

■ WHITEPAPER

Future Challenges in Logistics and Supply Chain Management

BLOCKCHAIN UND SMART CONTRACTS: EFFIZIENTE UND SICHERE WERTSCHÖPFUNGS- NETZWERKE

AUTOREN

Sabine Jakob, Fraunhofer IML
Dr. Axel T. Schulte, Fraunhofer IML
Dominik Sparer, Fraunhofer IML
Roman Koller, Fraunhofer IML
Prof. Dr. Michael Henke, Fraunhofer IML

HERAUSGEBER

Prof. Dr. Dr. h.c. Michael ten Hompel
Prof. Dr. Michael Henke
Prof. Dr.-Ing. Uwe Clausen

INTERNET

Das Whitepaper steht Ihnen auch im Internet zur Verfügung unter <http://s.fhg.de/Hsd>

KONTAKT

Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik IML
Joseph-von-Fraunhofer-Str. 2–4
44227 Dortmund
schriftenreihe@iml.fraunhofer.de

DOI

10.24406/IML-N-503691

BLOCKCHAIN UND SMART CONTRACTS: EFFIZIENTE UND SICHERE WERTSCHÖPFUNGSNETZWERKE

Die Blockchain-Technologie birgt ein beträchtliches Potenzial zur Optimierung von Geschäftsprozessen. Mithilfe von digitalen Regelwerken, sogenannten Smart Contracts, können Unternehmen die Einhaltung von Vertragsbedingungen überwachen und Folgeprozesse anstoßen. All das kann automatisch und ohne das Zutun Dritter geschehen – wenn die Partner die Konditionen ihrer Übereinkunft in der Blockchain hinterlegen. So können Kosten und Aufwand von Kooperationen reduziert werden. Dieses Whitepaper erklärt Grundlegendes zu Blockchain und Smart Contracts und zeigt, wie und warum bestimmte Anwendungsfälle und Geschäftsprozesse hiervon besonders profitieren können. Ein besonderes Augenmerk liegt hierbei auf dem Einsatz im Supply Chain Management und in der Finanzbranche.

FUTURE CHALLENGES IN LOGISTICS AND SUPPLY CHAIN MANAGEMENT

Die Schriftenreihe »Future Challenges in Logistics and Supply Chain Management« greift aktuelle Herausforderungen auf, beleuchtet Trends und fokussiert neuartige Technologien und Geschäftsmodelle.

Die verschiedenen Ausgaben der Schriftenreihe zeichnen das Zukunftsbild einer innovativen Branche, das von Forschung und Praxis gestaltet und gelebt wird.

BLOCKCHAIN UND SMART CONTRACTS: EFFIZIENTE UND SICHERE WERTSCHÖPFUNGS- NETZWERKE

Motivation	1
Die Basis: Grundlagen zu Blockchain und Smart Contracts	2
Die Blockchain-Technologie	2
Smart Contracts	4
Das Potenzial: Anwendungsfelder von Blockchain und Smart Contracts im SCM ...	7
Transparente Lieferketten und smarte Prozesse	9
Automatisierte und sichere Beschaffungsprozesse	12
Transaktionen und Finanzströme in Echtzeit	14
Entscheidungskriterien für den Blockchain-Einsatz	16
Die Zukunft: Handlungsempfehlungen und Ausblick	18
Literaturverzeichnis	20

BLOCKCHAIN UND SMART CONTRACTS: EFFIZIENTE UND SICHERE WERTSCHÖPFUNGSNETZWERKE

Motivation

Die Entwicklung von Blockchains und von Anwendungsmöglichkeiten für diese Technologie ist besonders in den letzten Jahren von einer enormen Dynamik geprägt. Laufend wird die Forschung an dieser Technologie vorangetrieben und neue Applikationen werden entwickelt. Der Bereich der Blockchain-basierten Kryptowährungen erregte zuletzt Ende 2017 große mediale Aufmerksamkeit, als die Kryptowährung Bitcoin einen rasanten Kursanstieg auf über 16.000 Euro verzeichnete [1, 2]. Neben der Verwendung als Spekulations- und Investitionsobjekt, wird Bitcoin mittlerweile auch zunehmend als Zahlungsmittel für Produkte und Dienstleistungen aus der realen Welt akzeptiert.

Zusätzlich zu den Kryptowährungen existieren auch Anwendungen für die Blockchain-Technologie, welche über Transaktionen und den Einsatz bei digitalen Bezahlssystemen hinausgehen. Obgleich die Technologie relativ jung ist und noch Forschungsbedarf besteht, wird sie bereits vielseitig intensiv getestet. Besonders die Logistikbranche kann von den vielen Vorteilen der Blockchain profitieren. In diesem Whitepaper werden zunächst die Grundlagen, die für das Verständnis dieser komplexen und noch recht neuen Technologie wichtig sind, erläutert. Dabei werden sowohl das Konzept der Blockchain, als auch die Funktionsweise und Eigenschaften von Smart Contracts erklärt. Das Kapitel der Anwendungsfelder verbindet die technischen Grundlagen mit den Einsatzmöglichkeiten in der Industrie. Hierbei werden neben den naheliegenden Anwendungsbereichen in der Finanzbranche besonders Einsatzfelder im Supply Chain Management und im Einkauf betrachtet. Vor dem Hintergrund immer stärker verzahnter Wertschöpfungsnetzwerke wird das Potenzial eines Blockchain-Einsatzes bei der Optimierung von Prozessen, auch über Unternehmensgrenzen hinweg, aufgezeigt.

Die Basis: Grundlagen zu Blockchain und Smart Contracts

Zum Einstieg in das Themenfeld Blockchain und Smart Contracts ist ein grundlegendes, allgemeines Verständnis der Funktionsweise dieser Technologien hilfreich. Dies ist insbesondere notwendig, um eine Betrachtung der Auswirkungen auf das Supply Chain Management und die Finanzbranche vornehmen zu können. Im Folgenden werden daher die wesentlichen Grundlagen aus beiden Bereichen erläutert und Bezugspunkte zu den genannten Anwendungsfeldern herausgestellt.

DIE BLOCKCHAIN-TECHNOLOGIE

Die Blockchain ist ein dezentralisierter, verteilter, kooperativ genutzter Datenspeicher. Sie ermöglicht den sicheren Datenaustausch in Netzwerken, ohne den Rückgriff auf einen Intermediär [3].

Grundlage der Blockchain-Technologie ist das sogenannte »Distributed Ledger«, ein verteilt gespeichertes Logbuch, welches Einträge mit Informationen enthält. Diese Einträge sind mit einem Zeitstempel versehen und beinhalten außerdem einen Verweis auf den jeweils vorangegangenen Eintrag. Die Einträge, auch Blöcke genannt, sind durch einen kryptografischen Schlüssel – den Hash – manipulationsicher. Dadurch, dass jeder neue Block eine Referenz auf den vorherigen beinhaltet, entsteht eine Verkettung zwischen den Blöcken – die »Blockchain«. Der erste Block einer Kette wird dabei als Genesis-Block bezeichnet. Im Falle der Unterbrechung der Hash-Folge würde dies unmittelbar als Manipulation identifiziert werden. Dank der redundanten Speicherung aller Daten auf allen am Netzwerk teilnehmenden Servern, können fehlerhafte Einträge ersetzt werden [3].

Die **Irreversibilität** ist eine Kerneigenschaft der Blockchain-Technologie. Damit können Informationen oder Transaktionen in der Blockchain weder manipuliert noch gelöscht werden. Hintergrund dabei ist, dass die Datenbanken nicht mehr zentral durch eine Instanz verwaltet und gespeichert werden, sondern in einem sogenannten Peer-to-Peer-Netzwerk (P2P-Netzwerk). Die Informationen der Datenbankeinträge sind identisch und werden dezentral auf den Computern aller Teilnehmer gespeichert. Erstellt ein Teilnehmer einen Eintrag, so wird dieser von allen anderen Netzwerk-Teilnehmern geprüft und erst dann gespeichert, wenn ihn alle bestätigt haben. Dieser Mechanismus wird als integrierter **Konsensmechanismus**, welcher neben der Irreversibilität zu den entscheidenden vertrauensbildenden

Eigenschaften der Blockchain-Technologie gehört, bezeichnet. Um einmal abgespeicherte Daten nachträglich umzuschreiben, müssten alle Computer der Teilnehmer zeitgleich manipuliert werden. Je mehr Teilnehmer sich in einem Netzwerk befinden, desto schwieriger wird die Manipulation. Um eine Transaktion rückgängig zu machen, kann nur im Konsens die entsprechende Gegenreaktion in der Blockchain hinterlegt werden. Somit werden auch Herkunftsnachweise und Transaktionen für abgebildete Werte revisionssicher [4, 5].

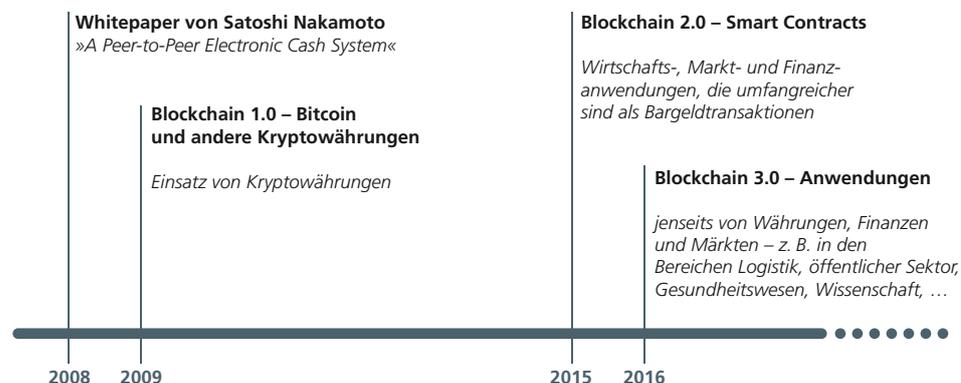
Aufgrund unterschiedlicher Zielsetzungen besteht ein Unterschied zwischen öffentlichen (Public) und nichtöffentlichen (Private) Blockchains. **Public Blockchains** sind öffentliche Netzwerke, die vorrangig für das Handeln und Tauschen von Kryptowährungen genutzt werden. Dabei ist die Bitcoin-Blockchain das älteste Beispiel. Sie beruht auf dem im Jahr 2008 unter dem Pseudonym »SATOSHI NAKAMOTO« veröffentlichten Whitepaper »Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System« [6].

Demgegenüber werden als **Private Blockchains** Systeme bezeichnet, welche nur für ein abgeschlossenes Konsortium zugänglich sind. Dies können zum Beispiel mehrere kooperierende Unternehmen oder Organisationen innerhalb eines Netzwerks sein [7]. Anders als bei Public Blockchains werden bei Private Blockchains die Zugriffsrechte auf das Konsortium beschränkt. Soll ein weiterer Teilnehmer in das Netzwerk integriert werden, muss dies von dem Blockchain-Konsortium genehmigt werden. Darüber hinaus können bei Private Blockchains meist Lese-, Schreib- und Administrationsrechte einzeln vergeben werden. Die Administrierbarkeit ist im Kontext industrieller Blockchain-Anwendungen von zunehmender Bedeutung [4]. Beispiele für Private Blockchains stellen die »Hyperledger Fabric«, »Multichain« oder »Corda« dar.

Die Entwicklung von Blockchain-Anwendungen wird oft in drei Phasen unterteilt (Abbildung 1). Geht es um den Austausch von Kryptowährungen, werden Blockchain-Lösungen unter der Rubrik »**Blockchain 1.0**« gefasst. Zu dieser Gruppe gehört die Bitcoin-Blockchain. Der nächste große Schritt, der zur Entwicklung der Blockchain-Technologie beitrug, war die Einführung von Smart Contracts. Alle Blockchain-Lösungen, die den Ansatz des Smart Contracting verfolgen, werden der Phase »**Blockchain 2.0**« zugeordnet. Ein Beispiel hierfür ist die Ethereum Blockchain, welche ebenfalls zu den Public Blockchains gehört. Anders als bei den ersten beiden Phasen, werden unter dem Begriff »**Blockchain 3.0**« all diejenigen Anwendungen zusammengefasst, die keinen direkten Bezug zu Finanzen haben. Hierbei geht es vielmehr darum, dass dezentrale, autonome Organisationseinheiten auf Basis gemeinsamer Smart Contracts interagieren. Ein Beispiel hierfür ist die oben genannte Hyperledger Fabric [4, 8]. Zu neueren Entwicklungen im Hinblick auf

das Internet der Dinge gehört IOTA, welche sich mit der Verarbeitung von großen Mengen an Transaktionen innerhalb kürzester Zeit beschäftigt.

Abbildung 1:
Entwicklung von Blockchain-Anwendungen in Anlehnung an [8]



Fraunhofer Positionspapier
»Blockchain und Smart Contracts«

Weitere Grundlagen zur Blockchain-Technologie können dem Positionspapier »Blockchain und Smart Contracts – Technologien, Forschungsfragen und Anwendungen« der Fraunhofer-Gesellschaft entnommen werden.

SMART CONTRACTS

Der Begriff des Smart Contracts wurde von NICK SZABO im Jahr 1994 erstmals geprägt und wie folgt definiert:

»A Smart Contract is a computerized transaction protocol that executes the terms of a contract. The general objectives of smart contract design are to satisfy common contractual conditions (such as payment terms, liens, confidentiality, and even enforcement), minimize exceptions both malicious and accidental, and minimize the need for trusted intermediaries.« [9]

Bei Smart Contracts handelt es sich nicht um Verträge im juristischen Sinn, sondern vielmehr um programmierte Wenn-Dann-Bedingungen. Tritt ein bestimmtes Ereignis ein, wird eine vordefinierte Handlung ausgelöst. SZABO nennt das Beispiel eines Getränkeautomaten als etwas, das die Eigenschaften eines Smart Contracts verkörpert. Sobald das Geld bezahlt ist, wird eine unwiderrufliche Reihe von Aktionen in Gang gesetzt. Das Geld wird zurückbehalten und ein Getränk bereitgestellt. Dabei kann weder die Transaktion gestoppt noch das Geld zurückgegeben werden, wenn das Getränk geliefert wird. Die Bedingungen der Transaktion sind in

gewisser Weise in die Hardware und Software, welche die Maschine betreibt, eingebettet [10].

Blockchains eignen sich besonders gut für Smart Contracts, da sie nicht nur die Daten manipulationssicher aufbewahren, sondern auch die automatische Ausführung von Prozessen ermöglichen. So können beispielsweise Temperaturdaten über einen Sensor, der an einem Kühlcontainer angebracht ist, in regelmäßigen Abständen über das Internet in die Blockchain gespeist werden. Tritt ein Schaden aufgrund von Temperaturunterschieden ein, ist die Beweiskette über die Blockchain transparent. Fällt der Schaden in den Verantwortungsbereich eines Logistikdienstleisters, kann dieser unmittelbar eine Entschädigung auszahlen.

Mithilfe von Smart Contracts können die Partner eines Blockchain-Netzwerkes alle Rahmenbedingungen ihrer Beziehungen verbindlich festlegen. Als digitale Regelwerke sind sie in der Blockchain hinterlegt und werden vom System auch automatisch überwacht. Wenn mehrere kooperierende Unternehmen die Konditionen ihrer Zusammenarbeit ausgehandelt und sich auf eine Regelung geeinigt haben, können Smart Contracts die Ausführung von vereinbarten Prozessen auslösen. So kann beispielsweise mithilfe eines Smart Contracts der Zahlungsvorgang zwischen zwei Handelspartnern automatisch ausgelöst werden, sobald der Empfänger die Ware erhalten hat. Dazu müssen die Informations- und Warenflüsse zwischen den Unternehmen in einer Blockchain erfasst werden. Der Smart Contract kann dann auf diese irreversibel gespeicherten Informationen zugreifen. Wurde die Ware in der vereinbarten Menge und Qualität geliefert, kann dies in der Blockchain gespeichert werden. Die ebenfalls hinterlegten Protokolle der Smart Contracts können – nach Prüfung – auf Grundlage dieser Information eine vorab definierte Zahlung an den Lieferanten auslösen, wobei der Zahlungsvorgang selbst ebenfalls in der Blockchain gespeichert wird. Somit kann der administrative Aufwand von der Rechnungsstellung bis zur Zahlungsanweisung erheblich reduziert werden, da diese Vorgänge nicht mehr einzeln und manuell durchgeführt werden müssen, sondern auf Basis der getroffenen Vereinbarungen, automatisiert abgewickelt werden können. Damit bringen Smart Contracts neben dem Datenschutz auch Automatisierung und Intelligenz in dieses System, während IoT-Sensoren verschiedene Daten aus der realen Welt erfassen [11].

Ein großer Vorteil ist, dass bei der Verwendung von Smart Contracts **keine Intermediäre** zwischen den Vertragspartnern erforderlich sind. Während bei klassischen Verträgen Banken, Kanzleien oder Notare das Vertrauen in das Vertragswerk sichern und die Einhaltung der Vertragskonditionen durch alle Parteien überprüfen können, entfällt ein zusätzlicher, zentraler Intermediär im Falle der Smart Contracts.

Hier vertrauen die verschiedenen Vertragsparteien auf die im Programmcode hinterlegten Prozesse und den automatisierten Leistungsaustausch auf der Grundlage der Blockchain-Technologie. Der Verwaltungsaufwand und die Bearbeitungszeit für die Kontrolle seitens eines Intermediäres werden durch dessen Wegfall also ebenfalls reduziert. Infolgedessen sinken auch die Kosten für die Überwachung der Vertragseinhaltung, da diese nicht mehr von einer zentralen Instanz übernommen wird, sondern durch die automatisierten Prozesse der Smart Contracts erfolgt. Einmal festgelegt, können die Smart Contracts die ordnungsgemäße Erfüllung vertraglicher Obligationen bei jedem Vorgang automatisch überprüfen und entsprechende Transaktionen auslösen oder verweigern.

Entscheidend ist hierbei jedoch die Beschränkung von Smart Contracts auf eben solche Ereignisse, welche auch digital überprüfbar sind. Wenn eine Leistungserbringung oder ein anderes Ereignis, das für die Vertragsparteien von Interesse ist, nicht digital abbildbar ist, so kann auch kein Smart Contract hierbei angewendet werden. Es sind also informationstechnische Schnittstellen erforderlich, über welche der tatsächliche Leistungsaustausch erfasst werden kann und die dieses Ereignis einem Smart Contract digital zugänglich machen können.

Das Potenzial: Anwendungsfelder von Blockchain und Smart Contracts im SCM

Die Blockchain-Technologie bietet ein enormes Potenzial zur Optimierung und Verschlinkung einer Vielzahl von Prozessen. Neben dem Finanzsektor kann auch die Logistik, insbesondere entlang ganzer Supply Chains, von der automatisierten Durchführung verschiedener Vorgänge profitieren. Überall dort, wo Nachweise über geleistete Transaktionen erbracht werden müssen oder der ordnungsgemäße Transfer von Gütern zu belegen ist, bietet sich ein mögliches Anwendungsfeld für die Blockchain. In Abbildung 2 sind exemplarisch ein paar Vorteile aufgelistet, die bei Einsätzen in den genannten Sektoren zum Tragen kommen.



Abbildung 2:
Vorteile für verschiedene Sektoren

Einige Lösungen für diese Sektoren werden im Folgenden genauer betrachtet.

INTERNET DER DINGE (IOT)

Die digitale Vernetzung aller physischen Objekte ist wesentliches Element des Internets der Dinge (IoT). (Alltags-)Objekte und Maschinen erhalten eine eindeutige Identität im Netzwerk und sind mit elektronischer Intelligenz (z. B. smarten Sensoren oder Auto-ID-Technik) ausgestattet, welche es ihnen erlaubt zu kommunizieren und Aufgaben automatisch auszuführen. Diese **cyberphysischen Systeme (CPS)** sind es, welche dem Internet der Dinge eine Gestalt geben und die Verknüpfung virtueller Daten mit physischen Gütern ermöglichen. Ziel ist es, die Interaktion zwischen Mensch und Maschine oder auch zwischen Maschinen zu verbessern. Da eine zentrale Koordination des Internets der Dinge kaum möglich ist, bietet die Blockchain eine ideale Lösung, um IoT-Geräte zuverlässig zu verbinden und zu verwalten [3,4]. Abbildung 3 zeigt beispielhaft einige Objekte, die im Kontext des Internets der Dinge gewinnbringend miteinander vernetzt werden können. Diese Technik ermöglicht so beispielsweise fahrerlosen Transportsystemen, wie dem »Smart Transport Robot« (STR), die Abstimmung mit anderen Produktionsanlagen zur Versorgung mit Bauteilen und Zwischenprodukten. Als Kommunikationsmittel

zwischen diesen CPS kann die Blockchain auch bei der Nachweisführung der Leistungserbringung dienen [12]. Andere Anwendungsfälle können sich aus der automatischen Nachbestellung von Ersatzteilen oder der vorab definierten Rechnungsstellung und Abbuchung nach der Entnahme ergeben. Ein CPS, welches auf eine solche Verwendung der Blockchain-Technologie zugeschnitten ist, stellt der intelligente Behälter »iBin« dar (Abbildung 3). Dieser kann durch optische und funkbasierte Füllstandserkennung automatisch die Entnahme von Ersatzteilen registrieren und – basierend auf einer entsprechenden Blockchain-Lösung – autonom die entsprechenden Zahlungs- und Verbuchungsprozesse anstoßen [13].

Abbildung 3:
Internet der Dinge und Blockchain am Fraunhofer IML



Durch die Vernetzung von Ressourcen und Gütern, die ihre Zustände austauschen oder Interaktionen aushandeln sind sichere Speicherorte notwendig, die die wertschöpfenden Tätigkeiten nachhalten. Hierbei ist es unerheblich, ob es sich um unternehmensinterne oder -externe Prozesse handelt, da in jedem Fall eine lückenlose Dokumentation der durchgeführten Wertschöpfungsprozesse erforderlich ist [4].

Ein anschauliches Beispiel hierfür liefert der **Gütertransport innerhalb einer Supply Chain**. Ein Container verlässt den Standort des Herstellers, wird per Bahn zum Hafen transportiert, dann zum Zielhafen verschifft und von dort zum Umschlagzentrum transportiert, bis er schließlich den Standort des Händlers erreicht. Jeder an der Prozesskette Beteiligte unterhält dabei in der Regel eine eigene Datenbank, um den Überblick über seine Vermögensgegenstände zu behalten. Mit einem Blockchain-Netzwerk können die Informationen hingegen für alle

an der Lieferkette Beteiligten in einem verteilten Datenspeicher bereitgestellt werden. Dank IoT kann der Prozess vollständig automatisiert ablaufen, während sich jeder Stakeholder über eine Internetverbindung einen Überblick über Position und Zustand der relevanten Güter verschaffen kann. Beim Gütertransport bedeutet dies, dass der Frachtführer beim Erreichen des Zielhafens eine signierte Nachricht an ein Blockchain-Netzwerk sendet und hierdurch allen Netzwerkteilnehmern mitgeteilt wird, dass der Container dort eingetroffen ist. Auf die gleiche Weise bestätigt der Empfänger, dass er nun im Besitz des Containers ist und übermittelt dies an dasselbe Netzwerk. Hierdurch werden die Belege über den Transportweg der Fracht nachprüfbar und revisionssicher in der Blockchain gespeichert [3]. Eine Voraussetzung hierfür ist die sichere und eindeutige Verknüpfung der physischen Objekte mit den sie betreffenden Zustandsdaten in der Blockchain. Eine Nachverfolgbarkeit und Identifizierbarkeit ist nur gegeben, wenn Einträge erfasster Daten auch eindeutig den entsprechenden Gütern oder Containern zugeordnet werden können [4]. Hierzu benötigen die zu überwachenden Güter und Wertgegenstände eine digitale Identität, welche ihnen einerseits den Zugang zu einem Netzwerk ermöglicht und sie innerhalb dieses Netzwerks zugleich eindeutig identifizierbar macht.

TRANSPARENTE LIEFERKETTEN UND SMARTE PROZESSE

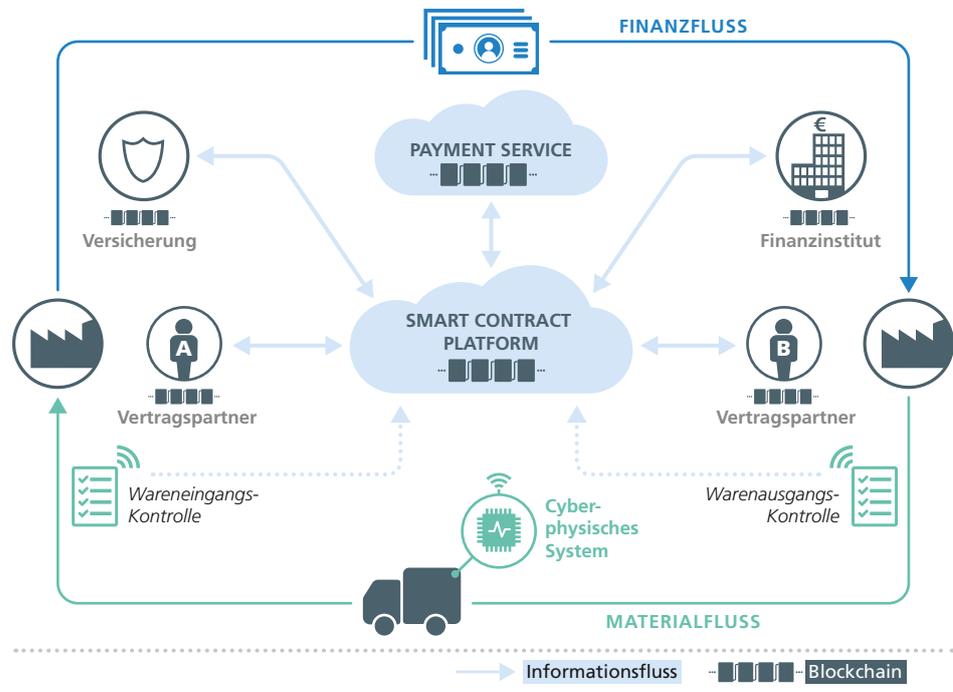
Der weltweite Handel mit seinem umfangreichen Netz aus Lieferanten, Herstellern, Finanz- und Logistikdienstleistern, Händlern und Konsumenten bietet ein interessantes Anwendungsfeld für die Blockchain-Technologie. Durch den Umfang und die Komplexität der beteiligten Systeme entstehen hohe Transaktionskosten, Fehler bei manuellen Arbeitsschritten mit viel Papierarbeit oder Verluste durch Diebstahl oder Sachschäden. Darüber hinaus zählen beispielsweise illegale Herstellungsverfahren, Unsicherheiten über den Ursprung eines Produkts, Produktfälschungen oder -imitate sowie begrenzte Informationen über die Transporthistorie zu weiteren Problemen entlang der Lieferkette. Meist fehlt es an vollständigen »Beweisketten«, die als Nachweis für die Herkunft der Waren oder des verwendeten Materials dienen. Um diesen Problemen entgegenzuwirken bedarf es vertrauenswürdigerer, transparenterer Lieferketten und Technologien, die einen sicheren Datenaustausch gewährleisten [14].

Der Einsatz der Blockchain-Technologie im Supply Chain Management dient der Optimierung der weltweiten Ressourcennutzung sowie der Kosteneinsparung, indem Transportwege optimiert und Unternehmensrisiken durch die Erhöhung der Planungsgenauigkeit reduziert werden können. Die Blockchain ermöglicht in

Kombination mit Auto-ID-Technik eine lückenlose Nachverfolgung eines Produkts von der Herstellung über den gesamten Produktlebenszyklus. Darüber hinaus kann sie Logistik- und Zahlungsprozesse verbessern, die Konformität und die Lieferung von Waren sicherstellen und Verluste verhindern.

Dadurch, dass die Daten an keiner zentralen Instanz vorgehalten werden, sondern verteilt gespeichert sind und von jedem autorisierten Teilnehmer innerhalb des Netzwerks eingesehen und validiert werden können, ist eine Kooperation möglich, bei der Datenzugriffe sicher geregelt werden können. Abbildung 4 zeigt ein vereinfacht dargestelltes Blockchain-basiertes Supply-Chain-Netzwerk mit diversen Partnern auf verschiedenen Ebenen.

Abbildung 4:
Blockchain-basiertes
Supply-Chain-Netzwerk



Die Blockchain fungiert dabei als verteilter Datenspeicher und sichert alle relevanten Informationen für den Smart Contract. Der Smart Contract überprüft basierend auf diesen Informationen die Einhaltung der darin enthaltenen Vertragsinhalte und legitimiert selbstständig Finanztransaktionen bei Erfüllung von bestimmten Vertragsbedingungen [4]. Anstelle des Vertrauens in den Partner oder in einen vertrauensstiftenden Mittelsmann, beispielsweise einen Treuhänder, wird in die **Manipulations- und Revisionsicherheit** der Blockchain-Technologie vertraut. Weil die einmal gespeicherten Daten unveränderlich sind, bietet die Blockchain den Akteuren eines Netzwerks auch eine gesteigerte Rechtssicherheit gegenüber herkömmlicher IT-Infrastruktur. Am Beispiel von Track & Trace-Systemen in Supply Chains wird

deutlich, dass ein Blockchain-Einsatz auch Vorteile durch gesteigerte Transparenz bieten kann. Somit nimmt dank der Revisionsicherheit und Transparenz auch die Glaubwürdigkeit von Frachtverfolgungssystemen innerhalb von Supply Chains zu [3, 15, 16]. Zu den Branchen, die von einer sicheren und verlässlichen Rückverfolgung von Produkten bis zur Quelle profitieren könnten, zählen unter anderem die Pharma- und Lebensmittelindustrie, oder auch die Edelsteinbranche. Einige Anwendungsfälle werden im Folgenden vorgestellt.

Bei einem Ausbruch einer lebensmittelbedingten Krankheit ist es für Einzelhändler zeit- und kostenintensiv herauszufinden, woher die Inhaltsstoffe eines Produkts stammen und von wem die Ware geliefert wurde. Mit einer Blockchain-basierten Lieferkette hingegen lässt sich die genaue Herkunft von Lebensmitteln in Sekundenschnelle zurückverfolgen. Die Blockchain kann Auskunft über alle Transaktionen, Transportrouten oder -bedingungen und vieles mehr geben. Die Aufzeichnung von Herkunftsdaten, Versanddetails und Messwerten, wie Temperatur, Luftfeuchtigkeit oder Erschütterungen, macht den Supply-Chain-Prozess transparent. Um das Vertrauen in das weltweite Lebensmittelsystem zu stärken, untersucht IBM mit einigen größeren Unternehmen aus der Lebensmittelbranche (u. a. Dole, Nestlé, Unilever, Walmart) neue Einsatzfelder für Blockchain in der weltweiten Lieferkette [17, 18].

Die Herkunft hochwertiger Waren und Güter beruht i. d. R. auf Papierzertifikaten, die verloren gehen oder manipuliert werden können. Im Falle von Diamanten sind Echtheit oder Fälschung zudem oft nicht leicht zu erkennen. Die Blockchain-Lösung »EVERLEDGER« erfasst deshalb 40 Qualitätsmerkmale, wie beispielsweise den Schnitt, die Reinheit oder den Ursprungsort, durch die ein Diamant eindeutig identifiziert werden kann und schreibt diese in die Blockchain. Zudem erhält jeder Diamant eine Seriennummer, die mikroskopisch eingraviert und als digitale ID der Blockchain hinzugefügt wird. Somit können die Eigentumsverhältnisse aufgezeichnet und nachvollziehbar gemacht werden. Darüber hinaus kann sichergestellt werden, dass es sich um keinen »Blutdiamanten« handelt, der in einem Kriegsgebiet abgebaut wurde. Ein ähnlich gelagertes Problem tritt im medizinischen Bereich auf. Hier stellen Arzneimittelfälschungen von unbekannter Herkunft und Qualität ein Risiko dar. Die Blockchain ermöglicht eine bessere Patientensicherheit, indem auch hier die Lieferkette vom Hersteller bis hin zur Apotheke transparent gemacht wird [14, 18].

Ein weiteres großes Potenzial für die Blockchain bietet der Güterumschlag, wo der administrative Aufwand beim Warentransport durch die Automatisierung mit Hilfe von Smart Contracts besonders stark reduziert werden kann. Um

Prozessineffizienzen zu vermeiden, haben sich im Jahr 2015 IBM und Maersk in einem Kooperationsprojekt zusammengeschlossen. Die Blockchain dient dabei als Mittel, um das globale Netzwerk von Verladern, Spediteuren, Häfen oder Zollbehörden zu verbinden. Über eine standardisierte Schnittstelle erhält jeder Partner jederzeit Einblick in den Containerstatus. Durch die Verknüpfung von Transportmitteln oder Produkten mit digitalen »Wallets« können Abrechnungen dann automatisch erfolgen [18].

Eine **Demokratisierung von Supply Chains** stellt ebenfalls ein mögliches Resultat des Blockchain Einsatzes dar. Innerhalb von Wertschöpfungsnetzwerken kann es zu einer Neuordnung der Machtverhältnisse kommen, wenn Konsumenten umfassende Einblicke in die Ursprünge erzeugter Produkte und der verwendeten Produktionsmittel erhalten. Bislang hatten die beteiligten Unternehmen innerhalb einer Supply Chain nahezu exklusiven Zugriff auf diese Informationen. Selbst wenn Kunden Auskunft über den Ursprungsort eines Produkts oder verwendete Ressourcen erhalten können, erlangen sie äußerst selten Kenntnis über dessen Kosten- und Profitstruktur. Die Entscheidungsgewalt sowie Möglichkeiten zur Einflussnahme lagen bisher immer bei den betreffenden Unternehmen. Mithilfe der gesteigerten Transparenz in Blockchain-basierten Wertschöpfungsnetzwerken bekämen Kunden viel detailliertere Informationen über die Produkte und Dienstleistungen, die sie kaufen. Sie könnten selbst festsetzen, welche Mindest- und Höchstpreise sie für jeden Arbeitsaufwand und jede Ressource zu zahlen bereit sind. Dementsprechend könnten sie auf dieser Basis diejenigen Produkte suchen und auswählen, die ihren individuellen Kriterien entsprechen. Eine Alternative mit noch weiterreichenden Auswirkungen wäre der Einsatz von Smart Contracts, um den gesamten Produktionsprozess den Verbraucherpräferenzen anzupassen. Unter Umgehung des Handels könnten Endkunden direkt mit Herstellern und weiterverarbeitenden Unternehmen verhandeln und so über den Einsatz bestimmter Rohstoffe im Produktionsprozess mitbestimmen [19].

AUTOMATISIERTE UND SICHERE BESCHAFFUNGSPROZESSE

Viele Beschaffungsprozesse werden auch heute noch papierbasiert abgewickelt, was neben der Bindung betrieblicher Ressourcen auch hohe Kosten mit sich bringt. Gleichzeitig sind Unternehmen durch den Trend zur Individualisierung gezwungen eine immer größere Variantenvielfalt und ein breiteres Produktportfolio anzubieten, was die Komplexität des Beschaffungsprozesses insgesamt noch erhöht. Eine digitale Anbindung von Lieferanten und Partnerunternehmen ist jedoch häufig mit hohem finanziellen und personellen Aufwand verbunden. Ein großer Kostenfaktor

Darüber hinaus können mit Smart Contracts Ausführungen von Vertragsvereinbarungen und Abläufen automatisiert werden. Wird beispielsweise der Einkaufspreis an die Liefertreuekennzahl gekoppelt, kann dem Lieferanten bei Überschreitung der Lieferfrist ein niedrigerer Preis bezahlt werden, als wenn er pünktlich liefert [20]. Auch Leasingverträge könnten überwacht werden. Wird die Leasinggebühr nicht fristgerecht entrichtet, wird das Fahrzeug für den Leasingnehmer blockiert. Des Weiteren können in der Blockchain Wertschöpfungsstammbäume über mehrere Stufen im Lieferantennetzwerk (Tier 1-n) zur Qualitätssicherung und Lieferantentwicklung angelegt werden [4].

TRANSAKTIONEN UND FINANZSTRÖME IN ECHTZEIT

Im Bereich der Finanzströme ist die Handelsfinanzierung, im Besonderen das Instrument des **Supply Chain Finance** für die Blockchain-Technologie in Verbindung mit Smart Contracts ein vielversprechendes Anwendungsfeld. Durch automatisierte Abläufe kann das Zusammenspiel von Finanz- und Materialströmen optimiert und so für eine schnellere Bezahlung von Lieferanten gesorgt werden. Vor allem bei Schnelldrehern, also Waren, die eine hohe Umschlagshäufigkeit aufweisen, bewegen sich die Materialströme so schnell, dass die Finanzströme mit einer größeren zeitlichen Verzögerung erfolgen. So hat ein Hersteller bei einem mehrwöchigen Zahlungsziel möglicherweise schon mehrmals geliefert, ohne dass er hierfür bezahlt wurde. Durch die Beschleunigung von Zahlungsströmen kann die Blockchain-Technologie somit zu einer verbesserten Liquidität entlang von Lieferketten beitragen [21].

»Die Blockchain-Technologie ermöglicht in Verbindung mit dem Einsatz von Smart Contracts rechnungslose Transaktionen. Während heute im B2B-Bereich immer noch mehrheitlich Papierrechnungen versendet werden, die in langwierigen und manuellen Prozessen geprüft, bestätigt und weitergeleitet werden müssen, sichern Blockchains die Vertragsinhalte (Service Level Agreements) und Smart Contracts überwachen die Vertragsausführung. Die zur Leistungsverrichtung gehörende Transaktion kann dann automatisch angestoßen werden. Die Transaktionsbestätigung wird ebenfalls in der Blockchain gespeichert. Diese vom Rechnungsprozess entkoppelten und automatischen Transaktionen werden als Smart Payment bezeichnet.« [4]

Im Rahmen des Farming Cases im **Forschungsprojekt SOFiA** (Smart Objects und Smart Finance) zwischen dem Fraunhofer IML, Claas und Diebold Nixdorf wurde

bereits eine Blockchain-Testumgebung entwickelt und implementiert. Mit dieser Umgebung ist es möglich, den Ernteprozess in der Landwirtschaft sowohl hinsichtlich des Materials als auch der Finanzen vollständig transparent und vor allem sicher darzustellen. Eine Payment Cloud ermöglicht, dass die Zahlungen digital über die Banken, abgewickelt werden können [22]. Bei diesen Zahlungen handelt es sich nicht um Transaktionen von Kryptowährungen, sondern um Fiatgeld.



Weiterführende Informationen zum
Forschungsprojekt SOFiA unter
www.sofia-projekt.de

Mit einer solchen Smart Payment-Lösung können die Finanzströme zwischen den beteiligten Partnern in der Supply Chain erleichtert werden. Hiervon profitieren sowohl Lieferanten, die schneller bezahlt werden, als auch die Banken, die durch das Netzwerk Zugang zu neuen Kunden gewinnen. Das Potenzial solcher Payment-Lösungen ist hoch, doch heutzutage kommen diese nutzbringenden Anwendungen in Logistiknetzwerken noch zu selten zum Einsatz. Wenn Blockchain-Anwendungen großflächiger zum Einsatz kämen, würden sich auch Innovationen aus dem Supply Chain Finance schneller und besser verbreiten. Schließlich profitiert gerade dieser Bereich davon, dass Blockchains ganze Wertschöpfungsnetzwerke transparent und sicher abbilden können [22].

Doch das Potenzial der neuen Technologie reicht noch viel weiter. Im Internet der Dinge sollen cyberphysische Systeme in die Lage versetzt werden, autonom miteinander zu interagieren. Somit wird eine dezentrale Steuerung ganzer Wertschöpfungsprozesse ermöglicht. Da solche Prozesse neben Material- und Informationsflüssen aber auch Finanzflüsse beinhalten, benötigen CPS auch die Fähigkeit diese mitzugestalten, um wahrhaftig autonom agieren zu können. Auch hier kann die Blockchain-Technologie der Schlüssel zum Erfolg sein. Sie versetzt CPS im Internet der Dinge in die Lage, die geforderten Eigenschaften zu erfüllen und beispielsweise Lieferverträge autonom abzuschließen, zu versichern und zu bezahlen [22].

Auf Grundlage von Blockchains und Smart Contracts kann es zu einem tiefgreifenden Wandel in Wertschöpfungsnetzwerken kommen. Unter der Voraussetzung digital überprüfbarer Ereignisse (vgl. Kapitel »Die Basis: Grundlagen zu Blockchain und Smart Contracts«), sieht ein mögliches Szenario wie folgt aus: Handelsbeziehungen basieren nicht mehr alleine auf Macht durch ungleich verteilten Zugang zu Informationen, sondern können auf wechselseitigem Vertrauen neu aufgebaut werden. Durch die hinzugewonnene Transparenz entlang der gesamten Lieferkette können die beteiligten Partner Verhandlungen fair und für alle nachvollziehbar durchführen. So bestimmen nicht länger Einzelne mit exklusivem Zugriff auf Informationen das Machtgefüge und Lieferanten und Abnehmer in der Supply Chain können fortan auf Augenhöhe zusammenarbeiten.

ENTSCHEIDUNGSKRITERIEN FÜR DEN BLOCKCHAIN-EINSATZ

Wie dargestellt wurde, bietet der Einsatz der Blockchain-Technologie ein vielversprechendes Potenzial zur Optimierung von Prozessen und dies über eine Vielzahl von Branchen und Wertschöpfungsstufen hinweg. Unter anderem in den genannten Anwendungsfeldern existieren vielerlei Möglichkeiten, diese Technik gewinnbringend einzusetzen. Jedoch ist die Blockchain nicht zwingend das Allheilmittel für alle auftretenden Probleme und vorhandenen Ineffizienzen in unseren heutigen Geschäftsprozessen. Auch für die Blockchain-Technologie gibt es Entscheidungskriterien und Bedingungen, welche im Vorfeld einer Implementierung zu prüfen und zu berücksichtigen sind. Ob ein Einsatz empfehlenswert ist, wird anhand unterschiedlicher Kriterien erkennbar, welche im Folgenden erläutert werden [4].

Wie bereits für die Anwendungsfelder gezeigt wurde, liegt ein großer Vorteil des Blockchain-Einsatzes in der **Umgehung oder Reduzierung von Intermediären** in Prozessabläufen. Ein Einsatz ist gerade dann sinnvoll, wenn dadurch Kosten reduziert werden können, da die Blockchain Funktionen und Aufgaben von Intermediären übernimmt. Gleiches gilt für die **Beschleunigung von Prozessen**, welche bislang durch mittelnde Institutionen verzögert wurden. Auch eine Automatisierung von Prozessen ist mittels Blockchain-Technologie möglich und kann so in vielen Fällen zu einer Reduktion von Verwaltungskosten und –aufwand beitragen. Weiterhin bieten sich Prozesse an, die eine rückwirkende Unveränderlichkeit von Transaktionen und eine damit einhergehende **Datenintegrität** erfordern. Ein Einsatz der Blockchain-Technologie empfiehlt sich ebenfalls, wenn ein **dezentrales Netzwerk** möglich ist und flüchtig bekannte Kooperationspartner involviert sind, so dass eine belastbare Transaktions- und Vertrauensbasis fehlt. Ferner ist ein Blockchain-Einsatz grundsätzlich bei all den Prozessen angezeigt, welche Werte, Rechte, oder Nachweise verschiedener Art übertragen müssen [4].

Allerdings beinhaltet die Blockchain-Technologie auch einige Hürden, die es im Vorfeld einer Implementierung zu überwinden gilt. Neben einer derzeit **unklaren Rechtslage**, insbesondere bezüglich der Rechtssicherheit Blockchain-basierter Transaktionen, deren Absicherung Aufgabe des Gesetzgebers und der Gerichte bleibt, existieren weitere organisatorische und technische Herausforderungen. Zu den vorrangigen Herausforderungen bei der Implementierung Blockchain-basierter Lösungen und Systeme zählt aus technischer Sicht derzeit vor allem die mangelnde Standardisierung. Da die Technologie in der Anfangsphase ihrer Entwicklung steht und momentan von einer Vielzahl von Akteuren an Neu- und Weiterentwicklungen gearbeitet wird, ist eine **Interoperabilität unterschiedlicher Blockchain-Anwendungen** noch nicht gewährleistet. Es bedarf daher entsprechender

Standards, um hier eine Kompatibilität zu ermöglichen [23]. Auch die Anbindungsmöglichkeiten an existierende Plattformen und Infrastrukturen, die nicht auf der Blockchain basieren, spielen hierbei eine wichtige Rolle [24].

Eine weitere technische Herausforderung stellt die Frage der **Skalierbarkeit von Blockchains** dar. Um beispielsweise die Informationen, welche im Rahmen der IoT-Technologie in Umlauf kommen, überhaupt verarbeiten zu können, müssen Datenübertragungen in viel größerer Frequenz bewältigt werden, als es bislang beispielsweise bei der Bitcoin-Blockchain möglich ist. Dafür werden aktuell neue Entwicklungen, wie IOTA, erforscht. Ebenso müssen administrative Regelungen getroffen werden, um Prozesse des Blockchain-Betriebs, Zustimmungen zu Updates, sowie die Rollen- und Aufgabenverteilung innerhalb des Netzwerkes zu klären. Bei der Implementierung der neuen Technologie besteht schließlich – wie bei anderen Technologien auch – ein generelles, operatives Risiko beim Übergang einer Technologie auf eine andere. Entweder werden beide Infrastrukturen eine Zeit lang parallel betrieben, oder die bisherige Infrastruktur kann zu Beginn der Einführung der neuen Technik als Rückfallebene bereitgehalten werden [24].

Die Zukunft: Handlungsempfehlungen und Ausblick

»Wirtschaft und Politik beschäftigen sich intensiv mit den Herausforderungen und Potenzialen der Digitalisierung. Entwicklungen im Kontext der Blockchain-Technologie werden großen Einfluss auf die Gestaltung und Durchführung von digitalen Geschäftsprozessen und öffentlichen Prozessen und damit auch auf gesellschaftliche Prozesse haben. Aktuell werden durch vielfältige Initiativen und Konsortien internationale Standards gesetzt, die eine frühzeitige Beteiligung notwendig machen. Dies sollte ressortübergreifend erfolgen, da sowohl juristische, fiskale, forschungspolitische und wirtschaftliche Fragen aufgeworfen werden.« [4]

Aktuell fehlt es auf politischer Ebene an einem umfassenden, rechtlichen Ordnungsrahmen, der sowohl Innovationen ermöglicht, als auch den Bürger schützt. Um dies zu erreichen sind mehrere Aktivitäten erforderlich, die im Folgenden erläutert werden. Eine bedeutsame Aufgabe ist die **Gewährleistung der Rechtssicherheit**. So ist die gerichtsverwertbare Nutzung von Daten und Transaktionen, die in der Blockchain gespeichert werden, derzeit ungeklärt. Es muss daher geprüft und definiert werden, welche Rechtskraft die in einer Blockchain gesicherten Daten und Transaktionen besitzen. Darüber hinaus muss auch festgelegt werden, welche **funktionalen und kryptografischen Anforderungen** eine Blockchain zu diesem Zweck erfüllen sollte. Abschließend sollte auf ein **einheitliches Vorgehen** bei der Gestaltung von Vorgaben und gesetzlichen Richtlinien geachtet werden. Da Blockchain-Anwendungen nicht auf die nationale Ebene beschränkt sind, sollten Untersuchungen und Pilotierungen zur rechtlichen Konsequenz transnationaler Blockchains auf EU-Ebene gestartet werden. Diese eher politisch motivierten Aktivitäten sollten unter der Nebenbedingung erfolgen, dass eine Einbeziehung in den internationalen Rahmen gewährleistet ist, damit keine singulären, auf Deutschland beschränkten Lösungen umgesetzt werden [4].

Auf forschungspolitischer Ebene empfehlen sich Aktivitäten, die sich vor allem auf Aspekte der **Standardisierung** beziehen. Deutschland ist über das DIN bereits in der internationalen Standardisierung vertreten (ISO/TC 307 Blockchain and distributed ledger technologies). Dies sollte durch die Untersuchung verschiedener Aspekte aktiv unterstützt werden. Dazu gehört die Standardisierung und Zertifizierung von Smart Contracts, indem für häufig verwendete Anwendungsfälle Muster und Vorlagen oder darüber hinaus Marktplätze für Smart Contracts entstehen. Um hieraus

verlässliche Standardbausteine zu entwickeln, sind Prüfinstanzen und Zertifizierungsstellen vonnöten, die Smart Contracts auf ihre Anwendungs- und Prozessintegrität hin prüfen. Weiterhin werden in Zukunft **Bibliotheken und Marktplätze** benötigt, über die Smart Contracts angeboten werden und die vor allem KMUs zur Nutzung zur Verfügung stehen. Schließlich werden für diese Lösungen auch Warnsysteme erforderlich, mit denen erkannte Schwachstellen behandelt werden können. Besonders relevant sind solche Aktivitäten für KMUs, da diese meist nicht in der Lage sind, eigene Abteilungen zur Entwicklung von Smart Contracts und Blockchain-Anwendungen aufbauen zu können. An dieser Stelle sind KMUs darauf angewiesen, sich entsprechende Dienstleistungen oder Know-how einkaufen zu können.

Neben der Public Blockchain entstehen zukünftig immer mehr Private Blockchain-Anwendungen. Durch die Verbreitung von Blockchain-Infrastrukturen mit sich überschneidenden Anwendungskontexten ist daher ein Aufbau einer **Blockchain Registry**, die der Registrierung und Bekanntmachung von Blockchain-Infrastrukturen dient, in verschiedenen Anwendungsgebieten erforderlich. Dadurch können doppelte Aktivitäten vermieden und Synergien hergestellt werden, indem parallele Aktivitäten in eine gemeinsame Blockchain-Infrastruktur überführt werden. Sollte dies seitens der Unternehmen nicht erwünscht oder technisch nicht realisierbar sein, ist dennoch die Standardisierung von Schnittstellen zur Interoperabilität mit bestehenden Infrastrukturen und anderen Systemen erforderlich. Nur so ist die langfristige Entstehung eines Ökosystems, welches beispielsweise die interoperable Nutzung von Blockchain-Infrastrukturen für Finanztransaktionen, Warenverfolgung und Qualitätssicherung von Produktionsdaten ermöglicht, realisierbar.

Konkret könnte eine frühzeitige Förderung von Infrastrukturen mit einer Blockchain für die Forschungslandschaft in Deutschland (eScience) umgesetzt werden. Dabei ist es bei der Verfolgung dieser Empfehlungen wichtig, den **Fokus auf KMUs** zu legen, da diese häufig in Wertschöpfungsnetzwerken zusammenarbeiten und die Blockchain gerade in Netzwerken ihr Potenzial voll entwickeln kann. Deswegen müssen für KMUs entsprechende Beratungsmaßnahmen zum Know-how Aufbau und zur Aufklärung durch Tests und Piloten initiiert werden. Hierzu können auch der Aufbau und der Betrieb von KMU-fokussierten Blockchain-Infrastrukturen für die in diesem Papier beschriebenen Anwendungsfelder gehören [4].

Literaturverzeichnis

- [1] Finanzen.net GmbH (2018): Bitcoin-Euro-Kurs. URL: <https://www.finanzen.net/devisen/bitcoin-euro-kurs/historisch> – Abgerufen am 10.04.2018.
- [2] Kling, B. (2017): Bitcoin knackt die 20.000-Dollar-Marke. Pressemitteilung vom 18.12.2017. URL: <https://www.zdnet.de/88321323/bitcoin-knackt-die-20-000-dollar-marke/> – Abgerufen am 10.04.2018.
- [3] Christidis, K.; Devetsikiotis, M. (2016): Blockchains and Smart Contracts for the Internet of Things. In: IEEE Access. 4, S. 2292-2303, IEE Xplore Document. URL: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=7467408> – Abgerufen am 03.04.2018.
- [4] Prinz W.; Schulte, A. (2017): Blockchain und Smart Contracts Technologien, Forschungsfragen und Anwendungen. Fraunhofer. https://www.ihl.fraunhofer.de/content/dam/ihl/de/documents/OE260/Fraunhofer-Positionspapier_Blockchain-und-Smart-Contracts.pdf – Abgerufen am 04.04.2018.
- [5] Burelli, F.; John, M.; Cenci, E.; Otten, J. Courtneidge, R.; Clarence-Smith, C. (2015): Blockchain and Financial Services: Industry Snapshot and Possible Future Developments. URL: <https://www.innovalue.de/publikationen/InnovalueLockeLord-BlockchaininFinancialServices2015.pdf> – Abgerufen am 10.04.2018.
- [6] Nakamoto, S. (2008): Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System. URL: <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf> – Abgerufen am 10.04.2018.
- [7] Greenspan, G. (2015): MultiChain Private Blockchain – White Paper. URL: <https://www.multichain.com/download/MultiChain-White-Paper.pdf> – Abgerufen am 10.04.2018.
- [8] Swan, M. (2015): Blockchain - Blueprint for a New Economy. O'Reilly Media, Inc. Februar 2015.
- [9] Szabo, N. (1994): Smart Contracts. URL: <http://web.archive.org/web/20160306112751/http://szabo.best.vwh.net/smart.contracts.html> – Abgerufen am 10.04.2018.
- [10] Szabo, N. (1996): Smart Contracts: Building Blocks for Digital Markets.
http://www.fon.hum.uva.nl/rob/Courses/InformationInSpeech/CDROM/Literature/LOTwinterschool2006/szabo.best.vwh.net/smart_contracts_2.html – Abgerufen am 10.04.2018.
- [11] Chen, S.; Shi, R.; Ren, Z; Yan, J.; Shi, Y; Zhang J. (2017): A Blockchain-based Supply Chain Quality Management Framework. IEEE Computer Society. DOI 10.1109/ICEBE.2017.34. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=8119146> – Abgerufen am 12.04.2018.
- [12] Fraunhofer IML (2016): „Smart Transport Robot“- FTS im Kofferformat. Pressemitteilung vom 08.03.2016. URL: https://www.ihl.fraunhofer.de/de/presse_medien/pressemitteilungen/smart-transport-robot---fts-im-kofferformat-.html – Abgerufen am 12.04.2018.
- [13] Fraunhofer IML (2013): Der Behälter für das Internet der Dinge. Pressemitteilung vom 19.02.2013. URL: https://www.ihl.fraunhofer.de/de/presse_medien/pressemitteilungen/logimat-2013_wuerth.html – Abgerufen am 12.04.2018.

- [14] Boucher, P.; Nascimento S.; Kritikos, M. (2016): Wie die Blockchain-Technologie unser Leben verändern könnte. Referat Wissenschaftliche Vorausschau (STOA) (Hrsg.). PE 581.948. Februar 2017. URL: <http://www.europarl.europa.eu/stoa/> – Abgerufen am 29.03.2018.
- [15] Lu, Q.; Xu, X. (2017): Adaptable blockchain-based systems – A case study for product traceability. In: IEEE Software, Ausgabe November/Dezember 2017, S. 21-27. URL: <http://doi.ieeecomputersociety.org/10.1109/MS.2017.4121227> – Abgerufen am 10.04.2018.
- [16] Herzog, C. (2017): Blockchain verändert die Welt. Lebensmittel Zeitung, Ausgabe 42. 20. Oktober 2017.
- [17] Gar, O. (2017): Mit Blockchain Lebensmittel sicherer machen – und Leben retten. 14. September 2017. URL: <https://www.ibm.com/de-de/blogs/think/2017/09/14/mit-blockchain-lebensmittel-sicherer-machen/> – Abgerufen am 10.04.2017.
- [18] Hackius, N.; Petersen, M. (2017): Blockchain in Logistics and Supply Chain: Trick or Treat? Hamburg International Conference of Logistics (HICL). October 2017. DOI: 10.15480/882.1444. URL: https://www.researchgate.net/publication/318724655_Blockchain_in_Logistics_and_Supply_Chain_Trick_or_Treat?enrichId=rgreq-1595d313fab55fb84ce07c631e6d38e3-XXX&enrichSource=Y292Z-XJQYWdIOzMxODcyNDY1NTtBUzo1NDc4NDY4MzI3MDE0NDBAMTUwNzYyODI3MTIOMQ%3D%-3D&el=1_x_2&_esc=publicationCoverPdf – Abgerufen am 04.04.2018.
- [19] Mattila, J. (2016): The Blockchain Phenomen – The Disruptive Potential of Distributed Consensus Architectures. BRIE Working Paper 2016-1. URL: <http://www.brie.berkeley.edu/wp-content/uploads/2015/02/Juri-Mattila-.pdf> – Abgerufen am 04.04.2018.
- [20] Rösch, J; Herburg, J. (2018): Wie die Supply Chain von der Digitalisierung profitiert - Blockchain im Einkauf. 3. Januar 2018. URL: <https://beschaffung-aktuell.industrie.de/einkauf/blockchain-im-einkauf/> – Abgerufen am 10.04.2018.
- [21] Henke, M. (2017): Schnelles Geld – Blockchain beschleunigt Supply Chain Finance. Lebensmittel Zeitung, Ausgabe 42. 20. Oktober 2017.
- [22] Henke, M. (2017): Blockchain – Von Supply Chain Finance über Smart Payment bis zu Smart Contracting. Bundesministerium für Wirtschaft und Energie. De hub – digital ecosystem. URL: <https://www.de-hub.de/blog/d/blockchain-von-supply-chain-finance-ueber-smart-payment-bis-zu-smart-contracting/> – Abgerufen am 04.04.2018
- [23] Schlatt, V.; Schweizer, A.; Urbach, N.; Fridgen, G. (2016): Blockchain: Grundlagen, Anwendungen und Potenziale. In: Fraunhofer FIT Whitepaper. Dezember, 2016. S. 1-54.
- [24] Van de Velde, J.; Scott, A.; Sartorius, K.; Dalton, I. (2016): Blockchain in Capital Markets – The Prize and the Journey. Februar 2016.

IN KOOPERATION MIT



EffizienzCluster
LogistikRuhr



LEISTUNGSZENTRUM
LOGISTIK UND IT

GEFÖRDERT VOM

Ministerium für Innovation,
Wissenschaft und Forschung
des Landes Nordrhein-Westfalen



INNOVATIONSLABOR
Hybride Dienstleistungen
in der Logistik

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung