

Expertenbefragung zur Einführung von Nachverfolgungssystemen

Erfolgsfaktoren für Blockchain Anwendungen in modernen Lieferketten

N. Künster, F. Schmitt, D. Palm

ZUSAMMENFASSUNG Nachverfolgungssysteme spielen eine immer größere Rolle im Management interner und externer Erwartungen in globalen Lieferketten. Gleichzeitig steigt die Komplexität dieser Aufgabe durch komplexere und dynamischere Lieferketten. Vor diesem Hintergrund attestieren viele wissenschaftliche Publikationen Blockchain Technologie (BCT) großes Potenzial bei der Umsetzung dezentralen Nachverfolgungssystemen in globalen Lieferketten. In der praktischen Umsetzung zeigen sich allerdings kaum erfolgreiche Anwendungen. Dieser Beitrag arbeitet auf Basis von Experteninterviews Gründe für dieses Situation, in Form von Herausforderungen und Erfolgsfaktoren von Blockchain Systemen in globalen Lieferketten, heraus.

STICHWÖRTER

Digitalisierung, Logistik, Informationsmanagement

Expert survey on the introduction of tracking systems with blockchain in global supply chains – Success factors for blockchain applications in modern supply chains

ABSTRACT Traceability systems are playing an increasingly important role in managing internal and external expectations in global supply chains. At the same time, the complexity of this task is increasing due to more complex and dynamic supply chains. Against this backdrop, many scientific publications attest to the great potential of blockchain technology (BCT) in implementing decentralized tracking systems in global supply chains. However, there are hardly any successful solutions in practical implementation. Based on expert interviews, this article works out the reasons for this situation in the form of challenges and success factors of blockchain systems in global supply chains.

1 Einleitung

In modernen Lieferketten lässt sich eine Entwicklung von linearen Lieferketten hin zu komplexeren und fragmentierten Lieferantennetzwerken beobachten [1, 2]. Aus linearen Lieferketten mit klar definierten Material- und Informationsflüssen werden dynamische Netzwerke, in denen Partner in sich ändernden Beziehungen Material und Informationen austauschen. Die steigende Komplexität der Netzwerke erhöht die Schwierigkeit, Nachverfolgbarkeit in Lieferketten zu erreichen. Nachverfolgbarkeit beschreibt die Fähigkeit, alle Lebenszyklusinformationen zu einem Objekt über seine Produktidentifikation zu erhalten [3]. Nachverfolgbarkeit in Lieferketten ermöglicht effizienteres Management von Risiken und Störungen in Lieferketten [4]. Neben dieser unternehmensinternen Motivation steigen auch die regulatorischen und gesellschaftlichen Anforderungen an die Nachverfolgbarkeit in Unternehmen. Das deutsche „Lieferketten-gesetz“ und die analogen Initiativen in der Europäischen Union stellen ein Beispiel hierfür dar [5, 6]. Nachverfolgung gesamter Lieferketten vom Rohmaterial bis zum Endprodukt benötigt geeignete technische Systeme. Diese Nachverfolgungssysteme müssen die Sammlung der Daten, die Zuordnung der gesammelten

Daten zu einem Produkt sowie den Austausch der Daten entlang der gesamten Lieferkette gewährleisten [7].

Gerade in komplexen, fragmentierten Lieferketten kommen herkömmliche Ansätze an ihre Grenzen. Technische Lösungen in diese Systeme müssen also für den Einsatz in komplexen, fragmentierten Lieferketten geeignet sein. Oft werden Nachverfolgungsdaten nach dem „one-step-up one-step-down“ Modell nur mit direkten Geschäftspartnern geteilt [7]. Hier besteht das Risiko, dass bei langen und dynamischen Lieferketten Informationen entlang der Lieferkette verloren gehen. Alternativ werden Lösungen mit zentralisierten Datenbanken verwendet [7]. Hier werden die Nachverfolgungsdaten mehrerer Teilnehmer der Lieferkette in einer gemeinsamen Datenbank gespeichert und können über APIs abgerufen werden. Eine solche Struktur setzt eine Instanz voraus, die den Aufbau und die Verwaltung dieser Datenbank und ihrer Infrastruktur übernimmt. In klar abgeschlossenen Lieferketten mit starken Unternehmen, die Standards setzen können, ist die Etablierung einer solchen Instanz leichter möglich als in fragmentierten Lieferketten. Herkömmliche Ansätze bieten also Lösungen für begrenzte Nachverfolgbarkeit oder statische Lieferketten. In dynamischen, fragmentierten Lieferketten kommen diese Ansätze jedoch an ihre Grenzen.

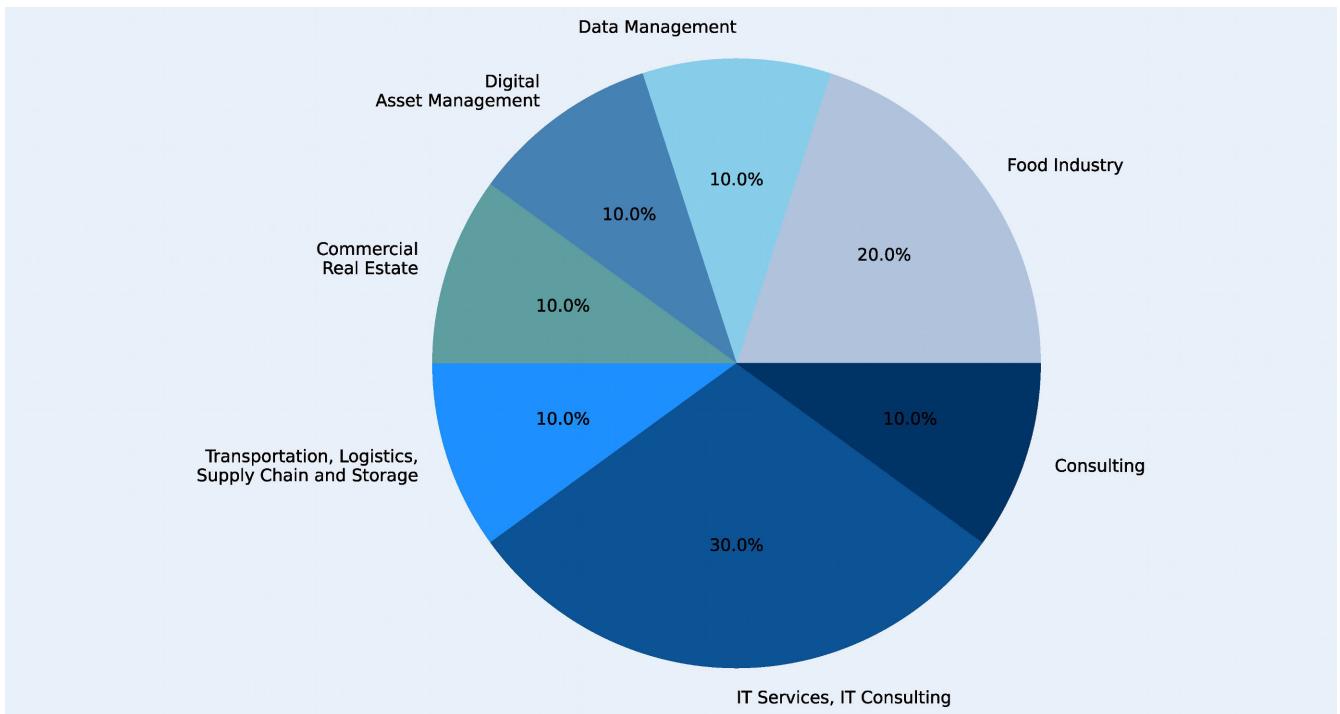


Bild 1. Branchen der befragten Experten. *Grafik: eigene Darstellung*

Vor diesem Hintergrund werden dezentralen Ansätzen ein großes Lösungspotenzial zugeschrieben. Diese Lösungen basieren in der Regel auf Blockchain Technologie (BCT) [8, 9]. Blockchain bezeichnet ein System aus mehreren Parteien, das durch den Einsatz von Konsensalgorithmen und verlinkter Datenblocks einen unveränderlichen Datenlog erzeugt, ohne zentralen Koordinator des Datenaustausch zu benötigen [10]. Auf einer Blockchain können also einander unbekannte Netzwerkteilnehmer, nach den Regeln eines festgelegten Protokolls, dezentral Daten austauschen und speichern. Auf Basis dieser Eigenschaften finden sich in der wissenschaftlichen Literatur Konzepte, die Blockchain zur Grundlage umfassender Nachverfolgungssysteme machen [11]. Diese Konzepte sehen die Nutzung einer Blockchain als Plattform für die Speicherung von Nachverfolgungsdaten vor. Durch die Unveränderbarkeit der Blockchain können so Nachverfolgungsdaten konsistent und langfristig gespeichert werden, ohne dass ein zentraler Intermediär die Daten verwalten muss. *Dietrich et al.* beschreiben beispielsweise eine Lösung, die anhand von EPICS Supply Chain Events gesamte Produktlebenszyklen nachverfolgen kann [10]. Dazu werden Produkte auf der Blockchain tokenisiert und jedes reale Event, das ein Produkt erfährt, als Event Log des Tokens auf der Blockchain gespeichert.

Eine Review identifiziert inklusive diesem Beispiel 57 Veröffentlichungen mit Konzepten zu dem Thema [11]. Trotz der Vielzahl an Ansätzen und dem offenkundigen akademischen Interesse bleiben praktische Implementierungen begrenzt.

Eine der bekanntesten praktischen Umsetzungen findet sich im TradeLens Projekt, einer 2018 durch die Kooperation von Maersk und IBM gestarteten Initiative. Das Ziel war ein globales Nachverfolgungssystem für Seicontainer auf einer Blockchain zu etablieren [12]. Dadurch sollte Verfügbarkeit, Qualität und Integrität der Nachverfolgungsdaten entlang der gesamten Lieferkette erhöht werden [13, 14]. Nachdem die Initiative zunächst auf breites Interesse stieß und auf 200 Teilnehmer, darunter auch

große Reedereien und Hafenbetreiber, anwuchs, wurde die Plattform 2022 eingestellt. Als Begründung für das Scheitern wird die fehlende Effizienz im Austausch und Abgleich der Nachverfolgungsdaten angeführt [15]. Analog zu diesem prominenten Beispiel könnten sich wenige Lösungen in der praktischen Umsetzung behaupten.

Es stehen also dem theoretisch formulierten Potenzial von Blockchain zur Nachverfolgung in Lieferketten wenige praktische Anwendungen gegenüber. Diese wenigen praktischen Beispiele scheiterten wiederum teilweise in der Umsetzung. Dieser Beitrag möchte die Hintergründe dieses Umstandes beleuchten, indem er die konkreten Herausforderungen und Erfolgsfaktoren herausarbeitet. Die Identifikation und Beschreibung dieser Faktoren stützt sich dabei auf eine Befragung von zehn Experten mit Erfahrung im Aufbau und Betrieb von Blockchain Lösungen in Lieferketten.

2 Expertenbefragung

Zur Identifikation von Herausforderungen und Erfolgsfaktoren bei der Umsetzung von Blockchain Anwendungen in globalen Lieferketten wurde eine Befragung von zehn Industriexperten durchgeführt. Diese Experten sollten praktische Erfahrung mit Blockchain Projekten in globalen Lieferketten gesammelt haben. Um den praktischen Fokus der Befragung sicherzustellen, wurden Experten, die sich rein akademisch mit dem Thema auseinandersetzen, ausgespart. Konkret wurden drei Kriterien bei der Auswahl der Experten angelegt:

1. Technische Expertise in Blockchain Anwendungen: Ein Experte muss über ein technisches Verständnis der nötigen Systeme für Blockchain Anwendungen in Lieferketten verfügen.
2. Praktische Erfahrungen mit Blockchain Anwendungen in Lieferketten: Ein Experte muss in einer Beratungs- oder

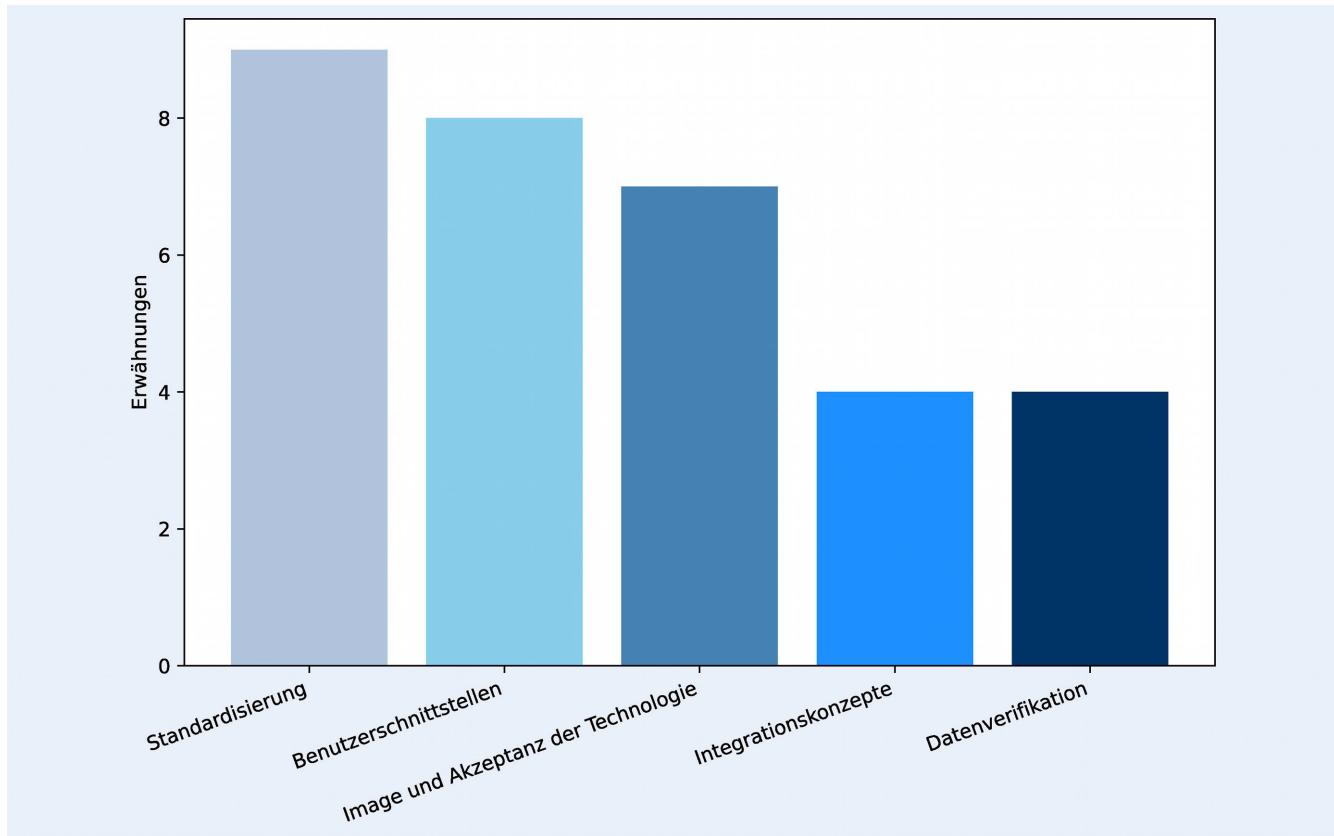


Bild 2. Übersicht der relevantesten Herausforderungen. *Grafik: eigene Darstellung*

Managementrolle an mindestens einem Integrationsprojekt für BCT in Lieferketten beteiligt gewesen sein

3. Erfahrungen in globalen Lieferketten: Der Experte muss dabei in oder für ein Unternehmen mit mindestens 249 Mitarbeitern oder 50 Millionen Euro Umsatz tätig gewesen sein.

Experten, die diese Kriterien erfüllen, konnten in verschiedenen Bereichen gefunden werden. Wie **Bild 1** zeigt, kommen die meisten Experten aus funktionalen Bereichen wie IT-Services, Consulting oder Data Management. Es haben jedoch auch Experten aus Anwendungsdomänen wie der Lebensmittelindustrie oder Logistik an der Befragung teilgenommen. Die Experten wurden in semi-strukturierten Interviews nach Erkenntnissen und Einschätzungen zu den Erfolgsfaktoren bei der Umsetzung von Blockchain Projekten befragt. Die Experten hatten dabei nach einer initialen Frage die Möglichkeit verschiedene Punkte zu nennen und auszuführen.

3 Herausforderungen bei der Implementierung von Blockchain in Lieferketten

Die begrenzte Umsetzung von praktischen Lösungen im Markt sowie das Scheitern großer Projekte, wie TradeLens, lässt auf Herausforderungen sowohl beim initialen Aufbau als auch beim nachhaltigen Betrieb solcher Anwendungen schließen. In den Experteninterviews wurden diese Herausforderungen wie folgt abgefragt:

„Welche wesentlichen Herausforderungen haben Sie bei der Integration von Blockchain-Technologie in globale Lieferketten in

Bezug auf Rendite, Datensicherheit, Skalierbarkeit, Mitarbeiterexpertise und technische Herausforderungen erlebt?

Dabei kristallisieren sich vier besonders relevante Herausforderungen heraus. Diese Herausforderungen werden im Folgenden genauer beschrieben. Es wurde, wie in **Bild 2** dargestellt, die Herausforderung der Datenspeicherung von neun der Experten herausgestellt. Die Herausforderung der Integration externer Datenquellen und der Interoperabilität dieser Datenquellen wurde jeweils sechsmal thematisiert und die kulturelle Transformation wurde von fünf Experten erwähnt.

Datenspeicherung

Bei der Sammlung aller relevanten Nachverfolgungsdaten eines Produkts über den gesamten Lebenszyklus fallen große Datenmengen an. BCT ist jedoch keine hocheffiziente Datenspeichertechnologie. Daher binden Blockchain Konzepte in Lieferketten oft neben einer Speicherung auf einer Blockchain („on-Chain“) auch andere Speichermedien („off-Chain“) ein [16]. Eine alleinige on-Chain Speicherung der Nachverfolgungsdaten ist laut der Experten technisch schwierig und ineffizient. Der Aufbau einer Blockchain führt dazu, dass die Speicherung großer Datenmengen laut einem der Experten „wesentlich mehr Ressourcen, Rechenleistung und Bandbreite erfordern“ würde. Die Experten sehen die Nutzung von „off-Chain“ Speicher für Teile der Daten als zielführender. Es ergibt sich somit die Herausforderung bei dem Aufbau von Datenstrukturen zwischen kritischen Ereignissen, die besondere Sicherheits- und Transparenzanforderungen mitbringen, und detaillierte und speicherintensivere Daten zu unterscheiden. Es muss eine Balance zwischen der, durch Einsatz von Blockchain zu erreichenden, Sicherheit und

Transparenz auf der einen Seite und der effizienten Speicherung und Verarbeitung der Daten auf der anderen Seite gefunden werden.

Externe Datenquellen

Das zentrale Nutzenversprechen der Blockchain für die Nachverfolgbarkeit in Lieferketten ist die Konsistenz der Daten, die durch die Unveränderbarkeit der Blockchain sichergestellt wird [17]. Wenn jedoch andere Blockchains oder externe Datenquellen in das Gesamtsystem aufgenommen werden, könnten falsche oder unvollständige Daten ins System eingelesen werden. Damit wäre die Konsistenz der Daten, trotz des Einsatzes einer Blockchain, nicht gewährleistet. Ein Experte führte aus: „Wenn die Informationen, die ursprünglich von Ihren Oracle-Diensten auf eine Blockchain bereitgestellt werden, nicht korrekt sind, führt das zu verfälschten Informationen“. Man spricht dabei auch von dem Blockchain Oracle Problem [18]. Bezogen auf Anwendungen für Nachverfolgbarkeit in Lieferketten zeigen sich in den Interviews zwei konkrete Herausforderungen in diesem Bereich. Dabei handelt es sich zum einen um fehler-hafte Eingaben oder das Auslassen von Daten, durch einen Teilnehmer im Netzwerk. Hierzu stellte einer der Experten fest: „Wenn man entscheiden kann, was man auf die Blockchain setzt, macht die Blockchain keinen Sinn“. Automatische Datenerfassung, etwa durch IoT-Systeme, stellt sicher, dass keine Daten bewusst ausgelassen werden können. Wegen der Unveränderbarkeit der Blockchain können hier jedoch Fehler oder Ausfälle der Hardware zu fehlerhaften Daten auf der Blockchain führen. Wenn eine Blockchain also im Rahmen des Nachverfolgungssystems mit externen Datenquellen interagiert, sind wirkungsvolle Verifizierungsmechanismen nötig, die vor dem Schreiben eines Datensatzes auf die Blockchain seine Validität sicherstellen.

Interoperabilität

Umfassende Nachverfolgung basiert auf Daten aus verschiedenen Quellen. Diese Datenquellen werden oft bereits durch bestehende IT-Systeme verwaltet. Blockchain Lösungen müssen im Zusammenspiel mit diesen Legacy Systemen und Infrastrukturen funktionieren. Ein Experte betonte die Schwierigkeiten bei der Integration von Blockchain in vorhandene Systeme und die Notwendigkeit von Interoperabilität: „Interoperabilität wird hauptsächlich durch APIs gehandhabt und Systeme kommen bereits mit bestimmten APIs, auf die zugegriffen werden kann“. Dabei ist im Besonderen zu beachten, dass die einzubindenden Strukturen firmenspezifisch sind. Die Anbindung an ein übergreifendes Blockchain System stellt dementsprechend ein komplexes IT-Projekt dar.

Kulturelle Transformation

Die Einführung von Blockchain Lösungen sollte mit einem Paradigmenwechsel von zentralisierten hin zu dezentralen Strukturen einhergehen. Traditionelle Geschäftsmodelle basieren oft auf zentralisierten Strukturen und einer Kontrolle sowie Restriktion von Informationen. Die Einführung dezentraler Systeme wie Blockchain bedeutet, dass Unternehmen offener und kollaborativer agieren müssen. Ein Experte mit Erfahrung aus mehreren Blockchain-Integrationsprojekten wies darauf hin, dass „der kulturelle Widerstand und die Akzeptanz“ eine der größten Herausforderungen darstellen. Viele Entscheidungsträger sind

möglicherweise skeptisch gegenüber der Technologie, insbesondere wenn sie mit negativen Assoziationen wie Kryptowährungen verbunden ist.

4 Erfolgsfaktoren für Blockchain in Lieferketten

Neben einem Verständnis für die Herausforderungen erlauben bereits durchgeführte Blockchain Projekte in globalen Lieferketten auch einen Blick auf Erfolgsfaktoren für zukünftige Projekte. In der durchgeführten Expertenbefragung wurden diese Erfolgsfaktoren wie folgt abgefragt:

Rückblickend auf Blockchain-Implementierungen in Lieferketten: Welche Schlüsselfaktoren erachten Sie als entscheidend für deren Erfolg, und warum?

Im Folgenden werden die fünf relevantesten Faktoren näher beschrieben. Die fünf am häufigsten genannten Erfolgsfaktoren sind in **Bild 3** zu erkennen.

Standardisierung

Standardisierte Datenmodelle und Schnittstellen vereinfachen die Integration von unterschiedlichen Teilnehmern mit bestehenden Informationssystemen in einem gemeinsamen System [19] und verhindert so Inkonsistenzen bei den Nachverfolgungsdaten. Die Experten haben in der Befragung die zentrale Rolle von gemeinsamen Standards für die effiziente Nutzung von BCT in Lieferketten unterstrichen. Ein Experte erwähnte den ERC-3643-Standard [20] auf Ethereum für die Tokenisierung realer Vermögenswerte: „Wenn wir physische Objekte on-chain bringen wollen, brauchen wir einen Standard, um diese digitalen Repräsentationen später zu ändern“. Solche Standards ermöglichen es, physische Assets wie Produkte oder Rohstoffe konsistent und nachvollziehbar auf der Blockchain abzubilden. Für die Darstellung der Daten sind jedoch auch globale semantische Standards sinnvoll. Durch die Verwendung etablierter Ontologien und Datenmodelle kann die Kommunikation zwischen verschiedenen Systemen und Organisationen erleichtert werden. Standardisierung trägt auch dazu bei, das Blockchain-Oracle-Problem zu mildern. Durch gemeinsame Protokolle für die Datenerfassung und -verifizierung kann die Vertrauenswürdigkeit externer Datenquellen erhöht werden.

Benutzerschnittstellen: Die technische Komplexität von BTC kann bei der Nutzung von Nachverfolgungssystemen und der Integration dieser Systeme in eigene Unternehmen eine große Hürde darstellen. Intuitive Schnittstellen zum System stellen dementsprechend einen wichtigen Faktor für die Akzeptanz und Einsatzfähigkeit bei den Nutzern dar. Die Experten sehen insbesondere die Ausrichtung der Schnittstellen an den Geschäftsprozessen der Unternehmen als erfolgversprechenden Ansatz. So erklärte einer der Experten: „Entwickeln Sie es wie eine gewöhnliche Anwendung und Sie haben eine viel höhere Akzeptanz“. Dies gilt sowohl für Benutzerschnittstellen als auch für technische Schnittstellen zwischen IT-Systemen. Benutzerschnittstellen müssen auch von Mitarbeitern ohne Verständnis für die Besonderheiten des dezentralen Blockchain Systems sicher und einfach zu bedienen sein. Auf diesem Weg können fehlerhafte Eingaben reduziert werden und die Akzeptanz und Mitwirkung der Mitarbeiter gesichert werden. Ebenso müssen technische Schnittstellen vorhanden sein, die eine Einbindung in bestehende IT-Systeme

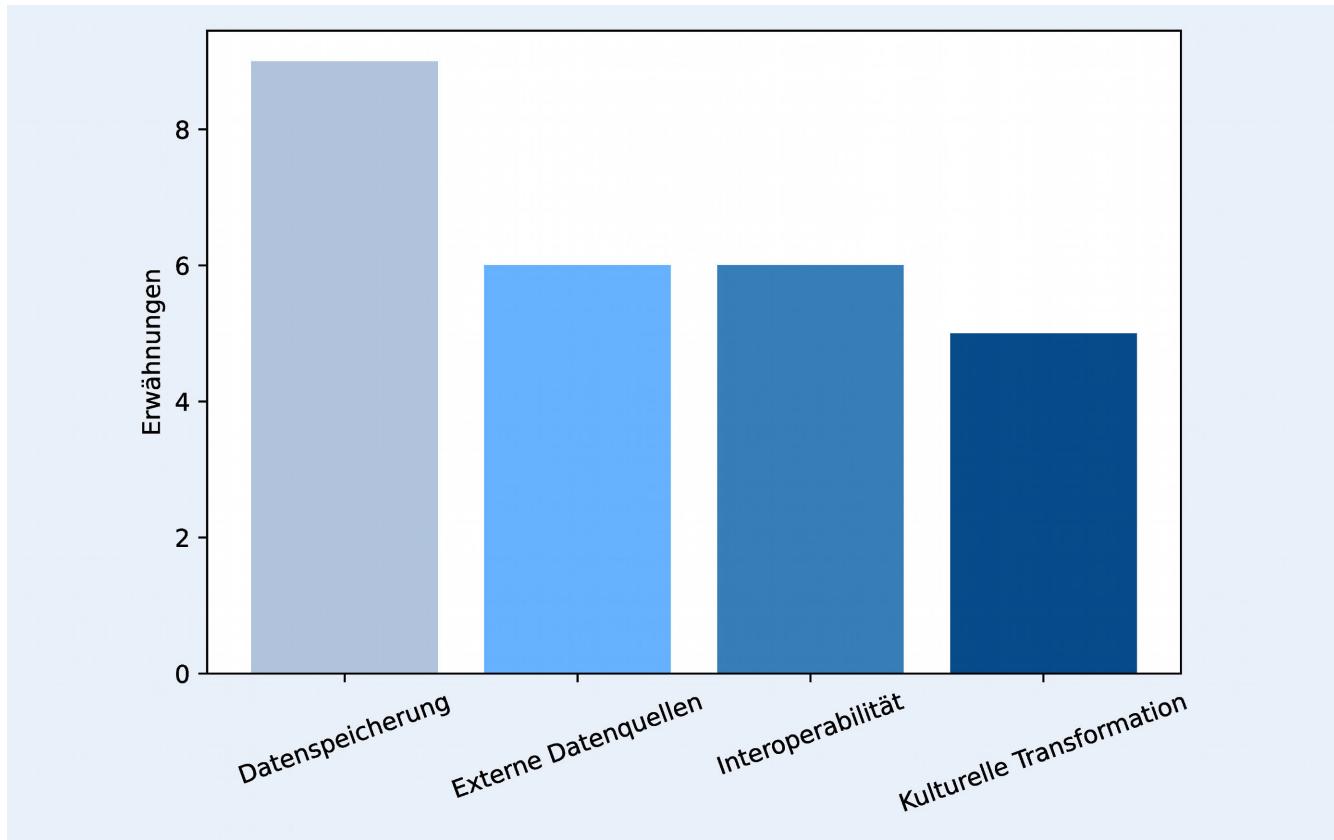


Bild 3. Übersicht der relevantesten Erfolgsfaktoren. *Grafik: eigene Darstellung*

ermöglichen. Auch hier muss die Einbindung prozessorientiert und ohne detailliertes Verständnis der Blockchain erfolgen können. Eine komplexe Einbindung erhöht die finanzielle Hürde zur Teilnahme bei den Unternehmen.

Image und Akzeptanz der Technologie

In der öffentlichen Wahrnehmung wird Blockchain oft mit Kryptowährungen und den damit verbundenen Volatilitäten und Risiken assoziiert. Diese Wahrnehmung kann die Akzeptanz in traditionellen Geschäftsbereichen hemmen. So erklärte einer der Experten: „Blockchain hat das Image von Bitcoin, Unsicherheit und Instabilität, was die Akzeptanz von Blockchain in Lieferketten und anderen Bereichen schädigt“. Um die nötige Akzeptanz für Blockchain-basierte Lösungen in Lieferketten zu erreichen, müssen diese in Abgrenzung zu Kryptowährungen auf Basis ihrer Vorteile positioniert werden.

Integrationskonzepte

Die beschränkte Performance der Blockchain macht bei der Skalierung von Anwendungen den Rückgriff auf externe Datenspeicher („off-Chain Daten“) nötig. Die nahtlose Integration verschiedener off-Chain Speicher miteinander und mit den Daten auf der Blockchain („on-Chain Daten“) stellt einen zentralen technischen Erfolgsfaktor dar. Für einen der Experten ist dieser Punkt sogar „[...] aus technischer Sicht der kritischste Erfolgsfaktor“. Hier muss eine erfolgreiche Gesamt Lösung die Orchestrierung der unterschiedlichen Speicher erlauben. Dafür sind standardisierte APIs und spezifische Middleware geeignet.

Datenverifikation

Während die transparente Struktur der Blockchain die Konsistenz von Daten auf der Blockchain sicherstellen kann, können externe Datenquellen inkonsistente Daten beinhalten. Mechanismen zur Verifikation der externen Off-Chain Daten können die Konsistenz des Gesamtsystems steigern. Hier werden Lösungen benötigt, die sowohl die Einhaltung geeigneter Datenformate sicherstellen als auch inhaltlich nicht valide Eingaben erkennen können.

4 Fazit

Dieser Beitrag hat das Ziel, die Einführung und Nutzung von Blockchain Systemen in Lieferketten genauer zu untersuchen. Ausgehend von der Beobachtung, dass sich theoretisch beschriebene Potenziale von Blockchain in Lieferketten noch nicht in einer breiten praktischen Verbreitung wiederfinden, wurden in Experteninterviews Herausforderungen dieser Systeme in der Praxis herausgearbeitet. Um trotz der Herausforderungen Perspektiven zum Einsatz von Blockchain aufzuzeigen, wurden in den Interviews ebenso Erfolgsfaktoren abgefragt.

Die Ergebnisse der Experteninterviews zeigen die Relevanz technischer, organisatorischer und kultureller Fragestellungen. Technisch stellt der Umgang mit verschiedenen externen Datenquellen eine große Herausforderung dar. Analog sind Konzepte zum Management dieser Datenquellen als Erfolgsfaktor bei der Einführung von Anwendungen zu beachten. Dabei spielt sowohl die Entwicklung technischer Schnittstellen und Middleware als auch die Koordination mit anderen in Standardisierungsthemen eine Rolle. Die Experten führen ebenso auf der kulturellen Ebene

ein fehlendes Verständnis für die Möglichkeiten der Technologie an. Um dieser Herausforderung entgegenzutreten, zeigt dieser Beitrag eine Positionierung der Vorteile als Erfolgsfaktor auf. Außerdem vereinfachen geeignete Nutzerschnittstellen die Verwendung von Blockchain Lösungen.

Es zeigt sich, dass sowohl die Herausforderungen als auch die Erfolgsfaktoren nicht direkt die Ausgestaltung der Blockchain betreffen. Vielmehr stellen die Experten die Einbettung anderer IT-Systeme und die Einbindung in die Prozesse der Organisationen in den Vordergrund. Diese Erkenntnis deckt sich mit den Gründen, die für die Einstellung der TradeLens Plattform angegeben wurden. Dieser Beitrag zeigt spezifische Entwicklungspotenziale für den effizienteren Abgleich der Nachverfolgungsdaten auf.

Diese Erkenntnisse können zukünftig eine Rolle, sowohl in der akademischen Betrachtung der Thematik als auch der praktischen Umsetzung anderer Anwendungen, spielen. Beide Seiten sollten im Weiteren die nötigen Konzepte für die Einbindung der Blockchain in Organisationen und IT-Infrastrukturen entwickeln und erproben. Auf diesem Weg könnten eine Basis für die breite Nutzung von Blockchain Technologie in Nachverfolgungsanwendungen geschaffen werden.

L iteratur

- [1] Ivanov, D.; Dolgui, A.: Viability of intertwined supply networks: extending the supply chain resilience angles towards survivability. A position paper motivated by COVID-19 outbreak 58 (2020), p. 2904
- [2] Bašić, M.; Kovše, Š.; Opačić, A.; Pecarević, M. et al.: Supply chain management mitigation to climate change in three selected industrial sectors 14 (2023), p. 1
- [3] Olsen, P.; Borit, M.: How to define traceability 29 (2013) p. 142
- [4] Razak, G.M.; Hendry, L. C.; Stevenson, M.: Supply chain traceability: a review of the benefits and its relationship with supply chain resilience (2021), p. 1
- [5] Bundestag. Act on Corporate Due Diligence Obligations in Supply Chains Germany, 2021
- [6] European Union. Towards a mandatory EU system of due diligence for supply chains, 2020
- [7] GS1 Global Traceability Standard: GS1's framework for the design of interoperable traceability systems for supply chains, 2017
- [8] Qatibi, M.R.S.A.; Rathinam, G.: Enhancing Supply Chain Management: A Blockchain-Based Approach for Data Privacy and Transparency in the IoT Era, in 2023 10th International Conference on Electrical Engineering, Computer Science and Informatics (EECSI), IEEE (2023.), p. 667
- [9] Dasaklis, T. K.; Voutsinas, T. G.; Tsoulfas, G. T.; Casino, F.: A Systematic Literature Review of Blockchain-Enabled Supply Chain Traceability Implementations 14 (2022), p. 2439
- [10] Dietrich, F.; Louw, L.; Palm, D.: Blockchain-Based Traceability Architecture for Mapping Object-Related Supply Chain Events. Sensors (Basel) 23
- [11] Dietrich, F.: 2023. A Systematic Literature Review of Blockchain-Based Traceability Solutions. Hannover publish-Ing
- [12] Wang, Y.; Han, J.H.; Beynon-Davies, P.: 2019. Understanding blockchain technology for future supply chains: a systematic literature review and research agenda 24, p. 62
- [13] Chang, Y.; Iakovou, E.; Shi, W.: 2020. Blockchain in global supply chains and cross border trade: a critical synthesis of the state-of-the-art, challenges and opportunities 58, p. 2082
- [14] Ganne, E.: 2018. Can blockchain revolutionize international trade? World Trade Organization, Geneva
- [15] Jovanovic, M.; Kostić, N.; Sebastian, I.M.; Sedej, T.: 2022. Managing a blockchain-based platform ecosystem for industry-wide adoption: The case of TradeLens 184, p. 121981
- [16] Alghanmi, N.A.; Alghanmi, N.; Alhosaini, H.; Hussain, F.K.: Carbon Credits Storage: A Comparative Multifactor Analysis of On-chain vs Off-chain Approaches, in p. 134
- [17] Abeyratne, S.A.; Monfared, R.P.: 2016. Blockchain ready manufacturing supply chain using distributed ledger 05, p. 1
- [18] Ezzat, S.K.; Saleh, Y.N.M.; Abdel-Hamid, A.A.: 2022. Blockchain Oracles: State-of-the-Art and Research Directions 10, p. 67551
- [19] Kennedy, A.; Morgan, G.; Southall, M.; Traub, K.: 2016. EPC Information Services (EPCIS): Standard event data, both within and across enterprises enables disparate applications to create and share visibility
- [20] ERC3643 Association. ERC3643: The standard for permissioned tokens. <https://www.erc3643.org>



Nils Künster, M.Sc.

Foto: Autor

nils.kuenster@reutlingen-university.de

Tel. +49 7121271 3164

Felix Schmitt, B.Sc.

Prof. Dr. techn. Daniel Palm

ESB Business School, Hochschule Reutlingen

Alteburgstr. 150, 72762 Reutlingen

www.esb-business-school.de

L I Z E N Z



Dieser Fachaufsatz steht unter der Lizenz Creative Commons Namensnennung 4.0 International (CC BY 4.0)