



Sicherheit in der Lebensmittelproduktion und -logistik
durch die Distributed-Ledger-Technologie

der Bundeswehr
Universität München



NutriSafe Toolkit

– Erfahrungsberichte und Handlungsempfehlungen –

Anwendungsbeispiel Kaffee-Supply-Chain

Tim Hoiß – Benjamin Gröschel

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung



Bundesministerium
Landwirtschaft, Regionen
und Tourismus

SIFO.de



Dieses Dokument ist Bestandteil im **NutriSafe Toolkit**:

nutrisafe.de/toolkit

In einer Kooperation zwischen Deutschland und Österreich forschen Universitäten, Unternehmen und Behörden daran, die Lebensmittelproduktion sowie deren Logistik unter Nutzung von Distributed-Ledger-Technologie sicherer zu machen.

Das Projekt NutriSafe wird auf Österreichischer Seite innerhalb des Sicherheitsforschungs-Förderprogramms KIRAS durch das Bundesministerium für Landwirtschaft, Regionen und Tourismus (BMLRT) gefördert (Projektnummer: 867015). Auf Deutscher Seite wird das Projekt innerhalb des Programms Forschung für die zivile Sicherheit vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) gefördert (FKZ 13N15070 bis 13N15076).

nutrisafe.de | nutrisafe.at

Titel des Dokuments

Tim Hoiß¹, Benjamin Gröschel²

¹Universität der Bundeswehr München

² Münchner Kaffeerösterei GmbH

München 2021

Institut für Schutz und Zuverlässigkeit
Fakultät für Informatik
Universität der Bundeswehr München

Werner-Heisenberg-Weg 39
85577 Neubiberg



Dieses Werk ist lizenziert unter einer
Creative Commons Namensnennung - Keine Bearbeitungen 4.0 International Lizenz
(<http://creativecommons.org/licenses/by-nd/4.0/>).

1	Einleitung	4
2	Forschungsdesign	5
2.1	Forschungskontext	5
2.2	Datenerhebung und Analyse	5
3	Kaffee Supply Chain	6
3.1	Akteure und detaillierte Aufgaben	7
4	Anwendungsfälle und Anforderungen	9
4.1	Transparenz	9
4.1.1	Starbucks – Trace your coffee	10
4.1.2	Nestlé Zoégas	10
4.1.3	Farmer Connect	10
4.2	Effizienz	11
4.2.1	iFinca	11
4.2.2	Beyco	11
4.3	Resilienz	12
4.3.1	Walmart Food Traceability Initiative	12
5	Architektur des Informationssystems	13
5.1	Datenmodell	15
5.1.1	ShipmentObject	15
5.1.2	ProductObject	15
5.1.3	GreenCoffee	16
5.1.4	RoastCoffee	17
5.2	User Interface	17
6	Erfahrungen	19
6.1	Technisch	19
6.2	Organisatorisch	19
7	Fazit	20
	Danksagung	21
	Literatur	22

1 Einleitung

Kaffee ist mit einem jährlichen Handelsvolumen von 20 Mrd US-Dollar die weltweit zweitwichtigste Rohhandelsware. In Deutschland allein verbraucht jeder Bürger im Durchschnitt 6 Kilogramm pro Jahr. Weltweit sind bis zu 25 Millionen Menschen im Anbau, Vertrieb und Verkauf beschäftigt, dabei ca. 10 Millionen allein in den Anbauländern (Streckfuß, 2012). Der deutsche Staat nimmt jedes Jahr ca. 1 Mrd Euro an Kaffesteuer ein (Rudnicka, 2021). Gleichermaßen sind laut einer Studie des Digitalverbandes Bitkom sind für 75% der Verbraucher Transparenz und sogar 87% Tierwohl und Nachhaltigkeit wichtige Aspekte beim Einkauf. 84% der Verbraucher sind auch bereit einen höheren Preis für qualitativ hochwertige Produkte zu bezahlen (Bitkom, 2020).

Neben der Transparenz für den Endverbraucher ist die Zuverlässigkeit und Resilienz ein wichtiger Aspekt für die Teilnehmer der Supply Chain. Neben Wetterereignissen wie Dürre oder Frost, sind auch politische Unruhen in den Produktionsländern, wie auch die aktuelle Corona Pandemie Risikofaktoren, die die verfügbare Rohstoffmenge und die Preise beeinflussen (Tagesschau, 2021).

Das Handelsvolumen und die geforderte Transparenz der Verbraucher zeigen dass eine Nachvollziehbarkeit und begleitende digitale Information des physischen Produktes relevante Themen sind. In den nachfolgenden Kapiteln wird anhand eines realen Szenarios der Einsatz der Blockchain und die Anwendung der Forschungsergebnisse aus dem Projekt NutriSafe betrachtet. Dafür wurde in enger Zusammenarbeit mit der Münchner Kaffeerösterei (MKR) und dem Direktimporteure Walter Knauer (PachaMama – Hochlandkaffee aus Peru) eine exemplarische Kaffee Supply Chain betrachtet und mit Informationen aus Interviews und öffentlichen Quellen angereichert. Parallel wurden die Anwendungsfälle für die Blockchain in dem Kaffee Sektor anhand von Angeboten am Markt betrachtet und analysiert.

Als technische Lösung wird das Hyperledger Framework verwendet. Das Framework steht unter der Schirmherrschaft der Linux Foundation und ist Open Source. Hyperledger Fabric ist im speziellen für permissioned, private Blockchain Netzwerke geeignet. Private Blockchainnetzwerke haben den Vorteil, dass alle Teilnehmer bekannt sind und keine unberechtigten Nutzer auf die Information in der Blockchain zugreifen können. Ein Nachteil besteht darin, dass keine bestehende Blockchain Infrastruktur genutzt werden kann.

In dem zweiten Kapitel werden der Forschungskontext und das Forschungsvorgehen erläutert. Kapitel Drei beschreibt die Kaffee Supply Chain inklusive der beteiligten Akteure. In Kapitel Vier werden die möglichen Anwendungsfälle der Blockchain-Technologie bezogen auf Kaffee Wertschöpfungsketten vorgestellt. Kapitel Fünf beschreibt die technische Architektur der entwickelten Lösung. Im letzten Kapitel werden die Erfahrungen aus dem exemplarischen Anwendungsfall Kaffee besprochen.

2 Forschungsdesign

2.1 Forschungskontext

Diese Studie und Erfahrungsbericht wurde im Rahmen des NutriSafe Forschungsprojektes erstellt. Kernthema der Forschung ist die Erhöhung der Resilienz in der Lebensmittelproduktion und Logistik mithilfe der Distributed Ledger Technologie. Zu den Ergebnissen zählen unter anderem Referenzarchitekturen, Modelle und Designs zu dem Einsatz der DLT (Seidenfad et al., 2021) (Lamken et al., 2021) (Hoiß et al., 2020) (Hofmeier & Lechner, 2020). In dem Projekt wurde ein Szenario basierter Ansatz verwendet. Auf Basis von Erfahrungen und Diskussionen mit den Projektpartnern wurde Weichkäse als Leitszenario ausgewählt. Dieses besteht aus fiktiven Akteuren und bildet die Wertschöpfungskette vom Melken der Kuh bis zum Verzehr des Weichkäses durch den Endverbraucher ab. Eine zentrale Aufmerksamkeit liegt auf einer einfachen und kostengünstigen Umsetzung der DLT, welche für den Einsatz bei KMU's geeignet ist.

2.2 Datenerhebung und Analyse

Das Design der Lösung basiert auf der Erhebung von empirischen Daten im Rahmen der Design Science Forschung (Hevner et al., 2004). In einer virtuellen Tabletop-Simulation wurden Interviews mit einem Anbieter für Kaffeeseminare und der Betrieb von mobilen Kaffeeständen für Veranstaltungen, einer Kaffeerösterei mit einem angeschlossenen Café inkl. eigenem Vertrieb und einem Kaffee-Importeur durchgeführt. In der Simulation wurden die Wertschöpfungskette mit einzelnen Prozessschritten, erhobenen, verarbeiteten und benötigten Daten, eingesetzten Anwendungssystemen und Anwendungsfällen diskutiert. Die Workshops wurden dabei immer mit dem Direktvermarkter, einem Geschäftsführer einer der drei Akteure und dem Forschenden durchgeführt. Alle drei Unternehmen sind miteinander bekannt und stehen oder standen in Geschäftsbeziehungen zueinander. Die Workshops von Mitgliedern derselben Supply Chain stellt dabei eine besondere Möglichkeit der Datenerhebung dar.

Alle Ergebnisse der Simulation wurden im Rahmen eines Online-Whiteboards gemeinsam durch die Forscher und der Münchener Kaffeerösterei dokumentiert.

3 Kaffee Supply Chain

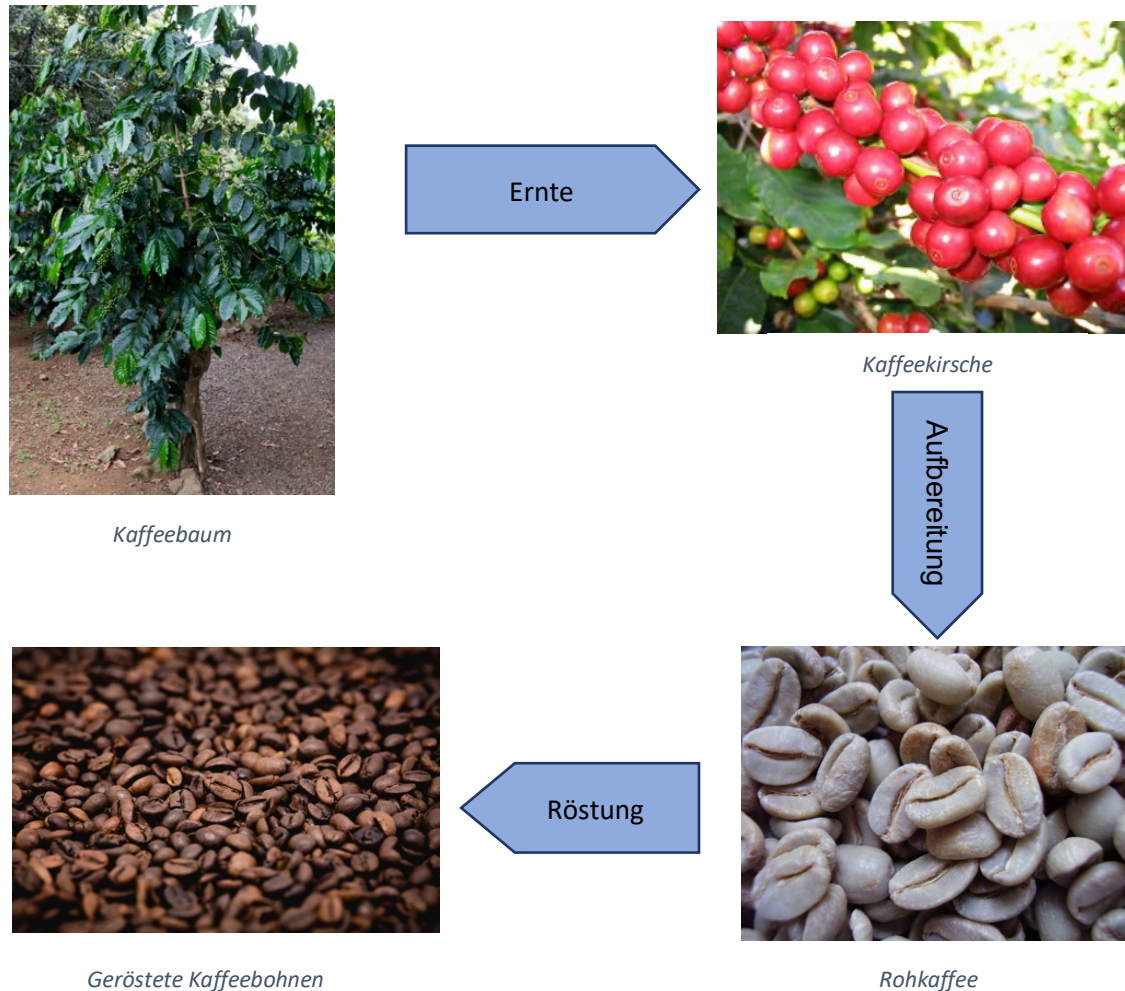


Abbildung 1 Produktionsprozesse Kaffee Supply Chain

Bilderquellen: <https://www.kaffeewiki.de/wiki/Rohkaffee>, <https://de.wikipedia.org/wiki/Rohkaffee>, <https://de.wikipedia.org/wiki/Kaffee>, [https://de.wikipedia.org/wiki/Kaffee_\(Pflanze\)](https://de.wikipedia.org/wiki/Kaffee_(Pflanze))

In Abbildung 1 sind die drei kritischen Produktionsprozesse für Röstkaffee dargestellt. Bei der Ernte wird die Qualität des Kaffees durch die Pflückart bestimmt. Es wird unterschieden nach der Pflückernte und der maschinellen unterstützten Ernte. Bei der Pflückernte von Spezialitätenkaffee wird der Kaffee bereits bei der Ernte selektiert, während bei den anderen Methoden auch unreife Früchte geerntet werden. Bei der Aufbereitung wird in trockener und nasser Aufbereitung unterschieden, wobei die nasse Aufbereitung nur in Regionen mit genug Wasser eingesetzt wird. Nach der Aufbereitung wird der Kaffee zu dem Röster verbracht und dort geröstet. In der Röstung sind besonders Parameter wie die maximale Rösttemperatur und die Röstzeit relevante Qualitätsmerkmale.



[B1]

Abbildung 2 Stakeholder Map in der Kaffee Supply Chain

3.1 Akteure und detaillierte Aufgaben

Kaffeebauer

Die Herstellung von Kaffee beginnt beim Kaffeebauern, welcher nach Anbau, Pflege und Ernte der Kaffeebohnen diese an den Betreiber der Aufbereitung liefert.

Aufbereiter Rohkaffee (Genossenschaften im Anbaugebiet)

Bei diesem werden die Kaffeebohnen vom Fruchtfleisch gelöst und der Kirschstein im Anschluss in einem mehrstufigen Prozess getrocknet. Beim Aufbereiter wird der Rohkaffee für die Verschiffung vorbereitet. Dieser verpackt den Rohkaffee in der Regel zu 60-69 kg Säcken und bedruckt ihn mit einer sogenannten ICO-Nummer. Die ICO-Nummer setzt sich aus drei repräsentativen Zahlengruppen zusammen (1) das Herkunftsland, (2) dem Exporteur und (3) der individuellen Liefernummer im entsprechenden Kalenderjahr¹.

Logistiker (Seeweg)

Der Kaffee wird aus dem Anbaugebiet nach Europa (z.B. Rotterdam oder Hamburg) über den Seeweg verschifft. Die Seereise dauert in der Regel mehrere Wochen, abhängig vom

¹ <https://www.intracen.org/coffee-guide/world-coffee-trade/identification-of-exports/>

Ursprungsland. In unserem Szenario wird der Kaffee aus Peru nach Hamburg verschifft. Auf dem Seeweg ist besonders wichtig, dass keine Feuchtigkeit an den Rohkaffee gelangt. Nach der Seereise wird eine Probe des Kaffees entnommen, um ggf. Schimmelbefall festzustellen.

Spezialitäten-Importeur/Rohkaffeehändler

Der Importeur organisiert den Einkauf des Rohkaffees im Ursprungsland, sowie den Transportweg bis zur Rösterei.

Zollagerbetreiber

Der Rohkaffee wird in große Zolllager in Hafennähe verbracht. Nach der Verzollung wird der Kaffee vom Lageristen zwischengelagert und nach Freigabe durch den Rohkaffeehändler von Spediteuren abgeholt und zum Röster geliefert.

Logistiker (Landweg)

Der Logistiker erhält den Auftrag vom Importeur, den Kaffee vom Hauptlager abzuholen und an den Röster auszuliefern.

Röster

Der Röster röstet den Kaffee unter bestimmten Röstparameter, wie z.B. der Röstkurve, der Rösttemperatur und der Röstzeit. Alle Röstungen werden in einem Röstbuch festgehalten, dabei sind die Informationen zu der Menge vom eingegangenen Rohkaffee, dem Einbrand und Menge des Röstkaffees wichtig für den Nachweis der zu zahlenden Kaffeesteuer. Diese Daten müssen bei einer Prüfung dem Zoll vorgelegt werden. Der Röstkaffee wird anschließend verpackt.

Vertrieb

Der Kaffee wird an Gastronomie, Endverbraucher, wie auch Businesskunden ausgeliefert.

Die indirekten Akteure werden in der Studie nicht weiter betrachtet, wurden in die Stakeholder Map mit aufgenommen, da weiterführende Anwendungsfälle wie z. B. automatisierter Datenaustausch mit Zollbehörden oder ein digitaler Nachweis von Bio/Fairtrade-Zertifikaten interessante Ansätze für den Einsatz der Blockchain sind.

4 Anwendungsfälle und Anforderungen

Der Einsatz der Blockchain Technologie im Kontext von Wertschöpfungsketten hat in den vergangenen Jahren regen Zuspruch gefunden. Das große Interesse an fair und transparent gehandelten Produkten und wachsende technologische Möglichkeiten haben im Kontext des Produktes Kaffee eine Vielzahl an Projekten und Unternehmungen ermöglicht. Eine Auswahl hiervon soll im Folgenden näher betrachtet werden.

Nach eingehender Analyse lassen sich drei zentrale Kernbereiche dieser Anwendungsfälle identifizieren (Abbildung 3).

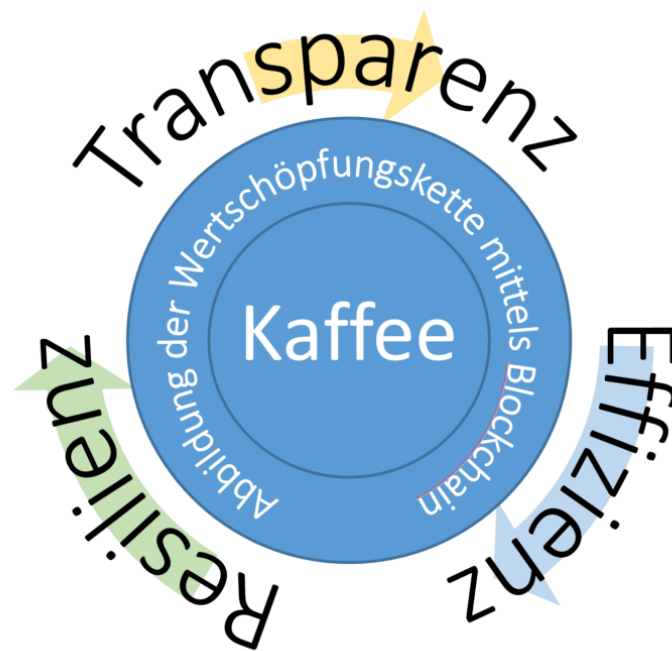


Abbildung 3 Kernbereiche der Anwendungsfälle von Blockchain in Kaffee

4.1 Transparenz

Die Wertschöpfungskette von Röstkaffee ist vielschichtig, überspannt oft große räumliche Distanzen und bindet eine Vielzahl unterschiedlicher Akteure ein. Direktkontakt zwischen dem Kaffeeröster und den Kaffeebauern ist dabei die Ausnahme – Röstereien und Endverbraucher müssen sich auf die Angaben der Zwischenhändler verlassen. Der Handelsprozess ist beim Kaffee dadurch oft intransparent.

Gleichzeitig steigt das Interesse der Endverbraucher hinsichtlich Transparenz - vor Allem im Bereich der Lebensmittel - seit Jahren an. So lässt sich beispielsweise ein Zuwachs von 218 % des Fairtrade Kaffeeabsatzes in der Zeit von 2010 – 2019 beobachten (Liedtke, 2021). Doch auch die Transparenz im Kaffee jenseits von Siegelunternehmen gewinnt an Bedeutung. Initiativen wie „The Pledge“² sind das Resultat und die teilnehmenden Kaffeeröstereien haben sich einer vollen Transparenz im Rohkaffeeimport verschrieben. Dies setzt aber natürlich eine genaue Kenntnis über die Details der Wertschöpfungskette voraus.

² <https://www.transparency.coffee/>

Die Blockchain kann bei der Sicherung und Bereitstellung dieser Daten als Schlüsseltechnologie dienen und wird bereits von mehreren Unternehmen unterschiedlicher Größe genutzt.

4.1.1 Starbucks – Trace your coffee

Starbucks ermöglicht bereits jetzt für Bohnenkaffee, der in den hauseigenen Filialen gekauft wird, die Möglichkeit, den Kaffee hinsichtlich seiner Herkunft zurückzuverfolgen. Über eine App kann der Endverbraucher einen QR-Code einscannen und bekommt Informationen zum Anbauland und dem Röststandort, an dem der Kaffee verarbeitet wurde.

Informationen zu Anbau- & Erntezeitraum oder dem Zeitpunkt der Röstung liegen in der App aktuell nicht vor. Auch die Kooperativen und Farmen, die in die Herstellung des Rohkaffees involviert sind, werden nicht näher aufgeführt.

Das Projekt entspringt einer direkten Kooperation mit Microsoft und nutzt entsprechend Microsoft Azure Blockchain Services als Framework (Sokolowsky, 2019).

4.1.2 Nestlé Zoégas

Nestlé ist seit 2019 Teil des IBM Food Trust (IFT) (Pütter, 2020). Mit der Kaffeesorte „Summer Edition 2020“ der Premium Kaffeemarke Zoégas hat Nestlé in Zusammenarbeit mit dem Siegelunternehmen Rainforest Alliance die auf Hyperledger Fabric basierte Blockchain-Technologie des IFT zum ersten Mal bei einem Kaffeeprodukt zur Anwendung gebracht. Auch in diesem Anwendungsfall kann der Verbraucher einen QR-Code auf der Verpackung des Kaffees scannen um Informationen über die Wertschöpfungskette des Kaffees einzusehen (Zoegas, 2020). Dies umfasst Informationen zu den involvierten Plantagen, der Erntezeit, Transaktionszertifikaten der Seefracht sowie dem Röstzeitraum in der Rösterei in Helsinki (Pollock, 2020).

4.1.3 Farmer Connect

Auch Farmer Connect setzt auf den IFT und nutzt deren Blockchain-Lösung um den Informationsaustausch entlang der Wertschöpfungskette von unterschiedlichen Agrarprodukten transparent zu gestalten³. Kaffee gehörte dabei zu den ersten Produkten dieser unabhängigen Plattform. Die Kaffeebauern können sich auf der Farmer Connect Plattform, welche auf die IFT Blockchain aufbaut, eine Self-Sovereign Identity, die sogenannte Farmer ID anlegen. Über diese können Daten über Anbau, Ernte und Verarbeitung des Rohkaffees sowie Zertifizierungen digital abgelegt werden. Diese Informationen können wiederum als Transaktionsnachweis und zur Identifikation mit Handelspartner geteilt werden.

Darüber hinaus können die Informationen über die „Thank my Farmer“ App mit Endverbrauchern geteilt werden, um selbigen transparenten Einblick in die Wertschöpfungskette des Kaffees zu gewähren. Im Umkehrschluss kann der Verbraucher über die App den Farmer oder von ihm geförderte soziale oder ökologische Projekte finanziell unterstützen.

Neben der Transparenz gegenüber dem Endverbraucher steht bei Farmer Connect bereits ein weiterer wichtiger Aspekt im Mittelpunkt: Die digitale und effiziente Abwicklung und Darstellung der Transaktionen in der Wertschöpfungskette des Kaffees.

³ <https://www.farmerconnect.com/products>

4.2 Effizienz

Die Vielzahl der beteiligten Akteure an der Wertschöpfungskette des Kaffees birgt neben der Intransparenz eine hohe Komplexität im Informationsaustausch. In der Digitalisierung dieses Austauschs durch ein fälschungssicheres dezentrales Teilnehmernetzwerk sowie durch den Einsatz von Smart Contracts zur (Teil-)Automatisierung von Prozessen liegt hier großes Einsparungspotential. Informationen stehen schneller zur Verfügung, der Prozess ist weniger störanfällig und weniger Zwischenhändler werden benötigt.

Diese Effizienz-Steigerung reicht dabei vom digitalen Dokumentationsaustausch bis hin zu Handelsplattformen, auf denen Kaffeebauern ihre Ware direkt den Röstereien anbieten können.

4.2.1 iFinca

Die Konzern-unabhängige Plattform iFinca verfolgt einen ganzheitlichen Ansatz, um die Wertschöpfungskette von Kaffee transparenter und effizienter zu gestalten. Die Plattform baut auf eine eigens entwickelte Blockchain auf Basis von Hyperledger Sawtooth auf (Debut Infotech, 2021). Über eine App können sich Kaffeebauern, Aufbereitungsbetriebe, Kooperativen, Importeure & Exporteure sowie Röstereien, Cafés bis hin zum Endverbraucher einen Account anlegen und die für sie relevanten Prozesse digital abbilden und nachverfolgen⁴. Somit ist es beispielsweise dem Kaffeebauern möglich seinen Kaffee direkt über iFinca an Importeure und Röstereien anzubieten und den Verkauf verifiziert und transparent über iFinca abzuwickeln. Der Röster wiederum kann über einen eigenen QR-Code die Informationen zu den Kaffees, die er über iFinca bezogen hat, an seine Kunden weitergeben. Über die Informationstiefe hierbei entscheidet er frei.

In der Plattform werden somit alle Stakeholder des Prozesses zusammengeführt, die relevanten Informationen und Dokumentationen werden fälschungssicher in der Blockchain ausgelegt und ausgetauscht.

4.2.2 Beyco

Ein ähnlicher Ansatz wird von Beyco verfolgt. Als Teil der Progreso Foundation wurde die Blockchain-basierte Handelsplattform für Kakao und Kaffee 2018 eingeführt, um Bauern und verarbeitende Betriebe in aller Welt näher zusammen zu bringen. Die Handelsplattform setzt auf eine Hyperledger Fabric Blockchain auf und ermöglicht es beispielsweise Kaffeebauern in den Anbauländern ihre Ernte Röstern in aller Welt anzubieten. Bei einer erfolgreichen Einigung von Kaffeebauer und Käufer wird der Vertrag in der Plattform abgelegt und der davon berechnete Hashwert in der Blockchain gespeichert, um den Vertrag fälschungssicher zu dokumentieren. Die Verkaufsabwicklung sowie die Abbildung von Import und Export soll in den kommenden Jahren durch den Einsatz von Smart Contracts weiter automatisiert werden. Je nach Bedarf kann über die Plattform nach Dienstleistern für Transport, Import und Export der Ware gesucht werden. Außerdem wird Kooperativen in den Ursprungsländern über Beyco und die Progreso Foundation der Zugang zu externer Finanzierung erleichtert.

⁴ <https://www.ifinca.co/technology>

4.3 Resilienz

Die lückenlose Datenerhebung und einfache, chargengenaue Verfügbarkeit der Produktionsdetails ermöglichen neben der gesteigerten Transparenz für den Endverbraucher und effizienten Prozessen einen weiteren großen Vorteil: Resilienz.

Die schnelle Rückverfolgbarkeit ist gerade im Falle einer von dem Produkt ausgehenden Gefährdung wichtig. Eine analoge Dokumentation des Produktursprungs schafft im Falle einer Rückrufaktion unnötigen zeitlichen Verzug und stellt somit eine reale Gefahr für die Verbraucher dar.

Kaffee ist verhältnismäßig weniger anfällig in diesem Kontext als andere Lebensmittel, wie Fleisch oder Milchwaren - dennoch birgt die lange Wertschöpfungskette mögliche Gefahren wie Schimmelpilzbefall oder eine Kontaminierung des Kaffees beispielsweise während der Seefracht.

4.3.1 Walmart Food Traceability Initiative

Walmart nimmt eine Vorreiter-Position hinsichtlich einer flächendeckenden Absicherung der Wertschöpfungsketten von Lebensmittel mittels Blockchain ein. Durch die chargengenaue, near-realtime Rückverfolgbarkeit von Produkten mittels Blockchain kann Walmart deutlich schneller auf qualitative Probleme oder Reklamationen reagieren und konnte so in 2020 der amerikanischen Lebensmittelbehörde FDA im Kontext von Nachforschungen zu Lebensmittelsicherheit Informationen zum Ursprung einer möglichen Kontamination innerhalb kürzester Zeit liefern (del Castillo, 2021). Mittlerweile werden über 500 Produkte – unter anderem Kaffee – bei Walmart in der Food Traceability Initiative, die auf der IBM Food Trust Blockchain basiert, abgebildet.

Neben den hier beschriebenen Lösungen gibt es weitere Anbieter, die Leistungen zur digitalen Abbildung der Wertschöpfungskette anbieten. Das Unternehmen Bext360 beispielsweise agiert als SAAS Provider, der es Agrar- und Handelsunternehmen ermöglicht, ihre Prozesse komplett digital zu erfassen. Mittels App kann beispielsweise der Ernteprozess durch den Kaffeebauer digital erfasst werden. Der Kaffee wird bei der Transportvorbereitung durch einen QR-Code gekennzeichnet und kann somit auf seinem weiteren Weg kontinuierlich verfolgt werden. Die Form der Datenerhebung wird dabei auf den jeweiligen Anwendungsfall zugeschnitten. Die Daten werden zunächst auf einer eigenen zentralen Datenbank erfasst und mittels Hashwerten, die in einer beliebigen Blockchain gespeichert werden, abgesichert.

5 Architektur des Informationssystems

Die Architektur des Blockchain-Netzwerkes (Abbildung 4) besteht aus insgesamt drei Teilnehmern, wobei jeder einen eigenen Hardware-Node besitzt. Beispielsweise kann hierfür ein kleiner Homeserver oder Mini-PC genutzt werden. Auf dem Hardware-Node werden mehrere Microservices in einer Container Runtime betrieben. Diese gruppieren sich in die drei Kategorien:

- (1) Komponenten von Hyperledger Fabric
 - a. NutriSafe Peer
 - b. WorldState Database
 - c. Ordering Node
 - d. Fabric CA
- (2) Schnittstelle zum Blockchain Netzwerk
 - a. REST API
 - b. User Database
- (3) Management Anwendungen
 - a. Admin Panel
 - b. Management Dashboard

Microservices für Hyperledger sind für den Betrieb des Hyperledger Fabric Netzwerkes notwendig⁵. Die REST API und die dazugehörige Nutzerdatenbank sind für einen einfachen Zugriff auf die Daten der Blockchain notwendig. Die REST API abstrahiert die Transaktionsbildung und übernimmt die Kommunikation mit dem Blockchain-Netzwerk (Lamken et al., 2021). Die Management-Anwendungen beinhalten eine Komponente zur Administration des Hardware Nodes und ein Management Dashboards zur Interaktion mit den Daten auf der Blockchain. Auf die Implementierung der Adminanwendung wurde aufgrund des

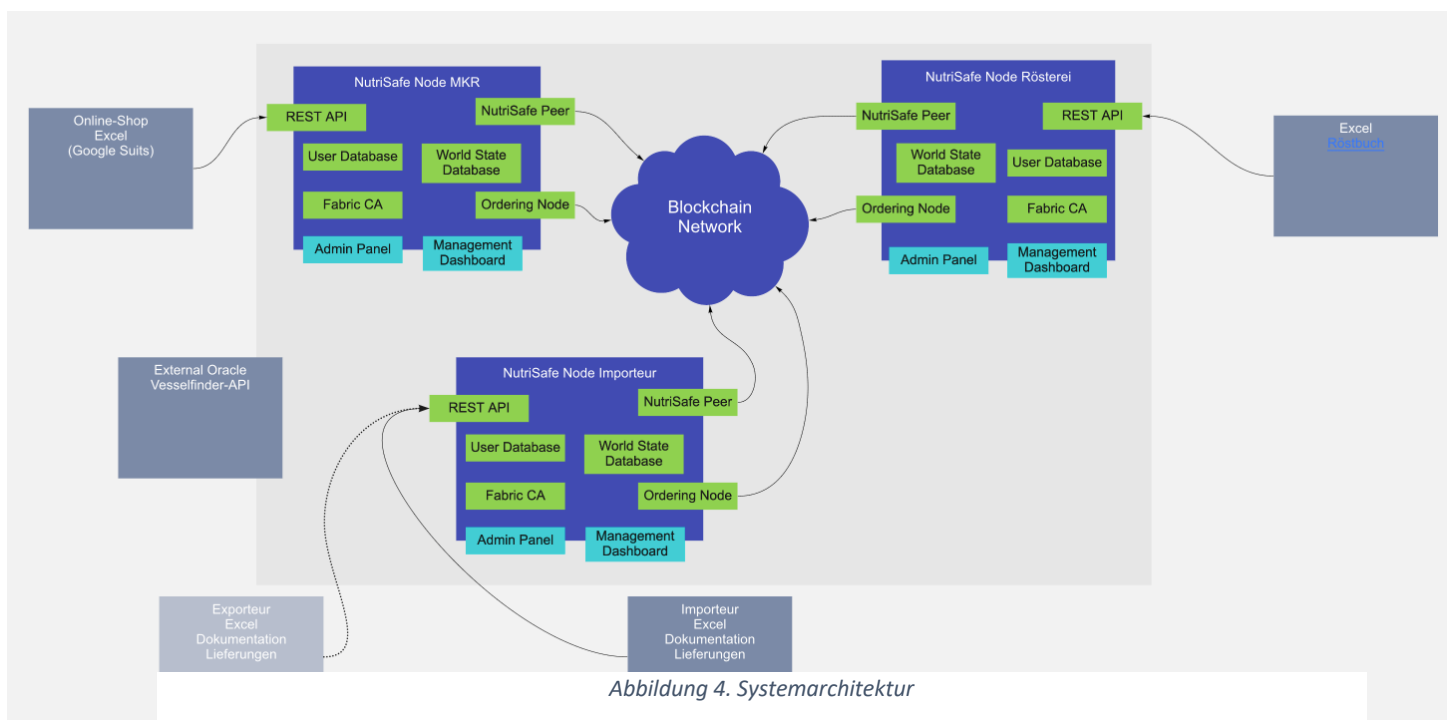


Abbildung 4. Systemarchitektur

⁵ Siehe <https://hyperledger-fabric.readthedocs.io/en/latest/>

Implementierungsaufwandes vorerst verzichtet. Das Management-Dashboard war in diesem Szenario nicht notwendig, da alle Teilnehmer Excel als Anwendungssystem nutzen und eine Integration umgesetzt wurde.

Für das Setup und spätere Änderungen an der Blockchain Infrastruktur wurde ein gemeinsames privates Repository angelegt. In diesem werden Konfigurationsdateien, Public Zertifikate (ohne private Schlüssel) und Konfigurationstransaktionen ausgetauscht.

Eine mögliche Integration des Exporteurs über den Hardware-Node des Importeurs ist schematisch mit dargestellt, da diese beiden eine gefestigte Geschäftsbeziehung haben. Generell ist es möglich für den Betreiber des Hardware-Nodes weitere Nutzer mit angepassten Berechtigungen in der Nutzerdatenbank anzulegen. Dadurch muss nicht jeder neue Teilnehmer des Netzwerkes zwangsweise einen eigenen Node betreiben, um auf die Daten im Netzwerk zuzugreifen oder auch neue Daten einzuspielen.

Externe API's wie zum Beispiel zum Tracking von Schiffen⁶ können bei den einzelnen Teilnehmern mit angebunden werden. Die Anbindung findet dabei bei den Anwendungssystem



Abbildung 5 Metamodell mit den Produkten Rohkaffee und Röstkaffee

⁶ <https://www.vesselfinder.com/de>

statt. Somit besteht nur eine indirekte Verbindung zum Blockchain Netzwerk. Eine Integration in den Chaincode ist nicht sinnvoll, da die Anfragen bei der API nicht deterministisch sein müssen.

5.1 Datenmodell

Das Datenmodell besteht aus vier verschiedenen Klassen dem `ProductObject`, `GreenCoffee`, `Roastcoffee` und dem `ShipmentObject`. Im Folgenden werden die einzelnen Klassen mit den jeweiligen Attributen erläutert.

5.1.1 ShipmentObject

Das *ShipmentObject* ist eine Klasse aus dem NutriSafe Chaincode. Es bildet Lieferungen und deren spezifische Eigenschaften digital in der Blockchain ab. Grundlage des Objektes ist ein Standard-Speditionsauftrag. Eine Lieferung kann aus verschiedenen Teillieferungen bestehen.

Die *id* ist eine eindeutige Identifizierung der Lieferung im gesamten Netzwerk.

Sender gibt den Namen und die Adresse des Absenders an. Dabei handelt es sich um ein *private* Attribut, welches nicht allen Teilnehmern offen zur Verfügung steht und einer *Private Data Collection* gespeichert wird.

Recipient gibt den Namen und die Adresse des Empfängers an und wird genauso wie der *sender* behandelt.

PackagingType bezeichnet die Art der Verpackung für alle Teillieferungen z. B. Europalette.

ContentType bezeichnet die Inhalte der Teillieferungen.

Batches beinhaltet die Referenzen die Chargen *id's* der Teillieferungen. Damit können auch gemeinsame Lieferwege von Chargen nachvollzogen werden.

Weight, *length*, *height* und *width* beziehen sich auf das Gewicht, die Länge, die Höhe und die Breite der jeweiligen Teillieferungen.

Status gibt den aktuellen Status der Lieferung an z. B. in der Disposition, in Zustellung oder zugestellt.

5.1.2 ProductObject

Das *ProductObject* ist eine Klasse aus dem NutriSafe Chaincode. Die Attribute sind für Produktchargen jedes Produktes relevant.

Die *id* ist ein chargenspezifischer und eindeutiger String im gesamten Netzwerk. Die *id* wird beim Rohkaffee durch den Importeur vergeben und beim Röstkaffee durch den Röster vergeben.

Amount und *unit* bezeichnen Menge und Einheit der Charge z. B. 60kg-Gebinde oder auch Kilogramm.

Das *alarmFlag* gibt an, ob bei der Charge eine Gefahr vorliegt. Dieser Wert kann auf *true* gesetzt werden, falls eine Gefahr von dem Produkt ausgeht oder ein Herstellungsmangel bei der entsprechenden Produktcharge besteht.

Der *actualOwner* ist der aktuelle Eigentümer der Charge. Bezeichnet die Entität im Netzwerk, welche das Recht an entsprechende Attribute bei der Chargen zu ändern.

Der *receiver* bezeichnet den nächsten Empfänger für die Charge und wird befüllt, wenn eine Lieferung an diesen bevorsteht. Dieser hat das Recht die Charge z. B. bei physischer Ankunft des Produktes zu übernehmen und wird der neue *actualOwner*.

Predecessor und *successor* beinhalten Referenzen zu allen Vorgänger- bzw. Nachfolgechargen, um eine lückenlose Rückverfolgbarkeit über die Chargen hinweg zu gewährleisten.

5.1.3 GreenCoffee

Der *GreenCoffee* beschreibt alle Attribute für den Rohkaffee und kann zur Laufzeit geändert werden.

Sort bezeichnet die Kaffeesorte.

originType beschreibt, ob der Kaffee vermischt wurde.

originCountry bezeichnet das Produktionsland.

cuppingScore und *screenSize* sind Ergebnisse des Q-Grading⁷ und gibt Information über die Qualität des Kaffees.

CoffeeFarmer bezeichnet einer Liste der Farmen, an denen diese Charge vom Rohkaffee angebaut wurde.

harvestTime ist der Erntezeitraum des Kaffees.

harvestType unterscheidet nach der Pflückart z. B. Pflückernte oder industrielle Massenernte

processType bezeichnet die Art der Aufbereitung vom Rohkaffee.

⁷ Siehe <https://marjorie-wiki.de/wiki/Q-Grading>

Bei *associatedCertificates* können, wenn vorhanden, Zertifizierungen abgelegt werden.

Status gibt den aktuellen Status der Charge an z. B. im Lager oder auf dem Seeweg.

GeoLocation wird mindestens bei jedem Statusupdate mit aktuellen GPS-Positiondaten beschrieben.

AdditionalInformation gibt die Möglichkeit zusätzliche Informationen für diese Charge zu erfassen.

Timestamp beinhaltet einen zu den Positionsdaten gehörenden Zeitstempel.

5.1.4 RoastCoffee

Der *RoastCoffee* beschreibt alle Attribute für den Rohkaffee und kann zur Laufzeit geändert werden.

InputSorts bezeichnet die in die Mischung eingegangenen Kaffeesorten. Diese Werte können über die Vorgängerchargen von dem Rohkaffee abgeleitet werden.

Ratio bezeichnet das Verhältnis der Rohkaffeesorten.

RoastType bezeichnet die Art der Röstung z. B. Langzeittrommelröstung.

RoastTime bezeichnet die gesamte Röstzeit des Kaffees.

RoastTemperature gibt die Übergänge in der Rösttemperatur durch einzelne Datenpunkten wieder.

RoastDate bezeichnet das Röstdatum.

BestBeforeDate bezeichnet das Mindesthaltbarkeitsdatum.

RoastLoss bezeichnet den Einbrand der Röstung in kg.

EnvironmentVariables gibt die Möglichkeit Umgebungsparameter wie die Raumtemperatur bei der Röstung oder ähnliches zu erfassen.

Die weiteren Attribute sind die gleichen wie bei dem Rohkaffee.

5.2 User Interface

Für jede Rolle (Importeur, Röster, Distributor und Endkunde) wurde ein passendes User Interface designed. Für alle Rollen außer dem Endkunden wurde ein Excel Plugin entwickelt. Bestehend aus zwei Arbeitsbereichen ist es möglich Informationen aus den Tabellen in die Blockchain zu übermitteln und auch abzufragen. Bei dem Importeur und Röster wurde das Tabellenblatt basierend auf existierenden Tabellenvorlagen implementiert, ergänzt um weitere Datenfelder.

Für den Endkunden wurde ein Mockup für eine Web-Applikation erstellt bei welchen die auf der Blockchain abgespeicherten Informationen chargenspezifisch graphisch aufbereitet dargestellt werden können. In Abbildung 6 sind alle Informationen, welche dynamisch aus der Blockchain abgefragt werden mit BC markiert.



Abbildung 6 Endkunden Interface

6 Erfahrungen

6.1 Technisch

Meta-Modell (Chaincode) und REST-API

Beim Meta-Modell werden grundsätzlich Produkttemplates angelegt, welche für jede einzelne Charge instanziiert werden. Dabei sollte möglichst auf nicht-chargenspezifische Informationen verzichtet werden, damit die Transaktionen nicht zu groß werden. In dem Anwendungsfall hat sich herausgestellt, dass es durchaus sinnvoll ist auch Stammdaten der Produkte auf die Blockchain zu schreiben. Es gab keinen maschinenlesbaren Austausch der Stammdaten über die Produkte. Da diese Daten auch nicht vielen Änderungen unterliegen, ist das Transaktionsvolumen gering. Mithilfe des Meta-Modells war es möglich mehrere Produkte mit individuellen Attributen anzulegen.

Microsoft Excel lässt für Plugins nur TLS verschlüsselte Verbindungen zu REST-Endpunkten zu. Daher musste eine TLS Option bei der REST-API aktiviert werden.

Blockchain Infrastruktur

Die Blockchain Infrastruktur stellt bei kleinen und mittelständischen Unternehmen eine besondere Herausforderung dar. Gerade Kleinstunternehmen besitzen in der Regel keine eigene IT-Abteilung oder IT-Infrastruktur. Um aber einen eigenen Node in einem verteilten Netzwerk betreiben zu können, sind (weltweite) Erreichbarkeit und ständiger Betrieb notwendig. Während ein ständiger Betrieb kein Problem ist, ist eine weltweite Erreichbarkeit über das Internet mit einem globalen DNS-Eintrag und einer Public IP-Adresse verbunden. Die IP-Adresse wird meist an den lokalen Router der Organisation vom Internet Service Provider bereitgestellt und unterliegt Änderungen. Eine Möglichkeit, dass der Node auch bei sich häufigere ändernder IP-Adresse erreichbar ist, ist ein DynDNS-Service. Dieser ermöglicht einen gleichbleibenden Domain-Namen zur Erreichbarkeit über das Internet.

Neben der Erreichbarkeit ist der Administration des Hardware Node und den installierten Komponenten eine komplexe Tätigkeit. Dabei müssen Informationen und Daten zwischen den verschiedenen Teilnehmern getauscht werden. Für dieses wurde ein zentrales privates Github-Repository angelegt. Dies steht in keinem Konflikt zu einem dezentralen Netzwerk, da die Informationen nur zum initialen Setup und bei Änderungen im Netzwerk notwendig sind, aber den eigentlichen Betrieb nicht beeinflussen.

6.2 Organisatorisch

Die Kontakte zu den Partnern wurde über die MKR hergestellt. Die Partner standen dem Projekt offen gegenüber und haben neben den Interviews auch weiterführende Dokumente bereitgestellt.

Die Herausstellung der individuellen Interessen an einem solchen System und die Überzeugung stellten die größte Herausforderung dar. Gerade da im Kontext der Forschung kein ausgereiftes Produkt angeboten wird. Fragen zum Betreibermodell und den Kosten konnten nur mit good guesses und auch nur für die Bereitstellung und weniger für den eigentlichen Betrieb und Wartung beantwortet werden. Dadurch war es für die Teilnehmer schwierig den Kosten und Nutzen abzuwägen.

Insgesamt liegt der Nutzen durch den Einsatz der Blockchain Technologie in der Erhöhung

- (1) der Transparenz (digitale Information begleitet das physische Produkt),
- (2) der Effizienz (Digitalisierung des Informationsaustausches) und
- (3) Resilienz (Chargengenaue Rückverfolgbarkeit).

7 Fazit

In der Studie wurde die im dem Forschungsprojekt NutriSafe entwickelten Lösungen genutzt und in einer konkreten Supply Chain exemplarisch angewendet. Vorgehensmodelle, Architekturen und Referenzimplementierungen konnten im Rahmen der Studie instanziiert werden.

Dennoch waren neue Anbindungen (Excel-Plugin) und individuelle Interfaces (Tabellen in Excel, Webseite) je nach der Rolle in der Kaffee Supply Chain notwendig. Diese haben keine direkte Anbindung an die Blockchain, sondern nutzen die generalisierte REST API. Dadurch konnte die Implementierung der aufwendigen Transaktionsbildung und Kommunikation mit dem Netzwerk in den einzelnen Anbindungen verzichtet werden. Der Prozess der Implementierung eines blockchain-basierten Informationssystems konnte so beschleunigt werden.

Das verteilte Peer-to-Peer Netzwerk und die Konfiguration des Blockchain Netzwerkes stellt die größte Hürde im Einsatz der Blockchain dar. Diese IT-Tätigkeiten sind durch Kleinunternehmen, ohne einen IT-Dienstleister kaum zu stemmen. Die Automatisierung des Setups und das gemeinschaftlichen Repository vereinfacht die initiale Einrichtung des Netzwerkes. Dennoch müssen Fragen des Betriebes mit den konkreten Teilnehmern in einem produktiven Einsatz geklärt werden. Dafür können zum Beispiel die Blockchain Operations Categories (Hoiss et al., 2021) verwendet werden.

Insgesamt stellt die Blockchain Technologie eine gute Möglichkeit der interorganisationalen Zusammenarbeit ohne eine zentrale Kontrollinstanz dar. Dabei sind die einfache und kostengünstige Technologie sowie die Zusammenarbeit innerhalb der Kooperationspartner kritische Erfolgsfaktoren.

Danksagung

Wir danken dem Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) für die Möglichkeit der Forschung im Rahmen des Projektes NutriSafe (FKZ 13N15070 bis 13N15076) sowie dem Sicherheitsforschungsförderprogramm KIRAS, finanziert vom Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (Projektnummer: 867015).

Literatur

- Bitkom. (2020). *Verbraucher wünschen sich mehr Transparenz beim Einkauf*. <https://www.bitkom.org/Presse/Presseinformation/Verbraucher-wuenschen-sich-mehr-Transparenz-beim-Einkauf>
- Debut Infotech. (2021). *IFINCA*. <https://www.debutinfotech.com/case-study/ifinca>
- del Castillo, M. (2021). *Blockchain 50 2021*. Forbes.
- Hevner, A. R., March, S. T., Park, J., & Ram, S. (2004). Design Science in Information Systems Research. *Design Science in IS Research MIS Quarterly*, 28(1), 75–105. <https://doi.org/10.2307/25148625>
- Hofmeier, M., & Lechner, U. (2020). Vulnerability in the Food Supply Chain - Approaches and Results from the NutriSafe Project. In *International Workshop on Security (IWSEC)*. <https://www.iwsec.org/2020/posters.html>
- Hoiß, T., Furtner, T., Hermann, A., Hofmeier, M., Kummer, Y., Rest, K.-D., Stocker, F., Hirsch, P., Oberhellmann, S., Lamken, D., & Lechner, U. (2020). Design of Blockchain-based Information Systems – Design Principles from the NutriSafe Project. In T. Clohessy, E. Walsh, H. Treiblmaier, & T. Stratopoulos (Eds.), *“Blockchain beyond the Horizon” - Workshop at the European Conference on Information Systems (ECIS 2020)*. https://www.nutrisafe.de/wp-content/uploads/2021/02/ECIS-Blockchain-NutriSafe_Toolkit_Version.pdf
- Hoiss, T., Seidenfad, K., & Lechner, U. (2021). Blockchain Service Operations – A Structured Approach to Operate a Blockchain Solution. *The 3rd IEEE International Conference on Decentralized Applications and Infrastructures (To Be Appear)*.
- Lamken, D., Wagner, T., Hoiss, T., Seidenfad, K., Hermann, A., Kus, M., & Lechner, U. (2021). Design patterns and framework for blockchain integration in supply chains. *IEEE International Conference on Blockchain and Cryptocurrency (ICBC)*, 1–3.
- Liedtke, A. (2021). *Kaffee in Zahlen*. https://b1-website-assets.s3.amazonaws.com/attachments/2021/06/08/15/53/16/6f326cfc-455d-4105-9731-e90ad36c1b4f/Kaffeereport_2021_DS_final.pdf
- Pollock, D. (2020). *Nestlé Expands Use Of IBM Food Trust Blockchain To Its Zoégas Coffee Brand*. <https://www.forbes.com/sites/darrynpollock/2020/04/15/nestl-expands-use-of-ibm-food-trust-blockchain-to-its-zogas-coffee-brand/?sh=20a4f2b91684>
- Pütter, C. (2020). *Die Blockchain verfolgt den Kaffee zurück*. Cio.De. <https://www.cio.de/a/die-blockchain-verfolgt-den-kaffee-zurueck,3630991>
- Rudnicka, J. (2021). *Steuereinnahmen aus der Kaffeesteuer in Deutschland bis 2020*. Statista. <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/225680/umfrage/volumen-der-kaffeesteuereinnahmen-in-deutschland/>
- Seidenfad, K., Hoiss, T., & Lechner, U. (2021). A blockchain to bridge business information systems and industrial automation environments in supply chains. In G. Krieger, U.R., Eichler, G., Erfurth, C., Fahrnberger (Ed.), *21st International Conference on Innovations for Community Services*. Springer.
- Sokolowsky, J. (2019). *Starbucks turns to technology to brew up a more personal connection with its customers*. <https://news.microsoft.com/transform/starbucks-turns-to-technology-to-brew-up-a-more-personal-connection-with-its-customers/>
- Streckfuß, C. (2012). *Welt in Zahlen - Kaffee*. W Wie Wissen. <https://www.daserste.de/information/wissen-kultur/w-wie-wissen/sendung/2010/welt-in-zahlen-kaffee-100.html>
- Tagesschau. (2021). *Preise für Arabica-Bohnen steigen rasant*. <https://www.tagesschau.de/wirtschaft/verbraucher/kaffee-brasilien-arabica-frost-teurer-101.html>
- Zoegas. (2020). *This year, Zoégas Ltd Edition Summer 2020, is traceable all the way - from coffee bean to your coffee cup*. <https://www.zoegas.se/year-zoegas-ltd-edition-summer-2020-traceable-all-way-coffee-bean-your-coffee-cup>