

Abschlussbericht BWPLUS

Ressourcenschonung durch Distributed-Ledgers- und Blockchain-Technologie für die industrielle Produktion und Kreislaufwirtschaft (ReDiBlock)

erstellt von

Christian Bergemann¹, Larissa Coblenzer²,
Florian Bodrogi², Mikael Beyene³ und Frauke Hänel⁴

¹Thinktank Industrielle Ressourcenstrategien, ²Hochschule Pforzheim,
³Karlsruher Institut für Technologie (KIT), ⁴iPoint-Systems GmbH

Förderkennzeichen: BWDU20113, BWDU20114, BWDU20115, BWDU20116

Laufzeit: 08.10.2020 - 31.03.2023

Finanziert aus Landesmitteln, die der Landtag Baden-Württemberg beschlossen hat.

Juni 2023

Projektpartner und Leitung:

Thinktank Industrielle Ressourcenstrategien

angesiedelt am Karlsruher Institut für Technologie (KIT)

Hertzstraße 16, 76187 Karlsruhe

Dr. Christian Kühne (Geschäftsführer)

Prof. Jochen Kolb (Projektleitung)

Institut für Industrial Ecology (INEC)

Hochschule Pforzheim

Tiefenbronner Str. 65, 75175 Pforzheim

Prof. Mario Schmidt (Projektleitung)

Institut für Angewandte Informatik und Formale Beschreibungsverfahren (AIFB)

Karlsruher Institut für Technologie

Kaiserstraße 89, 76133 Karlsruhe

Prof. Ali Sunyaev (Projektleitung)

iPoint-Systems GmbH

Ludwig-Erhard-Straße 58, 72760 Reutlingen

Sebastian Schwarz (Projektleitung)

Projektübersicht

Das Projekt "Ressourcenschonung durch Distributed-Ledger- und Blockchain-Technologie für die industrielle Produktion und Kreislaufwirtschaft" (ReDiBlock) zielt auf die Nutzbarmachung dieser Technologien für deutsche und baden-württembergische Wirtschaft und Verwaltung ab. Die Hauptmotivation hinter dem Projekt war es die Grundlage für ein System des transparenten und manipulationssicheren Austauschs von Informationen als Basis für eine ressourceneffiziente Kreislaufwirtschaft zu legen. Die entlang des Lebenszyklus eines Produktes generierten, umfangreichen Daten nutzen zahlreiche Akteure für ihre Entscheidungen, wobei diese Informationen zurzeit meist dezentral verteilt sind. Sowohl die Bereiche der Produktion und Verteilung als auch die der Sammlung, Wiederverwendung und Kreislaufführung könnten von diesen Informationen erheblich profitieren. Der gemeinsame Zugriff auf diese Informationen würde die Effektivität und Effizienz des gesamten Systems erheblich erhöhen und zusätzliche Anwendungsfelder und Geschäftsmodelle generieren. Im Zuge der gesellschaftlichen Erwartungen an den Klimaschutz und eine zukunftsfähige Industriegesellschaft mit hocheffizienten, umweltverträglichen Energie- und Materialströmen ist der umfassende Zugriff auf alle verfügbaren Informationen unabdingbar. Allerdings ist die Erhebung von Daten über die Lieferkette hinweg kostenintensiv, derzeit unzureichend standardisiert und Synergieeffekte zwischen den einzelnen Ansätzen werden oft nicht ausreichend erkannt und genutzt. Dies lässt einen integrativen Ansatz der Datenerhebung und -verarbeitung erstrebenswert erscheinen.

Ziel des Vorhabens war es zunächst, Daten über die gesamte Lieferkette hinweg in manipulationssicheren Datenströmen abbilden zu können und hierdurch die Grundlage für eine Form des Digitalen Produktpasses (DPP), wie er von Bundesregierung und EU anvisiert wird, zu legen. Aufgrund der enormen Komplexität der Nachverfolgung von, meist im Ausland abgebauten, Primärrohstoffen, rückte die vollständige Durchdringung der für eine Kreislaufwirtschaft relevanten Teile der Lieferkette in den Fokus. Es wurden sowohl generelle als auch ausgewählte Anwendungsfälle betrachtet und die erarbeiteten Konzepte exemplarisch anhand von Realdaten aus der Edelmetallindustrie geprüft. Hierbei fanden auch die unterschiedlichen Herangehensweisen zwischen stückgut- und mengen(bulk)-orientierten Produkten und deren Schnittstellen Berücksichtigung.

Mit dem Konzept der Distributed Ledger und der Blockchain Technologien sind in den letzten Jahren Optionen entwickelt worden, die wenigstens teilweise die genannten Widersprüche lösen und die gewünschte Nachverfolgbarkeit von Daten über Lieferkette und -netze mit der notwendigen Sicherheit und Vertraulichkeit gewährleisten können. Diese neuen digitalen Technologien ermöglichen den Aufbau einer übergreifenden industriellen Informationsplattform. Hierzu erkundete das Projekt zunächst die notwendigen (daten)technischen Ansätze und Voraussetzungen und die Möglichkeiten der Übertragung von Realdaten in das digitale System. Zudem wurde das dazu notwendige Distributed Ledger (DLT) Konzept entwickelt, sowie exemplarisch eine Plattform aufgebaut und am Beispiel realer Material-, Produkt- und Stoffstromdaten beteiligter Unternehmen mit positivem Ergebnis geprüft.

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis.....	VII
Abbildungsverzeichnis.....	VIII
Tabellenverzeichnis.....	XII
1 Einführung.....	1
1.1 Motivation.....	1
1.2 Problemstellung.....	2
1.3 Aufgabenstellung.....	2
2 Hintergrund.....	3
2.1 Digitaler Produktpass.....	3
2.2 Distributed Ledger Technology.....	5
2.3 Produktketten.....	8
2.4 Recyclingmaterialien.....	14
3 Arbeitspaket 1: Projektorganisation.....	16
3.1 Projektzeitplan.....	16
3.2 Vernetzung und Projektablauf.....	17
4 Arbeitspaket 2: Stakeholder und Dialogprozess.....	17
5 Arbeitspaket 3: Kooperation mit Unternehmen.....	18
5.1 Einbindung von Unternehmen.....	18
5.2 Vorstellung der Partnerunternehmen.....	19
6 Arbeitspaket 4: Analyse der Anwendungsfälle und Identifikation von Anforderungen.....	20
6.1 Vorgehensweise.....	20
6.2 Stand des Wissens.....	24
6.3 Analyse möglicher Anwendungsfälle von DLT für Ressourcenschonung und Kreislaufwirtschaft.....	35
6.4 Generisches Konzept zur Informationsübermittlung in Wertschöpfungs-ketten mittels DLT.....	51
6.5 Fallstudie Konzept zur Informationsübermittlung in der Edelmetallbranche mittels DLT.....	60
7 Arbeitspaket 5: Analyse und Konzeption des Systems.....	123
7.1 Relevante DLT-Charakteristika.....	123
7.2 Eignung der DLT-Designs.....	129

7.3 Systemkonzept	130
8 Arbeitspaket 6: Innovationsmonitoring	137
8.1 Innovative Anwendungen in der Praxis	137
8.2 Innovative Anwendungen in der Forschung	139
9 Arbeitspaket 7: Entwicklung und Testbetrieb des Demonstrators	142
9.1 User Centered Design Prozess	142
9.2 Ergebnisse aus der UCD Analysephase	144
9.3 Ergebnisse aus der UCD Test- und Design-Phase	146
10Arbeitspaket 8: Evaluierung des Demonstrators	155
10.1Funktionen	156
10.2Technologie	157
10.3Performance	157
10.4Datensicherheit	158
10.5Nachvollziehbarkeit	158
11Arbeitspaket 9: Geschäftsmodelle und Ordnungsrahmen	159
11.1Vorgehensweise	159
11.2Landkarte der Geschäftsmodelle	161
11.3Relevante Ordnungsrahmen	176
11.4Geschäftsmodelle der Fallstudie	179
12Fazit	184
13Literatur	186
14Anhang A	198
14.1Erfolgte Veröffentlichung	198
14.2Fragenkatalog C.Hafner	200
14.3Fragenkatalog EGF	203
14.4Fragenkatalog Helaba	207
14.5Attributsliste für den DPP	211
14.6Vertiefte Analyse ausgesuchter Ordnungsrahmen	214
14.7Rechnungen CO ₂ Kompensationskosten	236
14.8Parallele Projekte	239

Abkürzungsverzeichnis

a	Jahr
AP	Arbeitspaket
ASM	Artisanal and small-scale mining
BC	Blockchain
CoC	Code of Conduct
CoP	Code of Practices
DLT	Distributed-Ledger-Technologie
DL	Distributed-Ledger
DPP	Digitaler Produktpass
EoL	End-of-Life
Eq	(CO ₂ -) Äquivalente
ERC-20	Ethereum Request for Comments 20 (Token Standard)
GPS	Global Positioning Systeme
KYC	Know-Your-Customer
LBMA	London-Bullion-Market-Association
LSM	Large-scale mining
OECD	The Organization for Economic Cooperation and Development
ReDiBlock	Ressourcenschonung durch die Distributed-Ledger- und Block chain-Technologie
RFID	Radio-Frequency Identification
RGG	Responsible Gold Guidance
RGT	Recycling Gold Token
RJC	Responsible Jewellery Council
TP	Teilpaket
UCD	User Centered Design

Abbildungsverzeichnis

<i>Abbildung 2-1: Strukturierte Darstellung der Terminologie im Kontext von DLT.</i>	7
<i>Abbildung 2-2: Chain of Custody-Models</i>	9
<i>Abbildung 2-3: Unterscheidungen von Recyclingmaterial nach Graedel et al. (2011) am Beispiel des Edelmetallrecyclings.</i>	15
<i>Abbildung 3-1: Dem letztendlichen Projektstand angepasster Projektplan der die Aufteilung des Gesamtvorhabens in einzelne Arbeitspakete und die jeweils involvierten Projektpartner zeigt.</i>	16
<i>Abbildung 6-1: Erfolgsfaktoren Nachhaltigen Lieferkettenmanagements und deren Beziehungen</i>	25
<i>Abbildung 6-2: Mögliche Hemmnisse Nachhaltigen Lieferkettenmanagements und deren Beziehungen</i>	26
<i>Abbildung 6-3: Anwendungsfelder von DLT für Ressourcenschonung und Kreislaufwirtschaft in parallelen Projekten</i>	27
<i>Abbildung 6-4: Landkarte möglicher Anwendungsfälle von DLT für mehr Ressourcenschonung und Kreislaufwirtschaft</i>	36
<i>Abbildung 6-5: Akteure und Knoten im DLT-System</i>	53
<i>Abbildung 6-6: System der Massenbilanzierung</i>	55
<i>Abbildung 6-7: System des Book and Claim</i>	56
<i>Abbildung 6-8: Grundprinzip des materialgebundenen Produktpasses</i>	57
<i>Abbildung 6-9: Grundprinzip des Materialungebundenen Zertifikats</i>	59
<i>Abbildung 6-10: Kombination aus materialgebundenem Produktpass und materialungebundenem Zertifikat</i>	60
<i>Abbildung 6-11: Primärgoldlieferkette</i>	66
<i>Abbildung 6-12: Sekundärgoldlieferkette</i>	72
<i>Abbildung 6-13: Akteure in der Lieferkette</i>	77
<i>Abbildung 6-14: Prozessablauf Vorlieferant</i>	79
<i>Abbildung 6-15: Interner Prozessablauf beim Lieferanten</i>	80
<i>Abbildung 6-16: Interner Prozessablauf bei C.Hafner</i>	82
<i>Abbildung 6-17: 20 g Goldbarren in Verpackung</i>	83
<i>Abbildung 6-18: Interner Prozessablauf beim Weiterverarbeiter extern</i>	84
<i>Abbildung 6-19: Prozessablauf beim Verbraucher</i>	85
<i>Abbildung 6-20: Blockchain Entscheidungsmodell für C.Hafner</i>	86

<i>Abbildung 6-21: Blockchain Canvas MHP</i>	90
<i>Abbildung 6-22: Blockchain Canvas im Anwendungsfall</i>	96
<i>Abbildung 6-23: Informationseingabe Lieferant</i>	99
<i>Abbildung 6-24: Sichtweise des Lieferanten im DLT-System</i>	100
<i>Abbildung 6-25: Recyclinggoldnachweise Wareneingang</i>	101
<i>Abbildung 6-26: Recyclingmaterial in Kiste mit QR-Code AA</i>	102
<i>Abbildung 6-27: Scheidgutbarren mit QR-Code AA</i>	104
<i>Abbildung 6-28: Scheidgutbarren (QR-Codes AA, BB, CC) in Kiste (QR-Code ZZ)</i>	105
<i>Abbildung 6-29: Goldschwamm und Granalien mit QR-Code ZZ</i>	106
<i>Abbildung 6-30: Interner Prozess bei C.Hafner</i>	109
<i>Abbildung 6-31: 20 g Goldbarren in Verpackung mit materialgebundenem Produktpass</i>	110
<i>Abbildung 6-32: Konzept – Dauerhaft materialgebundener Produktpass</i>	111
<i>Abbildung 6-33: Sichtweise C.Hafner auf das DLT-System beim gebundenen Zertifikat</i>	112
<i>Abbildung 6-34: Informationseingabe und Sichtweise C.Hafner</i>	112
<i>Abbildung 6-35: 20 g Goldbarren in Verpackung ohne Zertifikat</i>	113
<i>Abbildung 6-36: Ausschnitt Konzept – Zeitweise materialungebundenen Zertifikat</i>	113
<i>Abbildung 6-37: Sichtweise C.Hafner auf das DLT-System mit ungebundenem und gebundenen Zertifikat</i>	114
<i>Abbildung 6-38: 2. Ausschnitt Konzept – Zeitweise materialungebundenen Zertifikat</i>	115
<i>Abbildung 6-39: Identity-Card mit QR-Code</i>	115
<i>Abbildung 6-40: Sichtweise Weiterverarbeiter extern im DLT-System</i>	116
<i>Abbildung 6-41: Informationseingabe und Sichtweise externer Weiterverarbeiter..</i>	117
<i>Abbildung 6-42: Sichtweise des Händlers im DLT-System</i>	118
<i>Abbildung 6-43: Informationseingabe und Sichtweise Händler</i>	118
<i>Abbildung 6-44: Sichtweise des Verbrauchers im DLT-System</i>	119
<i>Abbildung 6-45: Konzept – Zeitweise materialungebundenen Zertifikat</i>	119
<i>Abbildung 6-46: Sichtweise Auditor im DLT-System</i>	120
<i>Abbildung 6-47: Konzept - materialgebunden und ungebundene Produktpassmöglichkeiten</i>	122

<i>Abbildung 7-1: Übersicht der Systemkomponenten und deren Aufteilung auf das konventionelle Backend und den Ledger.....</i>	<i>130</i>
<i>Abbildung 9-1: Übersicht über die Phasen des User-Centered Design Prozesses</i>	<i>143</i>
<i>Abbildung 9-2: Analyseergebnisse der Workshops zur Definition der Personas. Beispielfhaft sind hier die zwei Personas „Barren-Lieferant“ (Brad Smith, links) und „Altmaterial-Lieferant“ (Sandra, rechts) gezeigt.....</i>	<i>145</i>
<i>Abbildung 9-3: Ausschnitt aus der Attributliste für die Entwicklung eines Digitalen Produktpasses.....</i>	<i>146</i>
<i>Abbildung 9-4: Übersichtsansicht (Inventory Dashboard) des Prototypen aus Sicht eines Nutzers. Die Kopfzeile (1) zeigt die Anzahl der DPPs, die im Besitz des Nutzers sind (Owned), vom Nutzer erstellt (Created), übertragen (Sent) oder entgegen genommen (Received) wurden. Darunter werden die DPPs aufgelistet, die sich im Besitz des Nutzers befinden (2). Details zu den DPPs lassen sich durch Anklicken (Pfeil) anzeigen.....</i>	<i>148</i>
<i>Abbildung 9-5: Detailansicht eines Digitalen Produktpasses für einen Feingoldbarren im Prototypen. Die Übersicht (1) zeigt die Attribute eines Produktes. CO2-Fußabdruck (2), Anteil des Recyclingmaterials (3) und Dokumente (4) können ebenfalls für ein Produkt in dieser Ansicht eingetragen oder geändert werden. Jeder angelegte DPP erhält eine eindeutige ID (roter Kasten).....</i>	<i>149</i>
<i>Abbildung 9-6: Nachweis der Zusammensetzung eines vorgeschmolzenen Barrens. Über die Option „Documents“ können Dokumente angehängt werden, welche die Herkunft des Goldes im vorgeschmolzenen Barren verifizieren.</i>	<i>150</i>
<i>Abbildung 9-7: Darstellung der Unterscheidung von „old scrap“ und „new scrap“ in der Nutzeroberfläche. In diesem Fall bestehen die abgebildeten Feingoldgranalien zu 100% aus Recyclingmaterial, welches sich aus zwei Chargen Feingold zusammensetzt.</i>	<i>151</i>
<i>Abbildung 9-8: Darstellung des Integritätsnachweises am Beispiel des Produktes Feingoldgranalien. Mit einem Klick auf das grüne Häkchen-Symbol werden die Intergritätsinformationen dargestellt. Wären die Werte manipuliert worden, würde der berechnete („calculated“) Hash-Wert nicht mehr dem Original-Wert entsprechen und das Symbol in rot dargestellt werden.....</i>	<i>152</i>

<i>Abbildung 9-9: Referenz zum RGT-Transfer im DPP. In der Übersicht des DPP wird die Hash-ID für die zugehörige Transaktion der RGTs für 2726g Feingoldgranalien auf dem Ledger dargestellt (roter Kasten).</i>	153
<i>Abbildung 9-10: Übersicht über die Transaktion von RGTs im Wert von 2726g Recyclinggold. Der zugehörige DPP ist über seine ID unter „Input Data“ hinterlegt. Die Transaktion kann auf dem Ledger eingesehen werden.</i>	154
<i>Abbildung 11-1: Mögliche Geschäftsmodelle für Ressourcenschonung und Kreislaufwirtschaft mittels DLT</i>	161
<i>Abbildung 11-2: Akteure und Informationsflüsse für optimierte Logistik</i>	163
<i>Abbildung 11-3: Akteure und Informationsflüsse für optimiertes Supply Chain Management</i>	164
<i>Abbildung 11-4: Akteure und Informationsflüsse für verantwortungsvolle Rohstoffgewinnung</i>	165
<i>Abbildung 11-5: Akteure und Informationsflüsse für Governance von Zulieferern</i>	166
<i>Abbildung 11-6: Akteure und Informationsflüsse für Qualitätsmanagement von Zulieferern</i>	167
<i>Abbildung 11-7: Akteure und Informationsflüsse für Nachweis von Inhaltsstoffen, Produktzusammensetzungen</i>	168
<i>Abbildung 11-8: Akteure und Informationsflüsse Erfassung von Nutzungsdaten, Smart Maintenance</i>	169
<i>Abbildung 11-9: Akteure und Informationsflüsse für Sharing Economy, XAAS</i>	170
<i>Abbildung 11-10: Akteure und Informationsflüsse für Produktrückruf</i>	170
<i>Abbildung 11-11: Akteure und Informationsflüsse optimierte Recyclingfähigkeit eigener Produkte</i>	171
<i>Abbildung 11-12: Akteure und Informationsflüsse für Sicherstellung der Verwendung von Recyclingmaterial</i>	172
<i>Abbildung 11-13: Akteure und Informationsflüsse für vollständige Kreislaufschließung</i>	173
<i>Abbildung 11-14: Akteure und Informationsflüsse für Umweltgerechte Entsorgung</i>	174
<i>Abbildung 11-15: Akteure und Informationsflüsse Ökobilanzierung und Carbon Footprinting von Produkten</i>	175
<i>Abbildung 11-16: Recyclingnachweis Token- Geschäftsmodell C.Hafner</i>	182
<i>Abbildung 15-1: Antragsverfahren LBMA</i>	233

Tabellenverzeichnis

<i>Tabelle 2-1: Produktketten-Systeme im Überblick</i>	13
<i>Tabelle 6-1: Funktionen und Eigenschaften der DLT für optimierte Logistik</i>	37
<i>Tabelle 6-2: Funktionen und Eigenschaften der DLT für optimiertes Supply Chain Management</i>	37
<i>Tabelle 6-3: Funktionen und Eigenschaften der DLT für verantwortungsvolle Rohstoffgewinnung</i>	38
<i>Tabelle 6-4: Funktionen und Eigenschaften der DLT für Governance von Zulieferern</i>	39
<i>Tabelle 6-5: Funktionen und Eigenschaften der DLT für Qualitätsmanagement von Zulieferern</i>	40
<i>Tabelle 6-6: Funktionen und Eigenschaften der DLT für Nachweis von Inhaltsstoffen, Produktzusammensetzungen</i>	41
<i>Tabelle 6-7: Funktionen und Eigenschaften der DLT für Erfassung von Nutzungsdaten, Smart Maintenance</i>	42
<i>Tabelle 6-8: Funktionen und Eigenschaften der DLT für Sharing Economy, XAAS</i> ..	42
<i>Tabelle 6-9: Funktionen und Eigenschaften der DLT für Produktrückruf</i>	43
<i>Tabelle 6-10: Funktionen und Eigenschaften der DLT für optimierte Recyclingfähigkeit eigener Produkte</i>	44
<i>Tabelle 6-11: Funktionen und Eigenschaften der DLT für Sicherstellung der Verwendung von Recyclingmaterial</i>	45
<i>Tabelle 6-12: Funktionen und Eigenschaften der DLT vollständige Kreislaufschließung</i>	46
<i>Tabelle 6-13: Funktionen und Eigenschaften der DLT für umweltgerechte Entsorgung</i>	46
<i>Tabelle 6-14: Funktionen und Eigenschaften der DLT für Ökobilanzierung und Carbon Footprinting von Produkten</i>	48
<i>Tabelle 6-15: Funktionen und Eigenschaften der DLT für Ökobilanzierung und Carbon Footprinting von Unternehmen</i>	49
<i>Tabelle 6-16: Funktionen und Eigenschaften der DLT für optimierte Emissionshandel</i>	50
<i>Tabelle 6-18: Jahresangebot von Gold weltweit (2019)</i>	63
<i>Tabelle 6-19: Jahresnachfrage nach Gold weltweit (2019)</i>	64

<i>Tabelle 6-20: Klimafußabdrücke von Gold je nach Art der Produktion</i>	<i>74</i>
<i>Tabelle 7-1: Betrachtung von Ethereum (privater Modus) und Hyperledger Fabric im Hinblick auf die für den Anwendungsfall relevanten Merkmale.....</i>	<i>129</i>
<i>Tabelle 7-2: Abstrakte Klasse Node. Die Klassen Material und Product erben von dieser.....</i>	<i>131</i>
<i>Tabelle 7-3: Klasse Material. Die Klasse Product ist gleich aufgebaut und daher nicht extra dargestellt.</i>	<i>132</i>
<i>Tabelle 7-4: Die Merkmale der Klasse Product entsprechen denen der Klasse Material. Die Klasse repräsentiert den Produktpass bzw. die darin enthaltenen Daten.</i>	<i>132</i>
<i>Tabelle 7-5: Attributklasse welche grundlegend für die Kommunikation mit anderen Akteuren ist.....</i>	<i>133</i>
<i>Tabelle 7-6: Beispielhafte Normierung von Attributen</i>	<i>133</i>
<i>Tabelle 7-7: Die Klasse Permission. Diese bildet die Berechtigungen ab für assoziierte Materialien und Produkte.....</i>	<i>134</i>
<i>Tabelle 7-8: Die Attribute und Methoden der Klasse IntegrityDatabaseSimple, welche in einem Smart Contract umgesetzt werden soll</i>	<i>135</i>
<i>Tabelle 7-9: Die Attribute und Methoden der Klasse IntegrityDatabase, welche in einem Smart Contract umgesetzt werden soll</i>	<i>136</i>
<i>Tabelle 9-1: Umsetzung von Material-gebundenem und Material-ungebundenem DPP</i>	<i>155</i>
<i>Tabelle 11-1: Übersicht über relevante Ordnungsrahmen, deren Urheber und den Stand der Umsetzung.....</i>	<i>176</i>
<i>Tabelle 15-1: CO2-Kompensationsberechnung Geschäftsmodell Fallstudie.....</i>	<i>238</i>

1 Einführung

1.1 Motivation

Die entlang des Lebenszyklus eines Produktes generierten, umfangreichen Daten nutzen zahlreiche Akteure für ihre Entscheidungen. In Wertschöpfungsketten und -netzen sind diese Informationen dezentral verteilt. Sowohl die vorgeschalteten Bereiche der Produktion und Verteilung als auch die nachgeschalteten Bereiche der Sammlung, Wiederverwendung und Kreislaufführung könnten von diesen Informationen erheblich profitieren. Während der Nutzungsphase fallen weitere Informationen an, wobei selbst der generierende Konsument in der Regel kein originäres Interesse an deren Weitergabe und Sammlung hat.

Ein transparenter und manipulationssicherer Austausch von Material-, Energie-, Produktions-, Verarbeitungs-, Qualitäts-, Wartungs- und Recyclinginformationen bildet die Basis, um eine ressourceneffiziente Kreislaufwirtschaft effektiv auszugestalten und zu steuern. Physische Stoff- und Güterströme müssen über den gesamten Produktkreislauf verlässlich qualifiziert, quantifiziert, analysiert, bewertet und interpretiert werden können, damit der Produktlebenszyklus bzw. -kreislauf, aus jeder Lebenszyklusphase heraus, effizient hinsichtlich regulatorischer, technischer, ökonomischer, ökologischer und sozialer Aspekte gesteuert werden kann.

So verweisen beispielsweise Recyclingunternehmen darauf, dass sie das Recycling effektiver und effizienter logistisch und technisch gestalten könnten, wenn sie die Zusammensetzung, die Mengen und die Abfallorte der Abfallströme vorab kennen würden. Informationen aus der Nutzungsphase ermöglichen neben dem direkten Recycling auch neue Geschäftsmodelle für Demontage, ReManufacturing, ReUse und Refurbishment. (Kreislaufwirtschaftsstrategie – lower the loop). Dies hat wiederum Einfluss auf das Design for ReManufacturing, welches zu erheblichen Ressourceneffizienzsteigerungen führt.

Der gemeinsame Zugriff auf diese Informationen würde die Effektivität und Effizienz des gesamten Systems erheblich erhöhen. Zusätzliche Anwendungsfelder und Geschäftsmodelle ließen sich generieren. Im Zuge der gesellschaftlichen Erwartungen an den Klimaschutz und eine zukunftsfähige Industriegesellschaft mit hocheffizienten, umweltverträglichen Energie- und Materialströmen (Decarbonisierung und Dematerialisierung der Industrie) ist der umfassende Zugriff auf die verfügbaren Informationen unabdingbar.

1.2 Problemstellung

Dem Informationsbedarf gegenüber stehen der berechnete Bedarf der Kontrolle an den eigenen Daten, die Wahrung von Betriebsgeheimnissen, und der Schutz von Anonymität. Gleichzeitig ist die Nachverfolgbarkeit, die Datensicherheit und -korrektheit, deren Konsistenz und Fälschungssicherheit in einem Netz von Akteuren gefordert, die sich erstmal grundsätzlich nicht vertrauen.

Diese scheinbar unüberwindlichen Hindernisse und Widersprüche haben in der Vergangenheit dazu geführt, dass die Informationen nur zum Teil, unvollständig, mit zahlreichen Datenbrüchen an den Schnittstellen der jeweiligen Lebenszyklusphasen und zum Teil überhaupt nicht den Akteuren zur Verfügung stehen. Mit diesem erheblichen Anteil an Unwissen können die Akteure keine optimalen Entscheidungen treffen.

Das Erheben von Daten über die gesamte Lieferkette hinweg ist kostenintensiv und nicht ausreichend standardisiert. Zudem werden Synergieeffekte zwischen den einzelnen Ansätzen nicht ausreichend erkannt und genutzt. Daher ist ein integrativer Ansatz der Datenerhebung und -verarbeitung erstrebenswert.

Mit dem Konzept der Distributed Ledger, insbesondere der Blockchain, sind in den letzten Jahren Technologien entwickelt worden, die wenigstens zum Teil die genannten Widersprüche lösen und die gewünschte Nachverfolgbarkeit von Daten über die Gesamtkette und -netze mit der notwendigen Datensicherheit gewährleisten können.

Hierzu soll das Projekt die notwendigen (daten)technischen Ansätze und Voraussetzungen klären, die Gewährleistung der Richtigkeit der Übertragung der Realdaten in das digitale System analysieren, das dazu notwendige DLT-Systemkonzept entwickeln, sowie exemplarisch eine Plattform aufbauen und am Beispiel realer Material-, Produkt- und Stoffstromdaten von beteiligten Unternehmen prüfen.

1.3 Aufgabenstellung

Ziel des Verbundvorhabens ReDiBlock war es zu prüfen und aufzuzeigen, dass mit Hilfe von durchgängigen, vertrauenswürdigen Daten zu Rohstoffen, Produkten und Prozessen über den gesamten Lebenszyklus hinweg sich die Effizienz und Effektivität der industriellen Produktion, der Kreislaufwirtschaft und der Nutzung von Produkten erheblich steigern lässt. Damit sollte ein wesentlicher Beitrag zu den gesellschaftlichen Herausforderungen des Klima- und Umweltschutzes sowie zur Stärkung des industriellen Standortes Baden-Württembergs geleistet werden.

Konkret verfolgte das Projekt folgende Ziele:

- Klärung der Datensituation über den gesamten Produktweg
- Klärung des Datenbedarfs in Abhängigkeit der Anwendungsfälle – Optimierung des Produktweges, Berichts- und Deklarationswesens usw., gegebenenfalls Fragen zu Ordnungsrahmen, sozialen und makroökonomischen Aspekten oder Rechtsfragen
- Konzeption einer DLT-Plattform basierend auf den Anforderungen und Anwendungsfällen der betroffenen Akteure
- Prototypentwicklung und Performancetests verschiedener DLT-Designs
- Betrieb der DLT-Plattform für die Datenhaltung von Materialströmen über den gesamten Lebensweg mit ausgewählten Beispielen
- Kommunikation der Ergebnisse mit dem Ziel, des weiteren Ausbaus der Plattform in größerem Rahmen, wie auf Bundes- und EU-Ebene

Durch die Einbindung von Industriepartnern wurde frühzeitig sichergestellt, dass einerseits sich die Forschungs- und Entwicklungsarbeiten an den Anforderungen der Industrie orientieren, und andererseits mit konkreten, realen Industriedaten Fragen aus der Praxis erkannt werden und die Entwicklung der DLT-Plattform realitätsnah erfolgt.

Darüber hinaus wurden im Projekt auch Überlegungen zum Einsatz der DLT (insbesondere der Blockchain) für den Bereich der Umweltverwaltung berücksichtigt und erfasst. So lassen sich durch die sichere, manipulationsfreie Datenerhebung und transparente aber gleichzeitig verschlüsselte und nur ausgewiesenen Akteuren zugängliche Informationsnachverfolgung erhebliche Effizienzpotentiale für die Umweltverwaltung vermuten. Zudem wurden gesetzlich vorgeschriebene Deklarations- und Berichtspflichten für Unternehmen in der DLT-Plattform erfasst und durch den definierten, direkten Zugriff der Verwaltung abwickelt.

2 Hintergrund

2.1 Digitaler Produktpass

Infolge der Gespräche mit potentiellen Industriepartnern kam die Frage der Form und Präsentation der weitergegebenen Daten auf. Es müssen umfangreiche und vielfältige Informationen von einer Reihe von Lieferkettenakteuren inklusive des geschäftlichen

oder privaten Endkunden möglichst einfach und verständlich einsehbar sein. Zudem müssen Vertraulichkeit bei gleichzeitiger Nachvollziehbarkeit und Datenintegrität gesichert sein. Hierbei stießen wir auf das Konzept des Digitalen Produktpasses (DPP), das wir als Grundlage für den weiteren Projektverlauf auswählten. Die Überprüfung der zukünftigen Anwendbarkeit des Konzeptes eines Digitalen Produktpasses wird derzeit auch von der Europäischen Union vorangetrieben¹. Es gibt eine stetig steigende Anzahl an Texten in denen Produktpässe oder äquivalent verwendete Namen wie Materialpässe als ein wichtiger Aspekt zur Erreichung einer Kreislaufwirtschaft behandelt werden. Hierbei wird häufig vorausgesetzt, dass der Leser eine klare Vorstellung von einem Produktpass hat die der der Autoren entspricht. Obwohl das Kernkonzept im Grundsatz gleich ist, unterscheiden sich die vorgeschlagenen Konzepte in verschiedenen Aspekten und in ihrer Zielsetzung. Daher wird im Folgenden eine kurze Übersicht über die Antwort verschiedener Literaturquellen auf die Fragen was ein Produktpass ist, sowie warum und wofür man ihn einsetzen kann, gegeben.

Das Wuppertal Institut, im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Nukleare Sicherheit, definiert einen digitalen Produktpass als Datensatz der Produktinformationen über Komponenten, Materialien, enthaltene chemische Substanzen, Reparierbarkeit, Ersatzteile und/oder Entsorgung zusammenfasst². Diese Daten stammen aus allen Phasen des Lebenszyklus eines Produktes und sollen zur Optimierung von Design, Herstellung, Nutzung und Entsorgung verwendet werden. Hierbei werde besonderes Augenmerk auf umweltrelevante Daten gelegt und solle auch als Informationsgrundlage für nachhaltige Konsumentenentscheidungen dienen. Die Firma EPEA zum Beispiel, ein auf Circular Economy spezialisiertes Beratungsinstitut, verwendet den Begriff "Materialpass"³, der auf dem älteren Begriff der "Nutrient Certificates"⁴ aufbaut. Materialpässe werden im Wesentlichen als Werkzeuge zur Rückgewinnung von Wertstoffen, mit Hauptaugenmerk auf in Gebäuden verwendete Produkte, beschrieben⁵. Die verschiedenen Lebensstadien eines Produktes wie Produktion, Verkauf, Nutzung und Instandhaltung haben Einfluss auf den Wiederverwendungs- bzw. Materialrückgewinnungswert eines Produktes. Die Betonung

¹ Europäische Kommission Website o.J. a

² BMU Webseite und Adisorn et al., 2021.

³ Luscuere et al., 2017.

⁴ Hansen et al., 2012.

⁵ siehe auch Heisel und Rau-Oberhuber, 2019; Honic et al., 2019.

der Wiederverwendung eines (Teil-)Produktes im Gegensatz zum Materialrecycling unterscheidet die Arbeit von ähnlichen Studien. Hierbei wird zwischen generischen Materialpässen für generelle Eigenschaften eines Produktes, quasi einer Produktklasse, und speziellen Materialpässen für bestimmte Produkte, z.B. ein Stahlträger, der an einer bestimmten Stelle eines Hauses verbaut wurde, unterschieden. Die Informationen stammen aus unterschiedlichen Quellen und werden zeitlich versetzt durch die jeweiligen Stakeholder gemäß ihren Anforderungen abgerufen. Es wird zwischen Materialpässen und z.B. Gebäudepässen (Elektrik, Energie, usw.) oder Nachhaltigkeitspässen unterschieden, die Informationen zu Teilaspekten eines Produktes enthalten. Eine ähnliche Definition für einen Materialpass stammt von der Universität Twente, Niederlande⁶. Allerdings liegt hier die Betonung darauf, durch die Einführung eines Materialpasses eine Kreislaufwirtschaft zu ermöglichen, die einen Ausweg aus der zunehmenden Ressourcenknappheit, wie sie z.B. aktuell für Baumaterialien in den Medien diskutiert wird, aufgrund stark wachsenden Bedarfs darstellt. Als genereller Nachteil von Produktpässen wird das (vermeintliche) Problem des Schutzes von Produktinformationen vor Wettbewerbern gesehen. Dies könne Unternehmen zurückhaltend machen, da Alleinstellungsmerkmale von Produkten für diese von überragender Wichtigkeit sind und bereits jetzt häufig nur kurzfristig gewahrt werden können.

Die Europäische Union in Form der European Health and Digital Executive Agency (HaDEA) fördert im Zuge des Digital Europe Programms die Auslotung der möglichen Anwendung eines Digitalen Produktpasses in Initiativen wie CIRPASS sowie des derzeit laufenden Calls "Digital Product Passport" (DIGITAL-2023-CLOUD-DATA-04-DIGIPASS)⁷.

2.2 Distributed Ledger Technology

DLT ist ein Oberbegriff, welcher das Konzept Blockchain umfasst; bis zur später folgenden Erläuterung können Sie diese Begriffe jedoch synonym verstehen. Das englische Wort „Ledger“ bedeutet Kontobuch oder Hauptbuch. Dies spiegelt in etwa auch dessen technische Kernfunktion im Kontext der DLT wider: Durch Buchungen auf diese Ledger, im DLT-Kontext Transaktionen genannt, sollen Datenstände verwaltet werden.

⁶ Miu, 2020.

⁷ Europäische Kommission Website o.J. b

In der Regel verwaltet man auf Ledgern Daten, welche Konfliktpotential in sich tragen, da verschiedene Akteure ein Interesse daran hätten diese Daten zu manipulieren (z.B. Kontostände im Kontext der sog. Kryptowährungen). Um dem vorzubeugen, werden diese Ledger verteilt in Netzwerken betrieben, sodass nicht eine zentrale Instanz alleine für die Verwaltung und den Betrieb zuständig ist. Die aktiven Teilnehmer in diesen Netzwerken werden dabei als Knoten bezeichnet.

Die Knoten im DLT-Netzwerk bilden ein System, welches konsistent auf Anfragen reagieren kann, da die enthaltenen Knoten im selben Zustand sind bzw. diesen fortwährend anstreben. Diese interne Abstimmung zwischen den Knoten wird durch den Einsatz von Konsensmechanismen erreicht. Das sind Algorithmen, die das Verhalten der Knoten steuern und dadurch einen Konsens innerhalb der Knoten motivieren – meist geschieht diese Steuerung durch das gezielte Setzen von Anreizen. Der Gegenstand des Konsenses ist dabei eine Menge an Transaktionen. Transaktionen werden von externen Nutzern des DLT-Systems, oder auch von den Knoten selbst, erstellt, um mit dem System zu interagieren (indem Nutzer z.B. Daten einbringen).

Valide Transaktionen werden durch die Knoten gespeichert, dabei gibt es verschiedene Ansätze die Transaktionen zu organisieren, welche sich in verschiedenen DLT-Konzepten widerspiegeln. Fasst man Transaktionen zu Blöcken zusammen, welche jeweils einen Nachfolger haben – also eine Kette bilden – spricht man vom DLT-Konzept der Blockchain. Eine weitere Organisationsstruktur, in welcher Blöcke mit mehreren Nachfolgern und mehreren Vorgängern erlaubt sind, bildet keine Kette, sondern einen gerichteten azyklischen Graphen (engl. „directed acyclic graph“; DAG) und wird als BlockDAG bezeichnet. Werden die Transaktionen direkt in einem DAG gespeichert, ohne zuvor zu Blöcken zusammengefasst worden zu sein, spricht man von einem TDAG (siehe *Abbildung 2-1*).

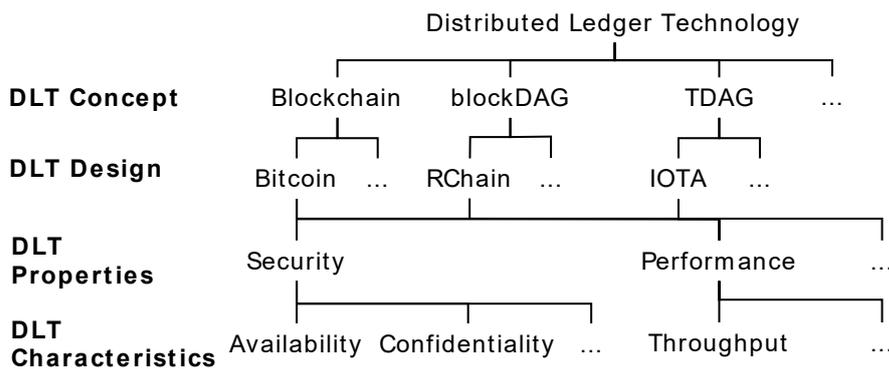


Abbildung 2-1: Strukturierte Darstellung der Terminologie im Kontext von DLT⁸.

Die verschiedenen DLT-Konzepte finden in DLT-Designs Anwendung. So ist die Kryptowährung „Bitcoin“ ein DLT-Design, welches eine Instanz des DLT-Konzepts Blockchain darstellt. DLT-Designs unterscheiden sich dabei nicht nur im DLT-Konzept, sondern können sich auch in Performance, Funktionen, Konsensmechanismus und weiteren Merkmalen unterscheiden.

Eine weitere Funktion, die viele moderne DLT-Designs auszeichnet, sind sog. Smart-Contracts. Das sind Anwendungen, welche verteilt im DLT-Netzwerk auf allen Knoten ausgeführt werden. Dies bietet höhere Transparenz und höhere Sicherheitsgarantien im Vergleich zu Programmen, welche auf zentralen Servern ausgeführt werden (insb. bzgl. Datenintegrität und -verfügbarkeit). Ethereum war das erste DLT-Design, das Smart-Contracts unterstützt hat.

Auch bei der Wahl des Konsensmechanismus können sich DLT-Designs unterscheiden. Dies hat weitreichende Konsequenzen und beeinflusst u.a. Performance, Skalierbarkeit – also die Anzahl der möglichen Knoten, Sicherheitsgarantien, Grad der Dezentralität und auch den Energieverbrauch. So bilden bei Konsensmechanismen die „Proof-of-Work“ (PoW) einsetzen rechenintensive Hashberechnungen die funktionale Grundlage. Angreifer, welche die Konsensbildung stören oder Daten, über die schon ein Konsens herrscht, manipulieren möchten, müssen eine sehr hohe oder sogar ein Vielfaches der Rechenleistung der restlichen, ehrlichen Teilnehmer des DLT-Netzwerks aufbringen. Dies führt zu den höchsten Sicherheitsgarantien durch den Einsatz von PoW, aber auch zu einem hohen Energieverbrauch. Nicht immer wird bei Anwendungen jedoch dieses

⁸ Kannengießer, N., Lins, S., Dehling, T., & Sunyaev, A. (2020). Trade-offs between distributed ledger technology characteristics. *ACM Computing Surveys (CSUR)*, 53(2), 1-37.

Maß an Sicherheit gebraucht, sodass auch DLT-Designs mit anderen, weniger rechenintensiven Konsensmechanismen für den Einsatz geeignet sein können (z.B. Ethereum oder Hyperledger Fabric). Der Energieverbrauch von DLT-Anwendungen muss also differenziert betrachtet werden.

DLT-Anwendungen finden sich mittlerweile nicht nur im anfänglichen Bereich der Finanzen (wobei es auch dort viele Neuerung im Bereich „Decentralized Finance“ gibt), sondern kommen in den verschiedensten Branchen zum Einsatz.

2.3 Produktketten

Eine Produktkette (englisch ‚Chain of Custody, oder kurz ‚CoC‘) lässt sich definieren als „Prozess, bei dem Inputs und Outputs und verknüpfte Informationen übertragen, erfasst und kontrolliert werden, während diese sich eine Lieferkette entlang bewegen“.⁹ ‚Inputs‘ und ‚Outputs‘ sind dabei alle Arten von physischen Objekten entlang von Wertschöpfungsketten – von Rohstoffen, über Zwischenprodukte, bis hin zu fertigen Produkten. Hierbei kann es sich um Fließ- oder auch um Stückgüter handeln.¹⁰ Der Zweck eines Produktketten-Systems ist es, „Glaubwürdigkeit zu gewährleisten, dass ein gegebenes Material oder Produkt eine Menge an festgelegten Eigenschaften innehat“.¹¹

Zu unterscheiden sind vier unterschiedliche Produktketten-Modelle, welche zur Nachverfolgung und Überwachung entlang von Lieferketten dienen können: ‚Identitätssicherung‘, ‚Segregation‘, ‚Massenbilanzierung‘ und ‚Book and Claim‘.¹² (siehe *Abbildung 2-2*).

⁹ ISO 22095, eigene Übersetzung.

¹⁰ Vgl. ISO 22095; ISEAL Alliance 2016.

¹¹ ISO 22095, 3.1.2, eigene Übersetzung.

¹² Vgl. ISO 22095.

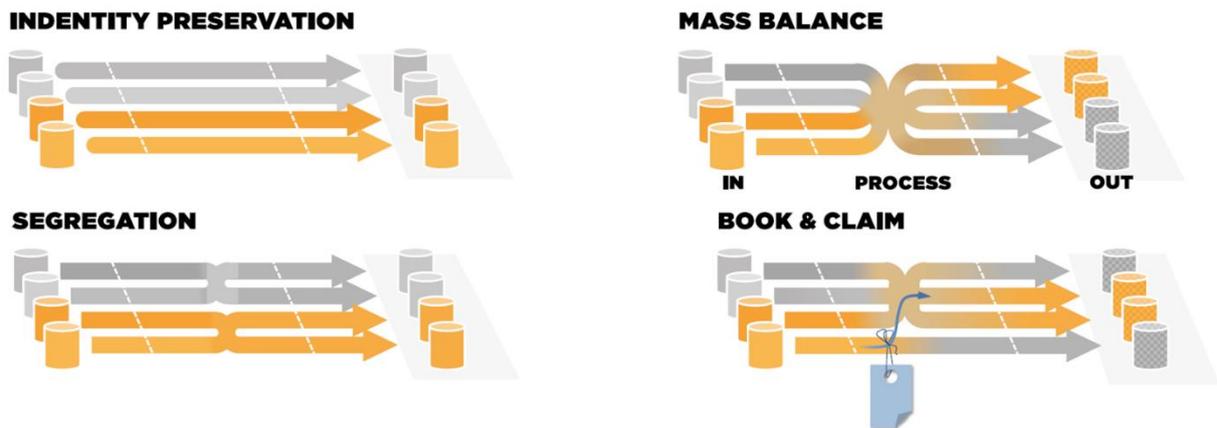


Abbildung 2-2: Chain of Custody-Models¹³

Ein System der ‚Identitätssicherung‘ bedeutet, dass Materialien bzw. Produkte einzeln durch eine Wertschöpfungskette hindurch nachverfolgt werden. Das einzelne Objekt bleibt dabei physisch von allen anderen Gegenständen getrennt. Entsprechend ist ein Gut zu jedem Zeitpunkt eineindeutig identifizierbar. Dieses Modell wird auch als ‚hard IP‘ oder ‚track and trace‘ bezeichnet.¹⁴ Entsprechend dem System ist Identitätssicherung bisher häufig mit hohem Aufwand für alle Beteiligten verbunden. Daraus folgt, dass sich zweckmäßige Anwendungsfälle nur dort finden, wo der Nutzen diesen hohen Aufwand übersteigt.¹⁵

Das System der ‚Segregation‘ liegt vor, wenn alle Materialien bzw. Produkte mit einer bestimmten Eigenschaft von den Materialien bzw. Produkten ohne diese bestimmte Eigenschaft physisch getrennt gehalten werden. Der entscheidende Unterschied zur Identitätssicherung ist, dass einzelne Objekte mit einer bestimmten Eigenschaft mit anderen Objekten vermischt werden – aber nur dann, wenn diese anderen Objekte die gleiche Eigenschaft innehaben. Eine Vermischung mit Gütern ohne die betrachtete Eigenheit erfolgt nicht. Dieses Modell wird auch als ‚bulk commodity‘ oder ‚soft IP‘ bezeichnet.¹⁶ Segregation ist für Stückgüter ebenso möglich wie für Fließgüter. Dabei ist

¹³ EllenMcArthurFoundation 2019

¹⁴ Vgl. ISO 22095; ISEAL Alliance 2016

¹⁵ Vgl. EllenMcArthurFoundation 2019

¹⁶ Vgl. ISO 22095; ISEAL Alliance 2016

Segregation weniger aufwendig als Identitätssicherung, entsprechend spielt Segregation in der Praxis eine größere Rolle.¹⁷

Für Fälle, in denen Segregation nicht umsetzbar ist, ist das System der ‚Massenbilanzierung‘ besonders relevant. Dieser Ansatz sieht ausdrücklich vor, dass Objekte mit einer betrachteten Eigenschaft mit Objekten ohne jene Eigenschaft vermischt werden dürfen. Dann wird mit der Massenbilanzierung kontrolliert, dass nicht mehr Güter mit einer bestimmten Eigenschaft einen Bilanzraum verlassen, als zuvor in diesen Bilanzraum gelangt sind. Die Nachverfolgung der verschiedenen Materialströme erfolgt dann nicht durch physische Trennung, sondern rechnerisch. Dieses Modell ist auch als ‚blending‘ bekannt.¹⁸ ‚Massenbilanzierung‘ entspricht im Wesentlichen auch dem Ansatz, wie er in der Materialflussanalyse, in der Ökobilanzierung und in der Erstellung von Klimafußabdrücken verwendet wird, wenn dafür Materialmengen erfasst werden.

Der Ansatz der Massenbilanzierung kann auch dann verwendet werden, wenn innerhalb einer Wertschöpfungskette Umwandlungsprozesse stattfinden. Dabei wird in der Praxis mit sog. Konversionsfaktoren gearbeitet, welche das Mengenverhältnis zwischen Ausgangsstoff und Produkt widerspiegeln. Kommt es innerhalb der Bilanzgrenzen zu einer Vermischung, kann den entstandenen Produkten eine betrachtete Eigenschaft ganz oder auch nur anteilig zugeordnet werden.¹⁹

Für den Ansatz der Massenbilanzierung gelten mehrere Voraussetzungen. Die Anwendung des Modells ist nur dann sinnvoll, wenn eine Vermischung von Materialströmen auftritt – sonst bietet die Massenbilanzierung gegenüber der Segregation keinen Mehrwert. Umgekehrt reicht der Ansatz der Massenbilanzierung nicht aus, wenn Objekte in einem Anwendungsfall nicht vermischt werden dürfen.²⁰ Zum Beispiel ist Massenbilanzierung alleine keine sichere Kontrolle dafür, dass einzelne Produkte Grenzwerte an Schadstoffen nicht überschreiten.

¹⁷ Vgl. EllenMcArthurFoundation 2019

¹⁸ Vgl. ISO 22095; ISEAL Alliance 2016

¹⁹ Vgl. EllenMcArthurFoundation 2019

²⁰ Vgl. EllenMcArthurFoundation 2019

Beim System der Massenbilanzierung müssen die Material- und Produktströme in Wertschöpfungsketten nicht physisch voneinander getrennt bleiben – sie müssen aber durchgehend mit ihren jeweiligen Mengen nachvollzogen werden können. Massenbilanzierung ist daher nicht möglich, wenn eine Produktkette entlang einer Wertschöpfungskette Informationslücken aufweist.²¹

Nicht zuletzt basiert eine erfolgreiche Anwendung des Massenbilanzansatzes auch darauf, dass die rein rechnerische Zuordnung einer Eigenschaft von allen Akteuren und Stakeholdern begriffen und akzeptiert wird. Dies gilt insbesondere im B2C-Bereich. Erfahrungsgemäß ist es für die Akzeptanz wichtig, dass der Ansatz transparent und verständlich kommuniziert wird.

Über die bisher dargestellten Modelle hinaus existiert noch der Ansatz des ‚Book and Claim‘. Wie der Ansatz der Massenbilanzierung ist auch Book and Claim ein System, bei dem eine Produktkette nicht physisch, sondern rein rechnerisch nachverfolgt wird. Dabei geht Book and Claim aber noch über den vorigen Ansatz hinaus. Während beim System der Massenbilanzierung Materialflüsse kontinuierlich nachvollzogen werden müssen, ist dies bei Book and Claim nicht notwendig. Vielmehr ist es charakteristisch für Book and Claim, dass der Informationsfluss über eine bestimmte Eigenschaft vom Materialfluss gelöst wird. Dies geschieht in Form von handelbaren Zertifikaten. Entsprechend wird dieser Ansatz auch als ‚Zertifikatehandel‘, ‚certificate trading‘, oder ‚credit trading‘ bezeichnet.²²

Konkret funktioniert Book and Claim wie folgt: Ein Verkäufer X setzt ein Objekt A mit einer bestimmten Eigenschaft in einen Markt ab. Dabei informiert der Verkäufer X den Käufer *nicht*, dass beim Objekt A die bestimmte Eigenschaft vorliegt. Stattdessen lässt sich der Verkäufer X von einer unabhängigen Stelle bestätigen, dass er das Objekt A verkauft hat und dieses die bestimmte Eigenschaft innehat. Die neutrale Instanz stellt dem Verkäufer X dafür ein Zertifikat aus (‚book‘).²³

²¹ Vgl. ISO 22095; ISEAL Alliance 2016.

²² Vgl. ebd.

²³ Vgl. ebd.

Ein anderer Teilnehmer Y des gleichen Marktes kauft nicht das Objekt A, sondern ein gleichartiges Objekt B. Dabei kauft Y das Objekt auch nicht von X, sondern von einem beliebigen anderen Marktteilnehmer. Y lässt sich nicht direkt von seinem Verkäufer zusichern, dass das Objekt B die bestimmte Eigenschaft innehat. Stattdessen kauft Y das zuvor für das Inverkehrbringen von Objekt A ausgestellte Zertifikat von X. Hierdurch kann Y für das Objekt B die bestimmte Eigenschaft beanspruchen („claim“). Dabei ist es irrelevant, ob Objekt B die bestimmte Eigenschaft tatsächlich innehat oder nicht.²⁴

Der Book and Claim-Ansatz kann nur erfüllt werden, wenn verschiedene Voraussetzungen gegeben sind. Charakteristisch für Book and Claim ist die Trennung von Massen- und Informationsfluss. Entsprechend ist Book and Claim nicht möglich, wenn es bei einem Anwendungsfall notwendig ist, dass ein Informationsfluss unmittelbar mit einem Objekt verknüpft bleibt.²⁵ So kann es zum Beispiel erforderlich sein zu wissen, dass ein individuelles Bauteil bestimmte Sicherheitsanforderungen erfüllt. In diesem Fall wäre ein Certificate Trading ungeeignet.

Die Verwendung von Book and Claim ist auch nur dann möglich, wenn eine betrachtete Eigenschaft nach dem Auftrennen von Informations- und Materialfluss keine andere Ausprägung mehr annehmen kann.²⁶ Zum Beispiel kann sich nachträglich nichts mehr an dem Umstand ändern, dass ein Material vollständig auf Recycling-Quellen zurückgeht. In einem solchen Fall ist die Verwendung von Book and Claim möglich. Andererseits kann zum Beispiel der Klimafußabdruck eines Produkts entlang eines Lebenszyklus laufend neue Werte annehmen. Dann ist eine Anwendung des Book and Claim-Modells nicht durchführbar.

Wie für jedes Produktkettensystem braucht es auch für Book and Claim einen Anreiz.²⁷ Bei Book and Claim muss der Anreiz für das Inverkehrbringen eines Zertifikates größer sein, als der Anreiz, das Produkt einfach unmittelbar unter Nennung der bestimmten Eigenschaft zu verkaufen. Dies kann dann der Fall sein, wenn direkte Abnehmer eines

²⁴ Vgl. ISO 22095; ISEAL Alliance 2016.

²⁵ Vgl. ebd.

²⁶ Vgl. ebd.

²⁷ Vgl. EllenMcArthurFoundation 2019.

Produkts eine bestimmte Eigenschaft weniger wertschätzen, als nachgelagerte Käufer eines Zertifikats.

Tabelle 2-1 fasst die Produktketten-Systeme und deren jeweilige Merkmale noch einmal zusammen:

Tabelle 2-1: Produktketten-Systeme im Überblick²⁸

Merkmale	Identitäts- sicherung	Segregation	Massen- bilanzierung	Zertifikate- handel
Objekt und dessen Ursprung eineindeutig identifizierbar	ja	nein	nein	nein
Physische Trennung von Objekten mit und ohne bestimmter Eigenschaft	ja	ja	nein	nein
Physische Rückverfolgbarkeit von Objekten mit bestimmter Eigenschaft	ja	ja	(ja)	nein
Verbindung von Objektfluss mit bestimmter Eigenschaft und dessen Informationsfluss	ja	ja	(ja)	nein
Menge an Objekten mit bestimmter Eigenschaft, welche in das System gelangt, überschreitet nicht die Menge, welche das System verlässt	ja	ja	ja	ja

Die dargestellten Merkmale können auch als notwendige Voraussetzungen verstanden werden, damit ein Modell jeweils für einen Anwendungsfall genutzt werden kann. So ist es zum Beispiel auch eine notwendige Voraussetzung für die Verwendung eines Segregationsmodells, dass Produkte mit bestimmter Eigenschaft sich physisch von Produkten ohne diese Eigenschaft trennen lassen.

²⁸ Vgl. ISO 22095.

2.4 Recyclingmaterialien

Grundlegend für eine erfolgreiche Kreislaufwirtschaft ist ein gemeinsames Verständnis, für welches Material es sich um ‚Recyclingmaterial‘ handelt. Deshalb wird dieser Begriff im Folgenden systematisiert.

Zunächst ist es wichtig, dass die Begriffe ‚Recyclingmaterial‘ und ‚Recyclingfähiges Material‘ nicht identisch sind. Ersteres ist Material, das tatsächlich aus Recyclingquellen stammt.²⁹ Letzteres ist Material, das *grundsätzlich* recycelt werden *könnte*. Die grundsätzliche Recyclingfähigkeit bedeutet jedoch nicht automatisch, dass Material *tatsächlich* recycelt werden wird. Recyclingfähiges Material kann aus Recyclingquellen stammen – es kann sich aber auch um recyclingfähiges Material handeln, wenn das Material nicht aus Recyclingquellen stammt.³⁰ Entsprechend sollte bei recyclingfähigem Material aus Primärquellen nicht der Eindruck erweckt werden, es handle sich um ‚Recyclingmaterial‘.

Bei der stofflichen Rückgewinnung von Metallen wird grundlegend zwischen ‚Altschrott‘ (‚Old Scrap‘), ‚Neuschrott‘ (‚New Scrap‘) und ‚Eigenschrott‘ (‚Home Scrap‘) unterschieden³¹:

- „*Eigenschrott* ist Material, das während der Materialherstellung, Herstellung oder Fertigung entsteht und das direkt wieder in dem Prozess eingesetzt werden kann, in dem es entstanden ist.“³²
- „*Neuschrott* (...) entstammt auch einer Herstellung oder Fertigung. Im Gegensatz zu Eigenschrott wird es nicht innerhalb eines Betriebes recycelt, sondern auf den Schrottmarkt verbracht.“³³
- „*Altschrott* (...) ist Metall in Produkten, welche das Ende ihrer Nutzung erreicht haben.“³⁴

Diese Unterscheidung nach Produktionsausschüssen und Recyclingmaterial am Nutzungsende von Produkten ist auch auf Sekundärmaterialien außerhalb des

²⁹ Vgl. Graedel et al. 2011.

³⁰ Vgl. z.B. Responsible Jewellery Council 2016.

³¹ vgl. Graedel et al. 2011.

³² Graedel et al. 2011, eigene Übersetzung, Betonung hinzugefügt.

³³ ebd., eigene Übersetzung, Betonung hinzugefügt.

³⁴ ebd., eigene Übersetzung, Betonung hinzugefügt.

Metallbereichs übertragbar. *Abbildung 2-3* veranschaulicht diese Systematisierung von Sekundärmaterial am Beispiel des Edelmetallrecyclings.

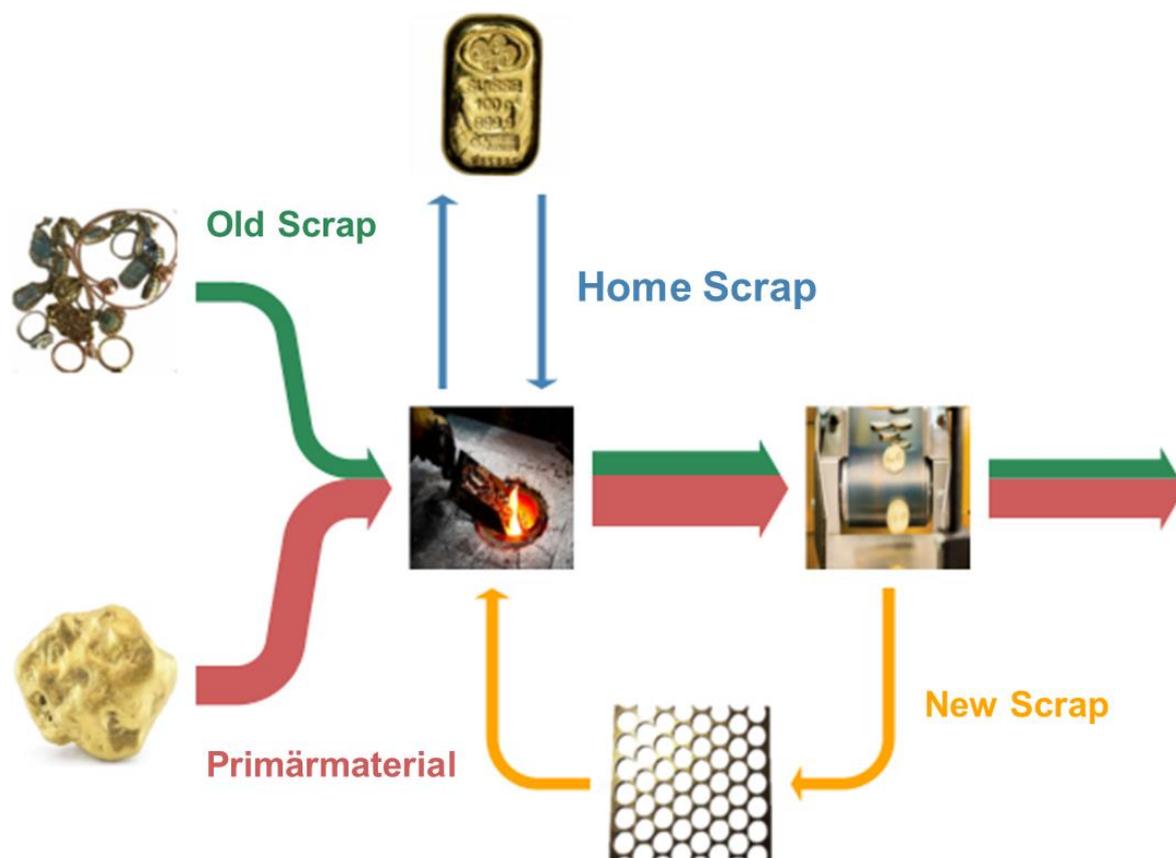


Abbildung 2-3: Unterscheidungen von Recyclingmaterial nach Graedel et al. (2011) am Beispiel des Edelmetallrecyclings.

Diese Differenzierung ist keineswegs nur in akademischem Kontext relevant. Je nach Regelssetzer wird auch in der Unternehmenspraxis unterschieden, welche Arten von Material als ‚Recyclingmaterial‘ akzeptiert werden. So werden zum Beispiel in vielen Branchenzertifizierungen auch Produktionsausschüsse als Recyclingmaterial definiert.³⁵ In der Ökobilanzierung und im Carbon Footprinting hingegen werden üblicherweise nur Materialien als Recyclingmaterial anerkannt, wenn sie aus einem Produkt an dessen Lebensende entnommen wurden.

³⁵ Vgl. Responsible Jewellery Council 2019.

3 Arbeitspaket 1: Projektorganisation

3.1 Projektzeitplan

Das Projekt umfasst neun Arbeitspakete (AP) die über eine Projektlaufzeit von zweieinhalb Jahren im Zeitraum 10.2020 – 03.2023 von den vier beteiligten Projektpartnern bearbeitet wurden (siehe *Abbildung 3-1*). Die vier beteiligten Projektpartner sind der Thinktank Industrielle Ressourcenstrategien, das Institut für Industrial Ecology (INEC) der Hochschule Pforzheim, das Institut für Angewandte Informatik und Formale Beschreibungsverfahren (AIFB) des Karlsruher Instituts für Technologie und die iPoint-systems gmbH. Infolge der hierin enthaltenen Laufzeitverlängerung um ein halbes Jahr bis zum 31.03.2023 wurde der Projektzeitplan dem Projektverlauf entsprechend angepasst. Aufgrund der im ersten Halbjahr 2021 zutage getretenen Zurückhaltung der Industrie (siehe Erläuterungen 5.1) im Zuge der sich entfaltenden Auswirkungen der Covid-19 Pandemie bezüglich einer verpflichtenden Teilnahme am Projekt, wurde die Projektorganisation umgestellt und zunächst ein generelles Konzept entworfen. Hiermit gelang es für das Projekt interessante Unternehmen von einer Projektteilnahme zu überzeugen. Die letztendlichen Industriepartner aus der Edelmetallbranche boten eine hohe Durchdringung der Materie und perspektivisch die Etablierung eines Branchenstandards, der aufgrund der guten Übertragbarkeit des Systems potentiell eine Leuchtturmwirkung auf andere Branchen entfalten kann.

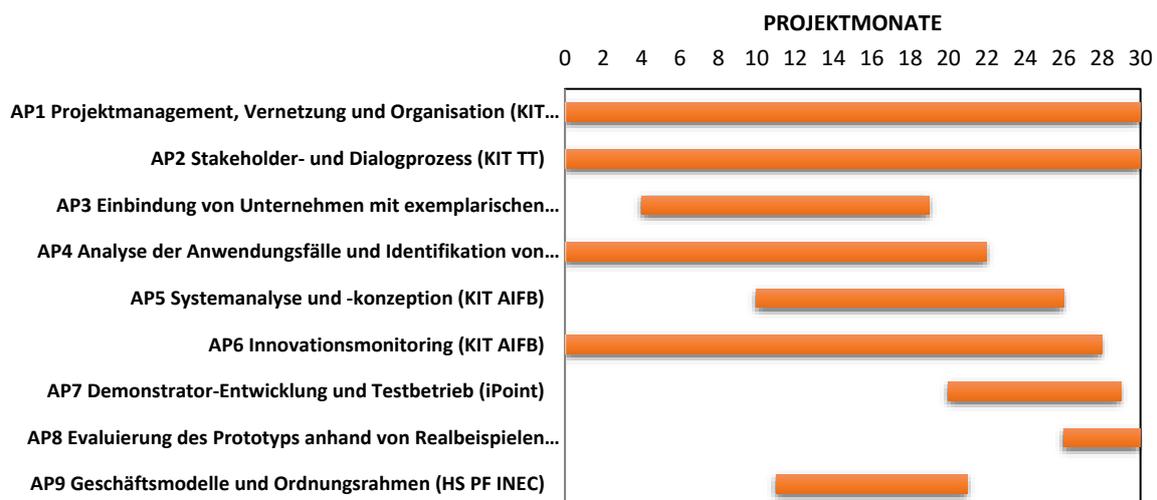


Abbildung 3-1: Dem letztendlichen Projektstand angepasster Projektplan der die Aufteilung des Gesamtvorhabens in einzelne Arbeitspakete und die jeweils involvierten Projektpartner zeigt.

3.2 Vernetzung und Projektablauf

Das koordinierte Vorgehen der Projektpartner wurde durch wöchentliche Besprechungen sichergestellt. In diesen wurden Informationen bzgl. Organisation oder Zwischenständen und Ergebnissen von Arbeitspaketen zwischen den Partnern kommuniziert. Ergänzend wurden Besprechungen und Workshops der Projektpartner zu den jeweils anliegenden Arbeiten und spezifischen Themen organisiert, um einen konstanten Informationsfluss und damit die Voraussetzungen für ein zügiges Voranschreiten des Projekts zu gewährleisten. Zudem wurden zwei Laufzeitverlängerungen zunächst bis Ende 2022 und dann bis 31.03.2023 organisiert und der Mittelabruf, die Erstellung umfassender Präsentationen für Projektpartner und Stakeholder, sowie die zeitige Abfassung von Quartals-, Halbjahres- und Jahresberichten 2022 vom Thinktank koordiniert.

Des Weiteren gab es seit Mitte 2021 einen zunächst wöchentlichen, nach Ende 2022 zweiwöchentlichen Besprechungstermin mit einem Partnerunternehmen. Hieran nahmen zwei mit der Geschäftsführung in engem Austausch stehende Mitglieder des Unternehmensmanagements sowie Repräsentanten aller ReDiBlock Projektpartner teil. Auch wurde mehrmals die Option auf weitere Abstimmungstermine mit den einzelnen für das Projekt relevanten Abteilungen und bei Bedarf auch größeren Workshops genutzt. Mit zwei weiteren Partnerunternehmen wurden in unregelmäßigen Abständen je nach Bedarf Workshops und Besprechungen abgehalten.

4 Arbeitspaket 2: Stakeholder und Dialogprozess

Im Zuge des Stakeholder-Dialogs wurden sowohl Unternehmen die bereits Interesse an einer Einbindung in das Projekt signalisiert hatten, sowie weitere potentiell interessierte Unternehmen vom Thinktank, INEC und iPoint-Systems GmbH kontaktiert. In diesem Zusammenhang wurden Unterstützend zu AP4+6 die Art des eventuell bereits vorhandenen Interesses der jeweiligen Unternehmen an DLT- und Blockchain-Einsatz im Zuge von Präsentationen von Seiten der Projektpartner mit anschließender Diskussion eruiert. Wie unten zu AP3 ausgeführt, ergaben die Gespräche mit Unternehmen, dass das Projektkonzept als Grundlage für einen fruchtbaren Stakeholderdialog konkretisiert werden musste. Zudem war Pandemiebedingt das Aufsetzen von Dialogplattformen die es erlaubt hätten weitere Industriepartner anzusprechen stark erschwert und es herrschte allgemein eine abwartende Haltung aufgrund der für die Unternehmen noch nicht absehbaren Auswirkungen der Pandemie

Im Zuge des Stakeholder-Dialogs wurden sowohl Unternehmen, die bereits Interesse an einer Einbindung in das Projekt signalisiert hatten, sowie weitere potentiell interessierte Unternehmen vom Thinktank, INEC und iPoint-Systems GmbH kontaktiert. In diesem Zusammenhang wurden unterstützend zu AP4+6 die Art des eventuell bereits vorhandenen Interesses der Unternehmen an DLT- und Blockchain-Einsatz eruiert.

Wie in Kapitel 5.1 ausgeführt, ergaben die Gespräche mit Unternehmen, dass das Projektkonzept als Grundlage für einen fruchtbaren Stakeholderdialog konkretisiert werden musste. Zudem war pandemiebedingt das Aufsetzen von Dialogplattformen stark erschwert. Trotz der schwierigen Umstände bewarben und stellten die Projektpartner das ReDiBlock Projekt über die Projektlaufzeit hinweg in diversen Formen und Foren vor (siehe Liste im Anhang, Kapitel 14.1).

5 Arbeitspaket 3: Kooperation mit Unternehmen

5.1 Einbindung von Unternehmen

Für das Projekt wurden sowohl Unternehmen die bereits im Vorfeld Interesse an einer Einbindung in das Projekt signalisiert haben, sowie weitere potentiell interessierte Unternehmen kontaktiert. In diesem Zusammenhang wurden unterstützend zu AP4+6 die Art des eventuell bereits vorhandenen Interesses der Unternehmen an DLT- und Blockchain-Einsatz eruiert. In diversen Gesprächen mit Unternehmen stellte sich heraus, dass die hohe Relevanz des Projektthemas von Industrieseite erkannt wurde, allerdings eine starke Zurückhaltung bei der verpflichtenden Teilnahme am Projekt herrschte. Dies scheint mehrere Gründe als Ursache gehabt zu haben, zum einen Pandemiebedingte Prioritätsverschiebungen, aber auch die Arbeit an firmeninternen Lösungen einiger großer Unternehmen und das Warten auf ein ausgearbeitetes Konzept an das man sich anschließen kann. Daher wurde die Projektorganisation umgestellt und zunächst ein generelles Konzept entworfen, um mit einem konkreten Vorschlag auf für das Projekt interessante Unternehmen zugehen zu können. Zudem wurde beschlossen anstelle einen breitgefächerten Ansatzes zugunsten einer höheren Durchdringung der Materie eine Branchenlösung mit einer guten Übertragbarkeit auf weitere Industriezweige zu verfolgen. Hier wurde die Edelmetallbranche mit ihren weitgehenden gesetzlichen Regulierungen und branchenspezifische Zertifizierungen, einem hohen Recyclinganteil, sowie einer Mischung von Stück- und Schüttgut in Ausgangsmaterial und Produktion als ideales Anwendungsbeispiel identifiziert. Zudem weist die Branche eine starke

Konzentration auf Baden-Württemberg auf, wo sie von wirtschaftlicher Bedeutung ist. Es konnten drei in einer Lieferkettenbeziehung stehende Unternehmen der Edelmetallbranche für das Projekt gewonnen werden.

5.2 Vorstellung der Partnerunternehmen

5.2.1 Vorstellung C.Hafner GmbH + Co. KG (C.Hafner)

Die C.Hafner GmbH + Co.KG ist eine seit 1850 familiengeführte Gold- und Silberscheideanstalt mit einem Umsatz von ca. 1 Mrd. Euro (2019), welche sich auf die Edelmetallrückgewinnung bzw. das Recycling von Edelmetallen, wie Gold, Silber, Platin und Palladium spezialisiert.³⁶ In einer Scheideanstalt werden Edelmetalle aus Legierungen zurückgewonnen indem sie geschieden werden, um im nächsten Schritt den höchsten Reinheitsgrad zu erreichen. Für diesen Prozess wird von der Scheideanstalt Altgold angekauft und aufbereitet. Die Trennung der Edelmetalle aus Legierungen erfolgt über chemische, thermische und mechanische Verfahren, welche die unterschiedlichen Schmelzpunkte und Vergasungspunkte der einzelnen Bestandteile nutzen.

Dies geschieht mit rund 200 Mitarbeitern an zwei Standorten, in Wimsheim und in Pforzheim. In Pforzheim befindet sich die Scheiderei und in Wimsheim finden alle administrativen sowie produktionsbezogenen Prozesse statt. Zum Produktportfolio der Firma gehören nicht nur Goldbarren, sondern auch Halbzeuge, Pulver (3D-Druck), Dentaltechnologien, Frästeile, Legierungen, Lote und Lotpasten sowie weitere Produkte.³⁷

5.2.2 Vorstellung Eduard G. Fidel GmbH (EGF)

Die Eduard G. Fidel GmbH ist ein 1946 gegründeter Trauringhersteller mit ca. 160 Mitarbeitern und einer Bilanzsumme von 8,6 Mio. Euro in 2020. Die Firma mit Sitz und Produktionsstätte in Pforzheim ist auf die Herstellung individuell angepasster Trauringe aus einer Vielzahl verschiedener Edelmetalllegierungen aus im Wesentlichen Gold, Silber, Kupfer, Platin und Palladium spezialisiert. Diese werden über Partnerjuweliere an den Privatkunden vertrieben. Zudem gibt es größere Auftragsarbeiten durch Schmuckmarken die durch EGF Ringe produzieren lassen.

³⁶ Vgl. C.Hafner GmbH +Co.KG o.J.b.

³⁷ Vgl. C.Hafner GmbH +Co.KG o.J.b.

5.2.3 Vorstellung Landesbank Hessen-Thüringen (HeLaBa)

Die Landesbank Hessen-Thüringen (HeLaBa) ist eine staatliche Geschäftsbank, Sparkassenzentralbank und Förderbank mit Sitz in Frankfurt am Main und Erfurt. Sie gehört mit über 6000 Mitarbeitern an 18 Standorten und einem Geschäftsvolumen von 254,9 Mrd. Euro für das Jahr 2022 zu den größeren Landesbanken. Die projektrelevante Rolle ist die der Sparkassenzentralbank. In dieser Funktion tritt die Helaba sowohl als größerer Lieferant für Altgold, das durch die regionalen Sparkassen direkt vom Privatkunden angekauft und an die Scheideanstalt C.Hafner abgegeben wird, als auch als Händler, der recyceltes Gold in Form von Barren von C.Hafner abnimmt und weiterverkauft, auf.

6 Arbeitspaket 4: Analyse der Anwendungsfälle und Identifikation von Anforderungen

6.1 Vorgehensweise

Die Arbeiten zu Arbeitspaket 4 begannen mit einer Recherche wissenschaftlicher Veröffentlichungen zu grundlegenden Einflussfaktoren in (nachhaltigen) Wertschöpfungsketten. Geachtet wurde dabei darauf, ob sich die genannten Einflussfaktoren ökonomischen, rechtlichen und sozialen Treiber und Hemmnisse auch übertragen lassen, wenn DLT zum Einsatz kommt.

Eine zweite Recherche ermittelte relevante Projekte von Dritten. Gesucht wurden sowohl kommerzielle, als auch wissenschaftliche Projekte. Für die Projektrecherche kommerzieller Projekte wurden zunächst alle Projekte bzw. Unternehmen erfasst, die in einer Reihe wissenschaftlicher Veröffentlichungen als Fallstudien genannt wurden.³⁸ Unabhängig davon erfolgte eine Recherche auf drei einschlägigen Nachrichtenportalen.³⁹ In einem zweiten Schritt wurde dann auf den Internetseiten zuvor genannter Unternehmen nach weiteren relevanten Projekten gesucht. Für die Recherche paralleler Forschungsprojekte wurden alle Vorhaben festgehalten, welche in der Blockchain-Strategie der Bundesregierung erwähnt werden.⁴⁰ Außerdem erfolgte auch eine Suche in

³⁸ Vgl. u.a. Adams et al. 2018; Casino et al. 2019; Kouhizadeh und Sarkis 2018; Kshetri 2018; Saberi et al. 2019.

³⁹ Vgl. BBHQ Media LLC; Ledger Insights Ltd.; CoinDesk Ltd. o.J.

⁴⁰ Vgl. BMWI und BMF 2019.

diversen Projekt-Datenbanken von Bundesministerien bzw. nachgelagerten Bundesbehörden, welche Forschungsprojekte in Auftrag geben.⁴¹

Für die in der zweiten Recherche ermittelten Parallel-Projekte wurden zunächst technische Aspekte der Nutzung ermittelt. So wurde untersucht, welche Funktion der DLT im gefundenen Fall im Vordergrund steht: ob bei der Anwendung eine Informationsweitergabe, ein Konsensmechanismus, eine Anreizsetzung (Tokenisierung), oder eine Automatisierung (Smart Contracting) zentral ist⁴². Analysiert wurde auch, wie ausgereift eine Applikation eines Distributed Ledger ist – ob es sich um ein Pilotprojekt oder um eine kommerzielle Praxisanwendung handelt. Im Weiteren wurde der thematische und organisatorische Kontext der Technologie-Nutzung untersucht. Etwa, ob sich die DL-Nutzung einem Anwendungsfeld zuordnen lässt (z.B. Nachhaltiges Lieferkettenmanagement, Ökobilanzierung, Kreislaufwirtschaft). Ebenfalls erfasst wurde, in welcher Branche die Technologie zum Einsatz kommt und, ob Angaben zum Umfang der DL-Anwendung gemacht werden: Mit Blick auf Lieferketten und Wertschöpfungsnetzwerke wurde untersucht, ob einzelne Abschnitte oder vollständige Systeme abgedeckt werden; mit Blick auf die Anzahl der Projektteilnehmer wurde darauf geachtet, wie verbreitet eine DL-Lösung für das jeweilige Anwendungsfeld bzw. in der jeweiligen Branche ist. Soweit möglich wurde auch ermittelt, was jeweils die Motivation des Projektes war. Für Letzteres wurde darauf geachtet, ob Unternehmen ein Vorhaben proaktiv angegangen sind, oder eher auf (für die Zukunft absehbare) Rechtsvorschriften reagiert haben.

Eine dritte Recherche erfasste und analysierte wissenschaftliche Vorveröffentlichungen zu möglichen Anwendungsfällen von DLT im Kontext der Ressourcenschonung und Kreislaufwirtschaft.

Aufbauend auf den drei genannten Recherchen und den damit verbundenen Analysen wurden 16 verschiedene generische Anwendungsfälle identifiziert, wie die DLT direkt oder indirekt zu mehr Nachhaltigkeit, Ressourcenschonung und Kreislaufwirtschaft beitragen kann. Die 16 generischen Anwendungsfälle wurden eingehend auf ihre

⁴¹ Vgl. BMBF o.J. a; BMBF o.J. b; BMVI o.J. a; BMWI o.J. a; DAFA o.J.; GIZ o.J. a; UBA o.J.

⁴² Vgl. Urban 2020.

technischen und organisatorischen Anforderungen analysiert. Untersucht wurde zunächst, ob die Verwendung von DLT überhaupt zweckmäßig ist.⁴³ Untersucht wurde, welche Akteure, Material- und Informationsflüsse für alle 16 Anwendungsbeispiele vorliegen. Ermittelt wurde auch, welche Funktionen (z.B. Informationsweitergabe oder Konsensfindung) und Eigenschaften (z.B. Vertraulichkeit oder Fälschungssicherheit) einer DLT im Anwendungsfall Verwendung finden.⁴⁴ Zudem erfolgte für jede Anwendungsmöglichkeit eine erste, qualitative Analyse, welche Akteure in den verschiedenen Fällen einen Nutzen aus der Anwendung eines DLT-Systems ziehen können – und welche Akteure ohne weitere Anreizsetzung keine Motivation zur Teilnahme haben. Somit bietet die Analyse der 16 auch eine wichtige Grundlage für eine ‚Landkarte der Geschäftsmodelle‘. Nach ersten Rückmeldungen von Industriekontakten erfolgte noch einmal eine vertiefte Untersuchung von vier Anwendungsfällen, welche den Praktikern als besonders aussichtsreich für eine Umsetzung erschienen. Für die vertiefte Analyse wurde gezielt nach veröffentlichten Fallbeispielen und Pilotstudien gesucht.

Bei den genannten Recherchen und Analysen wurde deutlich, welche offenen Forschungsfragen es zu Projektbeginn noch gab. Zum Teil handelte es sich dabei um Fragen, die bereits vor dem Beginn von ReDiBlock als Projektziele identifiziert wurden. Weitere Forschungsfragen kamen hinzu. Diese Forschungslücken wurden nach den ersten, allgemeinen Recherchen noch einmal gezielter adressiert.

Ein Ziel des ReDiBlock-Projektes ist die „Entwicklung von Regelungen und Validierungsmethoden für die eingegebenen Informationen“. Hintergrund dieser Zielsetzung ist, dass die korrekte Informationsübertragung innerhalb eines DLT-Systems weitestgehend sicher ist; ein DLT-System garantiert aber nicht, dass überhaupt korrekte Informationen in das System hineingelangen. Zu diesem sogenannten ‚Orakel-Problem‘ erfolgte eine Literaturrecherche und eine Analyse bekannter Lösungsansätze.⁴⁵

Ein weiteres Ziel ist die Nachverfolgung von „Gütern, die in Form und Zusammensetzung umgewandelt werden“ können. Ähnliche Forschungsfragen liegen vor, wenn Materialien vermischt werden und die Bestandteile des Gemisches nicht mehr eindeutig

⁴³ Vgl. Urban 2020.

⁴⁴ Vgl. ebd.

⁴⁵ Vgl. Al-Breiki et al. 2020; Caldarelli 2020; Pasdar et al. 2020.

unterschieden werden können. Auch für diese Fragestellungen erfolgte eine Literaturrecherche bestehender Vorarbeiten, insbesondere aus den Bereichen der Materialflussanalyse und der Methodik der Produktkettensysteme.⁴⁶

Auch für Fälle, in denen der „Transfer von Massen-/Schüttgütern“ entlang von Wertschöpfungsketten erfasst werden muss, erfolgte eine systematische Recherche wissenschaftlicher Literatur. Daneben wurden auch bestehende Vorarbeiten von Normungsgremien und Verbänden berücksichtigt.⁴⁷ Die bereits vorhandenen Methoden wurden auf Stärken und Schwächen analysiert und es wurde untersucht, welche Voraussetzungen in Wertschöpfungsketten vorliegen müssen, damit diese bisher entwickelten Methoden im ReDiBlock-Projekt anwendbar sind.

Für Fälle, in denen Stückgüter entlang von Lieferketten nachvollzogen werden, wurde das Konzept des digitalen Produktpasses als weiterer Lösungsansatz identifiziert (s. Kapitel 2.1). Zu den bestehenden Vorüberlegungen für einen digitalen Produktpass erfolgte eine systematische Literaturrecherche. Das Projektteam verschaffte sich einen Überblick über die Interessenvertreter aus Forschung, Politik und Wirtschaft, welche den digitalen Produktpass vorantreiben. Hierzu wurde mit mehreren Forschungsgruppen und politischen Akteuren Kontakt aufgenommen. Verschiedene Definitionen, der aktuelle Stand der Umsetzung und mögliche Ausgestaltungen vorhandener Konzepte wurden erfasst und analysiert. Ebenso wurde untersucht, welche Vor- und Nachteile die Einführung für verschiedene Akteure haben würde. Ein besonderes Augenmerk lag auf Vorarbeiten, welche den digitalen Produktpass nicht nur als abstraktes Politikkonzept darstellen, sondern konkrete Umsetzungsmöglichkeiten aufzeigen. Das Projektteam erstellte einen konkreten Entwurf, welche Informationen in einem digitalen Produktpass enthalten sein sollten.

Zur Lösung der genannten Forschungsfragen wurde im Folgenden ein generisches Konzept entworfen, welches verschiedenste Arten der Nachverfolgung von Materialien, Zwischen- und Endprodukten miteinander vereint. Damit ist die allgemeine

⁴⁶ Vgl. z.B. EllenMcArthurFoundation 2019; ISEAL Alliance 2016.

⁴⁷ Vgl. z.B. ISO 22095; ISEAL Alliance 2016; EllenMcArthurFoundation 2019.

Anwendbarkeit des ReDiBlock-Konzepts auf unterschiedliche Anwendungsfälle in verschiedenen Branchen sichergestellt.

Nach der Erarbeitung des generischen Konzepts wurde mit drei Industriepartnern aus der Edelmetallbranche eine Fallstudie begonnen, in der Ressourcenschonung und Kreislaufwirtschaft mittels DLT innerhalb einer gemeinsamen Lieferkette erprobt wurden. Nach Rücksprache mit den Industrieunternehmen wurden vier Anwendungsfälle verfolgt, welche bereits zuvor als besonders aussichtsreich identifiziert wurden. Die vier fokussierten Anwendungsmöglichkeiten wurden für die Edelmetallbranche weiter spezifiziert. Neben einer erneuten Literaturrecherche fanden hierzu Expertengespräche, drei Workshops, zwei Werksbegehungen und wöchentliche Arbeitstreffen statt. Die Anforderungen der Industriepartner wurden zusätzlich durch Fragebögen genau erfasst. Im Ergebnis lag ein genaues Verständnis für die Anforderungen vor, welche im Fallbeispiel an einen Prototyp eines DLT-Systems gestellt werden. Diese Anforderungen wurden von INEC aufbereitet und den übrigen Forschungspartnern übermittelt.

6.2 Stand des Wissens

6.2.1 Vorarbeiten zu ökonomischen, rechtlichen und sozialen Einflussfaktoren

Eine erste Recherche zu grundlegenden Einflussfaktoren in (nachhaltigen) Wertschöpfungsketten ergab, dass es hierzu bereits seit Längerem eine sehr gute Forschungsbasis gibt.⁴⁸ Eine Analyse dieser Vorarbeiten ergab, dass sich die gefundenen ökonomischen, rechtlichen und sozialen Treiber und Hemmnisse vielfach sehr gut auf Fälle übertragen lassen, in denen die DLT zur Ressourcenschonung zum Einsatz kommen soll. So listen zum Beispiel Wittstruck und Teuteberg in ihrer Metastudie 15 direkte und indirekte Einflussfaktoren auf, wann nachhaltiges Lieferkettenmanagement gelingt. Sie analysieren das Zusammenspiel von sieben Erfolgsfaktoren.⁴⁹ *Abbildung 6-1* zeigt ihren Überblick der Erfolgsfaktoren:

⁴⁸ Vgl. z.B. Wittstruck und Teuteberg 2012; Mathiyazhagan et al. 2013.

⁴⁹ Wittstruck und Teuteberg 2012.

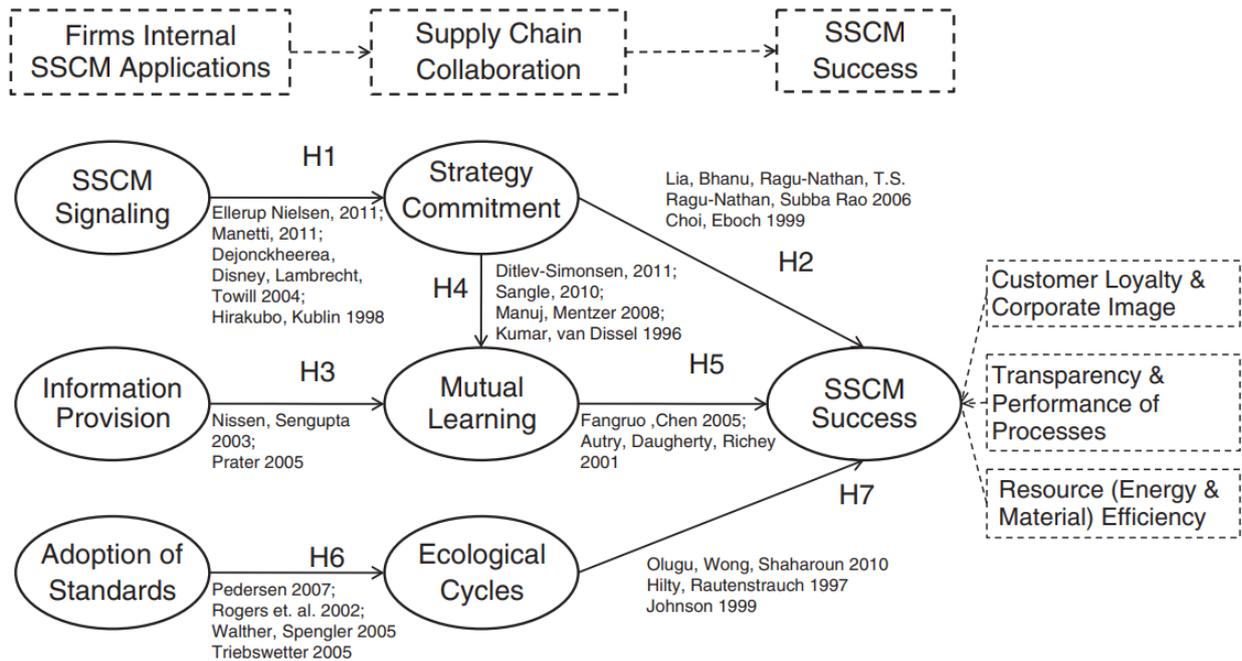


Abbildung 6-1: Erfolgsfaktoren Nachhaltigen Lieferkettenmanagements und deren Beziehungen⁵⁰

Mathiyazhagan et al. zeigen in ihrer Metaanalyse 26 mögliche Hemmnisse für dieses Gelingen auf und analysieren die Stärken und Wechselwirkungen dieser Effekte.⁵¹

Abbildung 6-2 bietet hierzu einen Überblick:

⁵⁰ Wittstruck und Teuteberg 2012, S. 150.

⁵¹ Mathiyazhagan et al. 2013.

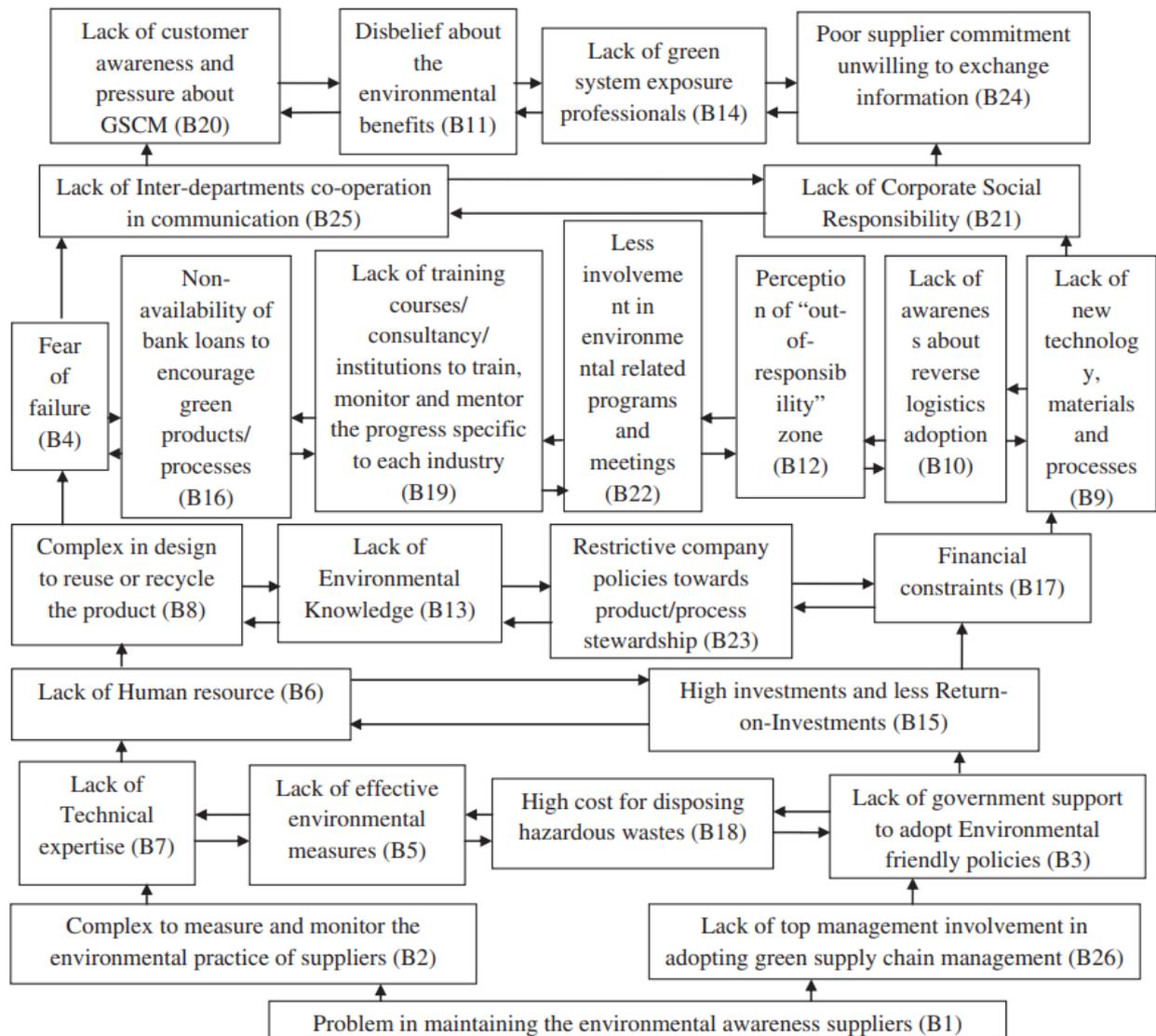


Abbildung 6-2: Mögliche Hemmnisse Nachhaltigen Lieferkettenmanagements und deren Beziehungen⁵²

6.2.2 Parallele Projekte

Die Recherche zur Nutzung von DLT für Ressourcenschonung und Kreislaufwirtschaft⁵³ ergab eine Vielzahl relevanter paralleler Projekte. Es fanden sich 149 Arbeiten zur Distributed Ledger-Technologie, darunter 110 Projekte von kommerziellen Anbietern weltweit und 39 Forschungsvorhaben im Auftrag deutscher Bundesministerien.⁵⁴ *Abbildung 6-3* liefert eine Einordnung aller gefundenen Projekte, in welchen

⁵² Mathiyazhagan et al. 2013, S. 292.

⁵³ Vgl. Abschnitt 6.1.

⁵⁴ Auflistung s. Anhang.

Themenfeldern DLT mittelbar oder unmittelbar zu mehr Ressourcenschonung oder Kreislaufwirtschaft beitragen soll:

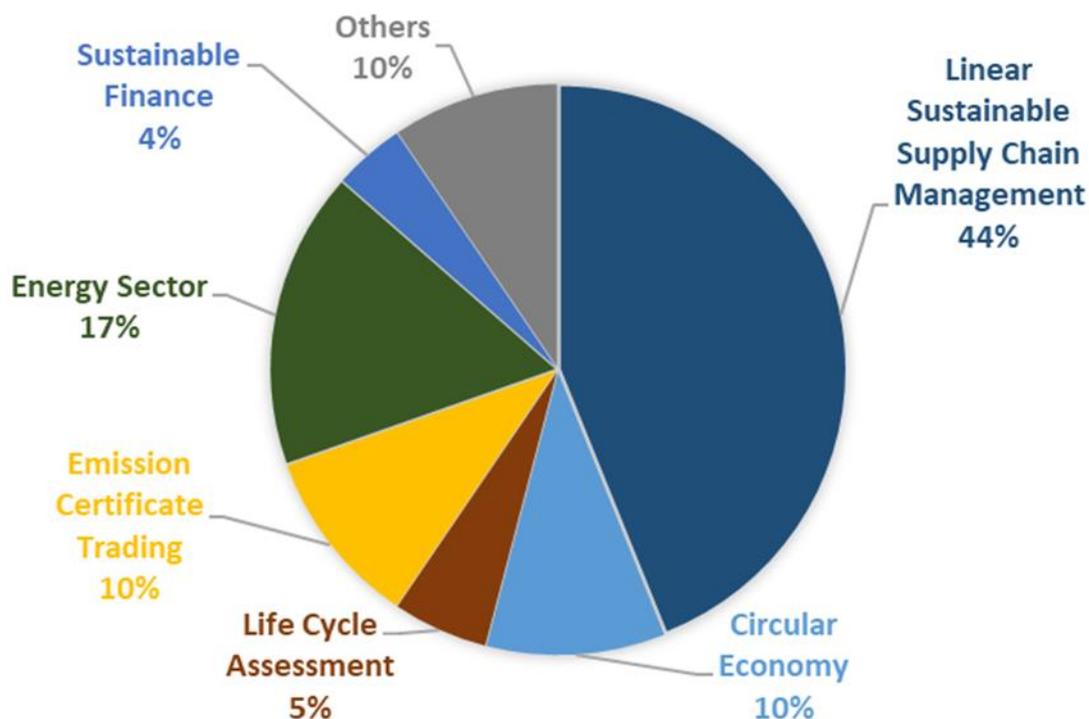


Abbildung 6-3: Anwendungsfelder von DLT für Ressourcenschonung und Kreislaufwirtschaft in parallelen Projekten⁵⁵

Bei den kommerziellen Anwendungsfällen ließen sich 55 Projekte dem Themenfeld (nachhaltiges) Lieferkettenmanagement zuordnen; 15 Beispiele fokussieren auf Kreislaufwirtschaft, zwei Beispiele auf Abfallwirtschaft ohne Kreislaufführung; in acht Fällen lag das Augenmerk auf der Gewinnung von Informationen für eine Ökobilanzierung; 15 Projekte adressieren verschiedene Modelle von Emissionshandel für Treibhausgase; drei Vorhaben haben verbessertes Qualitätsmanagement zum Ziel. Ferner fanden sich vier kommerzielle Projekte aus der Energiewirtschaft; sechs aus dem Feld nachhaltiger Finanzwirtschaft; und sieben sonstige Beispiele. Fünf der 149 Projekte adressieren mehr als einen Anwendungsbereich.⁵⁶

⁵⁵ Eigene Recherche, s. Anhang.

⁵⁶ Vgl. ebd.

Unter den 39 Forschungsprojekten wurden zehn parallele Vorhaben identifiziert, welche sich mit (nachhaltigem) Lieferkettenmanagement beschäftigen; zwei Forschungsvorhaben behandelt mögliche Anwendungsfälle der Blockchain in der Sharing Economy. Die Recherche ergab keine Forschungsprojekte, welche Distributed Ledger in den Bereichen Ökobilanzierung oder Kreislaufwirtschaft anwenden (außer den bekannten Vorarbeiten des ReDiBlock-Projektpartners iPoint). Ferner fanden sich 21 Projekte aus dem Feld nachhaltiger Energiewirtschaft und sechs begleitende Forschungsprojekte ohne direkte Anwendungsfälle.⁵⁷

Parallele Projekte: Nachhaltiges Lieferkettenmanagement

Von den insgesamt 55 identifizierten kommerziellen Projekten ließen sich 50 dem Bereich Nachhaltiges Lieferkettenmanagement zuordnen. Diese Vorhaben fanden sich überwiegend in zwei Branchen. So ergab die Recherche 16 Projekte, bei denen Mineralien und Metalle mittels DLT nachverfolgt werden⁵⁸; in 20 Fällen wird DLT auf Lieferketten von Lebensmitteln angewandt⁵⁹. Abgesehen von diesen beiden Schwerpunkten fanden sich auch Nutzungen bei einer Vielfalt weiterer Lieferketten, zum Beispiel für Textilien⁶⁰ oder Kosmetika⁶¹.

Es werden (zumindest in der Außendarstellung der Unternehmen) meist ganze Lieferketten erfasst.⁶² Gleichzeitig handelt es sich häufig um Lieferketten, welche relativ kurz sind (wie z.B. für Lebensmittel).⁶³ In den meisten Fällen handelt es sich um Insellösungen für einzelne Produkte bzw. Lieferketten.⁶⁴ Es existieren aber auch größere DL-Anwendungen im Rahmen größerer Unternehmens-Netzwerke. Letztere sind meist an bestimmte Branchen oder Rohstoffe geknüpft, so zum Beispiel ‚Food Trust‘ für Lebensmittel⁶⁵, das ‚Responsible Sourcing Blockchain Network‘ für Erze und Metalle⁶⁶, oder ‚Trustchain‘ für Diamanten⁶⁷. Nur selten fanden sich umfassende DL-Systeme ohne

⁵⁷ Vgl. Eigene Recherche, s. Anhang.

⁵⁸ Vgl. Ebd.

⁵⁹ Vgl. z.B. IBM o.J.

⁶⁰ Vgl. IBM 2020.

⁶¹ Vgl. Project Provenance Ltd. o.J. a.

⁶² Vgl. IBM o.J.

⁶³ Vgl. Philipps 2018.

⁶⁴ Vgl. Philipps 2018.

⁶⁵ Vgl. IBM o.J.

⁶⁶ Vgl. RCS Global Group o.J.

⁶⁷ Vgl. Richline Group Inc o.J.

einen solchen Fokus. Dann handelt es sich häufig um Anwendungen von Logistik-Dienstleistern, wie zum Beispiel ‚Tradelens‘ der Containerreederei Maersk.⁶⁸

Bei vielen Projekten von kommerziellen Anbietern handelt es sich um beispielhafte Pilotprojekte⁶⁹, es fanden sich aber auch kommerzielle Anwendungen⁷⁰. Je nach Geschäftsfeld handelt es sich um Vorhaben, um (sich abzeichnende) rechtliche Vorgaben einzuhalten⁷¹. In anderen Geschäftsfeldern fanden sich auch proaktive Maßnahmen ohne (unmittelbar von außen erkennbaren) regulatorischen Hintergrund, etwa zu Marketingzwecken.⁷² Hierzu ist keine eindeutige Tendenz erkennbar.

Bei den Forschungsprojekten fanden sich zehn parallele Vorhaben, welche sich mit (nachhaltigem) Lieferkettenmanagement beschäftigen. Diese finden sich teilweise in der Agrar- und Lebensmittelbranche (vier Projekte hierzu⁷³). Im Gegensatz zu den kommerziellen Anwendungen sind die Forschungsvorhaben aber häufig nicht auf einzelne Branchen festgelegt.⁷⁴ Oftmals werden Abschnitte komplexer Lieferketten bzw. –netzwerke untersucht.⁷⁵ Wie bei den kommerziellen Vorhaben ist auch bei den Beschreibungen der Forschungsprojekte oft nicht ersichtlich, in welchem Umfang genau die genannten Lieferketten betrachtet werden.

Wie bei den kommerziellen Projekten handelt es sich häufig um Vorhaben, bei denen als Praxispartner nur wenige Unternehmen entlang einzelner Lieferketten beteiligt sind.⁷⁶ Es fanden sich aber auch Projekte, bei denen an größeren Netzwerken gearbeitet wird.⁷⁷ Im Gegensatz zu den Projekten kommerzieller Anwender handelt es sich bei den Forschungsprojekten meist um Vorhaben im Pilotstadium, insbesondere dann, wenn die Nutzung von DLT in größeren Netzwerken getestet wird.⁷⁸

⁶⁸ Vgl. IBM und GTD Solution o.J.

⁶⁹ Vgl. z.B. Philipps 2018.

⁷⁰ Vgl. z.B. IBM o.J.

⁷¹ Vgl. z.B. RCS Global Group o.J.

⁷² Vgl. z.B. Philipps 2018.

⁷³ Vgl. z.B. GIZ o.J. b.

⁷⁴ Vgl. z.B. BMVI o.J. b.

⁷⁵ Vgl. z.B. BMVI o.J. b.

⁷⁶ Vgl. z.B. GIZ o.J. b.

⁷⁷ Vgl. z.B. BMWI o.J. b.

⁷⁸ Vgl. z.B. BMWI o.J. b.

Parallele Projekte: Kreislaufwirtschaft

Neben den Projekten, welche sich mit (linearem) Lieferkettenmanagement beschäftigen, fanden sich auch neun kommerzielle Vorhaben, welche auf Kreislaufwirtschaft fokussieren. Branchenschwerpunkte sind hierbei zum einen die Kunststoffindustrie (mit drei Projekten); zum anderen die Rohstoffwirtschaft für Mineralien und Metalle, bzw. deren Kunden aus der verarbeitenden Industrie (vier Projekte) und zwei weitere Projekte aus dem Konsumgüterbereich.⁷⁹

Ein Projektfokus auf Kreislaufwirtschaft bedeutet nicht notwendigerweise, dass durch DLT ein vollständiger, geschlossener Kreislauf erreicht wird: Bei zwei gefundenen Vorhaben wird der Nachweis erbracht, dass es sich bei verwendetem Material um Sekundärrohstoffe handelt. In diesen Fällen umfasst das DL den Weg vom Recycling zur Verarbeitung des Sekundärmaterials. So zum Beispiel bei der ‚Plastic Bank‘ für Kunststoffverpackungen⁸⁰ oder bei einem Projekt von Volvo und IBM für die Wiederverwendung von Cobalt.⁸¹

Bei zwei anderen Vorhaben werden mithilfe von DL-Systemen Informationen transportiert, welche die grundsätzliche Recyclingfähigkeit von Produkten sicherstellen sollen. In diesen Anwendungsfällen erstreckt sich das DL potenziell von der Herstellung bis zum Recycling. Allerdings wird in diesen Projekten kein Hinweis gegeben, ob die Produkte auch tatsächlich mithilfe der Technologie recycelt werden, konkrete Recyclingunternehmen werden ebenfalls nicht genannt. In der Außendarstellung zielen diese DL-Anwendungen vor allem auf die Aufmerksamkeit potenzieller Käufer. Dazu passend handelt es sich um zwei Projekte aus dem B2C-Bereich, eine DL-Anwendung für Matratzen⁸² und eine für Teppiche⁸³.

Abgesehen von möglichen Teillösungen gibt es aber auch kommerzielle Projekte, welche einen kompletten Kreislauf zum Ziel haben: So plant zum Beispiel das Start-Up Circularize gemeinsam mit einem Konsortium aus Chemie-Unternehmen und deren

⁷⁹ S. Anhang.

⁸⁰ Vgl. Plastic Bank Foundation o.J.

⁸¹ Vgl. Lewis 2019.

⁸² Vgl. Project Provenance Ltd. o.J. b).

⁸³ Vgl. Project Provenance Ltd. o.J. c).

Industriekunden, Kunststoffkreisläufe zu schließen.⁸⁴ Dem Verbund angeschlossen haben sich unter anderem die Unternehmen Domo Chemicals, Borealis, Covestro und Porsche.⁸⁵ Ein ähnliches Projekt für Kunststoffe betreibt auch die BASF.⁸⁶

Drei weitere Projekte haben zum Ziel, Recyclingkreisläufe für Batterien von Elektrofahrzeugen bzw. deren Rohstoffe zu etablieren. In einem Fall kooperiert Ford mit einem Verbund aus Batterieherstellern.⁸⁷ Daimler plant im Projekt ‚Ambition 2039‘, gemeinsam mit dem Software-Dienstleister Circular und einem Batteriezellenhersteller den Kreislauf für Batterien bzw. Kobalt zu schließen.⁸⁸ Zuvor wurde auch bekannt, dass Circular für das Recycling von Batterien mit der American Manganese Inc. zusammenarbeitet.⁸⁹ (Ob bzw. wie die beiden letztgenannten Projekte zusammenhängen, ist aus den Pressemitteilungen nicht ersichtlich.)

Insgesamt fanden sich wenig detaillierte Informationen, wie genau in den genannten Projekten Kreisläufe mittels DLT geschlossen werden sollen. Wie bei den meisten Projekten für lineare Lieferketten begrenzen sich auch die Projekte zur Kreislaufwirtschaft häufig auf wenige teilnehmende Unternehmen.⁹⁰

Die Vorhaben, welche sich auf Abschnitte vor oder nach dem Recycling beschränken, befinden sich schon in der praktischen Anwendung. Die Projekte, welche ein Schließen der Kreisläufe beabsichtigen, befinden sich alle am Anfang. Neben Ankündigungen und ersten Pilotprojekten ergab sich hierzu kein Hinweis auf Praxisanwendungen. Im Gegensatz zu Projekten im linearen Lieferkettenmanagement fanden sich die Projekte zur Kreislaufwirtschaft mehrheitlich in Branchen, in denen rechtliche Vorgaben vorhanden bzw. für die Zukunft bereits heute absehbar sind (wie z.B. Rohstoffwirtschaft⁹¹ und Kunststoffbranche⁹²).

⁸⁴ Vgl. Circularise o.J.

⁸⁵ Vgl. Circularise 2020.

⁸⁶ Vgl. BASF Canada und Deloitte 2020.

⁸⁷ Vgl. Foreverhold Ltd. o.J.

⁸⁸ Vgl. Daimler AG 2020.

⁸⁹ Vgl. American Manganese Inc. 2018.

⁹⁰ Vgl. z.B. American Manganese Inc. 2018.

⁹¹ Vgl. Lewis 2019.

⁹² Vgl. Plastic Bank Foundation o.J.

Parallele Projekte: Klimafußabdrücke und Ökobilanzierung

Für die Nutzung der DLT zur Erstellung von Klimafußabdrücken und Ökobilanzen wurden noch keine kommerziellen Anwendungsfälle identifiziert, aber drei Ankündigungen für entsprechende Pilotprojekte⁹³: Das Blockchain-Unternehmen Everledger möchte seinen Kunden anbieten, DL-Lösungen des Lieferkettenmanagements mit Umweltinformationen zu verknüpfen. Geplant ist eine Pilotanwendung mit einem Anwender aus der Diamanten-Industrie.⁹⁴ Der Software-Dienstleister Provenance möchte seinen Kunden ebenfalls die Möglichkeit geben, Umweltinformationen in deren Lieferketten mittels DLT weiterzugeben. Eine Kleiderkollektion mit entsprechenden Hinweisen für Kunden soll dieses Jahr veröffentlicht werden.⁹⁵ Daimler plant langfristig, im Rahmen seines Projektes ‚Ambition 2039‘ die angestrebte Klimaneutralität der Lieferketten mittels DL zu überwachen.⁹⁶

Abgesehen von den Informationen zu ‚Ambition 2039‘ fanden sich keine Angaben, welche Umweltwirkungskategorien (z.B. Beitrag zum Klimawandel, Wasserverbrauch) mittels DLT analysiert werden sollen. Auch konnten keine genaueren Hinweise, wie viele Lebenszyklusphasen bzw. Lieferkettenstufen erfasst werden sollen ausfindig gemacht werden. Allgemein fanden sich wenig konkrete Informationen, wie die drei Vorhaben umgesetzt werden sollen. Wie schon bei den Vorhaben zur Kreislaufwirtschaft handelt es sich dabei um Pilotprojekte einzelner Unternehmen bzw. Lieferketten. Diese wenigen gefundenen Projekte zur Ermittlung von Umweltinformationen durch DL erfüllen (noch) keine erkennbaren rechtlichen Vorgaben, hier handelt es sich (bisher) um proaktives Handeln der Unternehmen.

Abgesehen von den Vorarbeiten des ReDiBlock-Partners iPoint fanden sich keine Forschungsprojekte, welche die Kombination der DLT mit Klimafußabdrücken und Ökobilanzierung erproben.

Parallele Projekte: Weitere Anwendungsfelder zur Ressourcenschonung

⁹³ S. Anhang.

⁹⁴ Vgl. Foreverhold Ltd. 2020.

⁹⁵ Vgl. Project Provenance Ltd. o.J. d).

⁹⁶ Vgl. Daimler AG 2020.

Neben den genannten Anwendungsfeldern Lieferkettenmanagement, Kreislaufwirtschaft und Produktökobilanzierung zeigten sich auch noch eine Reihe anderer DLT-Vorhaben, welche unter anderem der Ressourcenschonung dienen können. Diese liegen aber nicht unbedingt im Fokus des ReDiBlock-Projekts.⁹⁷

Parallele Projekte: Weitere Informationen unabhängig von der Art des Anwendungsgebietes

Unabhängig vom Anwendungsgebiet der DLT ergab die Auswertung noch weitere relevante Informationen.

Bei den ermittelten Projekten wird DLT fast ausschließlich zur Informationsweitergabe genutzt. Es fanden sich auch mehrere Beispiele, bei denen sich der Nutzen einer DL aus der Automatisierung ergibt. Dies ist im Wesentlichen im Bereich der Energieversorgung der Fall. Nur bei einem gefundenen Beispiel besteht der Nutzen der Technologie in der Anreizsetzung durch Tokens⁹⁸; Projekte, bei denen der Hauptnutzen der Technologie durch den Konsensmechanismus entsteht, fanden sich keine.

Die große Zahl paralleler Projekte wurde bereits genannt. Auffällig ist hierbei, dass sehr viele der Projekte sehr ähnliche Ansätze verfolgen. Dabei finden sich auch Forschungsvorhaben, zu denen es gleichzeitig bereits Projekte kommerzieller Anbieter gibt. In einigen Fällen bieten IT-Dienstleister sogar schon recht ausgereifte Lösungen für Probleme, die gleichzeitig noch in Forschungsvorhaben bearbeitet werden. So insbesondere für einzelne, relativ einfache Lieferketten.⁹⁹ Ein weiteres Beispiel für Redundanzen bei Wissenschaft und Praxis wären DLT-Anwendungen bei Logistikdienstleistern, z.B. Reedereien.¹⁰⁰

Die Anwendungen sind in der Praxis häufig noch auf bestimmte Unternehmens-Gruppen beschränkt, wie zum Beispiel bestimmte Branchen bzw. die Verarbeitung gewisser Rohstoffe.¹⁰¹ Innerhalb dieser Gruppen bilden oft nur wenige Unternehmen ein

⁹⁷ S. Anhang.

⁹⁸ Vgl. Solarcoin Foundation o.J.

⁹⁹ Vgl. z.B. GIZ o.J. b; Philipps 2018.

¹⁰⁰ Vgl. z.B. IBM 2017; IBM und GTD Solution o.J.; BMVI o.J. b).

¹⁰¹ Vgl. Philipps 2018.

gemeinsames Konsortium.¹⁰² Dies ist auch bei Forschungsprojekten oft der Fall¹⁰³; manche Forschungsvorhaben sind aber auch breiter gefasst¹⁰⁴. Die Lieferketten in den Praxisanwendungen sind meist relativ kurz bzw. einfach aufgebaut¹⁰⁵; in Forschungsprojekten werden zum Teil auch Abschnitte komplexerer Lieferketten bzw. Netzwerke betrachtet.¹⁰⁶

DLT-Anwendungen zur Verfolgung physischer Produkte fokussieren häufig auf Stückgüter, bei denen entlang der Stoffströme keine Allokationsprobleme auftreten können (z.B. Diamanten¹⁰⁷). Bei den Anwendungsfällen, in denen Allokationsprobleme notwendigerweise auftreten (z.B. bei Erzen in einer Schmelze¹⁰⁸) fanden sich keine Angaben, wie diese Probleme behandelt werden.

Bei den ermittelten Projekten ergaben sich keine expliziten Hinweise, ob einzelne Produkte vollständig entlang ihres Weges nachverfolgt werden, oder ob andere näherungsweise Verfahren verwendet werden. Auch fanden sich keine ausdrücklichen Angaben, ob einzelne Produkte, Produktchargen oder Produkttypen erfasst werden.

Auffällig ist zudem, dass fast nie erwähnt wird, wie ein physisches Produkt mit seinem digitalen Zwilling verknüpft wird, bzw. wie das auf (fälschungs-)sichere Weise geschieht. In den wenigen genannten Fällen kommen RFID und QR-Codes zum Einsatz.¹⁰⁹

Insgesamt zeigte sich, dass bereits eine Vielzahl an Vorarbeiten existiert, sowohl in der Forschung, als auch in der Unternehmenspraxis. Gleichzeitig behandelt ein Großteil der gefundenen Projekte das nachhaltige Lieferkettenmanagement kurzer, einfacher, isolierter Lieferketten. Schaut man darüber hinaus, ergeben sich viele mögliche Anwendungsfälle, für welche die Nutzung der DLT noch ganz am Anfang steht. Die Recherche zum Stand der Entwicklungen ergab somit, dass im Projekt ReDiBlock noch viele verschiedene Ansätze verfolgt werden können. Dies betrifft sowohl grundsätzlich

¹⁰² Vgl. Philipps 2018.

¹⁰³ Vgl. z.B. GIZ o.J. b).

¹⁰⁴ Vgl. BMVI o.J. b).

¹⁰⁵ Vgl. z.B. Philipps 2018.

¹⁰⁶ Vgl. z.B. BMVI o.J. b).

¹⁰⁷ Vgl. Foreverhold Ltd. 2020.

¹⁰⁸ Vgl. RCS Global Group o.J.

¹⁰⁹ Vgl. Project Provenance Ltd. o.J. d); Violino et al. 2020.

mögliche Anwendungsfelder, wie auch unabhängig davon identifizierte Forschungslücken.

6.3 Analyse möglicher Anwendungsfälle von DLT für Ressourcenschonung und Kreislaufwirtschaft

Die Recherchen und Analysen zu Beginn des Projektes¹¹⁰ ergaben 16 generische Anwendungsfälle, wie DLT direkt oder indirekt zu mehr Ressourcenschonung und Kreislaufwirtschaft beitragen kann. Ein typisches Beispiel ist die Nutzung von DLT für ‚Verantwortungsvolle Rohstoffgewinnung‘.¹¹¹ Alle 16 zweckmäßigen Anwendungsfälle stellen auch potenzielle Geschäftsmodelle dar¹¹². Vielfach ist auch eine Kombination der Nutzungsfälle möglich. Die Anwendungsfälle wurden deshalb thematisch gegliedert. *Abbildung 6-4* bietet hierzu eine „Landkarte der Anwendungsfälle“ deren Elemente in den nachfolgenden Abschnitten genauer dargestellt werden:

¹¹⁰ S. Abschnitt 6.1

¹¹¹ S. Abschnitt 6.2

¹¹² S. Abschnitt 11.2

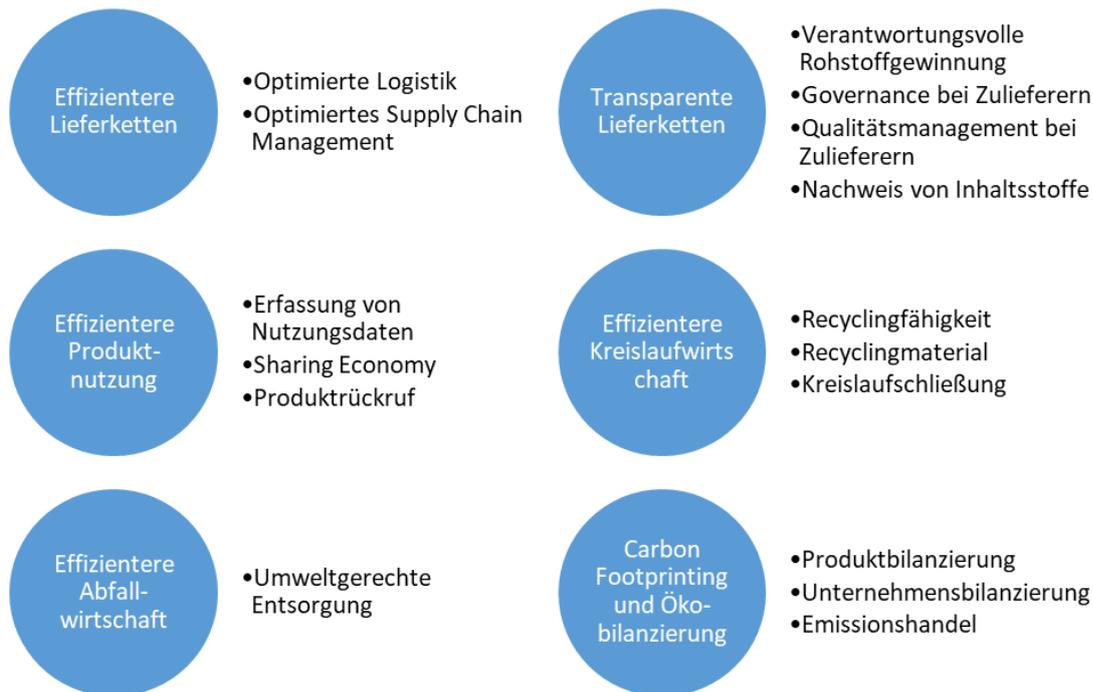


Abbildung 6-4: Landkarte möglicher Anwendungsfälle von DLT für mehr Ressourcenschonung und Kreislaufwirtschaft¹¹³

Optimierte Logistik

DLT kann direkt zu Ressourcenschonung beitragen, wenn die Technologie dazu genutzt wird, Logistikprozesse in Lieferketten zu optimieren. Möglich ist beispielsweise, Frachtbriefe, Ausfuhrgenehmigungen und weitere relevante Unterlagen fälschungssicher in einem DL-Netzwerk zu übermitteln. Typischerweise geschieht dies B2B von der Rohstoffgewinnung bis hin zum fertigen Produkt, sowohl zwischen als auch innerhalb der beteiligten Unternehmen.

DLT wird hierbei vor allem verwendet, weil so ein nachvollziehbarer, verifizierbarer Informationsaustausch in Echtzeit möglich ist. Möglich ist aber auch, den Konsensmechanismus der Technologie zu nutzen, um Widersprüche in den Frachtangaben verschiedener Akteure zu vermeiden. Außerdem kann die Dezentralität der Datenspeicherung in diesem Anwendungsfall eine größere Fälschungssicherheit und Verfügbarkeit der Frachtdaten gewährleisten. *Tabelle 6-1* zeigt alle in diesem Anwendungsfall genutzte Funktionen und Eigenschaften der DLT auf:

¹¹³ Eigene Darstellung, basierend auf eigenen Recherchen und Analysen paralleler Projekte (s. Abschnitte 6.1, 6.2, Anhang)

Tabelle 6-1: Funktionen und Eigenschaften der DLT für optimierte Logistik

Genutzte Funktionen der DLT	Kommunikation; Smart Contracting; dezentrale Datenspeicherung
Genutzte Eigenschaften der DLT	Nachvollziehbarkeit, Verifizierbarkeit; Unveränderbarkeit, Fälschungssicherheit; Verfügbarkeit, Redundanz; Dezentralität)

Optimiertes Supply Chain Management

Über grundlegende Logistikprozesse hinaus kann die DLT-Nutzung zu einer Optimierung von Supply Chain Management-Prozessen führen. Auch in diesem Fall trägt die Technologie unmittelbar zur Ressourcenschonung bei. So können zum Beispiel Prognosen erwarteter Lieferbedarfe innerhalb von Lieferketten übermittelt werden. Wie schon bei der Logistik findet dies innerhalb und zwischen Unternehmen, von der Rohstoffgewinnung bis zum Verkauf des fertigen Produkts statt.

Noch wichtiger als bei der Logistik ist hier die Funktion der DLT, Informationen zu verschlüsseln. So besteht der Nutzen nicht nur darin, dass Bedarfsprognosen schnell und sicher übermittelt werden, sondern auch, dass Unternehmen einer Lieferkette diese Informationen dann nutzen können, wenn Teile der Kommunikation verschlüsselt sind. So können zum Beispiel Bedarfsplanungen besser aufeinander abgestimmt werden, während ein Unternehmen seinem Abnehmer nicht die Identität seines Lieferanten preisgeben muss. *Tabelle 6-2* weist weitere Funktionen und Eigenschaften auf, welche DLT hier beiträgt:

Tabelle 6-2: Funktionen und Eigenschaften der DLT für optimiertes Supply Chain Management

Genutzte Funktionen der DLT	Kommunikation; Smart Contracting; Verschlüsselung; dezentrale Datenspeicherung
Genutzte Eigenschaften der DLT	Transparenz-Vertraulichkeit der Daten; Transparenz-Anonymität der Teilnehmer; Nachvollziehbarkeit, Verifizierbarkeit; Unveränderbarkeit, Fälschungssicherheit; Verfügbarkeit, Redundanz; Dezentralität

Beteiligte Rohstofflieferant; Zulieferer (Tier 1-n); Produkthersteller
 Akteure

Verantwortungsvolle Rohstoffgewinnung

Zusätzlich zur Optimierung von Logistik und Supply Chain Management kann DLT auch dazu genutzt werden, eine verantwortungsvolle Rohstoffgewinnung sicherzustellen. So kann DLT Informationen bereitstellen, dass bei der Gewinnung von Primärrohstoffen wie Erzen oder Biomasse Compliance-Vorgaben, Standards und Gesetze von nachfolgenden Unternehmen, NGOs oder Gesetzgebern eingehalten werden. Handelt es sich dabei (neben sozialen Vorgaben) auch um Umweltregularien, kann DLT direkt zur Ressourcenschonung beim Rohstofflieferanten beitragen. Dieser Anwendungsfall ist besonders für Unternehmen relevant, welche Rohstoffe gewinnen oder weiterverarbeiten, aber auch für deren Abnehmer.

Entscheidend ist hierbei wieder, dass Informationen mittels DLT nicht nur fälschungssicher, verifizierbar und in Echtzeit kommuniziert und aufeinander abgestimmt werden; sondern, dass Rohstofflieferanten gewisse Informationen transparent, andere aber teilweise verschlüsselt ins System eingeben können. So kann beispielsweise ein Förderer von Wolfram allen nachfolgenden Organisationen bestätigen, dass er branchenübliche Nachhaltigkeitsstandards einhält; sein unmittelbarer Abnehmer kann dazu einsehen und bestätigen, dass der Abbau nicht zum Beispiel unter dem Einsatz unzulässiger Chemikalien erfolgte. Diese Information fließt dann in das DLT-System ein. Gleichzeitig muss der Abnehmer des Roh-Wolframs seinen eigenen Kunden keine Informationen über Namen oder Standort seiner Zulieferer preisgeben.

Tabelle 6-3: Funktionen und Eigenschaften der DLT für verantwortungsvolle Rohstoffgewinnung

Genutzte Funktionen der DLT	Kommunikation, Verschlüsselung; dezentrale Datenspeicherung; Smart Contracting
Genutzte Eigenschaften der DLT	Unveränderbarkeit, Fälschungssicherheit; Verifizierbarkeit, Nachvollziehbarkeit; Transparenz-Anonymität der Teilnehmer; Verfügbarkeit, Redundanz; Transparenz-Vertraulichkeit der Daten

Governance von Zulieferern

Nach der Rohstoffbereitstellung können auch verarbeitende Zulieferer von Produktherstellern auf die Einhaltung von Good Governance-Grundsätzen und weiterer Regularien überprüft werden. Auch dies kann unmittelbar zur Ressourcenschonung beitragen – vorausgesetzt, die überwachten Regularien beinhalten Umwelt- und Ressourcenaspekte (und nicht ausschließlich soziale oder andere Vorgaben). Der Unterschied liegt dann nur darin, dass nicht Rohstofflieferanten, sondern nachgelagerte Unternehmen im Fokus dieses DLT-Anwendungsfalles stehen.

Auch die genutzten Funktionen und Eigenschaften der DLT ähneln sehr stark denen, die auch für den Anwendungsfall Verantwortungsvolle Rohstoffgewinnung relevant sind. An dieser Stelle ist entscheidend, dass Unternehmen gesicherte Informationen zu den Produktionsbedingungen ihrer Zulieferer weitergeben können, ohne gleichzeitig ihre Lieferbeziehungen preisgeben zu müssen (vgl. *Tabelle 6-4*).

Tabelle 6-4: Funktionen und Eigenschaften der DLT für Governance von Zulieferern

Genutzte Funktionen der DLT	Kommunikation, Verschlüsselung; dezentrale Datenspeicherung; Smart Contracting
Genutzte Eigenschaften der DLT	Unveränderbarkeit, Fälschungssicherheit; Verifizierbarkeit, Nachvollziehbarkeit; Transparenz-Anonymität der Teilnehmer; Transparenz-Vertraulichkeit der Daten; Verfügbarkeit, Redundanz; Dezentralität

Qualitätsmanagement von Zulieferern

Neben der Einhaltung ökologischer Standards kann DLT auch dazu genutzt werden, Vorgaben des Qualitätsmanagements zu überprüfen. Durch die Sicherstellung einer höheren Qualität kann DLT somit über den gesamten Produktlebensweg zur Ressourcenschonung beitragen. Am DLT-System nehmen typischerweise aber nur B2B Zulieferer und Abnehmer von (Zwischen-)Produkten teil.

Wie bei den Anwendungsfällen ‚Verantwortungsvolle Rohstoffgewinnung‘ und ‚Governance von Zulieferern‘ ist DLT auch hier von Nutzen, da Informationen

fälschungssicher, verifizierbar, widerspruchsfrei und teilweise verschlüsselt weitergegeben werden können. Erleichtert wird so auch die Konformität mit Vorgaben, wie zum Beispiel DIN EN ISO 9001. Ein wesentlicher Unterschied zu den zuvor genannten Anwendungsfällen ist, dass die Geschwindigkeit der Datenübermittlung mittels DLT eine besonders große Rolle spielt (siehe *Tabelle 6-5*). Durch die Benachrichtigung über Qualitätsmängel in Echtzeit folgt ein geringerer Aufwand für die Eingrenzung und Behebung dieser Mängel.

Tabelle 6-5: Funktionen und Eigenschaften der DLT für Qualitätsmanagement von Zulieferern

Genutzte Funktionen der DLT	Kommunikation; Verschlüsselung; Smart Contracting; dezentrale Datenspeicherung
Genutzte Eigenschaften der DLT	Unveränderbarkeit, Fälschungssicherheit; Nachvollziehbarkeit, Verifizierbarkeit; Transparenz-Vertraulichkeit der Daten; Transparenz-Anonymität der Teilnehmer; Verfügbarkeit, Redundanz; Dezentralität

Nachweis von Inhaltsstoffen, Produktzusammensetzungen

DLT kann auch dazu genutzt werden, Informationen zu Inhaltsstoffen bzw. Produktzusammensetzungen entlang von Lieferketten zu übermitteln. Relevant wird dieser Anwendungsfall, sobald Rohmaterialien oder (Zwischen-)Produkte in irgendeiner Form kombiniert werden und ihre Zusammensetzung nicht mehr offensichtlich ist, etwa bei homogenen Gemischen von Chemikalien oder dem Zusammenbau verschiedener Anlagenkomponenten. Entsprechend ist dieser Anwendungsfall vor allem B2B nach der Rohstoffgewinnung und vor der Nutzung relevant. Auch in diesem Anwendungsfall kann DLT unmittelbar zu Ressourcenschonung beitragen, beispielsweise, wenn auf umweltgefährdende Stoffe in Gemischen hingewiesen wird.

Auch in diesem Anwendungsfall ermöglicht die DLT eine fälschungssichere, nachvollziehbare Kommunikation, wie auch weitere Vorteile (vgl. *Tabelle 6-6*). Entscheidend ist, dass DLT die Verschlüsselung bestimmter Informationen erlaubt. So

können zum Beispiel Gefahrguthinweise entlang von Lieferketten übermittelt werden, ohne dass allen Akteuren die genaue Zusammensetzung eines Chemikaliengemisches bekannt ist.

Tabelle 6-6: Funktionen und Eigenschaften der DLT für Nachweis von Inhaltsstoffen, Produktzusammensetzungen

Genutzte Funktionen der DLT	Kommunikation, Verschlüsselung; Smart Contracting; dezentrale Datenspeicherung
Genutzte Eigenschaften der DLT	Verifizierbarkeit, Nachvollziehbarkeit; Unveränderbarkeit, Fälschungssicherheit; Transparenz-Anonymität der Teilnehmer; Transparenz-Vertraulichkeit der Daten; Verfügbarkeit, Redundanz; Dezentralität

Erfassung von Nutzungsdaten, Smart Maintenance

DLT kann dazu dienen, dass ein Produkthersteller Nutzungsdaten seines Produktes erfassen und auswerten kann. Ein möglicher Anwendungsfall ist die Erfassung von Gebrauchsdaten für die bessere Wartung eines Erzeugnisses (Smart Maintenance). So können zum Beispiel Anlagenbauer durch einen geringeren Wartungs- und Reparaturaufwand ihrer Maschinen unmittelbar zur Ressourcenschonung beitragen. Dieser Anwendungsfall ist B2B, aber auch B2C denkbar, vor allem für Hersteller und Nutzer von Endprodukten.

Der Nutzen der DLT liegt hier vor allem darin, dass Informationen nachvollziehbar, sicher und in Echtzeit übermittelt werden können; dabei kann auch die Verschlüsselungstechnologie von besonderem Nutzen sein, wenn viele Produktdaten anonymisiert ausgewertet werden, um zum Beispiel durchschnittliche Zeitdauern bis zu einem Ausfall einer Anlagenklasse- ermitteln zu können.

Tabelle 6-7: Funktionen und Eigenschaften der DLT für Erfassung von Nutzungsdaten, Smart Maintenance

Genutzte Funktionen der DLT	Kommunikation, Verschlüsselung; dezentrale Datenspeicherung
Genutzte Eigenschaften der DLT	Transparenz-Vertraulichkeit der Daten; Dezentralität; Verifizierbarkeit, Nachvollziehbarkeit; Unveränderbarkeit, Fälschungssicherheit; Transparenz-Anonymität der Teilnehmer; (Verfügbarkeit, Redundanz)

Sharing Economy, XAAS

Ein weiterer möglicher Anwendungsfall, bei dem Produkthersteller mittels DLT Nutzungsdaten erfassen, sind Ansätze der Sharing Economy, oder auch XAAS – Everything as a Service. Auch hier kann DLT mittelbar zur Ressourcenschonung beitragen, wenn die Technologie unterstützt, dass Produkte gemeinschaftlich von vielen Konsumenten genutzt werden. Ein typisches Beispiel ist die Verwendung von DLT für Carsharing. Dieser Anwendungsfall erscheint vor allem bei fertigen Endprodukten realistisch, sowohl bei gewerblichen wie auch bei privaten Nutzern.

In diesem Anwendungsfall können verschiedene Funktionen und Eigenschaften einer DLT von Nutzen sein (s. *Tabelle 6-8*). Im Fokus steht hier eine sichere, verifizierbare und vertrauenswürdige Kommunikation, zum Beispiel über die tatsächlich gefahrene Strecke eines Carsharing-Autos, oder den Nachweis der erfolgten Bezahlung. Gleichzeitig ermöglicht die Verschlüsselungstechnologie den Schutz sensibler Daten wie zum Beispiel Kontodaten der Nutzer oder deren Bewegungsprofile.

Tabelle 6-8: Funktionen und Eigenschaften der DLT für Sharing Economy, XAAS

Genutzte Funktionen der DLT	Kommunikation; Verschlüsselung; Smart Contracting; dezentrale Datenspeicherung
Genutzte Eigenschaften der DLT	Transparenz-Vertraulichkeit der Daten; Dezentralität; Unveränderbarkeit, Fälschungssicherheit; Nachvollziehbarkeit,

Verifizierbarkeit; Transparenz-Anonymität der Teilnehmer;
(Verfügbarkeit, Redundanz;)

Produktrückruf

In diesem Anwendungsfall wird DLT für die Erleichterung von Produktrückrufen genutzt. Auch hier kann die Technologie mittelbar zur Ressourcenschonung beitragen. Denkbar ist einerseits, dass Hinweise auf Mängel schneller gemeldet und Mängel-Quellen schneller ausfindig gemacht werden können; andererseits können Nutzer schneller über Rückrufe informiert werden.

In diesem Anwendungsfall ist besonders relevant, dass Informationen mittels DLT in Echtzeit kommuniziert werden können. Wichtig ist auch die Funktion der DLT, dass Informationen verschlüsselt übermittelt werden. Hierdurch können einerseits Mängel-Quellen ermittelt werden, ohne dass sämtliche Lieferbeziehungen offengelegt werden müssen; andererseits können Produktrückrufe auch an Nutzer erfolgen, ohne dass deren Identität allgemein bekannt wird. Einen Überblick über alle genutzten Funktionen und Eigenschaften bietet *Tabelle 6-9*:

Tabelle 6-9: Funktionen und Eigenschaften der DLT für Produktrückruf

Genutzte Funktionen der DLT	Kommunikation, Verschlüsselung; Smart Contracting; dezentrale Datenspeicherung
Genutzte Eigenschaften der DLT	Transparenz-Vertraulichkeit der Daten; Transparenz-Anonymität der Teilnehmer; Nachvollziehbarkeit, Verifizierbarkeit; Verfügbarkeit, Redundanz; Dezentralität

Optimierte Recyclingfähigkeit eigener Produkte

Die bisher geschilderten Anwendungsfälle sind vielfach sowohl in linearen, als auch in zirkulären Lieferketten darstellbar. DLT trägt dabei unmittelbar oder mittelbar zu Ressourcenschonung bei. Gleichzeitig ist es in den bisher genannten Anwendungsfällen nicht Zweck der DLT, für mehr Zirkularität zu sorgen. Letzteres ist aber auch möglich. So besteht eine weitere identifizierte Anwendungsmöglichkeit von DLT darin, die Recyclingfähigkeit von Produkten zu erhöhen. Hierbei werden mittels DLT zum Beispiel Angaben zu verbauten Materialien, deren Mengen und Positionen im Produkt an

Recyclingunternehmen übermittelt. Möglich ist auch, dass Hersteller von (Zwischen-)Produkten Demontageanleitungen an Recyclingunternehmen übermitteln. Dabei werden vor allem Unternehmen zu Akteuren des DLT-Systems, Verbraucher sind nicht involviert.

Während auch in diesem Anwendungsfall verschiedene Funktionen und Eigenschaften der DLT von Nutzen sind (s. *Tabelle 6-10*), ist besonders die Verschlüsselungstechnologie der DLT relevant. Hierdurch können Hersteller von (Zwischen-)Produkten innerhalb eines DLT-Systems sicherstellen, dass nur Recyclingunternehmen auf Informationen zu Materialien und Mengen in Produkten zugreifen können. Wettbewerbern der (Zwischen-)Produkthersteller ist dies nicht möglich. Ebenso wenig können Hersteller von Erzeugnissen über die Zusammensetzung von zugelieferten Zwischenprodukten auf die Lieferbeziehungen ihrer Zulieferer schließen.

Tabelle 6-10: Funktionen und Eigenschaften der DLT für optimierte Recyclingfähigkeit eigener Produkte

Genutzte Funktionen der DLT	Kommunikation; Verschlüsselung; dezentrale Datenspeicherung
Genutzte Eigenschaften der DLT	Nachvollziehbarkeit, Verifizierbarkeit; Transparenz-Vertraulichkeit der Daten; Dezentralität; Verfügbarkeit, Redundanz; (Transparenz-Anonymität der Teilnehmer; Unveränderbarkeit, Fälschungssicherheit)

Sicherstellung der Verwendung von Recyclingmaterial

DLT kann auch zu mehr Kreislaufwirtschaft beitragen, indem die Verwendung von Recyclingmaterial in einem Zwischenprodukt oder Produkt nachgewiesen wird. Dies ist immer dann sinnvoll, wenn an einem Material selbst nicht ohne Weiteres feststellbar ist, ob es aus Primär- oder aus Recyclingquellen stammt. Dies gilt zum Beispiel für viele Metalle oder Kunststoffe. Entsprechend erstrecken sich DLT-Systeme in diesem Anwendungsfall von der Rohstoffquelle bis zum Nutzer des (verbauten) Rohstoffs.

In diesem Anwendungsfall ist besonders relevant, dass die Technologie eine nachvollziehbare, fälschungssichere und vertrauenswürdige Kommunikation ermöglicht.

Gleichzeitig ist auch die Verschlüsselung der Daten relevant; so können Informationen über den Recycling-Ursprung eines Materials übermittelt werden, ohne dass Lieferbeziehungen offengelegt werden müssen.

Tabelle 6-11: Funktionen und Eigenschaften der DLT für Sicherstellung der Verwendung von Recyclingmaterial

Genutzte Funktionen der DLT	Kommunikation, Verschlüsselung; dezentrale Datenspeicherung; Smart Contracting
Genutzte Eigenschaften der DLT	Nachvollziehbarkeit, Verifizierbarkeit; Unveränderbarkeit, Fälschungssicherheit; Transparenz-Vertraulichkeit der Daten; Transparenz-Anonymität der Teilnehmer; (Verfügbarkeit, Redundanz; Dezentralität)

Vollständige Kreislaufschließung

In den beiden vorigen Abschnitten wurde bereits dargestellt, wie DLT die Recyclingfähigkeit von Produkten erhöhen kann; oder sicherstellen kann, dass Material tatsächlich aus Recyclingquellen stammt. Während beide Fälle eigenständig existieren können, ist auch deren Kombination möglich. In diesem Fall stellen produzierende Unternehmen den Recyclingunternehmen Informationen zu Art, Menge und Position von recyclingfähigen Materialien in ihren Produkten und zu deren optimaler Verwertung zu Verfügung. Das Recyclingunternehmen wiederum liefert den Abnehmern seiner wiedergewonnenen Sekundärmaterialien den Nachweis, dass es sich um Recyclingmaterial handelt. In diesem Fall kann DLT zu mehr Kreislaufwirtschaft und Ressourcenschonung beitragen. Während der Nutzer der Sekundärmaterialien von der Zirkularität profitieren kann, ist er nicht notwendigerweise Akteur des DLT-Systems.

Wie in den vorigen Abschnitten bereits erläutert, kann DLT hier genutzt werden, um einerseits eine fälschungssichere, vertrauenswürdige Kommunikation von Recyclingquellen sicherzustellen. Andererseits kann DLT auch durch Verschlüsselung dazu beitragen, dass Identitäten, Lieferbeziehungen und Produktzusammensetzungen vertraulich behandelt werden.

Tabelle 6-12: Funktionen und Eigenschaften der DLT vollständige Kreislaufschließung

Genutzte Funktionen der DLT	Kommunikation, Verschlüsselung; (Konsensmechanismus; dezentrale Datenspeicherung)
Genutzte Eigenschaften der DLT	Verifizierbarkeit, Nachvollziehbarkeit; Unveränderbarkeit, Fälschungssicherheit; Transparenz-Anonymität der Teilnehmer; Transparenz-Vertraulichkeit der Daten; Dezentralität; Verfügbarkeit, Redundanz

Umweltgerechte Entsorgung

In den vorigen Abschnitten wurde aufgezeigt, wie DLT zu mehr Zirkularität in Wertschöpfungsketten beitragen kann. Ist eine Stärkung der Kreislaufwirtschaft nicht möglich, so kann DLT auch bei weiteren Formen der Verwertung und Entsorgung zu mehr Ressourcenschonung beitragen. In diesen Fällen können Zulieferer bzw. Hersteller von (Zwischen-)Produkten Informationen bereitstellen, welche am Ende des linearen Produktlebensweges von Nutzen sein können, zum Beispiel Demontageanleitungen für eine umweltschonende Entsorgung.

Genutzt werden hierbei die gleichen Funktionen und Eigenschaften der DLT, welche bereits beim Recycling von Nutzen waren (vgl. *Tabelle 6-10*). Entscheidend ist, dass Informationen so verschlüsselt werden können, dass sie nur am Ende des Produktlebensweges von Entsorgungsunternehmen einsehbar sind. Gleichzeitig haben Konkurrenten und Abnehmer keinen Zugriff auf sensible Daten der Produkthersteller, wie zum Beispiel Produktzusammensetzungen.

Tabelle 6-13: Funktionen und Eigenschaften der DLT für umweltgerechte Entsorgung

Genutzte Funktionen der DLT	Kommunikation, Verschlüsselung; dezentrale Datenspeicherung; (Konsensmechanismus; Anreizsetzung)
Genutzte Eigenschaften der DLT	Verifizierbarkeit, Nachvollziehbarkeit; Unveränderbarkeit, Fälschungssicherheit; Transparenz-Vertraulichkeit der Daten;

(Transparenz-Anonymität der Teilnehmer; Dezentralität;
Verfügbarkeit, Redundanz)

Ökobilanzierung und Carbon Footprinting von Produkten

DLT kann indirekt zu mehr Ressourcenschonung und Kreislaufwirtschaft beitragen, wenn Daten für Produktökobilanzen mittels DLT übermittelt werden. Hintergrund ist, dass die Bilanzgrenzen vollständiger Produktökobilanzen den gesamten Produktlebensweg von der Rohstoffgewinnung bis hin zur Entsorgung umfassen sollten, und damit nicht nur die Umweltauswirkungen, die unmittelbar zum Beispiel bei der Fertigstellung eines Endproduktes erzeugt werden. Dann ist es notwendig, dass der Hersteller des Endproduktes über Informationen zu weiteren Lebenswegabschnitten verfügt, möglichst von allen Akteuren einer Wertschöpfungskette, wie auch zur Nutzung und Entsorgung. Möglich ist dabei, die Umweltinformationen auf Beiträge zum Klimawandel zu beschränken (Carbon Footprinting); genauso können aber auch weitere Umweltauswirkungen quantifiziert werden, wie zum Beispiel der Wasserverbrauch.

Für den Anwendungsfall können mehrere Funktionen und Eigenschaften der DLT von Nutzen sein. Innerhalb des DLT-Systems ist die fehlerfreie und widerspruchsfreie Weitergabe von Ökobilanzdaten möglich.¹¹⁴ Damit ist kein Rückgriff auf Literaturwerte, historische Durchschnittsdaten oder Abschätzungen mehr nötig. Möglich ist auch die Weitergabe von Informationen in Echtzeit, falls sich zum Beispiel bei einem Herstellungsschritt Änderungen bei der Energieversorgung ergeben. Damit kann die Produktökobilanzierung nicht nur generisch für einen Produkttyp erfolgen, sondern für jedes einzelne Exemplar. Wichtig ist dabei die Fälschungssicherheit und Verifizierbarkeit der Informationen, zum Beispiel gegenüber Auditoren der Ökobilanzergebnisse. Ebenfalls von Bedeutung ist die Verschlüsselung der DLT; hierdurch können Ökobilanzergebnisse erzeugt werden, ohne dass die dafür benötigten sensiblen Daten von Produktionsprozessen, Lieferbeziehungen und weiterem öffentlich werden.

¹¹⁴ Vorausgesetzt, die Daten waren korrekt, als sie in das System eingespeist wurden.

Tabelle 6-14: Funktionen und Eigenschaften der DLT für Ökobilanzierung und Carbon Footprinting von Produkten

Genutzte Funktionen der DLT	Kommunikation, Verschlüsselung; dezentrale Datenspeicherung; Smart Contracting
Genutzte Eigenschaften der DLT	Verifizierbarkeit, Nachvollziehbarkeit; Unveränderbarkeit, Fälschungssicherheit; Transparenz-Anonymität der Teilnehmer; Transparenz-Vertraulichkeit der Daten; (Dezentralität; Verfügbarkeit, Redundanz)

Ökobilanzierung und Carbon Footprinting von Unternehmen

Wie bei der Produktökobilanzierung, so kann DLT auch indirekt zu mehr Ressourcenschonung und Kreislaufwirtschaft beitragen, wenn Ökobilanzen von Unternehmen vereinfacht werden. Auch hier verfügen Unternehmen bisher häufig selbst nicht über genügend Informationen, um die von ihnen verursachten Umweltauswirkungen vollständig berechnen zu können. Zum Beispiel sollten sich die bilanzierten Umweltauswirkungen des eigenen Stromverbrauchs nicht auf die Stromproduktion auf dem eigenen Firmengelände beschränken, sondern auch die Emissionen eines externen Stromversorgers umfassen. Dann ist es wie bei den Produktökobilanzen notwendig, dass ein Unternehmen Informationen von Dritten erhält. In diesem Fall ist es auch möglich, die Umweltinformationen auf Beiträge zum Klimawandel zu beschränken (Carbon Footprinting) oder umfassendere Ökobilanzen mit weiteren Umweltwirkungen zu ermitteln.

Der Nutzen der DLT bei Unternehmensökobilanzen ähnelt stark der Zweckdienlichkeit, welche DLT bei Produktökobilanzen bietet. DLT erlaubt die fehlerfreie und widerspruchsfreie Weitergabe von Ökobilanzdaten.¹¹⁵ Damit ist kein Rückgriff auf Literaturwerte, historische Durchschnittsdaten oder Abschätzungen mehr nötig. Möglich ist auch die Weitergabe von Informationen in Echtzeit, falls sich zum Beispiel bei einem Herstellungsschritt Änderungen bei der Energieversorgung ergeben. Relevant ist auch die Fälschungssicherheit und Verifizierbarkeit der Informationen, zum Beispiel gegenüber

¹¹⁵ Voraussetzung ist allerdings, dass die Informationen auch korrekt sind, wenn sie ins System hineingelangen.

Auditoren der Ökobilanzergebnisse. Dazu gehört auch die Verschlüsselung der DLT; hierdurch können Ökobilanzergebnisse erzeugt werden, ohne dass die dafür benötigten sensiblen Daten Dritter bekannt werden.

Tabelle 6-15: Funktionen und Eigenschaften der DLT für Ökobilanzierung und Carbon Footprinting von Unternehmen

Genutzte Funktionen der DLT	Kommunikation, Verschlüsselung; (Anreizsetzung; dezentrale Datenspeicherung; Smart Contracting)
Genutzte Eigenschaften der DLT	Verifizierbarkeit, Nachvollziehbarkeit; Unveränderbarkeit, Fälschungssicherheit; Transparenz-Anonymität der Teilnehmer; Transparenz-Vertraulichkeit der Daten; (Dezentralität; Verfügbarkeit, Redundanz)

Emissionshandel

DLT kann nicht nur dazu genutzt werden, Ökobilanzen für Produkte und Unternehmen zu vereinfachen; werden Emissionsdaten entlang von Lieferketten erhoben, dann können diese auch für weitere Zwecke verwendet werden. Ein möglicher Anwendungsfall ist somit auch die Nutzung von DLT für die Vereinfachung von Emissionshandel. Denkbar ist dann die zweifache Nutzung von DLT: Erstens müssen Unternehmen, je nach Ausgestaltung des Emissionshandels, nicht nur die unmittelbaren Emissionen auf dem eigenen Firmengelände ausweisen, sondern auch weitere Emissionen anderer Akteure. In diesem Fall kann DLT die Ermittlung der unternehmensübergreifenden Emissionsdaten vereinfachen (s. oben). Zweitens kann DLT auch für den Handel mit Emissionszertifikaten genutzt werden. Der Emissionshandel kann dann Akteure auf allen Lieferkettenstufen umfassen; je nach Ausgestaltung werden aber meist keine privaten Verbraucher beteiligt.

Umfasst der Anwendungsfall Emissionshandel auch die Ermittlung der ausgestoßenen Emissionen, kann DLT so von Nutzen sein, wie dies bereits für die Unternehmensökobilanzierung erläutert wurde. Für den Handel mit Emissionszertifikaten lassen sich ebenfalls mehrere Funktionen bzw. Eigenschaften der DLT nutzen. DLT ermöglicht dann eine fälschungssichere, nachvollziehbare und vertrauenswürdige Kommunikation zwischen Handelspartnern der Zertifikate. Die

Verschlüsselungstechnologie erlaubt, dass der Handel nicht allgemein öffentlich wird, während ausgesuchten Dritten (zum Beispiel staatlichen Kontrollstellen) eine Einsicht gewährleistet werden kann. Der Verkaufsprozess kann durch den gewählten Konsensmechanismus einer DLT automatisiert und vereinfacht werden.

Tabelle 6-16: Funktionen und Eigenschaften der DLT für optimierte Emissionshandel

Genutzte Funktionen der DLT	Kommunikation; Verschlüsselung; dezentrale Datenspeicherung; Smart Contracting
Genutzte Eigenschaften der DLT	Verifizierbarkeit, Nachvollziehbarkeit; Unveränderbarkeit, Fälschungssicherheit; Transparenz-Vertraulichkeit der Daten; Transparenz-Anonymität der Teilnehmer; (Verfügbarkeit, Redundanz; Dezentralität)

6.4 Generisches Konzept zur Informationsübermittlung in Wertschöpfungsketten mittels DLT

6.4.1 Vorteilhaftigkeit der Distributed Ledger-Technologie

Ein wesentliches Element des ReDiBlock-Konzepts ist die Verwendung der Distributed Ledger-Technologie (DLT). Rund um DLT bzw. deren Anwendungsfälle ist in den vergangenen Jahren ein gewisser Hype aufgetreten.¹¹⁶ Dies gilt auch im Kontext der Nachhaltigkeit und Ressourcenschonung.¹¹⁷ Als ein entscheidender Grund für diesen Hype wird immer wieder angeführt, dass insbesondere Blockchain in Anwendungsfällen verwendet wurde, die nicht optimal zur Technologie passten, und somit keinen Mehrwert gegenüber vorhandenen technologischen Alternativen bot.¹¹⁸

Wissenschaftler wie Praktiker betonen vor diesem Hintergrund immer wieder, dass die Technologie für jeden konkreten Anwendungsfall zweckdienlich sein und einen konkreten Mehrwert gegenüber anderen Technologien liefern sollte.¹¹⁹ Die gilt insbesondere im Vergleich zu Lösungen mittels herkömmlicher, zentraler Datenbanken.¹²⁰

Entsprechend wichtig ist die Ableitung von Kriterien, wann eine Verwendung der Distributed Ledger-Technologie sinnvoll ist. Urban¹²¹ fasst mehrere Vorarbeiten¹²² zusammen und bietet eine kurze Handreichung in Form einfacher Entscheidungsfragen. Entsprechend wird im Folgenden vorausgesetzt, dass das ReDiBlock-Konzept nur Anwendung findet, wenn diese notwendigen Bedingungen nach Urban erfüllt sind. Dies gilt für alle im Projekt ReDiBlock analysierten Anwendungsfälle (vgl. Abschnitt 6.3) und Geschäftsmodelle (vgl. Abschnitt 11).

6.4.2 Definitionen der Akteure

Für das generische Konzept von ReDiBlock wurde vom Projektteam auch definiert, welche grundsätzlich möglichen Akteure und Rollen im System beteiligt sein können (vgl. *Abbildung 6-5*). Die Definition der Akteure ist bewusst allgemein gehalten, um die

¹¹⁶ Vgl. Labazova et al. 2019, S. 1; Pawczuk et al. 2020, S. 5; Rimol 2019.

¹¹⁷ Vgl. Kouhizadeh und Sarkis 2018, S. 3665.

¹¹⁸ Vgl. Labazova et al. 2019, S. 2; Graham 2018.

¹¹⁹ Vgl. u.a. Sunyaev 2019; Urban 2020; Wuest und Gervais 2018; Banda et al. 2020.

¹²⁰ Vgl. Wuest und Gervais 2018; Casino et al. 2019; Lo et al. 2017.

¹²¹ Vgl. Urban 2020.

¹²² Vgl. Banda et al. 2020; Graham 2018; Wuest und Gervais 2018.

Verwendungsmöglichkeit des generischen Konzepts in verschiedensten Branchen sicherzustellen.

Im Konzept sind sechs Arten von Akteuren definiert. *Akteure* sind alle Organisationen oder natürliche Personen, welche am DLT-System teilnehmen können.

Am Anfang der schematischen Wertschöpfungskette steht der Akteur *Rohstofflieferant*, welcher Primärmaterialien im Rohzustand gewinnt, aufbereitet und verkauft. Ein Rohstofflieferant wäre zum Beispiel ein Agrarbetrieb, der Rohbaumwolle anbaut und für den Weiterverkauf reinigt und trocknet.

Als nächstes folgt der *Zulieferer*, welcher Rohstoffe des Rohstofflieferanten zu Zwischenprodukten und Halbzeugen verarbeitet und weiterverkauft. Ein Beispiel für einen Zulieferer ist ein metallverarbeitendes Unternehmen, welches reines Kupfer zu Kupferdraht verarbeitet. Eine Wertschöpfungskette kann mehrere Zulieferer zwischen Rohstofflieferanten und Produkthersteller aufweisen.

Ein *Produkthersteller* ist das erste Unternehmen in der Wertschöpfungskette, welches ein nutzbares Produkt herstellt und weiterverkauft. Diese Definition ist unabhängig davon, ob das Produkt anschließend noch weiterverarbeitet, gehandelt oder unmittelbar genutzt wird. Ein Produkthersteller ist beispielweise ein Hersteller von Sensoren – unabhängig davon, ob diese in größere Anlagen integriert oder einzeln genutzt werden.

Ein *Händler* kauft fertige Produkte vom Produkthersteller und verkauft diese an Nutzer weiter, ohne am fertigen Erzeugnis Veränderungen vorzunehmen. Ein Beispiel wäre ein Lebensmitteleinzelhändler.

Ein *Weiterverarbeiter* verändert ein schon nutzbares Produkt, bevor er es weiterverkauft, beispielsweise ein Autohändler, welcher Autos umlackiert. Möglich ist, dass ein Fertigerzeugnis mehrfach weiterverarbeitet wird, bevor es schließlich genutzt wird.

Ein *Nutzer* gebraucht das Produkt, welches durch die Wertschöpfungskette zu ihm gelangt ist.

Auch *Auditoren* zählen zu den Akteuren. Dabei handelt es sich um alle Arten von unabhängigen Organisationen, welche die Einhaltung von vorgegebenen Regelwerken überprüfen. Nach dieser sehr breiten Definition könnten zum Beispiel auch Umweltverwaltungen hiermit gemeint sein.

Ein *Knoten* ist eine Verbindung zum DLT-System. Alle Akteure nehmen mit mindestens einem Knoten am DLT-System teil; möglich ist dabei auch, dass ein Akteur mehrere Knoten betreibt.

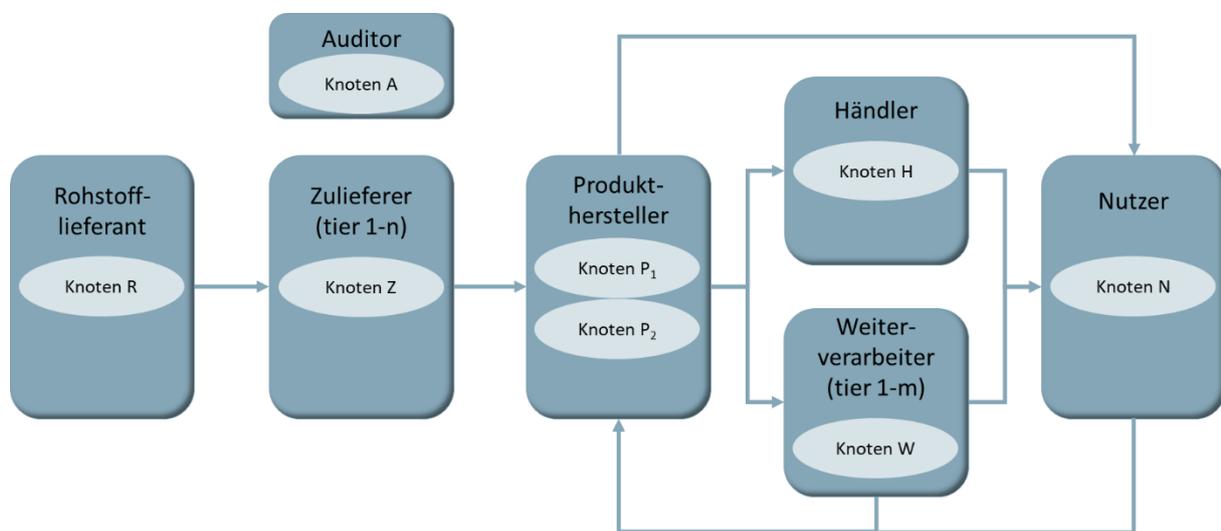


Abbildung 6-5: Akteure und Knoten im DLT-System

Im Konzept wurde nicht nur eine lineare Lieferkette vom Rohstofflieferanten zum Nutzer vorgesehen. Stattdessen wurde auch berücksichtigt, dass Ausschüsse und Produkte an ihrem Lebensende in der Wertschöpfungskette wieder zurückwandern können.

6.4.3 Produktketten

Für die Ausarbeitung des ReDiBlock-Konzepts ist es zudem wichtig, wie Materialien, Produkte und deren Eigenschaften grundsätzlich in Wertschöpfungsketten erfasst werden können. Hierzu gibt es schon konzeptionelle Vorarbeiten, welche in Forschung

und Praxis bereits etabliert sind, sogenannte „Produktketten“.¹²³ Grundlegende Informationen hierzu finden sich in Abschnitt 2.3.

Für den Entwurf eines generischen Konzepts für ReDiBlock ist es hilfreich, dass mit dem Ansatz der Produktketten unterschiedlichste Anwendungsfälle behandelt werden können. Für eine Erfassung mittels eines Chain of Custody-Systems ist es prinzipiell irrelevant, ob konkret z.B. Recyclingmetalle zurückverfolgt werden; oder ob beispielsweise der Verbleib von Verbundwerkstoffen für deren optimale Verwertung nachvollzogen wird. Damit lassen sich bestimmte Methoden und Konzepte aus einer Branche abstrahieren und in einem ganz anderen Wirtschaftszweig nutzen.¹²⁴ So ist mit Blick auf das ReDiBlock-Konzept zum Beispiel möglich, Vorerfahrungen aus der Chemie-Industrie¹²⁵ auch in der Metallverarbeitung zu nutzen.

Identitätssicherung

Identitätssicherung ist bisher mit hohem Aufwand für alle Beteiligten verbunden.¹²⁶ Die Verwendung eines DLT-Systems kann diesen Aufwand deutlich verringern, weshalb dieser Ansatz im ReDiBlock-Konzept übernommen wird. Dabei ist zu beachten, dass Identitätssicherung sich nur für Stückgüter nutzen lässt, bzw. wenn es in Wertschöpfungskette nicht zu Vermischungen kommt (s. Abschnitt 2.3).

Segregation

Segregation ist weniger aufwendig als Identitätssicherung. Aber auch Segregations-Modelle sind bisher häufig mit erheblichem Aufwand für die beteiligten Akteure verbunden.¹²⁷ Auch in diesem Fall kann die Verwendung eines DLT-Systems diesen Aufwand deutlich verringern, sodass auch dieses Modell in ReDiBlock im Folgenden erprobt wird.

Segregation ist für Stückgüter ebenso möglich wie für Fließgüter. Aber je nach Gütern und Produktionssystemen ist es bisher nicht immer technisch möglich oder wirtschaftlich

¹²³ ISO 22095

¹²⁴ Vgl. ISO 22095; ISEAL Alliance 2016

¹²⁵ Vgl. EllenMcArthurFoundation 2019

¹²⁶ Vgl. ebd.

¹²⁷ Vgl. Ellen Mc Arthur Foundation 2019.

darstellbar, Massenströme vollständig voneinander getrennt zu halten. Dies gilt insbesondere bei der Vermischung von Fließgütern, z.B. bei Schmelzprozessen in Metallraffinerien.¹²⁸ Für das ReDiBlock-Konzept muss deshalb auf weitere Produktketten-Modelle zurückgegriffen werden.

Massenbilanzierung

Für Fälle, in denen Segregation nicht umsetzbar ist, ist das System der ‚Massenbilanzierung‘ besonders relevant.¹²⁹ Der Ansatz der Massenbilanzierung kann auch dann verwendet werden, wenn innerhalb einer Wertschöpfungskette Umwandlungsprozesse stattfinden. Selbstverständlich ist es entscheidend, dass die Massenbilanz aufgeht.¹³⁰ Hierzu könnte DLT einen wichtigen Beitrag leisten. Dementsprechend erscheint es sinnvoll, den Ansatz der Massenbilanzierung im ReDiBlock-Konzept zu verwenden.

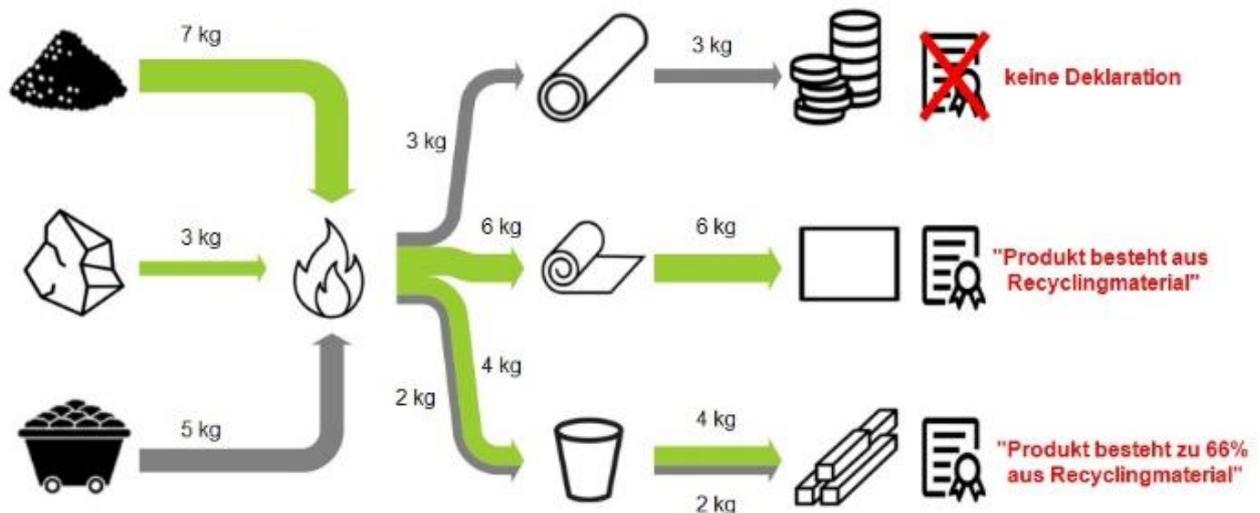


Abbildung 6-6: System der Massenbilanzierung

Book and Claim

Während beim System der Massenbilanzierung Materialflüsse kontinuierlich nachvollzogen werden müssen, ist dies bei Book and Claim nicht notwendig. Vielmehr ist

¹²⁸ S. Abschnitt 2.3

¹²⁹ Vgl. Ellen Mc Arthur Foundation 2019.

¹³⁰ S. Abschnitt 2.3

es charakteristisch für Book and Claim, dass der Informationsfluss über eine bestimmte Eigenschaft vom Materialfluss gelöst wird. Dies geschieht in Form von handelbaren Zertifikaten.¹³¹

Selbstverständlich muss für Book and Claim gewährleistet sein, dass die Menge der Zertifikate zu jedem Zeitpunkt die Menge der tatsächlich in Umlauf befindlichen Objekte mit der zertifizierten Eigenschaft widerspiegelt.¹³² Hierzu kann Distributed Ledger-Technologie einen entscheidenden Beitrag leisten. Daher erscheint es sinnvoll, das System des Book and Claim ebenfalls im ReDiBlock-Konzept aufzugreifen.

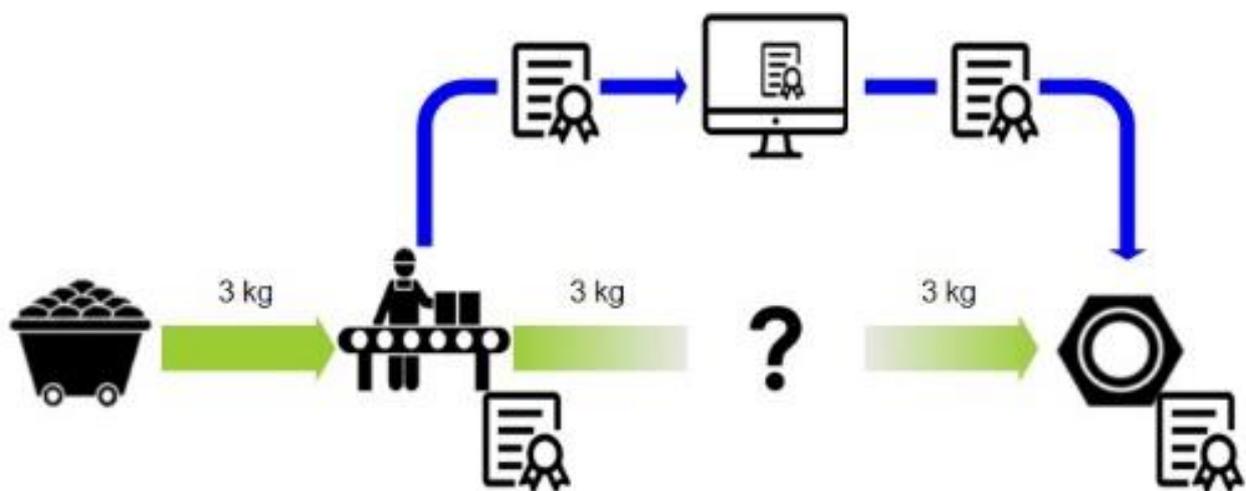


Abbildung 6-7: System des Book and Claim

6.4.4 Materialgebundener Digitaler Produktpass

Ein wesentlicher Bestandteil des generischen ReDiBlock-Konzepts ist es, das Konzept des Digitalen Produktpasses zu integrieren (vgl. Abschnitt 2.1).

Der materialgebundene digitale Produktpass kann als eine Umsetzung der Produktketten-Modelle ‚Identitätssicherung‘ und ‚Massensegregation‘ verstanden werden, mit den entsprechenden Voraussetzungen (vgl. Abschnitt 2.3). Materialgebundene digitale Produktpässe können immer dann Bestandteil des ReDiBlock-Konzeptes sein, wenn es mit vertretbarem Aufwand möglich ist, digitale

¹³¹ S. Abschnitt 2.3

¹³² S. ebd.

Produktpässe bzw. digitale Zwillinge dauerhaft mit einem physischen Objekt zu verknüpfen. Das ist zum Beispiel der Fall, wenn mittels eines QR-Codes auf einem Fertigerzeugnis auf den digitalen Produktpass geschlossen werden kann. Das ist nicht der Fall, wenn Objekte nach Mischprozessen oder Umwandlungsprozessen nicht mehr eindeutig identifizierbar sind.

Der materialgebundene digitale Produktpass ist somit auch nur zweckmäßig, wenn eine physische Nachverfolgung in einem Anwendungsfall notwendig bzw. erwünscht ist. Dies ist zum Beispiel der Fall, wenn nachgewiesen werden soll, dass ein vorliegendes Produkt eine bestimmte Qualitätsprüfung durchlaufen hat (vgl. Abschnitt 6.3).

Ein materialgebundener digitaler Produktpass kann prinzipiell durch jeden Akteur in einer Wertschöpfungskette generiert werden, sinnvoll erscheint dies bei Herstellung eines fertigen Erzeugnisses. Dabei können aber auch Informationen in den Produktpass einfließen, welche schon vor der Erstellung eines Endproduktes gesammelt wurden, wenn die vorigen Akteure einer Lieferkette ins DLT-System eingebunden sind. Möglich ist neben der Erfassung von Rohstoffen, Halbzeugen und Produkten auch eine Erfassung von Ausschüssen und weiteren Mengenveränderungen aller Art, welche dann nicht mehr Teil des betrachteten Systems sein müssen (vgl. *Abbildung 6-8*).

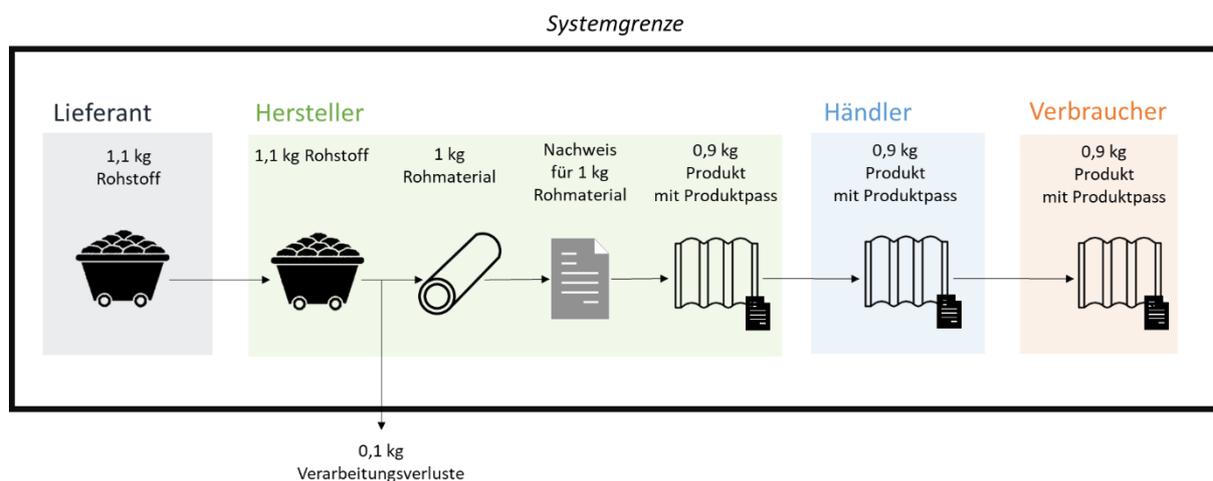


Abbildung 6-8: Grundprinzip des materialgebundenen Produktpasses

Obwohl das Grundprinzip eines materialgebundenen Produktpasses hier in einer einfachen linearen Lieferkette dargestellt wird, ist es auch möglich, einen Produktpass für

zirkuläre Wertschöpfungsketten zu nutzen (vorausgesetzt, die oben geschilderten Voraussetzungen des Produktpasses sind auch in einer solchen erfüllt). Möglich ist ebenso eine Überprüfung der Informationen des Produktpasses durch Akteure, welche nicht Teil der Wertschöpfungskette sind, zum Beispiel durch Umweltverwaltungen.

6.4.5 Materialungebundene Zertifikate

Neben dem materialgebundenen digitalen Produktpass wurden auch materialungebundene Zertifikate in das ReDiBlock-Konzept integriert.

Materialungebundene Zertifikate entsprechen der Anwendung des Produktketten-Modells ‚Book and Claim‘, mit den entsprechenden Voraussetzungen (vgl. Abschnitt 6.4.3). Zertifikate können auch dann Bestandteil des ReDiBlock-Konzepts sein, wenn eine Verknüpfung eines Rohstoffs, Halbzeugs oder Produkts mit einem digitalen Zwilling nicht dauerhaft möglich ist, wie etwa durch bestimmte Umwandlungsprozesse entlang einer Lieferkette.

Eine rechnerische Nachverfolgung mittels eines Zertifikatesystems ist weniger aufwendig als eine physische Nachverfolgung mittels eines digitalen Produktpasses. Entsprechend kann ersteres auch eingesetzt werden, wenn letzteres zu aufwändig wäre oder keinen Mehrwert böte. Dabei darf ein Zertifikatesystem nur eingesetzt werden, wenn eine rein massenbilanzielle Nachverfolgung in einem Anwendungsfall ausreicht. Dies ist zum Beispiel gegeben, wenn für einen Nachweis von Recyclingmaterial ein rechnerischer Nachweis akzeptiert wird.

Zertifikate können je nach Anwendungsfall von unterschiedlichen Akteuren eines DLT-Systems in Umlauf gebracht werden. Sinnvoll ist, dass sich die Akteure eines Zertifikate-Handels vorab einigen, welche Akteure die Berechtigung zum Erstellen von Zertifikaten erhalten. Die Erstellung von Zertifikaten sollte für alle Teilnehmer des Systems und auch für Stakeholder außerhalb des Systems vertrauenswürdig sein, etwa durch die Durchführung von Auditierungen des Erstellers. Zertifikate sollten auch nur Verwendung finden, wenn eine rechnerische Nachverfolgung in einem System relativ kurze Zeiträume abdeckt. Deshalb kann es sinnvoll sein, einen Endverbraucher nicht in das System zu integrieren und diesem nur eine Einsicht in ein Zertifikat zu gewährleisten.

Wie beim digitalen Produktpass ist es auch beim Zertifikatehandel möglich, Informationen zu übermitteln, welche schon vor dem Erstellungszeitpunkt eines Zertifikats gewonnen wurden – sinnvollerweise aber nur, wenn die Informationsquellen schon zum Zeitpunkt der Informationsgewinnung Teil des DLT-Systems waren. Möglich ist auch, typische Materialverluste aller Art entlang von Lieferketten zu berücksichtigen. Ein materialungebundenes Zertifikat kann auch in zirkulären Wertschöpfungsketten übermittelt werden. Insbesondere kann das Zertifikat auch wieder einem Akteur zugeführt werden, welcher die Zertifikate ursprünglich generiert hat (vgl. *Abbildung 6-9*).

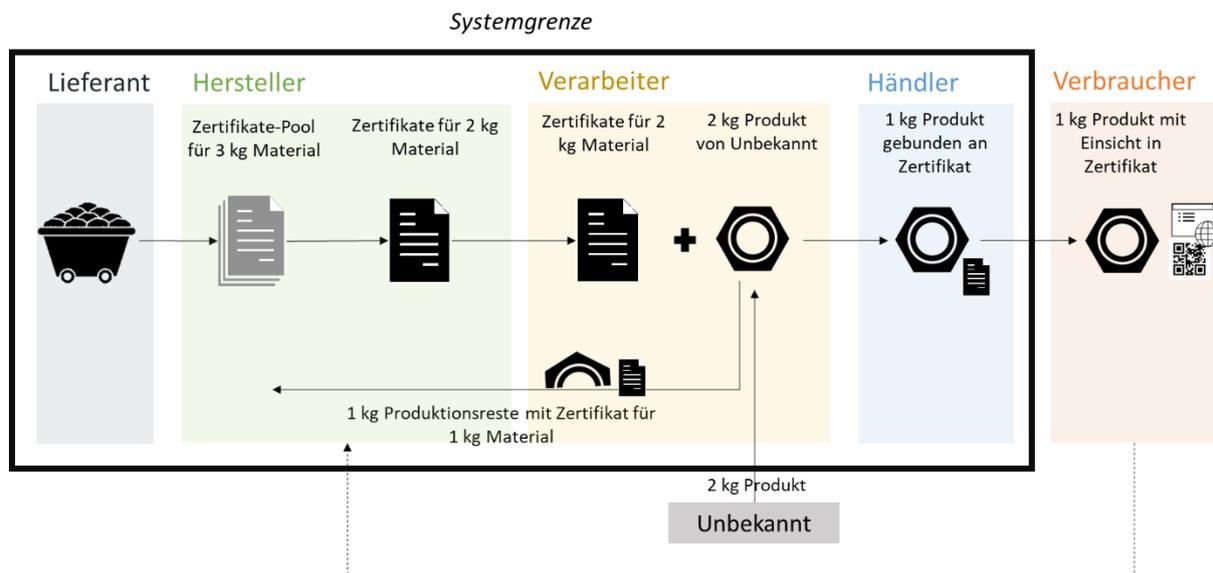


Abbildung 6-9: Grundprinzip des Materialungebundenen Zertifikats

6.4.6 Hybridansatz

In den beiden vorangegangenen Abschnitten wurde das Konzept des materialgebundenen Produktpasses und das Konzept der materialungebundenen Zertifikate vorgestellt. Der Kern des generischen ReDiBlock-Konzepts besteht darin, dass beide Ansätze in einem System kombiniert werden:

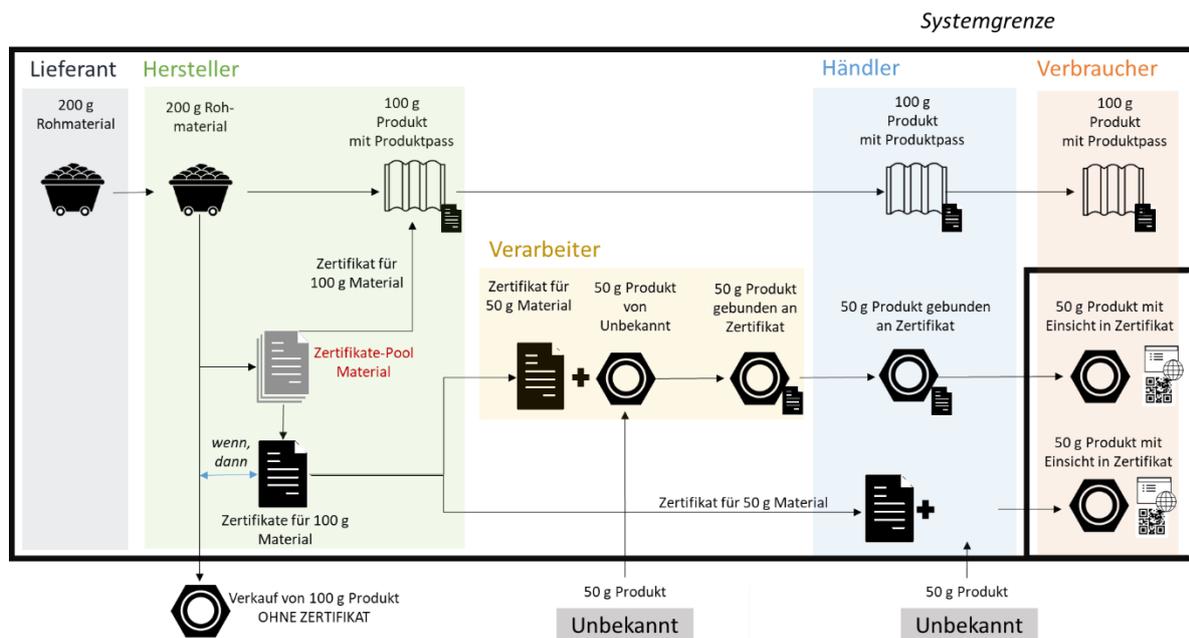


Abbildung 6-10: Kombination aus materialgebundenem Produktpass und materialungebundenem Zertifikat

Die Kombination ermöglicht es, dass mit dem Konzept verschiedenste Anwendungsfälle abgedeckt werden können. Je nach Anwendungsfall können Materialien, Halbzeuge und Fertigprodukte physisch oder auch nur rechnerisch nachverfolgt werden. Dabei wird auf einen gemeinsamen ‚Zertifikate-Pool‘ zurückgegriffen. Die hier erzeugten Tokens können dann wahlweise einem Produktpass angefügt werden, um die darin enthaltenen Informationen zu garantieren; wahlweise können die Tokens auch als Zertifikate unabhängig von einem physischen Produkt weitergegeben werden.

6.5 Fallstudie Konzept zur Informationsübermittlung in der Edelmetallbranche mittels DLT

6.5.1 Vorgehen

Da das Unternehmen für die Fallstudie aus der Edelmetallbranche stammt, wurde sich zunächst mit den Grundlagen der Branche beschäftigt. Daher werden im Folgenden das Vorgehen, die Grundlagen sowie das Fallbeispielkonzept dargestellt.

Um sich mit den Grundlagen der Edelmetallbranche vertraut zu machen und den aktuellen Stand in Erfahrung zu bringen, wurde zunächst eine Literaturrecherche durchgeführt. Hierfür wurde der Online-Katalog der Hochschule Pforzheim sowie die

Suchmaschinen Google (Scholar), ResearchGate und die Bielefeld Academic Search Engine hinzugezogen.

Für die Fallstudie wurden sowohl Primär- als auch Sekundärliteratur hinzugezogen. Unter Primärliteratur sind Unternehmensbroschüren, Daten, Interviews, Vorträge sowie Medien aus dem Internet zu verstehen. Zu der Sekundärliteratur gehören Monografien, Fachzeitschriften, Studien, Zeitungsartikel, Working Papers, Herausgeberwerke sowie Arbeits- und Forschungspapiere.¹³³ Aus der Literaturrecherche gehen die Grundlagen zur Edelmetallbranche hervor, welche für das weitere Verständnis essenziell sind.

Nachdem ein erster Überblick über die Edelmetallbranche erarbeitet wurde, wurden Workshops mit den Industriepartnern durchgeführt. Ziel dieser Workshops war es detaillierte Informationen zur Branche zu erhalten, die Prozessabläufe innerhalb der Unternehmen und die Interaktion sowie den Informationsaustausch zwischen Lieferkettenpartnern zu verstehen und aktuelle und zukünftige Anforderungen und Herausforderungen in der Lieferkette herauszuarbeiten. Auf Basis der gesammelten Informationen wurden dann erste Szenarien entwickelt, die später für die Konzepterstellung relevant wurden. Die Szenarien wurden kontinuierlich angepasst und mit den Industriepartnern evaluiert und diskutiert. Für die Weiterentwicklung der Szenarien und die Erstellung eines Systemkonzeptes wurden Fragenkataloge erstellt, die tiefgehende Fragen rund um Prozessabläufe, Melde- und Informationspflichten, Materialströme, Beziehungen und Kommunikation der Lieferkettenpartner untereinander sowie Fragen rund um Endverbraucher enthielten. Die Fragenkataloge (Anhang 14.3, 14.4 und 14.5) wurden im nächsten Schritt an den Industriepartner übermittelt, der diese intern an die jeweiligen Abteilungen verteilt hat. Anschließend wurden die Fragen in einem Online-Workshop mit verantwortlichen Ansprechpartnern besprochen und festgehalten. In einigen Fällen wurden Fragen bereits vorab schriftlich per Mail beantwortet. Die Beantwortung der Fragen des Fragenkataloges war essenziell für die weitere Anpassung des Konzeptes auf die Anforderungen des Industriepartners. Zudem fand ein Vor-Ort-Besuch beim Industriepartner und dessen Lieferkettenpartner statt, um die erlangten Erkenntnisse nochmals zu überprüfen, relevante Wege innerhalb des Unternehmens nachvollziehen zu können und offene Fragen zu klären. Durch die kontinuierliche Anpassung des Konzeptes wurde so das finale Systemkonzept erstellt.

¹³³ Vgl. Oehrich 2015, S. 21ff.

6.5.2 Relevanz des Anwendungsfalls aus Sicht von C.Hafner

C.Hafner sieht in der Anwendung der Distributed-Ledger-Technologie vier Möglichkeiten. Zunächst den unveränderlichen Herkunftsnachweis als Beweis, dass es sich beim verarbeiteten Material eindeutig um Recyclingmaterial handelt. Dieser Punkt geht in die Zertifizierungen sowie die Gesetzeskonformität über. Durch eine einfachere Gestaltung der Herkunftsnachweise könnten Anforderungen an Zertifizierungen leichter erfüllt und die Nachweise für die Gesetzeskonformität mit verschiedenen Richtlinien schnell und einfach nachgewiesen werden. Als letzten Punkt wird das Carbon Footprinting entlang der Lieferkette gesehen. Dies geschieht aktuell noch nicht über die gesamte Lieferkette, oder basiert auf Literatur- und Schätzdaten. Durch die Nutzung einer DLT bestünde die Möglichkeit, Echtzeitdaten zum Carbon Footprint eines jeden Produktes über die gesamte Lieferkette hinweg genau aufzuzeichnen und zu berechnen.

6.5.3 Relevanz des Anwendungsfalls aus Sicht des INECs

Da es sich im Fallbeispiel ausschließlich um Sekundärmaterial handelt, welches durch Recyclingprozesse wiedergewonnen werden kann, steht die Ressourcenschonung und -effizienz an erster Stelle. Fritz und Schmidt 2021 untersuchen in ihrer Veröffentlichung die Umweltauswirkungen des Recyclings von Goldschrott. Diese zeigt, dass das Global-Warmining-Potential welches durch das Recycling von hochwertigem Goldschrott entsteht, mit 53 kg CO₂eq/kg Gold um das 300-fache geringer ist, als das von Primärgold/Minengold mit 16 000 kg CO₂eq/kg Gold.¹³⁴

6.5.4 Warum eignet sich die Goldbranche für das ReDiBlock-Projekt?

Aufgrund der chemikalischen Eigenschaften und des monetären Wertes für den Menschen hat Gold sehr hohe Recycling- bzw. Wiederverwendungsraten.¹³⁵ Bisher wurden ca. 190.000 Tonnen Gold vom Menschen gefördert, wovon sich heute noch rund 98% in menschlichem Besitz befinden.¹³⁶ Lediglich etwa 2% sind heute nicht mehr auffindbar, zum Beispiel nach dissipativen Verlusten in die Umwelt.¹³⁷ In diesem Sinne kann Gold als ein Extrembeispiel der Circular Economy betrachtet werden.¹³⁸

¹³⁴ Vgl. Fritz und Schmidt 2021, S. 32..

¹³⁵ Vgl. World Gold Council 2018, S. 2.

¹³⁶ Vgl. George 2020, 31.1.

¹³⁷ Vgl. George 2020, 31.1.; Zimmermann und Gößling-Reisemann 2013, S. 755.Schöggel et al. 2016.

¹³⁸ Vgl. Fritz und Schmidt 2021, S. 1932.

Die Edelmetallbranche, vor allem im Bereich Gold, unterliegt strengsten Anforderungen, vor allem was Transparenz, Nachvollziehbarkeit, Konformität und Geheimhaltung angeht. Gold eignet sich daher sehr gut als Fallbeispiel, da während der Konzepterstellung viele verschiedene gesetzliche und Anforderungen beachtet werden müssen. Funktioniert das entwickelte Systemkonzept für Gold bzw. in der Edelmetallbranche nicht, wie soll es dann bei einem nicht so wertvollen Material, wie beispielsweise Kunststoff, funktionieren.

6.5.5 Grundlagen der Goldbranche

Heute befinden sich ca. 186.000 Tonnen Gold in menschlichem Besitz.¹³⁹ Läge der heutige Gesamtbestand an Gold in einem einzigen Würfel vor, dann hätte dieser eine Kantenlänge von lediglich 21,27 Metern¹⁴⁰. Legt man den gegenwärtigen Weltmarktpreis für Gold von 1529€ pro Unze zugrunde, so hat der gesamte heutige Goldbestand einen monetären Wert von ca. 9,2 Billionen Euro.¹⁴¹ Dieser Wert entspricht etwa dem 2,7-fachen der jährlichen deutschen Wirtschaftsleistung.¹⁴²

Im Vergleich mit der Bestandsmenge ist die jährlich gehandelte Menge auf dem Weltmarkt vergleichsweise gering (vgl. *Tabelle 6-17* und *Tabelle 6-18*).

*Tabelle 6-17: Jahresangebot von Gold weltweit (2019)*¹⁴³

	Angebot	
	in Tonnen/a	in %/a
Primärproduktion	3.421	72,6
Sekundärproduktion	1.246	26,4
Angebot aus Deckungsgeschäften	45	1,0
insgesamt	4.713	100

In 2019 wurden ca. 4700 Tonnen Gold auf dem Weltmarkt angeboten.¹⁴⁴ Bei der Herkunft des Angebots lässt sich im Wesentlichen zwischen Primär- und Sekundärmaterial unterscheiden. Während die Primärproduktion alle Arten von Bergbau umfasst, wird bei

¹³⁹ Vgl. George 2020, 31.1.

¹⁴⁰ Eigene Rechnung, basierend auf George 2020., 31.1.

¹⁴¹ Stand August 2021; eine Feinunze, XAU, entspricht 31,103g.

¹⁴² Eigene Rechnung, basierend auf George 2020, 31.1; Statistisches Bundesamt 2021.

¹⁴³ Vgl. Alway et al. 2020, S. 5.

¹⁴⁴ Vgl. Alway et al. 2020, S. 5..

der Sekundärproduktion bereits verwendetes Gold erneut zum Kauf angeboten.¹⁴⁵ Etwa drei Viertel des Angebots entstammen dem Bergbau, rund ein Viertel der angebotenen Menge ist wiederverwendetes Gold.¹⁴⁶ Der Anteil an Primärmaterial auf dem Markt überwiegt also, aber Sekundärmaterial ist für das Angebot ebenfalls nicht unbedeutend.

Tabelle 6-18: Jahresnachfrage nach Gold weltweit (2019)¹⁴⁷

	Nachfrage	
	in Tonnen/a	in %/a
Schmuckherstellung	1.911	48,9
Wertanlage	1.625	41,6
davon: institutionell	632	15,9
privatwirtschaftlich	1.002	25,6
Industrielle Nutzung	374	9,6
davon: Elektrotechnik	275	7,0
Medizintechnik	28	0,7
andere industrielle Nutzung	72	1,8

Die Verwendung von Gold lässt sich im Wesentlichen drei Bereichen zuordnen. Etwa die Hälfte der jährlich nachgefragten Menge wird für die Schmuckherstellung genutzt. Circa 40% der jährlich verwendeten Menge dient in Form von Barren oder Münzen der Wertanlage bzw. Wertsicherung. Rund ein Drittel dieser Wertanlagen entfällt auf Staaten bzw. Zentralbanken und weitere institutionelle Anleger. Ungefähr zwei Drittel des Anlagegoldes werden durch privatwirtschaftliche Käufer erworben. Weiter fließen rund 10% der verwendeten Mengen in die industrielle Nutzung. In diesem Bereich wird Gold überwiegend in der Elektrotechnik verwendet, Medizintechnik und andere Industriebranchen spielen für die Nachfrage aus dem produzierenden Gewerbe eine untergeordnete Rolle.¹⁴⁸

Bei der Verwendung von Gold in der Industrie handelt es sich somit relativ und mengenmäßig betrachtet um eine Nische. Zu beachten ist in diesem Zusammenhang aber, dass in 2019 absolut immer noch 374 Tonnen Gold in der Industrie verwendet wurden¹⁴⁹. Dies entspricht einem Materialwert von rund 18,3 Mrd. Euro¹⁵⁰. Außerdem

¹⁴⁵ Vgl. World Gold Council 2018, S. 2.

¹⁴⁶ Vgl. Alway et al. 2020, S. 5.

¹⁴⁷ Vgl. Alway et al. 2020, S. 5.

¹⁴⁸ Vgl. Alway et al. 2020, S. 5.

¹⁴⁹ Vgl. Alway et al. 2020, S. 5.

¹⁵⁰ Stand August 2021; eigene Rechnung, basierend auf Vgl. Alway et al. 2020, S. 5.

greift auch eine rein quantitative Betrachtung der absoluten Menge zu kurz. Gerade in der Elektrotechnik ist die Verwendung von Gold in kleinen und kleinsten Mengen häufig eine wichtige Voraussetzung für die Funktionalität größerer Produkte.¹⁵¹ Auch die ökologischen Fußabdrücke von Elektronikprodukten können durch die Umweltwirkungen enthaltener Goldbestandteile dominiert werden (s. unten, Abschnitt ‚Umweltwirkungen und Ressourcenverbrauch‘).

Um die Gold-Herkunft etwas genauer einordnen zu können, werden im Folgenden die Primär- und die Sekundärlieferkette kurz erläutert.

6.5.6 Primärgoldlieferkette

Die Primärgoldlieferkette umfasst alle Prozesse, Ressourcen und Informationen die, von der Extraktion des Goldes bis hin zum fertigen Produkt, bei den verschiedenen Akteuren entlang der Lieferkette anfallen.

Für den Anwendungsfall mit dem Praxispartner C.Hafner ist die Primärgoldlieferkette weniger relevant, da sich der Partner ausschließlich mit dem Recyclingprozess von Edelmetallen beschäftigt. Jedoch ist für den Gesamtkontext eine Beschreibung der Primärgoldlieferkette nötig, um Primär- und Sekundärquellen und deren Auswirkungen auf das Systemkonzept verstehen zu können. Für die Übertragbarkeit des Systemkonzeptes wird anhand der in *Abbildung 6-11* dargestellten Primärgoldlieferkette die Komplexität sowie die einzelnen Schritte von der Extraktion über die verschiedenen Verarbeitungsschritte hin zum Endprodukt erläutert.

¹⁵¹ Vgl. Goodman 2002, S. 26.

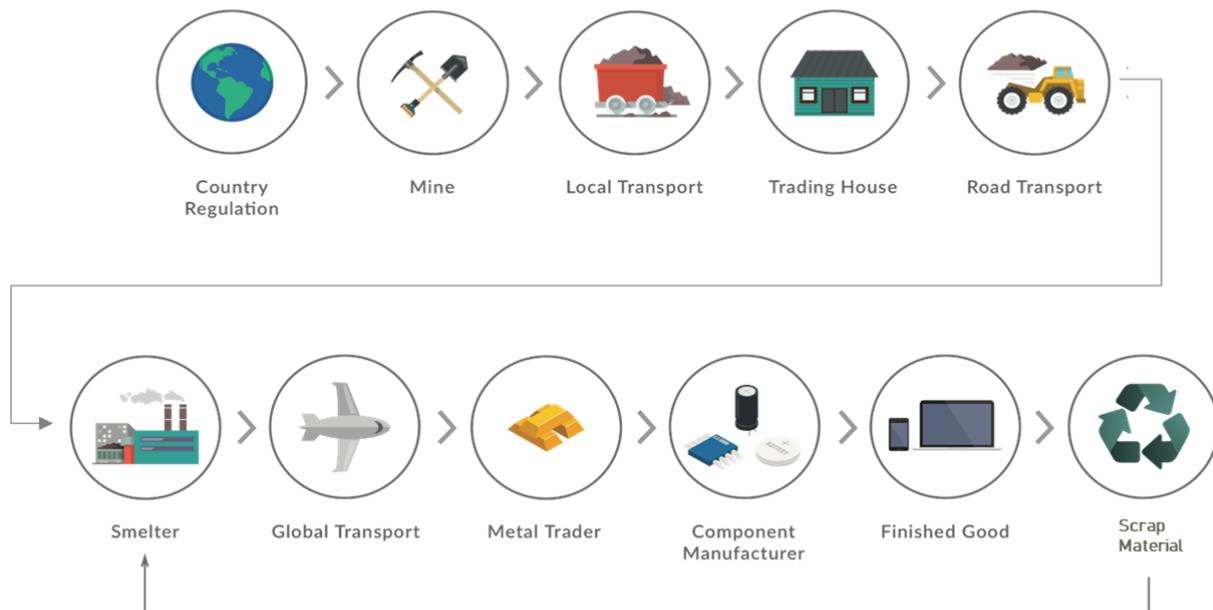


Abbildung 6-11: Primärgoldlieferkette¹⁵²

Primärgold ist eine Materialart, welche aus Goldbergwerken von mittelständischen und Großbergbaubetrieben oder aus artinsalen sowie Kleinbergbaubetrieben stammt. Es ist nicht veredelt und der Herkunftsort ist das Bergwerk in dem Land, indem es gewonnen wird. Weitere Unterarten von Primärgold sind Seifengold, Golderz, Goldkonzentrat, Doré Gold, sowie Gold als Abbaunebenprodukt von anderen Metallen.¹⁵³

Jeder Teilnehmer der in Abbildung 1 dargestellten Goldlieferkette kennt seine direkten Zulieferer und Abnehmer, aber meist nicht die vor- und nachgelagerten Akteure. Eine Intransparenz bezüglich der Herkunft des Rohstoffes und somit auch eine potenziell unverhältnismäßige Beschaffung kann die Folge sein, da der verantwortungsbewusste Abbau und die Verarbeitung der Goldmenge unklar sind. Dies wird in allen Schritten der Lieferkette deutlich: Der Weg des Metalls aus dem Boden, über die Verhüttung und Verarbeitung sowie den Handel bis zum Endkunden können häufig noch nicht transparent nachverfolgt werden. Gleiches gilt für das Recycling¹⁵⁴. Folgend wird kurz auf die einzelnen Schritte der Primärgoldlieferkette und den damit verbundenen potenziellen Schwierigkeiten eingegangen.

¹⁵² Williams 2019.

¹⁵³ Vgl. Steinmetz 2019, S. 1ff.

¹⁵⁴ Vgl. Williams 2019.

Der erste Schritt in der Lieferkette betrifft das Land und dessen Regierung, in welchem sich das Gold im Boden befindet. Jedes Land verfügt über eigene, individuelle Regularien, in welchen der Abbau, die Eigentumsverhältnisse im Bergbau, sowie die ökologischen, menschlichen, sicherheitstechnischen und politischen Bedingungen geregelt sind. Dabei können Länder unabhängig voneinander regieren oder aber sie arbeiten international zusammen und beraten sich gegenseitig. Die einzelnen Länder können in ihrem Verhalten verantwortungsbewusst oder korrupt sowie nationalistisch oder global sein. Verantwortungsbewusste Aktivitäten entlang der Goldlieferkette können daher nicht in allen Ländern gewährleistet werden. Zudem unterscheiden sich die Länder hinsichtlich der Erlaubnis und dem Verbot von handwerklichem Bergabbau, dem Landbesitz sowie dem Bergbaurecht.¹⁵⁵

Gold befindet sich als Mineral in Hartgesteinsvorkommen im Boden, wobei der finanziell abbaubare Goldgehalt zwischen einem und zwanzig Gramm Gold pro Tonne Erz liegen kann. Zudem kann Gold auch in alluvialen Lagerstätten gefunden und abgebaut werden. Hierbei können beim Goldwaschen Goldflocken und kleine Goldnuggets gewonnen werden. Für die Extraktion des Golderzes aus dem Boden werden Bergleute benötigt. Laut Schätzungen sind rund 100 Millionen Menschen vom handwerklichen Bergbau abhängig und weltweit rund sieben Millionen Menschen im industriellen Bergbau tätig.¹⁵⁶ Zu unterscheiden sind der Kleinbergbau und der Bergbau im industriellen Maßstab. Der Kleinbergbau (artisanal and small-scale mining (ASM)) kommt in einigen Ländern der Welt vor. Deren Gold-Produktionsangebot liegt bei rund 20% des weltweit abgebauten Goldes. Der Kleinbergbau ist kaum mechanisiert und es wird viel von Hand gearbeitet. Obwohl dies zu einer geringeren Produktivität führen kann, ist der Kleinbergbau für die lokale Bevölkerung eine Subsistenztätigkeit. Ein typischer ASM-Bergbauprozess beinhaltet den Abbau von Golderzen, deren Transport, beispielsweise in Schubkarren oder Säcken, dorthin, wo es schließlich manuell zerkleinert, gewaschen und gefiltert wird. Das daraus resultierende gefilterte Sediment wird dann, meistens mit Quecksilber, chemisch verarbeitet, um ein Goldquecksilber-Amalgam zu erhalten. Anschließend wird es an lokale Händler verkauft.

¹⁵⁵ Vgl. Williams 2019.

¹⁵⁶ Vgl. Williams 2019

In vielen Ländern gibt es sowohl Kleinbergbau als auch Großbergbau (large-scale mining (LSM)), welche um die gleiche Ressource konkurrieren. Die Zerkleinerung und das Mahlen des Erzes wird im Großbergbau maschinell durchgeführt. Daraus entsteht ein feines Pulver oder Schlamm, welche durch Haufenlaugung mit Hilfe von Natriumcyanid zur Gewinnung von unreinem Gold beitragen.¹⁵⁷

Für den Transport des grob separierten Goldes, zu einer Schmelzhütte, werden Händler und Exporteure eingesetzt. Dieser Prozess in der Lieferkette ist kritisch, da das zu transportierende Gold leicht in illegale Geschäfte umgeleitet werden kann. Die lokalen Händler können kleine Mengen an Goldamalgam von den Bergleuten kaufen, um es dann an größere Händler weiterzuverkaufen. Die Bergleute können aber auch als Zusammenschluss auftreten, um direkt an große Händler zu verkaufen. Diese verhütten das Gold-Amalgam dann selbst oder liefern es an eine Schmelzhütte. Jeder Prozessbeteiligte, vom Bergmann, Minenaufseher, die lokale Stammesbehörde, Regierung und der Händler bis hin zur Polizei, kann seine Arbeit rechtmäßig oder unrechtmäßig verrichten. Die Gewährleistung einer legalen, fairen und verantwortungsvollen Goldbeschaffung ist eine Herausforderung, denn je mehr Parteien in den Prozess eingebunden sind, desto komplexer und schwieriger wird die Verlässlichkeit, Transparenz und Nachvollziehbarkeit.

Es gibt unterschiedliche Möglichkeiten, wie das Golderz von der Mine zur Schmelzhütte transportiert werden kann. Der Golderztransport zu den Brech- und Flotationsanlagen erfolgt durch Handarbeit von den Minenarbeitern. Daraufhin wird das Goldamalgam gesammelt, bis eine bestimmte Menge vorhanden ist, um diese dann zu den Schmelzöfen transportieren zu können. Dabei handelt es sich meistens um Landtransporte mittels Fahrrad, Motorroller, Lastwagen oder Anhänger. Dieser Straßentransport kann einer willkürlichen Taxierung durch lokale Regierungsbeamte oder Erpressung durch illegale Gruppen unterliegen. Liegt genug Gold vor, kann das Gold international verschifft werden. Hierbei kann erneut Gold, welches mit illegalen Geschäften in Verbindung steht, mit Gold, das aus einer verantwortungsbewussten, legalen Gewinnung stammt, vermischt werden und als verantwortungsbewusst abgebaut dargestellt werden. Zu diesem Zeitpunkt ist eine Herkunftsbestimmung, aufgrund der

¹⁵⁷ Vgl. Williams 2019.

Fungibilität des Goldes, schwierig, da ein Stück aussieht wie das andere und so einfach ausgetauscht werden kann.¹⁵⁸

Die Schmelzhütte stellt den Mittelpunkt der Lieferkette dar, wobei die vorgelagerten Prozesse stromaufwärts (Upstream) und die Verteilungs- und Herstellungsprozesse nach der Metallproduktion stromabwärts (Downstream) verlaufen. Hüttenwerke verarbeiten nicht nur Golderz aus LSM und ASM, sondern auch recyceltes Material aus unterschiedlichen Quellen, wie beispielsweise Altgoltschmuck von verschiedenen Händlern. In der Schmelzhütte wird das Gold durch Schmelzen und anschließende chemische Reaktionen aus dem natürlichen Mineralzustand herausgelöst. Daraus resultiert Doré-Gold, was eine halbreine Legierung aus Gold und Silber darstellt.

Der Reinheitsgrad kann variieren, daher wird es an Raffinerien geschickt. Dort wird der Rohstoff technisch gereinigt, aufbereitet und veredelt, um den Reinheitsgrad des Materials auf nahezu 100% zu bringen.¹⁵⁹

Der nächste Prozess in der Goldlieferkette beinhaltet den Verkauf, den Vertrieb und die Vermarktung. Dies wird meist von globalen Händlern durchgeführt, die neben dem Material Gold auch logistische Dienstleistungen anbieten.¹⁶⁰

Ein Vorteil von Gold als Rohstoff ist, dass es ein elektrischer Leiter ist und an der Luft schwer korrodiert, im Gegensatz zu anderen Leitern wie beispielsweise Silber und Kupfer. Zudem ist Gold duktil und kann leicht verformt und beispielsweise zu Draht gezogen werden. Dieser Draht kann beispielsweise in kleinen elektrischen Steckverbindungen, Schaltkreisen, Transistoren und Speicherchips verwendet werden. So benötigt ein Komponentenhersteller nur geringe Mengen an Gold für das fertige Produkt, kann damit jedoch Millionen von Komponenten herstellen. Am Ende der Lieferkette steht ein fertiges Produkt. Dabei kann es sich um Elektronik, Zahnkronen, Goldbarren, Global Positioning Systeme (GPS), Solarpaneele und vieles mehr handeln.¹⁶¹

Auch der Recyclingprozess sollte als Prozess in der Goldlieferkette berücksichtigt werden. Hierbei wird Edelmetall aus Abfällen, wie altem Schmuck, Dentalgold und Produktionsrückständen aus der Industrie, zurückgewonnen und zu einem neuen

¹⁵⁸ Vgl. Williams 2019.

¹⁵⁹ Vgl. Williams 2019.

¹⁶⁰ Vgl. Williams 2019.

¹⁶¹ Vgl. Williams 2019.

Produkt verarbeitet.¹⁶² Eine Beschreibung des Recyclingprozesses kann dem nächsten Abschnitt entnommen werden.

6.5.7 Sekundärlieferkette- Goldrecycling

Analog zu den Verwendungsmöglichkeiten von Gold unterscheidet sich auch das Recycling. Zum einen wird Gold aus Schmuck und Anlagegold wiedergewonnen („high value gold recycling“). Zum anderen erfolgt die Wiedergewinnung von Gold auch nach dessen industrieller Nutzung („industrial recycled gold“)¹⁶³.

Die Rückgewinnung aus hochwertigen Goldmengen macht ca. 90% des Sekundärmaterials aus. Hierbei handelt es sich überwiegend um das Einschmelzen von Schmuck¹⁶⁴. Somit ist diese Form der Wiederverwendung meist ein Recycling im engeren Sinne, d.h. das verwendete Gold entstammt Produkten am Ende eines Lebenszyklus („old scrap“)¹⁶⁵. Denkbar ist aber auch die Wiederverwendung hochwertiger Goldmengen, die bereits vor Ende eines Produktlebenszykluses anfallen, z.B. bei Stanzabfällen in Münzereien („new scrap“)¹⁶⁶.

Bei hochwertigen Goldmengen wird das Recyclingmaterial häufig aus Metallgemischen oder sogar aus reinem Gold gewonnen. Die Goldmengen sind hier vergleichsweise groß. Entsprechend ist diese Form der Rückgewinnung technisch vergleichsweise einfach, die chemischen und physikalischen Verfahren zur Trennung sind seit langem etabliert¹⁶⁷.

Anders ist dies bei der Rückgewinnung von industriell genutztem Gold. Das Sekundärmaterial aus Industrieenanwendungen macht heute etwa 10% der jährlich recycelten Goldmenge aus, bei steigender Tendenz. Ehemals industriell genutztes Gold wird überwiegend aus Elektronikschrott recycelt. Häufig liegt Gold dort in Form kleinster Bauteile, etwa dünnen Drähten, vor. Gold wird hier auch als Beschichtung eingesetzt. Entsprechend gering sind die Goldmengen, welche sich bei Industrieenanwendungen finden. Folglich ist das sichere und effiziente Recycling von „old scrap“ schwieriger als bei hochwertigen Goldmengen¹⁶⁸.

¹⁶² Vgl. C.Hafner GmbH +Co.KG o.J.a.

¹⁶³ Vgl. World Gold Council 2018, S. 3.

¹⁶⁴ Vgl. World Gold Council 2018, S. 3

¹⁶⁵ Vgl. Deutscher Bundestag 24.02.2012, §3 (25); Graedel et al. 2011, S. 358.

¹⁶⁶ Vgl. Graedel et al. 2011, S. 358.

¹⁶⁷ Vgl. World Gold Council 2018, S. 3

¹⁶⁸ Vgl. World Gold Council 2018, S.3; Graedel et al. 2011, S. 358.

Im Folgenden wird die Sekundärlieferkette von Gold etwas genauer beschrieben, welche für das Fallbeispiel und die Konzepterstellung essentiell ist. Der erste Verfahrensschritt des Recyclingprozesses ist die technische Prüfung des Edelmetallgehaltes. Nachdem dieser festgestellt ist, wird das Edelmetall in der Schmelze eingeschmolzen und anschließend durch chemische Verfahren zu Feingold aufbereitet. Das durch die Aufbereitung gewonnene Feingold kann dann zu Edelmetallprodukten, wie beispielsweise Legierungen, Rohren, Blechen und Barren verarbeitet und an Abnehmer bzw. Verbraucher verkauft werden. Erreicht das Produkt das Ende seines Lebenszyklus, wird das Edelmetall zu einer Recyclingstelle gebracht und erneut dem Kreislauf zugeführt; ein neuer Recyclingprozess kann beginnen. Aktuell kann recyceltes Gold unseren regelmäßigen Goldverbrauch nicht ersetzen, aber es kann zu einer verantwortungsvollen Lieferkette beitragen.¹⁶⁹

Die Recycling-Wertschöpfungskette wird als die Abfolge von Verfahren definiert, die zur Rückgewinnung von Materialien aus Abfällen bzw. Schrott führen. Diese Verfahren umfassen sowohl die Sammlung, den Beginn jedes Abfallbewirtschaftungsprozesses, als auch die Vorbereitung zur stofflichen Verwertung, was manuelle und/oder mechanische Verfahren und die physische Sortierung umfasst; sowie die stoffliche Verwertung, die aus chemischen, physikalischen und/oder metallurgischen Verfahren besteht. Die Recycling-Wertschöpfungskette endet, wenn Schrott zu Produkten oder Materialien aufbereitet wird.¹⁷⁰

Die Recycling-Goldlieferkette, in *Abbildung 6-12* dargestellt, beginnt beim Scrap Material. Dieses wird anschließend zu einer Scheideanstalt gebracht, um aufbereitet zu werden. Der globale Transport muss an dieser Stelle nicht zwingend global erfolgen, sondern kann auch lokal stattfinden und das Material kann nach der Aufbereitung direkt gehandelt oder verarbeitet werden. Anschließend wird es in einem fertigen Produkt verbaut, oder ist selbst ein fertiges Produkt und wird vom Endkunden genutzt. Ist das Produkt am Ende seines Lebenszyklus angekommen, kann es, je nach Beschaffenheit und Eigenschaften, wieder zerlegt werden und das darin enthaltene Material wird erneut als Scrap material dem Kreislauf zugeführt. Die Unterscheidung zwischen den verschiedenen Scrap-Arten, wie old-, new- und home-scrap, kann dem Kapitel 2.4 entnommen werden.

¹⁶⁹ Vgl. C.Hafner GmbH +Co.KG o.J.a..

¹⁷⁰ Vgl. Hagelüken et al. 2016, S. 245.

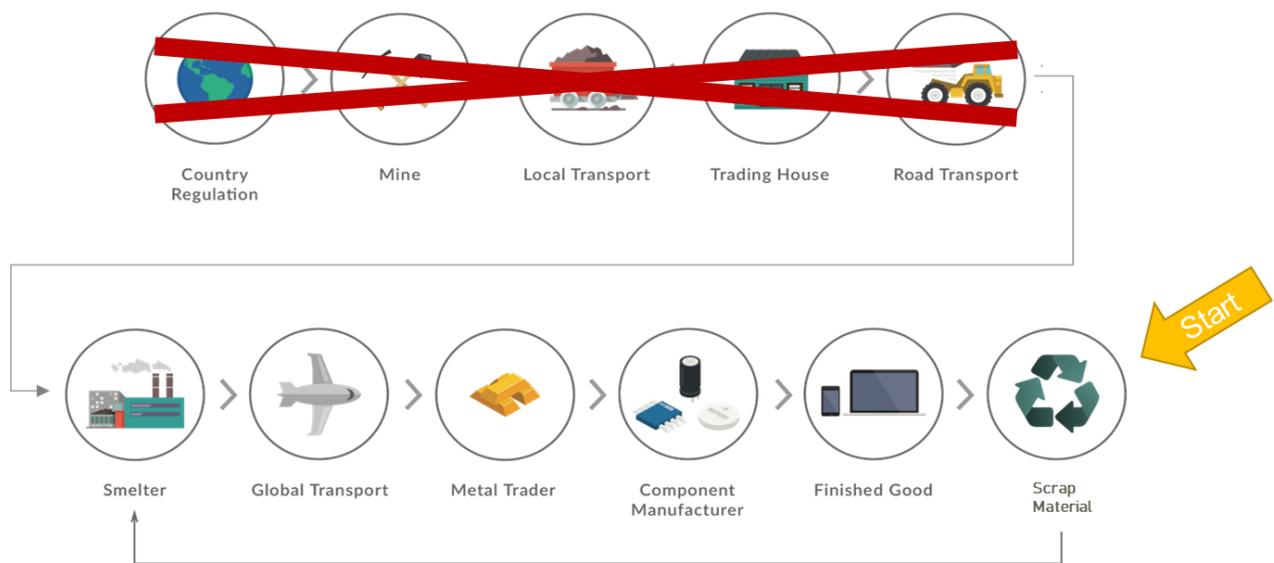


Abbildung 6-12: Sekundärgoldlieferkette¹⁷¹

In der Recyclinglieferkette von Gold werden verschiedene Arten von Sekundärmaterial angenommen und verarbeitet.

Es ist bereits veredeltes Material aus Endprodukten, wie beispielsweise Anlagegold, Schmuck, Zahngold und industrielle Abfälle. Durch die Kreislaufführung wird das Sekundärmaterial einem neuen Lebenszyklus zugeführt. Als Herkunft von Recyclinggold gilt jener Punkt in der Goldlieferkette, an dem das Gold an eine Scheideanstalt oder einen nachgelagerten Zwischenverarbeiter zurückgegeben wird. Es wird in drei Unterkategorien unterschieden: Zunächst das unverarbeitete Recyclinggold, ein Gold, welches dem Recyclingprozess erstmalig zugeführt und eingeschmolzen wird, um anschließend in Goldbarren oder andere Formen gegossen zu werden. Unverarbeitetes Recyclinggold kann bei C.Hafner in Form von vorgeschmolzenen Barren von Aufkäufern oder Altgold als Schüttgut angenommen werden. Die zweite Unterkategorie ist Gold als industrielles Nebenerzeugnis (New scrap). Hierzu zählt Gold, welches bei der Herstellung eines anderen Materials anfällt. Dabei handelt es sich nicht um das ursprünglich beabsichtigte, sondern um ein gleich nützliches Nebenprodukt, dazu gehören zum Beispiel Flugstaub aus dem Feuerungssofen, ausgediente Schmelztiegel und Kehrgut bei

¹⁷¹ In Anlehnung an Williams 2019.

Juwelieren, sogenanntes Gekrätz. Das Gekrätz wird angenommen, verascht und geprobt, um dann an spezialisierte Recyclingbetriebe abgegeben zu werden. Anders als die anderen beiden Kategorien fließt dieses Material physisch nicht mehr zu C.Hafner zurück, sondern wird übertragen. Die letzte Kategorie beinhaltet das Anlagegold, welches in den Tresoren von Banken, Börsen und Scheideanstalten gelagert und versiegelt ist. Stand 2019 ist noch kein derartiges Material in den Materialstrom von C.Hafner eingeflossen.¹⁷²

6.5.8 Umweltauswirkungen und Ressourcenverbrauch

Bei Nachhaltigkeitsbetrachtungen zu Gold steht oft die soziale Dimension im Vordergrund, häufig zu Beginn der Lieferketten von Primärgold¹⁷³. Die Verwendung von Recyclinggold bietet eine Alternative, bei der diese sozialen Folgen zu Beginn der Lieferketten nicht (erneut) verursacht werden.

Gleichzeitig hat die Goldgewinnung im Bergbau aber auch bedeutende Auswirkungen auf Ökologie und Ressourcenverbrauch¹⁷⁴. Goldabbau ist heute bereits wirtschaftlich rentabel, wenn in einer Tonne Erz weniger als ein Gramm Gold enthalten ist¹⁷⁵. Dazu kommt, dass im Goldbergbau nach wie vor große Mengen an Chemikalien Verwendung finden, welche nicht nur sehr gesundheits-, sondern auch stark umweltschädlich sind. So wird zum Beispiel auch heute noch Quecksilber verwendet¹⁷⁶. Auch dies schlägt sich in sehr negativen Umweltanalysen nieder. Die Rohstoffgewinnung dominiert dabei meist die Betrachtung des gesamten Produktlebensweges¹⁷⁷.

Das erklärt auch, warum Gold selbst bei der Verwendung kleiner Mengen die Ökobilanz von Produkten entscheidend beeinflussen bzw. verschlechtern kann. Eine Analyse von Nuss und Eckelman (2014, S. 4) kam zu dem Ergebnis, dass Gold zu den Metallen zählt, welches im Verhältnis zur Materialmenge am meisten Umweltschäden verursacht. Besonders anschaulich ist dies bei der Verwendung von Gold in Elektronikartikeln¹⁷⁸. In Laptops sind Arbeitsspeicher das Bauteil, welches am stärksten zum Klimafußabdruck des gesamten Geräts beiträgt. Die Goldkontakte eines Arbeitsspeichers tragen wiederum

¹⁷² Vgl. Steinmetz 2019, S. 1ff.

¹⁷³ Vgl. Springer et al. 2020, S. 2278–2283; Kickler und Franken 2017, 17-20, 37-40.

¹⁷⁴ Vgl. Schmidt und Peregovich 2015, S. 24.

¹⁷⁵ Vgl. Ulrich et al. 2016, S. 9.

¹⁷⁶ Vgl. Fritz et al. 2020, S. 1930; Schmidt und Peregovich 2015, S. 26f.

¹⁷⁷ Vgl. O'Connell und Stutz 2010, S. 4; Ercan et al. 2016, S. 129.

¹⁷⁸ Vgl. Fritz et al. 2020, S. 1931.

wesentlich zu dessen Carbon Footprint bei¹⁷⁹. Betrachtet man den Produktlebenszyklus von Smartphones, dann ist Gold für viele Arten von Umweltwirkungen zu mehr als der Hälfte verantwortlich¹⁸⁰.

Die geschilderten Umweltanalysen basieren auf der Annahme, dass bei Gold Primärmaterial verwendet wird. Wie schon bei den sozialen Aspekten, so kann Recyclinggold auch bei den Umweltwirkungen dafür sorgen, dass letztere nicht (noch einmal) anfallen. Allerdings ist hierbei auch zu beachten, um welche Form des Gold-Recyclings es sich handelt. Wie bereits erläutert (s. oben, Abschnitt Recycling), ist das Recycling von Gold aus Schmuck und Anlage-Gold weniger aufwendig, als das Recycling von Gold aus Industrieprodukten¹⁸¹. Eine Vorarbeit des INEC¹⁸² verdeutlicht die großen Unterschiede, die sich daraus für die Klimafußabdrücke ergeben, vgl. *Tabelle 6-19*:

Tabelle 6-19: Klimafußabdrücke von Gold je nach Art der Produktion¹⁸³

	Klimafußabdruck in kg CO ₂ -eq. pro kg Gold
Primärproduktion	16.000
Sekundärproduktion aus Industriegold	10.000
Sekundärproduktion aus Schmuck, Anlagegold	53

Bei ökobilanziellen Betrachtungen wie Klimafußabdrücken schneidet die Sekundärproduktion immer sehr viel besser ab als die Primärproduktion. So sorgt selbst die Rückgewinnung kleinster Mengen von Gold aus Elektronikschrott noch für über ein Drittel weniger Ausstoß an Klimagasen. Extrem ist der Unterschied, wenn die Primärproduktion von Gold mit der Rückgewinnung von Gold aus Schmuck und Anlagegold verglichen wird. Hier schneidet das Recyclinggold über dreihundertmal besser ab als das Gold aus der Mine¹⁸⁴.

6.5.9 Grundlage gesetzliche Anforderungen

¹⁷⁹ Vgl. O'Connell und Stutz 052010, S. 4..

¹⁸⁰ Vgl. Ercan et al. 2016, S. 129.

¹⁸¹ Vgl. World Gold Council 2018, S. 3.

¹⁸² Fritz et al. 2020.

¹⁸³ Vgl. Fritz et al. 2020, S. 1939

¹⁸⁴ Vgl. Fritz et al. 2020, S. 1939.

Relevante gesetzliche Anforderungen, welche über die Branche der Fallstudie hinausgehen, werden in diesem Bericht im Abschnitt 11.3 und im Anhang dargestellt.

6.5.10 Grundlage Anforderungen von Branchenzertifizierungen

Folgend werden die drei relevantesten Branchenzertifizierungen von C.Hafner in Bezug auf die Materialherkunft kurz erläutert.

Responsible Jewellery Council (RJC)

Das Responsible Jewellery Council ist eine internationale, gemeinnützige Standard- sowie Zertifizierungsorganisation mit dem Ziel eine ethische, soziale und umweltverträgliche Unternehmenspolitik zu fördern¹⁸⁵. Insgesamt verpflichten sich über 700 unabhängig geprüfte Mitgliedsunternehmen den RJC Verhaltenscodex einzuhalten. Dieser Code of Practice (CoP) ist ein internationaler Standard für verantwortungsvolle Geschäftspraktiken für Diamanten, Metalle der Platingruppe sowie Gold. Zudem befasst er sich mit Menschen- und Arbeitsrechten, Auswirkungen auf die Umwelt, Bergbaupraktiken und vielen weiteren Themen entlang der Lieferkette. RJC arbeitet auch mit Multi-Stakeholder-Initiativen zusammen, um eine verantwortungsvolle Beschaffung und Sorgfaltspflicht entlang der gesamten Lieferkette zu gewährleisten.¹⁸⁶ Zudem darf kein Minenmaterial verwendet werden, außer die Mine ist RJC-zertifiziert¹⁸⁷. Ein weiterer wichtiger Standard des RJC ist die Chain-of-Custody (CoC), zu Deutsch die Produktkettenzertifizierung. Dieser Standard definiert einen Ansatz für Unternehmen, für den Umgang und Handel von Gold und Platin, rund um eine verantwortungsvolle Beschaffung sowie Rückverfolgbarkeit. Diese Zertifizierung ist für RJC Mitglieder freiwillig und ergänzt den CoP, welcher für alle Mitglieder verbindlich ist.¹⁸⁸

LBMA

Die London Bullion Market Association (LBMA) ist ein internationaler Handelsverband für Silber- und Goldbarren und eine normsetzende Organisation für den globalen Großhandelsmarkt für Edelmetalle. Sie gewährleisten Führung, Integrität und Transparenz für die globale Edelmetallindustrie, indem Standards gesetzt und Marktdienstleistungen entwickelt werden. Sie dokumentieren und beaufsichtigen den

¹⁸⁵ Vgl. C.Hafner GmbH +Co.KG o.J.c.

¹⁸⁶ Vgl. Responsible Jewellery Council 2016, S. 1.

¹⁸⁷ Vgl. Steinmetz 2020.

¹⁸⁸ Vgl. Responsible Jewellery Council 2019, S. 3.

Handel am Londoner Bullion Market und entwickeln Richtlinien, welche für den Handel und die Produktion von Gold- und Silberbarren eine entscheidende Rolle spielen. Die Standardbarren müssen bestimmte Qualitätsanforderungen erfüllen und die Feinheit, der Hersteller sowie die Barrennummer müssen zur Identifikation sichtbar sein. Die Raffinerien verpflichten sich, dass das Gold und Silber verantwortungsbewusst beschafft und verarbeitet wurde. Anschließend wird das Material zu *good-delivery* Barren gegossen, um weltweit gehandelt zu werden.¹⁸⁹

Weitere Informationen zur LBMA Gold Guidance den Pflichten von Mitgliedern und dem Antragsverfahren können Anhang 14.4 entnommen werden.

6.5.11 Konzept

Das Systemkonzept für das Fallbeispiel wird aus dem in 6.5 dargestellten generischen Konzept abgeleitet.

Zunächst wurden das Fallbeispiel genauer betrachtet und die verschiedenen Informations- und Materialflüsse inklusive der Akteure aufgenommen. Anschließend wurde daraus mit dem von Urlaub (2020) entwickelten Entscheidungsmodell abgeleitet, welche DLT sich für den Anwendungsfall eignet. Im nächsten Schritt wurden den Akteuren Lese- bzw. Schreibrechte zugeschrieben. Daraufhin wurde das in 6.5 dargestellte Systemkonzept auf den Anwendungsfall angepasst und verschiedene Szenarien durchgespielt. Daraus ließen sich neue Erkenntnisse ableiten, welche zum finalen Fallstudienkonzept führten.

Akteure

In diesem Abschnitt werden die Akteure (siehe *Abbildung 6-13*) des Fallbeispiels definiert und ihre Rollen im System spezifiziert.

¹⁸⁹ Vgl. LBMA o.J., 2018, 2021b.

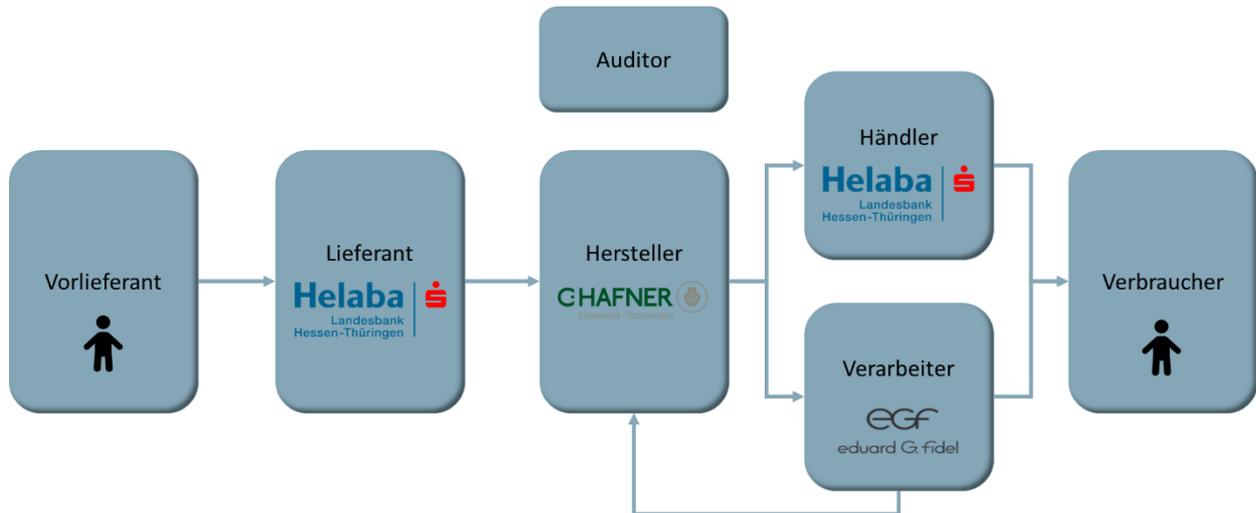


Abbildung 6-13: Akteure in der Lieferkette

Der Vorlieferant stellt im betrachteten Fallbeispiel eine Privatperson dar. Diese Privatperson benötigt den alten Schmuck (Altgold) nicht mehr und bringt ihn zu einer goldankaufenden Sparkasse, um dort ggf. den Wert des Schmucks in einen monetären Wert umzuwandeln.

Der Lieferant ist direkter Geschäftspartner der Scheideanstalt, beispielsweise eine Trauringmanufaktur wie EGF oder die Helaba die über die Sparkassen Altgold einsammeln. Vom Lieferanten werden Materialien und/oder Dienstleistungen bezogen. Lieferanten werden von C.Hafner auditiert und müssen eine Lieferantenerklärung abgeben.

Die Scheideanstalt ist in diesem Fall die Gold- und Silberscheideanstalt C.Hafner GmbH + CO.KG. Sie kann in dem Konzept durch jede beliebige Scheideanstalt ersetzt werden. C.Hafner wird synonym für den Akteur Hersteller bzw. Scheideanstalt verwendet.

Die Weiterverarbeitung des Materials kann sowohl intern bei C.Hafner bei der Weiterverarbeitung zu Goldbarren oder anderen Produkten stattfinden, oder aber extern. Unter dem externen Weiterverarbeiter ist ein Abnehmer zu verstehen der goldhaltige Produkte in Form von Feingoldgranulat, Legierungen, Rohren, Blechen oder Drähten von C.Hafner abnimmt und diese zu anderen Produkten wie bspw. Ringen weiterverarbeitet. Zu diesen Weiterverarbeitern gehört auch die Trauringmanufaktur EGF. Diese wird im Folgenden synonym für alle externen Weiterverarbeiter verwendet.

Der Händler handelt mit fertig produzierten Produkten und ist die Schnittstelle zum Verbraucher/der Privatperson. In diesem Use Case kann es sich hierbei beispielsweise um Juweliere, die Ringe von EGF beziehen, oder um die Helaba handeln, die Goldbarren von C.Hafner vertreiben.

Am Ende der Lieferkette steht der Verbraucher, eine natürliche Privatperson, die Waren und/oder Dienstleistungen zur eigenen Nutzung käuflich erwirbt. Im Fallbeispiel handelt es sich dabei um den Erwerb von Ringen oder Feingoldbarren.

Über allen steht der Auditor, der an verschiedenen Stellen im System Prozesse auditiert und Zertifizierungen ausstellt bzw. überprüft.

Ist-Abläufe bei den Akteuren

Vorlieferant – Privatperson

Der Bank werden die Schmuckstücke durch einen Vorlieferanten, eine Privatperson, vorgelegt, um zu erfahren, welchen monetären Wert diese Schmuckstücke besitzen. Die Privatperson legt, falls vorhanden, Kaufbelege wie beispielsweise Rechnungen, vor. Liegen keine Belege vor, werden Herkunftsinformationen mündlich abgefragt. Die lokale Bank nimmt das Altgold in Empfang und prüft es auf Echtheit. Hierfür werden verschiedene Prüfprozesse durchgeführt. Bei der Sichtprüfung des Altgoldes, wird auf die Repunze sowie auf optische Auffälligkeiten geachtet. Anschließend wird das Material gewogen, um festzustellen, ob das Gewicht mit der Repunze übereinstimmen kann. Auf Basis des Gewichtes wird der aktuelle Ankaufspreis für das Edelmetall ermittelt. Ggf. vorhandene Steine werden beim Wiegen und bei der Preisfindung entsprechend berücksichtigt. In Summe ergibt sich ein Angebot, welches der Privatperson durch die Sparkasse unterbreitet wird. Dieses kann von der Privatperson angenommen oder abgelehnt werden. Lehnt die Privatperson das Angebot ab, geht das Altgold zurück an diese. Bei der Annahme des Angebots durch die Privatperson wird ein Kaufvertrag geschlossen. Das Eigentum sowie der Besitz gehen an die Bank über und die Privatperson erhält eine Auszahlung oder Gutschrift in Höhe des Ankaufspreises. Die Sparkassen sammeln das angekaufte Altgold und übergeben dieses an die Helaba. Eine vereinfachte Darstellung des Prozesses kann *Abbildung 6-14* entnommen werden.

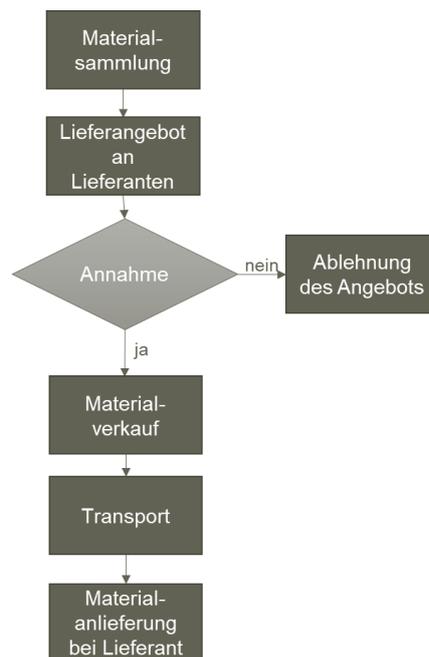


Abbildung 6-14: Prozessablauf Vorlieferant

Lieferant – Helaba/EGF

Es kann zwischen zwei Lieferantentypen unterschieden werden. Die erste beinhaltet die Anlieferung von losem Schüttgut in Form von eindeutig identifizierbarem Altgold/Recyclingmaterial (Ringe, Ketten, Münzen, Schmuck, Zahngold), wie es die Helaba macht. Die Helaba wird im weiteren Verlauf als Repräsentant für die übrigen Schüttgut-Lieferanten verwendet, die eindeutig identifizierbares Recyclingmaterial anliefern. Die internen Prozessabläufe bei der Helaba liegen nur bedingt, durch ein kurzes Gespräch, vor und werden durch Annahmen ergänzt. Die Helaba sammelt das von den Sparkassen angekaufte Altgold in Form von Schüttgut ein und übergibt es als loses Schüttgut an C.Hafner.

Die zweite Möglichkeit ist die Anlieferung eines bereits vorgeschmolzenen Barrens. Dieser Barren kann aus Altgold, wie beispielsweise Schmuck oder Münzen, bestehen oder aber aus eingeschmolzenen Produktionsresten wie Stanzgittern. Durch den Schmelz- oder Pressprozess kann nicht mehr eindeutig nachgewiesen werden, um welche Art von Material es sich im angelieferten Material handelt. Die eindeutige Materialidentifizierung ist aber für die Sicherheit, dass kein Material untergeschmuggelt

wurde und die Berechnung des Carbon-Footprints sehr wichtig. Die meisten vorgeschmolzenen Barren sind bereits durch den Lieferanten beprobt, um die Edelmetallanteile zu kennen.

Abbildung 6-15 stellt einen internen Prozessablauf beim Lieferanten dar.

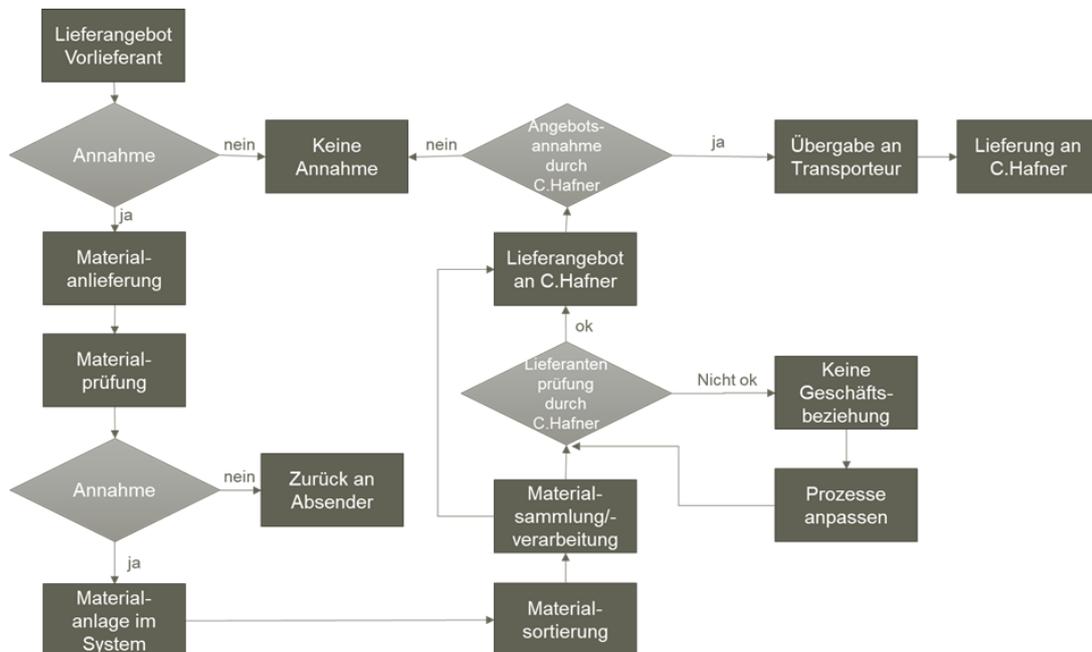


Abbildung 6-15: Interner Prozessablauf beim Lieferanten

Scheideanstalt – C.Hafner

Die Anlieferung von Schüttgut und vorgeschmolzenen Barren bei C.Hafner in Wimsheim kann durch einen Transportdienstleister, den Lieferanten selbst, oder den internen Fahrer/Transporteur von C.Hafner (nur für Unternehmen im Umkreis von Pforzheim) erfolgen. Die meisten Anlieferungen kommen in Form von Päckchen oder verschlossenen Behältnissen an.

Die Warenannahme in der Scheideanstalt unterscheidet sich nicht nach der jeweiligen Art der Materialanlieferung und ist in beiden (Schüttgut und Barren) Fällen gleich. Der Logistik-Mitarbeiter nimmt die Warenlieferung an und führt eine Sichtprüfung des Päckchens oder Behältnisses durch, um Beschädigungen oder Öffnungen durch Unbefugte zu identifizieren. Im nächsten Schritt wird das Paket/Behältnis geöffnet und der Inhalt mit dem Lieferschein überprüft. Das Material wird weitem Prüfprozessen unterzogen, bevor es im Enterprise Resource Planning (ERP)-System mit einer

Auftragsnummer und dem Gewicht erfasst wird. Im nächsten Schritt wird das lose Schüttgut zu einem homogenen Recyclingbarren geschmolzen. Beim Schmelzprozess kann es zur Bildung von Schlacke (nichtmetallische Stoffe wie beispielsweise Steine oder Keramik) kommen, die gesondert abgeführt wird. Das Gewicht des Materials ist, aufgrund der Schlacke und Schmelzverlusten, nach dem Schmelzprozess geringer als davor. Dies beruht auf der Tatsache, dass durch den Schmelzprozess einige Bestandteile verbrennen, verpuffen, oder Verunreinigungen entfernt werden. Im nächsten Schritt wird der Recyclingbarren beprobt. Bereits vorgeschmolzenen Barren werden nicht nochmal geschmolzen, sondern kommen direkt zur Probebohrung. Anschließend wird der Barren mit einem Klebeetikett versehen, auf welchem die Kundennummer, die Auftragsnummer, das Datum sowie das aktuelle Gewicht, nach der Probeentnahme in Gramm, aufgedruckt werden.

Die Späne aus den Probebohrungen werden im Labor auf die Bestandteile und deren Anteile im Recyclingbarren untersucht. Für den Scheidungsprozess müssen bestimmte Zusammensetzungen und Edelmetallanteile in den Recyclingbarren vorliegen. Daher werden pro Scheidung circa 20-50 Recyclingbarren benötigt, welche unterschiedliche Gewichte sowie Zusammensetzungen aufweisen.

Im Scheidungsprozess durchläuft das Material verschiedene Prozesse, wodurch an verschiedenen Stellen verschiedene Metalle herausgelöst werden. Am Ende der Scheidungsprozesse liegen die herausgelösten Edelmetalle wie beispielsweise Platin, Palladium und Gold vor. Da der Fokus im Fallbeispiel zunächst nur auf Gold liegt, werden die anderen Metalle nicht weiter betrachtet. Das entwickelte Systemkonzept könnte aber ebenso auf die anderen Metalle ausgeweitet und übertragen werden.

Nun wird das Gold, in Form von Goldschwamm, zu Goldgranulat umgearbeitet. Daraus können im Use Case verschiedene Produkte hergestellt werden. Es können Feingoldbarren, Legierungen, Halbzeuge und andere Produkte hergestellt werden. Eine grafische Aufbereitung der Prozesse kann *Abbildung 6-16* entnommen werden.

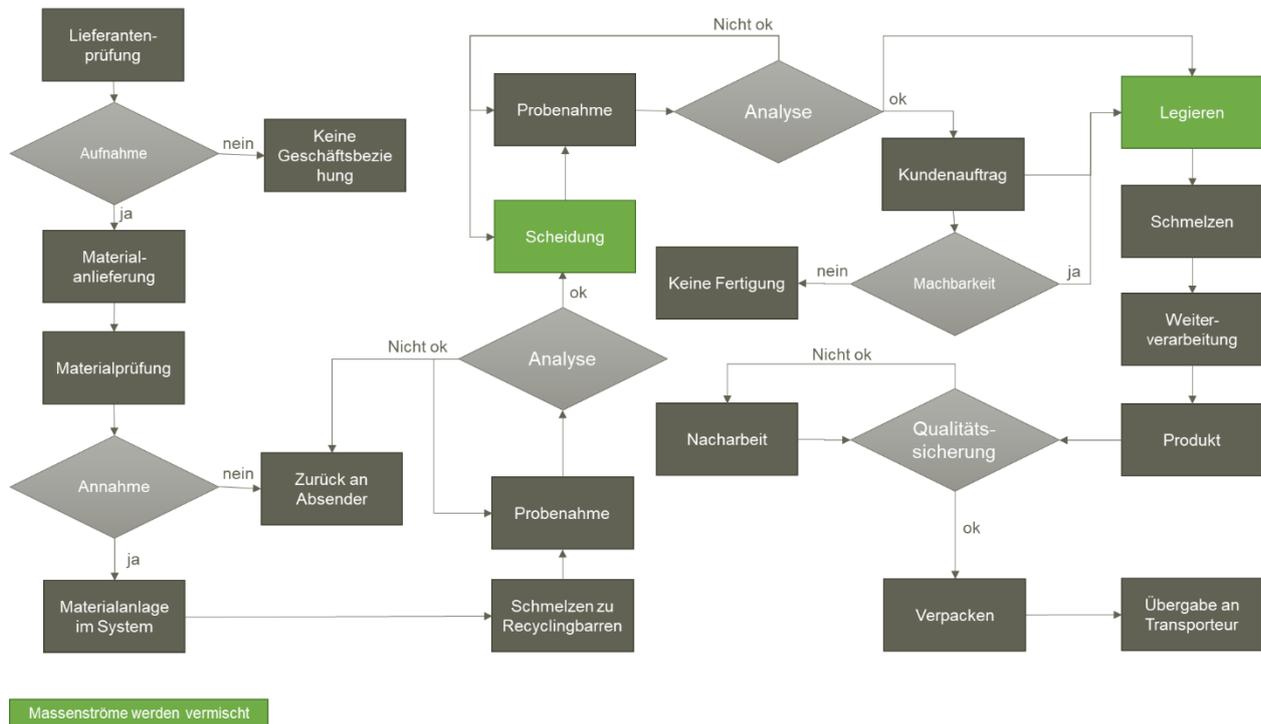


Abbildung 6-16: Interner Prozessablauf bei C.Hafner

Weiterverarbeiter

Wie bereits erwähnt, kann die Weiterverarbeitung des Materials sowohl intern bei C.Hafner als auch extern bei einem Abnehmer stattfinden.

Zunächst wird die Herstellung von Feingoldbarren intern bei C.Hafner betrachtet. Dafür wird Feingoldgranulat geschmolzen und zu Goldbarren verarbeitet. Daraufhin werden die Feingoldbarren mit einer individuellen und fortlaufenden Seriennummer versehen und verpackt. In der Verpackung befindet sich eine Art Papier auf dem das Firmenlogo, die LBMA-Zertifizierung, der Feingehalt, das Gewicht sowie die Seriennummer des Feingoldbarrens stehen. Der Barren wird mit dem Papier in eine CertiCard eingeschweißt. Diese ist vergleichbar mit einer Kunststoffolie, die eine Überprüfung auf Echtheit und Unversehrtheit der Verpackung ermöglicht. Eine solche Verpackung inklusive eines 20 g Goldbarrens kann untenstehender *Abbildung 6-17* entnommen werden.



Abbildung 6-17: 20 g Goldbarren in Verpackung¹⁹⁰

Im zweiten Fall werden Gold-Zwischenprodukte (Feingoldgranulat, Rohre, Drähte, Bleche) von C.Hafner an einen externen Weiterverarbeiter, bspw. EGF, verkauft und dann bei diesem zu Ringen oder ähnlichen Produkten verarbeitet. Eine beispielhafte Darstellung der internen Prozessabläufe kann *Abbildung 6-18* entnommen werden.

¹⁹⁰ C.HAFNER GmbH + Co. KG o.J.

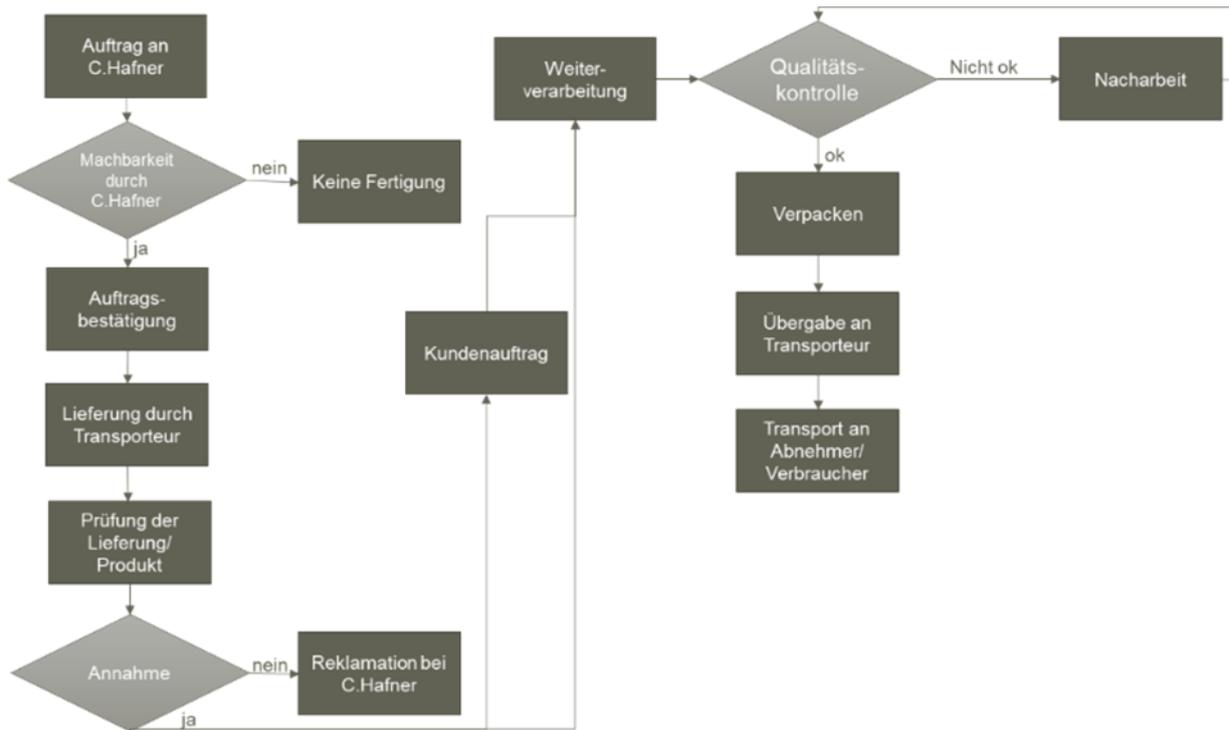


Abbildung 6-18: Interner Prozessablauf beim Weiterverarbeiter extern

Händler

Der Händler nimmt das Produkt, beispielsweise Ringe oder Goldbarren vom Weiterverarbeiter ab und verkauft dieses an den Endkunden.

Verbraucher/Endkonsumenten

Verbraucher bzw. Endkonsumenten informieren sich meistens vor dem Kauf über das gewünschte Produkt. Nutzen es und geben es am Ende der Nutzungsphase zurück in den Recyclingkreislauf, damit das Material recycelt und aufbereitet werden kann, dieser Prozess kann *Abbildung 6-19* entnommen werden.

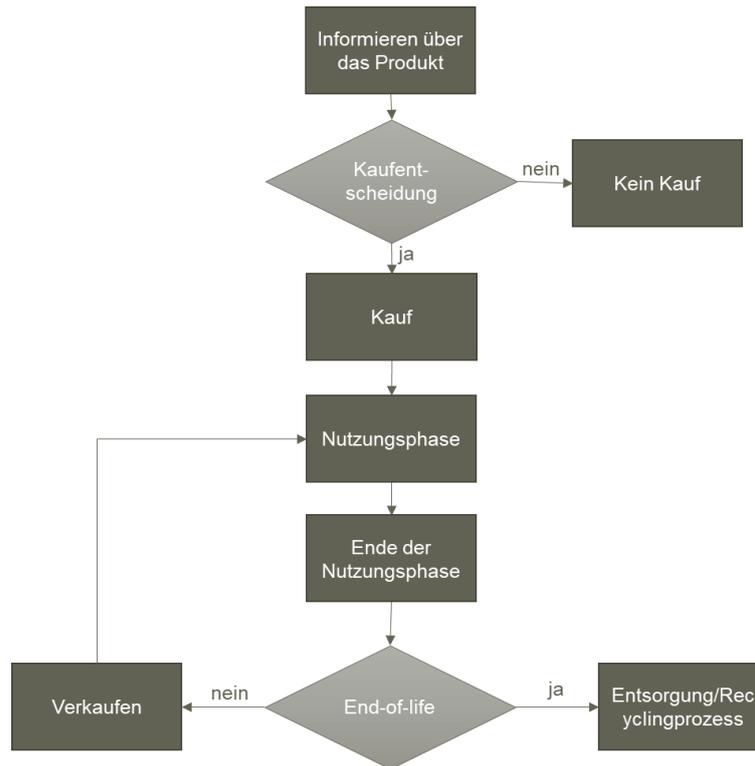


Abbildung 6-19: Prozessablauf beim Verbraucher

Auditoren

Auditoren prüfen das bestehende System und stellen Zertifizierungen nach gewissen Standards aus. Hierfür kommen sie in vorgegebenen Abständen bei C.Hafner und den anderen Lieferkettenteilnehmern vorbei und führen verschiedene Auditierungsprozesse durch.

6.5.12 Blockchain Auswahl

Nachdem die Ist-Abläufe aufgezeigt wurden, wurde die Zweckmäßigkeit und die Art des verwendeten DL-Systems für das Fallbeispiel betrachtet.

Da die Blockchain nicht immer die Lösung für jedes Problem ist, wurde ihr Einsatz, welcher eine langfristige und mit Kosten verbundene Entscheidung darstellt, abgewogen. Es sollte offen und problemorientiert nach der optimalen Lösung am Markt gesucht werden, bevor eine technologiebasierte Anwendung eingeführt wird.

Hierfür wird das von Urban (2020) entworfene Entscheidungsmodell hinzugezogen. Es prüft, ob sich der Anwendungsfall für den Einsatz einer Distributed Ledger-Technologie eignet und gibt eine Empfehlung über die zu wählende Art des Systems ab. Zunächst

Begonnen wird auf dem Start-Feld, von dort aus geht es im ersten Schritt in die Organisationsstruktur:

Wollen mehr als zwei Teilnehmer Daten teilen?

Die erste Frage kann mit ‚Ja‘ beantwortet werden, da die Daten von Lieferanten und deren Lieferanten an C.Hafner übergeben, verarbeitet und anschließend an den Kunden weitergegeben werden. Daher sind mindestens drei Teilnehmer Teil des Netzwerks und das Vertrauen wird durch die verteilten, lokalen Kopien der Blockchain sichergestellt.

Sollen Transaktionen nachvollziehbar und vertrauenswürdig gesichert sein?

Da immer wieder gefälschte Goldbarren auf dem Markt auftauchen, sollen Transaktionen nachvollziehbar und vertrauenswürdig gesichert sein. Es soll keine Möglichkeit bestehen, Transaktionen im Nachhinein zu ändern oder zu manipulieren. Ein weiterer Punkt ist die zweifelsfreie Provenienz, welche durch nachvollziehbare Transaktionen gewährleistet wird. Zudem ist dieser Punkt für Auditierungen und Zertifizierungen notwendig, um zu belegen, wo das Recyclinggold herkommt und wer es angeliefert hat. Aus diesen Gründen wird diese Frage mit ‚Ja‘ beantwortet.

Gibt es eine zentrale, immer verfügbare Vertrauensstelle?

Es gibt aktuell viele verschiedenen Zertifizierungen, die anerkannt werden und auch gesetztesbedingt erfüllt werden müssen, bspw. LBMA und RJC. Jedoch verfügt die Industrie über keine zentrale Organisation, welche die Geschäftsprozesse und Transaktionen eines Ökosystems bündelt und anerkennt, daher lautet die Antwort ‚Nein‘.

Ändern sich die Geschäftsregeln weniger als 1x im Quartal?

Die letzte Frage in der Gruppe der Organisationsstruktur kann mit ‚Ja‘ beantwortet werden, da sich die Geschäftsregeln bei C.Hafner weniger als einmal im Quartal ändern.

Nachdem die Organisationsstruktur durchlaufen ist, wird im nächsten Schritt die **Technologie**-Gruppe betrachtet, um anschließend über das UND-Feld in die letzte Gruppe zu gelangen. Begonnen wird wieder auf dem Start-Feld, jedoch wird nach unten gestartet.

Sollen Transaktionen hoch performant sein?

Transaktionen müssen nicht hoch performant sein, da keine hoch performanten Massentransaktionen stattfinden und somit die Latenz nicht im Millisekunden-Bereich liegen muss. Transaktionen sollen trotzdem zügig validiert werden, um Informationen, fast in Echtzeit, dem Netzwerk zur Verfügung zu stellen, hierfür sind Sekunden ausreichend.

Konsens und Verifikation für alle Teilnehmer eines Geschäftsprozesses erforderlich?

Ziel soll es sein, einen gemeinsamen Datenstand bzw. Konsens über das gesamte Netzwerk hinweg zu etablieren sowie eine Validierung von Datenständen und Transaktionen durch die Teilnehmer zu gewährleisten. Daher wird diese Frage mit ‚Ja‘ beantwortet.

Datensicherung durch Redundanz erforderlich?

Es kann auf die traditionelle Datenbank durch Redundanz verzichtet werden, aufgrund der lokalen Kopie, die jedem Netzwerkteilnehmer vorliegt. Fällt der eigene Node aus, stellt dies kein Problem dar, da ein neuer aufgesetzt werden kann. Sobald dieser Teil des Netzwerks ist wird die aktuelle, vollständige Blockchain lokal repliziert und der Ausgangszustand, inklusive neuer Transaktionen, ist wiederhergestellt. Daher besteht im Anwendungsfall keine Notwendigkeit eines Daten-Back-ups.

Erhöhen Schnittstellen die Komplexität im Ökosystem/führen zu Informationsasymmetrien?

Für den Datenaustausch mit unterschiedlichen Ökosystempartnern betreibt C.Hafner verschiedene Schnittstellen und Dokumente. Dies kann zu Informationsasymmetrien führen, da unterschiedliche Partner Datenaktualisierungen durchführen bzw. diese zu unterschiedlichen Zeitpunkten erhalten können. Daher wird Frage vier der Technologie-Gruppe mit ‚Ja‘ beantwortet.

Durch die Beantwortung der Fragen in Gruppe eins und zwei wird im Anwendungsfall die DL- Technologie als passende Anwendung identifiziert und als relevant und geeignet angesehen. Im nächsten Schritt ist durch die Beantwortung von weiteren

Transaktionsdaten- und Rechtesystem-Fragen zu prüfen, welche Art von DLT eingesetzt werden soll. Hierfür wird vom UND-Feld ausgehend gestartet.

Netzwerk mit öffentlichem und privatem Teil benötigt?

Zunächst muss überlegt werden, ob C.Hafner alle Daten und Transaktionen der Öffentlichkeit zugänglich machen möchte oder nicht. Da weder die Öffentlichkeit noch Wettbewerber Zugriff auf sensible und prozessbezogene Daten haben sollten, wird diese Frage mit ‚Nein‘ beantwortet.

Sind Teilnehmer mit Schreibrecht bekannt?

Da im C.Hafner Ökosystem nicht mit unbekanntem Dritten gearbeitet wird, sondern hauptsächlich mit bekannten Parteien, kann diese Frage bejaht werden. Gibt es nicht bekannte Vorlieferanten der Lieferanten, werden diese durch das Blockchain System identifiziert und gelten somit als bekannt, werden aber bei Bedarf anonymisiert.

Sollen externe Systeme oder Datenquellen eingebunden werden?

Ja, externe Systeme und Datenquellen sollen miteingebunden werden, da C.Hafner mit dem SAP-System arbeitet und der Off-Chain-Ansatz für private und kritische Daten zum Einsatz kommt, daher wird eine Blockchain mit Orakel Funktion in Erwägung gezogen.

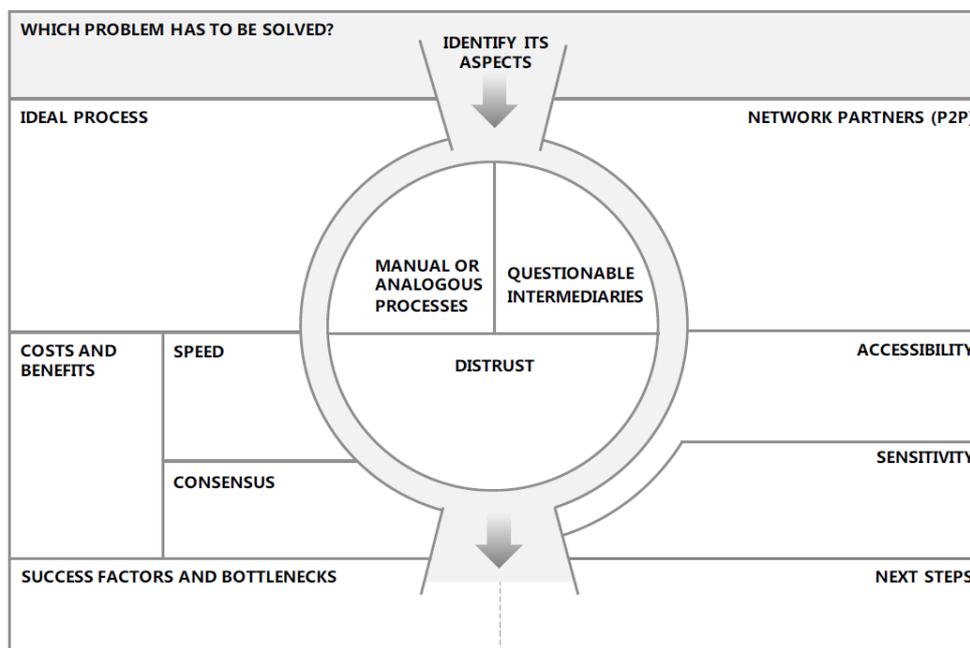
Soll Lesezugriff nur ausgewählten Netzwerkteilnehmern möglich sein?

Wie bereits erwähnt, soll nicht jeder Zugriff auf die Daten der Lieferkette haben. Beispielsweise sollen Wettbewerber nicht die Möglichkeit haben, Lieferanten von C.Hafner zu identifizieren und prozessbezogene Daten einzusehen.

Für die Goldlieferkette von C.Hafner empfiehlt das Entscheidungsmodell, die Verwendung einer *private permissioned DL mit Orakel*. Das Problem, dass beispielsweise Privatkunden Informationen nicht einsehen könnten, wird umgangen, indem Teile der Informationen öffentlich einsehbar gemacht werden, indem sie im Hintergrund technisch aufbereitet werden und in Echtzeit in die öffentlich zugängliche Datenbank geschrieben werden.

Das Ergebnis ist die *private permissioned DLT mit Orakel*, welche eine geeignete Technologie für den Anwendungsfall darstellt.

Im vorangegangenen Abschnitt wurden bereits wichtige Entscheidungsschritte identifiziert und die Art der Blockchain begründet. Um kostenintensive Fehlentscheidungen zu vermeiden wurde zusätzlich, zu dem von Urban entwickelten Entscheidungsmodell, das von MHP entwickelte Blockchain Canvas *Abbildung 6-21* hinzugezogen, welches sowohl für die Identifizierung von Blockchain-Anwendungen, als auch für die Validierung von bereits vorhandenen Anwendungen genutzt wird. Es leitet sich von dem von Osterwald und Pigneur (2013) entwickelten Business Model Canvas ab¹⁹², welches zum Beschreiben, Durchdenken sowie Überprüfen von Geschäftsmodellen bekannt ist. In diesem Blockchain Canvas müssen 13 Felder durch Beantwortung von Kernfragen betrachtet werden, um eine erfolgreiche Blockchain Anwendung implementieren zu können.¹⁹³ Damit ein einheitliches Verständnis dieses Modells vorliegt, werden die einzelnen Felder im Folgenden kurz erläutert und dann auf das Fallbeispiel C.Hafner angewandt.



*Abbildung 6-21: Blockchain Canvas MHP*¹⁹⁴

Zunächst werden die drei Hauptfelder in der Mitte des Canvas betrachtet, welche sich mit der Identifikation von kritischen Aspekten und Prozessen innerhalb der Anwendung

¹⁹² Vgl. Osterwalder und Pigneur 2013.

¹⁹³ Vgl. Sucky et al. 2018, S. 130.

¹⁹⁴ Sucky et al. 2018, S. 134.

beschäftigen. Die restlichen zehn Felder thematisieren die Blockchain-Technologie sowie deren Umsetzung.¹⁹⁵

Questionable intermediaries

In diesem Feld wird notiert, ob es fragwürdige Intermediäre gibt, die Prozesse verlangsamen oder ein Risiko nach dem single-point-of-failure-Prinzip darstellen. Wird ein Intermediär als kritisch eingestuft, stellt dies ein Argument für die Blockchain Technologie dar.¹⁹⁶

Bevor C.Hafner eine Geschäftsbeziehung mit einem Lieferanten eingeht wird, wird dieser, nach gewissen Regeln, Kriterien und Vorschriften, geprüft und auditiert. Trotz intensiver Prüfungen kann es vorkommen, dass Material fälschlicherweise angeliefert wird. Wird beispielsweise quecksilberhaltiges-Material angeliefert (oft bei der Primärmaterialgewinnung im Einsatz) und an der offenen Scheidgutschmelze geschmolzen, führt dies bei C.Hafner zu einer Prozessverlangsamung, Mitarbeiterausfall sowie weiteren internen Problemen. Außerdem muss auf die Aussagen der Lieferanten vertraut werden, dass das Material aus gesetzeskonformen Quellen stammt, wenn es nicht eindeutig als Recyclingmaterial oder Altschmuck identifiziert werden kann. Daher kann die Frage nach dem single-point-of-failure-Prinzip bejaht werden.

Distrust

Das Feld Distrust geht der Frage nach, ob es Risiken oder Informationsdefizite aufgrund von Misstrauen im Netzwerk gibt und stellt ein grundlegendes Entscheidungskriterium für die Blockchain Anwendung dar. Sind alle Teilnehmer bekannt und vertrauen sich gegenseitig, wird eine Blockchain nicht benötigt, in diesem Fall könnte eine zentrale Datenbank ausreichen.¹⁹⁷

Innerhalb der Goldlieferkette von C.Hafner sind alle Lieferanten bis zu Tier zwei bekannt. Es kommt selten vor, dass es weitere Vorlieferanten gibt, sollte dies vorkommen, muss darauf vertraut werden, dass diese gesetzeskonform handeln und Prüfprozesse einhalten. Aus diesem Grund kann Misstrauen entlang der Lieferkette entstehen, wenn Angaben gemacht werden, die nicht der Wahrheit entsprechen. Durch die Lieferanten- und Materialprüfung wird versucht das Misstrauen zu minimieren, jedoch gibt es keine

¹⁹⁵ Vgl. Sucky et al. 2018, S. 131.

¹⁹⁶ Vgl. Sucky et al. 2018, S. 131.

¹⁹⁷ Vgl. Sucky et al. 2018, S. 131.

hundertprozentige Sicherheit, dass alle Angaben zu jedem Zeitpunkt richtig sind. Deshalb kann behauptet werden, dass es zu Distrust kommen kann.

Manual or analogous processes

Die Fragen dieses Feldes lauten: Gibt es Prozesse, die aufgrund von Sicherheitsproblemen analog und/oder manuell ausgeführt werden und sind sie nur sicher, wenn sie nicht digital ausgeführt werden?¹⁹⁸

Bei C.Hafner gibt es keine Prozesse, die aufgrund von Misstrauen oder fraglichen Intermediären innerhalb der Lieferkette analog oder manuell ausgeführt werden. Diese Frage ist also zu verneinen.

Werden alle drei Hauptfragen verneint, ist eine Blockchain wahrscheinlich nicht die optimale Lösung für den Anwendungsfall. Gibt es keine Möglichkeit das Netzwerk zu zentralisieren, beispielsweise durch eine zentrale Vertrauensstelle, und eine der anderen beiden Fragen kann mit ja beantwortet werden, dann scheint die Blockchain eine gute Lösung für den Anwendungsfall darzustellen und die weiteren zehn Felder werden betrachtet.

Somit geht die Eignung und Anwendung der Blockchain nicht nur aus dem Entscheidungsmodell von Urban hervor, sondern auch aus der Beantwortung der drei Fragen des Blockchain Model Canvas von MHP. Im nächsten Schritt wurden die zehn Felder des Canvas analysiert.

Which problem needs to be solved?

An dieser Stelle wird die Forschungsfrage definiert und der Anwendungsfall festgehalten. Ziel der Fallstudie ist es, eine transparente, nachverfolgbare, für alle Beteiligten zugängliche Speicherung der Goldlieferkette bei C.Hafner zu etablieren. Dabei sollen eindeutige Herkunftsnachweise erstellt, die Konformität mit Zertifizierungen und Gesetzen nachgewiesen und das Carbon Footprinting entlang der Lieferkette möglichst einfach ermöglicht werden. Durch diese Abbildung kann ein nachhaltiger Umgang mit Gold als Rohstoff im Sinne von ökologischen, ökonomischen und sozialen Aspekten gewährleistet werden.

¹⁹⁸ Vgl. Sucky et al. 2018, S. 131

Networkpartners (P2P)

Dieses Feld dient der Identifikation von relevanten Netzwerkteilnehmern, welche Peer-to-Peer-Geschäfte tätigen würden. Eine zusätzliche Frage in diesem Feld lautet: Müssen diese Partner unterschiedliche Rollen, Rechte und Verantwortlichkeiten in Bezug auf Lese- und Schreibberechtigungen von Blöcken haben?¹⁹⁹

Als relevante Netzwerkpartner werden alle Lieferanten entlang der Lieferkette, sowie Abnehmer und Weiterverarbeiter identifiziert. Eine genaue Aufschlüsselung kann dem Abschnitt „Das finale DLT-Konzept“ (Kapitel 6.5.13) entnommen werden.

Accessibility

Dieses Feld thematisiert die Zugänglichkeit der Blockchain - öffentlich oder privat. Diese Entscheidung basiert meist auf der Basis, welche Teilnehmer über Schreib- und/oder Leseberechtigungen verfügen. Im Falle einer privaten Blockchain ist dies ein kritischer Punkt, denn jemand muss darüber entscheiden, wer auf das Netzwerk zugreifen kann und wer nicht. Eine zentrale Autorität für die Gewährung des Zugangs zu haben, widerspricht dem ursprünglichen Blockchain Konzept und könnte zu neuen vermittlungsbezogenen Problemen führen.²⁰⁰

Die Art der zu wählenden Blockchain für die Goldlieferkette fällt auf eine private Blockchain mit Zugangsbeschränkungen. Die Begründung hierfür ergibt sich aus den Entscheidungsfragen des Entscheidungsmodells von Urban.

Sensitivity

In diesem Bereich wird die Sensibilität der Informationen hinterfragt. Ist es notwendig Informationen kryptografisch zu verschlüsseln und unumkehrbar und chronologisch zu registrieren? Falls nicht, könnte eine traditionelle, verteilte Datenbank mit einem umfassenden Rollen-Rechte-Konzept eine Alternative darstellen.²⁰¹

Da es sich bei beispielsweise Goldbarren, um ein Luxus- oder Anlagegut handelt und für LBMA und RJC Zertifizierungen ein Nachweis erbracht werden muss, wo das verarbeitete Gold herkommt, ist es wichtig, dass Transaktionen unumkehrbar und chronologisch geordnet sind. Eine kryptografische Verschlüsselung von ausgewählten

¹⁹⁹ Vgl. Sucky et al. 2018, S. 131.

²⁰⁰ Vgl. Sucky et al. 2018, S. 131f.

²⁰¹ Vgl. Sucky et al. 2018, S. 132.

Informationen und Daten ist für Wahrung von Identitäten beispielsweise von Lieferanten relevant.

Ideal process

In diesem Abschnitt wird der ideale, visionäre Prozess dargestellt. Mit diesem Schritt kann identifiziert werden, ob die Blockchain für den Anwendungsfall relevant ist. Ist dies nicht der Fall, können Investitionen sowie arbeitsintensive Prozesse beendet und eine alternative Lösung gesucht werden.²⁰² Eine Vorstufe des idealen Prozesses kann Abschnitt „Das finale DLT-Konzept“ (Kapitel 6.5.13) entnommen werden.

Consensus

Um den richtigen Konsensmechanismus auszuwählen, müssen die Geschwindigkeits- und Skalierungsanforderungen und Investitions- sowie Betriebskosten betrachtet werden. Die verschiedenen, für den Anwendungsfall relevanten Konsens-Protokolle werden dokumentiert und helfen später bei der Softwareanbieter Auswahl.²⁰³

Costs and benefits

Jede Einführung einer Technologie geht mit Aufwänden und Vorteilen einher. Daher werden, in diesem Feld, die Investitions- und Betriebskosten den Vorteilen bzw. Mehrwerten gegenübergestellt.²⁰⁴

Die Kosten, die durch eine Blockchain Anwendung anfallen, werden verschiedenen Bereichen zugeordnet. Zunächst fallen für die Projektrealisierung Investitionskosten an, hierzu zählen Entwicklungs-, Verwaltungs-, Hardware- und Personalkosten. Zudem entstehen Kosten durch die Wahl eines Dienstleisters, der bereits über eine Blockchain Lösung verfügt, welche für C.Hafner und die Goldlieferkette geeignet ist. Weiter müssen laufende Kosten wie Instandhaltungs- und Personalkosten berücksichtigt werden.

Diesen Kosten stehen die Vorteile der Blockchain Technologie in der Goldlieferkette gegenüber. So gibt es in einem dezentralen System keinen single-point-of-failure, da es verteilt bei jedem Netzwerkteilnehmer vorliegt und bei einem Ausfall ein neuer Zugang

²⁰² Vgl. Sucky et al. 2018, S. 132.

²⁰³ Vgl. Sucky et al. 2018, S. 133.

²⁰⁴ Vgl. Sucky et al. 2018, S. 133.

generiert werden kann. Dies hat den Vorteil, dass die Transaktionsdaten transparent in der Blockchain gespeichert sind. Zudem wird, da die Blockchain Technologie im Edelmetallbereich noch nicht sehr weit verbreitet ist, vom First-Mover-Advantage gesprochen. Daraus resultiert, dass eine Nische am Markt bedient wird, welche es den Endverbrauchern ermöglicht, transparent nachzuverfolgen um welche Art von Gold (Recyclingmaterial) es sich handelt und ob es sich dabei um gesetzeskonformes Material handelt. Daraus resultiert ein weiterer Vorteil, denn jeder Goldbarren kann individuell authentifiziert werden und verbessert so das Vertrauen der Kunden in die Produkte sowie deren Fälschungssicherheit.

Speed

Das Feld Geschwindigkeit legt fest, wie lange eine Transaktionsvalidierung dauern darf und ob diese im Millisekunden- oder im Minutenbereich durchgeführt werden muss.²⁰⁵

Die Geschwindigkeit der Transaktionsvalidierung muss nicht im Millisekundenbereich liegen, sondern kann im Sekundenbereich durchgeführt werden.

Success factors and bottlenecks

In diesem vorletzten Block werden Erfolgsfaktoren thematisiert. Blockchain bedeutet Automatisierung und damit entweder den Ersatz von menschlicher Arbeit oder die Etablierung neuer Prozesse und Strukturen. Damit gehen sowohl Erfolgsfaktoren als auch Hürden einher, welche identifiziert werden müssen, um sie zu überwinden.²⁰⁶

Ausschlaggebend für eine erfolgreiche Implementierung einer Lieferketten Blockchain ist die Identifizierung und Gewinnung von Netzwerkpartnern sowie die Auswahl eines geeigneten Blockchain-Dienstleisters. Ohne Teilnehmer lohnt sich der Einsatz einer Blockchain-Anwendung nicht und ohne Blockchain-Anbieter, der die Prozesse versteht und sich im Edelmetallbereich auskennt, wird eine erfolgreiche Umsetzung schwierig. Zudem ist eine IT-Infrastruktur von Nöten, damit Daten erfasst und gespeichert werden können. Hierfür ist die Einführung von QR-Codes, RFID-Chips oder anderen ähnlich funktionierenden Systemen sinnvoll. Außerdem hängt der Erfolg der Blockchain-Technologie von der Akzeptanz der Nutzer ab, sie müssen die Technologie akzeptieren und anwenden, um einen Mehrwert zu generieren.

²⁰⁵ Vgl. Sucky et al. 2018, S. 133; Urban 2020b, S. 46.

²⁰⁶ Vgl. Sucky et al. 2018, S. 133f.

Next steps

Das letzte Feld beinhaltet die nächsten Schritte. Diese können aus dem obigen Abschnitt *Success factors and bottlenecks* abgeleitet werden und geben an, welche Hürden überkommen werden müssen, um so die nächsten Schritte festlegen zu können.²⁰⁷

Abbildung 6-22 kann das ausgefüllte Blockchain Canvas für den Anwendungsfall C.Hafner entnommen werden.

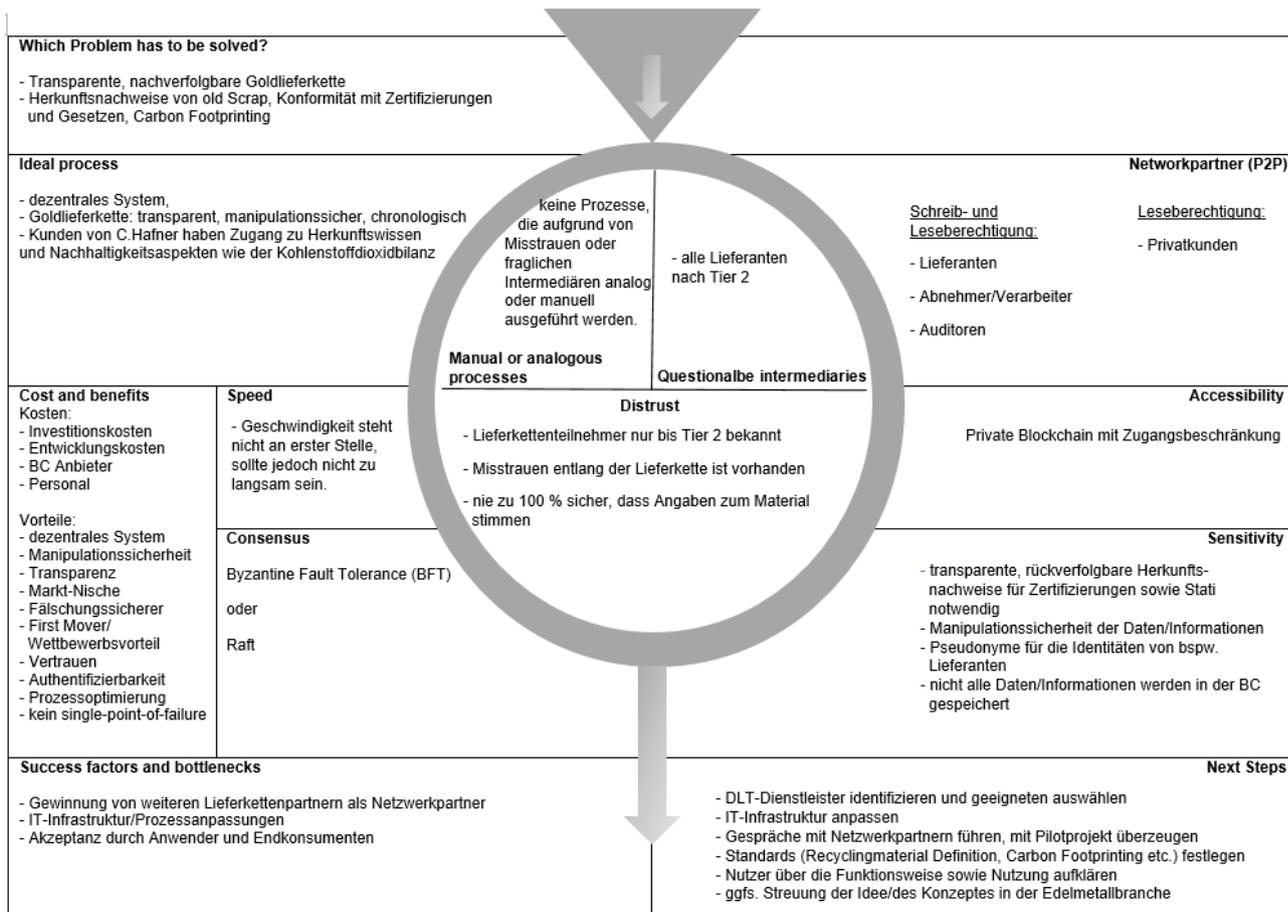


Abbildung 6-22: Blockchain Canvas im Anwendungsfall

6.5.13 Das finale DLT-Konzept

Nachdem dargelegt wurde, welche Form eines DLT-Systems zweckmäßig erscheint, wird im Folgenden noch einmal genauer darauf eingegangen wie ein DLT-System konkret aufgebaut sein könnte. Dabei wird nicht nur auf die Lese- und Schreib-Rechte der Teilnehmer eingegangen, sondern auch auf die einzelnen Prozesse sowie die Verbindung von Materialien und Produktion mit dem digitalen Zwilling. Dabei wird zwischen dem materialgebundenen Produktpass und dem materialungebundenen

²⁰⁷ Vgl. Sucky et al. 2018, S. 134.

Zertifikat unterschieden (siehe Kapitel 6.4.4 und 6.4.5). Da es sich bei Recyclingmaterial um Schüttgut handelt, kann nicht auf jedem Ring oder jeder Granalie (Größe im mm Bereich) ein QR-Code, RFID-Chip, Barcode o.ä. angebracht werden. Daher muss die Verlinkung des physischen Objektes mit dem digitalen Zwilling über Gewichtseinheiten und Behältnisse erfolgen.

Als Teilnehmer am DLT-System kommen auf den ersten Blick alle Akteure in Betracht, welche an der Wertschöpfungskette beteiligt sind. Auf den zweiten Blick erscheint es jedoch sinnvoll, dass nur ausgesuchte Teilnehmer mit verschiedenen Rechten in das DLT-System eingebunden werden. Konkret bedeutet dies für die Fallstudie folgendes: Der Vorlieferant ist im Fallbeispiel eine Privatperson und es erscheint nicht sinnvoll, Privatpersonen sowie deren Daten im System aufzunehmen. Daher findet keine Interaktion des Vorlieferanten mit dem DLT-System statt. Stattdessen liefern die Vorlieferanten nur Material- und Informationsinput, welches durch die Sparkasse bzw. Helaba im System erfasst werden kann. Auch wird kein Mehrwert darin gesehen, dass einzelne Sparkassen bereits Daten zu jedem einzelnen Schmuckstück in die DLT eintragen. Daher erhalten auch die Sparkassen keine Lese- oder Schreibrechte im DLT-System. Sinnvoller erscheint es, Materialströme bzw. Informationen beim Lieferanten zu bündeln und diesen als erstes aktives Mitglied in das DLT-System aufzunehmen. Dabei muss zwischen zwei Arten von Lieferanten unterschieden werden: der Schüttgut-Lieferant, der eindeutig identifizierbares Altgold/Recyclinggold, wie Schmuck oder Zahngold anliefert und der Recyclingbarren-Lieferant der vorgeschmolzenen Barren anliefert, wobei keine eindeutige Identifizierung der Materialart mehr möglich ist.

Als erstes wird die Helaba als Schüttgut-Lieferant betrachtet. Sie erfassen die Materialart, das Gewicht und machen ein Bild vom Material. Die Helaba sammelt das Material in Druckverschlussstüten und bewahrt diese in einem Behältnis auf. Die Aufbewahrung im Behältnis darf allerdings nur stattfinden, wenn alle Bedingungen und Richtlinien erfüllt sind, denn nur so ist es möglich, eine verallgemeinernde Information für das Material pro Behältnis zu erstellen. Der Lieferant stattet das Behältnis mit einem QR-Code, im weiteren Verlauf mit der Kennung AA gekennzeichnet, aus. Dieser QR-Code stellt die Verbindung des Behältnisses inklusive Material zum digitalen Zwilling im System dar. Im nächsten Schritt werden dem System Informationen wie Herkunft, Inhalt, Gewicht und

Material für den gesamten Inhalt der Kiste hinzugefügt. Zudem können Fotos vom Inhalt der Kiste sowie der Kiste selbst gemacht werden, diese können allerdings nicht direkt in der DLT hinterlegt, sondern müssen separat Off-Chain, beispielsweise in einer gemeinsamen Datenbank, gespeichert werden. Dadurch können die Fotos vom Lieferanten abgelegt werden und C.Hafner hat sofort Zugriff auf die Fotos und kann optische Vergleiche anstellen, sobald die Kiste angekommen ist. Damit die Fotos nachträglich nicht geändert werden, wird ein Hashwert erstellt, der den Link zu den Fotos darstellt und in der DLT abgelegt werden kann. Unter einem Hashwert versteht man das Ergebnis einer mathematischen Funktion. Diese Funktion wandelt eine Zeichenfolge (in diesem Fall die Fotos) in einen numerischen Wert fester Länge um, aus dem sich die Zeichenfolge ohne Schlüssel nicht zurück errechnen lässt. Der Empfänger kann diesen Hashwert erneut errechnen lassen und somit überprüfen, ob es dasselbe Foto ist, so wird die Manipulationssicherheit der Fotos erreicht. Damit die Fotos des Schüttgutes nicht mehrfach verwendet werden, werden weitere Sicherheitsstufen eingeführt. So bekommt jedes Foto einen Datums- und Uhrzeitstempel. Für das Foto liegt das Material am besten auf einer Waage wo das Gewicht zu sehen ist. Außerdem wird die Geo-Location des Aufnahmeortes hinterlegt. An dieser Stelle der Hinweis, dass es aktuell keinen hundertprozentigen Schutz gibt, dass das Material nicht einfach neu vermengt oder für ein anderes Foto wiederverwendet wird. Sobald das Behältnis mit Recyclingmaterial voll ist, meldet sich der Lieferant bei C.Hafner und kündigt die Anlieferung von Material an.

Die Auflistung der zu den einzutragenden Informationen eines jeden Netzwerkteilnehmers wurden in einer Attributliste (siehe Anhang 14.6) und mit den Fallstudienpartnern priorisiert bzw. festgelegt. Zu den einzutragenden Informationen des Lieferanten an dieser Stelle zählen:

- **Materialart/ EAK-Nr. (Abfallschlüssel):** bspw. Altschmuck, Goldabfälle, Münzen, Silberabfälle, Barren, Feilungen, Drehspäne, Zahngold etc.)
- **Materialherkunft** (Deutschland, Schweiz, Italien etc.)
- **Materialzuordnung:** old/new scrap
- **Gewicht des Recyclingmaterials;** ggfs. mit der Möglichkeit es aufzuschlüsseln nach dem Bruttogewicht Au, Ag, Pd, Pt
- **Hashwert Foto des Recyclingmaterials vor Auslieferung**

Angaben zu folgenden Themen können auch hinterlegt werden. Bei Recyclingmaterial geht man aufgrund der Eigenschaften davon aus, dass es mit verschiedenen Aspekten und auch Zertifikaten bereits konform ist.

- **Soziale Aspekte:** Kinder-, Zwangsarbeit, Arbeitssicherheit ...
- **Umweltauswirkungen:** CO₂-Bilanz, CO₂-Kompensation & Projekt ...
- **Gesetzliche und freiwillige Zertifikate:** Lieferkettensorgfaltspflichtengesetz, Dodd Frank, Konfliktmineralienverordnung, Unternehmensauditierungen (LBMA, RJC usw.) Datum, Ort, Gültigkeitsdauer ...

Diese Informationen werden zusätzlich durch eine dritte unabhängige Partei (Auditoren), beispielsweise durch jährliche Auditierungen und Dokumentationsprozesse, sowie durch die Goldschneiderei C.Hafner bei der Materialannahme, überprüft. Die Echtheit der Daten kann außerdem über eine Massenbilanz der In- und Outputströme auf der Lieferantenseite sicherer gestaltet werden. Im nächsten Schritt wird das Material in der Kiste inklusive QR-Code an C.Hafner übergeben. Sind sich der Lieferant und C.Hafner einig was die Materialbestandteile angeht, werden die ins System geschriebenen Informationen angenommen und erst dann stehen diese unveränderbar in der Blockchain. Sobald das Material physisch und rechtlich an C.Hafner übergegangen ist, hat der Lieferant keinen Einblick mehr in die nachgelagerten Transaktionen. Dies basiert auf der Tatsache, dass nachgelagerte Informationen für Lieferanten als nicht mehr relevant einzustufen sind. Die Ansicht in *Abbildung 6-23* stellt beispielhaft die vom Lieferanten hinzugefügten Informationen dar.

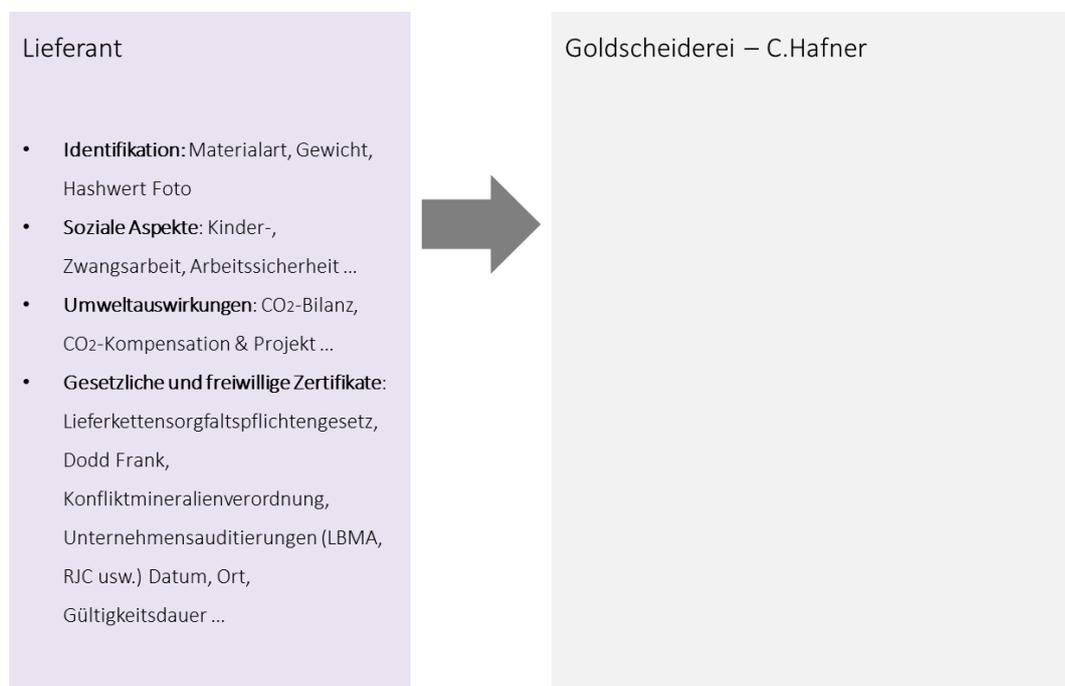


Abbildung 6-23: Informationseingabe Lieferant

nicht mehr. So würden keine Lieferbeziehungen offengelegt werden und die Gefahr des Überspringens eines Lieferanten wäre nicht mehr gegeben.

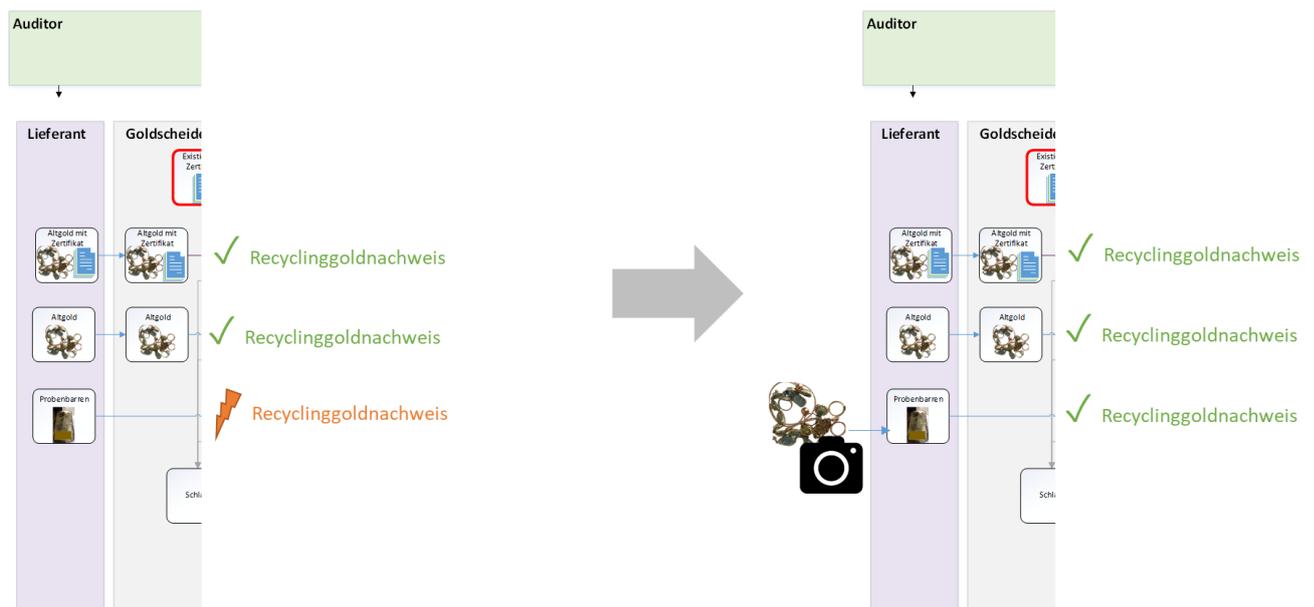


Abbildung 6-25: Recyclinggoldnachweise Wareneingang

Das Foto wird ebenso mit einem Hashwert versehen, welcher im DLT-System gespeichert wird. Die zusätzlichen Sicherheitsstufen, die im ersten Fall bereits genannt wurden, werden auch an dieser Stelle genutzt. Außerdem wird ein weiteres Foto des vorgeschmolzenen Recyclingbarrens gemacht. Falls gewünscht, können auch die Ergebnisse der Vorab-Probe durch den Lieferanten eingetragen werden.

Die Informationen in der DLT werden in diesem Fall ergänzt um:

- **Hashwert Foto des vorgeschmolzenen Recyclingbarrens**
- **Ggfs. Ergebnisse der Vorab-Probe**

Der Fotonachweis ist für C.Hafner an dieser Stelle essenziell, vor allem bei vorgeschmolzenen Barren, da nur so nachgewiesen werden kann, dass es sich um end-of-life-scrap handelt und somit auch einen geringeren Carbon-Footprint mit sich bringt. Die Sichtweise des Recyclingbarren-Lieferanten ist dieselbe wie die des Schüttgutlieferanten und kann obenstehender *Abbildung 6-24* entnommen werden.

Die Firma C. Hafner, als Scheideanstalt, ist zweifellos Teilnehmer des DLT-Systems mit umfangreichen Schreib- und Leserechten. So sieht C.Hafner die Informationen, die der Lieferant in das System geschrieben hat, zu sehen in vorangegangener *Abbildung 6-25*. Der Anlieferungsprozess bleibt bestehen. Erst, wenn das Paket/Behältnis geöffnet und

der Inhalt überprüft wurde findet die erste Interaktion von C.Hafner mit dem DLT-System statt. Dabei wird der auf der Kiste/Behältnis angebrachte QR-Code AA gescannt und die im DLT-System hinterlegten Informationen werden sichtbar. Entsprechen die hinterlegten Daten des Lieferanten der Wahrheit, wird der Wareneingang bestätigt und der interne Prozess bei C.Hafner beginnt.

Daraufhin wird das Material im ERP-System mit einer Auftragsnummer und dem Gewicht erfasst und in einer internen Kiste mit dem zugehörigen QR-Code AA gelagert. *Abbildung 6-26* zeigt ein beispielhaftes internes Behältnis, in dem sich Recyclingmaterial befindet.



Abbildung 6-26: Recyclingmaterial in Kiste mit QR-Code AA

An dieser Stelle werden folgende Informationen im DLT-System erfasst:

- **Kundennummer/Chargennummer/Auftragsnummer**
- **Gewicht des angelieferten Materials**
- **Materialart/ EAK-Nr. (Abfallschlüssel):** bspw. Altschmuck, Goldabfälle, Münzen, Silberabfälle, Barren, Feilungen, Drehspäne, Zahngold etc.)
- **Materialzuordnung:** old/new scrap
- **Materialherkunft:** (Bundes-) Länder (Deutschland, Italien, Baden-Württemberg, Hamburg etc.)
- **Hashwert Foto des angelieferten Materials** (Schüttgut als auch vorgeschmolzener Probestab)

Sollte das DT-System in Zukunft an das ERP-System angeschlossen und integriert sein, könnte die Eingabe einiger Felder automatisch erfolgen. Jeder Auftrag wird in einer eigenen Kiste inkl. QR-Code gelagert und bekommt einen internen Warenbegleitschein

mit, auf dem ebenfalls der QR-Code angebracht ist. So geht die Zuordnung zum Lieferanten nicht verloren und es wird gewährleistet, dass das Material der richtigen DLT und den dazugehörigen Informationen zugeordnet werden kann.

Bereits vorgeschmolzene Recyclingbarren, werden zusätzlich mit einem wasserunlöslichen Stift und den letzten vier Ziffern der Auftragsnummer versehen, um eine Verwechslung auszuschließen.

Als nächstes durchläuft das lose Schüttgut den Schmelzprozess in der Recyclingschmelze. Dort wird jeder Auftrag separat und zu einem homogenen Barren geschmolzen. Hierfür wird das Material vor dem Schmelzprozess erneut gewogen und mit den Angaben auf dem Warenbegleitschein verglichen. Dieser Schritt garantiert, dass das richtige Material vorliegt. Der Schmelzmitarbeiter wiegt den geschmolzenen Recyclingbarren, vermerkt das Gewicht auf dem Warenbegleitschein und schreibt die letzten vier Ziffern der Auftragsnummer mit einem wasserfesten Stift auf den Recyclingbarren. An dieser Stelle wird das Gewicht nach dem Schmelzen zusätzlich durch scannen des QR-Codes im DLT-System erfasst.

- **Gewicht des Recyclingbarrens**

Anschließend wird der Recyclingbarren mit dem QR-Code AA versehen (*Abbildung 6-27*) und durchläuft den Analyseprozess. Es wird darauf hingewiesen, dass der Scheidgutbarren in *Abbildung 6-27* nicht aus dem in *Abbildung 6-26* abgebildeten Recyclingmaterial entstanden ist, da dies von den Masseverhältnissen nicht möglich ist, sich jedoch für Visualisierungs-Zwecke eignet. Zudem werden im weiteren Verlauf für eine eindeutigere Zuordnung QR-Codes in verschiedenen Farben dargestellt.



Abbildung 6-27: Scheidgutbarren mit QR-Code AA

Nun liegen nur noch Recyclingbarren vor, welchen auf ihre Bestandteile analysiert werden. Dabei wird durch scannen des QR-Codes in das DLT System eingetragen:

- **Gewicht der Probebohrung (Späne)**
- **Gewicht des Recyclingbarrens nach der Probebohrung**

Anschließend wird der Barren mit einem Klebeetikett versehen, auf welchem die Kundennummer, die Auftragsnummer, das Datum sowie das aktuelle Gewicht, nach der Probeentnahme in Gramm, aufgedruckt werden. Auf dem Klebeetikett sind Informationen vorzufinden, die den Barren eindeutig dem Lieferanten zuordnen und der QR-Code AA der die Zuordnung des Materials zur DLT sicherstellt.

Liegen die Materialbestandteile der Recyclingbarren aus der Analyse vor, werden diese mit dem Lieferanten kommuniziert. Erst, wenn sich beide Parteien über die Materialbestandteile einig sind, nimmt C.Hafner den Produktpass mit den dazugehörigen Informationen an und sie stehen unveränderlich im System.

Wie bereits erwähnt, werden für den Scheidungsprozess circa 20-50 Recyclingbarren benötigt. Zur Veranschaulichung werden im folgenden Beispiel nur drei Scheidgutbarren für die Scheidung benötigt. Die benötigten Barren werden dem Lager entnommen und zu einer Charge zusammengeführt. Die Barren verfügen jeweils über einen individuellen QR-Code (AA, BB und CC). Da es im Scheidungsprozess zu einer Vermengung der Materialien aus den drei Barren kommt, generiert C.Hafner einen neuen Chargen-QR-Code ZZ, der auf der Chargen-Kiste angebracht wird. Dieser ist mit den einzelnen QR-Codes AA, BB und CC und den Informationen im DLT-System verlinkt, dargestellt in

Abbildung 6-28.



Abbildung 6-28: Scheidgutbarren (QR-Codes AA, BB, CC) in Kiste (QR-Code ZZ)

Hierfür muss in der DLT eine Chargennummer für die drei Lieferantenbarren hinterlegt werden.

- **Chargennummer** (Nr. die die gesamte Charge hat)

Um die Chargenzugehörigkeit in der Scheiderei sicherzustellen, wird der Chargen-QR-Codes während der Lösungsprozesse an den jeweiligen Kolben/Behältnissen angebracht. Am Ende der Scheidprozesse liegen die einzelnen Bestandteile wie beispielsweise Platin, Palladium, Silber oder Gold vor. Die einzelnen Scheidungsprozesse und deren Effizienz werden nicht im DLT-System abgebildet, sondern für die Massenbilanz genutzt, welche die Basis für die Zertifikatserstellung (siehe Kapitel 6.5) dient.

Der am Ende vorliegende Goldschwamm wird in Eimern gelagert und mit dem Chargen-QR-Code ZZ versehen. Durch das Scannen des Chargen-QR-Codes ZZ wird im DLT-System an dieser Stelle folgendes hinterlegt:

- **Gewicht Goldschwamm**

Abbildung 6-29 zeigt den Goldschwamm (rechts) im zugehörigen Behältnis sowie die Feingold Granalien (links) mit dem QR-Code ZZ.

Dem DLT-System wird hinzugefügt:

- **Gewicht Feingoldgranulat**



Abbildung 6-29: Goldschwamm und Granalien mit QR-Code ZZ

Die exakte Ausbringungsmenge an Gold aus einer Scheidung/Charge steht jetzt fest. Aus diesem Grund wird diese Stelle für die Erstellung der Recyclinggoldzertifikate genutzt. Die bekannte Menge an eindeutig identifizierbarem Recyclingmaterial legt die Menge an Recyclingzertifikaten (Token) fest, die erstellt werden muss, um anschließend dem Zertifikatepool hinzugefügt zu werden. Die Zertifikatserstellung muss aktuell noch durch eine Dritte unabhängige Partei (Auditor) Stichprobenartig überprüft werden und in gewissen Abständen (bspw. jährlich) zertifiziert werden. Dabei darf die Summe des eindeutig identifizierbaren Recyclinggoldinputs eines bestimmten Zeitraumes nicht größer sein, als die Summe an Recyclinggoldzertifikaten die im selben Zeitraum generiert wurde. Im Gegenteil, durch die Verarbeitungsverluste und Probenahmen wird die Recyclinggoldzertifikatsmenge kleiner sein, als die eindeutig identifizierbare Recyclinggoldinputsmenge.

Sobald die Zertifikate dem Zertifikatepool zugehen, geht die eindeutige Zuordnung des Materials zur DLT verloren. Dies begründet sich dadurch, da es im Folgenden vor allem um den Nachweis geht, dass es sich um old scrap Recyclingmaterial handelt und es ein materialgebundenes Zertifikat in Form eines Produktpasses gibt und ein materialungebundenes Zertifikat. Das Tracken des Materials und die Aufnahme der Gewichte bei C.Hafner intern, ist dennoch relevant, da so über die Massenbilanz sichergestellt werden kann, dass wirklich nur für old scrap Recyclingmaterial Recyclinggoldzertifikate erstellt werden. Zudem ist C.Hafner eine interne Segregation für die Zertifizierungen nach LBMA/RJC wichtig.

Für die Zertifikatserstellung bei C.Hafner wurden bisher folgende Informationen in die DLT aufgenommen (intern für C.Hafner sind alle Informationen sichtbar, für nachgelagerte Externe sind nur die mit * gekennzeichneten Elemente sichtbar):

- **Kundennummer/Chargennummer/Auftragsnummer**
- **Gewicht des angelieferten Materials**
- **Materialart/ EAK-Nr. (Abfallschlüssel):** bspw. Altschmuck, Goldabfälle, Münzen, Silberabfälle, Barren, Feilungen, Drehspäne, Zahngold etc.)
- **Materialherkunft*:** (Bundes-) Länder (Deutschland, Italien, Baden-Württemberg, Hamburg etc.)
- **Hashwert Foto des angelieferten Materials** (Schüttgut als auch vorgeschmolzener Probestab)

- **Gewicht des Recyclingbarrens**
- **Gewicht der Probebohrung (Späne)**
- **Gewicht des Barrens nach der Probebohrung**

- **Chargennummer** (Nr. die die gesamte Charge hat)
- **Gewicht des Goldschwammes**
- **Gewicht Feingoldgranulat**

Außerdem werden folgende Informationen dem DLT-System hinzugefügt:

- **Produzent Recyclinggold** (bspw. C.Hafner)*
- **Herstellungsort des Recyclingmaterials** (bspw. Wimsheim)*
- **Herstellungsdatum** (XX.XX.XXXX)*
- **Hashwert Foto Feingoldbarren** (nur bei materialgebundenem Zertifikat)*

- **Kinderarbeit***
- **Zwangsarbeit***
- **Arbeitssicherheit***
- **CO2-Bilanz***
- **CO2-Kompensation + Programm***
- **Konformität Lieferkettensorgfaltspflichtengesetz***
- **Konformität Dodd Frank***
- **Konformität Konfliktmineralienverordnung***
- **Unternehmensaudierungen (LBMA, RJC usw.)** Datum, Ort, Gültigkeitsdauer*
- **SDGs** Chemikalien, Wasserverbrauch, Klima*

An dieser Stelle tritt der Weiterverarbeiter in das DLT System ein. Dabei wird wieder zwischen der Weiterverarbeitung intern bei C.Hafner und externen bei einem Abnehmer unterschieden.

Zunächst wird die Herstellung eines Feingoldbarrens intern bei C.Hafner betrachtet. Dies ist ein typisches Beispiel, wie im System ein materialgebundener Produktpass) dargestellt wird. Aus dem Feingoldgranulat und dem Chargen-QR-Code ZZ, werden drei Feingoldbarren produziert. Gleichzeitig werden drei QR-Codes TT, UU und VV generiert, welche jeweils mit dem QR-Code ZZ verlinkt sind. Nachdem die drei Goldbarren fertig produziert sind, werden sie mit einem Zertifikat versehen, auf welchem der individuelle QR-Code TT, UU, oder VV abgebildet ist. Zudem können die Barren vor dem Verpackungsprozess optisch erfasst und Bilder der Oberfläche gespeichert werden, welche den Barren zusätzlich authentifizieren. Eine Darstellung des internen C.Hafner-Prozesses anhand der Materialien kann *Abbildung 6-30* entnommen werden. Sobald der QR-Code erstellt und das Recyclingzertifikat für den materialgebundenen Produktpass ausgebucht ist, wird der Feingoldbarren verpackt und für den Versand vorbereitet.

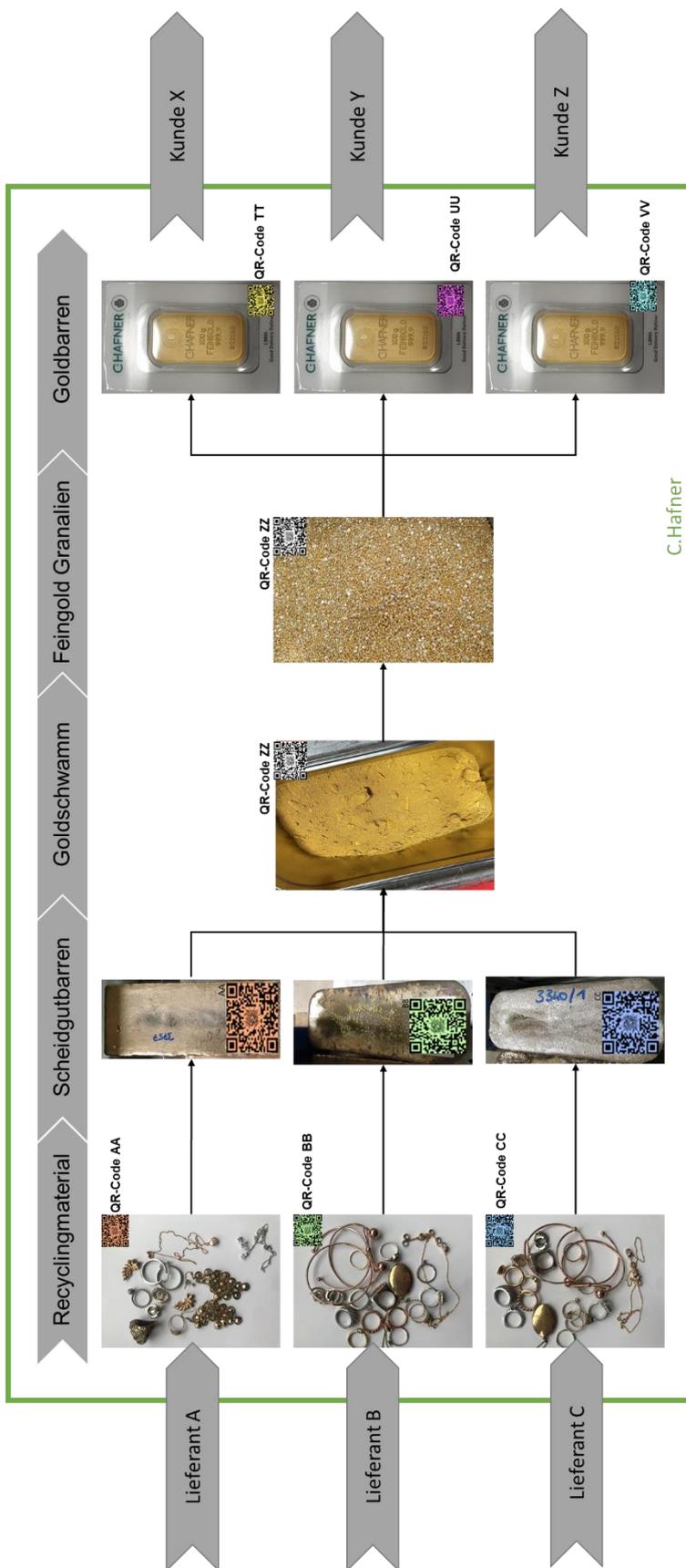


Abbildung 6-30: Interner Prozess bei C.Hafner

In der Verpackung befindet sich eine Art Papier auf dem das Firmenlogo, die LBMA Zertifizierung, der Feingehalt, das Gewicht sowie die Seriennummer des Feingoldbarrens stehen. Zusätzlich wird hier ein QR-Code angebracht, der den Feingoldbarren eindeutig mit dem Recyclinggoldzertifikat verbindet, als Produktpass fungiert und somit Zugriff auf die hinterlegten bzw. aufbereiteten Daten gibt. Der Barren wird mit dem Papier in eine CertiCard eingeschweißt, welche mit einer Kunststofffolie vergleichbar ist, die eine Überprüfung auf Echtheit und Unversehrtheit der Verpackung ermöglicht. Eine solche Verpackung inklusive eines 20 g Goldbarrens kann untenstehender *Abbildung 6-31* entnommen werden.



Abbildung 6-31: 20 g Goldbarren in Verpackung mit materialgebundenem Produktpass²⁰⁸

²⁰⁸ In Anlehnung an C.HAFNER GmbH + Co. KG o.J.

In diesem Fall hat der Abnehmer sich zuvor beim Bestellprozess für einen Feingoldbarren mit Recyclinggoldzertifikat entschieden. Dabei wird von einem dauerhaft materialgebundenen Produktpass gesprochen (siehe *Abbildung 6-32*).

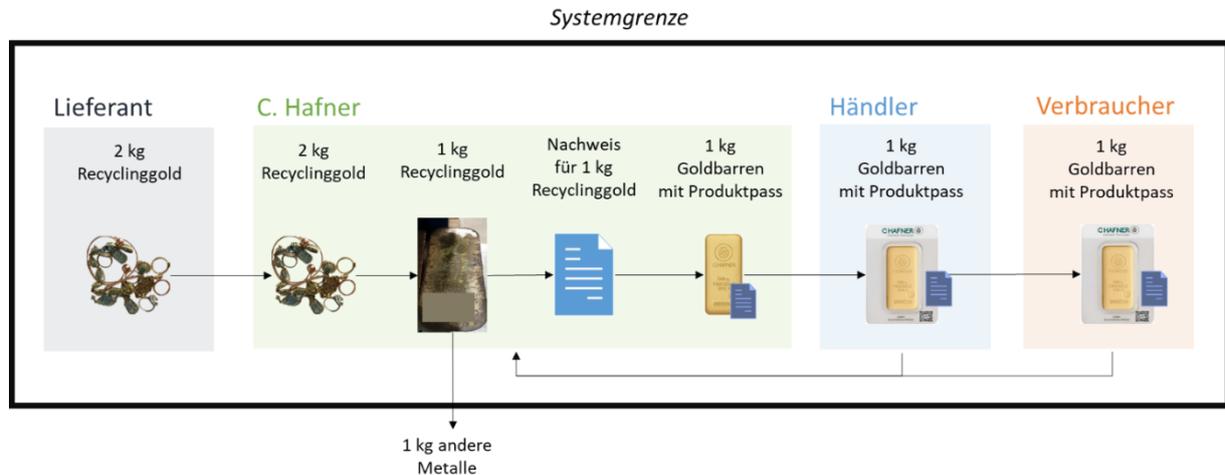


Abbildung 6-32: Konzept – Dauerhaft materialgebundener Produktpass

Beim Verkauf an den Händler wird diesem das materialgebundene Zertifikat in Form des aufgedruckten QR-Codes zugänglich gemacht. Aktuell gibt es keinen direkten Vertrieb zwischen C.Hafner und Endverbrauchern. Sollte dies in Zukunft funktionieren bzw. bei anderen Scheideanstalten ist dies bereits der Fall, dann wäre es sinnvoll, dass beim direkten Verkauf an einen Endverbraucher dem DLT-System noch folgende Informationen hinzugefügt werden:

- **Verkaufsdatum*** (XX.XX.XXXX)
- **Kaufbelegsnr.***
- **Handelsort*** (bspw. Wimsheim)
- **Händler*** (bspw. C.Hafner)
- **Foto des Produktes***

Diese Informationen müssten auch noch durch einen Händler hinzugefügt werden können, sobald dieser einen Verkauf des Goldbarrens tätigt.

Die Sichtweise von C.Hafner im DLT System kann *Abbildung 6-33* entnommen werden. Ausgeraute Flächen können nicht eingesehen werden, außer die Rechte hierfür werden erweitert.

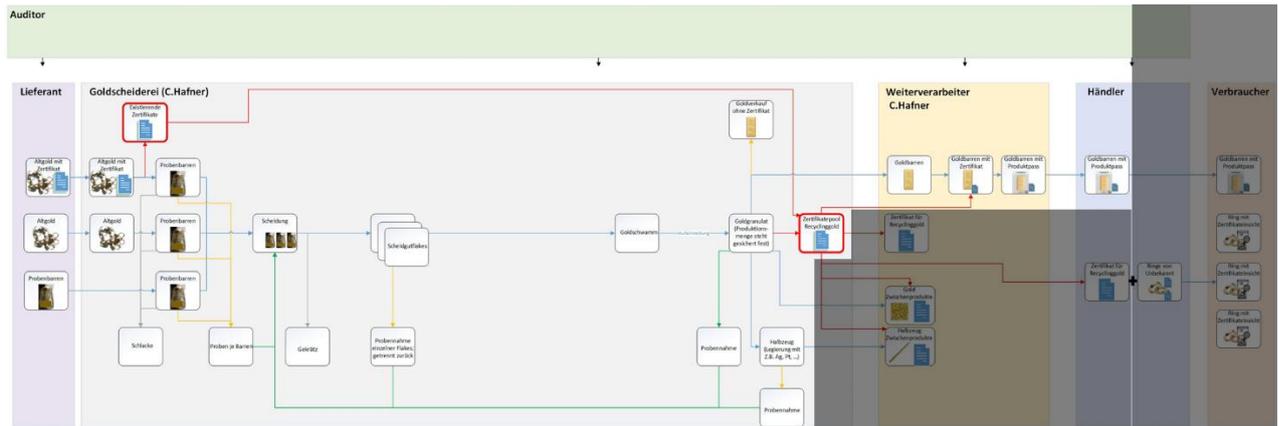


Abbildung 6-33: Sichtweise C.Hafner auf das DLT-System beim gebundenen Zertifikat

Eine Zusammenfassung der Informationen die C.Hafner vom Lieferanten einsehen kann und selbst in das System eingetragen hat kann und selbstverständlich auch einsehen kann, kann *Abbildung 6-34* entnommen werden.



Abbildung 6-34: Informationseingabe und Sichtweise C.Hafner

Hat der Abnehmer (Endverbraucher oder Händler) sich dazu entschlossen kein Recyclinggoldzertifikat mit dem Feingoldbarren zu erwerben, wird auf der Verpackung kein QR-Code angebracht, wie in *Abbildung 6-35* zu sehen ist.



Abbildung 6-35: 20 g Goldbarren in Verpackung ohne Zertifikat

Quelle: (C.HAFNER GmbH + Co. KG o.J.)

Wird Recyclingmaterial ohne Zertifikat erworben, werden bei C.Hafner keine Recyclinggoldzertifikate aus dem Zertifikatepool ausgebucht. Sie verbleiben im Zertifikatepool und können beispielsweise eigenständig, ohne zugehöriges Material, an einen Verarbeiter verkauft werden, es wird vom zeitweise materialungebundenen Zertifikat gesprochen (Abbildung 6-36).

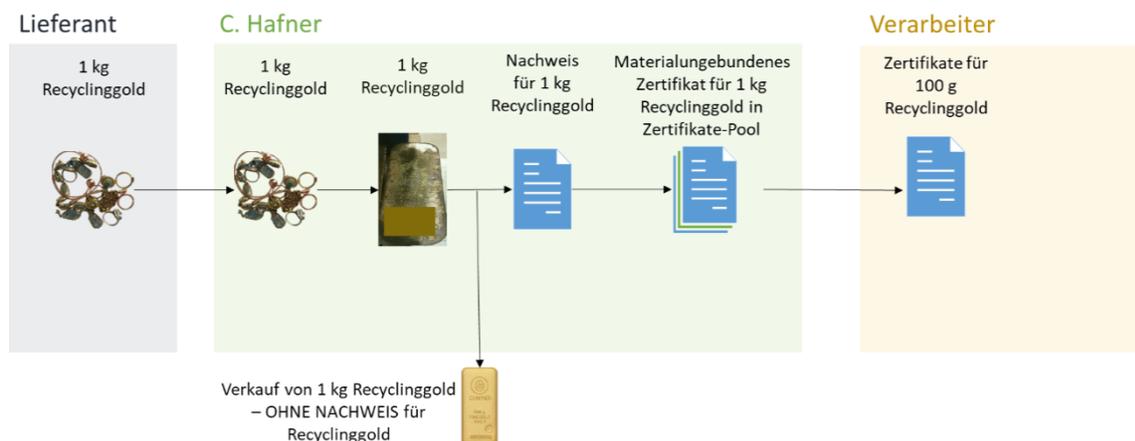


Abbildung 6-36: Ausschnitt Konzept – Zeitweise materialungebundenen Zertifikat

Dabei erweitert sich die Sichtweise von C.Hafner um die in *Abbildung 6-37* schwarz eingerahmten Prozesse, in denen ein ungebundenes Zertifikat, oder ein ungebundenes Zertifikat mit Schüttgut (Feingoldgranulat) verkauft wird.

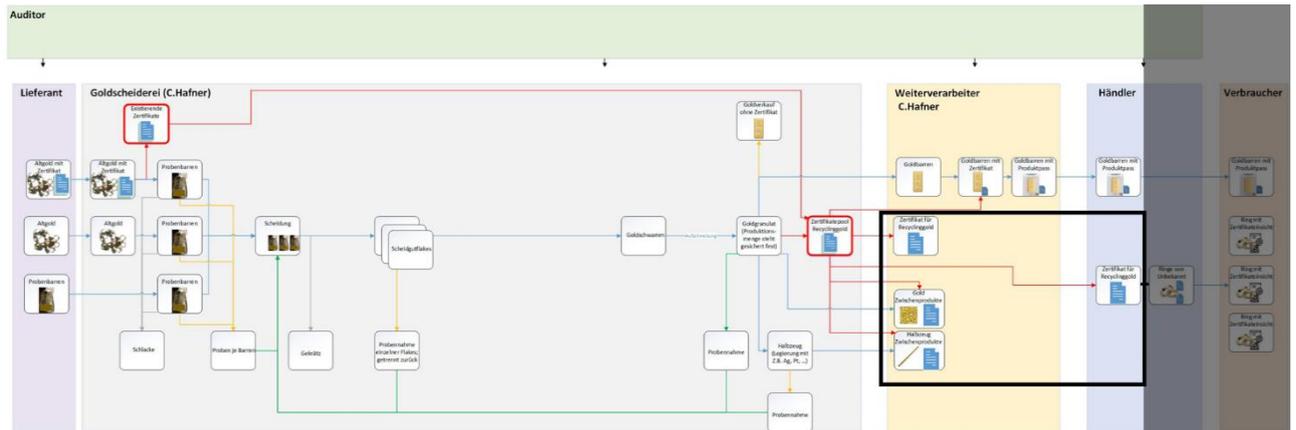


Abbildung 6-37: Sichtweise C.Hafner auf das DLT-System mit ungebundenem und gebundenem Zertifikat

Der weitere Ablauf findet somit beim externen Weiterverarbeiter statt und ist ähnlich wie beim materialgebundenen Produktpass. Im Beispiel wird ein Feingoldbarren ohne Recyclinggoldzertifikat verkauft. Für die eindeutig identifizierbare Feingoldmenge des Barrens wurde ein Recyclinggoldzertifikat erstellt, welches aber nicht verkauft wurde und nun im Zertifikatepool verbleibt. Dieses übrige Zertifikat kann nun frei, also ungebunden an Material, an einen externen Weiterverarbeiter verkauft werden.

Der externe Weiterverarbeiter hat nun beispielsweise das zeitweise materialungebundene Zertifikat über 100 g Recyclinggold von C.Hafner erworben und bezieht von einer anderen Bezugsquelle „Unbekannt“ ein Goldrohr mit demselben Gewicht, dessen Materialherkunft nicht genau bekannt ist (Primär-/Sekundärquelle) (Abbildung 6-38). Daraus fertigt er zwei Goldringe mit jeweils einem Gewicht von 25 g und fügt jedem Ring ein Recyclinggoldzertifikat mit demselben Gewicht zu. Da die Zertifikate wieder einem Objekt zugeordnet werden können, werden sie an dieser Stelle wieder gebunden, d.h. sie werden einem Ring zugeordnet. Die Zuordnung kann über ein Foto welches hinterlegt wird, eine individuelle Nummer die eingraviert werden kann und weitere optische Merkmale wie Punze, Farbe, Diamanten, individuelle Gravuren und weitere Merkmale erfolgen. Verarbeitungsverluste wie Staub und Späne werden in Abbildung 6-38 vernachlässigt. So ist es dem Verarbeiter möglich die Produktionsreste von insgesamt 50 g wieder zurück an C.Hafner zu geben. Ebenfalls besteht die Möglichkeit die Restmenge des Recyclinggoldzertifikates in Höhe von 50 g wieder zurück an C.Hafner zu geben. So können die ungebundenen Recyclinggoldzertifikate im B2B-

Bereich im Kreislauf geführt und gehandelt werden. Es besteht aber auch die Möglichkeit, dass der Verarbeiter die Restmenge an ungebundenen Recyclinggoldzertifikaten behält und für andere goldhaltige Produkte verwendet. Um eine Mehrfachverwendung auszuschließen werden Zertifikate beim ersten Ausbuchen im Zertifikatepool beim Verarbeiter ungültig geschaltet. So kann garantiert werden, dass nicht mehr Zertifikate ausgegeben werden, als vorhanden sind. Dennoch ist es an dieser Stelle auch sinnvoll eine Dritte Partei einzusetzen die den Zertifikateinput mit dem –output überprüft.

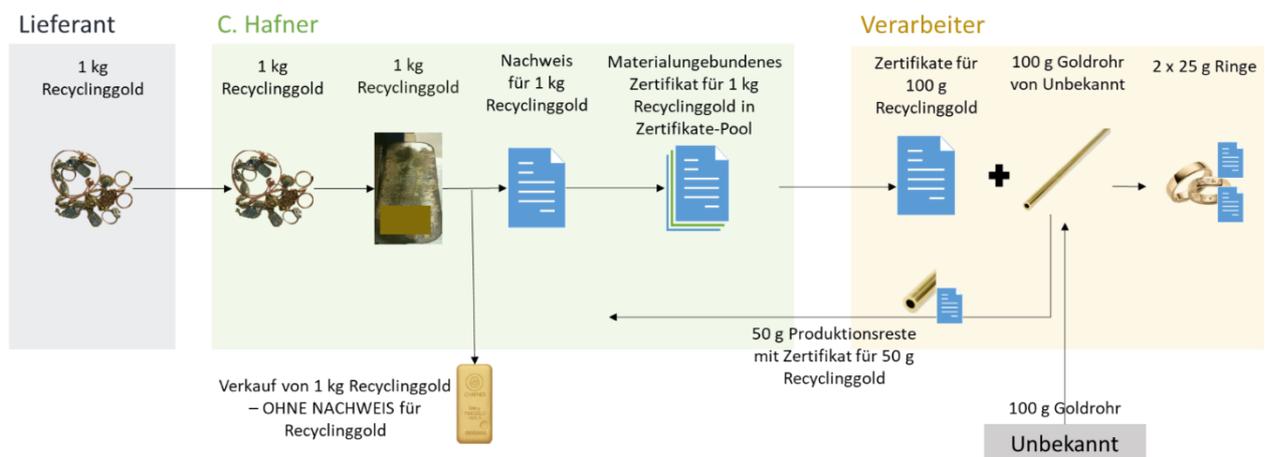


Abbildung 6-38: 2. Ausschnitt Konzept – Zeitweise materialungebundenen Zertifikat

Die Verknüpfung der Ringe wird mit einem QR-Code auf der Identity-Card (Abbildung 6-39) von EGF sichergestellt, könnte aber auch über einen QR-Code im Etui gewährleistet werden. So wird der jetzt gebundene Produktpass an den Händler übergeben.



Abbildung 6-39: Identity-Card mit QR-Code

Der Verarbeiter fügt dem DLT-System ein Foto des jeweiligen Ringes hinzu und kann noch weiterführende Informationen ergänzen:

- **Gewicht des Produktes***
 - **Verwendete Materialien (old/new scrap)**
 - **Hersteller***
 - **Herstellungsort***
 - **Herstellungsdatum***
 - **Merkmale (Nr, Punze, Optik, Diamanten, Farbe etc.)***
 - **Hashwert vom Foto**
-
- **Kinderarbeit***
 - **Zwangsarbeit***
 - **Arbeitssicherheit***
 - **CO2-Bilanz***
 - **CO2-Kompensation + Programm***
 - **Konformität Lieferkettensorgfaltspflichtengesetz***
 - **Konformität Dodd Frank***
 - **Konformität Konfliktmineralienverordnung***
 - **Unternehmensaudierungen (LBMA, RJC usw.) Datum, Ort, Gültigkeitsdauer***

Die Sichtweise des externen Weiterverarbeiters auf das DLT-System kann *Abbildung 6-40* entnommen werden.

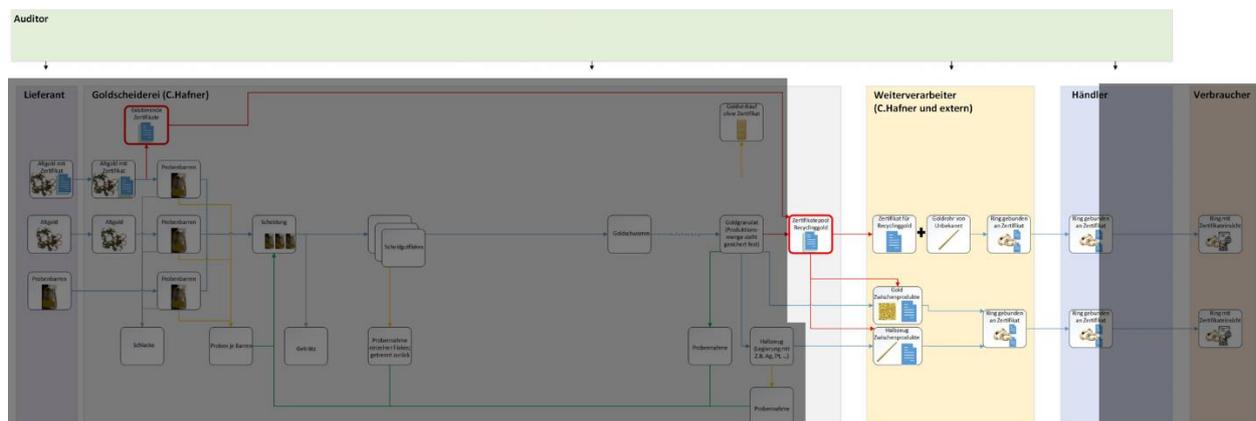


Abbildung 6-40: Sichtweise Weiterverarbeiter extern im DLT-System

Die Informationen die der Lieferant zu Beginn in das DLT-System eingetragen hat kann der externe Weiterverarbeiter nur bedingt einsehen. So sieht er z.B., dass der Lieferant mit verschiedenen Gesetzen konform ist (*Abbildung 6-41*, grüne Haken), aber keine Informationen die darauf schließen lassen wer der Lieferant ist. Wird im Einverständnis

aller Beteiligten dem externen Weiterverarbeiter eine erweiterte Sichtweise auf das System und die Informationen gewährt, kann dies von Akteur zu Akteur individuell freigeschaltet werden.

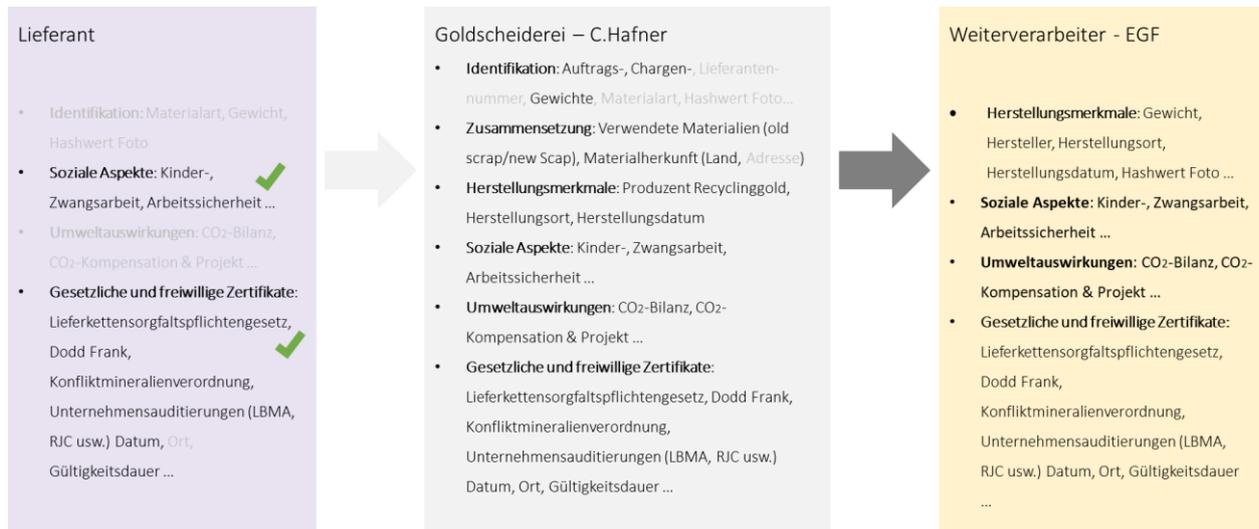


Abbildung 6-41: Informationseingabe und Sichtweise externer Weiterverarbeiter

Als nächster im System folgt der Händler. Er erhält vom Verarbeiter die beiden Ringe mit jeweiligem QR-Code auf der Identity-Card und verkauft diese dann an den Verbraucher. Ebenso kann die Helaba als Händler von Feingoldbarren diese erhalten und an Verbraucher verkaufen. Da Händler meist von mehreren Herstellern beliefert werden, besteht auch die Möglichkeit, dass der der Händler Recyclinggoldzertifikate von C.Hafner erwirbt und diese dann mit anderen Schmuckstücken aus „unbekannter Herkunft“ (Primär-/Sekundärmaterial) verbindet.

Der Händler hat die Möglichkeit folgende Informationen im DLT-System zu erfassen:

- **Verkaufsdatum*** (XX.XX.XXXX)
- **Kaufbelegsnr.***
- **Handelsort*** (bspw. Pforzheim)
- **Händler*** (bspw. Juwelier Leicht)
- **Foto des Produktes***

Auch beim Händler ist es wichtig, eine unabhängige dritte Partei (Auditor) einzusetzen um zu gewährleisten, dass Zertifikate nicht mehrfach ausgegeben werden, als sie vorhanden sind. Auch hier werden die genutzten Zertifikate im Zertifikatepool ungültig sobald diese ausgebucht wurden. Ein weiterer Schutzmechanismus ist, dass nicht mehr Zertifikate aus dem System gebucht werden können als vorhanden sind.

In *Abbildung 6-42* ist die Sichtweise des Händlers im DLT-System abgebildet. *Abbildung 6-43* kann die Informationseingabe entnommen werden. Ausgegraute Dinge können vom Händler dabei nicht gesehen werden. Grüne Haken stehen für die Konformität oder das Erfüllen von Vorgaben, ohne Details einsehen zu können, die die Identität vorgelagerter Lieferkettenpartner freilegen.

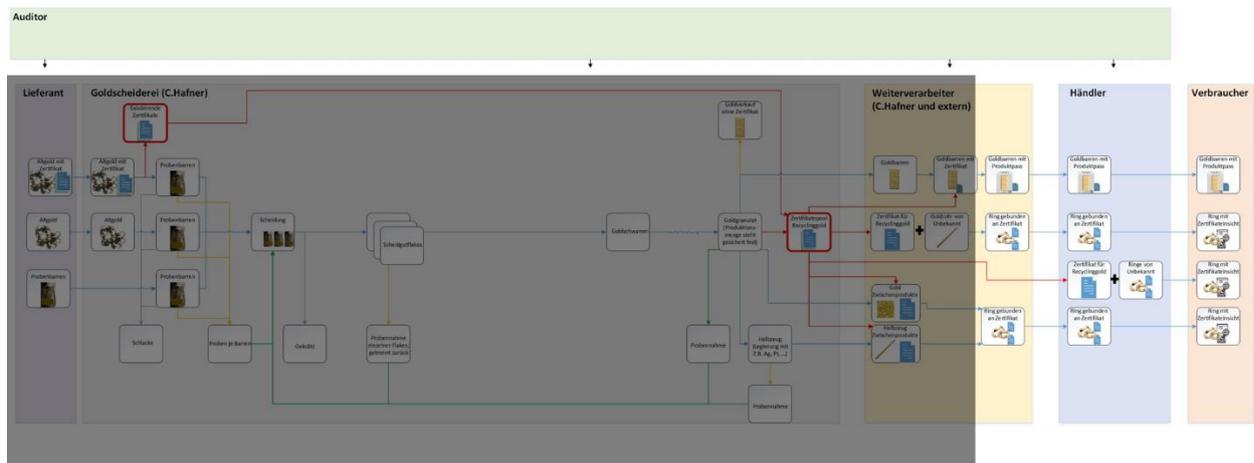


Abbildung 6-42: Sichtweise des Händlers im DLT-System



Abbildung 6-43: Informationseingabe und Sichtweise Händler

Der Verbraucher hat keinen aktiven Zugang zum DLT-System und somit keine Schreibrechte. Er kann lediglich für ihn relevante Informationen einsehen. Diese Informationen werden im Hintergrund elektronisch aufbereitet und in einer Nutzeroberfläche dargestellt.

Die Sichtweise des Verbrauchers auf das DLT-System kann der *Abbildung 6-44* entnommen werden.

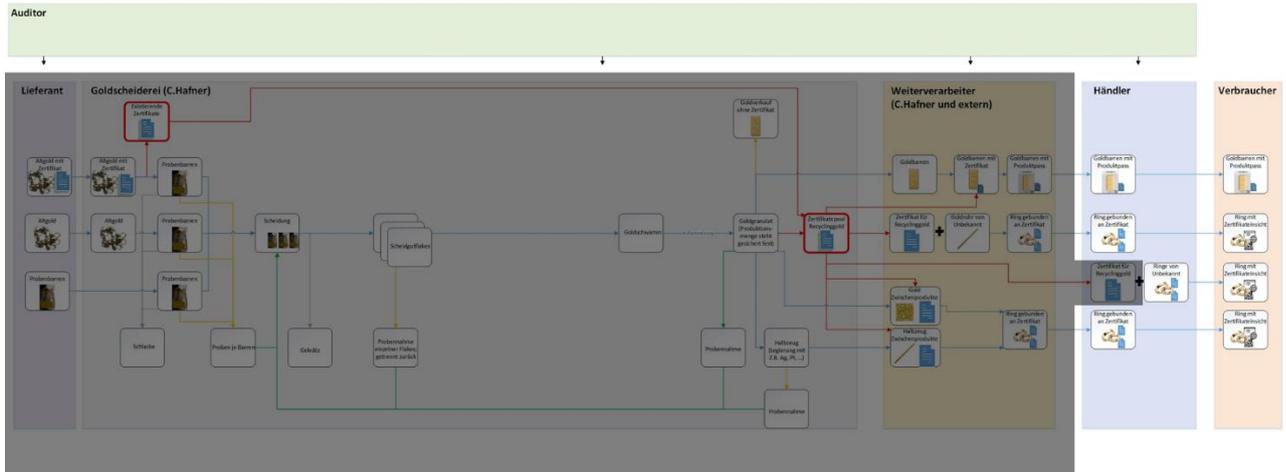


Abbildung 6-44: Sichtweise des Verbrauchers im DLT-System

Untenstehende *Abbildung 6-45* zeigt das komplette Konzept des zeitweise materialungebundenen Zertifikates mit dem Verbraucher. Hervorzuheben ist, dass das Zertifikat beim Verbraucher nicht mehr blau ist sondern weiß, dies bedeutet, dass es nur noch einsehbar ist und nicht gehandelt werden kann.

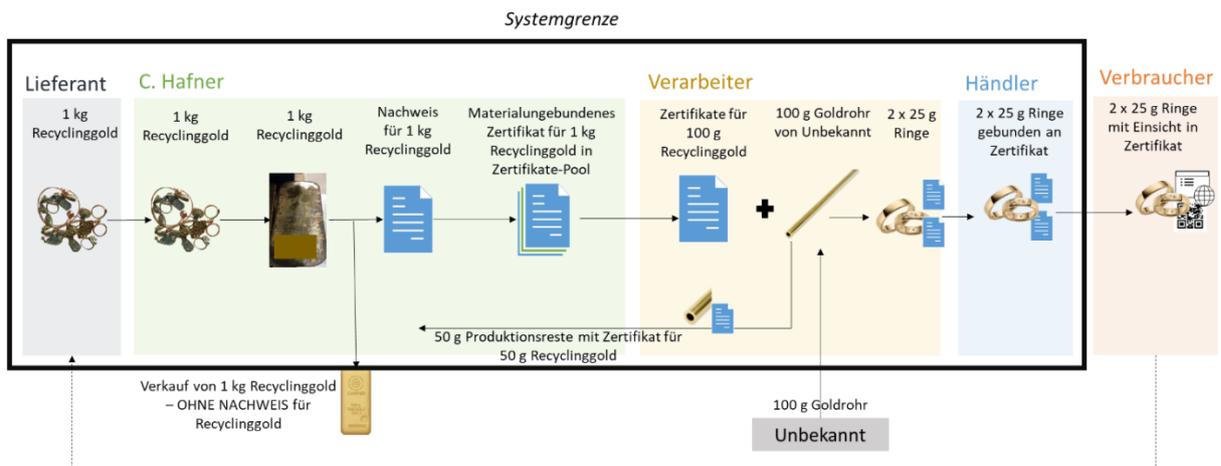


Abbildung 6-45: Konzept – Zeitweise materialungebundenen Zertifikat

Auditor

Die Auditoren werden als zusätzliche Sicherheitsstufe eingesetzt und können für sich relevante Informationen im DLT-System einsehen. Beispielsweise können bei C.Hafner Informationen zur Materialherkunft eingesehen, bestehende Lieferantenauditorungen und Konformitäten überprüft werden. Auch die In- und Output Mengen an eindeutig identifizierbarem Recyclingmaterial werden durch sie überprüft, um somit auch die Menge an generierten Recyclinggoldzertifikaten nachweisen zu können. Werden Auditierungen bzw. Zertifizierungszertifikate im DLT-System hinterlegt, könnten diese durch die Auditoren selbst oder durch das jeweilige Unternehmen hinzugefügt werden. Es ist denkbar, dass der Zugriff des Auditors auf das DLT-System den Auditierungsprozess beschleunigen und vereinfachen könnte. Da die Informationen von überall für den freigeschalteten und ausgewählten Auditor einsehbar sein könnten, was zu einer höheren Datenverfügbarkeit führen könnte und die Auditierungszeit durch reduzierte Suchzeiten verkürzt würde. *Abbildung 6-46* stellt die Sichtweise des Auditors/der Auditoren auf das DLT-System dar.

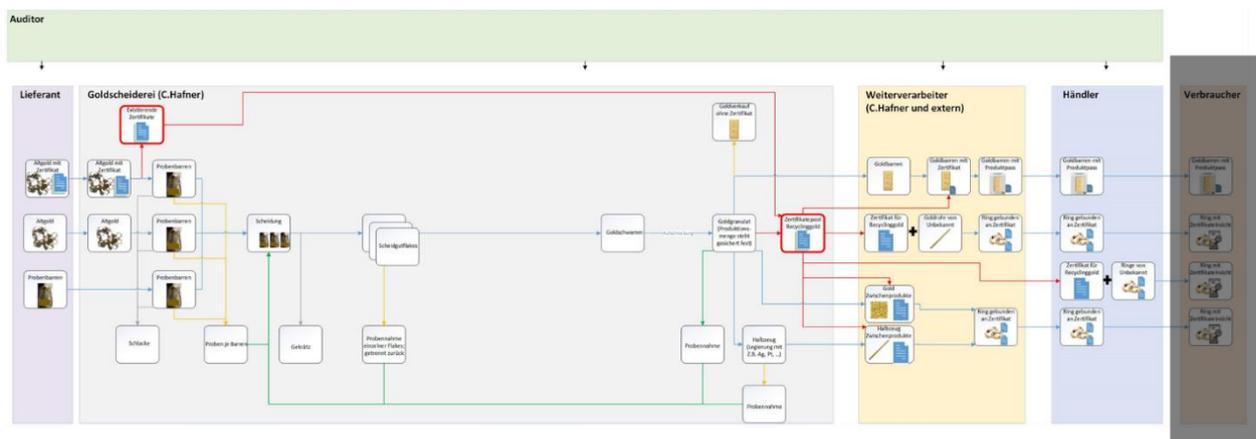


Abbildung 6-46: Sichtweise Auditor im DLT-System

6.5.14 Kurz-Zusammenfassung

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die beiden beschriebenen Systemkonzepte des materialungebundenen Zertifikates (B2B) und des materialgebundenen Produktpasses (B2B und B2C) koexistieren und in einem gemeinsamen System etabliert werden können, dargestellt in *Abbildung 6-47*. In beiden System ist es möglich die zu Beginn genannten vier Möglichkeiten des DLT-Einsatzes in der Edelmetallbranche

abzubilden. Durch die Herkunftsnachweise kann sichergestellt werden, um welche Art von Recyclingmaterial es sich handelt (old/new Scrap). Dabei werden nur für eindeutig identifizierbares old Scrap-Recyclingmaterial Recyclinggoldnachweise bzw. –zertifikate erstellt. Durch die Gestaltung der Herkunftsnachweise können zudem Anforderungen an Zertifizierungen (LBMA, RJC, etc.) leichter erfüllt und Nachweise für Gesetzeskonformität mit verschiedenen Richtlinien einfacher nachgewiesen werden. Ebenso kann das Carbon Footprinting entlang der Lieferkette in beiden Systemen abgebildet werden. Durch die Nutzung der DLT besteht die Möglichkeit, Echtzeitdaten zum Carbon Footprint eines jeden Produktes über die gesamte Lieferkette hinweg aufzuzeichnen und zu berechnen. Hierfür bedarf es weiterer Gespräche und Standards innerhalb der Lieferkette sowie einer Einigung über Bilanzierungsmethoden und –grenzen. Die entwickelten Systemkonzepte eignen sich sehr gut für die Edelmetallindustrie, da hierdurch strenge Branchenanforderungen, vor allem was Transparenz, Nachvollziehbarkeit, Konformität und Geheimhaltung angehen, beachtet werden. Gleichzeitig können die detaillierten Erkenntnisse der Fallstudie auch auf andere Branchen und auch auf die Primärgoldlieferkette übertragen werden.

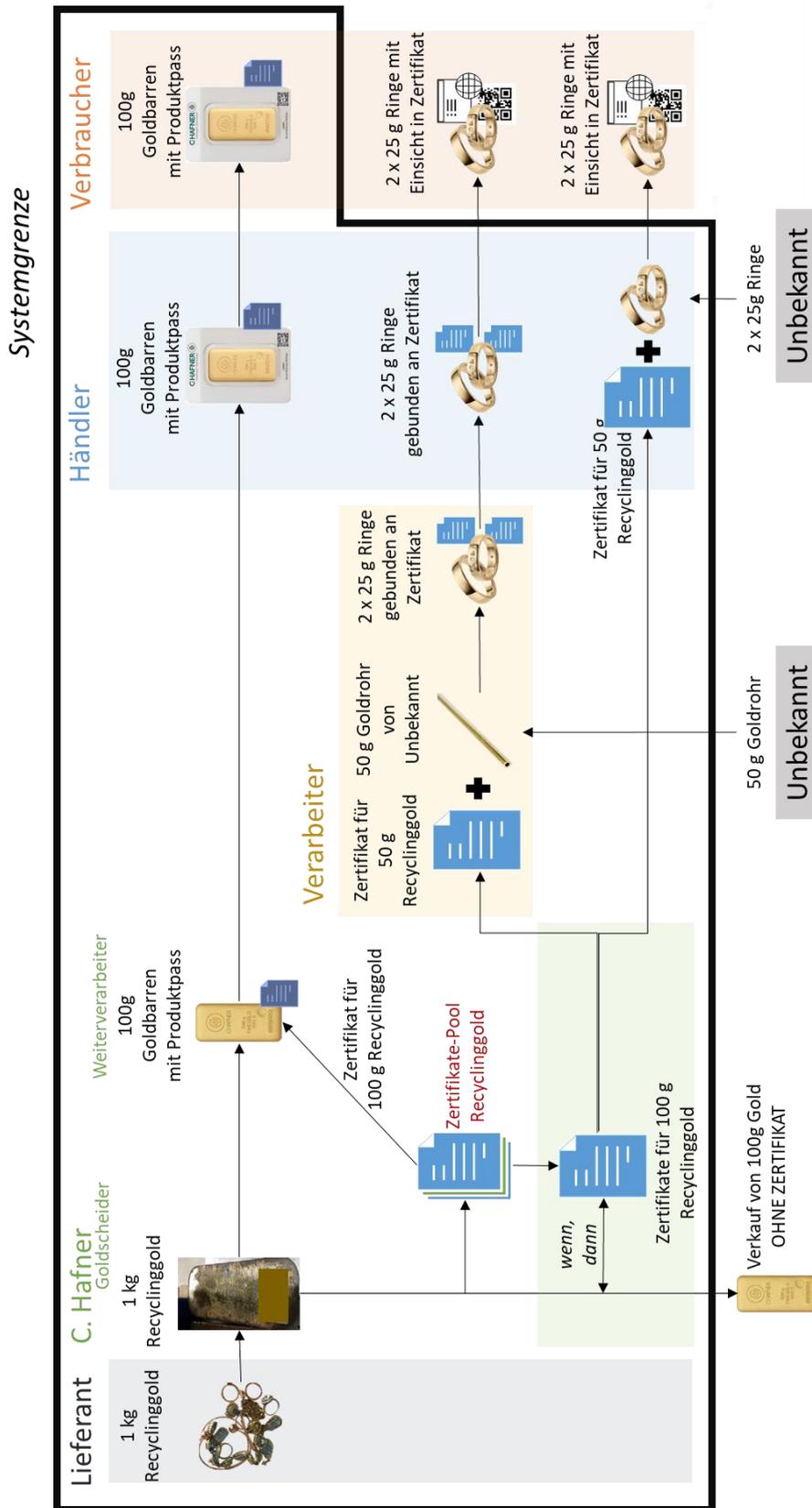


Abbildung 6-47: Konzept - materialgebunden und ungebundene Produktpassmöglichkeiten

7 Arbeitspaket 5: Analyse und Konzeption des Systems

Im folgenden Abschnitt werden zunächst die relevanten DLT-Charakteristika beschrieben. Anschließend folgt eine Betrachtung geeigneter DLT-Designs – dies sind Ethereum im privaten Modus und Hyperledger Fabric. Im Anschluss wird das DLT-Systemkonzept vorgestellt.

7.1 Relevante DLT-Charakteristika

Im Folgenden werden die auf die Kreislaufwirtschaft bezogenen Beschreibungen der relevanten DLT-Charakteristika dargestellt.

7.1.1 Turing-vollständige Smart-Contracts

Turing-vollständige (oder „universell programmierbare“) Smart-Contract-Fähigkeiten sind für ein DLT-System, das in einer Kreislaufwirtschaft eingesetzt wird, von entscheidender Bedeutung. Dies liegt daran, dass diese Fähigkeiten die Erstellung komplexer Smart Contracts ermöglichen, die jede beliebige Berechnung ausführen können und die Programmierung präziser Regeln und Bedingungen für den Austausch von Vermögenswerten, die Verfolgung der Ressourcennutzung und die Schaffung von Anreizen für nachhaltige Praktiken ermöglichen.

In einer Kreislaufwirtschaft, in der Ressourcen so lange wie möglich genutzt und Abfälle minimiert werden, ist die Fähigkeit, Transaktionen zu automatisieren und die Ressourcennutzung zu verfolgen, von entscheidender Bedeutung. Intelligente Verträge, die Turing-vollständig sind, können die Schaffung dezentraler Marktplätze ermöglichen, auf denen Vermögenswerte ohne Zwischenhändler ausgetauscht werden können, wodurch sichergestellt wird, dass der wirtschaftliche Wert von Ressourcen vollständig realisiert wird.

Darüber hinaus kann der Einsatz von intelligenten Verträgen Anreize für nachhaltige Praktiken schaffen, indem Einzelpersonen und Organisationen belohnt werden, die Abfall reduzieren, Materialien wiederverwenden und Ressourcen recyceln. Die Transparenz und Unveränderlichkeit eines verteilten Ledgers ermöglicht es, diese Aktionen zu verfolgen und zu überprüfen, um sicherzustellen, dass die Belohnungen gerecht verteilt werden.

Insgesamt ist die Fähigkeit, komplexe und automatisierte Smart Contracts mit Turing-vollständigen Fähigkeiten zu erstellen, für den Aufbau einer robusten Kreislaufwirtschaft

auf einem verteilten Ledger unerlässlich. Indem sie eine effiziente und transparente Ressourcenzuweisung ermöglichen, Anreize für nachhaltige Praktiken schaffen und den Austausch von Vermögenswerten erleichtern, können diese Fähigkeiten den Übergang zu einem nachhaltigeren und widerstandsfähigeren Wirtschaftssystem unterstützen.

7.1.2 Token-Unterstützung

Die Fähigkeit zur Token-Unterstützung ist ein wesentliches Merkmal für ein verteiltes Ledger-System, das in einer Kreislaufwirtschaft eingesetzt wird. In einer Kreislaufwirtschaft werden Ressourcen so lange wie möglich genutzt, Abfälle werden minimiert, und der Wert von Materialien bleibt in der Wirtschaft erhalten. Token können als Repräsentation des Wertes der in der Kreislaufwirtschaft ausgetauschten Waren und Dienstleistungen verwendet werden.

Mit der Fähigkeit zur Unterstützung von Token kann ein verteiltes Ledger-System sichere und transparente Transaktionen ermöglichen, die Bewegung von Waren verfolgen und den Austausch von Token als Zahlungsmittel erleichtern. Token können auch verwendet werden, um Anreize für nachhaltige Praktiken wie das Recycling und die Wiederverwendung von Materialien zu schaffen und um Einzelpersonen oder Organisationen für ihre Beiträge zur Kreislaufwirtschaft zu belohnen.

Darüber hinaus können Token auch die Schaffung dezentraler Marktplätze ermöglichen, auf denen die Teilnehmer Waren und Dienstleistungen direkt und ohne Zwischenhändler kaufen und verkaufen können. Dies kann zu größerer Effizienz, niedrigeren Kosten und höherer Transparenz in der Kreislaufwirtschaft führen.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Fähigkeit zur Unterstützung von Token ein wichtiges Merkmal für ein verteiltes Ledger-System ist, das in der Kreislaufwirtschaft eingesetzt wird. Sie kann sichere und transparente Transaktionen erleichtern, Anreize für nachhaltige Praktiken schaffen und die Schaffung von dezentralen Marktplätzen ermöglichen.

7.1.3 Rückverfolgbarkeit

Die Rückverfolgbarkeit ist ein wesentlicher Aspekt eines jeden Systems, das Transparenz, Nachhaltigkeit und Rechenschaftspflicht fördern soll, insbesondere bei einem verteilten Hauptbuch, das in einer Kreislaufwirtschaft eingesetzt wird. In diesem Zusammenhang kann ein Distributed-Ledger-System dazu beitragen, eine transparente

und unveränderliche Aufzeichnung von Transaktionen und Materialflüssen zu erstellen, was die Effizienz und Effektivität von Kreislaufwertschöpfungsketten verbessern kann.

Durch die Rückverfolgung der Herkunft von Rohstoffen, Produkten und Abfallströmen können die Beteiligten die nachhaltigsten und effizientesten Wege zur Ressourcennutzung und Abfallreduzierung ermitteln. Diese Informationen können dazu beitragen, die Nutzung von Ressourcen zu optimieren und die Umweltauswirkungen der Kreislaufwirtschaft zu minimieren.

Darüber hinaus kann die Rückverfolgbarkeit auch die Glaubwürdigkeit und Vertrauenswürdigkeit von Initiativen der Kreislaufwirtschaft erhöhen. Die Beteiligten können Herkunft, Qualität und Umweltauswirkungen von Produkten und Materialien leicht überprüfen, was fundiertere Kaufentscheidungen ermöglichen und die Einführung von Kreislaufwirtschaftsmodellen unterstützen kann.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Rückverfolgbarkeit eine entscheidende Komponente eines Distributed-Ledger-Systems ist, das in einer Kreislaufwirtschaft eingesetzt wird. Durch die Ermöglichung von Transparenz und Rechenschaftspflicht kann die Rückverfolgbarkeit die effiziente Ressourcennutzung fördern, die Abfallmenge verringern und das Vertrauen zwischen den Beteiligten stärken und so den Übergang zu einer nachhaltigeren Kreislaufwirtschaft unterstützen.

7.1.4 Anreizmechanismus

Ein Anreizmechanismus ist für ein Distributed-Ledger-System, das in einer Kreislaufwirtschaft eingesetzt wird, von entscheidender Bedeutung, da er die Teilnehmer zu einem Verhalten anregt, das die Nachhaltigkeit und die Kreislaufnutzung von Ressourcen fördert. Indem sie erwünschtes Verhalten belohnen und unerwünschtes Verhalten unterbinden, können Anreizmechanismen Einzelpersonen und Organisationen dazu motivieren, Abfall zu reduzieren, Ressourcen zu schonen und Materialien zu recyceln.

In einer Kreislaufwirtschaft besteht das Ziel darin, die Ressourcen so lange wie möglich zu nutzen, ihren Wert zu maximieren und die Verschwendung zu minimieren. Ein Distributed-Ledger-System kann dies erleichtern, indem es eine transparente und sichere Verfolgung des Material- und Produktflusses durch die Wirtschaft ermöglicht. Ohne Anreize für die Teilnehmer, sich an Kreislaufaktivitäten zu beteiligen, kann der Nutzen dieser Rückverfolgung jedoch begrenzt sein.

Anreizmechanismen können viele Formen annehmen, darunter Belohnungen für Recycling, Strafen für Abfall und Gutscheine für die Verwendung nachhaltiger Materialien. Indem Anreize mit den Grundsätzen einer Kreislaufwirtschaft in Einklang gebracht werden, können Distributed-Ledger-Systeme die Teilnehmer zu nachhaltigeren Praktiken ermutigen und zur Schaffung einer ressourceneffizienteren Kreislaufwirtschaft beitragen.

7.1.5 Durchsatz

Der Durchsatz ist ein entscheidender Aspekt jedes verteilten Ledger-Systems, das in einer Kreislaufwirtschaft eingesetzt wird. Ein distributed Ledger ist im Wesentlichen eine Datenbank, die über ein Netzwerk von Computern verteilt ist und sichere und transparente Transaktionen ermöglicht. In einer Kreislaufwirtschaft, in der Ressourcen wiederverwendet und Abfälle minimiert werden, ist die effiziente Verarbeitung von Transaktionen entscheidend für das reibungslose Funktionieren des Ökosystems.

Der Durchsatz bezieht sich auf die Anzahl der Transaktionen, die ein verteiltes Ledger innerhalb eines bestimmten Zeitrahmens verarbeiten kann. Ein höherer Durchsatz bedeutet, dass mehr Transaktionen gleichzeitig verarbeitet werden können, was zu schnelleren und effizienteren Transaktionen führt. Dies ist besonders wichtig in einer Kreislaufwirtschaft, in der mehrere Parteien am Austausch von Ressourcen und Abfallströmen beteiligt sind.

Ist der Durchsatz eines Distributed-Ledger-Systems niedrig, kann dies zu Verzögerungen und Engpässen im System führen, was den Austausch von Ressourcen verlangsamt und das Funktionieren der Kreislaufwirtschaft behindert. Daher ist ein hoher Durchsatz für den reibungslosen Betrieb eines verteilten Ledger-Systems in einer Kreislaufwirtschaft unerlässlich.

Außerdem kann ein hoher Durchsatz auch die Skalierbarkeit des Systems verbessern, so dass es steigende Transaktionsvolumina bewältigen kann, ohne seine Effizienz zu beeinträchtigen. Dies ist in einer Kreislaufwirtschaft, die auf den effizienten und nahtlosen Austausch von Ressourcen zwischen einer wachsenden Zahl von Teilnehmern angewiesen ist, von entscheidender Bedeutung.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass ein hoher Durchsatz entscheidend für den Erfolg eines Distributed-Ledger-Systems in einer Kreislaufwirtschaft ist, da er schnellere und effizientere Transaktionen ermöglicht und die Skalierbarkeit des Systems verbessert.

7.1.6 Transaktionsgebühr

Transaktionsgebühren sind ein wesentlicher Bestandteil eines für die Kreislaufwirtschaft konzipierten Distributed-Ledger-Systems. Diese Gebühren sind die Kosten, die mit der Ausführung von Transaktionen im Netzwerk verbunden sind, und sie dienen mehreren wichtigen Zwecken.

Erstens bieten Transaktionsgebühren den Netzwerkteilnehmern einen Anreiz, Transaktionen zu validieren und in das Hauptbuch aufzunehmen. In einem Distributed-Ledger-System verlässt sich das Netzwerk auf seine Nutzer, um Transaktionen zu validieren, was dazu beiträgt, die Integrität des Hauptbuchs zu gewährleisten. Transaktionsgebühren bieten den Nutzern einen Anreiz, ihre Rechenleistung in das Netz einzubringen, wodurch dessen Sicherheit und Zuverlässigkeit erhöht wird.

Zweitens tragen Transaktionsgebühren dazu bei, Spam-Angriffe auf das Netz zu verhindern. Ohne Transaktionsgebühren könnte ein böswilliger Akteur das Netzwerk mit Transaktionen von geringem Wert überschwemmen, was das System überfordern und zum Zusammenbruch führen könnte. Indem das Netz für jede Transaktion eine Gebühr verlangt, wird es für Angreifer schwieriger und teurer, solche Angriffe auszuführen.

Schließlich tragen die Transaktionsgebühren dazu bei, die Wartung und Entwicklung des Netzes zu finanzieren. Mit den Transaktionsgebühren können die für den Betrieb des Netzes erforderlichen Computerressourcen bezahlt und die laufenden Forschungs- und Entwicklungsarbeiten finanziert werden.

Insgesamt sind Transaktionsgebühren ein wesentlicher Bestandteil eines für die Kreislaufwirtschaft konzipierten Distributed-Ledger-Systems. Sie tragen dazu bei, die Sicherheit und Zuverlässigkeit des Netzwerks zu gewährleisten, und bieten gleichzeitig ein Mittel zur Finanzierung seiner laufenden Wartung und Entwicklung.

7.1.7 Verfügbarkeit

Die Verfügbarkeit ist eine entscheidende Komponente eines jeden Distributed-Ledger-Systems, insbesondere für die Kreislaufwirtschaft, in der ein sicherer und effizienter Austausch von Waren und Dienstleistungen unerlässlich ist. In einem Distributed-Ledger-System bezieht sich die Verfügbarkeit auf die Fähigkeit des Netzwerks, jederzeit funktionsfähig und zugänglich zu bleiben, selbst bei technischen Störungen, Cyberangriffen oder anderen Unterbrechungen.

Ein hohes Maß an Verfügbarkeit ist besonders wichtig für eine Kreislaufwirtschaft, in der die Lieferketten oft mehrere Beteiligte umfassen, von Herstellern und Händlern bis hin zu Verbrauchern und Recyclinganlagen. Ein stets verfügbares Distributed-Ledger-System stellt sicher, dass alle Beteiligten auf wichtige Informationen über die beteiligten Produkte und Materialien zugreifen können, z. B. über deren Herkunft, Zusammensetzung und Qualität. Diese Informationen sind unerlässlich, um die Bewegung von Materialien zu verfolgen und ihre ordnungsgemäße Behandlung und Entsorgung zu gewährleisten.

Darüber hinaus trägt ein stets verfügbares Distributed-Ledger-System zur Vertrauensbildung zwischen den Beteiligten bei, da sie sich darauf verlassen können, dass das System genaue und aktuelle Informationen liefert. Dieses Vertrauen ist in der Kreislaufwirtschaft besonders wichtig, da der Erfolg des Systems von der Zusammenarbeit und Beteiligung aller Beteiligten abhängt.

Kurz gesagt, die Verfügbarkeit ist ein entscheidendes Merkmal eines Distributed-Ledger-Systems für die Kreislaufwirtschaft, das sicherstellt, dass die Beteiligten jederzeit auf wichtige Informationen zugreifen können, und das Vertrauen zwischen den Teilnehmern stärkt.

7.1.8 Integrität

Integrität ist in jedem Distributed-Ledger-System für die Kreislaufwirtschaft von entscheidender Bedeutung. Denn solche Systeme sind auf Vertrauen und Transparenz angewiesen, um effektiv zu funktionieren. Ein Distributed-Ledger-System ist im Wesentlichen eine Datenbank, die über ein Netzwerk von Computern gemeinsam genutzt wird, ohne dass eine zentrale Behörde die Daten kontrolliert. Bei dieser Art von System bezieht sich die Integrität auf die Genauigkeit, Konsistenz und Zuverlässigkeit der im Hauptbuch gespeicherten Informationen.

In der Kreislaufwirtschaft, in der Ressourcen so lange wie möglich genutzt werden, ist ein zuverlässiges System zur Verfolgung von Material- und Produktbewegungen unerlässlich. Ein Distributed-Ledger-System kann dazu beitragen, indem es eine transparente und sichere Möglichkeit bietet, Transaktionen aufzuzeichnen und den Waren- und Materialfluss in der Kreislaufwirtschaft zu verfolgen.

Damit das System wirksam ist, muss es jedoch auf einem Fundament der Integrität aufgebaut sein. Das bedeutet, dass die im Hauptbuch aufgezeichneten Daten genau und fälschungssicher sein müssen, ohne dass die Möglichkeit der Manipulation oder des

Betrugs besteht. Dies erfordert starke Sicherheitsmaßnahmen wie Verschlüsselung und digitale Signaturen sowie strenge Regeln für die Dateneingabe und -überprüfung.

Indem es die Integrität der Daten sicherstellt, kann ein Distributed-Ledger-System dazu beitragen, Vertrauen zwischen den Teilnehmern der Kreislaufwirtschaft aufzubauen. Dies kann zu einer besseren Zusammenarbeit und Innovation sowie zu einer effizienteren Nutzung von Ressourcen führen. Letztlich ist die Integrität der Schlüssel, um das volle Potenzial eines Distributed-Ledger-Systems in der Kreislaufwirtschaft zu erschließen und eine nachhaltigere und widerstandsfähigere Zukunft zu schaffen.

7.2 Eignung der DLT-Designs

Die fortschrittlichsten Ledger, welche in ähnlichen Forschungs- und Industrieprojekten Anwendung finden sind Ethereum im privaten Modus und Hyperledger Fabric. In *Tabelle 7-1* findet eine Betrachtung dieser beiden Ledger statt, welche sich dabei auf die zuvor identifizierten relevanten Merkmale bezieht.

Tabelle 7-1: Betrachtung von Ethereum (privater Modus) und Hyperledger Fabric im Hinblick auf die für den Anwendungsfäll relevanten Merkmale

Feature / DLT	Ethereum (privater Modus)	Hyperledger Fabric
Turing-vollständige Smart-Contracts	Solidity, Viper. Lediglich EVM-kompatible Programmiersprachen.	Node.js, Java, Go
Token-Unterstützung	Native Unterstützung durch Token-Standards (z.B. ERC-20).	Native Unterstützung durch Fabric Token SDK
Rückverfolgbarkeit	Gemeinsame Datenbasis für alle Beteiligte.	
Anreizmechanismus	Proof of Authority	3-Phase-Commit
Durchsatz	Hoch	Sehr hoch
Transaktionsgebühren	Keine	Keine
Verfügbarkeit	Sehr hoch	Sehr hoch
Integrität	Hohe Garantien für Datenintegrität.	

Pragmatische Faktoren wie Größe der Open-Source-Community, Reife der Technologie und insb. auch die Reife des assoziierten Tech Stacks (das sind verwandte Technologien, welche bei der Programmierung unterstützen) haben dazu geführt Ethereum als am

geeignetsten zu betrachten. Es ist zu erwarten, dass der Einfluss dieser Faktoren mit voranschreitender Zeit schwinden wird. Hervorzuheben ist, dass Ethereum im privaten Modus verwendet wird. Dort kann statt einem öffentlichen DLT-Netzwerk ein privates Netzwerk aufgebaut werden. Dieses ist auf wenige, bekannte Teilnehmer beschränkt. Weiter kann in diesem Kontext ein anderer, energiesparender Konsensmechanismus – der Proof of Authority – eingesetzt werden. Somit findet kein energieintensives Mining statt.

7.3 Systemkonzept

Die Architektur des ReDiBlock-Systems besteht grundlegend aus zwei Teilen: einem konventionellen Backend und einem DLT-Backend. Instanzen des konventionellen Backends verwalten die jeweiligen Unternehmensdaten (sprich off-chain bzw off-ledger) und große Teile der Anwendungslogik. Das DLT-Backend sichert Datenintegrität und kapselt die Token-Logik (siehe *Abbildung 7-1*). Auf dem Ledger werden insbesondere keine Unternehmensdaten gespeichert. Die Unternehmen behalten die Datenhoheit und entscheiden selbst, welche Daten sie welchem Akteur freigeben bzw. wie sie auf Datenanfragen reagieren.

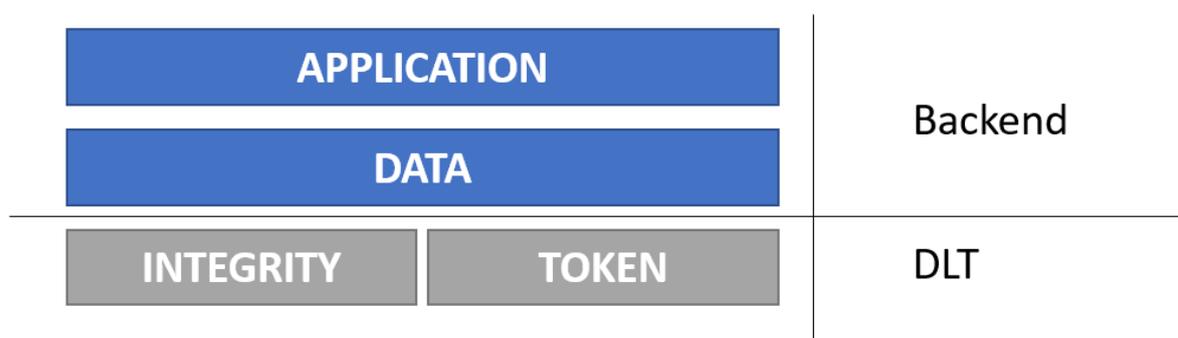


Abbildung 7-1: Übersicht der Systemkomponenten und deren Aufteilung auf das konventionelle Backend und den Ledger

Alle Akteure oder Unternehmen (manche Unternehmen können mehrere Akteure besitzen) betreiben einen eigenen Backendserver. Je nach gewähltem Ledger kann ein eigener DLT-Knoten betrieben werden. Dies ist jedoch nicht zwingend notwendig. Wichtig ist jedoch, dass jeder Akteur eigene Schlüssel hat. Diese werden in DLT-Netzwerken zur Authentifikation benötigt.

Als Ledger wird, wie zuvor in AP 5 beschrieben, Ethereum im privaten Modus verwendet.

7.3.1 Backend-Konzept

Für die Anwendungslogik des Backend betrachten wir das Liefernetzwerk als Graph. Sowohl zwischen als auch innerhalb der beteiligten Unternehmen. Schlüsselobjekte sind hier das Material und das Produkt, welche Knoten dieses Graphen darstellen. Durch Fertigungsprozesse können Materialien in andere Materialien oder Produkte umgewandelt werden. Weiter können aber auch aus (Zwischen-)Produkten andere Produkte entstehen.

Tabelle 7-2: Abstrakte Klasse Node. Die Klassen Material und Product erben von dieser.

<<abstract>> Node

id: String	Eindeutige Kennung des Knotens
next: List<Node>	Liste der Vorgänger des Knotens
prev: List<Node>	Liste der Nachfolger

Diese Umwandlungen sind durch gerichtete Kanten zwischen den jeweiligen Knoten dargestellt. Es gibt zwei gängige technische Darstellungsformen für Graphen: durch Adjazenzmatrizen und Adjazentlisten. Im vorliegenden Konzept werden Adjazenzlisten, da diese einfacher mit der gewählten, objektorientierten Darstellung verwendbar sind. Bei einer Adjazenzliste speichern alle Knoten eine Liste ihrer Nachfolgeknoten (vgl. *Tabelle 7-2*). Um Rechenzeit zu sparen, werden auch die Vorgänger gespeichert. Regelmechanismen zur Einhaltung und Überwachung von Semantik werden aktuell nicht abgebildet (z. B. kann Gold nicht in Silber umgewandelt werden).

7.3.2 Produkte und Materialien

Die Klasse der Materialien, sowie auch die der Produkte, erweitert die Klasse der Knoten (siehe *Tabelle 7-3* und *Tabelle 7-4*). Folgende einfache Information sind enthalten: Eine ID zur eindeutigen Identifikation des Objekts, ein Typ zur Identifikation des Material (oder des Produktes) und eine Beschreibung.

Tabelle 7-3: Klasse Material. Die Klasse Product ist gleich aufgebaut und daher nicht extra dargestellt.

Material extends Node	
id: String	Eindeutige Kennung für spezifisches Objekt. Wird nur einmal vergeben.
type: String	Eindeutige Kennung für Materialtyp
description: String	Beschreibung des Materials
attributes: List<Attribute>	Liste der Attribute
permissions: List<Permission>	Liste der Berechtigungen, welche für das Material gelten. Insb. beziehen diese auch die Liste der Nachfolger und Vorgänger mit ein
specificPermissions: List<Permission>>	Map, welche es erlaubt spezifische Berechtigungen für einzelne Attribute zu setzen
hash: integer	Hash über die enthaltenen Klassenmerkmale mit Ausnahme von next, permissions, sowie specificPermissions.

Tabelle 7-4: Die Merkmale der Klasse Product entsprechen denen der Klasse Material. Die Klasse repräsentiert den Produktpass bzw. die darin enthaltenen Daten.

Product extends Node

...

Ferner sind noch eine Liste der Attribute, eine Liste von Berechtigungen sowie eine Map mit spezifischen Berechtigungen enthalten, welche genutzt werden kann, um gezielt Berechtigungen für Attribute zu setzen. Die vorherigen, objektweiten Berechtigungen werden dabei nicht beachtet.

Der enthaltene Hashwert muss gesondert betrachtet werden. Der Hashwert wird nicht über alle Klassenmerkmale berechnet. Das geerbten Klassenmerkmals „next“ wird

weggelassen. Dadurch ist der Hash unabhängig von nachträglich hinzugefügten Knoten. Weiter fließen auch *permissions* und *specificPermissions* nicht ein, da es sich dabei um administrative Metadaten handelt, welche Änderungen unterliegen können.

7.3.3 Attribute

Die Attributklasse kapselt anwendungsrelevante Werte wie z. B. Reinheit, Hersteller, usw. (siehe *Tabelle 7-5*). Sie ist integral für die Kommunikation mit anderen Akteuren des Systems und muss daher normiert werden.

Tabelle 7-5: Attributklasse welche grundlegend für die Kommunikation mit anderen Akteuren ist

	Attribute
key: String	Code, welcher Attribut sprachunabhängig referenziert
name: String	Bezeichnung des Attributes
Description: String	Beschreibung des Attributes
value: String	Wert des Attributes

Der in der Attributklasse verwendete Schlüssel *key* muss normiert sein. Sodass alle Akteure anhand des Schlüssels das Attribut klar zuordnen können und wissen wie die Attributdaten aus dem Feld *value* formatiert werden müssen und welche ggf. die zugehörige Einheit ist (z.B. Menge in g oder mg).

Im Folgenden ein beispielhaftes Schema für eine maschinenverständliche Benennung von bis zu 32 Attributen. Das Schema ist auf beliebige Zweierpotenzen erweitern.

Tabelle 7-6: Beispielhafte Normierung von Attributen

ID	Key	Description	Domain	Unit
$2^0 = 1$	SN	Seriennummer	Integer, 128 bit	Keine
$2^1 = 2$	P	Wenn das Objekt Teil einer Komposition ist, wird hier die SN des Parent gesetzt	Integer, 128 bit	Keine

$2^2 = 4$	RC	Anteil an Double, 64 bit recycletem Material	Prozent
...
2^{31} = 2147483648	T	Art des Objekts. Drei mögliche Belegungen.	Component, Keine Element, Material

Je nach Anwendungsdomäne müssen die relevanten Attribute identifiziert und spezifiziert werden, sodass alle Akteure sich auf diese normierten Attribute verlassen können und ein organisationsübergreifender Datenaustausch möglich ist. Die Wahl der IDs ist für die spätere Berechnung von selektiven Hashes relevant und dringend erforderlich. Da die Beschreibung der Attribute in der Normierung enthalten ist (siehe *Tabelle 7-6*), ist es nicht notwendig diese auch noch in der Attributklasse zu pflegen (siehe *Tabelle 7-5*).

7.3.4 Berechtigungen

Das Prinzip hinter den Berechtigungen ist das der Access-Control-Liste. Eine Berechtigung ist mit einer Ressource assoziiert und speichert selbst das Subjekt und die berechtigten Aktionen wie Read oder Write (siehe *Tabelle 7-7*). Wenn keine explizite Berechtigung gesetzt ist, wird konservativ kein Zugriff erlaubt.

Tabelle 7-7: Die Klasse Permission. Diese bildet die Berechtigungen ab für assoziierte Materialien und Produkte.

Permission	
subject: String	Eindeutige Kennung für andere Akteure
all: boolean	Wenn gesetzt, gilt die Berechtigung für alle Akteure
action: Enum	Enthält mögliche Aktionen: Read, Write, ReadWrite

Da das DLT-Netzwerk als gemeinsame Basis für alle Akteure dasselbe ist, sollten sinnvollerweise die Adressen aus dem DLT-Netzwerk (welche auf öffentlichen Schlüsseln basieren) als Kennung für das Subjekt verwendet werden. Alternativ kann hiervon abgewichen werden, wenn eine eindeutige Zuordnung zwischen der verwendeten Kennung und der Adresse des entsprechenden Akteurs möglich ist.

7.3.5 DLT-Konzept

Aufgabe des Ledgers ist die Integritätssicherung der Daten sowie das Managen der Recyclingtoken. Im Zuge der Integritätssicherung findet auch die Identifikation des Datenbesitzers statt.

Einfache Integritätssicherung

Der Ledger sichert die Integrität für Materialien und Produkte. Die geschieht durch einen Smart-Contract welcher Paarungen von Datensubjekt, Datenreferenz, Objekt-ID und Hashwert speichert. Die ID ist eine eindeutige Kennung für Materialien und Produkte. Nach Anfordern eines Materials (oder Produktes) bei einem Akteur, kann der dort enthaltene Hash mit dem Hash, welcher innerhalb des Smart-Contracts mit der ID verknüpft ist, verglichen werden. Bei Übereinstimmung wurden die Daten nicht verändert. Falls nur eine ID bekannt ist, z.B. weil diese durch Scannen des QR-Codes eines Produkts erlangt wurde, kann durch den Smart-Contract die zur ID gehörige Referenz auf das Objekt bestimmt werden. Ferner werden die Datensubjekte gespeichert, sodass Aktualisierungen von Referenzen, Hashes oder Eigentümern nur von Eigentümern durchgeführt werden können. Der Hash muss über alle Attribute der auf dem Ledger hinterlegten Objekte gebildet werden.

Tabelle 7-8: Die Attribute und Methoden der Klasse IntegrityDatabaseSimple, welche in einem Smart Contract umgesetzt werden soll

IntegrityDatabaseSimple	
references: Map<Integer, String>	Map, welche Zuordnungen von Objekt-IDs zu URLs speichert
hashes: Map<Integer, Integer>	Map, welche Zuordnungen von Objekt-IDs zu Hashes der Objekte speichert
owners: Map<Integer, Address>	Map, welche Zuordnungen von Objekt-IDs zu Adressen der Eigentümer speichert
addObject(id: Integer, ref: String, hash: Integer)	Fügt das zu <i>id</i> gehörige Objekt mit Hash und Referenz hinzu
updateObjectHash(id: Integer, hash: Integer)	Aktualisiert den Hash des zu <i>id</i> gehörigen Objekts

updateObjectReference(id: Integer, ref: String) Aktualisiert die Referenz des zu *id* gehörigen Objekts

changeOwner(id: Integer, newOwner: Address) Ändert den Besitzer des zu *id* gehörigen Objekts

Die Referenzen müssen nicht zwangsläufig URLs sein. Je nach Umgebung können Referenzen auch durch Codes repräsentiert werden die z.B. in Informationssystemen der entsprechenden Akteure verwendet werden können.

Erweiterte Integritätssicherung

Zusätzlich zu den Funktionen welche im zuvor beschriebenen, vereinfachten Ansatz geboten werden, lassen sich beim erweiterten Ansatz Attribute aus der Bildung des Hashs ausschließen. Dies kann Vorteile im Umgang mit volatilen Datenfeldern, unterschiedlichen Datenformaten oder Sprachen bieten.

Für die erweiterte Funktionalität wird von jedem Objekt auch noch das Feld *attributeBits* gespeichert. Wenn wir *Tabelle 7-6* mit den 32 Attributen zugrunde legen, dann folgt daraus das *attributeBits* ein Integerzahl mit einer Länge von 32 Bit ist. Jedes dieser Bits entspricht dabei einem Attribut. Das erste Bit von *attributeBits* befindet sich an der Stelle 0 und entspricht dem Attribut mit der ID $2^0 = 1$. Im gewählten Beispiel also der Seriennummer. Das zweite Bit, also $2^1 = 2$, entspräche dem Parent usw. Wenn nun ein Attribut bei der Bildung (und auch der späteren Verifizierung) des Objekthashes berücksichtigt werden soll, wird das entsprechende Bit in *attributeBits* gesetzt. Die resultierende Zahl wird zusammen mit der Objekt-ID ebenfalls in einer Map gespeichert (siehe *Tabelle 7-9*).

Tabelle 7-9: Die Attribute und Methoden der Klasse IntegrityDatabase, welche in einem Smart Contract umgesetzt werden soll

IntegrityDatabase	
references: Map<Integer, String>	Map, welche Zuordnungen von Objekt-IDs zu URLs speichert
hashes: Map<Integer, Integer>	Map, welche Zuordnungen von Objekt-IDs zu Hashes der Objekte speichert

owners: Map<Integer, Address>	Map, welche Zuordnungen von Objekt-IDs zu Adressen der Eigentümer speichert
attributeBits: Map<Integer, Integer>	Map, welche Zuordnungen von Objekt-IDs zu <i>attributeBits</i> speichert
addObject(id: Integer, ref: String, hash: Integer, attributeBits: Integer)	Fügt das zu <i>id</i> gehörige Objekt mit Hash und Referenz hinzu
updateObjectHash(id: Integer, hash: Integer, attributeBits: Integer)	Aktualisiert den Hash des zu <i>id</i> gehörigen Objekts und die zugehörigen <i>attributeBits</i>
updateObjectReference(id: Integer, ref: String)	Aktualisiert die Referenz des zu <i>id</i> gehörigen Objekts
changeOwner(id: Integer, newOwner: Address)	Ändert den Besitzer des zu <i>id</i> gehörigen Objekts

8 Arbeitspaket 6: Innovationsmonitoring

Im folgenden Abschnitt werden einige innovative Anwendungen aus der Praxis und aus der Forschung vorgestellt. Eine technologische Betrachtung mit Hinblick auf den Einsatz von DLT schließt den Abschnitt ab.

8.1 Innovative Anwendungen in der Praxis

Das vielversprechende Potential von Blockchain und DLT in der Kreislaufwirtschaft zeigt sich auch in der großen Anzahl an weiteren Projekten, welche sich damit befassen. Insgesamt konnten 43 Projekte aus verschiedensten Teilen der Welt identifiziert werden, die sich mit dem breiten Themenfeld Anwendung von Blockchain und DLT in der Supply-Chain zum Tracking von Waren befassen. Nachfolgend werden die drei Projekte vorgestellt, die mit Abstand die größte Ähnlichkeit zu RediBlock haben, gekennzeichnet durch deren thematischen Schwerpunkt auf die Kreislaufwirtschaft sowie die weiter bestehende Aktualität und Aktivität der Projekte, basierend auf öffentlichen Informationen.

8.1.1 ReciChain-Projekt

Besonders hervorzuheben ist hierbei das ReciChain Projekt von BASF, welches in Brasilien gestartet ist und in weitere Länder wie Kanada expandiert. Dabei wird adressiert, dass 60% der brasilianischen Städte ihre Abfälle auf Müllkippen ohne Hygienekontrolle entsorgen, was zu einer Verunreinigung von Wasser und Boden führt. Müllsammler arbeiten an solchen Orten unter unsicheren und gesundheitsschädlichen Bedingungen. Eine spezifisch dafür entwickelte Blockchain-Plattform ermöglicht die Speicherung von Informationen mit einer eigens dafür entwickelten Benutzeroberfläche. Das Ziel ist eine sichere, überprüfbare Übertragung der Eigentumsrechte an dem recycelten Produkt zwischen den Beteiligten.

8.1.2 Minespider-Projekt

Ein weiteres Projekt ist das Minespider Projekt, bei welchem ein auf Ethereum basierendes Protokoll entwickelt wird, das zur Überwachung industrieller Lieferketten verwendet wird. Mittels eines digitalen „Reisepasses“ können die Mitglieder einer Lieferkette die Herkunft und Herstellungsweise der eingesetzten Rohstoffe und Materialien kontrollieren. Dabei unterscheidet der Blockchain-basierte Rohstoffpass zwischen drei Datenebenen, je nachdem für wen die Informationen bestimmt sind. Neben öffentlich einsehbaren Daten unterstützt Minespiders Passport auch die private Datenübertragung: Einige Informationen können von allen Mitgliedern der Lieferkette eingesehen werden, während andere Informationen möglicherweise nur für bestimmte Handelspartner sichtbar sind.

8.1.3 SustainBlock-Projekt

Weiter hervorzuheben ist das Projekt SustainBlock von CircularTree. Dabei soll die Präsenz von Minen des handwerklichen und kleinen Bergbaus in der Lieferkette von Mineralien- und Metallendverbrauchern nachgewiesen werden, was wiederum nachgelagerten Unternehmen Zugang zu Informationen über die Herkunft der in ihren Produkten enthaltenen Mineralien verschafft. Ziel dieses Projekts ist es, ein Blockchain-gestütztes System zu schaffen, mit dem die Herkunft bestimmter Rohstoffe, die in Konflikt- und Hochrisikogebieten gewonnen werden – z. B. Konfliktmineralien – über die gesamte Lieferkette mittels verifizierter, kryptografisch gesicherter Transaktionen verfolgt werden kann. Mit Unterstützung der Europäischen Partnerschaft für verantwortungsvolle

Mineralien (EPRM) wurde das Projekt 2019 entlang einer aus Ruanda stammenden Mineralienlieferkette erprobt.

8.2 Innovative Anwendungen in der Forschung

Auch die Forschung beschäftigt sich eingehend mit dem Einsatz von DLT im Rahmen der Kreislaufwirtschaft. Im Folgenden berichten wir über die Ergebnisse einer ausgedehnten Literaturrecherche zu dem Thema, welche insgesamt 59 Studien umfasst. Neben einer allgemeinen Übersicht der relevanten Literatur, berichten wir insbesondere darüber, welche Aktivitäten (in einer Kreislaufwirtschaft) durch DLT unterstützt werden sollen, um welche Zielobjekte es dabei konkret geht, welche Rolle die DLT bei der Unterstützung dieser Aktivitäten spielt, welche DLT-Eigenschaften dabei eine wichtige Rolle spielen und welche DLTs hierfür im Allgemeinen am häufigsten eingesetzt werden.

Insgesamt konnten wir 59 relevante Studien im Zeitraum von 2017 bis 2021 identifizieren. Die Studien entstammen einer breiten Reihe unterschiedlicher Disziplinen. Konkret lassen sich 27 Studien der Informatik zuordnen, 14 den Umweltwissenschaften, 7 den Wirtschaftswissenschaften (BWL = 5, VWL = 2), 4 den Ingenieurwissenschaften, und 7 weitere Studien anderen, nicht näher genannten Disziplinen. Aus methodischer Sicht handelt es sich bei 19 Studien um Literaturarbeiten, 14 Studien entwickeln eine System-Architektur, wohingegen in 12 Studien Prototypen entwickelt werden. Bei 6 Studien handelt es sich um wissenschaftliche Meinungsbeiträge und bei 6 weiteren um Vorschläge von Rahmenwerken. 2 Studien sind den wissenschaftlichen Nachrichten-Beiträgen zuzuordnen.

Es zeigt sich also, dass der Einsatz von DLT in der Kreislaufwirtschaft bereits intensiv und aus einer Reihe unterschiedlicher Perspektiven betrachtet wird. Gleichzeitig lässt sich auch festhalten, dass mit 26 von 59 untersuchten Studien weniger als die Hälfte direkt zur Entwicklung DLT-basierter Systeme für die Kreislaufwirtschaft beiträgt.

8.2.1 Unterstützte Aktivitäten und Zielobjekte

Im Rahmen der 59 untersuchten Studien wird eine Reihe von verschiedenen Aktivitäten der Kreislaufwirtschaft adressiert. Zur Klassifikation der unterstützten Aktivitäten unterscheiden wir daher, in Anlehnung an bestehende Klassifikations-Schemata aus der

Literatur und Industrie, im Folgenden zwischen den acht Aktivitäten: (1) *Recycle*, (2) *Reuse*, (3) *Reduce*, (4) *Remanufacture*, (5) *Repair*, (6) *Resell*, (7) *Maintenance*, und (8) *Long-Lasting Design*.

In insgesamt 38 Studien wurde der Einsatz der DLT für die Kreislaufwirtschaft hinsichtlich konkreter Aktivitäten innerhalb der Kreislaufwirtschaft diskutiert. Zum Teil wurde dabei in einzelnen Studien auch mehr als eine Aktivität adressiert. So wurde in 23 Studien die Aktivität *Recycle* adressiert. *Reuse* hingegen stand im Fokus von insgesamt 27 Studien. *Reduce* wurde in 11 Studien diskutiert, während in sechs Studien *Remanufacture* und in fünf Studien *Repair* im Fokus lagen. In drei Studien ging es um die Unterstützung der Aktivität *Resell* und in sieben Studien um die Unterstützung der Aktivität *Maintenance*. Nur eine Studie beschäftigte sich mit der Aktivität *Long-Lasting Design*. In 21 Studien wurde die konkrete Aktivität nicht spezifiziert. Stattdessen wurde der Einsatz von DLT in der Kreislaufwirtschaft im Allgemeinen diskutiert. Am häufigsten miteinander kombiniert wurden mit insgesamt 15-mal die beiden Aktivitäten *Recycle* und *Reuse*.

In Bezug auf die unterstützten Zielobjekte, die in den untersuchten Studien, adressiert wurden zeigt sich ebenfalls eine große Variabilität und Bandbreite. So beziehen sich neun Studien auf elektronische Geräte (z. B. Smartphones und andere Smart-Devices, Batterien, medizinische Geräte), fünf Studien auf organische Produkte (z. B. Nahrungsmittel, Wasser, Holz), vier Studien auf Fahrzeuge und Fahrzeugkomponenten, jeweils drei Studien auf Plastik, Textilien, Abfälle und nicht-physische Objekte (z. B. Energie, CO₂-Zertifikate) und lediglich eine Studie auf Edelmetalle. Hingegen weisen 28 Studien keinen spezifischen Fokus auf einzelne Zielobjekte auf, sondern sind allgemein gehalten.

Insgesamt zeigt sich hinsichtlich der unterstützten Aktivitäten und Zielobjekte ein heterogenes Bild der Literatur. Einerseits diskutiert die Literatur den Einsatz von DLT in der Kreislaufwirtschaft in der Breite, was z. B. gut dadurch zu erkennen ist, dass jede Aktivität aus unserem Klassifikationsschema von mindestens einer Studie erfasst wird. Andererseits gibt es ein großes Ungleichgewicht, was den Fokus auf einzelne Aktivitäten und Zielobjekte angeht. Zukünftige Forschung sollte sich daher insbesondere auf jene Aktivitäten und Zielobjekte konzentrieren, die bisher unterrepräsentiert sind.

8.2.2 Aufgaben und Technologische Merkmale der DLT

Innerhalb der untersuchten Studien wird der Einsatz von DLT im Rahmen einer Kreislaufwirtschaft für verschiedene Zwecke diskutiert. Darauf aufbauend werden ebenfalls die erforderlichen technologischen Merkmale und vereinzelt konkrete DLTs für den Einsatz in der Kreislaufwirtschaft beschrieben und diskutiert.

Mit Abstand am häufigsten (39 von 59 Studien; 66,10%) wird der Einsatz von DLT in der Kreislaufwirtschaft zum Aufzeichnen von Transaktionen zwischen verschiedenen Akteuren in der Kreislaufwirtschaft diskutiert. Darauf folgt der Einsatz von DLT zur Speicherung von Daten in der Kreislaufwirtschaft, welcher in insgesamt 12 Studien (20,34%) diskutiert wird. In insgesamt 11 Studien (18,64%) hingegen wird der Einsatz von DLT zur Realisierung sogenannter Tokens in der Kreislaufwirtschaft diskutiert. In drei Studien (5,08%) wurde dabei mehr als nur eine Aufgabe für die DLT diskutiert.

Was die in der Literatur diskutierten technologischen Merkmale der DLT betrifft, so stechen zwei Merkmale besonders hervor. Zum einen wird in 48 (81,36%) der untersuchten Studien die Möglichkeit zu gemeinsamen öffentlichen Interaktionen über die DLT betont. Zum anderen wird, ebenfalls in 47 (79,66%) der untersuchten Studien, die Möglichkeit zur Automation per DLT aufgeführt. Somit werden sowohl vertrauensschaffende als auch Dezentralisierungs-Eigenschaften der DLT als entscheidende Merkmale für einen Einsatz in der Kreislaufwirtschaft eingestuft. Im Allgemeinen erwähnen ca. 86% der Berichte mindestens eine vertrauensschaffende Eigenschaft und ca. 85% mindestens eine Dezentralisierungs-Eigenschaft.

In den 34 der untersuchten Primärstudien finden sich Nennung von konkreten DLT-Konzepten bzw. DLT-Designs. So sprechen 15 Publikationen allgemein von Blockchain-basierten Systemen. Hingegen konkretisieren 10 Publikationen den Blockchain-Begriff und sprechen explizit von dem DLT-Design Ethereum, acht Publikationen von dem DLT-Design Hyperledger Fabric und eine Publikation von dem DLT-Design Quorum.

9 Arbeitspaket 7: Entwicklung und Testbetrieb des Demonstrators

9.1 User Centered Design Prozess

Ziel des Arbeitspakets 7 war der Aufbau eines Prototyps, der sowohl als Demonstrator zur Simulation von Use-Case-Szenarien dient, als auch als Grundlage für einen operativen Software-Piloten. Der Prototyp sollte Akteuren der Lieferkette ermöglichen, relevante Daten für ein bestimmtes Produkt über den gesamten Lebenszyklus, von der Herstellungsphase bis zum Recycling, auszutauschen. Um kommende gesetzliche Anforderungen in den Demonstrator mit einzubeziehen, wurde ein Software-Demonstrator für einen Digitalen Produktpass unter Berücksichtigung eines DLT-Systems entwickelt (vergleiche Abschnitt 2.1). Für die Entwicklung des Software-Demonstrators wurde der User Centered Design Prozess (UCD) angewandt. Dieser orientiert sich an der ISO-Norm 9241-210:2019²⁰⁹. Unter dem UCD-Prozess versteht iPoint ein Produktdesignverfahren, das den Benutzer und seine Bedürfnisse in den Mittelpunkt des Designprozesses stellt. Dieser Prozess folgt einer Reihe von genau definierten Techniken zur Analyse, Gestaltung und Bewertung von Software-Schnittstellen. Dabei wird entsprechend der agilen Softwareentwicklung iterativ vorgegangen, so dass Design- und Evaluierungsschritte von der ersten Phase eines neuen (oder zu verbessernden) Produkts oder Merkmals bis hin zur Implementierung eingebaut werden. Ziel dieses Vorgehens ist ein hohes Maß an Transparenz und Flexibilität, damit Prozesse möglichst einfach und beweglich (agil) gestaltet werden.

²⁰⁹ ISO 9241-210:2019, Prozess zur Gestaltung gebrauchstauglicher interaktiver Systeme



Abbildung 9-1: Übersicht über die Phasen des User-Centered Design Prozesses

Der Prozess besteht aus einer Analyse-, Test- und Design-Phase und einer Implementations-Phase (vergleiche *Abbildung 9-1*). Die Analyse-Phase wurde im Projekt im Wesentlichen in den Arbeitspaketen 4 und 5 durchgeführt. Diese Phase beinhaltet folgende Schritte:

- Bestimmung der Benutzerrollen
- Analyse der Situation, in der sich die Nutzer befinden
- Identifikation und Priorisierung der Ziele und Aufgaben der Nutzer
- Erstellen und Konkretisieren von Personas, die auf einer Analyse der tatsächlichen Nutzer basieren
- Identifizieren von Szenarien und User Stories

Personas sind hierbei fiktive Darstellungen eines tatsächlichen Benutzers. Sie helfen, eine möglichst reale Vorstellung von den Nutzern des Systems zu haben und deren Bedürfnisse zu berücksichtigen. Des Weiteren werden anhand der Analysen Fälle und Beispielsituationen beschrieben, um den Ist-Zustand des Benutzers zu verstehen und aus diesem User Stories zu formulieren. User Stories sind Teil der agilen Softwareentwicklung. Sie sind in Alltagssprache formulierte Software-Funktionen und beschreiben Bedürfnisse aus Sicht des Anwenders. Dadurch sorgen sie für ein gemeinsames Verständnis, was das System können soll. User Stories werden entsprechend des größten Mehrwerts für den Nutzer priorisiert und sind die Basis für die Umsetzung in einen Software-Prototypen.

In der Test- und Design-Phase entstehen die auf der Analyse und der priorisierten User Stories basierenden Konzepte, Entwürfe und Software-Prototypen. Diese Phase verläuft iterativ und besteht entsprechend der agilen Softwareentwicklung aus einer Abfolge von Entwicklung, Vorstellung der Ergebnisse vor potentiellen Nutzern, Einholen von Rückmeldungen und anschließend der Verbesserung. Nach der Verbesserung werden die Anpassungen erneut den Nutzern vorgestellt und wieder Rückmeldungen eingeholt. Die Implementationsphase besteht aus der technischen Umsetzung des Prototypens in ein finales Produkt, die Sicherstellung der Qualität des Produktes und am Ende die Veröffentlichung und Übergabe des Produktes an den Kunden. Im Rahmen des Projektes wurde der UCD-Prozess einschließlich der Test- und Design-Phase bis zum Prototypen durchgeführt.

9.2 Ergebnisse aus der UCD Analysephase

Die Analysephase bestand aus Workshops mit den Industriepartnern und Besichtigungen der Produktionsstandorte (siehe auch Kapitel 6.5.1). In diesem Austausch wurden die Beziehungen und ausgetauschten Informationen zwischen den Akteuren analysiert. Bei den Besichtigungen der Produktionsstandorte wurden die Prozesse und die von den Mitarbeitern genutzten Systeme untersucht, um ein umfassendes Verständnis für deren Arbeitsabläufe zu erhalten und davon Personas abzuleiten. Durch die Analyse bei C. Hafner konnten die Personas „Logistikmitarbeiter“, „Prozessierung“ und „Qualitätskontrolle“ beschrieben werden. Darüber hinaus wurden die Personas „Barren-Lieferant“ und „Altmaterial-Lieferant“ identifiziert und definiert (siehe *Abbildung 9-2*). Sie repräsentieren Lieferanten und Vorlieferanten der Scheideanstalt (vergleiche Kapitel 6.5.11).

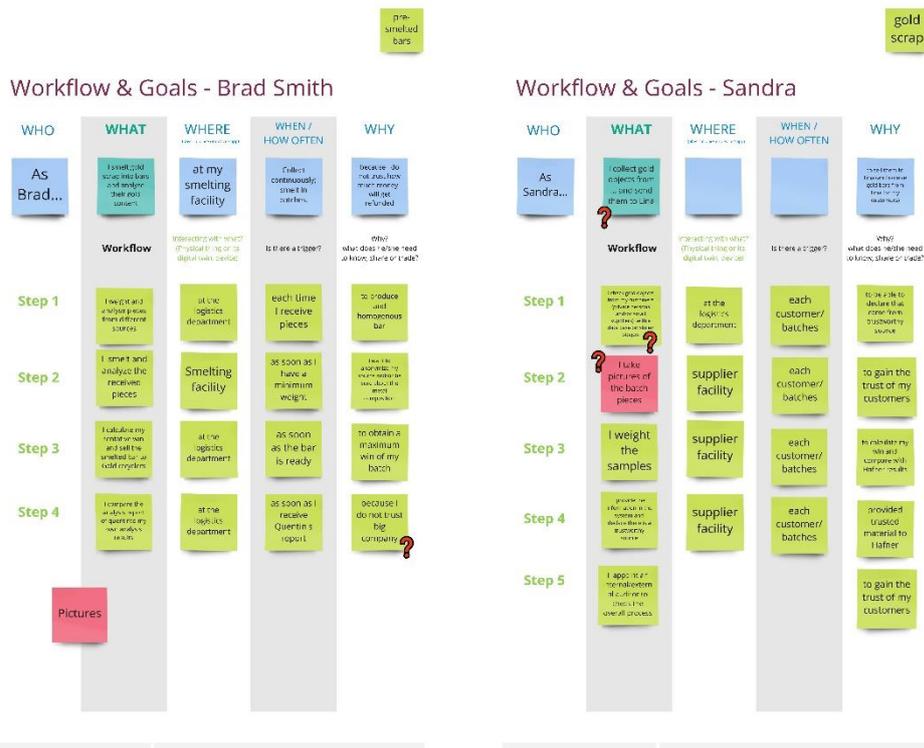


Abbildung 9-2: Analyseergebnisse der Workshops zur Definition der Personas. Beispielhaft sind hier die zwei Personas „Barren-Lieferant“ (Brad Smith, links) und „Altmaterial-Lieferant“ (Sandra, rechts) gezeigt.

Bei der Definition der Persona wurde deutlich, dass ein Digitaler Produktpass für die Scheideanstalt einen großen Mehrwert liefert, wenn er dem „Barren-Lieferant“ ermöglicht, die Zusammensetzung des Barrens und Herkunft des Goldes über einen DPP nachzuweisen. Dieser Anforderung an den DPP-Prototypen wurde daher entsprechend des UCD-Prozesses eine hohe Priorität zugeordnet. Desweiteren wurde eine Liste mit 30 Attributen erstellt, welche die Produkte wie zum Beispiel einen Goldbarren in einem DPP charakterisieren. Die Wichtigkeit einzelner Attribute für die Industriepartner und die Anforderungen zur Erfüllung zukünftiger regulatorischer Vorgaben wurde ebenfalls in der Analysephase ermittelt. Die mit höchster Stufe (1) priorisierten Attribute wurden als Grundlage für eine Umsetzung im Demonstrator herangezogen (Abbildung 9-3). Die vollständige Liste im Anhang 14.6 einzusehen.

Attributliste für den DPP

(Fokus liegt auf den Produkten Feingoldbarren und Granulat)

Kategorien	Attribute	Einheiten	Definitionen	Prio
Identifikation	Produktnummer/Artikelnummer		Bezeichnet den Produkttyp.	Prio 1 (gut zur Identifikation)
	Typ		Produktklassifikation. Z.B.: Eigene, GTIN, EAN, ...	-
	Zertifikatsnummer			Prio 1
	Chargennummer		z.B. Granulat	Prio 1
	Seriennummer (Rückverfolgbarkeit)		z.B. Barren (zur Zeit nicht in SAP abgebildet)	Prio 1
	Unique identifier (technical) /Barcode			Prio 1
	Bestellnummer/Kassenbeleg		(höchstens relevant für Endkunden)	Prio 3 (C. Hafner)
	Foto		Foto vom Zulieferer	Prio 1
			Foto vom Endprodukt, etc. Ggf. mehrere Fotoattribute definieren.	Prio 2 (Granulat + Chargennummer oder Barren + Seriennummer)
		Produktname		Feingoldgranulat/Barren Halbezeuge
Produktmerkmale	Masse	g/ kg/ t/ Unze	Masse des Produkts	Prio 1, Gewicht ist wichtig
	Härte	-	Absolute Härte/Mohssche Härte	Prio 3, Standard, nicht wichtig
Zusammensetzung	Verwendete Materialien		Aus welchen Materialien gefertigt? EoL oder Industrial scrap	Prio 1
	Materialverhältnis	% von Gewicht		Prio 1 (EoL versus Industrial) Prio 2 (Legierungen)
	Herkunft von Materialien		Angabe zum Herkunftsland des EoL und Industrial	Prio 1 (aus Sicht der Auditoren)
	Recyclinggehalt - Pre Consumer	Prozent	z.B. Produktionsreste	s.o. (verwendete Materialien)

Abbildung 9-3: Ausschnitt aus der Attributliste für die Entwicklung eines Digitalen Produktpasses.

Für die Entwicklung des Software-Demonstrators flossen die Ergebnisse der Fallstudie (vgl. Kapitel 6.5), das DLT-Systemkonzept (vgl. Kapitel 7.3), die entwickelten Personas und die DPP-Attributliste in die Formulierung und Priorisierung der User Stories mit ein.

9.3 Ergebnisse aus der UCD Test- und Design-Phase

9.3.1 DPP-Nutzeroberfläche

Die in der Analysephase priorisierten User Stories wurden zur Erstellung von „Mockups“ (Entwürfe für eine Nutzeroberfläche) herangezogen, um dem UCD-Prozess folgend die Anforderungen potentieller Benutzer in einer Nutzeroberfläche abzubilden. Entsprechend der agilen Arbeitsweise wurden regelmäßig Nutzerrückmeldungen von den Industriepartnern eingeholt und die Mockups entsprechend angepasst. Gemeinsam mit den User Stories wurden die Mockups genutzt, um ein DPP-Konzept und die

Benutzeroberfläche des Prototypens zu gestalten. Das DPP-Konzept orientiert sich an der Stückliste eines Produktes. Eine Stückliste (engl.: Bill of Materials, BoM) ist eine Liste aller zur Fertigung eines Produktes benötigten Einzelteile. Für das Konzept bedeutet dies, dass es digitale Produktpässe auf verschiedenen Ebenen entlang der Stückliste für Produkte und deren Einzelteile, also Komponenten und Materialien gibt. Dabei folgt die DPP-Hierarchie einer Baumstruktur: der DPP eines Produktes verweist auf die DPPs seiner Komponenten, die DPPs einer Komponente wiederum auf die DPPs seiner Materialien, und so weiter. Diese Pässe können außerdem entlang der Lieferkette mit dem Produkt weitergegeben werden, im hier vorliegenden Konzept bedeutet dies wer das Produkt besitzt, besitzt auch den DPP. DPPs stellen über die Verknüpfung mit Token indirekt selbst Assets (Vermögenswerte) dar (siehe Kapitel 7.1.2). In jedem Pass ist eine definierte Menge an Recycling-Gold hinterlegt. Dieselbe Menge Recycling-Gold wird auf der Blockchain durch Token repräsentiert (siehe 9.3.3). Dadurch können DPPs wie Token erstellt, besessen oder übertragen bzw. akzeptiert oder abgelehnt werden.

In *Abbildung 9-4* sieht man einen Ausschnitt der Benutzeroberfläche des Prototyps. Der Ausschnitt zeigt die Ansicht für einen Akteur der Lieferkette und seine Übersicht über die Anzahl und Liste der Produktpässe, die er selber erstellt, besitzt, übergeben und erhalten hat. Die Inhalte und Details der Pässe können über einen Klick auf den Pass angezeigt werden. Der Zugang zur Übersicht ist über einen passwortgeschützten Login und ein Nutzermanagement geregelt.

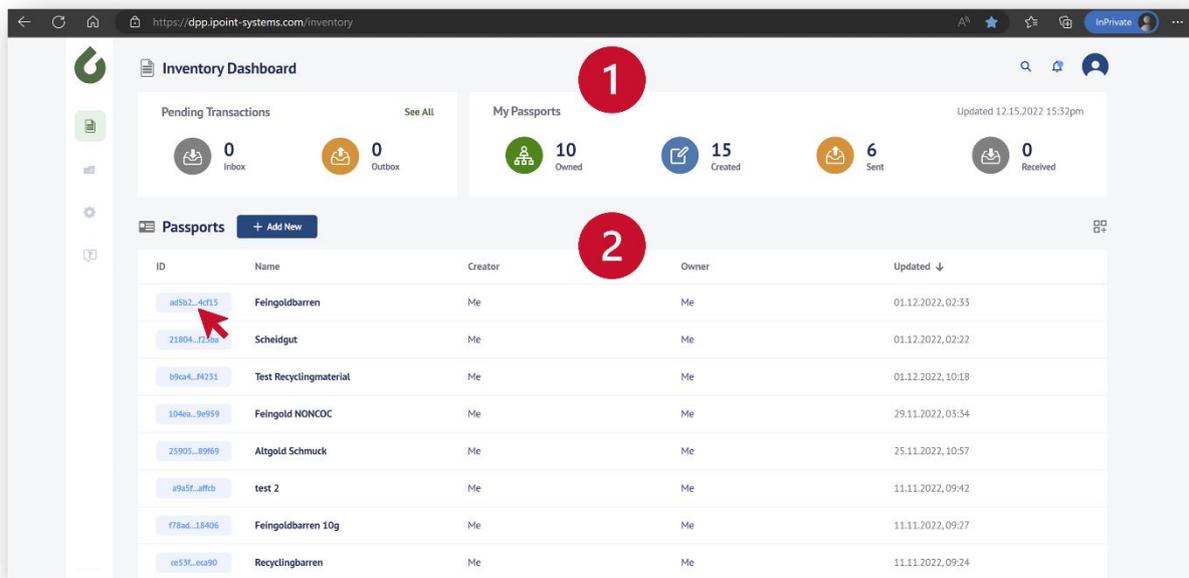


Abbildung 9-4: Übersichtsansicht (Inventory Dashboard) des Prototypen aus Sicht eines Nutzers. Die Kopfzeile (1) zeigt die Anzahl der DPPs, die im Besitz des Nutzers sind (Owned), vom Nutzer erstellt (Created), übertragen (Sent) oder entgegengenommen (Received) wurden. Darunter werden die DPPs aufgelistet, die sich im Besitz des Nutzers befinden (2). Details zu den DPPs lassen sich durch Anklicken (Pfeil) anzeigen.

Die Detailansicht eines Passes setzt sich zusammen aus einer Produktübersicht, die im Wesentlichen die Attribute zur Identifikation des Produktes (vgl. Abbildung 9-4, ❶) abbildet. Ein weiterer Bereich stellt den CO₂-Fußabdruck, den Anteil des Recyclingmaterials sowie zusätzliche Dokumente dar. Abbildung 9-5 zeigt die Detailansicht eines Produktpasses beispielhaft für einen Feingoldbarren.

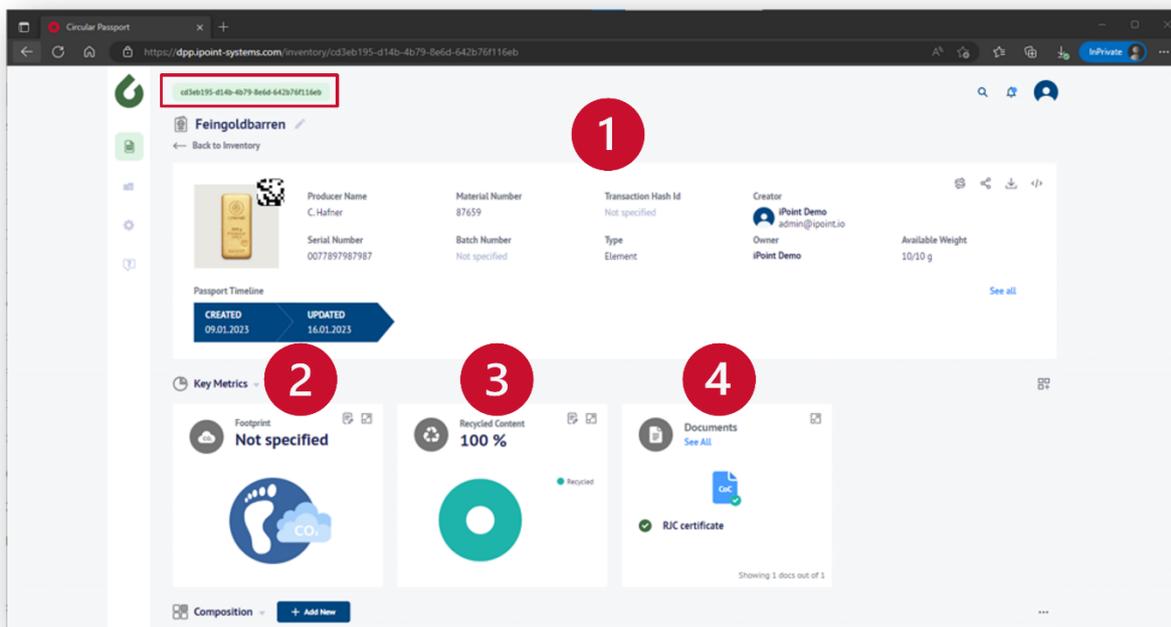


Abbildung 9-5: Detailansicht eines Digitalen Produktpasses für einen Feingoldbarren im Prototypen. Die Übersicht (1) zeigt die Attribute eines Produktes. CO₂-Fußabdruck (2), Anteil des Recyclingmaterials (3) und Dokumente (4) können ebenfalls für ein Produkt in dieser Ansicht eingetragen oder geändert werden. Jeder angelegte DPP erhält eine eindeutige ID (roter Kasten).

Der Prototyp bietet an mehreren Stellen die Möglichkeit die Sichtbarkeit einzelner Pässe und ihrer Attribute einzustellen. So kann entsprechend Kapitel 6.5.13 die gewünschte Nachverfolgbarkeit von Daten über die Lieferkette und -netze mit der notwendigen Sicherheit und Vertraulichkeit gewährleistet werden.

In der UCD-Analysephase wurde die Anforderung an einen DPP identifiziert, dass ein „Barren-Lieferant“ die Zusammensetzung eines vorgeschmolzenen Barrens und die Herkunft des Goldes über einen DPP nachweisen können muss (siehe Kapitel 9.2). Diese Anforderung ist ebenfalls im finalen System-Konzept für den Barren-Lieferant berücksichtigt (siehe 6.5.13). Der Prototyp ermöglicht diesen Nachweis über die Option, Dokumente anzuhängen (siehe *Abbildung 9-4*, 4). Über die *Documents* Funktion können beliebige Dokumente und Dateien angehängt werden. Für den Anwendungsfall bietet sich diese Funktion zum einen für Dokumente über relevante Branchenzertifizierungen wie der LBMA oder RJC (vgl. Kapitel 11.3) an. Es können aber auch signierte Dokumente

oder Bilder für Schüttgut angehängt werden. So können Barrenlieferanten bestätigen, aus welchen Altgoldobjekten ein vorgeschmolzener Barren hervorgegangen ist (siehe *Abbildung 9-6*).

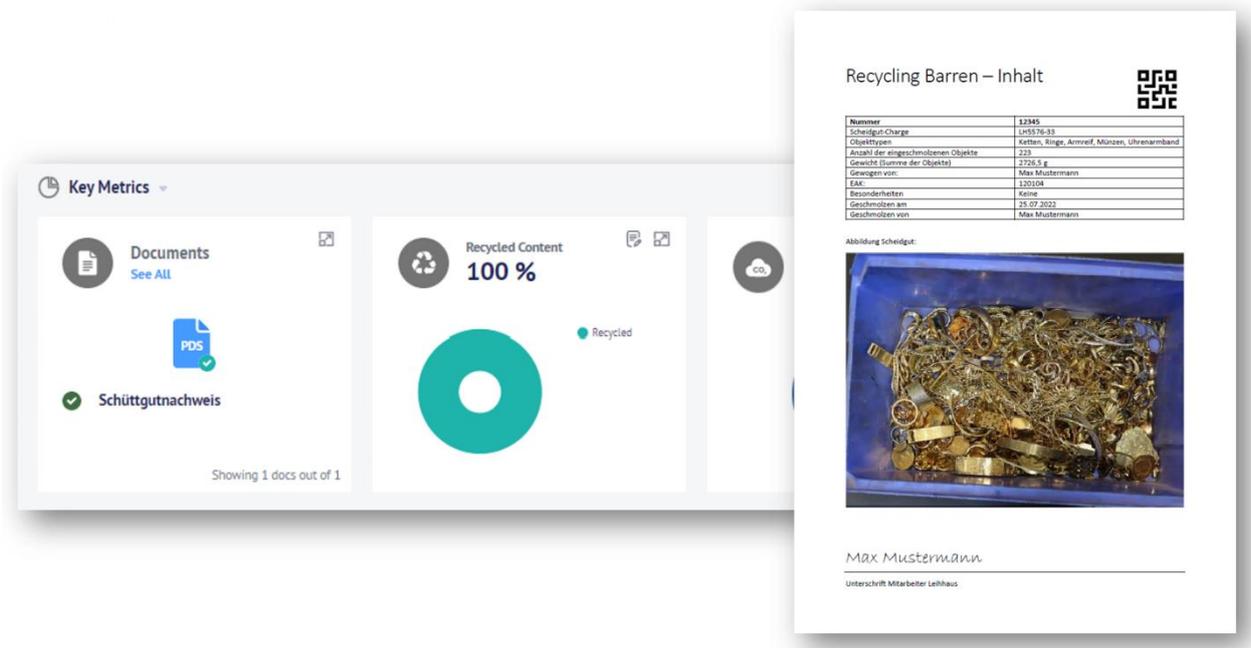


Abbildung 9-6: Nachweis der Zusammensetzung eines vorgeschmolzenen Barrens. Über die Option „Documents“ können Dokumente angehängt werden, welche die Herkunft des Goldes im vorgeschmolzenen Barren verifizieren.

Neben dem Nachweis der Herkunft des Goldes wurde die Möglichkeit, recyceltes Goldmaterial in „old scrap“ und „new scrap“ unterscheiden zu können (siehe auch Kapitel 2.4), mit einer hohen Priorität in der Analysephase bewertet. Im Design des Prototypen wurden daher diese zwei Materialien unter *Recycled Content* (*Abbildung 9-5*, ③) wie folgt berücksichtigt.

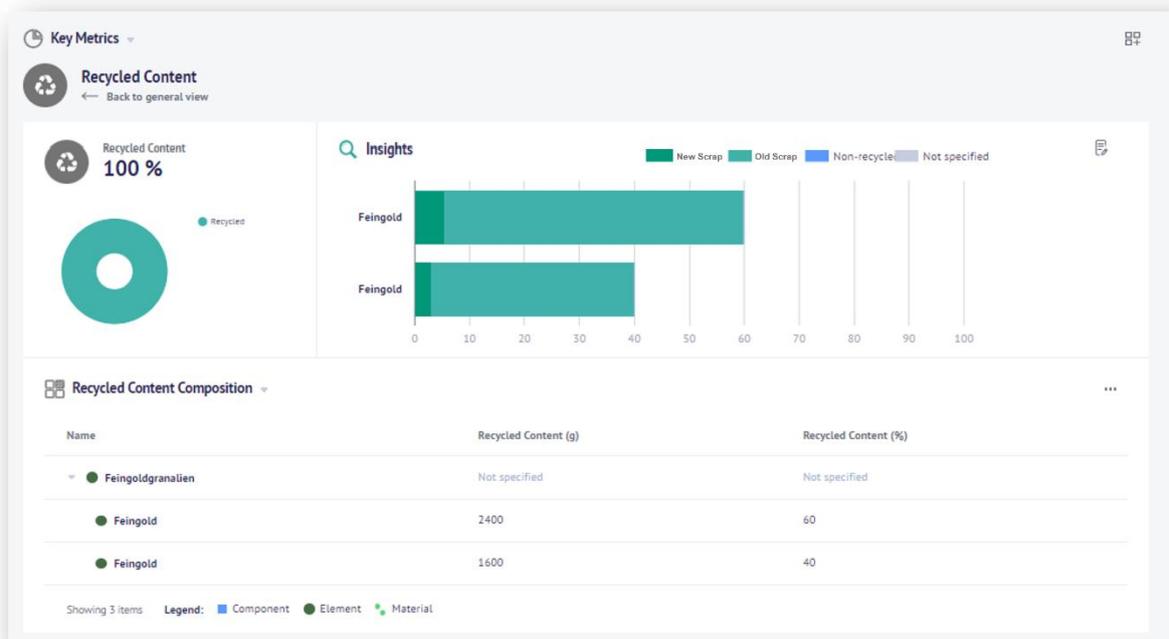


Abbildung 9-7: Darstellung der Unterscheidung von „old scrap“ und „new scrap“ in der Nutzeroberfläche. In diesem Fall bestehen die abgebildeten Feingoldgranalien zu 100% aus Recyclingmaterial, welches sich aus zwei Chargen Feingold zusammensetzt.

9.3.2 Integritätsnachweis

Im Systemkonzept ist die Nutzeroberfläche für den DPP im Hintergrund mit der Blockchain verknüpft. Wird ein Pass mit dem Produkt von einem Akteur der Lieferketten auf einen anderen übertragen, so kann mittels der Blockchain (s.o.) und einem Smart-Contract nachvollzogen werden, ob die Daten in einem Digitalen Produktpass unbefugt verändert wurden (vgl. Kapitel 7.3.5, Abschnitt „Einfache Integritätssicherung“). Dies wurde im Design der Softwareoberfläche über Symbole und Detailinformationen berücksichtigt (siehe *Abbildung 9-8*).

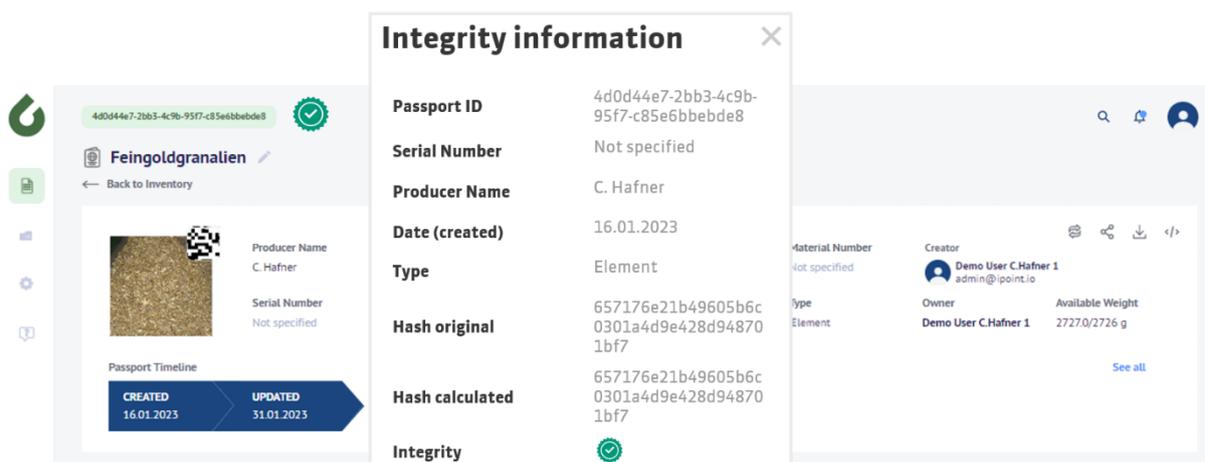


Abbildung 9-8: Darstellung des Integritätsnachweises am Beispiel des Produktes Feingoldgranalien. Mit einem Klick auf das grüne Häkchen-Symbol werden die Integritätsinformationen dargestellt. Wären die Werte manipuliert worden, würde der berechnete („calculated“) Hash-Wert nicht mehr dem Original-Wert entsprechen und das Symbol in rot dargestellt werden.

Der berechnete Hash wird in diesem Beispiel bei der Übertragung des Passes neu über die angezeigten Attribute „Passport ID“, „Serial Number“, „Producer Name“, „Date (created)“ und „Type“ berechnet und mit dem ursprünglich berechneten Hash abgeglichen. Stimmen diese nicht überein, wären die Daten manipuliert worden und dies würde dem Nutzer über die Farbe des Häkchens angezeigt werden.

9.3.3 Recycling Gold Token (RGT)

Für den Prototypen wurde basierend auf dem Ethereum ERC-20 Token Standard (siehe *Tabelle 7-1*) ein Smart Contract aufgesetzt, der es ermöglicht, Token von einem Akteur zum anderen zu transferieren. Diese Token entsprechen den in Abschnitt 6.4.5 beschriebenen Zertifikaten und wurden für den Anwendungsfall als Recycling Gold Token (RGT) definiert. Dabei entsprechen 10 RGT = 1 g Feingold. Wenn Recycling-Gold z.B. in Form von 2726 g Feingoldgranalien von einem Akteur zum nächsten übertragen wird, dann werden mittels Smart Contracts auf dem Ledger 27260 RGT transferiert. Diese Transaktion wird auf dem Ledger mit einer Hash-ID dokumentiert. In der Nutzeroberfläche des DPP ist hierfür ein Feld vorgesehen (*Transaction Hash Id*), welches

die direkte Nachverfolgbarkeit dieses RGT-Transfers im zugehörigen DPP ermöglicht (siehe roter Kasten in *Abbildung 9-9*).

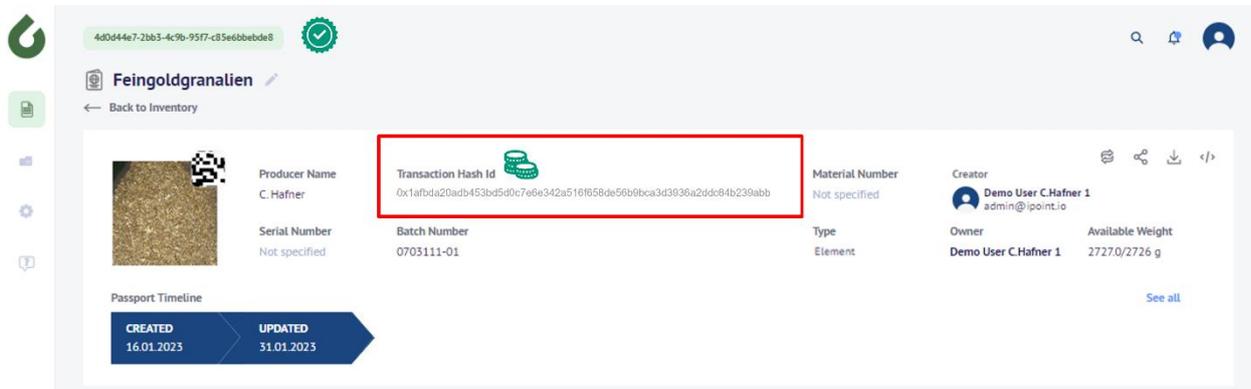


Abbildung 9-9: Referenz zum RGT-Transfer im DPP. In der Übersicht des DPP wird die Hash-ID für die zugehörige Transaktion der RGTs für 2726g Feingoldgranalien auf dem Ledger dargestellt (roter Kasten).

Andersherum wird beim Erstellen eines Produktpasses jedem Pass eine eindeutige Identifikationsnummer (ID) zugewiesen (vgl. auch *Abbildung 9-5*). Diese ID wird auf dem Ledger beim Transferieren der Token hinterlegt. Dadurch ist nachvollziehbar, für welchen Pass, bzw. welches Produkt und welche Menge Recycling-Gold auf dem Ledger Token transferiert wurden. In *Abbildung 9-10* ist beispielhaft eine Transaktion von 27260 RGT für den Wert von 2726g Recyclinggold dargestellt. Das Feld *Input Data* (unterster roter Kasten) zeigt die ID des Produktpasses aus *Abbildung 9-9*.

Transaction Details < >

Overview Internal Txns Logs (3) State

[This is a Goerli **Testnet** transaction only]

Transaction Hash: **0x1afbda20adb453bd5d0c7e6e342a516f658de56b9bca3d3936a2ddc84b239abb**

Status: **Success**

Block: **8404227** **686036 Block Confirmations**

Timestamp: **119 days 16 hrs ago (Jan-30-2023 04:19:24 PM +UTC)**

From: **0xa443BFd04676B48049223D2a2F8A005D5fbC508d**

Interacted With (To): **0xa418B489061FF62174104EaDea1782AD778297a0**

ERC-20 Tokens Transferred: **From 0xa418B4...778297a0 To 0xa443BF...5fbC508d For 27,260 RecycledGold...(RGT...)**

Value: **0 ETH (\$0.00)**

Transaction Fee: **0.000168394891038786 ETH \$0.00**

Gas Price: **2.500035498 Gwei (0.000000002500035498 ETH)**

Gas Limit & Usage by Txn: **67,357 | 67,357 (100%)**

Gas Fees: **Base: 0.000035498 Gwei | Max: 2.500074816 Gwei | Max Priority: 2.5 Gwei**

Burnt & Txn Savings Fees: **Burnt: 0.000000002391038786 ETH (\$0.00) Txn Savings: 0.000000002648342526 ETH (\$0.00)**

Other Attributes: **Txn Type: 2 (EIP-1559) Nonce: 9 Position In Block: 7**

Input Data: **0bf...AA~ãT | p\$4d0d44e7-2bb3-4c9b-95f7-c85e6bbebde8**

Abbildung 9-10: Übersicht über die Transaktion von RGTs im Wert von 2726g Recyclinggold. Der zugehörige DPP ist über seine ID unter „Input Data“ hinterlegt. Die Transaktion kann auf dem Ledger eingesehen werden²¹⁰.

²¹⁰ <https://goerli.etherscan.io/token/0xf748bf81df1d91b2bc0eab51051434a2fc42c737>

In Kapitel 6.4 und 6.5.13 wurde neben einem Material-gebundenen Produktpass ebenfalls ein Material-ungebundener Produktpass beschrieben. Im Prototypen lassen sich diese beiden Szenarien wie in *Tabelle 9-1* gezeigt abbilden.

Tabelle 9-1: Umsetzung von Material-gebundenem und Material-ungebundenem DPP

Situation	Feld <i>Transaction Hash Id</i> im DPP	Pass Owner
Pass wurde erstellt, aber noch keine Token generiert	leer	User 1
RGT-Erstellung per Smart Contract durch User 1	Hash-ID der (=Transaktion)	User 1
Transfer von Pass und RGTs („Material-gebunden“)	Hash-ID der Transaktion der übertragenen Token	User 2
Transfer des Passes ohne RGTs („Material-ungebunden“)	leer	User 2

Bei der Material-ungebundenen Situation wird ein DPP weitergegeben, aber es wird keine Transaktion von RGTs ausgeführt. Die RGTs können unabhängig über den Ledger gehandelt werden.

10 Arbeitspaket 8: Evaluierung des Demonstrators

Schwerpunkt von Arbeitspaket 8 ist die Analyse von Daten, Erkenntnissen und Rückmeldungen, die während und nach dem Prototypbetrieb gesammelt wurden. Ziel des Arbeitspakets ist es, die Tragfähigkeit der DLT-Verwendung zum Zwecke der Weiterentwicklung der Kreislaufwirtschaft, der Verbesserung der aktuellen Prozesse und der Effizienz zu ermitteln. Der im Projekt entstandene Prototyp ist ein Modell für den Datenaustausch über die Lieferkette. Mit ihm können die Erkenntnisse aus dem Projekt im Dialog mit Interessenten in andere Unternehmen und Branchen transferiert und dort diskutiert werden. Am Beispiel realer Material-, Produkt- und Stoffstromdaten von beteiligten Unternehmen wurde seine Funktion und sein Nutzen geprüft und er bietet die Möglichkeit für weitere Anpassungen und Weiterentwicklungen.

Die Verwendung der Blockchain im Bereich nachhaltige Lieferketten ist ein sich schnell ändernder Bereich. Es ist noch unklar, welche Blockchain-Systeme sich für diese Anwendung durchsetzen werden. Im Rahmen des Projektes wurde für die Umsetzung des Smart Contract eine Ethereum Test-Blockchain genutzt. Dies hatte den Vorteil, eine

kontrollierte Testumgebung für den Demonstrator zu nutzen und einen umfassenden Aufbau eines Netzwerkes und das Eingreifen in operative IT-Systeme der Industriepartner zu vermeiden. Für einen operativen blockchain-unterstützten DPP sollte eine direkte Anbindung an Enterprise-Resource-Planning- (ERP)- oder Fertigungsmanagementsysteme ermöglicht werden. Dies würde den Automatisierungsgrad erhöhen und die manuelle Eingabe von Daten reduzieren. Es ist davon auszugehen, dass in Zukunft zwischen den verschiedenen genutzten ERP-Systemen eine hohe Interoperabilität nötig sein wird. Der entwickelte Prototyp ist eine erste technische Lösung, die sich dahingehend schnell optimieren und den Anforderungen des Marktes anpassen lässt. Desweiteren lag mit dem Use Case Recycling-Gold der Fokus auf der Lieferkette für Sekundärmaterialien. Um jedoch die gesamte Lieferkette mit einem blockchain-basierten Demonstrator abbilden zu können, müsste der Prototyp auf die Primärlieferkette ausgeweitet werden (siehe Abschnitt 6.5.6). Aus technischer Sicht bietet der Prototyp mit dem Digitalen Produktpass ein flexibles System, welches verschiedenste Nutzer und Akteure abbilden kann. Blockchain-seitig ist dafür eine direkte Anbindung an bereits erprobte Blockchain-Systeme wie zum Beispiel SustainBlock denkbar (siehe Abschnitt 6.2.2). Darüber könnten zusätzlich zu Recyclinggold auch Zulieferer von Primärmaterial im System erfasst werden. Basierend auf der agilen Software-Entwicklung wurden bereits während der Entwicklung regelmäßig Nutzerrückmeldungen aus den drei Partnerunternehmen eingeholt und berücksichtigt. So konnte ein Demonstrator entwickelt werden, der die Bedürfnisse des Anwendungsfalles Recycling-Gold sehr nah abbildet, aber dennoch flexibel auch für andere Branchen wie z.B. weitere Metall verarbeitende oder stückgut- bzw. mengen(bulk)verarbeitende Unternehmen anwendbar ist.

10.1 Funktionen

Für einige der Funktionen im Prototypen, wie dem Recycling-Anteil und dem CO₂-Fußabdruck, fehlen die notwendigen Standards, um einen Transfer der Daten und eine Vergleichbarkeit in einheitlichen Formaten zu gewährleisten. Hier ist abzuwarten, welche Standards sich durchsetzen. Da die Umsetzung eines DPP zurzeit vielfach diskutiert wird und noch keine finalen Standards existieren, ist der Prototyp eine geeignete Grundlage, um die zukünftigen Anforderungen in diesem Bereich umzusetzen und zu validieren.

Eine mögliche Weiterentwicklung, die im Projekt diskutiert, aber im Demonstrator nicht direkt umgesetzt wurde, ist die Einbindung von auditierenden Instanzen (vgl. Abschnitt 6.5.13). Für diese sind weitere Funktionen wie digitale Signaturen oder Indikatoren für den Nutzer über erfolgte Zertifizierungen denkbar.

10.2 Technologie

Der Einsatz von DLT bzw. Blockchain-Technologie im Rahmen dieses Projekt bot eine sinnvolle technologische Grundlage für das Erreichen der Projektziele. Insb. die native Unterstützung von Tokens und das Schaffen einer gemeinsamen Datenbasis. Die native Unterstützung der Token erlaubt es Goldzertifikate in Form der Recycelt-Gold-Tokens umzusetzen. Eine gemeinsame Datenbasis entsteht durch das gemeinsam betriebene Blockchain-Netzwerk, welches als Teil der Dateninfrastruktur für die Sicherstellung von Datenintegrität genutzt wird. Auf diese Weise gibt es keinen einzelnen Akteur der andere Akteure durch das alleinige Bereitstellen der Dateninfrastruktur in eine Vertrauensabhängigkeit bringt.

10.3 Performance

Dennoch gibt es diverse Aspekte, die man kritisch betrachten muss. Ein Punkt ist die Performance. Je nach Blockchain-Design (also Ethereum, Hyperledger Fabric, usw.) und Betriebsmodus gibt es verschiedene Transaktionsdurchsätze. Dies muss nicht zwingend ein Problem darstellen. In Industrien mit größeren Stückzahlen kann dies jedoch eine Limitierung sein. Weiter können Limitierung durch die Größe des Liefernetzwerkes bzw. der beteiligten Akteure auftreten, da maximal möglich Anzahl an Teilnehmern vom Blockchain-Design und dem gewählten Konsensmechanismus abhängt. Auch kann der Konsensmechanismus Auswirkungen auf die Performance und den Energieverbrauch haben. Dies muss jedoch von Fall zu Fall betrachtet werden. Es gibt neben den energieintensiven Konsensmechanismen, welche auf Proof of Work basieren, mittlerweile jedoch auch moderne Mechanismen, die andere Verfahren nutzen.

Jede neue Technologie muss zunächst beherrscht werden, damit geht ein weiterer Kritikpunkt ein: Der Umgang mit DLT und Blockchain-Technologie birgt eine höhere Komplexität als der Umgang mit konventionellen Technologien (z.B. einfache Datenbank). Das Schulen von Mitarbeitern oder finden geeigneter Experten ist daher mit Kosten verbunden.

10.4 Datensicherheit

Die drei wichtigsten Schutzziele der IT-Sicherheit, die sog. CIA-Triade, werden durch den Einsatz von DLT unterschiedlich adressiert. CIA steht hierbei für Confidentiality (dt. Vertraulichkeit), Integrity (dt. Integrität) und Availability (dt. Verfügbarkeit). Zur Erreichung des Schutzziels der Vertraulichkeit müssen Anpassungen an der Architektur erfolgen; hier wurde ein Off-Ledger-Speichermodell gewählt. In diesem werden nur Metadaten auf dem Ledger gespeichert, Anwendungsdaten werden in den Datenbanken der entsprechenden Akteure gespeichert. Auf diese Weise können Geschäftsgeheimnisse gewahrt und das Freigabe von Informationen kontrolliert werden. Eine andere Möglichkeit wären der Einsatz von PETs (sog. „Privacy Enhancing Technologies“) wie z. B. Verschlüsselung.

Das Erreichen der anderen beiden Schutzziele wird meist direkt durch DLT oder Blockchain-Technologie unterstützt. Durch die Manipulationssicherheit des Ledger kann die Datenintegrität gewahrt werden. Durch die Replikation des Ledgers innerhalb jeden Knotens des DLT-Netzwerks gibt es eine maximale Verfügbarkeit der Daten.

Für eine stärkere Nachvollziehbarkeit, und auch als Grundlage für zukünftige Automatisierung bei der Erfassung der Eingabedaten, können Daten aus angebundenen Systemen referenziert und deren Integrität mit den Datenhashwerten belegt werden. So ist z. B. eine Anbindung an ERP-Systeme möglich.

10.5 Nachvollziehbarkeit

Der Faktor Nachvollziehbarkeit umfasst ebenfalls das Management der Recycling-Gold-Token. Diese werden in einem definierten Smart-Contract durch berechnigte Akteure erstellt. Das sind Akteure welche Recyclinggold herstellen oder, im generalisierten Fall, beliebiges Recyclingmaterial. Tokens, welche nicht mehr benötigt werden, können verbrannt, d.h. ungültig gemacht, werden. Dies kann z.B. erfolgen, wenn ein weiteres Übertragen der Tokens nicht mehr gewünscht ist. Die Übertragung durch Endnutzer ist z. B. nicht vorgesehen; diese sollen lediglich einen Recyclingnachweis erhalten.

Auditoren können die Menge der Tokens einsehen und mit der Materialbilanz des Unternehmens vergleichen. Dabei muss der Output an Recyclinggold (bzw. Tokens) stets kleiner sein als der Input an Altgold.

Nicht nur die Kontrolle durch Auditoren, sondern auch die gegenseitige Kontrolle der Akteure wurde im Prototyp berücksichtigt. Die Übergabe der DPPs von einem Akteur auf

einen anderen ist ein zweischrittiger Prozess. Ein DPP ist erst dann an einen anderen Akteur übergeben, wenn dieser den DPP akzeptiert. Er kann ihn auch ablehnen. Außerdem können Token und DPPs erst erstellt werden, wenn sich Scheideanstalt und Lieferant einig über den Goldanteil sind.

11 Arbeitspaket 9: Geschäftsmodelle und Ordnungsrahmen

11.1 Vorgehensweise

Das Ziel des Arbeitspakets 9 war es, eine Landkarte möglicher Geschäftsmodelle zu entwickeln und zu systematisieren, welche durch DLT entstehen können. Dazu wurden auch relevante Ordnungsrahmen einbezogen.

Die Ermittlung möglicher Geschäftsmodelle basiert auf der Analyse potenzieller Anwendungsfälle (vgl. Abschnitt 6). Zusätzlich zu dieser wurde erfasst, ob für ein Fallbeispiel auch ein wirtschaftlicher Mehrwert zu erwarten ist. In diesem Fall wurde abgeschätzt, welche Teilnehmer wie stark profitieren können. Geachtet wurde insbesondere darauf, ob auch Teilnehmer für das Gelingen eines übergreifenden Geschäftsmodells notwendig sind, welche durch ihre Teilnahme selbst keinen unmittelbaren Mehrwert erfahren. Die ermittelten Akteure, Informationen und (fehlenden) Anreize wurden für jedes mögliche Geschäftsmodell schematisch dargestellt. Untersucht wurde weiterhin, ob es sich um ein neues, eigenständiges Geschäftsmodell handelt; oder ob DLT dazu beiträgt, ein bereits existierendes Geschäftsmodell zu optimieren. Für diese Analyse wurde auf die Recherche paralleler Projekte (vgl. Abschnitt 6.2.2) zurückgegriffen.

Als feststand, welche Unternehmenspartner am Projekt teilnehmen, wurde gemeinsam mit diesen ermittelt, welche potentiellen Geschäftsmodelle besonders interessant und umsetzbar erscheinen. Die identifizierten Geschäftsmodelle wurden dann noch eingehender analysiert. Dabei wurden die Besonderheiten der Edelmetallbranche aufgegriffen; gleichzeitig wurde immer darauf geachtet, wie sich die Geschäftsmodelle branchenunabhängig darstellen und übertragen lassen.

Zu Projektbeginn zeigte sich, dass Unternehmen Interesse haben, proaktiv DLT für die Schaffung neuer Geschäftsmodelle zu nutzen. Als noch größer erwies sich aber das

Interesse, auf bestehende und erwartete Berichts- und Informationspflichten mittels DLT zu reagieren. Auch der Projektträger äußerte, dass im Projekt untersucht werden sollte, wie DLT den Informationsaustausch zwischen Unternehmen und Umweltverwaltungen vereinfachen kann.

Eine Literaturrecherche ergab rechtliche Ordnungsrahmen, welche die Nutzung der DLT durch Unternehmen sinnvoll erscheinen lassen. Dabei fanden sich auch relevante Rechtsvorschriften, welche bei Antragsstellung noch nicht absehbar waren, wie zum Beispiel ein erster Entwurf für ein deutsches Lieferkettengesetz. Nach einer systematischen Recherche zu Projektbeginn wurden laufend weitere Entwürfe für Ordnungsrahmen gesichtet und ihre Relevanz bewertet. Einige der gefundenen Rechtsrahmen wurden auf betroffene Akteure, deren Beziehungen und Informations- und Berichtspflichten analysiert. Untersucht wurden konkret die Dodd-Frank Act Section 1502 für Konfliktmineralien; die EU-Verordnung 2017/821 für Mineralien aus Hochrisikogebieten und damit einhergehende Due-Diligence-Vorschriften; das deutsche Lieferkettengesetz; der Qualitätsmanagement-Standard IATF 16949 der Automobilindustrie; die EU-Chemikalienverordnung Nr. 1907/2006 (REACH) mitsamt der SCIP-Datenbank; Entwürfe für eine Europäische Lieferkettenverordnung und die Sustainable Products Initiative der EU. Die Informations- und Berichtspflichten des Dodd-Frank Acts, der EU-VO 2017/821 und des Deutschen Lieferkettengesetzes wurden für die ReDiBlock-Projektpartner bereits zu Projektbeginn aufbereitet und schriftlich zusammengefasst. Später folgten Informationen zu REACH/SCIP und zur Europäischen Lieferkettenverordnung (s. Anhang).

Nachdem feststand, dass Praxispartner aus der Edelmetallbranche am Projekt teilnehmen, wurden noch einmal gezielter Ordnungsrahmen analysiert, welche in dieser Industrie besonders relevant sind. So wurden neben dem US-amerikanischen Dodd-Frank Act, der Konfliktmineralienverordnung der EU und dem deutschen Lieferkettensorgfaltspflichtengesetz auch branchenspezifische Zertifizierungen genauer analysiert, wie zum Beispiel des Responsible Jewellery Council (RJC), der London Bullion Market Association (LBMA), oder der Responsible Minerals Initiative (RMI). Neben der Untersuchung der einschlägigen Gesetze und Branchenzertifizierungen wurde auch Kontakt mit durchsetzenden Umweltverwaltungen aufgenommen, wie zum

Beispiel der Deutschen Kontrollstelle EU-Sorgfaltspflichten in Rohstofflieferketten (DEKSOR).

11.2 Landkarte der Geschäftsmodelle

Die Landkarte möglicher Geschäftsmodelle für mehr Ressourcenschonung und Kreislaufwirtschaft mittels DLT basiert auf der Analyse möglicher Anwendungsfälle (vgl. Abschnitt 6). Identifiziert wurden 16 mögliche Anwendungsfälle, von denen 15 hier als potenzielle Geschäftsmodelle betrachtet werden (vgl. *Abbildung 11-1*):

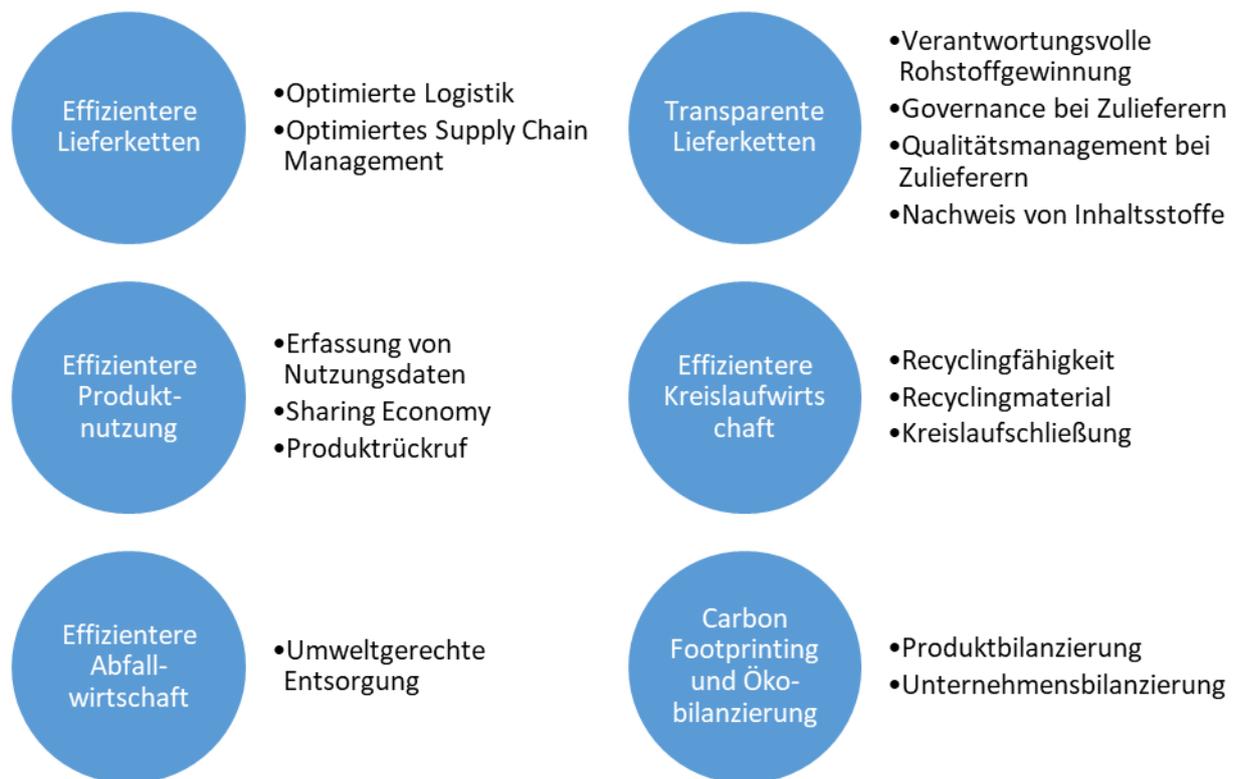


Abbildung 11-1: Mögliche Geschäftsmodelle für Ressourcenschonung und Kreislaufwirtschaft mittels DLT²¹¹

Für jedes mögliche Geschäftsmodell wird zunächst geschildert, welcher übergreifende Nutzen durch die Nutzung eines DLT-Systems erlangt werden kann – wodurch also der ökonomische Mehrwert des Geschäftsmodells zu erwarten ist.

²¹¹ Eigene Abbildung, basierend auf eigenen Recherchen und Analysen paralleler Projekte (s. Abschnitte 6.1, 6.2, Anhang)

Die Akteure und übermittelten Informationen werden im Folgenden jeweils anhand einer schematischen Darstellung einer Lieferkette verdeutlicht. Dargestellt werden jeweils die Teilnehmer und die übermittelten Informationen. Dabei wird unterschieden, ob Akteure im Geschäftsmodell unmittelbar profitieren können (im Folgenden grün dargestellt); oder ob auch Akteure für das Gelingen eines Geschäftsmodells notwendig sind, welche ohne eine Anreizsetzung durch andere Profiteure des Geschäftsmodells kein unmittelbares Interesse an einer Teilnahme an einem DLT-System haben (in den Abbildungen rot eingetragen).

Weiter wird erläutert, ob ein Anwendungsfall einer Distributed Ledger ein eigenständiges Geschäftsmodell ist; oder ob die Technologie dazu genutzt werden kann, bereits bestehende Geschäftsmodelle zu optimieren. Schließlich wird kurz aufgezeigt, welche potenziellen Geschäftsmodelle bereits erprobt oder schon in der Unternehmenspraxis umgesetzt werden.

Im Folgenden wird jeweils ein potenziell eigenständiges Geschäftsmodell dargestellt; möglich ist aber auch vielfach, die aufgezeigten Geschäftsmodelle zu kombinieren, um Synergien zu schöpfen.

Optimierte Logistik

Die Optimierung von Logistik mittels DLT kann allen Beteiligten einen ökonomischen Mehrwert bieten. Der Nutzen der DLT besteht hier darin, dass Dokumentations- und Berichtspflichten entlang von Lieferketten automatisiert werden, sowohl zwischen Unternehmen einer Lieferkette, wie auch zwischen Unternehmen und Kontrollbehörden. Damit sinken der Verwaltungsaufwand und letztlich die Transportzeit. Eine gesonderte Anreizsetzung sollte somit nicht notwendig sein, um Akteure von der Teilnahme an einem solchen System zu überzeugen (s. *Abbildung 11-2*).

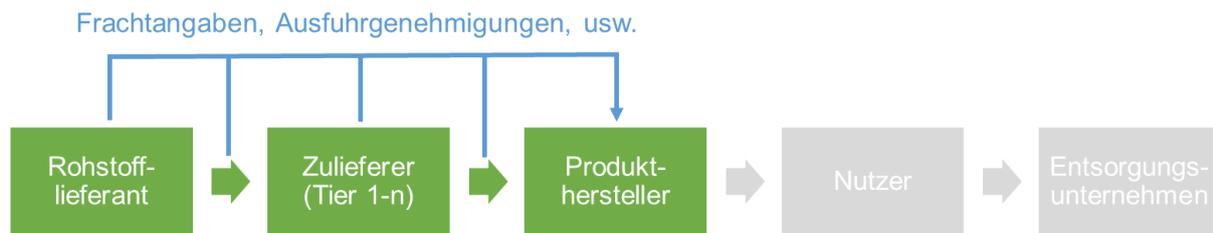


Abbildung 11-2: Akteure und Informationsflüsse für optimierte Logistik

Ein mögliches Geschäftsmodell besteht darin, dass Logistikdienstleister anderen Unternehmen eine solche Optimierung ihrer Logistik anbieten. Auch Unternehmen, welche selbst Güter herstellen oder mit diesen handeln, können die Teilnahme an einem DLT-System in ihren Lieferketten anbieten. Sie können daraus ebenfalls ein Geschäftsmodell machen, oder zumindest bestehende Geschäftsbeziehungen ausdifferenzieren.

Die Optimierung von Logistik mittels DLT ist bereits ein reales Geschäftsmodell, so zum Beispiel in der Containerlogistik des Unternehmens Maersk. Hierbei arbeitet der Logistikdienstleister mit IBM und seinen wichtigsten Kunden zusammen.

Optimiertes Supply Chain Management

Auch die Optimierung des Supply Chain Managements mithilfe von DLT bietet allen teilnehmenden Unternehmen ökonomische Vorteile. Der Mehrwert liegt darin, dass mittels DLT eine bessere Abstimmung innerhalb gemeinsamer Lieferketten erfolgt. Im Endeffekt kann DLT so dazu beitragen, dass geringere Bestände und mehr Flexibilität nicht im Widerspruch zu höherer Versorgungssicherheit stehen. Da alle teilnehmenden Akteure profitieren können, sollte eine gesonderte Anreizsetzung für die Teilnahme am System nicht notwendig sein (s. Abbildung *Abbildung 11-3*).

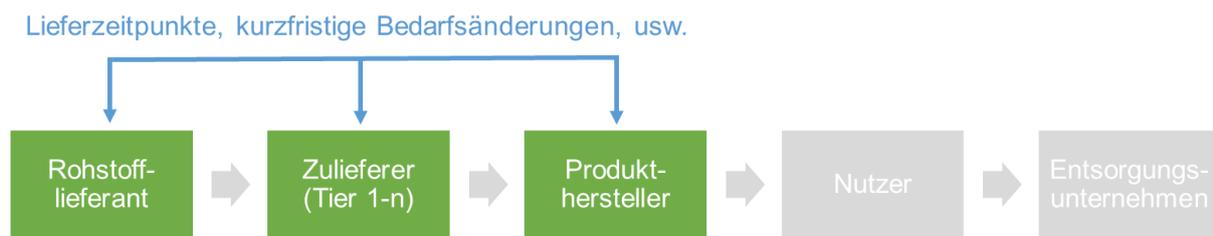


Abbildung 11-3: Akteure und Informationsflüsse für optimiertes Supply Chain Management

Wie bei der Optimierung der Logistik ist auch beim Supply Chain Management möglich, dass Dienstleister eine DLT-Optimierung als ihr eigenständiges Geschäftsmodell anbieten. Produzierende und handelnde Unternehmen können ihre bestehenden Lieferbeziehungen gegenüber Wettbewerbern ausdifferenzieren.

Die Optimierung von Supply Chain Management mittels DLT ist eines der Geschäftsmodelle, die bereits in der Unternehmenspraxis umgesetzt werden. Ein Praxisbeispiel ist das Projekt ‚Foodtrust‘, in dem die Supermarktkette Walmart mit Lieferkettenpartnern und IBM seine Lieferbeziehungen für Lebensmittel optimiert.

Verantwortungsvolle Rohstoffgewinnung

Vom fälschungssicheren Nachweis verantwortungsvoller Rohstoffgewinnung profitieren die nachgelagerten Verarbeiter der Rohstoffe. Der (ökonomische) Mehrwert liegt darin, dass Unternehmen Reputationsrisiken und weitere Compliance-Risiken minimieren, wie etwa potentielle Sanktionen bei Verstößen gegen Lieferkettengesetze.

Die Kenntnis der eigenen Rohstoffquellen kann zu einer (höheren) Versorgungssicherheit beitragen. Der Nachweis eines verantwortungsbewussten Bezugs kann auch in der Ansprache und Gewinnung von Kunden von Vorteil sein. Einerseits kann es für Unternehmenskunden attraktiv sein, ihr Risikomanagement zu optimieren; andererseits können auch Privatkunden bereit sein, für verantwortungsvolle Rohstoffquellen einen Mehrpreis zu zahlen.

Der Rohstofflieferant profitiert nicht unmittelbar davon, dass er nachfolgenden Verarbeitern zusätzliche Informationen über seine Abbaubedingungen bereitstellt. Hier

ist es also notwendig, dass dessen Abnehmer einen Anreiz bieten, etwa durch Bezahlung der Nachweise, zugesicherte Abnahmemengen, oder ähnliches (s. *Abbildung 11-4*).

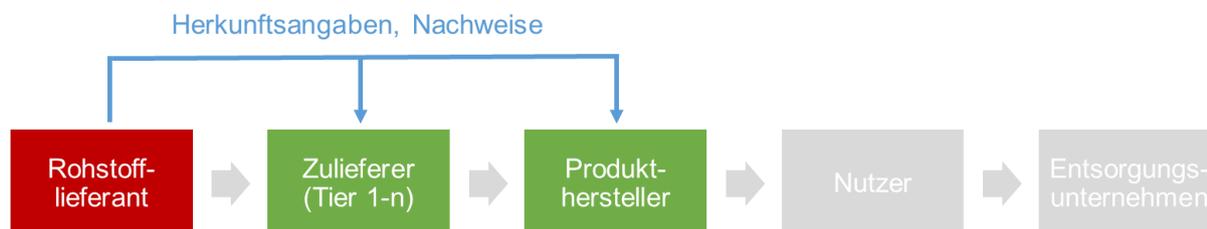


Abbildung 11-4: Akteure und Informationsflüsse für verantwortungsvolle Rohstoffgewinnung

Dadurch ergibt sich für rohstoffliefernde und rohstoffverarbeitende Unternehmen kein vollkommen neues Geschäftsmodell. Es ist diesen Unternehmen aber möglich, ihre Geschäfte gegenüber Wettbewerbern auszudifferenzieren. Ferner kann der Nachweis einer verantwortungsvollen Beschaffung auch von Dienstleistern erbracht werden, welche dies als ihr Geschäftsmodell nutzen.

Die Sicherstellung verantwortungsvoller Rohstoffgewinnung mittels DLT wird bereits in einigen Fällen in der Unternehmenspraxis umgesetzt. So bietet zum Beispiel iPoint seinen Industriepartnern die Möglichkeit, verantwortungsvoll gewonnenes Wolfram nachzuweisen. Das Geschäftsmodell wurde für Gold auch in der ReDiBlock-Fallstudie erprobt (vgl. Abschnitt 6.5).

Governance von Zulieferern

Wird DLT für die Governance von Zulieferern genutzt, kann dies den nachfolgenden Weiterverarbeitern einen Mehrwert bieten. Wie schon bei der verantwortungsvollen Rohstoffgewinnung profitieren diese von einer besseren Kenntnis ihrer Bezugsquellen und einem geringeren Risiko von Compliance-Verstößen und deren Folgen. Die Kenntnis der eigenen Zulieferer kann die Versorgungssicherheit erhöhen. Ein Unternehmen kann die ‚Fairness‘ seiner Lieferanten gegenüber seinen Kunden vermarkten.

Analog zum Anwendungsfall der verantwortungsvollen Rohstoffgewinnung hat der kontrollierte Zulieferer nicht immer einen unmittelbaren Anreiz, die gewünschten zusätzlichen Informationen zu liefern. Auch hier ist dann eine Anreizsetzung durch dessen Abnehmer notwendig (s. *Abbildung 11-5*).



Abbildung 11-5: Akteure und Informationsflüsse für Governance von Zulieferern

Für Weiterverarbeiter, welche ihre Zulieferer kontrollieren, ergibt sich in diesem Fall kein neues Geschäftsmodell. Möglich ist aber, Geschäftsmodelle mit bestehenden Produkten auszudifferenzieren. So kann sich ein Unternehmen zum Beispiel von der Konkurrenz abheben, wenn es schon im Markt befindliche Erzeugnisse mit einer nachhaltigeren Herstellung bewerben kann. Ferner können Dienstleister Governance-Nachweise zu ihrem neuen Geschäftsmodell machen.

Auch dieser Anwendungsfall von DLT wurde schon mehrfach in die Geschäftspraxis umgesetzt, so zum Beispiel beim Projekt ‚Textile Trust‘ des Bekleidungsunternehmens Kaya&Kato und dessen Lieferanten gemeinsam mit dem Bundesministerium für Wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung und IBM. Die Governance von Zulieferern wurde auch in der ReDiBlock-Fallstudie erprobt (vgl. Abschnitt 6.5).

Qualitätsmanagement von Zulieferern

Wird DLT dazu genutzt, die Qualität der eigenen Zulieferer zu überprüfen profitieren davon die Unternehmen, die (Zwischen-)Produkte herstellen und abnehmen. DLT ermöglicht eine ‚produktscharfe‘ Erfassung von Qualität in Echtzeit und damit einen geringeren Aufwand für die Eingrenzung bzw. Nachbearbeitung mangelnder Teile. Die Konformität mit Qualitätsmanagement-Systemen wird so vereinfacht. Letztlich erlangen

alle Beteiligten einen ökonomischen Mehrwert, eine gesonderte Anreizsetzung sollte nicht notwendig sein (s. *Abbildung 11-6*).

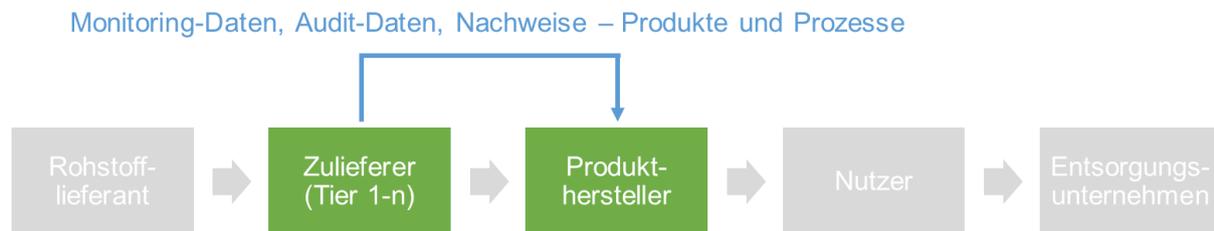


Abbildung 11-6: Akteure und Informationsflüsse für Qualitätsmanagement von Zulieferern

Auch in diesem Fall ergibt sich durch die Anwendung von DLT kein neues, eigenständiges Geschäftsmodell für produzierende Unternehmen. Die Technologie ermöglicht aber, sich durch ein optimales Qualitätsmanagement von Dritten positiv zu unterscheiden. Auch in diesem Anwendungsfall ist denkbar, dass Dienstleister die Optimierung des Qualitätsmanagements in der Industrie zu ihrem Geschäftsmodell machen.

Für diesen möglichen Anwendungsfall von DLT fand sich noch kein Praxisbeispiel. Denkbar ist dies aber prinzipiell für alle Arten von Qualitätsmanagement-Standards, wie zum Beispiel IATF 16949 in der Automobilindustrie.

Nachweis von Inhaltsstoffen, Produktzusammensetzungen

Der Nachweis von Inhaltsstoffen bzw. Produktzusammensetzungen mittels DLT erlaubt den vereinfachten Nachweis gegenüber Dritten. Dies birgt einen ökonomischen Mehrwert, wenn die Dritten Parteien auch bereit sind, den Nachweiserbringer dafür zu bezahlen. Dies hängt sehr individuell von der Art des Nachweises ab. Selbst, wenn das so ist, hat der Zulieferer nicht unbedingt einen Anreiz, seinem Abnehmer (zusätzliche) Informationen zu liefern. Hier ist also eine Anreizsetzung durch den Abnehmer notwendig (vgl. *Abbildung 11-7*).

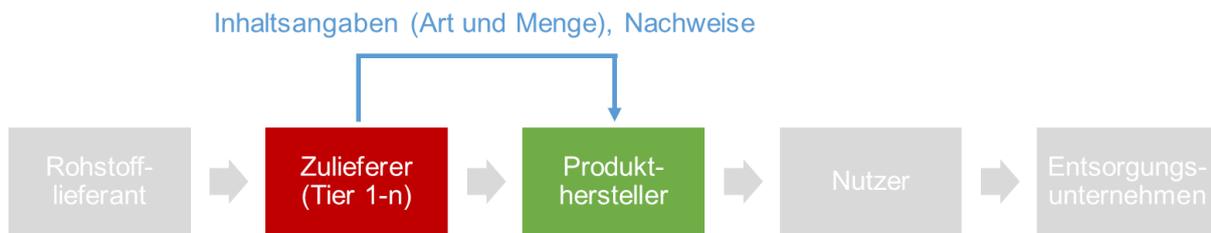


Abbildung 11-7: Akteure und Informationsflüsse für Nachweis von Inhaltsstoffen, Produktzusammensetzungen

Je nach Kontext kann die Deklaration von Inhaltsstoffen bzw. Produktzusammensetzungen ein neues Geschäftsmodell ermöglichen. Dies ist immer dann der Fall, wenn ein Nachweis ohne DLT bisher nicht (oder nicht ohne unverhältnismäßigen Aufwand) möglich war und für Abnehmer eine lohnende Information darstellt.

Dieses Anwendungsbeispiel für DLT wurde bereits in der Praxis erprobt, so zum Beispiel im Projekt ‚Chemchain‘ von DOW Chemicals.

Erfassung von Nutzungsdaten, Smart Maintenance

DLT kann einen ökonomischen Mehrwert generieren, wenn die Nutzungsdaten eines Produktes zwischen Hersteller und Nutzer ausgetauscht werden. Dieser Mehrwert kann durch geringeren Wartungsaufwand und geringere Ausfallzeiten entstehen. In diesem Fall profitiert unmittelbar der Produktnutzer von seiner Teilnahme am DLT-System. Aber auch der Hersteller des Produktes kann indirekt einen Nutzen davontragen, wenn seine Produkte zuverlässiger funktionieren. Daher sollte für die Anwendung von DLT für Smart Maintenance keine weitere Anreizsetzung notwendig sein (vgl. *Abbildung 11-8*).

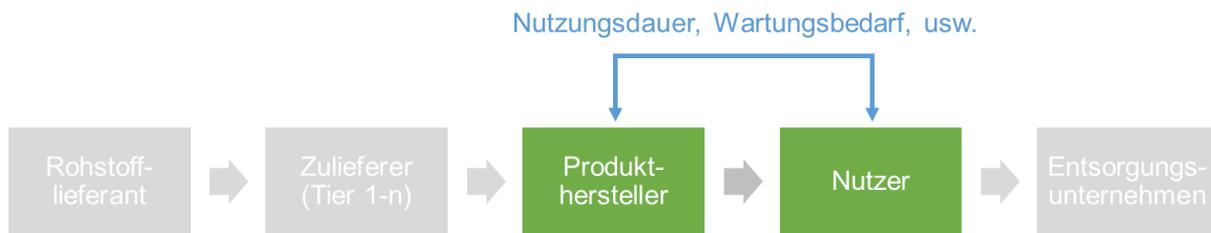


Abbildung 11-8: Akteure und Informationsflüsse Erfassung von Nutzungsdaten, Smart Maintenance

Smart Maintenance kann ein neues Geschäftsmodell für einen Produkthersteller sein, wenn die Nutzer eines Produktes genügend Wert auf die Zuverlässigkeit und Funktionsweise des Produktes und auf die Optimierung der Wartung legen. Dann kann ein Produkthersteller Smart Maintenance als Dienstleistung zusätzlich zum eigentlichen Produkt anbieten. Der Hersteller sollte Smart Maintenance am ehesten mit Gewinn anbieten können. Unter Umständen ist auch möglich, dass Dritte dies als Dienstleistung anbieten und so ihrerseits ein neues Geschäftsmodell erzeugen.

Für dieses mögliche Geschäftsmodell von DLT finden sich bereits erste Versuche, so zum Beispiel ein Projekt des Fraunhofer FIT zu Smart Maintenance im Anlagenbau.

Sharing Economy, XAAS

DLT kann von ökonomischem Nutzen sein, wenn Geschäftsvorgänge einer Sharing Economy ermöglicht oder vereinfacht werden. DLT erlaubt oder optimiert dann die sichere, nachvollziehbare und automatisierte Abwicklung von geteilter Nutzung und Bezahlung. Davon profitieren grundsätzlich sowohl der Produkthersteller, der die Produktnutzung als Dienstleistung anbietet; wie auch der Nutzer. Eine extra Anreizsetzung für eine Teilnahme an einem DLT-System sollte somit nicht notwendig sein (vgl. *Abbildung 11-9*).

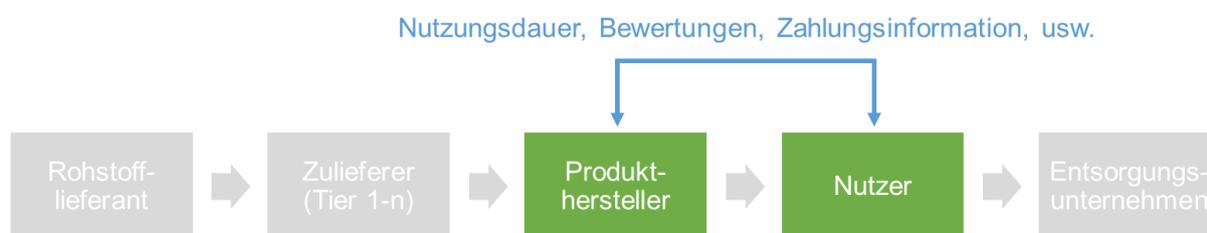


Abbildung 11-9: Akteure und Informationsflüsse für Sharing Economy, XaaS

Je nachdem, ob Sharing Economy durch DLT sogar ermöglicht oder nur optimiert wird, können neue Geschäftsmodelle entstehen oder bestehende Geschäftsmodelle verbessert werden.

Das Sharing Economy mittels DLT wird bereits erprobt, so zum Beispiel im Projekt ‚platforms2share‘ der Universität Mannheim, des Fraunhofer IBP und weiteren.

Produktrückruf

Der Produktrückruf mittels DLT kann nicht nur zu mehr Sicherheit beitragen, sondern damit auch einen wirtschaftlichen Mehrwert bieten. Letzterer entsteht dadurch, dass minderwertige Produkte schneller identifiziert, eingegrenzt und zurückgerufen werden können. Damit haben grundsätzlich alle Teilnehmer an einem DLT-System für Produktrückruf einen Nutzen, eine weitere Anreizsetzung für eine Teilnahme sollte nicht notwendig sein (vgl. *Abbildung 11-10*).

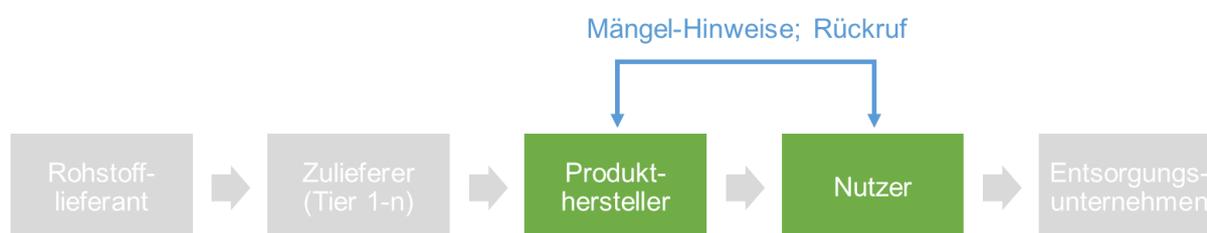


Abbildung 11-10: Akteure und Informationsflüsse für Produktrückruf

Wird ein DLT-System für Produktrückruf für bereits bestehende Produkte, Akteure und Wertschöpfungsketten implementiert, ergibt sich daraus nicht notwendigerweise ein

neues Geschäftsmodell. Je nachdem, wie wertvoll der Empfang der Informationen ist, kann ein Akteur die Information als eigene Dienstleistung verkaufen oder zumindest bestehende Produkte ausdifferenzieren.

Produktrückruf mittels DLT ist bereits in realen Geschäftsprozessen realisiert, so zum Beispiel der Rückruf von Lebensmittel im Projekt ‚Foodtrust‘ von Walmart, IBM und weiteren.

Optimierte Recyclingfähigkeit eigener Produkte

Werden DLT-Systeme dazu genutzt, die Recyclingfähigkeit von Produkten zu optimieren, erlauben sie eine (bessere) Kenntnis der in Produkten verwendeten, verwertbaren Stoffe (nach Art und Menge) und deren Rückgewinnung; die (vereinfachte) Erfüllung (vorgeschriebener) Recyclingquoten; und die vereinfachte Kommunikation mit Umweltverwaltungen bzw. Zertifizieren. Somit kann die DLT-Nutzung zumindest für Recyclingunternehmen auch von ökonomischem Mehrwert sein. Ob auch Hersteller von (Zwischen-)Produkten eine Teilnahme als lohnend erachten, hängt davon ab, wie gesetzliche Vorgaben zur Erfüllung von Recyclingquoten ausgestaltet sind. Reichen bestehende Anforderungen nicht aus, ist es notwendig, dass den Produzenten von (Zwischen-)Erzeugnissen weitere Anreize gesetzt werden (vgl. *Abbildung 11-11*).



Abbildung 11-11: Akteure und Informationsflüsse optimierte Recyclingfähigkeit eigener Produkte

Die Recyclingfähigkeit von Produkten mittels DLT zu erhöhen, kann ein neues Geschäftsmodell sein, wenn ohne DLT kein Recycling möglich wäre und das Recycling mit DLT wirtschaftlich darstellbar ist. Die Wirtschaftlichkeit hängt dann im Wesentlichen vom Wert des recycelten Materials und dem Aufwand für den Recyclingprozess ab. Der Aufwand wiederum ergibt sich nicht nur daraus, wie einfach Materialien wiedergewonnen

werden können; sondern auch daraus, wie groß die Anreize sein müssen, welche ein Recyclingunternehmen den Herstellern von Produkten bieten muss, damit relevante Informationen übermittelt werden.

Die Steigerung der Recyclingfähigkeit mittels DLT wird bereits in der Praxis erprobt, so zum Beispiel die Verwertbarkeit von Flugzeugkomponenten im Projekt ‚Dibichain‘ von iPoint, Airbus und weiteren Partnern. Der Anwendungsfall Optimierte Recyclingfähigkeit wurde auch im Rahmen der ReDiBlock-Fallstudie (vgl. Abschnitt 6.5) eingehender analysiert.

Sicherstellung der Verwendung von Recyclingmaterial

DLT-Systeme können den Nachweis vereinfachen, dass Materialien, Halbzeuge und Produkte aus Recyclingquellen stammen. Dies ist insbesondere auch dann möglich, wenn es am physischen Objekt selbst nicht (oder nur mit unverhältnismäßig hohem Aufwand) erkennbar ist. Ferner können so auch eine bestimmte Qualität und Funktionalität eines Sekundärmaterials sichergestellt werden. Dieser Nachweis kann für alle Teilnehmer eines DLT-Systems einen wirtschaftlichen Mehrwert bieten. Somit kann es sein, dass eine weitere Anreizsetzung in entsprechenden Lieferketten nicht notwendig ist (s. *Abbildung 11-12*).

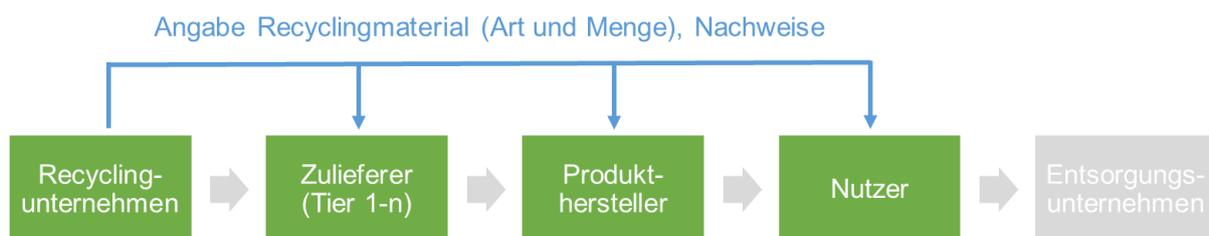


Abbildung 11-12: Akteure und Informationsflüsse für Sicherstellung der Verwendung von Recyclingmaterial

Ob Anreizsetzungen notwendig sind, und ob ein wirtschaftlicher Mehrwert und somit auch ein Geschäftsmodell gegeben sind, hängt immer davon ab, welchen Wert sich die einzelnen Akteure der Lieferkette vom Recycling-Nachweis versprechen. So kann es sein, dass alle Glieder der Wertschöpfungskette einen Mehrwert generieren können. Es

kann aber auch sein, dass ein Nachweis nicht auf allen Stufen einer Lieferkette lohnt. Im zweiten Fall kann ein Geschäftsmodell auch noch vorliegen, wenn Unternehmen durch Recyclingnachweise einen so großen Profit erzeugen, dass sich für sie auch eine nötige Anreizsetzung an andere Teilnehmer einer Lieferkette lohnt.

Für die Beweisführung, dass Materialien aus Recyclingquellen stammen, wird DLT bereits mehrfach in der Unternehmenspraxis eingesetzt. Ein Beispiel ist das Projekt ‚Ambition 2039‘, in dem Daimler die Recyclingquellen von Kobalt für E-Mobilität garantiert. Der Anwendungsfall, dass Recyclingmaterial als solches ausgewiesen wird, war auch zentral für die Fallstudie im Projekt ReDiBlock (vgl. Abschnitt 6.5).

Vollständige Kreislaufschließung

Vollständige Kreislaufschließung mittels DLT kombiniert nicht nur die verbesserte Recyclingfähigkeit und den Nachweis von Recyclingmaterial. Sie kombiniert potentiell auch die wirtschaftlichen Mehrwerte, die in beiden Geschäftsmodellen enthalten sind (s. oben). Auch in der Kombination ist es möglich, dass alle Teilnehmer des DLT-Systems einen Nutzen daraus ziehen und nicht durch weitere Anreize zu einer Teilnahme bewegt werden müssen (s. *Abbildung 11-13*).

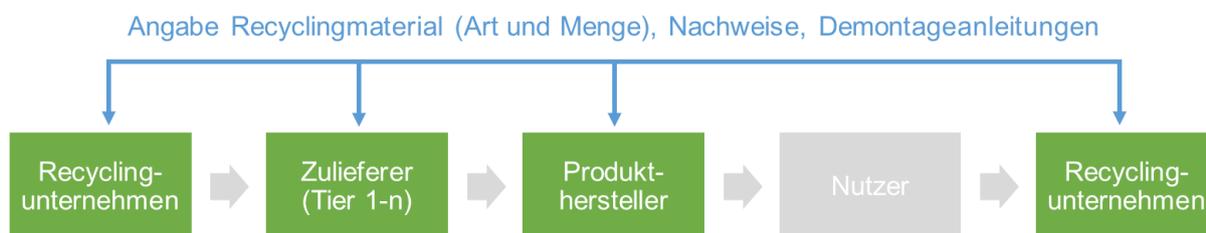


Abbildung 11-13: Akteure und Informationsflüsse für vollständige Kreislaufschließung

Ob die Kreislaufschließung ein profitables Geschäftsmodell darstellt, hängt vom Wert des Recyclingmaterials im Vergleich zum Wert des entsprechenden Materials aus Primärquellen ab; und vom Aufwand, der für Recycling (im Vergleich zur Primärmaterialgewinnung) betrieben werden muss. Zum Aufwand gehört auch, dass Akteure im Kreislauf möglicherweise keinen Grund haben, Recyclingmaterial nachzuweisen, weil sie selbst nicht davon profitieren. Haben andere Teilnehmer am System einen Mehrwert durch einen Nachweis von Recyclingmaterial, müssen Sie ggf.

einen Teil dieses Mehrwerts als Anreiz bieten, damit andere Akteure am System teilnehmen.

Dieser Anwendungsfall eines vollständig geschlossenen Kreislaufs wird vereinzelt in der Unternehmenspraxis erprobt, so zum Beispiel im Projekt ‚Dibichain‘, in dem iPoint, Airbus und weitere Partner Flugzeugkomponenten bzw. deren Materialien im Kreis führen. Im Projekt ReDiBlock war die vollständige Kreislaufschließung zentraler Bestandteil der Fallstudie (vgl. Abschnitt 6.5).

Umweltgerechte Entsorgung

Ist die Schaffung oder Optimierung einer Kreislaufwirtschaft nicht möglich, kann DLT auch zu anderen Formen umweltgerechter Entsorgung beitragen. In diesem Fall kann es für Entsorgungsunternehmen lukrativ sein, an einem DLT-System teilzunehmen. Für Inverkehrbringer von Materialien, Halbzeugen und Produkten ist es häufig nicht lohnend, die entsprechenden Informationen bereitzustellen – wenn auch keine gesetzlichen Pflichten zur Informationsbereitstellung bestehen. In diesem Fall ist eine weitere Anreizsetzung notwendig, etwa in Form neuer Gesetzesanforderungen. Unter Umständen kann es aber auch für produzierende Unternehmen einen Mehrwert bieten, Informationen für eine bessere Entsorgung bereitzustellen, wenn sie dadurch ihre eigenen Entsorgungskosten verringern können (s. *Abbildung 11-14*).

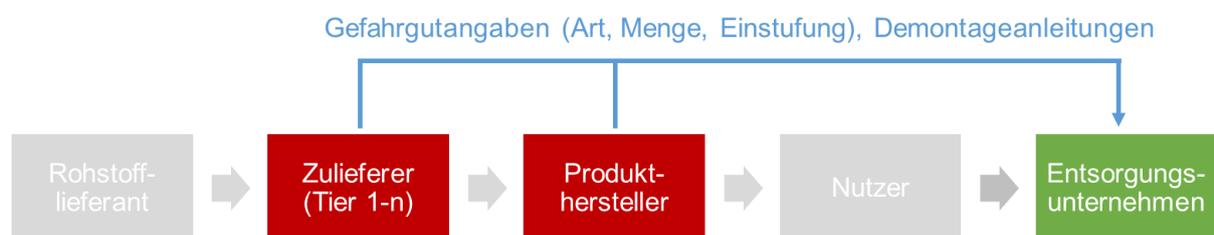


Abbildung 11-14: Akteure und Informationsflüsse für Umweltgerechte Entsorgung

Für Entsorgungsunternehmen kann ein profitables Geschäftsmodell gegeben sein, wenn der Aufwand für die Entsorgung mittels DLT verringert werden kann. Vielfach erscheint jedoch fraglich, ob für diesen Anwendungsfall bei gegebener Rechtslage ein tragfähiges Geschäftsmodell vorliegt.

Für dieses Geschäftsmodell der DLT fand sich kein reales Beispiel. Gleichzeitig ist es in einer Vielzahl von Wertschöpfungsketten in verschiedensten Branchen denkbar, wie zum Beispiel zur umweltgerechten Entsorgung von verbauten Chemikalien – entsprechende Verpflichtungen an Inverkehrbringer vorausgesetzt.

Ökobilanzierung und Carbon Footprinting

Ökobilanzierung unter Zuhilfenahme von DLT ermöglicht die automatisierte, ‚produktscharfe‘ Bilanzierung tatsächlicher Emissionen in Echtzeit und deren vereinfachte Verifizierbarkeit gegenüber Umweltverwaltungen und anderen Anspruchsberechtigten. Möglich ist dies sowohl für Produktökobilanzen, wie Unternehmensklimabilanzen (vgl. Abschnitt. Unter Umständen kann die Ermittlung und Weitergabe dieser Informationen auch einen ökonomischen Mehrwert generieren. Wichtig ist dafür insbesondere, ob nur vereinzelte Unternehmen ein Interesse an Ökobilanzierung haben, oder ob mehrere Unternehmen in Geschäftsbeziehungen eine Motivation haben. Davon hängt ab, ob Unternehmen von einem wechselseitigen Informationsaustausch profitieren, oder ob für die Bereitstellung von Informationen eine einseitige Anreizsetzung durch das ökobilanzierende Unternehmen notwendig ist (vgl. *Abbildung 11-15*).

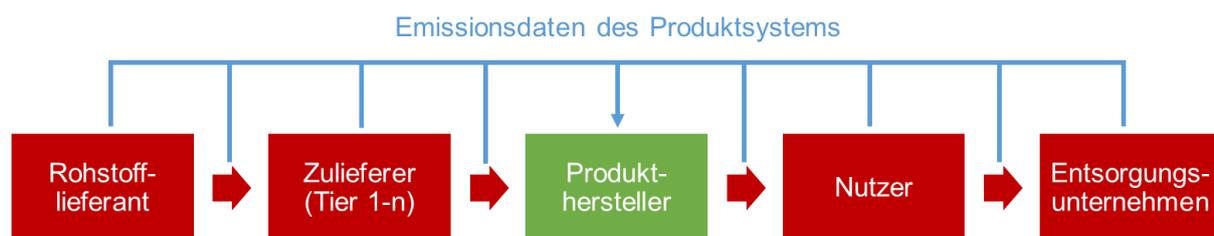


Abbildung 11-15: Akteure und Informationsflüsse Ökobilanzierung und Carbon Footprinting von Produkten

Produktökobilanzierung mittels DLT wird bereits in mehreren Demonstrationsprojekten erprobt, so zum Beispiel im Projekt ‚CarbonBlock‘ von iPoint und Industriepartnern, wo der Klimafußabdruck eines Stoßdämpfers ermittelt wurde. Das Carbon Footprinting war auch zentraler Bestandteil der ReDiBlock-Fallstudie (vgl. Abschnitt 6.5).

Unternehmensökobilanzierung mittels DLT wird bereits erprobt, so zum Beispiel durch IBM für ein Firmenkonsortium in der Energiebranche. Zentral war dies auch in der ReDiBlock-Fallstudie (vgl. Abschnitt 6.5).

11.3 Relevante Ordnungsrahmen

DLT besitzt für die Erfüllung vorgeschriebener Informations- und Berichtspflichten ein großes Potenzial. *Tabelle 11-1* bietet eine Übersicht über die Ordnungsrahmen, welche hierfür erfasst, analysiert und als relevant erachtet wurden.

Tabelle 11-1: Übersicht über relevante Ordnungsrahmen, deren Urheber und den Stand der Umsetzung²¹²

Ordnungsrahmen	Urheber	Gültigkeit	Umsetzung in Unternehmenspraxis
Corporate Sustainability Due Diligence Directive (CSDDD)	EU	-	nein
Ecodesign for Sustainable Products Regulation (ESPR)	EU	-	nein
Corporate Sustainability Reporting Directive (EU 2022/2464) (CSRD)	EU	01.01.2024	nein
Revision der Emissionshandelsrichtlinie (EU 2023/959)	EU	01.01.2024	nein
CO2-Grenzausgleichsmechanismus (EU 2023/956) (CBAM)	EU	01.10.2023	nein
Lieferkettensorgfaltspflichtengesetz	D	01.01.2023	nein
Revision der Chemikalienverordnung (EU 2018/521) (SCIP)	EU	05.01.2021	nein
Konfliktmineralienverordnung (EU 2017/821)	EU	01.01.2021	nein
Non-Financial Reporting Directive (2014/95/EU) (NFRD)	EU	01.01.2017	ja
Qualitätsmanagementsysteme in der Automobilindustrie (IATF 16949:2016)	nicht staatlich	03.10.2016	ja

²¹² Urheber und Gültigkeit wurden jeweils den Ordnungsrahmen entnommen; für die Umsetzung in die Unternehmenspraxis erfolgten Gespräche mit den Industriepartnern

LBMA Responsible Gold Guidance	nicht staatlich	01.01.2012	ja
RJC Chain-of-Custody Standard	nicht staatlich	24.02.2012	ja
Dodd-Frank Act Sec. 1502	USA	21.07.2010	ja
Chemikalienverordnung (EG 1907/2006) (REACH)	EU	01.06.2007	ja
Emissionshandelsrichtlinie (2003/87/EG)	EU	25.10.2003	ja

Bei den 15 analysierten Ordnungsrahmen fällt zunächst auf, dass viele in jüngerer Zeit ihre Gültigkeit erlangt haben. Fünf der Regelwerke sind heute (Stand Mai 2023) noch nicht gültig, zwei befinden sich aktuell noch im Entwurfsstadium.

Bei den analysierten Ordnungsrahmen handelt es sich überwiegend um überstaatliche Verordnungen und Richtlinien der EU, welche vielfach auf das EU-Aktionsprogramm Green Deal zurückgehen. Daneben finden sich mit dem deutschen Sorgfaltspflichtengesetz und dem US-amerikanischen Dodd-Frank Act Sec. 1502 auch zwei nationale Gesetze. Weil das amerikanische Gesetz zu Konfliktmineralien auch Lieferketten adressiert, ist es auch für deutsche Unternehmen außerhalb der USA relevant. Neben staatlichen und überstaatlichen Rechtsvorgaben finden sich auch viele weitere Regelwerke von Normungsgremien oder Branchenverbänden. Nur exemplarisch werden zwei Standards aus der Edelmetallbranche und einer aus der Automobilindustrie genannt.

Auf den ersten Blick gibt es Regelwerke, wie zum Beispiel die EU-Chemikalienverordnung, welche nur einzelnen Branchen Informations- und Berichtspflichten auferlegen. Tatsächlich wirken diese Ordnungsrahmen aber häufig über ihre Branchen hinaus, zum Beispiel, wenn Zwischenprodukte einer Branche in anderen Branchen verbaut werden.

Theoretisch betreffen viele Rechtsvorschriften, wie zum Beispiel die europäische Konfliktmineralienverordnung oder das deutsche Lieferkettensorgfaltspflichtengesetz, gesamte Lieferketten. In der Praxis entscheidend ist aber, welche Informationen

Unternehmen zurückverfolgen müssen. Für Artikel 1502 des Dodd-Frank Gesetzes etwa muss ein Unternehmen nur eine Erklärung vom unmittelbaren Lieferanten erhalten, dass es sich ‚in gutem Glauben‘ nicht um Konfliktminerale handelt. Für die EU-Konfliktmineralienverordnung zum Beispiel müssen konkretere Informationen über die Raffinerie bzw. Hütte weitergegeben werden – nicht aber Informationen zum Bergbau.

Bei den aktuell noch nicht gültigen Ordnungsrahmen ist noch nicht eindeutig, wie die Erfüllung der enthaltenen Informationspflichten in der Unternehmenspraxis ausgestaltet sein kann bzw. ausgestaltet werden darf. Wie Rückmeldungen aus Umweltverwaltungen und Industrie ergaben, gibt es zusätzlich Ordnungsrahmen, deren Umsetzung in der Geschäftspraxis unklar ist, obwohl sie eigentlich bereits gültiges Recht sind (vgl. *Tabelle 11-1*). Hierzu zählt das deutsche Lieferkettensorgfaltspflichtengesetz. Noch größere Unklarheiten existieren bei der Umsetzung der Europäischen Chemikaliendatenbank SCIP und der Erfüllung der Konfliktmineralienverordnung. Für diese Unklarheiten wurden mehrfach zwei wesentliche Gründe genannt: Einerseits existieren noch keine detaillierten Vorgaben, wie die als abstrakt empfundenen Rechtstexte im Unternehmensalltag umgesetzt werden sollen. Andererseits sehen sich betroffene Unternehmen vielfach noch nicht in der Lage, die benötigten Informationen von anderen Unternehmen in ihren Wertschöpfungsnetzwerken zu erhalten.

Für manche älteren Ordnungsrahmen, wie zum Beispiel Dodd-Frank, werden in der Unternehmenspraxis schon gemeinsame Systeme zur Rückverfolgung genutzt, die meist von Industrieverbänden initiiert wurden. Für andere Regelwerke liegen solche unterstützenden Systeme weiterhin nicht vor. Damit hat sich die Vermutung zu Projektbeginn bestätigt, dass neue DLT-Lösungen vielfach sinnvoll für die Erfüllung von Ordnungsrahmen eingesetzt werden können.

Bei vielen der untersuchten Rechtsvorschriften machen diese den Unternehmen Vorgaben, welche Informationen weitergegeben werden müssen. Der Austausch berichtspflichtiger Informationen erfolgt (wenn überhaupt) meist dezentral entlang der Lieferketten. (Ausnahmen sind wenige zentrale Datenbanken in bestimmten Branchen, wie zum Beispiel in der Automobilindustrie, IMDS, o.J.) Unter diesem Aspekt erscheint

eine Verwendung einer dezentralen Datenbank wie Distributed Ledger für den Informationsaustausch besonders sinnvoll.

Im Projekt wurden die Dodd-Frank Act Sect. 1502, die EU-Konfliktmineralienverordnung, die EU-Chemikalienverordnung (REACH) und deren Erweiterung um eine Stoffdatenbank (SCIP) vertieft analysiert. Diese vertieften Analysen finden sich im Anhang dieses Berichts (s. Anhang).

11.4 Geschäftsmodelle der Fallstudie

Zunächst ist DLT als Werkzeug zu nennen, wodurch Unternehmen reaktiv regulatorische Vorgaben erfüllen können. Zudem kann DLT als Chance gesehen werden, um proaktiv neue Geschäftsmodelle zu entwickeln. In der Praxis ist ersteres eher vorzufinden. Daher ist aus Forschungssicht, das Interesse an potenziellen Geschäftsmodellen größer.

Aus den Überlegungen und dem Konzept (Kapitel 6.5) zum DLT-Einsatz in der Goldlieferkette können potenzielle Geschäftsmodelle abgeleitet werden. Laut Al-Debei und Avison 2010, S. 372, wird ein Geschäftsmodell wie folgt definiert: „An abstract representation of an organization, be it conceptual, textual, and/or graphical, of all core interrelated architectural, co-operational, and financial arrangements designed and developed by an organization presently and in the future, as well all core products and/or services the organization offers, or will offer, based on these arrangements that are needed to achieve its strategic goals and objectives.“

Goldan- und verkaufende Unternehmen sind in ihrer Preisfindung nicht ganz frei, sondern werden vom Weltmarktpreis des Goldes beeinflusst. Dieser wird wiederum von Angebot und Nachfrage beeinflusst und in London am Bullion-Market zwei Mal täglich festgelegt. Durch diese Goldpreisfestlegung ist es für Unternehmen bislang schwierig, einen eigenen Preis festzulegen und diesen auch umzusetzen. Daher ist es für goldankaufende Unternehmen bisher vor allem auf der Inputseite möglich Gewinn zu generieren. Je niedriger der Goldankaufspreis im Vergleich zum Weltmarktpreis ist, desto höher kann der Gewinn beim erneuten Verkauf des Materials ausfallen. Können die Ankaufskosten also so gering wie möglich gehalten werden, kann der Gewinn höher ausfallen. Liegt der

Verkaufspreis allerdings über dem des Weltmarktes wird sich unter den bisherigen Umständen nur schwer ein Abnehmer für die Ware finden.

Während der Weltmarktpreis einheitlich feststeht, sind allerdings auch die Möglichkeiten durch möglichst günstigen Einkauf Gewinne zu generieren begrenzt. Fraglich ist deshalb, ob es goldverkaufenden Unternehmen zukünftig mittels DLT gelingt, sich nicht doch gegenüber dem Gold auf dem Weltmarkt und dessen Preis auszudifferenzieren.

Hierzu können aus dem Fallbeispiel drei potenzielle Geschäftsmodelle abgeleitet werden, die auch das Interesse der Industriepartner widerspiegeln. Als erstes kann die Konformität mit Ordnungsrahmen durch das entwickelte System nachgewiesen werden. Ebenso kann eindeutig nachgewiesen werden, ob es sich beim verarbeiteten Material um Recyclingmaterial old Scrap oder new Scrap handelt und auch das Carbon Footprinting in Kombination mit der Klimaneutralität können als Geschäftsmodell verstanden werden. Die Rentabilität der Geschäftsmodelle kann mit untenstehender Formel beurteilt werden.

$$\begin{aligned} & \textit{Wert der Informationen} - \textit{Aufwand für die Informationsübermittlung} \\ & = \textit{Rentabilität des Geschäftsmodells} \end{aligned}$$

Dabei muss zwischen dem Wert der Informationen beim materialgebundenen Produktpass und dem materialungebundenen Zertifikat unterschieden werden. Ersteres stellt die physische Nachverfolgung des Materials dar. Dabei findet die Ausdifferenzierung bestehender Produkte in allen drei Geschäftsmodellen sowohl im B2B als auch im B2C Bereich statt. Beim materialungebundenen Zertifikat wird die rechnerische Nachverfolgung auf Grundlage der Massenbilanzierung verwendet, dabei werden im B2B Bereich neue Produkte wie der Recyclingnachweis und das Carbon-Footprinting/Klimaneutralität geschaffen. Um den Wert der Informationen und die aufgestellte Formel etwas besser beurteilen zu können, werden im nächsten Abschnitt die drei Geschäftsmodelle kurz erläutert, mit dem Hinweis, dass sich die Ideen dieser Geschäftsmodelle sehr gut auf andere Branchen und Produkte übertragen lassen.

11.4.1 Konformität mit Ordnungsrahmen

Wie in Kapitel 11 beschrieben gibt es eine Vielzahl an Ordnungsrahmen mit unternehmensübergreifenden Informations- und Berichtspflichten. In diesem dynamischen Feld muss mit vielen neuen Entwicklungen gerechnet werden, vor allem, weil es noch einige Unklarheiten gibt, was beispielsweise die Umsetzung der Ordnungsrahmen in der Praxis angeht. Das entwickelte DLT-Systemkonzept kann daher als eine Lösung gesehen werden, sich auf zukünftige, gesetzliche und freiwillige Anforderungen vorzubereiten.

Der Wert der Informationen, dass das Material und/oder das Unternehmen konform mit verschiedenen Ordnungsrahmen sind, ist teilweise bekannt. Bei C.Hafner gibt es einen Preisunterschied für RJC-konformes-Material und nicht RJC-konformes-Material. Es gibt eine kleine Anzahl an Abnehmern, die diesen Aufschlag für nachweislich RJC-konformes-Material bezahlen. Werden jedoch noch nicht etablierte Ordnungsrahmen wie bspw. die EU-Konfliktmineralienverordnung betrachtet, ist der Wert der Informationen noch unklar, da es aktuell keinen Marktpreis für diese Art von Ordnungsrahmen gibt. Die Industriepartner wurden zu diesem Geschäftsmodell befragt und haben ihre qualitative Einschätzung hierfür abgegeben. Für den B2B-Bereich zeigt sich C.Hafner optimistisch, dass sich dieses Geschäftsmodell durchsetzen lässt. Im B2C-Bereich schätzt EGF die erfolgreiche Implementierung eines monetären Mehrwertes für die Konformität mit Ordnungsrahmen eher pessimistisch ein. Dafür müsste beim Endkunden zunächst ein Bewusstsein geschaffen werden, dass dies wirklich angenommen wird und somit auch die Zahlungsbereitschaft steigt.

11.4.2 Recycling-Nachweis

Wie bereits in Kapitel 6.5 (*Abbildung 6-47*) dargestellt, kann durch das entwickelte Systemkonzept eindeutig identifiziert werden, um welche Art von Recyclingmaterial es sich beim angelieferten Material handelt, old- oder new Scrap. Bei losem Schüttgut (bspw. Alt-Schmuck) war die eindeutige Identifizierung bisher sowieso gegeben, nur bei vorgeschmolzenem Material (bspw. Barren) gab es keine Möglichkeit eindeutig nachzuweisen, um welche Art von vorgeschmolzenem Material es sich handelt. Nun werden im System vor dem Schmelzprozess Hashwerte der Fotos des zu schmelzenden Materials gespeichert. So kann C.Hafner eindeutig nachgewiesen werden und auch selbst nachweisen, dass es sich beim angelieferten und vorgeschmolzenen Material

tatsächlich um old Scrap Recyclingmaterial handelt. Diese Eigenschaft kann nun zum Geschäftsmodell Token-/Zertifikatehandel weitergedacht werden. Dieses Geschäftsmodell könnte zu einem neuen Ertrag auf der Seite von C.Hafner führen, indem das Token B2B gehandelt wird. Es wird jedoch noch im Konjunktiv gesprochen, da es noch keinen konsolidierten Markt speziell für Recyclinggold und noch keine einheitliche Definition von Recyclingmaterial gibt.

Das Zertifikat (Token) welches beim Eingang von eindeutigem old Scrap bei der Scheideanstalt generiert wird, wird mit einem monetären Wert versehen. Dieser Wert kann zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht beziffert werden, sollte aber pro Gramm Gold veranschlagt werden. Der eindeutige Nachweis, dass es sich um Recyclingmaterial (old scrap) handelt könnte somit auf der Outputseite von C.Hafner zu einer Erhöhung der Marge für materialgebundene Tokens (bspw. Goldbarren) und einer Generierung einer neuen Marge für materialungebundene Tokens (losgelöste Zertifikate) führen. Eine beispielhafte Darstellung kann *Abbildung 11-16* entnommen werden.



Abbildung 11-16: Recyclingnachweis Token- Geschäftsmodell C.Hafner

Die Industriepartner wurden auch zu diesem Geschäftsmodell befragt und haben ihre qualitativen Einschätzungen gegeben. C.Hafner sieht im B2B-Bereich die Umsetzung eines solchen Geschäftsmodells optimistisch, da bereits Anfragen aus verschiedenen Industrien zu Recyclingmaterial-Nachweisen vorliegen. EGF steht dem Geschäftsmodell im Schmuck-B2C-Bereich aktuell eher pessimistisch gegenüber, da Endkunden noch nicht bereit sind ein Premium für den Recyclingmaterial-Nachweis zu bezahlen. EGF geht eher davon aus, dass es in Zukunft zu einem Standard werden könnte und die Kunden erwarten werden, dass es sich um Recyclingmaterial handelt. Vorstellbar wäre aber, dass

es im B2C-Bereich über eine generelle Preiserhöhung des Schmuckstückes passiert und alle Schmuckstücke mit einem Nachweis versehen werden, ohne dass es Preisunterschiede für das gleiche Ringmodell gibt. Dies basiert auf der Aussage von EGF, sollte es zwei Preise für einen Ring geben (einmal mit und ohne Zertifikat) wählt der Kunde aus Kostengründen eher den günstigeren Ring. Eine Art versteckte Premiumzahlung wäre dann indirekt über die Preiserhöhung des Schmuckstücks abgedeckt. Die Helaba sieht in diesem Geschäftsmodell im B2C-Bereich die Erreichung einer neuen Zielgruppe für nachhaltiges, verantwortungsbewusstes und „grünes“ Anlagegold.

11.4.3 Carbon Footprinting und Klimaneutralität

Das dritte Geschäftsmodell befasst sich mit dem Carbon-Footprint sowie der Klimaneutralität des Materials und des Unternehmens. Wie bereits zu Beginn dieses Kapitels erwähnt, wird der Gold-Verkaufspreis durch den Weltmarkt festgelegt. Die zu Beginn erwähnte Veröffentlichung von Fritz und Schmidt 2021 (Kapitel 6.5) zeigt, dass das Global-Warmining-Potential welches durch das Recycling von hochwertigem Goldschrott entsteht um das 300-fache geringer ist, als das von Primärgold/Minengold.²¹³ Kann C.Hafner am Wareneingang mit Sicherheit sagen, dass es sich beim angelieferten Material eindeutig um old Scrap Recyclingmaterial handelt, kann mit dieser Eigenschaft auf der Output Seite ein zusätzlicher Gewinn erzielt werden. Der Wert der Information für Gold ist zum aktuellen Zeitpunkt noch unklar, da es noch keinen spezifischen Markt für klimaneutrales Gold gibt. Um den Wert jedoch beziffern zu können fand eine quantitative Abschätzung statt. Der CO₂-Wert von Primärgold liegt bei 10.988 kgCO₂/kg Gold, der von old Scrap bei 36 kgCO₂/kg Gold²¹⁴. Auch die Preise für CO₂-Emissionsrechte im europäischen Emissionshandel (EU-ETS) sind bekannt und können sowohl auf Primärmaterial als auch auf old Scrap Material umgerechnet werden, woraus sich für März 2023 folgendes Rechenbeispiel ergibt (Berechnungen können Anhang 14.8 entnommen werden). Die Kompensation mittels EU-ETS beläuft sich mit durchschnittlichen Kosten in 2022 auf 81,04 €/tCO₂. Nur die Klimaneutralität von Primärgold würde also 890,47 €/kg kosten, wohingegen die Klimaneutralität von old Scrap Recyclingmaterial bei 2,92 €/kg liegen würde. Die Klimaneutralität von old Scrap

²¹³ Vgl. Fritz und Schmidt 2021, S. 32.

²¹⁴ Vgl. Schmidt und Fritz 2022, S. 7.

Material von C.Hafner ist daher ungefähr um den Faktor 300 günstiger, mittels zugekaufter CO₂-Zertifikate. Da das Carbon Footprinting eine eher teurere Angelegenheit ist, Tendenz steigend, und es bereits Firmen gibt, die CO₂-neutrales Gold für ihre klimaneutralen Produkte anfragen, wird davon ausgegangen, dass diese potenziell bereit sind einen CO₂-Aufpreis zu bezahlen, um nicht selbst den Carbon Footprinting Aufwand betreiben zu müssen. Die Durchsetzung dieses Geschäftsmodells ist am Markt nur mit strengen Vorgaben machbar. So muss das Geschäftsmodell zu einer Additivität am Markt führen, was bedeutet, dass tatsächlich mehr Recyclingmaterial eingesammelt werden muss, da es sonst nur eine Verschiebung am Markt darstellt. Ob diese Additivität durch das Geschäftsmodell wirklich gegeben ist, kann abschließend nicht eindeutig beantwortet werden. Es kann aber davon ausgegangen werden, dass Verbraucher tendenziell eher zu einer Scheideanstalt gehen bei der sie noch etwas mehr als den Ankaufspreis bekommen, der wiederum vom Weltmarktpreis abhängt.

12 Fazit

Im Zuge des Projekts ReDiBlock wurde konzeptuell ein System entwickelt das die Sammlung von Daten über den gesamten Lebenszyklus von der Mine, zu Aufbereitung und Produktion, bis einschließlich der Nutzungsphase und Kreislaufschließung ermöglicht und perspektivisch erlaubt diese in Datenströmen abzubilden. Die Herausforderung unterschiedliche Herangehensweisen für stückgut- und mengen(bulk)-orientierte Produkte zu berücksichtigen konnte durch die innovative Kombination der Konzepte eines materialgebundenen Produktpasses und von materialungebunden Zertifikaten gemeistert werden. Beide Systeme können koexistieren und bieten Unternehmen hierdurch die Möglichkeit sich flexibel auf bestehende und künftige Ordnungsrahmen vorzubereiten.

Neben der Ausarbeitung der generischen Konzepte für DLT-System und digitalen Produktpass wurden die notwendigen (daten)technischen Ansätze und Voraussetzungen geklärt. Durch den breiten Ansatz ist das Gesamtkonzept sehr gut auf verschiedenste Branchen und Industrien übertragbar. Es stellt also keine Insellösung für eine einzelne Industrie dar, konnte aber in unserem Anwendungsfall dennoch passgenau auf die spezifischen Anforderungen der Industriepartner aus der Edelmetallbranche angepasst werden. Hierauf aufbauend wurde exemplarisch eine Plattform in Form eines Software-Demonstrators erstellt. Dieser wurde am Beispiel realer Material-, Produkt- und

Stoffstromdaten beteiligter Unternehmen geprüft und verbessert. Die Ergebnisse und die Rückmeldungen der Industriepartner zeigen ein großes Potential des Projektansatzes für eine deutliche Verbesserung der unternehmensübergreifenden Lieferkettenüberwachung unter Einhaltung der Vertraulichkeit auf.

Für die letztendlich Umsetzung der Fallstudie in die Industriepraxis bedarf es noch zusätzlicher Schritte. Auf einer technischen Ebene muss eine Einigung auf einheitliche Verfahren und die Einführung von Standards zwischen den Akteuren erfolgen. Sind diese Aspekte geklärt, sollten Technologie-Dienstleister für den DLT-Betrieb gefunden werden, um anschließend die IT-Infrastrukturen der Akteure anzupassen und eine möglichst weit automatisierte Interaktion mit dem Ledger in einem geschlossenen Netzwerk zu ermöglichen. Die DLT erfüllt hierbei zwei Hauptfunktionen: Das Sicherstellen von Datenintegrität sowie das Bereitstellen und Managen von digitalen Token. DLT erfüllt diese Funktionen im Gegensatz zu zentralisierten Technologiealternativen auch in Szenarien mit Stakeholdern die verschiedene oder gegebenenfalls sogar entgegengesetzte Interessen und Ziele haben. Dies ist möglich, da nicht ein Stakeholder alleine die technologische Infrastruktur bereitstellt, sondern diese von allen Netzwerkteilnehmern gemeinsam betrieben wird.

Ein wesentlicher Punkt ist auch die Gewinnung zusätzlicher Lieferkettenpartner als Netzwerkteilnehmer, um das System in der Lieferkette nutzbar zu machen. Idealerweise sollte hierbei das Konzept in einem breiteren Rahmen einer gesamten Branche vorgestellt werden, um weitere Partner zu gewinnen. Hier würde sich zunächst die bereits beispielhaft behandelte Edelmetallbranche als Testfeld anbieten. Von Vorteil ist dabei, dass die in diesem Projekt erarbeiteten Erkenntnisse die Ableitung verschiedener Geschäftsmodelle ermöglichen (z.B. Token- bzw. Zertifikatehandel, Nachweis der Materialeigenschaft „Recyclingmaterial“), die zur Gewinnung neuer Industriepartner genutzt werden können. Zudem erlaubt die flexible Modifizierbarkeit des erarbeiteten Ansatzes die Einbindung sowohl größerer als auch kleinerer Unternehmen innerhalb einer Lieferkette, wobei die Datensicherheit gewährleistet und Informationsaustausch sowie Nachverfolgbarkeit entscheidend vereinfacht werden können.

13 Literatur

- 111th Congress (2010): Dodd-Frank Wall Street Reform and Consumer Protection Act. Public Law 111-203-July 21, 2010.
- Adams, Richard; Kewell, Beth; Parry, Glenn (2018): Blockchain for Good? Digital Ledger Technology and Sustainable Development Goals. In: Walter Leal Filho, Robert W. Marans und John Callewaert (Hg.): Handbook of Sustainability and Social Science Research. Cham: Springer International Publishing (World Sustainability Series), S. 127–140.
- Adisorn, T., Tholen, L. und Götz, T., 2021, Towards a Digital Product Passport Fit for Contributing to a Circular Economy. *Energies* 14, 2289.
- Al-Breiki, Hamda; Rehman, Muhammad Habib Ur; Salah, Khaled; Svetinovic, Davor (2020): Trustworthy Blockchain Oracles: Review, Comparison, and Open Research Challenges. *IEEE Access* (8), pp. 2169-3536.
- Al-Debei, Mutaz; Avison, David (2010): Developing a unified framework of the business model concept. Hg. v. *European Journal of Information Systems* (2010). *European Journal of Information Systems* (2010) (19). Online verfügbar unter <https://link.springer.com/content/pdf/10.1057/ejis.2010.21.pdf>, zuletzt geprüft am 06.09.21.
- Alway, Bruce; Alexander, Cameron; Litosh, Saida; Wiebe, Johann; Li, Samson; Saha, Debajit et al. (2020): GFMS Gold Survey 2019. H2 Update and Outlook. Hg. v. Refinitiv. New York, New York, USA.
- American Manganese Inc. (03.05.2018): American Manganese Inc. Integrating Blockchain Technology to Source Lithium-ion Battery Supply. Technology will advance the circular economy and ethical sourcing. Surrey, Canada. Online verfügbar unter <https://americanmanganeseinc.com/american-manganese-inc-integrating-blockchain-technology-to-source-lithium-ion-battery-supply/>.
- BASF Canada; Deloitte (Hg.) (2020): reciChain Canada, pilot program. capturing the value of plastics through the circular economy, zuletzt aktualisiert am 2020.
- BBHQ Media LLC (Hg.) (o.J.): Business Blockchain HQ. Online verfügbar unter <https://businessblockchainhq.com/>.
- Biryabarema, Elias (23.01.2019): Ugandan firm uses blockchain to trace coffee from farms to stores. Kampala. Reuters.

- BMBF Bundesministerium für Bildung und Forschung (Hg.) (o.J. a): BMBF Produktion Dienstleistung Arbeit. Online verfügbar unter <https://www.produktion-dienstleistung-arbeit.de/de/projekte.php>.
- BMBF Bundesministerium für Bildung und Forschung (Hg.) (o.J. b): FONA. Forschung für Nachhaltigkeit. Online verfügbar unter <https://www.fona.de/de/suche.php>.
- BMBF Bundesministerium für Bildung und Forschung (Hg.) (2020): platforms2share. Plattformorganisationen in der digitalen Sharing Economy – Ausgestaltungsformen, Wirkungen, sozialökologische Transformationsperspektiven. Online verfügbar unter <https://www.fona.de/de/massnahmen/foerdermassnahmen/nachwuchsfoerderung-sozial-oekologische-forschung/platforms2share.php>.
- BMVI Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (Hg.) (o.J. a): mFund-Projekte. Online verfügbar unter <https://www.bmvi.de/DE/Themen/Digitales/mFund/Projekte/mfund-projekte.html>.
- BMVI Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (Hg.) (o.J. b): SINLOG. Standardization approach to connect inland navigation to intermodal logistics. Online verfügbar unter <https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Artikel/DG/mfund-projekte/sinlog.html>.
- BMWI Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (Hg.) (o.J. a): EnArgus. Online verfügbar unter <https://www.enargus.de/>.
- BMWI Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (Hg.) (o.J. b): C/sells. Das Energiesystem der Zukunft im Sonnenbogen Süddeutschlands - Peer-to-Peer Energietransaktionen mittels Blockchain. Online verfügbar unter <https://www.enargus.de/detail/?id=544037>. Bundesministerium für Arbeit und Soziales; Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (26.06.2020): Entwurf für Eckpunkte eines Bundesgesetzes über die Stärkung der unternehmerischen Sorgfaltspflichten zur Vermeidung von Menschenrechtsverletzungen in globalen Wertschöpfungsketten (Sorgfaltspflichtengesetz). Berlin.
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Nukleare Sicherheit. Auf einen Klick: Produktpass – Lückenloser Lebenslauf. Onlinezugang: <https://www.bmu.de/digitalagenda/auf-einen-klick/>

- Bundesministerium für Wirtschaft und Energie; Bundesministerium der Finanzen (2019): Blockchain-Strategie der Bundesregierung. Wir stellen die Weichen für die Token-Ökonomie.
- Caldarelli, Giulio (2020): Understanding the Blockchain Oracle Problem: A Call for Action. In: Information (11), pp. 2078-2489.
- Casino, Fran; Dasaklis, Thomas K.; Patsakis, Constantinos (2019): A systematic literature review of blockchain-based applications: Current status, classification and open issues. In: Telematics and Informatics 36, S. 55–81. DOI: 10.1016/j.tele.2018.11.006.
- C.HAFNER GmbH + Co. KG (o.J.): Feingoldbarren. Hg. v. C.HAFNER GmbH + Co. KG. Online verfügbar unter <https://www.c-hafner.de/produkteleistungen/feingoldbarren.html>, zuletzt geprüft am 10.05.23.
- C.Hafner GmbH +Co.KG (o.J.a): Edelmetall Recycling. Recycletes Gold als Rohstoff für die Barrenproduktion. Hg. v. C.Hafner GmbH +Co.KG. Online verfügbar unter <https://www.c-hafner-goldbarren.de/Edelmetall-Recycling>, zuletzt geprüft am 27.10.2020.
- C.Hafner GmbH +Co.KG (o.J.b): Historie. Hg. v. C.Hafner GmbH +Co.KG. Online verfügbar unter <https://www.c-hafner.de/unternehmen/historie.html>, zuletzt geprüft am 31.08.2021.
- C.Hafner GmbH +Co.KG (o.J.c): Verantwortung. RJC. Hg. v. C.Hafner GmbH +Co.KG. Online verfügbar unter <https://www.c-hafner.de/unternehmen/verantwortung.html>, zuletzt geprüft am 12.07.2020.
- Circularise (Hg.) (o.J.): An open standard for sustainability and transparency in the plastics industry. Online verfügbar unter <https://www.circularise.com/plastics>.
- Circularise; Borealis; Covestro AG; Domo Chemicals GmbH; Porsche AG (03.11.2020): Circularise und Porsche kooperieren mit Borealis, Covestro und Domo Chemicals, um die Rückverfolgung von Kunststoffen im Automobilssektor zu ermöglichen. Stuttgart, Den Haag, Wien, Leverkusen, Gent.
- DAFA Deutsche Agrarforschungsallianz (Hg.) (o.J.): FISA - Forschungsinformationssystem Agrar und Ernährung. Online verfügbar unter <https://www.fisaonline.de/>.
- Daimler AG (30.01.2020): Mercedes-Benz Cars drives "Ambition2039" in the supply chain: blockchain pilot project provides transparency on CO2 emissions. Stuttgart.

- Online verfügbar unter
<https://media.daimler.com/marsMediaSite/en/instance/ko/Mercedes-Benz-Cars-drives-Ambition2039-in-the-supply-chain-blockchain-pilot-project-provides-transparency-on-CO2-emissions.xhtml?oid=45528015>.
- Deutscher Bundestag (24.02.2012): Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Bewirtschaftung von Abfällen, KrWG. In: Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz (Hg.): Bundesgesetzblatt. Bonn: Bundesanzeiger Verlag.
- Ercan, Mine; Malmodin, Jens; Bergmark, Pernilla; Kimfalk, Emma; Nilsson, Ellinor (2016): Life Cycle Assessment of a Smartphone. In: Paolo Grosso, Patricia Lago und Anwar Osseyran (Hg.): Proceedings of ICT for Sustainability 2016. 4th International Conference on Information and Communication Technologies for Sustainability (ICT4S 2016). Amsterdam, The Netherlands. Amsterdam, The Netherlands (Advances in Computer Science Research, 46), S. 124–133.
- European Energy Exchange AG (2023): Emission Spot Primary Market Auction Report 2023. Hg. v. European Energy Exchange AG. Online verfügbar unter <https://www.eex.com/en/market-data/environmental-markets/eua-primary-auction-spot-download>, zuletzt geprüft am 26.05.23.
- Europäische Kommission (Hg.) (o.J. a): Ecodesign for sustainable products. Online verfügbar unter https://commission.europa.eu/energy-climate-change-environment/standards-tools-and-labels/products-labelling-rules-and-requirements/sustainable-products/ecodesign-sustainable-products_en
- Europäische Kommission (Hg.) (o.J. b): Digital Product Passport, TOPIC ID: DIGITAL-2023-CLOUD-DATA-04-DIGIPASS. Online verfügbar unter <https://ec.europa.eu/info/funding-tenders/opportunities/portal/screen/home>
- Europäisches Parlament und Rat der Europäischen Union (19.05.2017): Verordnung (EU) 2017/821 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 17. Mai 2017 zur Festlegung von Pflichten zur Erfüllung der Sorgfaltspflichten in der Lieferkette für Unionseinführer von Zinn, Tantal, Wolfram, deren Erzen und Gold aus Konflikt- und Hochrisikogebieten, Verordnung (EU) 2017/821. In: Amtsblatt der Europäischen Union.
- Foreverhold Ltd. (Hg.) (o.J.): Everledger with the U.S. Department of Energy and Ford. Cases/E-Recycling. Online verfügbar unter <https://www.everledger.io/case->

- study/everledger-with-the-u-s-department-of-energy-and-ford/?submissionGuid=f885d309-be0a-406e-9118-7273badaebb3.
- Foreverhold Ltd. (22.04.2020): New climate-conscious tech to mobilise carbon footprint offsetting in diamond industry. On Earth Day, Everledger reveals a new blockchain solution that will enable its partners in the diamond industry to provide consumers with ever more transparent evidence around sustainability. London.
- Fritz, Benjamin; Aichele, Carin; Schmidt, Mario (2020): Environmental impact of high-value gold scrap recycling. In: *The international journal of life cycle assessment*, S. 1–12. DOI: 10.1007/s11367-020-01809-6.
- Fritz, Benjamin; Schmidt, Mario (2021): Der erstaunliche Klimafußabdruck von Recycling-Gold. Ökobilanzen. In: *Nachrichten aus der Chemie* 69 (Juni), S. 30–32.
- George, Michael W. (2020): Gold 2017. 2017 Minerals Yearbook. Advance Release. Hg. v. U.S. Geological Survey. Reston, VA.
- GIZ Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (Hg.) (o.J. a): Projektdaten. Online verfügbar unter <https://www.giz.de/projektdaten/index.action>.
- GIZ Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (Hg.) (o.J. b): INA in Ruanda. Digitale Rückverfolgbarkeit für Frauenkaffee anhand einer Blockchain-Lösung. Online verfügbar unter <https://www.nachhaltige-agrarlieferketten.org/erfolgsgeschichten/ina-in-ruanda-digitale-rueckverfolgbarkeit-fuer-frauenkaffee-anhand-einer-blockchain-loesung/>.
- Goodman, Paul (2002): Current and future uses of gold in electronics. In: *Gold Bull* 35 (1), S. 21–26. DOI: 10.1007/BF03214833.
- Graedel, T. E.; Allwood, Julian; Birat, Jean-Pierre; Buchert, Matthias; Hagelüken, Christian; Reck, Barbara K. et al. (2011): What Do We Know About Metal Recycling Rates? In: *Journal of Industrial Ecology* 15 (3), S. 355–366. DOI: 10.1111/j.1530-9290.2011.00342.x.
- Gumzej, Roman; Rosi, Bojan (2017): Modellierung und Simulation von Lieferketten. In: *Informatik aktuell*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, S. 79–88. Online verfügbar unter http://dx.doi.org/10.1007/978-3-662-55785-3_9.
- Hansen, K., Braungart, M. und Mulhall, D., 2012, Resource re-pletion role of buildings. Introducing nutrient certificates a.k.a materials passports as a counterpart to emissions trading schemes. In *The Springer Encyclopedia of Sustainability Science and Technology* (Meyers RA (ed.)). Springer-Verlag, New York, NY, USA.

- Hagelüken, Christian; Lee-Shin, Ji Un; Carpentier, Annick; Heron, Chris (2016): The EU Circular Economy and Its Relevance to Metal Recycling. In: *Recycling* 1 (2), S. 242–253. DOI: 10.3390/recycling1020242.
- Heisel, F. und Rau-Oberhuber, S., 2019, Calculation and evaluation of circularity indicators for the built environment using the case studies of UMAR and madaster. *Journal of Cleaner Production*, 243.
- Honic, M., Kovacic, I. und Rechberger, H., 2019, Concept for a BIM-based Material Passpor for buildings. IOP Conference Series. Earth and Environmental Science, 225.
- IATF 16949:2016 (D), 01.10.2016: Qualitätsmanagement-System-Standard der Automobilindustrie.
- IBM (Hg.) (o.J.): IBM Food Trust. A new era for the world's food supply. Online verfügbar unter <https://www.ibm.com/blockchain/solutions/food-trust>.
- IBM (05.03.2017): Maersk and IBM Unveil First Industry-Maersk and IBM Unveil First Industry-Wide Cross-Border Supply Chain Solutionide Cross-Border Supply Chain Solution on Blockchain on Blockchain. Global trade digitization solution will benefit the industry using blockchain to manage transactions among network of shippers, freight forwarders, ocean carriers, ports and customs authorities. Armonk. Online verfügbar unter <https://www-03.ibm.com/press/us/en/pressrelease/51712.wss>.
- IBM (16.11.2020): KAYA&KATO and IBM Pioneer Blockchain Network to Track Sustainable Clothing. New Network Designed to Create Transparency About Each Product from the Source of the Fiber to the Completion of the Garment. Armonk, USA. Online verfügbar unter <https://newsroom.ibm.com/2020-11-16-KAYA-KATO-and-IBM-Pioneer-Blockchain-Network-to-Track-Sustainable-Clothing>.
- IBM; GTD Solution (Hg.) (o.J.): TradeLens Homepage. Online verfügbar unter <https://www.tradelens.com/>.
- ISEAL Alliance (2016): Chain of custody models and definitions. (Version 1.0)
- IÖW Institut für ökologische Wirtschaftsforschung (Hg.) (o.J): Klimaschutzpotenziale der Digitalisierung. Potenziale der Digitalisierung für die Minderung von Treibhausgasemissionen im Energiebereich. Online verfügbar unter https://www.ioew.de/projekt/klimaschutzpotenziale_der_digitalisierung.

- Janvier-James, Assey Mbang (2011): A New Introduction to Supply Chains and Supply Chain Management: Definitions and Theories Perspective. In: *IBR* 5 (1). DOI: 10.5539/ibr.v5n1p194.
- Kannengießer, N., Lins, S., Dehling, T., & Sunyaev, A. (2020). Trade-offs between distributed ledger technology characteristics. *ACM Computing Surveys (CSUR)*, 53(2), 1-37.
- Kickler, Karoline; Franken, Gudrun (2017): Sustainability Schemes for Mineral Resources: A Comparative Overview. revised edition. Hg. v. Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe. Hannover.
- Kouhizadeh, Mahtab; Sarkis, Joseph (2018): Blockchain Practices, Potentials, and Perspectives in Greening Supply Chains. In: *Sustainability* 10 (10), S. 3652. DOI: 10.3390/su10103652.
- Kren, Reinhard (2016): Wissenschaftliches Arbeiten. Hg. v. Universität Linz. Online verfügbar unter https://ku-linz.at/fileadmin/user_upload/Kunstwissenschaften/Lehre/2016_Kren__Reader_Wissenschaftliches_Arbeiten_FPhK_Version_3__Jaenner_2016_.pdf, zuletzt aktualisiert am 2016, zuletzt geprüft am 14.04.2020.
- Kshetri, Nir (2018): Blockchain's roles in meeting key supply chain management objectives. In: *International Journal of Information Management* 39, S. 80–89. DOI: 10.1016/j.ijinfomgt.2017.12.005.
- LBMA (o.J.): Good Delivery Explained. Hg. v. LBMA. Online verfügbar unter <http://www.lbma.org.uk/good-delivery-explained>, zuletzt geprüft am 27.10.2020.
- LBMA (2018): LBMA Responsible Sourcing Programme Responsible Gold Guidance. Hg. v. LBMA (8). Online verfügbar unter <https://cdn.lbma.org.uk/downloads/responsible-sourcing/RGGV820181211.pdf>, zuletzt geprüft am 15.09.2021.
- LBMA (2021a): Guidance Documents. Hg. v. LBMA. Online verfügbar unter <https://www.lbma.org.uk/responsible-sourcing/guidance-documents>, zuletzt geprüft am 04.10.2021.
- LBMA (Hg.) (2021b): LBMA Responsible Gold Guidance. Draft for Consultation. V9. London, United Kingdom.
- LBMA (2021c): LBMA rules for Members. Hg. v. LBMA. Online verfügbar unter <https://cdn.lbma.org.uk/downloads/Publications/LBMA-Membership-Rules-July-2021.pdf>, zuletzt geprüft am 04.10.2021.

- Ledger Insights Ltd. (Hg.) (o.J.): Ledger Insights. Enterprise blockchain news. Online verfügbar unter <https://www.ledgerinsights.com/>.
- Lewis, Barbara (22.08.2019): Volvo Cars, China in first blockchain project for recycled cobalt. Reuters. Online verfügbar unter <https://www.reuters.com/article/us-volvo-cars-blockchain/volvo-cars-china-in-first-blockchain-project-for-recycled-cobalt-idUSKCN1US1T2>.
- Luscuere, L.M., 2017, Materials Passports: Optimising value recovery from materials. *Waste and Resource Management* 170, 25-28.
- Mathiyazhagan, K.; Govindan, Kannan; NoorulHaq, A.; Geng, Yong (2013): An ISM approach for the barrier analysis in implementing green supply chain management. In: *Journal of Cleaner Production* 47, S. 283–297. DOI: 10.1016/j.jclepro.2012.10.042.
- Miu, I., 2020, Fundamental characteristics and concept of material passports. 32thTwente Student Conference on IT, Jan. 31st, 2020, Enschede, The Netherlands.
- Nuss, Philip; Eckelman, Matthew J. (2014): Life cycle assessment of metals: a scientific synthesis. In: *PloS one* 9 (7), e101298. DOI: 10.1371/journal.pone.0101298.
- O'Connell, Scott; Stutz, Markus (052010): Product carbon footprint (PCF) assessment of Dell laptop - Results and recommendations. In: *Proceedings of the 2010 IEEE International Symposium on Sustainable Systems and Technology. 2010 IEEE International Symposium on Sustainable Systems and Technology (ISSST)*. Arlington, VA, USA, 17.05.2010 - 19.05.2010: IEEE, S. 1–6.
- OECD (2016): *OECD Due Diligence Guidance for Responsible Supply Chains of Minerals from Conflict-Affected and High-Risk Areas*. Third edition. Hg. v. OECD Publishing. Paris.
- Oehrich, Marcus (2015): *Wissenschaftliches Arbeiten und Schreiben. Schritt für Schritt zur Bachelor- und Master-Thesis in den Wirtschaftswissenschaften*. Berlin: Springer Gabler. Online verfügbar unter <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-662-44099-5>.
- Pasdar, Amirmohammad; Dong, Zhongli; Lee, Young Choon (2021): *Blockchain Oracle Design Patterns*. Online: 2106.09349v1.pdf (arxiv.org)
- Philipps, Erica E. (2018): Bringing Blockchain to the Coffee Cup - WSJ. Colorado shop tries to rewrite the java script by tracing high-end beans from a Ugandan farm to the retail shelf. In: *Wall Street Journal*, 15.04.2018. Online verfügbar unter <https://www.wsj.com/articles/bringing-blockchain-to-the-coffee-cup-1523797205>.

- Plastic Bank Foundation (Hg.) (o.J.): Social Plastic. Recovered material with stories to tell. Online verfügbar unter www.plasticbank.com/social-plastic.
- Project Provenance Ltd. (Hg.) (o.J. a): Leading the beauty industry with groundbreaking transparency in retail. Cult Beauty is using Provenance to deliver proven information around the social and environmental impact of products at the point-of-sale, set an industry standard and reposition their brand. Online verfügbar unter <https://www.provenance.org/case-studies/cult-beauty>.
- Project Provenance Ltd. (Hg.) (o.J. b): Launching a product designed for a circular economy. The Provenance platform supported Royal Auping and Niaga® to launch a product designed to change how shoppers buy, own and recycle mattresses. Online verfügbar unter <https://www.provenance.org/case-studies/circular-economy>.
- Project Provenance Ltd. (Hg.) (o.J. c): Piloting a new, 100% transparent direct-to-consumer brand. DSM-Niaga was able to bring their revolutionary product to market with a new, transparent consumer-facing brand. Online verfügbar unter <https://www.provenance.org/case-studies/dsm-niaga>.
- Project Provenance Ltd. (Hg.) (o.J. d): Proving sustainability in a new platform for fashion buyers. kure is using Provenance to showcase the environmental impact of their jeans as part of a new B2B portal and through QR codes on their garments. Online verfügbar unter <https://www.provenance.org/case-studies/fashion-b2b>.
- RCS Global Group (Hg.) (o.J.): Blockchain and Traceability. Mine-to-market distributed ledger technology platforms. Online verfügbar unter <https://www.rcsglobal.com/blockchain-traceability/>.
- Responsible Jewellery Council (2016): New Release. C.Hafner GmbH +Co.KG Achieves RJC Dual Certification. Hg. v. Responsible Jewellery Council. Online verfügbar unter <https://www.responsiblejewellery.com/wp-content/uploads/News-Release-C.HAFNER-GmbH-Co.-KG.pdf>, zuletzt aktualisiert am 04.2016, zuletzt geprüft am 12.07.2020.
- Responsible Jewellery Council (2019): Code of Practices Standard. Hg. v. Responsible Jewellery Council. Online verfügbar unter <https://www.responsiblejewellery.com/wp-content/uploads/RJC-COP-2019-V1-1-Standards-1.pdf>, zuletzt aktualisiert am 12.2019, zuletzt geprüft am 12.07.2020.
- Richline Group, Inc (Hg.) (o.J.): The TrustChain Initiative. Online verfügbar unter <https://www.trustchainjewelry.com/>.

- Saberi, Sara; Kouhizadeh, Mahtab; Sarkis, Joseph; Shen, Lejia (2019): Blockchain technology and its relationships to sustainable supply chain management. In: *International Journal of Production Research* 57 (7), S. 2117–2135. DOI: 10.1080/00207543.2018.1533261.
- Schmidt, Mario; Fritz, Benjamin (2022): Entwicklung eines Modells zur Ermittlung der Ökobilanz und des Carbon Footprints von Edelmetallen. Hg. v. Institut für Industrial Ecology (INEC) der Hochschule Pforzheim. Online verfügbar unter https://www.c-hafner.de/fileadmin/user_upload/pdf/c-hafner-oekobilanz-und-carbon-footprint-der-rueckgewinnung-von-edelmetallen-durch-c-hafner-zusammenfassung-INES-treeze.pdf, zuletzt geprüft am 26.05.23.
- Schmidt, Mario; Peregovich, Bernhard (2015): Artisanal Gold Mining im Amazonas Regenwald: Ein Fallbeispiel für Zielkonflikte der Nachhaltigkeit. In: *Horizonte* (45), S. 24–30.
- Schögl, Josef-Peter; Fritz, Morgane M.C.; Baumgartner, Rupert J. (2016): Toward supply chain-wide sustainability assessment: a conceptual framework and an aggregation method to assess supply chain performance. In: *Journal of Cleaner Production* 131, S. 822–835. DOI: 10.1016/j.jclepro.2016.04.035.
- Solarcoin Foundation (Hg.) (o.J.): SolarCoin Homepage. Online verfügbar unter <https://solarcoin.org/>.
- Springer, Sally K.; Peregovich, Bernhard G.; Schmidt, Mario (2020): Capability of social life cycle assessment for analyzing the artisanal small-scale gold mining sector—case study in the Amazonian rainforest in Brazil. In: *Int J Life Cycle Assess* 25 (11), S. 2274–2289. DOI: 10.1007/s11367-020-01828-3.
- Statistisches Bundesamt (Hg.) (2021): Bruttoinlandsprodukt (BIP). Stand 24.08.2021. Online verfügbar unter <https://www.destatis.de/DE/Themen/Wirtschaft/Volkswirtschaftliche-Gesamtrechnungen-Inlandsprodukt/Tabellen/bip-bubbles.html>.
- Steinmetz, Bruno (2019): Verfahrensanweisung REC-27 Herkunft, Transport und Prüfung von Recyclingmaterial. Material und Materialfluß - Risikobetrachtung. Unter Mitarbeit von S. Popp. Hg. v. Bruno Steinmetz (17), zuletzt geprüft am 18.05.2020.
- Steinmetz, Bruno (2020): Herkunftsnachweise, Audits, Zertifizierungen, Chain of Custody, Chargenrückverfolgbarkeit. Wimsheim, 28.07.2020. Verbal, Gespräch an Larissa Coblenzer.

- SunContract (Hg.) (2017): An energy trading platform that utilises blockchain technology to create a new disruptive model for buying and selling electricity. Whitepaper.
- UBA Umweltbundesamt (Hg.) (o.J.): UFORDAT - Umweltforschungsdatenbank. Online verfügbar unter [https://doku.uba.de/aDISWeb/app;jsessionid=F6ADAF1A22DA5848BBB5FE43E98E32FB?service=direct/1/POOLUBANTest@@@@_4B002E00_34EB7600/\\$Tree.treeNodes&sp=SVH&requestCount=0](https://doku.uba.de/aDISWeb/app;jsessionid=F6ADAF1A22DA5848BBB5FE43E98E32FB?service=direct/1/POOLUBANTest@@@@_4B002E00_34EB7600/$Tree.treeNodes&sp=SVH&requestCount=0).
- Ulrich, Sam; Groves, D. I.; Hagemann, Steffen; Sykes, John P. (2016): Is grade king in gold? A preliminary analysis of gold production costs at Australian and New Zealand mines. In: Australasian Institute of Mining and Metallurgy (Hg.): AusIMM New Zealand Branch Annual Conference 2016 Conference Proceedings. AusIMM New Zealand Branch Annual Conference 2016. Hamilton, Neuseeland, 16.03.2016. University of Waikato.
- Urban, Nicklas T. (2020): Blockchain for Business. Erfolgreiche Anwendungen und Mehrwerte für Netzwerkteilnehmer identifizieren. 1st ed. 2020. Online verfügbar unter <https://doi.org/10.1007/978-3-658-29822-7>.
- Violino, Simona; Pallottino, Federico; Sperandio, Giulio; Figorilli, Simone; Ortenzi, Luciano; Tocci, Francesco et al. (2020): A Full Technological Traceability System for Extra Virgin Olive Oil. In: Foods (Basel, Switzerland) 9 (5). DOI: 10.3390/foods9050624.
- Williams, Lee (2019): Exploring the Gold Supply Chain. Hg. v. Minespider. Online verfügbar unter <https://www.minespider.com/blog/exploring-the-gold-supply-chain>, zuletzt aktualisiert am 14.03.2019, zuletzt geprüft am 28.06.2020.
- Wittstruck, David; Teuteberg, Frank (2012): Understanding the Success Factors of Sustainable Supply Chain Management: Empirical Evidence from the Electrics and Electronics Industry. In: Corp. Soc. Responsib. Environ. Mgmt. 19 (3), S. 141–158. DOI: 10.1002/csr.261.
- World Gold Council (Hg.) (2018): Gold Recycling. Gold Market Primer. London, United Kingdom.
- World Gold Council (2023): Gold spot prices. Hg. v. World Gold Council. Online verfügbar unter <https://www.gold.org/goldhub/data/gold-prices>, zuletzt geprüft am 26.05.23.

Zimmermann, Till; Gößling-Reisemann, Stefan (2013): Critical materials and dissipative losses: a screening study. In: *The Science of the total environment* 461-462, S. 774–780. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2013.05.040.

14 Anhang A

14.1 Erfolgte Veröffentlichung

14.2

Jahr	Quartal	Beschreibung	Wer?
2021	1	- Projektpräsentation bei bestehenden Unternehmenskontakten mit dem Fokus auf Unternehmenskontakte des Thinktanks, vereinzelt wurden auch Unternehmen außerhalb des Thinktanks angesprochen, wenn diese für eine Zusammenarbeit besonders geeignet erschienen. (Beiratssitzung des THINKTANKS Industrielle Ressourcenstrategien am 11.11.2020, Videokonferenz mit Unternehmen des THINKTANKS am 4.11.2020)	Alle
		- Jahresbericht der CII Forschungsgruppe am AIFB (https://cii.aifb.kit.edu/downloads/Jahresberichte/Cii2020_AnnualReport.pdf), Kontakt mit potentiellen Industriepartnern (z.B. Bosch)	AIFB
		- Vorstellung des Projekts im Kundenmagazin von iPoint im Januar 2021 (https://www.ipoint-systems.com/fileadmin/media/downloads/iPoints_Kundenmagazin_08_2021-01_DE.pdf)	iPoint
2021	2	- Sechs Projektvorstellungen mit Vertreter*innen von je einem interessierten Unternehmen	Alle
2021	3	- 06.07.2021: Das Projekt und erste Zwischenergebnisse wurden beim Kolloquium Umweltforschung des Projektträgers vorgestellt. - Das Projekt wurde weiteren Unternehmenskontakten des INECs präsentiert; intensiver Austausch mit gewonnenem Industriepartner. Für diesen Industriepartner wurde auch ein Projekt-Exposé verfasst, welches dieser zur Gewinnung weiterer Praxispartner in seinem Wertschöpfungsnetzwerk streute. - Auf der Homepage des INEC wurde eine Projektseite veröffentlicht.	INEC
		- Projektpräsentation auf dem Fraunhofer IZM Arbeitskreistreffen „Rechtskonformes Umweltmanagement in der Elektronikindustrie“ (https://www.ipoint-systems.com/de/news/details/fraunhofer-izm-arbeitskreistreffen-rechtskonformes-umweltmanagement-in-der-elektronikindustrie/). - Projektpräsentation auf der neuen iPoint Webseite (https://www.ipoint-systems.com/de/unternehmen/projekte/). - Artikel beim UmweltDialog (https://www.umweltdialog.de/de/wirtschaft/circular-economy/2021/Circular-Economy-Keine-Angst-vor-Datenpreisgabe-dank-Blockchain.php)	iPoint
2021	4	- Vorstellung des Projektes am 2.12.22 auf dem Kolloquium "Klimaschutz, Klimaanpassung und Digitalisierung" des VDE - Streuung eines Projekt-Exposés an potenziell interessierte Unternehmen in der Wertschöpfungskette des Industriepartners - Verwendung erster Erkenntnisse in der Lehre an der HS Pforzheim (Vorlesung "Rohstoffe und Ressourcen")	INEC

		- Projektpräsentation auf mehreren internen Veranstaltungen vor weiteren Kooperationspartnern	iPoint
2022	1	- Präsentation des Projektes bei einem weiteren möglichen Industriepartner	INEC
		- Verwendung erster Erkenntnisse in der Lehre an der HS Pforzheim (Vorlesung "Rohstoffe und Ressourcen")	
2022	1	- Projektpräsentation auf iPoint internen Veranstaltungen als unterstützendes Projekt für die Entwicklung eines digitalen Produktpass	iPoint
		- Projektpräsentation vor internationalen Kooperationspartnern, z.B. der Christian Doppler Forschungsgesellschaft	
2022	2	- Ringvorlesung Ressourceneffizienz und Nachhaltigkeit mit dem Oberthema "Digitaler Produktpass", jeweils mit anschließender Diskussion und kurzer Vorstellung des ReDiBlock Projektes <ul style="list-style-type: none"> o 24.03.2022, Jörg Walden, iPoint-systems gmbh „Digitaler Produktpass: Disruptiv in die zirkuläre Zukunft“ o 31.03.2022, Dr. Christian Kühne, THINKTANK Industrielle Ressourcenstrategie „Digital Product Passport das nächste „Große Ding“!“ o 12.05.2022, Jan Kosmol, Umweltbundesamt „Sorgfaltspflichten in mineralischen Rohstofflieferketten – Bezüge zum digitalen Produktpass“ o 19.05.2022, Dr. Holger Berg, Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie „Der Digitale Produktpass als Instrument in Politik und Wirtschaft – ein Ausblick“ o 02.06.2022, Tim Bartram, GS1 Germany GmbH „Grundsätze digitaler Produktpässe – Herausforderung für Industrie, Handel und Behörden“ 	INEC
		- Projektpräsentation auf iPoint internen Veranstaltungen als unterstützendes Projekt für die Entwicklung eines digitalen Produktpass	
		- Projektpräsentation vor Kooperationspartnern, z.B. dem Wuppertalinstitut	
2022	3	- Projektpräsentation im Rahmen der Überarbeitung der iPoint Homepage und des Bereichs der Forschungs- und Innovationsprojekte (https://www.ipoint-systems.com/de/unternehmen/projekte/).	iPoint
		- Projektpräsentation im iPoint Automotive Forum (https://www.ipoint-systems.com/de/news/details/ipoint-automotive-forum-iaf/).	
2022	3	- 04.07.2022: Vortrag bei RKW BW	Thinktank
		- 22.06.2022: Impulsvorträge Siemens strategischer Einkauf, Berlin	
		- 08.,09.2022: Vortrag Verband der Chemischen Industrie, Frankfurt am Main	
		- 14.09.2022: Vortrag „Zeitenwende“ der Rohstoffsicherung - Strategien und Perspektiven für den Mittelstand“, Wert(e)basierte Unternehmensführung - Mittelhessische Unternehmertag	
2022	4	- 20.10.2022: Vortrag am Ressourceneffizienz- und Kreislaufwirtschaftskongress KONGRESS BW, Karlsruhe	INEC
		- 02.11.2022: Vortrag auf Ecobalance Konferenz, Fukuoka, Japan	
		- 08.12.22: Posterpräsentation am Symposium Nachhaltigkeit und Ressourceneffizienz, Pforzheim	

		- Projektpräsentation im Rahmen der Webinarreihe „Aus der Forschung in die Praxis“ (https://www.bayern-innovativ.de/de/netzwerke-und-thinknet/uebersicht-material-und-produktion/digital-production-engineering/veranstaltung/aus-der-forschung-in-die-praxis-sept-2022#!ueberblick)	iPoint
		- Projekterwähnung auf der Greener Manufacturing Show in Köln im Rahmen des iPoint Vortrags „The DIBICHAIN - A Blockchain Solution for Digital Mappings of Product Cycles“ (https://www.greener-manufacturing.com/conference-agenda)	
		- 09.11.2022, Vortrag: Ressourceneffizienz als industrielle Strategie für Unternehmen, Plattform Umwelttechnik	Thinktank
2023	1	- 14.03.2023: THINKTANK Industrielle Ressourcenstrategien, KEFF+ Veranstaltung – IHK	Thinktank
2023	2	- Projektpresentation am 10.05.2023 auf der GOING GREEN - CARE INNOVATION 2023 Konferenz in Wien unter dem Titel „Proof of concept for traceability of recycled gold using a blockchain-based digital product passport (DPP)“ (https://www.careinnovation.eu/conference-programm/)	iPoint
		- 07.06.2023: Vortrag an der Armenischen Akademie der Wissenschaften, Eriwan	Thinktank

14.3 Fragenkatalog C.Hafner

1. An- und Verkauf

- Beziehungen zu Lieferanten
 - Hat C.Hafner eine Politik, welche Unternehmen (und Privatpersonen) als Lieferanten in Frage kommen? Falls ja, wie ist diese Politik gestaltet?
 - Wird über einzelne Ankaufsprozesse hinaus mit Lieferanten kommuniziert? Falls ja, wie und über was?
 - Welche Produkte nimmt C.Hafner von der Helaba an?
 - Welche Produkte bzw. Produktionsreste nimmt C.Hafner von egf an?
- Ankaufprozess
 - Wie wird C.Hafner mitgeteilt, dass ein Lieferant Material anliefert? Wie ist der Kommunikationsprozess und was wird kommuniziert (Menge, Materialzusammensetzung, Lieferdatum, ...)?
 - In welcher Form wird Gold an C.Hafner geliefert (nach Legierungen oder als Masse ungetrennt; Altgold als solches identifizierbar, oder bereits eingeschmolzen; ...)?
 - Welche Informationen benötigt C.Hafner, um Altgold anzunehmen (Analysewerte, Tests, Zusammensetzungen...)? Welche Informationen werden am point-of-sale benötigt/gesammelt?
 - Welche Informationen werden vom Lieferanten weitergegeben?

- Auf was und wie genau wird das Material bei der Wareneingangskontrolle analysiert, überprüft (Zusammensetzung, Echtheit, ...)?
- Wie wird sichergestellt, dass die Informationen richtig sind?
- Wie und wann findet die Vergütung an den Lieferanten statt?
- Beziehungen zu Abnehmern
 - Welche Anteile des Absatzes entfallen auf Anlagegold, Schmuckgold und Industriegold?
 - Welche Anteile entfallen auf gewerbliche und private Abnehmer?
 - Welche Produkte nimmt Helaba von C.Hafner ab?
 - Welche Produkte nimmt efg von C.Hafner ab?
- Verkaufsprozess
 - Welche Informationen benötigen efg bzw. Helaba von C.Hafner, um ein Produkt anzunehmen (Analysewerte, Tests, Zusammensetzungen...)?
 - Welche Informationen werden an die Abnehmer weitergegeben?
 - Wie wird sichergestellt, dass die Informationen richtig sind?
 - Wie und wann findet die Bezahlung durch den Abnehmer statt?

2. Produktion und Logistik

- Produktion
 - Auf was und wie genau wird das Material nach der Wareneingangskontrolle weiter analysiert, überprüft (Zusammensetzung, Echtheit, ...)?
 - Gibt es Materialverluste durch Verarbeitungsprozesse? Wo? Wie hoch sind diese normalerweise? Wie schwankungsanfällig ist die Höhe der Materialverluste?
 - Wie wird mit nicht-metallischen Bestandteilen (z.B. Steine in zu recycelndem Schmuck) umgegangen? (zwecks Gewicht)
- Logistik
 - Wie findet der Transport von und zu C.Hafner statt? Wie wird das Material angeliefert? In welcher Form? In welchen Losgrößen? Verpackung?
 - Wie findet der Transport innerhalb und zwischen den Werken von C.Hafner statt?

- Wie findet jeweils die Datenerhebung statt? Was wird wie dokumentiert? (Lieferscheine, Quittungen, ...)
- Wie werden die benötigten Informationen bisher übermittelt?
- Wie wird sichergestellt, dass die Informationen richtig sind?
- Wie hoch ist bisher der Aufwand, Informationen innerhalb Produktion und Logistik zu erheben und zu übermitteln? Was ist hieran besonders aufwendig?
- Was sind die Limitationen der aktuellen Erhebung und Übermittlung von Informationen? Wo sehen Sie Verbesserungsbedarf?

3. Compliance

- Umweltverwaltungen
 - Welche gesetzlichen Vorgaben sind relevant (Lieferkettensorgfaltspflichtengesetz, Konfliktmineralienverordnung, Dodd Frank, ...)? Heute und in absehbarer Zukunft?
 - Welche Behörden sind eingebunden?
 - Wie findet der Kontrollprozess durch Behörden statt?
 - Welche Berichtspflichten an Behörden gibt es? Welche zukünftigen Berichtspflichten stehen bereits fest? Welche sind absehbar?
- Zertifizierungssysteme, Auditierungen
 - Welche Zertifizierungssysteme sind relevant (Dekra, LBMA, RJC, ...)? Heute und in absehbarer Zukunft?
 - Welche verschiedenen Auditierungsorganisationen sind eingebunden?
 - Wie findet der Auditierungsprozess statt?
 - Welche Nachweispflichten hat C.Hafner? Wie wird diesen nachgekommen? Welche Informationen benötigen die Zertifizierungs-/Auditierungsorganisationen jeweils?
- Lieferkette
 - Welche Compliance-Anforderungen stellen die Abnehmer von C.Hafner? Gibt es bestimmte Aspekte (Recyclingmaterial, Gesetzeskonformität, CO2-Bilanz, ...), welche von Abnehmern besonders nachgefragt werden? Sind Entwicklungen, Tendenzen erkennbar?

- Gibt es Unterschiede je nach Art des Abnehmers (z.B. je nach Branche; Anlagengold/Schmuckgold/Industriegold; Größe des Abnehmers; Nähe zu Verbrauchern; ...)? Falls ja, wie sehen diese Unterschiede aus?
 - Welche Herkunftsinformationen werden standardmäßig, welche auf besonderen Wunsch der Abnehmer von C.Hafner geliefert? (Bekannt: 3 Abnehmer wollen einen Herkunftsnachweis und bezahlen hierfür extra). Wie sieht dieser Nachweis aktuell aus? Wie viel ist den Abnehmern dieser Nachweis wert?
 - Werden Produkte von C.Hafner von den Abnehmern auch als Recyclingmaterial deklariert, wenn C.Hafner den Abnehmern keinen Nachweis liefert?
- Wie findet jeweils die Datenerhebung statt? Was wird wie dokumentiert?
 - Wie werden die benötigten Informationen bisher übermittelt?
 - Welche der benötigten Informationen sind vertraulich?
 - Wie wird sichergestellt, dass die Informationen richtig sind?
 - Welche der (zukünftig) benötigten Informationen fehlen bisher?
 - Wie hoch ist bisher der Aufwand, die Anforderungen zu erfüllen? Was an den Anforderungen ist besonders aufwendig?
 - Was sind die Limitationen der aktuellen Compliance-Prozesse? Wo sehen Sie Verbesserungsbedarf?

4. Marketing

- Welche Priorität hat der (private) Endkunde?
- Was wird wie mit potenziellen Verbrauchern kommuniziert?
- Wie groß ist die Nachfrage nach nachhaltigem Gold/ klimaneutralem Gold/ Recyclinggold bei Verbrauchern?
- Was wollen Verbraucher wirklich wissen?
- Sind Verbraucher bereit, mehr für diese Einblicke hinter die Kulissen und somit das System zu bezahlen?

14.4 Fragenkatalog EGF

1. Bezug von Material (Schüttgut, bspw. Gold)

- Wie wird C.Hafner mitgeteilt, dass EGF Material benötigt? Wie ist der Kommunikationsprozess und was wird kommuniziert (Menge, Materialzusammensetzung, Lieferdatum, ...)?
- Bezieht EGF noch von anderen Quellen (außer C.Hafner) Material? Insbesondere Gold?
 - Falls ja, wird Material verschiedener Lieferanten vermischt?
 - Falls ja, kann das Material von C.Hafner immer eindeutig identifiziert werden?
- Wie wird das Material zu EGF transportiert? Losgröße? Verpackung? Wie wird dabei sichergestellt, dass es nicht geöffnet/ausgetauscht wird?
- Wie sieht die Warenannahme bei EGF aus? Gibt es Kontrollprozesse? Falls ja, was wird wie kontrolliert? (Zusammensetzung, Gewicht etc.) Könnten diese Kontrollprozesse durch Transparenz und eindeutige Nachweise in einer Blockchain ggf. wegfallen?
- Unter welchen Bedingungen wird Gold nicht angekauft, bzw. abgelehnt?
- Welche Informationen benötigt EGF (heute/in Zukunft), um ein Produkt (Material in Form von Schüttgut) von C.Hafner anzunehmen? (Analysewerte? Materialherkunft?) Wie wird sichergestellt, dass diese Informationen richtig sind?
- Wäre EGF tendenziell bereit, mehr für den Recyclinggoldnachweis und den damit einhergehenden niedrigeren Carbon Footprint zu bezahlen? Könnte Preissteigerung eventuell auch an die Abnehmer/Verbraucher/Juweliere weitergegeben werden? Falls ja, zu welchem Anteil? (siehe Frage bei Juweliere Verbraucher)

2. Lieferung von Produktionsresten/-abfällen an C.Hafner

- Wie wird C.Hafner mitgeteilt, dass EGF Material in Form von Produktionsresten/-abfällen anliefert? Wie ist der Kommunikationsprozess und was wird kommuniziert (Menge, Materialzusammensetzung, Lieferdatum, ...)?
- Wie wird das Material zu C.Hafner transportiert? Losgröße? Verpackung? Wie wird dabei sichergestellt, dass es nicht geöffnet/ausgetauscht wird?
- Falls EGF Material von verschiedenen Quellen Gold bezieht: Bekommt C.Hafner nur eigenes Material in Form von Produktionsresten/-abfällen zurück oder kann es auch von anderen Quellen (anderen Scheideanstalten) stammen?

3. Verarbeitung von Gold bei egf

- Wie läuft der Prozess bis hin zum fertigen Ring und der Lieferung an Juweliere/Verbraucher, intern bei EGF ab?
- Lässt sich Gold entlang der internen Prozesskette eindeutig einem bestimmten Lieferanten zuordnen?
- Nutzt EGF Gold, das RJC-zertifiziert ist und somit physisch von nicht-zertifiziertem Gold getrennt bleiben muss?

4. Compliance Umweltverwaltungen:

- Welche gesetzlichen Vorgaben sind für EGF relevant (Lieferkettensorgfaltspflichtengesetz, Konfliktmineralienverordnung, Dodd Frank, ...)? Heute und in absehbarer Zukunft? Für welche dieser Berichtspflichten werden Informationen von Zulieferern benötigt?
- Welche Information zu Umwelt bzw. Einhaltung von Umweltvorschriften gibt EGF an Abnehmer weiter? Gibt es hierbei Unterschiede je nach Abnehmer?
- Welche Behörden sind eingebunden?
- Wie findet der Kontrollprozess bei EGF durch Behörden statt?
- Welche Berichtspflichten an Behörden gibt es bei EGF? Welche zukünftigen Berichtspflichten stehen bereits fest? Welche sind absehbar?

5. Beziehung EGF – Abnehmer (bspw./Juweliere/Verbraucher)

- Verkauft EGF direkt an Verbraucher oder geht das nur über Juweliere?
- Welche Informationen zum Material werden an Abnehmer/ Juweliere und an Verbraucher (Privatkunden) aktuell weitergegeben? Was sollte in Zukunft weitergegeben werden können? Bspw. beim Verkauf eines Ringes der nur aus Recyclinggold besteht (Herkunft? Carbon Footprint? Etc.)
- Welche Daten werden wie mit Abnehmern/Juwelieren und potenziellen Verbrauchern kommuniziert?
- Wie groß ist die Nachfrage nach nachhaltigem Gold/ klimaneutralem Gold/ Recyclinggold bei Abnehmern/Juwelieren/Verbrauchern?
- Was interessiert Abnehmer/Juweliere/Verbraucher wirklich? (Hersteller? Produktionsdatum? Materialherkunft? Carbon Footprint?)

Materialzusammensetzung? Nachhaltigkeitsaspekte? Etc.) Was wollen sie wirklich wissen?

- Sind Abnehmer/Juweliere/Verbraucher bereit, mehr für die Einblicke hinter die Kulissen und somit das System zu bezahlen?

14.5 Fragenkatalog Helaba

Prozesse bei Sparkassen

- Wie findet der Ankaufsprozess zwischen der Privatperson und der Sparkasse statt?
- Bekommt die Privatperson in der Sparkasse vor Ort ein Angebot für das Altgold und die Gutschrift, oder wird dieses erst zur Helaba geschickt und genauer untersucht? Wann findet der Kaufvertrag mit der Privatperson statt?
- Wie findet die Dokumentation am point-of-sale statt?
 - Wie wird mit Steinen (Zirkonia, Diamanten) im Altgold umgegangen?
 - Vor Ankauf: In Bezug auf die Gewichtsermittlung und die auf dem Gewicht basierende Vergütung?
 - Nach Ankauf: Werden Steine entfernt und werden diese ggfs. auch auf Echtheit geprüft?
 - Werden Fotos des Schmuckstücks erstellt und warum? Schmuckstück, Stempel, Steine? Was passiert mit den Fotos?
 - Wie wird das Material gelagert? In einer Tüte verpackt? Wird der Tüte etwas beigefügt (Lieferschein, Informationen)? Wird die Tüte beschriftet? Kann von der Tüte auf den Verkäufer (Privatperson) rückgeschlossen werden?
 - Wie wird hier sichergestellt, dass die am point-of-sale erfassten Informationen, wirklich richtig sind? (Fotos des Materials? 4 Augenprinzip? Kontrollprozesse?)
 - Unter welchen Bedingungen wird Altgold NICHT angekauft, bzw. abgelehnt?
 - Gibt es verpflichtende Dokumente, Angaben zu Schmuckstücken, die eine Privatperson vorlegen muss?
 - Wie wird sichergestellt, dass es sich um legal erworbenen Schmuck handelt? Welche Kontroll- oder Überprüfungsmechanismen gibt es?

Beziehung Sparkassen – Helaba

- Wie sieht die Beziehung zwischen der Helaba und den Sparkassen aus? Wenn eine Privatperson an die Sparkasse Altgold verkauft, wird dieses dann von der Sparkasse an die Helaba weiterverkauft, oder kauft die Sparkasse im Auftrag der Helaba Schmuck etc. an?

- Wann wird Material an die Helaba geliefert/verkauft? Ab einer bestimmten Menge/Masse oder einem bestimmten monetären Wert? Wie wird dies mitgeteilt?
- Wie findet die Kommunikation der Sparkasse mit der Helaba statt?
- Gibt es eine Zuordnung des Materials zur Privatperson? Falls ja, wo geht diese verloren? An welchem Punkt wird Material verschiedener Privatpersonen vermischt?
- Wird das Material von den Sparkassen zur Helaba transportiert? Falls nein, wie kommt das Material wohin? Falls ja, wie findet der Transport statt und prüft die Helaba das von den Sparkasse stammende Material?

Helaba

- Wie läuft der Prozess vom Ankauf bis hin zur Lieferung an C.Hafner, intern bei der Helaba ab?
 - Wie wird das Material angeliefert/gesammelt/aufbewahrt?
 - Wird das Material je Sparkasse getrennt gesammelt oder alles dann zusammengesammelt und kann nicht mehr jeder einzelnen Sparkasse zugeordnet werden? Kommt Material aller Sparkassen an die Helaba und dann an C.Hafner oder von jeder Sparkasse an C.Hafner? Falls ersteres: wieso geht es an die Helaba, gibt es einen Prozess der bei der Helaba durchgeführt wird?
 - Wie kann die Echtheit der Daten der Helaba am Eingabepunkt sichergestellt werden?

Beziehung Helaba – C.Hafner Schüttgut

- Wie wird C.Hafner mitgeteilt, dass die Helaba Material anliefert? Wie ist der Kommunikationsprozess und was wird kommuniziert (Menge, Materialzusammensetzung, Lieferdatum, ...)?
- Wie wird das Material zu C.Hafner transportiert? Losgröße? Verpackung? Wie wird dabei sichergestellt, dass es nicht geöffnet/ausgetauscht wird?
- Wird das Schüttmaterial vorsortiert? (nach Legierungen? Nach Sparkasse? Wird nicht-metallisches Material wie bspw. Steine entfernt?)

- Was wird dokumentiert? Wie werden die benötigten Informationen bspw. bei der Lieferung (Lieferschein etc.) – oder auch allgemein beim Geschäftsverhältnis (Audit-Nachweise usw.) bisher übermittelt?
- Wie wird sichergestellt, dass die Informationen richtig sind?

Beziehung C.Hafner – Helaba (Abnahme Goldbarren)

- Welche Informationen benötigt die Helaba (heute/in Zukunft), um ein Produkt (Goldbarren) von C.Hafner anzunehmen? (Analysewerte? Materialherkunft?)
- Ist die Helaba tendenziell bereit, mehr für den Recyclinggoldnachweis und den damit einhergehenden niedrigeren Carbon Footprint zu bezahlen? kann dann auch an die Verbraucher weitergegeben werden (siehe Frage bei Verbraucher)

Beziehung Helaba – Verbraucher (Verkauf von C.Hafner Goldbarren an Verbraucher)

- Verkauft die Helaba direkt an Verbraucher oder geht das über die Sparkassen?
- Welche Informationen zum Material werden an Verbraucher (Privatkunden) aktuell weitergegeben? Was sollte in Zukunft weitergegeben werden können? Bspw. beim Verkauf eines Goldbarrens
- Welche Daten werden wie mit potenziellen Verbrauchern kommuniziert? Und welche Daten werden vom Verbraucher aufgenommen bzw. gespeichert?
- Wie groß ist die Nachfrage nach nachhaltigem Gold/ klimaneutralem Gold/ Recyclinggold bei Verbrauchern?
- Was wollen Verbraucher wirklich wissen?
- Sind Verbraucher bereit, mehr für Einblicke hinter die Kulissen und somit das System zu bezahlen?

Compliance Umweltverwaltungen:

- Welche gesetzlichen Vorgaben sind relevant (Lieferkettensorgfaltspflichtengesetz, Konfliktmineralienverordnung, Dodd Frank, ...)? Heute und in absehbarer Zukunft?
- Welche Behörden sind eingebunden?
- Wie findet der Kontrollprozess durch Behörden statt?

- Welche Berichtspflichten an Behörden gibt es? Welche zukünftigen Berichtspflichten stehen bereits fest? Welche sind absehbar?

14.6 Attributliste für den DPP

KATEGORIEN	ATTRIBUTE	EINHEIT EN	DEFINITIONEN	PRIO
IDENTIFIKATION	Produktnummer/Artikelnummer		Bezeichnet den Produkttyp.	Prio 1 (gut zur Identifikation)
	Typ		Produktklassifikation. Z.B.: Eigene, GTIN, EAN, ...	-
	Zertifikatsnummer			Prio 1
	Chargennummer		z.B. Granulat	Prio 1
	Seriennummer (Rückverfolgbarkeit)		z.B. Barren (zur Zeit nicht in SAP abgebildet)	Prio 1
	Unique identifier (technical) /Barcode			Prio 1
	Bestellnummer/Kassenbeleg		(höchstens relevant für Endkunden)	Prio 3 (C. Hafner)
	Foto		Foto vom Zulieferer	Prio 1
			Foto vom Endprodukt, etc. Ggf. mehrere Fotoattribute definieren.	Prio 2 (Granulat + Chargennummer oder Barren + Seriennummer)
		Produktname		Feingoldgranulat/ Barren
PRODUKTMERKMALE			Halbzeuge	Prio 2
	Masse	g/ kg/ t/ Unze	Masse des Produkts	Prio 1, Gewicht ist wichtig
	Härte	-	Absolute Härte/Mohssche Härte	Prio 3, Standard, nicht wichtig
ZUSAMMENSETZUNG	Verwendete Materialien		Aus welchen Materialien	Prio 1

			gefertigt? EoL oder Industrial scrap	
	Materialverhältnis	% von Gewicht		Prio 1 (EoL versus Industrial) Prio 2 (Legierungen)
	Herkunft von Materialien		Angabe zum Herkunftsland des EoL und Industrial	Prio 1 (aus Sicht der Auditoren)
	Recyclinggehalt - Pre Consumer	Prozent	z.B. Produktionsreste	s.o. (verwendete Materialien)
	Recyclinggehalt - Post Consumer	Prozent		s.o.
	EAK-Nr. (Abfallschlüssel)		Klassifikation von Herkunft/Material	Prio 2 (bezieht sich auf angekaufte Materialien, wäre gut, wenn Kunde dies schon angeben würde)
HERSTELLUNGS- MERKMALE	Produzent und Verarbeiter			Barren ja, Granulat auf dem Lieferschein
	Herstellungsort			Prio 2
	Herstellungsdatum			Prio 2 (nötig für Rückverfolgbarkeit?)
HANDELS- MERKMALE	Händler			-
	Handelsort			-

	Handelsdatum		-	
SOZIALE ASPEKTE	Kinderarbeit		Ja/nein + Verweis auf Dokument	Prio 1
	Zwangsarbeit		Ja/nein + Verweis auf Dokument	Prio 1
	Arbeitssicherheit		Ja/nein + Verweis auf Dokument	Prio 1
UMWELTAUSWIRKUNGEN	CO2-Bilanz	kg CO2 eq	CO2-Wert + Verweis auf Dokument	Prio 1
	CO2-Kompensation		Ja/nein + Verweis auf Dokument	Prio 1
GESETZLICHE UND FREIWILLIGE ZERTIFIKATE	Konformität Lieferkettensorgfaltspflichtengesetz		Ja/nein + Verweis auf Dokument	Prio 1
	Konformität Dodd-Frank		Ja/nein + Verweis auf Dokument	Prio 1
	Konformität Konfliktmineralienverordnung		Ja/nein + Verweis auf Dokument	Prio 1
	Unternehmensaudierung - Datum, Ort, Gültigkeitsdauer		(evtl. in den Verweisen schon mit berücksichtigt)	Prio 1
SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS	Chemikalien, Wasserverbrauch, Climate			Prio 1

14.7 Vertiefte Analyse ausgesuchter Ordnungsrahmen

14.7.1 EU-Konfliktmineralien-Verordnung 2017/821

Entstehung

Die „Verordnung (EU) 2017/821 [...] zur Festlegung von Pflichten zur Erfüllung der Sorgfaltspflichten in der Lieferkette für Unionseinführer von Zinn, Tantal, Wolfram, deren Erzen und Gold aus Konflikt- und Hochrisikogebieten“ wurde 2017 vom EU-Parlament verabschiedet (EU 2017/821). Die EU-Verordnung ist eine Reaktion auf den Erlass des Artikels 1502 des amerikanischen Dodd-Frank Act (vgl. EU 2017/821, Grund 9; Pub.L. 111–203). Gleichzeitig beruht die Verordnung auf den OECD-Grundsätzen für Sorgfaltspflichten zur Förderung verantwortungsvoller Lieferketten („Due Diligence“) (vgl. EK, o.J.; OECD, 2019).

Anwendungsbereich

Die Verordnung kommt ab dem 1. Januar 2021 zur Anwendung (vgl. EU 2017/821, Art. 20). Direkt betroffen sind Unternehmen, die kritische Mineralien und Metalle in das Zollgebiet der EU importieren. Indirekt ist die EU-Verordnung auch für Hütten, Raffinerien und weitere Unternehmen weltweit relevant, wenn diese sich in den Lieferketten vor EU-Importeure befinden (vgl. EU 2017/821, Art. 4,5; EK, o.J.). Die Verordnung enthält keine Vorgaben für Unternehmen, welche den Importeuren nachgelagert sind.

Kritische Mineralien und Metalle im Sinne der Verordnung sind Zinn, Tantal, Wolfram und Gold „aus Konflikt- und Hochrisikogebieten“ (EU 2017/821, Art. 1). Die EU-Verordnung gilt nur für Erze und Metalle in Rohform und in Form einfacher Halbzeuge (z.B. Stäbe, Bleche). Die Verordnung gilt hingegen nicht, wenn Metalle als Produktkomponenten importiert werden (vgl. EU 2017/821, Anhang I). Die Konfliktmineralien-Verordnung betrifft dabei nur die Lieferketten von Einführern, welche gewisse Mengenschwellen überschreiten. Sie gilt unabhängig davon, in welchen Industrien die Mineralien bzw. Metalle nach dem Import verwendet werden (vgl. EU 2017/821, Art. 1).

„Konflikt- und Hochrisikogebiete“ (EU 2017/821, Art. 2) sind allgemein definiert als „Gebiete, in denen bewaffnete Konflikte geführt werden oder die sich nach Konflikten in einer fragilen Situation befinden, sowie Gebiete, in denen Staatsführung und Sicherheit schwach oder nicht vorhanden sind [...] und in denen weitverbreitete und systematische

Verstöße gegen internationales Recht einschließlich Menschenrechtsverletzungen stattfinden“ (ebd.). Die Verordnung enthält keine genaueren Hinweise oder geografische Einschränkungen, wo auf der Welt sich diese Regionen befinden können (vgl. ebd.; EK, o.J.).

Sorgfaltspflichten – allgemein

In Anlehnung an die Sorgfaltspflichten-Leitlinien der OECD (vgl. OECD, 2019) müssen betroffene Firmen „Systeme und Verfahren einführen, um sicherzustellen, dass sie Risiken in ihrer Lieferkette feststellen, darauf reagieren und diese melden können“ (EK, o.J.). Die Verordnung verbietet dabei nicht direkt die Verwendung von Konfliktrohstoffen. Stattdessen müssen Unternehmen nach der EU-Verordnung Prozesse etablieren, welche die Nutzung von Konfliktrohstoffen verhindern sollen (vgl. EU 2017/821, Art. 4-7; EK, o.J.). Diese Prozesspflichten umfassen: Aufbau eines Managementsystems; Ermittlung und Bewertung möglicher Risiken in der Lieferkette; Einführung und Umsetzung einer Lieferkettenpolitik; Prüfung durch unabhängige Dritte; Offenlegung und Berichterstattung (vgl. ebd.).

Für die Risikobewertung hat die EU eine „Orientierungshilfe“ (EK o.J.) für die Ermittlung der Konflikt- und Hochrisikogebiete veröffentlicht (vgl. EU 2017/821, Art. 14; EU 2018/1149). Die Veröffentlichung einer abschließenden Liste ist nicht geplant (vgl. EK 2014). Unternehmen sind selbst in der Verantwortung zu ermitteln, wo auf der Welt sich kritische Regionen befinden (vgl. EK 2014; EK, o.J.).

Sorgfaltspflichten – Rückverfolgung

Im Zentrum der Sorgfaltspflichten steht die Rückverfolgung der Minerale und Metalle. Müssen EU-Importeure von Mineralien die EU-Verordnung berücksichtigen, dann müssen sie den unmittelbaren Lieferanten, das Ursprungsland und, falls möglich, die Abbaumenge kennen. Besteht der Verdacht, dass Minerale aus einem Risikogebiet stammen, dann müssen auch die individuellen Minen, Handels- und Aufbereitungsorte sowie geleistete Abgaben identifiziert werden (vgl. EU 2017/821, Art. 4).

Wann immer EU-Importeure von Metallen die Verordnung beachten müssen, müssen sie ihre unmittelbaren Lieferanten sowie Hütten und Raffinerien in der Lieferkette benennen

können (vgl. EU 2017/821, Art. 4). Ob EU-Einführer ihre Lieferketten noch weiter zurückverfolgen müssen, hängt von den Hütten und Raffinerien in ihren Lieferketten ab. Betreiben Hütten und Raffinerien ihrerseits ein eigenes Management-System zur Erfüllung ihrer eigenen Sorgfaltspflichten, das durch Dritte geprüft ist, dann endet die Sorgfaltspflicht der Importeure bei den Hütten und Raffinerien (vgl. EU 2017/812, Art. 5). Die Sorgfaltspflichten der Metall-Einführer enden auch, wenn eine Hütte oder Raffinerie an einem anerkannten System zur Sicherstellung der Sorgfaltspflichten teilnimmt, welches durch Dritte (Industrieverbände, Regierungen, NGOs) betrieben wird („Safe Harbour“) (vgl. EU 2017/821, Art. 6,9).

Kann eine Hütte oder Raffinerie kein eigenes Managementsystem mit unabhängiger Prüfung und keine Konformität mit einem System Dritter nachweisen, dann gelten für den Importeur des Metalls zusätzlich dieselben Pflichten zur Rückverfolgung wie für Mineral-Importeure: Einführer von Metallen müssen dann ebenfalls identifizieren, aus welchen Ländern die Erze in ihrer Lieferkette stammen. Besteht der Verdacht, dass es sich um eine Konfliktregion handelt, müssen wiederum die einzelnen Minen und Handelsorte sowie geleistete Abgaben erfasst werden (vgl. EU 2017/821, Art. 4,5).

Unternehmen, welche relevante Minerale und Metalle in die EU importieren, müssen somit maximal ihre gesamte Lieferkette bis zur Mine kennen. EU-Importeure von Mineralen müssen zumindest das Abbau-Land kennen. EU-Einführer von Metallen müssen mindestens über die Hütten und Raffinerien Bescheid wissen (vgl. EU 2017/821, Art. 4,5; Franken, 2018). Es reicht für Importeure also nicht aus, sich nur abstrakt die Unbedenklichkeit ihrer Rohstoffe von ihren unmittelbaren Zulieferern bestätigen zu lassen. Unternehmen sind zu „kritischer Prüfung der vorgelegten Berichte“ (Baum, 09.11.2020) verpflichtet.

Angesichts des Aufwandes für betroffene Unternehmen enthält die Verordnung EU 2017/821 zwei Möglichkeiten, die Anforderungen an die Rückverfolgung zu vereinfachen: Für Betreiber von Hütten und Raffinerien wird die EU jährlich eine Liste veröffentlichen, welche Systeme von Industrieverbänden, Regierungen, Industrieverbänden und NGOs zur Erfüllung der Sorgfaltspflichten sie anerkennt (vgl. EU 2017/821, Art. 8; EK o.J.). Zur Unterstützung betroffener Metall-Importeure bereitet die EU auch die fortlaufende

Veröffentlichung einer Liste verantwortungsvoller Hütten und Raffinerien vor („Whitelist“). Diese Whitelist wird Hütten und Raffinerien enthalten, welche sich entweder einer unabhängigen Prüfung unterziehen oder an einem anerkannten System Dritter teilnehmen (vgl. EU 2017/821, Art. 9). Die in der Liste genannten Hütten und Raffinerien müssen dann in der unabhängigen Prüfung der Importeure nicht berücksichtigt werden. Bezieht ein Importeur ausschließlich von Raffinerien und Hütten auf der Whitelist, muss ein Importeur sein eigenes System zur Erfüllung der Sorgfaltspflichten überhaupt nicht durch unabhängige Dritte prüfen lassen (vgl. EU 2017/821, Art. 6).

Offenlegungs- und Berichtspflichten

Aus den vorigen Bestandteilen der Sorgfaltspflichten ergeben sich auch mehrere Offenlegungs- und Berichtspflichten. EU-Importeure müssen der Öffentlichkeit ihre Lieferkettenpolitik offenlegen (vgl. EU 2017/821, Art. 4). Auch Informationen über die Umsetzung ihrer Politik müssen Importeure jährlich veröffentlichen (vgl. ebd., Art. 7). Gegenüber ihren Lieferanten müssen betroffene Einführer über ihre Lieferkettenpolitik berichten und diese in ihre Verträge integrieren (vgl. EU 2017/821, Art. 4). Muss eine Prüfung des Importeurs durch unabhängige Dritte erfolgen, muss der Importeur den Prüfbericht den Behörden zu Verfügung stellen. Ist der EU-Importeur von der Prüfpflicht befreit, weil er nur von Hütten und Raffinerien auf der Whitelist einkauft, dann stellt er den Behörden darüber einen Nachweis zur Verfügung (vgl. EU 2017/821, Art. 7).

Durchsetzung

Die Durchsetzung der Verordnung EU 2017/821 erfolgt durch nationale Behörden aller EU-Mitgliedsländer, nachgelagert auch durch die EU-Kommission (vgl. EU 2017/821, Art. 11,16). Bekanntlich gelten EU-Verordnungen verbindlich und unmittelbar in jedem Mitgliedsstaat der EU, während EU-Richtlinien den Mitgliedsländern überlassen, mit welchen rechtlichen Mitteln das Ziel der Richtlinie zu erreichen ist (vgl. VAEU, Art. 288). Die EU-Verordnung 2017/821 stellt hier allerdings einen Sonderfall dar, weil sie jedem Mitgliedsland gewisse Freiheiten lässt, wie dieses die Durchsetzung der Verordnung ausgestaltet (vgl. EU 2017/821, Art. 10,16).

Obwohl es sich um eine EU-Verordnung handelt, ist in den EU-Staaten also nicht vollkommen einheitlich geregelt, wie genau die Verordnung angewandt wird. Für

Deutschland ist die Durchführung im Mineralische-Rohstoffe-Sorgfaltspflichten-Gesetz (MinRohSorgG) geregelt, das im April dieses Jahres verabschiedet wurde (vgl. MinRohSorgG).

Jedes Mitgliedsland der EU bestimmt selbst, welche Behörde für die Durchsetzung der EU-Verordnung verantwortlich ist (vgl. EU 2017/821, Art. 10). Zuständige Behörde für Deutschland ist die Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR), dort die neu eingerichtete Deutsche Kontrollstelle EU-Sorgfaltspflichten in Rohstofflieferketten (DEKSOR) (vgl. MinRohSorgG, §2; BGR o.J.).

Alle nationalen Behörden kontrollieren die Sorgfaltspflichten betroffener EU-Importeure nach einem risikobasierten Ansatz oder nach Hinweisen durch Dritte. Innerhalb dieser Vorgabe legen die Mitgliedsländer selbst fest, wie genau ihre nationalen Behörden dabei vorgehen (vgl. EU 2017/821, Art. 11). Für Deutschland plant die DEKSOR, jährlich rund 10% der betroffenen Unternehmen zu kontrollieren (vgl. Franken, 2018). Nationale Behörden können sich bei ihren Kontrollen darauf stützen, dass EU-Importeure über die Prüfung ihrer Sorgfaltspflichten durch unabhängige Dritte berichten müssen (s. o.). In der EU-Verordnung wird auch gefordert: „Kontrollen *sollten* Kontrollen vor Ort einschließen, auch in den Räumlichkeiten des Unionseinführers“ (EU 2017/821, §11; Betonung hinzugefügt). In Deutschland hat die DEKSOR dieses Recht, wie auch die Befugnis, Personen vorzuladen (vgl. MinRohSorgG, §3, 7).

Nach der aktuellen Fassung der EU-Verordnung legt jedes Mitgliedsland selbst fest, ob und wie Verstöße der EU-Importeure gegen die Verordnung bestraft werden (vgl. EU 2017/821, Art. 16). In Deutschland kann die DEKSOR festgestellte Verstöße mit einem Bußgeld von bis zu 50.000€ ahnden (vgl. MinRohSorgG, §9). Die DEKSOR legt einmal jährlich Informationen offen, wie Unternehmen ihre Sorgfaltspflichten wahrnehmen. Sie darf dabei aber nicht die Unternehmen benennen, die gegen ihre Verpflichtungen verstoßen haben (vgl. MinRohSorgG, §3).

Nationale Behörden sind verpflichtet, alle erkannten Verstöße der Importeure der EU-Kommission zu berichten (vgl. EU 2017/821, Art. 16). Anhand dieser Daten wird die EU-Kommission zukünftig überprüfen, ob die EU-Verordnung und ihre nationalen

Durchführungen wirksam sind. Die EU-Kommission weist in ihrer Verordnung darauf hin, dass dann ggf. auch (EU-weit einheitliche) Strafen beschlossen werden könnten (vgl. EU 2017/821, Art. 17).

Haftung

Die EU-Verordnung und das deutsche Durchsetzungsgesetz enthalten keine Vorgaben, wie Unternehmen bei Verstößen gegenüber anderen Firmen haften (vgl. EU 2017/821; MinRohSorgG).

14.7.2 Dodd-Frank Act Section 1502

Entstehung

Artikel 1502 des „Dodd–Frank Wall Street Reform and Consumer Protection Act“ (Pub.L. 111–203) wurde 2010 unter der Obama-Administration vom amerikanischen Kongress verabschiedet (vgl. Pub.L. 111–203; Dalla Via und Perego 2018, S. 775). Es war eines der ersten Gesetze, das Unternehmen Vorschriften zum Umgang mit Menschenrechtsverletzungen in Lieferketten machte (vgl. Dalla Via und Perego 2018, S. 775).

Anwendungsbereich

Die gesetzliche Regelung bezieht sich auf bestimmte „Konfliktminerale“ (Pub.L. 111–203, §1502 e). Diese sind Tantal, Zinn, Wolfram und Gold, die in der demokratischen Republik Kongo oder angrenzenden Ländern gefördert werden und den dortigen bewaffneten Konflikt finanzieren (vgl. ebd.). Laut Gesetz steht es dem amerikanischen Außenminister grundsätzlich frei, weitere Minerale aus der Region zu Konfliktmineralien zu erklären (vgl. Pub.L. 111–203, §1502 c).

Section 1502 des Dodd-Frank Act betrifft direkt alle Unternehmen, die an einer amerikanischen Börse gelistet sind (vgl. Deloitte 2014, S. 13) und für welche die Verwendung eines kritischen Minerals „notwendig für die Funktionalität oder Herstellung eines Produkts“ (Pub.L. 111–203, §1502 b) ist. Das Gesetz gilt somit unabhängig von der Menge der kritischen Mineralien, die eine Firma verwendet (vgl. Pub.L. 111–203; DIHK et al. 2014, S. 1). Artikel 1502 des Dodd-Frank Gesetzes ist auch nicht auf die weitere

Verwendung der Mineralien in bestimmten Industrien beschränkt (vgl. Pub.L. 111–203; DIHK et al. 2014, S.2).

Deutsche Unternehmen können direkt dem Gesetz unterliegen, wenn sie selbst an einer Börse in den USA gelistet sind (vgl. DIHK et al. 2014, S. 2). Implizit ist die Regelung aber auch für alle (deutschen) Firmen relevant, die unmittelbar oder mittelbar ein Unternehmen beliefern, welches dem Dodd-Frank Gesetz unterliegt (vgl. ebd., S. 4).

Sorgfaltspflichten - allgemein

Section 1502 des Dodd-Frank Act verbietet nicht die Verwendung der Konfliktmineralien, sondern gibt bestimmte Prozesspflichten vor. Diese Sorgfaltspflichten sind: Einführung eines Managementsystems zur Rückverfolgung der Mineralien durch das Unternehmen; Überprüfung des Managementsystems durch unabhängige Dritte; Berichtspflichten der Firma gegenüber der amerikanischen Börsenaufsicht (U.S. Securities and Exchange Commission, SEC) und Offenlegungspflichten gegenüber der Öffentlichkeit (vgl. Pub.L. 111–203, §1502 b).

Sorgfaltspflichten – Rückverfolgung

Wenn ein Unternehmen Tantal, Zinn, Wolfram oder Gold verwendet, muss es nachvollziehbar untersuchen, ob die Mineralien aus der Konfliktregion stammen könnten (‘reasonable country of origin inquiry’). Hat eine Firma Grund zu dieser Annahme, muss sie „mit der größtmöglichen Genauigkeit“ (Pub.L. 111–203, §1502 b, eigene Übersetzung) prüfen, unter welchen Umständen die Rohstoffe gewonnen wurden. Dann muss identifiziert werden, in welchen Hütten und Raffinerien die Minerale verarbeitet wurden und aus welchem Abbauland die Minerale stammen (vgl. ebd.). Zudem müssen „die *Bemühungen*, die Mine oder den Ursprungsort festzustellen“ (vgl. ebd., Betonung hinzugefügt) vom Unternehmen festgehalten werden.

Der Nachweis, dass Mineralien unkritisch sind, kann in der Praxis von einer Hütte bzw. Schmelze stammen. Die Bestätigung kann aber auch durch den unmittelbaren Zulieferer des berichtenden Unternehmens erfolgen (vgl. DIHK et al, 2014, S.4). Berichten Zulieferer ihren Kunden, dass Mineralien unkritisch sind, so wird die Verantwortung für die Richtigkeit der Angaben entlang der Lieferkette „hindurchgereicht“ (ebd).

Maximal muss ein Unternehmen seine Lieferkette also selbst bis zum Abbauland zurückverfolgen. Das *tatsächliche Bestimmen* der Mine ist in keinem Fall notwendig (vgl. ebd., S.3; Pub.L. 111–203, §1502 b). Minimal reicht es aus, sich vom eigenen unmittelbaren Lieferanten die Konfliktfreiheit des Metalls erklären zu lassen (vgl. DIHK et al, 2014, S.4).

Wann immer ein Unternehmen annimmt, dass Mineralien aus der Konfliktregion stammen könnten, muss der Prozess der Rückverfolgung von unabhängigen Dritten geprüft werden (vgl. ebd., S. 3; Pub.L. 111–203, §1502 b).

Das Gesetz sieht keine Vereinfachung der Rückverfolgungspflichten vor, falls Unternehmen an einem übergreifenden System (von Industrieverbänden, Regierungen, NGOs) teilnehmen. Es gibt in Artikel 1502 des Dodd-Frank-Act also keine ‚Safe Harbor‘-Regelung im eigentlichen Sinn (vgl. Pub.L. 111–203, §1502). Gleichzeitig gibt es in der Praxis aber eine Reihe von Initiativen, um den Informationsaustausch zwischen Unternehmen zu vereinfachen (vgl. DIHK et al. 2014, S. 5).

Offenlegungs- und Berichtspflichten

Der Gesetzestext des Dodd-Frank Act enthält auch mehrere regelmäßige Berichts- und Offenlegungspflichten. Kommt eine Firma zu dem Schluss, dass die von ihr verwendeten Rohstoffe unkritisch sind, muss sie dies einmal jährlich der amerikanischen Börsenaufsicht SEC berichten. Dabei muss das Unternehmen auch das eigene System zur Erfüllung der Sorgfaltspflichten beschreiben, welches zu dieser Annahme geführt hat (Pub.L. 111–203, §1502 b). Das Formblatt („Form SD“), welches das Unternehmen hierfür nutzt, muss auch öffentlich gemacht werden (ebd.; DIHK et al. 2014, S. 3).

Wenn eine Firma annimmt, dass die verwendeten Rohstoffe kritisch sind, muss ein ausführlicherer Bericht („Conflict Minerals Report“) verfasst werden. Dieser muss die Verarbeitungsstätten und das Ursprungsland der Minerale enthalten, sowie eine Beschreibung der „Bemühungen, die Mine oder den Ursprungsort festzustellen“ (Pub.L. 111–203, §1502 b). Ein Conflict Minerals Report muss von unabhängigen Dritten geprüft werden, auch das muss dokumentiert werden. Conflict Minerals Report und

Auditierungsbericht müssen dann jährlich der SEC zugesendet werden. Der Conflict Minerals Report muss öffentlich gemacht werden, nicht jedoch der Bericht über dessen Auditierung (vgl. ebd.).

Haftung

Unternehmen haften grundsätzlich gegenüber ihren Kunden, wenn sie falsche Informationen zur Konfliktfreiheit weitergeben; allerdings nur dann, wenn das Unternehmen seine Angaben nicht ‚in gutem Glauben‘ (‚good faith‘) gemacht hat (vgl. Deloitte 2014, S. 24). Letzteres ist in der Praxis aber der Fall, wenn dem Unternehmen zuvor von dessen eigenem Zulieferer bestätigt wurde, dass Mineralien unkritisch sind (vgl. DIHK et al. 2014, S. 4).

14.7.3 EG-Verordnung 2006/1907 zur Registrierung, Bewertung, Zulassung und Beschränkung chemischer Stoffe (REACH)

Einleitung

REACH ist eine Chemikalien-Verordnung der EU, die 2006 verabschiedet wurde (vgl. EG 2006/1907). Ziel der Rechtsvorschrift ist der Schutz menschlicher Gesundheit und der Umwelt vor Chemikalien (vgl. ebd., Grund 1). Mit der Verordnung wurde das Chemikalienrecht innerhalb der EU vereinheitlicht (vgl. ebd., Grund 2). „REACH“ steht dabei für „Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals“ (Registrierung, Bewertung, Zulassung und Beschränkung von Chemikalien; ebd.).

Anwendungsbereich

Als EU-Verordnung ist REACH unmittelbar geltendes Recht in allen 27 Mitgliedsländern, außerdem in Island, Lichtenstein und Norwegen (vgl. ECHA 2017, S. 10). REACH ist vor allem für Hersteller und Importeure von Chemikalien in diesen Ländern relevant, aber auch deren Abnehmer fallen direkt in den Geltungsbereich der Verordnung (vgl. EG 2006/1907, Art. 3). Indirekt sind von REACH auch Unternehmen außerhalb des Geltungsbereiches betroffen, wenn sie Chemikalien an Unternehmen in diesen Ländern liefern (vgl. European Chemicals Agency [ECHA] 2020a).

REACH betrifft sowohl die meisten Chemikalien in Form von Reinstoffen und Gemischen, wie auch deren Verwendung in Erzeugnissen (vgl. EG 2006/1907, Art. 3, 6, 7). Für fast

alle chemischen Stoffe gelten durch REACH gewisse Melde- und Informationspflichten (vgl. ebd., Art. 31-34). Wenige Ausnahmen gelten, wenn Chemikalien bereits durch andere Rechtsvorschriften abgedeckt sind, zum Beispiel in Lebensmitteln oder Pharmazeutika (vgl. ebd., Art. 2).

Für besonders schädliche Chemikalien gelten durch REACH Zulassungsbeschränkungen und Verbote (vgl. ebd., Art. 67). Neben verbotenen Stoffen gibt es auch Chemikalien, welche unter besonderer Beobachtung stehen. Diese „besonders besorgniserregende[n] Stoffe“ (Substances of Very High Concern, SVHC; ebd., Art. 9) dürfen noch importiert, hergestellt und gehandelt werden. Sie befinden sich aber auf einer „Candidate List of substances of very high concern for Authorisation“ (Liste der für eine Zulassung in Frage kommenden besonders besorgniserregenden Stoffe; ebd., Anhang XIV). Stoffe auf dieser Liste sollen zukünftig beschränkt oder verboten werden (vgl. ebd., Art. 57-59).

Meldepflichten an die Europäische Chemikalienagentur

REACH erlegt Unternehmen die Pflicht auf, die Herstellung und den Import von chemischen Stoffen bei der Europäischen Chemikalienagentur (ECHA) zu registrieren. Wann immer Unternehmen pro Jahr mindestens eine Tonne eines Stoffes importieren oder herstellen, müssen sie dies registrieren. Das gilt für viele Chemikalien in Reinform, oder als Gemisch. Möglich ist aber auch, dass Unternehmen die Herstellung oder den Import von Erzeugnissen registrieren müssen, wenn in diesen Erzeugnissen Chemikalien enthalten sind (vgl. EG 2006/1907, Art. 6, 7).

Zum einen müssen Unternehmen Stoffe in Erzeugnissen registrieren, wenn ein Stoff bei normalem Gebrauch des Erzeugnisses freigesetzt wird, wie zum Beispiel Tinte aus einer Druckerpatrone. Zum anderen, wenn sich in Erzeugnissen besonders besorgniserregende Stoffe finden (vgl. ebd., Art. 7).

In beiden Fällen muss eine Registrierung erst ab einer Mengenschwelle von einer Tonne Chemikalie pro Jahr erfolgen. Die Mengenschwelle gilt für die Gesamtmenge einer Chemikalie, die in allen importierten oder hergestellten Erzeugnissen eines Unternehmens enthalten ist (vgl. ebd.; ECHA 2017, S. 32, 66).

Im Fall besonders besorgniserregender Stoffe gilt für die Registrierungspflicht nicht nur eine Mengenschwelle, sondern zusätzlich auch eine Konzentrationsschwelle von 0,1% (Masse des besonders besorgniserregenden Stoffes/Masse des Erzeugnisses). Die Konzentrationsschwelle wird für sich bereits überschritten, wenn ein einzelnes Exemplar eines Erzeugnisses eine höhere Konzentration enthält. Für eine Registrierungspflicht müssen aber beide Schwellen überschritten sein (vgl. EG 2006/1907, Art. 7; ECHA 2017, S. 32).

Mitteilungspflichten in der Lieferkette

Die genannten Registrierungspflichten gelten für Unternehmen gegenüber der Europäischen Chemikalienagentur. Daneben legt REACH Unternehmen auch Mitteilungspflichten innerhalb ihrer Lieferketten auf. Diese gelten nicht nur für Hersteller und Importeure von Chemikalien, sondern auch für alle nachgelagerten Akteure in den Wertschöpfungsketten. Ausgenommen von den Mitteilungspflichten sind lediglich private Verbraucher und Entsorgungsunternehmen (vgl. EG 2006/1907, Art. 3, 31-34; ECHA o.J.).

Zum einen existieren solche Mitteilungspflichten für chemische Stoffe in Reinform, oder als Gemisch. Jeder Lieferant einer Chemikalie ist verpflichtet, dem Abnehmer Informationen über Eigenschaften des Stoffes und den sicheren Umgang zu Verfügung zu stellen. Diese Informationspflicht gilt bei jeder Lieferung. Ggf. muss ein Lieferant seinen Abnehmer auch zu einem späteren Zeitpunkt informieren, wenn neue Erkenntnisse über die Gefährlichkeit eines Stoffes vorliegen. Bei neu entdeckten Gefahren muss ein Unternehmen auch den eigenen Zulieferer informieren. Diese Mitteilungspflichten gelten immer, Schwellenwerte gibt es nicht (vgl. EG 2006/1907, Art. 31, 32, 34).

Zum anderen enthält REACH auch Mitteilungspflichten für besonders besorgniserregende Stoffe in Erzeugnissen. Diese Informationspflicht gilt, wenn ein Unternehmen oder ein privater Verbraucher bei einem Lieferanten eine Anfrage stellen. In diesem Fall muss ein Lieferant innerhalb von 45 Tagen darüber informieren, ob sich in seinem Erzeugnis besonders besorgniserregende Stoffe befinden. Ist das der Fall, muss

der Lieferant auch Informationen über Eigenschaften der Chemikalie und den sicheren Umgang mit dieser bereitstellen. Für diese Mitteilungspflicht gilt eine Konzentrationsschwelle von 0,1% (Masse des besonders besorgniserregenden Stoffes/Masse des Erzeugnisses). Eine Mengenschwelle gibt es hier nicht (vgl. EG 2006/1907, Art. 33).

Ohne Mengenschwelle ist wichtig zu wissen, wie die Europäische Chemikalienagentur ein ‚Erzeugnis‘ definiert. Nach dem Verständnis der ECHA handelt es sich auch bei Zwischenprodukten und Bauteilen immer um Erzeugnisse. Diese müssen insbesondere auch dann noch isoliert als Erzeugnis betrachtet werden, wenn sie sich als Komponente in einem größeren Produkt befinden. Mit Blick auf die Mitteilungspflicht gilt die Konzentrationsschwelle dann für jedes einzelne Erzeugnis innerhalb des Produkts (vgl. ECHA 2017, S. 25-27).

So gilt zum Beispiel jeder Chip innerhalb eines Computers als eigenes Erzeugnis. Entsprechend muss dann nicht für den Computer als Ganzes, sondern für jeden einzelnen Chip bekannt sein, ob letzterer die Konzentrationsschwelle für die Mitteilungspflicht überschreitet. Die Konzentration errechnet sich dann für jeden einzelnen Chip aus der Masse des besonders besorgniserregenden Stoffes im Chip im Verhältnis zur Masse des Computerchips (vgl. ebd.).

Durchsetzung, Haftung

Obwohl Unternehmen sich mit ihren Registrierungen an die ECHA wenden, sind für die Durchsetzung der REACH-Verordnung nationale Behörden zuständig. In Deutschland liegt die Verantwortung bei den Ländern (Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg [LUBW] o.J.). Ein Verstoß gegen Registrierungs- und Mitteilungspflichten kann mit einem Bußgeld von 50.000 Euro geahndet werden (ChemG, § 26). In der Unternehmenspraxis können Abnehmer auch Schadensersatz verlangen, wenn ihr Lieferant seinen Mitteilungspflichten nicht nachgekommen ist und dem Abnehmer dadurch ein Nachteil entsteht (vgl. Baumann 2021, S. 5).

14.7.4 Substances of Concern in Products (SCIP)

Einleitung

SCIP ist eine Datenbank der europäischen Chemikalienagentur für besonders besorgniserregende Stoffe in Produkten. Verbunden mit der Datenbank ist eine neue Meldepflicht, welche die bestehenden Mitteilungspflichten der REACH-Verordnung erweitert (vgl. EG 2006/1907, Art. 33; EU 2018/851, Art. 9; ChemG, § 16f). Dabei steht „SCIP“ für „Substances of Concern In Products“ (Besorgniserregende Stoffe in Produkten, ECHA o.J.). Die Einrichtung von SCIP wurde 2018 beschlossen (vgl. EU 2018/851, Art. 9).

Ziel von SCIP ist es, die Schaffung einer Kreislaufwirtschaft zu unterstützen. SCIP soll zunächst dazu beitragen, dass Recycler über besonders besorgniserregende Stoffe in Produkten Bescheid wissen. Langfristig sollen diese besonders besorgniserregenden Stoffe ganz aus den Produktkreisläufen verschwinden (vgl. ECHA 2020a.; LUBW o.J.). Besonders besorgniserregende Stoffe sind Chemikalien, welche auf der Kandidatenliste für zukünftige Beschränkungen und Verbote stehen (EG 2006/1907, Anhang XIV; s. oben).

Anwendungsbereich

Da es sich bei SCIP um eine Erweiterung von REACH handelt, besitzt SCIP grundsätzlich den gleichen Geltungsbereich (vgl. EG 2006/1907). SCIP gilt für die gleichen Unternehmen in den gleichen Ländern (vgl. EG 2006/1907, Art. 3; s. oben). Ein Unterschied ist allerdings, dass sich diese Ergänzung von REACH nur auf besonders besorgniserregende Stoffe in Erzeugnissen bezieht. Für Chemikalien in Reinform und als Gemische gelten keine neuen Vorgaben. Auch für Stoffe in Erzeugnissen, welche nicht auf der Kandidatenliste für zukünftige Verbote stehen, gelten keine neuen Anforderungen (vgl. EU 2018/851, Art. 9; ChemG, § 16f).

Neue Meldepflichten für Unternehmen

REACH verpflichtete Unternehmen bereits vor SCIP, in ihren Lieferketten Informationen zu besonders besorgniserregenden Stoffen in Erzeugnissen weiterzugeben. Bisher mussten Unternehmen diese Daten nur ihren Abnehmern mitteilen (vgl. EG 2006/1907, Art. 33; s. oben). Die Neuerung durch SCIP besteht darin, dass Unternehmen diese

Angaben nun zusätzlich auch der ECHA melden müssen (vgl. ChemG, § 16f; ECHA 2020a).

Konkret müssen Unternehmen drei Arten von Informationen einreichen (vgl. ECHA 2020a): Daten zur Identifizierung des Erzeugnisses; Angaben zu Art, Konzentration und Position des besonders besorgniserregenden Stoffes im Erzeugnis; und Hinweise zur sicheren Verwendung und Entsorgung.

SCIP ist eine zentrale, elektronische Datenbank der ECHA. Unternehmen können Informationen online einpflegen oder ihre eigenen Informationssysteme mit dem der ECHA verknüpfen (,system-to-system', ,S2S') (vgl. ECHA 2020a).

Ausgestaltung der SCIP-Datenbank im Detail

Entsprechend den Zielen der Datenbank sollen Behörden und Recyclingunternehmen unbeschränkte Leserechte erhalten. Wie genau diese Organisationen ihre Berechtigung nachweisen und die Vertraulichkeit wahren sollen, steht noch nicht fest (vgl. Baumann 2021, S. 6).

Für alle anderen Unternehmen und die breite Öffentlichkeit werden die eingereichten Informationen nur teilweise veröffentlicht, um die Vertraulichkeit der Unternehmen und ihrer Geschäftsbeziehungen zu wahren. Die Datenbank legt nicht offen, welches Unternehmen zu welchen Erzeugnissen Angaben macht. Artikel- oder Markennamen eines Erzeugnisses werden nicht bekannt gegeben. Stattdessen soll jedes eingetragene Erzeugnis eine ,SCIP-Nummer' als eindeutige Identifikation erhalten. Setzt sich ein Erzeugnis aus mehreren kleineren Erzeugnissen zusammen, dann enthält der öffentliche Datenbankeintrag des zusammengesetzten Produkts keinen Hinweis auf die integrierten Erzeugnisse (vgl. ECHA 2020b, S. 5).

Unternehmen steht es frei, ihren Abnehmern die SCIP-Nummer eines Erzeugnisses mitzuteilen. Letztere können Informationen dann in der Datenbank abrufen (vgl. ECHA 2020a). Zur vereinfachten Einreichung von Meldehinweisen stellt die ECHA zwei Hilfsmittel bereit, „Referencing“ (ebd.) und „Simplified SCIP Notifications (SSNs)“ (ebd.). Referencing ermöglicht Erleichterungen für Unternehmen, wenn mehrere Erzeugnisse zu einem neuen Erzeugnis kombiniert werden. Entsprechend ist Referencing vor allem für

Monteure und Hersteller von komplexeren Produkten relevant. Unternehmen müssen grundsätzlich alle Erzeugnisse mit besonders besorgniserregenden Stoffen melden. Auch dann, wenn ein Erzeugnis als Bauteil Bestandteil eines größeren Erzeugnisses ist (s. oben). Wird ein Bauteil der ECHA gemeldet und anschließend in ein größeres Erzeugnis verbaut, dann muss auch der Hersteller des größeren Erzeugnisses letzteres der ECHA melden. Der Hersteller des größeren Erzeugnisses muss dann aber nicht erneut alle Informationen für das Bauteil einreichen. Stattdessen kann er sich bei seiner Meldung auf die bereits erfolgte Meldung beziehen. Notwendig ist dafür, dass der Hersteller des größeren Erzeugnisses die SCIP-Nummer des Bauteils kennt (vgl. ebd).

Eine Simplified SCIP Notification (SSN) bietet immer dann eine Vereinfachung der Meldepflichten, wenn bereits gemeldete Erzeugnisse von einem anderen Unternehmen abgenommen und unverändert weiterverkauft werden. Dementsprechend dienen SSNs vor allem Handelsunternehmen. Diese müssen keine vollständige Meldung bei der ECHA einreichen. Es genügt eine vereinfachte Meldung, bei welcher der Händler auf die bereits erfolgte Meldung verweist. Auch für diese vereinfachten Meldungen ist es entscheidend, dass das Handelsunternehmen die SCIP-Nummer des Erzeugnisses kennt (vgl. ebd.). Unternehmen sind grundsätzlich nicht dazu verpflichtet, anderen Unternehmen die SCIP-Nummern ihrer Erzeugnisse mitzuteilen. Es steht ihnen aber frei, Zulieferer privatrechtlich dazu zu verpflichten (vgl. Baumann 2021, S. 10).

Die SCIP-Datenbank bietet keine Hilfestellung für Unternehmen, wenn diese relevante Erzeugnisse in die EU importieren – und nicht wissen, ob außerhalb der EU besonders besorgniserregende Stoffe in ein Erzeugnis gelangt sind.

14.7.5 LBMA Gold-Guidance

Das Responsible Sourcing Programme der LBMA steht für eine verantwortungsbewusste Beschaffung und ist für alle Good-Delivery-Raffinerien, die auf dem Londoner Edelmetallmarkt handeln wollen, obligatorisch. Die Einhaltung eines geprüften Prozesses gibt Anlegern und Verbrauchern die Gewissheit, dass alle Londoner Edelmetallbestände konfliktfrei sind. Die Responsible Gold Guidance (RGG) (LBMA 2021b) basiert auf den OECD-Leitlinien zur Sorgfaltspflicht sowie auf den schweizerischen und US-amerikanischen Know-your-customer (KYC)-, Anti-Geldwäsche- und Anti-

Terrorismusfinanzierungsvorschriften. Seit Januar 2012 unterziehen sich die Good-Delivery-Veredler von Gold jährlichen Audits anhand der Gold Guidance der LBMA.²¹⁵

Die RGG definiert recyceltes Gold als Gold, welches zuvor raffiniert wurde und beinhaltet jedes goldhaltige Material, welches nicht direkt aus der Mine und seinem ersten Produktlebenszyklus stammt. In der Praxis umfasst recycelbares Material Endverbraucherprodukte, Schrott und Altmetalle sowie Materialien, die bei der Raffination und Produktherstellung anfallen, sowie Anlagegold und goldhaltige Produkte. Außerdem gehört auch vollständig raffiniertes Gold dazu, das zu Körnern, Good-Delivery-Barren, Medaillons und Münzen verarbeitet wurde, die zuvor von einer Raffinerie an einen Hersteller, eine Bank oder einen Verbrauchermarkt verkauft wurden und danach möglicherweise an eine Raffinerie zurückgegeben werden müssen, um ihren finanziellen Wert zurückzuerhalten oder um in andere Produkte umgewandelt zu werden. Zudem werden Unterkategorien von wiederverwendbarem Gold wie folgt definiert:

- Unverarbeitetes recycelbares Gold: Gold, welches in seiner ursprünglichen Form oder als Verarbeitungsschrott vorliegt, bevor es zurückgegeben wird. Hierzu zählen unter anderem Goldbarren, Schmuckstücke, Münzen, Maschinendrehteile und Ornamente.
- Geschmolzenes wiederverwertbares Gold: Gold, welches im ersten Recyclingprozess geschmolzen und in Barren oder einer anderen Form gegossen wurde. Abmessungen, Form sowie der Feingehalt sind hierbei variabel gehalten.
- Industrielle Nebenprodukte: Materialien, die bei der Verarbeitung entstehen und nicht das beabsichtigte Hauptprodukt sind, aber dennoch nützlich ist. Bei der Goldraffination fallen beispielsweise Nebenprodukte wie Ofenstaub, Schmelztiegel und Bodenfeger an.
- Gemischte Materialien: Materialien, die mehrere Quellen, wie beispielsweise abgebaute und recycelte Mineralien bzw. Metalle enthalten. Jedoch ist das Mischen von Materialien keine gängige Praxis und sollte als Warnhinweis betrachtet werden. Quellen von gemischtem Gold sollten nach der RGG geprüft und einer Due-Diligence Prüfung unterzogen werden.

²¹⁵ LBMA 2021a.

Als Ursprung des recycelten Goldes wird in der RGG der Punkt in der Goldlieferkette definiert, an dem das Gold an die Raffinerie geliefert wird.²¹⁶

Raffinerien müssen angemessene Aufzeichnungen führen, um eine angemessene und kontinuierliche Risikoermittlung, Sorgfaltspflicht und Rückverfolgbarkeit nachzuweisen. Die Aufzeichnungen müssen mindestens fünf Jahre aufbewahrt werden, bzw. für den Zeitraum, der von den lokalen gesetzlichen Bestimmungen vorgeschrieben ist, nach dem Ende des Berichtsjahres des Raffinierers.²¹⁷

Die RGG beschreibt zudem die Einrichtung eines Systems zur Rückverfolgbarkeit von Gold. Dabei muss der Raffineriebetreiber ein Kontrollsystem einrichten, um die Sichtbarkeit und Transparenz der Lieferkette zu erhöhen. Dazu gehört ein System zur Rückverfolgbarkeit, das die Herkunft des Goldes und die an der Lieferkette beteiligten vorgelagerten Partner identifiziert, sowie ein Mechanismus zur Rückverfolgung des Inputs und Outputs jeder raffinierten Charge. Das System zur Rückverfolgbarkeit der Lieferkette sollte Informationen zur Lieferkette für jede Charge von abgebautem Gold, recyceltem Gold oder anderen veredelten Rohstoffen erfassen und aufbewahren.²¹⁸ Informationen die zur Rückverfolgbarkeit verwendet werden können beinhalten folgendes:

- Ursprungsnachweise für recycelte Bestände: Rückverfolgbarkeitsaufzeichnungen durch die Blockchain Technologie, formale Rechnungen oder Packlisten sowie Chain-of-custody (CoC) Informationen. Unter CoC ist eine Aufzeichnung zu verstehen, die Institutionen und Besitzverhältnisse des Materials entlang der Lieferkette, von der Mine zum Verbraucher aufzeigt²¹⁹
- Die Verwendung einer eindeutigen Referenznummer, welche jedem In- als auch Output zugeordnet werden kann, um Manipulation zu erkennen.
- Die Erfassung der Art des erhaltenen Goldes, bei recyceltem Gold: unverarbeitet, geschmolzen oder industrielles Nebenprodukt.
- Gewicht und Analyse des Materials: geschätzt, deklariert und verarbeitet.
- Formulare für die Ein- als auch Ausfuhr für Hochrisikogeschäfte.
- Transport- und Versanddokumente wie Frachtbriefe oder Rechnungen.

²¹⁶ Vgl. LBMA 2021b, S. 6.

²¹⁷ Vgl. LBMA 2021b, S. 18.

²¹⁸ Vgl. LBMA 2021b, S. 18.

²¹⁹ Vgl. LBMA 2021b, S. 5.

- Dokumentation der Ankunft (Datum) in der Raffinerie und dem Enddatum des Raffinationsprozesses.

Die LBMA ermutigt Raffinerien, technologische Lösungen wie beispielsweise Blockchain, maschinelles Lernen oder künstliche Intelligenz, in Betracht zu ziehen, wo dies möglich ist, um die Transparenz und Effizienz der Rückverfolgbarkeit der Lieferkette zu verbessern.²²⁰

Außerdem werden in der RGG Beispiele zur Risikoidentifizierung für recyceltes Gold genannt. Diese Risikoidentifizierung sollte die Verwendung des KYC-Fragebogens für recyceltes Material aus dem Refiner's Toolkit der LBMA, die Identifizierung von Risiken durch Einholung, Bewertung und Überprüfung anhand öffentlich zugänglicher Informationen beinhalten. Folgend ist eine Auflistung von möglichen Punkten aufgelistet²²¹

- Hauptmärkte, Produkte und Kundensegmente der Gegenpartei
- Profile der Gold- und Edelmetalllieferanten der Gegenpartei
- Arten und Formen der von der Gegenpartei beschafften Edelmetalle
- Herkunftsland des von der Anlage verarbeiteten Goldes und der Edelmetalle
- Bestimmungsland des raffinierten Materials
- Handels- und Produktionsdaten, soweit verfügbar
- Art und Standorte der von der Gegenpartei betriebenen Einrichtungen (Schmelzen, Raffinieren, Herstellung, Schmuckproduktion, Pfandhäuser usw.)
- Import-/Exportlizenzen
- Grundsätze, Praktiken und Richtlinien zur Bekämpfung von Geldwäsche und Terrorismusfinanzierung sowie von Bestechung und Korruption
- Verantwortungsvolle Beschaffungspolitik und -verfahren
- Datenschutzrichtlinien und -praktiken, soweit vorhanden.

LBMA Rules for Members

Die LBMA-Mitgliedschaft wird in drei Kategorien unterteilt:

²²⁰ Vgl. LBMA 2021b, S. 19.

²²¹ Vgl. LBMA 2021b, S. 24.

1. Die Vollmitgliedschaft steht jedem Unternehmen in jedem geografischen Gebiet offen. Das Unternehmen muss jedoch in einem Bereich tätig sein, welches mit dem London Bullion Market verbunden ist.
2. Die Market-Making-Mitglieder haben die gleichen Rechte wie die Vollmitglieder, verpflichten sich jedoch zusätzlich sich gegenseitig Angebote für vereinbarte Mindestmengen an Gold und Silber sowie Laufzeiten zu stellen.
3. Die Angeschlossene Mitgliedschaft steht einer Reihe von internationalen Marktteilnehmern, Dienstleistern, Technologieanbietern, Börsen und Intermediären zur Verfügung.

Die Mitgliedschaft sowie die damit verbundenen Rechte sind nicht übertragbar.²²²

Das Antragsverfahren gilt für alle Anträge und für alle Mitgliedschaftsklassen. Begonnen wird mit den Kriterien für das Bewerbungsverfahren. Alle müssen ein Online-Antragsformular ausfüllen, welches über ein LBMA Portal zugänglich ist. Zusätzlich müssen folgende Unterlagen eingereicht werden, bevor der Due Diligence-Prozess beginnen kann:

- Due Diligence Unterlagen zum Nachweis der Mitgliedskategorie
- Drei Empfehlungsschreiben von aktiven LBMA Mitgliedern, mit denen der Antragsteller eine Geschäftsbeziehung von mindestens ein Jahr hat. Teil des Empfehlungsschreibens ist es, die Art und Dauer der bestehenden Geschäftsbeziehung zu bestätigen zudem müssen weitere Bescheinigungsanforderungen erfüllt werden, die auf dem Portal zur Verfügung stehen.
- Die Verpflichtungserklärung, die die Einhaltung des Kodexes bestätigt.
- Die Anmeldegebühr, die nicht erstattungsfähig ist.

Das Exekutivkomitee kann nach eigenem Ermessen jeden Antrag auf Mitgliedschaft ablehnen und muss dafür keine Gründe angeben.²²³

Nach der Antragsstellung findet der Prüfungsprozess statt.

²²² Vgl. LBMA 2021c, S. 9.

²²³ Vgl. LBMA 2021c, S. 10.

Die Exekutive prüft den Antrag, führt eine Due Diligence-Prüfung durch und erstellt einen Bericht, welcher dem Mitgliedschaftsausschuss zur Prüfung vorgelegt wird. Der Mitgliedschaftsausschuss kann zusätzliche Fragen stellen und behält sich das Recht vor, den Antragsteller zu befragen. Ist das Mitgliedschaftskomitee zufrieden, wird es eine Empfehlung zur Prüfung durch das ExCom (Besteht aus dem LBMA-Exekutivausschuss und dem Chief Executive dem der LBMA-Vorstand einige Entscheidungsbefugnisse übertragen hat) aussprechen. Die LBMA ist bestrebt, Anträge in etwa drei bis vier Monaten zu bearbeiten. Der Zeitrahmen kann sich ändern, abhängig von den Ergebnissen der Due Diligence Prozesses und etwaigen Fragen, die sich aus dem ExCom und dem Membership Ausschuss ergeben.²²⁴

Die endgültige Entscheidung über die Annahme oder Ablehnung eines Antrags liegt beim Exekutivkomitee. Diese Entscheidung muss vom Vorstand anerkannt werden. Der Antragsteller wird daraufhin in einem Schreiben über die Entscheidung informiert. Die LBMA ist jedoch nicht verpflichtet, ihre Gründe für die Entscheidung über die Annahme oder die Ablehnung einer Mitgliedschaft anzugeben.

Eine Zusammenfassung des Verfahrens kann *Abbildung 14-1* entnommen werden.

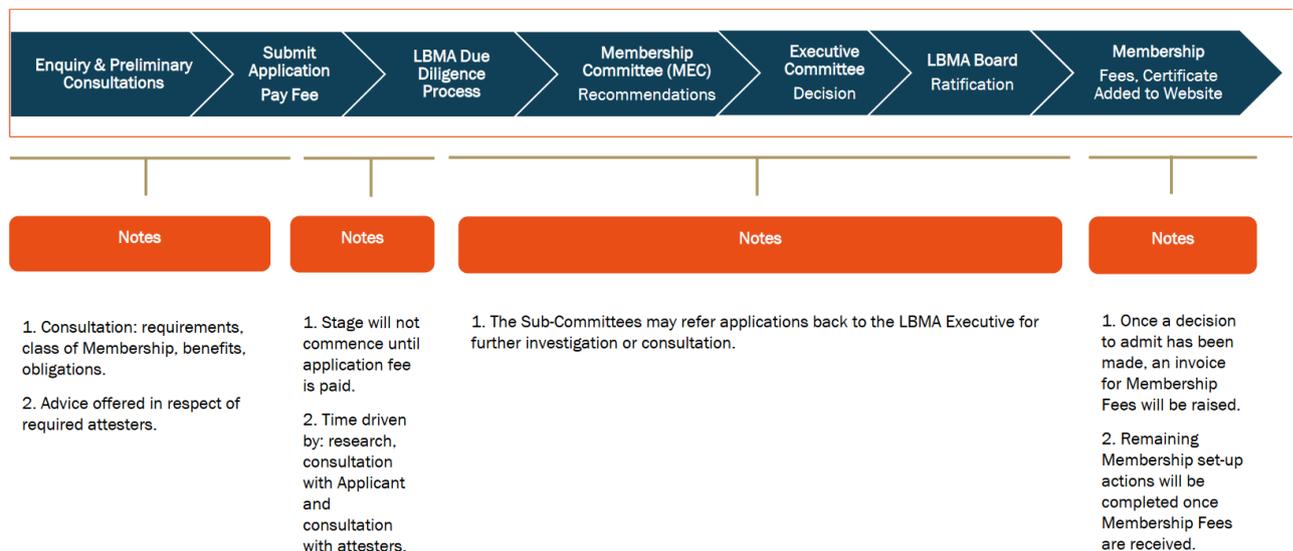


Abbildung 14-1: Antragsverfahren LBMA

Quelle: LBMA 2021c, S. 30

²²⁴ Vgl. LBMA 2021c, S. 11.

Zudem wird jedes Mitglied in regelmäßigen Abständen überprüft. Dies beinhaltet unter anderem eine Überprüfung der Einhaltung der Regeln sowie der Geschäftspraktiken.

Werfen routinemäßige Due-Diligence-Prüfungen oder Marktinformationen Bedenken über ein Mitglied auf, kann die LBMA jederzeit eine Ad-hoc-Überprüfung des Mitglieds durchführen. Eine solche Überprüfung unterliegt dem unter dem Incident Review Process (IRP) beschriebenen Verfahren und kann unter verschiedenen Umständen eingeleitet werden, einschließlich, aber nicht beschränkt auf negative Medienberichterstattung, oder Behauptungen oder Anschuldigungen oder Beweise für einen möglichen Verstoß gegen die geltenden Gesetze. Jedes Endergebnis des IRP-Prozesses wird einer Qualitätskontrolle durch eine Untergruppe des LBMA-Vorstands unterzogen, die auch die endgültige Entscheidung trifft. Diese Untergruppe besteht aus den unabhängigen Non-Executive Directors, dem Chief Executive und den Executive Directors des LBMA-Vorstands. Die Entscheidung dieser Gruppe ist endgültig.

Zudem behält sich die LBMA das Recht vor, Informationen im Zusammenhang mit einer periodischen oder Ad-hoc-Überprüfung zu verlangen. Diese Informationen können geprüfte Jahresabschlüsse, weitere Informationen in Bezug auf relevante geschäftliche sowie aufsichtsrechtliche Compliance Angelegenheiten und Informationen zur Bestätigung der Einhaltung des Kodex und/oder der anwendbaren Gesetze beinhalten. Einzelheiten zu Systemen, Kontrollen und Verfahren, dass diese geeignet sind, um die geltenden gesetzlichen oder aufsichtsrechtlichen Anforderungen zu erfüllen. Der Hauptgeschäftsführer sowie von ihm bevollmächtigte Personen sind berechtigt, die Räumlichkeiten eines Mitglieds zu besuchen, um die oben genannten Informationen zu prüfen und das Mitglied muss sicherstellen, dass es in jeder Hinsicht kooperiert. Werden die angeforderten Informationen nicht vorgelegt, kann dies zu einem negativen Ergebnis führen.²²⁵

Alle Mitglieder müssen über Systeme und Kontrollen verfügen, die mit folgenden Grundsätzen übereinstimmen. Ein Verstoß gegen einen Grundsatz kann, zum Ausschluss aus der Mitgliedschaft führen.

1. Integrität: Ein Mitglied muss mit Integrität handeln, einschließlich der Übernahme von Best Practice und verantwortungsvollen Geschäftspraktiken, und muss offen und kooperativ im Umgang mit der LBMA sein.

²²⁵ Vgl.LBMA 2021c, S. 13f.

2. Geschicklichkeit, Sorgfalt und Gewissenhaftigkeit: Ein Mitglied muss seine Geschäfte mit der gebotenen Sachkenntnis, Sorgfalt und Gewissenhaftigkeit führen.
3. Verwaltung und Kontrolle: Ein Mitglied muss angemessene Sorgfalt walten lassen, um seine Angelegenheiten verantwortungsbewusst und effektiv zu organisieren und kontrollieren, wobei es angemessene Risikomanagementsysteme einsetzt.
4. Finanzielle Umsicht: Ein Mitglied muss über angemessene finanzielle Mittel und Aufzeichnungen verfügen.
5. Marktverhalten: Ein Mitglied muss angemessene Standards für das Marktverhalten einhalten.²²⁶

Alle Mitglieder müssen den Kodex kontinuierlich einhalten und die nachstehend aufgeführten Verpflichtungen erfüllen, welche folgend dargelegt sind. Die Nichteinhaltung der Anforderungen dieses Abschnitts kann unter Umständen zum Entzug der Mitgliedschaft führen. Die Entscheidung über einer Sanktion liegt im alleinigen Ermessen des Exekutivkomitees.

Außerdem müssen Mitglieder über einen wirksamen Governance-Rahmen verfügen, der die Rechenschaftspflicht und die Aufsicht über ihre Geschäfte gewährleistet. Die Mitglieder müssen auch über einen Compliance- und Risikorahmen verfügen, der ein solides Kontroll- und Compliance-Umfeld schafft und die mit ihrem Engagement auf dem Markt verbundenen Risiken identifiziert und steuert.²²⁷

Jedes LBMA Mitglied muss:

- kontinuierlich Due-Diligence-Prüfungen und -Verfahren durchlaufen.
- sicherstellen, dass alle Geschäfte, die von ihm oder durch einen seiner Händler oder Mitarbeiter getätigt werden, nicht dazu führen, dass das Mitglied oder die Mitarbeiter der LBMA gegen geltende Gesetze verstoßen, einschließlich, aber nicht beschränkt auf den UK Bribery Act 2010 und FSMA.
- alle relevanten Wirtschafts-/Handelssanktionslisten einhalten, die unter anderem die UN-, EU-, UK- und US-Sanktionslisten umfassen.
- über geeignete Systeme, Kontrollen und Verfahren zur Bekämpfung von Geldwäsche und Finanzkriminalität verfügen. Die Angemessenheit dieser

²²⁶ Vgl. LBMA 2021c, S. 16.

²²⁷ . Vgl. LBMA 2021c, S. 16ff.

Verfahren muss zufriedenstellend sein, um das Risiko, dass die Mitgliedschaft für einen unzulässigen Zweck verwendet wird, und die Anforderungen gemäß den geltenden Gesetzen sind.

- sicherstellen, dass alle Geschäfte auf dem globalen Edelmetallgroßhandelsmarkt mit Integrität und im Einklang mit den Grundsätzen des Kodex stehen.
- seine internen Angelegenheiten auf verantwortungsvolle und wirksame Weise organisieren und kontrollieren, indem er geeignete und angemessene Risikomanagementsysteme einsetzt.
- ... weitere Pflichten können LBMA 2021c, S. 16ff. entnommen werden.

Für Reporting-Members gibt es zusätzliche Verpflichtungen die einzuhalten sind.

Sie sind verpflichtet die Trade Reporting Requirements zu erfüllen und alle meldepflichtigen Produkte am Ende eines jeden Geschäftstages an die LBMA Trade Data zu melden, in Übereinstimmung mit den Standards für die Meldung von Handelsdaten, die im LBMA Trade Data Governance Rahmenwerk festgelegt sind, welches unter <https://www.lbma.org.uk/prices-and-data/lbma-trade-data> verfügbar ist. Alle meldepflichtigen Mitglieder müssen der Integrität ihrer gemeldeten Handelsdaten gebührend Rechnung tragen und sicherstellen, dass sie korrekt, fair und nicht irreführend sind. Jedes meldepflichtige Mitglied muss sicherstellen, dass seine interne Geschäftsaufzeichnung angemessen und ausreichend ist und dass es in der Lage ist, die Regeln für die Verwendung von LBMA-Hand

14.8 Rechnungen CO₂ Kompensationskosten

Untenstehender Tabelle können die Berechnungen der Kompensationskosten von Primär- als auch von Recyclingmaterial entnommen werden. Die hinzugezogenen Daten der Tabelle können den Quellen [1] Schmidt und Fritz 2022 [2] European Energy Exchange AG 2023 und [3] World Gold Council 2023 entnommen werden.

$$\text{Kompensationskosten Primär gold: } 0,08104 \frac{\text{€}}{\text{kg CO}_2} * 10.988 \frac{\text{kg CO}_2\text{Eq.}}{\text{kg Gold}} =$$

$$890,46752 \frac{\text{€}}{\text{kg Gold}}$$

$$\text{Kompensationskosten Recyclinggold: } 0,08104 \frac{\text{€}}{\text{kg CO}_2} * 36 \frac{\text{kg CO}_2\text{Eq.}}{\text{kg Gold}} =$$
$$2,91744 \frac{\text{€}}{\text{kg Gold}}$$

Tabelle 14-1: CO2-Kompensationsberechnung Geschäftsmodell Fallstudie

Carbon Footprint Goldgranalien ¹	Kompensationspreis EUETS ²		Goldpreis ³		Kompensationskosten Primärgold		Kompensationskosten Gold C.Hafner		Differenz Kompensationszahlung	
	Jahr	€/t CO2	Jahr	€/Oz Gold	Jahr	€/kg Gold	Jahr	€/kg Gold	Jahr	€/kg Gold
CF Primärgold 1098kg CO2-Eq/ 8kg Gold	2005	21,80	2005	358,34	2005	239,54	2005	0,78	2005	238,75
	2006	17,30	2006	480,59	2006	190,09	2006	0,62	2006	189,47
	2007	0,70	2007	506,81	2007	7,69	2007	0,03	2007	7,67
	2008	20,00	2008	593,19	2008	219,76	2008	0,72	2008	219,04
	2009	13,20	2009	697,02	2009	145,04	2009	0,48	2009	144,57
	2010	14,30	2010	925,19	2010	157,13	2010	0,51	2010	156,61
	2011	12,90	2011	1129,92	2011	141,75	2011	0,46	2011	141,28
	2012	7,40	2012	1298,72	2012	81,31	2012	0,27	2012	81,04
	2013	4,30	2013	1063,77	2013	47,25	2013	0,15	2013	47,09
	2014	5,90	2014	952,83	2014	64,83	2014	0,21	2014	64,62
2015	7,60	2015	1045,30	2015	83,51	2015	0,27	2015	83,24	
2016	5,20	2016	1129,45	2016	57,14	2016	0,19	2016	56,95	
2017	5,80	2017	1114,06	2017	63,73	2017	0,21	2017	63,52	
2018	15,50	2018	1073,70	2018	170,31	2018	0,56	2018	169,76	
2019	24,70	2019	1244,88	2019	271,40	2019	0,89	2019	270,51	
2020	24,40	2020	1549,04	2020	268,11	2020	0,88	2020	267,23	
2021	53,65	2021	1520,62	2021	589,51	2021	1,93	2021	587,57	
2022	81,04	2022	1710,02	2022	890,47	2022	2,92	2022	887,55	
Mittel 10 Jahre	21,41	Mittel 10 Jahre	40049,25	Mittel 10 Jahre	235,23	Mittel 10 Jahre	0,77	Mittel 10 Jahre	234,46	
Mittel 5 Jahre	39,86	Mittel 5 Jahre	45642,88	Mittel 5 Jahre	437,96	Mittel 5 Jahre	1,43	Mittel 5 Jahre	436,52	

14.9 Parallele Projekte

Kommerzielle Projekte

Pro- jekt- nr.	Projektname	Anwender	Software- Entwickler	Software- Dienstleister
1	-	Trustchain Initiative	IBM	
2	-	Brilliant Earth	IBM	Everledger
3	-	Gübelin Gem Lab	IBM	Everledger
4	-	Chow Tai Fook	IBM	Everledger
5	-	Moyo Gemstones	IBM	Everledger
6	-	JD.com Inc.	IBM	Everledger
7	-	Hari Krishna Group	IBM	Everledger
8	-	diverse		Tracr
9	-	DustIdentiy		SAP
10	SecuLuxe	Diamond Centre of Wales		LTO Network
11	-	Responsible Sourcing Blockchain Network	IBM	RCS Global
12	-	MineHub	IBM	
13	-	Power Resources Group	Linux Hyperledger	Circular
14	-	World Economic Forum Mining and Metals Blockchain Initiative		
15	Tradewind Origins	Agnico Eagle Mines, Bank of Montreal		Tradewind
16	true Gold	Perth Mint		Security Matters
17	-	Mitsubishi		Skuchain
18	-	Volkswagen und diverse		CERA
19	PartChain	BMW Group		
20	XCEED	Renault und Zulieferer	IBM	
21	IBM Food Trust	Food Trust Alliance	IBM	
22	-	Princes Group		Provenance
23	-	Grassroots Farmers Cooperative		Provenance
24	-	Bridgehead Coffee		Provenance
25	-	Soil Association		Provenance
26	-	Co-op		Provenance
27	-	Pontion		Provenance

Projekt-nr.	Projektname	Anwender	Software-Entwickler	Software-Dienstleister
29	-	Fairfood		Provenance
30	-	Napolina Princes		Provenance
31	-	CBH Group		AgriDigital
32	Food Trust Framework	Alibaba und diverse		
33	Thank my Farmer	Farmer Connect	IBM	
34	-	Carico Café Connoisseur		Provenance
35	-	Denver's Coda Coffee		Bext360
36	-	Rich's Amazing Fish	Intel Hyperledger Sawtooth	
37	-	Anchor		Provenance
38	-	naturipe		SAP
39	-	Natais		SAP
40	-	EY Skye		SAP
41	-	BumbleBee		SAP
42	-	C&A, Zalando und diverse		Bext360
43	-	KAYA&KATO	IBM	
44	-	Martina Spetlova		Provenance
45	-	Jarlggaard		Provenance
46	-	Fuchsi		Provenance
47	-	PEFC		
48	-	Cult Beauty		Provenance
49	-	Marleybones		Provenance
50	-	Trusted IOT Alliance		
51	EC3	diverse		Skuchain
52	Trust Your Supplier		IBM	Chainyard
53	Tradelens	Maersk und weitere	IBM	GTD Solution
54	-	Born Comerç		Provenance
55		Volkswagen AG		Minespider
56	-	Ministerium für Infrastruktur und Wasserwirtschaft der Niederlande; diverse		LTO Network
57	Traca	CS Recycling, The Recycling Association UK	Activeledger	MarineTransport International

Projekt-nr.	Projektname	Anwender	Software-Entwickler	Software-Dienstleister
58	-	American Manganese Inc.		Circular
59	-	Volvo	Oracle	Circular
60	-	Ford, Battery Industry Group	IBM	Everledger
61	-	Daimler Trucks		Filament
62	Circularise Plastics	Domo, Corealis, Porsche und weitere		Circularise
63	reciChain	BASF		
64	Plastic Bank	Plastic Bank Foundation	IBM	
65	-	Royal Auping, DSM-Niaga		Provenance
66	Orobo	Chemistry Team, So Now		Kryha
67	-	DSM-Niaga Canary		Provenance
68	-			RecycleGo
69	Deposy			
70	Ambition 2039	Daimler		Circular
71	Carbon Tracing Platform (COT)	WEF Mining and Metals Blockchain Initiative		Kryha
72	-	Shairu/Atit Diamonds	IBM	Everledger
73	-	Haikure		Provenance
74	-	True Tribe		Suku
75	Carbon Negative Clothing	Covalent	IBM	Cognition Foundry
76	-	AB InBev		Settle Mint
77	-	Energy Coalition		RSK
78	-	Cabify		ClimateTrade
79	-	WeBank, Beijing Environment Exchange, Beijing Green Inclusive Technology.		Fisco
80	-	Ben & Jerry's		Poseidon Foundation
81	-	Tencent		Everledger
82	-	diverse	IBM	Energy Blockchain Labs
83	-		IBM	Veridium Labs
84	Climate Accounting Infrastructure	KPMG		Context Labs, Prescriptive Data and Allinfra

Projekt-nr.	Projektname	Anwender	Software-Entwickler	Software-Dienstleister
85	Carbon Plus Grassland Credits	Impact AG	Cosmos (ATOM)	Microsoft, Regen Networks
86	-	Shopify		Nori
87	TraceX REC	Thai Digital Energy Development		Power Ledger
88	Universal Carbon (UPCO2) token	Universal Protocol Alliance	UpHold	
89	San Marino Low Carbon Ecosystem	San Marino		VeChain
90	Carbon Credit Standard	InterWork Alliance (IWA)		
91	Blockchain Carbon Credits	BYD		VeChain
92	-	Carbon County WY USA		MLG Land Governance
93	-		SAP	TechMahindra
94	2mota	EY		Block2
95	-	Capptions		LTO Network
96	Trado	Sainsbury's, Barclays, BNP Paribas und weitere		Provenance
97	-	Twiga Foods	IBM	
98	-	diverse		Alice SI
99	Bithope	diverse		The Bithope Foundation
100	BitGive	diverse		BitGive Foundation
101	Bakong Projekt	Nationalbank von Cambodia	Linux Hyperledger	Soramitsu
102	Pando	diverse		Io3Energy
103	-	diverse		SunContract
104	SolarCoin	diverse		SolarCoin Foundation
105		diverse		SAP, WIPRO
106	Urban Air Dynamic Geofencing	Ford		Climacell

Pro- jekt- nr.	Projektname	Anwender	Software- Entwickler	Software- Dienstleister
107	-	Beijing Mercedes-Benz Sales Service Company (BMBS)		PlatON
108	-	sgCarMart		Ocean Protocol
109	-	State of California	IBM	The Freshwater Trust, SweetSence Inc.
110	-	Miracle Relief Collaboration League	IBM	Chainyard

Projektnr.	Anwendungsart	Branche
1	Nachhaltiges Lieferkettenmanagement	Mineralien
2	Nachhaltiges Lieferkettenmanagement	Mineralien
3	Nachhaltiges Lieferkettenmanagement	Mineralien
4	Nachhaltiges Lieferkettenmanagement	Mineralien
5	Nachhaltiges Lieferkettenmanagement	Mineralien
6	Nachhaltiges Lieferkettenmanagement	Mineralien
7	Nachhaltiges Lieferkettenmanagement	Mineralien
8	Nachhaltiges Lieferkettenmanagement	Mineralien
9	Nachhaltiges Lieferkettenmanagement	Mineralien
10	Nachhaltiges Lieferkettenmanagement	Mineralien
11	Nachhaltiges Lieferkettenmanagement	Mineralien und Metalle
12	Nachhaltiges Lieferkettenmanagement	Mineralien und Metalle
13	Nachhaltiges Lieferkettenmanagement	Mineralien und Metalle
14	Nachhaltiges Lieferkettenmanagement	Mineralien und Metalle
15	Nachhaltiges Lieferkettenmanagement	Mineralien und Metalle
16	Nachhaltiges Lieferkettenmanagement	Mineralien und Metalle
17	Nachhaltiges Lieferkettenmanagement	Mineralien und Metalle; Automotive
18	Nachhaltiges Lieferkettenmanagement	Mineralien und Metalle; Automotive
19	Nachhaltiges Lieferkettenmanagement	Mineralien und Metalle; Automotive
20	Nachhaltiges Lieferkettenmanagement	Automotive
21	Nachhaltiges Lieferkettenmanagement	Lebensmittel
22	Nachhaltiges Lieferkettenmanagement	Lebensmittel
23	Nachhaltiges Lieferkettenmanagement	Lebensmittel
24	Nachhaltiges Lieferkettenmanagement	Lebensmittel
25	Nachhaltiges Lieferkettenmanagement	Lebensmittel
26	Nachhaltiges Lieferkettenmanagement	Lebensmittel
27	Nachhaltiges Lieferkettenmanagement	Lebensmittel
28	Nachhaltiges Lieferkettenmanagement	Lebensmittel
29	Nachhaltiges Lieferkettenmanagement	Lebensmittel
30	Nachhaltiges Lieferkettenmanagement	Lebensmittel
31	Nachhaltiges Lieferkettenmanagement	Lebensmittel
32	Nachhaltiges Lieferkettenmanagement	Lebensmittel
33	Nachhaltiges Lieferkettenmanagement	Lebensmittel
34	Nachhaltiges Lieferkettenmanagement	Lebensmittel
35	Nachhaltiges Lieferkettenmanagement	Lebensmittel

Projektnr.	Anwendungsart	Branche
36	Nachhaltiges Lieferkettenmanagement	Lebensmittel
37	Nachhaltiges Lieferkettenmanagement	Lebensmittel
38	Nachhaltiges Lieferkettenmanagement	Lebensmittel
39	Nachhaltiges Lieferkettenmanagement	Lebensmittel
40	Nachhaltiges Lieferkettenmanagement	Lebensmittel
41	Nachhaltiges Lieferkettenmanagement	Lebensmittel
42	Nachhaltiges Lieferkettenmanagement	Bekleidung
43	Nachhaltiges Lieferkettenmanagement	Bekleidung
44	Nachhaltiges Lieferkettenmanagement	Bekleidung
45	Nachhaltiges Lieferkettenmanagement	Bekleidung
46	Nachhaltiges Lieferkettenmanagement	Schuhe
47	Nachhaltiges Lieferkettenmanagement	Holz
48	Nachhaltiges Lieferkettenmanagement	Kosmetik
49	Nachhaltiges Lieferkettenmanagement	Tierfutter
50	Nachhaltiges Lieferkettenmanagement	diverse
51	Nachhaltiges Lieferkettenmanagement	diverse
52	Nachhaltiges Lieferkettenmanagement	diverse
53	Nachhaltiges Lieferkettenmanagement	diverse
54	Nachhaltiges Lieferkettenmanagement	diverse
55	Nachhaltiges Lieferkettenmanagement; Kreislaufwirtschaft	Mineralien und Metalle; Automotive
56	Abfallentsorgung	diverse
57	Abfallentsorgung; Kreislaufwirtschaft	diverse
58	Kreislaufwirtschaft	Mineralien und Metalle
59	Kreislaufwirtschaft	Mineralien und Metalle; Automotive
60	Kreislaufwirtschaft	Mineralien und Metalle; Automotive
61	Kreislaufwirtschaft	Automotive
62	Kreislaufwirtschaft	Kunststoffe; Automotive
63	Kreislaufwirtschaft	Kunststoffe
64	Kreislaufwirtschaft	Kunststoffe
65	Kreislaufwirtschaft	Matratzen
66	Kreislaufwirtschaft	Chemie
67	Kreislaufwirtschaft	Teppiche
68	Kreislaufwirtschaft	Abfallwirtschaft
69	LCA; Kreislaufwirtschaft	Kunststoffe
Projektnr.	Anwendungsart	Branche

70	LCA; Kreislaufwirtschaft	Mineralien und Metalle; Automotive
71	LCA	Mineralien und Metalle
72	LCA	Mineralien
73	LCA	Bekleidung
74	LCA	Bekleidung
75	LCS	Bekleidung
76	LCA	Lebensmittel
77	Emissionshandel	Automotive
78	Emissionshandel	Automotive
79	Emissionshandel	Automotive
80	Emissionshandel	Lebensmittel
81	Emissionshandel	Mineralien und Metalle
82	Emissionshandel	Energieerzeugung; diverse
83	Emissionshandel	diverse
84	Emissionshandel	diverse
85	Emissionshandel	diverse
86	Emissionshandel	diverse
87	Emissionshandel	diverse
88	Emissionshandel	diverse
89	Emissionshandel	diverse
90	Emissionshandel	diverse
91	Emissionshandel; Nutzungsdaten	Automotive
92	Öffentliche Verwaltung	Immobilien
93	Qualitätsmanagement	Lebensmittel
94	Wartung	Automotive
95	Wartung	diverse
96	Nachhaltige Finanzwirtschaft	Lebensmittel
97	Nachhaltige Finanzwirtschaft	Lebensmittel
98	Nachhaltige Finanzwirtschaft	diverse
99	Nachhaltige Finanzwirtschaft	diverse
100	Nachhaltige Finanzwirtschaft	diverse
101	Nachhaltige Finanzwirtschaft	diverse
102	Nachhaltige Energiewirtschaft	Energieerzeugung; diverse
103	Nachhaltige Energiewirtschaft	Energieerzeugung; diverse
104	Nachhaltige Energiewirtschaft	Energieerzeugung; diverse
105	Nachhaltige Energiewirtschaft	Energieerzeugung; diverse
Projektnr.	Anwendungsart	Branche

106	Sonstiges	Automotive
107	Sonstiges	Automotive
108	Sonstiges	Automotive
109	Sonstiges	diverse
110	Sonstiges	diverse

Projekt-nr.	Online-Adresse
1	https://www.trustchainjewelry.com/
2	https://www.everledger.io/wp-content/uploads/2019/12/case-study_Everledger-and-Brilliant-Earth.pdf
3	https://www.everledger.io/case-study/everledger-and-gubelin/
4	https://www.everledger.io/case-study/everledger-with-gia-and-chow-tai-fook/?submissionGuid=8dcd4ce5-69a9-4431-99d0-9664a207f1bc
5	https://www.everledger.io/case-study/everledger-with-pact-and-moyo-gemstones/
6	https://siliconangle.com/2020/08/25/everledger-teams-jd-com-gia-grade-trace-diamonds-blockchain/
7	https://www.everledger.io/wp-content/uploads/2019/11/Press-release-Everledger-marks-new-milestone-with-Hari-Krishna-Group-deal.pdf
8	www.tracr.com
9	https://news.sap.com/germany/2019/08/diamantstaub-dust-identity-blockchain/
10	https://www.ltonetwork.com/use-cases/diamond-traceability-on-blockchain/
11	https://www.rcsglobal.com/blockchain-traceability/
12	https://newsroom.ibm.com/2019-01-16-MineHub-Technologies-Collaborates-with-IBM-to-Introduce-Global-Mining-and-Metals-Supply-Chain-Solution-using-Blockchain-Technology
13	https://www.hyperledger.org/wp-content/uploads/2019/01/Hyperledger_CaseStudy_Tantalum_Print.pdf
14	https://www.weforum.org/press/2019/10/seven-mining-metals-companies-partner-on-responsible-sourcing-with-world-economic-forum/
15	https://www.ledgerinsights.com/tradewind-conducts-first-gold-trade-with-provenance-blockchain/
16	https://www.ledgerinsights.com/blockchain-perth-mint-gold-provenance/
17	https://www.gtreview.com/news/fintech/skuchain-and-mitsubishi-launch-blockchain-platform-eco-for-metals-and-mining/
18	https://www.cera-standard.org/
19	https://www.press.bmwgroup.com/deutschland/article/detail/T0307164DE/bmw-group-treibt-mittels-einsatz-von-blockchain-die-lieferketten-transparenz-weiter-voran?language=de
20	https://newsroom.ibm.com/2020-09-09-Groupe-Renault-Tested-A-Blockchain-Project-To-Go-Further-In-The-Certification-Of-Vehicle-Compliance
21	https://www.ibm.com/blockchain/solutions/food-trust
22	https://www.provenance.org/case-studies/princes-tuna
23	https://www.provenance.org/case-studies/grass-roots
24	https://www.provenance.org/case-studies/bridgehead-coffee
25	https://www.provenance.org/case-studies/soil-association

Projekt-nr.	Online-Adresse
26	https://www.provenance.org/case-studies/co-op
27	https://www.provenance.org/case-studies/pontino
28	https://www.provenance.org/tracking-tuna-on-the-blockchain
29	https://www.provenance.org/case-studies/fairfood
30	https://www.provenance.org/case-studies/napolina
31	https://www.gtreview.com/news/asia/australian-grain-exporter-completes-successful-blockchain-pilots/
32	https://insidefmcg.com.au/2018/04/27/blackmores-fonterra-onboard-alibaba-groups-pilot-product-trial/
33	https://newsroom.ibm.com/2020-01-06-Farmer-Connect-Uses-IBM-Blockchain-to-Bridge-the-Gap-Between-Consumers-and-Smallholder-Coffee-Farmers
34	https://www.reuters.com/article/us-uganda-coffee/ugandan-firm-uses-blockchain-to-trace-coffee-from-farms-to-stores-idUSKCN1PH1ZW
35	https://www.bext360.com/ https://www.wsj.com/articles/bringing-blockchain-to-the-coffee-cup-1523797205
36	https://sawtooth.hyperledger.org/examples/seafood.html
37	https://www.provenance.org/case-studies/anchor-milk
38	https://news.sap.com/germany/2019/03/blockchain-lieferkette-lebensmittel/
39	https://news.sap.com/germany/2019/03/digitale-logistikkette-natais/
40	https://news.sap.com/germany/2019/07/blockchain-nachverfolgbarkeit-lieferkette-lachs/
41	https://news.sap.com/germany/2019/03/blockchain-bumble-bee/
42	https://www.bext360.com/wp-content/uploads/2020/01/Bext360-Cotton-Trace-Pilot-Final-2020.pdf
43	https://newsroom.ibm.com/2020-11-16-KAYA-KATO-and-IBM-Pioneer-Blockchain-Network-to-Track-Sustainable-Clothing
44	https://www.provenance.org/case-studies/martina-spetlova
45	https://www.provenance.org/case-studies/martine-jarlgaard
46	https://www.provenance.org/case-studies/fuchsia-shoes
47	https://medforest.net/2019/04/26/wood-chain-project-the-technology-for-strengthening-traceability-and-pefc-certification/
48	https://www.provenance.org/case-studies/cult-beauty
49	https://www.provenance.org/case-studies/marleybones-pet-food
50	http://www.digitaljournal.com/business/new-alliance-for-blockchain-and-supply-chain/article/515217
51	https://www.skuchain.com/ec3/

Pro- jekt- nr.	Online-Adresse
52	https://newsroom.ibm.com/2019-08-05-Leading-Tech-Telecom-Pharma-Beverage-and-Manufacturing-Companies-Collaborate-with-IBM-and-Chainyard-to-Simplify-Supply-Chain-Management-Using-a-New-Blockchain-Network
53	https://www.tradelens.com/
54	https://www.provenance.org/case-studies/born-comerc-barcelona
55	https://www.volkswagenag.com/de/news/2019/04/volkswagen_blockchain_minespider.html
56	https://www.ltonetwork.com/use-cases/waste-transport-on-blockchain/
57	https://www.marinetransportint.com/casestudy/the-traca-waste-logistics-the-circular-economy/
58	https://americanmanganeseinc.com/american-manganese-inc-integrating-blockchain-technology-to-source-lithium-ion-battery-supply/
59	https://www.circulor.com/ ; https://www.reuters.com/article/us-volvo-cars-blockchain/volvo-cars-china-in-first-blockchain-project-for-recycled-cobalt-idUSKCN1US1T2
60	https://www.ledgerio.com/case-study/everledger-with-the-u-s-department-of-energy-and-ford/?submissionGuid=f885d309-be0a-406e-9118-7273badaebb3
61	https://www.ledgerinsights.com/daimler-trucks-blockchain-filament-iot/
62	https://www.circularise.com/plastics
63	https://www.basf.com/ca/en/who-we-are/sustainability/Sustainability-in-Canada/reciChain.html
64	https://plasticbank.com/ ; https://www.ibm.com/de-de/blogs/think/2019/07/30/plastic-bank/
65	https://www.provenance.org/case-studies/circular-economy
66	https://kryha.io/cases/orobo/ ; https://orobo.io/
67	https://www.provenance.org/case-studies/dsm-niaga
68	https://recyclego.com/what-we-do/
69	https://www.deposy.org/
70	https://media.daimler.com/marsMediaSite/en/instance/ko/Mercedes-Benz-Cars-drives-Ambition2039-in-the-supply-chain-blockchain-pilot-project-provides-transparency-on-CO2-emissions.xhtml?oid=45528015
71	https://www.weforum.org/press/2020/12/blockchain-can-trace-carbon-emissions-for-mining-metals-companies-proof-of-concept-released; https://www.ledgerinsights.com/wef-mining-consortium-blockchain-carbon-emissions/
72	https://www.ledgerio.com/climate-conscious-tech-can-mobilise-diamond-sustainability/
73	https://www.provenance.org/case-studies/fashion-b2b
74	https://www.suku.world/blog/2020/12/15/true-tribe-launches-first-garments-with-full-supply-chain-transparency-by-suku-blockchain-saas-traceability-solution
Pro- jekt- nr.	Online-Adresse

75	https://www.ledgerinsights.com/ibm-blockchain-traceability-carbon-fashion-accessories-covalent/
76	https://www.ledgerinsights.com/stella-artois-budweiser-owner-ab-inbev-uses-blockchain-from-barley-field-to-bar/
77	https://www.coindesk.com/california-agency-backs-green-energy-pilot-using-rsks-bitcoin-smart-contracts
78	https://businessblockchainhq.com/business-blockchain-news/ridesharing-giant-cabify-to-track-and-offset-carbon-emissions-using-blockchain-platform/ ; https://www.ledgerinsights.com/carbon-credit-blockchain-acciona-climatetrade/
79	https://www.ledgerinsights.com/world-environment-day-webank-measure-goodness-blockchain/
80	https://www.forbes.com/sites/oliversmith/2018/05/29/ben-jerrys-bets-on-blockchain-to-cancel-out-the-carbon-in-every-scoop/?sh=22b6061f688c
81	https://www.ledgerinsights.com/everledger-blockchain-carbon-offset-diamond-industry/
82	https://www.ibm.com/case-studies/energy-blockchain-labs-inc
83	https://newsroom.ibm.com/2018-05-15-Veridium-to-Use-IBM-Blockchain-Technology-to-Create-Social-and-Environmental-Impact-Tokens-1
84	https://www.ledgerinsights.com/kpmg-launches-greenhouse-gas-emissions-traceability-blockchain/ ; https://www.coindesk.com/kpmg-airs-blockchain-solution-to-help-corporates-offset-carbon-emissions
85	https://businessblockchainhq.com/business-blockchain-news/microsoft-uses-blockchain-technology-to-purchase-soil-carbon-credits-in-australia/
86	https://businessblockchainhq.com/business-blockchain-news/nori-is-pitching-carbon-trading-on-the-blockchain-techcrunch/ ; https://www.coindesk.com/nori-blockchain-carbon-credits-funding-round
87	https://www.ledgerinsights.com/power-ledger-expands-blockchain-energy-footprint-in-thailand/
88	https://businessblockchainhq.com/business-blockchain-news/blockchain-coalition-launches-tradable-carbon-credit-token/ ; https://www.ledgerinsights.com/blockchain-tradable-carbon-token-launched/
89	https://businessblockchainhq.com/business-blockchain-news/san-marino-blockchain-fighting-climate-change/
90	https://www.ledgerinsights.com/accenture-digital-asset-lead-interwork-alliance-sustainability-standardize-carbon-credits/
91	https://www.ledgerinsights.com/blockchain-carbon-credits-driving-byd-vechain-dnv/
92	https://www.businesswire.com/news/home/20200413005490/en/Medici-Land-Governance-Develop-Blockchain-Based-Land-Records
Projekt-nr.	Online-Adresse

93	https://store.sap.com/en/product/display-0000045383_live_v1/SPRINT%20-%20Strategic%20Product%20Recall%20in%20Transparency
94	https://www.ledgerinsights.com/ey-block2-blockchain-marketplace-car-service-mota2/
95	https://www.ltonetwork.com/use-cases/inspection-reports-on-blockchain/
96	https://www.provenance.org/case-studies/unilever
97	https://www.ibm.com/blogs/research/2018/04/ibm-twiga-foods/
98	https://alice.si/
99	https://bithope.org/
100	https://www.bitgivefoundation.org/
101	https://www.hyperledger.org/wp-content/uploads/2020/11/Hyperledger_CaseStudy_Soramitsu_Printable_111220.pdf
102	https://lo3energy.com/pando/
103	https://suncontract.org/
104	https://solarcoin.org/ ; https://news.sap.com/germany/2017/07/solarcoin-blockchain/
105	https://news.sap.com/germany/2018/09/oekostrom-blockchain/
106	https://media.ford.com/content/fordmedia/feu/en/news/2020/12/17/ford-study-shows-blockchain--dynamic-geofencing-and-plug-in-hybr.html
107	https://www.ledgerinsights.com/mercedes-benz-blockchain-used-car-market/
108	https://www.ledgerinsights.com/ocean-protocol-sgcarmart-used-car-data-blockchain/
109	https://newsroom.ibm.com/2019-02-08-State-of-California-Tackles-Drought-with-IoT-Blockchain
110	https://chainyard.com/wp-content/uploads/2020/04/Chainyard-MRCL-Blockchain-Solution-1.pdf

Forschungsprojekte

Projekt-nr.	Projekt-Kürzel	Projektname
111	PimKoWe	Plattform für das integrierte Management von Kollaborationen in Wertschöpfungsnetzwerken
112	KOSMoS	Kollaborative Smart Contracting Plattform für digitale Wertschöpfungsnetze
113	SINLOG	Standardization approach to connect inland navigation to intermodal logistics
114	Railchain	Blockchain- bzw. Distributed Ledger Technologien im Bahnbetrieb
115	Riskblock	Mitigating Risks in Temperature-controlled Supply Chains Using Blockchain Technology
116	-	Innovationen für nachhaltige Agrarlieferketten in Äthiopien
117	SOFiA	Planung und Steuerung von Wertschöpfungsnetzwerken durch die Integration von Smart Objects und Smart Finance Ansätzen
118	INA-Projekt Ruanda	Initiative für nachhaltige Agrarlieferketten in Ruanda: Digitale Rückverfolgbarkeit für Frauenkaffee anhand einer Blockchain-Lösung
119	-	Blockchain-Technologie: Neue Lösungen für nachhaltige Entwicklung
120	NutriSafe	Sicherheit in der Lebensmittelproduktion und -logistik durch die Distributed-Ledger-Technologie
121	BloGPV	Blockchainbasierter virtueller Großspeicher für PV-Anlagenbetreiber
122	Enavi	Energiewende-Navigationssystem zur Erfassung, Analyse und Simulation der systemischen Vernetzungen, AP Digitalisierung und IKT
123	IW3	Integrierte WärmeWende Wilhelmsburg, Teilvorhaben Integrierter Wärmemarkt
124	FlexChain	Blockchain-induzierte Aktivierung kleiner Flexibilitätspotenziale im Niederspannungsnetz
125	FlexHub	Verteiltes Flexibilitätsdatenregister für Strommärkte der Energiewende
126	InDEED	Konzeption, Umsetzung und Evaluation einer auf Blockchain basierenden energiewirtschaftlichen Datenplattform für die Anwendungsfälle 'Labeling' und 'Asset Logging'
127	Nemogrid	New Energy Business Models in the Distribution Grid
128	SynErgie 2	Synchronisierte und energieadaptive Produktionstechnik zur flexiblen Ausrichtung von Industrieprozessen auf eine fluktuierende Energieversorgung
129	tbiEnergy	Trusted Blockchains für das offene, intelligente Energienetz der Zukunft
130	BC2E	Blockchain-basierte dezentrale Energiehandelsplattform
131	C/Sells	Das Energiesystem der Zukunft im Sonnenbogen Süddeutschlands - Peer-to-Peer Energietransaktionen mittels Blockchain
132	ENSURE	Kopernikus-Projekt ENSURE

Projekt-nr.	Projekt-Kürzel	Projektname
133	pebbles	Peer-to-Peer-Handel auf Basis von Blockchains
134	Future Energy	Digitale Impulse für die integrierte Energiewende-Blockchainstrategie
135	ETIBLOGG	Energy Trading via Blockchain Technology in the Local Green Grid
136	SMECS	Smart Energy Communities
137	ROLLEN	Rollende Ladestationen liefern Entlastung fürs Netz
138	5GAIN	5G Infrastrukturen für Zellulare Energiesysteme unter Nutzung künstlicher Intelligenz
139	BEST	Blockchainbasiertes dezentrales Energiemarktdesign und Managementstrukturen
140	BlockcENtive	Disruptive Veränderungen in der Energiewirtschaft durch Blockchain-Technologie
141	DECENT	Dezentrales sektorübergreifendes Energie Management
142	platforms2share	Plattformorganisationen in der digitalen Sharing Economy – Ausgestaltungsformen, Wirkungen, sozial-ökologische Transformationsperspektiven
143	JUSTiCE	Branchenübergreifende juristische, technische sowie ökonomischsoziale Analyse von Smart Contracts im Kontext der Sharing Economy und Evaluation von Chancen, Risiken und Gestaltungsaspekten des Verbraucherschutzes unter Einsatz der Blockchain-Technologie in Deutschland und im europäischem Rechtsraum.
144	Blockchain Lab	-
145	-	Nachhaltigkeit für Distributed Ledger Technologien & Smart Contracts
146	-	Umweltforschung und -governance im digitalen Zeitalter - eine Trendstudie mit Vertiefungsstudien
147	-	Klimaschutzpotentiale der Digitalisierung
148	-	Machbarkeitsstudie Blockchain für den Emissionshandel
149	-	Digitalisierung ökologisch nachhaltig nutzbar machen. Entwicklung von Handlungsempfehlungen zu den wichtigsten umweltpolitischen Maßnahmen in ausgewählten Trendthemen der Digitalisierung mittels der Durchführung von Stakeholderdialogen

Projektnr.	Anwendungsart	Branche	Auftraggeber
111	Nachhaltiges Lieferkettenmanagement	diverse (verarbeitende Industrie)	BMBF
112	Nachhaltiges Lieferkettenmanagement	diverse (verarbeitende Industrie)	BMBF
113	Nachhaltiges Lieferkettenmanagement	diverse (Binnenschifffahrt)	BMVI
114	Nachhaltiges Lieferkettenmanagement	diverse (Schienenverkehr)	BMVI
115	Nachhaltiges Lieferkettenmanagement	diverse (Hochseeschifffahrt)	BMBF
116	Nachhaltiges Lieferkettenmanagement	Lebensmittel	BMZ
117	Nachhaltiges Lieferkettenmanagement	diverse (Hochseeschifffahrt)	BMBF
118	Nachhaltiges Lieferkettenmanagement	Lebensmittel	GIZ
119	Nachhaltiges Lieferkettenmanagement	Lebensmittel	GIZ
120	Nachhaltiges Lieferkettenmanagement	Lebensmittel	BMBF
121	Nachhaltige Energiewirtschaft	Energieerzeugung, Energieversorgung	BMWI
122	Nachhaltige Energiewirtschaft	Energieerzeugung, Energieversorgung	BMWI
123	Nachhaltige Energiewirtschaft	Energieversorgung	BMWI
124	Nachhaltige Energiewirtschaft	Energieversorgung	BMWI
125	Nachhaltige Energiewirtschaft	Energieversorgung	BMWI
126	Nachhaltige Energiewirtschaft	Energieversorgung	BMWI
127	Nachhaltige Energiewirtschaft	Energieversorgung	BMWI
128	Nachhaltige Energiewirtschaft	diverse	BMWI
129	Nachhaltige Energiewirtschaft	Energieversorgung	BMWI
130	Nachhaltige Energiewirtschaft	Energieversorgung	BMBF
131	Nachhaltige Energiewirtschaft	Energieerzeugung, Energieversorgung	BMWI
132	Nachhaltige Energiewirtschaft	Energieerzeugung, Energieversorgung	BMBF
133	Nachhaltige Energiewirtschaft	Energieversorgung	BMWI
Projektnr.	Anwendungsart	Branche	Auftraggeber

134	Nachhaltige Energiewirtschaft	Energieerzeugung, Energieversorgung	BMWI
135	Nachhaltige Energiewirtschaft	Energieerzeugung, Energieversorgung	BMWI
136	Nachhaltige Energiewirtschaft	Energieerzeugung, Energieversorgung	BMWI
137	Nachhaltige Energiewirtschaft	Energieversorgung; Verkehr	BMWI
138	Nachhaltige Energiewirtschaft	Energieversorgung	BMWI
139	Nachhaltige Energiewirtschaft	Energieversorgung	BMWI
140	Nachhaltige Energiewirtschaft	Energieerzeugung, Energieversorgung	BMWI
141	Nachhaltige Energiewirtschaft	diverse	BMWI
142	Sharing Economy	diverse	BMBF
143	Sharing Economy	diverse	BLE; BMJV
144	keine direkte Anwendung	-	GIZ
145	keine direkte Anwendung	-	UBA
146	keine direkte Anwendung	-	UBA
147	keine direkte Anwendung	-	UBA
148	keine direkte Anwendung	-	UBA
149	keine direkte Anwendung	-	UBA

Projekt-nr.	Wissenschaftliche Projektpartner	Praxispartner
111	Universität Würzburg	APE Engineering GmbH, Actiware GmbH, Infosim GmbH & Co. KG, Maul-Theet GmbH, Signavio GmbH
112	Hochschule Furtwangen, Universität Stuttgart	ASYS Automatisierungssysteme GmbH, Datarella GmbH, Frankfurt School Blockchain Center, inovex GmbH, Ondics GmbH, Alfred H. Schütte GmbH & Co. KG, Schwäbische Werkzeugmaschinen GmbH
113	BearingPoint Technology GmbH, Fraunhofer-Institut für Angewandte Informationstechnik FIT	Trierer Hafen GmbH, MSG eG, Bundesverband Öffentlicher Binnenhäfen e.V, PMMG Group GmbH
114	Hasso Plattner Institut – Digital Engineering GmbH, TU Braunschweig	Siemens Mobility GmbH, TÜV Rheinland InterTraffic GmbH, Spherity GmbH, Siemens AG
115	TU Hamburg, National University of Singapore	DAKOSY Datenkommunikationssystem AG, Container Depot and Logistics Association
116	GIZ	Global Coffee Platform
117	Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik IML	CLAAS E-Systems KGaA mbH & Co KG, Ekol Logistik GmbH, Wincor Nixdorf International GmbH
118	GIZ	Rwanda Smallholder Specialty Coffee Company, dm (drogeriemarkt)
119	GIZ	Soul-Spice
120	BOKU Wien, Bundeswehruniversität München, Universität Bremen, weitere	Münchner Kaffeerösterei, Regionalwert AG, infineon, Trace, weitere
121	Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz GmbH, Discovergy GmbH, TU Berlin	Caterva GmbH, Stadtwerke Hannover AG
122	Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE, Fraunhofer Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik IWES, Global Climate Forum e.V., Stuttgart Research Initiative on Integrated Systems Analysis for Energy, Universität Kassel	VSE AG

Projekt-nr.	Wissenschaftliche Projektpartner	Praxispartner
123	HAW Hamburg, Christian-Albrecht-Universität zu Kiel, Hamburg Institut	Hamburg Energie GmbH, Geothermie Hamburg Wilhelmburg GmbH, CONSOLAQUA Beratungsgesellschaft mbH
124	AWS-Institut für digitale Produkte und Prozesse gGmbH	VIVAVIS AG, Stadtwerke Saarlouis GmbH, OLI Systems GmbH, Hager Electro GmbH & Co. KG
125	FGH e.V., Fraunhofer-Institut für Angewandte Informationstechnik FIT, Fraunhofer-Institut für Kommunikation, Informationsverarbeitung und Ergonomie FKIE, HAW Hamburg, RWTH Aachen	Kiwigrd GmbH, Mitteldeutsche Netzgesellschaft Strom mbH
126	FfE Forschungsstelle für Energiewirtschaft, Universität Bayreuth, Stiftung Umweltenergierecht	
127	Scuola universitaria professionale della Svizzera italiana SUPSI; Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg ZSW, TU Chemnitz,	Sustainable Innovation, NGENIC, Sonnen Group, Upplands Energi, Hive Power
128	Universität Stuttgart, TU Darmstadt, Fraunhofer-Institut für Angewandte Informationstechnik FIT, RWTH Aachen, Universität Bayreuth, KIT, Universität Köln TU München, u.a (20)	diverse (40)
129	HAW Bremen	devolo AG, Infineon Technologies AG, Arxum Business GmbH, Stadtwerke Trier AöR
130	Universität Erlangen-Nürnberg, Nanyang Technological University (Singapur)	iba AG, Siemens
131	Universität Stuttgart, Hochschule Ulm, Universität Kassel, Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO, Fraunhofer IE, Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE; Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI, FZI Forschungszentrum Informatik u.a.	EAM, MVV Energie, Stadtwerke München, Tennet TSO, TransnetBW, EAM-Netz, Netze BW u.a.

Projekt-nr.	Wissenschaftliche Projektpartner	Praxispartner
132	KIT, RWTH Aachen, Universität Wuppertal, Universität Kiel, Deutsche Umwelthilfe, Universität Erlangen-Nürnberg, Universität Köln, FGH, FH Westküste, Germanwatch, Offis, Öko-Institut, TU Dortmund, TU Ilmenau	Schleswig-Holstein Netz AG, Siemens, Tennet, MR, Stadtwerke Kiel
133	Fraunhofer-Institut für Angewandte Informationstechnik FIT, Hochschule Kempten	Allgäuer Überlandwerk GmbH, AllgäuNetz GmbH & Co. KG, Siemens AG,
134	Digitale Impulse für die integrierte Energiewende – Projekte im Rahmen der Blockchainstrategie der Bundesregierung	dena Deutsche Energie-Agentur GmbH
135	Fraunhofer-Institut für Integrierte Systeme und Bauelementetechnologie IISB, ESMT Berlin, Universität Hamburg	GETEC ENERGIE GmbH, Mixed Mode GmbH, PONTON GmbH, consider it GmbH, NXP Semiconductors Germany GmbH,
136	Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO, Energieforen Leipzig, SCRC	CAS Software AG, CIS Solutions, Energiearchitekten Chiemgau
137	Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt	ubitricity, ENASYS
138	RWTH Aachen, TU Dortmund, Fraunhofer-Institut für Techno- und Wirtschaftsmathematik ITWM	adesso AG, Dortmunder Energie- und Wasserversorgung GmbH, urban ENERGY, PHYSEC, Stadt Dortmund, Innogy SE
139	Energieforen Leipzig GmbH, Fraunhofer-Institut für offene Kommunikationssysteme FOKUS, Reiner Lemoine Institut gGmbH, Hochschule Weserbergland, fortiss GmbH	OLI Systems GmbH, e-regio GmbH & Co. KG
140	RWTH Aachen, Universität Duisburg-Essen	Spherity GmbH, ONTRAS Gastransport GmbH, Q_Perior Energy GmbH, Open Grid Europe GmbH
141	TU München, fortiss GmbH	Framatome GmbH, IBDM GmbH
142	Universität Mannheim, Fraunhofer-Institut für Bauphysik IBP, Institut für Ökologische Wirtschaftsforschung IÖW, Universität Hamburg	

Projekt-nr.	Wissenschaftliche Projektpartner	Praxispartner
143	Institut für Wirtschaftsinformatik der Universität Leipzig; Lehrstuhl für Bürgerliches Recht, Rechtsgeschichte und Europäische Rechtsharmonisierung an der Universität Leipzig; Fraunhofer-Zentrum für Internationales Management und Wissensökonomie IMW	-
144	diverse	diverse
145	Verein zur Erforschung zukunftsfähiger Lebensweisen e.V.	European Business Council for Sustainable Energy (e5), Blockchain Bundesverband
146	Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI	-
147	Institut für Ökologische Wirtschaftsforschung IÖW, Universität Jena	co2online
148	Datarella, capgemini, Frankfurt School Blockchain Center	-
149	Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI	-

Projektnr.	Online-Adresse
111	https://www.produktion-dienstleistung-arbeit.de/de/projekte.php?PN=11050871
112	https://www.produktion-dienstleistung-arbeit.de/de/projekte.php?PN=11050799
113	https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Artikel/DG/mfund-projekte/sinlog.html
114	https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Artikel/DG/mfund-projekte/railchain.html
115	https://www.tuhh.de/logu/forschung/projekte/technologie-und-prozessinnovation-in-der-logistik/projekt-riskblock.html
116	https://www.giz.de/de/weltweit/85829.html
117	https://www.iml.fraunhofer.de/de/abteilungen/b2/supply_chain_engineering/forschungsprojekte/sofia.html
118	https://www.nachhaltige-agrarlieferketten.org/erfolgsgeschichten/ina-in-ruanda-digitale-rueckverfolgbarkeit-fuer-frauenkaffee-anhand-einer-blockchain-loesung/
119	https://www.giz.de/fachexpertise/html/61215.html ; https://soul-spice.com/sri-lanka/
120	https://www.nutrisafe.de/
121	https://www.digitale-technologien.de/DT/Redaktion/DE/Standardartikel/SmartServiceWeltProjekte/Energie/SSWII_Projekt_BloGPV.html
122	https://www.ise.fraunhofer.de/de/forschungsprojekte/enavi.html ; https://www.dlr.de/tt/Portaldata/41/Resources/dokumente/institut/system/projects/Partneruebersicht.pdf
123	https://www.enargus.de/detail/?id=1449006 ; https://www.hamburgenergie.de/ueber-uns/unternehmen/forschungsprojekte/iw3/
124	https://www.enargus.de/detail/?id=1835983
125	https://www.enargus.de/detail/?id=1037096 ; https://www.fit.fraunhofer.de/de/fb/cscw/projects/flexhub.html
126	https://www.enargus.de/detail/?id=1372314 ; https://www.fim-rc.de/indeed/
127	https://www.enargus.de/detail/?id=871740 ; https://nemogrid.eu/
128	https://www.enargus.de/detail/?id=1427157 ; https://synergie-projekt.de/
129	https://www.enargus.de/pub/bscw.cgi/?op=enargus.eps2&q=E%203%20Energie%20Effizienz%20Experten%20GmbH&v=10&s=14&id=1382896 ; https://www.hs-bremen.de/internet/de/forschung/projekte/detail/index_72057.html
130	https://www.faps.fau.de/curforsch/bc2e-blockchain-basierte-dezentrale-energiehandelsplattform/
131	https://www.enargus.de/detail/?id=544037 ; https://www.csells.net/de/
132	https://www.kopernikus-projekte.de/projekte/ensure
Projektnr.	Online-Adresse

133	https://www.digitale-technologien.de/DT/Redaktion/DE/Standardartikel/SmartServiceWeltProjekte/Energie/SSWII_Projekt_Pebbles.html
134	https://www.enargus.de/detail/?id=1428510; https://future-energy-lab.de/was-ist-future-energy/
135	https://www.digitale-technologien.de/DT/Redaktion/DE/Standardartikel/SmartServiceWeltProjekte/Energie/SSWII_Projekt_ETIBLOGG.html
136	https://www.digitale-technologien.de/DT/Redaktion/DE/Standardartikel/SmartServiceWeltProjekte/Energie/SSWII_Projekt_SMECS.html
137	https://www.enargus.de/detail/?id=1882145
138	https://www.enargus.de/detail/?id=1318748; https://www.itwm.fraunhofer.de/de/abteilungen/sys/energieerzeugung-und-verteilung/5Gain.html
139	https://www.enargus.de/pub/bscw.cgi/?op=enargus.eps2&q=03EI4017B&v=10&s=3&id=1874314
140	https://www.enargus.de/detail/?id=1185934; https://projektinfos.energiewendebauen.de/foerderkennzeichen/03et1659b/
141	https://www.enargus.de/detail/?id=872677
142	https://www.platforms2share.org/; https://www.fona.de/de/massnahmen/foerdermassnahmen/nachwuchsfoerderung-sozial-oekologische-forschung/platforms2share.php
143	https://justice.wifa.uni-leipzig.de/
144	https://www.giz.de/de/weltweit/67045.html
145	https://www.blockchain-nachhaltig.de/; https://www.umweltbundesamt.de/das-uba/was-wir-tun/foerdern-beraten/verbaendefoerderung/projektfoerderungen-projekttraeger/nachhaltigkeit-fuer-distributed-ledger-technologien
146	https://doku.uba.de/aDISWeb/app;jsessionid=7D95FCD31BB5818227AF1432EE117247
147	https://www.ioew.de/projekt/klimaschutzpotenziale_der_digitalisierung
148	https://datarella.com/datarella-to-work-on-a-blockchain-study-initiated-by-the-german-federal-environmental-agency-umweltbundesamt/
149	https://www.bmu.de/themen/forschung-foerderung/forschung/forschungs-und-entwicklungsberichte/details/digitalisierung-oekologisch-nachhaltig-nutzbar-machen/