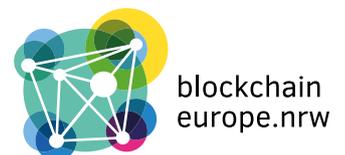


# Digitalisierung in der Textillogistik

## Einsatzmöglichkeiten der Blockchain-Technologie

In Kooperation mit:



Gefördert durch das Ministerium für  
Wirtschaft, Industrie, Klimaschutz und  
Energie des Landes Nordrhein-Westfalen



[www.blockchain-europe.nrw](http://www.blockchain-europe.nrw)



## Blockchain Navigator

### Die Reihe Blockchain Navigator

Die Veröffentlichungs-Reihe Blockchain Navigator gewährt Einblicke in aktuelle Forschungsergebnisse von Blockchain Europe, dem Projekt zum Aufbau des Europäischen Blockchain-Instituts in Nordrhein-Westfalen. Es werden gleichsam wissenschaftlich fundierte »Insights«, wie auch praxisgerecht aufgearbeitete Leitfäden und Methoden als »Toolbox« präsentiert, um einen effektiven und zielgerichteten Einsatz der Blockchain-Technologie in den Geschäftsprozessen unterschiedlicher Industrien zu ermöglichen – von der initialen Überlegung bis zur tatsächlichen Einführung. Daneben ermitteln die »Studies« die Potenziale für den Einsatz der Blockchain-Technologie in unterschiedlichen logistischen Themenbereichen und liefern somit spannende Anknüpfungspunkte für zukünftige Forschungsaktivitäten im Blockchain-Kontext. Ganz im Sinne einer open community und des open knowledge-Ansatzes stellen wir unsere Ergebnisse über den Blockchain Navigator frei zugänglich zur Verfügung und laden zur Diskussion ein.



## Blockchain Studies

### Blockchain Studies

Die Studies-Reihe dient dem Zweck, das Thema Blockchain aus diversen und möglicherweise bislang noch nicht fokussierten logistischen Blickwinkeln zu beleuchten. Im Sinne einer Potenzialanalyse soll herausgestellt werden, welche Möglichkeiten für den Einsatz der Blockchain-Technologie in unterschiedlichen Themenbereichen bestehen. Dabei können auch einzelne Use Cases innerhalb eines Themenbereichs differenziert betrachtet werden.

### Inhalt

Die vorliegende Studie zielt darauf ab, konkrete Potenziale für den Einsatz der Blockchain-Technologie in der Textillogistik zu ermitteln. Hierzu werden aktuelle Trends und Entwicklungen in der Textil- und Bekleidungsindustrie beleuchtet und der aktuelle Stand der Digitalisierung in der Branche exemplarisch aufgezeigt. Eine Umfeldanalyse zeigt die politisch rechtlichen, ökonomischen, ökologischen, gesellschaftlichen und technologischen Einflussfaktoren auf, die eine mögliche Relevanz für den Einsatz der Blockchain-Technologie haben oder die Durchdringung im Markt beeinflussen können. Konkrete Potenziale und zukünftige Einsatzmöglichkeiten für die Blockchain-Technologie in der Textillogistik werden eruiert und in einem Zukunftsbild zusammengeführt.

# Inhaltsverzeichnis

<b>Impressum</b> .....	<b>2</b>
<b>Blockchain Navigator / Blockchain Studies</b> .....	<b>3</b>
<b>1. Einleitung</b> .....	<b>6</b>
<b>2. Die Blockchain-Technologie</b> .....	<b>8</b>
2.1. Was ist Blockchain? .....	8
2.2. Eigenschaften der Blockchain .....	8
2.3. Vorteile der Blockchain .....	9
2.4. Herausforderungen der Blockchain .....	9
2.5. Ursprung und Entwicklung der Blockchain .....	10
2.6. Einsatzmöglichkeiten und Anwendungsbeispiele der Blockchain .....	10
<b>3. Das Projekt Blockchain Europe</b> .....	<b>12</b>
3.1. Was ist Blockchain Europe? .....	12
3.2. Blockchain Europe Basiskomponenten .....	12
<b>4. Globale Lieferketten in der Textil und Bekleidungsindustrie</b> .....	<b>14</b>
4.1. Die Logistik von Bekleidung, Heimtextilien und technischen Textilien .....	15
4.2. Trends und Entwicklungen .....	17
<b>5. Stand der Digitalisierung in der Textillogistik</b> .....	<b>22</b>
5.1. Ausgewählte Praxisbeispiele: Bestehender Einsatz von digitalen Technologien in der Textillogistik .....	22
5.2. Einflussfaktoren mit zukünftiger Relevanz für den weiteren Einsatz der Blockchain-Technologie .....	23
<b>6. Potenziale für die Blockchain-Technologie in der Textillogistik</b> .....	<b>27</b>
6.1. SWOT-Analyse zum Abgleich der Blockchain Eigenschaften für den Einsatz in der Textillogistik .....	27
6.2. Potenziale der Blockchain-Technologie für den Einsatz in der Textillogistik .....	29
<b>7. Zukunftsbild: Die Blockchain-Technologie in der Textillogistik</b> .....	<b>32</b>
<b>8. Anhang</b> .....	<b>34</b>
<b>9. Literatur</b> .....	<b>39</b>



# 1. Einleitung

---

Am 15. November 2022 wurde erstmals eine Weltbevölkerung von über acht Milliarden Menschen gemessen. [1] Das globale Wachstum geht mit wachsendem Bedarf an Ressourcen einher. Diese sind häufig begrenzt, sodass Bevölkerungen in westlichen Ländern mit einem hohen Lebensstandard auf Kosten anderer Länder und zukünftiger Generationen leben. »Die Organisation Global Footprint Network berechnet den Erdüberlastungstag (Earth Overshoot Day) mithilfe des ökologischen Fußabdrucks. Dieser ist ein Indikator für die Nutzung der biologischen Kapazität und Regenerationsfähigkeit und für die Auswirkungen menschlichen Handelns auf die Umwelt.« [2] In Deutschland ist der Overshoot Day für den vierten Mai 2023 kalkuliert [3], das heißt, ab dem Datum übersteigt die Nachfrage der deutschen Bevölkerung nach ökologischen Ressourcen und Dienstleistungen das, was die Erde 2023 regenerieren kann. 2022 fiel der Tag auf den 28. Juli.

Ein Beispiel für den steigenden Konsum ist die Nachfrage nach Textil- und Bekleidungsprodukten. In Deutschland kaufen die Bürger pro Jahr zwischen zwölf und fünfzehn Kilogramm Bekleidung, was deutlich mehr als der globale Durchschnitt von acht Kilogramm ist. Bis 2030 ist eine gesteigerte Nachfrage nach Textilien um weitere 60 % prognostiziert. [4] Aufgrund minderwertiger Qualitäten und dem Trend von (Ultra-) Fast Fashion sinkt die Nutzungsdauer von Bekleidung, während der Verbrauch stetig zunimmt. Bekleidungstextilien zeichnen sich durch eine global ausgerichtete Wertschöpfungskette aus, was durch einen hohen Anteil an manueller Arbeit und die Verlagerung der entsprechenden Prozessschritte in Niedriglohnländer zu begründen ist. Laut dem Umweltbundesamt wird ca. 90 % der in Deutschland gekauften Bekleidung importiert und stammt aus Produktionsländern wie China, der Türkei und Bangladesch. [5] In Deutschland liegt der Fokus auf der Produktion von technischen Textilien, welche Einsatz in der Automobilbranche, dem Baugewerbe oder in der Medizin finden. Die im Jahr 2021 in Deutschland produzierten Fasern teilen sich in 61 % Fasern für technische Textilien, 26 % Fasern für Heimtextilien und 13 % Fasern für Bekleidung. [6]

Die Textil- und Bekleidungsindustrie trägt zu einem großen Teil zur globalen Ressourcenausschöpfung bei. »Der europäische Textilverbrauch stellt eine der größten Ursachen von Umweltbelastungen dar und ist mitverantwortlich für den Klimawandel. »Allein in Deutschland werden jährlich circa 1,3 Millionen Tonnen Altkleider und -schuhe gesammelt. Das sind über 15 Kilogramm pro Einwohner – mit steigender Tendenz.« [7] Zu den weiteren Herausforderungen der Industrie gehört, dass grundlegende Menschenrechtsstandards und Arbeitssicherheit in globalen Produktionsländern bislang nicht immer eingehalten werden, wie zum Beispiel der Einsturz der Textilfabrik Rana Plaza in Bangladesch am 24. April 2013 oder der Brand der pakistanischen Textilfabrik Ali Enterprise am 11. September 2012 in Karatschi verdeutlicht haben. Durch das Lieferkettensorgfaltspflichtengesetz sollen soziale und ökologische Standards entlang internationaler Lieferketten etabliert werden. Auch die europäische Strategie für nachhaltige Textilien beabsichtigt, die Branche nachhaltiger und umweltfreundlicher zu gestalten. Die Textil- und Bekleidungsindustrie muss sich zudem mit den Auswirkungen von Wirtschaftskriminalität, insbesondere zu Rechten des geistigen Eigentums und Produktpiraterie, auseinandersetzen. Im Jahr 2020 waren Bekleidung und Accessoires in den Top fünf bedeutendsten Kategorien der rund 66 Millionen gefälschten Artikel, die an den EU Außengrenzen und auf dem EU-Binnenmarkt beschlagnahmt wurden. [8]

Der Logistik wird aufgrund schneller Saisonwechsel, einer hohen Importquote und vielen Retouren im Online-Handel eine Schlüsselrolle in der Textil- und Bekleidungsindustrie zugeschrieben. Sie umfasst Waren-, Finanz- und Informationsflüsse und verbindet Produktionsländer mit dem Absatzmarkt. Hauptgeschäftsführer der Bundesvereinigung der Deutschen Arbeitgeberverbände, Steffen Kempeter, ist der Ansicht, dass kleine und mittlere Unternehmen in Deutschland nicht in der Lage seien, ihre gesamte Wertschöpfungskette zu überwachen und Einfluss auf internationale Partner auszuüben. [9] Eine internationale Umfrage von Sapio Research im Auftrag des amerikanischen Plattformanbieters Coupa im Februar 2022 hat ergeben, dass 60 Prozent der befragten Unternehmen

mit mehr als 1.000 Beschäftigten nicht beurteilen können, ob ihre direkten Lieferanten die geforderten Standards in den Bereichen Umwelt, Soziales und Unternehmensführung einhalten. Die Teilnehmer der Umfrage nannten einen fehlenden Austausch von Daten als wichtigen Hinderungsgrund, ihrer geforderten Pflicht nachkommen zu können. [10] Digitale Technologien können helfen, Prozesse, Informationsflüsse als auch die Ressourceneffizienz zu optimieren. Die Blockchain-Technologie ist für ihre Manipulationssicherheit, Nachvollziehbarkeit und Transparenz sowie die Datensouveränität der in ihr hinterlegten Informationen bekannt. Sie bietet Unterstützung, wenn vertrauensintensive, nachweispflichtige oder auch rechtlich sensible Prozesse etabliert werden sollen. Dies ermöglicht Kontrolle entlang der Wertschöpfungskette zwischen den involvierten Akteuren.

Die vorliegende Studie zielt darauf ab, konkrete Potenziale für den Einsatz der Blockchain-Technologie in der Textillogistik zu ermitteln. Zunächst werden die Grundlagen der Blockchain-Technologie erläutert und das Projekt Blockchain Europe vorgestellt. Danach beleuchtet die Studie aktuelle Trends und Entwicklungen in der Textil- und Bekleidungsindustrie und zeigt den Stand der Digitalisierung in der Textillogistik auf. Es erfolgt eine Analyse des externen Branchenumfelds mit dem Ziel, Veränderungen zu identifizieren, die eine mögliche

Relevanz für den Einsatz der Blockchain-Technologie haben oder die Durchdringung im Markt beeinflussen können. Konkrete Potenziale und zukünftige Einsatzmöglichkeiten für die Blockchain-Technologie in der Textillogistik werden eruiert und in einem Zukunftsbild zusammengeführt.

Im Rahmen der Studie »Digitalisierung in der Textillogistik – Einsatzmöglichkeiten der Blockchain-Technologie« wurden Ergebnisse aus Projektarbeiten des Centers Textillogistik am Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik IML und der Hochschule Niederrhein integriert als auch Ergebnisse einer Grundlagen-Recherche sowie Erkenntnisse aus Experteninterviews. Unter dem Titel »Blick aus der Praxis« wird in dieser Studie mehrfach auf spannende Einblicke der Branche verwiesen. Die Untersuchungsergebnisse werden in Form einer Umfeldanalyse nach verschiedenen Einflussfaktoren strukturiert durchleuchtet. Eine anschließende SWOT-Analyse dient der Potenzialermittlung der Blockchain-Technologie in der Textillogistik. In Abbildung 1 ist die gewählte methodische Vorgehensweise visualisiert.

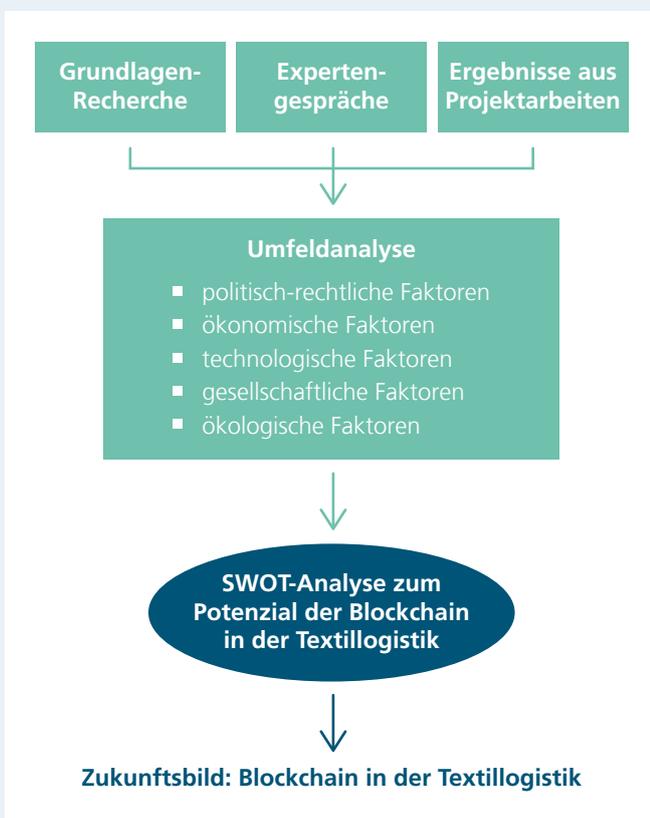


Abbildung 1: Methodische Vorgehensweise [eigene Darstellung]

## 2. Die Blockchain-Technologie

---

Die Studien-Reihe im Rahmen des Blockchain Navigators fokussiert die Anwendung von Blockchain-Technologien in der Praxis. Um die Potenziale dieser Technologien in den unterschiedlichen Anwendungsbereichen nachvollziehbar und transparent herausstellen zu können, wird nachfolgend auf die wesentlichen Kernelemente der Blockchain-Technologien auf funktionaler Ebene eingegangen.

### 2.1. Was ist Blockchain?

Bei den Blockchain-Technologien handelt es sich um eine spezielle Form der elektronischen Datenverarbeitung und insbesondere -speicherung. Im Gegensatz zu vielen konventionellen Datenspeichertechnologien, wie z. B. Cloud-Systemen oder Client-Server Strukturen, werden bei einer Blockchain die Daten nicht zentral, sondern dezentral verteilt abgespeichert [11].

Aus funktionaler Sicht lässt sich eine Blockchain mit den fünf wesentlichen Kernentitäten beschreiben [12]:

- Die Daten/Informationen werden in Form von sog. Blöcken gespeichert.
- Die Speicherreihenfolge der Blöcke (Zusammenhänge) steht fest und kann im Nachhinein nicht verändert werden.
- Jeder Block besitzt einen eindeutigen »Fingerabdruck« und verifiziert dadurch seinen eigenen Inhalt sowie seinen Bezug zum vorherigen Block.
- Die gesamte Blockchain oder Segmente dieser sind bei mehreren Netzwerkteilnehmern gespeichert.
- Ein demokratisches System (Mehrheitsprinzip) kontrolliert, ob ein Block oder eine Blockreihenfolge korrekt ist oder nachträglich verändert, d. h. manipuliert, wurde.

### 2.2. Eigenschaften der Blockchain

Die Daten innerhalb einer Blockchain werden dezentral verteilt, d. h. bei mehreren Teilnehmern eines Netzwerks gespeichert. Dabei besitzen bestimmte Teilnehmer, die sog. Full Nodes, stets eine vollständige Kopie der gesamten Blockchain. Daher kommt ihnen eine große Bedeutung zu. Im Gegensatz zu den Full Nodes speichern sog. Light Nodes keine Kopie der gesamten Blockchain, sondern übernehmen »nur« bestimmte Aufgaben. Light Nodes können z. B. zum Auslesen bestimmter Informationen aus der Blockchain, dem Schreiben von Informationen in diese und/oder der Verarbeitung bestimmter Informationen eingesetzt werden. [13]

Der Zugang zu einer Blockchain kann entweder öffentlich, privat oder konsortial sein. Öffentliche Blockchains (public) sind frei zugänglich, sodass sich jederzeit neue Teilnehmer selbstständig eine Kopie der Blockchain herunterladen und mit dieser im Sinne eines weiteren Full Nodes interagieren können. Bei privaten Blockchains übernimmt hingegen ein Akteur wichtige Aufgaben, die auch den Zugang zur Blockchain betreffen. Möchte ein neuer Teilnehmer dem Netzwerk beitreten, muss der zentrale Akteur ihn hinzufügen. Bei konsortialen Blockchains können die Aufgaben des zentralen Akteurs auch von mehreren Teilnehmern übernommen werden. [14]

Die Speicherung von Informationen in einer Blockchain erfolgt – bildlich gesprochen – in einzelnen Blöcken. Das heißt, es werden inhaltlich kohärente Informationen zusammengepackt und als ein Block im Netzwerk abgespeichert. Zur Validierung, dass der Inhalt nicht verändert wurde, werden sog. Hash-Verfahren eingesetzt. Dabei handelt es sich um mathematische Verfahren, die den Inhalt eines Blocks als einen sog. Hashwert darstellen. Da diese Verfahren nur in eine Richtung funktionieren, kann der Hashwert eines Blockes auch als sein eindeutiger Fingerabdruck angesehen werden. Verändert sich nun

der Inhalt eines Blocks, verändert sich auch sein Fingerabdruck (Hashwert). [15, 16]

Die Manipulationssicherheit der Daten in einer Blockchain wird zudem durch zwei weitere Eigenschaften sichergestellt. Zum einen kennt jeder Block auch den Hash-Wert seines Vorgängerblocks und zum anderen werden Konsensverfahren zur Sicherstellung, dass jeder Full Node auch die identische Blockreihenfolge und Inhalte besitzt, eingesetzt. Wie bereits in Absatz 2.1 beschrieben, handelt es sich bei einer Blockchain um verkettete Blöcke, die bei mehreren Netzwerkteilnehmern abgespeichert werden. Möchte nun ein Teilnehmer den Inhalt eines Blocks manipulieren, so muss er nicht nur den Inhalt des betroffenen Blocks verändern, sondern auch mindestens den Hashwert aller nachfolgenden Blöcke und das bei allen Full Nodes. Da zudem die Konsensmechanismen zeitaufwändig sind und stetig die Korrektheit der kompletten Blockchain sicherstellen, ist eine Manipulation einer Blockchain nahezu ausgeschlossen. [17]

## 2.3. Vorteile der Blockchain

Die größten Vorteile einer Blockchain sind die Manipulationssicherheit, Nachvollziehbarkeit und Transparenz sowie die Datensouveränität hinterlegter Informationen. Die speziellen technischen Charakteristika einer Blockchain ermöglichen sowohl die eindeutige Validierung der Datenkorrektheit und Nachvollziehbarkeit des Ursprungs als auch die Automatisierung und Autarkisierung von Prozessen. Zur Umsetzung dieser Datensouveränität werden häufig sogenannte Smart Contracts eingesetzt [18, 19]. Smart Contracts sind fest definierte und unveränderbare Programmabläufe, die meist auf der Blockchain selbst hinterlegt sind und auf dieser ausgeführt werden. Sie besitzen ein klar definiertes Startereignis und eine fest vorgegebene Ablauflogik. Tritt ein Ereignis auf oder wird der Smart Contract manuell gestartet, wird das klar definierte Ziel, über vorgegebene Wenn-Dann-Beziehungen, verfolgt und jeder Schritt protokolliert. Smart Contracts eignen sich daher zur Automatisierung von, meist vertrauens- und prüfintensiven, Abläufen. [20, 21]

Generell kann eine Blockchain vertrauensintensive, nachweispflichtige oder auch rechtlich sensible Prozesse unterstützen. Smart Contracts stellen selbst nicht zwangsläufig einen Vertrag dar, sie können jedoch die Einhaltung der rechtlichen Voraussetzungen und Rahmenbedingungen garantieren und dadurch zur Steuerung von rechtsgültigen Prozessen eingesetzt werden. [22]

Die Blockchain-Technologie stellt die Nachvollziehbarkeit und die Manipulationssicherheit, über Konsensmechanismen und dezentrale Strukturen sicher. Der dezentrale Ansatz zur Datenspeicherung, bei dem jeder Knotenpunkt (Full Node) eine Kopie der Blockchain speichert und das Mehrheitsprinzip gilt, sorgt ebenfalls für eine höhere Robustheit bei Cyberangriffen. Insbesondere im Vergleich zu einer konventionellen, zentralen Datenhaltung sinkt das Risiko für sog. Single Point of Failure-Angriffe enorm. Bei dieser Art von Cyberangriffen wird gezielt ein Bestandteil eines Systems zum Ausfall gebracht, um das Gesamtsystem zu stören und dadurch entweder weitere »Türen« zu öffnen oder die Funktionalität in Gänze außer Kraft zu setzen. Bei einer Blockchain-Technologie müsste ein solcher Angriff eine Vielzahl an Blöcken bei der Mehrheit der Full Nodes korrumpieren. Dieses Risiko kann mit zunehmender Anzahl an Akteuren als immer unwahrscheinlicher eingestuft werden. Eine Blockchain gilt daher als weitestgehend manipulationssicher. [23, 24]

## 2.4. Herausforderungen der Blockchain

Es existieren zahlreiche Untersuchungen, die sich mit unterschiedlichen Nachhaltigkeitsaspekten der Blockchain-Technologie befassen und beispielsweise das damit verbundene Abfallaufkommen oder den Energieverbrauch thematisieren [25, 26, 27]. Derartige Untersuchungen fokussieren jedoch meist Kryptowährungen, da diese häufig in der öffentlichen Wahrnehmung den wichtigsten Blockchain-Anwendungsfall darstellen. Ursache für diese Schlussfolgerungen sind i. d. R. die Konsensmechanismen, welche die Korrektheit von Blockchain-Netzwerken sicherstellen. Je nach Art der verwendeten Konsensmechanismen sowie der Blockchain Architektur können jedoch unterschiedlich stark ausgeprägte Energieverbräuche festgestellt werden. Generell weisen private oder konsortiale Blockchain-Netzwerke deutlich geringere Energieverbräuche als öffentliche Blockchains, die für die meisten Kryptowährungen eingesetzt werden, auf. Im Vergleich zu konventionellen zentralisierten Datenbevorratungslösungen schneiden sie jedoch aus Sicht der Energieeffizienz schlechter ab. [28]

Unter Gesichtspunkten der Energieeffizienz sind daher Anwendungsfälle zu definieren, die auf den gesamten Geschäftsprozess gesehen, ökologische Vorteile erzielen. Aktuell liegt noch keine anwendungsbezogene, einheitliche und vergleichende Studie zur ökologischen Wirkung digitaler Technologien im Vergleich oder im Bezug zu einer Blockchain-Technologie vor. Auch, wenn aktuell noch kein

sich aus der Technologie selbst ergebender Nachhaltigkeitsvorteil nachgewiesen werden kann, sind dennoch bereits Anwendungsfälle zu identifizieren, bei denen der Einsatz einer Blockchain-Technologie als Enabler für eine gesteigerte Nachhaltigkeit angesehen werden kann [29].

Eine weitere Herausforderung betrifft die Identifikation des geeigneten Blockchain-Frameworks. Je nach Reichweite des Netzwerks (öffentlich, privat, konsortial), der Art, Anzahl und Größe der auf der Blockchain zu hinterlegenden Daten und der gewünschten Aufgaben, die die Blockchain übernehmen bzw. unterstützen soll, werden Blockchain-Interessierte aktuell mit einer Vielzahl an unterschiedlichen Frameworks konfrontiert. Zudem kommen stetig neue Themen, wie z. B. die Teilbarkeit, Einzigartigkeit und Wertigkeit hinzu, die die Auswahl erschweren. Vorteilhaft erweist sich in diesem Bezug, wenn für bestimmte Anwendungsfälle auf bereits bestehende Blockchain-Netzwerke oder auf Bibliotheken, die konkrete Funktionalitäten ermöglichen, zurückgegriffen werden kann. Dabei ist gleichfalls darauf zu achten, dass Entwicklungen, falls vorhanden, Standards einhalten. Dadurch wird die Interoperabilität zwischen verschiedenen Netzwerken und/oder Anwendungsfällen sichergestellt. Diese Anforderung gilt insbesondere für die Verwendung von Blockchain im Kontext des Finanzflusses. Als Beispiel kann hier der ERC-20 (Ethereum Request for Comments-20) Standard für Token auf einer Ethereum-Blockchain angeführt werden [14].

Sollen »Vermögenswerte« auf einer Blockchain beschrieben werden, werden seit ein paar Jahren sog. »Tokens« diskutiert [30]. Token lassen sich langläufig in Non-Fungible-Token (NFT) und Fungible-Token (FT) unterteilen. NFT sind einzigartig und einmalig und können somit auch zur Beschreibung eines definierten realen Objects verwendet werden. Im Gegensatz dazu repräsentieren Fungible-Token stets den gleichen Wert und können gegenseitig ausgetauscht oder ersetzt werden. [17]

Zur Verdeutlichung sollen ein bedeutendes Gemälde und die Währung »Euro« dienen. Ein Gemälde ist einzigartig und kann nicht gegen ein anderes ausgetauscht werden. Hier sind die Eigentumsangaben und der Verlauf (z. B. der Besitzer), den das Bild seit Erstellung genommen hat, von besonderem Interesse. Hingegen besitzen alle Ein-Eurostücke die gleiche Wertigkeit und können beliebig gegeneinander ausgetauscht werden. Die Herkunft und der Verlauf, den ein Eurostück seit Ausgabe genommen hat, ist hier jedoch irrelevant. Daher würde in diesem Fall ein Gemälde eher mittels NFT und die Euro-Währung als FT auf einer Blockchain beschrieben werden. Die Herausforderung besteht dabei, bereits im Vorfeld zu definieren, welche Anforderungen an die Einzigartigkeit, Wertigkeit und Teilbarkeit erfüllt sein müssen.

## 2.5. Ursprung und Entwicklung der Blockchain

Die Blockchain-Technologie erreichte im Jahr 2008 durch eine Veröffentlichung von »Satoshi Nakamoto« über den Bitcoin erstmals Bekanntheit. Die Idee, Informationen als unveränderliche, verkettete Blöcke mithilfe von Algorithmen zu speichern, wurde jedoch bereits 1979 in der Dissertation von Ralph Merkle publiziert. Die Publikation erklärt, wie sich Informationen in Form der heute bekannten »Merkle hash trees«, einer effizienten Form der Speicherung, zusammenführen lassen. Im Jahr 1990 wandten die beiden Wissenschaftler Scott Stornetta und Stuart Haber diese Technologie auf Dokumente mit Zeitstempel an. Sie erforschten die Anwendung des Konsensprinzips, für welches Daten zur Gewährleistung ihrer Integrität abgeglichen werden. Die Ergebnisse trugen zur Einführung des Bitcoins bei und waren der erste Beweis für die Funktionstüchtigkeit der Blockchain-Technologie, welche die Integrität von Daten garantiert. [31]

Über die Finanzindustrie hinaus wächst die Bedeutung von Blockchain-Lösungen auch in diversen weiteren Industrien, wie beispielsweise in der Logistik. Die Lösungen werden bereits in der Realwirtschaft eingesetzt und immer mehr Unternehmen bereiten sich darauf vor, die Technologie in ihre Geschäftsprozesse zu integrieren. Eine aktuelle Befragung von Wirtschaftsexperten schätzt den zukünftigen, globalen Mehrwert von Blockchain-Lösungen bis zum Jahre 2030 auf eine Summe von 1,76 Billionen US-Dollar [32]. Im folgenden Absatz werden wichtige Einsatzmöglichkeiten der Blockchain-Technologie vorgestellt und exemplarisch anhand geeigneter Anwendungsbeispiele veranschaulicht.

## 2.6. Einsatzmöglichkeiten und Anwendungsbeispiele der Blockchain

Die nachfolgend exemplarisch ausgewählten und kurz vorgestellten Einsatzmöglichkeiten einer Blockchain im industriellen Umfeld lassen sich den folgenden drei Kategorien zuordnen:

- Bezahlprozesse und Finanzinstrumente,
- Rückverfolgbarkeit von Produkten sowie
- Verträge und Konflikt-Bewältigung.

## Bezahlprozesse und Finanzinstrumente

Die wohl bekanntesten Anwendungsfälle der Blockchain-Technologie sind Bezahlprozesse und Finanzinstrumente [33]. Hierbei werden die inhärenten Eigenschaften der Blockchain-Technologie ausgenutzt, sodass zum einen die Notwendigkeit einer Kontrollinstanz und zum anderen die Kosten für sie entfallen. Folglich können eine starke Reduktion der Transaktionskosten und ein Geschwindigkeitszuwachs, durch den Wegfall von aufwändigen Prüfmechanismen, erreicht werden. [34]

## Rückverfolgbarkeit von Produkten

Zum Nachweis einer geforderten Qualitätsstufe bei Geschäftsprozessen, Produkten, Dienstleistungen oder Geschäftsmodellen kann die Transparenz über den Lebenszyklus eingesetzt werden. Gleichfalls kann Transparenz den Nachweis von rechtlich geforderten Standards oder Nachhaltigkeitsaspekten unterstützen bzw. herstellen sowie auch eine verbesserte Vermarktung ermöglichen. Gängige Einsatzfelder umfassen zum Beispiel den Nachweis von Lieferketten, durchgeführte Wartungen insbesondere im sicherheitskritischen oder personenbefördernden Bereich, von Arbeitsbedingungen oder auch der richtigen Entsorgung [35]. Aktuell wird insbesondere der Dokumentation von Lieferketten und der damit verbundenen direkten Nachverfolgbarkeit von Transportwegen ein großes Potenzial unterstellt. Manipulationen der gesammelten Daten werden im Blockchain-Netzwerk unmittelbar ersichtlich, wodurch die Integrität der Daten gewährleistet wird [32].

## Verträge und Konflikt-Bewältigung

Die meisten Lieferanten-Kunden-Beziehungen oder überbetrieblichen Zusammenarbeiten sind über Verträge bzw. ähnliche Vereinbarungen geregelt. Smart Contracts sind innerhalb eines Blockchain-Netzwerks autark und selbstständig ablaufende Programme, die unaufhörlich einem zuvor definierten Programmablauf folgen (vgl. Abs. 2.3). Sie können daher zur Sicherstellung der Einhaltung von Verträgen und Regeln eingesetzt werden [36]. Smart Contracts sind im rechtlichen Sinne zwar kein rechtsgültiger Vertrag, können aber über ihre Wenn-Dann-Beziehungen die Einhaltung vertraglicher Inhalte erfassen und nachweisen, um darauf aufbauend weitere Abläufe anzustoßen.

Die vertragstypischen Pflichten bei einem Kaufvertrag werden in § 433 BGB geregelt. Im Sinne dieses Paragraphen ist der Verkäufer verpflichtet, dem Käufer die vereinbarte Sache frei von Sach- und Rechtsmängeln zu übergeben und ihm das Eigentum an der Sache zu verschaffen (Abs. 1). Im Gegenzug verpflichtet sich der Käufer, dem Verkäufer den vereinbarten Kaufpreis zu zahlen und die gekaufte Sache abzunehmen (Abs. 2). [37]

Übertragen auf den Einsatz eines Smart Contracts, kann er feststellen, wann eine Leistung im Sinne des Kaufvertrags erbracht wurde und daraufhin eine Bezahlung einleiten bzw. alle Schritte des Geldtransfers bis hin zum Geldeingang beim Verkäufer erfassen und kontrollieren. Über einen Abgleich mit hinterlegten Fristen kann somit auch die zeitliche Komponente des Vertragsschlusses nachhaltig und transparent erfasst, kontrolliert und gespeichert sowie bei identifizierten Abweichungen festgelegte Deeskalationsstufen eingeleitet werden.

Im aktuellen Projekt »dangerous« wird am Fraunhofer IML mit Hilfe von Smart Contracts z. B. erprobt, wie Gefahrgut-Transporte effizient gestaltet und manipulationssicher dokumentiert werden können [38].

## Zusammenfassung

Zusammenfassend kann dem Einsatzzweck bisheriger Blockchain-Anwendungsfelder konstatiert werden, dass folgende Thematiken im Mittelpunkt stehen [11]:

- Nachweis von Herkunftten
- Digitalisierung von Werten (Tokenisierung)
- Erkennung von Fälschungen und Betrügen
- Tracking von Compliance-Vereinbarungen
- Rückverfolgung von Warenströmen
- Überwachung von Status
- Steuerung von Prozessen und/oder Vertragsgegenständen mittels Smart Contracts



© Adobe Stock, fotomek

## 3. Das Projekt Blockchain Europe

### 3.1. Was ist Blockchain Europe?

Das Forschungsprojekt »Blockchain Europe« forciert den Aufbau eines Europäischen Blockchain-Instituts in Nordrhein-Westfalen. Das Konsortium besteht aus den Dortmunder Fraunhofer-Instituten Institut für Materialfluss und Logistik IML und Institut für Software- und Systemtechnik ISST sowie dem Lehrstuhl für Unternehmenslogistik LFO und dem Lehrstuhl für Förder- und Lagerwesen FLW der Technischen Universität Dortmund.

Die Projektpartner haben es sich zur Aufgabe gemacht, in enger Zusammenarbeit mit einer vielfältigen Community das Wissenschafts-, Anwendungs- und Arbeitsfeld Blockchain aus unterschiedlichen Perspektiven zu beleuchten und die Entwicklungen im Bereich der Blockchain-Technologie entscheidend voranzutreiben. Ein Expertenbeirat mit führenden Vertretern aus Wirtschaft und Wissenschaft steht dem Projekt beratend zur Seite.

Langfristiges Ziel ist es, ein europaweit einzigartiges Institut zu schaffen, das die Digitalisierung in Wissenschaft und Praxis antreibt und als nachhaltige und dauerhafte Einrichtung etabliert ist.

Die erste Phase des Projekts wird vom Ministerium für Wirtschaft, Industrie, Klimaschutz und Energie des Landes Nordrhein-Westfalen über eine Laufzeit von 3 Jahren mit 7,7 Millionen Euro gefördert.

### 3.2. Blockchain Europe Basiskomponenten

Zur möglichst aufwandsarmen Realisierung einer Blockchain-Infrastruktur werden innerhalb von Blockchain Europe generische Blockchain-Funktionalitäten als sogenannte Basiskomponenten entwickelt und als Open Source bereitgestellt. Diese universellen Software-Bausteine können nach dem Baukastenprinzip einzeln oder auch als sinnvolle Kombination integriert werden [39]. Die Basiskomponenten sollen wichtige Kernfunktionalitäten zum Aufbau einer Blockchain-basierenden Plattformökonomie umfassen und werden kontinuierlich weiterentwickelt.

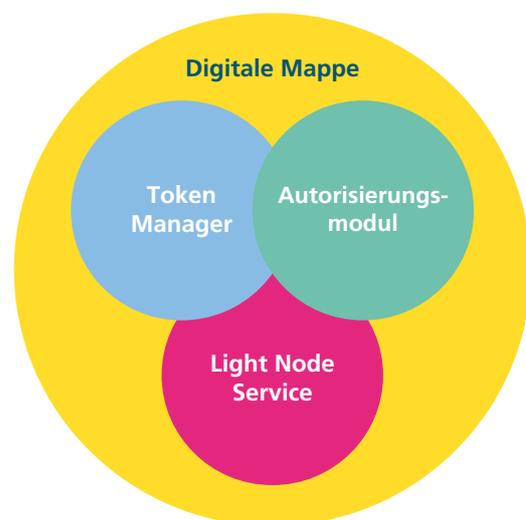


Abbildung 2: Digitale Mappe [eigene Darstellung]

Der Token Manager dient der Speicherung und Verwaltung von Dokumenten und Unternehmenswerten. Er ermöglicht Daten als Token in strukturierter Form auf der Blockchain zu speichern. Ein Token steht hierbei für eine Information, ein Dokument oder einen speziellen Unternehmenswert. Jedes Unternehmen (Full Node) erhält ein Wallet, in dem die Daten zu unterschiedlichen (logistischen) Vorgängen gespeichert werden können. Da zu jedem Dokument zudem eine Änderungshistorie existiert, können die erforderlichen Prozesse schlank und einfach gestaltbar gehalten werden. Über entsprechende CLI<sup>1</sup> - und REST<sup>2</sup> -Schnittstellen lassen sich die spezifischen Funktionalitäten des Token Managers durch vordefinierte Smart Contracts aufrufen, wodurch die Grundlagen für teil- oder durchgehend automatisierte Prozesse geschaffen sind. Je nach Anwendungsfall können ganze Datensätze oder auch einzelne Dokumente (wie bspw. PDF, Bilddateien, XML) auf der Blockchain gespeichert werden. Die Speicherung mittels Token Manager erfolgt somit persistent, rechts- und fälschungssicher sowie transparent nachvollziehbar und nutzerfreundlich auf der Blockchain. [39, 42]

Die Verwaltung und Steuerung von Zugriffsrechten wird über das Autorisierungsmodul, einer weiteren Basiskomponente, sichergestellt. Innerhalb eines Blockchain-Netzwerks interagieren unterschiedlichste Akteure mit verschiedensten Aufgaben und Kompetenzen. Um klar zu spezifizieren, welcher Nutzer bzw. Blockchain-Account über welche spezifischen Zugriffsrechte auf die Blockchain verfügt, wird ihm eine spezielle Rolle zugewiesen. Über ein »klassisches« Rollen-Rechte-System lassen sich jeder Rolle Zugriffs-, Schreib- und Leserechte individuell zuweisen oder entziehen. Bei jedem Zugriff auf die Blockchain wird überprüft, ob der User über seine zugewiesene Rolle autorisiert ist, die gewünschte Interaktion durchzuführen. Nicht autorisierte (Trans-) Aktionen werden vom Netzwerk abgelehnt. So ermöglicht das Autorisierungsmodul mit Hilfe des Rollen-Rechte-Systems eine anwendungsspezifische und bedarfsgerechte Zugriffssteuerung und das bedarfsgerechte und/oder anwendungsspezifische Ausführen von Smart Contracts. [39, 42]

Der Light Node Service ermöglicht die Integration und Identifikation von Datenquellen in einem Blockchain-Netzwerk, bei denen keine vollständige Speicherung der gesamten Blockchain erfolgt, den sog. Light Nodes. Physische Geräte, wie z. B. Hardware, (mobile) Devices, Scanner, Sensoren oder auch ERP-Systeme, erhalten hierzu mittels Blockchain-Zertifikaten eine individuelle Identität. Die Blockchain-Zertifikate, welche mit einem Personalausweis vergleichbar sind, werden direkt auf dem mobilen Endgerät, IoT-Device oder im IT-System hinterlegt. Durch die Signatur ist jegliche Transaktion mit der Blockchain und der Urheber zu jeder Zeit nachvollziehbar. Andere Teilnehmer

können anschließend den Urheber prüfen und die Transaktion verifizieren. Geräte oder auch Gastteilnehmer, die nur einen reinen lesenden oder schreibenden Zugang zur Blockchain besitzen, werden dadurch zu eigenständigen Akteuren im Blockchain-Netzwerk ohne die Nachvollziehbarkeit, Transparenz oder das Vertrauen zu gefährden. [39, 42]

In der »digitalen Mappe« sind die drei obigen Basiskomponenten »Token Manager«, »Autorisierungsmodul« und »Light Node Service« zusammengefasst. In einer zentralen Wallet lassen sich mehrere »digitale Mappen« anlegen, welche spezifische Dokumente und Unternehmenswerte gleicher Art verwalten und in strukturierter Form als einzelne Token abgelegt werden können. Der Light Node Service integriert hierbei mobile Endgeräte, IoT-Devices oder IT-Systeme. Jegliche Änderungen werden in Form einer Historie durch den Token Manager ersichtlich. Das Autorisierungsmodul überprüft zu jeder Zeit anhand der Rolle des Full oder Light Nodes und seiner zugewiesenen Berechtigungen die Autorisation der gewünschten Transaktion. So können digitale Mappen auch im Umgang mit Behörden, bei der Rückverfolgung wichtiger Waren, Güter und logistischer Prozesse oder zur Überprüfung der Korrektheit von Dokumenten eingesetzt werden. [42]

Die Basiskomponenten sind aktuell für das Blockchain-Framework Tendermint/Cosmos umgesetzt und werden unter der »Open Logistics License« als Open Source zur Verfügung gestellt [43]. Die Überführung der digitalen Mappe ins Blockchain-Framework Quorum, die Entwicklung weiterer Basiskomponenten sowie der Aufbau eines Quorum-Netzwerks werden zurzeit am Fraunhofer IML realisiert.

<sup>1</sup> CLI: command-line interface – Bedienung eines Programms über Kommandozeileingabe [30].

<sup>2</sup> REST: representational state transfer – Softwareparadigma für die Kommunikation innerhalb von Client-Server-Netzwerken [31].

# 4. Globale Lieferketten in der Textil- und Bekleidungsindustrie

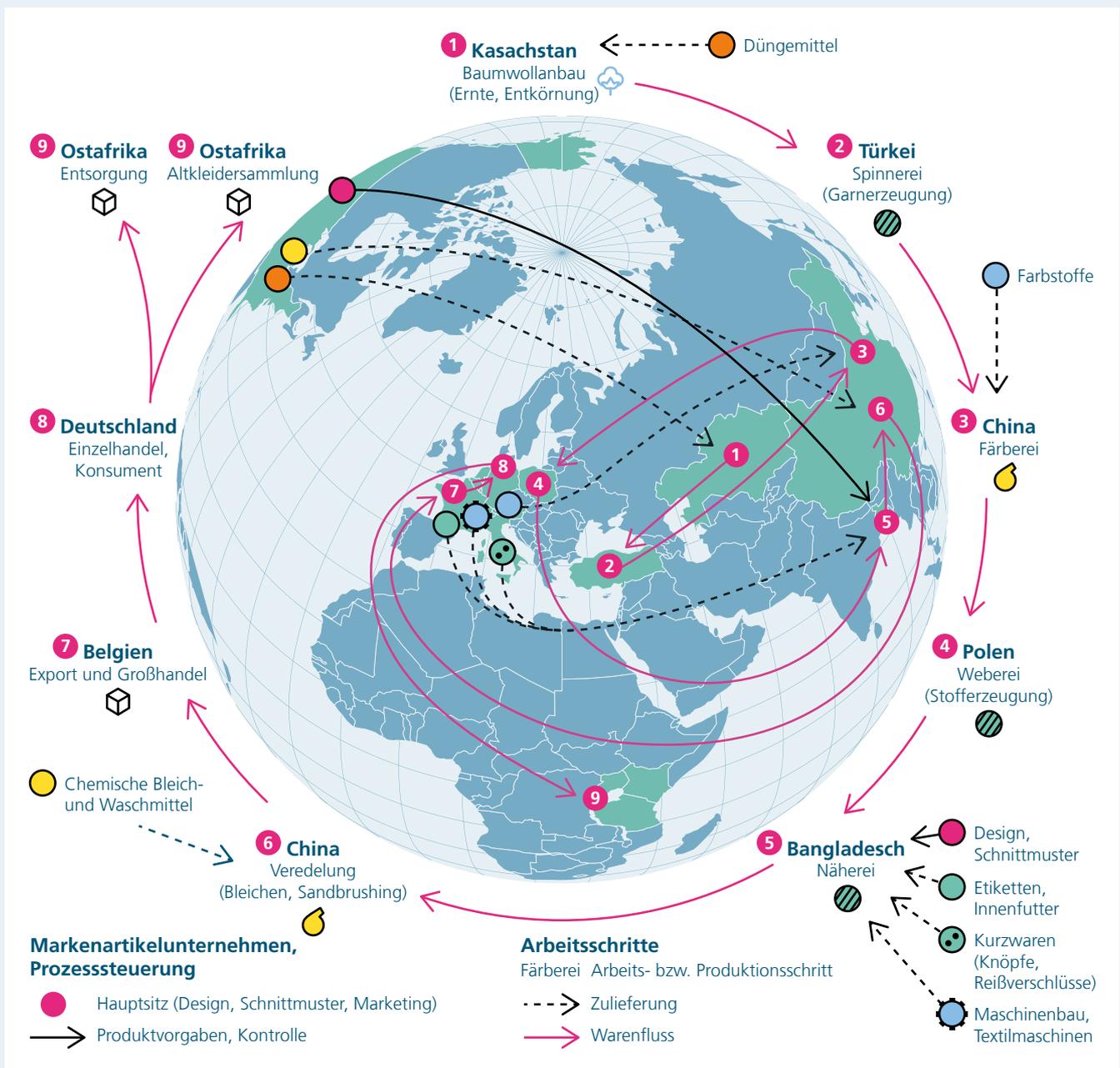


Abbildung 3: Die globale Wertschöpfungskette am Beispiel der Jeansherstellung [44]

Die textile Supply Chain ist durch eine Vielzahl an Arbeitsschritten, Waren- und Finanzflüssen auf der ganzen Welt gekennzeichnet und stark durch die Globalisierung der Märkte geprägt. Abbildung 3 stellt die Schritte der Wertschöpfungskette am Beispiel einer Jeansproduktion dar. Die in Kasachstan angebaute und geerntete Baumwolle wird zur Garnerzeugung in die Türkei transportiert. Danach erfolgt die Färberei in China, wobei auch die Farbstoffe von weiteren internationalen Zulieferern stammen können. In Polen wird dann ein Stoff erzeugt, beispielsweise in einer Weberei. In Bangladesch werden aus verschiedenen Stoffen und zusätzlichen Materialien, wie Knöpfen oder Reißverschlüssen, die Jeans zusammengenäht, wobei einzelne Bestandteile wie Etiketten extern zugeliefert werden. Danach wird die Jeans erneut nach China versendet, wo die Veredelung mit Chemikalien stattfindet. Nach dem Export nach Belgien für den Großhandel kommt die Jeans in Deutschland zur Verteilung im Einzelhandel an. Nach der Nutzungsdauer schließt die Wertschöpfungskette mit der Entsorgung und/oder Altkleidersammlung in Afrika ab. Die Prozesse können in Produktion (Input), Weiterverarbeitung (Transformation) und Distribution (Output) kategorisiert werden. [44] Es existieren Ansätze für einen geschlossenen Kreislauf im Sinne eines Faser-zu-Faser-Recyclings, welches bislang jedoch keine Anwendung im großen Maßstab findet (vgl. Kapitel 4.2.7).

## 4.1. Die Logistik von Bekleidung, Heimtextilien und technischen Textilien

Anhand des einleitenden Beispiels aus Kapitel 4 und Abbildung 3 [44] wird deutlich, dass es sich bei der textilen Wertschöpfungskette um stark verflochtene Produktionsstrukturen handelt.

Die Wertschöpfungsnetzwerke der Bekleidungs- und Heimtextilienindustrie sind stark international geprägt und bilden globale und stark arbeitsteilige Wertschöpfungsketten. Diese umfassen eine Vielzahl von unterschiedlichen Akteuren, die sämtliche Produktions- und Verarbeitungsstufen, oftmals in unterschiedlichen Ländern, beinhalten. Der typische Aufbau eines solchen Wertschöpfungsnetzwerks beginnt bei Unternehmen, die Natur- und oder Chemiefasern herstellen. Diese Fasern werden durch Garnhersteller weiterverarbeitet und durch verschiedene Gewebehersteller, z.B. Webereien, in Stoffe umgewandelt. Die Stoffe werden durch Nähereien bspw. zu Kleidung und Accessoires weiterverarbeitet. Darüber hinaus sind Groß- und Einzelhandelsunternehmen Teil des Wertschöpfungsnetzwerks, die die Vor- und Fertigprodukte von vorgelagerten Wertschöpfungsstufen beziehen und an Konsumenten sowie Endkunden vertreiben. Die Wertschöpfungsnetzwerke der Bekleidungs- und Heimtextilienindustrie gelten, aufgrund der beschriebenen Beschaffenheit, zu den kompliziertesten Netzwerken, für die Transparenz und Nachverfolgbarkeit eine herausragende Bedeutung aufweist. [45, 46, 47]

Eine weitere Besonderheit für die Transportplanung ist die Saisonalität und die damit verbundenen starken Schwankungen bezüglich der Anzahl, Gewicht und Volumen der zu transportierenden Waren. Die zunehmende Anzahl an Kollektionen pro Jahr, bis hin zur Abschaffung des Kollektionssystems mit quasi täglich neuer Ware im (Ultra-) Fast Fashion Bereich, sowie die damit verbundenen kürzeren Bestell- und Lieferzyklen wirken sich auf die globalen Lieferketten aus und fordern schnelle Reaktionsmöglichkeiten sowie eine entsprechende Anpassungsfähigkeit der logistischen Prozesse.

Im Folgenden wird auf aktuelle Trends und Entwicklungen der Branche eingegangen, welche zukünftig die internationalen Wertschöpfungsketten beeinflussen werden und innovative Lösungsansätze zur Prozessadaption fordern werden. Diese umfassen Veränderungen im Bereich der Gütesiegel, den europäischen grünen Deal, die EU-Strategie für nachhaltige Textilien, das Lieferkettensorgfaltspflichtengesetz, Re- und Nearshoring, Fast Fashion als auch das Modell des zirkulären Wirtschaftens.

Tabelle 1: Überblick Textil-Gütesiegel [49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64]

Vergabekriterien (Auszug)	Anwendungsbereich	Beispielunternehmen
 <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Produkt nach Standard 100 oder Leather Standard (schadstofffreie Bestandteile)</li> <li>■ STeP-Verifizierung von Betrieben mit Nass-/chemischen Prozessen</li> </ul>	<p>alle Arten von Textilien und Lederartikeln</p>	 <b>CHIEMSEE</b>
 <ul style="list-style-type: none"> <li>■ beteiligte Betriebe müssen GOTS-Zertifikate vorzeigen</li> <li>■ jährliche Vor-Ort-Inspektionen mit Einsicht in die Buchhaltung zur Überprüfung von Warenflüssen</li> <li>■ Prüfung der verwendeten chemischen Textilhilfsmittel</li> </ul>	<p>umfasst die gesamte textile Lieferkette</p>	 <b>kaeppel</b>
 <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Umweltpolicy, z.B. sparsamer Umgang mit Wasser</li> <li>■ textile Fläche muss zu 100% aus Naturfasern bestehen.</li> <li>■ Durchführung von Rückstandskontrollen im Endprodukt</li> </ul>	<p>Richtlinien für Naturtextilien entlang der gesamten Produktionskette, relevant für Verarbeitungs-, Konfektions und Handelsbetriebe aus der Textil- und Lederbranche</p>	 <b>ZKS</b> <small>A PEPPERMINT COMPANY</small>
 <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Erwerb der Mitgliedschaft bei Erfüllung von Kriterien</li> <li>■ »Code of Labour Practice« erfüllen, z.B. keine Kinderarbeit und sichere Arbeitsbedingungen</li> </ul>	<p>Bekleidungsmarken</p>	<p><i>hessnatur</i></p> <p><b>Acne Studios</b></p>
 <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Nachweis von Ressourcen (Zeit, Geld, Personal) zur Zertifizierung</li> <li>■ Materialgesundheit, Eignung zur Materialwiederverwendung</li> <li>■ Einsatz erneuerbarer Energien</li> <li>■ soziale Standards</li> <li>■ Wassermanagement</li> </ul>	<p>Marken, Einzelhändler, Designer und Hersteller entlang der gesamten Wertschöpfungskette</p>	  <small>Cotton Blossom [India] Pvt Ltd</small>

 <ul style="list-style-type: none"> <li>ressourcenschonende Herstellung</li> <li>Vermeidung von Schadstoffen im Produkt</li> <li>Berücksichtigung von Langlebigkeit, Reparatur- und Recyclingfähigkeit</li> </ul>	<p>für alle umweltschonenden Produkte und Dienstleistungen</p>	 
 <ul style="list-style-type: none"> <li>vollständige Angaben zur Materialzusammensetzung</li> <li>Produktionsstätten, Chemikalienlieferanten, Prüflabors arbeiten nach angegebenen Prüfmethoden</li> </ul>	<p>für diverse Produkte, z. B., Wasch- und Reinigungsmittel, Textilien, Farben</p>	 
 <ul style="list-style-type: none"> <li>jede Produzentengruppe muss Inspektionen zulassen</li> <li>Nachweis von bestehendem Absatzpotenzial auf dem Fairtrade-Markt</li> <li>Rechtsansprüche über Land-/Wasserrechte transparent halten</li> </ul>	<p>dient der Kennzeichnung von Waren, die aus fairem Handel stammen und bestimmte soziale, ökologische, ökonomische Kriterien erfüllen</p>	 

## 4.2. Trends und Entwicklungen

Im Jahr 2021 wurden globale Lieferketten, nicht nur in der Textil- und Bekleidungsindustrie, durch zahlreiche Disruptionen beeinträchtigt. »Beispielhaft seien nur die Blockade des Suezkanals durch ein havariertes Schiff und die Corona Ausbrüche in verschiedenen chinesischen Hafenstädten genannt.« [48] Auch der Krieg zwischen Russland und der Ukraine und resultierende Sanktionen beeinflusst den globalen Austausch von Waren, Informationen und Finanzen.

Das Kapitel Trends und Entwicklungen zeigt einige Beispiele von ausgewählten, aktuellen Veränderungen auf, welche einen besonderen Bezug zur Textil- und Bekleidungsindustrie aufweisen

und diese, auch zukünftig, beeinflussen. Die jeweiligen Trends und Entwicklungen werden in kurzen Abschnitten skizziert, um ein möglichst umfassendes Bild der Branche zu schaffen.

### 4.2.1. Siegel in der Textil- und Bekleidungsindustrie

In der Textil- und Bekleidungsindustrie existiert eine Vielzahl an Siegeln, welche unterschiedlichste Teile der textilen Lieferkette abdecken, nach unterschiedlichen Vergabegrundlagen gewährt werden und von unterschiedlichen Organisationen vergeben werden. Eine Übersicht der acht gängigsten in der Branche genutzten Gütesiegel ist in Tabelle 1 dargestellt.<sup>3</sup> In den vergangenen Jahren wurden vermehrt Siegel in der Branche eingesetzt und deren Nutzen vielfältig diskutiert. Im Zusammenhang mit gesetzlichen Richtlinien auf europäischer und deutscher Ebene, auf welche nachfolgend eingegangen wird, dienen sie

<sup>3</sup> Im Anhang befindet sich eine ausführlichere Version mit weiteren Details.

zu Teilen dem Nachweis von nachhaltigen Aktivitäten und dem Klimaschutz.

Das OEKO-TEX® – Made in Green, der Global Organic Textile Standard, das Naturtextil IVN zertifiziert BEST und die Fair Wear Foundation weisen einen expliziten Bezug zu textilen Produkten, z.B. Bekleidung oder Lederartikeln, auf. Cradle-to-Cradle, der Blaue Engel, das EU Ecolabel und Fairtrade sind hingegen Zertifizierungen, die auch auf andere Produktgruppen und Dienstleistungen anwendbar sind. Keines der Siegel verfolgt einen ganzheitlich ökologischen als auch sozialen Ansatz und deckt gleichzeitig alle Kategorien (Heimtextilien, technische Textilien, Arbeitsbekleidung als auch Fashion) ab.

Für viele Endkunden ist eine eindeutige Differenzierung der abgedeckten Inhalte durch die jeweiligen Siegel oftmals nicht nachvollziehbar. Sie verlieren den Überblick und können die Siegel nicht immer zur Orientierung nutzen. Einige Richtlinien sind undeutlich formuliert und bieten Interpretationsspielraum. Zum Teil herrschen auch unterschiedliche Standards in verschiedenen Ländern, was die Nachvollziehbarkeit erschwert. Eine einheitliche Lösung durch ein neues System könnte Klarheit schaffen. Die verschiedenen Siegel sind außerdem mit hohen Kosten und Aufwänden für die Unternehmen verbunden. Zudem sind Textil- und Bekleidungshersteller oft mit dem Vorwurf des Greenwashing konfrontiert, wenn sie versuchen, durch Siegel ein nachhaltiges Image aufzubauen und Reputationsschäden aufgrund ihrer Produktion in Niedriglohnländern entgegen zu wirken.

Im September 2019 wurde der grüne Knopf als staatliches Metasiegel für nachhaltige Textilien in Deutschland eingeführt. Es wird überprüft, »ob ein Unternehmen Verantwortung für die Lieferkette übernimmt und somit seinen unternehmerischen Sorgfaltspflichten nachkommt. Zusätzlich muss durch glaubwürdige Siegel nachgewiesen werden, dass auch das Produkt nachhaltig hergestellt wurde.« [65] Abbildung 4 stellt die Kriterien dar, die Textil- und Bekleidungsunternehmen erfüllen müssen, um mit dem grünen Knopf ausgezeichnet zu werden. Zur Überprüfung der Einhaltung unternehmerischer Sorgfaltsprozesse gehören

- eine Grundsatzklärung des Unternehmens zur verantwortungsvollen Unternehmensführung,
- eine Risikoanalyse, welche eine Priorisierung von Risiken sowie deren Auswirkung umfasst,
- effektive Präventionsmaßnahmen, die den möglichen Risiken entgegenwirken,
- öffentlich zugängliche und transparente Unternehmensberichte sowie
- ein nachweisbarer Beschwerdemechanismus, welcher den Mitarbeitern die Möglichkeit bietet, Verletzungen der Sorgfaltspflicht zu kommunizieren.

Zudem wird durch den grünen Knopf eine nachhaltige Produktion von Textilien und Bekleidung gefordert, welche durch andere,

vom grünen Knopf anerkannte Siegel, nachgewiesen werden müssen. Hierbei sind die Prozesse der Rohstoffgewinnung, des Bleichens und Färbens und des Zuschneidens und Nähens betroffen. Die Garn- und Stoffherstellung sowie das Produktrecycling sind nicht abgedeckt. Die weiteren Siegel müssen ein Verbot gefährlicher Chemikalien oder Pestizide beinhalten, die Begrenzung der Arbeitszeit und feste Arbeitsverträge umfassen, über ein Verbot von Diskriminierung und Belästigung verfügen und Sicherheitsvorgaben für Arbeitsplätze garantieren. [65]

#### 4.2.2. Europäischer grüner Deal (EU Green Deal)

Im Rahmen des europäischen grünen Deals (EU Green Deal) streben die EU Mitgliedsstaaten bis 2050 das Erreichen der Klimaneutralität an, um somit Teilen der Verpflichtungen des Pariser Abkommens gerecht zu werden. Hierzu wird ein ganzheitlicher und sektorübergreifender Ansatz verfolgt, um den grünen Wandel in Europa mit einer innovativen und wettbewerbsfähigen Wirtschaft zu vereinen. Es wurden verschiedene Initiativen entwickelt, welche im EU Green Deal festgehalten sind. Sie umfassen die aufgelisteten Maßnahmenpakete:

- Fit für 55: Anpassung der EU Rechtsvorschriften zu Klima, Energie und Verkehr an die EU Klimaziele,
- europäisches Klimagesetz: Senkung der Netto-Treibhausgasemissionen in der EU bis 2030 um mindestens 55 % gegenüber 1990,
- EU-Strategie zur Anpassung an den Klimawandel: Etablierung einer klimaresilienten Gesellschaft in der EU bis 2050, z.B. durch Förderung des Wissensaustauschs zum Klimawandel oder angepassten Katastrophenschutz,
- EU-Biodiversitätsstrategie für 2030: Wiederherstellung der biologischen Vielfalt in Europa bis 2030,
- Strategie »Vom Hof auf den Tisch«: Lebensmittelsysteme auf nachhaltige Modelle umstellen,
- Europäische Industriestrategie: Unterstützung der Industrie als Beschleuniger und Wegbereiter für den Wandel,
- Aktionsplan für die Kreislaufwirtschaft: Umstellung auf kreislauforientierte Systeme für Produktion und Verbrauch,
- Batterien/Altbatterien: Festlegung verbindlicher Anforderungen für alle Batterien, »Batteriepass« = strenge Beschränkungen für gefährliche Stoffe, ein CO<sub>2</sub>-Fußabdruck für Batterien und eine erweiterte Herstellerverantwortung,
- Mechanismus für einen gerechten Übergang: Regionen, die stark vom Übergang zu einer CO<sub>2</sub>-armen Wirtschaft betroffen sind, werden finanziell unterstützt (bis zu 90 Mrd. €),
- saubere, erschwingliche und sichere Energie: Förderung sauberer und erneuerbarer Energiequellen,
- EU-Nachhaltigkeitsstrategien für Chemikalien: Regulationen zum Schutz der menschlichen Gesundheit und einer schadstofffreien Umwelt sowie
- Forststrategie: Emissionen bis 2030 um 55 % senken, 3 Mrd. neue Bäume bis 2030 pflanzen. [66]

Seit 2020 gehören in Deutschland zur Umsetzung des grünen Deals beispielsweise das novellierte Erneuerbare-Energien-Gesetz, das Investitionsbeschleunigungsgesetz zur Realisierung von Onshore-Windparks oder das Gesetz zur Entwicklung und Förderung der Windenergie auf See. [67] Ein Teil des europäischen Grünen Deals fokussiert die Textil- und Bekleidungsindustrie und wird durch die EU-Strategie für nachhaltige Textilien umgesetzt.

### 4.2.3. EU-Strategie für nachhaltige Textilien

Der Textilverbrauch ist die viertgrößte Ursache von Umweltbelastungen und Klimawandel, nach Lebensmittelerzeugung, Wohnen und Mobilität, in Europa. Darüber hinaus ist der Textilverbrauch einer der drei größten Belastungen für Wasser- sowie Landressourcen und zählt zu den fünf größten Belastungen der Rohstoffnutzung und Treibhausgasemissionen. [68]

Die EU hat eine Strategie für nachhaltige und kreislauffähige Textilien erarbeitet, die am 30.03.2022 durch die Europäische Kommission angenommen wurde. Mit dieser branchenspezifischen Strategie soll die »EU-Strategie für nachhaltige und kreislauffähige Textilien« einen Beitrag zur Umsetzung des Europäischen Grünen Deals liefern und umfasst Aspekte der gesamten Wertschöpfungskette von Design bis hin zum Recycling von

Textilien. Aufbauend auf den Erkenntnissen des Aktionsplans für die Kreislaufwirtschaft und der Aktualisierung der Industriestrategie für Europa, sollen Textilerzeugnisse auf dem EU-Markt bis 2030 langlebig und recyclingfähig sein, aus Recyclingfasern bestehen, keine gefährlichen Stoffe beinhalten und gleichzeitig die sozialen Aspekte des Umweltschutzes berücksichtigen. [69]

Um diese Ziele zu erreichen, hat die Europäische Kommission verschiedene Maßnahmenpakete definiert.

Es wurden Maßnahmen

- im Rahmen der Ökodesign-Verordnung für nachhaltige Produkte
- für eine nachhaltige Herstellung und einen nachhaltigen Verbrauch
- zur Bewältigung der Abfallproblematik

sowie Maßnahmen zur Bewältigung des Übergangs festgelegt, die aus jeweils mehreren Teilmaßnahmen bestehen. [70]

Für 2023 sieht die EU-Textil-Strategie eine Überarbeitung der Abfallrahmenrichtlinie vor als auch harmonisierte EU-Vorschriften zur erweiterten Herstellerverantwortung für Textilien mit einer Öko-Modulation der Gebühren. [7] Hierdurch soll dem Trend von schnelllebiger Mode/Fast Fashion entgegengewirkt



Abbildung 4: Kriterien des grünen Knopfes [eigene Darstellung in Anlehnung an 65]

werden. Zudem wird die Förderung eines möglichst langen Produktlebenszyklus durch Kenntnisse über die Produktsammensetzung und Fasermischungen angestrebt, die auch weiterführende Recyclingprozesse erleichtern soll.

#### 4.2.4. Lieferkettensorgfaltspflichtengesetz (LkSG)

Am 11. Juni 2021 hat der Bundestag in Deutschland den Gesetzesentwurf der Bundesregierung über die unternehmerischen Sorgfaltspflichten in Lieferketten beschlossen. [71] Mit der Billigung des Gesetzes durch den Bundesrat am 25. Juni 2021 sind seit 2023 bzw. 2024 Unternehmen mit mehr als 1.000 Beschäftigten verpflichtet, zusätzliche Sorgfaltspflichten für ihre (globalen) Lieferketten zu übernehmen. [72] Sie sollen Verantwortung für die Achtung von Menschenrechten und Umweltstandards tragen. Auch auf europäischer Ebene wird aktuell an einem Legislativvorschlag zu Sorgfaltspflichten zum Schutz von Menschenrechten und der Umwelt in der Lieferkette gearbeitet. [72] Laut EU-Kommission sollen Unternehmen aus der Textil- und Lederindustrie bereits ab 250 Beschäftigten einer Sorgfaltspflicht für Umweltwirkungen und Menschenrechte in der gesamten Wertschöpfungskette, einschließlich der Entsorgung, nachkommen. Insbesondere in der Textil- und Bekleidungsindustrie haben Ereignisse, wie zum Beispiel der Einsturz der Textilfabrik Rana Plaza in Bangladesch am 24. April 2013 oder der Brand der pakistanischen Textilfabrik Ali Enterprise am 11. September 2012 in Karatschi verdeutlicht, dass grundlegende Menschenrechtsstandards und Arbeitssicherheit in globalen Produktionsländern bislang nicht immer eingehalten werden. Die Berücksichtigung von Menschenrechten soll nun durch das neue Lieferkettengesetz geregelt werden: »Die Pflichten sollen durch die Unternehmen in ihrem eigenen Geschäftsbereich sowie gegenüber ihren unmittelbaren Zulieferern umgesetzt werden. Mittelbare Zulieferer sollen ebenfalls einbezogen werden, sobald das Unternehmen von Menschenrechtsverletzungen auf dieser Ebene »substantiierte Kenntnis« erhält.« [73] Auch wenn ein Unternehmen aufgrund einer geringen Mitarbeitendenzahl nicht direkt verpflichtet ist, die eigene Lieferkette zu durchleuchten, kann das Lieferkettensorgfaltspflichtengesetz dennoch von Relevanz sein. Wenn das Unternehmen als mittelbarer Zulieferer in einer fremden Lieferkette agiert, müssen die geforderten Standards umgesetzt werden. »In der Praxis werden dies die Auftraggeber [...] zukünftig auch mithilfe von entsprechenden Vertragsklauseln absichern. Zu rechnen ist vermehrt mit sogenannten Weitergabeklauseln, das heißt die vertragliche Weitergabe der Einhaltung menschenrechtlicher und umweltrechtlicher Schutzstandards nach dem Gesetz.« [74]

Aufgrund der Komplexität globaler Lieferketten durch viele logistische Abläufe, wie z.B. Transporte zwischen Zulieferern, Herstellern, Händlern und Kunden, besteht ein neuer und akuter Bedarf, die Wertschöpfungskette zu kontrollieren und den Anforderungen des LkSG gerecht zu werden.

#### 4.2.5. Reshoring und Nearshoring

Als Reshoring wird die Rückverlagerung von Produktionsstätten in das Land der Muttergesellschaft verstanden. Mit dem Begriff Nearshoring wird die Rückverlegung der Produktion in geographische Nähe des Mutterunternehmens bezeichnet. [75]

Unternehmen haben in den letzten Jahrzehnten die Produktionsstätten zunehmend ins Ausland verlagert. In der Textilindustrie erfolgte die Verlagerung schwerpunktmäßig nach Asien. Gründe hierfür waren unter anderem die deutlich geringeren Produktions- und Arbeitskosten, mit dem Offshoring verbundene Vorteile für das Unternehmen im Produktionsland sowie der Zugang zu Rohstoffen. [75, 76]

Reshoring oder Nearshoring sind keine neuen Phänomene, die aber durch zunehmende negative Auswirkungen auf globale Liefernetzwerke verstärkt in den Fokus von international agierenden Unternehmen rücken. Die Sicherung der Liefernetzwerke, die Erhöhung der Reaktionsfähigkeit sowie die Diversifizierung der Beschaffungsstrategie sind Treiber für die Überlegungen der Textil- und Bekleidungsunternehmen. Eine 2021 durchgeführte Umfrage unter Einkäufern der Textilbranche (Chief Purchasing Officer) hat herausgefunden, dass 24 % die Bedeutung von Reshoring in der Beschaffungsstrategie erhöhen werden und dass 71 % planen den Nearshoring-Anteil zu erhöhen. Im Fokus stehen dabei für europäische Unternehmen die Türkei und für die USA Länder in Zentralamerika. Zukünftige Herausforderungen für Reshoring und Nearshoring sind fehlende Produktionskapazitäten, ausgebildete Arbeitskräfte sowie die Verfügbarkeit von Rohstoffen. [48, 77, 78]

#### 4.2.6. Fast Fashion

Eine offizielle Definition des Begriffs Fast Fashion, zu Deutsch schnelle Mode, existiert nicht. Die Umweltmission erklärt den Begriff aus kritischer Perspektive wie folgt: »Fast Fashion ist eine Design-, Herstellungs- und Marketingmethode, die sich auf die schnelle Produktion großer Mengen von Kleidung konzentriert. Die Produzenten nutzen die Nachahmung von frischen Trends sowie minderwertige Materialien, um preiswerte Styles den meist jungen und manipulierbaren Kunden anzubieten.« [4]

Zwischen 2002 bis 2015 wurde der Absatz von Bekleidungswaren weltweit fast verdoppelt während die globale Nutzungsdauer um 36 % sank. [79] Der wachsende Konsum wird unter anderem durch das steigende Angebot an Fast Fashion begründet. Der Trend schnelllebiger Mode ist oftmals verbunden mit günstigen Preisen, minderen Qualitäten, kürzeren Nutzungsphasen und hohen Produktionsmengen. Die Profite der Unternehmen steigen aber, parallel dazu werden die ökologische und die soziale Säule der Nachhaltigkeit vernachlässigt. So führen die enormen Produktionsmengen und die Kurzlebigkeit

der Textilien neben negativen Umweltwirkungen, wie dem Verbrauch hoher Wassermengen, dem Einsatz schädlicher Chemikalien sowie dem Verursachen hoher CO<sub>2</sub>-Emissionen entlang der textilen Wertschöpfungskette, zum Ausschöpfen essenzieller Ressourcen, die im Interesse nachfolgender Generationen sichergestellt werden müssen. Fast Fashion erschwert sowohl die Wiederverwendung, als auch das Recycling nach der Nutzung durch den Erstnutzer, was die negativen Auswirkungen weiter verstärkt. In Deutschland kaufen die Bürger pro Jahr zwischen zwölf und fünfzehn Kilogramm Bekleidung, was deutlich mehr ist als der globale Durchschnitt von acht Kilogramm. Bis 2030 ist eine gesteigerte Nachfrage nach Textilien um weitere 60 % prognostiziert. [4] Seit kurzer Zeit existiert der Trend von Ultra-Fast-Fashion, welcher sich durch überproportional beschleunigte Modezyklen auszeichnet. So werden insbesondere über den Onlinehandel wöchentlich neue Kollektionen vorgestellt und angeboten, um den Konsum von Bekleidung anzuregen. Vor allem Teenager, Jugendliche und junge Erwachsene zwischen 14 und 18 Jahren lassen sich vom Trend Fast Fashion mitreißen und konsumieren aufgrund niedriger Einkommen Bekleidung aus minderer Qualität, die für kurze Phasen im Trend liegt. [4]

Fast Fashion stellt die Rückführlogistik von Textilien vor große Herausforderungen. Aufgrund der Novellierung des Kreislaufwirtschaftsgesetzes (KrWG) und der damit einhergehenden Verpflichtung zur Getrenntsammlung von Alttextilien in Europa wird von Textilverbänden eine steigende Sammelmenge prognostiziert. »Die Auswirkungen des stetig wachsenden Fast Fashion-Konsums machen ein wirtschaftlich tragfähiges Geschäft für alle Beteiligten der Textilrecyclingkette in den letzten Jahren verstärkt zum Drahtseilakt. Seit Beginn des Corona-Lockdowns im letzten Jahr haben noch einmal gestiegene Mengen an abgegebenen Altkleidern und vor allem auch an Abfallanteilen landesweit zu katastrophalen Zuständen an den Altkleidersammelstellen geführt.« [80] Im Sinne der textilen Kreislaufführung und einer erfolgreichen Umsetzung des hochwertigen Textilrecyclings bedarf es dem Entgegenwirken schnelllebiger Mode sowie einer geschlossenen textilen Lieferkette, die nach der Nutzungsdauer von Bekleidung in den erneuten Produktionszyklus mündet, sprich einer Circular Economy.

#### 4.2.7. Zirkuläres Wirtschaften und Alttextilien

Das Modell der zirkulären Wirtschaft ist gegenteilig zu dem der Linearwirtschaft. Als linear werden die einmalige Nutzung von hochwertigen Materialien und die anschließende Zuführung in überwiegend thermische Abfallströme bezeichnet. Innerhalb der globalen und industrieübergreifenden Supply Chains ist die Linearwirtschaft dominierend. Die Circular Economy zielt hingegen darauf ab, Produkte in einem geschlossenen Kreislauf zu führen. In der vorliegenden Studie wird das Konzept kreislauffähiger Prozessketten für den Anwendungsfall Textilien aufgezeigt; man

spricht in diesem Fall auch von der textilen Abfallkette. Textilien zählen zu verarbeiteten- und/oder synthetischen Stoffen. Sobald sie in Sammelsystemen entsorgt werden, sind sie als organischer Abfall zu kategorisieren. Innerhalb der Abfallwirtschaft werden die Abfallvermeidung, die Abfallverwertung und die Abfallbeseitigung als Zielvorgabe beschrieben. Präzisiert wird dies durch die im KrWG statuierte fünfstufige Abfallhierarchie von

- Vermeidung,
- Vorbereitung zur Wiederverwendung,
- Recycling,
- sonstiger Verwertung und
- Beseitigung. [81]

Der wiederholte Einsatz von textilen Materialien kann in verschiedene Arten differenziert werden. Die Weiter- und Wiederverwendung setzen voraus, dass es keine stoffliche Veränderung gibt. Diese Ansätze setzen demnach nach der Sortierung der Alttextilien an. Beispiele für die sekundären Verwendungsarten (Weiterverwendung) sind die Nutzung von Bekleidungsartikeln als Putzlappen. Auch das Upcycling zu anderweitigen textilen Produkten kann als Weiter- und Wiederverwendung bezeichnet werden. Die bekannteste primäre Verwendung (Wiederverwendung) ist die Weitergabe von Textilien auf dem Secondhand Markt. Gemäß der Abfallhierarchie sind die genannten Beispiele der Weiter- und Wiederverwendung dem stofflichen Recycling vorzuziehen. Textilien, die weder für eine sekundäre Verwendung noch einen Weiterverkauf der primären Art geeignet sind, werden in der Regel nach der Sortierung direkt dem thermischen Recycling zugeführt. Dies geschieht oft zusammen mit den in der Sammlung enthaltenen Abfällen und Störstoffen der Deponierung. [82, 83]

Die Basis der Verwertung von Alttextilien ist die stoffliche Veränderung. Sie lässt sich in zwei Kategorien unterteilen, die beide an der Stufe des Recyclings ansetzen. Das Recycling in einem offenen Kreislauf beschreibt dabei die sekundäre Verwertung als Materialrecycling, zum Beispiel für die Produktion von Vlies, Dämm- und Materialstoffen. [81] Diese Form der Verwertung kann zu weniger hochwertigen Produkten führen, weshalb derartige Produktionen auch als Downcycling bezeichnet werden. Mehrheitlich werden Produkte des Downcyclings dann in anderen Industriezweigen und für anderweitige Produkte als Bekleidung genutzt. [84] Hierbei gehen die enthaltenen Rohstoffe insofern verloren, als dass diese nicht in den Kreislauf in Form von neu produzierten Bekleidungsartikeln integriert werden können. Prozesse innerhalb eines geschlossenen Kreislaufs verfolgen indessen den erneuten Einsatz der Rohstoffe und Materialien für dieselbe Produktart. Das Faser-zu-Faser Rohstoffrecycling beschreibt daher die primäre Verwertung von Alttextilien und ermöglicht eine Integration von bereits genutzten Rohstoffen in die Neuproduktion von Textilien, was eine verbesserte zirkuläre Textilwirtschaft darstellt. [82, 85]

## 5. Stand der Digitalisierung in der Textillogistik

---

Die zuvor beschriebenen Trends und Entwicklungen in der Textil- und Bekleidungsindustrie weisen eindeutig auf ein sich wandelndes Branchenumfeld hin. Neue Anforderungen, beispielsweise auf politisch-rechtlicher Ebene, machen eine Anpassung der Geschäftsprozesse notwendig und fordern innovative Lösungsansätze. Um die Potenziale der Blockchain-Technologie im Anwendungsfall Textillogistik ermitteln zu können (vgl. Kapitel 6), wird im Folgenden zunächst exemplarisch auf den aktuellen Stand der Digitalisierung in der Textil- und Bekleidungsindustrie eingegangen. Hierzu werden drei Praxisbeispiele vorgestellt, bei denen digitale Technologien, wie die Blockchain aber auch RFID-Tags, in der Textillogistik bereits erfolgreich genutzt werden (vgl. Kapitel 5.1). Anschließend daran werden Einflussfaktoren mit potenzieller Relevanz für den weiteren Einsatz der Blockchain-Technologie in der Textillogistik ermittelt und anhand einer Umfeldanalyse bewertet (vgl. Kapitel 5.2).

In Deutschland besteht hinsichtlich der Digitalisierung von Geschäftsprozessen im Allgemeinen ein Unterschied je nach Unternehmensgröße. Kleine und mittelständische Unternehmen (KMU) haben ihre Prozesse bislang nicht ganzheitlich digitalisiert, da sie durch hohe Investitionskosten abgeschreckt werden, wobei mit wachsendem Rückstand das Investitionsdelta über Zeit zunimmt. Für große Konzerne sind die finanziellen Ressourcen in der Regel leichter zu stemmen. Das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz vermeldet 2023 die Kernergebnisse des Digitalisierungsindex 2022 wie folgt: »Die Wirtschaft in Deutschland ist im Jahr 2022 im Vergleich zum Jahr 2021 nur geringfügig digitaler geworden: Der Digitalisierungsindex steigt von 107,9 auf 108,9 Punkte.« [86] Der Index zum Stand der Digitalisierung der deutschen Wirtschaft wird durch 37 Indikatoren abgebildet, welche zum Beispiel den digitalen Reifegrad von Prozessen oder die digitale Vernetzung messen. [86] Das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz führt als Gründe Unsicherheiten während der SARS-CoV-2 Pandemie, politische Krisen, einen hohen Kostendruck durch die Inflation und die Energiekrise

auf. [86] Durch Initiativen, wie zum Beispiel das Mittelstand 4.0 Kompetenzzentrum Textil vernetzt, sollen kleine und mittlere Unternehmen der Textilindustrie, des Textilmaschinenbaus und angrenzender Branchen beim Ausbau ihrer digitalen Fitness und der Implementierung Künstlicher Intelligenz basierter Anwendungen unterstützt werden. [87] Zum Angebot gehören Schulungen, die Förderungen von Wirtschaftskooperationen durch Veranstaltungen oder Besuche von Experten bei den Unternehmen vor Ort.

Im Kontext der Textillogistik lassen sich digitale Technologien beispielsweise für eine gesteigerte Supply Chain Visibility durch Track und Tracing Tools einsetzen oder auch im Bereich des Risikomanagements und zur einhergehenden Einstellung von Warnsignalen entlang der globalen Lieferketten nutzen. Anhand der Unternehmen Gerry Weber, KiK Textilien und Non-Food GmbH und Retraced werden nun weitere Implementierungsmöglichkeiten exemplarisch aufgezeigt.

### 5.1. Ausgewählte Praxisbeispiele: Bestehender Einsatz von digitalen Technologien in der Textillogistik

Seit 2010 setzt der Bekleidungshersteller Gerry Weber RFID-Tags zu Zwecken der Nachverfolgbarkeit ein. Die in die Kleidungsstücke eingenähten RFID-Chips enthalten jeweils eine einzigartige Identifikationsnummer, welche über ein entsprechendes Lesegerät gescannt werden kann. Durch das Speichern des individuellen Nummerncodes in einer Datenbank »erhält jeder Gegenstand mit RFID-Transponder eine

unverwechselbare Identität.« [88] Logistische Prozesse wie der Warentransport, die Warensicherung als auch Herstellerangaben zur Pflege werden als elektronischer Produkt Code gesichert. Kritisch betrachtet wird in diesem Anwendungsfall die Option, ein Bewegungsprofil des Käufers erstellen zu können, ohne dass dieser sich dessen bewusst ist. [88] Zu den Vorteilen des Einsatzes von RFID-Tags gehören hingegen eine beschleunigte und präzise Warenvereinnahmung, die Durchführung von Zwischeninventuren sowie die Kontrolle des Warenausgangs in den Logistikstandorten. [89]

Ein konkretes Anwendungsbeispiel der Blockchain in der Textil- und Bekleidungsindustrie findet sich in der Kooperation zwischen der KiK Textilien und Non-Food GmbH und evan.network. »Auf Basis Digitaler Zwillinge können Lieferdaten, Produktinformationen und Zertifikate in komplexen Lieferketten digital und transparent ausgetauscht werden.« [90] Die verschiedenen Partner des Lieferkettennetzwerkes können durch den Einsatz der Blockchain-Technologie sensible Daten über soziale oder ökologische Standards austauschen, ohne zusätzliche Plattform Anbieter zu integrieren. Dies verbessere die Effizienz und Transparenz der Audits der teilnehmenden Netzwerkbetriebe und schaffe einen unternehmensübergreifenden Zertifizierungs- und Verifizierungs-Services für Textil-Lieferketten. [90]

Das Unternehmen Retraced bietet eine digitale Lösung zur Rückverfolgbarkeit von Lieferketten und einer erhöhten Datentransparenz. Es fokussiert als Zielgruppe Mode- und Textilunternehmen. Die Plattform versteht sich als Nachhaltigkeits-Management-Tool, in dem Daten von der Produktion bis hin zum Vertrieb von Bekleidung gespeichert werden und den verschiedenen Partnern des Supply Chain Netzwerkes (auch Verbrauchern) je nach Berechtigung zur Verfügung gestellt werden. [91] Dazu können Zertifikate, eingesetzte Materialien, Informationen über Arbeitsbedingungen in den Produktionsstätten oder auch Informationen über die Umwelteinflüsse des Produktes gespeichert werden. Laut Retraced werden die hinterlegten Dokumente verifiziert, sodass die Authentizität der Angaben gesichert ist. Die Software Lösung nutzt Komponenten von Artificial Intelligence und ist Blockchain-basiert. Textilunternehmen sollen durch die Nutzung von Retraced darin unterstützt werden, Risikoanalysen durchzuführen, das Daten Management gemäß internationaler Standards zu sichern, die Nachverfolgbarkeit von Produkten zu verbessern und ihre Nachhaltigkeitsziele zu erreichen. [91]

## 5.2. Einflussfaktoren mit zukünftiger Relevanz für den weiteren Einsatz der Blockchain-Technologie

Nachfolgend wird eine Kurzanalyse des externen Branchenumfelds für die Textil- und Bekleidungsindustrie durchgeführt, mit Schwerpunkt auf der Einordnung der Trends und Entwicklungen, die in Kapitel 4.2 und Kapitel 5.1 vorgestellt wurden. Ziel ist es, Veränderungen zu identifizieren, die potenziell Relevanz für den Einsatz der Blockchain-Technologie haben oder die Durchdringung im Markt beeinflussen können (vgl. Kapitel 6). Die beschriebenen Erkenntnisse wurden im Rahmen von leitfadengestützten Expertengesprächen, Recherchen sowie Projekterfahrungen aus dem Center Textillogistik, einem Zusammenschluss der Hochschule Niederrhein und des Fraunhofer-Instituts für Materialfluss und Logistik, gesammelt und gebündelt.

Die Umfeldanalyse umfasst die ökonomische, technologische, gesellschaftliche, politisch rechtliche und ökologische Einflussfaktoren (vgl. Abbildung 5).

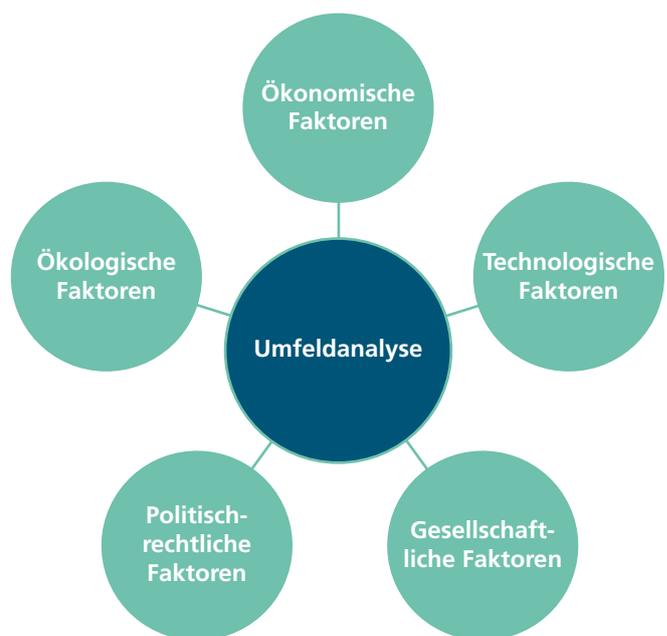


Abbildung 5: Umfeldanalyse [eigene Darstellung]

## Ökonomische Einflussfaktoren

Zu den ökonomischen Einflussfaktoren der Textil- und Bekleidungsindustrie gehört beispielsweise das veränderte Kaufverhalten von Konsumenten. Durch die Inflation ist die Nachfrage nach günstigerer Kleidung gewachsen. Der Trend von (Ultra-) Fast Fashion (vgl. Kapitel 4.2.6) aber auch die gegenteilige Entwicklung in Richtung einer gesteigerten Relevanz von nachhaltigen und zertifizierten Bekleidungsprodukten tragen zu einer komplexen Marktstruktur bei. Verschiedene Kundengruppen mit variierenden Ansprüchen aber auch die Diskrepanz zwischen dem kommunizierten und dem tatsächlichen Konsumverhalten beeinflussen die Branche. Zudem ist im Rahmen der ökonomischen Betrachtung die Verschiebung der Kanäle in der Bekleidungsindustrie zu berücksichtigen. Im B2C-Segment hat sich eine starke Bewegung vom stationären Einzelhandel hin zum e-Commerce herauskristallisiert. Insbesondere die SARS-CoV-2 Pandemie und viele geschlossene Einzelhandelsfilialen während des Lockdowns haben zu dieser Entwicklung beigetragen. Laut Experten der Branche ist der Wettbewerb von starken, teils saisonal bedingten, Rabatten im B2C-Vertrieb geprägt. Die Bestandsführung muss entsprechend angepasst und optimiert werden. Das Sortiment für die limitierten Verkaufsflächen im stationären Handel muss saisonal und in der richtigen Menge zusammen gestellt werden, damit die Lagerkosten möglichst gering gehalten werden können und die Profite optimiert werden.

Die politisch-rechtlichen Entwicklungen tragen dazu bei, dass Unternehmen vermehrt in die Dokumentation und in Nachweise ihrer Lieferketten investieren müssen, während sie gleichzeitig volatilen Märkten und unvorhersehbaren geopolitischen Ereignissen ausgesetzt sind, die sich auf ihren Umsatz und ihr Wachstum auswirken. Die Umsetzung von politisch-rechtlichen Anforderungen erfordert nicht nur finanzielle Ressourcen, sondern auch Kapazitäten der Mitarbeitenden mit entsprechendem Knowhow, was die Unternehmen vor Herausforderungen stellt. Hier existieren make vs. buy Entscheidungen, die oft im Einkauf von externer Expertise, die nicht im Unternehmen vorhanden ist, münden. Auch technologische Einflussfaktoren wirken sich auf die wirtschaftliche Situation der Branche aus. Insgesamt wird die Digitalisierung in der Textil- und Bekleidungsbranche in Deutschland nur langsam und bis dato wenig erfolgreich in die Praxis umgesetzt, insbesondere in mittelständischen Unternehmen. Daten müssen zunächst aufgebaut und die Datenqualität verbessert werden. Auch hier sind Investitionen sowie der Aufbau von Expertise notwendig.

### Blick aus der Praxis

Laut Branchenexperten sind ursprünglich typische Outsourcing Märkte für die Produktion von Bekleidung, wie z.B. China, aufgrund steigender Löhne, der Inflation, Lieferkettenproblematiken und der SARS-CoV-2 Pandemie nicht mehr so attraktiv. Unternehmen mit Sitz in Europa tendieren dazu, die Produktionsstätten innerhalb Asiens nach Indien oder Vietnam zu verlagern.

Auch der Trend des Near- bzw. Reshoring (vgl. Kapitel 4.2.5) wird vermehrt in Erwägung gezogen, jedoch noch nicht mehrheitlich in die Praxis umgesetzt. Diese Veränderungen in den globalisierten Lieferketten lassen auf Potenzial für neue Strategien und Tools zur Optimierung der Warenströme aus ökonomischer Perspektive schließen.

## Technologische Einflussfaktoren

Als technologische Rahmenbedingungen werden nachfolgend hauptsächlich Digitalisierungsaspekte benannt, da die Ausrichtung und der Fokus der Studie hierauf liegen.

Die Expertengespräche haben verdeutlicht, dass es einen großen Unterschied zwischen dem Stand der Digitalisierung von Konzernen bzw. größeren Unternehmen und dem Mittelstand gibt. Hierbei wird die Gefahr gesehen, dass insbesondere bei kleineren und mittleren Unternehmen zunehmend die Digitalisierungslücke größer wird und diese zukünftig nur mit hohen Investitionen überbrückt werden kann, was die ökonomischen Fähigkeiten von KMU übersteigen könnte. Eine aktuelle Umfrage des Bundesverbandes Materialwirtschaft, Einkauf und Logistik e.V. von Dezember 2022 hat herausgefunden, dass nur 7 % der befragten Unternehmen die Blockchain-Technologie im Regelbetrieb einsetzen und weitere 5 % diese testen. Dem gegenüber stehen 64 %, die derzeit weder den Test noch den Einsatz planen. Damit liegt die Blockchain-Technologie auf Platz 11 von insgesamt 14 abgefragten Digitalisierungstechnologien. Bei der Bekanntheit der Blockchain-Technologie hat die Umfrage zu ähnlichen Ergebnissen geführt. 46 % der befragten Unternehmen haben angegeben die Blockchain-Technologie gut zu kennen, 43 % gaben an diese vom Namen her zu kennen und 11 % kannte die Blockchain nicht. Damit ist die Blockchain-Technologie auf Platz 10 von 14 abgefragten Digitalisierungstechnologien hinsichtlich der Bekanntheit. [92] Hieraus ist erkennbar, dass für Unternehmen aktuell andere Schwerpunkte bei der Digitalisierung höhere Prioritäten haben bzw. zunächst die technische und organisatorische Basis für eine später darauf aufsetzende Nutzung der Blockchain-Technologie geschaffen werden muss.

Unternehmen haben in den letzten Jahren Investitionen in Tracking und Tracing bzw. Supply Chain Visibility getätigt.

Dies dient zum einen einer verbesserten Planung, Steuerung und Kontrolle der eigenen Supply Chain, aber zum anderen auch den gesteigerten Anforderungen der Kunden an die Sichtbarkeit. Eine hohe Visibilität ist für die stark international geprägten und global ausgerichteten Wertschöpfungsketten von besonderer Bedeutung. Darüber hinaus wurden aufgrund gestiegener Corporate Social Responsibility-Anforderungen (CSR) spezielle Risikomanagement-Software beschafft, implementiert und Mitarbeitende geschult, um den zunehmenden Anforderungen und Selbstanspruch von Unternehmen bezüglich Nachhaltigkeit abzudecken und gegenüber der Öffentlichkeit kommunizieren zu können.

### Gesellschaftliche Einflussfaktoren

Die gesellschaftlichen Rahmenbedingungen der Textilwirtschaft sind im Spannungsfeld zwischen verschiedenen Kundensegmenten, wie dem (Ultra-) Fast Fashion Segment, das besonders kurzlebige Trends und kostengünstige Produktion aufweist und dem steigenden Umweltbewusstsein der Gesellschaft, das sich in dem Wunsch nach nachhaltiger Produktion und der strengen Einhaltung von CSR-Standards widerspiegelt. Nachhaltigkeit und faire Produktions- und Lieferketten sind ein Differenzierungsmerkmal und werden sich zukünftig als Standard etablieren. Aktuell existiert eine Vielzahl von unterschiedlichen Gütesiegel (»Gütesiegelinflation«) und mit dieser für die potenzielle Kundschaft unübersichtlichen Vielfalt, eine Unsicherheit bezüglich der tatsächlichen Aussagekraft und Wirksamkeit der einzelnen Gütesiegel (vgl. Kapitel 4.2.1). In Kombination mit der Gefahr des »Greenwashing« können sich zukünftig Akzeptanzprobleme für Gütesiegel in der Textil- und Bekleidungsindustrie ergeben. Hieran ist erkennbar, dass die gesellschaftlichen Rahmenbedingungen von ökonomischen und ökologischen Entwicklungen und Einstellungen getrieben sind.

### Politisch-rechtlich Einflussfaktoren

Insbesondere die politisch-rechtlichen Rahmenbedingungen sind umfassend und können im Rahmen der Studie nur in Ausschnitten, im Sinne von identifizierten Haupttrends, betrachtet werden.

Die rechtlichen Rahmenbedingungen sind geprägt von gesetzgeberischen Anpassungen für die gesellschaftliche Verantwortung von Unternehmen. Insbesondere Themen der Corporate Social Responsibility wurden im Rahmen der durchgeführten Interviews sowie Recherchen herausgearbeitet. Die rechtlichen Rahmenbedingungen für die Textil- und Bekleidungsindustrie haben sich durch Diskussionen, gesetzgeberischen Verfahren und Inkrafttreten des Lieferkettensorgfaltspflichtengesetzes auf europäischer und bundesdeutscher Ebene verändert. Das bedeutet, dass das LkSG auch Auswirkungen auf die Textil- und Bekleidungsindustrie hat, da diese aufgrund der sehr stark internationalisierten und arbeitsteiligen Wertschöpfungsketten davon betroffen ist (vgl. Kapitel 4.1).

Vor allem, da durch die Globalisierung in den letzten Jahrzehnten die Produktionsstandorte nach Asien verlagert wurden und die Menschenrechtsstandards nicht immer eingehalten wurden (vgl. Kapitel 4.2). Eines der Kernelemente des LkSG ist die Einrichtung eines Risikomanagements, so dass alle beteiligten Unternehmen entlang der gesamte Wertschöpfungskette überprüft sowie erweiterte Verpflichtungserklärungen (»Supply Code of Conduct«) extern und intern in Lieferantenverträge aufgenommen bzw. ergänzt werden müssen.

### Blick aus der Praxis

Der Blick aus der Praxis zeigt, dass der zukünftige Einfluss von politisch-rechtlichen Veränderungen, wie dem LkSG, sehr unterschiedlich bewertet werden.

Ein Verbandsvertreter für Unternehmen der Textil- und Bekleidungsindustrie in Deutschland stuft die Auswirkungen des LkSG auf die globalen Supply Chains in der Bekleidungsindustrie als verheerend ein. Die Umsetzung von Menschenrechten sei keine Unternehmensaufgabe, sondern eine der Politik. Textil- und Bekleidungsunternehmen hätten keine demokratische Legitimation, in einem Land politische Verantwortungen zu übernehmen, Staaten hingegen verfügten über andere Hebel. Die Umsetzung der Anforderungen des LkSG sei nicht leistbar und könne dazu führen, dass insbesondere KMU zukünftig aus dem Markt ausscheiden oder ihre Produktion komplett woanders hin verlagern werden, was neue Probleme mit sich ziehen kann.

Ein Experte für Betriebswirtschaftslehre, globales Sourcing und Digitalisierung in der Beschaffung ist hingegen der Ansicht, dass die Forderungen des LkSG nicht wirklich neu seien und bereits durch andere Gesetze abgedeckt würden. Zum Beispiel müssen Unternehmen in jedem Fall ihr Risikomanagement durchführen und die Geschäftsführerhaftung existiert auch schon seit sehr vielen Jahren. Die Erweiterung im Bereich soziale Gerechtigkeit würde ebenso schon von vielen Unternehmen umgesetzt, zum Beispiel in Form eines Code of Conduct. Außerdem sei das LkSG eine reine Bemühenspflicht, das heißt, die Unternehmen haben keine Erfolgshaftung, die auch nicht zu leisten wäre.

Neben den beschriebenen rechtlichen existieren politische Trends, die Einfluss auf das Makroumfeld haben. Der Re- bzw. Nearshoring Trend (vgl. Kapitel 4.2) hat neben ökologischen, ökonomischen und gesellschaftlichen Aspekten auch eine politische Komponente. Zum einen haben die Auswirkungen der SARS-CoV-2 Pandemie Lieferkettenproblematiken und den Wert einer absatzmarktnahen Produktion aufgezeigt und zum anderen existieren zunehmend geopolitische Spannungen und

Konflikte mit den Produktionsländern. Darüber hinaus wird sich das gesellschaftliche Bewusstsein der Umwelt- und Klimafreundlichkeit auch in politische Entscheidungen, Gesetze (vgl. LkSG) und Verordnungen für Unternehmen widerspiegeln und weltweit, d.h. auch in Drittstaaten, an Bedeutung gewinnen.

Textilien sind langfristig EU-weit im Fokus. Die Europäische Kommission hat 2022 eigens eine »EU-Strategie für nachhaltige und kreislauffähige Textilien« angenommen (vgl. Kapitel 4.2), die unterschiedliche Maßnahmenpakete beinhaltet und Teil des Europäischen Grünen Deals sind.

### Ökologische Einflussfaktoren

Das ökologische Umfeld der Textil- und Bekleidungsindustrie ist aktuell stark geprägt durch das Streben nach Ressourcenschonung und einem nachhaltigen Umgang mit (endlichen) Ressourcen. Dazu tragen der Klimawandel und geopolitische Entwicklungen bei. Bei der globalen Produktion von Bekleidung ist die Vielzahl von Arbeitsschritten nicht nur durch einen hohen Anteil manueller Fertigungsschritte geprägt, auch der Verbrauch an Rohstoffen ist auffällig hoch. Beispielsweise werden für die Herstellung eines Baumwoll-T-Shirts durchschnittlich insgesamt 2.495 Liter Wasser verbraucht. Diese Ökobilanz umfasst die Bewässerung der Baumwollfelder, die Reinigung der rohen Baumwolle sowie anschließende Schritte der Weiterverarbeitung zu einem Stoff inklusive Veredelungsverfahren. [93] Die erweiterte ökologische Bilanz, welche Hauswäschen umfasst, ist hier noch nicht mit einbezogen.

Auch das steigende Bewusstsein für Nachhaltigkeit in der Bekleidungsindustrie nicht nur bei Unternehmen, sondern auch bei Verbrauchern beeinflusst die Branche. Diverse Kundenumfragen zeigen eine erhöhte Bereitschaft auf, mehr Geld für nachhaltig und fair produzierte Waren zu bezahlen, die durch textile Gütesiegel leichter erkennbar gemacht werden sollen (vgl. Kapitel 4.2.) Das tatsächliche Konsumverhalten spiegelt jedoch oftmals einen anderen Eindruck wider. Hier existiert eine Diskrepanz, denn (Ultra-) Fast Fashion Player, die mit günstigen Preisen ihre Kundschaft anlocken, übernehmen mit steigenden Umsätzen Marktanteile und gewinnen an Beliebtheit.

Herausfordernd in der Textil- und Bekleidungsindustrie ist, dass einige Hersteller und Marken den »Dschungel an Gütesiegeln« zum Zweck des Greenwashing einsetzen und sich nachhaltiger präsentieren als sie es in der Realität sind. Hier liegen Chancen im Einsatz der Blockchain-Technologie, dass authentische und validierbare Nachweise der Nachhaltigkeit entlang der textilen Wertschöpfungskette im Produkt integriert werden. Dies setzt das ernsthafte Interesse und die tatsächliche Bereitschaft der Endkunden voraus, für solche Nachweise zu bezahlen. Auch Hersteller und Marken können sich entsprechend im Markt positionieren und in unfälschbare und klar nachvollziehbare Dokumentationen ihrer Nachhaltigkeitsstrategie investieren. Problematisch ist, dass entsprechend der Rückmeldung der Experten der Branche bei vielen Unternehmen konkrete Daten zum Nachhaltigkeitscontrolling fehlen. Das Lieferkettensorgfaltspflichtengesetz sowie die EU-Strategie für nachhaltige Textilien tragen in Teilen dazu bei, dass Informationen über die globale Lieferkette verpflichtend gesammelt werden (vgl. Kapitel 4.2.) Durch die Umsetzung der Anforderungen und eine freiwillig erweiterte Sorgfaltspflicht der Unternehmen, entsteht das Potenzial, zukünftigen Image-Schäden und Vorwürfen des Greenwashing sowie Klagen aufgrund von Nicht-Einhaltung der geforderten Standards entgegen zu wirken bzw. diese vorab zu vermeiden.

### Blick aus der Praxis

Laut der für diese Studie befragten Experten stagniert das mittlere Segment (Main Stream) im Bekleidungsmarkt. Das Premiumsegment (High Fashion und Luxury) bietet hingegen Potenziale für textile Reparatur- und Aufbereitungsarbeiten und eine anschließende Zweitvermarktung, denn bei einer höheren Wertigkeit des Produkts sind Verbraucher eher dazu geneigt, in einen verlängerten Produktlebenszyklus zu investieren.

## 6. Potenziale für die Blockchain-Technologie in der Textillogistik

In diesem Kapitel werden potenzielle Einsatzmöglichkeiten für die Blockchain-Technologie im Anwendungsfall der Textillogistik eruiert. Dazu wird zuerst im Rahmen einer SWOT-Analyse auf die Stärken und Schwächen der Blockchain-Technologie mit Relevanz für die Textillogistik eingegangen. Anschließend werden die Chancen und Risiken der Technologie ermittelt, die in Bezug auf die Einflussfaktoren der Umfeldanalyse (vgl. Kapitel 5.2) berücksichtigt werden müssen. Danach werden mögliche zukünftige Implementierungsvorschläge ausgearbeitet. In Kapitel 7 resultiert schließlich das finale Zukunftsbild der Blockchain-Technologie in der Textillogistik.

<p><b>Strengths</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Manipulationssicherheit und Transparenz</li> <li>■ Data Governance</li> <li>■ Digitalisierung von Geschäftsprozessen</li> <li>■ fälschungssichere, digitale Dokumentation</li> </ul>	<p><b>Weaknesses</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ primäre Daten müssen korrekt erhoben und verifiziert sein</li> <li>■ bestehende Digitalisierungslücken bei KMU</li> <li>■ komplexe Technologie</li> </ul>
<p><b>Opportunities</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Tool zur Umsetzung von Dokumentationspflichten</li> <li>■ authentische Dokumentation von Daten</li> <li>■ Nachvollziehbarkeit des Ursprungs</li> <li>■ Berücksichtigung von verschiedenen Zugriffsrechten Authentifizierung von Markenwaren</li> </ul>	<p><b>Threats</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Stammdatenproblematik</li> <li>■ alternative Methoden der Datenspeicherung und bestehende IT-Systeme</li> <li>■ kapazitiver und finanzieller Aufwand</li> <li>■ Energieverbrauch und -kosten</li> </ul>

Abbildung 6: SWOT-Analyse [eigene Darstellung]

### 6.1. SWOT-Analyse zum Abgleich der Blockchain-Eigenschaften für den Einsatz in der Textillogistik

Unabhängig vom Einsatzgebiet ist die Blockchain-Technologie durch verschiedene Vor und Nachteile charakterisiert, welche bereits im Grundlagenteil ausgeführt wurden (vgl. Kapitel 2.3). Die Frage, inwiefern die Eigenschaften für den Einsatz in der Textillogistik von Bedeutung sind, wird in diesem Kapitel beantwortet. Abbildung 6 fasst die Ergebnisse der SWOT-Analyse zusammen.

#### Strengths

Die Vorteile der Blockchain-Technologie (vgl. auch Kapitel 2.3) sind Faktoren, die auch für die Textil- und Bekleidungsbranche Relevanz haben. Die Manipulationssicherheit und Transparenz sind entlang der stark internationalisierten und arbeitsteiligen Wertschöpfungsnetzwerke von großer Bedeutung. Durch die Nachverfolgbarkeit von Änderungen, die mittels dezentraler Konsensmechanismen erreicht werden und durch die Speicherreihenfolge der Blöcke abgesichert ist, entsteht eine hohe Transparenz, abgesichert durch entsprechende Zugriffs- und Ansichtsrechte je teilnehmenden Unternehmen (Data Governance), für den vielfältigen Waren- und Informationsfluss der Textil- und Bekleidungsbranche.

Eine fälschungssichere digitale Dokumentation, bspw. von Zertifikaten, ist durch den eindeutigen »Fingerabdruck« jedes Blocks sowie den Bezug zum vorherigen Block (Reihenfolge) gewährleistet. Die durchgeführten Interviews haben ergeben,

dass die Blockchain-Technologie, neben Krypto-Währungen, direkt mit der Eigenschaft Sicherheit assoziiert wird und diesbezüglich ein hohes Ansehen genießt.

Für die Nutzung der Blockchain-Technologie wird ein hoher Digitalisierungsstand benötigt. Ist dieser erreicht, können Vorteile im Rahmen der Digitalisierung und Automatisierung von Geschäftsprozessen genutzt werden. Hierzu zählen bspw. Smart Contracts, bei denen nach eindeutiger Identifizierung von Gütern im Wareneingang und bestandener Qualitätskontrolle der Finanzfluss automatisiert freigegeben wird. Ein weiteres Beispiel sind internationale Frachtpapiere, die abgesichert über die Blockchain-Technologie, in papierloser Form genutzt werden können, was insbesondere in textilen Wertschöpfungsnetzwerken (vgl. Kapitel 4.1) von Bedeutung ist und die Anzahl Medienbrüche reduziert und die internationale Zusammenarbeit zwischen unterschiedlichen Akteuren einer Supply Chain erleichtert.

### Weaknesses

Diesen genannten Stärken stehen jedoch auch Schwächen der Blockchain-Technologie gegenüber (vgl. Kapitel 2.4). Ein Nachteil, den die Blockchain-Technologie jedoch mit allen technologischen Lösungen gemeinsam hat, ist, dass die Daten und Informationen, die mit der Blockchain-Technologie abgesichert werden sollen, korrekt erhoben und verifiziert sein müssen. Insbesondere durch Audits in den Produktionsländern der Textil- und Bekleidungsindustrie sowie dem großen Markt für gefälschte Bekleidung besteht an diesem Prozessschritt ein besonderes Risiko für die Textil- und Bekleidungsbranche. Ereignisse, wie zum Beispiel der Einsturz der Textilfabrik Rana Plaza in Bangladesch am 24. April 2013 oder der Brand der pakistanischen Textilfabrik Ali Enterprise am 11. September 2012 in Karatschi verdeutlichen, dass grundlegende Menschenrechtsstandards und Arbeitssicherheit in globalen Produktionsländern bislang nicht immer eingehalten werden. »Wenige Wochen vor dem Brand hatte das italienische Prüfunternehmen RINA im Auftrag des Eigentümers die Fabrik [...] mit dem internationalen Güte-Siegel SA 8000 zertifiziert – das Siegel soll hohe Sicherheitsstandards sowie eine sozial- und ökologisch verträgliche Produktion garantieren.« [94] Wenn derartige Informationen in einer Blockchain hinterlegt werden, sie aber ursprünglich nicht ganzheitlich verifiziert wurden, kann auch die Blockchain-Technologie keine Authentizität der Inhalte garantieren.

### Blick aus der Praxis

Ausgelöst durch steigende CSR-Anforderungen haben sich in Produktionsländern »Anti Audit-Industrien« gebildet, die darauf spezialisiert sind, Musterstandorte für die Auditierung bereitzustellen, an denen nicht die tatsächliche Produktion stattfindet. Hierbei handelt es sich um ein Randphänomen, das allerdings zeigt, wie strengere Vorgaben umgangen werden können.

Um die Blockchain-Technologie implementieren und einsetzen zu können, ist grundsätzlich ein hoher Digitalisierungsgrad von Unternehmensprozessen Voraussetzung. Der nicht in ausreichender Form vorhandene Digitalisierungsgrad bei Unternehmen, ist einer der Hauptfaktoren für den geringen Durchdringungsgrad der Blockchain-Technologie. Besonders betroffen sind hierbei KMU, die, bevor es zu einer Nutzung der Blockchain-Technologie kommt, andere Digitalisierungslücken bei den Unternehmensprozessen schließen müssen. Auf der stetigen Reduzierung der Digitalisierungslücke liegt daher die Priorität bei Unternehmen, so dass die Umsetzung und Implementierung von Blockchain-Lösungen, insbesondere bei KMU, nicht im Fokus steht. Dieser Nachteil ist, streng betrachtet, ebenfalls gültig für andere technologische Lösungen, allerdings wird die Blockchain-Technologie als besonders komplizierte Technologie angesehen, so dass auch alternative Lösungen, wie bspw. zentral organisierte Stellen mit administrativen Rechten eine Substitutionsgefahr darstellen. Das Verständnis um den Nutzen der Blockchain-Technologie ist grundsätzlich vorhanden, allerdings umfasst es schwerpunktmäßig eine abstrakte Ebene. Das bedeutet, dass es im Sinne von »Blockchain = sichere Technologie« bekannt ist, aber konkretere Anwendungsfälle, wie bspw. der Einsatz von Smart Contracts, nur bedingt mit der Blockchain-Technologie assoziiert werden. Das auch als Vorteil identifizierte Mehrheitsprinzip der Blockchain-Technologie, kann jedoch auch manipuliert werden, wenn über 51 % der Knoten durch einen teilnehmenden Akteur übernommen werden. Aufgrund der globalisierten, arbeitsteiligen Wertschöpfungsnetzwerke mit einer Vielzahl von unterschiedlichen Akteuren, handelt es sich hierbei jedoch um einen theoretischen Schwachpunkt, dessen Risiko als unwahrscheinlich eingestuft wird.

### Opportunities

Unter dem Begriff »Opportunities« werden die Chancen und Möglichkeiten der Blockchain-Technologie im Kontext der Textilinguistik zusammengefasst, welche sich aus der Umfeldanalyse (vgl. auch Kapitel 5.2) ableiten lassen.

Deutsche Unternehmen in der Textil- und Bekleidungsindustrie sind zunehmend mit politisch-rechtlichen Anforderungen konfrontiert. Neue Dokumentationspflichten gehen mit hohem

administrativem Aufwand einher, der zum Teil juristischer Expertise bedarf. Zur erfolgreichen Umsetzung dieser Ansprüche kann die Blockchain von Vorteil sein. Sie ermöglicht es, Informationen unter Berücksichtigung von Datenkorrektheit und Nachvollziehbarkeit ihres Ursprungs abzuspeichern. Laut den für die Studie befragten Branchenexperten besteht insbesondere in der Logistik ein großer Bedarf für die authentische Dokumentation von Informationen, wie z.B. Zolldaten. Die globalen Lieferketten von textilen Gütern wie beispielsweise Bekleidung zeichnen sich durch eine hohe Anzahl an involvierten Parteien aus (vgl. Kapitel 4.1). Benötigte Dokumente entlang der komplexen Kette können den verschiedenen Teilnehmern durch die Blockchain mit unterschiedlichen Zugriffsrechten zur Verfügung gestellt werden und nach Überprüfung auf Vollständigkeit und Korrektheit zu einer automatisierten Freigabe von Folgeprozessen genutzt werden. Auch im Kontext der Nachverfolgbarkeit (Traceability) bietet die Blockchain das Potenzial, für die Zertifizierung der Produktherkunft eingesetzt zu werden.

#### Blick aus der Praxis

Experten für das LkSG gehen davon aus, dass es kurz- bis mittelfristig nach Einführung des Gesetzes zu Medienwirksamen Klagen gegen (Groß-) Konzerne kommen wird und es danach noch Jahre dauert bis die juristischen Fragen durch Gerichte abschließend geklärt sein werden.

Eine weitere Möglichkeit des Einsatzes der Blockchain-Technologie liegt im Einsatzbereich der Authentifizierung von Markenwaren im Bekleidungssektor. Um Markenverifizierung und Markenschutz zu gewährleisten, kann die Blockchain-Technologie aufgrund ihrer Vorteile (vgl. Kapitel 2.3) von Nutzen sein. Insbesondere im Luxury und High Fashion Segment von Bekleidung stellt das Fälschen von originalen Designs eine Problematik dar.

#### Threats

Die »Threats« umfassen potentielle Gefahren oder Einschränkungen des Nutzens der Blockchain-Technologie im Anwendungsfall Textillogistik.

Wie durch die Expertenbefragung im Rahmen dieser Studie deutlich wurde (vgl. Kapitel 5.2), stehen viele kleine und mittelständige Unternehmen aus der Textil- und Bekleidungsindustrie in ihren Headquartern in Deutschland noch am Anfang der Digitalisierung ihrer Geschäftsprozesse. Durch unorganisches Unternehmenswachstum, z.B. durch Unternehmensübernahmen, existiert in vielen ERP-Systemen eine Stammdatenproblematik. Einheitliche Datengrundlagen müssen zunächst aufgebaut werden, damit der Einsatz der Blockchain-Technologie

einen tatsächlichen Mehrwert bieten kann. Eine unmittelbare Anwendung und Umsetzung der Blockchain in die Praxis scheint daher nicht immer möglich. Zudem existieren neben der Blockchain-Technologie auch andere Möglichkeiten zur Speicherung von Informationen, wie z.B. zentrale Datenbanken (vgl. Kapitel 2). Je nach konkretem Anwendungsfall in der Textil- und Bekleidungsindustrie eignen sich diese ebenfalls zur Erfüllung der Dokumentationspflichten oder können als erster Schritt vor Nutzung der Blockchain angewandt werden. Insbesondere für KMU ist die Nutzung bereits bestehender und vertrauter Systeme, wie CSR-Softwares oder Risikomanagement Tools, mit geringerem kapazitivem und finanziellem Aufwand verbunden als die Implementierung der Blockchain. Zudem gilt es, unternehmensspezifisch zu ermitteln, ob die dezentrale Speichermöglichkeit aus einer nachhaltigen Perspektive effizient ist. Hierzu müssten im jeweiligen Use Case die unterschiedlichen Ökobilanzen ermittelt und verglichen werden. Nachhaltigkeit gewinnt in der Textil- und Bekleidungsindustrie zunehmend an Bedeutung (vgl. Kapitel 4.2), sodass ein ganzheitlicher unternehmerischer Ansatz sinnvoll ist. Häufig handelt es sich bei dem mit der Blockchain in Kontext gebrachten Energieverbrauch und Energiekosten jedoch auch um negativ behaftete Einschätzungen, die nicht realistisch sind, weshalb eine individuelle Betrachtung unabdingbar ist.

## 6.2. Potenziale der Blockchain-Technologie für den Einsatz in der Textillogistik

Abgeleitet aus den vorangegangenen Kapiteln, werden nachfolgend Potenziale abgeleitet und ein Quick-Check zur Überprüfung der Eignung der Blockchain-Technologie für die Textil- und Bekleidungstechnologie entwickelt und vorgestellt.

Grundsätzlich muss zwischen dem zusätzlichen Nutzen und dem zusätzlichen Aufwand der Implementierung einer Blockchain-Technologie abgewogen werden.

Aus den branchenspezifischen Besonderheiten der Textil- und Bekleidungsindustrie kann ein hohes Potenzial für den Einsatz der Blockchain-Technologie abgeleitet werden. Aufgrund der heterogenen und globalisierten Akteurslage der textilen Wertschöpfungskette (vgl. Kapitel 4) kann die Blockchain-Technologie bei der Zollabwicklung unterstützen und durch den Einsatz von Smart Contracts kann der Finanzfluss innerhalb von Supply Chains abgestimmt und automatisiert werden. Voraussetzung

für die Implementierung der Blockchain-Technologie ist ein hoher Digitalisierungsstand der in einer Blockchain abzubildenden Prozesse. Dieser hohe Digitalisierungsstand muss unternehmensübergreifend einheitlich hoch entlang der beteiligten Akteure einer textilen Lieferkette sein. Der Digitalisierungsstand bei KMU der Textil- und Bekleidungsindustrie wird nur in geringem Umfang als so hoch eingestuft, dass die Blockchain-Technologie implementiert werden kann. Insbesondere bei KMU liegt der Fokus bei der Digitalisierung von Unternehmensprozessen auf grundsätzlicheren Aktivitäten, die einen nachfolgenden Einsatz der Blockchain-Technologie erst ermöglichen.

### Blick aus der Praxis

Der Stand der Digitalisierung von Unternehmen der Textil- und Bekleidungsindustrie wird als gering eingestuft. Die Digitalisierungslücke vergrößert sich insbesondere für kleinere und mittlere Unternehmen. Kleinere und mittlere Unternehmen sollten umgehend mit der Schließung der Digitalisierungslücke beginnen, da der Investitions- und Schulungsaufwand zukünftig schwer beherrschbar sein wird.

Aus diesem Grund kann eine Reihenfolge für die Implementierung bzw. Nutzung der Blockchain-Technologie abgeleitet werden, bei denen ein hohes Potenzial für den erfolgreichen Einsatz besteht.

Besonders geeignet scheinen in der Textil- und Bekleidungsindustrie Premiummarkenhersteller zu sein, da diese über höhere Margen und damit finanzielle Mittel für eine Implementierung der Blockchain-Technologie verfügen sowie ein höheres Eigeninteresse bezüglich des Schutzes des geistigen Eigentums und Produktpiraterie haben. Darüber hinaus existieren in der Textil- und Bekleidungsindustrie auch Waren und Güter, die besondere Aufgaben erfüllen müssen. Insbesondere bei der Herstellung, Nutzung und Entsorgung bzw. Recycling von persönlicher Schutzausrüstung müssen Vorgaben und Standards eingehalten werden, die mittels Blockchain-Technologie fälschungssicher erfasst, dokumentiert und nachverfolgbar sind. Beispiele hierfür sind Infektionsschutzsets aus dem medizinischen Bereich oder auch brandhemmende Schutzausrüstung für Feuerwehrpersonal.

Eine fälschungssichere und nachverfolgbare Dokumentation über den gesamten Lebenszyklus ist nicht nur im beruflichen Umfeld relevant, sondern auch für Bekleidung mit grundsätzlich hohen Anforderungen, wie bspw. die Sicherheit von (Kleinst-) Kinderkleidung. Des Weiteren sind Textilien von Interesse, die Herkunftsnachweise benötigen oder mit besonderen Herkunftsnachweisen werben, wie es bspw. in der EU-Textilkennzeichnungsverordnung 1007/2011 festgelegt wurde.

Eine fehlerhafte Kennzeichnung hat in diesem Bereich einen besonders hohen Imageschaden für Unternehmen. Gleiches gilt für Siegel in der Textil- und Bekleidungsindustrie (vgl. Kapitel 4.2.1), die von einer Absicherung mittels Blockchain-Technologie profitieren könnten.

Darüber hinaus lassen sich smart textiles fälschungssicher monitoren und Mehrwerte mit den generierten Daten, wie bspw. Predictive Maintenance, ableiten. Bei der Ladungssicherung existieren smart devices, die die Vorspannkkräfte beim Verzurren und während der Fahrt, erfassen. Über diese Form der Zustandskontrolle können auch die Häufigkeit und die Nutzungsdauer festgehalten werden, so dass, in Kombination mit Smart Contracts, Pay-per-Use-Konzepte transparent für alle Beteiligten und mit hoher Sicherheit und Nachverfolgbarkeit umsetzbar sind.

In Abbildung 7 ist ein Quick-Check Ablaufschema zur Prüfung einer grundsätzlichen Eignung der Blockchain-Technologie für bestimmte Use Cases dargestellt. Hierbei handelt es sich um eine erste Grobbestimmung, die aufzeigt, ob die eine detaillierte Prüfung der Machbarkeit einer Implementierung der Blockchain-Technologie für den zu untersuchenden Use Case Relevanz hat. Die binär gestalteten Fragestellungen sind thematisch sowohl auf Besonderheiten der Textil- und Bekleidungsindustrie, wie beispielsweise Nachweispflichten, aber auch IT-seitige Fragestellungen, wie beispielsweise Single-Source-of-Truth (SSOT), bezogen und bilden daher eine hilfreiche Grundlage für Entscheider, die Use Cases und der potenziellen Eignung der Blockchain-Technologie prüfen wollen. Da es sich im Rahmen der Studie nur um eine Vorprüfung im Sinne eines Quick-Checks handeln kann, sind die grundsätzlichen Entscheidungsziele so ausgestaltet, dass weitere und detaillierte Prüfungen, im Anschluss, durchgeführt werden müssen.

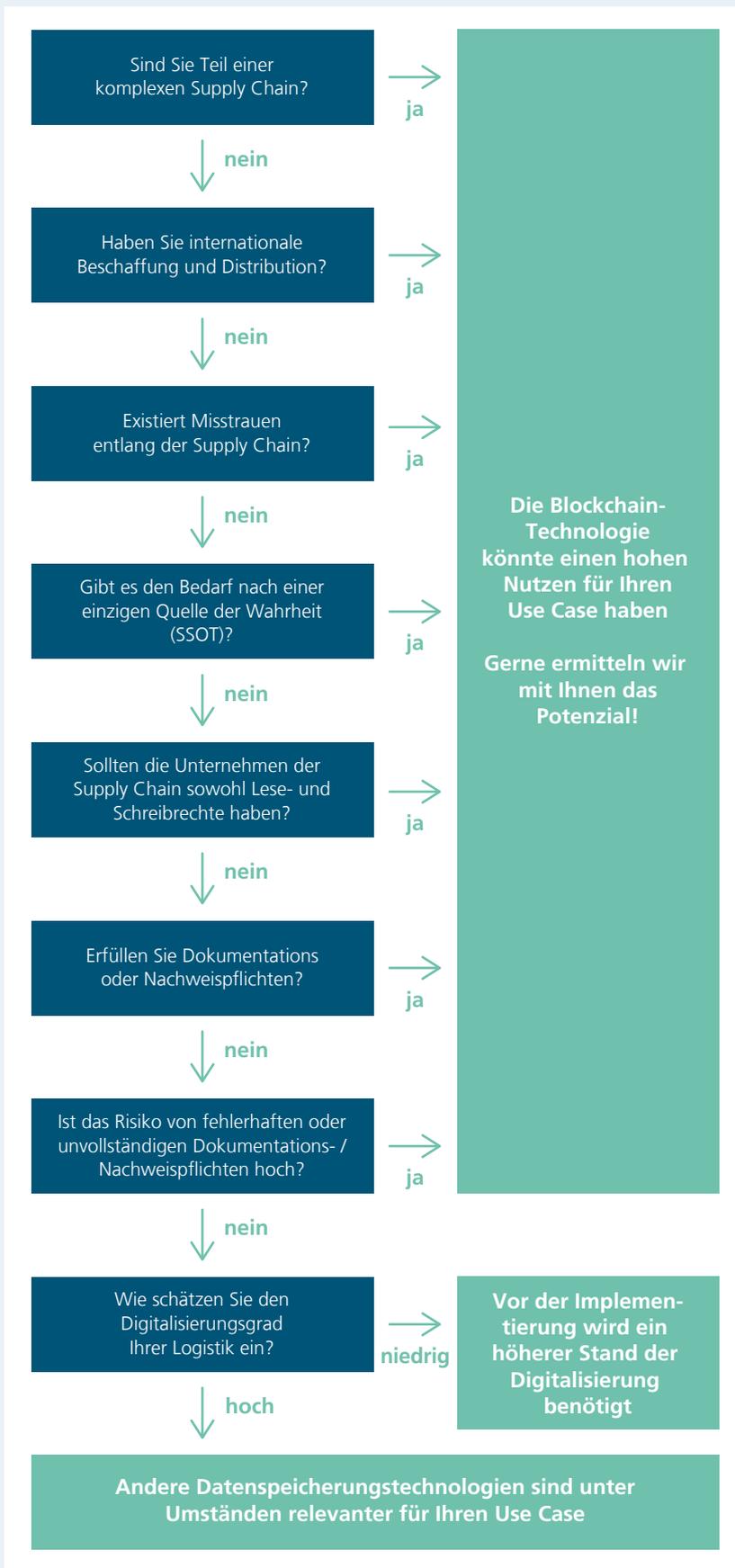


Abbildung 7: Quick-Check zum Potenzial der Blockchain-Technologie [eigene Darstellung]

## 7. Zukunftsbild: Die Blockchain-Technologie in der Textillogistik

---

**Die Blockchain-Technologie bietet im Kontext der Textillogistik verschiedene Einsatzmöglichkeiten, die unabhängig voneinander aber auch verknüpft Vorteile für Unternehmen schaffen können. Dazu gehören in der Textil- und Bekleidungsindustrie**

- der Einsatz der Blockchain zur Markensicherung,
- der Einsatz der Blockchain zur Umsetzung der Anforderungen von Gütesiegeln, Zertifizierungen oder der Qualitätssicherung,
- der Einsatz der Blockchain zur Umsetzung politisch-rechtlicher Anforderungen, wie z. B. denen des Lieferkettensorgfaltspflichtengesetzes oder
- der Einsatz der Blockchain zum Steuern von Prozessen entlang der global ausgerichteten Lieferketten.

**Im Folgenden wird das idealisierte Potenzial der Blockchain-Technologie in der Textillogistik anhand der globalen Lieferkette einer Jeanshose aufgezeigt. Für dieses textile Produkt wurde die herkömmliche globale Lieferkette in Kapitel 4 und Kapitel 4.1 dargestellt. Das aufgezeigte Zukunftsbild veranschaulicht im Detail, an welchen Stellen der Lieferkette welche Veränderungen durch die Blockchain-Technologie möglich sind und welche Auswirkungen eine Supply Chain weite Implementierung zukünftig haben kann.**

Bereits in Kasachstan, dem Produktionsland des Rohstoffes Baumwolle, werden Informationen zum Material, wie z. B. über den ökologischen Anbau oder der tatsächlichen Herkunftsregion, in der Blockchain hinterlegt. Darüber hinaus wurde der Hash-Wert des Ergebnisses des letzten unabhängigen CSR-Audits der Produktionsfarm hinterlegt. Hierdurch wissen die folgenden Parteien der Lieferkette, welche Qualitätsmerkmale die Baumwolle als Rohmaterial aufweist oder auch zu welchem Zeitpunkt der letzte Audit durchgeführt wurde. Voraussetzung hierfür ist, dass bspw. interessierte Einkäufer mit entsprechendem Zugriff in der Blockchain (Datensouveränität) ausgestattet sind.

Für den Export der Baumwolle in die Türkei, werden die entsprechenden Zoll- und Ausfuhrdokumente in der Blockchain hinterlegt, sodass eine digitalisierte Abfertigung stattfinden kann und keine Verzögerungen durch fehlende Nachweise entstehen. Der Warenfluss ist ungestört und Transport- und Lieferzeiten transparenter. Die Blockchain-Technologie ermöglicht es, die Waren- und Finanzflüsse so zu steuern, dass sie erst bei Vollständigkeit der notwendigen Dokumente und deren Überprüfung auf Echtheit freigegeben werden. Dies wird im Beispiel der Jeans-Herstellung dafür genutzt, dass nach positiver Wareneingangskontrolle in der Türkei der Finanzfluss, nach Prüfung aller im Vorfeld abgestimmten Kriterien mittels Smart Contracts, automatisch ausgelöst wird. Nach der Garnerzeugung in der Türkei ist ein weiterer Transport nach China notwendig, da dort die Baumwollgarne gefärbt werden. Auch bei diesem und allen folgenden Transporten können Zolldokumente, Nachweise der Auditierung der Produktions- und Herstellunternehmen sowie die Kriterien zur Auslösung der Finanz- und Warenflüsse in der Blockchain hinterlegt werden. Ebenfalls lassen sich ökologische Informationen, wie bspw. die Art und Zusammensetzung des verwendeten Färbemittels, dokumentieren. Sofern nicht absehbare Ereignisse entlang der Wertschöpfungskette auftreten, wie es zum Beispiel bei der Blockade im Suez Kanal 2021 der Fall war, können die weiteren Beteiligten der Lieferkette transparent informiert werden und Maßnahmen treffen, sofern die Blockchain als Plattform für das Supply Chain Netzwerk genutzt wird. Durch das frühzeitige Erkennen von Risiken wie z. B. fehlende Nachweise oder nicht erfüllte Bedingungen von Smart Contracts, kann das Risikomanagement entlang der gesamten Supply Chain für alle beteiligten Unternehmen optimiert werden. Die Blockchain-Technologie trägt hiermit zur Erhöhung der Lieferketten-Transparenz bei.

Nach der Stoffherzeugung in Polen wird das Jeansgewebe nach Bangladesch gesendet, damit dort die Jeanshose zusammengeñäht werden kann. Informationen zur Qualitätssicherung oder Zertifikate der Arbeitsbedingungen vor Ort, die ebenfalls durch unabhängige Audits aufgenommen wurden, werden ebenfalls in der Blockchain gespeichert. Eine einseitige, nachträgliche Veränderung dieser Daten ist ausgeschlossen, sodass

die Echtheit der ursprünglichen Informationen garantiert ist, sofern korrekte Informationen und Daten auf der Blockchain gespeichert werden. Die Jeanshose wird dann zur finalen Veredelung mit Chemikalien nach China versendet. Auch hier können Qualitätsnachweise der eingesetzten Materialien in der Blockchain hinterlegt werden. Sofern die Anforderungen von Gütesiegeln erfüllt werden und eine manipulationsgeschützte Dokumentation durch die Blockchain vorliegt, kann das Produkt durch unabhängige Dritte zertifiziert werden.

Schlussendlich erfolgt der Export der verkaufsfertigen Jeanshosen nach Belgien, wo die Textilien über den Großhandel zur weiteren Verteilung im Einzelhandel nach Deutschland gelangen. Im Verkauf können die Endkunden ebenso von der Blockchain-Technologie profitieren. Wenn beispielsweise ein RFID-Tag oder QR-Code in den Hosen verarbeitet ist, können die Kunden dies scannen und Informationen über die globale Lieferkette nachverfolgen, den CO<sub>2</sub>-Abdruck der Hose identifizieren oder Hinweise zur Verwertung (zum Recycling) erhalten. Hierdurch haben nicht nur Unternehmen der Supply Chain einen Mehrwert, sondern Kunden können im Verkaufsraum der Filiale oder auch im Onlinehandel, transparent nachverfolgen, wie das Produkt, was sie in den Händen halten und ggf. kaufen möchten, hergestellt wurde, welchen CO<sub>2</sub>-Emissionen für die Herstellung verbraucht wurden und ob alle Unternehmen der Supply Chain die bestehenden Gesetze und Nachweispflichten eingehalten haben.

### Fazit

Die Blockchain-Technologie ermöglicht es im Kontext der Textillogistik, die Endkunden mit dem Bekleidungsunternehmen als auch den Lieferanten, Herstellern und Produzenten zu verbinden. Ein neuer Austausch von Informationen, die manipulations sicher und transparent gespeichert werden, wird gewährleistet. Das Zukunftsbild zeigt einen Idealzustand auf. Bereits einzelne Anwendungen der Blockchain-Technologie, also ausgewählte Szenarien, können die globalen Wertschöpfungsketten in der Textil- und Bekleidungsindustrie verbessern. Eine gesteigerte Transparenz der globalen Prozesse, Kontroll- und Eingriffsmöglichkeiten bei den Waren- und Finanzflüssen sowie ein schnelles Reaktionsvermögen der Unternehmen können zukünftig entscheiden, welche Player der Branche bei der Kundschaft erfolgreich sind und als Pioniere hervorstechen.



© Adobe Stock, dejah\_thoris

# 8. Anhang

## Siegel in der Textil- und Bekleidungsindustrie

Tabelle 2: ausführliche Übersicht der textilen Gütesiege [eigene Darstellung]

Siegel	Vergabe durch	Inhalte/Anforderungen	Anwendungsbereich	Unternehmen, die das Siegel erhalten haben
 <p>OEKO-TEX® – Made in Green</p>	unabhängige OEKO-TEX Institute auf Grundlage des OEKO-TEX-Kriterienkataloges	<p>im B2C-Segment:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Das Produkt muss nach STANDARD100 oder LEATHER STANDARD auf Schadstoffe zertifiziert sein. (Dies bedeutet, dass alle Bestandteile auf Schadstoffe bzw. gesundheitsbedenkliche Chemikalien geprüft und gesundheitlich unbedenklich sind.)</li> <li>Alle Konfektionsbetriebe und Betriebsstätten mit Nass-/chemischen Prozessen müssen nach STeP (Sustainable Textile and Leather Production) zertifiziert sein. Das Ziel von STeP besteht darin, umweltfreundliche Produktionsprozesse dauerhaft umzusetzen, die Arbeitssicherheit zu verbessern und sozialverträgliche Arbeitsbedingungen in Produktionsbetrieben zu fördern.</li> <li>Bestandteile, die 5% oder mehr des Gesamtgewichtes des Endproduktes ausmachen und mindestens 85% des Gesamtgewichtes des Artikels, müssen in einer STeP zertifizierten Betriebsstätte hergestellt worden sein.</li> <li>Betreffende Betriebe müssen die myOEKO-TEX Plattform und das MADE IN GREEN Dashboard aktiv nutzen und registriert sein. Die Plattform dient den Unternehmen zur Verwaltung des eigenen OEKO-TEX Produktportfolios, der Kundendaten, Nachhaltigkeitskriterien sowie der Nachverfolgung der gesamten Lieferkette.</li> </ul> <p>im B2B-Segment:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>analog zu den Kriterien im B2C-Segment</li> <li>zusätzlich: der MADE IN GREEN Label Inhaber muss nach STeP by OEKO-TEX zertifiziert sein, das Zwischenprodukt muss von einem STP zertifizierten Unternehmen stammen.</li> </ul>	Alle Arten von Textilien und Lederartikeln.	<p>z.B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>ACS Textiles (Bangladesh) Ltd.</li> <li>ANTEX GmbH</li> <li>Chiemsee GmbH Co. KG</li> <li>ETERNA Mode GmbH</li> <li>PARAS Lifestyle GmbH &amp; Co.KG</li> </ul> <p>[49, 50]</p>

 <p>Global Organic Textile Standard</p>	<p>unabhängige Zertifizierungsstellen</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ alle entlang der Wertschöpfungskette beteiligten Betriebe müssen ein gültiges GOTS-Zertifikat vorweisen können</li> <li>■ Bestehen von jährlichen Vor-Ort-Inspektionen (Unternehmen müssen Einsicht in die Buchhaltung gewähren, um den GOTS-Warenfluss überprüfen zu lassen, Eingang/Ausgang-Abgleich, Massenbilanzberechnung und Rückverfolgung von Chargen und Lieferungen.)</li> <li>■ Gewährleistung der Einsicht in die Buchhaltung</li> <li>■ Bewertung des Verarbeitungs- und Lagersystems durch Inspektion der Betriebsbereiche</li> <li>■ Bewertung des Trennungs/Separations- und Identifikationssystems und Identifizierung von Risikobereichen hinsichtlich des Vermischens oder der Verunreinigung zertifizierter und nicht zertifizierter Produkte</li> <li>■ Prüfung der verwendeten chemischen Textilhilfsmittel (Farbstoffe und Ausrüstungen)</li> <li>■ Inspektion der Abwasserkläranlagen von Nassveredelungsbetrieben</li> <li>■ Überprüfung der sozialen Kriterien, z.B. durch Interviews mit dem Management oder Gewerkschaften, vertrauliche Interviews mit Arbeitnehmern, Inspektion von Personalakten</li> <li>■ Überprüfung der Richtlinien des Betreibers zur Risikobewertung von Verunreinigungen und Rückstandsprüfungen (z.B. durch Stichproben)</li> </ul>	<p>umfasst die gesamte textile Lieferkette (von der Verarbeitung bis zum Handel)</p>	<p>z.B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 108 Degrees GmbH</li> <li>■ ACE Tex</li> <li>■ ADAM KAEPPPEL GMBH</li> <li>■ &amp;Sisters Ltd.</li> <li>■ DJ Texo-finn</li> </ul> <p>[51]</p>
 <p>Naturtextil IVN zertifiziert BEST</p>	<p>akkreditierten Prüfinstitute und Labore</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Unternehmen muss über eine Umweltpolicy verfügen, welche Pläne zur Minimierung und Überwachung von Abfall und Umweltbelastungen enthält sowie eine Dokumentation zur Ausbildung des Personals zum sparsamen Umgang mit Wasser/Energie und Chemikalien und Programme zur Verbesserung des Betriebsablaufs)</li> <li>■ die textile Fläche (ohne Zutaten) muss zu 100% aus Naturfasern aus biologischem Anbau bestehen</li> <li>■ synthetische Fasern dürfen nur zu 5% enthalten sein, z.B. in Bündchen</li> <li>■ Chemikalien mit der Kennzeichnung aus den R-Sätzen sind verboten (R Sätze beschreiben die Gefahrenmerkmale der Substanzen wie z.B. explosiv oder Enthalten von Dämpfen, die Schläfrigkeit und Benommenheit verursachen)</li> <li>■ Verzicht auf umweltschädliche Schlichte</li> <li>■ Durchführung von Rückstandskontrollen im Endprodukt</li> <li>■ Sozialstandards müssen eingehalten werden (orientiert an den Kernnormen Vereinigungsfreiheit und Recht auf Kollektivverhandlungen, Beseitigung der Zwangsarbeit, Abschaffung der Kinderarbeit, Verbot der Diskriminierung in Beschäftigung und Beruf, Arbeitsschutz und Arbeitssicherheit.)</li> </ul>	<p>Richtlinien für Naturtextilien entlang der gesamten Produktionskette, relevant für Verarbeitungs-, Konfektions- und Handelsbetriebe aus der Textil- und Lederbranche</p>	<p>z.B.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Hirsch Natur</li> <li>■ Kulmine</li> <li>■ Textilveredelungsunion GmbH</li> <li>■ Zwickauer Kammgarn GmbH</li> </ul> <p>[52, 53]</p>

 <p>Fair Wear Foundation</p>	<p>Fair Wear Foundation</p>	<p>kein Siegel sondern Erwerb der Mitgliedschaft bei Erfüllung folgender Kriterien:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ das Unternehmen muss eine Bekleidungsmarke sein</li> <li>■ ein Jahresumsatz von mindestens 10 Millionen Euro muss erzielt werden</li> <li>■ Die Anforderungen für die Fair Wear Basismitgliedschaft müssen erfüllt sein. Hierzu müssen acht Punkte des »Code of Labour Practices« beachtet werden:             <ul style="list-style-type: none"> <li>– Begrenzung der Arbeitszeit</li> <li>– freie Wahl des Arbeitsplatzes</li> <li>– keine Kinderarbeit</li> <li>– keine Diskriminierung</li> <li>– ein rechtsverbindlicher Arbeitsvertrag muss abgeschlossen sein</li> <li>– sichere und gesunde Arbeitsbedingungen müssen herrschen</li> <li>– das Recht auf Tarifverhandlung darf nicht eingeschränkt sein</li> <li>– ein existenzsichernder Lohn muss gezahlt werden.</li> </ul> </li> </ul>	<p>Bekleidungs- marken</p>	<p>z.B.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Acne Studios</li> <li>■ AEVOR</li> <li>■ Hess Natur-Textilien GmbH</li> <li>■ Pingpong</li> <li>■ Funktion Schnitt</li> </ul> <p>[54, 55]</p>
 <p>Cradle to Cradle</p>	<p>Cradle to Cradle Products Innovation Institute</p>	<p>Die Unternehmen müssen mit der Bewertungsstelle zusammenarbeiten, um sicherzustellen, dass die Produkte die Standards erfüllen.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ anhand des C2C-Benutzerhandbuches wird überprüft, ob das Produkt für eine Zertifizierung berechtigt ist. (Das Handbuch erklärt, welche Produkte sich nicht für eine Zertifizierung eignen, wie z.B. Waffen, Tabak, Materialien für nukleare Reaktoren, Lebensmittel, Tiere etc.)</li> <li>■ Entwicklung eines Zertifizierungsplans mit Kosten, Zeitplan und erforderlichen Ressourcen</li> <li>■ vor Ort Besuche durch Gutachter, die einen Bewertungsbericht erstellen, der dem Institut vorgelegt werden muss</li> <li>■ Unternehmen können fünf Stufen der Zertifizierung erlangen: Basic, Bronze, Silber, Gold und Platin. (Die Stufen umfassen Untersuchungen der Materialgesundheit, der Materialwiederverwendung (Kreislauffähigkeit), des Energieverbrauchs und des Einsatzes erneuerbarer Energien, des Wassermanagements und der sozialen Standards. Die Unternehmen erhalten dann eine Scorecard mit Punkten und die Zertifizierung wird nach zwei Jahren erneut geprüft.)</li> </ul>	<p>umfasst Marken, Einzelhändler, Designer und Hersteller entlang der gesamten Wertschöpfungskette</p>	<p>z.B.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ AMANN &amp; SÖHNE GMBH &amp; CO KG</li> <li>■ COTTON BLOSSOM INDIA PRIVATE LIMITED</li> <li>■ PACIFIC JEANS LTD.</li> <li>■ WOLFORD AG</li> </ul> <p>[56, 57]</p>

 <p>Blauer Engel</p>	<p>RAL gemeinnützige GmbH, Abteilung Umwelt</p>	<p>Die Vergabekriterien umfassen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ eine ressourcenschonende Herstellung unter Berücksichtigung von Wasserverbrauch, Energieverbrauch, (Recycling-) Material-Nutzung</li> <li>■ eine nachhaltige Produktion von Rohstoffen</li> <li>■ die Vermeidung von Schadstoffen im Produkt</li> <li>■ eine verringerte Abgabe von Emissionen schädlicher Substanzen in den Boden, Luft, Wasser und Innenraum, z.B. darf bei der Erzeugung von Filament Fasern bei der Viskoseproduktion nicht mehr als 0,3 g Zink/kg ins Abwasser gelangen</li> <li>■ eine Reduktion von Lärm und elektromagnetischer Strahlung bei der Produktion</li> <li>■ eine effiziente Nutzung von Komponenten, z.B. energie- oder wassersparende Produkte</li> <li>■ Berücksichtigung von Langlebigkeit, Reparatur- und Recyclingfähigkeit</li> <li>■ eine gute Gebrauchstauglichkeit des Produktes</li> <li>■ die Einhaltung von internationalen Arbeitsschutzstandards</li> <li>■ ein Rücknahmesystem</li> <li>■ Dienstleistungen mit gemeinschaftlicher Nutzung für Beschäftigte, z.B. Carsharing</li> </ul> <p>Die Anforderungen müssen z.B. in Form von Prüfberichten/Zertifikaten belegt werden</p>	<p>für alle umweltschonenden Produkte und Dienstleistungen, z.B. Bekleidung, Farben, Möbel, Waschmittel oder Recyclingpapier</p>	<p>z.B.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Balta industries Division ITC</li> <li>■ Cetex-Rheinfaser GmbH</li> <li>■ ALSCO Berufskleidungs-Service GmbH</li> <li>■ Morgenstern GmbH</li> </ul> <p>[58]</p>
 <p>EU Ecolabel</p>	<p>RAL gemeinnützige GmbH</p>	<p>Es muss ein Antrag an die zuständige nationale Stelle (Competent Body) gestellt werden, welcher Nachweise der jeweiligen Anforderungen der Produkt- und Dienstleistungsgruppe enthält. Für Textilerzeugnisse lauten diese z.B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ vollständige Angabe der Materialzusammensetzung</li> <li>■ Produktionsstätten, Chemikalienlieferanten, Prüflabors angeben</li> <li>■ Funktionsfähigkeit des Erzeugnisses ist in Prüflaboren mit angegeben Methoden erarbeitet worden</li> <li>■ Einhaltung der ILO-Normen durch ausgewählten cut/make/trim-Lieferanten</li> </ul>	<p>für diverse Produkte, z.B. Wasch- und Reinigungsmittel, Textilien und Schuhe, Schmierstoffe, Farben und Lacke</p>	<p>z.B.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ PreCoFILL®</li> <li>■ SeaCell LT</li> <li>■ Südwole Group GmbH</li> <li>■ Tianyu Wool Industry</li> </ul> <p>[59, 60]</p>

 <p>Fairtrade</p>	<p>Fairtrade International (Dachorganisation) die, die sich aus 28 Mitgliedern zusammensetzt: 25 nationale Fairtrade-Organisationen (NFO) und drei Produzentennetzwerke.</p>	<p>Die Kernanforderungen müssen von jeder Produzentengruppe erfüllt werden, um die Fairtrade-Zertifizierung zu erhalten. Anschließend müssen weitere Entwicklungsanforderungen erfüllt werden, um Prozesse nachweislich zu verbessern.</p> <p>Zu den Kernanforderungen gehören z.B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Inspektionen zulassen</li> <li>■ Ansprechpartner ernennen</li> <li>■ nachweislich (z.B. durch amtliche Einträge, Belege kommerzieller Aktivitäten oder Finanzberichte) eine etablierte Organisation sein</li> <li>■ bestehendes Absatzpotenzial auf dem Fairtrade-Markt</li> <li>■ Rechtsansprüche über Land-/Wasserrechte transparent halten</li> <li>■ Vertreter von Fairtrade International müssen mit Mitarbeitern interagieren dürfen</li> <li>■ Generalversammlung entschieden</li> <li>■ Leitlinien des Unternehmens müssen Aspekte wie die kontinuierliche Verbesserung von sozialen und nachhaltigen Produktionspraktiken enthalten sowie Aussagen über das Engagement zur Erreichung der Ziele und dem Bezug zu den Werten von Fairtrade</li> <li>■ Fairtrade-Beitritt wird demokratisch und kollektiv bei der Mitgliederversammlung beschlossen</li> <li>■ keine Hinweise darüber, dass der Standard aktiv umgangen wird</li> <li>■ Mitarbeitern Zeit für Fairtrade Belange zur Verfügung stellen</li> </ul>	<p>Dient der Kennzeichnung von Waren, die aus fairem Handel stammen und bestimmte soziale, ökologische, ökonomische Kriterien erfüllen.</p> <p>Soll zur Stärkung von Kleinbauern/Arbeitern und Umweltschutz beitragen.</p>	<p>z.B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Adler Modemärkte AG</li> <li>■ Dyckhoff GmbH</li> <li>■ Ernsting's family GmbH &amp; Co. KG</li> <li>■ People Wear Organic GmbH</li> <li>■ The Fashion Revolution</li> </ul> <p>[61, 62, 63, 64]</p>
--	--	---	--	--

## 9. Literatur

---

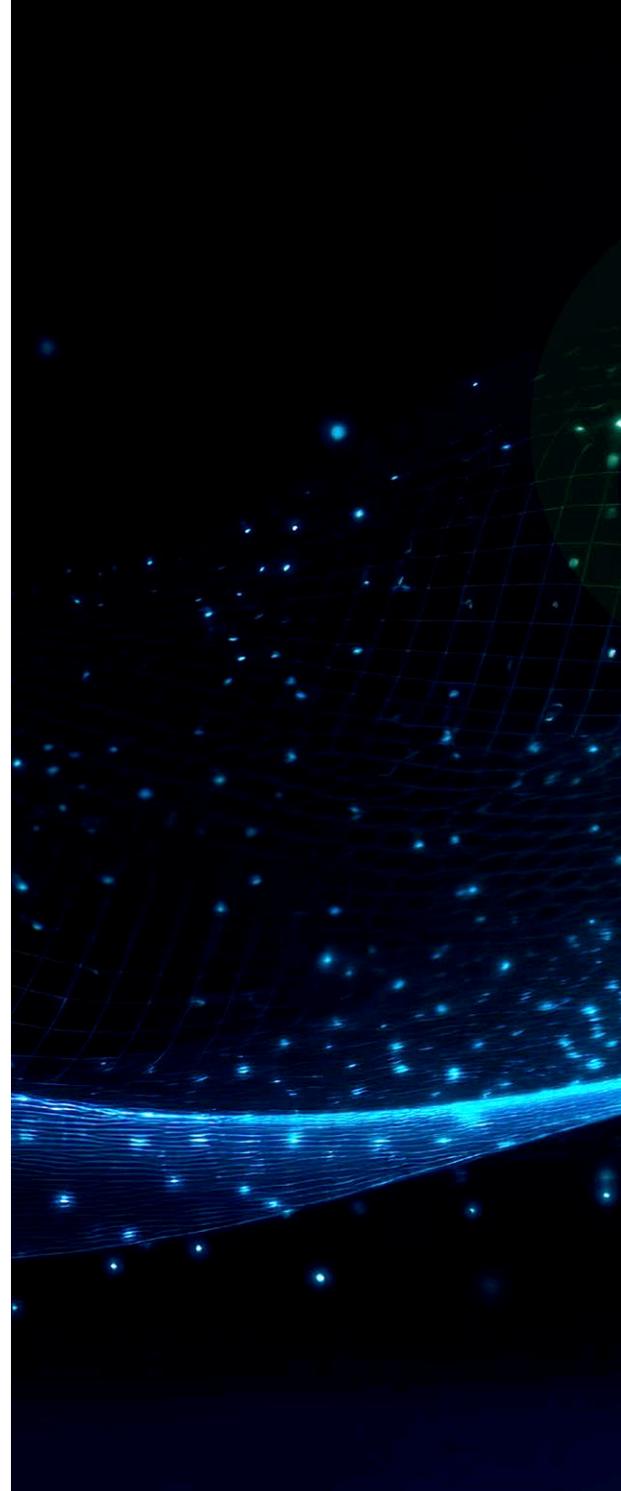
- [1] **ARD alpha (2022):** Mehr als 8 Milliarden Menschen auf der Erde. <https://www.ardalpha.de/wissen/umwelt/nachhaltigkeit/weltbevoelkerung-bevoelkerungswachstum-menschen-erde-welt-110.html>. Zugriffen: 06. März 2023.
- [2] **Umweltbundesamt (2022):** Erdüberlastungstag: Ressourcen für 2022 verbraucht. <https://www.umweltbundesamt.de/themen/erdueberlastungstag-ressourcen-fuer-2022-verbraucht>. Zugriffen: 06.03.2023.
- [3] **Global Footprint Network (2023):** Country Overshoot Days. <https://www.overshootday.org/newsroom/country-overshoot-days/>. Zugriffen: 06. März 2023.
- [4] **Umweltmission gUG (2022):** Was ist Fast Fashion? Definition, Marken und Auswirkungen. <https://umweltmission.de/wissen/fast-fashion/>. Zugriffen: 18. Oktober 2022.
- [5] **Umweltbundesamt (2019):** Die Textilindustrie in Deutschland. <https://www.umweltbundesamt.de/themen/wirtschaft-konsum/industriebereiche/textilindustrie#die-textilindustrie-in-deutschland>. Zugriffen: 15. November 2022.
- [6] **Forschungskuratorium Textil e. V. (2022):** Kreislaufwirtschaft Textile Kreisläufe schaffen, Zukunft gestalten. [https://textil-mode.de/de/documents/1643/Kreislaufstudie\\_20x24\\_Ansicht\\_220527.pdf](https://textil-mode.de/de/documents/1643/Kreislaufstudie_20x24_Ansicht_220527.pdf). Zugriffen: 15. November 2022.
- [7] **MSV Mediaservice & Verlag GmbH (2022):** EU-Textilstrategie: Ziele sind nur mit den Schlüsselakteuren der Recyclingbranche zu erreichen. <https://eu-recycling.com/Archive/35200>. Zugriffen: 12. Dezember 2022.
- [8] **European Union Intellectual Property Office, European Police Office (2022):** Intellectual property crime threat assessment 2022. Luxembourg: Publications Office of the European Union.
- [9] **Bundesvereinigung der Deutschen Arbeitgeberverbände (2022):** Mit Richtlinien vorschlag droht massive Überforderung und enorme Unsicherheit für Unternehmen
- [10] **Meitinger, T. (2022):** Lieferkettengesetz: Deutsche Firmen haben Wissenslücken. <https://logistik-heute.de/news/lieferkettengesetz-deutsche-firmen-haben-wissensluecken-36501.html>. Zugriffen: 22. April 2022.
- [11] **Holschbach, E., Buss, E. (2022):** Blockchain in Einkauf und Supply Chain. Technologie, Anwendungen und Potentiale in der Praxis. Wiesbaden, [Heidelberg]: Springer Gabler.
- [12] **Fill, H.-G., Härer, F., Meier, A. (2020):** Wie funktioniert die Blockchain? In: Fill, H.-G., Meier, A. (Hrsg.): Blockchain. Grundlagen, Anwendungsszenarien und Nutzungspotenziale. Wiesbaden: Springer Vieweg, S. 3–19.
- [13] **Sparer, D., Günther, M.D., Heyer, C. (2020):** A Multi-Light-Node Blockchain Architecture. Whitepaper. Future Challenges in Logistics and Supply Chain Management. Dortmund: Fraunhofer-Gesellschaft.
- [14] **Hellwig, D., Karlic, G., Huchzermeier, A. (2021):** Entwickeln Sie Ihre eigene Blockchain. Ein praktischer Leitfaden zur Distributed-Ledger-Technologie. Berlin: Springer Gabler.
- [15] **Gronwald, K.-D. (2023):** Globale Kommunikation und Kollaboration. Globale Supply Chain Netzwerk-Integration, interkulturelle Kompetenzen, Arbeit und Kommunikation in virtuellen Teams. Wiesbaden: Springer Vieweg.
- [16] **Tanwar, S. (2022):** Blockchain Technology. From Theory to Practice. Studies in Autonomic, Data-driven and Industrial Computing. Singapore: Springer.
- [17] **Adam, K. (2022):** Blockchain-Technologie für Unternehmensprozesse. Sinnvolle Anwendung der neuen Technologie in Unternehmen. 2. Auflage. Berlin: Springer Gabler.

- [18] **Deutscher Ethikrat (2017):** Big Data und Gesundheit. Datensouveränität als informationelle Freiheitsgestaltung. Stellungnahme. Berlin: Deutscher Ethikrat.
- [19] **Koller, R., Kampheus, J. (2021):** Blockchain und Smart Contracts. In: Ten Hompel, M., Henke, M., Otto, B. (Hrsg.): Silicon Economy. Wie digitale Plattformen industrielle Wertschöpfungsnetzwerke global verändern. Berlin: Springer Vieweg, S. 122–139.
- [20] **Groß, D. (2022):** Vertragsdurchführung mit Smart Contracts – rechtliche Rahmenbedingungen und Herausforderungen. In: Rohde, M., Bürger, M., Peneva, K., Mock, J. (Hrsg.): Datenwirtschaft und Datentechnologie. Wie aus Daten Wert entsteht. Berlin: Springer Vieweg, S. 145–159.
- [21] **Jakob, S., Schulte, A.T., Sparer, D., Koller, R., Henke, M. (2018):** Social Networked Industry ganzheitlich gestalten. »Future Challenges in Logistics and Supply Chain Management. Dortmund: Fraunhofer IML.
- [22] **Hoffmann, T., Skwarek, V. (2019):** Blockchain, Smart Contracts und Recht. Smart Contracts als Risiko für Informatiker. Informatik Spektrum 42(3), S. 197–204.
- [23] **Chowdhury, M.J.M., Colman, A., Kabir, M.A., Han, J., Sarda, P. (2018):** Blockchain Versus Database: A Critical Analysis. : 2018 17th IEEE International Conference On Trust, Security And Privacy In Computing And Communications/ 12th IEEE International Conference On Big Data Science And Engineering (TrustCom/BigDataSE) IEEE, S. 1348–1353.
- [24] **Ali, O., Jaradat, A., Kulakli, A., Abuhalmeh, A. (2021):** A Comparative Study: Blockchain Technology Utilization Benefits, Challenges and Functionalities. IEEE Access 9, S. 12730–12749.
- [25] **Digiconomist (2021):** Bitcoin Electronic Waste Monitor - Digiconomist. <https://digiconomist.net/bitcoin-electronic-waste-monitor/>. Zugegriffen: 05. Dezember 2022.
- [26] **Digiconomist (2022):** Bitcoin Energy Consumption Index - Digiconomist. <https://digiconomist.net/bitcoin-energy-consumption>. Zugegriffen: 05. Dezember 2022.
- [27] **Digiconomist (2022):** Ethereum Energy Consumption Index - Digiconomist. <https://digiconomist.net/ethereum-energy-consumption>. Zugegriffen: 05. Dezember 2022.
- [28] **Sedlmeir, J., Buhl, H.U., Fridgen, G., Keller, R. (2020):** The Energy Consumption of Blockchain Technology: Beyond Myth. Bus Inf Syst Eng 62(6), S. 599–608.
- [29] **Rusch, M., Schögl, J.-P., Baumgartner, R.J. (2022):** Application of digital technologies for sustainable product management in a circular economy: A review. Bus Strat Env
- [30] **Rohde, M., Bürger, M., Peneva, K., Mock, J. (Hrsg.) (2022):** Datenwirtschaft und Datentechnologie. Wie aus Daten Wert entsteht. Berlin: Springer Vieweg.
- [31] **Sherman, A.T., Javani, F., Zhang, H., Golaszewski, E. (2018):** On the Origins and Variations of Blockchain Technologies
- [32] **PwC (2020):** Time for Trust. The trillion-dollar reasons to rethink blockchain
- [33] **Henke, M. (2017):** Blockchain - Von Supply Chain Finance über Smart Payment bis zu Smart Contracting. <https://www.de-hub.de/blog/post/blockchain-von-supply-chain-finance-ueber-smart-payment-bis-zu-smart-contracting/>. Zugegriffen: 01. März 2023.
- [34] **Sixt, E. (2017):** Bitcoins und andere dezentrale Transaktionssysteme. Blockchains als Basis einer Kryptoökonomie. Business book summary. Wiesbaden: Springer Gabler.
- [35] **Schulze, A., Bender, J., Weber, F. (2019):** Blockchain in der Bundesverwaltung. Verwaltung und Management (2), S. 83–89.
- [36] **Meitinger, T.H. (2017):** Smart Contracts. Informatik Spektrum (4), 371-175.
- [37] **Güllemann, D. (2004):** Wichtige Gesetze des Wirtschaftsprivatrechts. 6. Auflage. NWB-Textausgaben. Herne: Verlag Neue Wirtschafts-Briefe.
- [38] **Klink, P., Brüning, S. (2022):** BLOCKCHAIN. Booster für ein optimiertes, durchgängig digitales Gefahrgutmanagement. Logistik entdecken 22, S. 40–41.
- [39] **blockchain europe.nrw (2022):** Open Source Baukasten. Universelle Bausteine für Ihre Infrastruktur. <https://blockchain-europe.nrw/open-source/open-source-baukasten/>. Zugegriffen: 22. Dezember 2022.
- [40] **Singer, A.B. (2018):** Practical C++ Design. From Programming to Architecture. New York: Apress.
- [41] **Patni, S. (2017):** Pro RESTful APIs. Design, Build and Integrate with REST, JSON, XML and JAX-RS. New York: Apress.
- [42] **Kiebler, L., Jornitz, T., Musa, A., Grötz, F. (2022):** Blockchain: Einsatzmöglichkeiten in Zoll- und Exportkontrollumfeld. Außenwirtschaftliche Praxis : AW-Prax 28(6)

- [43] **Open Logistics Foundation (2022):** Licenses. <https://openlogisticsfoundation.org/licenses/>. Zugegriffen: 22. Dezember 2022.
- [44] **Diercke Weltatlas - Kartenansicht (2021):** Globale Warenketten (am Beispiel Jeans). <https://diercke.westermann.de/content/globale-warenketten-am-beispiel-jeans-978-3-14-100800-5-271-4-1>. Zugegriffen: 01. Oktober 2021.
- [45] **Agrawal, T.K., Kumar, V., Pal, R., Wang, L., Chen, Y. (2021):** Blockchain-based framework for supply chain traceability: A case example of textile and clothing industry. *Computers & Industrial Engineering* 154, S. 107130.
- [46] **Jacometti, V. (2019):** Circular Economy and Waste in the Fashion Industry. *Laws* 8(4), S. 27.
- [47] **Hader, M., Elmhamedi, A., Tchoffa, D., Ghodous, P., Abouabdellah, A., Essaoudi, M. (2022):** Optimisation of Procure to Pay process through Blockchain technology – Case of Textile Sector–. : 2022 IEEE 6th International Conference on Logistics Operations Management (GOL) IEEE, S. 1–7.
- [48] **Nowroth, A. (2022):** Vertriebs- und Geschäftsmodelle in der Logistikbranche: Wachstum sichern mit innovativen Strategien: Springer.
- [49] **OEKO-TEX Service GmbH (2021):** Standard MADE IN GREEN by OEKO-TEX®. [https://www.oeko-tex.com/importedmedia/downloadfiles/MADE\\_IN\\_GREEN\\_by\\_OEKO-TEX\\_R\\_-\\_Standard\\_de.pdf](https://www.oeko-tex.com/importedmedia/downloadfiles/MADE_IN_GREEN_by_OEKO-TEX_R_-_Standard_de.pdf). Zugegriffen: 25. November 2022.
- [50] **OEKO-TEX Service GmbH (2022):** OEKO-TEX® MADE IN GREEN. <https://www.oeko-tex.com/de/unsere-standards/oeko-tex-made-in-green>. Zugegriffen: 25. November 2022.
- [51] **Global Standard gGmbH (2021):** Zertifizierung und Labelling. <https://global-standard.org/de/zertifizierung-und-labelling/zertifizierung#approvedcertificationbodies>. Zugegriffen: 25. November 2022.
- [52] **Internationaler Verband der Naturtextilwirtschaft e.V. (2022):** NATURTEXTIL IVN zertifiziert BEST. <https://naturtextil.de/qualitaetszeichen/qualitaetszeichenbest/>. Zugegriffen: 25. November 2022.
- [53] **Internationaler Verband der Naturtextilwirtschaft e.V. (2018):** NATURTEXTIL IVN zertifiziert BEST (IVN BEST). [https://naturtextil.de/wp-content/uploads/2018/10/IVN\\_BEST\\_Version\\_6-1\\_2018.pdf](https://naturtextil.de/wp-content/uploads/2018/10/IVN_BEST_Version_6-1_2018.pdf). Zugegriffen: 25. November 2022.
- [54] **Kern, S. (2021):** Das bedeutet das Fair Wear Foundation Siegel. <https://www.fairlyfab.com/de-DE/magazin/fair-wear-foundation-siegel>. Zugegriffen: 25. November 2022.
- [55] **Fair Wear Foundation (2020):** Fair Wear new membership guidelines. <https://api.fairwear.org/wp-content/uploads/2020/07/FairWear-newmembership-guidelines01.pdf>. Zugegriffen: 25. November 2022.
- [56] **glore Handels GmbH (2022):** Cradle To Cradle. <https://www.glore.de/Zertifizierungen/Cradle-To-Cradle/>. Zugegriffen: 25. November 2022.
- [57] **Cradle to Cradle Products Innovation Institute Inc. (2022):** Introducing the Cradle to Cradle Certified Product Standard Version 4.0 . <https://www.c2ccertified.org/get-certified/cradle-to-cradle-certified-version-4>. Zugegriffen: 25. November 2022.
- [58] **RAL gGmbH (2022):** Kriterienentwicklung und Prüfung. <https://www.blauer-engel.de/de/blauer-engel/unser-zeichen-fuer-die-umwelt/wissenschaftlich-erarbeitet>. Zugegriffen: 25. November 2022.
- [59] **RAL gGmbH (2022):** Über das EU Ecolabel. <https://eu-ecolabel.de/eu-ecolabel-das-umweltzeichen-ihres-vertrauens/ueber-das-eu-ecolabel>. Zugegriffen: 25. November 2022.
- [60] **Europäische Kommission (2014):** BESCHLUSS DER KOMMISSION vom 5. Juni 2014 zur Festlegung der Umweltkriterien für die Vergabe des EU-Umweltzeichens für Textilerzeugnisse. [https://eu-ecolabel.de/fileadmin/user\\_upload/Documents/PG016/Beschl%C3%BCsse-DE/Vergabekriterien\\_CELEX\\_32014D0350\\_DE\\_TXT.pdf](https://eu-ecolabel.de/fileadmin/user_upload/Documents/PG016/Beschl%C3%BCsse-DE/Vergabekriterien_CELEX_32014D0350_DE_TXT.pdf). Zugegriffen: 25. November 2022.
- [61] **Fairtrade Deutschland e.V. (2019):** Lizenznehmerliste. [https://www.fairtrade-deutschland.de/fileadmin/DE/05\\_fuer\\_unternehmen/03\\_unsere\\_partner/transfair\\_lizenznehmerliste.pdf](https://www.fairtrade-deutschland.de/fileadmin/DE/05_fuer_unternehmen/03_unsere_partner/transfair_lizenznehmerliste.pdf). Zugegriffen: 25. November 2022.
- [62] **Fairtrade Deutschland e.V. (2022):** Fairtrade-Standards. Die Spielregeln des Fairen Handels. <https://www.fairtrade-deutschland.de/was-ist-fairtrade/fairtrade-standards>. Zugegriffen: 25. November 2022.
- [63] **Fairtrade Deutschland e.V. (2014):** Fairtrade Standard für lohnabhängig Beschäftigte. [https://www.fairtrade-deutschland.de/fileadmin/DE/01\\_was\\_ist\\_fairtrade/03\\_standards/fairtrade\\_standard\\_fuer\\_lohnabhaengig\\_beschaeftigte.pdf](https://www.fairtrade-deutschland.de/fileadmin/DE/01_was_ist_fairtrade/03_standards/fairtrade_standard_fuer_lohnabhaengig_beschaeftigte.pdf). Zugegriffen: 25. November 2022.

- [64] **Fairtrade Deutschland e.V. (2019):** Fairtrade-Standard für Kleinbauernorganisationen. [https://www.fairtrade-deutschland.de/fileadmin/DE/01\\_was\\_ist\\_fairtrade/03\\_standards/fairtrade\\_standard\\_fuer\\_kleinbauernorganisationen.pdf](https://www.fairtrade-deutschland.de/fileadmin/DE/01_was_ist_fairtrade/03_standards/fairtrade_standard_fuer_kleinbauernorganisationen.pdf). Zugegriffen: 25. November 2022.
- [65] **Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH (2022):** Was prüft der Grüne Knopf? <https://www.gruener-knopf.de/ueberblick-kriterien>. Zugegriffen: 15. November 2022.
- [66] **Europäischer Rat (2022):** Ein europäischer Grüner Deal. <https://www.consilium.europa.eu/de/policies/green-deal/>. Zugegriffen: 15. November 2022.
- [67] **Herbold, T. (2021):** European Green Deal – Status quo der Umsetzung in Deutschland. <https://www.bondguide.de/?p=71681>. Zugegriffen: 15. November 2022.
- [68] **Amt für Veröffentlichungen der Europäischen Union, Europäische Union (2022):** Nachhaltige und kreislauffähige Textilien bis 2030. Factsheet
- [69] **Europäische Kommission (2022):** EU-Strategie für nachhaltige und kreislauffähige Textilien. MITTEILUNG DER KOMMISSION AN DAS EUROPÄISCHE PARLAMENT, DEN RAT, DEN EUROPÄISCHEN WIRTSCHAFTS- UND SOZIALAUSSCHUSS UND DEN AUSSCHUSS DER REGIONEN
- [70] **Europäische Kommission (2022):** Anhang EU-Strategie für nachhaltige und kreislauffähige Textilien. ANHANG der MITTEILUNG DER KOMMISSION AN DAS EUROPÄISCHE PARLAMENT, DEN RAT, DEN EUROPÄISCHEN WIRTSCHAFTS- UND SOZIALAUSSCHUSS UND DEN AUSSCHUSS DER REGIONEN
- [71] **Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (2021):** Das Lieferkettengesetz ist da
- [72] **Bundesverband der deutschen Industrie (2021):** Auf dem Weg zu einem europäischen Lieferkettengesetz. <https://bdi.eu/artikel/news/auf-dem-weg-zu-einem-europaeischen-lieferkettengesetz/>. Zugegriffen: 19. Oktober 2021.
- [73] **Schmid, S. (2021):** Bundestag verabschiedet das Lieferkettengesetz. Deutscher Bundestag. <https://www.bundestag.de/dokumente/textarchiv/2021/kw23-de-lieferkettengesetz-845608>. Zugegriffen: 01. Oktober 2021.
- [74] **Hassa, E. (2022):** Stumpfe Waffe oder scharfes Schwert? Verkehrsrundschau 76(20/2022), S. 30–33.
- [75] **McFerson, T. (2022):** Why are Companies Moving Back Home. An investigation into drivers of location choice in the European apparel industry. Master's Thesis.
- [76] **Wiesmann, B., Snoei, J.R., Hilletofth, P., Eriksson, D. (2017):** Drivers and barriers to reshoring: a literature review on offshoring in reverse. EBR 29(1), S. 15–42.
- [77] **Pourhejazy, P., Ashby, A. (2021):** Reshoring Decisions for Adjusting Supply Chains in a Changing World: A Case Study from the Apparel Industry. Int J Environ Res Public Health 18(9)
- [78] **Hedrich, S., Hügl, J., Ibanez, P., Magnus, K.-H. (2021):** Revamping fashion sourcing: Speed and flexibility to the fore. McKinsey Apparel CPO Survey 2021
- [79] **Ellen MacArthur Foundation (2017): A new textiles economy:** Redesigning fashion's future. <https://ellenmacarthurfoundation.org/a-new-textiles-economy>. Zugegriffen: 15. November 2022.
- [80] **Fachverband Textilrecycling (2021):** Keine Altkleidersammlung ist auch keine Lösung. <https://www.bvse.de/gut-informiert-textil-recycling/pressemitteilungen-textil-recycling/6824-keine-alkleidersammlung-ist-auch-keine-loesung.html>
- [81] **Kranert, M. (2017):** Einführung in die Kreislaufwirtschaft. Planung -- Recht --Verfahren. 5. Auflage. Wiesbaden: Springer Vieweg (Springer eBook Collection).
- [82] **Korolkow, J. (2015):** Studie - Konsum, Bedarf und Wiederverwendung von Bekleidung und Textilien in Deutschland. Im Auftrag des bvse- Bundesverband Sekundärrohstoffe und Entsorgung e.V. With assistance of T. Pretz, K. Raulf. Edited by bvse- Bundesverband Sekundärrohstoffe und Entsorgung e.V. RWTH- Aachen. Zugegriffen: 02. Januar 2023.
- [83] **ÖkoMedia Public Relations (2001):** Lebenslauf von Textilien. Von der Faser zum Recycling. 1. Auflage. Eschborn: Gesamttextil.
- [84] **Eppinger, E. (2022):** Recycling technologies for enabling sustainability transitions of the fashion industry: status quo and avenues for increasing post-consumer waste recycling. Sustainability: Science, Practice and Policy 18(1), S. 114–128.
- [85] **Muthu, S.S. (2017):** Textiles and Clothing Sustainability. Recycled and Upcycled Textiles and Fashion. Singapore: s.l.: Springer Singapore (Textile Science and Clothing Technology).

- [86] **Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (2023)**: Kernergebnisse des Digitalisierungsindex 2022. <https://www.de.digital/DIGITAL/Redaktion/DE/Digitalisierungsindex/Dossier/digitalisierungsindex.html>. Zugegriffen: 24. Februar 2023.
- [87] **Gesamtverband der deutschen Textil- und Modeindustrie e. V. (2023)**: Mittelstand 4.0 Kompetenzzentrum. <https://www.kompetenzzentrum-textil-ernetzt.digital/aktuelles.html>. Zugegriffen: 24. Februar 2023.
- [88] **Frickel, C. (2015)**: Gerry Weber verwandt Kleidung mit Schnüffelchips. [https://www.focus.de/digital/multimedia/gerry-weber-verwandt-kleidung-mit-schnueffelchips-datenschuetzer-schlagen-alarm\\_id\\_2396736.html](https://www.focus.de/digital/multimedia/gerry-weber-verwandt-kleidung-mit-schnueffelchips-datenschuetzer-schlagen-alarm_id_2396736.html). Zugegriffen: 25. November 2022.
- [89] **Ident Verlag & Service GmbH (2009)**: Gerry Weber beginnt RFID-Erprobung. <https://www.ident.de/news/gerry-weber-beginnt-rfid-erprobung#.Y4D9I32ZND9>. Zugegriffen: 25. November 2022.
- [90] **evan GmbH (2019)**: KiK und LINDIG stellen Business-Anwendungen auf evan.network vor. <https://evan.network/de/neuigkeiten/kik-und-lindig-stellen-business-anwendungen-vor/>. Zugegriffen: 25. November 2022.
- [91] **Retraced (2022)**: Skalierbares Tracing. Jedes Material. Jede Lieferkette. <https://www.retraced.com/de/bottom-up-cascade-traceability-solution-for-fashion>. Zugegriffen: 25. November 2022.
- [92] **Huth, M., Knauer, C., Enders, M. (2022)**: Digitalisierung in Supply Chains. BME-Logistikstudie 2022. Eschborn
- [93] **Förster, M. (2020)**: Mehr als 2000 Liter Wasser: Das ist die Ökobilanz eines T-Shirts. <https://www.rnd.de/lifestyle/okobilanz-eines-t-shirts-uber-2000-liter-wasser-NEIL55F2DFBE5IW46DNOAHWQFE.html>. Zugegriffen: 26. Januar 2023.
- [94] **European Center for Constitutional and Human Rights (ECCHR) e.V. (2019)**: Fallbeschreibung. Fabrikbrand in Pakistan: Billige Textilproduktion, lebensgefährliche Arbeit. [https://www.ecchr.eu/fileadmin/Fallbeschreibungen/Fallbeschreibung\\_KiK\\_Pakistan\\_August2019.pdf](https://www.ecchr.eu/fileadmin/Fallbeschreibungen/Fallbeschreibung_KiK_Pakistan_August2019.pdf). Zugegriffen: 02. März 2023.



## Kontakt

---

Natalie Fohrer, Center Textillogistik am  
Fraunhofer IML und der Hochschule Niederrhein  
Andreas Gade, Fraunhofer IML  
Prof. Dr.-Ing. Markus Muschkiet,  
Leiter Center Textillogistik am Fraunhofer IML und  
der Hochschule Niederrhein

Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik IML  
Joseph-von-Fraunhofer-Straße 2-4  
44227 Dortmund  
[www.iml.fraunhofer.de](http://www.iml.fraunhofer.de)