfb-bremen.de/de/page/stories/digitalisierung-industrie40/was-ist-industrie-40-eine-kurze-erklaerung>, zul. abgerufen am: 05.02.2020

[2] Nakamoto, S. (2008): Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System. URL: https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=3&ved=2ahUKEwiqgPv5q_TmAhUENOW-KHe8UA4sQFjACegQIBRAC&url=https%3A%2F%2Fbitcoin.org%2Fbitcoin.pdf&usq=AOvVaw05-4mYD7EyyKjwcHh8i0Vw, zul. abgerufen am: 04.02.2020

[3] Schiller, K. (2019): Was ist Blockchain? – Definition | Einfach und verständlich erklärt. URL: <https://blockchainwelt.de/blockchain-was-ist-das/>, zul. abgerufen am: 05.02.2020

[4] Entwicklung des weltweiten Passagierflugverkehrs von 2007 bis 2038, Boeing zitiert nach de.statista.com, 2019, URL: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/311643/umfrage/flugverkehr-entwicklung-nach-rpk-weltweit/>

[5] Andelfinger, V.; Hänisch, T. (2017): Industrie 4.0 Wie cyber-physische Systeme die Arbeitswelt verändern. Wiesbaden: Springer Gabler

[6] Bundesministerium für Bildung und Forschung (o. D.): Was ist Industrie 4.0? URL: <https://www.plattform-i40.de/PI40/Navigation/DE/Industrie40/WasIndustrie40/was-ist-industrie-40.html>, zul. abgerufen am: 05.02.2020

[7] Klingholz, L. (o.D.): Anwendungsszenarien für Industrie 4.0. URL: <https://www.bitkom.org/Themen/Digitale-Transformation-Branchen/Industrie-40/Anwendungsszenarien.html>, zul. abgerufen am: 04.02.2020

[8] Acatech (2011): Cyber-Physical-Systems Innovationsmotor für Mobilität, Gesundheit, Energie und Produktion. Heidelberg u.a.: Springer Verlag 2011

[9] Condos, J.; Sorell, W.; Donegan S. (2016): Blockchain Technology: Opportunities and Risks. URL: <http://www.gaingon.net/pdf2016/4301532863860983.pdf>, zul. abgerufen am: 04.02.2020

[10] Glaser, F.; Bezenberger L. (2015): Beyond Cryptocurrencies-a Taxonomy of Decentralized Consensus Systems. URL: http://scholar.google.de/scholar_url?url=https://pdfs.semanticscholar.org/ac2c/c809d7b2125b6557fcd73d5faddba710e948.pdf&hl=de&sa=X&scisig=AAG-Bfm1aeZvcfLaV2ixz9Xvaxe8dRM1Srw&nossl=1&oi=scholar, zul. abgerufen am: 03.02.2020

[11] Heck, B. (2019): Anwendung der Blockchain Technologie und Smart Contracts im Supply Chain Management. URL: <https://opus.hs-furtwangen.de/frontdoor/index/index/docId/4929>, zul. abgerufen am: 03.02.2020

[12] Mika, B.; Goudz A. (2020): Blockchain-Technologie in der Energiewende Blockchain als Treiber der Energiewende, Berlin: Springer

- [13] Bogensperger, A.; Zeiselmaier, A.; Hinterstocker, M. (2018): Die Blockchain Technologie Chance zur Transformation der Energieversorgung? URL: https://www.ffe.de/attachments/article/803/Blockchain_Teilbericht_Technologiebeschreibung.pdf, zul. abgerufen am: 04.02.2020
- [14] Mooker, A. (2017): Die Blockchain Technologie: Eine Methode zur Identifikation von Anwendungsfällen. URL: https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&ved=2ahUKEwioLWBp_nmAhXCaVAKHXISBWUQF-jABegQIARAC&url=https%3A%2F%2Fdigitalcollection.zhaw.ch%2Fbitstream%2F11475%2F7678%2F1%2FMooker_Anand_W.MA.WIN.pdf&usg=AOvVaw0CGfs0Gj_suEk0AwXXOnwK, zul. abgerufen am: 04.02.2020
- [15] Neugebauer, R. (2018): Digitalisierung Schlüsseltechnologien für Wirtschaft & Gesellschaft. Heidelberg: Springer Vieweg.
- [16] Hyperledger (2017): Hyperledger Fabric Documentation. URL: <https://hyperledger-fabric.readthedocs.io/en/release-1.1/index.html>, zul. abgerufen am 05.02.2020
- [17] Bechtold, M. (2018): Implementierung und Sicherheitsanalyse von High Mountain Range Options auf einer Blockchain URL: https://elib.uni-stuttgart.de/bitstream/11682/10110/1/BA_MBechtold_2018.pdf, zul. abgerufen am: 04.02.2020
- [17] Hinckeldeyn, J. (2019): Blockchain-Technologie in der Supply Chain Einführung und Anwendungsbeispiele. Wiesbaden: Springer Vieweg
- [18] Wilkens, R.; Falk, R. (2019): Smart Contracts Grundlagen, Anwendungsfelder und rechtliche Aspekte, Wiesbaden: Springer
- [19] Statista (2019): Zu welchen neuen Technologien plant Ihre Airline bis zum Jahr 2022 ein Haupt- oder Forschungsprogramm? URL: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/1001762/umfrage/umfrage-zur-einfuehrung-neuer-technologien-bei-airlines/>, zul. abgerufen am: 05.02.2020
- [20] Vogt, M. (2018): Blockchain in der Aviation-Industrie. URL: <https://www.management-circle.de/blog/blockchain-in-der-aviation-industrie/>, zul. abgerufen am: 05.02.2020
- [21] Rolls Royce (o. D.): Blockchain Innovation Challenge. URL: <https://www.rolls-royce-blockchain-innovation-challenge.com/>, zul. abgerufen am: 04.02.2020
- [22] Hinsch, M.; Olthoff J. (2013): Impulsgeber Luftfahrt: Industrial Leadership durch luftfahrtspezifische Aufbau- und Ablaufkonzepte, Berlin Heidelberg: Springer
- [24] Eiselin, S. (2016): Airbus und Etihad wetten auf Wartungswelle beim A380. URL: <https://www.aerotelegraph.com/airbus-und-etihad-wetten-auf-wartungswelle-beim-a380>, zul. abgerufen am: 08.02.2020
- [23] Wickboldt, C.; Kliwer N. (2018): Blockchain zur dezentralen Dokumentation von Werkstatt ereignissen in der Luftfahrtindustrie. In: HMD Praxis der Wirtschaftsinformatik, Vol. 55, Issue 6, pp 1297-1310
- [25] Lufthansa Industry Solutions (o. D.): Flugzeuge effizienter warten: Die Produkt Suite DocManage. URL: <https://www.lufthansa-industry-solutions.com/de-de/loesungen-produkte/luftfahrt/flugzeuge-effizienter-warten-die-produkt-suite-docmanage/>, zul. abgerufen am: 04.02.2020
- [26] Lufthansa Technik (2019): Lufthansa Technik establishes AVIATION DataHub - an independent data platform for the entire aviation industry. URL: https://www.lufthansa-technik.com/press-releases/-/asset_publisher/Xix57wMv0mow/content/press-release-aviation-data-hub, zul. abgerufen am: 04.02.2020
- [27] Siemens Logistics (o. D.): Die Lösung für effiziente und vernetzte Flughafenprozesse. URL: <https://www.siemens-logistics.com/de/produkte-services-de/digitale-loesungen/digitale-flughaefen/aviation-data-hub>, zul. abgerufen am: 05.02.2020
- [28] Hofer, L. (2019): Hahn Air und Winding Tree schaffen das erste blockchainbetriebene Flugticket. URL: <https://www.ico.li/de/hahn-air-und-winding-tree-schaffen-das-erste-blockchainbetriebene-flugticket/>, zul. abgerufen am: 03.02.2020
- [29] Rau, S. (2019): Hahn Air stellt erste Flugtickets auf der Blockchain aus. URL: <https://blockchainwelt.de/hahn-air-stellt-erste-flugtickets-auf-der-blockchain-aus/>, zul. abgerufen am: 05.02.2020
- [30] Schütz, A. et. al. (2018): Vertrauen ist gut, Blockchain ist besser – Einsatzmöglichkeiten von Blockchain für Vertrauensprobleme im Crowdsourcing. In: HMD Praxis der Wirtschaftsinformatik, Vol. 55, Issue 6, pp. 1155-1166
- [31] Verma, M. (2018): Application of hybrid blockchain and cryptocurrency in aviation. In: International Journal of advance research, ideas and innovations in technology, Vol. 4, Issue 5, URL: https://pdfs.semanticscholar.org/85c9/fc748b5ca1b223ada3dc7efe15889ba14d27.pdf?_ga=2.13240244.262795424.1581358632-1842662717.1577016554, zul. abgerufen am: 10.02.2020
- [32] Revin, V.; Shevcheko, Y. (2019): The Opportunities and challenges of Implementation of Blockchain In Aviation Industry, URL: [http://www.irbis-nbu.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbu/cgiirbis_64.exe?C21COM=2&I21DBN=UJRN&P21DBN=UJRN&IMAG E_FILE_DOWNLOAD=1&Image_file_name=PDF/molv_2019_4\(2\)_8.pdf](http://www.irbis-nbu.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbu/cgiirbis_64.exe?C21COM=2&I21DBN=UJRN&P21DBN=UJRN&IMAG E_FILE_DOWNLOAD=1&Image_file_name=PDF/molv_2019_4(2)_8.pdf), zul. abgerufen am: 05.02.2020
- [33] Pütter, C. (2018): Gartner nennt 5 Megatrends der Zukunft. URL: <https://www.cio.de/a/gartner-nennt-3-megatrends-der-zukunft,3561336>, zul. abgerufen am: 08.02.2020
- [34] Buhl, H.; Schweizer, A.; Urbach, N. (2017): Blockchain-Technologie als Schlüssel für die Zukunft? In: Zeitschrift für das gesamte Kreditwesen, S.596-599
- [35] Ebaco.aero (2019): Meet EBACE2019 Panelist Florian Egenschwiler, Swissport. URL: <https://ebace.aero/2019/latest->

DuEPublico

Duisburg-Essen Publications online

UNIVERSITÄT
DUISBURG
ESSEN

Offen im Denken

ub | universitäts
bibliothek

Dieser Text wird über DuEPublico, dem Dokumenten- und Publikationsserver der Universität Duisburg-Essen, zur Verfügung gestellt. Die hier veröffentlichte Version der E-Publikation kann von einer eventuell ebenfalls veröffentlichten Verlagsversion abweichen.

DOI: 10.17185/duepublico/71584

URN: urn:nbn:de:hbz:464-20200407-074934-0

Alle Rechte vorbehalten.