



# Distributed Ledger Technologien im Rheinischen Revier in Nordrhein-Westfalen

Produzierende Industrie 2020



Werkzeugmaschinenlabor (WZL) der RWTH Aachen University  
In Zusammenarbeit mit der senseering GmbH

Dieses Projekt wird durch das Land Nordrhein-Westfalen gefördert.

**Ministerium für Wirtschaft, Innovation,  
Digitalisierung und Energie  
des Landes Nordrhein-Westfalen**





# Inhalt

4	Autoren
6	Zusammenfassung/Executive Summary
8	Einführung und Grundlagen
8	Ziel der Studie und Motivation
9	Technologische Grundlagen
10	Arten von Distributed Ledger Technologien
10	Funktionsweise einer Distributed Ledger Technologie
12	Überblick über den Inhalt der Studie
13	Anwendungsfälle in der Produktion
14	Auditierung
16	Maschinendatenmarktplatz
18	Abonnementmodelle für Maschinen und Werkzeuge
19	Überwachung der Produkt- und Prozessqualität
21	Ökobilanzierung
24	Akteurslandschaft Distributed Ledger Technologien Rheinisches Revier
25	Methodisches Vorgehen
26	Akteurslandschaft NRW
35	Schlussbetrachtung
37	Literatur

# Autoren



[Dr. Daniel Trauth](#) studierte an der RWTH Aachen University Maschinenbau und Wirtschaftsingenieurwesen. Im Anschluss an sein Studium promovierte er am Werkzeugmaschinenlabor (WZL). Derzeit arbeitet Herr Dr. Trauth als Oberingenieur am WZL und ist Abteilungsleiter der Gruppe „Digitale Transformation“ am Lehrstuhl für Technologie der Fertigungsverfahren unter der Leitung von Prof. Thomas Bergs. Als Mitbegründer des Startups senseering GmbH unterstützt er Unternehmen auf dem Weg zur digitalen Transformation hinsichtlich der Technologien 5G, Künstliche Intelligenz, Big Data, Cloud und Edge Computing sowie Distributed Ledger Technologien.



[Philipp Niemietz](#) absolvierte sein Studium im Fach Informatik an der RWTH Aachen University mit der Spezialisierung der Komplexitätstheorie. Als wissenschaftliche Hilfskraft am Forschungsinstitut FIR vertiefte er den Fachbereich des Internets der Dinge und entschloss sich für eine Laufbahn als wissenschaftlicher Assistent am WZL. Als Gruppenleiter der Forschungsgruppe „Digitale Transformation“ fokussiert er sich auf die datengetriebene Modellierung von cyber-physischen Systemen im Kontext von Fertigungsprozessen, wie dem Feinschneiden.



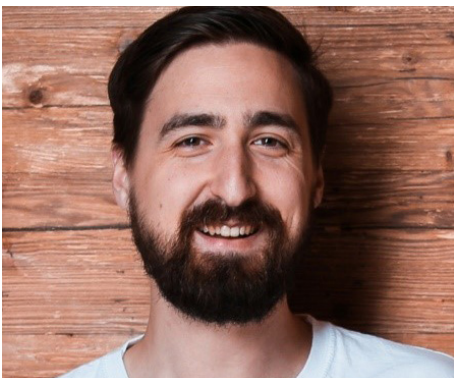
[Johannes Mayer](#) studierte Maschinenbau und Management an der Technischen Universität München (TUM) mit dem Fokus auf intelligente Vernetzung und ökonomische Optimierung in den Bereichen Supply Chain und Fabrikplanung. Im Oktober 2019 trat er die Position als wissenschaftlicher Assistent am WZL in der Forschungsgruppe „Digitale Transformation“ an und beschäftigt sich mit Distributed Ledger Technologien im Kontext des Internet of Production.



**Alexander Beckers** studierte Wirtschaftsingenieurwesen mit der Fachrichtung Maschinenbau an der RWTH Aachen University. Er vertiefte die Bereiche Kunststofftechnik und Produktionstechnik. Nach seinem Studium forschte er als wissenschaftlicher Assistent am WZL in der Gruppe „Technologieplanung“ des Lehrstuhls für Technologie der Fertigungsverfahren zum Thema der wirtschaftlichen Optimierung von Fertigungsprozessfolgen. Im März 2020 übernahm er die Leitung dieser Forschungsgruppe.



**Prof. Wolfgang Prinz, PhD** studierte Informatik an der Universität Bonn und promovierte an der Universität Nottingham. Seit 2001 ist er Professor an der RWTH Aachen University und leitet als stellvertretender Institutsleiter am Fraunhofer-Institut für angewandte Informationstechnik FIT den Forschungsbereich Kooperationsysteme.



**Robin Williams** studierte im Bachelor Umwelttechnik an der Technischen Universität Dänemark und absolvierte seinen Master im Bereich Nachhaltige Energieversorgung an der RWTH Aachen University. Im August 2019 trat er die Position als wissenschaftlicher Assistent am Fraunhofer-Institut für angewandte Informationstechnik FIT in der Abteilung Kooperationssysteme an.



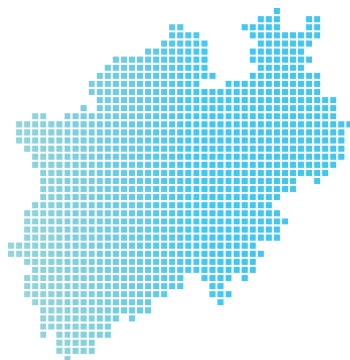
**Prof. Dr.-Ing. Thomas Bergs** studierte Maschinenbau mit Schwerpunkt Konstruktionstechnik an der RWTH Aachen University. Im Jahr 2001 promovierte er an der RWTH Aachen mit Auszeichnung. Von 2001 - 2018 war er geschäftsführender Oberingenieur des Fraunhofer Instituts für Produktionstechnologie IPT. Anfang Juni 2018 übernahm Prof. Bergs die Leitung des Lehrstuhls für Technologie der Fertigungsverfahren am WZL der RWTH Aachen University.

# Zusammenfassung

Der Einsatz von Distributed Ledger Technologien im Bereich der Produktion revolutioniert diverse Anwendungsfälle. Im Rahmen des Forschungsprojekts “Blockchain Reallabor im Rheinischen Revier\*” wurden im ersten Projektjahr fünf solche Anwendungsfälle für die Produktion definiert. Das Vertrauen und die Transparenz bezüglich der gespeicherten Daten, die Eliminierung von zentralen Entitäten sowie die automatischen Micropayments in Echtzeit revolutionieren die Auditierung, die Produkt- und Prozessüberwachung sowie die Ökobilanzierung. Mit dem Maschinendatenmarktplatz zum Handel von Prozessdaten und dem Verleih von beispielsweise Maschinenkapazitäten in Form von Abonnements erschafft ein Distributed Ledger neue Geschäftsmodelle.

In Nordrhein-Westfalen (NRW) ist das Feld der Anwender (17 Prozent) im Vergleich zu den Dienstleistern, Infrastrukturbereitstellern und Forschungsallianzen (83 Prozent) aktuell nicht besonders hoch ausgeprägt. Dennoch existieren einige Projekte, die meist in wenig komplexer Art und Weise die beschriebenen Anwendungsfälle beinhalten und ihre Validität somit bestätigen. Eine Analyse der Akteurslandschaft Distributed Ledger Technologien in Rheinischen Revier ermöglicht einige Erkenntnisse bezüglich des Ökosystems: Es existiert ein Trend hinsichtlich der Bereitschaft großer Unternehmen, Projekte zum Thema Distributed Ledger Technologien zu realisieren. Die Diversität der potenzieller Anwendungsfälle bedeutet jedoch, dass eine einzelne Technologie- oder Infrastrukturempfehlung nicht getroffen werden kann. Vielmehr erfordert dies zum Teil projektspezifische Hard- und Software.

Letztlich ist herauszustellen, dass das Bundesland Nordrhein-Westfalen als Vorreiter in Bezug auf Distributed Ledger Technologien betrachtet werden kann. Ein deutschlandweiter Vergleich der Anwender aus der produzierenden Industrie zeigt, dass über 65 Prozent ihren Standort in NRW haben. Die Etablierung der Technologie der Distributed Ledger im Klein- und Mittelstand ist aus aktueller Sicht der nächste Schritt, um die Stufe der vollkommenen Produktivität laut des Gartner Hype-Cycles zu erlangen.



## BLOCKCHAIN REALLABOR RHEINISCHES REVIER

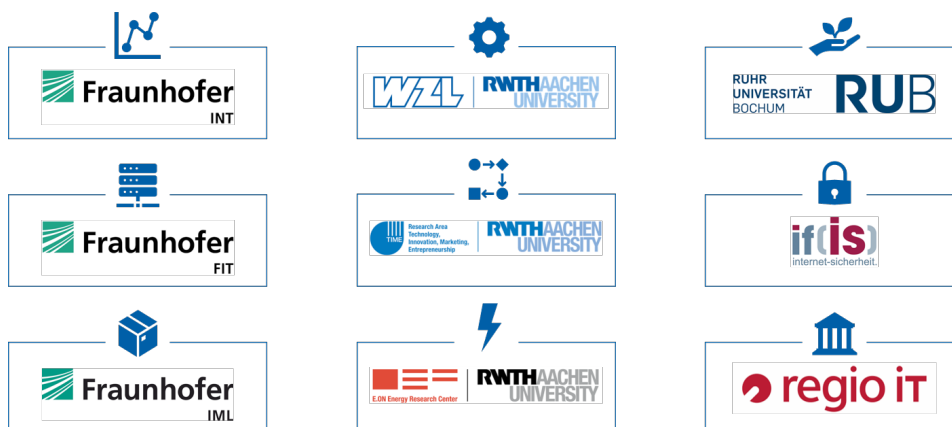
\* Ehemalige Braunkohleregion in Nordrhein Westfalen, bestehend aus Heinsberg, Düren, Euskirchen, Aachen, Mönchengladbach, Rhein-Kreis Neuss und Rhein-Erft-Kreis.

# Executive Summary

The use of Distributed Ledger Technologies in the field of production optimizes various use cases. Within the framework of the research project “Blockchain Real-labor in the Rheinisches Revier”, five use cases were defined for production in the first year of the project. The confidence in and transparency of stored data, the elimination of central entities and automatic micropayments in real time are revolutionizing auditing, product and process monitoring and life cycle assessment. With the machine data marketplace for trading process data and the rental of machine capacities in the form of subscription, for example, a Distributed Ledger creates new business models.

In North Rhine-Westphalia (NRW), the field of users (17 percent) is currently not highly developed in comparison to service providers, infrastructure providers and research alliances (83 percent). Nevertheless, there are some projects that usually contain the described use cases in a less complex way and thus confirm their validity. An analysis of the ecosystem Distributed Ledger Technologies in the Rheinisches Revier provides some insights into the actors involved. There is a trend towards large companies implementing Distributed Ledger Technology projects. It is not possible to make a technology or infrastructure recommendation based on the developed ecosystem, since the identified use cases are handled with different infrastructures depending on the project.

Finally, it should be emphasized that the federal state of North Rhine-Westphalia can be considered a pioneer in Distributed Ledger Technologies in Germany. A nation-wide comparison of users from the manufacturing industry shows that over 65 percent are located in NRW. The establishment of the Distributed Ledger Technology in the small and medium business sector is, from today’s point of view, the next step towards reaching the level of perfect productivity according to the Gartner hype cycle.



\* Former brown coal region in North Rhine-Westphalia, consisting of Heinsberg, Düren, Euskirchen, Aachen, Mönchengladbach, Rhein-Kreis Neuss and Rhein-Erft-Kreis.

# Einführung und Grundlagen

Das Blockchain Reallabor im Rheinischen Revier ist ein durch die Landesregierung Nordrhein-Westfalen (NRW) gefördertes und durch das Ministerium für Wirtschaft, Innovation, Digitalisierung und Energie des Landes Nordrhein-Westfalen (MWIDE) ausgeschriebenes Projekt mit dem Ziel, die Distributed Ledger Technologien für die Wirtschaft zu erschließen. Der Fokus liegt auf der ehemaligen Braunkohleregion Rheinisches Revier. Zu diesem Revier zählen die Kreise Heinsberg, Düren und Euskirchen, die Städteregion Aachen, Mönchengladbach sowie der Rhein-Kreis Neuss und der Rhein-Erft-Kreis. Mithilfe der neuartigen und disruptiven Technologie des Distributed Ledgers strebt das Ministerium rund um Wirtschafts- und Digitalminister Prof. Dr. Pinkwart die Nutzung der Chancen einer Business-to-Business-Kooperation zwischen Unternehmen an. Innerhalb des Blockchain Reallabors wird in den kommenden Jahren das notwendige Umfeld geschaffen, um Distributed Ledger Anwendungen zu testen. Der Fokus des Reallabors liegt auf den Bereichen Energie, Daseinsvorsorge, Logistik, Industrie 4.0 und Finanzwirtschaft.

## Ziel der Studie und Motivation

Distributed Ledger Technologien (DLT) erfahren in den vergangenen Jahren ein exponentiell wachsendes Interesse. Insbesondere der Finanzsektor verzeichnete ein großes Wachstum der implementierten Anwendungsfälle eines Distributed Ledgers. Aktuell stammt knapp jeder dritte Use Case aus diesem Segment. Das Anwendungsfeld Produktion hingegen registriert bislang am wenigsten Anwendungen aller betrachteten Branchen (3 Prozent). Die Begründung für diesen Mangel ist häufig das Fehlen valider Anwendungsfälle. Das Ziel der Studie ist das Aufdecken des aktuellen Stands der Technik im Rheinischen Revier. Es wird die Akteurslandschaft in NRW und dem Rheinischen Revier im Hinblick auf Distributed Ledger Technologie analysiert. Untersuchungsobjekte sind unter anderem der aktuelle Im-

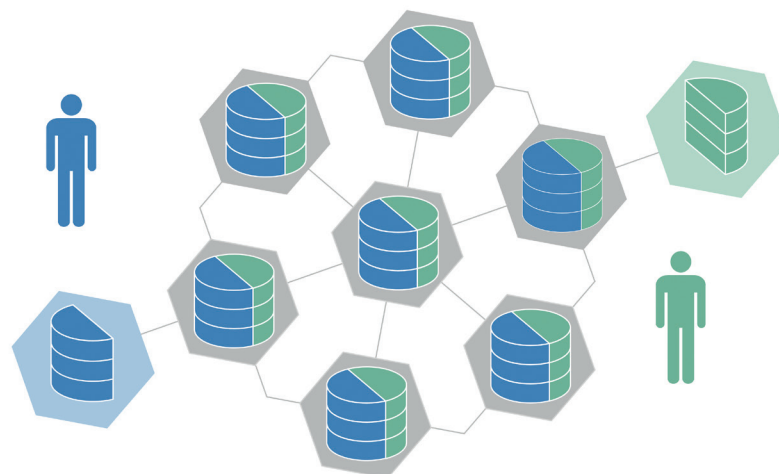


Abbildung 1:  
Dezentrales System DLT  
(Eigene Darstellung in  
Anlehnung an [3])



plementierungsgrad in den Unternehmen, die Art der Anwendungsfälle sowie die Art der verwendeten Technologie und Infrastruktur. Gleichzeitig wird ein Überblick über das Potenzial valider Anwendungsfälle im Umfeld der Produktion gegeben. Der fehlenden Implementierung einer Distributed Ledger Technologie in das Umfeld der Produktion infolge der beschriebenen Informationslücke zur Lösung prädestinierter Herausforderungen wird dadurch Abhilfe geschaffen.

## Technologische Grundlagen

Ein Distributed Ledger gilt als geographisch verteilte Datenbank, deren Hauptcharakteristika die Fälschungs-/Manipulationssicherheit sowie die Dezentralität innerhalb eines Netzwerks sind [1] (Abbildung 1). Jeder Teilnehmer (Knoten/Nodes) des Netzwerks speichert und teilt seine Daten [2].

Der Transfer der Produkt-/Prozessdaten in die Plattform erfolgt verschlüsselt inkl. der Metadaten, wie Zeitstempel und Empfängeradresse [4]. Das Vertrauen in die Daten wird sowohl über das zurückverfolgbare und unveränderliche Speichern der Daten/Transaktionen als auch über einen Konsensmechanismus erzeugt [5]. Der Konsensmechanismus erfordert die Einigung der verschiedenen Knoten des Netzwerks über den gültigen Zustand der Datenbank [6]. Dies vermeidet, dass Missbrauchsaktionen innerhalb eines DLT basierten Netzwerks durch eine Entität durchgeführt werden und unbemerkt auf die Daten der Teilnehmer Einfluss genommen wird. Sobald die Validität einer Transaktion bestätigt ist, wird diese der Datenbank hinzugefügt. Transaktionen können nachträglich weder verändert noch gelöscht werden, sodass die Datenbank stetig anwächst. Ein Distributed Ledger garantiert nicht die Richtigkeit der Daten, sondern schafft lediglich Transparenz über eine potenzielle nachträgliche Manipulation. Abgespeicherte Daten gelten somit als nicht fälschbar. Tokens symbolisieren den Inhalt von Transaktion und haben in vielen Anwendungsfällen eine große funktionale Bedeutung [7]. Sie bilden nicht nur Transaktionen ab, sondern auch erweiterte Funktionen, wie Smart Contracts oder Berechtigungen. Tokens mit monetärem Wert werden als Coins bezeichnet.

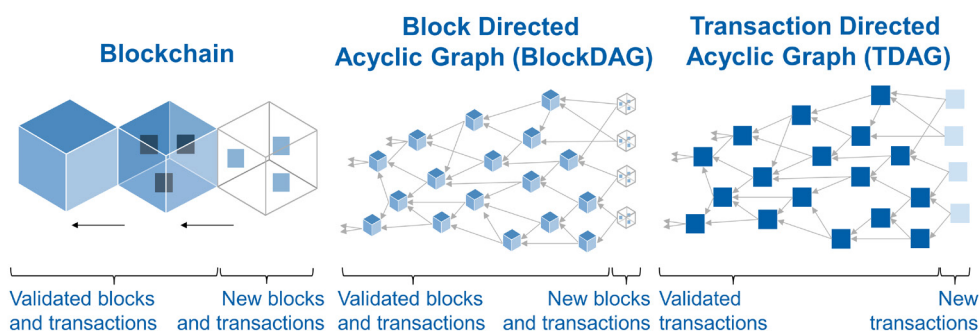


Abbildung 2:  
Arten von Distributed  
Ledger Technologien  
(Eigene Darstellung in  
Anlehnung an [1])

## Arten von Distributed Ledger Technologien

Es existieren verschiedene Arten der Distributed Ledger Technologien, welche sich hauptsächlich in der Art und Weise der Speicherung und Validierung der Transaktionen unterscheiden [8] (Abbildung 2). Im Allgemeinen wird zwischen der Blockchain, dem Block Directed Acyclic Graph (BlockDAG) und dem Transaction Directed Acyclic Graph (TDAG) differenziert.

Eine Blockchain speichert mehrere Transaktionen in einem Block, welcher durch einen kryptografisch-gestützten Konsensprozess gesichert und an den Vorgängerblock angehängt wird [5]. Der Tangle, ein DAG-basiertes System, ist durch eine nahezu unbegrenzte Skalierbarkeit, gebührenlose Transaktionsabwicklungen sowie eine quantenresistente Verschlüsselung charakterisiert [8]. Diese Charakteristika sind im Umfeld der Produktion und beim Umgang mit den resultierenden großen Datenmengen von großer Bedeutung und übertreffen in dieser Hinsicht die Eigenschaften einer klassischen Blockchain. Diese Technologie gilt als Enabler für den Umgang mit großen Datenmengen, die während des Produktionsprozesses anfallen, sodass die Potenziale der Daten in vollem Umfang nutzbar sind.

Innerhalb der unterschiedlichen Arten der Distributed Ledger Technologien existiert kein einheitliches DLT-Design [2]. Der Datenzugriff ist entweder für jeden möglich (public) oder auf eine ausgewählte Gruppe beschränkt (private). Die Beteiligung an der Validierung von Blöcken ist entweder für jeden Teilnehmer erlaubt (permissionless) oder auf eine ausgewählte Gruppe beschränkt (permissioned). In Abhängigkeit des Designs ergeben sich unterschiedliche Eigenschaften der Technologie, wie beispielsweise eine schwierigere Skalierbarkeit bei öffentlich zugänglichen DLT aufgrund des großen Datenvolumens. Die Eigenschaften der DLT können sechs Kategorien zugeordnet werden: Flexibilität (z. B. Interoperabilität), Performance (z. B. Skalierbarkeit), Undurchlässigkeit (z. B. Transparenz), Nutzerfreundlichkeit (z. B. Kosten), Politik (z. B. Haftung) und Sicherheit (z. B. Verfügbarkeit). Die Beziehung zwischen den einzelnen Eigenschaften ist konkurrierend.

## Funktionsweise einer Distributed Ledger Technologie

Die Funktionsweise des DAG-basierten Systems wird im Folgenden kurz anhand des Tangles beschrieben. In einem Tangle werden alle Daten bzw. Transaktionen einzeln gespeichert und aneinandergelinkt [8]. Eine Transaktion wird zunächst verschlüsselt und kryptographisch signiert (gehashed). Dies führt simultan zu Transparenz und Privatsphäre. Der Hashwert gilt als Sicherheitsmechanismus in Bezug auf Authentizität, digitale Signaturen sowie Zeitstempel und gleicht einem digitalen Fingerabdruck der Transaktion [9]. Ihm können weder Informationen entnommen werden noch existiert derselbe Hashwert für zwei unterschiedliche Informationen (Identifizier). Werden Daten bzw. Transaktionen manipuliert, weicht der Hashwert von seinem Ursprungswert ab. Eine nachträgliche Veränderung der Informationen ist somit für jeden Teilnehmer des Netzwerks einsehbar. Die Hash-Funktion hat zwei Eigenschaften. Der Aspekt der Verschlüsselung definiert, dass aus einem

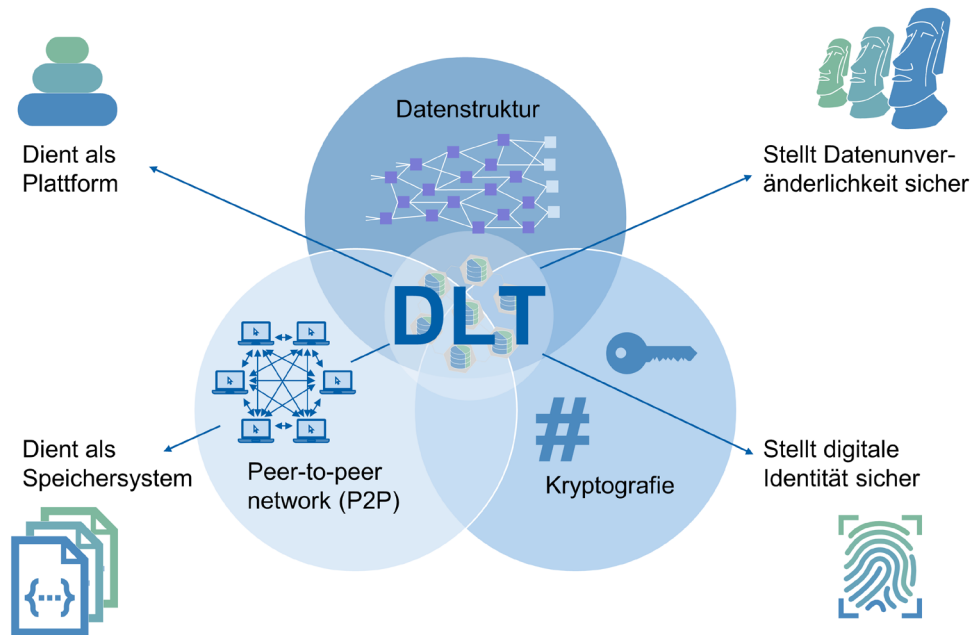


Abbildung 3:  
Eigenschaften einer DLT

gegebenen Hash-Wert keine Informationen entnommen werden dürfen. In umgekehrter Richtung darf es keine zwei unterschiedlichen Informationen geben, die denselben Hash-Wert besitzen (collision resistance).

Unbestätigte Transaktionen (sogenannte Tips) werden gesammelt und zwei weitere, zufällig ausgewählte Transaktionen in der neuen Transaktion referenziert [8]. Zur Bestätigung dieser Transaktion ist ein sogenannter Proof-of-Work aufzubringen, der den Nachweis liefert, welcher Aufwand zur Lösung einer Aufgabe beim Erzielen eines Konsenses notwendig ist. Eine bestätigte Transaktion referenziert sowohl die zwei vorherigen Transaktionen als auch indirekt deren Vorgänger. Je mehr Transaktionen dem Tangle hinzugefügt werden, desto größer wird die Gültigkeit der Transaktionen. Bei dem digitalen Bezahlssystem IOTA werden zwei Transaktionsarten unterschieden: Value-Transaktionen, bei denen IOTA-Tokens übertragen werden, und Zero-Value-Transaktionen zur Übertragung von Daten. Abbildung 3 visualisiert zusammenfassend die wichtigsten Eigenschaften eines Distributed Ledgers.

Smart Contracts nehmen eine besondere Rolle in Distributed Ledger Technologien ein. Sie bilden Prozesslogiken ab, welche bereits wirksam vereinbarte Verträge automatisch ausführen [10]. Vertragsklauseln werden in codierter Form implementiert und softwaretechnisch eingebettet, sodass die Inhalte eigenständig umgesetzt werden.

# Überblick über den Inhalt der Studie

Die vorliegende Studie beschreibt im Folgenden valide Anwendungsfälle eines Distributed Ledgers in der Produktion. Dieser löst durch die Hauptcharakteristika

- Herstellen von Vertrauen in die gespeicherten Daten
- Automatische Micropayments in Echtzeit
- Schaffen von Transparenz
- Elimination von zentralen Entitäten

bestehende Herausforderungen in der Auditierung oder Produkt- und Prozessüberwachung, erschafft neue Geschäftsmodelle durch den Verkauf von Prozessdaten oder Modellen über einen Maschinendatenmarktplatz und ermöglicht die Ökobilanzierung oder die Leihe von Maschinen (Subscriptionmodelle). Die Funktionsweise und Mehrwerte werden dem Lesenden dieser Studie anwendungsfallspezifisch erläutert und die Chancen einer Business-to-Business-Kooperation zwischen Unternehmen durch die Distributed Ledger Technologien erörtert.

Im Anschluss wird das Umfeld der Produktion in Nordrhein-Westfalen mit dem Fokus auf das Rheinische Revier gescreent und eine Akteurslandschaft auf Grundlage der Analyse einschlägiger Datenbanken entwickelt. Die Akteurslandschaft Distributed Ledger Technologien Rheinisches Revier beinhaltet sämtliche Institutionen und Unternehmen, die sich in den Bereichen Consulting, Dienstleistungen, Infrastruktur, Forschung oder Anwender mit Distributed Ledgern auseinandersetzen. Nach einer geografischen Einordnung folgen einige Statistiken rund um die Anwender aus der produzierenden Industrie. Die Analysen beziehen sich unter anderem auf die Unternehmensbranche und -größe, die Projektarten, deren Inhalte sowie die verwendeten Technologien und Infrastrukturen. Dies ermöglicht ein repräsentatives Abbild des aktuellen Stands der Technologie Distributed Ledger in deutschen produzierenden Unternehmen und zeigt das Handlungspotenzial auf. Im letzten Kapitel folgt ein kurzes Resümee bezüglich der Akteurslandschaft Distributed Ledger Technologien Rheinisches Revier und ein Abgleich der Position dieses Bundeslands mit dem gesamtdeutschen Ökosystem.



# Anwendungsfälle in der Produktion

Im Anwendungsfeld Produktion existieren unterschiedliche Herausforderungen, die mit einem Distributed Ledger adressiert werden können. Die Hauptcharakteristika der Distributed Ledger Technologien „Schaffen von Vertrauen“ und „Sicherstellung manipulationsfreier Daten und Transaktionen“ sind im Umfeld der Produktion von hoher Bedeutung. Sie haben signifikanten Einfluss auf die drei Hauptzielgrößen der Produktion, Qualität, Kosten und Zeit. Die Vision der Implementierung einer Distributed Ledger Technologie in das Umfeld der Produktion ist das Auflösen des Spannungsfeldes der konkurrierenden Beziehung zwischen Qualität, Zeit und Kosten durch eine parallele Verbesserung der drei Zielgrößen. Die potenzielle Realisierung dieser Vision beschreibt das White Paper des World Economic Forums von Januar 2020 [11]. Dort werden vier Szenarien für das Umfeld der Produktion inklusive der monetären Benefits sowie der qualitativen und zeitlichen Vorteile präsentiert. Eine Technologieempfehlung wird jedoch nicht ausgesprochen.

Die Bedeutung des Einsatzes einer Technologie wie die des Distributed Ledgers ist insbesondere für die produzierende Industrie in Nordrhein-Westfalen (NRW) groß. Die wirtschaftliche Entwicklung der Industrie verläuft in den letzten Jahren sehr positiv und in Bezug auf die digitale Transformation zählen die ansässigen Großkonzerne (> 5.000 Mitarbeitende) deutschlandweit zu den digitalen Pionieren [12]. Der Mittelstand hinkt dieser Statistik im Bereich der Digitalisierung jedoch hinterher [13]. Der Digitalisierungsgrad der großen Industrieunternehmen ist im Durchschnitt fast dreimal so hoch wie derjenige der klein- und mittelständischen Unternehmen (KMU). Die Auswirkungen und Potenziale der Distributed Ledger Technologie sowie spezifische, valide Anwendungsfälle sind für deutsche KMU meist unbekannt, sodass von einer Implementierung abgesehen wird [14]. Zur Unterstützung und Beseitigung der Ungewissheit des Mittelstandes bezüglich eines Distributed Ledgers im Umfeld der Produktion werden im Folgenden fünf valide Anwendungsfälle vorgestellt.



## Auditierung

Audits erfüllen die Aufgabe der Überprüfung, ob ein Betrachtungsobjekt anhand ausgewählter Prüfkriterien den Qualitätsanforderungen entspricht [15]. Sie werden von einem neutralen Auditor meist in einem festen zeitlichen Intervall durchgeführt. Dieses Intervall kann bis zu einem Jahr betragen. Audits betreffen produzierende Unternehmen, deren Produkte und Prozesse (First Party) sowie deren Lieferanten (Second Party). Bei einem Zertifizierungsaudit (Third Party) wird der Auditbericht an eine Zertifizierungsstelle geschickt, welche anhand der Informationen über eine Zertifizierung entscheidet [16]. Diese ist insbesondere bei sicherheitskritischen Bauteilen und deren Produktionsprozess von hoher Bedeutung. Die Herausforderungen bei einer Auditierung sind die schwer zu erbringende Garantie, dass beispielsweise der Prozess zu jeder Zeit den gestellten Anforderungen entspricht und dass unternehmensübergreifend das gleiche Maß der Integrität, Sachlichkeit, Sorgfältigkeit, Vertraulichkeit und Unabhängigkeit bei der Bewertung durch den Auditor/Intermediär angewandt wurde [17].

Der Einsatz eines Distributed Ledgers ermöglicht zu jeder Zeit eine faktengestützte, objektive und transparente Auditierung. Die Rolle des Auditors verschiebt sich zu einem reinen Datenanalysten und der Lieferant bzw. das produzierende Unternehmen ist durch die jederzeit durchführbare Auditierung (24/7) in der Pflicht, seine Prozesse den Anforderungen entsprechend zu gestalten. Das Vertrauen der Stakeholder wird durch diese Verpflichtung des produzierenden Unternehmens gewahrt/erhöht.

Verantwortliche Stellen können auf verschlüsselt gespeicherte, auditrelevante Prozessdaten zugreifen (beispielsweise durch Bezahlung eines Zertifizierungs-Tokens), um mittels Datenanalyse zu prüfen, ob das Unternehmen die Anforderungen erfüllt (Abbildung 4). Smart Contracts gewährleisten die Bezahlung für den Aufwand des Audits. Sowohl die für eine erfolgreiche Auditierung erforderlichen Korrekturmaßnahmen als auch der Auditbericht werden anschließend verschlüsselt bereitgestellt. Das produzierende Unternehmen kann die Maßnahmen zur Korrektur der Produkte oder Prozesse in Echtzeit umsetzen und schnellstmöglich eine Auditierung erlangen. Jeder Akteur entlang der Wertschöpfungskette kann nun die erfolgreiche bzw. nicht erfolgreiche Auditierung einsehen.

Dieser Anwendungsfall beschreibt kosteneffektive, datengetriebene, manipulationsfreie Verifikationsprozesse. Über die erzeugte Transparenz gilt das Vertrauen in die Qualität als verifiziert, sodass auch Produkte von Lieferanten aus bisher unberücksichtigten, misstrauten Ländern bezogen werden können. Die angestrebte Lösung eignet sich insbesondere für Wertschöpfungsnetzwerke ohne starre Hierarchie, wie beispielsweise in klassischen Automobil-Zulieferketten. Die Abhängigkeit von den Kunden erhöht innerhalb hierarchischer Lieferketten den Druck stark, sodass ein gewisses Qualitätsniveau sichergestellt werden muss. In nicht hierarchischen Netzwerken fehlt dieser beschriebene Machtfaktor. Insbesondere für KMUs leistet dieser Anwendungsfall bezüglich des Machtfaktors Abhilfe.

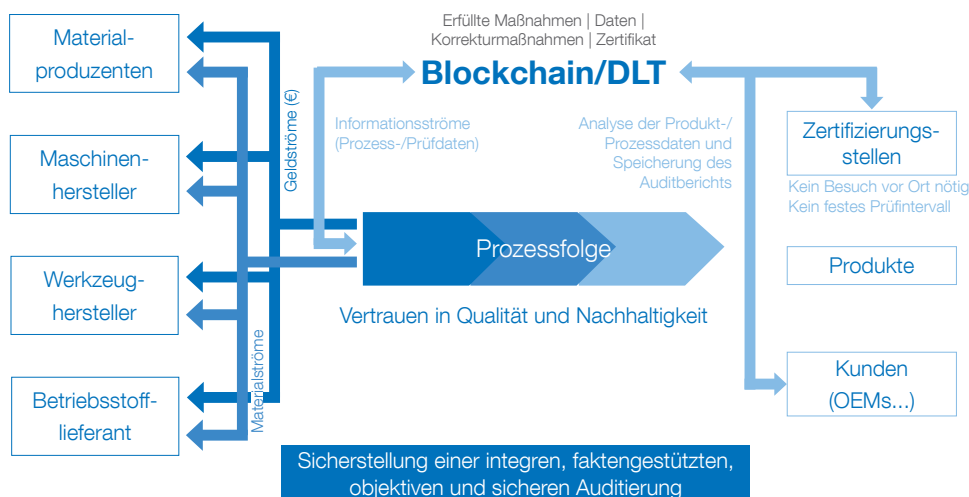


Abbildung 4:  
Audit mittels DLT (Eigene  
Darstellung in Anlehnung  
an [18])

## Maschinendatenmarktplatz

Informationen aus Daten und Modellen gelten als Treiber des digitalen Fortschritts. Elementare Produktionsdaten ermöglichen nach Verarbeitung mithilfe von Technologien der Künstlichen Intelligenz (KI) die Abbildung von Zusammenhängen unter anderem über Maschinenzustände, Qualitäten und Umgebungsparameter. Eine robuste Vorhersage zur Prozessoptimierung mittels datengetriebener Modelle erfordert jedoch Daten unvorhersehbarer und unerwarteter Maschinenausfälle [11]. Solche Daten fehlen meist, vor allem kleinen Unternehmen. Testläufe und Experimente sind häufig der Versuch, die eigenen Produkte zu verbessern und Fehler aufzudecken. Die Bedingungen eines Versuchsumfelds entsprechen jedoch in keiner Weise denen eines Regelbetriebs. Ein Datenhandel scheitert meist am Misstrauen sowohl hinsichtlich der Herkunft, Integrität, Qualität und Validität von Produktionsdaten als auch bezüglich der zugrundeliegenden Absicht des Unternehmens [19]. Selbst wenn ein Austausch stattfinden würde, müssten die Daten zunächst von Data Scientists aufbereitet werden [20]. Diese Fachkräfte sind jedoch rar.

Ein B2B-Maschinendatenmarktplatz auf Basis eines Distributed Ledgers schafft die notwendige Infrastruktur für einen unternehmensübergreifenden, transparenten und nachvollziehbaren Datenhandel. Daten mutieren zu einem wirtschaftlichen Gut und schaffen ein neues Geschäftsmodell. Es entwickelt sich eine Datenökonomie.



Handel von  
Maschinendaten



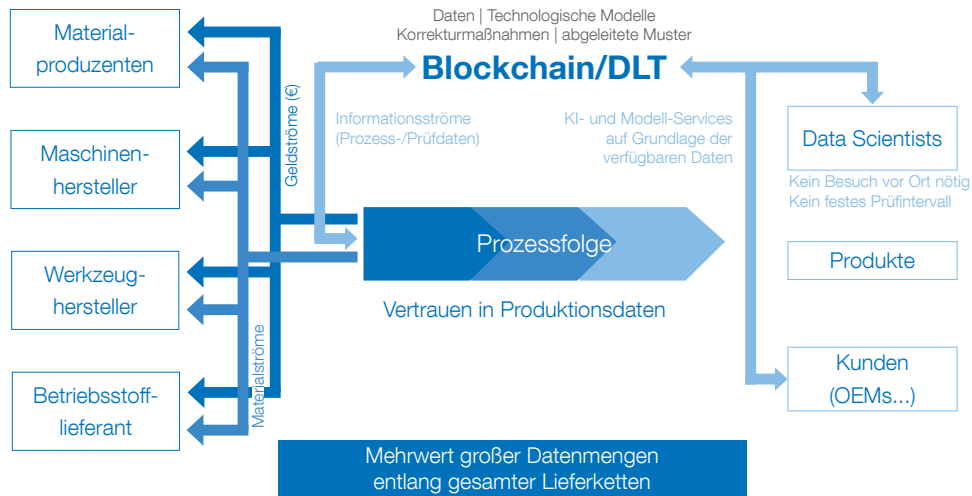


Abbildung 5:  
Maschinendatenmarkt-  
platz (Eigene Darstellung  
in Anlehnung an [22])

Prozess-/Produktdaten und technologische Modelle werden verschlüsselt bereitgestellt und können gegen Bezahlung zur Optimierung der eigenen Produktion oder für KI-basierte Technologien genutzt werden (Abbildung 5). Die Garantie für eine Datensouveränität liefert die Dezentralität des Marktplatzes. Alle sensiblen Informationen bleiben vorerst beim Datenanbieter und gehen erst bei einem erfolgreichen Kauf an den Käufer über (peer-to-peer). Der Datenmarktplatz verfügt lediglich über die Datenbeschreibungen (Metadaten) und hat zu keiner Zeit Zugriff auf Rohdaten. Der Marktplatz ermöglicht einen direkten Informationsaustausch, Verhandlungen und automatisierte Bezahlvorgänge. Er ist offen und leicht zugänglich sowie ausfall- und manipulationssicher. Das Netzwerk der Akteure eines Maschinendatenmarktplatzes besteht aus Datenproduzenten, Anbietern von Datenservices zur Datenverknüpfung und KI-basierter Optimierung, Nutzern von veredelten Datensätzen oder KI-gestützten Modellen sowie Plattformbetreibern [21]. Letztere garantieren die Sicherheit von Transaktionen und Daten sowie deren Integrität.

Herausfordernd ist die Bepreisung der Daten. Ihr unveredelter Ausgangszustand Daten ohne zugeordneten Kontext macht eine Wertzuweisung unmöglich, da eine Transformation in Informationen über analytische Modelle einen Kontext, wie den Bezug zum betrachteten Zeitraum, erfordert. Daten müssen somit vor einer Monetarisierung zunächst bereinigt werden. Das fehlende Vertrauen und die einfache Verwertbarkeit im industriellen Umfeld erschweren eine Bepreisung und Offenheit gegenüber dem B2B-Datenhandel. Ein möglicher Ansatz zur Lösung dieser Problematik ist die kostenlose Bereitstellung von unternehmenseigenen Daten. Die Partizipation an den Monetarisierungsmehrwerten erfolgt durch ein Beteiligungsmodell in Abhängigkeit des Potenzials der Daten.

# Abonnementmodelle in einem Netzwerk aus Produzenten



## Abonnementmodelle für Maschinen und Werkzeuge

Das Umfeld der Produktion ist einem Dilemma ausgesetzt. Einerseits sorgen marktbedingte Auftragsschwankungen für Auslastungseinbußen. Andererseits bewirkt die Produktdiversifikation infolge der vielseitigen Kundenanforderungen die Notwendigkeit, bestehende Fertigungsprozesse anzupassen und in neue Produktionsmaschinen zu investieren [23]. Ausnahmezustände, wie zu Krisenzeiten (beispielsweise COVID-19), pointieren dieses Dilemma, da Unternehmen noch flexibler und kurzfristiger ihre Kapazitäten anpassen müssen. Im Falle eines erhöhten Kapazitätsbedarfs infolge von Auftragsschwankungen oder zur Fertigung außerordentlicher Kundenwünsche ist aktuell ein sogenannter Lohnfertiger die einzige Möglichkeit für produzierende Unternehmen die Anforderungen zu erfüllen [24]. Diese Option ist sehr kostenintensiv.

Ein Distributed Ledger schafft innerhalb eines Netzwerks aus Produzenten und Lieferanten die Voraussetzung einer gegenseitigen Leihe von Maschinen- und Werkzeugkapazitäten sowie deren nutzungsbezogene Entlohnung. Der Einsatz eines Lohnfertigers wird obsolet. Das Netzwerk kann dabei Unternehmen verschiedener Branchen (beispielsweise Automobilindustrie, Medizintechnik, Maschinenbau) vereinen (Abbildung 6).

Abonnementmodelle über einen Distributed Ledger erfüllen individuelle Kundenbedarfe ohne teure Maschineninvestitionen, den Ausgleich kapazitiver Engpässe bei schwankender Nachfrage und die Steigerung der Maschinenauslastung. Via Smart Contracts wird die Leihe einer Maschine bzw. eines Werkzeugs nutzungsbezogen bezahlt. Hersteller von Werkzeugen können in Abhängigkeit der Lebensdauer fair entlohnt werden. Die manipulationsgeschützten Belastungsdaten, wie Kraft-, Leistungs-, Steuerungsdaten, dienen im Bedarfsfall als Haftungsbeweisgrundlage.

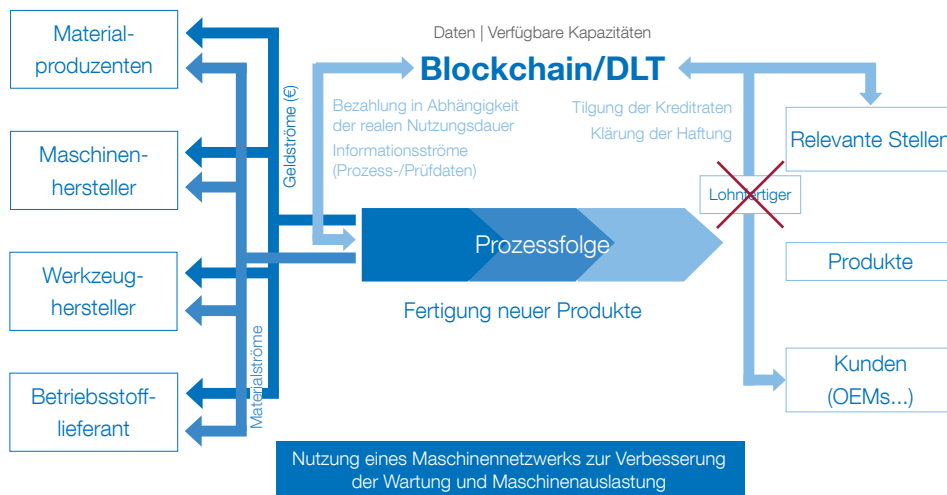


Abbildung 6:  
Subscriptionmodelle  
(Eigene Darstellung in  
Anlehnung an [25])

## Überwachung der Produkt- und Prozessqualität

Ungelöste Qualitätsprobleme gelten als Wertevernichter. Fehlerhafte Montagen führen zu großen Rückrufaktionen und resultieren in hohen Gewährleistungskosten. Die Haftung für derartige Kosten ist häufig vorläufig unklar, da der Fehlerursacher zunächst mühsam entlang der Lieferkette zu ermitteln ist. Aufgrund fehlender Beweissicherung und Dokumentation müssen unter Umständen auch fehlerfreie Bauteile überprüft bzw. zurückgerufen werden, bei denen ein Fehler nicht ausgeschlossen werden kann. Eine weitere Herausforderung für produzierende Unternehmen ist die frühzeitige Fehleridentifikation, möglichst unmittelbar nach Entstehung, sodass fehlerhafte Produkte kostengünstig nachbearbeitet oder als Ausschuss deklariert werden können. Qualitätskosten haben einen hohen Stellenwert in produzierenden Unternehmen. Ihr Anteil am Gesamtumsatz eines Unternehmens beträgt ca. fünf bis acht Prozent und birgt somit großes Potenzial für eine Optimierung [26]. Ein Distributed Ledger schafft die technologische Voraussetzung, Daten zur Qualitätssicherung transparent und fälschungssicher für verschiedene Entitäten entlang der Wertschöpfungskette zu speichern und Fehler frühzeitig zu beseitigen (Abbildung 7).

Die Transparenz und Fälschungssicherheit dient als Grundlage zur Klärung der Haftung im Schadensfall und identifiziert eindeutig ausgelieferte, fehlerhafte Produkte, sodass die Anzahl zurückzurufender Teile minimiert wird. Das wachsende Vertrauen in die Qualität der Produkte macht eine zweite Wareneingangsprüfung obsolet bzw. reduziert den Umfang der Prüfung auf Stichproben. Die frühzeitige Identifikation von Fehlern ermöglicht eine kostengünstige Nachbearbeitung und geringere Gewährleistungskosten durch das Reduzieren der Wahrscheinlichkeit fehlerhafter Teile. Via Smart Contracts wird eine Art Live-Überwachung der Produktion geschaffen [27]. Sensorisch erfasste Prozessdaten werden gespeichert. Auf Grundlage eines Abgleichs mit vorgegebenen Referenzwerten, beispielsweise Minimum der Kraft bei Schraubverbindungen, wird ein Handlungsbedarf abgeleitet und der Werker in Echtzeit über den Zustand informiert, sodass eine frühzeitige Reaktion auf Missstände erfolgen kann.



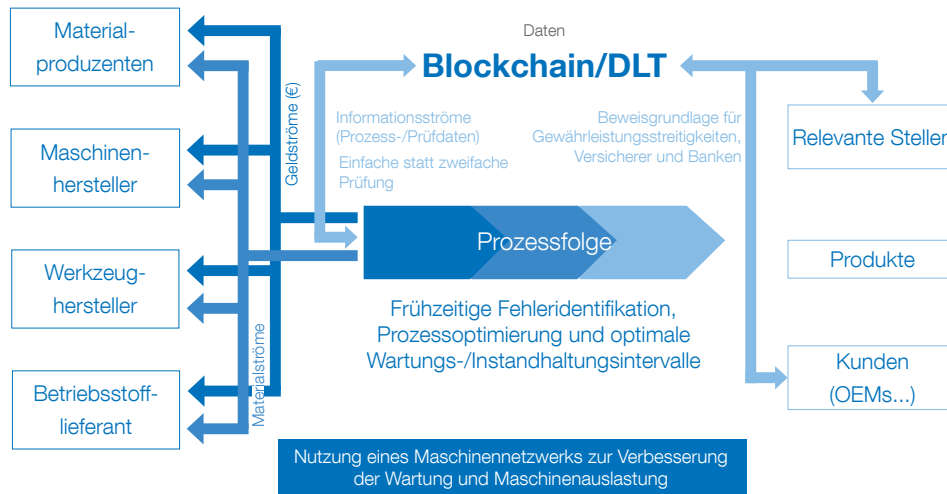


Abbildung 7:  
Qualitytracking mittels DLT

## Ökobilanzierung

Die Hauptverpflichtung aller Mitgliedsstaaten des Pariser Klimaabkommens ist die Treibhausgasneutralität in der zweiten Hälfte des Jahrhunderts [28]. Dies fordert insbesondere die Industrie, deren Anteil an den Emissionen durch die eingesetzten Brenn- und Rohstoffe und die Produktionsverfahren ca. 25 Prozent beträgt. Eine Maßnahme zur Emissionsminimierung ist die Besteuerung von CO<sub>2</sub>, welche 2021 mit einem Preis von 25 EUR pro Tonne CO<sub>2</sub> eingeführt werden soll.

Ökobilanzen dienen der Erfassung und Bewertung umweltbeeinflussender Vorgänge und gelten als Bewertungsgrundlage nachhaltiger Prozesse (Life Cycle Assessment (LCA)) [29]. Sie umfassen alle relevanten Schadstoffe aus Luft, Wasser und Boden sowie sämtliche Stoffströme, die mit dem ausgewählten Prozess einhergehen (Rohstoffe, Emissionen aus Ver- und Entsorgungsprozessen, Energieerzeugung, Transporte) sowie das fachgerechte Entsorgen bzw. Recycling. Die Herausforderung der Ökobilanzierung ist die oftmals eingeschränkte Verfügbarkeit von Informationen entlang der Wertschöpfungskette, wie beispielsweise bezüglich der Materialzusammensetzung oder deren Transportwege.

Ein Distributed Ledger schafft alle Voraussetzungen für eine vollständige Ökobilanzierung, automatische Bezahlung der CO<sub>2</sub>-Steuer sowie Incentivierung von emissionsreduzierenden Maßnahmen in einem Unternehmen. Emissionsbeeinflussende Prozessdaten entlang der gesamten Wertschöpfungskette werden verschlüsselt und manipulationsgeschützt abgespeichert (Abbildung 8). Das Controlling beispielsweise des Energieverbrauchs in Abhängigkeit der Bezugsquelle oder der Wasserverbrauch ermöglicht Rückschlüsse auf die Emissionen. Eine automatisierte Bezahlung einer CO<sub>2</sub>-Steuer in Abhängigkeit der tatsächlichen Emissionen ist durch Smart Contracts realisierbar.

# Nachhaltige Produktion mittels DLT



Smart Contracts incentivieren beispielsweise in Form von Belohnungs-Coins das Emittieren von wenig CO<sub>2</sub> und motivieren alle Akteure zur aktiven Mitgestaltung der Mission einer klimaneutralen Produktion. Die Implementierung des Incentivierungskonzepts erfolgt mitarbeiter-, abteilungs- und unternehmensspezifisch. Ein Mitarbeitender wird unter anderem für das fachgerechte Recyceln oder Betreiben von Maschinen am Effizienzmaximum (effizienter Energieverbrauch) monetär belohnt. Das Motivieren von korrektem Recycling ist an zwei Voraussetzungen geknüpft. Das Material sowie dessen Verpackung sind eindeutig mithilfe von QR-Codes zu beschreiben. Entsorgungsanlagen müssen diese QR-Codes erkennen sowie korrekte Entsorgungsstellen zuweisen können. Ist die Produktion ökologisch optimiert, trägt das automatische Auslösen von Maßnahmen zur Kompensation der Emissionen, wie beispielsweise die Pflanzung neuer Bäume, zu einer CO<sub>2</sub>-Neutralität bei.

Der Einsatz eines Distributed Ledgers in der produzierenden Industrie zeigt in ausgewählten Einsatzgebieten das Potenzial für signifikante Verbesserungen (vgl. Abbildung 9). Das erwähnte Spannungsfeld aus Qualität, Kosten und Zeit (Trilemma) kann durch eine einzige Technologie aufgebrochen werden. Eine parallele Verbesserung aller drei Zielgrößen ist möglich, wenn alle Anwendungsfälle simultan umgesetzt werden.

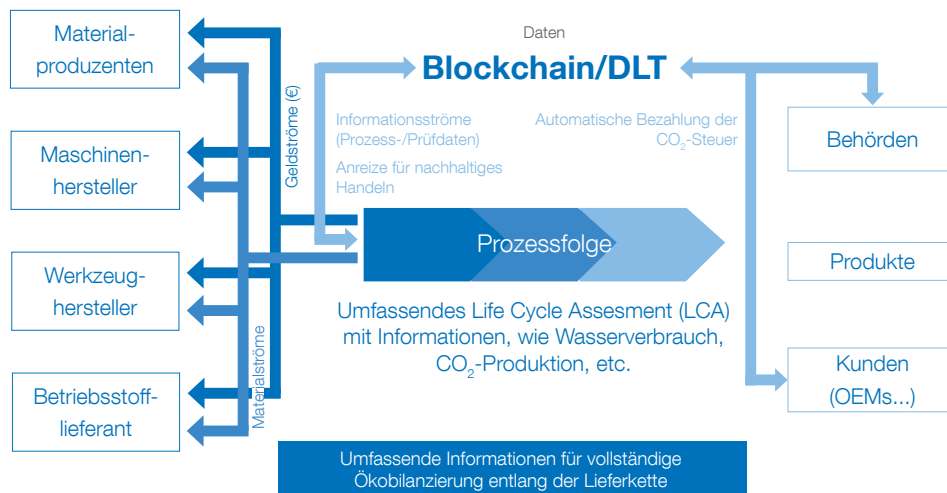


Abbildung 8:  
Ökobilanzierung mittels  
DLT

Das aufgezeigte Potenzial der Technologie erkennen laut einer Befragung des Bitkom e.V. aus dem Jahr 2019 viele deutsche Unternehmen [14]. Für eine endgültige Implementierung fehlen 90 Prozent der Befragten jedoch einerseits konkrete Anwendungsfälle und andererseits das notwendige Fachpersonal. Herausforderungen, wie der Reifegrad der Technologie, der Aufbau eines Netzwerks aus unterschiedlichen Entitäten und das Überzeugen der eigenen Belegschaft (beispielsweise Angst vor Arbeitsplatzverlust) verschlechtern die Ausgangslage für eine große Akteurslandschaft.

Im folgenden Kapitel wird das aktuelle Abbild der Akteure in Nordrhein-Westfalen anhand einer Akteurslandschaft bzw. eines Ökosystems untersucht. Auf Grundlage einer Datenanalyse werden unter anderem Anwender, Forschungsallianzen und Dienstleister identifiziert, die sich mit der Thematik der DLT befassen. Nachdem in Kapitel 4 der Herausforderung konkreter Use Cases begegnet wurde, wird im folgenden Kapitel 5 dem Problem des fehlenden Fachpersonals bzw. der mangelnden Ansprechpartner Abhilfe geschaffen.

	Qualität	Kosten	Zeit
Auditierung	●	●	●
Maschinendatenmarkt	●	●	●
Subscription-Modelle		●	●
Quality-Tracking	●	●	●
Ökobilanzierung		●	

Abbildung 9:  
Optimierungspotenziale  
der Anwendungsfälle

● Großes Optimierungspotenzial      ● Geringeres Optimierungspotenzial

# Akteurslandschaft Distributed Ledger Technologien Rheinisches Revier

Der Begriff des Ökosystems wird in Anbetracht der jeweiligen Branche unterschiedlich definiert. Biologisch betrachtet, beschreibt ein Ökosystem das komplexe Wirkgefüge verschiedener Lebewesen/Organismen und deren anorganischer Umwelt [29]. In der Wirtschaft gilt ein Ökosystem als Akteurgemeinschaft einer Branche bzw. als soziales und wirtschaftliches Umfeld von lokalem und regionalem Unternehmertum [30]. Eine Übertragung auf die Digitalisierung und Vernetzung führt zu folgender Definition. Ein Ökosystem ist ein Wirkungsgefüge von Unternehmen unterschiedlicher Branchen, welches dem technischen Fortschritt und dem Überwinden komplexer dynamischer Herausforderungen auf skalierbare und effiziente Art und Weise dient. Diese Akteurslandschaft bietet durch branchenübergreifende und interdisziplinäre Kooperationen die Chance, die Wertschöpfung zu steigern und neue Produkte/Services zu entwickeln. Die Visualisierung in einem grafisch aufbereiteten Ökosystem schafft einen analytischen Blickwinkel auf die Heterogenität der Zusammensetzung und Tragfähigkeit der Kooperationen.





## Methodisches Vorgehen

Ein genaues Abbild aller Akteure innerhalb von NRW bzw. dem Rheinischen Revier erfordert die Analyse verschiedener anerkannter Datenbanken. Bei der Entwicklung der Akteurslandschaft liegt der Fokus auf einschlägigen Datenbanken, welche Wirtschaftsinformationen, Verflechtungen und Finanzkennzahlen vereinen (North Data, Nexis). Aus produktionstechnischer Sicht werden die verfügbaren Informationen um die Daten der internen Datenbank des Verbands deutscher Maschinenbauer (VDMA) angereichert. Weitere Quellen sind die bereitgestellten Daten des Fraunhofer-Instituts INT, einem Mitglied des Projektkonsortiums. Abschließend gewährleistet ein Screening der Jobbörsen die Evaluation des aktuellen Bedarfs an DLT-spezifischen Fachexperten. In die Akteurslandschaft Distributed Ledger Technologien Rheinisches Revier fließen letztlich die Informationen von ca. 13.000 Datensätzen ein, welche unter Verwendung von Python-Algorithmen analysiert werden (Abbildung 10). Hochrelevante und zwingend zu berücksichtigende Suchbegriffe sind die Postleitzahlen von Nordrhein-Westfalen sowie „Blockchain“ bzw. „Distributed Ledger Technologie“ („DLT“). Die Algorithmen werden beispielsweise um die DLT-relevanten Begriffe „IOTA“ oder „Smart Contract“ ergänzt.

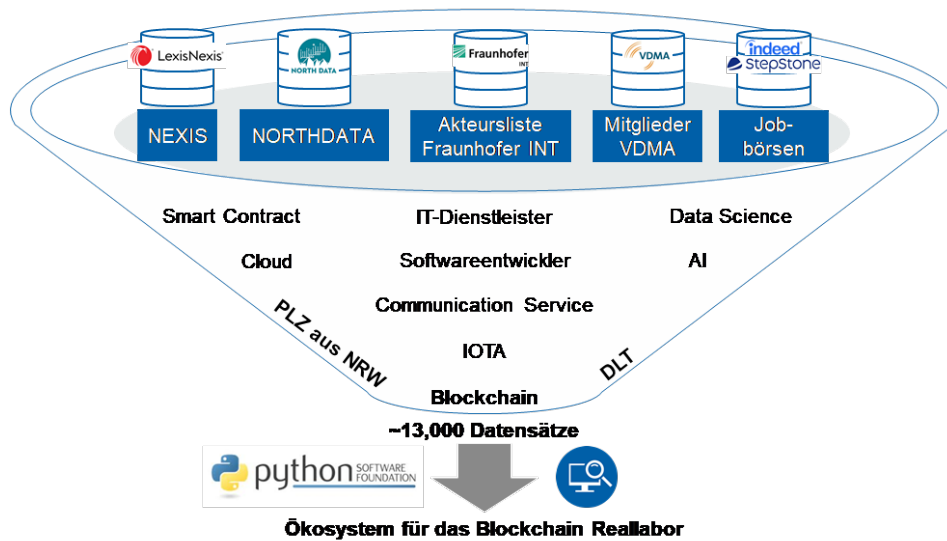


Abbildung 10:  
Methodisches Vorgehen

## Akteurslandschaft NRW

Auf Grundlage der umfangreichen Analyse entsteht eine Akteurslandschaft, welche ausschließlich in Nordrhein-Westfalen ansässige Unternehmen abbildet, die notwendige Infrastrukturen, Protokolle oder Dienstleistungen für DLT anbieten. Das Ökosystem wird durch im nordrhein-westfälischen Raum eingesetzte DLT-Protokolle sowie durch Infrastrukturanbieter essentieller Soft- und Hardware sowie Data- und Cloudservices ergänzt. Die Projektförderer des Blockchain Reallabors und die Konsortialpartner vervollständigen die Akteurslandschaft. Summa summarum sind ca. 160 Unternehmen in Nordrhein-Westfalen in die Verbreitung, Verbesserung und Erprobung dieser disruptiven Technologie involviert.

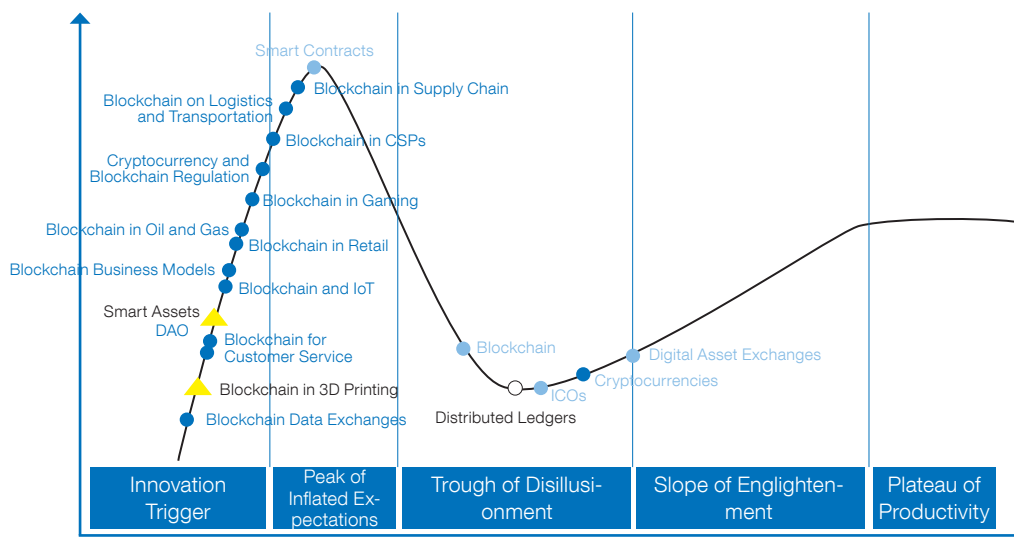


Abbildung 11:  
Auszug Gartner Hype-Cycle Distributed Ledger  
Technologien/Blockchain  
[32]

Der Mehrwert der Visualisierung der Akteurslandschaft (Abbildung 12) übersteigt die reine Information bezüglich der Akteure in NRW, die sich mit der Technologie der Distributed Ledger auseinandersetzen. Dies symbolisiert zusätzlich den aktuellen Stand bzw. Reifegrad der DLT, welcher sich laut Gartner 2019 für die Mehrzahl der identifizierten Anwendungsfälle am Beginn des Hype-Cycles (1. bis 2. Stufe) befindet (Abbildung 11) [32]. Es existiert eine geringe Anzahl etablierter Unternehmen, die an DLT-bezogenen Projekten arbeiten, um theoretische Anwendungsfälle zu realisieren und somit das Tal der Enttäuschung verlassen. Im Bereich der Produktion testen nur ca. 17 Prozent der identifizierten Unternehmen das Potenzial der neuartigen Technologie in industriellen Projekten. Industrieprojekte hingegen schaffen den Übergang zwischen Stadium 3 und 4 des Gartner Hype-Cycles und verhelfen der DLT zum Stadium der Produktivitätssteigerung.

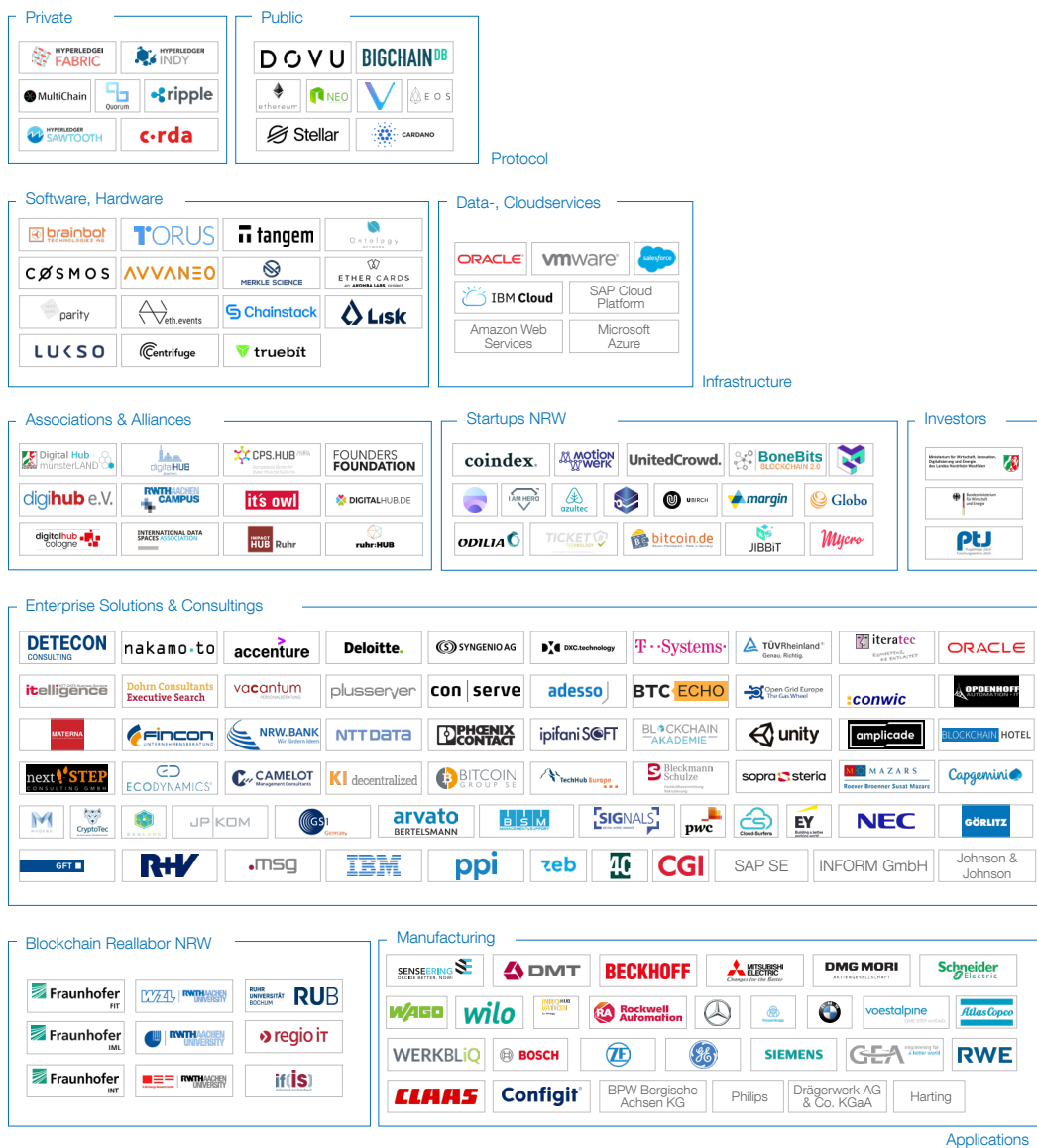


Abbildung 12:  
Akteurslandschaft Distributed Ledger Technologien NRW

Der überwiegende Anteil der identifizierten Unternehmen (83 Prozent) stellt entweder die technische Infrastruktur bereit, die für eine Implementierung notwendig ist, bietet Beratungsleistungen für eine Umsetzung an oder versucht als Startup oder Allianz im Rahmen eines digitalen Hubs Lösungen zu entwickeln, die beispielsweise in der produzierenden Industrie verkauft und eingesetzt werden können. Dies ist darin begründet, dass große Unternehmen den internen Innovationsbedarf durch eigene Entwicklungen kaum decken können und somit auf die Lösungen von Startups angewiesen sind.

Geografisch sind in NRW einige Hot-Spots zu erkennen, in denen sich vermehrt Unternehmen intensiv mit der Technologie der Distributed Ledger befassen (vgl. Abbildungen 13, 14, 15). Zu diesen zählen die Großstädte Köln, Düsseldorf, Bielefeld, Essen und Gelsenkirchen.

Das Rheinische Revier, die Region, welche in den vergangenen Jahrzehnten durch den Tagebau und die Kraftwerke charakterisiert war, ist auf den Abbildungen durch die eingezeichneten Städtereionen und Kommunenkreise näher charakterisiert.

## Standorte Digital Hubs & Startups

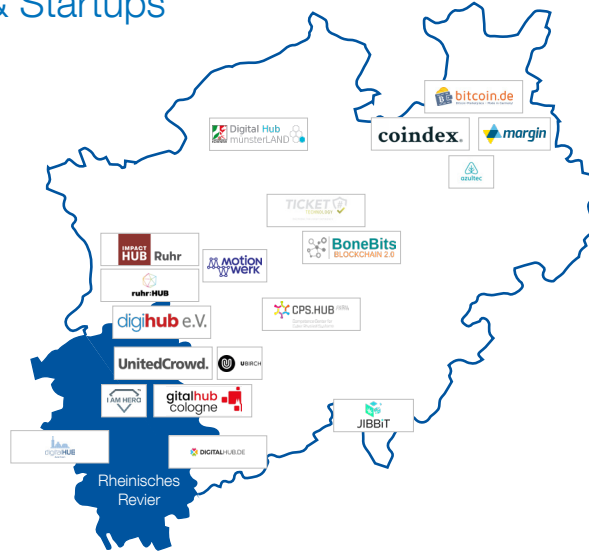


Abbildung 14:  
Geografische Standorte der  
Digital Hubs und Startups der  
Akteurslandschaft

## Standorte Enterprise Solutions & Consulting



Abbildung 15:  
Geografische Standorte der  
Dienstleister der Akteursland-  
schaft

## Standorte Research/Members of the Reallabor & Manufacturing



Abbildung 16:  
Geografische Standorte der  
Anwender und Konsortialpart-  
ner der Akteurs-landschaft

Dort befinden sich jedoch bis auf zwei Ausnahmen (INFORM GmbH (Softwareentwicklung), Philips GmbH (Forschung und Produktion eines organischen Leuchtdioden)) kaum Unternehmen, die sich öffentlich mit der Thematik DLT in Form von Projekten oder Dienstleistungen befassen, mit Ausnahme der Mehrzahl der Konsortialpartner des Forschungsprojekts „Blockchain Reallabor im Rheinischen Revier“. Neben den geografischen Auffälligkeiten werden im Folgenden die Anwender aus der produzierenden Industrie tiefergehend analysiert (Abbildung 16).

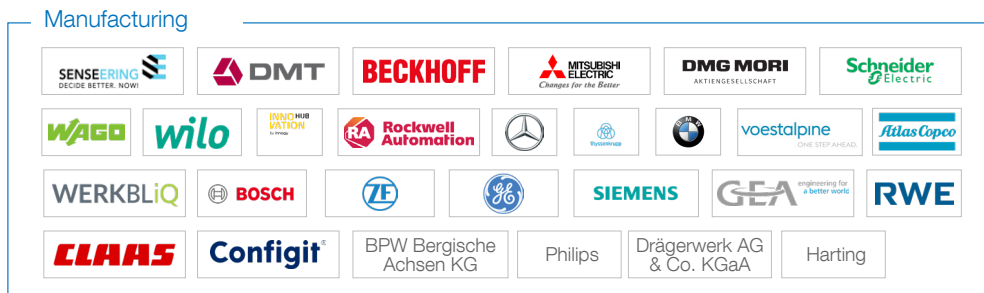


Abbildung 16: Anwender aus der produzierenden Industrie in NRW

Es existieren 27 Unternehmen in NRW aus der produzierenden Industrie, die das Potenzial der Distributed Ledger Technologien als First Mover in Form von Projekten erproben. Ihre Branchenzugehörigkeit ist jedoch verschieden (Abbildung 17). Mit je 14 Prozent stammt ein großer Teil der Unternehmen aus dem Maschinen- und Anlagenbau bzw. aus der Automobilindustrie. Es folgen mit je 11 Prozent die Branchen Elektrotechnik, IT und Mischkonzerne. In diesem Kontext werden Mischkonzerne als stark diversifizierte Unternehmen bezeichnet, die unterschiedliche Wertschöpfungsketten und verschiedene Branchen aufweisen. Im Allgemeinen dominiert jedoch keine Branche die Anwendung der DLT im Bereich der Produktion.

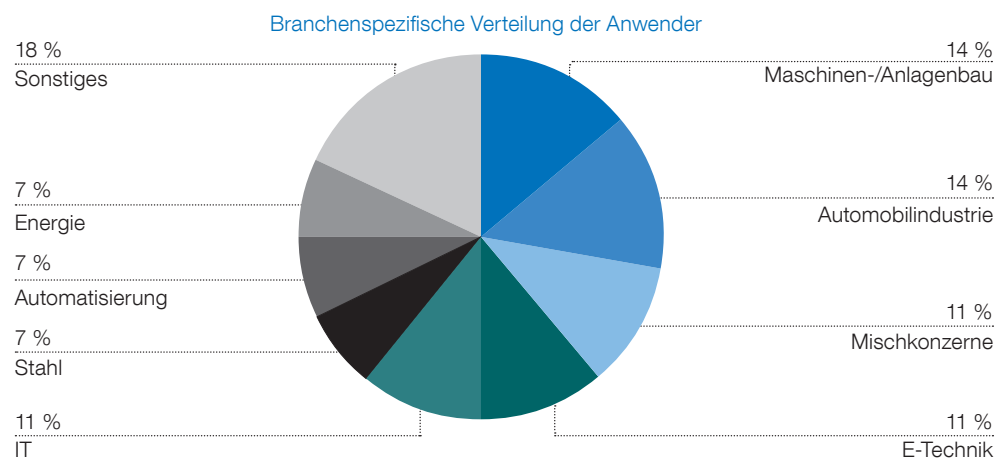


Abbildung 17: Branchenspezifität der Anwender

Bei der Entscheidung, ein Projekt zur Erprobung einer disruptiven Technologie, wie der DLT, durchzuführen, spielt auch die Größe eines Unternehmens eine entscheidende Rolle (Abbildung 18).

Projekte in Abhängigkeit der Unternehmensgröße  
(Anzahl Mitarbeitende [MA])

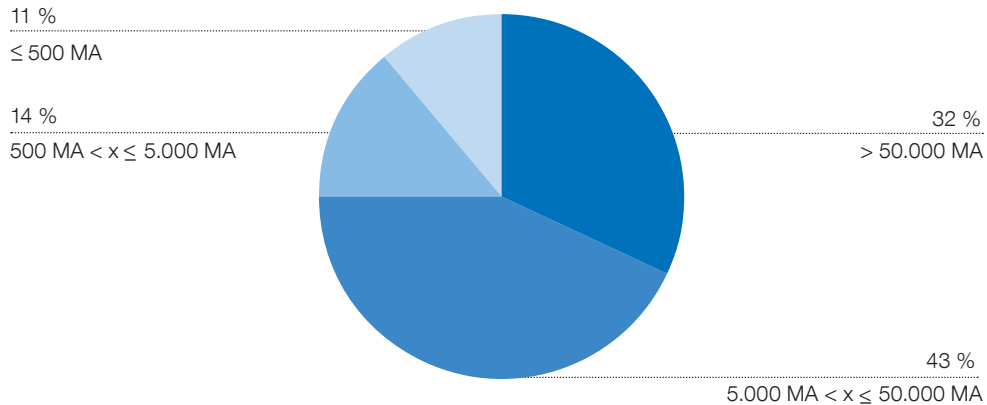


Abbildung 18:  
Unternehmensgröße der  
Anwender

75 Prozent aller Projekte finden mit Beteiligung von Unternehmen statt, die mindestens 5.000 Mitarbeitende aufweisen. Dies widerspricht der Theorie, dass große Unternehmen den eigenen Innovationsbedarf durch eigene Entwicklungen kaum decken können. Jedoch verfügen Großkonzerne mit mehr als 5.000 Mitarbeitenden häufig über eigene Forschungs- und Entwicklungsabteilungen, deren Aufgabe es ist, neuartige Technologien zu erproben und Einsatzmöglichkeiten zu eruieren.

Im Projektmanagement existieren verschiedene Arten von Projekten. Sie unterscheiden sich in Abhängigkeit diverser Dimensionen, wie des Komplexitätsgrades oder der Neuartigkeit der Technologie [33]. Die Anwender des Ökosystems Distributed Ledger Technologien Rheinisches Revier aus der produzierenden Industrie kommunizieren in der Öffentlichkeit ebenfalls unterschiedliche Arten von Projekten in Bezug auf die Erprobung der neuartigen Technologie (Abbildung 19).

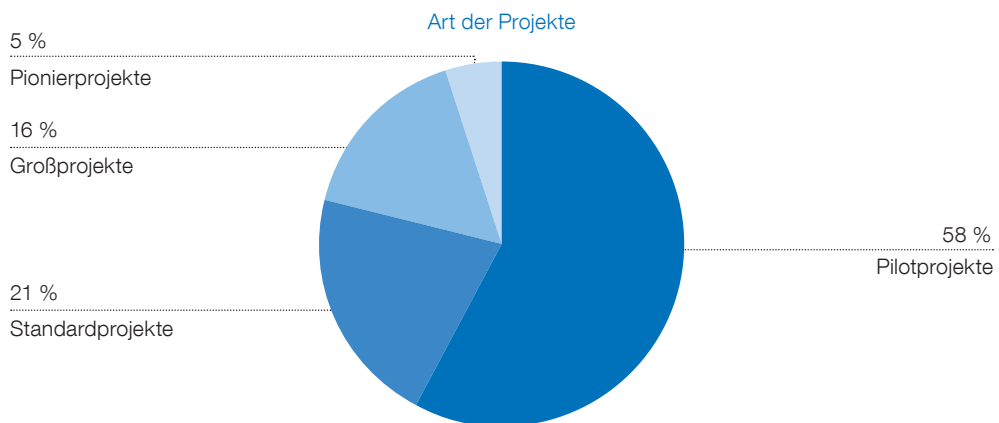


Abbildung 19:  
Projektarten der Anwender

Die überwiegende Zahl der Anwender (58 Prozent) kategorisiert ihre Projekte in Bezug auf die Außendarstellung als Pilotprojekte. Der individuelle Anwendungsfall dieser Pilotprojekte zeichnet sich durch hohe Neuartigkeit und geringe Komplexität aus. Sie erproben die neue Technologie an einem einfachen Beispiel. Die Ausweitung der Komplexität folgt meist nach gelungener Durchführung des ersten pilotierten Projektes. 21 Prozent der Anwender klassifizieren ihren Anwendungsfall als Standardprojekt mit geringer Neuartigkeit und geringer Komplexität. Nur 5 Prozent aller Unternehmen stufen in ihrem Projekt sowohl die Neuartigkeit als auch die Komplexität hoch ein und bezeichnen es als Pionierprojekt.

Unabhängig von der projektmanagementbezogenen Projektart fokussieren sich die Anwender aus der produzierenden Industrie insbesondere auf vier der in Kapitel 4 vorgestellten Anwendungsfälle (Abbildung 20).

Das größte Interesse liegt im Qualitytracking. 33 Prozent aller Projekte befassen sich mit dem Einsatz eines Distributed Ledgers zur Überwachung der Produkt- und Prozessqualität. Es folgen die Anwendungsfälle Auditierung (24 Prozent), Subscription-/ Abonnementmodelle (20 Prozent) und Datenmarktplatz (18 Prozent). Die Möglichkeit einer Ökobilanzierung zogen mit 5 Prozent aller Projekte die wenigsten Unternehmen in Betracht. Es ist hierbei zu erwähnen, dass die Anwendungsfälle zwar gleich bzw. ähnlich bezeichnet werden, die Inhalte und der Umfang der Projekte jedoch stark variieren und sich in Teilen von den geplanten Inhalten des Forschungsprojekts „Blockchain Reallabor im Rheinischen Revier“ unterscheiden.

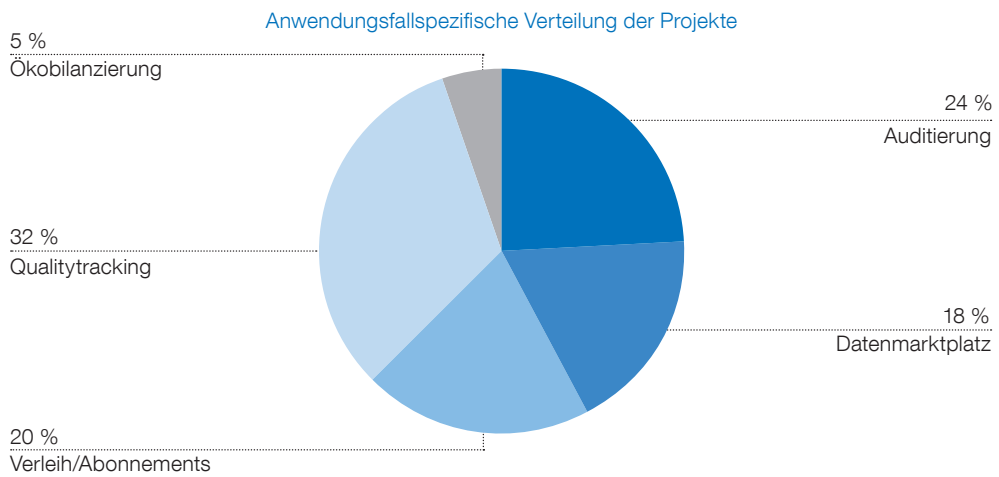


Abbildung 20:  
Prozentuale Verteilung der  
Projekte nach Anwen-  
dungsfall

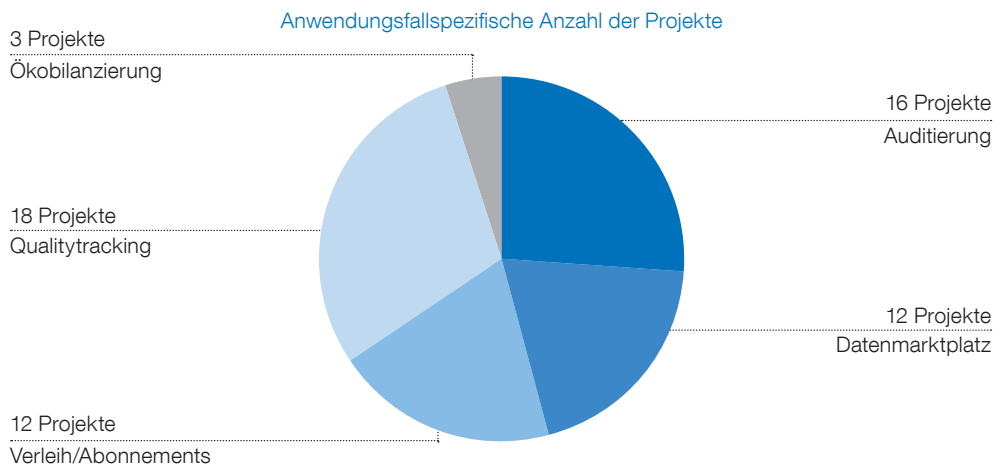


Abbildung 21:  
Anzahl der Projekte je  
Anwendungsfall

Korrelation zwischen Anzahl der Mitarbeitende und Anzahl paralleler Projekte im Bereich DLT

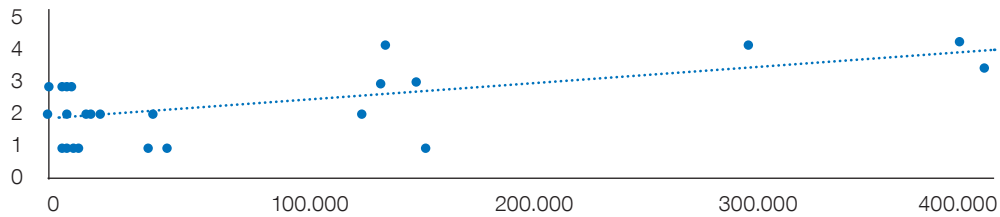


Abbildung 22:  
Korrelation zwischen Anzahl  
der Mitarbeitende und paral-  
lelaufender DLT-Projekte

Anwender führen selten ein einzelnes Projekt im Bereich DLT und Produktion durch. Stattdessen zeigt das Screening der 27 Anwender aus der produzierenden Industrie 61 laufende Projekte (Abbildung 21). Die identifizierten Unternehmen verfolgen somit im Schnitt 2,26 Projekte. Insbesondere Großkonzerne mit mehr als 100.000 Mitarbeitenden bearbeiten mehrere Projekte simultan.

Dies bestätigt die Korrelationsanalyse in Abbildung 22. Mit einem Bravais-Pearson-Korrelationskoeffizienten von 0,53 ist die Korrelation zwischen der Anzahl der Mitarbeitenden und der Anzahl der Projekte im Anwendungsfeld DLT und Produktion im Bereich einer mittelstarken Korrelation.

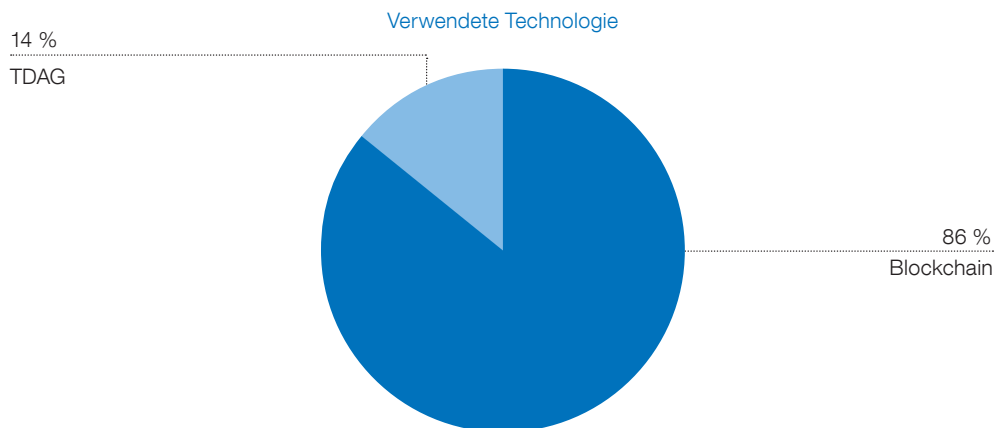


Abbildung 23:  
Verwendete Technologie der  
Anwender

Die Art der verwendeten Technologie ist neben der Individualität der Projekte hinsichtlich des betrachteten Anwendungsfalls ebenfalls unterschiedlich (Abbildung 23). Knapp 86 Prozent der Anwender der produzierenden Industrie entscheiden sich, zur Lösung der Problematik ihres Anwendungsfalls die Blockchain als Technologie zu wählen. Nur 14 Prozent der Unternehmen greifen bei ihren Projekten auf den Transaction Directed Acyclic Graph (TDAG) zurück.

Die in Kapitel 3 erwähnten Vorzüge des TDAG im Vergleich zur klassischen Blockchain-Technologie, wie die deutlich bessere Skalierbarkeit in Bezug auf die Datenmenge, erscheinen bei den meisten Projekten noch nicht von Relevanz zu sein. Der geringe Komplexitätsgrad der Projekte (vgl. Abbildung 17) bestätigt diese These.



Zuletzt wird die verwendete Infrastruktur analysiert (Abbildung 24). Sowohl die Blockchain-basierten Infrastrukturen Ethereum und Hyperledger Fabric als auch die TDAG-Varianten IOTA und DAGchain sind Open Source verfügbar. Mit 53 Prozent greifen die meisten Unternehmen für ihre Projekte auf Ethereum zu. Sie bietet im Vergleich zu vielen anderen Infrastrukturoptionen aus der Klasse der Blockchain-Technologien die Möglichkeit der Programmierbarkeit. Es ist zu vermuten, dass sich die wenigen Unternehmen, die auf Infrastrukturen aus dem Bereich des TDAG zugreifen, für unterschiedliche Varianten entscheiden, da ihre Projekte verschiedene Anwendungsfälle behandeln.

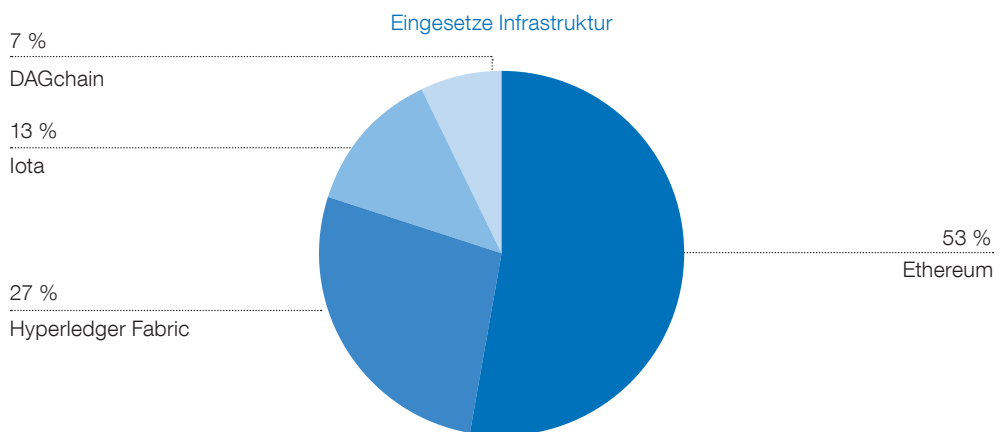


Abbildung 24:  
Eingesetzte Infrastruktur  
der Anwender

Um diese Frage näher zu beleuchten, werden sowohl die Infrastruktur als auch die Technologie anwendungsfallspezifisch untersucht. In Abbildung 25 ist prozentual aufgeschlüsselt, bei welchem Anwendungsfall die Anwender auf welche Infrastruktur zurückgreifen. Hierbei ist zu beachten, dass die Abbildung als aktueller Stand und nicht als Handlungsempfehlung zu interpretieren ist. In Bezug auf den Use Case der Auditierung mittels DLT bevorzugen die identifizierten Anwender im Falle der Blockchain-Technologie mit 75 Prozent die Ethereum-Infrastruktur. Im Feld der Technologie des TDAG entscheiden sich die Unternehmen bei gleichem Anwendungsfall zu 100 Prozent für die DAGchain. Im Anwendungsfall des Datenmarktplatzes hingegen wählen sie zu 100 Prozent IOTA bzw. im Feld der Blockchain-Technologie zu 60 Prozent die Ethereum-Infrastruktur. Projekte zur Thematik der Subscriptionmodelle und

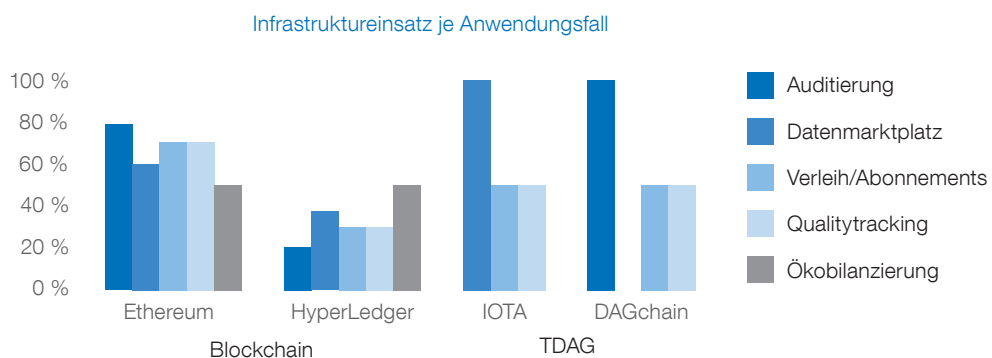


Abbildung 25:  
Eingesetzte Infrastruktur in  
Abhängigkeit des  
Anwendungsfalls



des Qualitytrackings werden innerhalb der Blockchain-Technologie zu über 70 Prozent mittels Ethereum durchgeführt. Bei Verwendung des TDAG existieren gleich viele Projekte mithilfe der Infrastrukturen IOTA und DAGchain.

Letztlich wird im Technologiefeld Blockchain anwendungsfallübergreifend öfter auf die Infrastruktur Ethereum zurückgegriffen, im Technologiefeld des TDAG existiert jedoch ein Gleichgewicht zwischen den beiden Infrastrukturen IOTA und DAGchain. Die Abbildung 26 lässt ebenfalls die Schlussfolgerung zu, dass alle Anwendungsfälle mit Infrastrukturen beider Technologiekategorien durchgeführt werden können. Zukünftige Anwender können somit diejenige Infrastruktur zur Lösung der Herausforderungen ihrer Anwendungsfälle wählen, die sie aufgrund der technologischen Vorteile, Eignung für ihren Use Case, Anforderungen ihrer Unternehmensinfrastruktur oder geografischen Lage potenzieller Netzwerkpartner aus den Bereichen Assoziationen und Allianzen, Startups sowie Enterprise Solutions und Consulting bevorzugen.

# Schlussbetrachtung

Die Distributed Ledger Technologie im Umfeld der Produktion bietet das Potenzial, bestehende Herausforderungen zu lösen. Die Unternehmen im Bundesland Nordrhein-Westfalen haben dieses Potenzial erkannt und beginnen dies vereinzelt in Projekten umzusetzen. Insbesondere große Unternehmen zeigen hohe Initiative, um die potenzielle Chance als First Mover nicht zu verpassen. Die fünf vorgestellten Anwendungsfälle können als valide betrachtet werden, da die identifizierten Anwender der produzierenden Industrie in ihren Projekten diese Use Cases fokussieren. Die Akteurslandschaft in NRW ist hoch ausgeprägt. Ein Screening der Anwender aus der Produktion zeigt, dass im Bundesland Nordrhein-Westfalen bereits 66 Prozent aller Unternehmen ansässig sind, die sich bundeslandübergreifend in Deutschland in Form von öffentlich kommunizierten Projekten mit den Distributed Ledger Technologien auseinandersetzen.



Abbildung 26:  
Deutsche Akteurslandschaft  
der Anwender aus der  
produzierenden Industrie

In Abbildung 26 sind alle deutschlandweit identifizierten Akteure aufgelistet, die sich mit DLT beschäftigen. Neben den Akteuren aus NRW existieren nur noch 14 weitere Unternehmen, die eine Anwendung forcieren. Das Ökosystem Distributed Ledger Technologien Rheinisches Revier kann somit hinsichtlich des Einsatzes von DLT im Umfeld der Produktion als Vorreiter für die anderen Bundesländer betrachtet werden. Aufgrund der Tatsache, dass einerseits die im Forschungsprojekt „Blockchain Reallabor im Rheinischen Revier“ identifizierten Use Cases mit den laufenden Projekten übereinstimmen, andererseits diese Projekte bisher überwiegend von Unternehmen durchgeführt werden (90 Prozent), deren Zahl der Mitarbeitenden größer 5.000 ist, sollten klein- und mittelständische Unternehmen die Chance ergreifen und ebenfalls in die Umsetzung von Projekten zur Verwendung der DLT gehen, um deren Potenzial für den eigenen Erfolg zu nutzen. Die Akteurslandschaft Distributed Ledger Technologien Rheinisches Revier bietet einen umfassenden Überblick über das zahlreiche Angebot potenzieller Kooperationspartner für das Durchführen von Projekten bei KMUs in den Bereichen Assoziationen und Allianzen, Startups, Forschungsinstitute sowie Enterprise Solutions und Consulting. Die Ergebnisse des Screenings und die Analyse der Akteurslandschaft NRW schaffen Klarheit



über die Art der Infrastruktur bzw. Technologie in Bezug auf die Anwendungsfälle. Es laufen Projekte zu allen Anwendungsfällen, sowohl auf Grundlage der Blockchain-Technologie als auch des TDAG. Eine fehlende Umsetzung bzw. Erprobung der neuartigen Technologie zur Lösung bestehender Herausforderungen aufgrund einer Unwissenheit bezüglich der zu verwendenden Infrastruktur/Technologie ist unbegründet. Dennoch wird am Ende dieser Studie auf die Vorteile des TDAG im Vergleich zu Blockchain hingewiesen. Die sehr gute Skalierbarkeit und hohe Transaktionsgeschwindigkeit wird beim Anstieg der Komplexität der Projekte und somit dem Wandel von Pilot- zu Pionierprojekten von immer größer werdender Bedeutung sein. Eine unmittelbare Verwendung der TDAG-Technologien im Stadium des Pilotprojekts fördert das Vertrauen und den praktischen Umgang mit der neuartigen Technologie in einer wenig komplexen Umgebung und ermöglicht den Zugang zu größerem Potenzial durch Lösen komplexerer Herausforderungen.

# Literatur

- [1] Bencic, Federico Matteo; Podnar Zarko, Ivana (2018): Distributed Ledger Technology: Blockchain Compared to Directed Acyclic Graph.
- [2] Kannengießer, Niclas; Lins, Sebastian; Dehling, Tobias; Sunyaev, Ali (2019): What Does Not Fit Can be Made to Fit! Trade-Offs in Distributed Ledger Technology Designs. In: Tung Bui (Hg.): Proceedings of the 52nd Hawaii International Conference on System Sciences.
- [3] Ihara, Hirokazu; Mori, Kinji (1984): Autonomous Decentralized Computer Control Systems, S. 59; DOI: 10.1109/MC.1984.1659218
- [4] Morkunas, Vida J.; Paschen, Jeannette; Boon, Edward (2019): How blockchain technologies impact your business model. In: Business Horizons 62 (3), S. 295–306. DOI: 10.1016/j.bushor.2019.01.009.
- [5] Nakamoto, Satoshi: Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System (2008), URL <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>
- [6] Baliga, Arati: Understanding-Blockchain-Consensus-Models, 2017. URL <https://www.persistent.com/wp-content/uploads/2017/04/WP-Understanding-Blockchain-Consensus-Models.pdf>
- [7] Camp, L. J. ; SIRBU, M. ; TYGAR, J. D.: Token and notational money in electronic commerce : First USENIX Workshop on Electronic Commerce New York, 1995. URL [https://www.usenix.org/legacy/publications/library/proceedings/ec95/full\\_papers/camp.txt](https://www.usenix.org/legacy/publications/library/proceedings/ec95/full_papers/camp.txt) (abgerufen am 06.08.2019)
- [8] Popov, Serguei: The Tangle, 2018. URL [https://assets.ctfassets.net/r1dr6vzfxhev/2t4uxvslqk0EUau6g2sw0g2t4uxvslqk0EUau6g2sw0g/45eae33637ca92f85dd9f4a3a218e1ec/iota1\\_4\\_3.pdf](https://assets.ctfassets.net/r1dr6vzfxhev/2t4uxvslqk0EUau6g2sw0g2t4uxvslqk0EUau6g2sw0g/45eae33637ca92f85dd9f4a3a218e1ec/iota1_4_3.pdf)
- [9] Sobti, Rajeev; Geetha, G. (2012): Cryptographic Hash Functions: A Review.
- [10] Christidis, Konstantinos; Devetsikiotis, Michael: Blockchains and Smart Contracts for the Internet of Things. In: IEEE Access 4 (2016), S. 2292–2303, DOI <http://dx.doi.org/10.1109/ACCESS.2016.2566339>
- [11] World Economic Forum in collaboration with Boston Consulting Group: Share to gain: Unlocking Data Value in Manufacturing; 2020
- [12] <https://www.aachen.ihk.de/blueprint/servlet/resource/blob/2682078/1f1b8fd0f65f18c174ad446c358bbef5/branchenprofil-industrie-in-zahlen-data.pdf>
- [13] [https://www.wirtschaft.nrw/sites/default/files/asset/document/digitalstrategie\\_nrw\\_endfassung\\_final.pdf](https://www.wirtschaft.nrw/sites/default/files/asset/document/digitalstrategie_nrw_endfassung_final.pdf)
- [14] Bitkom e.V. (Hg.) (2019): Evaluierung und Implementierung von Blockchain Use Cases. Berlin.
- [15] DIN EN ISO 9001
- [16] DIN 18200
- [17] DIN EN ISO 19011

- [18] Bergs, T., Mayer, J.; Beckers, A; Trauth, D.: Blockchain AuditCloud; [https://blockchain-reallabor.de/wp-content/uploads/2020/05/UseCase\\_Produktion\\_AuditCloud\\_v3.pdf](https://blockchain-reallabor.de/wp-content/uploads/2020/05/UseCase_Produktion_AuditCloud_v3.pdf)
- [19] KPMG, Bitkom. (2015) "Mit Daten Werte schaffen. Report 2015", Retrieved from <https://www.bitkom.org/sites/default/files/file/import/KPMG-Bitkom-Research-Studie-MDWS-final-2.pdf>
- [20] Wu, S. (2013) "A review on coarse warranty data and analysis", Reliability Engineering & System Safety, 114, 1-11
- [21] Pennekamp et al. (2019) "Dataflow Challenges in an Internet of Production: A Security & Privacy Perspective", Retrieved from <https://www.comsys.rwth-aachen.de/fileadmin/papers/2019/2019-pennekamp-dataflows.pdf>
- [22] Trauth, D.; Bergs, T.; Mayer, J.; Beckers, A.: Maschinendatenmarktplatz; [https://blockchain-reallabor.de/wp-content/uploads/2020/05/UseCase\\_Produktion\\_MaschinendatenMarktplatz.pdf](https://blockchain-reallabor.de/wp-content/uploads/2020/05/UseCase_Produktion_MaschinendatenMarktplatz.pdf)
- [23] Franzkowiak, Michael: Methodik zur Strukturierung von Vorrichtungssystemen in der Lohnfertigung (2014), Dissertation; <http://nbn-resolving.de/urn/resolver.pl?urn:nbn:de:bvb:91-diss-20140715-1184322-0-5>
- [24] Romanenko, Pavel (2019): Industrial Machines that Can Be Offered through an Equipment-as-a-Service Model. Online verfügbar unter <https://medium.com/zksystems/industrial-machines-that-can-be-offered-through-an-equipment-as-a-service-model-bc90740b7333>.
- [25] Trauth, D.; Beckers, A.; Mayer, J.; Grünebaum, T.; Bergs, T.: Tool- und Machine-Subscription-Geschäftsmodelle mittels Blockchain; [https://blockchain-reallabor.de/wp-content/uploads/2020/04/UseCase\\_Produktion\\_Tool-Machine-Subscription.pdf](https://blockchain-reallabor.de/wp-content/uploads/2020/04/UseCase_Produktion_Tool-Machine-Subscription.pdf)
- [26] [https://kbc-consultants.com/wp-content/uploads/KBC\\_QZ\\_2016\\_01-Methode\\_zahlt\\_sich\\_aus.pdf](https://kbc-consultants.com/wp-content/uploads/KBC_QZ_2016_01-Methode_zahlt_sich_aus.pdf)
- [27] Robert Bosch Manufacturing Solutions GmbH (2019): Live-Überwachung von Schraubprozessen. Abweichungen und Fehler im Produktionsprozess frühestmöglich erkennen und vermeiden. Online verfügbar unter <https://www.bosch-connected-industry.com/connected-manufacturing/nexeed-production-performance-manager/fuegeprozesse/fuegeprozesseschrauben.html>
- [28] Umweltbundesamt (2018): Ökobilanz. Online verfügbar unter <https://www.umweltbundesamt.de/themen/wirtschaftskonsum/produkte/oekobilanz>
- [29] Khoo, Hsien H.; Eufrazio-Espinosa, Rafael M.; Koh, Lenny S.C.; Sharratt, Paul N.; Isoni, Valerio (2019): Sustainability assessment of biore-finery production chains: A combined LCA-supply chain approach. In: Journal of Cleaner Production 235, S. 1116–1137. DOI: 10.1016/j.jclepro.2019.07.007.
- [30] <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/oekosystem-46538>
- [31] <https://www.gabler-banklexikon.de/definition/oekosystem-99853>
- [32] <https://www.gartner.com/en/newsroom/press-releases/2019-09-12-gartner-2019-hype-cycle-for-blockchain-business-shows>
- [33] Gessler, Michael (2018): Kompetenzbasiertes Projektmanagement (PM3): Handbuch für die Projektarbeit, Qualifizierung und Zertifizierung auf Basis der IPMA Competence Baseline 3; Kapitel 1,00b; GPM Deutsche Gesellschaft für Projektmanagement

# Impressum

## Herausgeber:

Werkzeugmaschinenlabor WZL der RWTH Aachen University  
Campus-Boulevard 30  
52074 Aachen  
Germany  
[www.wzl.rwth-aachen.de](http://www.wzl.rwth-aachen.de)

senseering GmbH  
c/o WeWork  
Friesenplatz 4  
50672 Köln  
Germany  
[www.senseering.de](http://www.senseering.de)

## Verantwortlich:

Dr.-Ing. Dipl.-Wirt. Ing. Daniel Trauth  
Prof. Dr.-Ing. Thomas Bergs, MBA

## Redaktion:

Johannes Mayer, Alexander Beckers, Stefanie Strigl

## Gestaltung:

Angela Schäfer

## Stand:

12/2020

## ISBN:

978-3-00-066854-8