

# „Digitalisierung“ von Lieferketten

## Blockchain-Technologie zur Erhöhung von Transparenz in Lieferketten Funktionsweisen, Möglichkeiten, Herausforderungen

Andreas Müller

Ursprünglich für einen anderen Zweck entwickelt, wird die „Blockchain“ nach vielen technischen Weiterentwicklungen inzwischen mit wachsendem Enthusiasmus auch von Dienstleistern in der Lebensmittelindustrie im Portfolio geführt und regelmäßig als DAS Werkzeug zur Herstellung von Transparenz in komplexen Lieferketten beworben. Auch wenn die Blockchain-Technologie zahlreiche Vorteile mit sich bringt, bleiben einige grundlegende Anforderungen insbesondere an die Lieferkettentransparenz schwierig lösbar. Ein Basisverständnis der Technologie, ihrer Möglichkeiten, aber auch ihrer Grenzen hilft bei der Einschätzung der Tauglichkeit für eigene Anwendungen. Sind geeignete Einsatzmöglichkeiten gefunden, erweist sich die Blockchain als mächtiges, einfach zu nutzendes und vielseitiges Instrument für die schnelle vollständige Bereitstellung von Informationen aus verteilten Quellen.

### Disclaimer

Die praktische Umsetzung und Implementierung von Blockchain-Technologien sind im Detail komplex. Eine stark vereinfachende Darstellung ist notwendig, um den Inhalt allgemeinverständlich vermitteln zu können. Der Autor ist sich dessen bewusst und nimmt die Ungenauigkeiten in der Darstellung zwecks besserer Lesbarkeit des Artikels billigend in Kauf.

### Motivation und prinzipielle Funktionsweise

Daten und Informationen in digitaler Form sicher ablegen zu können, ohne auf eine möglicherweise angreifbare zentrale Sicherheitsinstanz vertrauen zu müssen, gilt als das ultimative Ziel der Datensicherheit. Die

Blockchain-Technologie – ursprünglich im Zusammenhang mit Kryptowährungen entwickelt – wird als absolut fälschungssichere Informationsablage gesehen, ohne die Notwendigkeit einer zentralen Instanz zur Sicherstellung der Datenintegrität. Seit mehr als zehn Jahren versuchen Experten erfolglos, Zugang zu Bitcoin-Konten zu erlangen, deren Schlüssel verloren wurden. Mit einem zumindest prinzipiellen Zugang zur Technologie weltweit einerseits, der schnellen Verfügbarkeit abgelegter Informationen unabhängig vom Standort andererseits, kombiniert mit einer unerreichten Fälschungssicherheit der Informationen ist die Blockchain-Technologie hochinteressant für alle Industrien mit stark verzweigten Lieferketten und kompromisslosen Anforderungen

an eine lückenlose, detaillierte Rückverfolgbarkeit. Es überrascht daher nicht, dass die Lebensmittelindustrie mit ihren Anforderungen im Fokus von Dienstleistern ist.

Der Charme der „Blockchain“ besteht in der kombinierten Anwendung bereits verfügbarer IT-Technologien und -Architekturen. Sie stellt hierbei ab auf hohe Rechenleistung und die prinzipiell vorhandene Vernetzung der an einer Blockchain beteiligten Unternehmen beispielsweise über das Internet. Ursprünglich orientierten sich die verwendeten Begriffe an der Terminologie der Buchhaltung: Es galt, Transaktionen identifizierbar, vollständig und sicher in einem „Buch“ abzulegen und verfügbar zu halten. Der Begriff des „Hauptbuchs“ (engl. „Ledger“) ist geblieben und ebenso die Anforderung, eine „Kette“ von Transaktionen eindeutig zuordnen zu wollen. Die Transaktion ist inzwischen allgemeiner gefasst und wird generell als Information verstanden. Die Informationen werden über etablierte kryptographische Methoden miteinander verbunden, was allerdings noch keine Fälschungssicherheit begründet.

Die Befüllung des Hauptbuchs mit Informationen erfordert nun zwei technische Rollen, die voneinander scharf abgegrenzt werden können: *User* senden „Transaktionen“, also Informationen in einem geeigneten Format an das Hauptbuch. *Miner* erzeugen hieraus einen Informations„block“ und legen diesen dauerhaft im Hauptbuch ab. Jeder Informationsblock erhält hierbei einen eindeutigen Bezeichner, den *Hashwert*. Dieser wird aus dem Inhalt des bereitgestellten Informationssatzes berechnet und ist ein „digitaler Fingerabdruck“ der Ursprungsdaten. Jede noch so kleine Änderung in den Ursprungsdaten führt zu einem völlig neuen Hashwert.

Auf einem Konto würden zusammengehörende Transaktionen saldiert werden können.

In der Blockchain-Technologie werden die einzelnen, mit individuellen Hashwerten versehenen Datensätze in einer Baumstruktur hierarchisch gruppiert, wodurch eine Reihenfolge und Sequenz hinterlegt werden. Von jeder Ebene wird wiederum ein eindeutiger Hashwert erzeugt. Die Verbindung der Datenblöcke erfolgt über die dazugehörigen einzelnen Hashwerte und die Ebenen-Hashwerte. Am Ende werden die Datenblöcke über den gesamten Baum hinweg zusammengefasst und der eindeutige Block-Hash erzeugt, welcher das identifizierende Element ist und als erster Dateneintrag des folgenden Informationsblocks verwendet wird, in dem neu hinzugefügte Dateneinträge mit demselben Prozedere abgelegt werden. So entsteht mithilfe der Hashwerte die eindeutige Verkettung der Datenblöcke, die eigentliche Blockchain. Jede nachträgliche Manipulation eines bereits abgelegten Informationssatzes (mit eindeutigem Hashwert) führt sofort zu Fehlpassungen der nachfolgenden Hashwerte. Die Manipulation wird sofort erkannt, der digitale „Ort“ der Manipulation ist unmittelbar erkennbar.

Zur Interaktion mit der Blockchain, das heißt zum Speichern von Daten und Erzeugen neuer Blöcke, für das Pushen neuer Transaktionen, das heißt Datensätze zur Überführung in Blöcke durch die Miner, und

» „Blockchain“ bedeutet, in eine Sicherheitstechnologie zu vertrauen anstatt in eine Sicherheitsinstanz. «

» Manipulationen von Inhalten können über abweichende Hashwerte erkannt und lokalisiert werden. «



**Dr. Andreas Müller**

**Zur Person:** Diplom-Physiker, promovierter Werkstoffwissenschaftler; lange international in der Luftfahrt tätig, wechselte in den 2000ern in die Lebensmittelsicherheit; nach neun Jahren bei einem Labordienstleister machte er sich mit Dienstleistungen in den Bereichen Spezialaudits, Schulungen und Data Science Projekte selbstständig.  
E-Mail: [Andreas.Mueller@stem-in-foodsafety.de](mailto:Andreas.Mueller@stem-in-foodsafety.de)

auch für die Abfrage von Informationen oder generell den Zugang ist zusätzlich ein kryptografischer Schlüssel notwendig. Ohne diesen ist kein Zugang möglich. Jede aktive Interaktion mit der Blockchain hinterlässt rückverfolgbare Spuren in der Sequenz der Hashwerte, was einer revisions-sicheren Dokumentation der Interaktion gleichkommt.

›› **Fälschungssicherheit durch kontinuierlich synchronisierte, verteilte Kopien der Informationen.** ‹‹

### **Herstellung der Fälschungssicherheit**

Bislang wurde nur beschrieben, dass Änderungen innerhalb einer Blockchain mit außerordentlicher Empfindlichkeit bemerkt werden können. Für eine inhaltliche Nutzbarkeit muss aber auch eine *absolute* Übereinstimmung mit den externen Ursprungsinformationen sichergestellt sein, weil diese nicht ständig als Referenz herangezogen werden können. Um diese Sicherheit zu erreichen, werden in der ursprünglichen Form der Blockchain-Technologie kontinuierlich identische Kopien des Hauptbuchs auf möglichst vielen teilnehmenden Computern erstellt. Diese sind geographisch stark verteilt und werden unabhängig betrieben. Die Blockchain-Technologie wird daher auch „Distributed Ledger Technology“ genannt. Die Synchronisation bewirkt, dass es zum einen keine Rolle spielt, mit welcher Kopie des Hauptbuchs man arbeitet. Alle Kopien sind nach einem Synchronisierungslauf gleichwertig. Zum anderen werden die Hashwerte durchgehend auf Übereinstimmung mit der Mehrheit der Kopien überprüft und damit sowohl falsche als auch möglicherweise manipulierte Datenkopien enttarnt, unter Quarantäne gestellt oder korrigiert. Es erfolgt quasi eine kontinuierlich ablaufende „basisdemokratische“ Bewertung der Gesamtheit der Kopien, womit ein enormes Sicherheitsniveau erreicht wird. Ein ernsthafter Angriff auf die so definierte Authentizität der Daten würde bedingen, dass mehr als 50 Prozent der verteilt abgelegten Kopien simultan unter Kontrolle gebracht werden müssten.

›› **„Fälschung“ von Inhalten bedingt die simultane Übernahme von mehr als 50 Prozent der Kopien.** ‹‹

### **Das Energie- und Performanceproblem**

Innerhalb des Netzwerkes müssen die Miner, welche Informationen von Usern annehmen und verschlüsselt und mit Hashwert versehen einsortieren, mit denselben Algorithmen arbeiten. Die erwünschte hohe Empfindlichkeit der Hashwerterzeugung hat den Nebeneffekt, dass diese nicht vereinfacht generiert, vorhergesehen oder vorab in eine Liste geschrieben werden können. Beim Anfertigen und Synchronisieren der Kopien müssen die Miner gewissermaßen systematisch „ausprobieren“, welche Hashwerte und damit Blöcke inhaltlich zusammengehören. Eine genaue Beschreibung dieses Konsensus-Protokolls „Proof-of-Work“ sprengt den Rahmen dieser Publikation.

Es gibt natürlich Möglichkeiten, den Abgleichprozess durch Fokussierung auf die Block-Hashwerte zu beschleunigen und damit effizienter zu machen. Aber selbst bei Ausschöpfen der Optimierungsmöglichkeiten bleibt die Grundeigenschaft bestehen, dass das hohe Maß an Sicherheit in dieser Urversion der Technologie erkaufte wird mit viel kumulierter Rechenleistung und Datenverkehr. Wie wenig dies für eine ernsthafte Breitenanwendung geeignet ist, zeigt folgende Abschätzung.

Für einen Performance-Test im Open-Source-Umfeld standen weltweit etwa 120 000 über das Internet verbundene Computer zur Verfügung, deren Besitzer für den Test fünf Prozent der verfügbaren Rechenleistung garantierten, was einer elektrischen Endleistung von 10 Watt pro Computer oder 1200 Kilowatt insgesamt entspricht. Die Codierung erfolgte in einer geeigneten Hochsprache. Das auf dem SHA256-Algorithmus basierende Verfahren zur Erzeugung der Blöcke und Hashwerte und das Konsensus-Protokoll konnte mit dieser zur Verfügung stehenden Rechenleistung im Mittel etwa zwei Transaktionen pro Sekunde verarbeiten und synchronisieren. An einem Tag stehen also 172 800 Transaktionen zur Verfügung, die 28 800 kWh elektrischer

Energie am Computer benötigen. Dies entspricht dem Verbrauch von ca. 5 142 Menschen in Deutschland (2022: 2050 kWh/Jahr/Person). Stünden alle Computer in Deutschland, entspräche dies etwa einem CO<sub>2</sub>-Äquivalent von 12 500 kg CO<sub>2</sub> pro Tag (2022: 434 g CO<sub>2</sub> pro kWh). Der Hauptanteil des Energieaufwands entfällt auf die Synchronisation und Überprüfung.

Hat ein Vollsortimenter im Lebensmittel-einzelhandel 2 000 verschiedene Produkte im Portfolio, sind schnell 10 000 aktiv im Verkauf befindliche Produktionslose hinsichtlich ihrer Rückverfolgbarkeit abzubilden. Die einzelne Lieferkette umfasst schnell 100 und mehr Teilnehmer, die potenziell Transaktionen auslösen und dynamisch zur Blockchain beitragen. Dies betrifft Produkte im Entstehungsprozess und auf dem Transportweg zum Vollsortimenter. Abverkaufte und im Zulauf befindliche Losnummern halten sich im zeitlichen Mittel die Waage.

Werden alle diese Faktoren berücksichtigt, dürften die beschriebenen Ressourcen ausreichen, das Portfolio eines Vollsortimenters vollumfänglich abzubilden. Auch unter Berücksichtigung von Optimierungsmöglichkeiten (Komprimierung, Reduktion der Anzahl von Kopien, Code-Optimierung, Smart-Contracting und Automatisierungsstrategien usw.) und einer angenommenen Verbesserung um einen Faktor 100 bleiben die Energieaufwände zum Betrieb weiterhin unattraktiv hoch. Aktive, mit dieser Technologie arbeitende kommerzielle Systeme besitzen umgerechnete Kosten von 10 €-Cent und mehr pro Transaktion und können weltweit nicht einmal 100 Transaktionen pro Sekunde verarbeiten. Diese Systeme eignen sich für Prototypen und das Austesten der Robustheit verschiedener Proof-of-Concept Konsensus-Protokolle.

### **Verbesserung der Performance und Kommerzialisierung**

Eine nennenswerte industrielle und damit kommerzielle Relevanz wird erst durch neue

Konsensus-Protokolle und -Mechanismen erreicht, die ab etwa 2015 entwickelt wurden. Aus Gründen der Übersichtlichkeit kann auf diese Verfahren nur kurz eingegangen werden. Beim Proof-of-Stake-Verfahren werden Knoten-Blöcke mit vielen nachfolgenden Verzweigungen von Minern bevorzugt oder ausschließlich auf Übereinstimmung überprüft. Diese sind nachvollziehbar auf Sicherheit und Integrität angewiesen, schon aus Stabilitätsgründen. Eine abgeleitete Variante, das Delegated-Proof-of-Stake-Verfahren, parallelisiert Aufgaben der Miner gewissermaßen und delegiert das Bilden der Blöcke und die Synchronisation an Cluster von Minern. Bei den neuen Verfahren entfallen weitgehend die aufwendigen Berechnungsverfahren zur Suche passender Hashwert-Kombinationen, was den Energiebedarf bei nahezu gleicher Sicherheit erheblich absenkt, weil immer nur eine begrenzte Zahl von Minern gleichzeitig aktiv ist. Die Transaktionskosten für diese Varianten bewegen sich im Bereich von Zentel-Cents bei einer dramatischen Erhöhung der Kapazität bei gleichen technischen Ressourcen (aus < 100 Transaktionen pro Sekunde werden 1000 bis 10 000 Transaktionen pro Sekunde weltweit).

### **Anwendungsszenarien in der Lebensmittelindustrie**

Die Blockchain-Technologie kann ihre Stärken besonders ausspielen, wenn viele verschiedene User geographisch verteilt mit ihr arbeiten. Unter anderem lassen sich folgende Vorteile herausstellen:

- integrierte Datensicherheit
- weltweiter Zugriff über das Internet
- integrierte Verschlüsselung
- redundantes Ablegen von Informationen
- einfache Einbindung zusätzlicher Partner und Nutzer
- (nutzungstechnisch) keine Hierarchie zwischen den Nutzern – eine gemeinsame Schnittstelle

Damit werden übergreifende Anwendungen für Blockchain-Technologie im Hinblick auf

**» Breitenanwendung möglich durch neue, energieeffiziente Konsensus-Protokolle. «**

» **Blockchain-Technologie als harmonisiertes Ablageformat für heterogene Informationsquellen.** «

eine verbesserte Lieferkettentransparenz sichtbar:

- Aspekte der Rückverfolgbarkeit von Endprodukten bis hin zum Ursprung
- Dokumentation von Transportwegen und Kühlketten
- Für Endkunden: Herkunftsangaben von Produkten
- Begleitinformationen zu bestimmten Punkten der Wertschöpfungsketten (z. B. Laborprüfberichte, CCP-Kontrollberichte, Zertifikate)
- Automatisch generierte Diagnoseprotokolle von 4.0-Produktionsmaschinen (mit dem Ziel prädiktiver Wartung zur Minimierung von Stillständen) – Austausch der Protokolle mit dem Maschinenhersteller

Diese Informationen sind in den Lieferketten heute oft völlig heterogen mit zahllosen Medienbrüchen abgelegt. Dies gilt zum Teil bereits innerbetrieblich, aber mit Sicherheit entlang von internationalen Wertschöpfungsketten. Von handschriftlichen Wareneingangspapieren über Laborprüfberichte im PDF-Format bis hin zu lokalen voll integrierten Lösungen in ERP-Systemen ist entlang der Lieferkette jedes Format vorhanden. Jede Übung einer Rückverfolgbarkeit erfordert zum Teil investigative Fähigkeiten, um eine Losnummer durch die verschiedenen Wertschöpfungsstufen verfolgen zu können. All dies ließe sich mit der gemeinsamen Nutzung der Blockchain-Technologie vereinfachen, harmonisieren und für einige Fragestellungen auch automatisieren.

**Herausforderungen für die Anwendung der Blockchain-Technologie**

Einige der prinzipiellen Herausforderungen sollen im Folgenden anhand einer (stark vereinfachten) Wertschöpfungskette für „Weihnachtsschokolade Spekulatius“ erläutert werden. In der Abbildung beginnt die Wertschöpfung bei der Urproduktion (links) und endet bei der Herstellung und dem Vertrieb

des Endprodukts (rechts). Eine solche Wertschöpfungskette ist sicher international und sehr komplex. Eine vollständige Darstellung ohne Vereinfachung beinhaltet einige 1000 Verbindungslinien.

Jeder mögliche Pfad durch diesen Graphen entspricht einer individuellen Rückverfolgbarkeit. Mit einer vollständigen Abbildung über Blockchains wäre jede Anfrage vermutlich nahezu ohne Zeitverfügung verfügbar. In der Praxis dauern heute Verfolgungen über alle Stufen der Wertschöpfung hinweg oft Tage bis Wochen. Dies liegt zum einen an der oben beschriebenen heterogenen Ablage der Informationen mit vielen Medienbrüchen. Zum anderen dürfte mit wenigen Ausnahmen die Lieferkette vom Endprodukt gesehen zurück zum Ursprung in weiten Teilen intransparent sein.

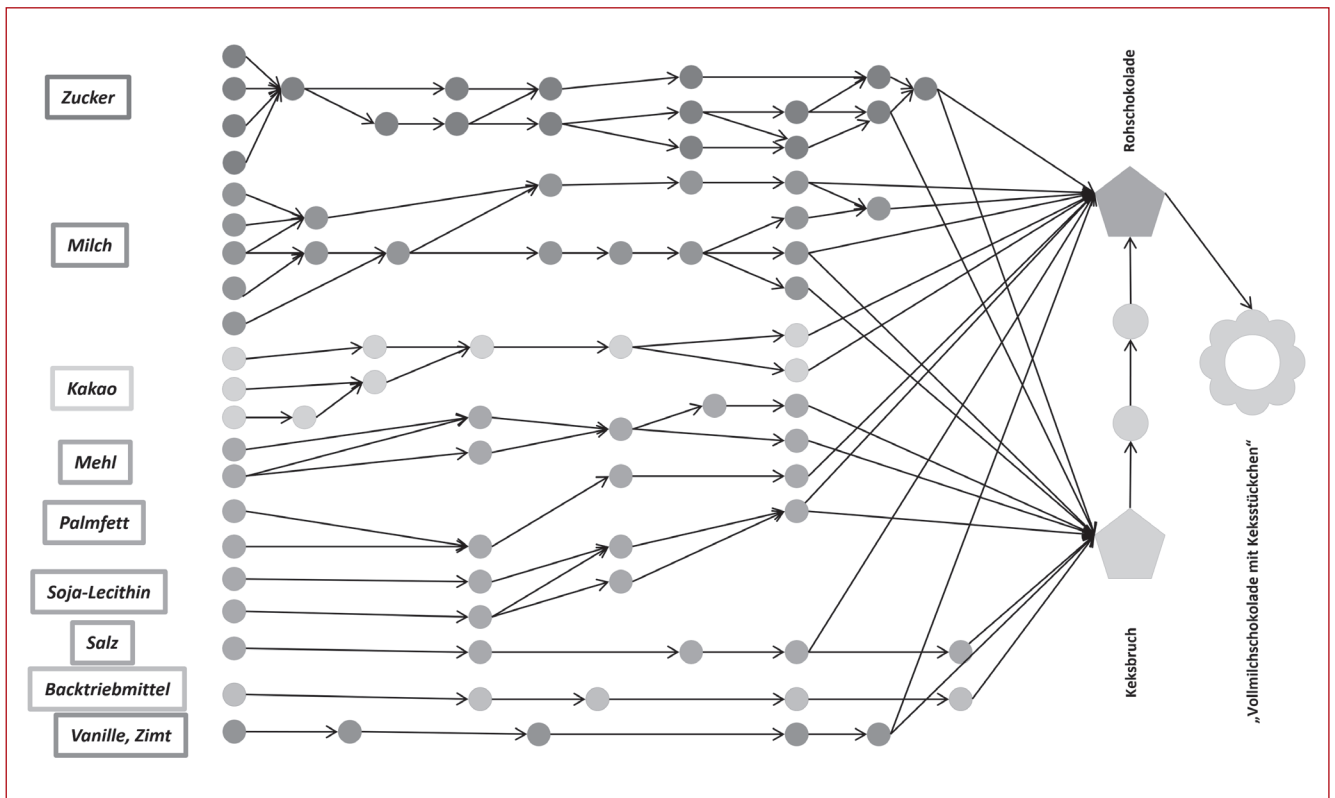
*1:n Beziehungen an Integrationspunkten*

Eine wesentliche Anforderung bleibt auch bei Nutzung der Blockchain-Technologie bestehen: die Mehrdeutigkeit von Verbindungen stromaufwärts an Integrationspunkten. Wenn beispielsweise die Urproduktion sehr fragmentiert und kleinteilig erfolgt, gehen an Integrationspunkten (z. B. landwirtschaftliche Kooperative) die 1:1 Beziehungen verloren. Diese 1:n Beziehungen an Integrationspunkten bestehen für nahezu alle Lebensmittel mit Ausnahme vielleicht von Weinen mit nummerierter Abfüllung o. Ä. Die Möglichkeiten, über ergänzende produktionsnahe Informationen weiter eingrenzen zu können, sind einzelfallbezogen zu bewerten.

*Verfügbarkeit des Zugangs zur Blockchain und Qualifikation von Nutzern*

Die Eingabe von Transaktionen seitens der User erfordert den Zugang zum Internet. In dezentralen Anbaugebieten für Rohwaren ist dieser Zugang nicht unbedingt gegeben, ohne größere Distanzen zurücklegen zu müssen. Dafür muss nicht einmal der Begriff des „globalen Südens“ herangezogen werden. Hinzu kommt, dass viele Kleinbauern, die an der Wertschöpfung teilnehmen, unter Umständen nur eine ru-





Wertschöpfungskette für „Weihnachtsschokolade Spekulatius“

dimentäre Schulbildung besitzen. Komplexe Eingaben sind möglicherweise ohne Training nicht ohne Weiteres möglich. Dies gilt in gleicher Weise für die Transportprozesse vom Anbaugbiet zum Integrationspunkt. Die „Bedienung“ der Blockchain mit relevanten Informationen erfolgt dann frühestens an diesem ersten Integrationspunkt, also beispielsweise den Kooperativen, in denen die eingehenden Rohwaren gesammelt werden.

**Informationen zu mittelbaren Zulieferern**

Eine Erhöhung der Transparenz der Lieferkette kann einhergehen mit detaillierten Informationen zu Vorlieferanten. In vielen Fällen ist diese Transparenz gar nicht gewünscht, denn je nach Konstellation kann dies Betriebsgeheimnisse berühren. Es kann ein Interesse bei Teilnehmern geben, Informationen zu Vorlieferanten anonym zu halten, um das eigene Geschäft nicht zu gefährden. Betroffene Teilnehmer der Lieferkette werden Nutzen und Risiko einer Teilnahme an Blockchain-Technologien abwägen.

**Richtigkeit und Vollständigkeit von Informationen**

Eine Information, die in einer Blockchain abgelegt wird, ist äußerst sicher, wie eingangs erläutert wurde. Eine Sicherung der Qualität und Richtigkeit der Information muss außerhalb der Nutzung der Blockchain-Technologie erfolgen. Anders formuliert: Auch falsche oder ausgedachte Information kann ohne flankierende Absicherung fälschungssicher in der Blockchain gespeichert werden. Je mehr auf eine automatisierte Informationseingabe abgestellt wird, desto höher wird die prinzipielle Zuverlässigkeit des Systems. Aber eine reale Abbildung über mehrere Instanzen einer Wertschöpfungskette hinweg wird einen Hybrid aus disziplinarischer und systemischer, das heißt prozessgesteuerter Sicherstellung der Informationsintegrität erfordern.

Wahrscheinlich erlaubt nur eine automatisierte Anbindung in hochdigitalisierten Umgebungen, Vertrauen in die Vollständigkeit der Informationen zu erzeugen. Bedenkt man, dass für die Übersee-Verschiffung von Tür-zu-Tür eines Kühlcontainers über die

» Lieferketten-transparenz bedeutet auch Preisgabe von Informationen zu Vorlieferanten. «

Die Blockchain-Technologie setzt nicht auf eine zentrale Sicherheitsinstanz zur Datenablage wie zum Beispiel Server-Firewall-Architekturen, sondern auf eine möglichst verteilte Ablage von Kopien derselben Information auf unabhängigen Computern.

verschiedenen Ebenen leicht 20 und mehr Unternehmen beteiligt sind, ist offensichtlich, dass eine rein disziplinarische Regelung zur Verfügungstellung von Informationen nicht ausreicht, zumal beim abschließenden Straßentransport zum Beispiel Siegelnummern nicht selten vom Fahrer handschriftlich in die Frachtpapiere eingetragen werden.

### *Notwendigkeit der Vertrauensbildung durch Anbieter und Dienstleister*

Wesentlicher Treiber für das durch die Blockchain-Technologie vermittelte Sicherheitsgefühl ist die kontinuierliche Anfertigung zahlreicher *unabhängiger* Kopien und die ständig ablaufende Integritätsüberprüfung, sodass mehr als 50 Prozent der (unabhängigen) Kopien unter Kontrolle gebracht werden müssen, um die Integrität zu manipulieren. Eine Redundanz der Daten ist praktisch bereits „eingebaut“. Insofern bestehen trotz vereinzelt anderslautender Bewerbung zwischen der Blockchain und einer Cloud-Lösung wesentliche Unterschiede.

Der Einstieg großer, bekannter IT-Konzerne in die Technologie und damit einhergehende Kommerzialisierung sowie die patentrechtliche Absicherung „schlanker“ und ursprünglich im universitären Umfeld entwickelten Konsensus-Protokolle hinterlässt ein Störgefühl, zumindest was die Manipulationssicherheit und Informationshoheit angeht. Dienstleister und Anbieter von Blockchain-Lösungen sollten interessierten Unternehmen nachvollziehbar darlegen können, wie die Grundeigenschaften der Blockchain-Sicherheit und Redundanz abgebildet werden.

» Digitalisierte Umgebungen und automatisiert generierte Informationen erleichtern die lückenlose Nutzung der Blockchain-Technologie erheblich. «

## Breitenanwendung durch Open-Source-Projekte

Im Rahmen eines gewichtigen Open-Source-Projekts entwickelt die Linux-Foundation (ein gemeinnütziges Technologiekonsortium, <https://www.linuxfoundation.org>) eine Blockchain-Architektur, die inzwischen als Standard für Unternehmens-Blockchain-Plattformen angesehen wird. Der Aufbau ist offen und dadurch flexibel und modular Industriesegment-übergreifend einsetzbar. Diese als *Hyperledger Fabric* bekannte Architektur wird bereits jetzt von mehr als 120 000 Organisationen und 15 000 Entwicklern gestützt. Die verwendeten Konsensus-Protokolle sind ressourcenschonend, schnell und dennoch von hoher Sicherheit. Dieser Variante der Blockchain-Umsetzung wird eine hohe Zukunftssicherheit prognostiziert.

## Zusammenfassung

Die Blockchain-Technologie eignet sich hervorragend, inhaltlich zusammenhängende Informationsströme mit hoher Datensicherheit zu speichern und ortsunabhängig verfügbar zu machen. Die anfänglichen Schwierigkeiten eines enormen Energiebedarfs gelten inzwischen als überwunden. Die Lebensmittelindustrie bietet vielversprechende Möglichkeiten des Einsatzes der Technologie. Technik-gekoppelte Anwendungen mit hohen Digitalisierungsgraden, die eine automatisierte Eingabe von Informationen in eine Blockchain ermöglichen, gelten als einfach und gewinnbringend umzusetzen und erfahren hohe Akzeptanz. Anwendungen im Hinblick auf die Herstellung von Lieferkettentransparenz fokussieren sich derzeit auf kurze und lineare, das heißt wenig verzweigte Lieferketten. Im Augenblick erscheint es noch verfrüht, die „Blockchain“ als das universelle Werkzeug zur Herstellung der Transparenz beliebiger Wertschöpfungsketten zu benennen. ■