

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/326625600>

Die Blockchain als eine Technologie für die Verwirklichung von Visionen der I4.0

Conference Paper · May 2018

CITATIONS

3

READS

1,366

3 authors, including:



[Christian Diedrich](#)

Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg

194 PUBLICATIONS 1,389 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



[Alexander Belyaev](#)

18 PUBLICATIONS 27 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



Industrie 4.0 Communication [View project](#)



test methods for connected systems [View project](#)

EKA 2018

Die Blockchain als eine Technologie für die Verwirklichung von Visionen der I4.0

Christian Diedrich, Alexander Belyaev
Institut für Automatisierungstechnik
Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg
Universitätsplatz 2
30106 Magdeburg
Tel.: 0391 / 67-58499

E-Mail: christian.diedrich@ovgu.de,
alexander.belyaev@ovgu.de

Jannick Eisenhardt
Blockchain & Emerging Technology DACH
IBM Deutschland GmbH
IBM-Allee 1
71139 Ehningen
Tel.: 07034/ 274-58-29

E-Mail: Jannick.Eisenhardt@de.ibm.com

Stichworte: Digitalisierung, Blockchain, Industrie 4.0, Interaktion, Semantik, Interoperabilität

Zusammenfassung:

Industrie 4.0 verspricht eine neue Stufe der Organisation und der Steuerung von Wertschöpfungsketten. Durch die Vernetzung zu einem Internet der Dinge mit Hilfe von Daten und Diensten sowie einer umfassenden Kooperation von Komponenten eines Industrie 4.0-Systems entstehen dynamische, selbstorganisierende, selbstoptimierende und unternehmensübergreifende Wertschöpfungsnetzwerke.

In diesem Beitrag soll Blockchain als eine mögliche Technologie zur Umsetzung der oben genannten Visionen der Industrie 4.0 diskutiert und evaluiert werden. Blockchain ist in der Öffentlichkeit oftmals unter den Begriffen "Bitcoin" und "Kryptowährungen" verbreitet. Das Potenzial der Blockchain als zugrundeliegende Technologie für verschiedene Anwendungsfälle reicht jedoch weit darüber hinaus. Hinter Blockchain verbirgt sich die Idee eines verteilten Systems, in welchem die partizipierenden Parteien direkt miteinander interagieren und handeln können. Anders als bei zentralen Datenbanken, halten bei der Blockchain Technologie alle Parteien eine exakte Kopie der Daten auf ihren eigenen Systemen. Dadurch ist es nun nicht mehr notwendig einer zentralen Instanz zu vertrauen. Mit Hilfe von Smart Contracts / Chaincode können auch Verträge oder Business Logik unterschiedlicher Art automatisiert über die Blockchain abgewickelt werden.

In diesem Beitrag sollen mögliche Anwendungsfelder der Blockchain Technologie im Produktionssektor vorgestellt werden. Am Beispiel des Szenarios „Auftragsgesteuerte Produktion“ der Plattform I4.0 wird eine mögliche Integration und Umsetzung von I4.0-Konzepten mit Blockchain analysiert.

1. Einführung, Visionen

Als Industrie 4.0 wird die Digitalisierung der Produktion bezeichnet. Es handelt sich dabei um eine neue Stufe der Organisation und Steuerung der Wertschöpfungskette über den gesamten Lebenszyklus von Produkten hinweg. Die Vernetzung und Digitalisierung ermöglicht es allen Akteuren über Wertschöpfungsketten und den gesamten Produktlebenszyklus nahtlos zusammen zu arbeiten: traditionelle Hierarchien sowie Silo Denken wird dabei aufgebrochen. Die Vernetzung erfolgt vom einzelnen Produkt über die produzierenden Maschinen bis hin zur Interaktion zwischen Herstellern, Zulieferern und Kunden (Abbildung 1).

Über den gesamten Lebenszyklus hinweg müssen alle relevanten Daten rund um das Produkt zur Verfügung stehen. Die Produktionsprozesse und -abläufe können durch die Vernetzung und eine erhöhte Transparenz sowohl flexibilisiert, als auch optimiert werden.

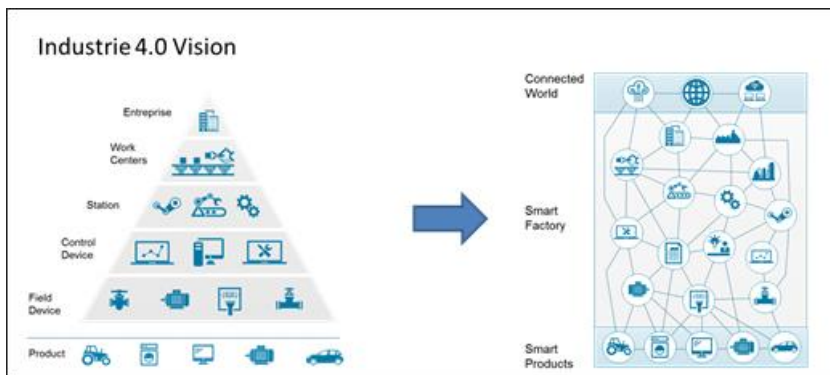


Abbildung 1: Transformation zu Industrie4.0 [Quelle: ZVEI]

Grundlage für neue potentielle Geschäftsideen und Wertschöpfungsketten ist die informationstechnische Vernetzung und Integration physischer und virtueller Objekte zu einem globalen Netzwerk. Genau wie bei dem Grundgedanken der Industrie 4.0 handelt es sich auch bei der Blockchain Technologie um eine Dezentralisierung von Daten. Vielfach kann dabei auf bis dato bestehende Intermediäre verzichtet werden, an Stelle dessen die Blockchain eingesetzt wird.

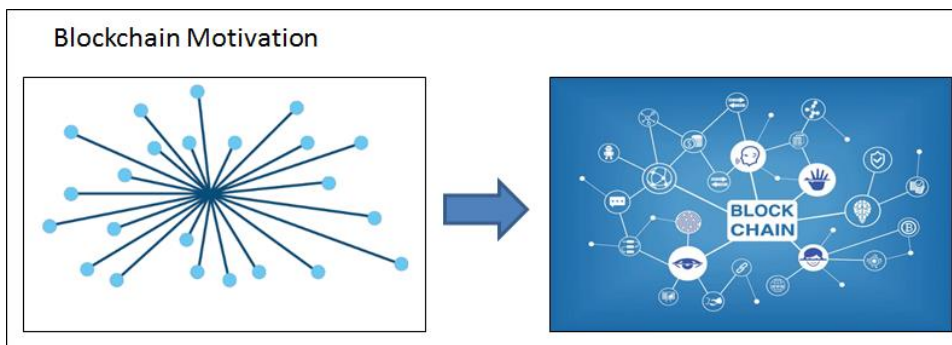


Abbildung 2: Übergang von einem zentralisierten zu einem dezentralisierten System

2. Grundlagen der Blockchain-Technologie

Die Blockchain beruht auf einer so genannten Distributed Ledger Technologie, die oft als ein „Verteiltes Kontenbuch“ übersetzt wird. Distributed Ledger ist eine Datenbank in der die Daten verteilt gespeichert werden. Im Gegensatz zu gewöhnlichen Datenbanken, bei denen die Daten auf zentralen Servern gespeichert und von einer Autorität verwaltet werden, werden in einer dezentralen Datenbank die Datensätze in einem identischen Format auf miteinander kommunizierenden Rechner (Peer-to-Peer Netzwerk) gespeichert.

Jeder verifizierte Nutzer kann auf die Daten der Teilnehmer im Netzwerk zugreifen (sofern entsprechende Leserechte eingeräumt wurden). Eine zentrale Eigenschaft von Distributed Ledgern ist das Fehlen einer zentralen Instanz, die die Daten verwaltet. Stattdessen wird die Verteilung der Daten durch Distributed Ledger selbst sichergestellt. In der Blockchain sind alle Teilnehmer gleichberechtigt und stehen in ihren Rechten auf einer gleichen Ebene.

Die Distributed Ledger Technologie ist also ein Oberbegriff für Datenbanken mit einer verteilten Struktur. Blockchain (eng. für Blockkette) ist eine der möglichen Technologien der Implementierung des Distributed Ledgers. Als Blockchain wird eine über mehrere Knoten (Peer) verteilte Datenbank bezeichnet [1]. Die Datenbank der Blockchain kann nur durch Hinzufügen von validen Datensätzen, den Blöcken, verändert werden [2]. Die Blöcke bilden eine Kette, in der jeder Block auf den vorherigen referenziert und ihn validiert [3].

Blockchain ist eine der bekanntesten Distributed-Ledger-Technologien. Daher wird die Bezeichnung *Blockchain-Technologie* in diesem Beitrag auch als Begriff für Distributed-Ledger-Technologien verwendet. Auf die technischen Einzelheiten von alternativen Implementierungen von Distributed-Ledger-Technologie wird in diesem Beitrag nicht näher eingegangen.

Die wesentlichen Charakteristika von Blockchain lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Transparenz

Eine Blockchain ist transparent, weil die verteilt gespeicherten Daten und ihre Änderungen von allen Berechtigten angesehen werden können. Anzumerken ist aber, dass es zwischen öffentlichen und privaten Blockchains unterschieden wird [2]. Bei öffentlichen Blockchains gibt es keine Zugangsbeschränkung, so dass Jeder kann die Inhalte einlesen. Das hat zur Folge, dass die beteiligten Parteien anonym sind. Im Gegensatz dazu ist bei privaten Blockchains, z.B. Hyperledger Fabric der Zugang auf einzelne Teilnehmer beschränkt. Die Teilnehmer sind dabei bekannt und eindeutig identifizierbar.

- Ausfallsicherheit

Da die Daten verteilt gespeichert werden, kann ein Datenverlust auf einem Rechner durch die gleichen Datensätze auf anderen Rechnern aufgefangen und die Daten dort wiederhergestellt werden.

- Manipulationsresistenz

Grundsätzlich schließt die Blockchain eine bössartige Manipulation von gespeicherten Daten oder Eingabe falscher Daten nicht aus. Die Manipulation wird aber von den anderen Netzwerkteilnehmern sofort bemerkt, weil auf allen Knoten ein identischer Datensatz gespeichert ist und die Blockchain die Benutzer darüber informieren kann.

- Unveränderbarkeit

Die bereits in der Blockchain geschriebenen Daten können nicht mehr geändert werden. Jeder Änderungsversuch kann nachvollzogen werden.

- Wegfall eines kontrollierenden Intermediäres

Eine entscheidende Neuerung der Blockchain-Technologie ist es, den Datenaustausch, der heute über eine zentrale Instanz läuft, dezentral durchführen zu können. Zum Beispiel in dem Finanzsektor gab es vor der Entwicklung von Bitcoin-Blockchain kein elektronisches System, um die Transaktionen ohne eine Trusted Third Party (z.B. eine Bank) abbilden zu können [3].

Durch den Verzicht auf einen Intermediär ist es möglich, eine direkte Beziehung zwischen interagierenden Parteien herzustellen. Dabei können die Transaktionen von Maschinen, wie z.B. Autos oder Fertigungslinien ausgelöst werden[3].

Eine Blockchain ermöglicht nicht nur eine Dezentralisierung der Datenhaltung, sondern auch eine Automatisierung von Prozessen. So genannte „Smart Contracts“ oder Chaincode stellen eine weitere vielversprechende Technologie, die oft in einem Zusammenhang mit der Blockchain erwähnt wird und deren potentiellen Anwendungsfälle in einem industriellen Umfeld zu erforschen gilt.

Dabei handelt es sich um eine Softwarecode (Chaincode), welche eine Geschäftslogik abbildet. Dies kann beispielsweise die Anbahnung und Abwicklung von Verträgen zwischen interagierenden Parteien sein. Der Chaincode wird vom Netzwerk gemeinschaftlich festgelegt (programmiert) und auf allen Peers des Netzwerks installiert, sodass alle Parteien den gleichen Code ausführen. Prinzipiell ermöglicht somit der Chaincode eine automatisierte Durch-/Ausführung von Prozessen aller Art. Durch die Erstellung von Smart Contracts auf einer Blockchain können Informationen ausgetauscht werden, Marktplätze erschaffen und Dienstleistungen angeboten werden. Smart Contracts reichern somit die Blockchain um eine automatisierte Modifikation von Daten an und machen sie daher zu mehr als nur einem verteilten sicheren Speicher. [6].

Abbildung 3 zeigt die Zusammenhänge der unterschiedlichen Betrachtungsebene bei der Nutzung der Konzepte. Eine Umsetzung ist dann eine Kombination verschiedener Technologien, die in einem Framework vereint worden sind, oder die durch geeignete Integration verschiedener Frameworks in einer Anwendung verwendet werden können.

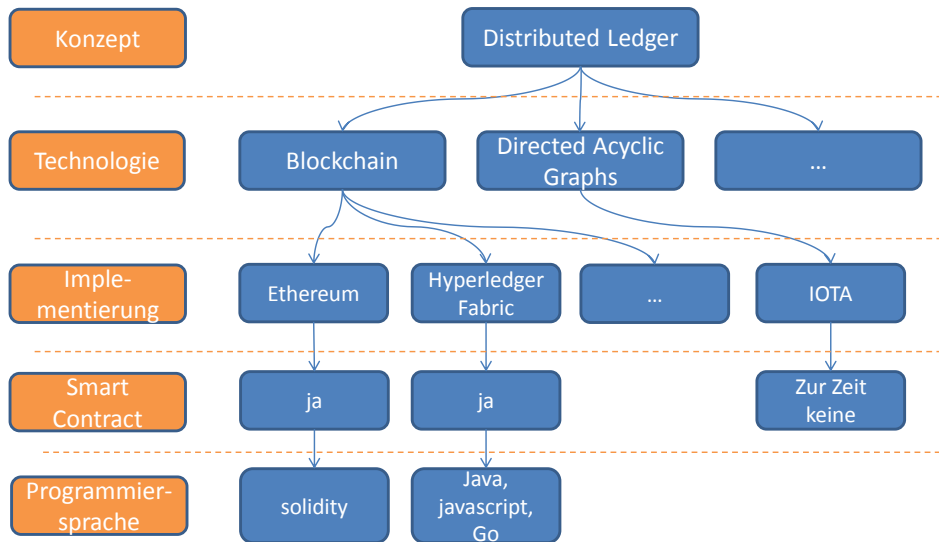


Abbildung 3: Konzept, Technologie und Werkzeuge von Distributed Ledger und Smart Contracts

3. Integration von Konzepten der Industrie 4.0 und Blockchain

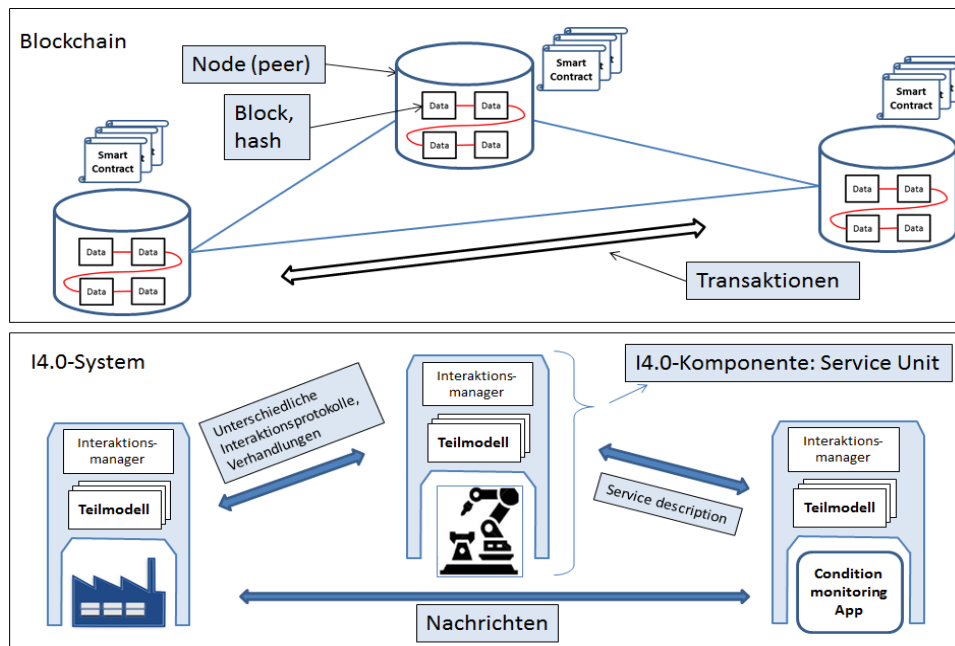


Abbildung 4: Gegenüberstellung von Basiskomponenten

Basis für dynamische, selbstorganisierende, selbstoptimierende und unternehmensübergreifende Wertschöpfungsnetzwerke ist die Verfügbarkeit aller relevanten Informationen zu einem geforderten Zeitpunkt. Einmal entstandenen Informationen sollen da verfügbar sein, wo sie gebraucht werden. Die Voraussetzung dafür

ist eine hinreichende digitale Abbildung der physischen Welt in die Informationswelt und die Möglichkeit, die Informationen interoperabel auszutauschen.

Ein I4.0-System besteht aus I4.0-Komponenten. I4.0-Komponenten wiederum bestehen jeweils aus einem Asset und seinem digitalen Zwilling, in Form einer sogenannten Verwaltungsschale. Die wesentlichen funktionalen Elemente von Verwaltungsschalen sind die Teilmodelle (standardisierte Informationsmodelle), welche Daten, Fähigkeiten und angebotene Services des Assets in einer maschinenlesbaren Sprache widerspiegeln und beschreiben.

In einem I4.0-System findet zwischen den I4.0-Komponenten ein Informationsaustausch statt, der weit über eine nach Stand der Technik übliche Feldbus-Kommunikation hinausgeht. Es kann sich um Daten und Eigenschaften eines Assets, seine Prozessfähigkeit (z.B. Bohren), Konfigurationsparameter, Engineering-Dokumentation, Auftragsinformationen usw. handeln. Welche Informationen benötigt werden ergibt sich aus der Analyse der Szenarien, die für verschiedene Wertschöpfungsketten durchlaufen werden. Szenarien werden in [4] definiert.

Ein reibungsloser und fehlerfreier Austausch von Informationen, die in einer Verwaltungsschale liegen und für andere Gegenstände von Relevanz sind, ist die zentrale Kernanforderung jeder Industrie 4.0-Anlage.

Sowohl eine standardisierte Semantik, also die einheitliche Bedeutung der Daten, als auch eine gemeinsame Kommunikationsinfrastruktur sind für das Gelingen von Industrie 4.0 eine unerlässliche Voraussetzung.

Das in der GMA 7.20 „Interaktion und Semantik für I4.0-Komponenten“ entwickelte Konzept der I4.0-Sprache (Interaktionssemantik für I4.0-Komponenten) dient für die Umsetzung der zwischen I4.0-Komponenten entstehenden Interaktionen [5].

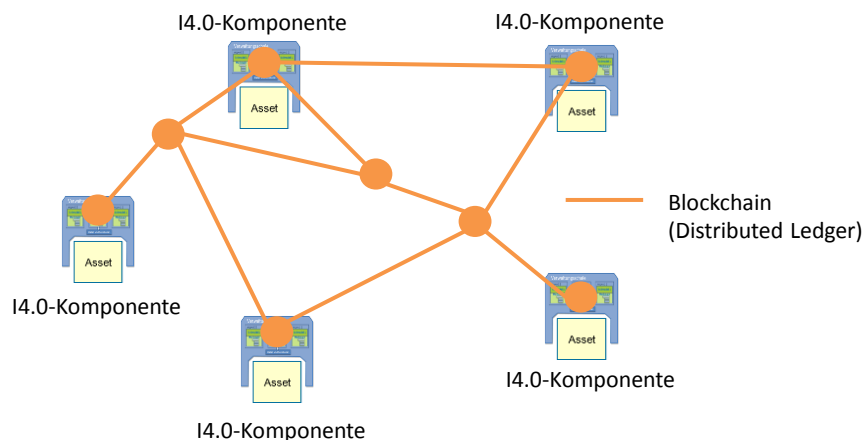


Abbildung 5: Eine Blockchain als ein gemeinsames Kommunikationsmedium für I4.0-Komponenten

4. Anwendungsszenario der Blockchain Technologie in der Produktion

Es bieten sich zahlreiche Anwendungsszenarien in der Industrie für den Einsatz von Blockchain-Technologien an. Der Einsatz von Blockchain stiftet den größten Nutzen, wenn Prozesse unternehmensübergreifend sind und es materielle oder immaterielle Assets gibt, die verfolgt werden müssen. Im Weiteren wird die Verwendung der Blockchain in der Produktion anhand von drei Anwendungsszenarien diskutiert.

4.1. Automatisierte auftragsgesteuerte Produktionsprozesse

Ausgangspunkt der zu betrachtenden Wertschöpfungskette ist das Szenario „Auftragsgesteuerte Produktion“ der AG2 der Plattform I4.0 [7]. Ein Beispiel hierfür ist die externe Vergabe eines Fertigungsauftrags. Ein Unternehmen (Auftraggeber) möchte einen Anbieter mit der Fertigung mehrerer Produkttypen beauftragen. Dieser erstellt dafür einen Auftrag, der allgemein verständlich ist und eine Produktbeschreibung sowie verschiedene Parameter (z.B. Preise, Rabatte, Lieferzeiten enthält).

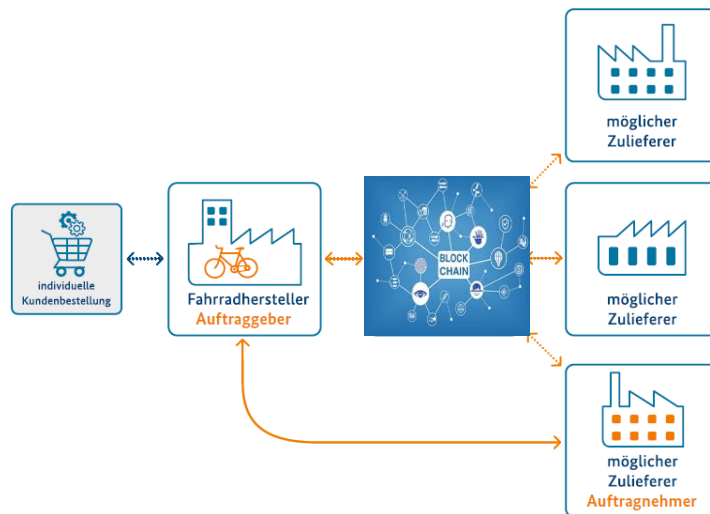


Abbildung 6: Auftragsgesteuerte Produktion (nach [7])

Nach [7] entwirft ein Kunde an einem Konfigurator einen Fahrradlenker. Dieser Entwurf wird dann an einen Fahrradhersteller gesendet. Der Fahrradhersteller fungiert als Auftraggeber für die Produzenten, welche die Auftragnehmer widerspiegeln. Nachdem der Fahrradhersteller die Daten vom Konfigurator erhalten hat, startet dieser eine Ausschreibung. Im nächsten Schritt wird ein passender Zulieferer ausgewählt, welcher den gewünschten Fahrradlenker produzieren soll. Nach der Auftragsvergabe, fertigt der Auftragnehmer das Bauteil an und der Prozess ist abgeschlossen. Zwischen Auftraggeber und Auftragnehmern ist ein Vermittlungsdienst geschaltet, welcher optional ist. Das beschriebene Szenario ist in Abbildung 6 dargestellt.

Die Auftragsvergabe soll möglichst vollständig automatisiert erfolgen und auf einer öffentlich zugänglichen Plattform stattfinden. Dafür stellt der Auftraggeber den Auftrag auf der Plattform ein. Mit Hilfe einer Suche kann ein interessierter Auftragnehmer ein Angebot für den Auftrag abgeben. Der Informationsaustausch zwischen interagierenden Parteien kann in diesem Szenario nach dem Interaktionsprotokoll „Ausschreibungsverfahren“ ablaufen (Abbildung 7).

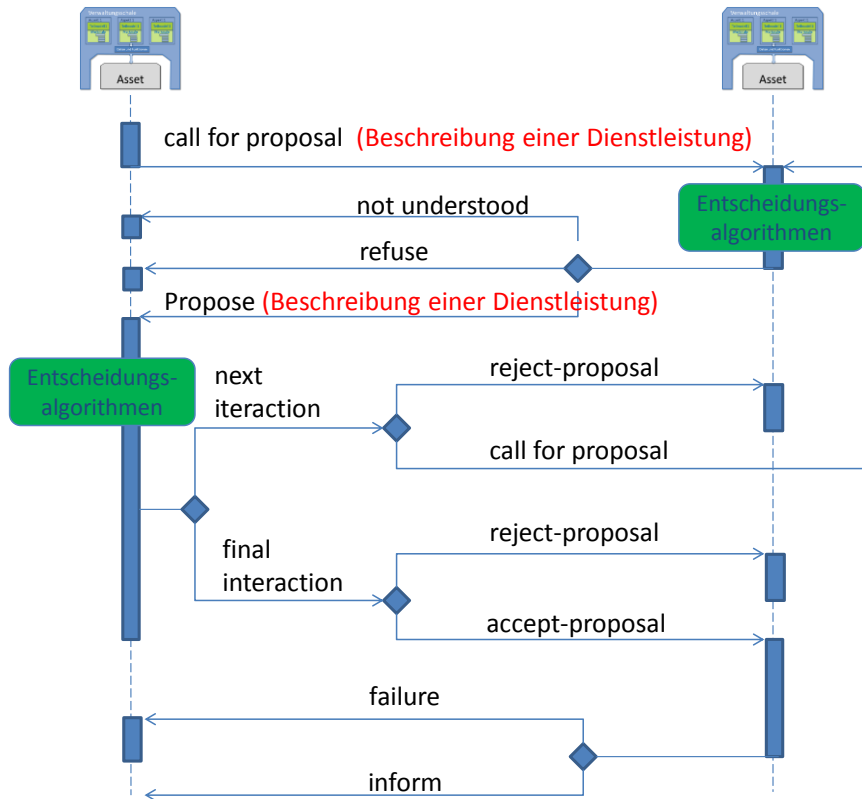


Abbildung 7: Ablauf der Interaktionen zwischen I4.0-Komponenten

Die skizzierte Wertschöpfungskette ist dadurch gekennzeichnet, dass mehrere Unternehmen beziehungsweise Parteien beteiligt sind und automatische Auftragsanbahnungen sowie -abwicklungen entstehen.

Der Bezug zu Blockchain ergibt sich aus dem Wunsch, die Aktivitäten und vereinbarten Konditionen (Preisdaten, Rabattdaten, Lieferzeiten etc.) bei der Vergabe von Aufträgen vertrauenswürdig zu dokumentieren, die für das Accounting von Bedeutung sind. Außerdem bietet eine Blockchain Infrastruktur eine gemeinsame Kommunikationsplattform für die beteiligten Parteien. Die Suche nach passenden Kooperationspartner, die Auftragsvergabe und ein Vertragsabschluss kann durch Smart Contracts (Chain Code) komplett automatisiert werden. Das Geschäftslogik und

Vertragsbedingungen (Auftragsbedingungen) können in einem Smart Contract abgebildet werden.

Einigen sich die Parteien, kommt es zur Fertigung gemäß der vereinbarten Konditionen. Eine Erteilung eines Auftrages sowie die Produktionsstatus kann in Form einer Transaktion, welche in die Blockchain geschrieben wird, widerspiegelt werden.

Da eine Blockchain die Eigenschaft der Unveränderbarkeit der einmal gespeicherten Daten hat, sind die vereinbarten Konditionen gültig und für die beteiligten Parteien einsehbar. Mit Hilfe von Smart Contracts / Chaincode können flexibel Vertragsbedingungen in Programmiercode übersetzt und auf den einzelnen Peers installiert und ausgeführt werden.

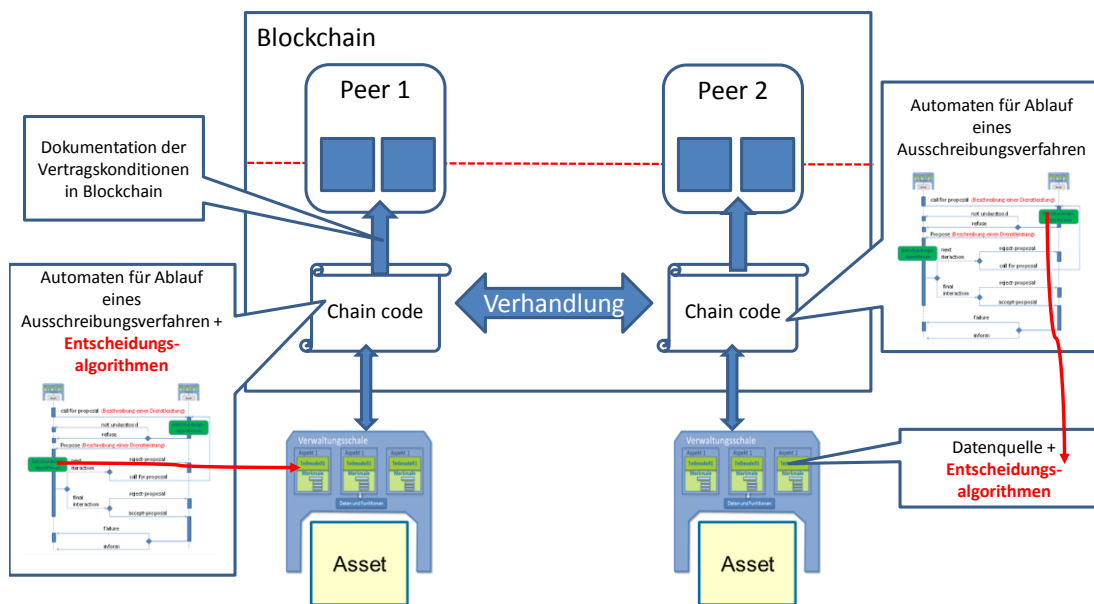


Abbildung 8: Vorschlag zur Integration von I4.0-Komponenten in eine Blockchain

Bei der Umsetzung dieses Anwendungsszenarios müssen die unterschiedlichen Praktiken der Preisverhandlung berücksichtigt werden. Die Konditionen sollen einerseits in der Blockchain gespeichert sein, damit Preise und Rabatte später durchgesetzt werden können. Bewerber könnten hier nicht einverstanden sein, das alle ihre Angebote für alle sichtbar sind und auch für lange Zeit gespeichert bleiben.

Weitere Herausforderung ist, dass die Bewertung der Angebote ein komplexes Optimierungsproblem sein kann. Ist der Bewertungsalgorithmus durch den Chaincode implementiert (S. Abbildung 8), so ist dieser für jeden öffentlich einsehbar. Damit könnten kleine Programmierfehler ausgenutzt werden um einen gültigen Vertrag mit dem Auftraggeber zu erzwingen.

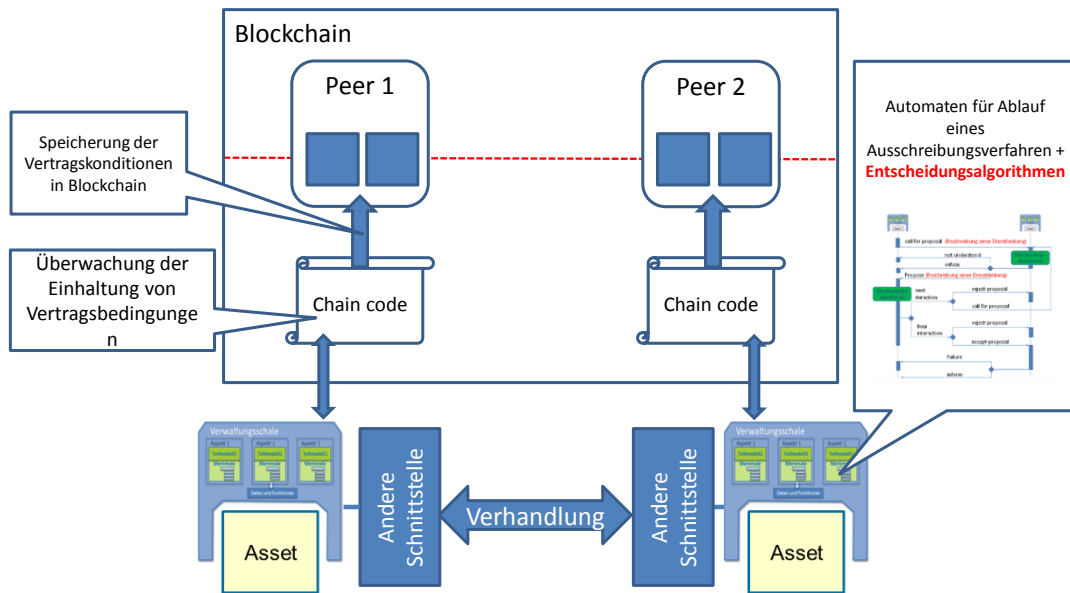


Abbildung 9: Alternativer Vorschlag zur Integration von I4.0-Komponenten in eine Blockchain

Alternativ kann ein Bewertungsalgorithmus einzelner Angebote als ein value-added-service eines Peers umgesetzt werden, sodass nur das Ergebnis der Bewertung, nicht der Bewertungsvorgang selbst als Chaincode bzw. Daten auf allen Peers installiert und gespeichert wird. In diesem Fall kann das Risiko der Ausnutzung von Programmierfehlern durch Governance Regulationen wesentlich reduziert werden.

4.2.Tracking von Prozessaktivitäten im Produktionsprozess

Produkt-Tracking ist eine etablierte Aktivität. In Sinne von I4.0-Komponenten muss dies potentiell auch auf Aufgaben ausgeweitet werden, die nicht im Planungsprozess vorbestimmt worden sind.

Der Bezug zu Blockchain ergibt sich aus dem Wunsch, eine lückenlose Dokumentation von allen Aktivitäten vertrauenswürdig zu bekommen, die mit dem Durchlaufen der Produkte durch die Fertigung verbunden sind.

Jede einzelne Komponente des Produktionsprozesses wird mit einer eindeutigen, unveränderbaren ID in der Blockchain gespeichert. Auf Basis dieser ID können alle relevanten Daten, die bei den Bewegungen und Prozessaktivitäten erzeugt werden, verfolgt

werden. Ähnlich dem Blackbox-Flugschreiber im Flugzeug können die sensiblen Daten einer Komponente mittels Sensoren erfasst und in einer Blockchain gespeichert werden. So entsteht eine digitale Abbildung eines Produktionsprozesses, die völlig unabhängig von dem Besitzer, Unternehmen und Standort ist.

Bei der Umsetzung dieses Szenarios muss unter anderem die angestrebte Granularität der Dokumentation diskutiert werden. Wird das Produktionsprozess zu detailliert dokumentiert, z.B. wenn alle Produktionsdaten von jeder am Prozess beteiligten Maschine in einer Blockchain gespeichert werden, entsteht eine Menge von Daten, die schwer verwaltbar ist und für die anderen Unternehmen kaum relevant ist. Zu beachten ist auch, dass durch die Anforderung an die Geheimhaltung können solche Informationen ggf. nicht geteilt werden wollen.

Sinnvoll kann eine Produktverfolgung für Produkte ab einem gewissen Wert sein. Dabei können Herkunftsnachweise, Chargenverfolgung, Qualitätsdaten in einer Blockchain protokolliert werden.

Ein weiterer Aspekt, der nicht zu unterschätzen ist die Frage, wie man die Gültigkeit der in die Blockchain eingetragenen Sensorwerte garantiert. Die Echtheit der Daten am Produktionsstandort kann normalerweise kein "Außenstehender" überprüfen und damit kann eine "lückenlose Dokumentation" in Frage gestellt werden.

Außerdem, gibt es in vielen Branchen Vorschriften zur Dokumentation (z.B. FDA). In weiteren Forschungsaktivitäten soll geprüft werden, inwiefern eine Blockchainlösung diesen Vorschriften generell genügt oder widerspricht.

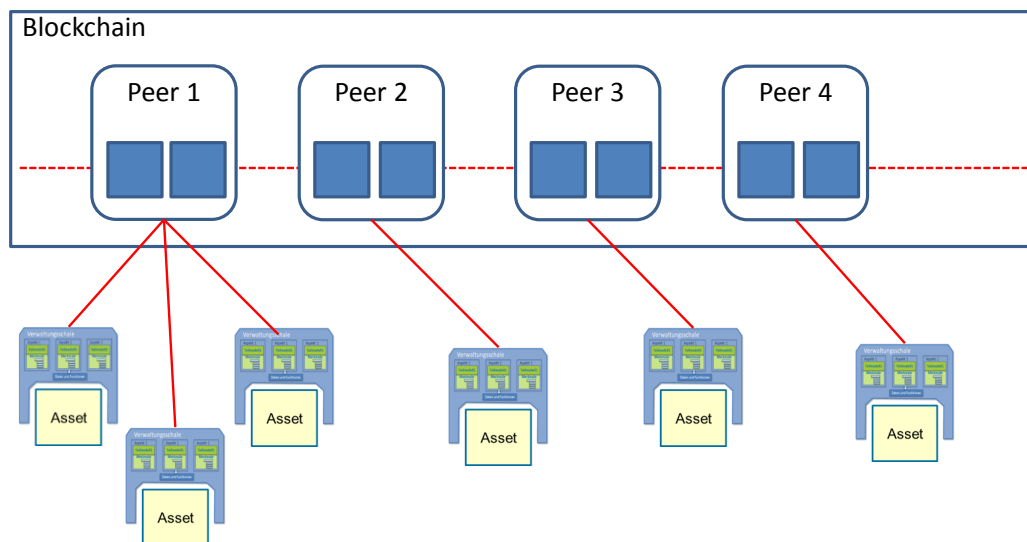


Abbildung 10: Einbindung von I4.0-Komponenten an eine Blockchain

In Abhängigkeit der in einem Konflikt- oder Fehlerfall zwischen den interagierenden Partnern benötigten Daten muss anwendungsfallspezifisch entschieden werden, welche I4.0-Komponenten in welchem Umfang zu Blockchain Peers werden

4.3. Instandhaltungsaktivitäten von Geräten im Produktionsprozess

Bei der „herstellerzentrierten Instandhaltung“ werden seitens der Hersteller Remotezugriffe auf die Geräte und Komponenten durchgeführt. Beispielhaft sind in Aktivitäten benannt, wie z.B. die Abfrage von Zuständen (z.B. Betriebsstundenzählern, Grenzwerte von Prozessgrößen (z.B. Schleppzeige für Motortemp. oder Drehmoment), Durchführung von Diagnoseaktivitäten (z.B. Start einer Diagnoseroutine), das Ausführen von Firmwareupdates oder die Konfiguration der Geräte nach Instandsetzungseinsätzen oder das Abonnieren von Gerätedaten für Analyseaufgaben.

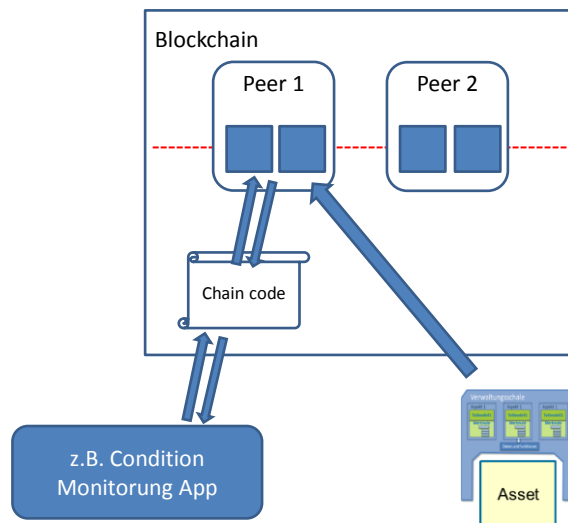


Abbildung 11: Anwendungsfall Condition Monitoring mit Blockchain

Der Bezug zu Blockchain ergibt sich aus dem Wunsch, eine lückenlose Dokumentation von allen Zugriffen auf die Geräte vertrauenswürdig zu bekommen. In der Blockchain kann dokumentiert werden, welchen Betriebsbedingungen die Komponente ausgesetzt war (wichtig für Wartungsarbeiten aber auch für Haftungsfragen), wer, wann und welche Daten zugegriffen und wie beeinflusst hat. Es ist vollstellbar, dass eine Durchführung der Instandhaltung eindeutig festgelegt und dokumentiert wird, um Ausfälle zu verhindern. Beispielhaft kann nach 4000 Betriebsstunden automatisch eine Inspektion durch Hersteller der Maschine durch Smart Contract ausgelöst werden. Nach erfolgreicher Inspektion erfolgt Eintrag in Blockchain.

5. Zusammenfassung

In der Industrie 4.0 müssen Maschinen miteinander sprechen, Dienstleistungen anbieten und gegebenenfalls die Aufgaben verhandeln können. Dafür benötigen sie eine gemeinsame Kommunikationsinfrastruktur. In diesem Artikel wird diskutiert, welchen Beitrag Blockchain und Smart Contracts für das Gelingen der Industrie 4.0 erbringen können, welche Mittel dafür notwendig sind und wie eine Integration von I4.0-Komponenten in eine Blockchain erfolgen kann. Unter anderem wird die Frage behandelt, welche Interaktionen, Informationsflüsse und Daten innerhalb und welche außerhalb der Blockchain erfolgen sollten. Unsere Analyse zeigt, dass es mehrere Anwendungsfälle der Blockchain in Produktion denkbar sind. Es gibt aber noch viele offenen Fragen. In weiteren Forschungsaktivitäten soll die Anwendung von Smart Contracts detailliert untersucht werden, insbesondere inwiefern sich die Tätigkeiten in produzierendem Umfeld mit Hilfe von Chain Code automatisieren lassen und ein interoperabler Informationsaustausch zwischen den Maschinen in einer Blockchain gewährleistet werden kann.

Literatur

- [1] Mills, D. et al.: Distributed Ledger Technology in Payments, Clearing, and Settlement. Finance and Economics Discussion Series 2016-095, Federal Reserve Board, Washington, DC, 2016.
- [2] Pinna, A.; Ruttenberg, W.: Distributed Ledger Technologies in Securities Post-Trading. Revolution or evolution? ECB Occasional Paper 172, 2016.
- [3] Deubel, M., Moormann, J., Holotiu, F.: Nutzung der Blockchain-Technologie in Geschäftsprozessen: Analyse am Beispiel des Zahlungsverkehrs. INFORMATIK 2017, Lecture Notes in Informatics (LNI), Gesellschaft für Informatik, Bonn 2017
- [5] Plattform Industrie 4.0 (Hrsg.): Fortschreibung der Anwendungsszenarien der Plattform Industrie 4.0. April 2017
- [5] Plattform Industrie 4.0 (Hrsg.): I4.0-Sprache. April 2018
- [6] Fraunhofer FIT: White Paper: Blockchain: Grundlagen, Anwendungen und Potentiale
- [7] Plattform Industrie 4.0 (Hrsg.): Anwendungsszenario trifft Praxis: Auftragsgesteuerte Produktion eines individuellen Fahrradlenkers. April 2017