

# Abschlussbericht LifeCycling<sup>2</sup>

**Vorhabenbezeichnung:** LifeCycling<sup>2</sup> - Rekonfigurierbare Designkonzepte und Services für die ressourceneffiziente (Weiter-) Nutzung von E-Cargobikes

**Laufzeit des Vorhabens** 01.08.2019 - 31.01.2023

**Förderkennzeichen** 033R232 A-F

**Kontakt** Prof. Dr. -Ing. Thomas Vietor, Institut für Konstruktionstechnik,  
TU Braunschweig  
Hermann-Blenk-Str. 42, 38108 Braunschweig  
0531391-66670  
[ik-lifecycling2@tu-braunschweig.de](mailto:ik-lifecycling2@tu-braunschweig.de)

## Projektpartner:



Am Institut für Konstruktionstechnik (IK) der TU Braunschweig werden wissenschaftlich fundierte Vorgehensweisen und Hilfsmittel für die moderne Produktentwicklung und Konstruktion entwickelt und in die praktische Anwendung gebracht. Methoden für die strategische Entwicklung von Produkten und Services, das Life Cycle Engineering und Release Engineering bilden Kernthemen der Arbeitsgruppe Integrierte Produktentwicklung. Anwendungsfelder sind u.a. die Automobilindustrie und der Maschinen- und Anlagenbau



Der Lehrstuhl für Sozialstrukturanalyse und empirische Sozialforschung der TU Braunschweig betreibt theoriegeleitete empirische Forschung zu Fragestellungen des gesellschaftlichen Wandels, sozialer Ungleichheit und Mobilität. Im Themenfeld der Mobilität wurde unter anderem die Vereinbarkeit von Fuß- und Radverkehr mit dem öffentlichen Personennahverkehr untersucht.



Am Lehrstuhl für Software Systems Engineering (ISSE) der TU Clausthal wird Forschung betrieben mit dem Ziel, Software Systeme sowie deren Entwicklung, Betrieb, Wartung und Pflege verlässlicher zu machen. Außerdem beschäftigt sich die Forschungsgruppe „Digitized Green Tech“ mit der Entwicklung digitaler Lösungen zur Unterstützung der Transformation zur Circular Economy.



Die Baron Mobility Service GmbH ist mit [mein-dienstrad.de](http://mein-dienstrad.de) seit 2012 erfolgreich als Fahrrad-Leasinganbieter tätig. Die angebotenen Finanzierungsmodelle sind wichtige Grundlage, um u.a. Arbeitnehmer für die häufigere Nutzung des Fahrrades zu motivieren. Mit den Fahrrad Leasingangeboten leistet Baron

einen wichtigen Beitrag zur Förderung der Mitarbeitergesundheit und Attraktivität von Arbeitgebern.



Bei der Ceconsoft GmbH handelt es sich um ein 2021 in Goslar gegründetes Start-Up (ehemals Sense4Future GbR). Die Ceconsoft GmbH entwickelt Softwareservice Lösungen und mobile Applikationen im Bereich der Kreislaufwirtschaft, um die Erreichung dieser zu fördern. Ceconsoft weist eine besondere Expertise im Bereich mobiler App Entwicklungen aus, sowie in der Entwicklung von Digital GreenTech Plattformlösungen, basierend auf unterschiedlichen Cloud Technologien. Überdies beherrscht Ceconsoft hervorragend agile Managementstrukturen und Vorgehensmodelle.



Die ELECTROCYCLING GmbH ist aus einem internen Forschungs- und Entwicklungsprojekt der Preussag AG Metall hervorgegangen und ist zertifizierter Recycler für Elektro(nik)- Altgeräte. Das Unternehmen bietet ein geschlossenes Leistungs- und Verwertungs-System (Electrocycle-System) unter Beachtung aller gesetzlichen Vorgaben. Das Electrocycle-System beinhaltet Bausteine wie Consulting, Logistik, Monitoring, Reporting und das komplette Stoffstrom-Management für Deutschland und Europa.



Die Stöbich technology GmbH entwickelt und vermarktet innovative Produkte für die Batteriesicherheit. Neben Schutzsystemen, wie Zellzwischenlagern und Havarie-Gasfiltern für stationäre Lithium-Batteriespeicher und Elektrofahrzeuge, gehören Einhausungen für defekte oder verunfallte Elektrofahrzeuge zum Produktspektrum. Stärke ist die Bündelung des Know-how im Unternehmensnetzwerk zur branchenübergreifenden Erschließung neuer Geschäftsfelder.

# Inhalt

<b>Abschlussbericht LifeCycling<sup>2</sup></b> .....	<b>2</b>
<b>Inhalt</b> .....	<b>1</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis</b> .....	<b>2</b>
<b>1 Einleitung</b> .....	<b>1</b>
1.1 Ausgangslage und Problemstellung .....	1
1.2 Gesamtziele des Vorhabens .....	4
<b>2 Allgemeines zum Projekt</b> .....	<b>6</b>
2.1 Ausstieg des Partners BREDEX .....	6
2.2 Verlängerung des Projektes .....	6
2.3 Unteraufträge an die Denkfabrik Digital DDX .....	6
<b>3 Ergebnisse</b> .....	<b>12</b>
3.1 Lastenrad .....	12
3.2 Geschäftsmodelle .....	25
3.3 App/Services .....	71
3.4 Batterie .....	95
3.5 Recycling .....	136
3.6 Begleitforschung .....	152
<b>4 Transfer und Öffentlichkeitsarbeit</b> .....	<b>162</b>
4.1 Veröffentlichungen (IK) .....	162
4.2 Öffentlichkeitsarbeit .....	164
4.3 Transfer .....	173
<b>5 Projektmanagement</b> .....	<b>174</b>
5.1 Zusammenarbeit .....	174
5.2 Projektkoordination .....	174
5.3 Projekttreffen .....	176
<b>6 Abbildungsverzeichnis</b> .....	<b>182</b>
<b>7 Literaturverzeichnis</b> .....	<b>185</b>
<b>8 Anhang:</b> .....	<b>188</b>

## Abkürzungsverzeichnis

ADAC	Allgemeiner Deutscher Fahrrad-Club e. V.
AP	Arbeitspaket
BMC	Buisness Modell Canvas
BMS	Batteriemanagementsystem
ECB	E-Cargobike
EoL	End of Life
GM	Geschäftsmodell
GSM	Global System for Mobile Communications
IK	Institut für Konstruktionstechnik der TU Braunschweig
IoT	Internet of Things
ISO	Lehrstuhl für Sozialstrukturanalyse und empirische Sozialforschung der TU Braunschweig
LC2	LifeCycling <sup>2</sup>
LCA	Life Cycle Assessment
MOSFET	Metall-Oxid-Halbleiter-Feldeffekttransistor
MQTT	Message Queuing Telemetry Transport
ÖPNV	Öffentlicher Personennahverkehr
RFID	Radio-Frequency Identification
UVP	Unverbindliche Preisempfehlung
UVV	Unfallverhütungsvorschrift



# 1 Einleitung

## 1.1 Ausgangslage und Problemstellung

Der weltweite Ressourcenverbrauch im Personen- und Güterverkehr steigt aufgrund der wachsenden Weltbevölkerung und des Online-Handels kontinuierlich an. Dies erhöht den Ressourcenaufwand für Mobilität trotz Verbesserungen bei Verbrennungskraftmaschinen. Die Entwicklung zukünftiger Mobilitätskonzepte zielt daher auf Ressourceneffizienz ab, sowohl während des Betriebs als auch bei der Herstellung und dem Recycling von Fahrzeugen und Komponenten. Elektrisch unterstützte Fahrräder wie Pedelecs und E-Cargobikes bieten eine umweltfreundliche Alternative für die innerstädtische Mobilität und den Transport von Waren (Abbildung 1-1). Prognosen deuten darauf hin, dass bis 2030 über 23% der Wirtschaftsfahrten auf Fahrräder verlagert werden können. Leasing-Modelle, Bike-Sharing-Systeme und Förderprogramme tragen zur Verbreitung dieser Fahrräder bei, stellen aber auch Herausforderungen für die Ressourceneffizienz und das Recycling dar, da bisherige Ansätze für die Verwertung und Weiternutzung fehlen

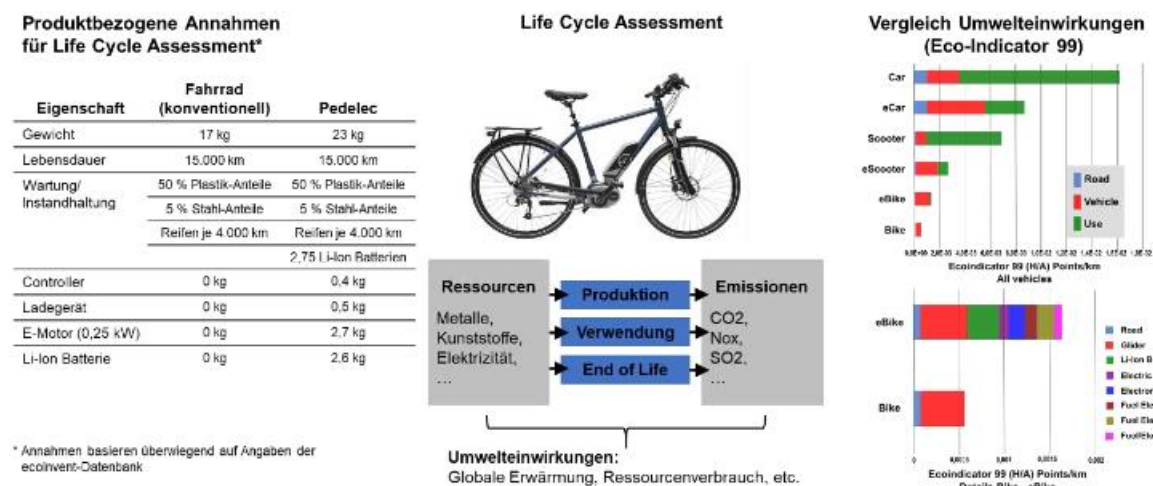


Abbildung 1-1 - Annahmen, Betrachtungsumfang und vergleichende Ergebnisse für das Life Cycle Assessment eines Pedelecs [11]

Pedelecs und E-Cargobikes haben ein großes Potenzial, den Ressourceneinsatz über ihren gesamten Lebenszyklus hinweg zu verringern. Allerdings fehlen bisher etablierte Konzepte zur Aufwertung und Kreislaufführung dieser Fahrräder. Im Vergleich zu herkömmlichen Fahrrädern haben Pedelecs aufgrund ihrer elektronischen Antriebskomponenten eine höhere Umweltwirkung bei Produktion, Betrieb und Entsorgung. Dennoch sind die Umweltauswirkungen pro Fahrkilometer im Vergleich zu konventionellen oder elektrisch angetriebenen Kraftfahrzeugen deutlich geringer. Für E-Lastenräder liegen bisher keine

Untersuchungen vor, jedoch ist aufgrund ihres höheren Gewichts und der stärkeren Antriebe von höheren Umweltauswirkungen auszugehen. Es besteht daher die Notwendigkeit, neue Ansätze zur Steigerung der Ressourceneffizienz elektromotorisch angetriebener Fahrräder zu erforschen und zu entwickeln. Dies erfordert die Umstellung von Fahrrädern als Sachleistungen auf Produkt-Service-Systeme sowie eine komponenten- und lebenszyklusorientierte Analyse, um geeignete Weiternutzungs- und Verwertungsstrategien zu entwickeln. Pedelec-Hersteller und Mobilitätsanbieter stehen vor der Herausforderung, die Fahrräder wirtschaftlich und technisch sinnvoll zu verwerten und in eine Zweitnutzungsphase zu überführen. Bisher bieten Pedelec-Hersteller wie die NICOLAI GmbH zwar Dienstleistungen wie Vor-Ort-Wartung an, adressieren hierbei aber ausschließlich die Erstnutzungsphase der Fahrräder. Gleichzeitig stehen Mobilitätsanbieter wie die baron mobility service GmbH vor der Herausforderung, aus dem Leasing zurückgeführte Pedelecs wirtschaftlich und technisch sinnvoll zu verwerten und in eine Zweitnutzungsphase zu überführen, da u.a. technische Lösungen für eine objektive Restwertbeurteilung (z.B. geeignete Sensorik zur Feststellung von Nutzungs- und Alterungsprozessen) fehlen. Eine Lebenszyklus-begleitende Produktaufwertung und konsequente Weiternutzung der Fahrräder oder einzelner Komponenten werden bisher weder für die Geschäftsmodelle von Leasinganbietern (Baron Mobility Service GmbH) noch bei der Entwicklung der Pedelecs (NICOLAI GmbH) konsequent berücksichtigt.

Die zentralen Herausforderungen, um geeignete Produktkonzepte für die Kreislaufführung von Fahrrädern auf System-, Komponenten- und Materialebene zu entwickeln, sind wie folgt:

- Bisher werden Fahrräder und deren Komponenten hauptsächlich für eine einzige Nutzungsphase entwickelt, ohne Berücksichtigung von Anforderungen für eine Weiter- oder Umnutzung.
- Es fehlen Ansätze, sowohl organisatorisch als auch technisch, um einzelne Komponenten gezielt zurückzuführen und den Restwert zu bewerten.
- Aufgrund der Elektronikkomponenten werden Pedelecs beim Recycling als Elektrogroßgeräte behandelt, was die Anforderungen des Elektro- und Elektronikgerätegesetzes (ElektroG) erfordert. Es gibt derzeit jedoch keine Lösungen für die Zerlegung und Separation der Werkstoffe, um den gesetzlichen Verwertungsgrad zu erreichen.

Das Verbundprojekt LifeCycling<sup>2</sup> konzentrierte sich auf die Bewältigung der genannten Herausforderungen durch Arbeit in vier Handlungsfeldern:

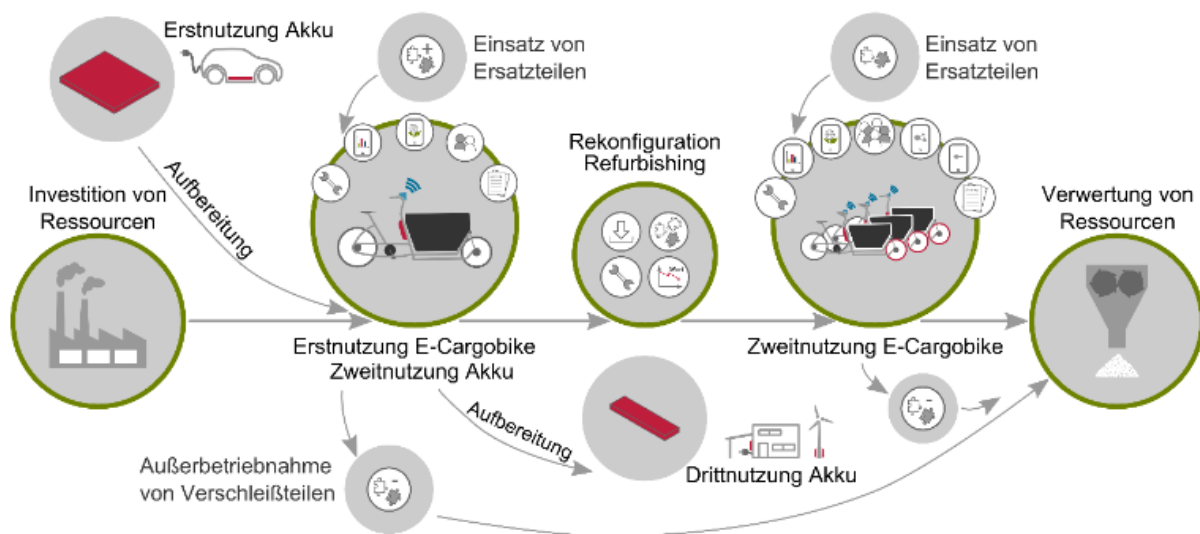
- **Produkt:** Entwicklung technischer Lösungen für die Umnutzung, Aufwertung und Restwertbeurteilung von E-Cargobikes während der Erstnutzung und deren Überführung in die Zweit- und Drittnutzung.
- **Komponente:** Entwicklung technischer und organisatorischer Lösungen für die Umnutzung einzelner Komponenten, insbesondere des Akkumulators, für die Verwendung in E-Cargobikes oder anderen Anwendungen sowie Konzepte für die sichere Rückführung der Komponenten.
- **Material:** Entwicklung technischer Lösungen für die Rückführung des Gesamtsystems (Fahrrad) und der Komponenten sowie Konzepte für die Demontage, Separation und Verwertung der enthaltenen Materialien, um die Vorgaben des ElektroG zu erfüllen.
- **Information und Steuerung:** Entwicklung technischer Lösungen zur gezielten Erfassung von Informationen (Nutzungsverhalten, -bedingungen), Analyse der Daten und Bereitstellung von Informationen für Nutzer, Händler/Betreiber, Hersteller und Verwerter. Ziel ist es, ressourceneffiziente Nutzung von E-Cargobikes zu fördern und entsprechende Informationsdienste, Dienstleistungen und Geschäftsmodelle bereitzustellen.

Die im Rahmen des Projekts erarbeiteten Lösungen sollten die Ressourceneffizienz von Pedelecs über den gesamten Lebenszyklus hinweg verbessern. Dabei wurden die technischen und wirtschaftlichen Anforderungen verschiedener Anwendungsfälle wie private Nutzung, gewerbliche Nutzung und Sharing berücksichtigt. Die Kombination dieser Anwendungsfälle bietet großes Potenzial für die Weiternutzung und Verwertung von E-Bikes und einzelnen Komponenten, z. B. durch die Weiterverwendung hochwertiger E-Bikes als Sharing-Bikes nach der Erstnutzung.

## 1.2 Gesamtziele des Vorhabens

Das Verbundprojekt hatte das Ziel, die Ressourceneffizienz von E-Cargobikes über ihren gesamten Lebenszyklus hinweg zu steigern. Dafür sollten technische Lösungen, Dienstleistungen und Verfahren entwickelt und erprobt werden, um eine ressourceneffiziente Nutzung, Weiternutzung und Verwertung von E-Cargobikes und ihren Komponenten zu ermöglichen. Das Projekt wurde von verschiedenen Industriepartnern und universitären Projektpartnern durchgeführt, die ihre jeweiligen Expertisen und Kompetenzen eingebracht haben.

Das übergeordnete Ziel des Projekts bestand darin, Maßnahmen für die Kreislaufschließung und -führung von Produkten, Komponenten und Materialien zu entwickeln, unter Berücksichtigung der technischen und wirtschaftlichen Anforderungen unterschiedlicher Anwendungsfälle, siehe Abbildung 1-2. Das Projekt zielte darauf ab, sowohl technische Lösungen als auch begleitende Services zu entwickeln, die eine ressourceneffiziente Nutzung und Weiternutzung ermöglichen. Dabei lag der Fokus insbesondere auf E-Cargobikes aufgrund ihrer Bedeutung für zukünftige innerstädtische Mobilitäts- und Logistikkonzepte.



*Abbildung 1-2 - Steigerung der lebenszyklusübergreifenden Ressourceneffizienz durch technische und organisatorische Maßnahmen zur Nutzung, Umnutzung und Weiternutzung und Verwertung auf System-, Komponenten- und Materialebene*

Das Projekt verfolgte sowohl methodische als auch produktspezifische Ziele. Zu den methodischen Zielen gehörten die Entwicklung Strategien für den Einsatz von Services zur Ressourceneffizienzsteigerung, die Erarbeitung von Rekonfigurations- und Aufwertungsstrategien während der Nutzungsphase und der Übergang zur Weiternutzung sowie die Definition von Handlungsfeldern und Maßnahmen zur Steigerung der Ressourceneffizienz durch Kreislaufführung und Produktrevolution.

## Einleitung

Im produktbezogenen Bereich wurden technische Lösungen für die ressourceneffiziente Rekonfiguration und das Refurbishing von E-Cargobikes entwickelt, begleitende Services zur Steigerung der Nutzungsintensität erforscht und Konzepte für die sichere Rückführung von Akkumulatoren erarbeitet.

Die Projektergebnisse sollen dazu dienen, innovative Kombinationen der Lebenszyklen von (Teil-)Systemen zu ermöglichen und wirtschaftlich zu verwerten. Neben der Entwicklung von modularen Hard- und Softwarelösungen wurden auch Ansätze zur Aufbereitung von gebrauchten Traktionsbatterien und gebrauchten Akkumulatoren untersucht. Es wurden auch Prozesse für die Kreislaufführung auf Komponenten- und Materialebene entwickelt und erprobt.

## **2 Allgemeines zum Projekt**

### **2.1 Ausstieg des Partners BREDEX**

Im Herbst 2020 verkündete der Partner BREDEX seinen Ausstieg aus dem Projekt LifeCycling<sup>2</sup>. Als Hauptgrund wurde benannt, dass aufgrund der Pandemie strukturelle Änderungen vorgenommen werden mussten. Zwei von drei aktuellen öffentlich geförderten Projekten konnten von BREDEX nicht weitergeführt werden. Für das Institut für Konstruktionstechnik (IK) als Koordinator ergab sich daraus die Aufgabe, zunächst mögliche Ersatzmodelle aufzustellen. Hierunter fielen verschiedene Möglichkeiten, wie beispielsweise die Erfüllung der Arbeiten von BREDEX durch Unterauftragnehmer. Als optimale und erstrebenswerte Lösung galt der vollständige Ersatz des Partners BREDEX durch einen neuen Partner. Hieran anschließend wurden verschiedene mögliche Partner identifiziert. Die Informationsdienste, die bei den Arbeiten von BREDEX im Vordergrund standen, sind ein wichtiges verknüpfendes Element zwischen den Subsystemen E-Cargobike und Geschäftsmodell und tragen voraussichtlich viel zur Akzeptanz und nachhaltigen Nutzung bei. Mit der Ceconsoft GmbH wurde ein Unternehmen gefunden, dass die Kompetenzen des Partners BREDEX abdeckt und bereits Erfahrungen bzgl. Apps mit dem Hintergrund der Nachhaltigkeit einbringen kann. Es konnte sich darauf geeinigt werden, dass der Partner Ceconsoft zum April 2021 vollwertig in das Projekt LifeCycling<sup>2</sup> einsteigt und die Mittel des Partners BREDEX übernimmt. Die Integration in das Projekt klappte im Rahmen der Regeltermine, bi- und multilateraler Termine problemlos.

### **2.2 Verlängerung des Projektes**

Bereits gegen Ende des Jahres 2021 wurde eine mögliche Verlängerung des Projektes konkret diskutiert. Aufgrund der durch die Pandemie entstandenen Verzögerungen wurde dies von allen Partnern unterstützt und erste Arbeiten zu einem für 2022 geplanten Antrag auf Verlängerung durchgeführt und genehmigt wurden.

### **2.3 Unteraufträge an die Denkfabrik Digital DDX**

Für das Forschungsprojekt „LifeCycling<sup>2</sup> - Rekonfigurierbare Designkonzepte und Services für die ressourceneffiziente (Weiter-)Nutzung von E-Cargobikes“ hat die TU Braunschweig die DD Die Denkfabrik Forschungs und Entwicklungs GmbH (im weiteren „DD“ genannt) zur Unterstützung der Szenariendefinition und -bewertung, der Identifikation von Stakeholdern und der Ableitung von Anforderungen sowie der Entwicklung ausgewählter Teillösungen und Integration von Informationsdiensten unterbeauftragt.

Die Unterstützung der Verbundpartner durch DD war notwendig, da Kompetenzen zur Szenariendefinition und vor allem die Planung, Durchführung und Moderation von Design Thinking Workshops nicht im Verbund vorhanden waren.

Das Ziel der Unterbeauftragung war es einerseits, ergänzende Kompetenzen insbesondere im Design Thinking sowie eine professionelle Moderation und Durchführung von Workshops für die Szenariendefinition und –bewertung im Projekt zu gewährleisten. Andererseits stellte die Unterstützung durch den Unterauftragnehmer sicher, dass für die TU Braunschweig die erforderlichen Ressourcen für die fundierte Bearbeitung der wissenschaftlichen Fragestellungen zur Verfügung standen.

Die von DD erbrachten Leistungen werden nachfolgend erläutert.

Als Unterauftragnehmer wurde von DD die Planung, Durchführung und Evaluation von Design Thinking Workshops einschließlich der Dokumentation der Workshopergebnisse ausgeführt. Schwerpunkt war hierbei die Erarbeitung zukünftiger Szenarien für den Einsatz von E-Cargobikes (ECB) und deren Weiterverwendung:

### **Unterauftrag 1**

Im Rahmen des Kick-off Workshops, der am 19. und 20. August 2019 in Braunschweig stattfand, wurden verschiedene Aufgaben durchgeführt. Zunächst erfolgte die Planung und Abstimmung des Veranstaltungskonzepts mit der Projektleitung. Dabei wurde ein Steckbrief für Interviews mit den Projektpartnern entwickelt, um eine klare Rollenklärung zu ermöglichen. Vorab wurden Partnergespräche vorbereitet und durchgeführt, um die Rollen innerhalb des Projekts zu klären. Schließlich lag die Moderation und Präsentation der Ergebnisse aus dem Workshop in den Händen der Projektleitung.

Ein weiterer wichtiger Workshop war der Design Thinking Workshop, der am 4. Dezember 2019 ebenfalls in Braunschweig stattfand. Hierbei erfolgte die Planung und Abstimmung der Methode Design Thinking sowie die Auswahl der Tools in Zusammenarbeit mit der Projektleitung. Der Workshop selbst wurde von DD vorbereitet und moderiert. Dabei wurden verschiedene Abschnitte bearbeitet und Ergebnisse erzielt. Es wurden Gedankenfelder bezüglich Mobilität und Einsatzmöglichkeiten von ECB (Electronic Cargo Bikes) untersucht und diskutiert. Die Lösungen wurden anschließend geclustert und kategorisiert. Zudem fand eine Übung im Worldcafé-Format zu den identifizierten Fokusthemen Privatnutzung und Paketzustellung statt. Eine weitere Übung im Walt Disney Format ermöglichte die Gegenüberstellung von Visionären und Kritikern für diese Fokusthemen. Vor der Befragung der Stakeholder zu den Einflussfeldern auf den Verwendungsgrad von ECB wurde ein Fragenkatalog entwickelt. Die Projektpartner wurden entsprechend den identifizierten Stakeholdern zur Bearbeitung des Fragenkatalogs zugeordnet. Abschließend wurden potenzielle Nutzenaspekte und verfügbare bzw. zu betrachtende Ressourcen dargestellt.

Über die gesamte Projektlaufzeit hinweg fand eine regelmäßige Kommunikation unter den Projektpartnern statt. Hierbei wurden alle zwei Wochen Jour Fixes abgehalten, die von DD gemeinsam mit der Projektleitung moderiert wurden. Diese Treffen dienten dazu, den Fortschritt des Projekts zu besprechen und eine effektive Zusammenarbeit sicherzustellen.

Für den zweiten Design Thinking Workshop erfolgte eine umfangreiche Vorbereitung und Schulung der Projektleitung in Braunschweig sowie die auf die Szenarioentwicklung hinführende Entwicklung eines Morphologischen Kastens mit entsprechenden Deskriptoren.

Für den Design Thinking Workshop, der am 11.11.2020 Corona-bedingt online stattfinden musste, unterstützte die Denkfabrik bei der Planung, der Abstimmung der Methode sowie der Tools mit der Projektleitung, der Vorbereitung des Workshops mit Erarbeitung von spezifischen Einflussumfeldern (Gesellschaft, Politik, Umwelt, Wirtschaft, Verkehr, Demographie, Technologieentwicklung, Raumstruktur und Nutzer) und -faktoren für die Szenarioentwicklung, der Erstellen von acht Persona-Steckbriefen im Sinne des Design Thinkings und der Moderation des Workshops mit folgenden Schritten und Ergebnissen:

- Gewichtung der Einflussfaktoren durch die Projektpartner
- Auswahl der wichtigsten TOP 5 Faktoren je Einflussumfeld
- Ermittlung der Faktorenausprägung mit Hilfe der Fragestellungen „Wo stehen wir heute?“ sowie „Wo kann es zukünftig – sowohl positiv als auch negativ – hingehen?“
- Diskussion der Ergebnisse mit den Projektpartnern und Platzierung der „Schieberegler“ in der Ergebnisdarstellung
- Durchführung eines Plausibilitätschecks der ermittelten Szenarien sowie Abschätzung der Eintrittswahrscheinlichkeiten inkl. des möglichen Einflusses auf die Personas

In der Nachbereitung des Workshops wurden von DD die Aussagen der Projektpartner ausgewertet und in einer Szenarienbeschreibung sowohl unter Einschätzung für den heutigen Zeitpunkt als auch bezüglich der zukünftigen Erwartungen bis zum Jahr 2025 dargestellt. Ebenfalls wurde aus den Workshopergebnissen in diesem Zusammenhang die Bandbreite innerhalb der Einschätzungen der Projektpartner / Stakeholder ermittelt und ausgewertet. Anschließend erfolgte durch DD die Ausarbeitung der identifizierten Anwendungsszenarien in Form von Steckbriefen mit detaillierten Beschreibungen u.a. von Stakeholdern, Anforderungen an E-Cargobikes, Infrastruktur und Maßnahmen zur Kreislaufführung.

Ausgehend von dem initialen Workshop zur Szenariendefinition hat DD die Bewertung und Absicherung der Szenarien mit relevanten Stakeholdergruppen durchgeführt. Dabei wurden die Auswirkungen der beschriebenen Einflussfaktoren auf die Produktentwicklung, u.a. des ECB, erarbeitet sowie weiterführende Einschätzungen und Kommentare von Projektpartnern und Stakeholdern abgefragt und ausgewertet. Abschließend wurden diese dann in die ganzheitliche Szenarienbeschreibung eingearbeitet. Die Ergebnisse der Szenariendefinition



und -bewertung wurden durch DD aufbereitet und in Form aussagekräftiger und ansprechender Beschreibungen für die Öffentlichkeitsarbeit zur Verfügung gestellt.

Aufgrund der durch den Corona-Lockdown bedingten verteilten Arbeitsweise im Projekt wurde in Abstimmung mit der Projektleitung beschlossen, Online-Mini-Workshops mit den Projektpartnern durchzuführen, um die Vorbereitung und Konzeption des dritten Design Thinking Workshops sicherzustellen und voranzutreiben. In den Mini-Workshops wurden die Ziele und nächsten geplanten Schritte der Projektpartner abgefragt. Die Antworten der Projektpartner wurden von DD analysiert, ausgewertet und in tabellarischer Form als eine Art „roter Faden“ für den weiteren Projektverlauf dargestellt.

Für den Design Thinking Workshop am 20.04.2021, der Corona-bedingt ebenfalls online stattfinden musste, unterstützte die Denkfabrik bei der Planung, der Abstimmung von Methode und anzuwendenden Online-Tools mit der Projektleitung, der Vorbereitung eines MIRO-Boards als Online-Arbeitsraum des Design Thinking Workshops für die Thematik „Transformationsprozess“, der Moderation des Workshops und der Bearbeitung der für alle Teilprojekte (Fahrrad, Geschäftsmodell, Services & App, Rücknahmesystem, Akku) übergeordneten Fragestellung „Wie können wir heute schon die Vorteile der Dinge genießen, die morgen erst kommen werden?“. Die Ergebnisse mit der Darstellung verschiedener Lösungsansätze wurden in den von DD eingerichteten Arbeitsflächen auf dem MIRO-Board online dokumentiert.

Im Nachgang zum dritten Design Thinking Workshop wurden die kontinuierlichen Weiterentwicklungen in den Arbeitsgruppen zu den Teillösungen regelmäßig von DD begleitet und entwickelte Ansätze hinterfragt, um eine entsprechende Absicherung der Ergebnisse zu gewährleisten. Im weiteren Projektverlauf unterstützte DD die Koordination der Entwicklung der Teillösungen (Fahrrad, Geschäftsmodell, Services & App, Rücknahmesystem, Akku) durch Strukturierung und Bereitstellung von Anforderungen an die Teillösungen unter Berücksichtigung der Anwendungsszenarien und funktionalen Wechselwirkungen zwischen den Teilsystemen, durch Zusammenführung und Abgleich der (Teil-)Ergebnisse und Überprüfung von Inkonsistenzen hinsichtlich der Anforderungserfüllung sowie in enger Zusammenarbeit mit der Projektleitung durch Planung und Strukturierung der Entwicklungsarbeiten bei den einzelnen Projektpartnern zur Gewährleistung der zeit- und qualitätsgerechten Erfüllung der Gesamtziele des Projektes.

Als Ergebnis entwickelte sich eine geeignete Produkt-Service-Architektur als Grundlage für die ressourceneffiziente Nutzung und die Möglichkeit einer lebenszyklusorientierten Rekonfiguration des ECB bzw. einzelner Komponenten, wobei im Vordergrund dabei der effiziente Übergang von der Erst- in die Weiternutzung stand. Diese Entwicklung wurde in einem Lifecycling<sup>2</sup>-Video unter Mitwirkung mehrerer Projektpartner festgehalten, für das die Projektleitung DD zur Abstimmung und Besprechung des Skriptes eingebunden hat.

Projektmeeting (26.11.2021 – online)

Weiterhin hat DD die Realisierung der Demonstratoren und Durchführung der Pilotprojekte unterstützend koordiniert. Zur Vorbereitung für das Projektmeeting wurden von DD mit Hilfe von ToDo-Matrizen die thematischen Verbindungslinien zwischen Teilprojekten erarbeitet und aufgezeigt. Durchführung online sowie Moderation erfolgten ebenfalls wieder durch DD.

### **Unterauftrag 2**

In diesem Projektabschnitt unterstützte DD die Projektleitung kontinuierlich bei der

- Detaillierung der Anforderungen an die zu realisierenden Demonstratoren unter Berücksichtigung der Anforderungen und Randbedingungen der definierten Anwendungsszenarien
- Koordination der Ausarbeitung und Integration der einzelnen Demonstratoren als Grundlage für die Pilotprojekte
- Unterstützung der Vorabsicherung der Demonstratoren und Einleitung von Maßnahmen zu Fehlerbehebung
- detaillierten Planung der Pilotprojekte in Zusammenarbeit mit den Projektpartnern
- Dokumentation wesentlicher Ergebnisse aus den Pilotprojekten und Aufbereitung für die Öffentlichkeitsarbeit
- Vorstellung der Pilotprojekte bei zuvor eingebundenen Stakeholdergruppen
- Identifizierung weiterer Stakeholder für die Verbreitung der Ergebnisse

Ergebnisse sind die einsetzbaren Demonstratoren für das rekonfigurierbare E-Cargobike (Akku) sowie Softwaredemonstratoren für Informationsdienste zur Unterstützung der ressourceneffizienten Nutzung und Wartung von E-Cargobikes (App, Ladeschrank). Aus den Pilotprojekten wurden somit abgesicherte Erkenntnisse zur Überprüfung der erarbeiteten Maßnahmen und Optimierung der entwickelten Lösungen für E-Cargobikes und deren Subsysteme gewonnen.

### **Unterauftrag 3**

Der dritte Unterauftrag umfasst notwendige Tätigkeiten, die die Zielerreichung des Projektes absichert. Die damit einhergehende Unterstützung durch das Unternehmen (Denkfabrik „DDX“ in dem Fall) ist darin begründet, dass die DDX die Rolle der Qualitätssicherung und Präzisierung der Zielerreichung des Projektes einnimmt und dabei auf die langjährige Erfahrung in der Abwicklung komplexer Projekte und dem Management von Anforderungen zurückgreift. Aufgabe des Unterauftragnehmers (DDX) ist vor allem die Identifikation von Inkonsistenzen in den Teilergebnissen der APs vor AP5 in Bezug auf die einzelnen Industriepartner und das Nachschärfen der Ergebnisse. Dazu zählte auch die iterative

## Allgemeines zum Projekt

Erfassung, Dokumentation und Nachschärfung von Anforderungen an die APs 5 bis 7 und das Monitoring ob diese erfüllt wurden und somit die VHB vollumfänglich bedient wurde. Das konnte die Koordination alleine nicht leisten und hat als Absicherung die DDX und deren Erfahrungsschatz hinzugezogen. Durch diesen Schritt können wir gewährleisten, dass die VHB gänzlich erfüllt werden kann.

### 3 Ergebnisse

In den nachfolgenden Kapiteln werden die durchgeführten Teilaufgaben sowie die Ergebnisse dargestellt. Die Ergebnisse sind in die Bereiche *Lastenrad*, *Batterie*, *Recycling*, *App*, *Services* und *Geschäftsmodell* gegliedert, die jeweils ein Unterkapitel einnehmen. Die Arbeiten zu den einzelnen Bereichen fanden zeitgleich statt. Der Abschlussbericht nennt die Ergebnisse nicht in chronologischer Reihenfolge oder nach Arbeitspaket-Zugehörigkeit, sondern unterteilt in die Bereiche, um einen roten Faden und eine angenehmere Lesbarkeit bzw. Verständlichkeit zu gewährleisten. Der hauptverantwortliche Partner, der die Ergebnisse erzielt hat, wird in Kurzform in Klammern erwähnt. Dadurch kann es jedoch innerhalb des Abschlussberichts zu redundanten Ausführungen kommen, wie z.B. bei den Design Workshop, die vom IK durchgeführt wurden, aber an denen die Partner teilgenommen haben und aus denen verschiedene Unterarbeiten entstanden sind, auf die sich die Partner beziehen. In der nachfolgenden Abbildung sind die verschiedenen Partner, sowie die Bereiche zu sehen.



Abbildung 3-1 – Bereiche der Teilergebnisse des PSS E-Cargobike

### 3.1 Lastenrad

## Gewinnung von Mobilitätsdaten (Baron)

Es wurde eine Recherche zur Gewinnung von Mobilitätsdaten durchgeführt. In diesem Rahmen wurden beispielsweise Sensorsysteme und Apps zur Gewinnung von Fahrraddaten

und Erschütterungsdaten näher betrachtet. Auch wurde mit einer ersten Recherche zu rechtlichen Anforderungen zum Umgang und zur Rückführung von Akkumulatoren begonnen.

### **Anforderungsermittlung Partner (IK)**

Weitere Arbeiten zielten darauf ab, partnerspezifische Anforderungen an das Produkt-Service System des E-Cargobikes zu identifizieren. Hierzu wurden generische Kategorien für Anforderungen vorbereitet und den Partnern zur Verfügung gestellt. Es wurde grob zwischen allgemeinen Anforderungen, Konzeptanforderungen und Anforderungen auf Basis der Lebenszyklusphasen unterschieden. Jeder der Konsortialpartner/-innen hatte die Möglichkeit, essenzielle und optionale Anforderungen auf Basis seiner Expertise anzugeben. Um die Sammlung nachvollziehbarer zu machen, werden an dieser Stelle genannt: a) Kundenanforderungen, b) Richtlinien, Verordnungen, Gesetze, c) Infrastruktur, d) Partner-/Zulieferer-/Stakeholder-Anforderungen, e) eingesetzte Stoffe und Materialien, f) Energie, g) Elektrik/Elektronik, h) Signal (Ein-/Ausgangssignal, Sensorik, Daten, etc.), i) Software, j) Geometrie/Mechanik, k) Sicherheit, u.v.m. Einige der Kategorien wurden aus der in der Produktentwicklung gängigen Hauptmerkmaliste zur Assoziation von Anforderungen abgeleitet, andere wurden vom Konsortium gesammelt. Die von den Partnern/-innen bereitgestellten Anforderungen wurden gesammelt, abgeglichen, zusammengefasst und konsortialweit diskutiert. Beispielsweise ließen sich durch die zusammengeführten Inputs der Partner Zielkonflikte aufdecken und priorisieren. Sie betreffen die verschiedenen Subsysteme, die durch die Partner vertreten sind und bilden neben den Anforderungen, die sich aus der Online-Umfrage ergeben, eine wichtige Grundlage für die weiteren Arbeiten zur Konzeption der Subsysteme und des Produkt-Service Systems.

### **Konzeption Informationsdienste (IK)**

Um auch im Bereich der Informationsdienste ein erstes Konzept erstellen zu können, wurde durch das IK ein Brainwriting für alle Partner vorbereitet. Das grundlegende Konzept aller möglichen Informationsdienste im Produkt-Service System basiert auf der Idee, dass I) Informationen von einer Quelle (z.B. Sensorik am E-Cargobike) zu einem Empfänger (z.B. Nutzer/-in) oder dass II) Signale von einem Sender (z.B. Nutzer/-in) an ein Subsystem (z.B. Motor) geleitet werden müssen. Bezüglich der Umsetzung wurde davon ausgegangen, dass es ein Modul geben wird, welches die Übertragung und z.B. graphische Aufbereitung ermöglicht. Hierbei kommen verschiedene Lösungen in Frage, wie z.B. ein Smartphone oder ein Boardcomputer, ebenfalls in Kombination mit Lösungen für die Speicherung und Verarbeitung von Daten, wie z.B. Cloud-Lösungen. Für das Brainwriting wurden explizit keine

(technischen) Lösungen für die Verwirklichung ausgeschlossen, um ein möglichst großes Spektrum von Anwendungen zu motivieren. In der folgenden Abbildung ist beispielhaft zu sehen, welche Informationen/Daten „von wo nach wo“ transferiert werden sollen. Es wurden folglich die beiden Merkmale a) Sender und b) Empfänger berücksichtigt.

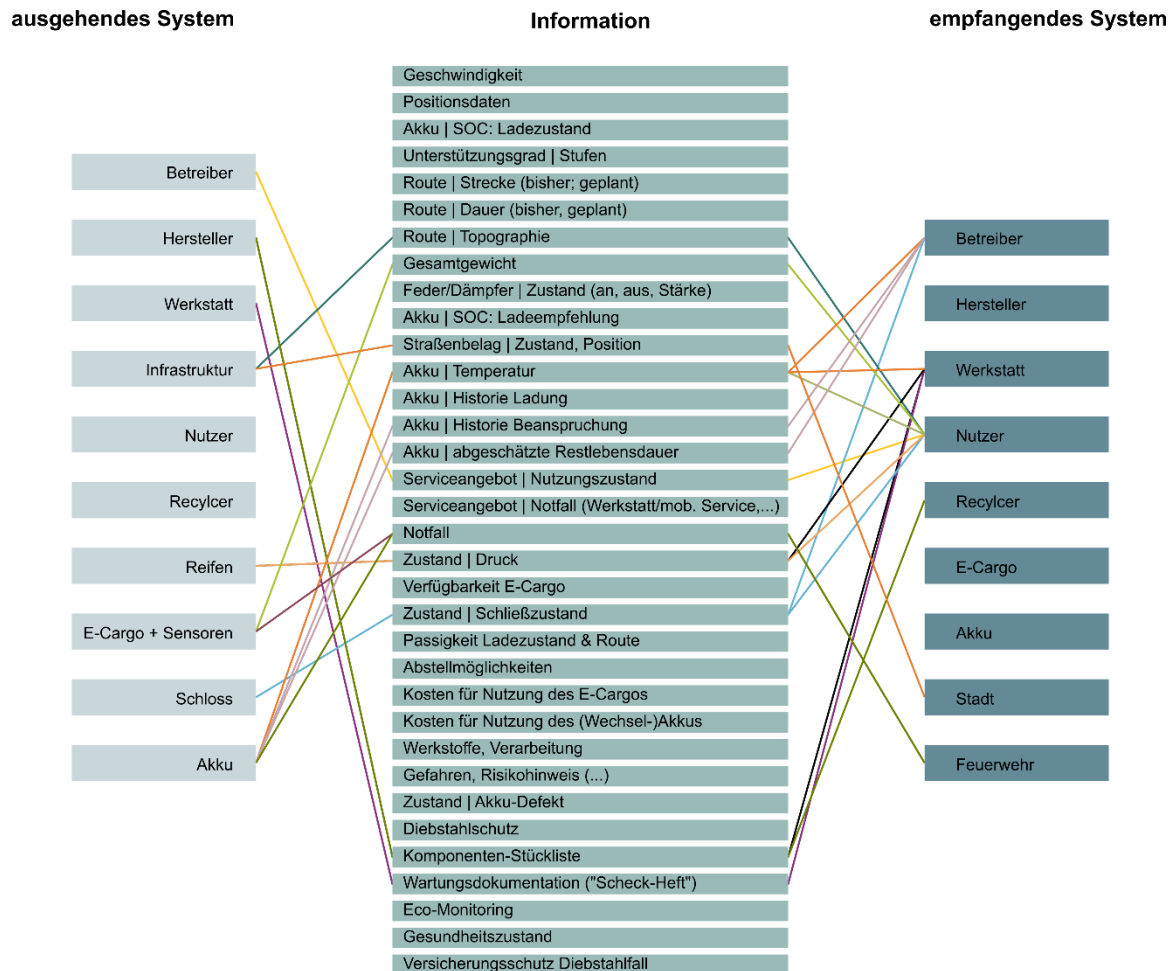


Abbildung 3-2 - Brainstorming Informationsdienste

Die Sammlung wurde in mehreren Schritten erweitert und um folgende Aspekte ergänzt:

- c) Erschließung der Daten/Informationen, z.B.: Sensorik für Akkumulator-Temperatur
- d) Zweck der Daten/Informationen, z.B.: Verwendung von Informationen über Schlaglöcher auf der gefahrenen Strecke für die Verbesserung der Infrastruktur
- e) beeinflusste Lebenszyklusphasen, z.B.: State of Health der Batterie während der Nutzung und am End of Life der Batterie

Die gesammelten Ideen sind im weiteren Verlauf des Projektes in die Konzeption der Informationsdienste (einfachere Datenübertragung bis hin zu Apps) eingeflossen. Dabei war bereits aus der ersten Sammlung zu erkennen gewesen, dass ein sehr breites Spektrum an Datentransfers denkbar ist. Die Priorisierung und Einbeziehung weiterer Stakeholder stellte

daher einen elementaren nächsten Schritt dar. Eine Unterteilung bezüglich der „System-Nähe“ („wie nah eine Information am PSS E-Cargobike ist“) bildet einen möglichen ersten Ansatz.

### **Benchmark Motoren (IK)**

Im Rahmen der Benchmarkanalyse zu E-Bike-Motoren sollte ein Überblick über die aktuell am Markt erhältlichen Motoren erarbeitet werden, um Erkenntnisse über deren Merkmale und Leistungsdaten zu gewinnen. Es wurde ähnlich wie bei den Batteriesystemen eine Recherche über Fahrradportale sowie Herstellerwebsites durchgeführt. Die technischen Daten wurden in Tabellenform mithilfe der Merkmale Drehmoment, Antriebsunterstützung, Spannung und Gewicht gegenübergestellt. Es wurden 50 Motoren von elf Herstellern verglichen. Je nach Einsatzgebiet gibt es eine deutliche Spreizung von Drehmoment und Antriebsunterstützung zwischen den Motoren. Ein Spannungsniveau von 36 V ist, analog zu den Batteriesystemen, Stand der Technik. Parallel zu den Batteriesystemen ist auch hier ein Trend hin zu 48 V Motoren für High-End-Systeme erkennbar.

### **Benchmark E-Cargobikes (IK)**

Um die Ergebnisse der Benchmarkanalyse der Batterie- und Motorsysteme einordnen zu können und eine Übersicht über die verbauten Komponenten sowie am Markt erhältliche E-Cargobikes und ihrer Merkmale und Leistungsdaten zu bekommen, wurde eine Benchmarkanalyse von E-Cargobikes durchgeführt.

Es wurde eine Recherche über Fahrradläden und Herstellerwebsites durchgeführt. Die technischen Daten wurden in Tabellenform mithilfe der Merkmale Akkumulator, Motor, Schaltung, Gewicht, Zuladung, Länge und Breite gegenübergestellt. Es wurden 19 E-Cargobikes von Herstellern verglichen. Durch verschiedene Bauformen von E-Cargobikes (Long John, Trike, Christiania, Longtail) gibt es vor allem bei den geometrischen Maßen große Unterschiede. Auch hinsichtlich der Leistung der Komponenten Batteriesystem und Motor liegt eine große Spreizung, bezüglich Energieinhalt, Antriebsmoment und -unterstützung, vor. Bei vielen Modellen ist ein hoher Modularitätsgrad – insbesondere bezüglich der Transportmöglichkeit – zu erkennen. Häufige Anwendungsfälle sind der Transport von Gütern (z.B. Einkäufen, Getränkekisten) oder Kindern. Ebenfalls auffällig ist, dass sich Geschäftsmodelle wie das Leasing immer weiterverbreiten und potentielle Kunden z.B. über eine Probe-Miete an andere Geschäftsmodelle als den „klassischen“ Kauf herangeführt werden.

### **Beschaffung Rad: Identifikation Modell für Projekt (IK)**

Um für das Projekt ein erstes passendes E-Cargobike beschaffen zu können, wurde zunächst der Einsatzzweck innerhalb des Projektes festgelegt. Das erste Rad soll als Grundlage für

## Ergebnisse

konzeptionelle Überlegungen und Ideen sowie konkrete (messbare) konstruktive Maßnahmen herangezogen werden können. Ebenso soll es möglich sein, z.B. mithilfe verbauter Sensoren Fahrdaten zu sammeln, auszulesen und prototypisch zu verarbeiten. Aus diesem Zweck ließen sich verschiedenste Anforderungen an das zu beschaffende E-Cargobike ableiten, wie z.B. die Verstellbarkeit der Sitzposition (da Nutzung durch mehrere Fahrer/-innen), modulare Transportoptionen (verschiedene Aufbauten) und bspw. konkrete Leistungsdaten (mind. 500 Wh). Nach einer Online-Recherche und Probefahrten bei regionalen Fahrradhändler/-innen konnte ein E-Cargobike final festgelegt werden, sodass der begründete Beschaffungsprozess im weiteren Verlauf des Projektes gestartet wurde.

Nachdem das Rad im vorausgehenden Jahr identifiziert wurde, sollte es in den Pilotprojekten und z.B. bei den Riding Days eingesetzt werden. Leider konnten auch im Jahr 2021 aufgrund der Einschränkungen durch die Pandemielage keine großen öffentlichen Veranstaltungen stattfinden, sodass die Beschaffung des Rades erst gegen Ende des Jahres wiederaufgenommen wurde, als absehbar war, dass sich die Lage im Frühjahr/Sommer entspannen könnte. Die Lieferung war für Mai 2022 geplant, sodass anschließend die Pilotprojekte gestartet werden konnte.

### **Erarbeitung Szenarien (ISO)**

Die regelmäßige Teilnahme an Regelterminen und Online-Workshops sowie die Fokussierung auf die Methode zur Definition von Szenarien und Erstellung von Personas traten in den Vordergrund, ebenso wie konzeptionelle Arbeiten in AP 2.

Selbstverständlich hat das ISO an diesen Arbeiten mitgewirkt. So konnten im Rahmen dieser Treffen wichtige Eckpunkte für die für AP 2 angedachte Erarbeitung von Szenarien über Teillösungen und Services zur ressourceneffizienten Nutzung von E-Cargobikes erarbeitet werden. Konkret wurden verschiedene relevante Felder und (kollektive) Akteure/-innen von den Projektpartnern in mehrgliedrigen Prozessen identifiziert und wesentliche Bedarfe, Handlungsanforderungen und mögliche Entwicklungslinien hinsichtlich einer zukünftig verstärkten E-Cargobike-Nutzung interpretiert. Als Handlungsfelder und Akteure/-innen wurden „Nutzer“, „Raumstruktur“, „Technologieentwicklung“, „Demographie“, „Verkehr“, „Wirtschaft“, „Umwelt“, „Politik“ und „Gesellschaft“ ausgewiesen.

Aus Sicht des ISO ist überdies die Mitgestaltung und konzeptionelle Unterstützung bei einer im Berichtszeitraum geplanten und durchgeführten Online-Nutzer/-innenbefragung hervorzuheben. Die Befragung wurde mittels des Online-Umfragetools „Limesurvey“ realisiert und zu Mitte des Jahres freigeschaltet. Teilnehmer/-innen wurden mittels diverser Kanäle und über die Projektpartner/-innen akquiriert. Die Befragung umfasste insgesamt 55 Fragen, die auf zehn Fragegruppen verteilt waren. So wurden im Rahmen der Umfrage u.a. die Bereiche



„Bereitschaft zur Nutzung“, „Bereitschaft zu Nutzen statt Besitzen“, „Auswahlkriterien bei der Anschaffung“, „Probleme bei der Nutzung“, „Bereitschaft zur Wahrnehmung untersch. Dienstleistungen“, sowie – aus Sicht der Begleitforschung, für die sich das ISO im Projekt verantwortlich war von besonderer Relevanz, „soziodemografische Faktoren“. Hier wurden Determinanten wie das Geschlecht, das Alter, der Bildungsstand, das (Netto-) Einkommen, sowie die körperliche Leistungsfähigkeit der befragten Personen erfasst.

Die Befragung war ein zentraler Baustein und weiterer Arbeitsschritte des ISO im Projekt, da hier gewonnene Erkenntnisse direkten Aufschluss über Hemmnisse und Treiber bei der E-Cargobike-Nutzungs- und Anschaffungs-, der Bereitschaft zur Nutzung bestimmter Geschäftsmodell- und letztlich auch über soziodemografische Parameter der zukünftigen, respektive aktuellen E-Cargobike-Nutzer/-innen gaben und so maßgebliche Faktoren zur konkreten Szenariendefinition darstellten.

### **Design Sprints E-Cargobike: Rekonfiguration, Zustandsbewertung und Informationsdienste (IK)**

Im Rahmen von zwei online durchgeführten Design Sprints wurden die Themenkomplexe Rekonfiguration, Zustandsbewertung und Informationsdienste bearbeitet. Die Arbeitsweise des Design Sprints nutzt Methodiken des Design Thinkings, um in kürzester Zeit spezifische Probleme zu erörtern, Lösungen zu skizzieren und Prototypen für diese zu erstellen sowie diese im Anschluss zu testen. Es wurden die folgenden Sprint-Arbeiten durchgeführt: 1. Analyse und Bestimmung der wichtigsten Angriffspunkte, 2. Lösungsskizzierung, 3. Auswahl von Lösungsansätzen, 4. Prototypische Realisierung und 5. Tests der Prototypen.

Der erste Sprint fand über fünf Tage in einem sechs-köpfigen Team (vor Ort und online dazugeschaltet) statt. Über langfristige Ziele, Sprint-Fragen und Routenpläne wurde das Ziel festgelegt, sich zum einen mit der hardwareseitigen Zustandsbewertung und Restwertbeurteilung zu befassen, und zum anderen Informationsdienste zur Förderung der Kreislauffähigkeit und ökologischen Nutzung zu entwickeln. Es wurden Lösungsansätze generiert, aus denen wiederum Konzepte abgeleitet und entwickelt wurden. Prototypisch wurde zum einen eine Rad-Score App entwickelt, welche im Zusammenspiel mit einer Sensorbox den Zustand des E-Cargobikes überwacht und so einerseits neue Möglichkeiten zur Restwertbeurteilung eröffnet und andererseits Wartungsempfehlungen auf Basis der spezifischen Nutzung geben kann. Aus Abbildung 3-3 kann nachvollzogen werden, in welchem Kontext die Zustandsbeurteilung/Restwertbeurteilung stattfinden kann.

## Ergebnisse

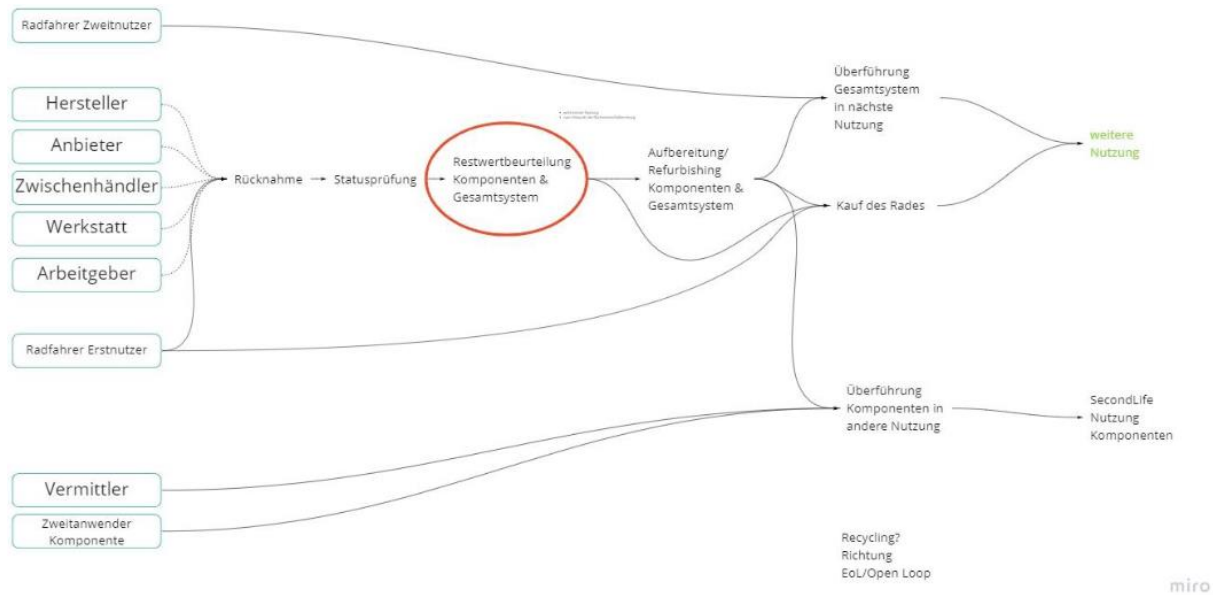


Abbildung 3-3 - Routenplan Rücknahme/Refurbishment inkl. Anwendungsfall „Restwertbeurteilung“ für die Zustandsbewertung

Als zweiter Prototyp wurde ein Portal zur Förderung der nachhaltigen Nutzung von E-Cargobikes aufgebaut. In diesem wird die Nutzung protokolliert, sodass eine ökologische Nutzung durch ein Belohnungssystem angereizt und Nachhaltigkeitsempfehlungen ausgesprochen werden können. In Abbildung 3-4 ist auch zu erkennen, dass das Webportal in Richtung anderer alltagsrelevanter Verhaltens- und Nutzungsaspekte wie z.B. Wohnen, Strom, Ernährung und Konsum in Anlehnung an den CO<sub>2</sub>-Rechner des Umweltbundesamtes erweiterungsfähig ist. [37]

Insgesamt sollte es Nutzer/-innen über das Webportal ermöglicht werden, sich zum Thema „Nachhaltigkeit im Alltag“ zu informieren. Bezogen auf das E-Cargo wurde die Webseite im Detail ausgearbeitet, sodass Nutzer/-innen an das Produkt E-Cargo und seine Nutzung herangeführt werden. Hierzu wurden Funktionen wie die Aufnahme eines Mobilitätsprofils (Strecken, Transportgüter), Empfehlung eines Verkehrsmittels (usability-score und eco-score), Vorstellung verschiedener Modelle, Information zu verschiedenen Geschäftsmodellen (Leasing, Sharing, Kauf) ergänzt.

Darüber hinaus konnte die Nutzung eines E-Cargos über die Webseite getrackt werden. Hierzu gehört die Auswertung genutzter Mobilitätsträger und den Anteil des E-Cargos hieran inkl. gefahrener km, transportierter Masse und des Batterie-Ladezustands, s. auch Abbildung 3-4, Abbildung 3-5. Auch zur Batterie wurden Hintergrundinformationen hinterlegt, um verständlich zu machen, welches Verhalten zu einer Verlängerung der Lebensdauer dieser führt.

Zum Testen des Webportals wurde eine Story rund herum aufgebaut, die auch die Buchung von Fahrzeugen aus einem Pool ermöglicht. Über diese Möglichkeit soll skeptischen Einwänden vorgebeugt werden, man könne nicht alles mit dem E-Cargo erledigen. Durch den

## Ergebnisse

temporären und bedarfsgerechten Zugriff auf Poolfahrzeuge (im besten Fall aus der Community) wird die Akzeptanz für E-Cargos gesteigert. Insgesamt endete die Story des Webportals mit dem Einsatz „erarbeiteter“ Punkte in verschiedene Projekte. Hier sind sowohl regionale, globale als auch persönliche Nutzen eingebunden. Beispielsweise können die Punkte in Aufforstung, Bildung, Aufbau/Erhalt von Gebäuden, aber auch Vorteile beim nächsten Service für das E-Cargo in Werkstätten investiert werden und dienen somit als Anreiz für nachhaltiges Verhalten.

Aus diesem Prototyp wurde im Nachgang der erste App-Prototyp entwickelt, s. Abschnitt App. Beide Prototypen wurden abschließend getestet und die Erkenntnisse genutzt, um die Prototypen im Nachgang weiterzuentwickeln



Abbildung 3-4 - Auszug aus dem Webportal: Überblick Kategorie Mobilität

## Ergebnisse

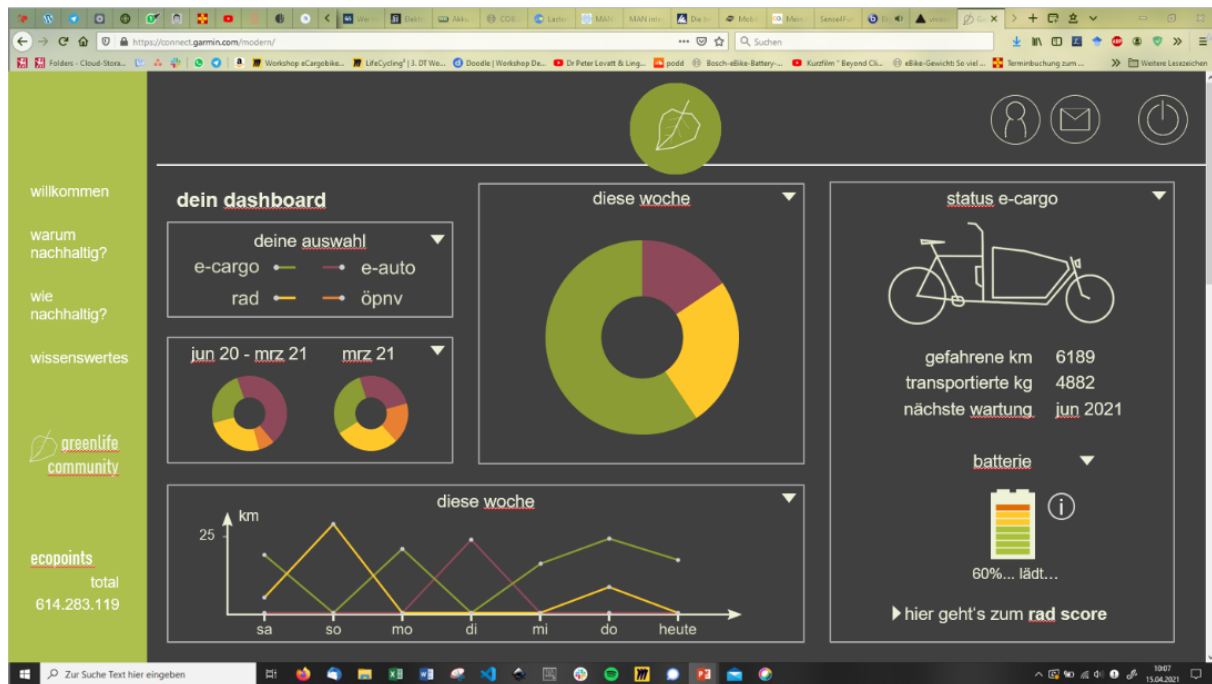


Abbildung 3-5 - Auszug aus dem Webportal: Dashboard zur Nutzung des E-Cargos

In einem zweiten Sprint wurde sich über zwei Tage mit der Fragestellung der Rekonfigurierbarkeit beschäftigt. Die Rekonfiguration findet nach dem Projektverständnis zwischen zwei Nutzungsphasen statt und ist je nach Kombination verschieden aufwändig. *Kauf gewerblich*, *Kauf privat*, *Leasing* und *Sharing* sind die jeweils miteinander zu verknüpfenden Nutzungsfälle. Im Sprint wurden die beiden Fälle „Leasingrad wird zum Sharingrad“ und „Sharingrad geht in gewerblichen Kauf über“ betrachtet.

Als Sprint-Fragen wurden die Auswahl der Komponenten sowie die Identifizierung der Anwendungsfälle zwischen denen das E-Cargobike überführt wird, ausgewählt. In Routenplänen wurden die involvierten Akteure identifiziert. Der Einfluss der Produktentwicklung sowie der Kreislaufführung wurde unter Berücksichtigung der Umsetzung beleuchtet. Während des Sprints erstellte Lösungsskizzen dienten als Basis für die Entscheidung, welche Ideen prototypisch umgesetzt werden sollten. Es wurden die beiden Rekonfigurationsfälle beim Übergang zwischen Leasing und Sharing sowie Sharing und gewerblicher Nutzung anhand von Storyboards dargestellt. Ergebnisse sind ein digitales Tool für die Rekonfigurierung des E-Cargobikes in der Werkstatt, mit dem der Rekonfigurationsprozess begleitet wird, und eine Prozesskette der Arbeitsschritte für die Überführung von einem Anwendungsfall in den nächsten sowie die Identifizierung der daraus resultierenden Anforderungen an die Rekonfiguration. Einer der entwickelten Prototypen (Leasing - Sharing) soll in diesem Bericht detailliert vorgestellt werden: Es wurde ein Teil einer App prototypisch dargestellt, die es ermöglicht, Werkstattmitarbeiter bei der Rekonfiguration zu unterstützen. Sie beginnt mit der Aufnahme eines Auftrags zur Rücknahme, Rekonfiguration und Auslieferung des E-Cargos. Zwischen dem/der Nutzer/-in aus dem ersten

## Ergebnisse

Einsatz und der Werkstatt wird hierzu ein Termin vereinbart. Nach der Rücknahme wird eine Inspektion vorgenommen, um den Zustand des Rades bei Übergabe zu bewerten und festzuhalten. In diesem Fall würde der Zustand zur Restwertbeurteilung an den/die Nutzer/-in sowie den/die Leasingbetreiber/-innen gemeldet werden.

In einem weiteren Schritt wird dem/der Werkstattmitarbeiter/-in eine Checkliste bereitgestellt, anhand derer die Rekonfiguration durchgeführt werden kann. Aufgeteilt nach Baugruppen wird der Fortschritt aufgezeigt und kann über den gesamten Prozess getrackt werden. Die App stellt pro Baugruppe Informationen zu den Komponenten bereit, und gibt die Möglichkeit, die noch vorhandenen Komponenten zu bewerten (z.B. „in Ordnung“, „Aufbereitung nötig“ und „Lebensende erreicht“). Ein Abgleich der Konfiguration aus der ersten Nutzung und der gewünschten Konfiguration für die zweite Nutzung weist darauf hin, welche Komponenten unabhängig vom Zustand getauscht werden müssen. Nach der Bearbeitung des Werkstattauftrags und einer anschließenden erfolgreichen Probefahrt kann das Rad für die kommende Nutzung - in diesem Fall Sharing - freigegeben werden. In

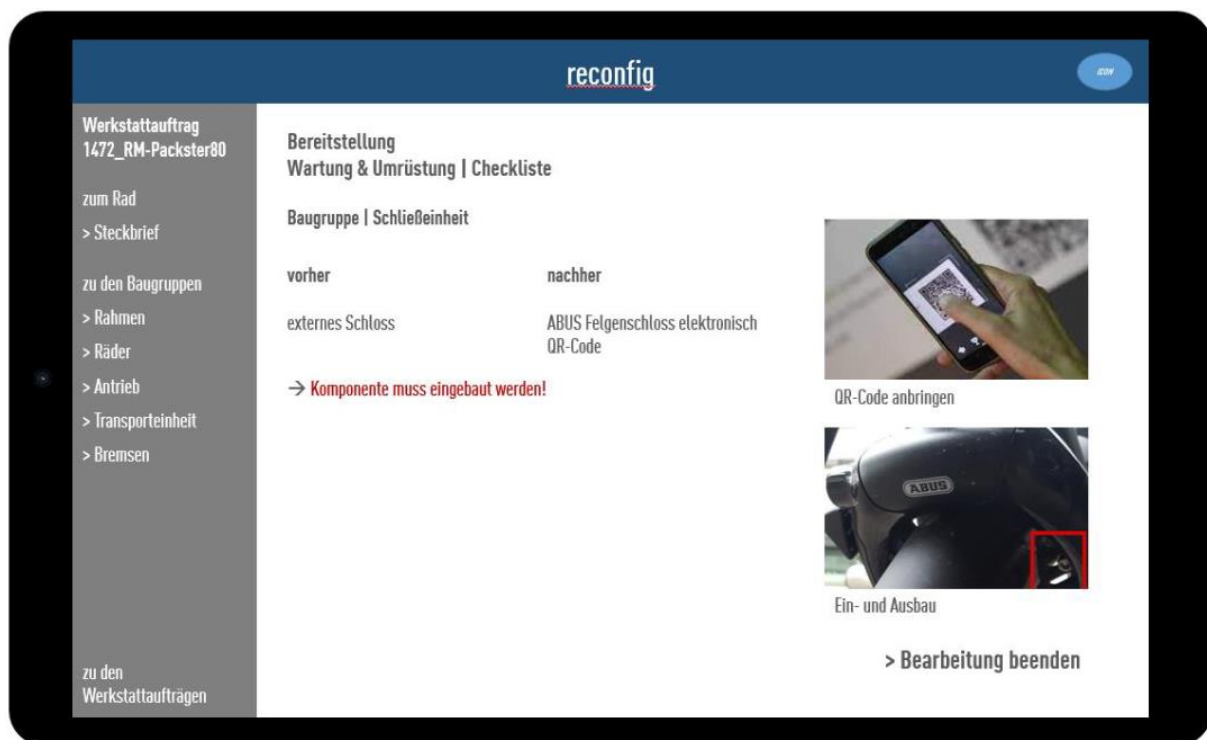


Abbildung 3-6 ist ein Ausschnitt der App zu sehen, welcher den Austausch des Fahrradschlosses abbildet. Dieses kann nun per App, QR-Code o.Ä. Systeme im Sharing geöffnet werden.

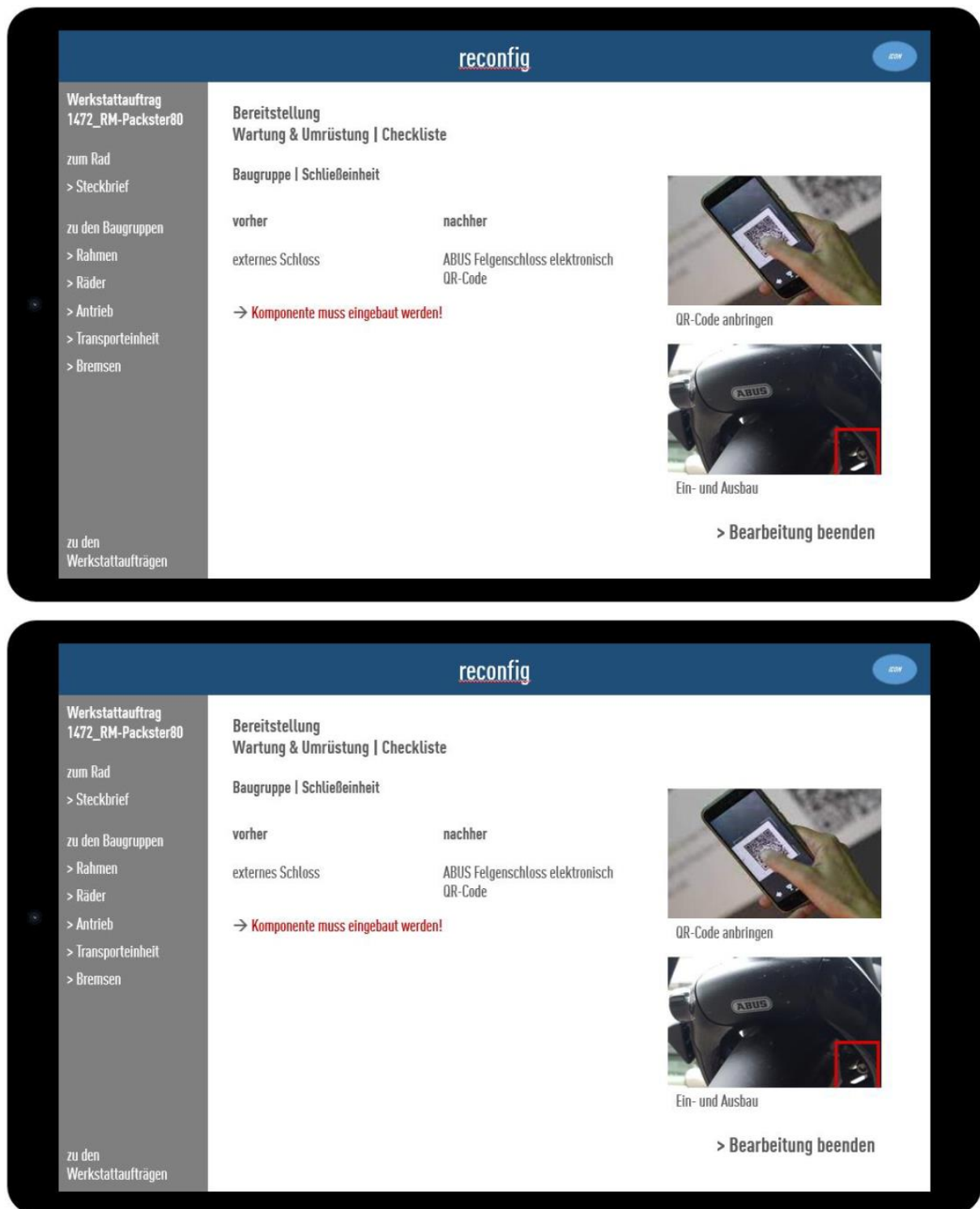


Abbildung 3-6 - App für den Rekonfigurationsprozess: auszutauschende Komponenten mit Hintergrundinformationen

Die Prototypen wurden im weiteren Verlauf des Projektes immer wieder genutzt. So half beispielsweise die Werkstattapp bei der Abstimmung des technischen Ablaufs der Rekonfiguration und des organisatorischen Ablaufs.

### **Erstellung Systemmodell E-Cargobike (IK)**

Im Rahmen einer Studienarbeit zum Thema *Anwendung von Ansätzen des MBSE zur Entwicklung des Systemmodells eines E-Cargobikes* wurde das Vorgehen zum Erstellen eines Systemmodells im Rahmen des Model-based Systems Engineering am Beispiel eines E-Cargobikes erläutert. Als Ansatz zur Erstellung des Systemmodells wurde das MBSE Grid verwendet, da es speziell für Model-Based Systems Engineering entwickelt wurde.

Im Rahmen des MBSE Grids wurden die Bereiche Anforderungen, Verhalten und Struktur/Produktarchitektur aus der Problem- und Lösungssicht analysiert. Die Problemsicht wurde in zwei Perspektiven unterteilt: Die Blackbox- und die Whitebox-Perspektive. Dabei wurden zuerst die äußeren Einflüsse auf das System analysiert und danach die inneren Funktionsweisen des Systems. Zur grafischen Darstellung der Modellelemente und der Verknüpfungen dieser wurden Diagramme als Partialmodelle erzeugt. Dabei ergaben sich je nach Bereich und Sichtweise andere Diagrammtypen. Diese Diagrammtypen umfassen Anforderungs-, Blockdefinitions-, Use-Case-, Stakeholder, Aktivitäten-, Sequenzen- und Zustandsdiagramme.

Im Anschluss der Darstellung von Diagrammen wurden diagrammübergreifende Verknüpfungen festgelegt. Dabei wurden Diagrammelemente aus verschiedenen Systembereichen miteinander in Verbindung gebracht und in einer Relationship-Matrix abgebildet. Daraus ergab sich nach dem MBSE Grid ein vollständiges Systemmodell. Dieses Systemmodell wurde um einen Ansatz eines Lebenszyklusmodells und eine Möglichkeit der Einbringung von Anforderungen eines Second-Life von Komponenten ergänzt, da im MBSE Grid dafür kein spezielles Diagramm vorgesehen ist. Durch die Kombination von verschiedenen Diagrammen kann jedoch eine Art Lebenszyklusmodell erstellt werden.

Es besteht die Möglichkeit beim MBSE Grids im Bereich der Komponenteneigenschaften und Parameter die Materialien der einzelnen Komponenten zu hinterlegen. Auch die erwartbare Lebensdauer einer Komponente ließe sich dort eintragen. Außerdem ist neben der Komponentenstruktur die Darstellung einer Montage-Reihenfolge denkbar. Dabei wird die Komponentenstruktur so modelliert, wie die Komponenten im System zusammengebaut werden. Durch die Verknüpfung der Montage-Reihenfolge mit der Lebensdauer von Komponenten wäre eine Analyse der Wartungsfreundlichkeit des Systems möglich. Mit Hilfe einer Farbkodierung ließen sich Komponenten mit kurzer Lebensdauer hervorheben. Dabei ist es wichtig, dass allen Beteiligten die Aussage der Farben im Diagramm bekannt ist. Es müssen verschiedene Zeitintervalle für die Lebensdauer festgelegt werden, in die jede Komponente eingeordnet wird. In der Beschreibung einer Komponente kann zusätzlich die genaue Lebensdauer eingetragen werden.

Die Komponenten, die einem erhöhten Verschleiß unterliegen, sollten einfach austauschbar sein. Durch die Darstellung in der Montage-Reihenfolge, kann geprüft werden, welche

## Ergebnisse

Komponenten in einer Wartung oder beim Wechsel einfach zu erreichen sind. Die Analyse der Wartungsfreundlichkeit stellt die Betrachtung einer weiteren Phase im Produktlebenszyklus neben der Nutzung des E-Cargobikes dar.

Durch die Wahl der Materialien kann das Herstellungsverfahren und die Recyclingfähigkeit beeinflusst werden. Mit Hilfe einer Filtermöglichkeit nach den Materialien könnten gezielt Komponenten angepasst werden, deren Materialien nicht umwelt- und recyclingfreundlich sind. Dadurch sind eine Betrachtung des Herstellungsprozesses und Verschrottung bzw. teilweise Wiederverwendung von Komponenten möglich. Es sind somit alle Lebensphasen eines E-Cargobikes betrachtet worden, was einer ganzheitlichen Life-Cycle-Betrachtung entspricht.

Im Rahmen der Life Cycle Betrachtung kann neben dem Recycling von Materialien auch über die Wieder- oder Weiterverwendung von ganzen Komponenten nachgedacht werden. Dabei können sich bei der Wiederverwendung oder Weiterverwendung andere Anforderungen an die Komponente ergeben, als es als der Erstnutzung der Fall ist.

Nach der Festlegung der Komponenten im Rahmen der Lösungssicht erfolgt die Überlegung, welche Komponenten nach ihrem Lebenszyklus im E-Cargobike einem Second-Life zugeführt werden können. Je nachdem, wie sie im Second-Life eingesetzt werden sollen, können bei der Festlegung der Komponentenanforderungen im Entwicklungsprozess schon Voraussetzungen für das Second-Life festgelegt werden. Dabei ist eine Kennzeichnung der Anforderungen für das Second-Life sinnvoll. Mit Hilfe einer Priorisierung der Anforderungen ist es möglich, erst die Anforderungen für die Erstnutzung zu berücksichtigen und nach Berücksichtigung dieser die Second-Life-Anforderungen mit einzubeziehen.

Bei den Anforderungen ließe sich, wie bei den Komponenten mit geringer Lebensdauer durch eine Farbkodierung in der Darstellung zeigen, welche Anforderungen sich auf das First-Life und welche sich auf das Second-Life beziehen. Diese Art der Darstellung dient der optischen Priorisierung.

Es hat sich gezeigt, dass das MBSE Grid ein Vorgehen bei der Entwicklung von Systemen aufzeigt. Jedoch stellt es kein detailliertes Vorgehen dar. Je nach zu entwickelndem System muss das MBSE Grid angepasst und erweitert werden. Vor allem in Bezug auf eine ganzheitliche Lifecycle-Betrachtung stellt das MBSE keinen ausreichenden Ansatz dar. Jedoch kann mit gezieltem Ergänzen von Diagrammen und Verknüpfungen, das MBSE Grid so erweitert werden, dass auch der Lebenszyklus eines Systems mit betrachtet wird.



## **3.2 Geschäftsmodelle**

### **Broschüre Projektvokabular (IK)**

Das IK hat bereits im Jahr 2019 begonnen, eine Broschüre zu erstellen, welche grundlegende Begriffe wie bspw. Ressourceneffizienz und Kreislaufwirtschaft enthält und dem Konsortium über den gesamten Projektverlauf hinweg zum einheitlichen Verständnis dienen soll. Die Sammlung relevanter Begriffe wurde im Jahr 2020 weitergeführt und unter anderem um die Begriffe Second Life, Lebenszyklus, Life Cycle Planung, Eco Design, Zustandsüberwachung und Restwertbeurteilung ergänzt. Hierzu wurden Online-Recherchen betrieben, die häufig dazu führten, dass Beispiele aus der Praxis in dem projektweiten Regeltermin vorgestellt werden konnten. Einen Fokus bildete die Betrachtung von Ansätzen zur Überführung von Produkten in nachhaltige Produkt-Service Systeme aus anderen Branchen. Diese könnten für das Projekt LifeCycling<sup>2</sup> als Vorbild dienen. Nach der Sammlung sollten die Übertragbarkeit der Ideen und Ansätze auf das Produkt E-Cargobike geprüft werden. Zur Erstellung der Sammlung wurde eine Internetrecherche betrieben. Es wurden Beispiele aus der Praxis gesucht, bei denen Unternehmen mit dem Ziel der Nachhaltigkeitssteigerung klassische Produkte erfolgreich in Produkt-Service-Systeme überführt hatten. Es wurden bereits einige vielversprechende Unternehmens- und Produktbeispiele identifiziert. (MAN Truck & Bus, Rolls Royce Turbinen, etc.). Die Broschüre wurde über das Jahr 2020 weiter gepflegt und neue Begriffe wurden hinzugenommen, wie „R-Strategien“, „Zustandsbeurteilung“, „Akzeptanz“ und weitere, die im Rahmen des Projektes an Relevanz gewonnen haben.

### **Steigerung der Ressourceneffizienz eines E-Cargobikes (IK)**

Im Rahmen des Verbundprojektes wurde eine Masterarbeit mit der Aufgabenstellung „Steigerung der Ressourceneffizienz eines E-Cargobikes entlang des Lebenszyklus“ angefertigt. In dieser Arbeit wurden sowohl produktspezifische als auch E-Cargobike-spezifische Maßnahmen aufgezeigt. Es wurden Strategien und Maßnahmen recherchiert und (weiter-)entwickelt, die auf die Förderung der Kreislaufwirtschaft im Rahmen des Comet Circles und die Steigerung der Ressourceneffizienz von Produkt-Service Systemen abzielen. Zugrunde gelegt wurde eine intensive Auseinandersetzung mit der Frage nach der Messbarkeit der Ressourceneffizienz sowie relevanter Systemeigenschaften. Identifizierte Maßnahmen wurden evaluiert, um Empfehlungen zur Weiterführung der Arbeiten ableiten zu können. Bezogen auf die Umweltbelastung und den Ressourcenverbrauch, die Lebens- und Nutzungsdauer, die Recyclingfähigkeit und das Innovationspotential der Komponenten wurde für die Batterie das größte Potential ermittelt und ein besonderen Fokus gelegt. Hiermit wurde das Vorgehen im Projekt LifeCycling<sup>2</sup> bestätigt. Für die verschiedenen

Produktlebenszyklusphasen wurden systemunspezifische Maßnahmen ausgewählt und auf die Batterie und das E-Cargobike angepasst und angewendet. Die qualitative Aussage der Arbeit war, dass die identifizierten Maßnahmen - wenn sie richtig ausgelegt und umgesetzt werden - in ihrer Gesamtheit die Kreislaufwirtschaft fördern und die Ressourceneffizienz der Batterie als auch des gesamten E-Cargobikes positiv beeinflussen. Eine quantitative Bilanzierung und Wirkungsabschätzung, wie es zum Beispiel mit einer MIPS-Analyse möglich wäre, könnte in weiteren Forschungsarbeiten erarbeitet werden.

### **Aufstellung des ARC-Diagramms für gesamtes Projekt (IK)**

Um einen Überblick über die relevanten Themengebiete zu bekommen und thematische Schnittstellen zwischen Partnern aufzudecken, wurde durch das IK das sogenannte ARC-Diagramm (ARC steht für „Areas of Relevance and Contribution“ und damit Bereiche, die für das Projekt relevant sind und Bereiche, in denen im Rahmen des Projektes Beiträge geleistet werden) für interne Zwecke aufgestellt.

Mit dem Titel des Projektes werden dabei Teilziele und -aufgaben assoziiert und untergeordnet. Auf diese Weise sind in dem ARC-Diagramm Themenfelder aufgezeigt worden, denen in einem zweiten Schritt die verantwortlichen Partner/-innen zugeordnet werden konnten. In der folgenden Abbildung 3-7 ist das ARC-Diagramm dargestellt.

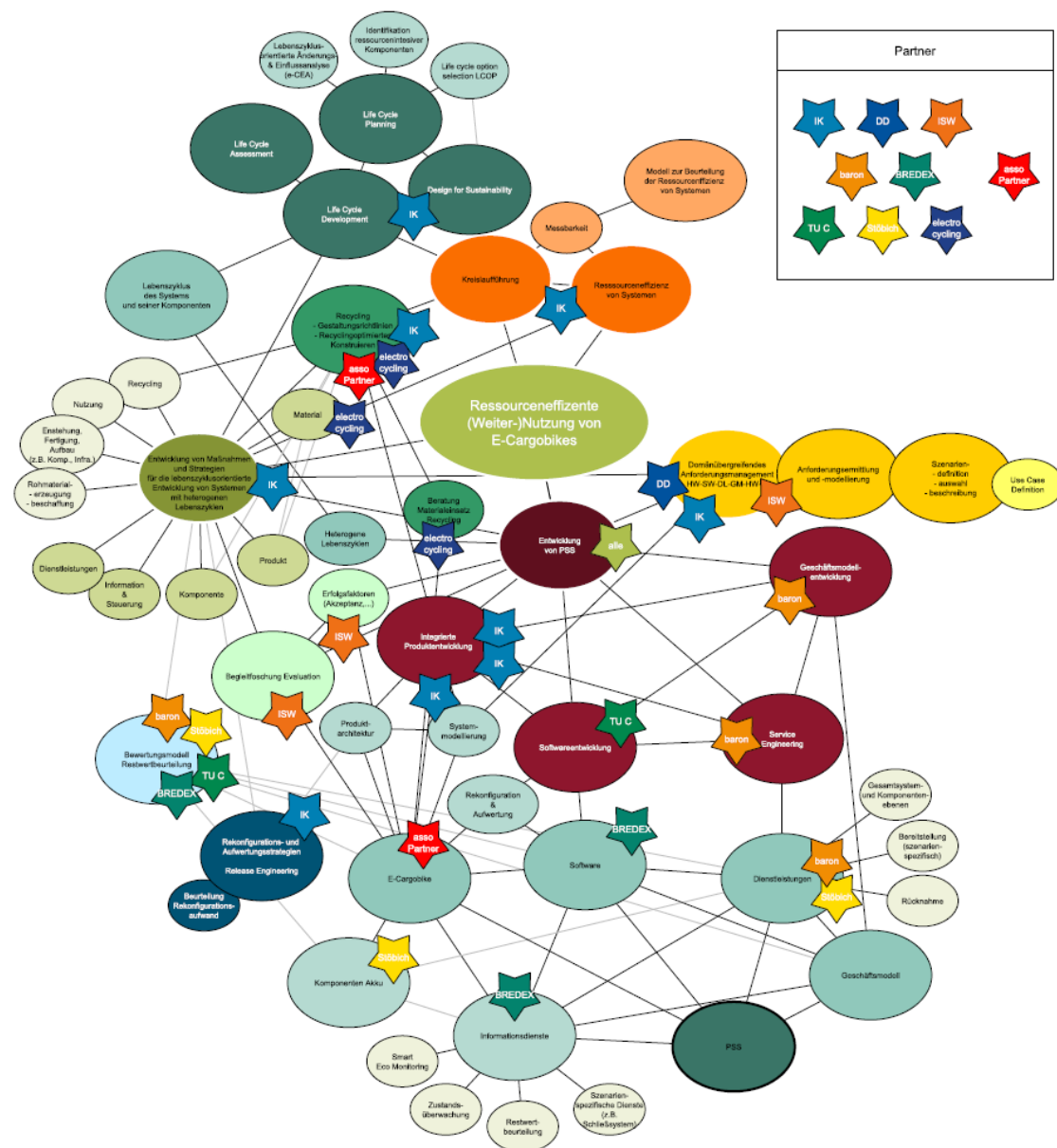


Abbildung 3-7 - Diagramm zur Darstellung der „Areas of Relevance and Contribution“ im Projekt LifeCycling² mit Zuordnung der verantwortlichen Partner

### Vorarbeiten Szenarienbeschreibung/-definition (IK)

Eine Aufgabe im Projekt LifeCycling² war die Definition eines Szenarios, welches die Zukunft der Mobilität widerspiegelt. Die Arbeiten zur Szenariendefinition wurden sehr detailliert und durch viele Recherchen gestützt vom IK bearbeitet. In Kooperation mit Mitarbeitern aus weiteren

Forschungsprojekten („autoMoVe“ [<https://www.tu-braunschweig.de/ik/forschung/laufende-projekte/automove>]; „Zukunftslabor Mobilität“ [<https://www.zdin.de/zukunftslabore/mobilitaet>]) entstand eine Sammlung sogenannter Deskriptoren, die zur Beschreibung eines Szenarios herangezogen und in ihrer Ausprägung festgelegt werden können. Große Bedeutung wird den Wechselwirkungen der Faktoren untereinander zugemessen. Aus diesen Arbeiten heraus

## Ergebnisse

konnte eine Veröffentlichung erarbeitet werden, die im Februar 2021 bei der Zeitschrift *Zukunftsforschung* eingereicht wurde. Der Beitrag kann wie folgt zusammengefasst werden: „Die Mobilitätsbedarfe der Welt verändern sich kontinuierlich und mit ihnen auch die Anforderungen an Mobilitätsträger und umgebende Infrastrukturen. Technologische Fortschritte bspw. im Bereich der Digitalisierung, ermöglichen zurzeit ein Überdenken des gesamten Mobilitätssystems und die Entwicklung unkonventioneller Gesamtlösungen. Die Vielfalt alternativer Zukunftsszenarien wächst ebenfalls schnell und eine Hilfestellung zur systematischen Erfassung der Einflussfaktoren und deren Zusammenhänge bzw. Wechselwirkungen ist für die Produktentwicklung und den gesamten Product-Life-Cycle unabdingbar. Das interdisziplinäre Denken in Systemen ist ein wichtiger Aspekt der Lösungsfindung in der Produktentstehungsphase, den das IK aktuell in drei Forschungsprojekten „Zukunftslabor Mobilität“, „LifeCycling<sup>2</sup>“ und „autoMoVe“ adressiert. Im Rahmen des vorliegenden Beitrags wird über die Entwicklung des Vision Boards – Ein Hilfsmittel zur systematischen Gestaltung von Zukunftsszenarien im Bereich der Mobilität – und über die ersten Anwendungsergebnisse berichtet. „Ein Ausschnitt aus der Liste der Einflussfaktoren sowie einer möglichen Anwendung von „Schiebereglern“ zur Darstellung von Trends (und möglichen Beschleunigern sowie Trendbrüchen, hier Beispiel Corona) ist in der folgenden Abbildung zu erkennen. Die Themengebiete nach denen die Deskriptoren kategorisiert wurden, lauten: Society, Technology, Economy, Environment und Politics.

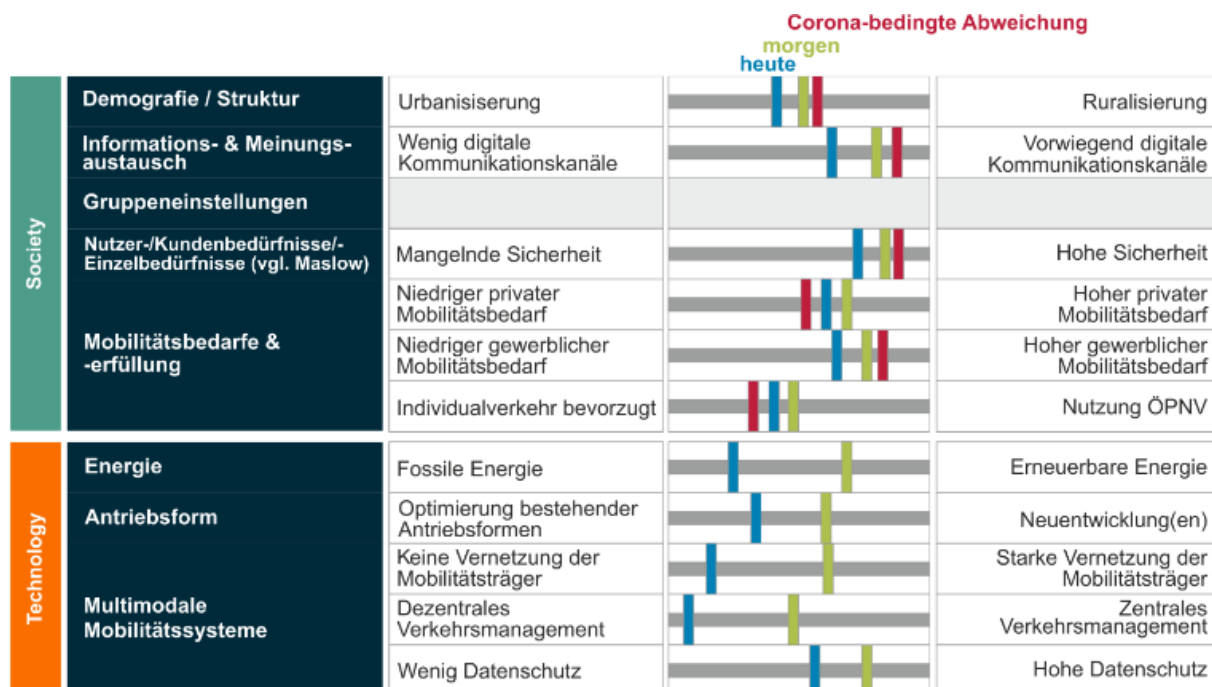


Abbildung 3-8 - Ausschnitt aus der Sammlung von beschreibenden Faktoren für ein Szenario

Aus den Arbeiten konnten relevante Einflussfaktoren für die Definition eines Szenarios im Kontext LifeCycling<sup>2</sup> abgeleitet und mit dem Konsortium diskutiert werden.

### **Design Thinking Workshop I (IK)**

Als Ziel des ersten Workshops der Workshopreihe am 04.12.2019 in Braunschweig wurden das gemeinsame Verständnis der Begriffe „Ressourceneffizienz“ und „Kreislaufwirtschaft“ sowie die Sammlung und Analyse möglicher Anwendungsfälle und Ableitung von Szenarien definiert. Bei den Nutzungsszenarien wurden sowohl Erst- und Zweitnutzung von E-Cargobikes bzw. entsprechenden Dienstleistungen, welche im Zentrum des Projekts stehen, betrachtet. Darüber hinaus sollten Stakeholder identifiziert werden, die für den weiteren Verlauf des Projektes relevant werden könnten. Alle Partner/-innen mit Ausnahme der Stöbich technology GmbH haben mit einem oder mehreren Vertreter/-innen an dem Workshop teilgenommen.

Der Workshop wurde in acht Abschnitte eingeteilt, die im Folgenden kurz beschrieben werden:

- Einleitung/Einführung: Es wurden Trends in der Mobilität mit Fokus Fahrrad basierend auf dem Fahrrad Monitor Deutschland 2019 des SINUS Instituts dargestellt und diskutiert. Darüber hinaus wurden Informationen zu E-Cargobikes präsentiert sowie auf das Life Cycle Assessment von E-Cargobikes eingegangen.
- Brainstorming/Sammlung möglicher Anwendungsfälle: Die Teilnehmenden wurden gebeten, bereits im Voraus des Workshops mögliche Anwendungsfälle zu sammeln (durch Recherche & Brainstorming).
  - o Zur Vorbereitung der Erarbeitung der Anwendungsfälle und Nutzungsszenarien hat das Institut für Sozialwissenschaften umfassende Sichtungs- und Recherchearbeit geleistet. So wurden einerseits wichtige empirische Studienergebnisse aus dem E-Cargo-Bereich gesammelt und zur Analyse von Stakeholdern synthetisiert. Der Fokus lag hierbei konkret auf Publikationen und Ergebnissen, die eine sozialwissenschaftliche Fundierung aufweisen. Beispielhaft kann hier etwa die Identifikation von, durch (potentielle) Nutzer/-innen thematisierte und in Studien genannte, Anforderungen an die Nutzung von E-Cargobike-Konzepten angeführt werden, die sich über verschiedene Studien hinweg als relevante Faktoren aus Anwendersicht erweisen. Diese Ergebnisse spiegeln Anforderungen aus Sicht einzelner Individuen (Mikroperspektive) wieder. Andererseits wurden diese Ergebnisse mit (Verkehrs-)soziologischen Theorien, Modellen, Konzepten und bestehenden Studien verknüpft, die u. A. versuchen, die Wahl von Verkehrsmitteln und das Mobilitätsverhalten aus Sicht verschiedener gesellschaftlicher Gruppen (Mesoperspektive) oder der Ebene der gesamten Gesellschaft (Makroperspektive), zu erklären. Ferner wurde in diesem Projektzeitraum so vom ISW versucht die Entwicklung und Leitlinien des gesellschaftlichen Stellenwertes von Mobilität im allgemeinen und Postfossiler-Mobilität (zu der

schließlich auch die E-Cargobikes zählen), im speziellen zu erfassen. Auch wurde so versucht, potentielle Interessensgruppen und Stakeholder zu identifizieren, sowie deren Anforderungen festzustellen. Diese untersuchten Aspekte dienten einem einheitlichen Verständnis über Anforderungen sowohl aus Mikro-, als auch aus Meso- und Makroperspektive.

- o Bezüglich der Identifikation von möglichen Nutzungsszenarien hat die TU Clausthal an der Erhebung von Szenarien für die ressourceneffiziente Nutzung von Gesamtsystem und Komponenten beigetragen. Ein wichtiger Aspekt stellt dabei die Entwicklung begleitender software-basierter Services zur ressourceneffizienten Nutzung dar. Hierzu wurden ausgehend vom Design Thinking Workshop erste Ideen erarbeitet. Diese zielen neben der ressourceneffizienten Nutzung auch auf die Steigerung der Attraktivität der Nutzung der E-Cargobikes ab, sodass deren Verbreitung gefördert und die Nutzungsdauer in der Erstnutzung gesteigert werden kann.
- o Die baron mobility service GmbH hat verschiedene Studien zu Lastenradnutzung und Anwendungsfälle analysiert. Die Ergebnisse aus den Studien wurden aufbereitet und flossen ebenfalls maßgeblich in den Design Thinking Workshop mit ein. Die Recherche zu den Anwendungsfällen ergab für die gewerbliche Nutzung von Lastenfahrrädern Einsatzgebiete für Post-, Kurier- und Paketdienstleistungen, Werksverkehr und Personenwirtschaftsverkehr. Bei der privaten Nutzung von Lastenfahrrädern wurde identifiziert, dass diese überwiegend für den Transport großer Gegenstände, von Einkäufen, Kindern und Tieren zum Einsatz kommen.

Diese wurden in der Gruppe zusammengetragen und kategorisiert. Generische Unterschiede ließen sich zum einen im Anwender finden: private oder gewerbliche Nutzung. Zum anderen lassen sich die Anwendungsfälle darin unterscheiden, ob (zusätzliche) Personen /Lebewesen oder Güter transportiert werden. Alle identifizierten Anwendungsfälle lassen sich in die vier beschriebenen Kombinationen einordnen. Die Anwendungsfälle konnten durch Einschätzung der Relevanz durch die Projektpartner/-innen priorisiert werden. Für eine weitere Betrachtung wurden die Fälle I) private Nutzung zum Transport von Gütern und Personen (z.B. Einkaufen, Transport von Waren und der Transport von Kindern) und II) gewerbliche Nutzung zum Transport von Gütern (z.B. Liefer- und Versanddiensten, sowie des Waren- und Personentransports) festgelegt.

- Um die beiden Anwendungsfälle detaillieren zu können, haben die Teilnehmer/-innen mithilfe der Methode „World Café“ in zwei Gruppen die Möglichkeit bekommen, in einem Brainwriting Merkmale der Anwendungsfälle zu skizzieren oder zu beschreiben. Hierbei sind bereits erste Ideen für die Beschreibung möglicher Nutzer/-innen generiert

worden. Ebenfalls wurden Herausforderungen beschrieben, die im Kontext der späteren Entwicklung berücksichtigt werden müssen. Der zweite Anwendungsfall wurde hin zur Paketzustellung weiter konkretisiert.

- Zur Diskussion der Begriffe Ressourceneffizienz und Kreislaufwirtschaft (bzw. Circular Economy) wurden durch das IK zwei Moodboards vorbereitet, welche auf Basis einer intensiven Literaturrecherche erstellt wurden (Abbildung 3-9, Abbildung 3-10). Im Voraus des Workshops wurden die Teilnehmenden gebeten, Informationen zu den beiden zuvor genannten grundlegenden Begriffen zu sammeln, um diese im Workshop zusammentragen und abgleichen zu können. Dafür hat die Electrocycling GmbH eine Definition des Begriffes: „Ressourceneffizienz“ erarbeitet. Die Diskussion zum Begriff Ressourceneffizienz war sehr breit gestreut. Das Konsortium hat sich darauf geeinigt, ausgehend von intensiver vorausgehender Recherche des IK den Begriff als Quotient aus Nutzen eines Systems und investierten Ressourcen zu verstehen. Zu Nutzen wurden die folgenden Faktoren (in genannter Reihenfolge) gezählt: Erfüllung von Funktionen (z.B. Gütertransport, Personentransport, Mobilität etc.), Schonung der Umwelt, Reduktion des Kraftverkehrs, Gesundheitsförderung, Bedürfnisse nach frischer Luft, Attraktivität (Design, Aktualität), Wirtschaftlichkeit, Lebensdauer, Qualität, Verfügbarkeit, Flexibilität sowie Statussymbol. Nach einer nachträglichen Evaluation dieser Liste wurden die beiden Einträge Einschränkung in der Nutzung (z.B. durch Witterung) und Häufigkeit entfernt, da die Begriffe der Kategorie Nutzen nicht nachhaltig zugeordnet werden konnten. Seitens der investierten Ressourcen wurden die folgenden Faktoren genannt: Primär- und Sekundärrohstoffe, Arbeitskraft, elektrische Energie über den gesamten Lebenszyklus, Quellen (z.B. Treibhausgase, chem. Verschmutzung) & Senken (Aufnahme von Schadstoffen, Brücke zum „Budget“), IT-Infrastruktur, Betriebsmittel (Kapital) sowie allgemein zugängliche Ressourcen (z.B. Luft etc.). Der Begriff Kreislaufwirtschaft wurde anhand verschiedener recherchierter Modelle diskutiert. Vorrangig wurden das Projektziel sowie die Handlungsfelder anhand des Modells Comet Circle (vgl. Antrag) diskutiert, welches es erlaubt, das System auf Gesamtsystem-, Komponenten-, Bauteil-, Material- und Energieebene zu betrachten.
- Um Zukunftsszenarien sammeln zu können, wurde eine verschlankte Variante der Kreativitätsmethode von Walt Disney angewandt. In Mindmaps wurden in zwei Gruppen Szenarienmerkmale gesammelt. Hierzu wurde zunächst durch die Teilnehmenden die Rolle des Visionärs eingenommen. Ohne auf Hindernisse oder Machbarkeit zu schauen, wurden Ideen für ein Umfeld gesammelt, die den Einsatz von E-Cargobikes im Rahmen beider oben beschriebenen Anwendungsfälle ermöglichen. Beispielsweise wurde für den Anwendungsfall I) private Nutzung angenommen, dass

Parkflächen für E-Cargobikes weitverbreitet sind und dass eine „grüne Welle“ für Fahrräder priorisiert wird. Für den Anwendungsfall II) gewerbliche Nutzung (Paketzustellung) wurde beispielsweise angenommen, dass es größere autofreie Zonen in Großstädten (bis hin zu autofreien Städten) gibt, sowie dass es eine Vielzahl an Packstationen inkl. Akkumulator-Ladestationen gibt. In einem zweiten Schritt wurden die vorherigen Annahmen durch die Rolle des Kritikers überprüft und ggf. durch „realistischere“ Annahmen bzw. Lösungsvorschläge für auftretende Probleme ergänzt.

- Die baron mobility service GmbH hat als Vorbereitung mit der Recherche nach Stakeholdern für die Projektkooperation begonnen. Aufgrund der langjährigen Erfahrung in der Fahrradbranche sowie der Mitwirkung bei verschiedenen Forschungsprojekten im Bereich Fahrradmobilität hat die baron mobility service GmbH Zugriff auf ein großes Netzwerk an Akteuren aus diesem Bereich. Als Vorbereitung für den Design Thinking Workshop, bei dem möglichen Partner/-innen identifiziert werden sollten, wurden von der baron mobility service GmbH die Akteure des bestehenden Netzwerks in Bezug auf ihren spezifischen Beitrag zum LifeCycling<sup>2</sup> Projekt analysiert. Darüber hinaus wurde eine Recherche zu weiteren potenziellen Partnern durchgeführt. Daraufhin erstellte die baron mobility service GmbH eine Liste möglicher Projektpartner/-innen und Stakeholdern. Als mögliche Partner/-innen für das Projekt wurden dabei der Fachhandel, das Gewerbe, Lastenradinitiativen, Fahrradnetzwerke und -verbände, die Kommunen, die Stadt- und Regionalplanung, Lastenradhersteller/-innen, Unternehmen und relevante Forschungsprojekte identifiziert.
- Zum Ende des Workshops wurden weitere Arbeiten (bspw. Definition von Fragen an Stakeholder) identifiziert und entsprechende Zuständigkeiten verteilt.
- Abschließend wurde nach offenen Punkten gefragt sowie Feedback der Teilnehmer/-innen für den Workshop eingesammelt. Als Kritikpunkt wurde genannt, dass das Thema Recycling in dem Workshop vernachlässigt wurde. [Anmerkung: zu diesem Punkt sollten Anwendungsfälle und Szenarien mit Schwerpunkt Nutzung definiert werden. Recycling konnte als Schnittstelle (bspw. Austausch von Komponenten, Rücknahme von Akkumulatoren etc.) genannt werden.]

Im Nachgang des Workshops wurden die Ergebnisse in digitaler Form durch die Denkfabrik und das IK aufbereitet und den Partnern zur Verfügung gestellt.

Das IK hatte darüber hinaus begonnen, eine Broschüre zu erstellen. Diese enthält grundlegende Begriffe wie bspw. Ressourceneffizienz und sollte dem Konsortium über den gesamten Projektverlauf hinweg zum einheitlichen Verständnis dienen. Ebenfalls können die Ergebnisse (neben den Erkenntnissen des Projektes belegt mit Quellen) in zukünftige Veröffentlichungen einfließen.



### Moodboard 1:

Ein Moodboard ist eine visuelle Collage, die verschiedene Bilder, Farben, Texturen und Typografie kombiniert, um eine bestimmte Stimmung oder Ästhetik zu vermitteln. Es dient dazu, Inspiration zu liefern und eine visuelle Richtung für kreative Projekte festzulegen, z. B. für die Gestaltung einer Website, die Planung einer Veranstaltung oder die Entwicklung einer Markenidentität. Indem sie die gewünschte Atmosphäre einfangen und den kreativen Prozess leiten, tragen Moodboards dazu bei, die Beteiligten aufeinander abzustimmen und die effektive Kommunikation zwischen den Teammitgliedern zu erleichtern.



*Abbildung 3-9 - Moodboard Circular Economy*

### Moodboard 2:



Abbildung 3-10 - Moodboard Ressourceneffizienz





## Ergebnisse

- Gewerbliche Nutzung (Paketzustellung):

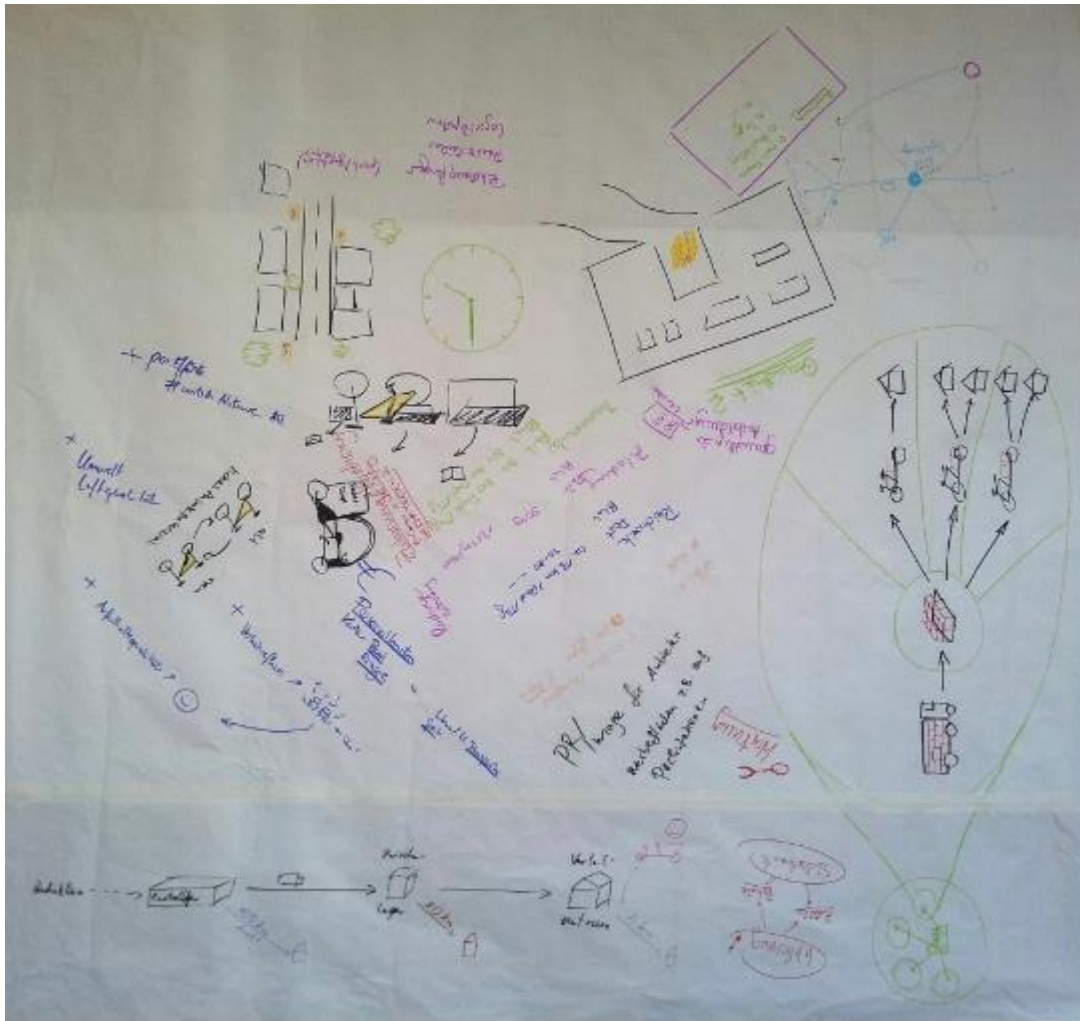


Abbildung 3-12 - Anwendungsfälle gewerbliche Nutzung

### Design Thinking Workshop I und Entwicklung Demonstratoren (TU Clausthal & Ceconsoft)

Die TU Clausthal und die Ceconsoft GmbH waren beim Design Thinking Workshop in Braunschweig vertreten. Im Zuge dessen wurde an einer Definition des Ressourceneffizienzbegriffs gearbeitet, welche als Grundlage zur Szenario-Entwicklung diente.

Des Weiteren haben die TU Clausthal und Ceconsoft zu der Szenario-Entwicklung beigetragen, indem Ideen im Bereich der softwarebasierten Services zur ressourceneffizienten Nutzung gesammelt wurden. Darüber hinaus war auch die Nutzerakzeptanz des E-Cargobikes von Relevanz.

Zusätzlich zu den Arbeiten an der Szenarien-Definition mit allen Partnern/-innen, entwickelte die TU Clausthal ein weiteres Szenario mit vertieftem softwaretechnischem Fokus. Das Szenario beinhaltet den Austausch von Gegenständen in Hubs. Die Hubs sind dabei ähnlich aufgebaut wie Paketstationen. Dabei wurde im Projekt zwischen „Hubs/Sharing Boxen zum

## Ergebnisse

Austausch von Fahrradzubehör“, wie z.B. Fahrradschlossschlüsseln und „Loading Hubs/Akkuladeschränken“ zum Austausch von Akkumulatoren unterschieden. Der/die Nutzer/-in erhält in dem Szenario die Möglichkeit, einen leeren Sharing Akkumulator gegen einen geladenen Sharing Akkumulator zu tauschen. Somit ist der Loading Hub ein Ort, an dem das Laden des Akkumulators untersucht werden kann. Das Buchen der Hub Fächer erfolgt mit Hilfe einer Demonstrator-App.

Außerdem beinhaltet das Szenario das Leihen von Tools, wie z.B. Fahrradschlossschlüsseln. Dabei konnte der Bedarf an Einsatz von Software z.B. zum Buchen, Öffnen und Schließen der Fächer in den Hubs identifiziert werden. Außerdem konnten Randbedingungen für die Verwendung und Weiterentwicklung von Softwarefunktionen (wie z.B. zeitliche Restriktionen oder Sicherheitsstandards) abgeleitet werden.

Bei der Entwicklung des Szenarios wurde vor Erreichen des finalen Akkumulatortauschszenarios ein Story Board des Zwischenstands erstellt.

Die folgende Abbildung zeigt eine der Sharing Boxen zum Austausch von Gegenständen, welche Teil der Szenariobeschreibung sind:



*Abbildung 3-13 - Sharing Box zum Austausch von Gegenständen rund um das E-Bike*

Im Zuge der Szenariendefinition wurde nach bisherigen Lösungen zur Datenerfassung von E-Bikes beziehungsweise E-Cargobikes recherchiert. Dabei wurde mögliche Hardware in Form von Sensorik am Bike und bei der Akkumulatorladung identifiziert. Da der Akkumulator eines der relevantesten Komponenten in Bezug auf den Restwert des Bikes ist, hat sich das Institut for Software and Systems Engineering neben der Konzeptentwicklung von Sharing Services auf die Soft und Hardware rund um den Akkumulatorwechsel und weniger auf die Hardware direkt am E-Bike fokussiert. Um das Austauschen von Akkumulatoren durch mehrere Nutzer/-

## Ergebnisse

innen untersuchen zu können, wurden zwei Fahrräder inklusive Akkumulatoren und Computerhardware im Zuge des Projektes durch die TU Clausthal beschafft.

Der bereits beschriebene Loading Hub der Szenariodefinition, mit Funktionen zum Öffnen und Schließen per App, bietet die Möglichkeit Lithium-Ionen-Batterien zu laden. Dabei ist der Schrank für den Fall einer Akkumulator-Havarie ausgelegt und soll das Ausdringen toxischer Gase in dem Fall verhindern. Somit bietet der Loading Hub einen möglichst sicheren Raum, um die Überwachung der Ladezeiten der Akkumulatoren und die Nutzung von Sharing Akkumulatoren zu untersuchen.

Neben den Recherchen zur bereits genannten Hardware beschäftigten sich Mitarbeiter/-innen der TU Clausthal innerhalb dieses Arbeitspaketes mit wissenschaftlicher Literatur zum Laden von E-Bike Akkumulatoren.

Die Ceconsoft GmbH trug zur Identifikation von Anforderungen an ein E-Cargobike-Sharing-Ökosystem bei, die als Grundlage für die spätere Gestaltung des Klick-Dummys sowie die Entwicklung der E-Cargobike-Sharing-App dienten. Besonderes Augenmerk lag hier auf der guten und einfachen Nutzbarkeit für alle Plattform-Teilnehmer/-innen, also E-Cargobike-Leiher/-innen und -Anbieter/-innen.

### **Design Thinking Workshop II am 11.11.2020 (IK)**

Der zweite Design Thinking Workshop wurde - wie eingangs beschrieben - aufgrund der Pandemie und sich daraus ergebender Maßnahmen einige Male verschoben. Im November 2020 wurde kurzfristig entschieden, dass der Workshop als Online-Workshop stattfinden soll, damit er sich nicht noch weiter verzögern würde. Einen Design Thinking online statt in Person durchzuführen, bringt verschiedene Hürden mit sich, sodass verschiedene Methoden etwas abgewandelt werden mussten. Der Unterauftragnehmer „Denkfabrik“, der für die Moderation der Workshops verantwortlich war, hatte noch keine Erfahrung mit der Durchführung von Online-Workshops, sodass bei diesem Workshop auf einfachste Mittel (z.B. Kamera auf Flipchart gerichtet) zurückgegriffen wurde. Anreize seitens des IK, Hilfsmittel wie interaktive Online Whiteboards (z.B. Miro Boards) zu verwenden, wurden für diesen Workshop noch abgelehnt, jedoch als potentes Hilfsmittel für den weiteren Projektverlauf bewertet.

Im Workshop wurden durch das gesamte Konsortium zunächst die vorbereiteten Einflussfaktoren bzw. Deskriptoren inhaltlich diskutiert. In einem zweiten Block konnten die Teilnehmer/-innen über eine Priorisierung der Faktoren abstimmen.

Alle Teilnehmer/-innen konnten ihre Einschätzungen bzgl. des aktuellen Stands und des Trends für 2025 eines Deskriptors abgeben. Hierzu wurden „Schieberegler“ (Skala von 0 bis 10) vorbereitet sowie die Möglichkeit zum Kommentieren gegeben. Anschließend wurden die Antworten abgeglichen, Mittelwerte sowie Abweichungen graphisch dargestellt und bei extremen Schwankungen zwischen den Expertenmeinungen in einem späteren

## Ergebnisse

Regeltermin diskutiert und gemeinsam festgelegt. Darauffolgend wurden durch den Unterauftragnehmer die Ergebnisse der Diskussionen und der Einschätzungen zusammengefasst und festgehalten. Hierbei entstand unter anderem eine Tabelle, die die Einflussfaktoren und ihre Wirkung für die Entwicklung des Produkt-Service Systems (E-Cargobike + Services + App + Geschäftsmodell) festhält. Ein Ausschnitt ist im Folgenden dargestellt.

*Tabelle 3-1 - Ausschnitt der gesammelten Einflussfaktoren aus dem DT II Workshop*

Einschätzung der Auswirkung der Einflussfaktoren auf die Produktentwicklung Stand: 04.12.2020		Anforderung an Produkt	Anforderung an das Gesamtsystem (Produkt + Service-/Geschäftsmodell)	Äußerer Einfluss (Umwelt, Politik, Gesellschaft...)
		= beeinflussbar	= bedingt beeinflussbar	= nur Reaktion ggf. möglich
Nutzer				
	Verfügbarkeit, Flexibilität, Übergabe – und Abholpunkte		X	
	Anschaffungs- und Betriebskosten	X		
	Gewohnheiten (u.a. bzgl. Komfort / Reservierung / Vorbereitung)		X	
	Komfortbedürfnis, Bequemlichkeit (Verstellmöglichkeiten am Rad)	X		
	Langlebigkeit im Zusammenhang mit Aktualisierbarkeit (Updatemöglichkeit)	X		
	Weltverbesserer-Ideologie			X
Raumstruktur				
	Verfügbarkeit von Sharingangeboten und Ladestationen		X	
	Breite der Radwege, Ebenheit der Fahrbahn, Reduzierung von Bordsteinen / Kanten		(X)	X
	Einkalkulieren der Topographie (Akkuleistung bei Hügeln)	X		
	Ausreichend große Fahrradparkplätze, angepasst an die Fahrräder		X	
	Planung des Fahrradwege-Netzes, Beachtung des notwendigen Platzbedarfs			X

### **Szenariendefinition und -bewertung für die ressourceneffiziente (Weiter-)Nutzung von E-Cargobikes und Komponenten (Baron)**

Für die BMS als Anbieter von Dienstradleasing ist die ressourceneffiziente Fahrradnutzung die Mobilitätsform der Zukunft. Vorrangiges Ziel ist deshalb die Entwicklung von Anwendungsszenarien für die Erst- und Zweitnutzung von E-Cargobikes im Bereich Leasing und Sharing (Bezug AP 1).

Das Dienstradleasing-Konzept:

Im Folgenden wird das Konzept des Dienstradleasing vorgestellt. Hierbei wird näher auf die Rahmenbedingungen, die Marktbedingungen und -entwicklungen sowie auf aktuelle Herausforderungen eingegangen.

*Status Quo und zukünftige Marktentwicklung:*

Dienstoffrad-Leasing gewinnt zunehmend an Bedeutung als Teil des Mobilitätskonzepts und des Gesundheitsmanagements bei Unternehmen. Seit November 2012 ist es möglich, dass das Dienstoffrad dem Arbeitnehmer/-innen auch zur privaten Nutzung überlassen werden darf, wenn der Arbeitnehmer/-innen den dadurch entstehenden geldwerten Vorteil mit der 1 %-Regelung über das Bruttogehalt versteuert. Seit 2019 besteht eine zusätzliche steuerliche Förderung des Dienstoffradmodells, wodurch Dienstoffräder seitdem steuerlich sogar bessergestellt sind als privat genutzte Dienstautos mit Verbrennungsmotor.

Beim Dienstradleasing können je nach Anbieter verschiedenste Versicherungs- und Wartungspakete dazu gebucht werden. Die Arbeitnehmer/-innen können sich Hersteller- und Markenunabhängig ein Fahrrad bei den kooperierenden Fachhändlern/-innen auswählen und der Arbeitgeber/-innen stellt ihnen dieses zur Nutzung zur Verfügung. Das Fahrradleasing läuft regulär immer über einen Zeitraum von 36 Monaten. Nach diesem Zeitraum kann der Arbeitnehmer das geleaste Fahrrad privat übernehmen für einen Restwert von 10 bis 17 % des Bruttolistenpreises. Arbeitgeber/-innen können, wenn sie das möchten, die gesamte Leasingrate oder auch nur die Versicherungsbeträge übernehmen und diese als Betriebsausgaben absetzen. Möchten sie dies nicht oder nur anteilig übernehmen, findet eine Entgeltumwandlung statt. Bei dieser Variante spart der Arbeitnehmer/-in bis zu 40 % gegenüber dem Direktkauf [26].

In der Betrachtung von am Markt angebotenen Dienstradleistungen zeigen sich die in der folgenden Tabelle aufgelisteten Anbieter mit ihren jeweiligen Angeboten.



Tabelle 3-2 - Marktübersicht bekannter Dienstrad-Leasing-Anbieter

Anbieter	Gründung	Fachhändler- netzwerk	Fahrradmarken	Kunden (Unternehmen)
<b>JobRad</b>	2008	Über 6000	markenunabhängig	Über 50.000
<b>Bikeleasing Service</b>	2015	Über 4.500	markenunabhängig	Über 30.000
<b>Business Bike</b>	2014	Über 5000	markenunabhängig	Über 25.000
<b>Company Bike Solution</b>	2012	-	35 Marken im Online- Portal + außerhalb markenunabhängig	Mehrere tausend
<b>Mein- dienstrad.de</b>	2012	Über 4.500	markenunabhängig	Mehrere tausend
<b>Eurorad</b>	2018	Über 4.000	markenunabhängig	-
<b>Lease a Bike</b>	2015	Über 2.500	markenunabhängig	Über 7.000

Quelle: Internetseiten der verschiedenen Anbieter (Zugriff 30.11.2022)

Im Kontext des Fachkräftemangels erfreut sich die Möglichkeit des Dienstradleasings immer größerer Beliebtheit, um die Arbeitgeberattraktivität und die Mitarbeiterzufriedenheit zu stärken und Health Care zu betreiben [18]. Es zeigt sich laut des Wuppertaler Instituts für Klima, Umwelt und Energie eine starke Korrelation des Wachstums des Dienstradleasings mit dem stark steigenden Verkauf elektrischer Fahrräder in Deutschland.

4,7 Mio. Fahrräder wurden 2021 in Deutschland verkauft. Zudem wurden erstmals über 2 Mio. E-Bikes verkauft, wodurch der Bestand in Deutschland an E-Bikes auf schätzungsweise 8,5 Mio. angestiegen ist [29]. Das Fahrrad und insbesondere E-Bikes erfreuen sich einer steigenden Beliebtheit, die sich auch auf das Dienstradleasing auswirkt. Im Fahrrad Monitor Deutschland 2021 ist abgebildet, dass 14 % der berufstätigen Personen (dies entspricht 4 % der Gesamtbevölkerung) planen, sich in den nächsten 12 Monaten ein Fahrrad über das Leasingangebot ihres Arbeitgebers anzuschaffen. Über 90 % der geleasten Fahrräder sind zudem Räder mit einem Elektro-Antrieb [34]. Ein weiterer Meilenstein für das Dienstradleasing ist die Öffnung von Tarifverträgen für das Dienstradleasing, sodass seit 2022 auch Kommunen und Städte dies anbieten dürfen. Mein-dienstrad.de konnte den Umsatz mit Diensträdern in den letzten Jahren stetig verdoppeln. Die zuvor aufgeführten Quellen und Ansichten zeigen, dass eine hohe Nachfrage nach Dienstradleasing in Deutschland vorhanden ist [26].

#### *Rückläufer und Restwert im Dienstradleasing:*

Um das Potenzial von Leasingrückläufern für ressourceneffiziente Geschäftsmodelle nachzuvollziehen, wurde das Konzept des Dienstradleasings mit Fokus auf die Rückläufer und deren Restwert betrachtet. Die wichtigsten Erkenntnisse werden hier kurz dargelegt.

Die verschiedenen Anbieter des Dienstrad-Leasings garantieren alle eine Rücknahme der Räder nach der regulären Laufzeit von 36 Monaten. Das Fahrrad wird anschließend dem

Nutzenden zum Kauf zwischen um die 17 % des UVP angeboten. Problematisch zeigt sich hier, dass der „Gebraucht-Wert“ nach 36 Monaten laut der Oberfinanzdirektion von Nordrhein-Westfalen seit Mai 2017 40 % des Neupreises entspricht [27]. Die Differenz zwischen dem offiziellen „Gebraucht-Wert“ und dem tatsächlichen Kaufpreis des Dienstrads muss als geldwerter Vorteil versteuert werden. Der Zustand des Rades spielt hierbei für den Gebraucht-Wert keine Rolle. Allerdings ist festzuhalten, dass Diensträder gegen Schäden und Diebstahl versichert sein müssen. Die Service- und Wartungspakete enthalten fast immer jährliche Wartungen, Reparaturen, Ersatz von Verschleißteilen und einen Diebstahlschutz. Möglich sind zudem eine Mobilitätsgarantie und eine UVV-Prüfung (diese jährliche Sichtung ist vorgeschrieben, wenn Diensträder betrieblich genutzt werden oder wenn sie maschinell angetrieben werden (Speed-Pedelecs bis 45 km/h)). Die Service- und Wartungspakete führen dazu, dass die Fahrräder nach 3 Jahren meistens in einem guten Zustand sind und regelmäßig beim Fachhändler überprüft wurden.

Fahrräder, die aus dem Leasing zurückkommen, fallen entweder regulär nach 36 Monaten aus dem Leasing raus oder werden aus unterschiedlichen Gründen vorzeitig aus dem Leasing genommen (Arbeitgeberwechsel, Kündigung, Todesfall etc.). Momentan kommen die Fahrräder aus dem Leasing zurück, die 2018/2019 ins Leasing gestartet sind. Da sich seitdem die Anzahl der geleasten Fahrräder verzehnfacht hat, wird sich die Anzahl der Rückläufer bis 2024 ebenfalls verzehnfachen. 5 bis 10 % der gesamten Rückläufer aus dem Leasing (reguläres und vorzeitiges Ende) werden dabei nicht von den Nutzenden gekauft und müssen in eine andere Zweitnutzung überführt werden.

Da diese Anzahl prozentual stark ansteigen wird, rückt der Fokus der Dienstradleasing-Anbieter auf neue Geschäftsmodelle, die eine Zweitnutzung der Fahrräder ermöglichen. Ebenfalls soll im Zuge der steigenden Bedeutung von E-Bikes ein Fokus auf die Themen Ressourceneffizienz und Kreislaufführung gelegt werden. Wie kann die Nutzung der Fahrräder intensiviert werden? Wie können Zweitnutzungen angestoßen werden, in denen das Fahrrad möglichst intensiv genutzt wird? In Bezug auf unterstützende Informationsdienste stellt sich die Frage, welche Daten erhoben werden sollten und welche Services Nutzenden angeboten werden können, um über einen ressourceneffizienten Umgang (korrektes Laden eines Akkumulatoren, Sharing-Möglichkeiten, korrekte Entsorgung oder Möglichkeiten der Weiterverwendung) zu informieren [1].

Das (Cargo-)Bike-Sharing-Konzept:

Für Anwendungsszenarien, die einen Fokus auf die ressourceneffiziente Nutzung von Fahrrädern legen, zeigt sich der Sharing-Ansatz und die Frage, wie dieser in das Konzept des Dienstradleasings eingebunden werden kann als wichtig. Im Folgenden wird das Konzept Sharing mit dem Fokus Lastenfahrräder vorgestellt. Hierbei wird näher auf die

Rahmenbedingungen, die Marktbedingungen und -entwicklungen sowie auf aktuelle Herausforderungen eingegangen.

### *Status Quo und zukünftige Marktentwicklung:*

Seit Beginn der 70er Jahre gibt es erste Ansätze für Fahrradverleihsysteme. Die Entwicklung von analogen Ausleihsystemen hin zu digitalisierten Sharing-Systemen, lässt sich in verschiedene Generationen unterteilen. Zunächst gab es vor allem herkömmliche, gespendete Fahrräder, die in kommunalen Fahrradverleihsystemen, stationsungebunden und kostenlos, angeboten wurden (Erste Generation). In den 90er Jahren wurde das Konzept zu einer Art „Pfandkonzept“ weiterentwickelt. Zu diesem Zeitpunkt wurden die Fahrräder, die nun auch Sonderanfertigungen waren, im stationsbasierten Sharing angeboten. Der Durchbruch gelang mit der dritten Generation, da die Anbieter seit Beginn des 21. Jahrhunderts auf den technischen Fortschritt zurückgreifen können. Der Leihvorgang ist seitdem überwiegend automatisiert und wird kontinuierlich überwacht. Es haben sich sowohl stationsbasierte als auch flexible Systeme etabliert. Die vierte und neueste Generation zeichnet sich dadurch aus, dass die Leihfahrräder zunehmend in den ÖPNV integriert sind und die Anbieter eng mit Kommunen und Verkehrsbetrieben zusammenarbeiten [16].

In der Betrachtung von am europäischen Markt angebotenen Bike-Sharing-Systemen, die sowohl auf konventionelle Fahrräder als auch E-Bikes und Lastenräder ausgerichtet sind [7] zeigen sich die im Folgenden aufgeführten Typen des Sharing:

- Sharing über eine Plattform, die als Marktplatz fungiert (privat oder gewerblich). Beispiele dafür sind upperbike [38] oder spinlister [35]
- Kostenpflichtiges Sharing über kommerzielle Betreiber (öffentlich) wie bspw. nextbike [28], Call a bike [4], Donkey Republic [13], tretty [23] oder sigo [32].
- Nutzung eines Gemeinschaftslastenrads innerhalb einer festen Gruppe im Wohngebiet. Die Organisation kann privat erfolgen oder über eine Plattform, bspw. Cargoroo [8].
- Kommunales Sharing gegen eine Spende (öffentlich). Meist handelt es sich um Initiativen mit kooperierenden festen oder wechselnden Stationen. Ein erfolgreiches Beispiel ist das Forum Freie Lastenräder als Zusammenschluss von 166 Lastenrad-Sharing-Initiativen [19].
- Host-basiertes kostenpflichtiges Sharing (öffentlich), angeboten über Hosts, wie es bspw. bei Carvelo (vormals Carvelo2go) [10] in der Schweiz der Fall ist. Host-Stationen sind größtenteils gewerbliche Betriebe.

Aus dem vielseitigen Angebot lässt sich schließen, dass der Markt immer noch erforscht und ausgeweitet wird, um verschiedene Nutzendegruppen, darunter einkommensschwächere Gruppen, anzusprechen. Basierend auf diesen Rechercheergebnissen, ging der Entwicklung und Bewertung von Szenarien für die ressourceneffiziente (Weiter-)Nutzung von Cargobikes

## Ergebnisse

eine ausführliche Markt- und Wettbewerbsanalyse voraus, die u. a. mögliche Finanzierungsstrukturen aufzeigte (s. Kapitel „Wettbewerbsanalyse Sharing“).

Anhand der am Markt etablierten Anbieter von Sharing-Konzepten und der Forschungsergebnisse von TINK [39] zeigt sich, dass für die Bewertung von Sharing als zukunftsfähiges Szenario für die BMS und die Entwicklung von auf das Forschungsvorhaben zugeschnittene Sharing-Szenarien die folgenden Aspekte (s. Tabelle 3-3 Teilaspekte für die Entwicklung von Sharing-Szenarien) bedacht werden sollten und somit als Anhaltspunkte für eine tiefergehende Wettbewerbsanalyse dienen.

*Tabelle 3-3 - Teilaspekte für die Entwicklung von Sharing-Szenarien*

Rubrik	Aspekte
<b>Station und Abwicklung</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Verleihsystem vor Ort oder per App/Website (Anmeldungs-, Buchungs- und Informationssystem sowie Schließsystem bspw. mit elektronischem Schloss)</li> <li>- Ladeinfrastruktur</li> <li>- Verleihstandort (Stationsgebundene oder freistehende Räder, Stationsdichte &amp; Redistribution unter Berücksichtigung der Aspekte Lagerung, Transport und Verteilung)</li> </ul>
<b>Service-Angebot</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Wartung (zentraler Wartungsdienst oder dezentrales Flottenmanagement über lokale Fahrradhändler (der E-Bike Marke) und weitere Partner)</li> <li>- Reparatur (über entsprechende Versicherung)</li> <li>- Kundenservice (bspw. 24-Stunden Hotline)</li> </ul>
<b>Kooperationspartner</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bspw. Kommunen, Fahrraddienstleister, Werkstätten, Sponsoren, etc.</li> <li>- Synergien zwischen ÖPNV und ÖFVS</li> </ul>
<b>Einnahmen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tarife (bspw. Grundgebühr, Kautions, Grundtarif, Abonnement etc.)</li> <li>- Fördermittel (u. a. für Elektromobilität oder Lastenräder)</li> <li>- Sponsoring &amp; Werbepartnerschaften</li> <li>- Integration in bestehendes Mietradsystem inkl. Kostenabschätzung</li> <li>- Kombination aus Einnahmequellen</li> </ul>
<b>Kosten</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Investitions- und Anschaffungskosten (Räder, Ladeinfrastruktur, etc.)</li> <li>- Betriebskosten (Redistribution, Service, etc.)</li> <li>- Haftung/Versicherung</li> <li>- Marketing (Webauftritt, Social Media, Events, etc.)</li> <li>- Personalkosten</li> <li>- Datenschutz (allgemeine Nutzendaten, hinterlegte Zahlungsdaten + Bewegungsdaten)</li> </ul>

Quelle: Sharing-Anbieter, [39]

### *Wettbewerbsanalyse Sharing:*

Zum besseren Verständnis des Sharing-Marktes und zur Erschließung von Anhaltspunkten für ein zukunftsorientiertes ECB-Sharing-Konzept oder ein allgemeines Sharing-Konzept für die BMS, wurde einerseits der Markt im Hinblick auf führende Sharing-Anbieter (konventionelle Räder, E-Bikes und E-Roller) und andererseits (E-)Lastenrad-Sharing-Initiativen intensiv betrachtet.

Bei der Wettbewerbsanalyse wurden folgende Kriterien untersucht: Geschäftsmodellbezeichnung, Sitz, Einzugskreis, Kommunikationskanäle, Schlüsselaktivitäten, Kundensegment, Schlüsselpartnerschaften, Schlüsselressourcen, Nutzenversprechen, Fahrradtypen, Services, Mietmodell, Ertragsmodell allgemein und Alleinstellungsmerkmal. Die Erkenntnisse dienten als Orientierung für zukünftige Geschäftsmodelle, die in AP 2 näher beleuchtet werden.

Aus den Wettbewerbsanalysen wurde deutlich, dass der Markt bereits gut aufgestellt ist - und von großen Anbietern wie nextbike oder Stadtrad dominiert wird. Es herrscht ein Angebot von stationsbasierten und stationslosen Konzepten sowie von klassischen Leihfahrrädern als auch von Leihfahrrädern mit E-Antrieb. Im Basis-Tarif kosten die Fahrräder im Mittel 1,- EUR pro 30 Minuten oder einen festen Tagestarif. Durch unterschiedliche Abo-Modelle reduzieren sich die Preise [7].

Die Analyse der Lastenrad-Sharing-Anbieter ergab, dass der Markt durch eine große Anzahl eher kleinerer insbesondere freier Lastenradinitiativen geprägt ist [15] sowie von einigen größeren gewerblichen Anbietern wie Sigo oder Avocargo [7]. Bei den gewerblichen Anbietern werden überwiegend E-Cargobikes an festen Stationen zum Verleih angeboten. Hierbei bezahlen die Nutzenden im Mittel 2,30 EUR pro 30 Minuten oder feste Tagestarife zwischen 20,- und 25,- EUR [7].

In einer tiefergehenden Betrachtung wurden insbesondere die freien Lastenrad-Initiativen in Deutschland noch einmal genauer untersucht, die das Host-basierte Sharing-Konzept aufgreifen und auf unentgeltlicher Basis umsetzen. Hier wurde untersucht, wie das Modell dieser Sharing-Initiativen ausgestaltet und inwiefern diese Art von Sharing-Konzept in Deutschland verbreitet ist. Aus der Analyse wurde ersichtlich, dass die Initiativen überwiegend im Norden, Süden und Westen und weniger im Osten Deutschlands angesiedelt sind. Ein geringes Angebot gibt es unter anderem in Bremen, Mecklenburg-Vorpommern, Schleswig-Holstein und Thüringen. In Oldenburg gibt es derzeit die Initiative „Rädchen für alle(s)“ [7]. Aus der Analyse wurde deutlich, dass ein Markt für Lastenräder und ECBs vorhanden ist und wächst [5]. Aufgrund dessen ist zu erwarten, dass die Anzahl an Lastenrad-Initiativen zukünftig ebenfalls weiter zunehmen werden.

Ebenfalls wurde der Markt der Lastenradvermietung von und an Unternehmen untersucht. Diese Analyse ergab, dass insbesondere große Baumärkte wie Obi, Hellweg, Bauhaus,

## Ergebnisse

Hagebaumarkt, jedoch auch Möbelhäuser wie Ikea oder auch Supermärkte wie Alnatura oder Bio Company ihren Kunden vermehrt Lastenräder bereitstellen zum Transport von Einkäufen. Hierbei ist die Ausleihe ab einem bestimmten Einkaufswert häufig kostenlos oder mit festen Tarifoptionen verbunden. Im Mittel bezahlen die Nutzenden hier 3,- bis 5,- EUR pro Stunden oder einen festen Tagessatz [6].

Bei der Vermietung von Lastenrädern an Gewerbetreibende wie Handwerker/-innen, Gastronom/-innen, Einzelhändler/-innen oder auch Pflegedienste wurde eine Marktnische festgestellt. Bisher bieten überwiegend Lastenradhersteller wie Riese & Müller die Vermietung oder das Leasing von Lastenrädern an Gewerbetreibende/-innen an. Im Fall von Riese & Müller ist die Mietlaufzeit jedoch begrenzt auf einen Zeitraum von 3 Monaten und dient dem Ausprobieren eines Lastenrads vor Kauf.

Bei einem Blick ins europäische Ausland, die Schweiz wurde ein weiteres host-basiertes Lastenrad-Sharing untersucht, welches die gewerbliche und die private Nutzung kombiniert. Carvelo basiert ähnlich wie die freien Lastenradinitiativen in Deutschland auf einem sogenannten Host-Konzept. Die Lastenräder stehen hier bei sogenannten Hosts, also Cafés, Einzelhändlern, oder anderen Betrieben und die allgemeine Öffentlichkeit kann sich die jeweiligen Lastenräder mittels einer App ausleihen. Jedoch nutzen auch die Betriebe selbst die (E-)Lastenräder im gewerblichen Kontext. Mitarbeitende können die Räder für Besorgungen oder Auslieferungen nutzen und die breite Öffentlichkeit kann die Räder in bestimmten Zeitfenstern ausleihen [10].

Die Betriebe zahlen für die Nutzung eine jährliche Nutzungsgebühr, können ihre eigene Gebühr jedoch durch die Einnahmen aus der Vermietung reduzieren. So werden den Hosts 78% der Mietumsätze am Ende des Jahres zurückerstattet [10]. Hier zeigt sich ein besonderes Szenario für eine ressourceneffiziente Erstnutzung von ECBs und eine Nutzenintensivierung durch beidseitige Nutzung von Unternehmen und Privatpersonen.

Aus den Jahresberichten von Carvelo geht das hohe Marktpotenzial dieses Modells hervor. So haben sich die Nutzendenzahlen seit Gründung im Jahr 2018 bis 2021 verdreifacht und die Nutzungen sind konstant gestiegen, wurden jedoch durch Corona ausgebremst (siehe Tabelle 3-4).

*Tabelle 3-4 - Nutzungsstatistik Carvelo 2018-2021*

	2018	2019	2020	2021
<b>Nutzende</b>	11.449	17.189	23.000	30.000
<b>Städte und Gemeinden</b>	54	70	78	90
<b>Fahrten/Nutzungen</b>	16.939	20.507	21.500	21.350
<b>Fahrräder schweizweit</b>	256	319	330	360

Quellen: [9], [10]

Ein derartiges Host-basiertes Sharing-Szenario ist als Grundlage für ein Geschäftsmodell als sehr interessant einzustufen, da große Synergieeffekte von diesem Konzept für alle beteiligten Nutzendengruppen ausgehen [10].

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass das Host-basiertes Sharing mit beidseitiger Nutzung von Unternehmen und Privatpersonen von Lastenrädern ein vielversprechendes Zukunftsmodell darstellt.

Der Markt für Lastenrad-Sharing ist bislang noch von kleinen Initiativen geprägt, entwickelt sich jedoch kontinuierlich weiter. Das Host-basierte Konzept mit einer geteilten Nutzung der Lastenräder ist besonders für die Nutzungsintensivierung und die Ressourceneffizienz interessant.

Im allgemeinen Bike-Sharing Markt ist es aufgrund eines großen bestehenden Angebots wichtig Nischensegmente zu besetzen. Die Nutzung von gebrauchten E-Bikes in einem Sharing-Konzept stellt hier ebenfalls eine vielversprechende Geschäftsmodelllösung dar und bietet optimale Möglichkeiten zur Nutzungsintensivierung und zur Verbesserung der Ressourceneffizienz.

Beide Geschäftsmodellansätze wurden im Projektkontext näher untersucht.

#### *Rechtliche Vorgaben und Rahmenbedingungen für Sharing-Konzepte:*

Aus dem Sachstand zur Straßennutzung durch Bike-sharing geht hervor, dass insbesondere eine rechtliche Grundlage für stationsloses Sharing fehlt, da das Parken der Räder im öffentlichen Straßenraum stattfindet [12]. Bei stationsbasiertem Sharing ist dieses Problem nur in dem Sinne gegeben, dass der Standort der Station sinnvoll gewählt werden muss, um die Straßennutzung nicht ungünstig zu beeinflussen. Die kontinuierliche Weiterentwicklung von Bike-Sharing-Konzepten führt dennoch dazu, dass es für die Kommunalverwaltungen nur begrenzt möglich ist, Bike-Sharing in Städten zu steuern. Auch anhand des vom Deutschen Städtetag im Verbund mit dem Deutschen Städte- und Gemeindebund und dem Allgemeinen Deutschen Fahrrad-Club e. V. (ADFC) entwickelten Leitfadens der Agora Verkehrswende wird der Reformbedarf der Rechtsgrundlage deutlich.

An den diversen Beispielen aus der Praxis, aufgeführt unter „Das (Cargo-)Bike-Sharing-Konzept“ und „Wettbewerbsanalyse Sharing“, zeigt sich in der Praxis, dass es grundsätzlich keine fest verankerten Vorgaben für Sharing-Systeme gibt, diese sich jedoch bei der Implementierung eines Sharing-Modells und bei der Festsetzung der Rahmenbedingungen zeigen. Damit ist sowohl die Absicherung von Betreibenden und Nutzenden durch eine geeignete Versicherung gemeint als auch eine unumgängliche Kooperation mit der Stadt oder Kommune, um den Standort abzuklären oder eine Förderung zu vereinbaren. Im Verbund sollte ein Sharing-Modell in die bestehenden Mobilitätsstrukturen integriert werden. Dies kann dazu führen, dass Auflagen, die möglicherweise seitens der Stadt bestehen, eingehalten werden müssen. Laut Helmut Dedy, Geschäftsführer des Deutschen Städtetags, sind städtische Anforderungen an Bike-Sharing zwingend notwendig [22].

Für die Durchführung der im AP 5 vorgestellten Pilotprojekte wurde ein umfänglicher Versicherungsschutz für die beteiligten Parteien gewählt. Für die langfristige Etablierung eines Sharing-Systems ist der Austausch mit der Stadt oder der Kommune essenziell.

### *Marktpotenzial von Sharing:*

Im Fahrradmonitor 2020 verdeutlicht sich ein verändertes Mobilitätsverhalten aufgrund der Corona-Pandemie [33]. Es wurde zusammenfassend mehr Fahrrad gefahren und es zeigt sich ein hohes Wachstumspotenzial des Fahrrads (+ 18 %). Konkret ziehen 29 % der Menschen in Deutschland einen Fahrradkauf in den nächsten 12 Monaten in Betracht, von denen 72 % an einem Neukauf interessiert sind, 12 % an einem Gebrauchtkauf und 17 % noch unentschieden sind [34]. Es zeigt sich in der erwarteten Entwicklung von Verkehrsdienstleistungen, dass digitale Services für Radfahrende und Anbieter/-innen von Sharing-Diensten stark wachsen [34]. Die Ergebnisse des Fahrradmonitors 2021 bestärken die Aussage, dass das Fahrrad weiterhin das höchste Wachstumspotenzial im Verkehrsmittelbereich aufzeigt. Zudem haben 21 % aller Befragten schon einmal Bike-Sharing über ein öffentliches Verleihsystem genutzt [34]. Unter dem Aspekt, dass Fahrräder zunehmend an Attraktivität gewinnen, lässt sich auch eine steigende Bekanntheit und Nutzung von Bike-Sharing-Angeboten vorhersagen.

Im Fahrradmonitor 2021 zeichnet sich zusätzlich das Marktpotential für Lastenräder und Lastenrad-Sharing-Initiativen ab. 28 % aller Befragten haben angegeben Interesse an der Nutzung von Lastenrad-Sharing zu haben, dies ist ein Anstieg von 7 % im Vergleich zu 2019 [34]. Die Bekanntheit stieg von 2017 bis 2019 bereits von 38 auf 52 % und bis 2021 auf 65 % [6] [34].

Auf der Seite von Cargobike.jetzt (2019) heißt es: „Das Interesse an Cargobikes hängt nicht erkennbar von der Höhe des Einkommens aber ganz stark davon ab, ob jemand eher traditionell oder eher entdeckungsfreudig eingestellt ist. Entsprechend sind neben der



„ambitionierten kreativen Avantgarde“ (Expeditive) auch die „spaß- und erlebnisorientierte moderne Unterschicht / untere Mittelschicht“ (Hedonisten) diejenigen Sinus-Mileus, die am stärksten an Cargo Bikes interessiert sind.“ Dass für viele Personen Lastenräder zudem zu sperrig sind, sie nicht über Abstellmöglichkeiten verfügen, die Lastenräder zu teuer sind oder es einfach keine Möglichkeit gibt diese Probe zu fahren, untermauert das Potenzial von Sharing-Modellen [6]. Diese Erkenntnisse bestärken das Potenzial von Sharing-Szenarios sowohl im Hinblick auf Leasingrückläufer als auch auf ECBs. Gerade im Sinne einer Nutzungsintensivierung sprechen die derzeitigen Trends für Sharing.

Im Projekt „Ich entlaste Städte“ wurde im Zeitraum von 2017 bis 2020 vom Institut für Verkehrsforschung im Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR) der bisher größte öffentliche Lastenradtest Europas mit 750 Unternehmen, Einrichtungen und dem DLR mit einer Flotte von insgesamt über 150 Fahrzeugen durchgeführt und das Potenzial gewerblicher Lastenradnutzung untersucht. Bei dieser Studie kam heraus, dass mindestens 20 Prozent der gewerblichen Fahrten, die derzeit noch mit verbrennungsmotorischen Fahrzeugen zurückgelegt werden, durch Fahrten mit Lastenrädern ersetzt werden könnten – und zwar nicht nur in der Stadt, sondern auch in kleineren Gemeinden [21].

Insofern besteht ein großes Potenzial in der gewerblichen Lastenradnutzung sowie ebenfalls in der Vermietung oder im Leasing von ebendiesen an Gewerbekund/-innen.

### **Teillösungen und Services für die ressourceneffiziente Nutzung von E-Cargobikes (Baron)**

Aufbauend auf den Marktbetrachtungen und den Wettbewerbsanalysen wurden potenzielle Geschäftsmodelle untersucht, die eine ressourceneffiziente Nutzung von E-Cargobikes ermöglichen (Bezug AP 2). Als besonders interessant aus wirtschaftlicher und ökologischer Perspektive zeigen sich Geschäftsmodellideen, die eine Zweitnutzung der Rückläuferfahräder aus dem Leasing unter Beachtung ihres Restwerts miteinbeziehen. Vielversprechend zeigen sich ebenfalls Geschäftsmodelle, welche die gewerbliche und private Nutzung von ECBs verbinden und hierdurch zu einer Nutzungsintensivierung und höheren Ressourceneffizienz beitragen.

#### **Szenariendefinition und Personas:**

In einem Design-Thinking-Workshop innerhalb des Projekts wurden Szenarios entwickelt und acht Personas identifiziert. Diese Personas bilden Lastenrad-Interessierte aus verschiedenen Altersklassen, in verschiedenen Lebenslagen und aus gewerblichen Betrieben ab. Die Personas liefern wichtige Anforderungen an potenzielle Geschäftsmodelle, insbesondere hinsichtlich Sharing im Allgemeinen und in Bezug auf eine gewerbliche Nutzung von ECBs, wie am Beispiel von Carvelo erläutert. Aus einer tabellarischen Auflistung der Personas

inklusive ihrer persönlichen Merkmale, Charakteristika und Ihrer Bedürfnisstruktur wurden die hier stichpunktartig aufgeführten Anforderungen erschlossen:

*Tabelle 3-5 - Anforderungen für ECB-Geschäftsmodelle*

Anforderungen für ECB-Geschäftsmodelle	Bereich
Zuverlässige Funktionalität und Robustheit von ECBs	Rad
Modularer ECB-Aufbau	Rad
Bedürfnisgerechte ECB Einstellungen	Rad
Ressourcenschonender Ursprung der ECBs (2nd Use)	Rad, Akku, Recycling
Optimale Anzahl und Lage von ECB Standorten	GM
Einfacher und schneller Ausleihprozess	GM, App
Kurzfristige Verfügbarkeit	GM
Ansprechendes Preis-Leistungsverhältnis	GM
Kombination aus gewerblicher und privater Nutzung	GM
Unkomplizierte Services (Wartung und Versicherung)	Service

Die Anforderungen aus der Tabelle lassen sich auf Geschäftsmodelle für Leasingrückläufer der BMS übertragen. Die hochwertigen Gebrauchträder müssten in einem Sharing-Modell attraktiver als andere Verkehrsmittel und auf die Anforderungen der Nutzenden zugeschnitten sein (z.B. Ver- und Einstellmöglichkeiten am Rad). Je nachdem welcher Typ und welche Art von Gebrauchträdern angeboten werden, ist klar zu definieren, welches Nutzenversprechen damit einhergeht, da die Nutzenden, wie auch mittels der Personas abgebildet, ganz unterschiedliche Anforderungen an das Verkehrsmittel stellen.

Geschäftsmodelle, die spezifische Leasingangebote an Gewerbetreibende inkl. Sharing-Optionen und hochwertige Gebrauchtfahrräder miteinbeziehen, könnten diese Anforderungen in Einklang bringen und eine Nische auf dem deutschen Markt füllen. Basierend auf der Anforderung „entsprechendes Preis-Leistungsverhältnis“ stellt sich die preisliche Ausgestaltung für Gewerbetreibende und Nutzende in bedarfsgerechten Geschäftsmodelle im Hinblick auf ECBs als sehr relevant heraus. Grund dafür ist zum einen die breite Zielgruppe von finanziell unterschiedlich aufgestellten Nutzenden und Gewerbetreibenden und zum anderen die noch immer vorherrschende Attraktivität des Autos. Neben der preislichen Ausgestaltung gilt es für ein solches Modell die Rahmenbedingungen zu identifizieren unter denen so ein Konzept langfristig bestehen kann, da die Anforderungen der Personas sehr darauf abzielen einen reibungslosen Prozess zu durchlaufen (schneller Zugriff auf Dienstleistungen, unkomplizierte Services). Für eine aussagekräftige Bewertung möglicher Geschäftsmodelle muss insbesondere das jeweils mögliche Preis-Leistungsverhältnis des Geschäftsmodells ersichtlich sein und die Realisierbarkeit unter Betrachtung der Kostenpunkte und des Aufwands seitens der BMS bewertet werden.

### **Geschäftsmodellansätze zur Zweitnutzung von E-Cargobikes (Baron)**

Wie beschrieben, stellt der Umgang mit Leasingrückläufern eine große Herausforderung beim Dienstradleasing dar, während sich gleichzeitig im Sharing insbesondere in den identifizierten Marktnischen ein großes Potenzial zeigt.

Hierauf aufbauend zeigen sich die folgenden Szenarien am vielversprechendsten, weshalb diese im Business Modell Canvas (BMC) als potenzielle Geschäftsmodelle näher betrachtet werden.

1. Reuse-Mix-Sharing der Rückläufer (bunter Rädermix)
2. Leasing von ECB an Gewerbe mit Host-Option (Sharing im Kleinen)

Die Entwicklung der Business Modell Canvas erfolgte anhand der vorausgehenden Recherche zu anderen Geschäftsmodellen sowie der bereits erarbeiteten Personas, Use-Cases und der formulierten Anforderungen an Geschäftsmodelle. Als weitere Anhaltspunkte dienten internes Wissen zu Leasingrückläufern bei der BMS.

Bisher werden die Leasingrückläufer der BMS überwiegend an einen externen Dienstleister verkauft, der diese Fahrräder aufbereitet und zur Zweitnutzung weiterverkauft. Dieses Vorgehen ist für die BMS wirtschaftlich nur bedingt attraktiv. Im Rahmen des Projekts LifeCycling<sup>2</sup> sollte ein Geschäftsmodell für diese Leasingrückläufer gefunden werden, welches sowohl wirtschaftlich als auch ökologisch nachhaltiger ist als der Weiterverkauf an einen externen Dienstleister und die Nutzung intensiviert.

#### Das Reuse-Mix-Sharing Modell:

Aus der Überlegung, Rückläuferfahrräder in eine Zweitnutzung zu überführen und den vorangegangenen Wettbewerbsanalysen und dargelegten Marktpotenzialen von Sharing, entstand die Geschäftsidee des Reuse-Mix-Sharing Modells: eine Zweitnutzung von Leasingrückläufern im Sharing. Das Sharing eines bunten Fahrradmixes ermöglicht eine flexible und günstige Nutzung verschiedener Fahrradtypen. Durch eine häufige Nutzung der Räder, trägt das Geschäftsmodell zudem zur Ressourceneffizienz bei.

Das Sharing-Modell ist grundsätzlich ähnlich wie das von kommerziellen Anbietern, wie bspw. Nextbike, aufgebaut. Bei den Modellen handelt es sich jedoch um einen hochwertigen Rädermix an Rückläufern aus dem Leasing, wie bspw. Mountainbikes oder Rennräder. Die Räder werden der Leasingbank abgekauft, aufbereitet und ggf. konfiguriert. Es wird ein stationsbasiertes Sharing-Modell angestrebt, um das Laden der E-Bikes zu vereinfachen. Die Details bezüglich der potenziellen Kund/-innen sowie benötigten Partner/-innen und Ressourcen sind im BMC abgebildet (siehe Anlage 1: Business Model Canvas des Reuse-Mix-Sharing Modells).

**Tabelle 3-6 - Business Model Canvas des Reuse-Mix-Sharing Modells**

Reuse-Mix-Sharing-Geschäftsmodell				
<b>Vision &amp; Mission</b> Das Sharing eines bunten Fahrradmixes (E-Bike, Rennrad, ECB, City-Bike) ermöglichen und eine flexible und günstige Nutzung verschiedener Fahrradtypen. Durch eine häufige Nutzung der Räder, am besten mehrmals am Tag, trägt das Geschäftsmodell zur Ressourceneffizienz bei (Verbreitung von ECBs, Testen von ECBs und E-Bikes, 2nd Life für Batterien oder andere Komponenten, Reuse für Rückläufer).				
<b>Schlüssel-Partner</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Kommunen /Stadt (Genehmigungen)</li> <li>- Sponsoren (Fördermittel)</li> <li>- Fahrradhersteller (passender Umbau von Gebrauchträdern)</li> <li>- Lieferanten und Kooperationspartner (Softwareanbieter, Anbieter von gebrauchten Komponenten, ggf. externe Kundenhotline etc.)</li> <li>- Weitere Kooperationspartner (Betreiber der Station, Wartung und Reparatur der Räder etc.)</li> </ul>	<b>Schlüssel Aktivitäten</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- (Weiter-)Entwicklung Sharing-Systems</li> <li>- Aufbau und Betrieb des Sharing</li> <li>- Organisation von internen Aufgaben und Outsourcing von Aufgaben an externe Dienstleister und Kooperationspartner</li> <li>- Monitoring &amp; Evaluation (Befragung, Auswertung der Nutzendaten)</li> </ul>	<b>Nutzen-Versprechen</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Angebot an hochwertigen, alternativen Fahrradtypen (Mountainbike, Trekking etc.) geeignet für längere Touren</li> <li>- Günstige, flexible, einfache, nachhaltige Fortbewegung (Mobilitätsgarantie)</li> <li>- Befriedigung des Bedürfnisses nach Nutzen statt Kaufen</li> <li>- Angebot einer Servicedienstleistung für finanziell und ökologisch attraktive Nutzung</li> <li>- Umfangreiche Serviceleistung</li> <li>- Beitrag zur Ressourceneffizienz und des individuellen ökologischen Fußabdrucks</li> </ul>	<b>Kunden-Beziehungen</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Individuelle Sharing-Angebote mit einem rundum sorglos-Paket</li> <li>- Hilfe und Unterstützung von meindienstrad bspw. über die Hotline oder App</li> <li>- Hilfe/Unterstützung bei der produktgerechten, nachhaltigen Bedienung der Räder</li> <li>- Anreize und Kundenbindung über die Partnerschaften im Zusammenhang mit Ecopoints/Rabatte</li> </ul>	<b>Kunden-Arten</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Hauptzielgruppe: 20- bis 50-Jährige</li> <li>- Studierende, Azubis, Beschäftigte</li> <li>- Städte ab 100.000 EinwohnerInnen, touristische Städte, Städte mit guten Fahrradrouten/-straßen</li> <li>- NutzendenInnen von Mountainbikes etc. für (längere) Fahrradtouren</li> <li>- Personen mit der Mentalität „leihen statt kaufen“</li> <li>- TouristInnen</li> <li>- PendlerInnen</li> <li>- „Bequeme“ Personen</li> </ul>
<b>Kosten</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ablöse der Räder</li> <li>- Startkosten (Aufbau der Station, Rekonfiguration der Räder, Software etc.)</li> <li>- Laufende Kosten (Betrieb, Versicherungen, Service wie Wartung oder Beratung, Personal, Marketing, Verwaltung, Transport und Lagerung)</li> <li>- Partnerschaften und Kooperationen (z. B. für Ecopoints)</li> </ul>		<b>Einnahmequellen</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sponsoring/Werbereinnahmen</li> <li>- Fördereinnahmen</li> <li>- Nutzungs- und Buchungsgebühren (breite Tarifstruktur; Abonnements etc.)</li> </ul>		
<b>Team</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Team F&amp;E sowie weitere Teams von meindienstrad</li> <li>- Externe Kooperationspartner/Lieferanten/Öffentlichkeit/Privatpersonen als Unterstützer und Botschaft</li> </ul>		<b>Werte</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Second-Use von Diensträdern</li> <li>- Nachhaltige Mobilität &amp; Ressourceneffizienz</li> </ul>		

## Marktpotenzial des Reuse-Mix-Sharing Modells:

Für eine Bewertung und weitere Beurteilung des BMCs wurde eine Umfrage (siehe Anlage 2: Umfrage zum Geschäftsmodell Reuse-Mix-Sharing) als vorgelagerte Methode gewählt, um darauf aufbauen die Pilotprojekte entwickeln zu können. Im Folgenden wird das Potenzial eines Reuse-Mix-Sharing Modells anhand der Ergebnisse einer Umfrage in der Oldenburger Innenstadt zu dem allgemeinen Interesse an Bike-Sharing bewertet. Da die BMS ihren Sitz in Oldenburg hat, wäre es am naheliegendsten erst einmal dieses Gebiet für ein Sharing-Modell zu erschließen. Insgesamt nahmen 28 Personen im Zeitraum von September bis Oktober 2022 an der Umfrage teil. Die Umfrage wurde sowohl als Online-Umfrage verbreitet, wie auch in direktem Austausch mit Passanten, die in der Oldenburger Innenstadt befragt wurden.



**Abbildung 3-14 - Umfrageergebnisse zur Frage "Wie häufig nutzen Sie Bike-Sharing?"**

## Ergebnisse

Die Umfrage ergab, dass die etablierten Bike-Sharing-Angebote in Oldenburg von den Befragten, wenn überhaupt nur ab und zu genutzt werden. Der häufigste Grund dafür ist ein eigenes Rad. 11 der 28 Befragten gaben jedoch an, Interesse daran zu haben sich ein hochwertiges, gebrauchtes Rad für längere Touren zu leihen. 10 Personen antworteten mit vielleicht. Am häufigsten wurde Interesse an der Nutzung für Wochenendtrips bekundet. Aus den sonstigen Antworten ging zudem hervor, dass dieses Modell eher im Urlaub oder in einer anderen Stadt als der eigenen Heimat interessant wäre, wo das eigene Rad nicht verfügbar ist.

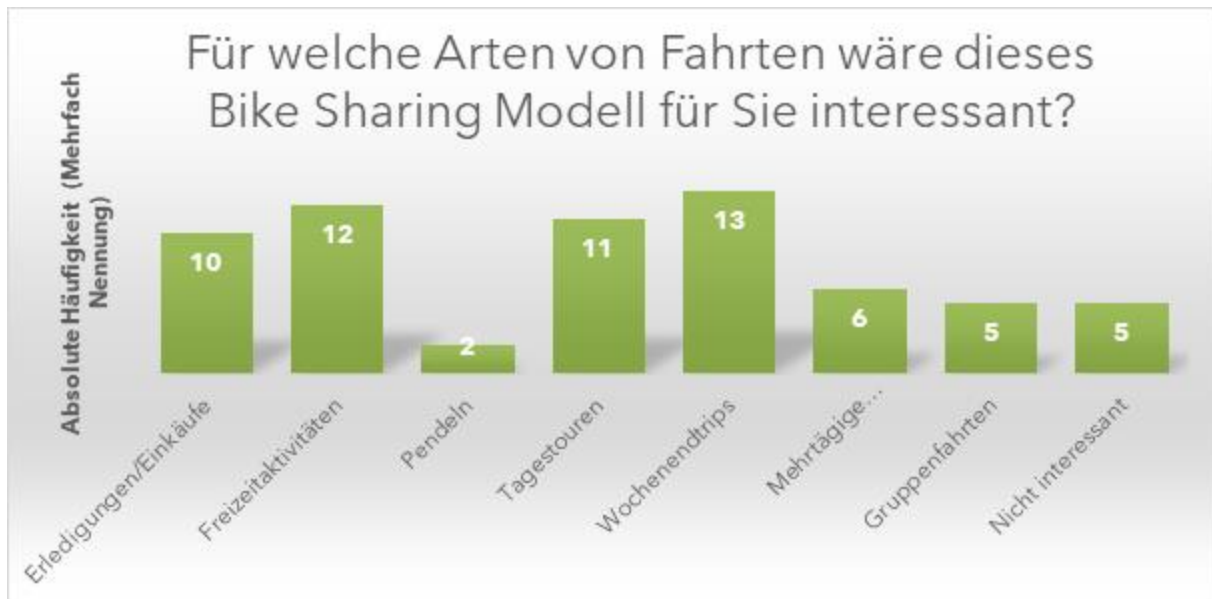


Abbildung 3-15 - Umfrageergebnisse Fahrten-Arten Reuse-Mix-Sharing

Um deutschlandweit abzufragen, ob ein Sharing-Modell für die breite Öffentlichkeit in Urlaubsgebieten interessant wäre, wurde die Umfrage dahingehend angepasst und verändert. Allerdings wurde die abgewandelte Umfrage im Rahmen des LifeCycling2-Projekts nicht veröffentlicht. Die Umfrage kann zukünftig für die Weiterentwicklung der Geschäftsmodelle der BMS eingesetzt und durchgeführt werden.

Für das Geschäftsmodell ergibt sich, dass ein höheres Marktpotenzial bei Tourist/-innen und Fahrradtourbegeisterte bestehen könnte. Im Zusammenhang damit kommt Stakeholdern wie Touristeninformationen, Verleiher/-innen, Fachhändler/-innen oder Hotels in eine neue Rolle zu. Für das erfolgreiche durchführen von Fahrradtouren ist es eine Voraussetzung, dass die Fahrräder in sehr gutem Zustand, die richtigen Modelle sowie die richtigen Größen verfügbar sind. Daneben sind Services wie eine einfache, selbstständige Ausleihe, eine Reservierungsoption und ein umfassender Versicherungsschutz von Relevanz. Die Nutzungssituation könnte sich hauptsächlich auf Urlaubsregionen und Touristenhotspots beziehen.

### *Wirtschaftliches Potenzial des Reuse-Mix-Sharing Modells*

Neben dem Marktpotenzial wurde bei diesem Modell jedoch initial auch das wirtschaftliche Potenzial untersucht. Hierbei wurden einerseits Internetrecherche insbesondere zu Kosten- und Ertragspunkten im Sharing betrieben und darüber hinaus detaillierte Informationen von diversen Anbieter/-innen von Softwarelösungen und Logistikanbietern für Bike-Sharing angefragt. Zudem fand eine Analyse der Leasingrückläufer, die derzeit weiterverkauft werden, statt. Die Informationen aus der Analyse und der Internetrecherche wurden gegenübergestellt und verknüpft und so erste Kalkulationsansätze für ein Reuse-Sharing-Modell entwickelt. Die Daten dienten zudem als Grundlage für das Business Model Canvas (siehe Tabelle 6).

Wie oben angesprochen, muss für eine aussagekräftige Bewertung das jeweils mögliche Preis-Leistungsverhältnis des Geschäftsmodells ersichtlich sein und die Realisierbarkeit unter Betrachtung der Kostenpunkte und des Aufwands seitens der BMS bewertet werden. Die Bewertung ist zudem dem momentanen Vorgehen – Verkauf an einen externen Dienstleister – aus wirtschaftlicher Perspektive gegenüberzustellen.

Auf Basis interner Daten der BMS wurde eine GuV-Rechnung für alle Rückläufer aus dem Zeitraum Januar bis Juli 2022 erstellt, die zu diesem Zeitpunkt bereits, wie üblich, an einen externen Dienstleister/-innen weiterverkauft wurden. Die Tabelle zeigt auf, dass es sich um einen bunten Rädermix an Leasingrückläufern handelt, welcher zu einem überwiegenden Teil aus E-Modellen besteht. Über 2/3 dieser Räder kommen vorzeitig aus dem Leasing zurück und sind im Schnitt nicht älter als ein Jahr, wobei die Streuung teilweise sehr hoch ist und daher keine eindeutige Aussage getroffen werden kann. Es stellte sich heraus, dass nahezu alle Diensträder, die früher als geplant abgelöst wurden potenziell in ein Reuse-Mix-Sharing Modell überführt werden könnten, da das bisherige weitere Modell der Zweitnutzung aus wirtschaftlicher Perspektive langfristig nicht interessanter ist. Auch ökologische Aspekte (z. B. Ressourceneffizienz) können derzeit nicht bewertet werden, da das Produkt von der BMS nicht über den ganzen Lebenszyklus hinweg betreut wird.

Auf Basis der errechneten Kosten, die bei der Ablöse der Leasingrückläuferfahräder entstehen, wurde eine Gewinn- und Verlustrechnung für das Reuse-Mix-Sharing Modell erstellt.

Das Tarifmodell wurde in Anlehnung an die Preisstrukturen führender Anbieter wie Nextbike und Call a Bike getroffen, wobei berücksichtigt wurde, dass es sich um hochwertige, sehr gut für längere Touren geeignete Fahrräder bzw. überwiegend E-Bikes, handelt (siehe Tabelle 3-7 - Tarifmodell Reuse-Mix-Sharing Tabelle 3-7).

Tabelle 3-7 - Tarifmodell Reuse-Mix-Sharing

Tarifmodell Reuse-Mix-Sharing	
3 h Tarif	6,00 €
6h Tarif	10,00 €
Tagestarif bis 24 Uhr	17,00 €
48 h Tarif	30,00 €
Wochentarif	85,00 €
Reservierungsgebühr (auch bei Buchung)	2,00 €
Sonstige Einnahmen	
Branding/Sponsoring (6 Monate a 36€/Monat)	36,00 €
Branding/Sponsoring (1 Jahr a 36€/Monat)	33,00 €
Zuwendungen (500€/Jahr)	25,00 €

Auf der Grundlage von Literatur [36] [3] [25] [31] [28] [2] zu ähnlichen und auch teilweise sehr bekannten Sharing-Anbietern, darunter VRN Nextbike und Call a bike, wurden Annahmen zur monatlichen Anzahl an Ausleihen getroffen. Die Daten von Carvelo und VRN Next bike trugen ebenfalls erheblich zu der Entwicklung der Anzahl an Ausleihen bei.

In Abbildung 3-16 bildet eine mögliche Entwicklung des ersten Jahres des Reuse-Mix-Modells eines E-Trekkingbikes getrennt nach den verschiedenen, oben genannten Tarifen ab. Bedingt durch die noch geringe Bekanntheit des Modells - wurde hierbei von niedrigen Ausleihzahlen im ersten Jahr ausgegangen. Es ist ersichtlich, dass der 3-Stunden-Tarif relativ konstant über das ganze Jahr gebucht wird und sich die Ausleihen langsam steigern. Richtung Frühling/Sommer ist es wahrscheinlich, dass das Fahrrad für längere Zeiträume gebucht wird, zum Beispiel für Tagestouren oder auch mal während der Sommerferien im Juli für eine ganze Woche im Wochentarif. Die Reservierungsgebühr fällt bei jeder Buchung an und spiegelt somit die gesamten Buchungen pro Monat wieder.

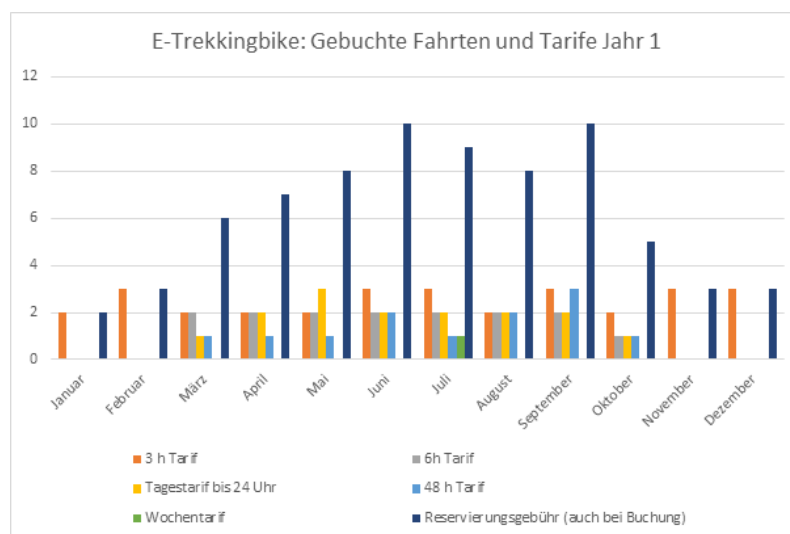


Abbildung 3-16 - Annahmen über gebuchte Fahrten im 1. Jahr des Reuse-Mix-Sharing Modells

## Ergebnisse

In einer Beispielkalkulation mit zehn Fahrrädern wurde in verschiedenen Szenarien, die sich insbesondere durch die betrachteten Fahrradtypen (Stadtrad, Trekkingbike etc.) und die Kombination an Einnahmequellen unterscheiden, über jeweils einen Zeitraum von einem Jahr verschiedene Preisstrukturen und Einnahmequellen abgebildet und im Anschluss die Startkosten sowie die laufenden Kosten angefügt (siehe Tabelle 3-8 - Übersicht Kosten Reuse-Mix-Sharing ). Bei den Kosten wurde von folgenden Kostenpositionen ausgegangen:

*Tabelle 3-8 - Übersicht Kosten Reuse-Mix-Sharing*

<b>Startkosten</b>	<b>Laufende Kosten</b>
<b>Fixe Kosten</b>	<b>Fixe Kosten</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Software und App</li> <li>• Transportmittel, bspw. Sprinter</li> <li>• Interne und externe Personalkosten (z. T. variabel)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• IT-Komplettlösung</li> <li>• Software und App</li> <li>• Versicherung des Sprinters</li> <li>• Lagerkosten (z. T. variabel)</li> <li>• Lager-, Distributions- und Verwaltungspersonal (z. T. variabel)</li> </ul>
<b>Variable Kosten</b>	<b>Variable Kosten</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Stationsbau (Ständer, Wallbox, etc.)</li> <li>• Verpackungsmaterial für Abholung</li> <li>• Zustandserfassung nach Leasingende (plus evtl. Rekonfiguration)</li> <li>• Mobile Ladegeräte</li> <li>• Lock-it-Schloss</li> <li>• Sonstige</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Wartung und Reparatur</li> <li>• Versicherung der Räder</li> <li>• Sprit/Strom</li> <li>• Support für Komplettlösung</li> <li>• Schulungen</li> <li>• Kosten durch Marketingkampagnen</li> </ul>

Basierend auf den Szenarien wurden erste Aussagen zur ökologischen und wirtschaftlichen Nachhaltigkeit eines derartigen Reuse-Mix-Sharing-Konzepts getroffen. Über die Monate hinweg war zu erkennen, wie sich die Anzahl an Mietvorgängen und die Einnahmen verändern, je nachdem welche Einnahmequellen miteinbezogen und welche Fahrradtypen angeboten werden. Das Modell erlaubt es verschiedene Szenarien durchzuspielen.

Insgesamt zeigt sich, dass nach dem ersten Jahr die Einnahmen in dem durchgespielten Szenario mit allen betrachteten Rückläufern nur bei den Fahrrädern mit niedrigem Restwert die Ablösesumme der Räder übersteigen (siehe Tabelle 3-9 - Gewinn- und Verlustrechnung im Jahr 1 im Reuse-Mix-Sharing Modell ). Zusätzlich ergibt sich ein großer Verlust nach Abzug der Kosten(siehe Tabelle 3-10). Als besonders große Kostenpunkte erwiesen sich im ersten Jahr die Startkosten zum Errichten des Sharing-Systems inkl. der Station. Die laufenden Kosten für Wartung und Versicherung fallen im Vergleich mit den anderen Kosten ebenfalls recht hoch aus. Zudem war es schwierig, auf der vorhandenen Datengrundlage zu den Leasingrückläufern, die tatsächlichen Logistik- und Wartungskosten einzuschätzen. Es



## Ergebnisse

müsste ein logistisch sinnvolles Konzept erarbeitet werden, um kurze Wege im Rahmen der Redistribution von Leasingrückläufern zu gewährleisten, da diese deutschlandweit anfallen und an einer zentralen Stelle gesammelt werden müssen, bevor sie in die Zweitnutzung überführt werden.

*Tabelle 3-9 - Gewinn- und Verlustrechnung im Jahr 1 im Reuse-Mix-Sharing Modell*

<b>Modell</b>	<b>Kosten Restwert</b>	<b>Einnahmen aus Vermietung</b>	<b>Einnahmen aus Sponsoring/ Zuwendungen</b>	<b>Gesamteinnahmen</b>	<b>Gewinn/ Verlust</b>
<b>E-City</b>	3.826,06 €	980,00 €	696,00 €	1.676,00 €	<b>-150,06 €</b>
<b>E-Trekking</b>	1.876,50 €	1.178,00 €	696,00 €	874,00 €	<b>- 2,50 €</b>
<b>E-Mountain</b>	1.563,81 €	2.285,00 €	696,00 €	2.981,00 €	<b>1.417,19 €</b>
<b>E-Trekking</b>	1.164,44 €	1.178,00 €	696,00 €	1.874,00 €	<b>709,56 €</b>
<b>E-City</b>	1.266,19 €	980,00 €	696,00 €	1.676,00 €	<b>409,81 €</b>
<b>E-Mountain</b>	1.790,98 €	2.285,00 €	516,00 €	2.801,00 €	<b>1.010,02 €</b>
<b>E-Trekking</b>	2.403,94 €	1.178,00 €	516,00 €	1.694,00 €	<b>- 709,94 €</b>
<b>E-Faltbar</b>	3.573,26 €	1.317,00 €	300,00 €	1.617,00 €	<b>- 1.956,26 €</b>
<b>E-Mix</b>	2.185,21 €	1.262,00 €	300,00 €	1.562,00 €	<b>- 623,21 €</b>
<b>Trekking</b>	644,78 €	980,00 €	300,00 €	1.280,00 €	<b>635,22 €</b>
<b>Gesamt</b>	<b>20.295,17 €</b>	<b>13.623,00 €</b>	<b>5.412,00 €</b>	<b>19.035,00 €</b>	<b>- 1.260,17 €</b>

Im zweiten Jahr könnten sich die Einnahmen um mehr als 50 % erhöhen und der Verlust deutlich niedriger ausfallen. Dies liegt an den wegfallenden Startkosten und den steigenden Einnahmen durch eine höhere Bekanntheit und eine steigende Anzahl an Mietvorgängen. Dennoch wurde aus den Berechnungen das Fazit gezogen, dass ein Großteil der Leasing-Rückläufer einen zu hohen Restwert aufweisen und sich lediglich Leasing-Rückläufer mit einem geringen Restwert für dieses Modell eignen. Es müssen hohe Kosten für einen langen Zeitraum gedeckt werden und eine hohe Liquidität bereitgestellt werden, bis zur Rentabilität dieses Modells. Grundsätzlich zeigt das Reuse-Mix-Sharing, das es über Potenzial verfügt, wie im vorherigen Kapitel deutlich wird, ist es für die baron mobility service GmbH nicht rentabel implementierbar.

*Tabelle 3-10 - Gewinn- und Verlustrechnung im Jahr 1 im Reuse-Mix-Sharing Modell*

<b>Einnahmen Vermietung</b>	<b>13.623,00 €</b>
<b>Einnahmen Zuwendung/Sponsoring</b>	5.412,00 €
<b><u>Einnahmen gesamt</u></b>	<b><u>19.035,00 €</u></b>
<b>Kosten Fahrräder Restwert</b>	20.295,17 €
<b>Geschätzte Startkosten</b>	45.657,00 €
<b>Geschätzte laufende Kosten</b>	103.093,92 €
<b><u>Kosten gesamt</u></b>	<b><u>169.046,09 €</u></b>
<b><u>Gewinn/Verlust Jahr 1</u></b>	<b><u>-150.011,09 €</u></b>

#### *Zusammenfassung und Ausblick des Reuse-Mix-Sharing Modells*

Durch die Recherchen zum Marktpotenzial und den Berechnungen zur Wirtschaftlichkeit des Modells (siehe vorheriges Kapitel) wurde ersichtlich, dass insbesondere der Start eines Sharing-Modells mit hohen Kosten einhergeht. Auch später fallen Wartungskosten und hohe Logistikkosten an. Die Leasingrückläuferfahrräder, die im Sharing eingesetzt werden sollen, sind über ganz Deutschland verteilt und es ist nicht genau absehbar, wann wie viele Fahrräder zurückkommen, wodurch keine sichere Planungsgrundlage besteht. Aus ökologischer Sicht muss an diesem Punkte noch nachgebessert werden bezüglich des Transports und der Zwischenlagerung.

Durch die Recherchen, Umfragen und interne Überlegungen hat sich dennoch ergeben, dass die BMS ihr breit aufgestelltes Fachhändlernetzwerk nutzen kann, um einige der Hürden (bspw. Logistik und Wartung) anzugehen. Aus einem Interview mit einem kooperativen Fachhandelspartner konnten bereits Ansätze für weitere Pilotprojekte, die das Host-basierte-Sharing und das Reuse-Mix-Sharing kombinieren, mitgenommen werden. Diese mögliche Kooperation konnte jedoch in der Projektlaufzeit nicht weiter vertieft werden und wird zukünftig bei der BMS weiter betrachtet. Auch Kooperationen mit bspw. Kommunen und Unternehmen wären denkbar für eine Nutzung im touristischen Kontext.

Basierend auf den Analysen und Recherchen wurde von der BMS jedoch ein neuer Dienstleister für die Rückläuferfahrräder gesucht, der diese käuflich erwirbt und die Fahrräder weitervermietet. Dieser Weiterverkauf von Seiten der BMS und die Weitervermietung des externen Dienstleisters erweist sich als wirtschaftlich und ökologisch optimalste Modell für die Weiternutzung von Leasingrückläufern.

### *Geschäftsmodellansätze für eine ressourceneffiziente Erstnutzung von ECBs*

Im Rahmen des Projekts LC2 liegt der Fokus auf der ressourceneffizienten Erstnutzung von ECBs. Wie sich durch die Analyse des Marktes von Lastenrad-Sharing und dem allgemeinen Interesse herausstellte, sind Lastenräder immer noch ein Nischenprodukt und könnten durch die steigende Bekanntheit in Zukunft zunehmend über ein Leasing- oder Sharingangebot in Anspruch genommen werden. Da sich wie im Kapitel „Wettbewerbsanalyse Sharing“ dargelegt, ein host-basiertes Sharing im Sinne einer Nutzenintensivierung anbietet, wurde für das Modell ein Business Model Canvas erstellt und das Modell näher untersucht.

#### *Das Host-basierte Sharing Modell*

Dieses Modell findet in der Schweiz bereits durch das Unternehmen Carvelo erfolgreiche Umsetzung. Hier in Deutschland Anwendung in der freien Lastenradinitiative, die den Fokus auf den kostenlosen Verleih von Lastenrädern hat.

In Anlehnung an die bestehenden Modelle wurden Überlegungen für ein Host-basiertes Sharing Modell im Leasing-Konzept entwickelt und ein Business Model Canvas erstellt (siehe Anlage 3: Business Model Canvas des Host-basierten-Sharing Geschäftsmodells) (siehe Tabelle 3-8). Hierbei wird von einem B2B2C Ansatz ausgegangen. Die BMS würde hierbei als Leasingnehmer agieren und ECBs als Leasingobjekte bei einer Leasinggesellschaft leasen. Diese ECBs würden daraufhin zu einer monatlichen Nutzungsgebühr an Gewerbekunden wie Cafés, kleine Geschäfte, Wohnquartiere, Freizeiteinrichtungen oder kommunale Einrichtungen vermietet werden. Diese könnten die ECBs sowohl für ihren eigenen Betrieb nutzen als diese auch der breiten Öffentlichkeit zur Verfügung stellen.

Von der BMS würde hierfür eine Web-Plattform und eine App bereitgestellt werden sowie Marketingaktivitäten und die Verwaltung der Räder übernommen werden. Die BMS erhält hierfür einerseits die monatlichen Mieteinnahmen der Gewerbekunden sowie anteilig einen Anteil der Mieteinnahmen aus der Weitervermietung. Die Gewerbekunden erhalten wiederum den Großteil der Mieteinnahmen aus der Weitervermietung und können hierdurch ihre eigenen Mietausgaben an die BMS sowie ihren eigenen Verwaltungsaufwand kostentechnisch reduzieren oder auch komplett decken. So können die Betriebe hohe Anschaffungskosten für den Kauf eines ECBs vermeiden, ihre Bekanntheit durch höheres Kundenaufkommen stärken oder durch Werbemaßnahmen auf dem ECB und zusätzlich ihre eigene Kundenbindung erhöhen.

Auf der anderen Seite lädt das Modell Privatpersonen ein, ein Lastenrad zu testen und stellt so auch für diese eine kostengünstige Option gegenüber der eigenen Anschaffung dar. Das Modell spricht daher eine große Gruppe an Personen an und hat das Potenzial die unter dem Kapitel 2.1 definierten Anforderungen mit passenden Rahmenbedingungen zu erfüllen.

Da der Bau einer Station aufgrund der Unterbringung bei den Hosts überwiegend entfällt und auch die Anschaffung der ECBs durch das Leasing vermieden werden kann, ist das Modell

## Ergebnisse

weniger komplex als das Reuse-Sharing-Modell sowie leichter und kostengünstiger umsetzbar.

Zusätzlich könnte in diesem Modell der im Rahmen des Projekts entwickelte Akkumulator-Ladeschrank der Stöbich Technology GmbH in Kooperation mit der TU Clausthal zum Einsatz kommen. Dieser kann bei den Hosts als sicherer Aufbewahrungsort für die Akkumulatoren der gemieteten ECBs genutzt werden. Zusätzlich könnte in diesem Schrank auch ein Ersatz-Akkumulator verwahrt und aufgeladen werden, der dann den Nutzenden, durch die bei der TU Clausthal entwickelte intelligente Technologie, bereitgestellt werden kann. Bei der im Projekt entwickelten App Circles wurden die Anforderungen aus diesem Geschäftsmodell ebenfalls berücksichtigt und in die Entwicklung einbezogen.

Für die BMS stellt dieses Geschäftsmodell ein vielversprechendes Konzept dar zur Weiterentwicklung bzw. Ergänzung des bestehenden Geschäftsmodells dar.

Zur Untersuchung des Potenzials dieses Geschäftsmodells wurden Wettbewerbsanalysen sowie eine breite Marktanalyse mit Pilotprojekten und Umfragen durchgeführt. Zusätzlich wurden Gespräche mit Versicherungen und Leasinggesellschaften geführt, um die finanziellen und Servicerahmenbedingungen dieses Modells zu untermauern.

*Tabelle 3-11 - Business Model Canvas des Host-basierten Sharing Modells*

Host-basiertes Sharing Geschäftsmodell				
Vision & Mission				
Eine Nutzungsintensivierung und Ressourceneffizienz von (geleasten) ECBs mittels eines Angebots für die betriebliche Nutzung mit Sharing-Option (Host-Konzept) ermöglichen				
<b>Schlüssel-Partner</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- Betriebe (Hosts)</li><li>- Versicherung</li><li>- Softwareanbieter (App, Schlosstechnik etc.)</li><li>- Fachhändlernetzwerk</li><li>- Hersteller von Akkuladeschrank</li></ul>	<b>Schlüssel Aktivitäten</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- ECBs an Unternehmen vermieten und betriebliche Nutzung sowie Sharing-Option inklusive App anbieten + Wartung und Versicherung</li></ul> <b>Schlüssel-Ressourcen</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- Leasingräder (ECBs)</li><li>- Personal</li><li>- Marketing</li></ul>	<b>Nutzen-Versprechen</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- Angebot an hochwertigen ECs inkl. Servicepaket</li><li>- Betriebliche, klimafreundliche Besorgungen und Auslieferungen über ECBs ermöglichen mit der Möglichkeit dies über ein Sharing-Konzept zum Teil zu finanzieren</li></ul>	<b>Kunden-Beziehungen</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- Automatisierte Dienstleistung anbieten (Sharing)</li><li>- Umfassender Service über Leasing</li></ul> <b>Vertriebs- und Kommunikations-kanäle</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- Webaufritt + Social Media</li><li>- Veranstaltungen und Messen</li><li>- Aktive Ansprache in ausgewählten Städten</li><li>- Verbreitung über Hosts</li></ul>	<b>Kunden-Arten</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- Betriebe (Hosts) mit guten Öffnungszeiten, viele Kunden/Besucher, persönliches Engagement, gut sichtbarer Abstellplatz bzw. Abstellplatz im Inneren vorhanden, Strom und Internetzugang</li><li>- Gastronomiebetriebe, inhabergeführter Einzelhandel, Kommunale Einrichtungen und Freizeiteinrichtungen</li><li>- Breite Öffentlichkeit</li></ul>
<b>Kosten</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- ECBs (nur Leasinggebühren)</li><li>- Personalkosten</li><li>- Buchungssystem (App/Onlinebezahlendienst)</li><li>- Werbemittel (Marketing)</li></ul>			<b>Einnahmequellen</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- Über Leasing: Provisionsgebühren von Händlern und Leasinggesellschaft</li><li>- Über Sharing: Mieteinnahme der Betriebe, anteilige Mieteinnahmen der Endnutzenden</li></ul>	
<b>Team</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- Einbindung in das Geschäftsmodell Dienstadleasing</li></ul>			<b>Werte</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- Ressourceneffiziente Erstrnutzung</li><li>- Nachhaltige Mobilität</li></ul>	

### *Marktpotenzial und Ausblick:*

Zur Untersuchung des Marktpotenzials des Host-basierten Sharing Modells wurden Pilotprojekte in Oldenburg für den Sommer 2022 geplant und durchgeführt.

Zur Vorbereitung auf die Pilotprojekte wurde für eine erste Potenzialanalyse eine Umfrage für Gewerbekund/-innen in Oldenburg entwickelt zu ihrer Erfahrung mit Lastenrädern, ihre

## Ergebnisse

betriebliche Mobilität und ihr Interesse am Hostbasierten-Sharing Modell (siehe Anlage 4: Umfrage Host-basiertes-Sharing in Oldenburger Betrieben - Potential von E-Lastenrädern in gewerblichen Betrieben - Teil 1). Es wurden 73 potenziell passende Betriebe für die Umfrage in Oldenburg aufgelistet. Diese befinden sich hauptsächlich in der Oldenburger Innenstadt und den umliegenden Stadtteilen. Die gewerblichen Betriebe unterteilen sich in Cafés, Restaurants, Hotels, Apotheken, dem insbesondere Inhabergeführten Einzelhandel und die Kategorie sonstige Betriebe. Die befragten Betriebe wurden so gewählt, dass ein bunter Mix an interessanten Hosts befragt werden kann. Zudem wurde ein Mix an zentral und etwas außerhalb gelegener Betriebe zusammengestellt, um verschiedene Szenarien abzubilden. Die Umfrage wurde im Zeitraum Juni bis Juli 2022 persönlich mit den Betrieben durchgeführt. Vorab wurde die Umfrage als Onlinefragebogen per E-Mail versendet. Nach ausbleibender Rückmeldung wurden die Betriebe persönlich von Mitarbeitenden der BMS besucht und die Umfrage vor Ort ausgefüllt. An der Umfrage nahmen letztendlich 28 Betriebe aus den folgenden Gewerben teil:

- Gastronomie/Café (50%)
- Einzelhandel (28,57%)
- Apotheken (10%)
- sowie Hotellerie, Freizeiteinrichtungen (<10%)

In der Auswertung der Umfrage verdeutlichte sich, dass die meisten Betriebe sich in einem Radius von 5 bis 10 km um ihren Betrieb bewegen (48 %) und Dienstleistungen, Lieferungen oder Besorgungen hauptsächlich mit dem PKW (74,1%) oder zu Fuß (48,2%) bei Innenstadtlage bewerkstelligen. Zudem hatte die Mehrheit von ihnen auch noch keine Erfahrungen mit E-Lastenrädern gemacht haben (56 %).

Insbesondere hohe Anschaffungskosten, fehlende Abstellmöglichkeiten sowie geringe Transportmöglichkeiten halten Betriebe von der eigenen Anschaffung ab (siehe Abbildung 3-17 - Gründe gegen eine Anschaffung von ECBs).

## Ergebnisse

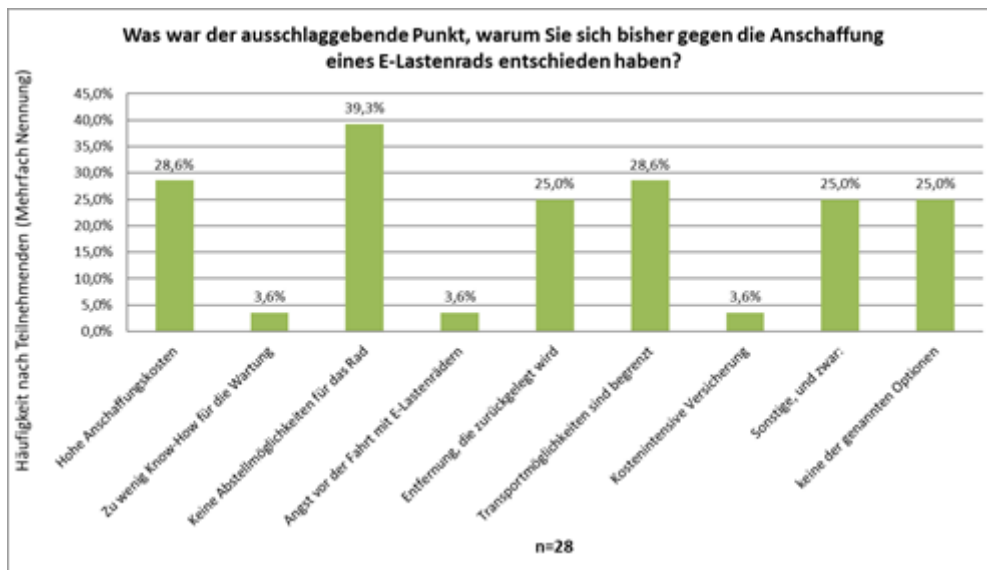


Abbildung 3-17 - Gründe gegen eine Anschaffung von ECBs

Bei der Frage nach der Relevanz eines Host-basierten Modells für Ihren Betrieb stufen ca.35% der Betriebe das Modell als interessant ein, 18% standen dem Modell neutral gegenüber, da sie dieses Modell bislang nicht kannten und 35% waren nicht interessiert.

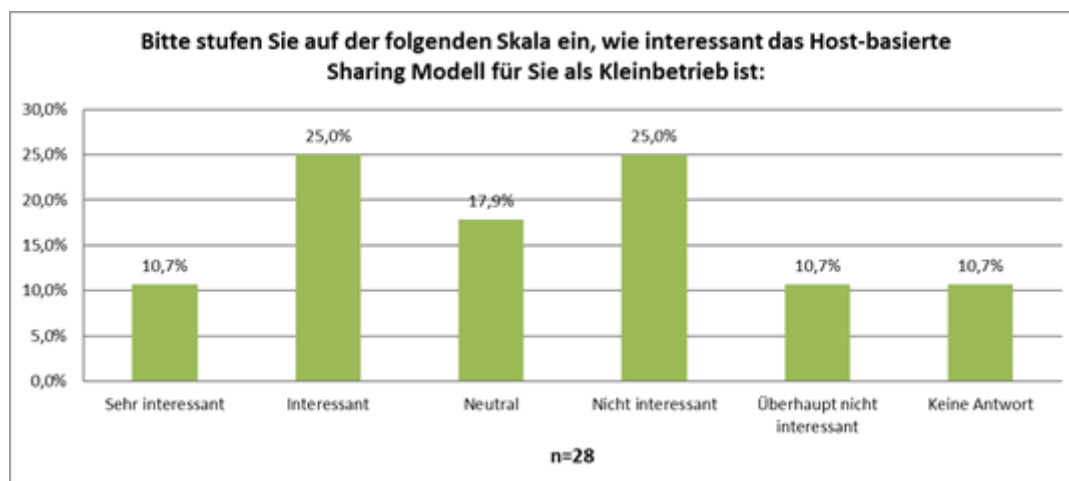


Abbildung 3-18 - Interesse am Host-basierten-Sharing Modell

16 Betriebe bekundeten außerdem ihr Interesse, an möglichen Pilotprojekten teilzunehmen. Anhand der Umfrageergebnisse konnte man ein generelles Interesse sowie Potenzial dieses Modells seitens der Betriebe erkennen.

Am Modell interessierte Betriebe würden der breiten Öffentlichkeit ihr betrieblich genutztes ECB bereitstellen (51,9%) und fast genauso viele ihren Kunden und Kundinnen (48,2%). Die Bereitstellung an (Partner-)Betriebe kam lediglich für 22,2% der Befragten in Frage.

In der Umfrage wurden ebenfalls potenzielle Betriebe für die folgenden Pilotprojekte identifiziert. 16 der befragten Betriebe gab an, Interesse an der Teilnahme an einem Pilotprojekt zu haben. Insbesondere der ökologische Gesichtspunkt war für die Betriebe

ausschlaggebend. Das große Interesse der Betriebe verdeutlicht zudem das Potenzial der Marktnische. In der Umfrage konkretisierte außerdem das Potenzial, welches Pilotprojekte mit einem ECB im Betrieb + Sharing-Option, Aufschluss über die ressourceneffiziente Bedingung dieser Marktnische geben können. Zudem zeigte sich, dass die ausgewählte Zielgruppe sich gut für den Projektkontext eignet. Da aus der Umfrage nur zum Teil hervorgeht welche finanziellen Optionen für die Betriebe attraktiv wären, sollte dieser Punkt im Rahmen der Pilotprojekte noch einmal aufgegriffen werden.

Basierend den positiven Rückmeldungen zu ECB-Sharing in Betrieben, die sich aus der Umfrage ergaben, ist das Host-basierte-Sharing als zukunftsorientiert einzustufen und könnte insbesondere in Oldenburg Anklang finden. Da eine ressourceneffiziente und intensive Erstnutzung von ECBs im Fokus des Projekts LC2 stehen, wurde von der BMS entschieden, Pilotprojekte für das Host-basierte-Sharing-Modell mit ECBs durchzuführen, um einen ersten Eindruck bezüglich der praktischen Umsetzung des potenziellen Geschäftsmodells zu bekommen. Ziel ist es, durch die Pilotprojekte und begleitende Interviews mit den teilnehmenden Betrieben genaue Anforderungen an das Geschäftsmodell zu definieren und konkrete Ideen für Ertrags- bzw. Preismodelle zu entwickeln.

### **Pilotprojekte für die ressourceneffiziente Nutzung von E-Cargobikes (Baron)**

Zwischen Juni und Oktober 2022 wurden vier Pilotprojekte über einen Zeitraum von jeweils ungefähr 3 Wochen umgesetzt, um das Host-basierte Sharing als potenzielles Geschäftsmodell und das Potenzial der Ressourceneffizienz umfänglich zu evaluieren (Bezug AP5). Die teilnehmenden Betriebe wurden aus den Interessent/-innen der Umfrage ausgewählt. Es wurden vier verschiedene Branchen bei den Betrieben selektiert, um unterschiedliche Einsatzgebiete des ECBS einbeziehen zu können.

Eine kurze Übersicht über die vier teilnehmenden Betriebe:

- **Buddel Jungs Spirituosengeschäft:** Das Geschäft befindet sich sehr zentral gelegen am Julius-Mosen-Platz in der Oldenburger Innenstadt. Es vertreibt Spirituosen aller Art und wirbt zudem auf Messen. Aufgrund des Geschäftsmodells und dem hohen Grad an Laufkundschaft stehen gewerbliche und private Nutzung gleichermaßen im Fokus.
- **Pluspunkt Apotheke:** Der Standort der Pluspunkt Apotheke befindet sich etwas am Rande der Stadt Oldenburg. Die Apotheke gehört einer Reihe von Filialen an. Da viele Medikamente ausgeliefert werden müssen, liegt der Fokus auf der gewerblichen Nutzung in Kombination mit Sharing an die Laufkundschaft.
- **Café Appeltje:** Das Café befindet sich in einer Seitengasse in der Oldenburger Innenstadt. Einerseits müssen Besorgungen für das Kerngeschäft gemacht werden, andererseits lockt das Geschäftsmodell viel Laufkundschaft an. Das Café ist somit

ebenso wie das Spirituosengeschäft ein Host mit Fokus auf gewerbliche und private Nutzung.

- **Boulderhalle Oldenbloc:** Die Boulderhalle ist wie die Apotheke auch abseits des Aktivitäts-Zentrums der Innenstadt gelegen. Auch hier fallen Besorgungen an, doch gerade aufgrund des Geschäftsmodells liegt der Fokus eher auf der privaten Nutzung für Nutzende der Boulderhalle und Bürger/-innen im umliegenden Wohngebiet.

In den Pilotprojekten verblieb das projektintern angeschaffte ECB (Modell Load 60 von Riese und Müller) für einen Zeitraum von drei Wochen bei den Betrieben (siehe Abbildung 3-18 - Interesse am Host-basierten-Sharing Modell). Diese konnten das ECB in dieser Zeit für ihre eigenen gewerblichen Anliegen nutzen. In freien Zeiten, konnte und sollte das Rad Dritten zur Verfügung gestellt werden. Das ECB war während dieser Zeit vollumfänglich versichert. Von Seiten der BMS erfolgte eine Übergabe des ECBS an den jeweiligen Betrieb inklusiver einer Einweisung in das Fahrrad und der Unterzeichnung eines Nutzungsvertrags. Den Betrieben wurden Infomaterialien in Form von Postern oder teilweise auch Flyern übergeben, um die Kund/-innen über die Option der ECB Ausleihe zu informieren. Während der Pilotprojekte stand die BMS den Hosts für Hilfestellung zur Verfügung und pflegte einen regelmäßigen Austausch mit den Betrieben zum Status Quo der Pilotphasen.

Ursprünglich war die Anwendung von Informationsdiensten in Form von einer App für die Durchführung der Pilotprojekte und die Terminbuchungen zur Ausleihe des ECBs geplant. Durch Personalwechsel beim Projektpartner Ceconsoft GmbH konnten wichtige Funktionen, die für die Ausleihe vonnöten waren, nicht rechtzeitig implementiert werden. Daher wurde kurzfristig umgeplant und die Ausleihen mit Ausleihformularen und telefonischen Reservierungen abgewickelt.



Abbildung 3-19 - Projektlastenrad im Einsatz bei einer Oldenburger Boulderhalle



## Ergebnisse

### Auswertung der Pilotprojekte:

Nach Abschluss jeder der Pilotprojekte wurde ein leitfadengestütztes Interview mit den Hosts durchgeführt (siehe Anlage 4: Umfrage Host-basiertes-Sharing in Oldenburger Betrieben - Potential von E-Lastenrädern in gewerblichen Betrieben - Teil 1). Zusätzlich wurden an alle, die das ECB ausgeliehen und ihre Zustimmung zur Evaluation gegeben hatten, ein Fragebogen geschickt (siehe Anlage 5: Umfrage Pilotprojekte – Nutzende). Die folgende Auswertung basiert auf vier Interviews mit den jeweiligen Hosts und dem Feedback von elf Personen, die das ECB während der Pilotprojekte genutzt haben und den Online-Fragebogen ausgefüllt haben. Insgesamt wurde das Lastenrad bei den Hosts während der gesamten Dauer der Pilotprojekte von 20 Personen ausgeliehen. Die Antworten aus den Interviews und der Umfrage wurden anhand definierter Kategorien auf Basis der Methode der qualitativen Inhaltsanalyse ausgewertet und werden im Folgenden zusammenfassend dargestellt.

#### *Kategorie 1: betriebliche und private Nutzung des ECBS*

Das Lastenrad (Modell): Das ausgewählte Modell Load 60 von Riese und Müller kam bei den Hosts und den Nutzenden gleichermaßen positiv an. Seitens der Hosts wurde insbesondere das Handling und die Features des E-Lastenrads gelobt. Angemerkt wurde aber auch, dass das Rad langfristig auf die Bedürfnisse des Hosts zugeschnitten sein müsste, um die Kapazitäten voll ausschöpfen zu können. So war beispielsweise die fest verbaute Transportbox mit Deckel am Lastenrad für das Geschäft Buddeljungs oder die Boulderhalle Oldenbloc hinderlich für den Transport von großen, sperrigen Gegenständen. Auch die Nutzenden empfanden diese Aspekte als besonders wichtig, insbesondere im Kontext von gebrauchten oder aufbereiteten E-Lastenrädern. 5 von 11 Nutzenden gaben an, auch aufbereitete oder gebrauchte E-Lastenräder in Betracht zu ziehen.

(Waren-)Transport: Am häufigsten wurde das E-Lastenrad von der Apotheke genutzt. Diese nutzten das Lastenrad täglich zur Auslieferung von Medikamenten. Auf alle Projekte verteilt ergab sich eine Nutzung von im Schnitt einmal in der Woche. Beim Appeltje und beim Oldenbloc wurde das E-Lastenrad eher weniger betrieblich genutzt, was einerseits auf das Geschäftsmodell und andererseits beim Appeltje auf Zeitmangel und fehlendes Engagement seitens der Café Betreiber zurückzuführen ist. Es wurden jedoch einige Waren transportiert, die sonst mit einem PKW transportiert werden. Hauptsächlich war das Rad im gewerblichen Kontext für den Betriebseinkauf und die Auslieferung von Waren interessant, aber auch Mitarbeitende probierten das Rad im privaten Kontext aus.

Privat transportierten die Nutzenden insbesondere Einkäufe des täglichen Bedarfs und größere Gegenstände.

Reichweite (Strecke): Die Hosts bewegten sich überwiegend in einem Radius von bis zu 5 km um den gewerblichen Standort. Es wurde jedoch deutlich in den Gesprächen, dass die Strecken bei einem langfristigen Einsatz auch länger sein könnten, wenn auch das Modell

## Ergebnisse

noch bedarfsgerechter wäre und das Lastenrad passendere Ladeflächen bieten würde. Seitens der Nutzenden wurden größere Strecken bis zu 15 km zurückgelegt, vereinzelt sogar 20 km und mehr, da das Lastenrad auch am Wochenende für private Touren genutzt wurde. Das Potenzial über einen längeren Zeitraum auch längere Strecken zu ersetzen, ist somit gegeben.

### *Kategorie 2: der Ausleihprozess*

Anhand einer Skala beschrieben die meisten Befragte/-innen - sowohl die Hosts als auch die Nutzenden - den Ausleihprozess als gut und sehr gut. Die Nutzenden bewerteten den Prozess als einfach und unkompliziert. Die Hosts sind sich jedoch einig, dass der Prozess auf Dauer insbesondere für sie niedrigschwelliger gestaltet werden müsste, um reibungslose Abläufe zu gewährleisten. Dafür wäre eine App sinnvoll, um dem heutigen Digitalisierungsgrad in Sharing-Konzepten gerecht zu werden und den Hosts unnötige Aufgaben abzunehmen. Die Ausleihe in Papierformat und mit telefonischer Reservierung erwies sich für die Hosts als sehr schwierig, insbesondere durch den Schichtwechsel des Personals und der dadurch entstehenden Kommunikationslücken über die aktuellen Buchungen beim Lastenrad.

### *Kategorie 3: Einflussfaktoren auf das Modell*

Als besonders wichtig hat sich hier die Öffentlichkeitsarbeit herausgestellt. Die Nutzenden sind überwiegend über die von der BMS initiierten Zeitungsartikel in der NWZ auf die Projekte aufmerksam geworden, wobei die meisten der Altersklasse 40 + angehörten. Zusätzlich wurden Poster im Stadtgebiet verteilt und aufgehangen sowie an einzelnen Orten Flyer verteilt. Die Hosts merkten an, dass die Projekte noch gezielter auf Kanälen wie Social Media publik gemacht werden müssten und dies auch gemeinsam mit ihnen abgestimmt werden könnte, um alle vorhandenen Ressourcen zu nutzen.

### *Kategorie 4: Zukünftiges Potenzial des Host-Konzepts und Voraussetzungen*

Das Host-Konzept kombiniert die gewerbliche Nutzung mit einer Sharing-Option. Dieses Konzept erwies sich als sehr zukunftsfähig und insbesondere die Sharing-Option intensiviert die Nutzung und somit die Ressourceneffizienz von Lastenrädern. Je nach Host und Geschäftsmodell ist diese Sharing-Option eher gut oder eher schwierig umsetzbar. Die Apotheke könnte sich zum Beispiel vorstellen, dass das E-Lastenrad auch von anderen Standorten genutzt werden könnte, das Café hingegen war zeitlich sehr eingebunden, weshalb zukünftig ein entsprechendes Maß an personellen Kapazitäten Voraussetzung sein müsste. Alle Hosts äußerten dennoch Interesse, erneut als Host zu fungieren und die Bereitschaft Aufgaben wie Übergabe, Einweisung, das sichere Abstellen und das Laden der Akkumulatoren zu übernehmen. Wichtig wäre ein auf den Host zugeschnittenes E-Lastenrad und der Einsatz einer App. Das Café und die Apotheke würden ein Leasingmodell präferieren, was sich gut in das Geschäftsmodell von der BMS einfügen ließe. Die Buddel Jungs würden eher einen Direktkauf bevorzugen, wären aber daran interessiert diesen mit einer Sharing-

## Ergebnisse

Option zu kombinieren. Die Boulderhalle regte an, das Modell so umzuwandeln, dass sie als Hosts nur den Parkplatz für das Sharing bereitstellen könnten und dafür Sonderkonditionen für Mitarbeitende als Entschädigung erhielten. Das getestete Host-Prinzip bietet somit Potenzial für etwaige Abwandlungen. Allgemein wird von den Hosts eine geringe monatliche Belastung in Form von Leasing oder Miete für die Ausführung und Nutzung des Host-basierten-Sharing-Modells gefordert.

Auch die Nutzenden könnten sich eine regelmäßige Ausleihe vorstellen unter der Voraussetzung von kurzen Wegen zum Host und der Verfügbarkeit des Lastenrads. Eine weitere Voraussetzung der Nutzenden ist ebenfalls der Einsatz einer App für die Buchung des Lastenrads (siehe Abbildung 3-20).

Hinsichtlich eines möglichen Tarifmodells wurde keine deutliche Präferenz der Nutzenden ersichtlich. So würden drei der Nutzenden eher eine höhere Buchungsgebühr von 3-4 EUR und eine geringere Gebühr zwischen 1,- EUR und 1,50 EUR pro 30 min bevorzugen. Weitere drei Nutzende würden eine sehr geringe Buchungsgebühr oder keine Buchungsgebühr und eine Nutzungsgebühr von rund 2,- EUR pro 30 Minuten bevorzugen. Insgesamt sollte sich das Modell an den Preisen im ÖPNV orientieren und einkommensschwache Menschen mit niedrigen Preisen oder kostenlosen Angeboten miteinbeziehen.



Abbildung 3-20 - Voraussetzungen der Nutzenden für das Host-basierte-Sharing Modell

Grundsätzlich bewerteten dreiviertel der Nutzenden das Host-basierte-Sharing Modell als positiv hinsichtlich der Praktikabilität und würden auch zukünftig regelmäßig ein Lastenrad bei einem Host ausleihen (siehe Abbildung 3-21).



Abbildung 3-21 - Zukünftiges Potenzial zur Ausleihe eines Lastenrads bei einem Host

### *Kategorie 5: Highlights und Lowlights*

Ein Highlight war auf beiden Seiten das E-Lastenrad Modell Load 60 von Riese und Müller. Es überzeugte mit einem besonders guten Handling und guten Features (Tempo, Federung, Zustand). Die Hosts waren außerdem positiv von der spontanen Verfügbarkeit und dem Wegfall der Parkplatzsuche für einen PKW angetan. Die Nutzenden lobten außerdem die einfache Ausleihe und das Engagement der Hosts sowie die Möglichkeit, ein hochwertiges Lastenrad testen zu können, sowie den umweltfreundlichen Transport von Gegenständen. Hinsichtlich der negativen Aspekte, wurde insbesondere die handschriftliche Ausleihe von den Hosts als aufwändig und negativ bewertet. Um Fehlinformationen unter den Mitarbeitenden zu vermeiden, müsste der Prozess standardisiert und digitalisiert werden. Mit einer App wäre es möglich gewesen, den Ausleihprozess einheitlich und übersichtlich abzubilden, sodass die Hosts sich nicht um die mögliche Verfügbarkeit des Rads kümmern müssten. Durch den Personalwechsel gestaltet sich die Kommunikation in diesem Kontext als besonders schwierig. Mit einer App könnten zudem Informationen über den Zustand und die Wartung gesammelt und chronologisch dargestellt werden.

### *Zusammenfassung und Erkenntnisse aus den Pilotprojekten:*

Aus den Pilotprojekten sowie der vorhergehenden Umfrage mit den Betrieben konnten wertvolle Erkenntnisse abgeleitet werden und Anforderungen an ein zukunftsorientiertes Geschäftsmodell definiert werden (siehe Tabelle 3-12 - Anforderungen an ein Host-basiertes Sharing-Modell ). Die identifizierten Anforderungen seitens der Nutzenden decken sich stark mit den identifizierten Anforderungen der Personas an Sharing-Modelle und bestätigen dieses Anforderungsprofil entsprechend.

*Tabelle 3-12 - Anforderungen an ein Host-basiertes Sharing-Modell*

<b>Nutzende</b>	<b>Hosts</b>	<b>Bereich</b>
Einfache Bedienbarkeit des Rads	Modular aufgebautes Lastenrad	Rad
Komfortables Lastenrad	Große Ladefläche	Rad
Funktionstüchtigkeit des Rads		Rad
Einfache Übernahme und Rückgabe des Rads	Einfache Übergabe und Rücknahme des Rads	GM
Kurze Wege zur Host-Station	Niedriger bürokratischer und Organisationsaufwand	GM
Zeitliche und örtliche Verfügbarkeit der Lastenräder	Effektive Öffentlichkeitsarbeit und Bekanntmachung des Angebots	GM
	Feste Zeiten für Lastenrad Verleih	GM
Niedrigschwelliges Tarifmodell in Anlehnung an den ÖPNV und besondere Tarife für einkommensschwache Personen	Monatliche Nutzungsgebühr zwischen 100-200 EUR	GM (Preis)
	Persönliches Engagement und Erreichbarkeit	GM
Übersichtliches Buchungstool und -App	Übersichtliches Buchungstool und -App	GM, App

Generell lässt sich sagen, dass Hosts, die aufgrund ihres Geschäftsmodells viele Besorgungen machen müssen oder Produkte ausliefern, ein E-Lastenrad eher intern nutzen und somit geblockte Zeiten für die geschäftliche Lastenradnutzung brauchen. Da dieser Aspekt, insbesondere wenn es sich um geblockte Zeiträume am Nachmittag handelt, mit der gewünschten Verfügbarkeit der Nutzenden kollidiert, wäre hier ebenfalls eine gemeinschaftliche Lastenradnutzung unter verschiedenen Betrieben denkbar. Hosts, die das E-Lastenrad eher weniger betrieblich nutzen, können ein Lastenrad besser der breiten Öffentlichkeit zur Verfügung stellen und hiermit eine intensive Nutzung von Privatpersonen ermöglichen. Feste wöchentliche Zeiten helfen ebenfalls bei der Koordination von betrieblicher und öffentlicher Nutzung.

In der Evaluation zeigte sich zudem, dass Öffentlichkeitsarbeit und die Bekanntheit maßgeblich für den Erfolg eines Host-basierten-Sharing Konzepts und die breite Nutzung der Lastenräder sind. Eine weitere zentrale Anforderung für eine erfolgreiche Umsetzung eines solchen Konzepts stellt ein einfacher und schneller Buchungs- und Ausleihprozess für beide

Seiten - Hosts und Endnutzende – dar. Eine App könnte hier einerseits beim Buchungs- und Ausleihprozess optimale Unterstützung bieten und zusätzlich ebenfalls den Umgang mit dem Lastenrad – beispielsweise mit Einführungsvideos – vereinfachen. Persönliches Engagement und gute Erreichbarkeit von Seiten der Hosts stellen ebenfalls wichtige Bestandteile eines Host-basierten-Sharing Konzepts dar.

Die Pilotprojekte und die Umfragen haben gezeigt, dass das Host-basierte-Sharing Modell ein hohes Geschäftspotenzial aufweist und somit einen zukunftsweisenden und ressourcenschonenden Weg für die Erstnutzung sowie ggf. auch Zweitnutzung von ECBs bietet.

### **Teilnahme an Videokonferenzen zu den Querschnittsthemen LCA und Geschäftsmodelle (IK)**

Das IK hat an Konferenzen zu den Querschnittsthemen „LCA“ und „Geschäftsmodelle“ teilgenommen. Zum Thema LCA hat sich für das Projekt hieraus ergeben, dass erste Überlegungen bezüglich einer (bisher nicht geplanten) LCA angestellt wurden. Insbesondere für das Batteriesystem und den Vergleich möglicher Second Life bzw. Recycling Szenarien wurde eine zusätzliche LCA als sinnvoll erachtet. Aus den Gesprächen zu Geschäftsmodellen heraus hat das IK für das Projekt LifeCycling<sup>2</sup> die Diskussion um mögliche Geschäftsmodelle für das E-Cargobike mit einer Auflistung und Merkmalsbeschreibung fundiert begonnen. Im weiteren Verlauf werden einzelne Geschäftsmodelle fokussiert und vom Partner baron mobility service GmbH konzeptionell abgeschätzt. Aus den Arbeiten des IK kann passend zu den Querschnittsfragen im weiteren Verlauf des Projektes die geforderte Use Case Schablone ausgefüllt werden.

### **Abstimmung Rad-Geschäftsmodell: Rekonfiguration (IK)**

Zwischen dem Institut für Konstruktionstechnik und der baron mobility service GmbH fanden bilaterale Gespräche hinsichtlich der Möglichkeiten zur Rekonfiguration statt. Hier wurden sowohl technische als auch organisatorische Hürden und Potentiale beleuchtet. Zielsetzung war vor allem der Erkenntnisgewinn bezüglich des aktuellen Umgangs mit Leasingrückläufern, wie dies in das Geschäftsmodell der baron mobility GmbH integriert ist und was mit den Rückläufern geschieht. Es wurden Verantwortlichkeiten in den Abläufen im Umgang mit Leasingrückläufern beleuchtet und wie die Besitzverhältnisse gestaltet sind. Aktueller Stand ist, dass die Leasinggebenden die Rückläufer an einen Dienstleister weiterverkauft. Hier liegt eine Hürde für die Rekonfigurationsphase und für die kontrollierte Zweitnutzung der E-Cargobikes.

### **3.3 App/Services**

#### **Definition erforderlicher Erweiterungen der Softwarefunktionen und Sensorik ausgehend von den Anwendungsszenarien mit Fokus (TU Clausthal)**

Unter der Federführung der TU Braunschweig wurde ein virtueller Workshop zu den wichtigsten Einflussumfeldern und Faktoren mit allen Partnern durchgeführt. Mitarbeiter/-innen der TU Clausthal haben an dem Workshop teilgenommen und den Workshop mit Beiträgen aus dem Bereich des Software Engineerings unterstützt. Ziel des Workshops war die Ermittlung der Einflussumfelder (wie z.B. die Technologieentwicklung und der Nutzer/-innen) und Faktoren (beispielsweise kostengünstige Sensorik und Komfortbedürfnis) zur Szenarien-Entwicklung. Außerdem wurden die Ausprägungen dieser Einflussfaktoren (minimal und maximal) und die Ausprägungen für zwei ausgewählte Jahre abgeschätzt. Auch die Ceconsoft GmbH nahm an diesem virtuellen Workshop teil und erörterte zusammen mit anderen Projektpartnern sowie den vorbereitenden Arbeiten der Bredex GmbH, inwieweit E-Cargobikes mithilfe von Sensorik und Apps verbessert werden können. Außerdem wurde die Anforderung an eine Cloud-Strategie für ein E-Cargobike-Sharing-Ökosystem aufgestellt. Die Bredex GmbH beteiligte sich zudem an der Konzeption der Sharing-Strategie von Akkumulatoren und an der Ableitung erster Gestaltungen von Demonstratoren.

#### **Teillösungen und Services für die ressourceneffiziente Nutzung von E-Cargobikes (TU Clausthal):**

Ausgehend von den Anwendungsszenarien hat die TU Clausthal erforderliche Erweiterungen der Softwarefunktionen und Sensorik definiert. Dabei hat sich die TU Clausthal zunächst mit der Erhebung von Anforderungen an die Softwarelösungen für den Bereich der E-Cargobikes beschäftigt. Weiterhin wurden die Anforderungen hinsichtlich der Entwicklung modularer, anpassbarer Softwarelösungen analysiert.

#### **Realisierung ausgewählter Demonstratoren (Baron)**

Im Rahmen der Betrachtung von Teillösungen und Services für die ressourceneffiziente Nutzung von ECBS (Bezug AP 4) wurde mit den Projektpartnern u.a. auch im Bereich App zusammengearbeitet. Im Kontext der Restwertbetrachtung wurde untersucht, inwieweit es möglich ist den Zustand des Rades über eine App abzubilden. Mit der Idee eines digitalen Fahrrad-Fahrtenbuches wurde das Thema Zustand des Fahrrads, Wartungen in der Werkstatt und Serviceleistungen für die Nutzenden kombiniert. Ziel des digitalen Fahrrad-Fahrtenbuches ist es abzubilden, wann welche Wartung stattgefunden hat und in welchem Zustand sich das

## Ergebnisse

Fahrrad insgesamt, aber auch in Bezug auf einzelne Verschleißteile befindet. Ist der Zustand des Fahrrads bekannt, können Teile rechtzeitig ausgetauscht werden, um eine Nutzungsunterbrechung für längere Zeit zu vermeiden. Zudem besteht für Zweit- oder Drittnutzende des Fahrrads eine detaillierte und dokumentierte Übersicht über den Zustand des Fahrrads.

Für die Umsetzung des Ziels wurden die Wartungslisten der BMS in die App integriert und eine Schnittstelle zwischen Nutzenden und Fahrradfachhändlern geschaffen. Diese können die Listen einsehen und abhaken, was an einem Fahrrad gewartet oder auch ausgetauscht wurde. Nutzende haben über ihre App eine digitale Dokumentation hierüber, die Sie jederzeit abrufen können. Als zusätzlichen Service besteht die Möglichkeit direkt über die App einen Termin mit dem zuständigen Fahrradfachhändler/-innen zu vereinbaren, so dass alle notwendigen Informationen über das Fahrrad, den Händler und den Zustand des Rades sich zentral an einem Ort befinden. Die App wurde als Prototyp entwickelt. Aufgrund von Personalwechsel beim App-Projektpartner konnte das Thema Restwertbetrachtung in der App leider nicht optimiert und in der Live-Version getestet werden.

Neben dem Zustand des Fahrrads wurde sich intensiv mit den App-Projektpartnern von Ceconsoft GmbH über den Ausleihprozess von z.B. ECBs ausgetauscht, um die Nutzungsintensität der Fahrräder zu erhöhen. Hierfür wurden zunächst Anforderungen für den Informationsdienst / die App definiert. Ziel war es den Ausleihprozess des ECBs für die Pilotprojekte in der App abbilden zu können.

Wichtige Punkte, die entwickelt wurden, waren die Themen:

- Darstellung der Hosts/Stationen und der vorhandenen ECBs in der Karte der App
- Öffnungszeiten der Läden (wann kann das Fahrrad abgeholt werden?)
- Verfügbarkeit der ECBS
  - o Welche Zeitslots sind möglich?
  - o Welche Zeitslots sind schon vergeben?
  - o Ausleihzeitraum definieren (Tage oder Stundenanzahl)
- Buchungsvorgang über die App
- Benachrichtigungen über die Buchung an den Nutzenden senden
- Stornierung der Buchung für die Hosts ermöglichen
- Zustände des Rades in der App abbilden (Übergabe vor der Ausleihe, ob alles in Ordnung ist)



In der App wurde mit dem Projektpartner Ceconsoft GmbH zusammen die Funktion getestet und verbessert. Aufgrund eines Personalwechsel beim App-Projektpartner, wurden die nötigen Funktionen nicht rechtzeitig umgesetzt, um die App im Rahmen des Pilotprojekts einzubinden. Die App wurde entsprechend nur intern im Projektteam getestet. Im Rahmen der Pilotprojekte wurde in der Umfrage allerdings erfasst, dass die Hosts und auch die Nutzenden die Möglichkeit einer App als interessant und nützlich fänden (siehe Pilotprojekte).

### Dummyentwicklung (TU Clausthal)

Basierend auf den Szenarien haben die TU Clausthal und die Ceconsoft GmbH Anforderungen an die Software- und Hardwarelösungen rund um das E-Cargobike und das Akkumulatorladen entwickelt.

Innerhalb der Arbeitsgruppe Apps und Services beziehungsweise Informationsdienste wurde unter der Federführung der TU Braunschweig ein Klick-Dummy einer App, welche Funktionen zum Leihen, zur Zustandsübersicht des Fahrrads und Gamificationansätze beinhaltet, erstellt. Dieser Dummy wurde mehreren Personen durch die TU Braunschweig, die Ceconsoft GmbH, die TU Clausthal und die baron mobility service GmbH vorgestellt und Feedback eingeholt, um die Erkenntnisse in zukünftige Demonstratorenentwicklungen einzubinden.



Abbildung 3-22 - Ansicht des Klick-Dummys

### **Erstellung App-Demonstratoren (TU Clausthal & Ceconsoft)**

Im Zuge der Erstellung der App-Demonstratoren und der Schnittstellen wurden von der TU Clausthal Softwarearchitekturen in Form von Domänenmodellen dargestellt. Des Weiteren wurde für die Auswahl von Mini-Computern z.B. für Fahrradsensorik und für die Schlösser des Akkumulatorladeschranks recherchiert.

Die Ceconsoft GmbH legte mit einer umfassenden Grundlagenrecherche über relevante Hard-/Softwareschnittstellen und den gemeinsam mit anderen Projektpartnern aufgestellten Anforderungen an einen Algorithmus zur Restwert-Beurteilung wichtige Grundlagen für die weitere Konzeption des Ökosystems sowie die Entwicklung des Prototyps.

Die TU Clausthal hat die Entwicklung der begleitenden Services in Form von Input in Diskussionsrunden unterstützt.

### **Recherche Mobilitätsdaten (Bredex)**

Von Bredex wurde eine Recherche zur Gewinnung von Mobilitätsdaten durchgeführt. In diesem Rahmen wurden beispielsweise Sensorsysteme und Apps zur Gewinnung von Fahrraddaten und Erschütterungsdaten näher betrachtet. Das Fahrrad-Informationssystem COBI.bike von Bosch wurde dabei Anknüpfungspunkt für das Sammeln von Daten zum elektrischen Antriebssystem identifiziert. Verschiedene Cloud-Umgebungen wurden als Basis für das zu integrierende Fahrrad-Informationssystem evaluiert.

### **App-Entwicklung „greenlife“ (IK)**

Es wurde aufbauend auf der Idee für ein Webportal im Laufe des Projektes dazu übergegangen, eine App für mobile Endgeräte zu kreieren. Die Kernfunktionen und dementsprechend Hauptmenüpunkte der App sind: Startseite mit Nachrichten/aktuellen Informationen und Aktionen [home], Punktesystem zum Sammeln und Einlösen von Punkten innerhalb der App [ecopoints], Ausleih- und Verleihmöglichkeit für z.B. E-Cargobikes [teilen] und [marktplatz] sowie der Zugang zu der Gemeinschaft der Nutzer/-innen [community]. Die App enthält ähnliche Elemente wie das oben beschriebene Webportal. In der App wird nun aber insbesondere das Sharing von E-Cargobikes (und potentiell auch anderen Mobilitätsträgern oder Gegenständen) ermöglicht und das Punktesystem prominent genutzt. Ebenfalls wurden über das „Inventar“ Funktionen zur Zustandsbewertung und Wartungsplanung für die E-Cargos integriert. Einige Screenshots des Prototypen sind in den folgenden Abbildung 3-23 und Abbildung 3-24 dargestellt.

## Ergebnisse



Abbildung 3-23 – Klick-Dummy (Auszüge): Startseite, ecopoints, Challenges

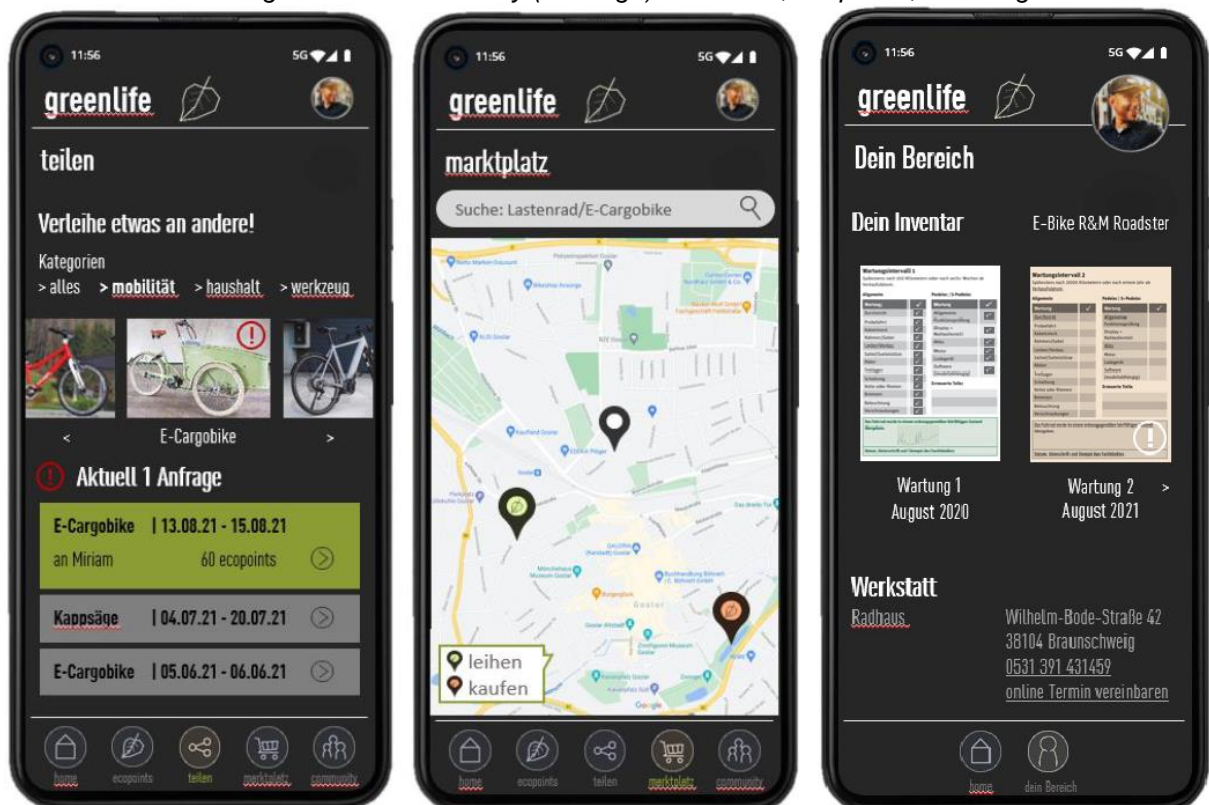


Abbildung 3-24 – Klick-Dummy für die Nutzung und das Sharing von E-Cargos sowie zum Austausch innerhalb der Community

### App-Entwicklung (TU Clausthal)

Basierend auf der Grundlage des Akkumulatortauschszenarios wurden notwendige Funktionen zum Buchen von Fächern identifiziert. Außerdem wurde ein Demonstrator einer Webansicht entwickelt. Die folgende Grafik zeigt die Ansicht zum Buchen eines Faches für einen bestimmten Zeitraum:

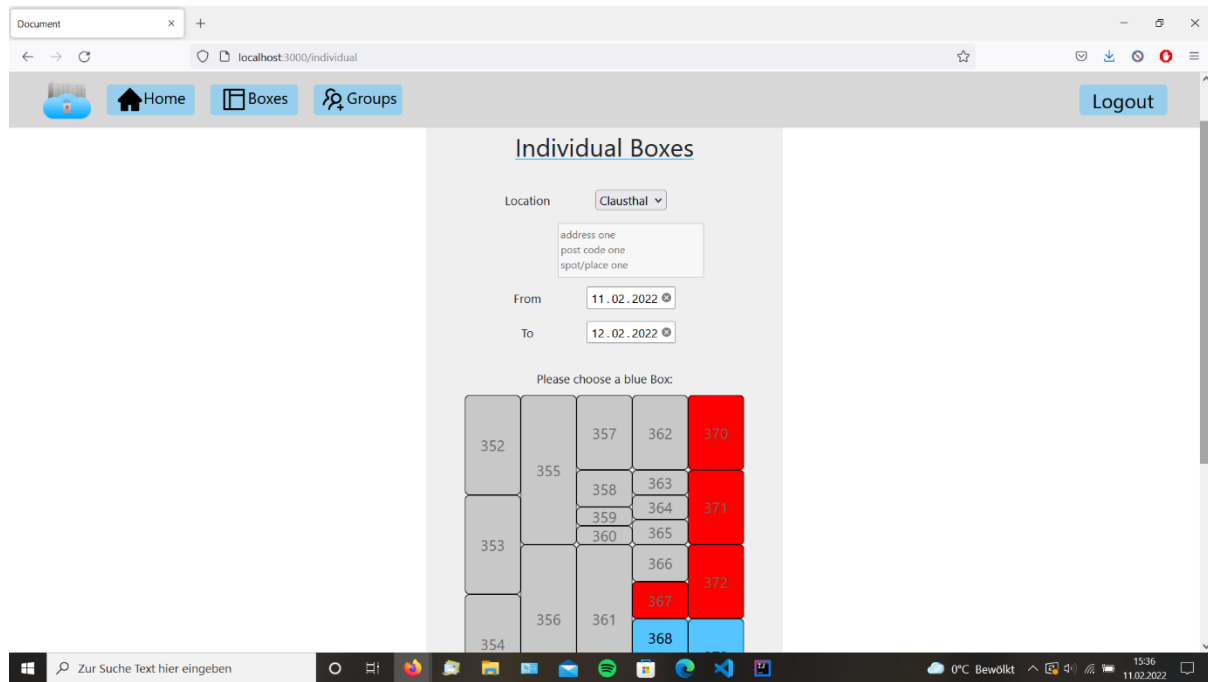


Abbildung 3-25 - Demonstrator zum Buchen von Fächern

Neben den Konzepten und Arbeiten zum Buchen der Fächer hat sich die TU Clausthal mit dem Monitoring der Ladevorgänge in den Fächer beschäftigt. Zur Bewerkstellung der Ladezyklenüberwachung wurde ein Monitoringsystem einer bereits am Markt etablierten der Firma beschafft, welches die Auswertung des Ladevorgangs auch im Nachhinein möglich macht. Zur Erprobung des Tools wurden Akkumulatoren geladen und die Funktionalität der Schnittstellen überprüft. Das Tool lässt sich über verschiedene Systeme ansteuern und verfügt darüber hinaus über ein Cloud-Interface zur Betrachtung der Daten. Wenn das Laden aufgrund von veränderten Ladestrategien beendet werden soll, kann dies über den remote-access oder ein vordefinierten Ladeplan erfolgen.

Das beschaffte Adapterkabel lässt sich dabei ideal in die Loading Hub Demonstrator Infrastruktur integrieren und ermöglicht somit die Auswertung der in den Schränken geladenen Akkumulatoren. Damit lassen sich über das Kabel die Ladeparameter überwachen, um dem jeweiligen Bedarf des Akkumulators zu entsprechen.

Im Rahmen des Projektvorhabens LifeCyling<sup>2</sup> wurde durch die Stöbich Technology GmbH sowie dem Institut for Software and Systems Engineering der TU Clausthal an smarten

## Ergebnisse

Möglichkeiten zum Aufbau des Loading Hub Demonstrators gearbeitet. Dabei wurden im Vorhinein verschiedene, bestehende Konzepte zu Ladesystemen untersucht und deren Eigenschaften sowie die adressierten Use-Cases evaluiert. Ebenfalls wurden innerhalb eines Workshops die Anforderungen des Loading Hub Demonstrators für die für das Konsortium relevanten Nutzergruppen untersucht. So ergab sich hierbei der Fokus auf den Einsatz des Ladesystems für folgende, generalisierte Nutzergruppen:

- Verleiher/-innen von E-Bikes, welche innerhalb eines Second-Use Scenarios weiterbetrieben werden
- Nutzer/-innen, welche über ein älteres E-Bike Modell verfügen und ein spezielles Ladegerät benutzen, welches Sie mitführen und passend für den Ladeschrank ist.

Eine der zentralen Produktanforderungen war dabei die Flexibilität der Ladeinfrastruktur bezüglich verschiedener, zum Einsatz kommender Ladegeräte der Akkumulatoren. Um diese zu gewährleisten, wurde das Ladesystem als Schranksystem entworfen, bei dem verschiedene Geräte in den jeweiligen Fächern angeschlossen werden können, um die Akkumulatoren zu laden. Der Zugriff auf das System erfolgt dabei über eine Demonstrator App, mit welcher es möglich ist, die Ladefächer für eine gewisse Zeit zu mieten und den Akkumulator in diesen zu laden. Der Schrank verfügt dabei über 8 Schließfächer für Akkumulatoren mit normaler Röhrenbauweise sowie einem weiteren Ladeslot für Akkumulatoren, welche eine davon abweichende Bauweise aufweisen. Somit wird sichergestellt, einer große Nutzergruppe den Loading Hub Demonstrator als Ladeplattform anbieten zu können. Der Sicherheitsgrad des Schranksystems im Falle einer Akkumulator-Havarie wird dabei unter anderem durch eine Haupttür abgedeckt.

Zur Erstellung des Loading Hub Demonstrators wurde das Produkt Strain Lock der Stöbich Technology GmbH erweitert, in dem Schubladen, smarte Schlösser etc. hinzugefügt wurden.

Als zentrales Steuerelement des Loading Hub Demonstrators fungiert dabei ein Raspberry Pi. Dieser ist an die magnetischen Schlosssysteme des Hubs angeschlossen und ermöglicht das Öffnen und Schließen des Schanks über die über das Backend angeschlossen Demonstrator-App. Die generelle Systemarchitektur sowie der Schaltplan sind in den folgenden Abbildungen zu finden:

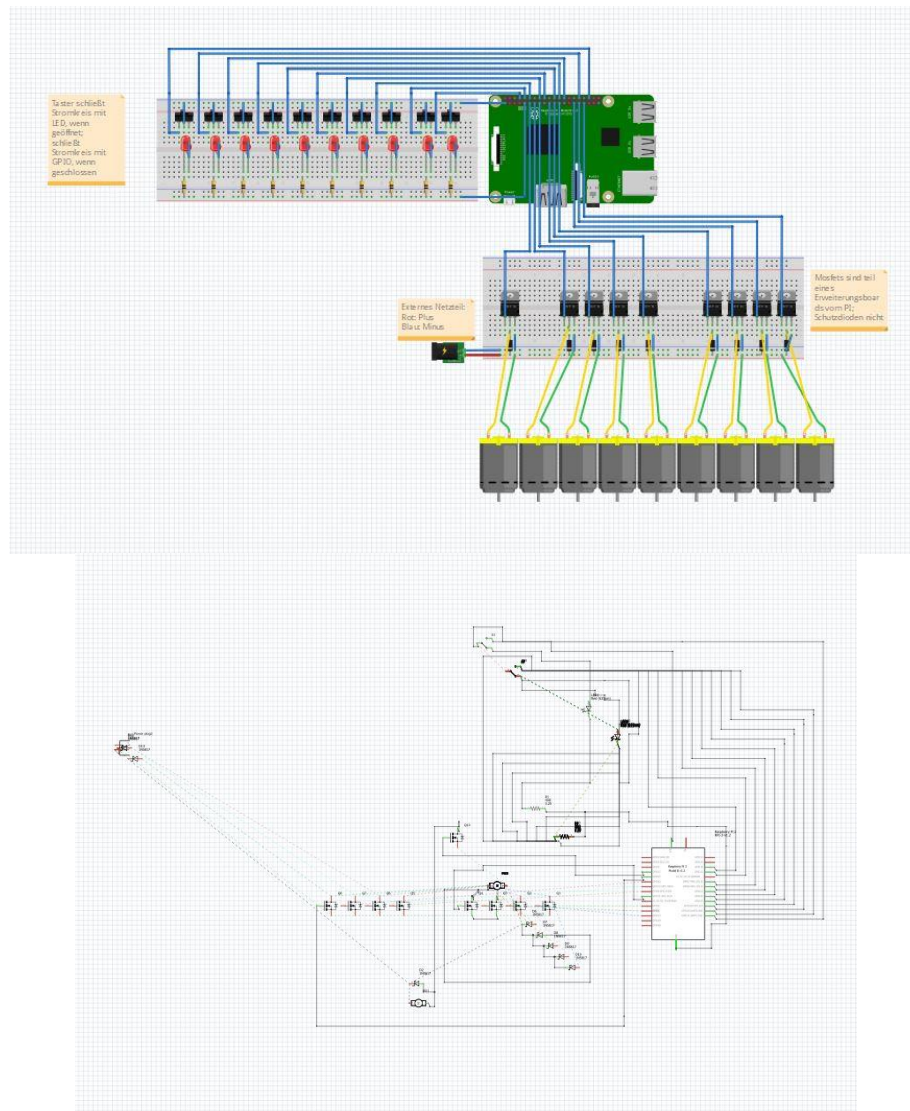


Abbildung 3-26 - Skizzenentwürfe zum Loading Hub Schloss (erstellt unter Verwendung von: Fritzing)

Die hardwareseitige Ansteuerung wurde dabei, wie in den beiden Abbildungen ersichtlich, zu Anfang mittels MOSFET-Boards geplant, was sich allerdings aufgrund der für die Schließmagneten benötigten 12 V Anschlüsse als unpraktisch herausgestellt hat. Die beiden MOSFET Boards, welche über jeweils acht schaltbare Ports verfügten, wurden durch ein zentrales Relay-Board ausgetauscht, welches die benötigten Anforderungen abdecken konnte. Die für die Betätigung der Schlosssysteme benötigten 12 V werden innerhalb des Schranksystems über eine separate Spannungsquelle bereitgestellt und über einen Verteilerblock an die verschiedenen Fächer angeschlossen.

In Bezug auf den Anschluss des Loading Hub Demonstrators kann dieser sowohl via GSM als auch per LAN genutzt werden, um so den Einsatz des Systems auch dort gewährleisten zu können, wo ein direkter Anschluss über Kabel nicht möglich ist.



## Ergebnisse

Der Loading-Demonstrator wird zukünftig bei der TU Clausthal stehen und zur weiteren Erprobung zum Akkumulatortausch eingesetzt werden.

Des Weiteren haben Mitarbeiter/-innen der TU Clausthal Recherchen im Bereich der Restwertbestimmung von Batterien beziehungsweise Akkumulatoren durchgeführt.

Die Ceconsoft GmbH entwickelte mit weiteren Projektpartnern ein Konzept zur Restwertbeurteilung von Akkumulatoren, zunächst basierend auf Nutzereingaben über die App. Außerdem wurden Schnittstellen für ausgewählte Sensorik zur Automatisierung der Restwertbeurteilung definiert. Zur späteren Demonstrator- Realisierung unterstützte die Ceconsoft GmbH außerdem die TU Clausthal in der Anforderungserhebung und technischen Planung der Demonstrator App.

### **Realisierung ausgewählter Demonstratoren (TU Clausthal)**

Eine Mitarbeiterin der TU Clausthal hat aktiv in der Arbeitsgruppe „Informationsdienste/App und Services“ gearbeitet. In der Gruppe wurden mögliche Funktionen von App-Demonstratoren und App-Prototypen diskutiert. Außerdem wurde mit der Entwicklung von Funktionen und Testfällen für einen App-Demonstrator begonnen. Der App Demonstrator ist eine Grundlage zur Umsetzung des Szenarios zum Austausch von Akkumulatoren in Hubs.

Um Belastungen z.B. aufgrund von Temperatur oder Luftfeuchtigkeit am Lastenrad über den Lebenszyklus hinweg besser verstehen zu können wurde im Rahmen des Projektvorhabens ein mikrokontrollerbasiertes Monitoringsystem gebaut. Das System soll die Lebenszyklusdaten dabei über die Fahrt hinweg aufzeichnen und im Anschluss auf einer SD-Karte speichern. Durch den netzwerkunabhängigen Aufbau gewährt das Monitoringsystem die Speicherung von Daten. Zukünftig könnte auch an Lösungen gearbeitet werden, die Zugang zu online Databases ermöglichen. Die Daten können im Anschluss von der SD-Karte ausgelesen werden und ermöglichen somit die Nachvollziehbarkeit der verschiedenen externen Umwelteinflüsse auf das Lastenrad. Um eine spätere Anbindung an eine Datenbank sowie ein Dashboard zu realisieren, wurde darüber hinaus die Kommunikationsübermittlung mittels MQTT untersucht.

Zur Realisierung der Sensoreinheit wurden für die Ausführung zwei verschiedene Mikrokontroller untersucht. Zum einen wurde ein Arduino UNO für die anfängliche Konfiguration genutzt und eine spätere Anbindung mittels WLAN HAT geplant. Aufgrund der Baugröße wurden im Anschluss allerdings die Verwendung eines ESP32 Mikrocontrollers, welcher über eine eingebaute WLAN-Transceiver verfügt. Exemplarisch wurde hier eine

## Ergebnisse

Simulation aufgesetzt, um den Code zu erproben und die Verbindung über das Dashboard zu testen.

Um den im vorherigen beschriebenen Loading Hub Demonstrator sinnvoll zum Tauschen von Akkumulatoren nutzen zu können, wurde eine Demonstrator-App erstellt. Die über eine Schnittstelle sowohl mit den Boxen zum Tauschen von Gegenständen rund um das Fahrrad als auch mit dem Loading Hub verbunden ist. Der Nutzer kann in der Demonstrator-App ein Fach für einen bestimmten Zeitraum buchen, die eigenen Buchungen einsehen. Hierdurch können Gegenstände rund um das E-Bike die durch die Circles App ausgeliehen wurden, in den Fächern kontaktlos übergeben werden.

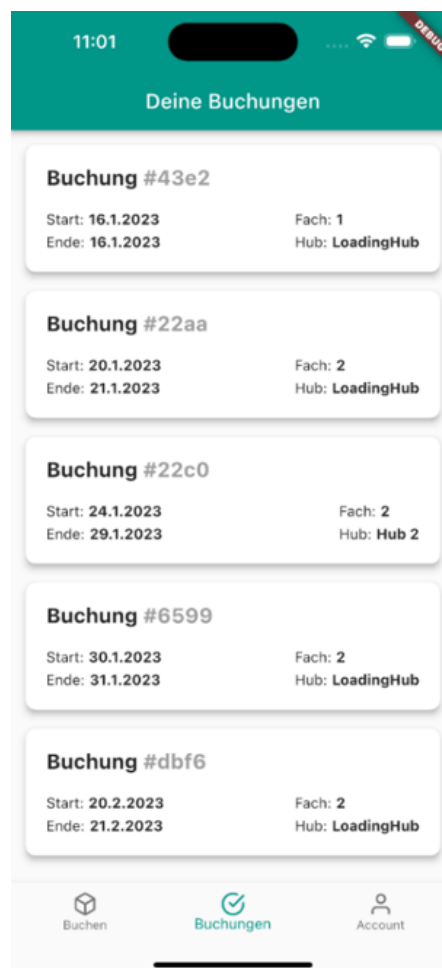


Abbildung 3-27 - Ansicht der Fachbuchungen

Aufgrund des Bezugs zur Circles-App und der vorhandenen Expertise in der App-Entwicklung unterstützte die Ceconsoft GmbH die TU Clausthal bei der Entwicklung der Demonstrator-App zum Buchen von Fächern im Loading Hub.



## Ergebnisse

Die Ceconsoft GmbH entwickelte eine E-Cargobike-Sharing-Plattform in Form eines Prototyps mit der Circles App. Der Fokus lag dabei vor allem auf der Nutzbarkeit der Plattform sowie dem Ziel, das Konzept einer Sharing-Plattform auf den Anwendungsfall der E-Cargobikes anzuwenden. Die folgende Abbildung beschreibt die Begleitung der Lebenszyklen von E-Cargobikes über die Circles App:



Abbildung 3-28 - Circles App

Auf dieser Plattform können Anbietende E-Cargobikes als Leihangebote auf einem Marktplatz veröffentlichen. Andere können diese Angebote buchen und mit den Anbietenden in einem Chat in Kontakt treten, um Details und Fragen zu klären. Dabei werden auf dem Marktplatz umfassende Informationen zu den angebotenen E-Cargobikes bereitgestellt.

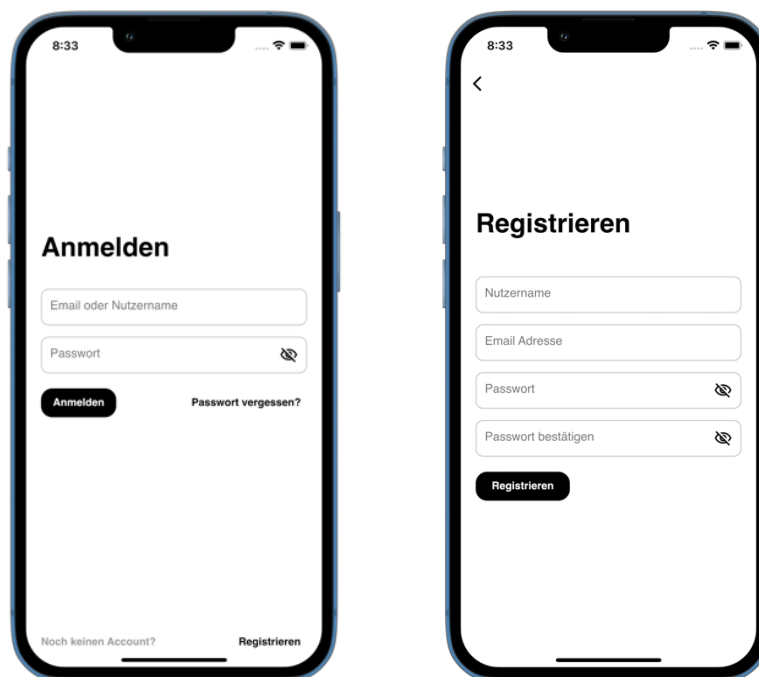


Abbildung 3-29 - Anmeldung

Mit einem sicheren Nutzermanagement nach den aktuellen Standards können Nutzer/-innen sich in der App registrieren. Für vollständigen Zugang zur App müssen zusätzlich die Datenschutzbestimmungen akzeptiert und die angegebene E-Mail-Adresse bestätigt werden. Mit diesem verifizierten Account können sie dann später Angebote verwalten und mit anderen Nutzern in Kontakt treten.

## Ergebnisse

Nutzer können in ihren Profilen ihre Adressen hinterlegen, um z.B. beim Inserieren neuer Sharing-Angebote auf bereits angegebene Adressen zurückgreifen zu können. Diese Daten sind nur in Verbindung mit einem auf dem Marktplatz veröffentlichten Angebot für andere Nutzer/-innen sichtbar und sind andernfalls nur für den jeweiligen Nutzer erreichbar. Hier stehen den Nutzern außerdem wichtige Datenschutz relevante Optionen zur Verfügung, wie z.B.:

1. Das Ändern des Passworts
2. Das Ändern des Nutzernamens, der für andere Nutzer in laufenden Sharing-Vorgängen angezeigt wird
3. Das Ändern der E-Mail-Adresse
4. Das Entfernen des eigenen Accounts. Damit werden auch alle inventarisierten E-Cargobikes und alle davon veröffentlichte Angebote entfernt.

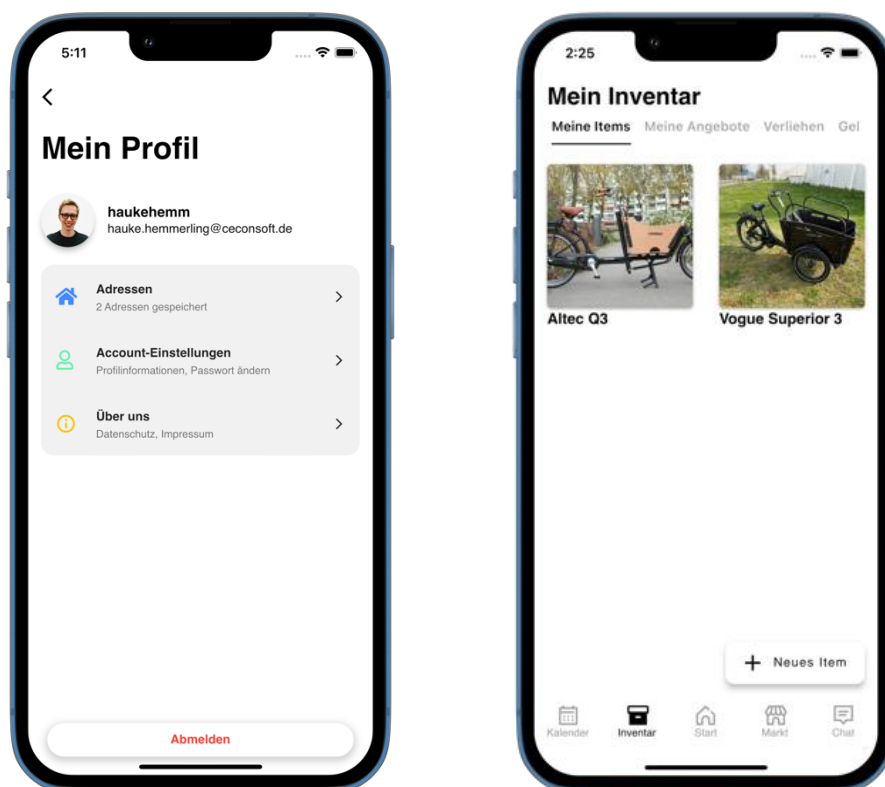


Abbildung 3-30 - Profil

Jeder Nutzer verfügt über ein übersichtliches Inventar, in dem er sein E-Cargobikes verwalten kann. Die hier verwalteten E-Cargobikes sind nicht automatisch für andere Nutzer/-innen über den Marktplatz ausleihbar, sondern dienen vor allem der Gegenstandsverwaltung.

## Ergebnisse

Unabhängig davon, ob ein E-Cargobike zum Ausleihen auf dem Marktplatz zur Verfügung steht, können hier Zustands- und andere wertvolle Informationen der E-Cargobikes eingesehen und bearbeitet werden. Das Inventar bietet Nutzern vor allem die Möglichkeit, unabhängig von Leihvorgängen Lebenszyklusinformationen über die Fahrräder einzusehen.

Entscheidet sich der Anbieter eines E-Cargobikes dazu, eines der Fahrräder anderen Nutzern zum Ausleihen auf dem Marktplatz zur Verfügung zu stellen, kann er für das entsprechende Fahrrad aus seinem Inventar ein Angebot erstellen, in dem wichtige Ausleihinformationen wie die maximale Ausleihdauer oder besondere Bedienhinweise angegeben werden können. Neben einem neuen Eintrag in der Übersicht der eigenen Angebote ist dieses E-Cargobike nun für andere Nutzer/-innen auf dem Marktplatz einsehbar und dort ausleihbar. Sollten sich wichtige Zustands- und Bedieninformationen des Fahrrads ändern, kann der Anbieter jederzeit die Daten des Fahrrads in seinem Inventar bearbeiten und die Änderungen sind automatisch für Nutzer auf dem Marktplatz sichtbar, die das veröffentlichte Angebot zu diesem Fahrrad öffnen.

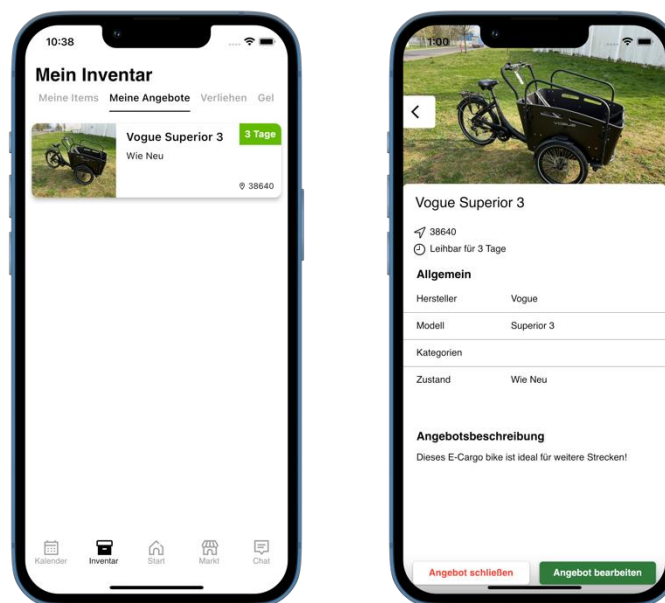


Abbildung 3-31 - Profil

Bucht ein Nutzer das Angebot für ein E-Cargobike, ist diese Buchung für den Ausleiher und den Anbieter in der übersichtlichen Terminverwaltung in der App sichtbar.

Dort wird zum Beispiel dem Anbieter angezeigt, wann sein E-Cargobike abgeholt wird und wann es wieder zurückgebracht wird. Die Abhol- und Rückgabetermine werden auch dem Ausleiher angezeigt. Auf diese Weise behalten alle Beteiligten des Sharing-Vorgangs den Überblick über die anfallenden Abhol- und Rückgabetermine.

## Ergebnisse

Zusätzlich zu den Terminen selbst werden hier auch die vereinbarten Abhol- und Rückgabeeadressen angezeigt. Hier werden also alle relevanten Informationen für das erfolgreiche Abwickeln des Leihvorgangs bereitgestellt.

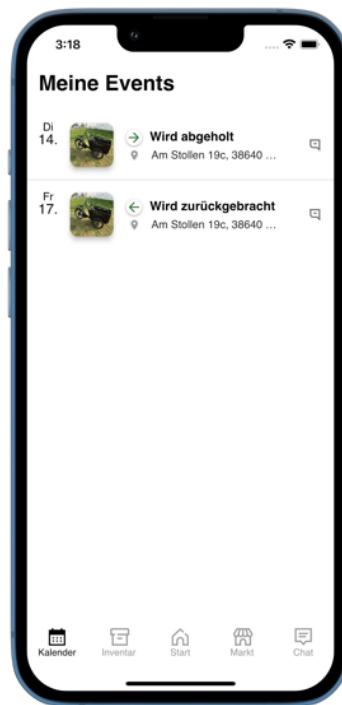


Abbildung 3-32 - Events

Auf dem Marktplatz in der App können E-Cargobikes in Form von Angeboten inseriert und von anderen Nutzern für einen bestimmten Zeitraum gebucht werden. Dabei sehen die Nutzer/-innen detaillierte Zustandsinformationen und weitere benutzerdefinierte Hinweise über die Nutzung der E-Cargobikes. Einerseits können die Leihangebote der E-Cargobikes über eine Karte gesucht werden, die automatisch die Angebote in der aktuellen Nähe des Nutzers findet und als grünen runden Marker auf der Karte anzeigt. Andererseits kann der Nutzer die Listenansicht wählen und erhält dort eine Auflistung der zum Ausleihen veröffentlichten E-Cargobikes, in der direkt weiterführende Informationen wie Bilder oder der Zustand des Fahrrads angezeigt werden.

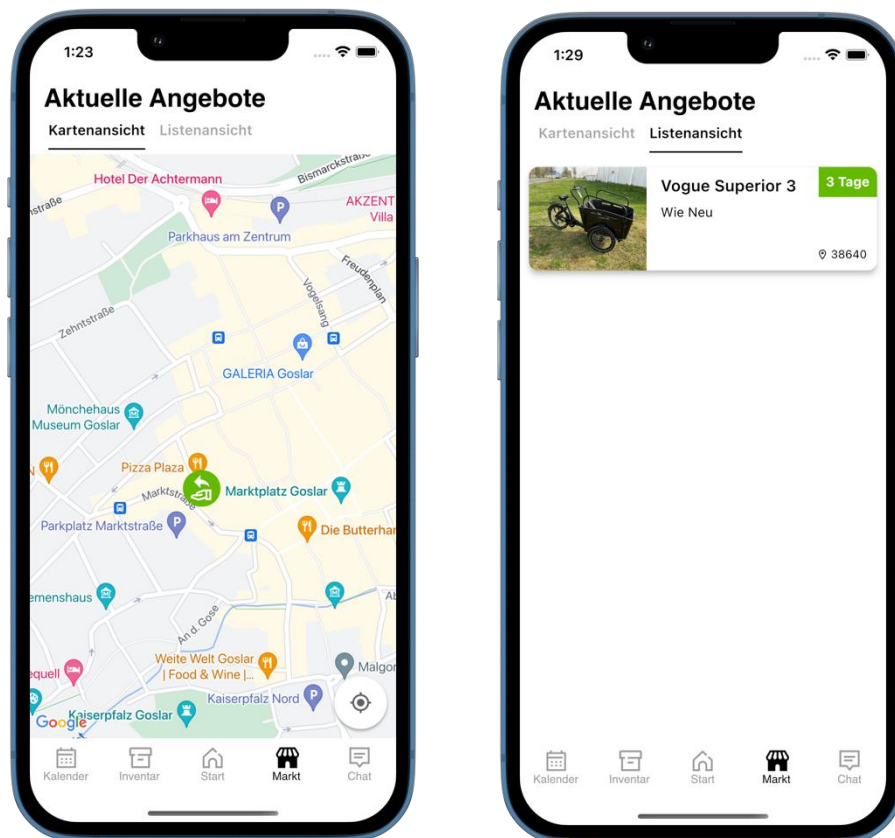


Abbildung 3-33 - Aktuelle Angebote

Wenn ein Nutzer ein inseriertes E-Cargobike eines anderen Nutzers für einen bestimmten Zeitraum ausleiht, benötigen die Nutzer die Möglichkeiten, einerseits Fragen und Details zur Abholung und andererseits zur Benutzung des Fahrrads zu klären. Wenn der Ausleiher beispielsweise den Akkumulator des E-Cargobikes während seiner Ausleihdauer entnimmt, benötigt er den Anbieter als Ansprechpartner für genauere Hilfestellung bei der Entnahme.

Um dies den Nutzern zu ermöglichen, steht ihnen für jeden Ausleihvorgang ein sicherer und übersichtlicher Chat mit ihrem jeweiligen Sharing-Partner zur Verfügung. In diesem Chat sind einerseits aktuelle Informationen über das ausgeliehen E-Cargobike und die Ausleihmodalitäten wie das Start- und das Enddatum des Ausleihvorgangs dargestellt, andererseits können Nutzer/-innen Informationen und Fragen in Form von Chat-Nachrichten zu Organisatorischem oder zur Benutzung des Fahrrads austauschen und klären, um den Sharing-Vorgang als Ausleiher und als Anbieter erfolgreich durchführen zu können.

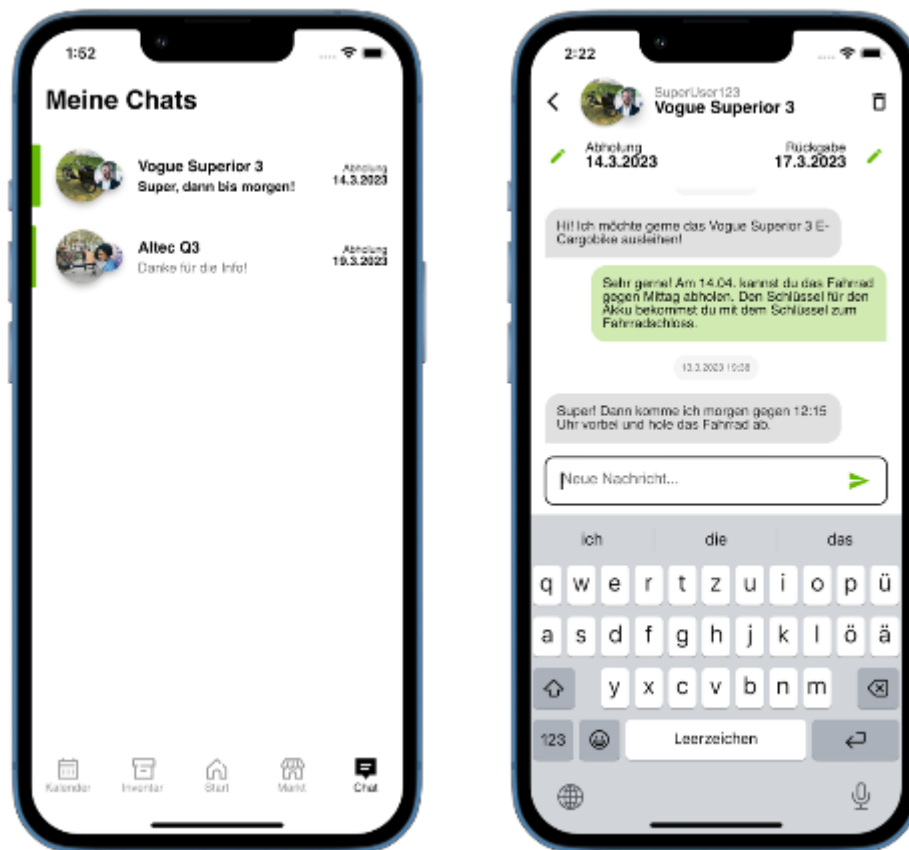


Abbildung 3-34 - Chats

Über diesen Chat ist es den Sharing-Partnern außerdem möglich, die Modalitäten des aktuellen Sharing-Vorgangs zu verändern. Wenn z.B. der Ausleiher, nachdem er das Fahrrad vom Anbieter abgeholt hat, das Rad länger nutzen als über den in der App gebuchten Zeitraum, kann er eine Verlängerung seines Nutzungszeitraums über eine Eingabemaske in diesem Chat anfragen und der Anbieter kann diese Anfrage ablehnen oder akzeptieren. Dies erhöht die Flexibilität der Sharing-Vorgänge und ist gerade im Kontext von E-Cargobike-Sharing hilfreich, um notwendige längere Nutzung eines gebuchten Fahrrads mit dem Anbieter abzusprechen.

Um die Übersichtlichkeit des Circles-Prototyps zu erhöhen, werden die relevantesten Informationen kompakt aufbereitet zusätzlich auf der Startseite angezeigt. Dort erhält der Nutzer einen Überblick über die in seinem Inventar hinterlegten E-Cargobikes, die als nächstes anstehenden Termine für laufende Sharing-Vorgänge sowie aktuell auf dem Marktplatz verfügbare und für den Nutzer interessante Sharing-Angebote.

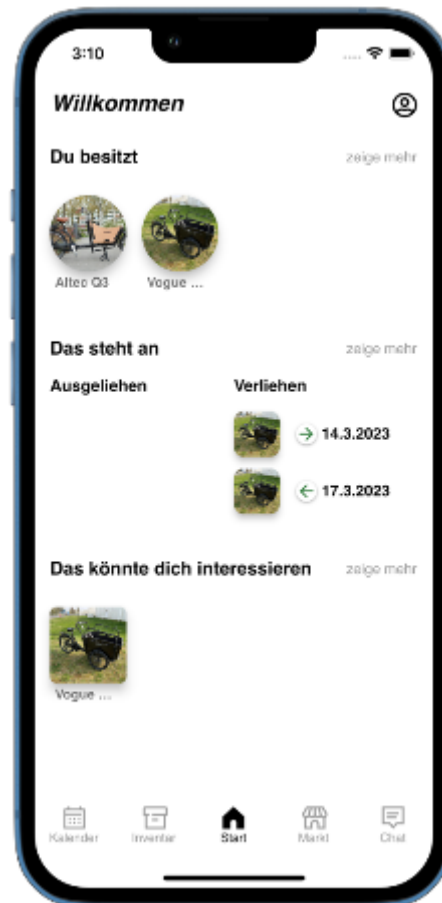


Abbildung 3-35 - Willkommensbildschirm

Mit dem Prototyp der Circles-App konnte die Ceconsoft GmbH erfolgreich einen Prototyp für das gemeinschaftliche Nutzen von E-Cargobikes als digitale Plattform realisieren, auf der sowohl den Anbietern als auch den Ausleihern die notwendigen Informationen und Aktion, die zur erfolgreichen Durchführung eines E-Cargobike-Sharing-Vorgangs notwendig sind, möglichst einfach zugänglich gemacht werden.

Des Weiteren konnten in der Konzeption und Entwicklung des Prototyps wertvolle Kenntnisse und Anforderungen an Sharing-Ökosysteme identifiziert und abstrahiert werden, wodurch viele der in diesem Rahmen geschaffenen Ergebnisse ein hohes Maß an Übertragbarkeit und übergreifende Anwendbarkeit aufweisen.

### **Pilotprojekte (TU Clausthal)**

Die TU Clausthal hat den Fokus im Projekt auf den Loading Demonstrator zum Akkumulatortauschen und auf die Demonstrator-Apps gelegt, da der Akkumulator in Hinblick auf den Fahrradrestwert eine bedeutende Rolle spielt und ein Ort zum möglichst sicheren Laden des Akkumulators benötigt wird. Der Fokus der Pilotprojekte lag auf den Geschäftsmodellen und der Nutzerakzeptanz.

Das Testen von Software in diesem Arbeitspaketzeitraum spielte eine große Rolle im Bereich der Informationsdienste. So wurden App-Demonstratoren regelmäßig getestet und mehrfach Testfälle geschrieben.

Eine Mitarbeiterin der TU Clausthal hat an einem Workshop zu den Pilotprojekten mit allen Partnern teilgenommen. Im Workshop fokussierten sich die Teilnehmer/-innen auf gemeinsame Themen der Partner, To-Dos für die Zukunft und Ideen für die Pilotprojekte.

Die Pilotprojektentwicklung und der Stand in den Pilotprojekten wurden regelmäßig mit allen Partnern abgestimmt.

Die Ceconsoft GmbH konzipierte und plante mit anderen Projektpartnern die Pilotierung des Circles App Prototyps zur Erprobung des E-Cargobike-Sharing-Marktplatzes. Die erforderlichen Funktionalitäten wurden implementiert und getestet, aber um Risiken zu vermeiden und unabhängig davon wertvolle Erkenntnisse aus der Pilotierung über den Einsatz und die Akzeptanz von Sharing-Ansätzen in der E-Cargobike-Benutzung zu gewinnen, wurden die Leihvorgänge in den Pilotprojekten nicht über den Prototypen-Marktplatz abgewickelt.

### **Entwicklung Sharing-Plattform (TU Clausthal)**

Im Zuge der Durchführung des Projektes konnten Erkenntnisse in Bezug auf die Planung, Konzeption und Implementierung von IoT-fähigen Sensor/Aktor-Systemen gewonnen werden. So lassen sich die erstellten Artefakte der Entwicklung des Schrankschlosssystems, der Monitoring-Einheit des Rads, sowie der Einbindung des Akkumulatormonitorings auf andere Sachverhalte übertragen und die abgeleiteten Konzepte somit weinternutzen. Darüber hinaus können die Strategien, welche im Zuge des Projektes erarbeitet wurden, ebenfalls auf andere Produktgruppen angewandt werden. Außerdem können weitere Aspekte des Akkumulatortauschenszenarios mit Hilfe des Loading Hubs und der E-Bikes untersucht werden. Des Weiteren ist die Idee des smarten Loading Hubs für die Stöbich technology GmbH interessant. Ob eine Weiterentwicklung des Loading Hubs zu einem Produkt durchgeführt werden könnte, ist abhängig von internen Prozessen und zukünftigen Marktanalysen.

Auch im Zuge der Entwicklung des Prototyps der E-Cargobike-Sharing-Plattform Circles wurden wertvolle Herangehensweisen, Strategien und Funktionalitäten entwickelt und Erkenntnisse gewonnen, die in andere Kontexte übertragbar sind.



### **Demonstrator für eine Smart-Loading Station (Stöbich)**

Bestehender StrainLock:

Lithium-Ionen-Batterien erzeugen bei einer Havarie Druckstöße, die von Explosionen begleitet werden können. Die dabei entstehenden Gase sind hochgiftig. Das Gefährdungsszenario hat sich im Vergleich zu den klassischen Gefahrgutschränken dadurch grundlegend verändert. Die Feuergefahr wirkt nicht mehr von außen auf den Schrank, sie wirkt von innen und ist von Flammen, Explosionen, hohen Drücken und giftigen Gasen begleitet. Der StrainLock ist die Lösung zur sicheren Lagerung von Lithium-Ionen-Batterien. Die Neuentwicklung für dieses spezielle Gefahrenszenario besitzt ein Filtersystem, das toxische Gase und Stäube genauso wie Funken und Flammen zurückhält. Durch das integrierte Thermomanagement wird eine kritische Temperatur der Außenwände verhindert. Sollte eine Batterie im Inneren des StrainLock havariieren, dann verhindern die Sicherheitsmerkmale eine Brandausbreitung und die Kontamination des Umfelds.

Der StrainLock kann mit verschiedenen Ausstattungen versehen werden. Dazu zählen eine Branddetektion, eine optionale Kabeldurchführung, Temperaturüberwachung des Innenraums inkl. Live-Anzeige über eine App und eine Ladefunktion zum Aufladen von Lithium-Ionen-Batterien. Damit eignet sich der Schrank grundsätzlich als Demonstrator für die Smart-Loading-Station.



*Abbildung 3-36 - Sicherheitsschrank StrainLock*

### Aufbau Smart-Loading-Station:

Um Akkumulatoren sicher zu laden, sind je nach Anspruch unterschiedliche Umgebungsbedingungen zu beachten. Sollen insbesondere Second Life-Akkumulatoren geladen werden, die ohne eigene Schutzeinrichtung betrieben werden, können bei der Aufladung Schutzsysteme verwendet werden, die im Havariefall die Auswirkungen auf die Umgebung auf ein ungefährliches Maß reduzieren. Werden mehrere Akkumulatoren in einem z.B. Ladeschrank geladen, muss das Überspringen der Havarie von einem auf dem anderen Akkumulator verhindert werden.

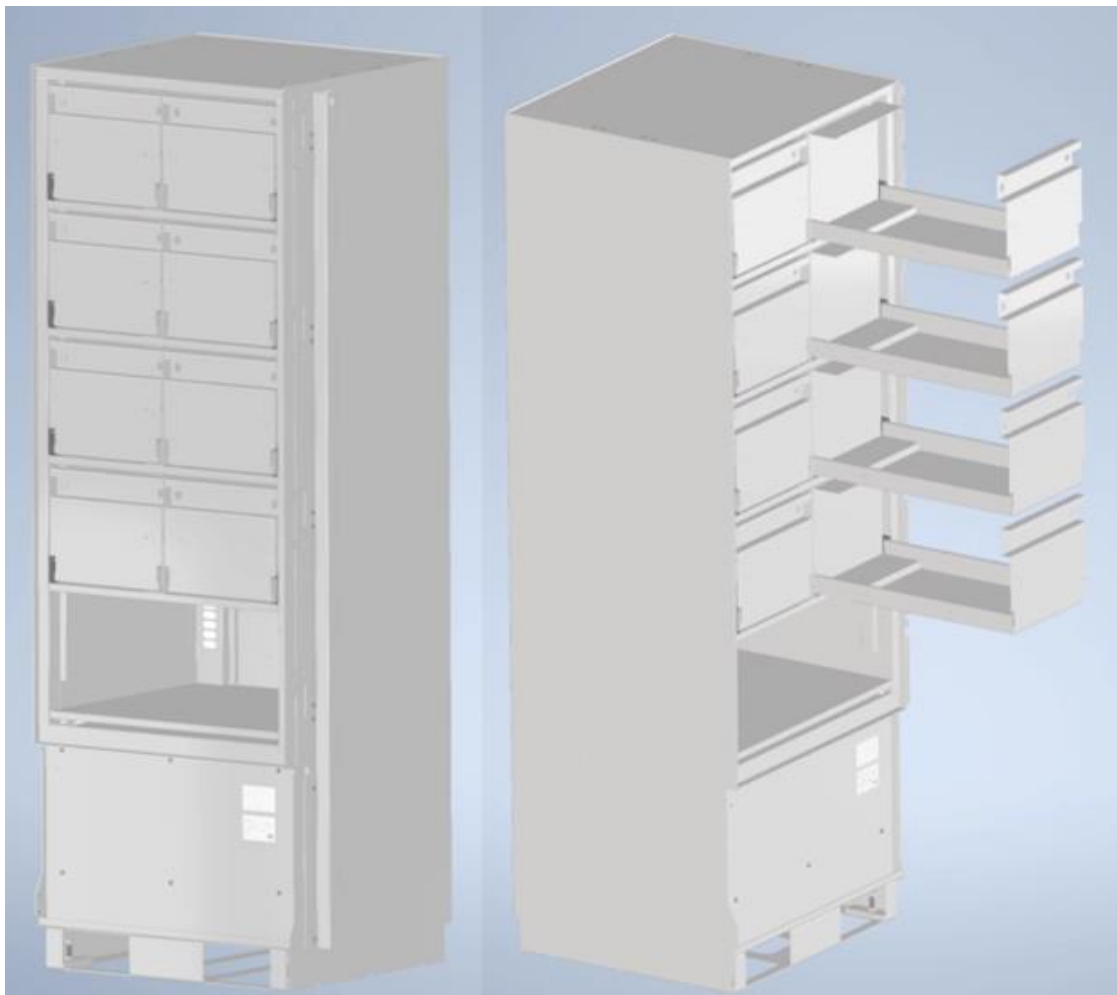
Hierzu wird der zuvor beschriebene Akkumulatorschrank aus dem Stöbich technology Produktportfolio verwendet, der durch Modifizierungen in getrennten Schubladen das Laden von Akkumulatoren erlaubt.

Für die gewünschten Geschäftsmodelle wird der Akkusschrank ähnlich einer Paketstation so modifiziert, dass der Zugriff nur mittels einer App möglich wird.

## Ergebnisse

In mehreren Sitzungen mit den Projektpartnern wurden die Anforderungen an den Schrank erarbeitet. Dazu zählen:

- Höhere Anzahl an Fächern
- Inhalt der Fächer darf nicht ohne Berechtigung erreichbar sein
- Automatische Verriegelung der Schranktür
- Integration einer Steuerung für den Zugriff auf den Schrank und die einzelnen Fächer
- Ertüchtigung für die Aufstellung im Außenbereich
- Sichere, geschützte Möglichkeiten zur Verlegung zusätzlicher Kabel
- Integration einer optische Belegungs- und Schließkontrolle
- Elektromechanische Verriegelung der Fächer und der Schranktür
- Neue Verkabelung für die Stromversorgung aller Fächer
- Halter für Kamerasystem für die Öffnungssteuerung



*Abbildung 3-37 - CAD-Konstruktion Sicherheitsschrank*

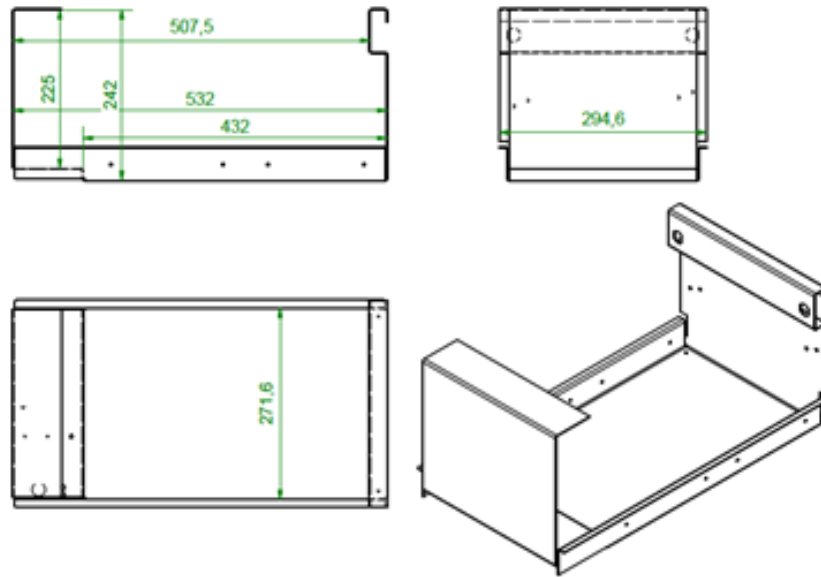


Abbildung 3-38 - Abmessungen der kleineren Fächer

Die Fächer müssen aufgrund der Anforderung an die doppelte Anzahl an Fächern verkleinert werden. Zusätzlich sind weitere Teleskopschienen im mittleren Bereich des Schrankes notwendig. Dadurch wird der Platz in den Schubfächern weiter verringert. Als Mindestmaß für eine praktikable Nutzung werden die Abmessungen des Bosch PowerPack 500 und dem dazugehörigen Ladegerät zugrunde gelegt. Die Vorderseite der Schubfächer wurde nach oben gezogen, um ein unerlaubtes Eingreifen in die Fächer zu verhindern. Darüber hinaus wurden Halterungen für die Fachverriegelung und Öffnungen für die Status-LED integriert.



Abbildung 3-39 - StrainLock - Fach mit Steckdosen

## Ergebnisse

Eine Herausforderung bestand darin die Strom- und Datenkabel so im Schrank zu verlegen, dass sie nicht durch bewegte Teile beschädigt werden und die Außenhülle des Schrank keine zusätzlichen Öffnungen bekommt, die die Sicherheitseinrichtungen unwirksam machen. Für die saubere Verlegung der Kabel werden zusätzliche Kabelkanäle integriert, die die Bewegungen der Schubfächer nicht beeinflussen. Für die Versorgung der Fächer werden Spiralkable verwendet, die den Fahrweg der Schubladen mitgehen können. Die Strom- und Datenkabel werden bei der Montage durch den integrierten Filter gelegt, sodass keine zusätzlichen Öffnungen im Schrank notwendig sind.



*Abbildung 3-40 - StrainLock im Aufbau mit Strom- und Datenkabeln*

Die ursprüngliche Stromversorgung der einzelnen Fächer wird aufgetrennt und auf die neue Anzahl an Fächern erweitert. Die Fächer werden jeweils mit zwei 230 Volt Steckdosen



## Ergebnisse

ausgestattet. Zusätzlich werden Kabel zur Steuerung der elektromagnetischen Verriegelung und der Versorgung der Zustands-LED in jedes Fach gelegt.

Im unteren Bereich des Schrankes wird ein Raum für die Unterbringung der Steuerung geschaffen.

Die ursprüngliche Verriegelungsmechanik der Schranktür konnte beibehalten werden. Zusätzlich wird aber ein Elektromagnet installiert, der die Verriegelung des Schrankes über einen Stift blockiert. So kann der Schrank nicht unbefugt geöffnet werden.



*Abbildung 3-41 - StrainLock – Einlegen der Datenkabel*

Der Schrank wurde zusätzlich mit einem Dach ausgestattet, um den Schrank selbst, aber auch die Nutzer/innen Witterungseinflüssen zu schützen. Ein Halter für das Kamerasystem zur Authentifizierung von Nutzern wurde installiert.

### **3.4 Batterie**

#### **Benchmark Normen bzgl. Batterie (IK)**

Ziel der Recherche war die Identifikation von Standards und Normen bezüglich der Batterie und der Batterieproduktion. Um verbindliche und optionale Standards und Normen zu identifizieren wurde eine systematische Literatur- und Onlinerecherche betrieben. Außerdem wurden ältere (studentische) Arbeiten zu diesem Thema auf ihre Aktualität hin überprüft.

#### **Benchmark Batteriesysteme (IK)**

Zielsetzung der Benchmarkanalyse aktueller Batteriesysteme war es, eine Übersicht über die aktuell am Markt befindlichen Batteriesysteme für E-Bikes und E-Cargobikes zu geben. Die Sammlung der Merkmale und Leistungsdaten soll ebenfalls als Grundlage für eine spätere Analyse von ausrangierter Batteriesystemen (liegen beim Partner electrocycling GmbH vor) dienen. Es wurde eine Recherche über Fahrradportale, Fahrradläden sowie Hersteller- und Händlerwebsites durchgeführt. Die technischen Daten wurden in Tabellenform gegenübergestellt, um die Merkmale wie Kapazität, Spannung, Gewicht, Reichweite, Ladezeit, Positionierung am Rahmen und kompatible Motoren zu vergleichen. Es wurden 45 Batteriesysteme von 10 Herstellern verglichen. Die Systeme ähneln sich hinsichtlich ihrer technischen Daten. Stand der Technik ist ein Spannungsniveau von 36 V, mit einer Tendenz hin zu 48 V für High-End-Systeme. Eine Clusterung der Energieinhalte um 500 Wh ist zu beobachten, der Trend geht hin zu immer größeren Kapazitäten, z.B. 625 Wh von BOSCH. Insbesondere bei der Anwendung in E-Cargobikes werden häufig Dual-Packs (Einsatz von zwei Batterien, z.B. 2 x 625 Wh = 1250 Wh) angeboten.

#### **Benchmark Elektroautos (IK)**

Über die Analysen zu Normen, Batteriesystemen, Motoren und E-Cargobikes hinaus ist eine Benchmarkanalyse bezüglich Elektrofahrzeuge begonnen worden. Ziel soll der Erkenntnisgewinn darüber sein, wie viele Elektroautos in den vergangenen Jahren mit welchen Batteriesystemen und mit welchen Kapazitäten in Deutschland zugelassen wurden. Hintergrund des gewünschten Erkenntnisbedarfs ist die potentielle Implementierung eines gebrauchten Batteriesystems (Traktionsbatterie) eines E-Autos in ein E-Cargobike als eine mögliche Option eines Second-Life. Hierfür wurde eine erste Onlinerecherche durchgeführt, die sich im ersten Schritt auf die Datensichtung und -auswertung des Kraftfahrtbundesamtes konzentrierte. Im zweiten Schritt wurde auf Grundlage dieser Daten eine weiterführende Recherche zu den dort angegebenen Modellen betrieben, um zusätzliche Daten zum

jeweiligen Modell zu erlangen. Auf Basis dieser recherchierten Daten wurde berechnet, i) wie viele Zellen ii) welcher Art iii) mit welcher Kapazität und iv) welcher Spannung momentan in Deutschland über die letzten Jahre zugelassen wurden. Als Zwischenergebnis ist festzuhalten, dass auch bei elektrischen Automobilen die verschiedenen Batterietypen (Rundzelle, Pouchzelle, prismatische Zelle) zum Einsatz kommen.

### **Interview Batterie-Lebensdauer (IK)**

Um erste Kenntnisse darüber zu gewinnen, wie ein Akkumulator aufgebaut ist und welche internen und externen Faktoren die Lebensdauer eines Akkumulatoren beeinflussen, wurde ein Interview mit einem wissenschaftlichen Mitarbeiter der Arbeitsgruppe Energiespeichersysteme des IK geführt. Aus dem Interview ging hervor, welcher Akkumulatoraufbau, welche Akkumulatornutzung und welche äußeren Einflüsse vermieden werden sollten und welche zu einer Verlängerung der Akkumulatorlebensdauer beiträgt. Dokumentiert wurden die Inhalte des Interviews in Form eines Interviewprotokolls. Elementare Einflüsse bilden die Zyklenzahl, der Nutzungsbereich bzw. Ladezustand (z.B. 0-100%; 20-80%; o.ä.) sowie die von der Batterie erfahrene Temperatur.

### **Analyse entsorgter Batteriesysteme (IK)**

Um Wissen über aktuelle bzw. ältere Batteriesysteme aufzubauen, wurde eine Analyse mehrerer Batteriesysteme begonnen, die im Folgenden „entsorgter“ Batteriesysteme genannt werden. Hiermit sind Batteriesysteme gemeint, die aufgrund ihrer Entsorgung als Elektroschrott bei dem Partner electrocycling GmbH angekommen sind. Ziel der Analyse war es zum einen, Informationen zum Zustand der entsorgten Batteriesysteme zu erhalten. Hierzu zählen bspw. der i) Zustand des Gehäuses und ii) der Elektronik sowie Kennwerte des Batteriesystems wie iii) Spannung, aber auch iv) Gewicht, v) Art, vi) Anzahl und vii) Schaltung der Zellen u.v.m. Zum anderen sollte durch die Analyse eine Abschätzung getroffen werden, inwieweit eine Zellentnahme bzw. ein Zelltausch möglich wären, um das Batteriesystem wieder nutzbar zu machen (Schritte Messung und Zertifizierung vorausgesetzt). Darüber hinaus sollen aus der Analyse ergänzend zum oben beschriebenen Benchmark Entwicklungstrends abgeleitet werden.

Für die Analyse wurde durch den Partner electrocycling GmbH eine Vielzahl an Batteriesystemen gesammelt und bereitgestellt. Aus dieser Sammlung wurden 17 verschiedene Batteriesysteme ausgewählt und mithilfe handelsüblicher Werkzeuge bis auf die Zelle zerlegt. Es wurde die Spannung der Batteriesysteme gemessen, der Aufbau fotodokumentiert und die wichtigsten Eckdaten tabellarisch für alle Systeme hinterlegt.



## Ergebnisse

Als Zwischenergebnisse kann festgehalten werden, dass die untersuchten Systeme zum größten Teil die gleichen vier Komponenten aufweisen: Gehäuse, Batteriemanagementsystem, Batteriezellen (auch Akkumulator-Pack genannt) und Temperatursensor. Die Form und der Aufbau dieser Komponenten weichen jedoch von Hersteller zu Hersteller stark voneinander ab. Die einzige größere und erkennbare Gemeinsamkeit/Standardisierung, die sich über die Jahre herausgebildet hat, scheint die 18650-Batteriezelle zu sein, die nahezu in jedem Akkumulator verbaut ist. Abweichend davon wurden auch Pouchzellen und prismatische Zellen vorgefunden. Die Spannungsmessungen der entsorgten Batteriesysteme ergaben sehr unterschiedliche Ergebnisse. Einige Batterien und Zellen schienen der Spannung nach noch voll funktionstüchtig zu sein, während andere tiefentladen waren. Funktionsrelevante Beschädigungen waren nur in wenigen Fällen von außen erkennbar. Der Aufwand, der für die Zerlegung der Batterie und insbesondere für die Entnahme einzelner Zellen investiert werden musste, fiel je nach Modell und Bauweise sehr unterschiedlich hoch aus. So musste bei der Zerlegung mehrerer Systeme Gewalt aufgewandt werden, um an die Zellen zu gelangen. Die Zerstörung anliegender Bauteile und auch Beschädigungen an der Zelle selbst mussten dabei in Kauf genommen werden. Über alle untersuchten Batteriesysteme hinweg lässt sich sagen, dass bei deren Konstruktion ein zukünftiger Austausch der Zellen nicht vorgesehen war oder diese Möglichkeit eine stark untergeordnete Rolle gespielt hat.

Erkenntnisse sind zum einen, dass es innerhalb der Batteriesysteme großes Potential zur Standardisierung besteht und zu Gunsten eines Zelltauschs auch erhöhter Bedarf hierfür besteht. Ein standardisierter Aufbau sollte konstruktionstechnisch eine leichte Entnahme der Zellen zum Zweck eines Wechsels ermöglichen, da angenommen wird, dass funktionstüchtige Zellen auf diese Weise wieder zu neuen Batteriepacks zusammengestellt werden könnten. Ebenfalls könnten durch einen Austausch defekter Zellen kapazitätsschwache oder defekte Batteriesysteme wiederaufbereitet werden.

### **Recherche zur Aufbereitung / Weiterverwendung / Recycling von Batterien (IK)**

Eine erste Online-Recherche ergab ein breites Spektrum von Aktivitäten rund um defekte Batteriesysteme. Es gibt Unternehmen (z.B. [akkuman.de](http://akkuman.de)), die den Service anbieten, Batteriesysteme anzunehmen und defekte Zellen (bzw. das gesamte Batteriepack) durch intakte auszutauschen und so die Lebensdauer des Systems zu verlängern. Hierbei geht die Gewährleistung des Herstellers verloren, da die Systeme gewöhnlicher Weise nicht geöffnet werden dürfen. Ein weiteres für das Projekt interessantes Prinzip stellt die (stichprobenartige) Prüfung bereits genutzter Batteriesysteme oder Zellen dar, die anschließend einer weiteren

Nutzung zur Verfügung gestellt werden können (z.B. LB.systems). Ebenfalls kann beim Recycling von Li-Ion-Batterien angesetzt werden: Ein Unternehmen strebt eine erhöhte Recyclingeffizienz (Recyclingquote 91% gegenüber 32% bei pyrometallurgischem Recycling, Quelle: duesenfeld.com) auf Basis einer eigens entwickelten Recyclingprozesskette an.

### **Herausforderungen mit dem Batteriesystem Bosch PowerPack 500 (IK)**

Im Rahmen des Forschungsprojektes wurde das Batteriesystem PowerPack 500 der Firma Bosch hinsichtlich der Reparier- und Wiederverwendbarkeit untersucht. Hierbei gab es neben mangelnder Dokumentation und fehlender Demontageanleitungen vor allem softwareseitige Hürden.

Für die Untersuchungen wurden neue und gebrauchte Batteriesysteme der Firma Bosch demontiert. Zu Beginn wurde der Zustand dokumentiert, um vor der Demontage eine Entscheidung über die mögliche weiteren Verwendung zu treffen. Hierfür wurde neben dem optischen Zustand auch Messwerte des Batteriesystems herangezogen. Bei den Bosch-Systemen war eine Bewertung des Zustandes der verbauten Zellen z.B. durch Zyklisierung oder messen der Zellspannung im zusammengebauten Zustand nicht möglich. Die Freischaltung des Energiespeichers erfolgte bei den betrachteten Bosch-Systemen erst durch Kommunikation des Batteriesystems per CAN-BUS Signal mit dem Bordcomputer eines Fahrrads. Ein Auslesen der Betriebsdaten zur Bestimmung des Zustandes des Batteriesystems war mit auch mit einem Bosch Diagnosesystem nicht möglich. Dadurch konnten vor der Demontage keine Daten des Zustandes des Batteriesystems ermittelt werden. Durch die Abschaltung des Ausgangs war weder eine Zustandsbestimmung der Zellen noch die für eine sichere Demontage bzw. Recycling notwendige Tiefenentladung der Zellen möglich.

Die Demontage erfolgte in mehreren Schritten, beginnend mit dem Öffnen des Gehäuses, entnehmen des Zellstacks und dekontaktieren des BMS und der einzelnen Zellen. Hier machten sich vor allem fehlenden reversiblen Demontageschnittstellen im Bereich des Gehäuses bemerkbar. Wodurch das Öffnen der Gehäusehälften nicht ohne Beschädigung der Kunststoffteile möglich war. Bei der Entnahme des BMS kam es durch die Dekontaktierung zu Fehlermeldungen im Fehlerspeicher des BMS, was dessen Sperrung nach sich zog. Der Fehlerspeicher konnte auch mit einer von der Firma Bosch an Händler bereitgestellten Diagnosesoftware nur teilweise zurückgesetzt werden. Die Zellen waren punktgeschweißt und ließen sich nur zerstörend von der Busbar lösen. Hierbei kam es teilweise auch zu Beschädigungen an den Zellen.

## Ergebnisse

Die Reparierbarkeit wurde hinsichtlich der fehlenden Ersatzteilverfügbarkeit nicht weiter betrachtet, da eine zerstörungsfreie Demontage des Batteriesystems nicht möglich war. Herstellerseitig waren weder das Gehäuse, BMS oder die Busbar als Ersatzteil verfügbar.

Im Rahmen des Forschungsprojektes wurden kreislauf- und brandschutzoptimierte Prototypen aufgebaut. Hierfür war die Verwendung von originalen BMS notwendig, um die Kompatibilität mit dem im Projekt betrachteten Lastenfahrrad zu gewährleisten. Durch die fehlende Ersatzteilverfügbarkeit mussten die benötigten BMS für die aufgebauten Prototypen aus neuen und gebrauchten Bosch Batteriesystemen ausgebaut werden. Dies stellte neben einem hohen ökonomischen auch einen großen Demontageaufwand dar. Hierbei kam es häufig zur Sperrung der Systeme durch Fehlermeldungen, die beim Ein- und Ausbau des BMS auftraten. Diese Sperrungen konnte mit dem verfügbaren Bosch Diagnosesystem meist nicht aufgehoben werden und machte diese somit unbrauchbar. Dies schränkte die Anzahl an funktionstüchtigen Prototypen im Projekt ein.

### **Zerlegeversuch Fahrradatterie und Gewinnung von Zellen (Electrocycling GmbH)**

Viele aufladbare Lithiumbatterien für Geräte, nachfolgend Gerätebatterien genannt, z.B. in Akkuschaubern, Gartengeräten, Notebooks, Haushaltsgeräten und E-Bikes, sind aus mehreren Zellen einer gleichen Größe über Brücken zu einem Batterieblock verschaltet. Die Kombination aus Reihen und Parallelschaltung bietet dann die Möglichkeit, die gewünschte Spannung und Kapazität zu erreichen. Fallen jetzt durch Alterung oder Fehler einzelne Zellen aus, ist der gesamte Block nicht mehr brauchbar. Jedoch könnten einige Zellen weiterverwendet werden. Aufgrund des gegebenen Standards der Zellengrößen und der großen Menge an Gerätebatterien, die in den Recyclingbetrieben ankommen, ist eine wirtschaftliche Wiederverwendung denkbar.

Dieses war der Anlass, verschiedene Gerätebatterien auf die Demontierbarkeit zu prüfen und im weiteren Vorgehen Fahrradatterien zu zerlegen. Die daraus gewonnenen Kenntnisse haben unseren Projektpartner vom IK Braunschweig und der Stöbich GmbH die Grundlage gegeben, eine auf Wiederverwendbarkeit optimierte Fahrradatterie zu entwickeln. Das IK Braunschweig hat eine Batterie entwickelt, in der Zellen im First-Life verwendet werden, und bei den Zellen nach einem Defekt leicht demontiert werden können. Die Stöbich GmbH hat sich darauf fokussiert, Zellen im Second-Life zu verwenden. Hier steht der Brandschutz im Fokus.

Zur Bewertung der jeweils entworfenen Fahrradatterie wurde final eine Demontage der jeweiligen Batterie durchgeführt. Als Referenz bei der Demontage wurde eine standardgemäße Fahrradatterie von Bosch mit zerlegt. Dieser Batterietyp von Bosch wurde im Lauf des Projekts mehrmals demontiert und besaß schon in der Entwicklung einen Referenzstatus. Zur objektivieren Bewertung bei der Demontage wurde die Zerlegbarkeit bei der Bosch-Batterie zweimal bewertet. Die erste Bewertung wurde auf der Grundlage durchgeführt, dass diese von einem über den Aufbau „wissenden“ Mitarbeiter des IK Braunschweig zerlegt wurde. Die zweite Bewertung wurde auf der Basis durchgeführt, dass eine „nichtwissende“ Person über den Aufbau der Batterie von der Electrocycling GmbH diese zerlegt hat. Die Demontage der Batterien vom IK Braunschweig und der Stöbich GmbH wurde ebenfalls von der „nichtwissenden“ Person durchgeführt.

## Ergebnisse

Die Demontage der drei Fahrradbatterietypen (Bosch, IK, Stöbich) wurde unter folgende Kriterien bewertet:

- Aufwand der Demontage des Gehäuses
- Aufwand der Entnahme Platine, Stecker, Kabel
- Aufwand der Vereinzelung Zellenpaket
- Aufwand der Entnahme /Dekontaktierung Zellen

Die Bewertung beschreibt die Qualität des Zerlegeprozesses und soll als Validierung der durchgeführten Maßnahmen in der Entwicklung der Fahrradbatterien vom IK Braunschweig und der Stöbich GmbH dienen. Die Bewertung erfolgt über ein Punktesystem von eins bis zehn. Eins beschreibt den schlechtesten Zustand, zehn den besten.

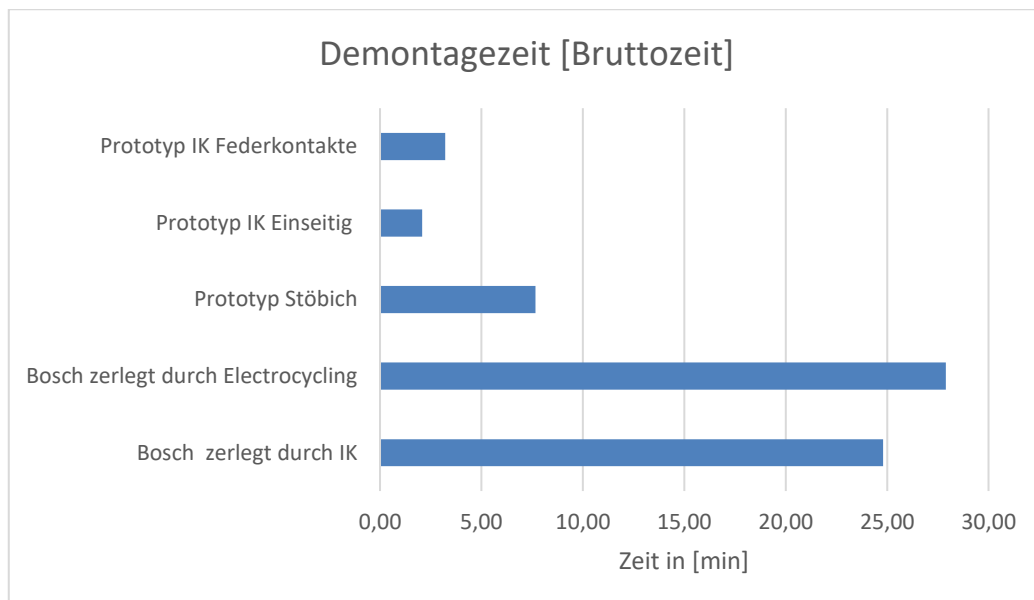
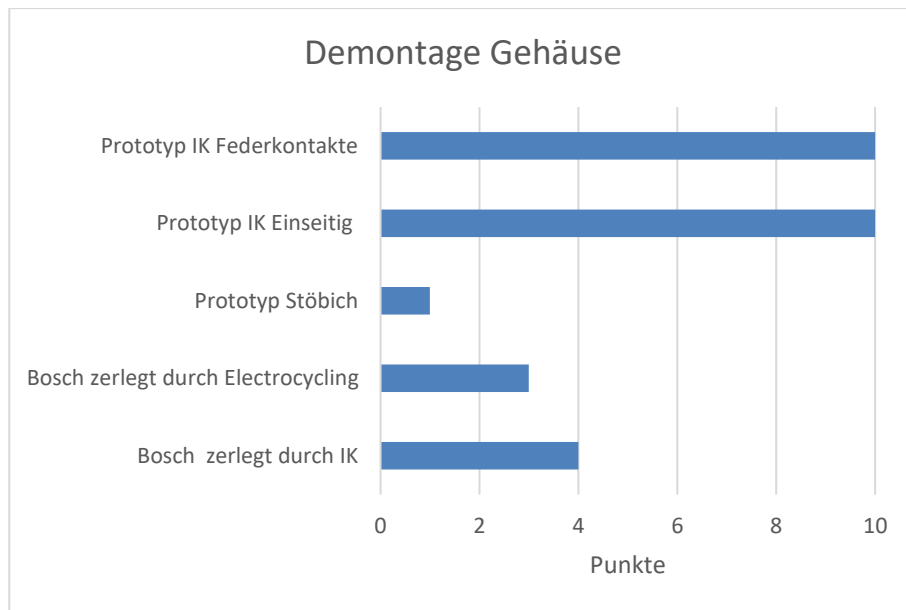
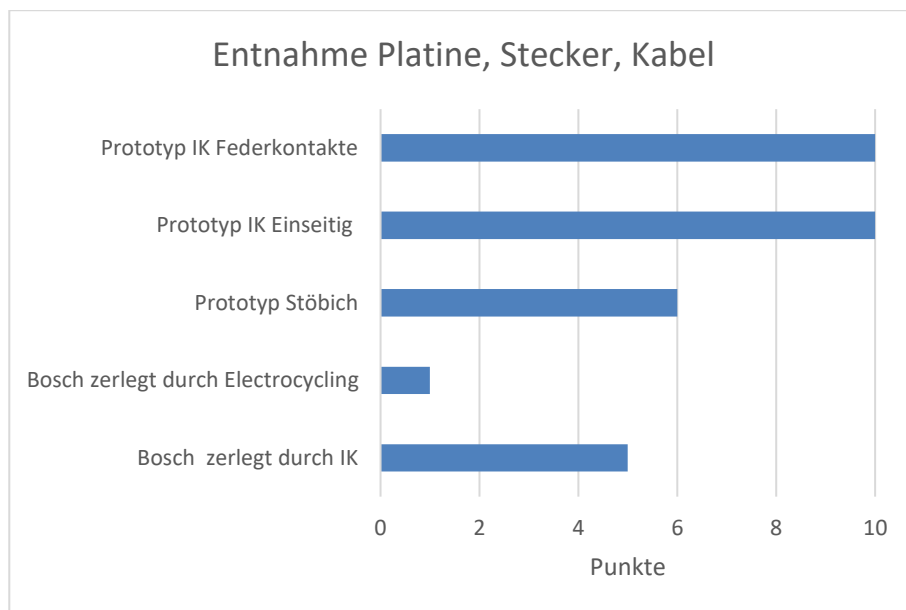


Abbildung 3-42 - Übersicht Bruttozeit für die Demontage



*Abbildung 3-43 - Bewertung der Demontage Gehäuse*



*Abbildung 3-44 - Bewertung Entnahme Platine, Stecker, Kabel*

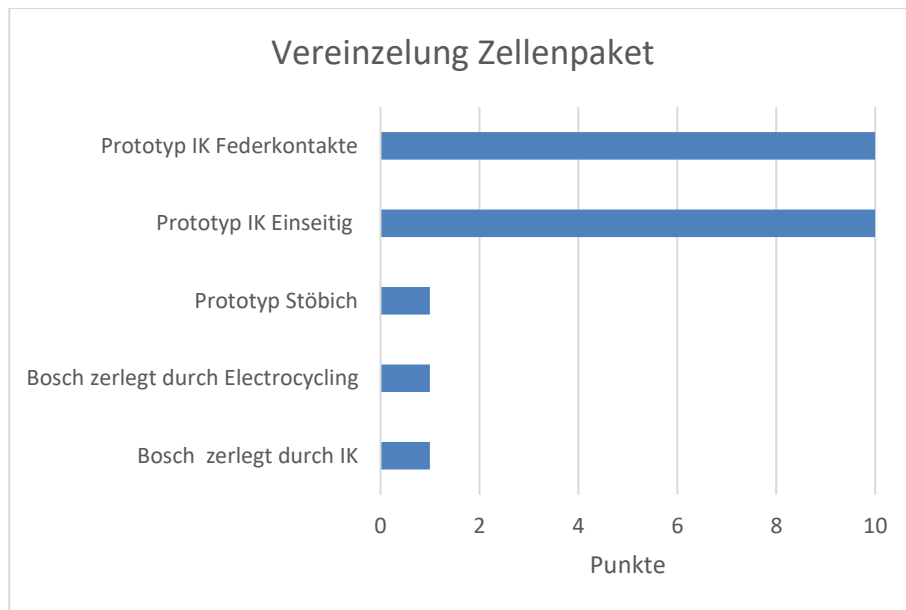


Abbildung 3-45 - Bewertung Vereinzelung Zellenpaket

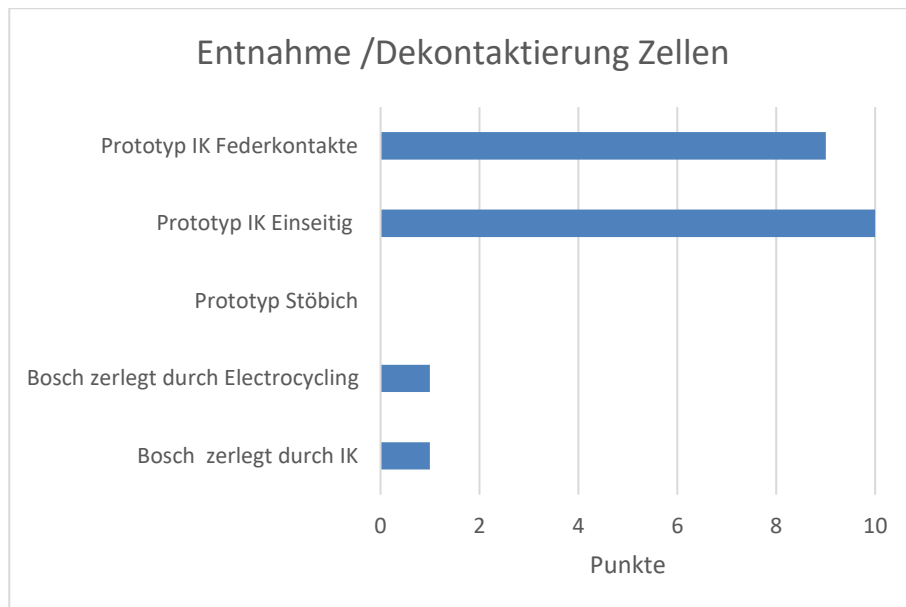


Abbildung 3-46 - Bewertung Entnahme /Dekontaktierung Zellen

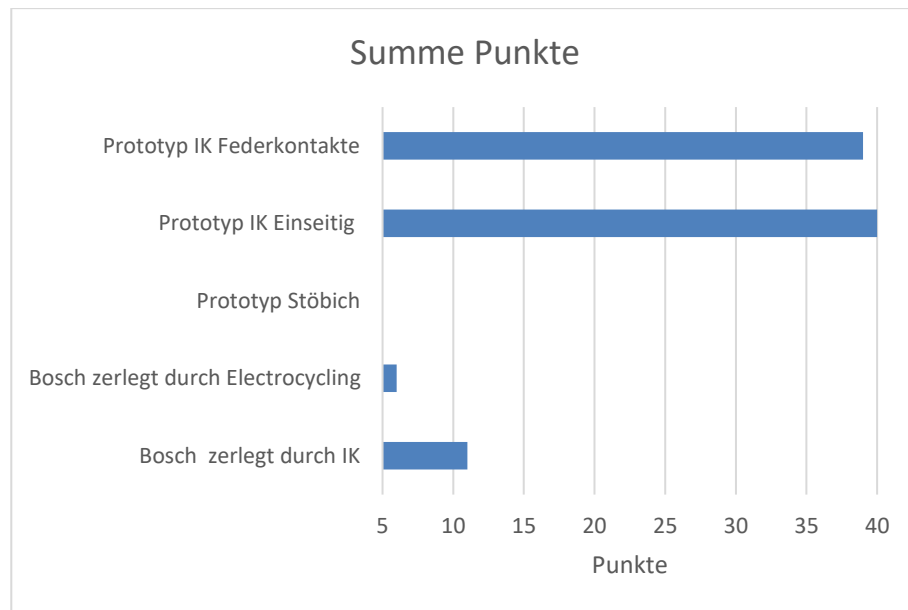


Abbildung 3-47 - Summe der erreichten Punkte

Die Auswertung der Zerlegung zeigt, dass die entwickelten Fahrradbatterien eine deutliche Verbesserung in der Demontagezeit aufweisen gegenüber den marktüblichen Fabrikaten. Unter Anderem ist die Zellenentnahme bei den Batterien des IK Braunschweig so gestaltet, dass eine Weiterverwendung der Zellen gewährleistet ist. Die Batterie von der Firma Stöbich wurde dieser Betrachtung nicht unterzogen, da die verbauten Zellen schon im Second-Life genutzt worden sind. Hier lag der Fokus an der Wiederverwendbarkeit der anderen Bestandteile der Batterie. Dies ist ebenfalls gegeben.

### **Batterie: Finale Schlüsse aus der Zerlegungsanalyse (IK)**

Die Ergebnisse der Zerlegungsanalyse wurden ausgewertet und dem Projektkonsortium vorgestellt. Ergebnis war eine Übersicht über die Art und den Zustand entsorgter Batteriesysteme, so wurde beispielhaft festgestellt, dass 88 % der Rückläufer eine Ladeanzeige und 76 % einen Tragegriff aufweisen. Die Gehäuse bestehen in 45 % der Rückläufer aus Metall und in 55 % aus Kunststoff, der Aufbau besteht in 47 % aus Halbschalen, in 35 % liegt ein mehrteiliges Gehäuse vor, in 18 % ist es ein Trog mit Deckel. Während die Demontage des Gehäuses und die Entnahme des Zellpaketes überwiegend einfach zu erledigen war, besteht eine große Schwierigkeit in der Dekontaktierung der Zellen, diese war nur bei 19 % der Systeme einfach. Diese Ergebnisse bestätigen den letztjährigen Erkenntnisgewinn, dass großes Potential in der konstruktiven Optimierung der Zellentnahme liegt, um entsorgte Batteriesysteme besser kreislaufführen zu können.



### **Teilprojekt „Akku“-Havarieschutz (Stöbich)**

#### Gestaltung – Brandsicheres Batteriegehäuse

Aufgrund der Gefahren, die von gebrauchten Lithium-Ionen-Akkumulatoren ausgehen können, werden an ein Gehäuse für solche Zellen besondere Anforderungen gestellt. Neben dem Brandschutz muss auch sichergestellt sein, dass keine Personen oder Sachwerte durch die toxischen und korrosiven Gase geschädigt werden. Insbesondere bei einem Lastenrad, mit dem ggfs. auch Kinder im Laderaum transportiert werden und es eine gewisse Zeit braucht, bis der Gefahrenbereich während der Fahrt verlassen werden kann.

Dazu ist das Akkumulatorgehäuse zweiteilig aufgebaut. In einem Teil werden die Zellen mit entsprechendem Brandschutz untergebracht. In einem zweiten Teil ist ein Filtergranulat untergebracht, dass die Gase bei einer Havarie behandelt und toxische Stäube und Feststoffe zurückhält.

Eine Herausforderung besteht weiterhin darin, dass das Gehäuse in möglichst vielen Lastenrädern eingesetzt werden kann, ohne konstruktive Veränderungen vornehmen zu müssen. Das ergibt wirtschaftliche Vorteile aufgrund von wenigen Varianten und vielen Gleichteilen. Darüber hinaus ist es für Recyclingbetriebe einfacher, wenn häufig gleiche Produkte zum Zerlegen vorhanden sind. Die Zerlegezeiten können damit reduziert werden.

Der Akkumulator soll in der Ladefläche der Lastenräder unterkommen. Es wurden verschiedene marktverfügbare Lastenräder evaluiert und in Bezug auf die Größe der Ladefläche untersucht. Ziel war, eine Mindestfläche zu ermitteln, auf der ein UniversalAkkumulator untergebracht werden kann. Das würde die Ladefläche in der Höhe beeinflussen, nicht in der horizontalen Ausdehnung. Für diese Fläche wurde erstmals ein Akkumulatorpack designed, das eine minimale Bauhöhe aufweist und einer Belastung durch Zuladung standhält. Freie Volumen auf der Ladefläche, die durch das Einbringen des Akkumulators entstehen, werden durch 3D-gedruckte Füllkörper ausgeglichen. So entsteht wieder eine ebene Fläche.

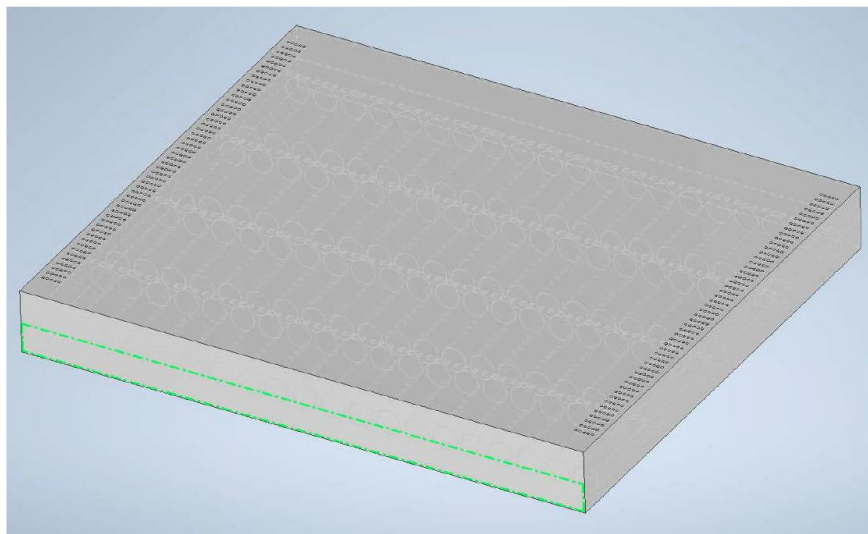
Second-Life Akkumulatoren kommen aus Anwendungen, in denen die Zellen aufgrund Ihrer Alterung nicht mehr den vollen Energieinhalt liefern. Ein Akkumulator aus gebrauchten Zellen wird daher eine geringere Kapazität und damit eine geringere Reichweite haben als ein Akkumulator mit neuen Zellen. Um dem entgegenzuwirken wird das Batteriegehäuse für die doppelte Anzahl von Zellen ausgelegt. So wird die Reichweite des Lastenrads nicht nur beibehalten, sie wird sich sogar erhöhen.

Im Umkehrschluss erzeugt der höhere Energieinhalt höhere Anforderungen an die Sicherheitsmaßnahmen. Um die erforderlichen Kühlmaterialien und die Menge an

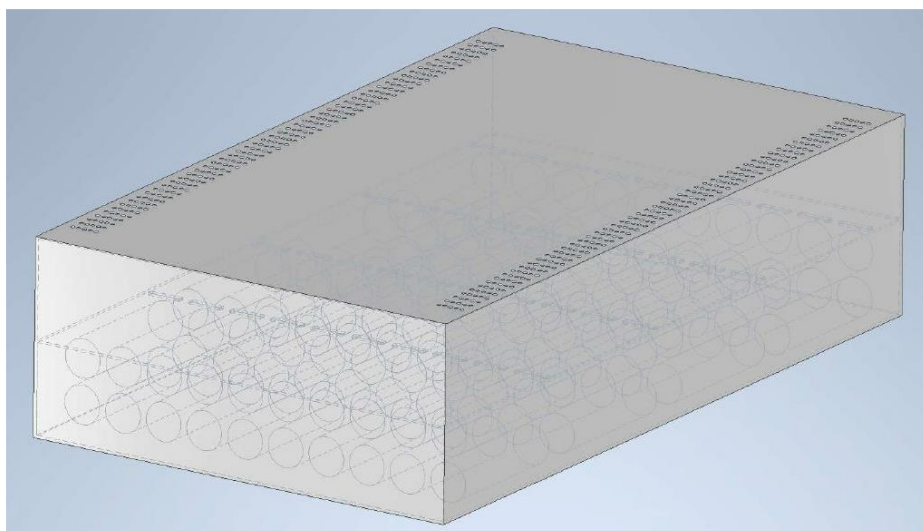
## Ergebnisse

Filtergranulat richtig auszulegen, wurden die im Havariefall entstehenden Wärme- und Gasmengen berechnet.

Das Konstruktionstool für die Akkumulatorpacks ist so gestaltet, dass automatisiert Varianten im 3D-CAD erzeugt werden können. Parametrierbare Algorithmen zeichnen automatisiert die gewünschten Varianten. Die Parameter sind die Anzahl der Akkumulator je Dimension. Das Volumen für die notwendigen wärmeverzehrenden Materialien und die Filterschüttung werden automatisiert gezeichnet. So können zukünftige Anforderungen an größere Kapazitäten, z.B. Lastenräder im kommerziellen Bereich, Größenordnung 3 kWh, mit wenig Aufwand umgesetzt werden. Die folgenden Abbildungen zeigen Beispiele für verschiedene Batteriegehäuse.



*Abbildung 3-48 - Batteriegehäuse St-tec 20x4x1*

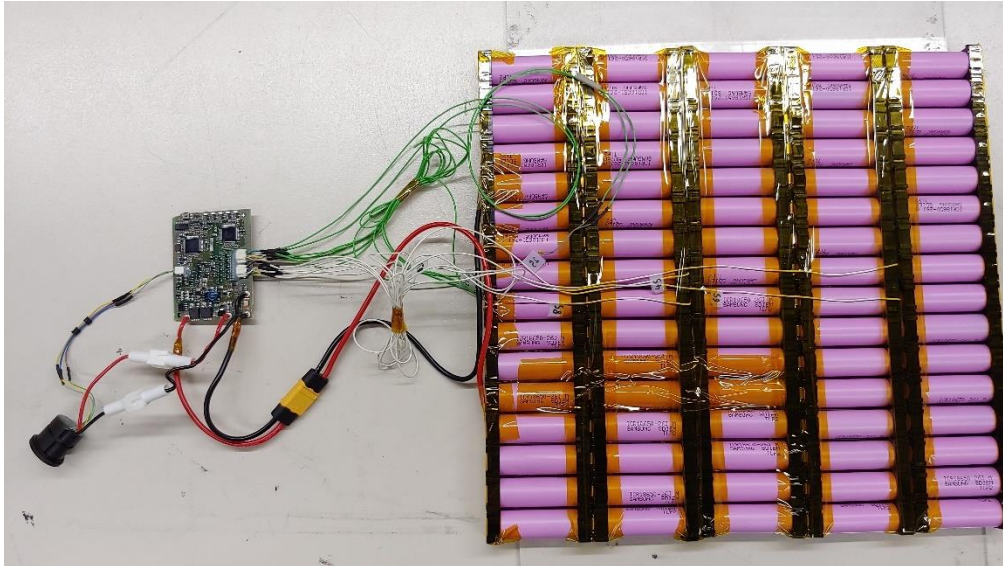


*Abbildung 3-49 - Batteriegehäuse St-tec 10x4x2*

## Ergebnisse

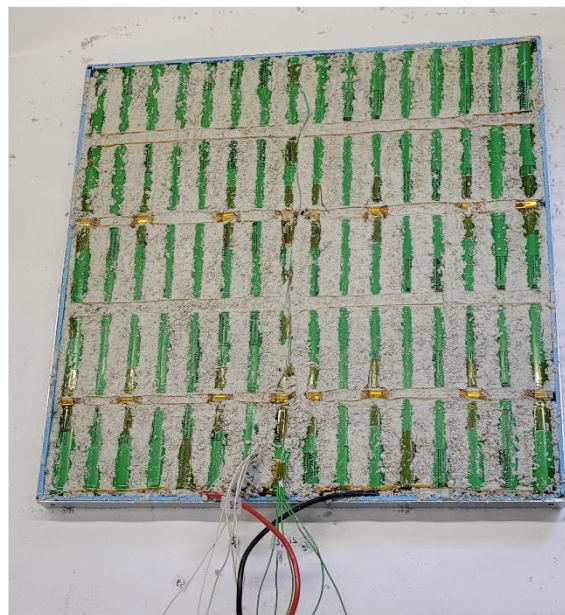
### Montage des Gehäuses:

Die Batterie wurde in Zusammenarbeit mit der TU Braunschweig gebaut. Die TU hat bei der Konfektionierung und Verbindung der Zellen unterstützt. Anschließend wurde das Gehäuse gemeinsam bestückt und montiert. Die folgenden Abbildungen zeigen die Montageschritte.



*Abbildung 3-50 - Flatpack für Sicherheitsgehäuse inkl. BMS*

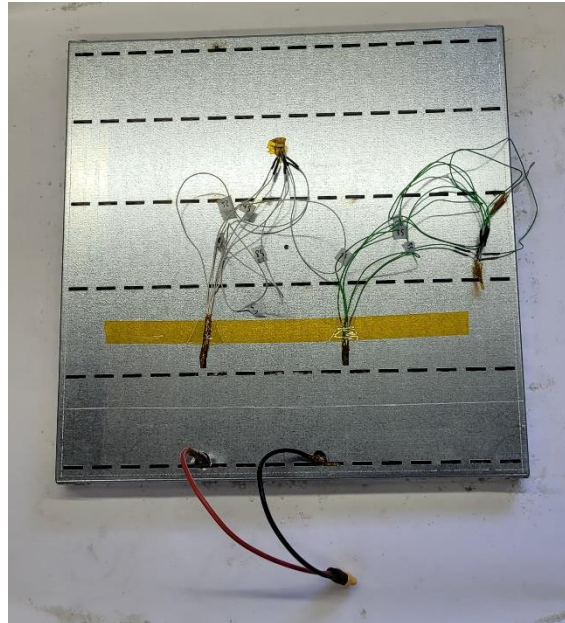
Die Zellen sind per Punktschweißverfahren miteinander verbunden. Perspektivisch soll eine Lösung genutzt werden, die sich besser trennen lässt. Als Ansätze dienen die Ideen aus dem Workshop „Reversible Kontaktierung“. Das Batteriemanagementsystem, kurz BMS, ist aus einem Bosch PowerPack 500.



*Abbildung 3-51 - Flatpack in Sicherheitsgehäuse inkl. Vergussmass*

## Ergebnisse

Als Kühlmateriel kommt an den Außenwänden des Gehäuses EneX 3000 zum Einsatz. Das Material speichert Hydratwasser, das ab einer Temperatur von 95 °C Wasser freisetzt. Das Wasser geht bei 100 °C in die Dampfphase über und hat dann eine sehr gute Kühlwirkung. Damit werden die Außenwände des Batteriegehäuses so kalt gehalten, dass sich anliegende Brandlasten nicht entzünden. Die Zellzwischenräume werden mit einem ähnlichen Material, jedoch in Pulverform verfüllt. Damit soll verhindert werden, dass eine brennende Zelle die Nachbarzelle ansteckt. Die Materialien lassen sich mehrfach verwenden, sofern es nicht zu einem Brand im Gehäuse kommt.



*Abbildung 3-52 - Geschlossener Zellbereich im Sicherheitsgehäuse*

Der Deckel des Zellfachs ist mit mehreren Schlitzten versehen. Im Brandfall strömen die heißen und toxischen Gase durch diese Schlitzte in den Filterbereich. Das Zellfach selbst ist gasdicht verschlossen. Die Gase können erst aus dem Batteriegehäuse austreten, wenn sie den Filter durchlaufen haben. Das Filtermaterial lässt sich einfach aus dem Gehäuse schütten oder absaugen und kann mehrfach verwendet werden, sofern es nicht zum Brand im Gehäuse kommt.

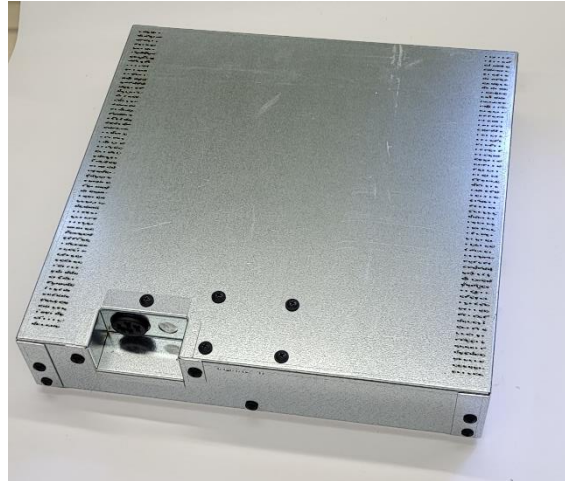


Abbildung 3-53 - Geschlossenes Sicherheitsgehäuse

Der Filterbereich wird mit einem Deckel verschlossen, in dem sich mehrere Bohrungen befinden, aus denen die gefilterten Gase austreten können. Gehäuse und Gehäusedeckel werden durch Schrauben miteinander fixiert. So wird eine einfache Demontage gewährleistet.

### **Batterie: Pilotprojekt (IK)**

Basierend auf den oben erläuterten Schlüssen aus der Zerlegungsanalyse soll ein Prototyp eines kreislauffähigeren Akkumulatoren für die Nutzung im beschafften E-Cargo aufgebaut werden. Es wurden dafür Anforderungen definiert und in einer Anforderungsliste festgehalten. Neben der Wahl geeigneter Werkstoffe, der Möglichkeit einer zerstörungsfreien Öffnung des Gehäuses und anderer Fügeprozesse wie Kleben oder Schweißen, liegt ein wesentlicher Schwerpunkt der Entwicklung auf der oben bereits erwähnten Kontaktierung der einzelnen zylindrischen Batteriezellen des Akkumulatoren. In aktuellen Fahrrad-Akkumulatoren werden die Zellen entsprechend ihrer internen Verschaltung (Parallel- und Reihenschaltungen einzelner Zellen) per Widerstandspunktschweißen mit dünnem Nickel oder vernickelten Stahlblechen elektrisch leitend verbunden. Bei allen untersuchten Fahrrad-Akkumulatoren, die aus Rundzellen aufgebaut wurden, werden die einzelnen Rundzellen durch Kunststoffgitter vor dem Verschweißen in Position gebracht. Die Kunststoffstrukturen verbleiben in dem Akkumulator und dienen zusammen mit den verschweißten Blechen der mechanischen Stabilität des Fahrrad-Akkumulatoren.



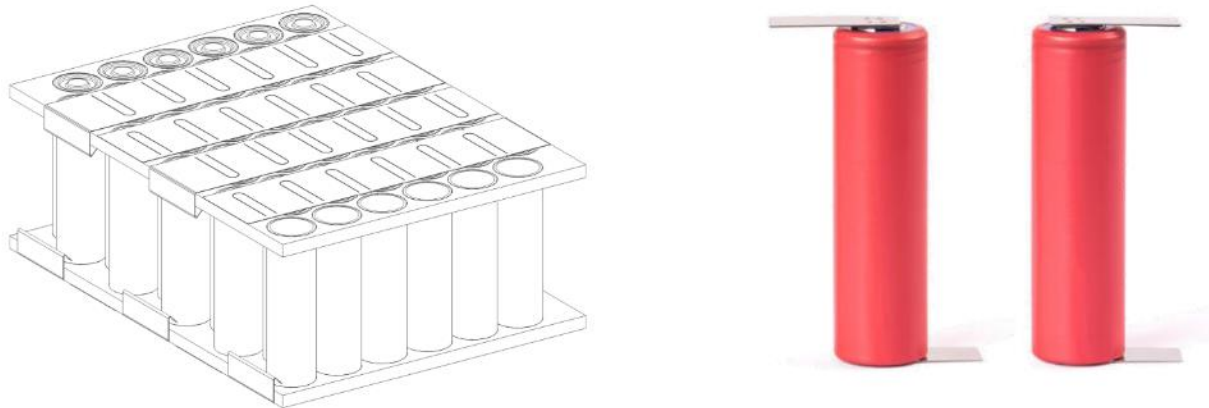


*Abbildung 3-54 - Zwei Akkupacks mit BMS, Kontaktierungsblechen und Kunststoffgittern [30]*

Die beschriebenen Bleche aus Nickel oder vernickeltem Stahl erschweren das Entnehmen bzw. Tauschen einzelner Batteriezellen erheblich, da die Schweißverbindungen vor allem auf der Unterseite der Rundzelle so ausgeführt sind, dass beim Entfernen der Bleche das Zellgehäuse geöffnet wird. Der austretende organische Elektrolyt stellt dann ein Gesundheitsrisiko dar und macht die Zelle unbrauchbar. Auf der Oberseite der Zelle sind die Bleche an der Deckelbaugruppe verschweißt die beim Entfernen der Bleche lediglich etwas verbiegt, aber nicht direkt Elektrolyt freigibt. Für diese Problematik wurde innerhalb des Verbundprojektes ein hohes Potential zur Verbesserung identifiziert und Konzepte zur besseren Kontaktierung für einen kreislauffähigeren Fahrrad-Akkumulator erarbeitet. Die Konzepte sollten dabei das Lösen der Kontaktierung so vereinfachen, dass die noch funktionsfähigen Batteriezellen entweder im Batteriesystem verbleiben und die defekten Zellen ersetzt werden oder die funktionsfähigen Batteriezellen einer neuen möglichst hochwertigen Nutzung zugeführt werden. Die Zellen des Prototyps sollen dabei ebenfalls über die Kontaktierungsbleche verbunden werden, da dieses Fügeverfahren leicht automatisierbar und günstiger als gängige lösbare Verbindungen wie beispielsweise Klemmkontakte oder Gewinde allerdings ist, sind die Bleche im Bereich des Kontakts so ausgeführt, dass beim Ablösen der Bleche sog. Lötflächen an den Zellen verbleiben. Lötflächen sind kleinere Blechstreifen, die bereits an den Zellen verschweißt sind und die Integration in Batteriesysteme erleichtern, da nicht mehr direkt an der Zelle beispielsweise geschweißt oder gelötet werden muss. Dieses Konzept ermöglicht es, die funktionsfähigen Zellen in einem neuen Batteriesystem wiederverwenden zu können. Auch das Konzept der Lötflächen ist bereits bei konventionellen zylindrischen Zellen bewährt, sodass sichergestellt wird, dass die Zellen ohne großen Aufwand weiter genutzt werden können. Dies kann sowohl über lange U-förmige Einschnitte oder perforierte Bereiche umgesetzt werden und wird Gegenstand erster Vorversuche zu den

## Ergebnisse

Prototypen sein. Im Rahmen der Vorversuche wurde ebenfalls geklärt, ob die Bleche so ausgeführt werden können, dass sie sich ähnlich wie Aufreisssdeckel (bspw. Konserven oder Getränkedosen) dekontaktieren lassen. Ergänzend dazu wurde der Kunststoffrahmen so ausgeführt, dass er zerlegbar ist, damit die Zellen mit den Lötflächen aus dem Batteriesystem entnommen werden können ohne dass diese verbiegen.



*Abbildung 3-55 - Links: Konzept Akkumulatorprototyp mit U-förmigen Einschnitten und seitlichen Zuglaschen (eigene Abbildung rechts: Rundzelle (18650) mit Lötflächen in U-Konfiguration*

### **Designrichtlinien an ein recyclinggerechtes Produktdesign für Lithium-Ionen-Batterien in mobiler Anwendung (IK)**

Im Rahmen einer Projektarbeit sollten ein Anforderungsprofil und Designrichtlinien an ein recyclinggerechtes Produktdesign für Lithium-Ionen-Batterien in mobiler Anwendung entwickelt werden. Bei dieser Arbeit ergaben sich folgende Ergebnisse [40]:

#### *Anforderungsprofil*

Das Anforderungsprofil für ein recyclinggerechtes Batteriesystem wird im Folgenden in die Unterpunkte Gehäuse, Zellpack sowie allgemeine Anforderungen unterteilt. Außerdem können die wie in der folgenden Tabelle 2 in ihrer Art, also Festanforderung (F), Mindestanforderung (M) und Wunschanforderung (W), hierarchisiert werden. Die Mehrheit der Anforderungen kommt dabei aus der Forderung ein recyclinggerechtes System zu entwickeln, allerdings werden die Forderungen der Kunden/-innen und des Produzenten, sowie die rechtlichen Rahmenbedingungen mitberücksichtigt.

## Ergebnisse

Tabelle 3-13 - Anforderungen und ihre Art an bestimmte Baugruppen

Baugruppe	Anforderungen	Anforderungsart
Gehäuse	- Reversibel öffnendes Gehäuse	F
	- Wasserdichtigkeit	F
	- Schutz vor Eindringen von Schmutz	F
	- Technische Daten auf dem Gehäuse	F
	- Positionierungsvorrichtungen für das Pack im Gehäuse	F
	- Genormter Anschluss	F
	- Zugänglichkeit von Verbindungen	F
	- Ladeanzeige	W
	- Schloss	W
	- Tragegriff	W
Zellpack	- Technische Daten auf den Zellen	F
	- Ausbau und Kontrolle des BMS möglich	F
	- Zugänglichkeit von Verbindungen	F
	- Reversibel trennbare Kontaktierung	F
	- Ausbau von Modulen möglich	M
	- Verwenden von Steckverbindungen	W
Allgemein	- Erstellen von Demontageinformationen	F
	- Sicherheitsrichtlinien einhalten	F
	- Materialkennzeichnung	F
	- Bei Verwendung von Schrauben: Torx oder Imbus	M
	- Trennbarkeit von verschiedenen Materialien	M
	- Kostengünstig	W

Damit ein Gehäuse wiederverwendet werden kann, oder damit Komponenten im Inneren ausgetauscht werden können, ist es essentiell, dass sich das Gehäuse reversibel öffnen lässt. Dazu ist es außerdem wichtig, eine gute Zugänglichkeit zu den zum Öffnen notwendigen Mechanismen vorzusehen. Durch das Einsatzgebiet eines E-Bike Akkumulatoren ergibt sich außerdem

die Notwendigkeit der Wasserdichtigkeit und der Dichtigkeit gegen Schmutzpartikel. Damit das Pack effizienter repariert und recycelt werden kann, ist es wichtig, dass sowohl innen als außen die technischen Daten des Packs auf dem Gehäuse stehen. Dies soll einerseits in Form eines einheitlichen, gut lesbaren Zahlen-Buchstaben-Codes geschehen, und andererseits in Form eines QR-Codes. Dabei sollen mindestens die Art der Zellen, die Kapazität und die Nennspannung angegeben werden. Zur Überprüfung des aktuellen Ladezustandes ist eine Ladeanzeige wünschenswert. Um eine Funktionsuntüchtigkeit durch Verrutschen des Akkumulators oder durch das Lösen von Verbindungselementen bei unwegsamem Gelände oder bei schweren Erschütterungen zu verhindern, ist eine präzise Positionierung des Akkus innerhalb des Gehäuses sehr wichtig. Damit das Pack einfach aufgeladen werden kann, und damit die Art des Akkumulators ausgetauscht werden kann, sind einheitliche (genormte) Anschlüsse zu verwenden. Dies senkt sowohl die Produktionskosten für die Anschlüsse und die benötigten Ladestationen, als auch die Kosten für die Reparatur und den Austausch der genannten Teile.

Zum einfacheren Austausch des Batteriesystems soll dieses vom Fahrrad demontierbar, und



nicht fester Bestandteil des Rahmens sein. Zum Schutz vor Diebstahl ist es allerdings notwendig, dass das Gehäuse über ein Schloss sowohl vor dem Öffnen, als auch vor der Demontage vom Fahrrad gesichert werden kann. Zur Erhöhung des Tragekomforts und zum Schutz vor dem Herunterfallen ist das Vorsehen eines Tragegriffs sinnvoll.

Zur einfachen Trennung von Teilen des Zellpacks ist es vorteilhaft, möglichst nur reversible Verbindungen zu benutzen, wie z.B. Steck- oder Schraubverbindungen. Dazu soll es außerdem aus einzelnen Modulen aufgebaut sein, sodass bei Bedarf zumindest Teile des Packs ausgetauscht werden können. Auch die Kontaktierung soll dabei reversibel trennbar sein. Damit ein Fehler im BMS nicht das gesamte Pack unbrauchbar macht, soll dieses so integriert werden, dass es ausgebaut werden kann, ohne dass man dafür den Rest des Packs auseinandernehmen muss. Dazu ist es außerdem auch notwendig, die benötigten Kabel an das BMS über lösbare Verbindungen anzuschließen. Zur Überprüfung der Funktionstüchtigkeit des BMS nach Ende der Einsatzzeit des Batteriesystems ist die Bereitstellung einer Software erforderlich, mit derer Hilfe das Recyclingunternehmen den Zustand des BMS überprüfen kann. Mit einem Speicherchip und einer geeigneten Software sollen außerdem die Ladezyklen der Zellen erfasst und ausgewertet werden können, sodass der Zustand der Zellen und die voraussichtliche Lebensdauer bestimmt werden kann. Dies hilft bei der Entscheidung, ob die Zellen noch einmal für ein neues Batteriesystem in einer mobilen Anwendung eingesetzt werden können, oder eher in einer Anwendung mit geringen Ladezyklen eingesetzt werden sollten. Zur Demontage des Zellpacks ist wieder eine gute Zugänglichkeit der Verbindungselemente vorzusehen. Damit die Zellen ausgetauscht oder nach Ende des Einsatzzyklus recycelt werden können, ist es zwingend notwendig, die technischen Daten der Zelle auf ihrer äußeren Hülle zu vermerken. Die Daten müssen unbedingt die Art der Zelle, den Elektrolyten, die Spannung, die Kapazität und den Hersteller enthalten. Zur möglichen menschlichen Auslesung der Daten ist dabei ein einheitlicher Zahlen-Buchstaben-Code, und zur maschinellen Auslesung ein QR-Code notwendig.

Allgemein steht die Sicherheit bei allen Anforderungen an oberster Stelle. So muss auch bei einem Batteriesystem für E-Bikes darauf geachtet werden, dass alle geltenden Sicherheitsstandards und Auflagen eingehalten werden, sodass vom Produkt keine Gefahr für den Anwender ausgeht. Allerdings muss bei einem recyclinggerechten Batteriesystem auch darauf geachtet werden, dass auch bei der Reparatur oder Demontage die Gefahr von Kurzschlüssen und die damit verbundenen Risiken für das Fachpersonal minimiert werden. Dazu ist es auch notwendig Demontageanleitungen bereitzustellen, die bestenfalls direkt durch scannen des QR-Codes heruntergeladen werden können. Falls in einem Batteriesystem Schrauben verwendet werden, sollten diese nur die genormten Torx- oder Imbusköpfe besitzen, damit sie einerseits mit gängigem Werkzeug bedient und andererseits auch mehrfach verwendet werden können. Außerdem ist der Einsatz von gewindeschneidenden Schrauben zu

vermeiden, da die so erzeugten Gewindegänge nicht für mehrmaliges ein- und ausdrehen von Schrauben geeignet sind. Eine eindeutige Kennzeichnung der verwendeten Materialien ist ebenfalls wichtig. Dies dient auf der einen Seite dazu, mögliche Gefahrenquellen einfacher zu erkennen. Auf der anderen Seite ist dies sehr wichtig, um im Recyclingprozess die einzelnen Materialien voneinander trennen zu können, und so eine optimale Weiterverarbeitung sicherzustellen. Dabei sollten Materialmische, welche sich nicht mehr voneinander trennen lassen, möglichst vermieden werden. Wie bei anderen Produkten auch, ist es auch bei einem recyclinggerechten Batteriesystem wichtig, dass dieses möglichst kostengünstig ist. Dieser Wunsch kommt sowohl von den Kunden, als auch von den beteiligten Unternehmen. Dies bezieht sich sowohl auf die Herstellung, als auch auf die Nutzungs- und anschließende Recyclingphase.

### *Design-Richtlinien*

#### Gehäuse:

Im Zuge der Demontage des Batteriesystems, stellt das Gehäuse die erste Herausforderung dar. Während des Designprozess ist ein einfaches Öffnen sowie die Zugänglichkeit aller Komponenten zu beachten. Die verfolgte Strategie der Gehäuseteilung und die Verbindung der Bestandteile beeinflusst den initialen Schritt im großen Maße. Es ist anzustreben die Anzahl an Einzelteilen auf ein Minimum zu bringen. So sind zweiteilige Gehäuse schnell und effizient zu öffnen, die Verbindungselemente vorerst außen vorgelassen. Auch ein einteiliger, röhrenförmiger Mittelteil, welcher beidseitig mit einem Deckel verschlossen wird, stellt eine im Ansatz gleichwertige Lösung dar. Ein Eindringen von Wasser oder Schmutz durch die Gehäusetrennung, aber auch andere Öffnungen, kann durch eine umlaufende Nut mit entsprechendem Gegenstück oder zusätzlichen Dichtmitteln realisiert werden.

Neben der Ausführung der Teilung ist das Fügen ebenso essenziell. Auf Umsetzungen, die nur das einmalige Zusammensetzen, aber keine zerstörungsfreie Demontage gewährleisten, ist gänzlich zu verzichten (Klebeverbindung). Schnappverbindungen oder Verschraubungen sind Möglichkeiten eine lösbare Verbindung zu realisieren. Erstere zeigten sich bei den Beispielsystemen als nicht gut lösbar. Da keine spezifischen Werkzeuge zum Trennen von Schnappverbindungen bereitgestellt werden, sind Abnutzungsspuren am Batteriesystem durch improvisierte Hebelwerkzeuge, gar das Zerstören von Verbindern, höchst wahrscheinlich bzw. nicht vermeidbar. Eine Verschraubung ist die erste Wahl zur Schaffung einer einfach demontierbaren Gehäuseeinheit. Dennoch sind weitere Auslegungskriterien für diese Designentscheidung zu beachten. Zu Gunsten der Langlebigkeit sind Schrauben mit metrischem ISO-Regelgewinde Blechschrauben vorzuziehen. Diese können in beispielsweise Gewindeeinsätzen geschraubt werden, die in eine Gehäusehälfte eingelassen sind. Jene Vorgehensweise bezieht sich auf Gehäuseausführungen aus Kunststoff, im Falle von

Metallgehäusen kann eine direkte Integration des Gewindes erfolgen. Als Schraubenantrieb sind gängige Formen zu verwenden, wobei ein Innen-Sechskant oder Innen-Sechsrund (Torx®) die Zentrierung des Werkzeuges erleichtern. Ungeachtet der Antriebsform, ist die Festigkeit der Schrauben so zu wählen, dass ein wiederholtes Montieren/Demontieren nicht zu erheblichen Abnutzungsspuren des Schraubenkopfs führt. Die Verschraubungspunkte sollten nicht verdeckt (versteckt) werden, ob mit einem Etikett oder Ähnlichem. Soll einer oder mehrere dieser Punkte unbedingt abgedeckt werden (Ästhetik), ist die Abdeckung lösbar und offensichtlich zu gestalten. Auch sind Trennfugen von Etiketten oder anderen klebenden Designelementen freizuhalten, ausgenommen davon sind Garantiesiegeln im Sinne der Garantie/Gewährleistung.

Alle Systembestandteile sind in ihrer Anordnung so auszuführen, dass die Demontage durch diese wenig bis gar nicht beeinträchtigt wird. Gemeint sind damit Elemente, wie ein Tragegriff oder Schloss aber auch eine Ladeanzeige. Diese sollten für das Öffnen des Gehäuses nicht demontiert werden müssen. Elektrische Verbindungen sind zugänglich und steckbar (lösbar) zu realisieren, wenn ein Lösen dieser notwendig ist. Das Batteriepack ist ebenso lösbar zu integrieren. Eine definierte Positionierung allein durch das Schließen des Gehäuses sowie dessen Verschraubung ist anzustreben. Auch hier sind Verklebungen nicht im Sinne der Effizienz der Demontage des Batteriesystems. Sind Überstromsicherheitseinrichtungen verbaut, die nicht fest auf der Leistungselektronik verlötet sind, beispielsweise Pkw-Schmelzsicherungen, so ist eine Serviceöffnung im Schadensfall vorteilhaft. Ein komplettes Öffnen des Systems entfällt damit und ein Defekt kann schneller erkannt oder ausgeschlossen werden. Des Weiteren unterliegt der äußere Leistungsanschluss in seiner Ausführung keiner Norm, die nicht einheitliche Bauform wirkt dabei einer standardisierten Zustandsüberprüfung vor der Demontage entgegen.

### Batteriepack:

Das Batteriepack ist das Herzstück eines jeden Batteriesystems. Das Design ist ausschlaggebend für die grundlegenden Eigenschaften. Über die Anzahl der Zellen und deren Verschaltung wird die Kapazität und die Spannung festgelegt. Durch die Anordnung der Zellen wird die Geometrie des Batteriepacks vorgegeben. Um das Design des Batteriepacks recyclinggerechter zu gestalten, sind im Folgenden Gestaltungsrichtlinien für das Batteriepack aufgeführt.

Das Batteriepack sollte nur mit lösbaren Verbindungen im Gehäuse befestigt sein. So kann es einfach aus dem Gehäuse entnommen werden und ermöglicht eine einfache weitere Zerlegung. Des Weiteren ist eine getrennte Wiederverwendung möglich. Mit der Hilfe von Abstandshaltern zu dem Gehäuse kann auch ohne eine Fixierung die gewünschte Position im Gehäuse sichergestellt werden. Das BMS sollte ebenfalls mit lösbaren Verbindungen oder nur

## Ergebnisse

durch die Kabelverbindungen fixiert sein. Im Falle eines Defektes des BMS kann dies ausgetauscht werden.

Die Zellen sollten in einzelnen Modulen angeordnet werden. Bei einem Leistungsverlust können so defekte Module ausgetauscht werden und eine Reparatur ist wirtschaftlich vertretbar. Dabei sollten die Zellen in Abstandshaltern in lösbaren Verbindungen eingefasst sein, ohne Pressverbindungen. Im optimalen Fall bestehen die Verbindungen aus Clipverbindungen. Diese ermöglicht genügende Spannung für die Positionierung. Nach dem Öffnen lassen sich die Zellen ohne große Probleme entnehmen.

Die Kontaktierung der Zellen sollte aus lösbaren Verbindungen bestehen. Durch das Entfernen permanenter Verbindungen wie z.B. dem Schweißen können die Zellen beschädigt werden oder es bleiben Rückstände auf den Kontaktflächen. Umsetzbar wäre dies z.B. mit Federkontakten. Für den Fall, dass lösbare Verbindungen nicht umsetzbar sind, sollte das Design des aktuell verwendeten vernickelten Stahlbandes gewisse Eigenschaften haben. Es sollte nicht zu dick sein. Je dünner das Band ist, desto besser lässt es sich entfernen und die Gefahr einer Beschädigung ist geringer. Außerdem sollte das Band nicht zu großflächig die Zellen bedecken. Großflächige Bänder oder Platten lassen sich schlechter entfernen. Dabei darf es zu keiner Zeit zu einem Durchbrennen des Bandes kommen.

### Leistungselektronik:

Die Leistungselektronik ist ebenfalls von der Problematik eines schlecht demontierbaren Produktdesigns betroffen. Platinen sind meist schwierig freizulegen, Kabelverbindungen sind oft nicht zerstörungsfrei lösbar und Komponenten, wie der Temperatursensor, sind nicht gut erreichbar. Eine Verbesserung für zukünftige Batteriesysteme auf Basis der Design for Recycling und Design for Safety wäre empfehlenswert. Durch die im Folgenden beschriebenen Optimierungen können Batteriesysteme, sowohl ihre Ökologie, als auch die Ökonomie steigern und die Kosten für Deponie und Verarbeitung senken. Das hätte auch positive Aspekte für die EoL-Strategien. Ratsam wäre es die Platinen direkt mittels Fassung und Bauform des Gehäuses am Gehäusedeckel zu montieren, dies würde ein zerstörungsfreies Lösen erleichtern. Verbindungen zwischen Kabel und Platine sollten einseitig konstruiert werden, um unkomplizierte Demontage ermöglichen zu können. Kabel sollten ebenfalls möglichst am Gehäuse angebracht werden, geeignete Kabelkanäle könne wie auch bspw. in der Computerindustrie konstruiert werden. Bei dicht aneinander gebundenen Kabeln kann es bei Trennung von nicht -oder nicht komplett entladenen Batteriezellen zum Funkenschlag und Kurzschluss führen. Eine effiziente Variante zur Befestigung der Kabel in Hinsicht auf unkomplizierte und möglichst zerstörungsfreie Demontage ist zu wählen. Am Gehäuse befestigte Clips sind hierfür besser geeignet als bspw. Kabelbinder. Diese sind zwar kostengünstiger, ermöglichen jedoch kaum eine

zerstörungsfreie Demontage. Des Weiteren lassen sich Kabel aufgrund der genutzten Clips leichter lösen, ohne spitzkantige Werkzeuge zur Trennung einzusetzen.

Ein einheitliches Ladesystem ist für die Weiterverarbeitung zu wählen. Der Endverbraucher würde davon profitieren, weil bei dem Tausch des Batteriesystems kein neues Ladekabel erworben werden müsste. Ebenso vereinfacht dies die Wieder- und Weiterverarbeitung durch einheitliche Dekonstruktion, so müssen die Prozessschritte des Kreislaufes nicht auf einzelnen Batteriesystemen angepasst werden. Ähnlich wie bei der Verwendung einheitlicher Ladebuchsen bei Mobiltelefonen, würde dies auch zu einer Minderung des Elektroschrotts und einer besseren Ökobilanz führen.

### Identifikation & Kennzeichnung:

Die eindeutige Identifikation von Batteriesystemen und die Kennzeichnung dieser mit den für ein effizientes Recycling erforderlichen Informationen ist für die Recyclingbetreibenden bislang ungenügend realisiert. Aktuell wird die verpflichtende Kennzeichnung von Batterien durch die EU-Richtlinie 2006/66/EG unter Artikel 21 geregelt. Diese fordert neben der Angabe der Kapazität lediglich das Kennzeichnen für die „getrennte Sammlung“ und das chemische Zeichen des bei Überschreiten gewisser Grenzwerte für den Schwermetallgehalt betreffenden Metalls. Weiterhin fordert die Richtlinie die Kennzeichnungen gut sichtbar, lesbar, unverwischbar und dauerhaft auszuführen, wozu Größe und Platzierung dieser vorgegeben sind.

Wie bei der Demontage der Batteriesysteme für Elektrofahrräder allerdings erkennbar war, ist die Lesbarkeit der Etiketten und Kennzeichnungen zu Beginn des Recyclingprozesses durch die teils erheblichen Gebrauchsspuren nicht mehr zwangsläufig gegeben. Aus diesem Grund sollten, vor allem in Anbetracht einer möglichen zukünftigen maschinellen Automatisierung der Erkennung und Demontage, weitere Bestimmungen entwickelt werden, um die Kennzeichnungen robuster gegenüber Beschädigungen zu gestalten. Eine alternative Lösung stellt die Verwendung eines RFID-Transponders im Inneren des Batteriesystems dar, der den Zugriff auf die Informationen auch im Falle einer Beschädigung der Kennzeichnungen ermöglicht. In beiden Fällen sollten zudem weitergehende Informationen über die Zusammensetzung der Batterie und den Aufbau des Batteriesystems zur Verfügung gestellt werden, um ein effizientes Recycling zu gewährleisten. Dazu gehören Informationen über die Zellchemie und verwendeten Materialien auf Zellebene und den eingesetzten Verbindungstechniken, wie auch eine Demontageanleitung auf Modul- und Systemebene. Außerdem sollten mithilfe des BMS Betriebs- und Nutzungsdaten aufgezeichnet und gespeichert werden, um durch das Auslesen dieser Daten den Zustand des Batteriesystems überprüfen zu können.

## Ergebnisse

Ein Großteil dieser Aspekte wird bereits ausführlich in einem einsehbaren Vorschlag zur Änderung der EU-Richtlinie, durch eine vorgesehene Erweiterung der Kennzeichnungs- und Informationsanforderungen und dem Einführen neuer Systeme zur Bereitstellung dieser Informationen, thematisiert. So sollen Batterien nach Artikel 13 und Anhang VI des Vorschlags zukünftig mit zusätzlichen Informationen, unter anderem über die Zellchemie und enthaltene gefährliche und kritische Stoffe sowie dem Batterietyp bzw. einer Seriennummer, gekennzeichnet werden, sodass die Batterien und deren Hauptmerkmale daran eindeutig identifiziert werden können. Es ist geplant, dass diese Informationen neben der Angabe auf den Etiketten außerdem durch einen aufgedruckten oder eingravierten QR-Code bereitgestellt werden. Für wieder aufladbare Industrie- und Traktionsbatterien mit internem Speicher und einer Kapazität von mehr als 2 kWh soll gemäß Artikel 14, Kapitel VIII und Anhang VII & XIII des Vorschlags zudem ein BMS verpflichtend sein, welches Daten zur Bestimmung des Alterungszustands und der voraussichtlichen Lebensdauer der Batterie speichert, sowie ein elektronisches Austauschsystem eingerichtet und der sogenannte „Batteriepass“ eingeführt werden. Das elektronische Austauschsystem soll dabei neben den öffentlich zugänglichen, detaillierten Informationen über die Eigenschaften der Batterien zugleich ausführliche, für das Recycling nützliche aber ausschließlich für die Recyclingbetreibenden vorbehaltene Informationen über den Aufbau und die Zerlegung der Batteriesysteme und der Zusammensetzung der Batteriezellen umfassen. Diese sollen bspw. in Form von Explosionsdiagrammen des Batteriesystems und Batteriepacks, der Zahl und Anordnung der eingesetzten Zellen sowie der in diesen verwendeten Materialien, der Abfolge der Demontageschritte und dem dafür erforderlichen Werkzeug und der Art und Anzahl der zu lösenden Verbindungstechniken realisiert werden. Der Batteriepass stellt dazu eine einmalige und individuelle Kennung dar, die in Zukunft jeder Batterie dieser Kategorie zugewiesen und auf diese aufgedruckt oder eingraviert werden muss. Über diese Kennung soll auf die elektronische Akte der Batterie innerhalb des elektronischen Austauschsystems zugegriffen werden können.

Auch bei diesen vorgeschlagenen und geplanten Änderungen ist die bereits angesprochene Problematik der möglichen Beschädigung der Kennzeichnungen, vor allem bei Umwelteinflüssen ausgesetzten Batterien in mobilen Anwendungen, und der daraus resultierenden verminderten oder unmöglichen optischen Erkennung der Kennzeichnungen zu berücksichtigen, da auch diese nur aufgedruckt oder eingraviert werden müssen und kein zusätzliches Bereitstellen der Informationen über bspw. einen RFID-Transponder vorgesehen ist. Des Weiteren weisen Batteriesysteme für Elektrofahrräder eine niedrigere Kapazität als 2 kWh auf und sind damit von den für das Recycling wichtigsten Neuerungen ausgeschlossen. So besitzt von den zehn untersuchten Batteriesystemen das „Bulls Green Mover“ mit einer Nennkapazität von 17 Ah und einer Nennspannung von 36 V durch Multiplizieren dieser Werte

den höchsten Energieinhalt, bzw. in dem Vorschlag ebenso als Kapazität bezeichnet, von 612 Wh. Daher sollte die Zugehörigkeit solcher Batteriesysteme schnellstmöglich erneut evaluiert oder die Kapazitätsgrenze von 2 kWh herabgesetzt werden. Trotz dessen stellt der Vorschlag bereits eine signifikante Verbesserung für die Identifikation und Kennzeichnung von zu recycelnden Batterien und Batteriesystemen dar und bedarf nur einiger weniger Anpassungen.

### **Transport Batterien (Stöbich)**

Lithium-Ionen-Batterien werden, ähnlich wie brennbare Flüssigkeiten oder Sprengstoff als Gefahrgut eingestuft. Für den Transport von Lithium-Ionen-Batterien mit einer Nennenergie von mehr als 100 Wh gelten die Regelungen für den Transport von Gefahrgut der Klasse 9. Die im Projekt verwendeten Batterien haben einen Energieinhalt von über 100 Wh und somit gelten die Bestimmungen und Vorgaben aus dem ADR („Accord européen relatif au transport international des marchandises dangereuses par route“. Zu Deutsch: „Europäisches Übereinkommen über die internationale Beförderung gefährlicher Güter auf der Straße“).

Demnach müssen Batterien in speziellen Verpackungen transportiert werden, die im Falle

- a) einer schnellen Zerlegung,
- b) einer gefährlichen Reaktion,
- c) einer Flambildung,
- d) einer Wärmeentwicklung oder
- e) einem gefährlichen Ausstoß giftiger, ätzender oder entzündbarer Gase oder Dämpfe der Zellen bzw. Batterien die folgenden Leistungsanforderungen erfüllen:

1. keine Außenflächentemperaturen der Verpackung über 100°C, in Spitzen 200°C,
2. keine Flammen außerhalb der Verpackung,
3. keine Projektile dürfen aus der Verpackung austreten,
4. die bauliche Unversehrtheit muss aufrechterhalten werden und
5. eine vertretbare Emission von HF.

Als Vergleichswert wird der Einsatztoleranzwert AEGL-2 herangezogen. Dieser beträgt bei einer Aussetzungsdauer von vier Stunden 12 ppm.

Diese Anforderungen müssen in Brandversuchen unter realen Bedingungen überprüft werden. Die Stöbich technology GmbH hat zum Projektbeginn bereits zwei Gefahrgutverpackungen für Lithium-Ionen-Batterien entwickelt und erfolgreich getestet.

Im Laufe des Projekts wurden Gespräche mit mehreren Fahrradhändlern geführt. Aus den Gesprächen geht hervor, dass die Rückführungsquote von gebrauchten E-Bike-Akkumulatoren insbesondere bei kleineren Händlern recht gering ist und es bei den meisten Händlern mehrere Monate dauern würde, bis eine StrainBox L voll ist und sich ein Abtransport lohnt.

## Ergebnisse

Die bestehenden Verpackungen sind für den Transport von kleineren Akkumulatoren überdimensioniert. Eine praktikable Nutzung, insbesondere bei Fahrradhändlern, ist damit nicht gegeben oder durch die Platzverhältnisse speziell im Innenstadtbereich nicht möglich. Die Anforderungen an die Verpackung ist, dass vier E-Bike-Akkumulatoren des Typs Bosch Power Pack 500 gelagert und transportiert werden sollen.

*Tabelle 3-14- Eigenschaften Bosch PowerPack 500*

Energiegehalt	500 Wh
Abmessungen	325 mm x 92 mm x 90 mm
Gewicht	2,6 kg

Damit die Kiste auch im beladenen Zustand mit zwei Personen getragen werden kann, darf ein Gewicht von 70 kg nicht überschritten werden. Unbeladen soll die Kiste auch von einer Person getragen werden können. Damit darf das Leergewicht max. 40 kg betragen.

Die Herausforderung bei der Gestaltung der Kiste bestand insbesondere darin, den Brandschutz und den Filter auf einem kleinen Raum und insbesondere im Bezug auf das limitierte Gewicht in ausreichender Art und Weise zur Verfügung zu stellen. Durch den Einsatz von Materialien mit einer besseren Wirksamkeit und eine clevere Unterbringung der Materialien im beschränkten Bauraum konnten die gleichen Ergebnisse wie bei den größeren Gefahrgutverpackungen realisiert werden.

*Tabelle 3-15 - Technische Daten StrainBox*

Außenmaße	L x B x H · 805 x 461 x 250 mm
Innenmaße	L x B x H · 700 x 250 x 200 mm
Max. Energieinhalt	3,5 kWh
Nutzvolumen	35 Liter
Leergewicht	38 kg
Max. Zuladung	27,5 kg

### *Beschreibung Transportbox:*

Zum Schutz von Personen und Sachgütern verfügt die StrainBox XS über ein Filtersystem, die mechanisch standhafte Bauweise und das integrierte Thermomanagement. Die technische Umsetzung dessen basiert auf einem Materialmix aus Aluminium und Stahl, aus dem sich der Körper und Deckel der StrainBox ergibt. Alle sechs Seiten sind mit Gipskartonbauplatten GKB ausgekleidet, die bei einer Temperatur von bereits unter 100 °C durch Hydratwasser kühlend und damit reaktionshemmend wirken. Hierdurch wird die Funktionsfähigkeit des Filtergranulats auch bei sehr hohen Temperaturen im Innenraum sichergestellt. Das Granulat besteht aus Atemkalk und Aktivkohle, die zusammen die Temperaturen abbauen und schadhafte Elemente und Gase aus der Abluft herausfiltern.



## Ergebnisse

Zudem wurde die StrainBox XS auf einer Seite mit einer Kabeldurchführung bestehend aus dem Rahmen R 75 und dem Flansch SLFR 75 von Roxtec ausgestattet. Damit können Versuche zur Ermittlung der Restkapazität von gebrauchten Lithium-Ionen-Batterien in einer sicheren Umgebung durchgeführt werden.

### *Brandversuch mit StrainBox XS:*

Für den Brandversuch werden prismatische Batterien mit einem höheren Energieinhalt als der im Projekt verwendeten Batterien genutzt. Damit soll eine heftigere Reaktion ausgelöst werden und somit auch Sicherheit bei zukünftigen Batterien sichergestellt werden.

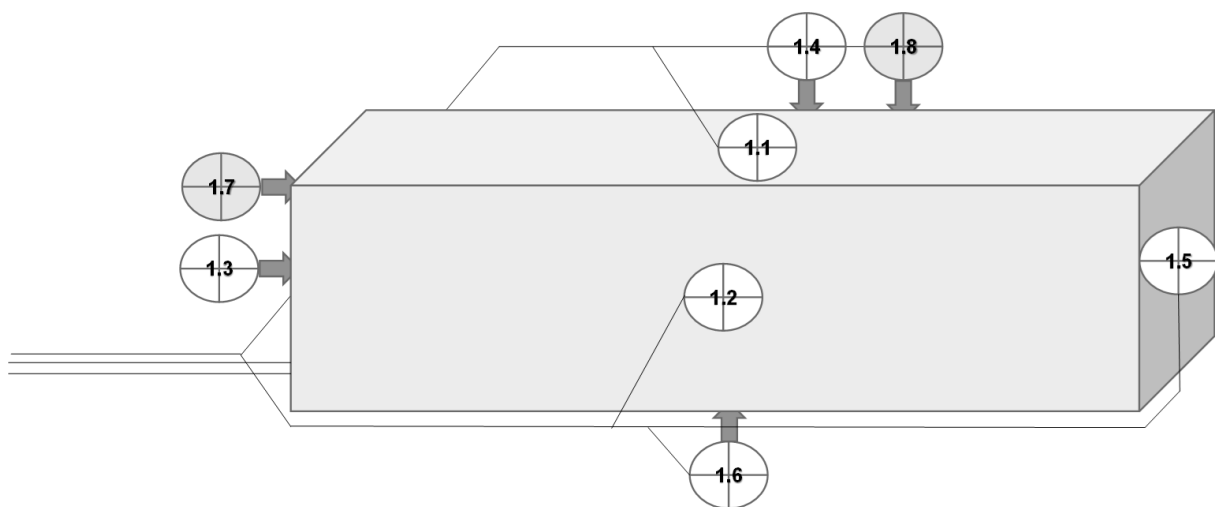
Die Havarie wird mittels thermischer Einwirkung ausgelöst.

Der Versuch wird von drei unabhängigen Kameras dokumentiert. Zwei davon zeigen den gesamten Aufbau aus gegenüberliegenden Positionen, die dritte Kamera dokumentiert die HF-Messung. Die Datenleitungen der Sensoren sowie die Stromkabel des thermischen Triggers werden an der kurzen Seite aus der StrainBox zur Containerseite geführt.

Folgende Thermoelemente werden für die Temperaturaufzeichnung verwendet. Die Messfrequenz beträgt hier 1 Hz. Die nachfolgende Abbildung zeigt die räumliche Positionierung innerhalb und außerhalb der StrainBox.

*Tabelle 3-16 - Bezeichnungen der Thermoelemente*

<b>außen</b>	<b>innen</b>
1.1 Außen Deckel	2.1 Innen Deckel
1.2 Außen lange Seite (vorne)	2.2 Innen lange Seite (vorne)
1.3 Außen kurze Seite (links)	2.3 Innen kurze Seite (links)
1.4 Außen lange Seite (Rückseite)	2.4 Innen lange Seite (Rückseite)
1.5 Außen kurze Seite (rechts)	2.5 Innen kurze Seite (rechts)
1.6 Außen Boden	2.6 Innen Boden
1.7 Außen Kabeldurchführung (links)	2.7 Innen Kabeldurchführung (links)
1.8 Außen Filteröffnung (hinten)	



*Abbildung 3-56 - Sensoranordnung an der StrainBox*



## Ergebnisse

Bei der Versuchsvorbereitung wird sichergestellt, dass der Versuch gemäß Vorgaben ablaufen kann und nachweisrelevante Informationen dokumentiert werden. Das Protokoll umfasst hierzu die folgenden Schritte:

*Tabelle 3-18 - Nachweisprotokoll Brandversuch*

Anforderung	Dokumentation	Benötigte Geräte
Ladezustand von Batterie/Modul/Zelle sicherstellen	Fotografieren der Spannung	Ladegerät, Ladekabel, Messgerät, Kamera
Verpackungseigenschaften	Fotografieren, Filmen und schriftliche Beschreibung	Kameras
Verpackungstemperaturen, Thermal Runaway	Aufzeichnung der Temperatur mittels Thermosensoren, Fotografieren der Position der Thermosensoren innen und außen, Fotografieren des 2-Punkt-Abgleichs, graphische Darstellung	Thermosensoren, Datenlogger, Wärmebildkamera (optional), thermische Trigger, Kameras
Messung der HF-Konzentration	Aufzeichnung mittels HF-Eingasmessgerät, akustisches Warnsignal, graphische Darstellung	HF-Eingasmessgerät, Kameras
Kein Austritt von Flammen, Funken und Projektilen	Filmen aus mindestens zwei gegenüberliegenden Perspektiven	Kameras

## Ergebnisse

Die Vorbereitung und Durchführung laufen im Wesentlichen nach den folgenden Schritten ab:

1. Batterien Laden
2. Polschutz anbringen
3. Verpackung dokumentieren (leer)
4. 2-Punkt-Abgleich der Thermoelemente
5. Thermoelemente montieren
6. Funktion der Thermoelemente prüfen
7. Thermische Trigger an Batterie anbringen
8. Batterie in StrainBox platzieren
9. Kabel für Trigger anschließen
10. StrainBox positionieren
11. Ladezustand der Batterien dokumentieren
12. Verpackung dokumentieren (beladen)
13. Kameras positionieren
14. Funktionsprüfung der Kameras
15. Funktionsprüfung des Datenloggers
16. HF-Messgerät positionieren und prüfen
17. TR-Trigger anschließen
18. HF-Messung starten
19. Kameraaufnahme starten
20. Datenlogger starten
21. Thermische Trigger aktivieren

Nachfolgend dargestellt ist die innere und äußere Präparation der StrainBox.

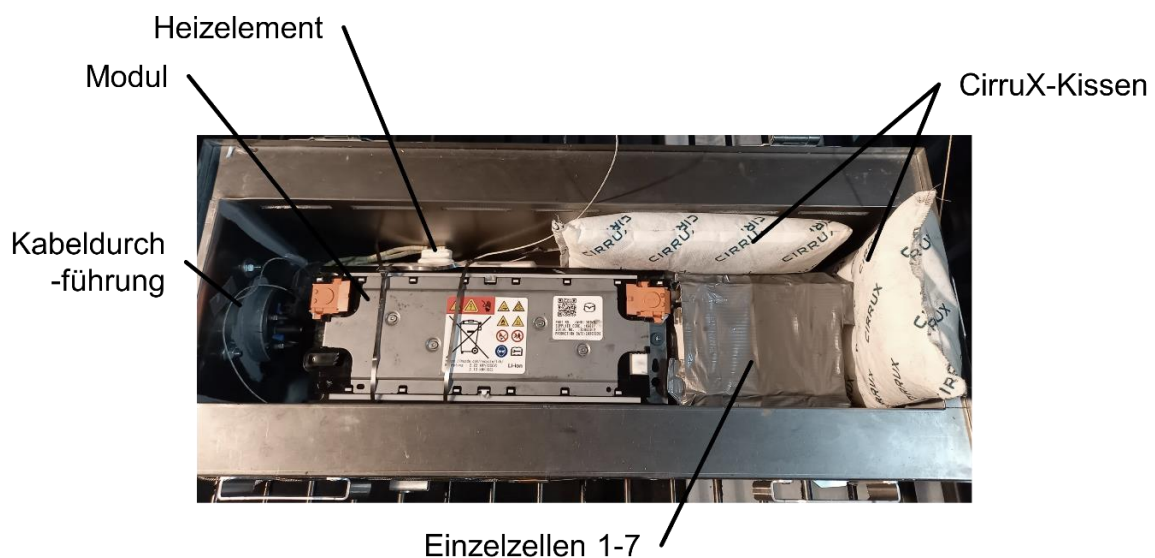


Abbildung 3-58 - präparierte StrainBox XS offen 01



Abbildung 3-59 - präparierte StrainBox XS offen 02

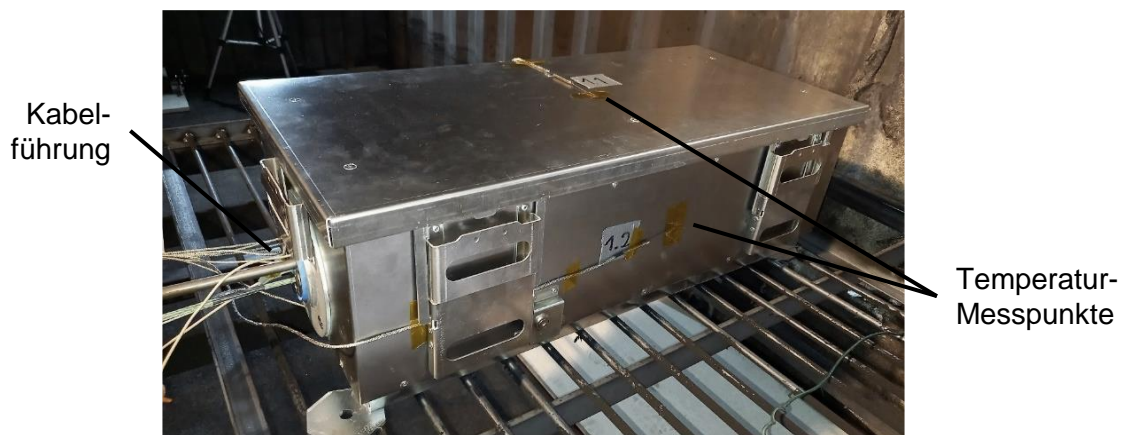


Abbildung 3-60 - präparierte StrainBox XS verschlossen

Nach Einschalten des thermischen Triggers sind zunächst die Zellen des gesamten Moduls innerhalb von 10 Minuten durchgegangen. Nach etwa weiteren 10 Minuten sind die einzeln platzierten Zellen in einem Zeitraum von ca. 15 Minuten durchgegangen. Dieser Hergang lässt sich am nachfolgenden Druckdiagramm nachvollziehen. Dadurch, dass die StrainBox konstruktiv bedingt den Druck über den Filter kontrolliert abbaut, hält sich das Druckniveau mit bis zu 22 mbar sehr gering.

## Ergebnisse

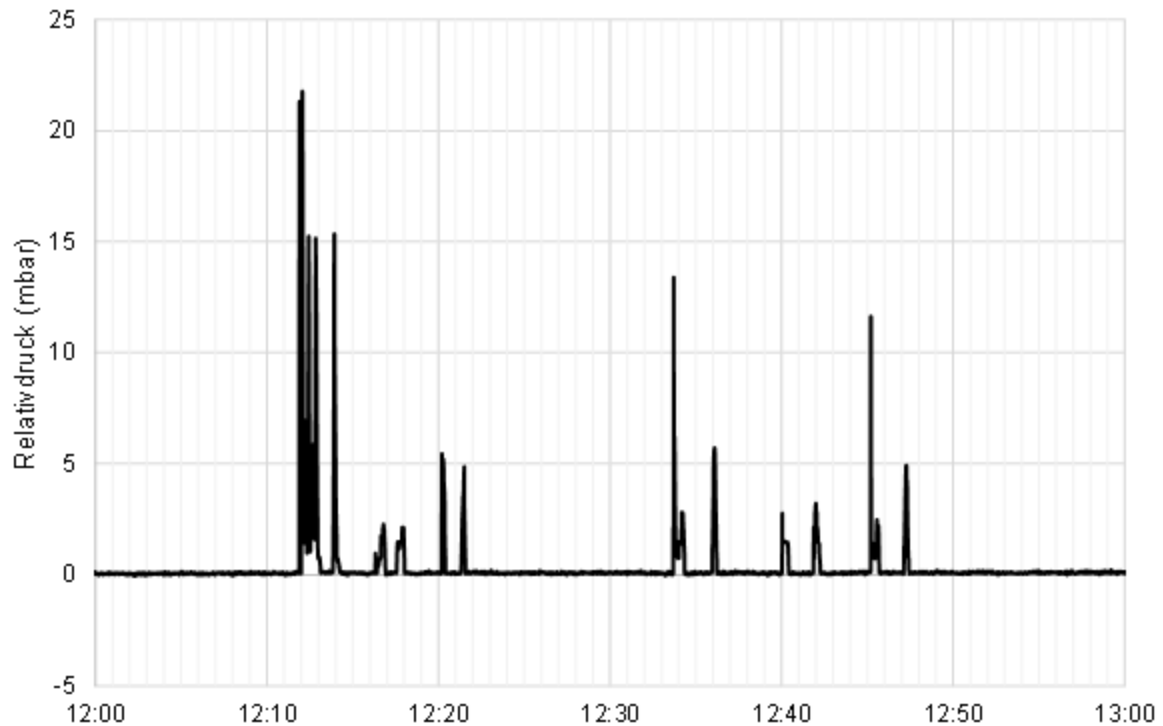


Abbildung 3-61 - Druckmessung

Am Temperaturverlauf im Inneren ist zu erkennen, dass sich die StrainBox innerhalb der ersten Stunde, bevor die erste Zelle durchgeht, deutlich aufgewärmt hat. Danach steigen die Temperaturen abrupt an allen Seiten. An der kurzen Seite rechts fällt der Anstieg moderat aus. Dies begründet sich darin, dass zunächst nur das Modul an der linken Seite durchpropagiert. Hier stiegen die Temperaturen erst nachdem die einzeln platzierten Zellen durchpropagierten merklich. Die Temperaturen erreichen im Innenraum mit ca. 340 bis 720 °C ihr Maximum und fallen anschließend langsam ab.

Die Auffälligkeiten im Verlauf sind auf Messstörungen zurückzuführen, wie beispielsweise um 13:45 Uhr an der kurzen Seite rechts. Mit dem Sensor am Boden um ca. 14:00 Uhr und dem Sensor an der kurzen Seite rechts um 15:50 sind zwei Sensoren zu späteren Zeitpunkten nach der Havarie ausgefallen.

## Ergebnisse

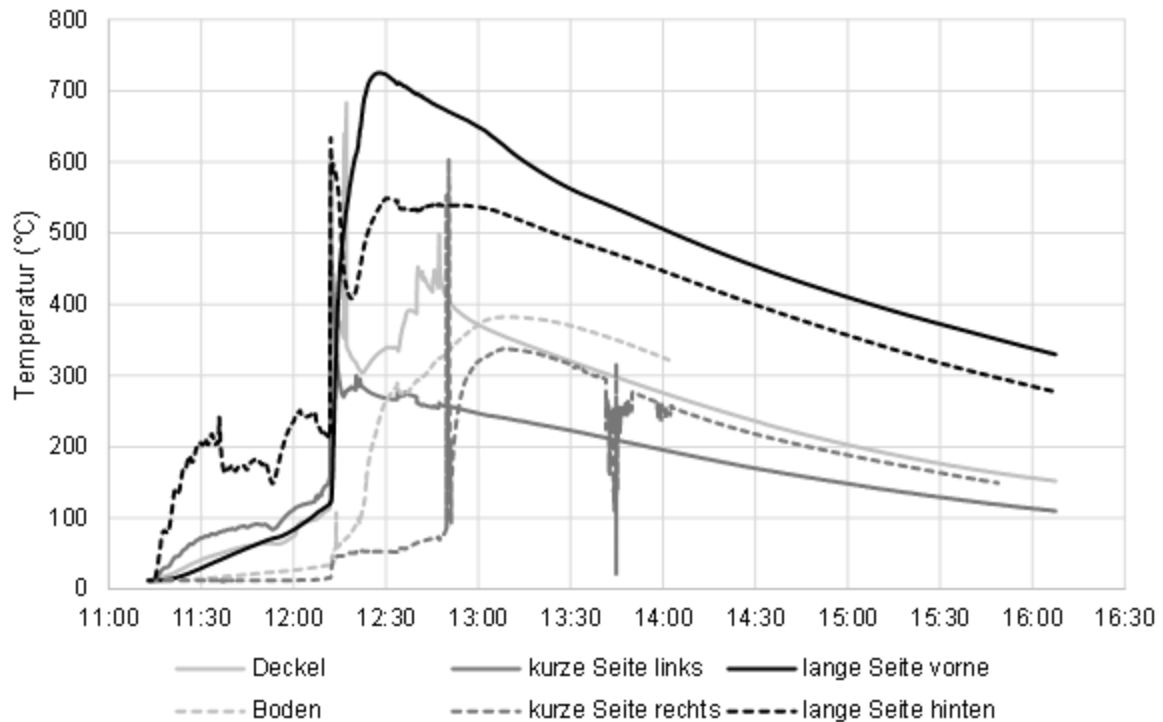


Abbildung 3-62 - Temperaturverlauf im Inneren

Die Verläufe der Außentemperaturen gemessen auf den sechs Oberflächen der StrainBox sind im untenstehenden Diagramm dargestellt. Zu entnehmen ist, dass der grundsätzliche Temperaturverlauf den Temperaturen im Innenraum entspricht. Während letzterer noch deutlich die Reaktionen der Zellen im Innenraum widerspiegelt, weisen die Außentemperaturen durch die isolierende und kühlende Wirkung des Brandschutzmaterials einen kontinuierlichen Verlauf auf. Insgesamt liegt das Niveau auf durchgehend unter 100 °C. Da die chemische Reaktion des Gipskartons in diesem Temperaturbereich ausgelöst wird, bedeutet dies, dass die Menge des Gipskartons ausreichend dimensioniert wurde.

## Ergebnisse

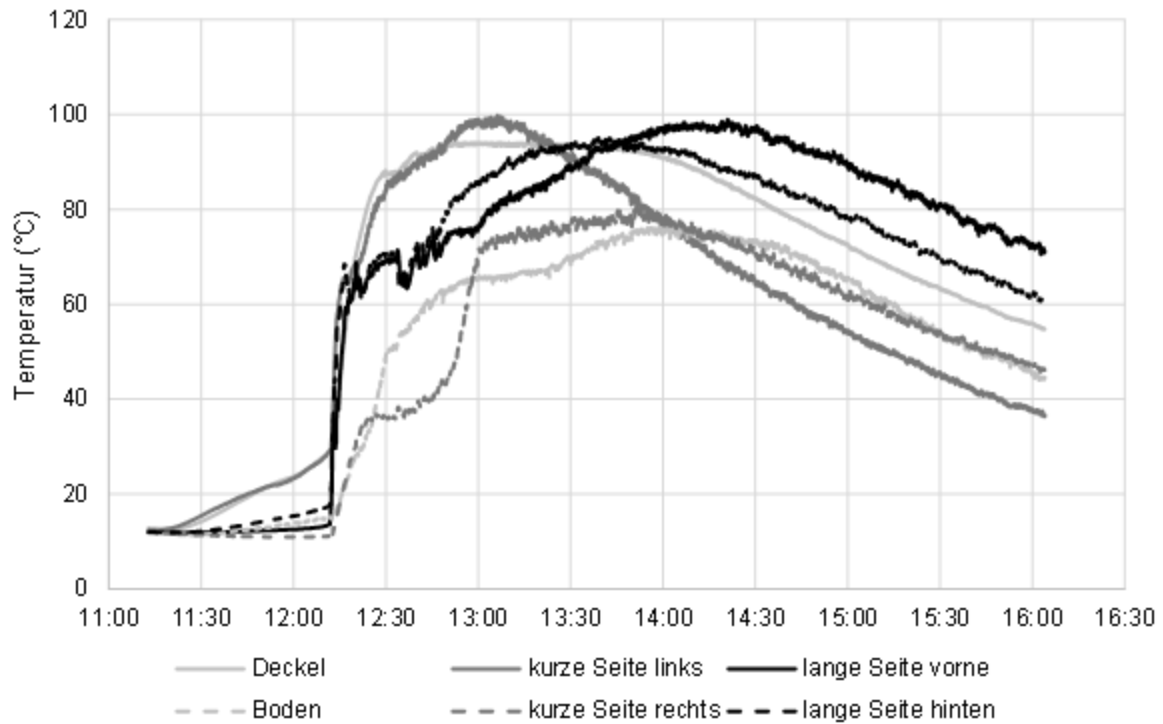


Abbildung 3-63 - Temperaturverlauf Oberflächen außen

Darüber hinaus wurde die Temperatur mittig an der Kabelführung gemessen. In Abbildung 3-64 ist die Temperatur an der Innen- und Außenseite gegenübergestellt. Mit maximal 87 °C ca. 30 Minuten nach dem Durchgehen der letzten Zelle liegt diese Temperatur noch unterhalb der daneben gemessenen Oberflächentemperatur an der kurzen Seite links.

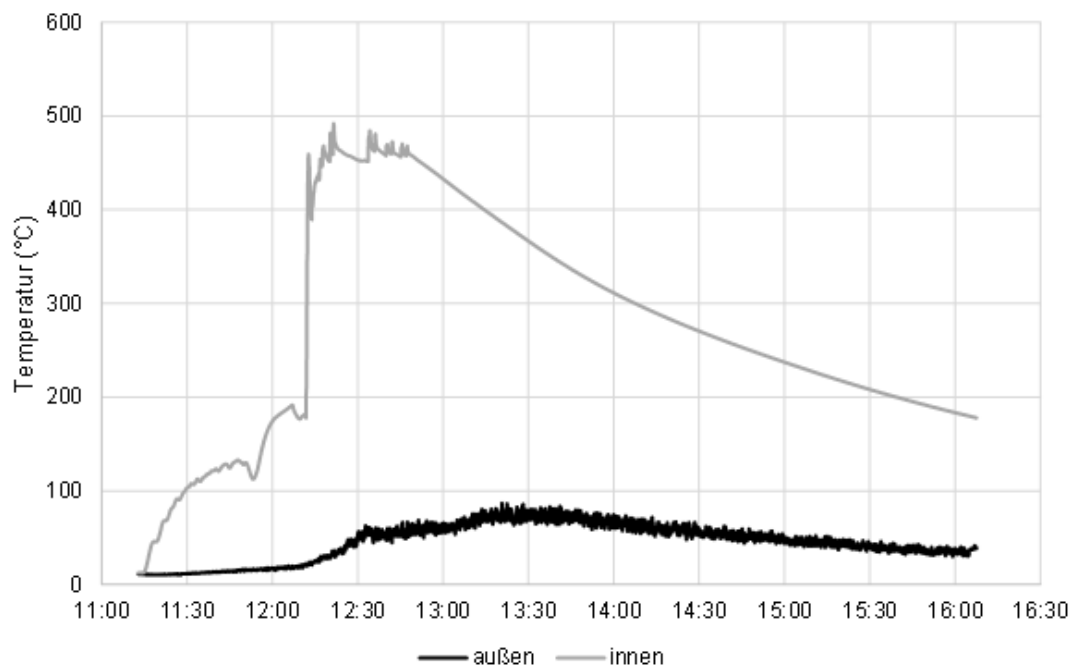
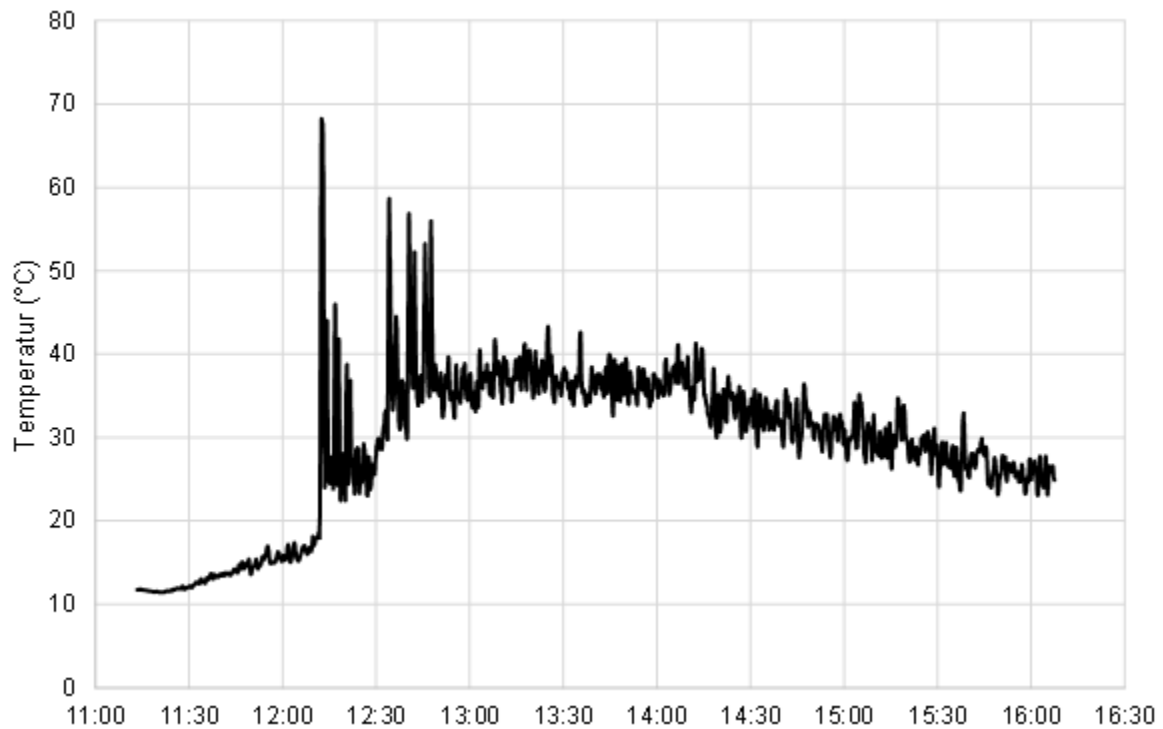


Abbildung 3-64 - Temperaturverlauf an der Kabeldurchführung



## Ergebnisse

Zur Überwachung der Filtertemperaturen ist der nachfolgenden Abbildung der Temperaturverlauf am Filterausgang zu sehen. Diese zeigt, dass hier die Temperaturen 70 °C nicht überschreiten, sodass das Filtermaterial in der Wirksamkeit nicht beeinträchtigt wird.



*Abbildung 3-65 - Temperaturverlauf am Filteraustritt*

Die Wirksamkeit der Filter wird durch den Verlauf der Fluorwasserstoffkonzentration im Abgasstrom belegt. Abbildung 3-66 zeigt, dass die HF-Konzentration dauerhaft unter 3 ppm. liegt.

## Ergebnisse

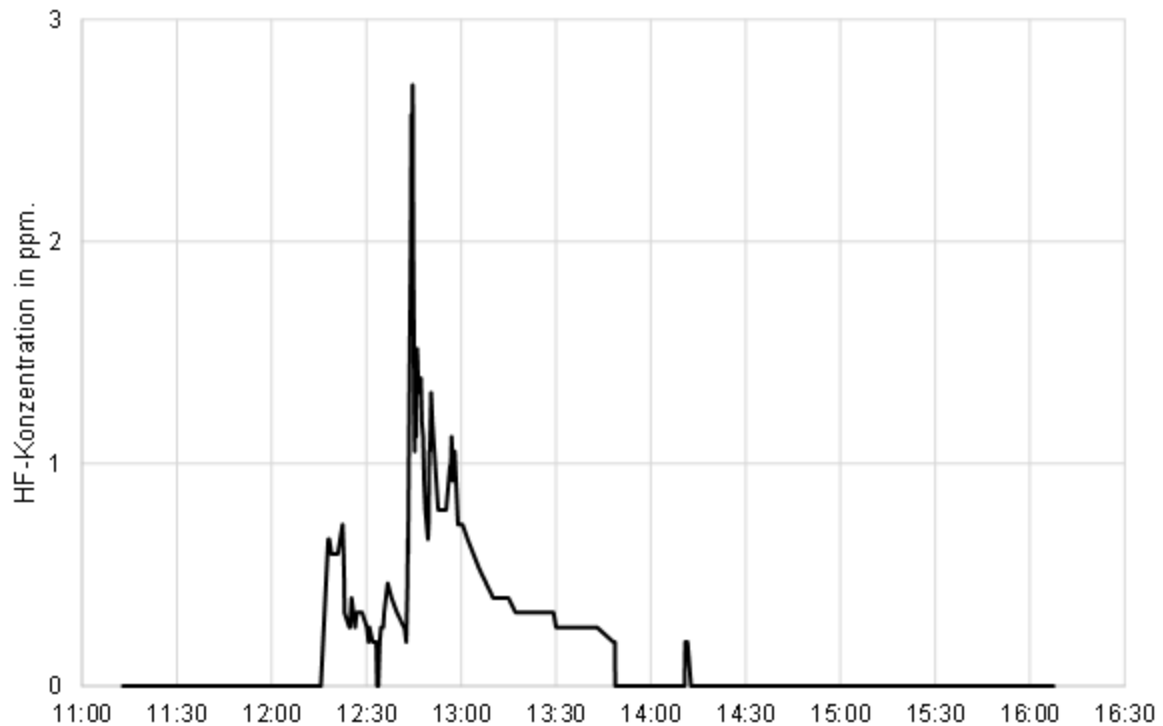


Abbildung 3-66 - HF-Messung

Am nachfolgenden Tag waren die Temperaturen in der StrainBox so weit abgesunken, dass sie geöffnet und näher untersucht werden konnte. In den nachfolgenden Abbildungen ist zu erkennen, dass die StrainBox äußerlich unversehrt ist. Auch sind keine Rückstände von Elektrolytflüssigkeit oder Feststoffen/Projektilen an dem Behälter und in der Umgebung zu finden. Dies spiegeln ebenfalls die Videoaufzeichnungen des Versuchs wider.

Im Innenraum sind Brandreste der CirruX-Kissen und der Batteriemodule und -zellen zu erkennen. Auch die Kabeldurchführung, durch die die Strom- und Messkabel sowie die Drucksonde geführt sind, ist noch intakt und frei von äußerlichen Rückständen.



*Abbildung 3-67 - StrainBox nach Brandversuch*



*Abbildung 3-68 - StrainBox nach Brandversuch mit geleertem Innenraum*

Insgesamt sind die Messaufzeichnungen im Abgleich mit den Videoaufzeichnungen und der Vor- und Nachbeobachtungen plausibel. Es sind alle Zellen vollständig durchgegangen. Da die Grenzwerte für Temperatur und Gaszusammensetzung eingehalten werden und keine Flammen, Funken oder Projektile ausgetreten sind, sind die zuvor aufgeführten Schutzziele vollumfänglich erfüllt.

Die Besonderheit des Versuchsaufbaus ist, dass die StrainBox XS einseitig mit einer Kabeldurchführung ausgestattet ist. Die Seite mit Kabeldurchführung ist einerseits durch den Durchbruch mechanisch geschwächt und erhält zusätzlich keinen Schutz CirruX-Kissen. Die Gegenseite ist im Gegensatz durch CirruX-Kissen thermisch geschützt. Da durch die Platzierung des Moduls und der Einzelzellen beide Seiten gleichermaßen beansprucht werden, ist belegt, dass beide Ausführungen der StrainBox XS (mit und ohne Kabeldurchführung) der Brandlast standhalten und die Vorgaben einhalten.

### **Designrichtlinien für ein Recyclinggerechtes Produktdesign von Batteriesystemen zur Kreislaufführung (IK)**

Im Rahmen einer Studienarbeit mit dem Thema „Designrichtlinien für ein Recyclinggerechtes Produktdesign von Batteriesystemen zur Kreislaufführung von Lithium-Ionen-Batterien in mobilen Anwendungen“ wurden Designrichtlinien entwickelt und ein recyclingorientierter Demonstrator aufgebaut. Untersucht wurde die Recyclingfähigkeit und insbesondere die Demontierbarkeit der Akkus. Dabei werden auf Basis einer Voruntersuchung Probleme und Schwachstellen in der Konstruktion hinsichtlich der Demontierbarkeit untersucht und das Batteriepack eines Cargo E-Bikes demontiert und analysiert. Mit Hilfe dieser Daten wurden Anforderungen an das Design aufgestellt und verschiedene Lösungsoptionen betrachtet. Im weiteren Verlauf wurden Prototypen aufgebaut, welche verschiedene Möglichkeiten darstellen diese Probleme zu optimieren. Zuletzt wurden nach einer Auswertung der Prototypen Designrichtlinien verfasst, welche die Konstruktion zukünftiger Akkumulatorpacks hinsichtlich recyclingoptimierter Designs verbessern könnten. Diese Designrichtlinien sind in der nachfolgenden Tabelle festgehalten:

Tabelle 3-19 - Recyclingorientierte Designrichtlinien für kleine Traktionsbatterien

Richtlinie	Begründung	Beispiel
Fügeverbindungen zerstörungsfrei öffnen	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Wiederverschließen möglich</li> <li>- Besser automatisierbare Demontage</li> <li>- Keine scharfkantigen Abbrüche</li> </ul>	
Gewinde in das Bauteil integrieren	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kein Materialmix</li> <li>- Wiederverschließbare Verbindung</li> <li>→ besseres Gewinde als bei selbst schneidenden Schrauben</li> </ul>	
Fügerichtung einheitlich gestalten	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Vereinfachte Montage / Demontage</li> <li>- Besser Automatisierbar</li> <li>- Weniger Gefahr von Verrutschen</li> <li>- Zeitersparnis beim Prozess</li> </ul>	
Bei Schweißparametern Demontage beachten	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Einfachere Demontage</li> <li>- Effizienterer Prozess</li> <li>- Weniger Zellverlust bei Demontage</li> <li>- Keine stärkere Verbindung als nötig</li> </ul>	
Zellverbinder ausreichend dick ausführen	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kein Reißen der Zellverbinder bei der Demontage</li> <li>- Werkzeug muss nicht neu angesetzt werden</li> </ul>	
Äußere Dokumentation des Aufbaus und Materials	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kein Übersehen von Fügeverbindungen</li> <li>- Zeitersparnis Demontage</li> <li>- Verbessertes Materialrecycling</li> </ul>	
Fügeverbindungen identisch halten	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nur ein Werkzeug benötigt</li> <li>- Minimiert Fehler bei der Demontage</li> <li>- Zeitersparnis Demontage</li> </ul>	
Gleichteile nutzen	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Einfachere Demontage und erneute Montage</li> <li>- Vereinfachter Herstellungsprozess</li> <li>- Weniger verschiedene Ersatzteile</li> </ul>	
Weiterentwicklung von Kontaktierungen	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Recyclingoptimierte Lösungen</li> <li>- Geringere Zellbeschädigungen bei Demontage möglich</li> <li>- Effizientere Verbindungen möglich</li> </ul>	
Geeignete Werkstoffwahl	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Gute Recyclingeigenschaften</li> <li>- Geringer Materialmix</li> <li>- Gute Wiederverwendbarkeit</li> </ul>	

### LCA-Integration (IK)

Ursprünglich war für das Projekt LifeCycling<sup>2</sup> keine Software zur Bilanzierung der über den Lebenszyklus des E-Cargobikes und seiner Komponenten aufgewandten Ressourcen und Umweltauswirkungen eingeplant. Nach den ersten Erkenntnissen rund um die Batterie wurde sich dafür entschieden, eine LCA in das Projekt zu integrieren. Aufgrund der während der Coronapandemie ausgefallenen Dienstreisen wurden Reisemittel für diese Anschaffung umgewidmet. Aus verschiedenen Alternativen wurde sich für eine Bilanzierungssoftware entschieden. Bei der ausgewählten Software handelt es sich um „Umberto LCA+“ inkl. Nutzung

der Datenbank ecoinvent 3. Die Software soll dazu genutzt werden, sowohl die aktuelle Ausgangssituation eines linear geführten Batteriesystems mit einfacher Nutzung, als auch die angestrebte Situation eines kreislaufgeführten Batteriesystems mit mehreren Nutzungsphasen (ggf. Secondlife) zu analysieren und damit die Steigerung der Ressourceneffizienz zu quantifizieren.

### **„Methoden zur Steigerung der Ressourceneffizienz anhand eines Life Cycle Assessment (LCA) (IK)**

Im Rahmen einer Masterarbeit mit dem Thema „Methoden zur Steigerung der Ressourceneffizienz anhand eines Life Cycle Assessment (LCA) am Beispiel des E-Cargobikes wurden mit Hilfe von LCA-Methoden ressourcenintensive Komponenten identifiziert. Des Weiteren wurden Methoden zur Bewertung von Lebenszyklusoptionen dieser Komponenten entwickelt. Anschließend erfolgte eine Entwicklung und Anwendung einer lebenszyklusorientierten Änderungs- und Einflussanalyse des wahrgenommenen Nutzens und der Produkt-Performance. Mit der Vorstellung des LCA wurde eine der am relevantesten und umfangreichsten Konzepte zur Identifizierung ressourcenintensiver Komponenten detailliert betrachtet. Dabei wurde auf die einzelnen Phasen, Bestandteile und zu beachtenden Besonderheiten bei der Durchführung eines LCA eingegangen. Anschließend wurden Anforderungen an die zu entwickelnde Methodik zu definieren. Hierzu wurden insgesamt elf Anforderungskriterien aus der Literatur als auch eigenständig auf Basis der vorangegangenen Überlegungen herausgearbeitet. Anhand der definierten Anforderungskriterien konnten vorhandene Ansätze aus der Literatur bewertet werden, die durch eine vorangegangene Literaturrecherche identifiziert wurden. Durch deren Analyse und Bewertung konnten sowohl positive Ansätze als auch Verbesserungen für die Steigerung der Ressourceneffizienz in die Überlegung der zu entwickelnden Methodik abgeleitet und aufgenommen werden. Für die Entwicklung der Methode zur Steigerung der Ressourceneffizienz wurde zunächst das Ziel und der Handlungsrahmen der schließlich entwickelten Methodik deutlich gemacht. Im Anschluss wurde das Vorgehen zur Identifikation ressourcenintensiver Komponenten vorgestellt. Den Rahmen des Vorgehens bot das LCA. Hierdurch wurden Teile des Vorgehens durch die DIN-Normen zum LCA bereits vorgegeben. Ein Teil ist die Auswahl von Indikatoren und Wirkungskategorien, die in die Vorgehensweise aufgenommen wurde. Anschließend erfolgte die Erstellung eines Lebensphasenmodells. Dieser Vorschlag beruht auf der Idee, dem Anwender der Methode bei der Erstellung eines LCA in einer Software eine Orientierung anzubieten. Als dritter Schritt wurde die Datenerhebung als Input für die Methode vorgeschlagen. Dabei wurde hervorgehoben, dass dies ein zentraler Kern der Methode darstellt. Denn die Qualität und Aussagekraft der LCA-Ergebnisse hängen maßgeblich an

einer qualifizierten Datenerhebung. Der abschließende Vorschlag der Erstellung eines Hotspot-Boards ermöglicht eine effiziente Darstellung und Identifikation ressourcenintensiver Komponenten eines Produktsystems. Darauffolgend wurde die Methode zur Identifikation und Bewertung von Lebenszyklusoptionen für Komponenten unter Berücksichtigung heterogener Lebenszyklen und Ressourcenaufwände erläutert. Zunächst wurden die zu betrachtenden Lebenszyklusoptionen eingrenzt. Nach der Eingrenzung der zu betrachtenden Lebenszyklusoptionen wurde das Kriterium „heterogene Lebenszyklen der Komponenten“ für die Identifizierung und Bewertung der Lebenszyklusoptionen beschrieben. Durch die Gegenüberstellung der Lebensdauereffizienz und der relativen Lebensdauer konnte so eine Möglichkeit entwickelt werden, eine Auswahl von Lebenszyklusoptionen für Komponenten zu treffen. Danach folgte die Vorstellung der Auswahl auf Basis des Kriteriums „Ressourcenaufwände“. Dabei wurde festgestellt, dass eine alleinige Identifizierung und Bewertung auf Basis der Ressourcenaufwände von Komponenten nicht erfolgen kann. Daher wurde der Kostenfaktor der Komponente herangezogen. Durch Einteilung der Lebenszyklusoptionen und Gegenüberstellung der relativen Kosten und der relativen Ressourcenaufwände wurde eine Möglichkeit zur Auswahl von Lebenszyklusoptionen für Komponenten entwickelt. Abschließend wurde eine Auswahltablette vorgestellt, die die Ergebnisse der beiden Bewertungskriterien zusammenträgt. Im Anschluss wurde das Ziel verfolgt, eine lebenszyklusorientierte Änderungs- und Einflussanalyse zu entwickeln, die zur Identifikation und Bewertung der zeitlichen Veränderungen des wahrgenommenen Nutzens von Technologien und der Produkt- Performance verwendet werden kann. Es wurde eine Änderungs- und Einflussanalyse Matrix vorgeschlagen. Die vorgeschlagene Analyse Methode besteht aus fünf Schritten, nämlich der (1) Erhebung von Nutzfunktionen des Kunden, (2) Bestimmung der Produktfunktionen, (3) Bewertung des Zusammenhangs der Produktfunktionen und des Kundennutzens, (4) Bewertung der Produktfunktionen der Komponenten und schließlich (5) der Komponenten Einfluss- und Änderungsmatrix. Durch die schrittweise Vorgehensweise konnte eine Methode entwickelt werden, die es ermöglicht, Aussagen zur Planung von Lebenszyklusstrategien zu treffen. Im letzten Schritt wurde eine Validierung und Evaluierung der Methode durchgeführt.

### **3.5 Recycling**

#### **Recyclingprozess (Electrocycling GmbH)**

Der Recyclingprozess beschreibt die zweite Hierarchiestufe des Grundsatzes der Verwertungshierarchie. Der Grundsatz beschreibt, dass die Wieder- und Weiterverwendung des Gebrauchs von Geräten und Bauteilen an erster Stelle steht. Wenn dieser Ansatz nicht mehr wirtschaftlich, technisch oder rechtlich möglich ist, folgt die zweite hierarchische Ebene, die stoffliche und rohstoffliche Verwertung. Diese wurde im Rahmen dieses Forschungsprojekts betrachtet und ausgewertet. Die danach folgenden Ebenen sind die energetische Verwertung und bei schadstoffhaltigem Material, welches einer energetischen Verwertung nicht zugefügt werden kann oder darf, ist die letzte Ebene zu wählen, welches die Beseitigung durch Deponierung oder Sonderabfallverbrennung ist.

Die stoffliche und rohstoffliche Verwertung von E-Cargobikes wurde in einer theoretischen Auswertung durchgeführt. Diese ist unter Berücksichtigung der vorhandenen Materialien und der Mengenaufteilung erfolgt. Ein praktischer Versuch als Batch-Fahrweise zur Validierung der Ergebnisse konnte nicht durchgeführt werden. Hierzu ist eine Menge von ca. 90 E-Cargobikes nötig, was einer Masse von knapp 3 Tonnen entspricht. Das ist die Menge, die benötigt würde, um die Aufbereitungstechnik passend auf den Prozess einzustellen. Hintergrund ist, dass sich unterschiedliche Materialfraktionen durch ihre Beschaffenheit und Materialverteilung differenziert verhalten. Hierzu ist der Aufbereitungsprozess individuell anzupassen. Im alltäglichen Betrieb des folgenden beschriebenen Recyclingprozesses werden die E-Cargobikes nicht einzeln aufbereitet, sondern einer Fraktion zugeordnet, die ähnliche Beschaffenheit aufweist, wie das E-Cargobike. Dies könnten zum Beispiel Server- und Schaltschränke sein.

Die benannte Menge an E-Cargobikes für die Batchfahrweise konnte im Rahmen des Projekts nicht generiert werden.

Zur Erläuterung des Aufbereitungsprozesses ist Folgendes zu beschreiben: Das Verfahren stofflicher- und rohstofflicher Verwertung ist in zwei Verwertungsschritten zu sehen.

Der erste Schritt: Zerlegung und dadurch die Sortierung und Trennung von Funktionsteilen, Schadstoffen und anderer Störstoffe. Bei einem E-Cargobike werden die Fahrradatterie, Ersatzteile / Funktionsteile, Bauteile aus Gummi, darunter fallen Reifen, Schläuche, Griffe und der Sattel, und die Aufbauten aus Holz oder Styropor demontiert. Dies erfolgt manuell von einer Person, welche die Arbeit mit herkömmlichen Werkzeugen verrichtet. Die demontierten Teile werden separat gehalten und könnten einem individuellen Verwertungsprozess zugeführt werden.



## Ergebnisse

Der zweite Schritt ist die maschinelle Aufbereitung. Dieser startet, indem das E-Cargobike einer Vorzerkleinerung mittels einer Hammermühle oder Hammerbrecher zugeführt wird. Hier werden die Materialien der Bauteile voneinander getrennt, indem diese auf eine Größe von maximal 10 cm x 10 cm zerkleinert werden. Die zerkleinerten Materialien werden im weiteren Prozess einer groben Separation unterzogen. Dazu gehört die Trennung des Metalls mittels Magnettrommeln und Wirbelstromabtrennung. Die nicht metallhaltige Fraktion wird über ein Doppeldeckersieb in ihrer Korngröße klassiert, welches für den weiteren Verarbeitungsprozess nötig ist. Die in der Grobseparation vorsortierten Fraktionen werden einzeln in eine Feinseparierung geführt. Dies startet mit einer Folgezerkleinerung, in der die grob zerkleinerten Materialien weiter aufgeschossen werden, um diese besser in einer Sortenreinheit voneinander zu trennen. Nach der Folgezerkleinerung erfolgt eine weitere, feinere Separierungsstufe. Diese besteht ebenfalls aus diversen magnetischen Trennungsvorgängen sowie aus unterschiedlichen Dichtentrennschritten zur Sortierung von Metallen und Kunststoffen. Hier werden Stahlfractionen, Kupferkonzentrate mit Edelmetallen, Aluminiumgranulate, gemischte Kunststofffraktionen und energiereiche Fraktionen für die thermische Verwertung gewonnen.

Darstellung des Aufbereitungsprozesses

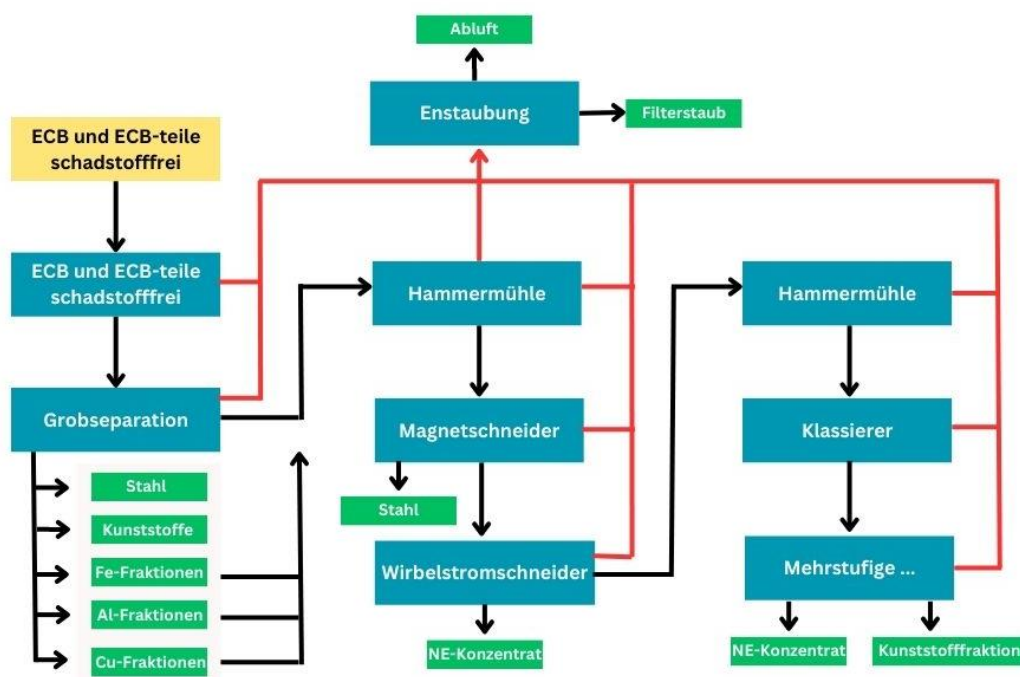


Abbildung 3-69 - Verwertungsprozess Electrocycle GmbH

## Ergebnisse

### Benötigte Anlagen und Werkzeuge bei manueller Zerlegung, Sortierung und Trennung

- Werkhalle
- Hammer
- Schraubendreher
- Maulschlüssel
- Innensechskantschlüssel
- Gitter-/ Schüttboxen
- Handlings-Geräte wie zum Beispiel kleiner Sortierbagger mit einem Sortiergreifer, Flurförderfahrzeug

### Benötigte Anlagen zur Vorzerkleinerung und Vorsortierung

- Umschlagbagger
- Förderbänder
- Förderschnecken
- Hammermühle / Shredder
- Gegenstromsichtung
- Magnetabscheider
- Wirbelstromabscheider
- Siebmaschine
- Optische Sensorsortieranlage
- Entstaubungsanlage
- Löschanlage für die Entstaubungsanlage

### Benötigte Anlagen zur Nachzerkleinerung und Feinsortierung

- Aufgabebunker
- Förderbänder
- Hammermühle / Shredder / Granulator
- Gegenstromsichtung
- Magnetabscheider
- Wirbelstromabscheider
- Siebmaschine
- Sensorsortieranlage mit verschiedene Detektionsarten (Fabererkennung, Röntgenfluoreszenz, Laserdetektion)
- Dichtentrennanlagen
- Entstaubungsanlage
- Löschanlage für die Entstaubungsanlage

## Ergebnisse

Eine Aufbereitung der Batterie-Zellen wird von Electroycling GmbH nicht betrieben. Hierzu entwickeln sich aktuell unterschiedliche Aufbereitungsverfahren. Eine umfängliche Übersicht hat die ISI Fraunhofer in einer Kurzstudie zum Batterierecycling [20] veröffentlicht.

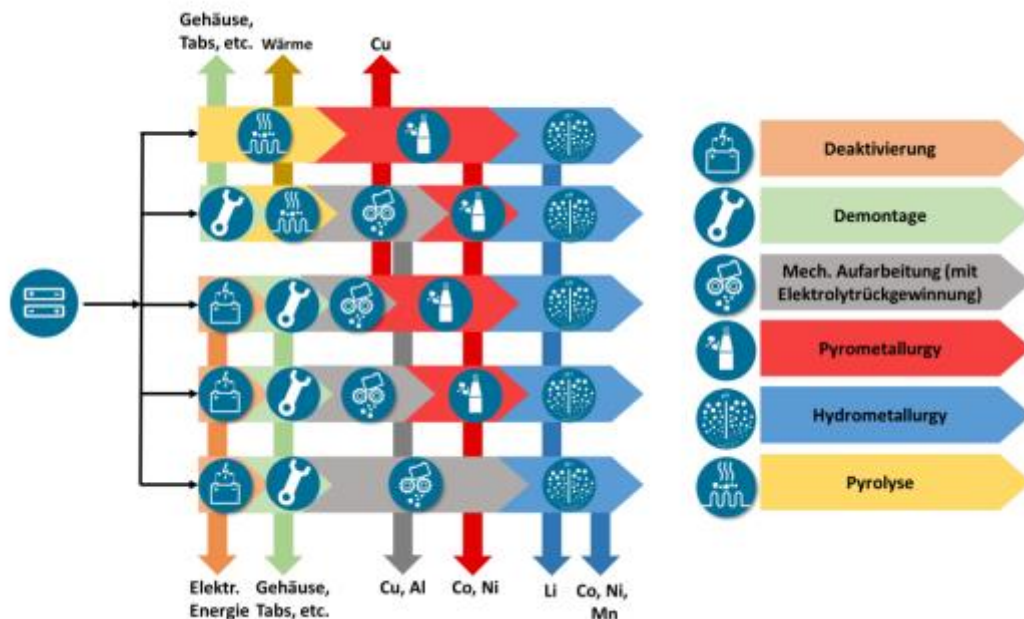


Abbildung 3-70 - Mögliche Prozessrouten des Recyclings von Lithium-Ionen-Batterien [14, 20]

### Stoffliche Bewertung zum Recyclingprozess (Electroycling GmbH)

Die stoffliche Bewertung zum Recyclingprozess von E-Cargobikes wurde von der Electroycling GmbH anhand einer geschätzten Massenverteilung eines E-Cargobikes durchgeführt. Die genaue Gewichtung wäre nur für einen definierten Typ möglich, da die Gestaltungsart der einzelnen Radtypen sich oft sehr unterscheidet. Zur genauen Bestimmung der Massenverhältnisse eines Radtyps ist die Aufteilung auf diesen anzupassen. Die hier dargestellten Recyclinggrade sind anteilig zur Massenverteilung zu skalieren und können somit auf andere Radtypen übernommen werden.

Tabelle 3-20 - Durchschnittliche Massenverteilung E-Cargobike

Gesamt pro E-Cargobike	36kg	
<b>Gewicht ohne Zellen (-2kg)</b>	34kg	100%
<b>Aluminium</b>	17kg	50%
<b>Stahl</b>	6,8kg	20%
<b>Kunststoff</b>	5,1kg	15%
<b>Holz</b>	1,7kg	5%
<b>Kupfer</b>	0,68kg	2%
<b>Sonstiges</b>	1,36kg	4%
<b>Gold</b>	0,0001kg	0,0003%

## Ergebnisse

*Tabelle 3-21 - Durchschnittliche Massenverteilung Zelle [20]*

<b>Gewicht Zellen</b>	<b>2kg</b>	<b>100%</b>
<b>Nickel</b>	0,2kg	10%
<b>Kobalt</b>	0,22kg	11%
<b>Kupfer</b>	0,22kg	11%
<b>Mangan</b>	0,2kg	10%
<b>Lithium</b>	0,04kg	2%
<b>Aluminium</b>	0,36kg	18%
<b>Graphit</b>	0,38kg	19%
<b>Elektrolyte</b>	0,3kg	15%
<b>Separator</b>	0,08kg	4%

Da die Auswertung theoretisch betrachtet wurde, sind die unten aufgeführten Recyclingraten anhand typischer Materialfraktionen aus unserer Aufbereitungslinie, die sehr ähnliche Aufteilung und Anteile an Materialien aufweisen, wie bei einem E-Cargobike, erstellt worden.

Die Bildung eines Äquivalents aus einer Materialfraktion aus unserer Aufbereitungslinie zum E-Cargobike verifiziert die Aussage der Recyclingraten. Die Angaben der Recyclingraten stehen immer im Zusammenhang zu dem Aufbereitungsprozess. Somit können sich die Werte der Recyclingrate bei unterschiedlichen Prozessen verändern. Ziel sollte sein, den Aufbereitungsprozess so zu gestalten, dass ein Maximum an Materialrückführung gegeben ist.

## Ergebnisse

Tabelle 3-22 - Durchschnittliche zu erwartende Recyclingrate pro E-Cargobikes

Gesamt pro E-Cargobike	Massen-aufteilung	Massen-aufteilung pro ECB	Theoretische Recyclingrate	Masse der Rückgewinnung pro ECB	Theoretischer Anteil des Verlustes beim Recyclingprozess	Masse des Verlustes beim Recyclingprozess pro ECB
<b>Gewicht ohne Zellen (-2kg)</b>	34kg	100%				
Aluminium	17kg	50%	90%	15,3kg	10%	1,7kg
Stahl	6,8kg	20%	95%	7,752kg	5%	0,408kg
Kunststoff	5,1kg	15%	44%	2,244kg	56%	2,856kg
Holz	1,7kg	5%	0%	0kg	100%	1,7kg
Kupfer	0,68kg	2%	97%	0,6596kg	3%	0,0204kg
Sonstiges	1,36kg	4%	0%	0kg	100%	1,36kg
Gold	0,0001kg	0,0003%	90%	0,00009kg	10%	0,00001kg
<b>Summe</b>			<b>76%</b>	<b>25,96kg</b>	<b>24%</b>	<b>8,04kg</b>

Der Anteil des Verlustes bei Recyclingprozess ist bei den Metallen auf eine Verschleppung dieser in andere Metallfraktionen zurückzuführen. Ein großer Teil des Verlustes beim Recyclingprozess, 100% die Holzfraktion und ca. 56% die Kunststofffraktion, wird der thermische Verwertung zugeführt. Holz kann beim Elektrogeräte-Recycling als reines Holz bei der Vordemontage separat gehalten und in einen für das Holzrecycling ausgelegten Verwertungsprozess geführt werden. Wenn das Holz zu einem gewissen Grad behandelt ist, wie zum Beispiel eine Siebdruckplatte, welches oft im E-Cargobike zu finden ist, dann ist eine Wiedergewinnung des Rohstoffs nur sehr schwer - technologisch und wirtschaftlich - möglich.

Die stoffliche Wiedergewinnung von Kunststoffen ist nur bei bestimmten Kunststoffarten und Rahmenbedingungen möglich. Darunter fallen zum Beispiel ABS, PS PP, PE. Für die weitere Nutzung des Kunststoffs muss dieser zwingend sortenrein sein. Alle Kunststoffe mit Zuschlägen, die die Eigenschaften des Kunststoffs verbessern, darunter fallen Fasern, Flammenschutzmittel usw., müssen dem wiederverwendeten Kunststoff fernbleiben. Demzufolge eignen sich einige Kunststoffe wegen ihres Materials oder ihrer Zuschläge nicht zur Wiederverwendung und können nur der thermischen Verwertung zugeführt werden.

## Ergebnisse

Zur weiteren Betrachtung auf strategische Metalle im einen E-Cargobike ist folgendes zu erwarten:

- Aluminium: Funktionsteile, eventuell Rahmen
- Stahl: Funktionsteile, eventuell Rahmen
- Kupfer: Kabel, Motorenwicklung
- Kobalt: Lithium-Ionen-Akkumulatoren
- Neodym: Generatoren, Motoren
- Gold: Stecker, Kontaktstellen
- Indium: Touchscreens, Leuchtdiode, Displays
- Hafnium: Computerchips, Lampen
- Gallium: Leuchtdioden, elektr. Hochfrequenzbauteile, integrierte Schaltkreise

Ein positives ökonomisches Verhältnis zwischen Aufwand und Erlös durch die Wiedergewinnung der Materialien als direkte Sekundärrohstoffe oder als ein Zwischenprodukt der Recyclingkette ist auf Basis der betriebswirtschaftlichen Daten vom 1.Quartal 2022 bei der Electroycling GmbH gegeben. Einflussgebend auf die Wirtschaftlichkeit des Recyclings von E-Cargobikes ist der jeweils zum Recyclingzeitpunkt aktuelle Börsenkurs der Metalle sowie der Marktpreis für den Verkauf bzw. die Entsorgung der nichtmetallischen Rohstoffe, die Betriebs-, Lohn- und Energiekosten.

### **Konformitätsbetrachtung und Gesetzeslage bei einem E-Cargobike (Electroycling)**

Für die Betrachtung der gesetzlichen Lage und der Konformitätsbedingungen mit Sicht auf die modulare Gestaltung eines E-Cargobikes, beim Second Use, Refurbishing und Remanufacturing von Komponenten und Bauteilen, hat die Electroycling GmbH eine Übersicht über die Gesetze, Verordnungen und Richtlinien erstellt. Ebenso auch zur Entsorgung des E-Cargobikes und der Fahrradatterie.

Zuordnung Pedelec - Definition:

Gemäß geltender EU-Verordnung Nr. 168/2013 vom 15.01.2013 aktuelle Fassung vom 14.11.2020 „über die Genehmigung und Marktüberwachung von zwei- oder dreirädrigen und vierrädrigen Fahrzeugen“ beschreibt, dass es Typgenehmigungen aller neuen Fahrzeuge bedarf, bis auf definierte Ausnahmen [17].

Ausnahme: Gemäß Kap. I, Artikel 2 sind von der Typgenehmigung gem. Art.1 (1) befreit:

## Ergebnisse

Abs. 2 a) „Fahrzeuge mit einer bauartbedingten Höchstgeschwindigkeit von bis zu 6 km/h“  
Damit ist der Antrieb mit reiner Motorkraft gemeint - beim Pedelec darf insoweit die Schiebehilfe bis max. 6 km/h ohne Pedalieren unterstützen.

Abs. 2 h) „Fahrräder mit Pedalantrieb mit Trethilfe, die mit einem elektromotorischen Hilfsantrieb mit einer maximalen Nenndauerleistung von bis zu 250 W ausgestattet sind, dessen Unterstützung unterbrochen wird, wenn der Fahrer im Treten einhält, und dessen Unterstützung sich mit zunehmender Fahrzeuggeschwindigkeit progressiv verringert und unterbrochen wird, bevor die Geschwindigkeit des Fahrzeugs 25 km/h erreicht;“

In Artikel 3 (Begriffsbestimmungen), Nr. 35 ist definiert, was unter „maximaler Nenndauerleistung“ zu verstehen ist: „... die maximale Leistung über 30 Minuten an der Abtriebswelle eines Elektromotors gemäß der UN-ECE-Regelung Nr. 85“. In der UN-ECE Nr. 85 wird auch das Messverfahren zur Ermittlung der maximalen Nenndauerleistung geregelt.

Nach der gemeinsamen EU-Verordnung hat das „normale Pedelec“ also einen vom Hersteller mit 250 W maximale Nenndauerleistung (die maximale Spitzenleistung und die maximale Fahrdauerleistung sind rechtlich unbegrenzt) benannten Motor, eine mit zunehmender Geschwindigkeit progressiv abnehmende Motorunterstützung, eine Motorunterstützung bis maximal 6 km/h ohne Pedalieren und max. 25 km/h mit Pedalieren und ist damit von der Typgenehmigungspflicht befreit.

Das E-Cargobike mit der vorhergegangenen Definition ist analog mit einem Pedelec zu werten.

S-Pedelecs oder E-Cargobikes (ECB) über 250W Nennleistung fallen in die Typgenehmigungspflicht.

CE-Kennzeichnung Pedelecs und ECB:

Da die oben beschriebenen Pedelecs und ECBs keine Typgenehmigung benötigen, aber nach Produktsicherheitsgesetz (ProdSG) eine Zuordnung erfolgen muss, findet sich diese in der EG-Maschinenrichtlinie 2006/42/EG (MRL) und bedarf somit einer CE-Kennzeichnung. Das Pedelec und ECB gilt als Maschine. Ein wesentlicher Bestandteil zum Erreichen der Konformität ist die Erstellung der technischen Unterlagen und die Risikobeurteilung gemäß Anhang I.

Hinweis; ein Rad ohne Hilfsantrieb unterliegt nicht der MRL.

Umbau und wesentliche Änderung des Pedelecs und ECBs:

Laut eines Interpretationspapiers findet eine wesentliche Änderung einer „Maschine“ statt durch Leistungserhöhung, Funktionsänderung, Änderung der bestimmungsgemäßen Verwendung (wie durch Änderung der Hilfs-, Betriebs- und Einsatzstoffe, Umbau oder

## Ergebnisse

Änderung der Sicherheitstechnik). Diese Punkte müssen auf sicherheitsrelevante Auswirkungen geprüft werden.

Hinweis: das ist ein relevanter Punkt bei der Planung, ein ECB in Modulbauweise umzubauen. Derjenige, der die wesentliche Änderung durchführt und wieder in Verkehr bringen möchte, hat Sorge zu leisten, dass eine neue EG-Konformität erstellt wird (CE-Zeichnen), mit all der nötigen Dokumentation und technischen Unterlagen! Das gilt auch, wenn ein gebrauchtes ECB oder Pedelec aus dem Nicht-EU-Raum importiert wird. Dann ist die EG-Konformität ebenfalls nachzuweisen.

Bemerkung: das CE-Zeichen ist kein Qualitätssiegel, sondern der nötige Nachweis einer Konformitätserklärung des Herstellers.

Zuordnung Fahrradatterie:

Batterien und Akkumulatoren für den Antrieb von Pedelecs oder ECB's sind laut Batteriegesetz (BattG) vom 25. Juni 2009 als Industriebatterien eingestuft.

BattG § 2 Begriffsbestimmungen

(5) "Industriebatterien" sind Batterien, die ausschließlich für industrielle, gewerbliche oder landwirtschaftliche Zwecke, für Elektrofahrzeuge jeder Art oder zum Vortrieb von Hybridfahrzeugen bestimmt sind. Fahrzeugbatterien sind keine Industriebatterien. Auf Batterien, die keine Fahrzeug-, Industrie- oder Gerätebatterien sind, sind die Vorschriften dieses Gesetzes über Industriebatterien anzuwenden.

EG-Konformität für Fahrradbatterien:

Als Hersteller und „In-Verkehr-Bringer“ von Fahrradbatterien besteht die Pflicht wie beim Pedelec, die Batterie auf Konformität zu prüfen. Zur Überprüfung gemäß ProdSG für die Fahrradatterie sind die Richtlinien EMV-Richtlinie 2014/30/EU, Niederspannungsrichtlinie 2014/35/EU und RoHS-Richtlinie 2011/65/EU zu verwenden. Zur Einhaltung der Richtlinien ist empfohlen, die jeweiligen harmonisierten Normen heranzuziehen.

Die EG-Konformitätsanforderung ist generell erst nötig ab der betriebsfertigen Übergabe. Prototypen sind nicht direkt betroffen.

Kennzeichnungspflicht einer Fahrradatterie

Nach dem Erlangen der EG-Konformität ist die Fahrradatterie mit einer normgerechten CE-Kennzeichnung zu versehen.

Nach BattG ist das Symbol der „durchgestrichenen Mülltonne“ auf die Batterie aufzubringen. Gestaltung und Größe ist durch §17 Abs. 2 BattG geregelt. Bei Überschreitung bestimmter Grenzwerte für die Inhalte an Quecksilber, Cadmium und Blei in den Batterien (vgl. hierzu §



## Ergebnisse

17 Abs. 3 BattG) sind die chemischen Zeichen der Metalle (Hg, Cd, Pb) unterhalb der durchgestrichenen Mülltonne hinzuzufügen.

### Herstellerepflichten für Fahrradbatterien:

Neben den oben genannten Kennzeichnungspflichten sind die Hersteller verpflichtet, sich vor dem In-Verkehr-Bringen BattG §4 bei der Stiftung EAR zu registrieren. Weiterhin sind Hersteller von Industriebatterien gemäß BattG §5 in Verbindung mit BattG §8 verpflichtet, zumutbare und kostenfreie Möglichkeiten für die der Rückgabe der Batterien anzubieten und die zurückgenommenen Altbatterien zu verwerten.

Das BattG basiert auf der europäischen Batterierichtlinie 2006/66/EG. Gegenwärtig ist eine von der Europäischen Kommission vorgeschlagene Batterieverordnung in der Diskussion, die die vorhandene Richtlinie ersetzen wird und u.a. auch den Einsatz von Recyclingmaterialien bei der Produktion von neuen Batterien fordert.

### ECB im Kontext zur Fahrradatterie:

Die Konformitätsbetrachtung des ECBs wird im Kontext Fahrradatterie getätigt. Ein Teil der Sicherheitsfunktion des ECBs wird mit in der Fahrradatterie im Batteriemanagementsystem implementiert sein. Bei einem Batterietausch mit einem anderen Batterietypen ist sicherzustellen, dass die Sicherheitsfunktion, welche das ECB betrifft, mindestens auf demselben Niveau vorhanden ist. Die Sicherheitsfunktionen (betreffend der Personensicherheit) muss laut DIN 13849 in Klassen (SIL, PL) eingeteilt sein, verifiziert in der Planungsphase und validiert nach der Umsetzung. Wenn ein niedrigeres Sicherheitsniveau nach dem Tausch der Fahrradatterie erzielt wird und nicht eine Ergänzung durch eine zusätzliche „einfache“ Sicherheitsfunktion dasselbe oder ein höheres Sicherheitsniveau erreicht werden kann, verfällt die EG-Konformität des ECBs.

Hinweis: Der oben beschriebene Kontext greift dann, wenn die Fahrradatterie und ihr BMS eine Sicherheitsfunktion übernimmt

### Typenzuordnung nach EG-Fahrzeugklassen:

Pedelecs oder ECBs mit zwei Rädern sind nach EG-Fahrzeugklasse der Klasse L1e-A zu deklarieren.

Pedelecs oder ECBs mit mehr als zwei Rädern sind nach EG-Fahrzeugklasse der Klasse L2e-U oder L2e-U zu deklarieren.

### Gesetze zur Entsorgung:

## Ergebnisse

Für alte Pedelecs oder ECBs zur Entsorgung, beide ohne Typenzulassungspflicht, mit zwei Rädern gelten die Anforderungen des Elektro- und Elektronikgerätegesetz (ElektroG).

### ElektroG § 2 Anwendungsbereich

(2) Dieses Gesetz gilt nicht für folgende Elektro- und Elektronikgeräte:

7. Verkehrsmittel zur Personen- und Güterbeförderung; dieses Gesetz gilt jedoch für elektrische Zweiradfahrzeuge, für die eine Typgenehmigung nicht erforderlich ist.

Der Letztbesitzer hat das alte Pedelec oder ECB, sofern es als Abfall einzustufen ist und dem ElektroG unterliegt, der Sammelstelle (Wertstoffhof/Recyclinghof der Kommune/Stadt) oder den Rücknahmestellen z.B. des Handels oder den Herstellern zuzuführen. Gemäß § 14 Absatz 1 ElektroG, unterliegt das Pedelec oder ECB bis auf Ausnahmen der Sammelgruppe 4, Großgeräte.

Ein Pedelec oder ECB, beides ohne Typenzulassungspflicht, mit mehr oder weniger als zwei Rädern oder ein Pedelec oder ECB mit einer Typenzulassungspflicht unabhängig der Räderzahl unterliegt nicht dem ElektroG. Weiterhin gilt die Altfahrzeugverordnung (AltfahrzeugV) nur für Fahrzeuge der EG Fahrzeugklassen M und N, nicht für die Klasse L und somit nicht für die beschriebenen Pedelec oder ECB.

Aktuell gibt es scheinbar keine weiteren Entsorgungsvorschriften für diese Art alter Pedelecs oder ECBs. Wenn sie Abfall werden, sind diese Pedelecs und ECBs wie andere Dinge z.B. eine Schubkarre, Fahrrad oder ein Kochtopf als Sperrmüll (AVV 20 03 07) zu behandeln.

Die Entsorgung der Fahrradatterie, auch für Pedelecs und ECBs, die nicht dem ElektroG unterliegen, wird im BattG beschrieben. Für die Fahrradatterie (Industriebatterie) gilt, der Letztbesitzer kann die Fahrradatterie dem Pedelec oder ECB entnehmen, wenn diese mit einfachen Handgriffen entnommen werden kann, gemäß §5 BattG und in Verbindung mit §8 des BattG dem Händler bzw. dem Hersteller zurückgeben. Dieser muss sie kostenlos übernehmen und einer Verwertung zuführen.

Fazit:

Zur Einordnung bei der Produkthaftung empfehlen wir ein E-Cargobike unabhängig von der Räderanzahl und Leistungsklasse in einer Kategorie der Typenklassen einzuordnen. Ebenso ist eine Unterscheidung in Typenzulassung und Maschinenrichtlinie nicht zielführend. In der aktuellen Gesetzeslage ist es kaum möglich, ohne das Mitwirken des OEM (Original Equipment Manufacture) ein E-Cargobike im zweiten Schritt eine modulare Gestaltung des Rades durchzuführen oder ähnliche Bauteile, die nicht dem verbauten Equipment entsprechen, einzubauen. Ebenso ist es aktuell auch nicht zulässig, eine andere Fahrradatterie in das Rad einzubauen.

Hinter beiden Arten, Typenzulassung und Maschinenrichtlinie, der Einordnung gemäß Produkthaftungsgesetz, stehen unterschiedliche Regelwerke, um eine Konformität zu erreichen. Hier empfehlen wir ein ähnliches Handeln wie bei KFZ-Teilen und deren Zubehörteilen, die Bauteile einer einheitlichen Prüfung zu unterziehen und diese mit einer allgemeinen Betriebserlaubnis (ABE) zu versehen.

Bei der Gesetzeslage zur Entsorgung gibt es ebenfalls dringenden Handlungsbedarf. Zurzeit ist nur das zweirädrige E-Cargobike einem zielführenden Entsorgungsweg über das ElektorG zugeordnet. Alle anderen E-Cargobikes sind über die Sperrmüllverordnung zu entsorgen. Was den Weg zu einem Fachunternehmen, welches eine entsprechende Recyclingkompetenz besitzt, so gut wie ausschließt. Hier ist unsere Empfehlung, alle E-Cargobikes, Pedelecs jeglicher Art und E-Scooter mit ins ElektorG aufzunehmen. So kann ein optimales Recycling gewährleistet werden.

### **Konzept für die Behandlung eines E-Cargobikes für das Second-Life (Electrocycling)**

Im Projektverlauf wurde im Rahmen eines Workshops ein idealisiertes Rücknahmesystem von E-Cargobikes mit der Gewichtung, diese im Second-Life in den Markt zurückzuführen, erstellt. Das Konzept ist auf zwei Grundpfeilern aufgebaut, das Frontend, welches die Handel-Benutzer-Beziehung beschreibt und das Backend, welches den Thermus der „Upcycler“, der Logistik und das Wissensnetzwerk, die für die Rücknahme und Aufbereitung zuständig sind, beschreibt. In dem Schaubild, Abbildung 3-71 - Schaubild , werden die Beziehungen der Parteien und derer möglichen Schnittstellen dargestellt. Das System im gezeigten Schaubild ist so erarbeitet worden, dass es zu einem bestmöglichen harmonisierenden System führt. Darunter wurde auch der für Electrocycling GmbH wichtige Aspekt betrachtet, dass die Rückführung des Rohstoffs „E-Cargobike“ lückenlos erfolgt. Dieses ist aktuell noch nicht gegeben und kann so verbessert werden.

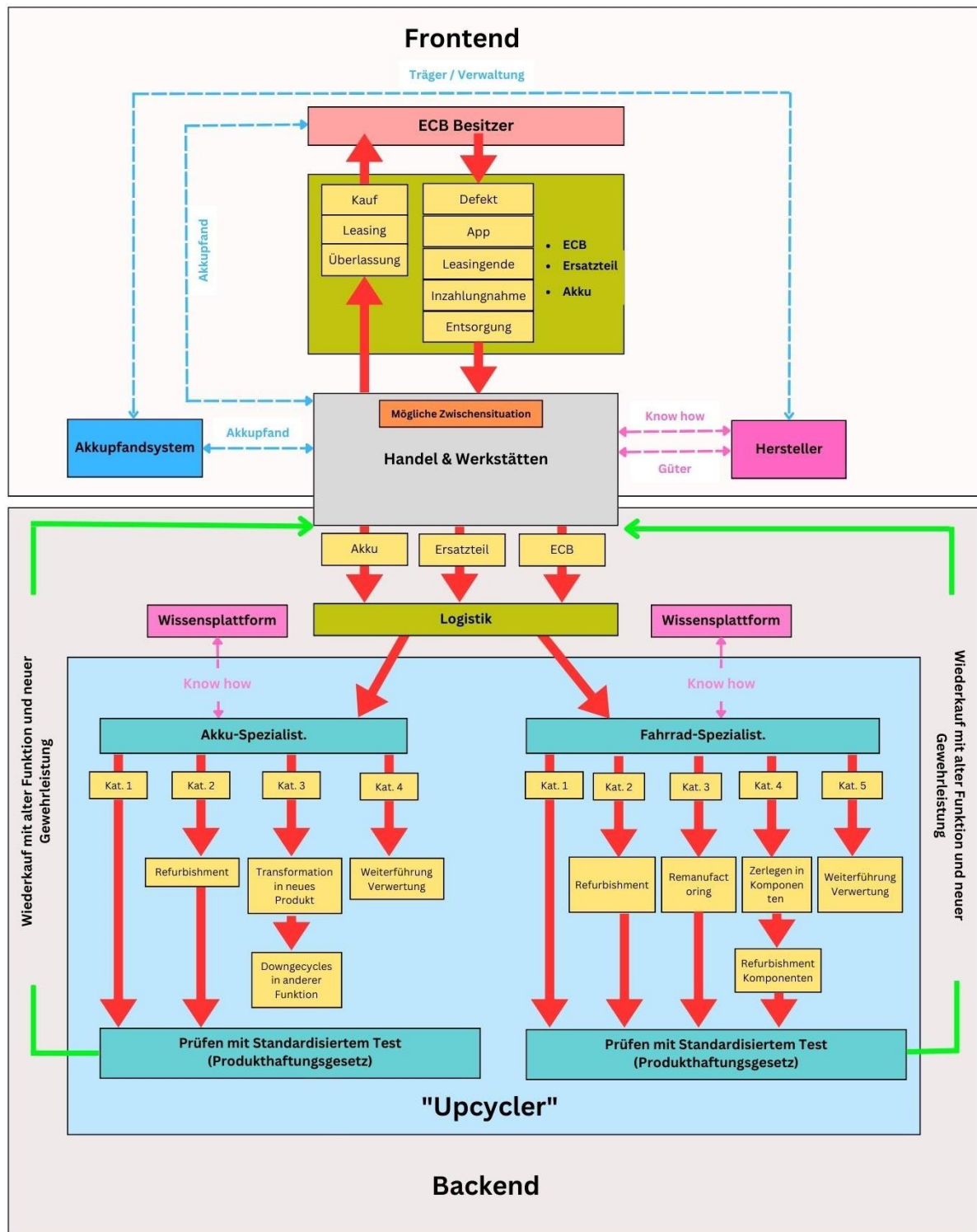


Abbildung 3-71 - Schaubild

Der Zustand der Teile oder des E-Cargobikes bei diesem Konzept wird in Kategorien von 1 bis 5 unterschieden. Hierzu wurde eine Liste über die Fallunterschiede erstellt und die behilflich ist, den E-Cargobike spezifischen Gegenstand einem Zustand gemäß der Kategorien zuzuordnen.

Fallunterscheidung						
Alle Kriterien sind mit einer ODER-Logik anzuwenden						
Fahrrad			Akku			
	Technisch	Optisch		Technisch	Optisch	Kapazität (der Zellen)
1	keine Mängel	keine Mängel	1	keine Funktionsstörung	keine Mängel	>90%
2	keine Mängel	nutzungsbedingte Mängel	2	keine Funktionsstörung	keine Mängel	>80%
3	nutzungsbedingte Mängel	keine Mängel		keine Funktionsstörung	nutzungsbedingte Mängel	>80%
	nutzungsbedingte Mängel	nutzungsbedingte Mängel		Funktionsstörung	nutzungsbedingte Mängel	>80%
4	keine Mängel	erhebliche Mängel	3	keine Funktionsstörung	keine Mängel	<80%
	nutzungsbedingte Mängel	erhebliche Mängel		keine Funktionsstörung	nutzungsbedingte Mängel	<80%
5	erhebliche Mängel	nutzungsbedingte Mängel		Funktionsstörung	nutzungsbedingte Mängel	<80%
	erhebliche Mängel	erhebliche Mängel	4	keine Funktionsstörung	keine Mängel	<50%
				keine Funktionsstörung	nutzungsbedingte Mängel	<50%
				Funktionsstörung	nutzungsbedingte Mängel	<50%

Abbildung 3-72 - Fallunterscheidung

## Grundstruktur und Materialauswahl bei der Herstellung eines E-Cargobikes (Eletrocycling)

Zu einer recyclinggerechten Gestaltung eines E-Cargobikes sollten alle Bauteile, die ein Potential der Weiter-oder Wiederverwendung haben oder Bauteile, die als Störgröße im mechanischen Verwertungsprozess wirken, wie auch als Schadstoff gelten (z.B. Akkumulator), leicht und schnell entnehmbar sein. Die Entnahme erfolgt meist händisch. Der Einsatz von Manpower ist der größte Anteil an Aufbereitungskosten und sollte aufgrund von Arbeitskräftemangel und aus wirtschaftlichen Gründen so klein wie möglich gehalten werden. Nach der händischen Entnahme kann die weitere Verwertung in der Regel mit automatisierten, mechanischen Massenverfahren erfolgen.

## Ergebnisse

Zur recyclinggerechten Materialwahl und Konstruktion sollte eine untrennbare Fügung verschiedener Materialien vermieden werden. Darunter zählt zum Beispiel:- Glas-/ Kohlefaserbauteile

- Glas-/ Kohlefaser-verstärkte Kunststoffe
- Geschäumte/ unterschäumte Kunststoffe (aktueller Aufbau der meisten Sättel)
- Verklebte/ vergossene Bauteile (teilweise in Steuergeräten der Fall)
- Direkt auf Aluminium/ Stahl/ Zink aufgedruckte Leiterplatten
- Verklebte/ verschweißte Akkumulatoren
- Softlack auf Kunststoffoberflächen
- Gummibauteile
- Verbundholzplatten

Diese Auflistung lässt sich dadurch begründen, dass bei den Materialverbunden in den meisten Fällen keine sortenreine Trennung erfolgen kann. Dadurch wird eine Verwertung als reine Materialfraktion fast unmöglich, bzw. der Aufwand ist so groß, dass dies nicht ökologisch und ökonomisch auf die erwartete Masse umsetzbar ist. Für viele Verbundfraktionen bleibt aktuell nur eine energetische Verwertung als Recyclinglösung bestehen.

Die automatisierte und mechanische Aufbereitung arbeitet auf der Basis der physischen Eigenschaften der einzelnen Materialien. Wenn die angehafteten Materialien nicht im Prozess, meistens durch die Zerkleinerung, getrennt werden können, ist die Trennung und dadurch die Wiedergewinnung der Rohstoffe deutlich erschwert.

## Ergebnisse

Das ideal aufgebaute E-Cargobike sollte somit folgende Merkmale aufweisen:

1. Ein adaptiver Aufbau
  - a. Baugruppen sind leicht auszuwechseln oder zu entnehmen
2. Die Baugruppen sind reparaturfähig zu gestalten
  - a. Fügestellen verschraubt
  - b. nicht geklebt. Baugruppen nicht vergossen,
  - c. einen hohen Grad an Zerlegbarkeit
3. Keine Verbundmaterialien
  - a. Einfache Trennmöglichkeit der Materialien
4. Eine gute Auswahl von recycelbarem Material
  - a. Hochwertige Materialien für eine lange Lebensdauer
  - b. Verwendung recyclebarer Kunststoffe z.B. ohne Kalkzuschlag und Glasfaserverstärkung
  - c. Reduzierung auf das Minimum nicht recyclebarer Materialien

Explizite Anforderung zur Herstellung einer Antriebsbatterie

1. Material:
  - a. Gehäuse: Kunststoff vorzugsweise: ABS, PS PP, PE. Alle Kunststoffe sortenrein und ohne Faserverstärkung. Metall ohne nicht trennbare Materialmixe (Alu mit Kupfer verlötet, keine Sintermixmaterialien)
2. Fügestellen:
  - a. Gehäuse: muss so gestaltet sein, dass ein Öffnen und Schließen ohne Funktionseinbuße möglich ist
  - b. Bauteile im Gehäuse: Bauteile durch Verspannen oder Ähnliches miteinander fixieren. Kein Vergießen oder Verkleben der Bauteile
3. Dichtungen
  - a. Gehäuse: Dichtung nur durch Kraftschluss fügen oder einfache lösbare Verbindungen verbauen (klemmen, verspannen usw.), keine Flüssigdichtungen oder nicht lösbare klebende Dichtung verwenden

### **3.6 Begleitforschung**

#### **Online-Umfrage: Nutzungsbereitschaft, Anwendungsfälle, Nutzeranforderungen, Geschäftsmodell (IK)**

Die Maßnahmen des ISW zielen auf die Erhebung und Bewertung gesellschaftlicher Aspekte der Akzeptanz und Etablierung von Maßnahmen zur Steigerung der Ressourceneffizienz in unterschiedlichen Anwendungsszenarien von E-Cargobikes ab.

Angetreten ist das ISW mit dem Ziel, die Erhebung und Bewertung gesellschaftlicher Aspekte der Akzeptanz und Etablierung von Maßnahmen zur Steigerung der Ressourceneffizienz in unterschiedlichen Anwendungsszenarien von E-Cargobikes im Projekt durchzuführen bzw. abzusichern. Wesentlich war aus Sicht des ISW hierbei die Ermittlung und Bewertung von Erfolgsfaktoren und Voraussetzungen für die Einführung und Etablierung von Maßnahmen für die ressourceneffiziente (Weiter-)Nutzung (z.B. Akzeptanz technischer Maßnahmen und Hilfsmittel wie Informationsdienste oder Wertempfinden) von E-Cargobikes aus Perspektive ausgewählter Nutzergruppen. Daneben sollte auch die Formulierung von Handlungsempfehlungen für die Einführung und Etablierung von Maßnahmen für die Steigerung der Ressourceneffizienz von E-Cargobikes gewährleistet sein.

Die Projekt(zwischen-)ergebnisse chronologisch betrachtend kann, der auf den Ergebnissen des Kick-Off-Termins aufbauende, erste Design-Thinking-Workshop herausgestellt werden, welcher am 04.12.2019 in Braunschweig stattfand. Hierbei stand bereits die Analyse konkreter Anwendungsfälle für die Nutzung von E-Cargobikes im Zentrum des gemeinsamen Wirkens. Die identifizierten Anwendungsfälle sollen schließlich dazu dienen, konkrete Nutzungsszenarien einer Erst- und Zweitnutzung von E-Cargobikes bzw. entsprechenden Dienstleistungen, welche im Zentrum des Projekts stehen, zu entwickeln. Die Anwendungsfälle betreffend wurden hier für den privaten, wie auch gewerblichen Bereich, wichtige Eckpfeiler ausgemacht. So wurden z.B. für den gewerblichen Bereich die Einsatzgebiete von Liefer- und Versanddiensten, sowie des Waren- und Personentransports als veritable Anwendungsfelder identifiziert. Für den privaten Bereich wurden hingegen insbesondere die Abdeckung der Wege des täglichen Bedarfs (z.B. Einkaufen, Transport von Waren), sowie der Transport von Kindern im Haushalt identifiziert.

Zur Vorbereitung der Erarbeitung der Anwendungsfälle und Nutzungsszenarien hat das Institut für Sozialwissenschaften umfassende Sichtungs- und Recherchearbeit geleistet. So wurden einerseits wichtige empirische Studienergebnisse aus dem E-Cargo-Bereich gesammelt und zur Analyse von Stakeholdern synthetisiert. Der Fokus lag hierbei konkret auf Publikationen und Ergebnissen, die eine sozialwissenschaftliche Fundierung aufweisen. Beispielhaft kann



## Ergebnisse

hier etwa die Identifikation von, durch (potentielle) Nutzer/-innen thematisierte und in Studien genannte, Anforderungen an die Nutzung von E-Cargobike-Konzepten angeführt werden, die sich über verschiedene Studien hinweg als relevante Faktoren aus Anwendersicht erweisen. Diese Ergebnisse spiegeln Anforderungen aus Sicht einzelner Individuen (Mikroperspektive) wider.

Andererseits wurden diese Ergebnisse mit (Verkehrs-)soziologischen Theorien, Modellen, Konzepten und bestehenden Studien verknüpft, die u. A. versuchen, die Wahl von Verkehrsmitteln und das Mobilitätsverhalten aus Sicht verschiedener gesellschaftlicher Gruppen (Mesoperspektive) oder der Ebene der gesamten Gesellschaft (Makroperspektive), zu erklären.

Ferner wurde in diesem Projektzeitraum so vom ISW versucht die Entwicklung und Leitlinien, des gesellschaftlichen Stellenwertes von Mobilität im allgemeinen und Post-fossiler-Mobilität (zu der schließlich auch die E-Cargobikes zählen), im speziellen zu erfassen. Auch wurde so versucht, potenzielle Interessensgruppen und Stakeholder zu identifizieren, sowie deren Anforderungen festzustellen.

Den Projektpartnern wurden die Ergebnisse wurde u.A. durch einen Kurzvortrag im Rahmen des ersten Design-Thinking-Workshops vermittelt. Das in der Folge entstandene gemeinsame Verständnis der Projektpartner über die Anforderungen an Mobilität- und Mobilitätsdienstleistungen – sowohl aus Mikro-, als auch aus Meso- und Makroperspektive konnte so schließlich für die Entwicklung der genannten Anwendungsfelder und als Vorbereitung für die Erarbeitung der konkreten Nutzungsszenarien in Anwendung gebracht werden.

Der zweite und dritte Workshop konnten aufgrund der Beschränkungen der zu diesem Zeitpunkt andauernden COVID19-Pandemie nicht stattfinden. Im Laufe der Zeit wurden erneute Anläufe unternommen, Workshops zu planen. Aufgrund von Beschränkungen für Dienstreisen sowie die (sich ständig ändernden) Beschränkung der Anzahl von Personen bei einem Treffen konnten tatsächlich keine Veranstaltungen vor Ort stattfinden. Die Workshops online stattfinden zu lassen, war zu dem Zeitpunkt keine Option (Konsens im Konsortium), sodass die Workshops auf unbestimmte Zeit verschoben wurden. Ausweichend wurden jedoch andere Arbeiten im AP 1 priorisiert. So wurde der Schwerpunkt auf die Methode zur Definition von Szenarien gelegt, um bestmöglich auf die inhaltliche Definition vorbereitet zu sein.

Ebenfalls wurden nachfolgend einige Aspekte des Design Thinking Prozesses, wie die Beschreibung von Personas und der Tagesablauf eines Nutzers abseits der Workshops

## Ergebnisse

erarbeitet, um auch hier eine gute Grundlage für die späteren Workshops zu schaffen. Ebenfalls wurden bereits konzeptionelle Arbeiten aus AP 2 vorgezogen und „parametrisiert“, also auf mögliche Änderungen aus AP 1 vorbereitet. Auch konnten bereits Arbeiten aus AP 3 abgeschlossen werden, die erst zu einem späteren Zeitpunkt geplant waren.

Selbstverständlich hat das ISW an diesen Arbeiten mitgewirkt. So konnten im Rahmen dieser Treffen wichtige Eckpunkte für die für AP 2 angedachte Erarbeitung von Szenarien über Teillösungen und Services zur ressourceneffizienten Nutzung von E-Cargobikes erarbeitet werden. Konkret wurden verschiedene relevante Felder und (kollektive) Akteure von den Projektpartnern in mehrgliedrigen Prozessen identifiziert und wesentliche Bedarfe, Handlungsanforderungen und mögliche Entwicklungslinien hinsichtlich einer zukünftig verstärkten E-Cargobike-Nutzung interpretiert. Als Handlungsfelder und Akteure wurden „Nutzer“, „Raumstruktur“, „Technologieentwicklung“, „Demographie“, „Verkehr“, „Wirtschaft“, „Umwelt“, „Politik“ und „Gesellschaft“ ausgewiesen.

Zur Absicherung des entwickelten Szenarios und der Personas wurde eine Befragung von (potentiellen) Nutzer/-innen durchgeführt. Konkrete Ziele der Befragung sind es, die Bereitschaft zur Nutzung von E-Cargobikes abzufragen, Anwendungsfälle für E-Cargobikes zu identifizieren, sowie Anforderungen und Wünsche von Nutzer/-innen an das Produkt-Service-System E-Cargobike zu ermitteln.

Im ersten Schritt der Konzeption der Umfrage wurden relevante Themengebiete (Nutzungsbereitschaft, Anwendungsfall, Potentiale/Herausforderungen, Geschäftsmodell) identifiziert, auf deren Basis konkrete Fragen definiert werden konnten. Zur Durchführung der Umfrage wurde das Tool LimeSurvey ausgewählt, da es einen großen Funktionsumfang.

Um eine möglichst breite Verteilung der Umfrage zu gewährleisten, wurden relevante Kanäle und Multiplikatoren identifiziert. Die Umfrage wurde im ersten Schritt an die Projektpartner verteilt, welche wiederum die weiteren Distributionsmöglichkeiten wie z.B. E-Mail-Verteiler nutzten.

Häufigster Anwendungsfall ist demnach der Transport von Gütern (Einkäufen). Die wichtigsten Kaufkriterien sind Ergonomie & einfache Bedienbarkeit, große Ladefläche sowie eine große Akkumulatorkapazität. Da mehrere weitere Akquisewellen durchgeführt werden konnten, kommt die Befragung im Ergebnis auf 75 vollständig- und über 120 unvollständig vorliegenden Fragebögen. Die Befragung umfasst insgesamt 55 Fragen, die auf 10 Fragegruppen verteilt sind. So werden im Rahmen der Umfrage die u.A. die Bereiche „Bereitschaft zur Nutzung“, „Bereitschaft zu „Nutzen statt Besitzen“, „Auswahlkriterien bei der Anschaffung“, „Probleme bei der der Nutzung“, „Bereitschaft zur Wahrnehmung untersch. Dienstleistungen“, sowie –

## Ergebnisse

aus Sicht der Begleitforschung, für die sich das ISO im Projekt verantwortlich zeichnet von besonderer Relevanz, „soziodemografische Faktoren“. Hier werden Determinanten wie das Geschlecht, das Alter, der Bildungsstand, das (Netto-) Einkommen, sowie die körperliche Leistungsfähigkeit der befragten Personen erfasst.

Die Befragung war ein zentraler Baustein weitere Arbeitsschritte des ISW im Projekt, da die hier gewonnenen Erkenntnisse direkten Aufschluss über Hemmnisse und Treiber bei der E-Cargobike-Nutzung- und Anschaffung-, der Bereitschaft zur Nutzung bestimmter Geschäftsmodelle- und letztlich auch über soziodemografische Parameter der zukünftigen, respektive aktuellen E-Cargobike-Nutzer/-innen geben konnten und so maßgebliche Faktoren zur konkreten Szenariendefinition darstellten.

### LifeCycling<sup>2</sup>

Weltweit steigt das Verkehrsaufkommen für Individualmobilität und Warendisposition an. Pedelecs und eCargobikes eignen sich, um insbesondere innerstädtische Mobilität emissionsärmer zu gestalten. Lastenfahrräder allgemein (oder auch Cargobikes) sind schon seit längerem Teil des innerstädtischen Warenverkehrs. Durch eine zusätzliche Elektrifizierung des Antriebes zum eCargobike (elektrisches Lastenfahrrad) erhöht sich die mögliche Zuladung und verringert sich der benötigte Kraftaufwand zum Transport.

Im vom Bundesministerium für Bildung und Forschung geförderten Projekt LifeCycling<sup>2</sup> geht es darum, mit verschiedenen Partnern aus der Forschung und Industrie Konzepte für die Verbesserung der Ressourceneffizienz von eCargobikes zu entwickeln und prototypisch in Pilotprojekten umzusetzen.

Wir arbeiten mit Fahrradherstellern, Softwareentwicklern, Dienstleistern der Fahrradbranche und vielen weiteren Partnern zusammen, um ganzheitliche Produkt-Service-Systeme zu entwickeln. Es werden technische Konzepte zur Verlängerung der Nutzungsdauer durch Produkt-Updates und Upgrades sowie zur Optimierung der Nutzungsintensität durch Sharing-Lösungen erarbeitet. Des Weiteren wird die gezielte Rück- und Kreislaufführung von (Elektronik-)Komponenten untersucht, beispielsweise die Möglichkeit der Welterverwendung von Akkus.

**Mithilfe unserer Umfrage möchten wir Ihre Meinung und mögliche persönliche Anforderungen an ein E-Cargobike ermitteln. Wir möchten hier so viele und diverse potentielle Nutzer wie möglich erreichen und freuen uns über Ihre Teilnahme!**



gefördert von  
Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung



**FONA**  
Ressourceneffizienz  
BMBF



**ReziProK**  
Ressourceneffiziente Kreislaufwirtschaft –  
Innovative Produktkreisläufe



[Weiter](#)

Abbildung 3-73 - Screenshot Startbildschirm Online-Umfrage

Die Definition des Szenarios wurde auf Basis des Vision Boards fortgesetzt und im Rahmen einzelner Beschreibungen der Ausprägungen ausgewählter Deskriptoren (vorrangig bzgl. ökologischer Faktoren) festgehalten.

### Befragung von Nutzer/-innen des Host-basierten Sharings (ISO)

Nachdem die die Szenariendefinition durch die Mitwirkung aller Projektpartner schließlich finalisiert wurde, konnte ein erster App-Prototyp entwickelt werden, der in einer der Pilotprojekte in Anwendung gebracht werden konnte. Im Rahmen der Pilotprojekte stand dann

auch die Erprobung von Rad-Prototypen- sowie die Erprobung von App und Geschäftsmodell im Mittelpunkt.

Eine umfassende Begleitforschung der Nutzer/-innen ist im Rahmen der Erprobung des Geschäftsmodells erfolgt. Konkret wurden hier diejenigen Personen befragt, die sich im Rahmen des Host-basierten Sharing ein Lastenrad an einem der Host-Standorte in Oldenburg ausgeliehen und genutzt haben. Hierfür wurde ebenfalls ein Fragebogen mittels des Tools Limesurvey entwickelt, der durch ein möglichst offenes Fragebogendesign mit vielen optionalen Freitextantwortmöglichkeiten versucht, die Bedarfe und Erfahrungen der Nutzer/-innen bestmöglich zu erfassen. Insgesamt konnten 11 Personen für die Umfrage gewonnen werden, die über die jeweiligen Hosts bzw. Baron-Mobility an die Nutzer/-innen verteilt wurde. Im ersten Kapitel der Umfrage zur „User Experience“ wurden etwa die Erfahrungen mit dem Ausleihprinzip, die Erfahrungen mit der Nutzung des Lastenrades, aber auch Grund der Nutzung erhoben. Den Ausleihprozess betreffend zeichnet sich hier insgesamt ein positives Bild, bewerten die Nutzer/-innen diesen insgesamt als „sehr gut“, „gut“ oder „eher gut“. Bei den Wegezwecken stehen Fahrten des täglichen Bedarfs in einem Radius von bis zu 15km im Zentrum des Nutzungsspektrums. Als Voraussetzung für eine regelmäßige Nutzung der Sharing-Fahrräder werden als Hauptgründe eine sichere Verfügbarkeit und kurze Wege zur Ausleihstation genannt.

Im folgenden Kapitel der Umfrage wurde eine potentielle Veränderung des Mobilitätsverhaltens und der Einstellungen zum Verkehrsmittel untersucht. Hier zeigt sich, dass die Nutzung des Sharing-Rades zu einer positiveren Einstellung gegenüber dem Verkehrsmittel geführt hat, ebenfalls kann sich ein Großteil der Teilnehmer/-innen vorstellen, in Zukunft Fahrten, die üblicherweise mit dem PKW absolviert werden, stattdessen mit dem Lastenrad zu absolvieren.

Im dritten Kapitel wurde dann Themen um Kauf und Leasing eruiert. Im Kanon aktueller Forschungsergebnisse zeigt sich auch hier, dass insbesondere der hohe Anschaffungspreis bislang die private Anschaffung eines Lastenrades bei vielen Nutzer/-innen verhindert hat. Diesem Ergebnis entsprechend könnten sich die meisten Nutzer/-innen ein Sharing-Modell zur dauerhaften Nutzung gegenüber einem Direktkauf oder Leasingkauf vorstellen.

Der Ausrichtung des Projektes entsprechend wurde ebenfalls abgefragt, inwiefern der Kauf eines Gebrauchtrades in Frage käme und welche funktionellen Faktoren eine Rolle spielen. Mehr als die Hälfte der Befragten kann sich vorstellen, ein Gebrauchtrad zu erwerben. Als wichtige funktionelle Faktoren werden hier die Akkumulatorkapazität, ein modularer Aufbau des Rades, sowie das Fahrverhalten genannt.

Insgesamt stehen diese Ergebnisse im Einklang mit aktuellen wissenschaftlichen Ergebnissen zur Untersuchung von Akzeptanzfaktoren beim Kauf von gebrauchten bzw. wiederaufbereiteten Produkten. Wenngleich viele der Studien Konsumelektronik als

## Ergebnisse

Untersuchungsgegenstand aufweisen, zeigen die Ergebnisse auch hier die Relevanz des Preises (gegenüber dem Preis für ein neues Gerät) und der technischen Funktionalität.

Neben der – in der Umfrage thematisierten Verfügbarkeit, die nicht nur für Sharing, sondern auch Gebrauchträder gelten müsste – zeigt der Forschungsstand zur Akzeptanz von gebrauchten Produkten, dass sich Kund/-innen eine transparente Aufstellung der möglichen Gebrauchsspuren und der durchgeführten Aufbereitungsmaßnahmen wünschen.

Insgesamt ließen sich die o.g. Punkte schließlich auch im Sinne einer Handlungsempfehlung für potenzielle Geschäftsmodelle interpretieren. Die projekthäufigen Studienergebnisse zeigen, dass die Bereitschaft zum Kauf und der Nutzung von gebrauchten bzw. Wiederaufbereiteten E-Cargobikes durchaus vorhanden ist, durch die Berücksichtigung der angesprochenen Faktoren und die Adressierung geeigneter Zielgruppen die Nutzung bzw. Verbreitung dieser Fortbewegungsmittel aber nicht unwesentlich gesteigert werden könnte.

### **Beitrag zur Akzeptanz wiederaufbereiteter Produkte bei der CIRP LCE (ISO)**

Das ISO-betreffend kann zudem berichtet werden, dass die Arbeiten der vorherigen Design-Thinking-Workshops und der Szenariendefinition genutzt werden konnten, um deren Ergebnisse in einem wissenschaftlichen Konferenzbeitrag zu verdichten. Hierfür wurden auch die aufbereiteten Ergebnisse der ersten Online-Befragung genutzt. Im Rahmen der Arbeiten für das wissenschaftliche Paper wurden theoriegeleitet und evidenzbasiert Maßnahmen, zur Steigerung der Akzeptanz von wiederaufbereiteten Produkten am Beispiel des E-Cargobikes abgeleitet, die in die weitere Ausgestaltung des Geschäftsmodells-, der App und der Nutzung im Rahmen der Pilotprojekte eingeflossen ist.

## Empirical Findings on Acceptance

Recent studies with focus on acceptance of refurbished **consumer electronics**

- relevance of **product** design, brand reputation (**promotion**) (Jímenez-Parra et al. 2014) and distribution (**place**) (Esmæilian et al; 2021)
- **price** of refurbished goods as a significant factor (Jímenez-Parra et al. 2014, Mugge et al. 2017)
- **transparency of the refurbishment process** can counteract the problem of „perceived quality risk“ (Abbey et al. 2017) respectively „perceived performance risk“ (Mugge et al. 2017)
- refurbished e-cargo bikes, as a **means of transport**, most likely will have a higher user acceptance than electronic devices (e.g., notebooks, smartphones)



Apr 5th 2022 | Anja Cudok | Acceptance for Refurbished Products | CIRP LCE 2022 | page 4



Abbildung 3-74 - Screenshot des Konferenzbeitrags: Forschungsstand

## Vorbereitung Persona-Steckbriefe und Journeys (IK)

Damit alle Teilnehmer/-innen des zweiten Design Thinking Workshops ähnliche Vorstellungen von Nutzungsfällen im Hinterkopf haben, wurden durch das IK Personas in Form von Steckbriefen und Stories entwickelt und im Voraus bereitgestellt. Hierzu wurden die Zielgruppen privat und gewerblich unterschieden. Zusätzlich wird zwischen dem Transport von Gütern und Lebewesen (Kindern, Haustieren) unterschieden. Jede Gruppe wurde durch verschiedene Charaktere abgebildet. Die Personas zeichnen sich zum einen durch Merkmale wie Alter, Familienstand, Kinder, Wohnort, Monatseinkommen, Wohnsituation, Ausbildung und Job aus. Zum anderen spielen Ansprüche, „LifeStyle“, z.B. Gewohnheiten, Freizeitgestaltung und Konsumverhalten, sowie Werte eine große Rolle, um ein Bild eines Nutzers/-in zeichnen zu können.

Für die Story jeder Persona wurde angenommen, dass sie bereits im (temporären) Besitz eines E-Cargobikes ist oder die Möglichkeit hat, ein E-Cargobike bspw. über Sharing zu nutzen. Ein Mood Board ergänzt jeweils die Beschreibungen der Person und ihrer Geschichte, sodass ein möglichst umfangreiches Bild eines Nutzers/ einer Nutzer/-in entsteht.

Da die Personas in Kombination mit dem definierten Szenario als Grundlage für viele Entscheidungen im weiteren Verlauf des Projektes dienen wird, werden im Folgenden beispielhaft zwei Personas, ihre User Story und das zugehörige Mood Board vorgestellt. Frank Krause vertritt die Gruppe gewerblicher Nutzer/-innen, Jutta Rother vertritt die privaten Nutzer/-innen, die sowohl Kinder als auch Güter transportiert.

## Frank Krause

### Allgemein

- **Alter:** 47
- **Familienstand:** ledig
- **Kinder:** keine
- **Wohnort:** Raum Stuttgart
- **Monatseinkommen:** 3300€ netto
- **Wohnung/Haus:** hat das Elternhaus übernommen
- **Ausbildung/Studium:** Malermeister
- **Job:** leitet eigenen Betrieb mit 15 Mitarbeitern

### Lifestyle

- **Hobbies:** Rennradfahren, Tour de France schauen, wandern, war früher Bassist in einer Band, verbringt viel Zeit mit seinen Freunden
- **Freizeit:** so viel wie möglich draußen
- **Transportmittel:** Auto, Fahrrad
- **Kleidungsstil:** praktisch, aber auch modern
- **Markenverhalten:** außer im Sport nicht relevant
- **Typ:** gesellig, immer unterwegs
- **Freundeskreis:** Rennradtruppe, Kollegen
- **Sport:** Rennradfahren
- **Online Verhalten:** Streamen in Mediatheken, Musik hören und YouTube Expertenvideos erstellen
- **Technik:** richtet sich derzeit sein Smarthome ein



<https://www.steuerrring.de/steuererklarung-hilfe-news/news/handwerkerleistungen-richtig-beantragen.html>

### Ansprüche

- **Qualitätsanspruch:** Produkte müssen funktionieren und vor allem robust sein
- **Praktikabilität:** Es ist sehr wichtig, dass alles seinen Platz hat
- **Komfortanspruch:** mittel
- **Selbstdarstellung:** Werte wichtig
- **Sicherheitsdenken:** mittel
- **Abenteuerwunsch:** große Abenteuer

### Sonstiges

- **Was ist für die Person besonders?** Flexibilität, Kreativität, Zuverlässigkeit
- **Bezug zu Produkten?** Muss sich auf ein Produkt verlassen können. Altbewährtes ist häufig besser als neues.

Mich selbstständig zu machen, war die beste Entscheidung meines Lebens. Ich kann stolz behaupten, dass mein Name für Zuverlässigkeit, Kreativität und Vision steht.

Abbildung 3-75 - Personas: Frank Krause Merkmale

## Franks Geschichte

Frank ist Ende 40 und bereits seit über 30 Jahren im Handwerk unterwegs. Er hat schon früh seinen Meister in Malerei gemacht. Sein Traum war es schon immer, einen eigenen kleinen Betrieb zu leiten.

Bereits mit Anfang 30 hat er sich diesen auch verwirklicht: Gemeinsam mit einem Freund, den er in seinem Ausbildungsbetrieb kennengelernt hat, eröffnete er eine Malerei: Krause & Kluge. Mittlerweile ist diese so gewachsen, dass die beiden 15 Mitarbeiter haben und Aufträge in der gesamten Region bedienen.

Die Firma ist spezialisiert auf Innenräume und bietet ein großes Sortiment an Farben, Tapeten und weiteren Wandbelägen (Fliesen & Hölzer) an. Die Kunden vom K&K Malermeisterbetrieb sind vielfältig. Häuser von Privatkunden, Firmenräume, öffentliche Gebäude, Hotels, aber auch bereits mehrere Cafés und Bars wurden durch Frank und seine Mitarbeiter verschönert. Die Aufträge in der Gastronomie hat Frank anfänglich durch private Kontakte an Land gezogen. Weitere kamen über Mundpropaganda. In diesem Kontext kam auch ein Kontakt zu einer Innenarchitektin zustande. Gemeinsam bieten sie eine umfassende Beratung und kreative Konzepte für Innenräume an. Darüber hinaus ist Frank stark mit weiteren Handwerksbetrieben vernetzt - mit Bodenlegern, Fensterbauern, Elektrikern - sodass der komplette Innenausbau über ein Netzwerk angeboten werden kann. Auf YouTube stellt Frank Best Practices vom Innenausbau vor.

Die Bürozentrale, das Lager und Garagen der Firma befinden sich in dem kleinen Industriegebiet. Die Fahrzeugflotte umfasst momentan sieben Fahrzeuge: 3 Kastenwagen und 4 Sprinter. Die großen Fahrzeuge kommen bei besonders großen Aufträgen zum Einsatz, bei denen viel Material und

Ausrüstung für mehrere Mitarbeiter gebraucht wird.

Vor ungefähr einem Jahr hat sich Frank dazu entschieden, sich nach E-Cargos als Alternative zum Auto umzuschauen. Als zum letzten Mal die Leasingzeit eines Fahrzeugs auslief, war es dann soweit: Das E-Cargo ersetzte das Auto. Natürlich hat er im E-Cargo nicht so viel Platz wie im Kastenwagen - für viele kleinere Aufträge braucht er das aber auch gar nicht. Farbeimer, Malerwerkzeug und sogar eine Teleskopleiter bekommt er ganz einfach im Cargo unter. Die Ladebox des Cargos ist sehr robust, bei Bedarf wasserdicht und es macht auch nichts aus, wenn sie mal etwas schmutzig wird oder Farbe abkommt. Lässt sich alles wieder beseitigen.

Auch wenn ein Auftrag mehrere Tage andauert, greift Frank gern auf das E-Cargo zurück, um Nachschub und noch fehlendes Werkzeug mit zum Kunden zu nehmen.

In Anlehnung an das Leasing beim Auto hat sich Frank auch beim E-Cargo für das Leasingmodell entschieden. Er drückt auch gern mal ein Auge zu, wenn einer seiner Mitarbeiter das Rad nach Feierabend oder am Wochenende nutzen möchte. Er selbst nimmt es auch gern mal, um damit privat bspw. Getränkekisten zu transportieren.

Abbildung 3-76 - Personas: Frank Krause User Story





Abbildung 3-77 - Personas: Frank Krause Mood Board

## Jutta Rother

### Allgemein

- **Alter:** 68 Jahre
- **Familienstand:** verwitwet
- **Enkelkinder:** 2 (5 und 7 Jahre)
- **Wohnort:** kleiner Ort an der Nordsee
- **Monatseinkommen:** 1800€ netto durch Rente, Witwenrente und Nebenverdienst vom Kiosk
- **Wohnung/Haus:** Reihenhaushaus
- **Ausbildung/Studium:** Ausbildung zur Einzelhandelskauffrau
- **Job:** in Rente, hilft aber häufig beim zentralen Ortskiosk aus

### Ansprüche

- **Qualitätsanspruch:** Produkte müssen gut funktionieren und möglichst langlebig sein
- **Komfortanspruch:** hoch
- **Selbstdarstellung:** unwichtig
- **Sicherheitsdenken:** sehr hoch
- **Abenteuerwunsch:** kleine Abenteuer

### Lifestyle

- **Hobbies:** ihre Enkel, ihr Schrebergarten, Karten spielen
- **Freizeit:** so viel wie möglich draußen, im Winter darf es aber auch gemütlich auf dem Sofa werden
- **Transportmittel:** Fahrrad, zu Fuß, notfalls Öffis/Taxi
- **Kleidungsstil:** weite bunte Oberteile, viele Blumenprints
- **Markenverhalten:** nur bei Schuhen: gesundes Fußbett
- **Einrichtung:** gemütliche alte Möbel, die sie und ihr Mann über ihr Leben gesammelt haben
- **Typ:** gesellig, freundlich, immer fröhlich
- **Freundeskreis:** Freundinnen (Kartenspiel-Runde)
- **Sport:** Radfahren, Garten und ihre Enkel sind ihr genug
- **Online Verhalten:** rudimentär: Rezepte
- **Technik:** hat ein älteres Seniorenhandy

### Sonstiges

- **Was ist für die Person besonders?** Familienmensch
- **Bezug zu Produkten?** Muss mit dem Rad sehr vertraut sein. Genau auf sie eingestellt



<https://www.pressreader.com/puerto-rico/el-nuevo-dia/20220911/282432762994827>

Die Zeit im Garten mit meinen Enkeln ist für mich unersetzlich! Sie sind frei, lernen und lachen so viel! Das gibt auch mir viel zurück.

Abbildung 3-78 - Personas: Jutta Rother Merkmale



### Juttas Geschichte

Jutta ist eine 68 Jahre alte „rüstige Rentnerin“, wie sie sich auch selbst gern nennt. Sie lebt in einem Ort an der Nordsee. Mit dem Rad braucht sie von zuhause aus nur ca. 8 Minuten bis ans Meer. Zu Fuß dauert es schon etwas länger. Ca. 30 Minuten. Ein Auto hat Jutta nicht. Hatte sie mal, aber meistens ist ihr Mann gefahren. Nach seinem Tod hat sie das Autofahren zwar nochmal ausprobiert, aber sie ist sich doch zu unsicher und fühlt sich nicht wohl dabei. Der Ort, in dem sie wohnt, ist sehr touristisch. Das Straßenbild ist von schmalen Häusern aus roten Backsteinen geprägt. Mit weißen Latten am Dachfirst. Die Häuser stehen eng an eng, die Grundstücke sind typischerweise recht klein. Es gibt viele kleine Geschäfte. In der Innenstadt bekommt Jutta auf jeden Fall alles, was sie braucht.

Ein kleiner Vorgarten vor dem Haus in dem Jutta schon seit über 42 Jahren wohnt, strahlt im Frühling und Sommer voller verschiedener Blüten. Hinter dem Haus ist leider nicht viel Platz. Eine kleine Terrasse und der Gang zur Garage. Als Ruheort haben sich Jutta und ihr Mann deshalb schon vor vielen Jahren für einen Schrebergarten entschieden. Er liegt etwas außerhalb des Ortes, abseits von dem ganzen Trubel.

Jutta liebt ihren Schrebergarten. Sowohl den Teil, den sie als Nutzgarten gestaltet hat, als auch den, in dem die Kinder am meisten spielen. Schaukel, Rutsche, Sandkasten und Planschbecken sind eigentlich jedes Wochenende im Sommer das Zentrum der Unternehmungen. Im kleinen Gartenhaus hat sie auch einen Kühlschrank, sodass Kaffee & Kuchen, aber auch Grillen gut und gern bei ihr stattfinden. Auch das kommende Wochenende wird sie wieder im Garten mit der Familie verbringen.

Jutta hat auch eine Überraschung für die Kinder vorbereitet. Ein neuer Mini-

Hoflader, ein Mini-Weidemann, steht gerade noch bei ihm im Flur. Neulich ist sie abends mit ihren beiden Enkelkindern, Kai (7 Jahre) und Melissa (5 Jahre) an dem Spielwarenladen vorbeigegangen und beide waren sehr traurig, dass sie ihn nicht ausprobieren und mit nach Hause nehmen konnten, da der Laden schon geschlossen hatte. Sie hat ihren Schwiegersohn gebeten, ihn im Internet für sie zu bestellen. Er hat ihn direkt zu ihr nach Hause bestellt. Zwei Tage später war er schon da. Jetzt muss er nur noch in den Schrebergarten. Wenn Jutta etwas zum Garten transportieren will, nutzt sie ihr E-Cargobike. Sie findet es so praktisch, da sie viel transportieren kann und gleichzeitig fährt es sich so leicht. Viel einfacher als das Auto. Sie parkt es in der Garage. Für die Garage hat sie sich mehrere Regale besorgt, sodass sie hier saisonal Vorräte, Geräte und Dekoration für den Garten lagern kann. Ein Fach ist für das Ladegerät und den Ersatzakku vorgesehen, den sie sich besorgt hat. So kann sie ganz einfach jeder Zeit losfahren.

Am Samstag ist es dann so weit: Jutta belädt ihr Cargo mit dem neuen Mini-Hoflader und findet in der Kiste sogar auch noch Platz für etwas Kuchen und Getränke. Sie schiebt ihr Rad aus der Garage und macht sich bei blauem Himmel und strahlendem Sonnenschein auf den Weg zum Garten. Nun bringt sie erst alles hin fährt dann nochmal los, um ihre beiden Enkelkinder abzuholen.

Abbildung 3-79 - Personas: Jutta Rother User Story



Abbildung 3-80 - Personas: Jutta Rother Mood Board

Die beschriebenen Persona-Steckbriefe und User Journeys wurden durch die Ergebnisse der Online-Umfrage geändert/erweitert und bilden somit für die weitere Entwicklung die Grundlage bzgl. Anforderungen von Nutzer/-innen. Insgesamt wurden Steckbriefe und Nutzungsfälle für acht Personen festgehalten, darunter private und gewerbliche Nutzung.

## 4 Transfer und Öffentlichkeitsarbeit

### 4.1 Veröffentlichungen (IK)

In Zusammenhang mit dem Projekt LifeCycling<sup>2</sup> gab es folgende Veröffentlichungen:

- Krasteva, P., Cudok, A., Raulf, C., Huth, T., Vietor, T., Joachim, A. (2021). Vision Board. Zeitschrift für Zukunftsforschung, 1, (urn:nbn:de:0009-32-54552)
- Cudok, A., Neugebauer, L., Vietor, T.: Increasing Acceptance for Refurbished Products at the Example of E-Cargo Bikes, In: Procedia CIRP, Volume 105, 2022, Pages 571-576, ISSN 2212-8271, <https://doi.org/10.1016/j.procir.2022.02.095>.
- Cudok A., Lawrenz, S., Rausch, A., Vietor, T.: Circular Economy Driven Communities – Sustainable Behavior Driven by Mobile Applications, In: Procedia CIRP, Volume 105, 2022, Pages 362-367, ISSN 2212-8271, <https://doi.org/10.1016/j.procir.2022.02.060>.

Im Rahmen von Regelrunden und Projekttreffen zum Thema Demonstratoren wurden die Ergebnisse den anderen Projektpartnern vorgestellt. Nähere Erläuterungen dazu sind auch in dem Kapitel 3 der Projektkoordination zu finden. Die Abschlusspräsentation wird den Projektpartner ebenfalls zur Verfügung gestellt.

Weitere Transformationsveranstaltungen mit Externen konnten auf Grund der Coronapandemie nicht durchgeführt werden. Daher war auch die Präsenz des Projektes für die Öffentlichkeit erschwert.

#### **Beitrag in der Zeitschrift für Zukunftsforschung (IK)**

Es wurde ein Beitrag zum „Vision Board“ in Kooperation mit den Forschungsprojekten autoMoVe und Zukunftslabor Mobilität erfolgreich im Jahr 2021 eingereicht werden. Dabei wurde sich mit Zukunftsszenarien der Mobilität beschäftigt. [24]

#### **Beitrag zur Akzeptanz refurbished Produkte bei der CIRP LCE (IK)**

Aus der bilateralen Arbeit des Instituts für Konstruktionstechnik mit dem Institut für Sozialwissenschaften ist die Idee zu einer Veröffentlichung entstanden. Der Beitrag beschäftigt sich mit der Frage, wie die Akzeptanz für refurbished Produkte gesteigert werden kann und zeigt Maßnahmen für das Produkt E-Cargobike auf. Es ist wie folgt zusammenzufassen: Die Steigerung der Ressourceneffizienz von Produkten ist aufgrund der zunehmenden Ressourcenknappheit und des Klimawandels unumgänglich. Die

Kreislaufwirtschaft setzt hier an, indem sie Produkte in Umlauf bringt, z. B. durch Aufarbeitung. Eine große Hürde für die erfolgreiche Einführung von aufgearbeiteten Produkten ist deren Akzeptanz. Wie neuere Untersuchungen gezeigt haben, beeinflussen verschiedene Faktoren die Entscheidung zwischen neuen und wiederaufbereiteten Produkten. Ziel dieses Beitrags ist es, die wichtigsten Faktoren aufzuzeigen, die zu Akzeptanz oder Ablehnung führen, indem bestehende Modelle und aktuelle Literatur aus Psychologie, Wirtschaft und Marketing verwendet werden. Am Beispiel eines aufgearbeiteten E-Cargo-Bikes werden Maßnahmen zur Steigerung der Nutzerakzeptanz abgeleitet."

### **Beitrag zur Steuerung nachhaltiger Nutzung bei der CIRP LCE (IK)**

Aus den Vorarbeiten zu dem Webportal und dem App-Prototypen ist in Zusammenarbeit mit dem Partner Sense4Future ebenfalls ein wissenschaftlicher Beitrag entstanden, der bei der CIRP LCE 2022 positioniert werden soll. Hier geht es um die Betrachtung der Nutzung und Möglichkeiten zur Steuerung in Richtung Nachhaltigkeit durch eine mobile App. Der Beitrag kann wie folgt zusammengefasst werden:

Die Kreislaufwirtschaft (Circular Economy, CE) zielt darauf ab, Produkte im Kreislauf zu halten, um ihre Umweltauswirkungen zu verringern. Um die Kreislaufwirtschaft umzusetzen, müssen die Produkte selbst nachhaltig sein, und sie müssen nachhaltig genutzt und gehandhabt werden, z. B. durch Wiederverwendung, Teilen und Zirkulation. Mobile Apps können den Nutzern helfen, die Umweltauswirkungen der Nutzung und des Verbrauchs von Produkten zu verstehen und ihr Verhalten entsprechend anzupassen. In diesem Beitrag soll ein Ansatz vorgestellt werden, der sowohl die nachhaltige Nutzung als auch die Weitergabe von Produkten am Beispiel von E-Lastenrädern berücksichtigt. Es wird die Entwicklung und Evaluierung eines App-Prototyps gezeigt, der das Konzept des Ökoprofiles und der Ökopunkte als Anreizsystem für nachhaltiges Handeln integriert. Die App erweist sich als ein hervorragendes Mittel, um die Nutzung von Produkten zu intensivieren und zu verlängern.

## 4.2 Öffentlichkeitsarbeit

### Öffentlichkeitsarbeit über Homepage (IK)

Im Rahmen des Projektes wurde zum Zweck der Öffentlichkeitsarbeit eine Homepage (lifecycling2.de) aufgebaut. Ziel ist es, eine Plattform zu bieten, die Anlaufstelle für Interessenten ist und zur Informationsverbreitung und Kontaktaufnahme genutzt werden kann. Für die Umsetzung wurden zunächst Zielgruppen definiert. Diese sind zum einen i) die Forschung in Person von Wissenschaftler/-innen und Forschungsinstituten zur Vernetzung und zum wissenschaftlichen Austausch, ii) Unternehmen als potentielle Projektpartner, und die iii) breite Öffentlichkeit zur Information und Sensibilisierung sowie auch Teilnahme von Interessierten. Auf Basis der zielgruppenorientierten Informationsverbreitung wurden die Inhalte erarbeitet und stetig aktualisiert. Die Grobstruktur zur idealen Informationsdarstellung gliedert sich in eine inhaltliche Einführung in das Projekt und seine Zielsetzung, der Darstellung fachlicher Arbeiten und Vorgehensweisen, sowie der Vorstellung des Projektkonsortiums mit seinen Partnern.

#### Analyse entsorgter Batteriesysteme

Durch unseren Partner ELECTROCYCLING GmbH konnten einige E-Bike-Batterien gesammelt werden, die durch NutzerInnen entsorgt wurden. Bei dieser Analyse haben uns verschiedene Punkte interessiert:

- Welche Zelltypen finden in E-Bike-Batterien Anwendung?
- In welchem Zustand befinden sich die entsorgten Batteriesysteme?
- Wie sind die Batteriesysteme aufgebaut? Konkreter: Sind sie zerstörungsfrei zu öffnen und sind einzelne Zellen entnehmbar (z.B. zur Prüfung/Aufbereitung)?



1 2 Next

Abbildung 4-1 - Homepage Projektfortschritt Batterie

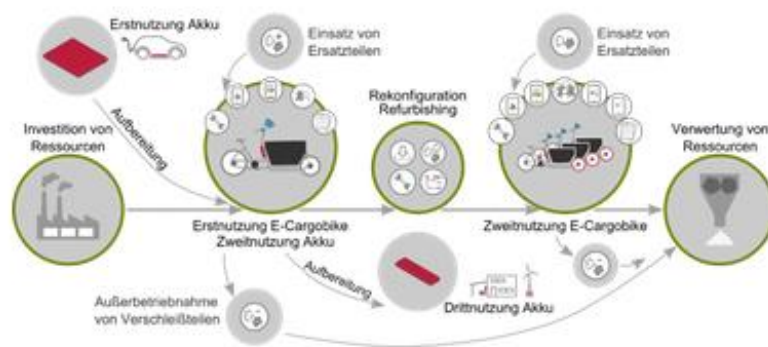


### Herzlich Willkommen auf der Website des Verbundprojektes LifeCycling<sup>2</sup>

Im Projekt LifeCycling<sup>2</sup> werden mit verschiedenen Partnern Konzepte für die ressourceneffiziente Nutzung von E-Cargobikes entwickelt und prototypisch in Pilotprojekten umgesetzt.

Wir arbeiten mit Fahrradherstellern, Softwareentwicklern, Dienstleistern der Fahrradbranche und vielen mehr zusammen, um ganzheitliche Produkt-Service Systeme zu entwickeln. Zusätzlich konzentrieren wir uns auf SecondLife-Konzepte für die Batterie.

Die folgende Abbildung ist die Kernabbildung unseres Projektes und stellt dar, womit wir uns hauptsächlich beschäftigen: Wir betrachten den gesamten Lebenszyklus des Systems E-Cargobike und schauen dabei sowohl auf Gesamtsystemebene, Komponentenebene als auch auf der Materialebene. Ziel ist es, den Ressourceninvest möglichst gering und investierte Rohstoffe und Energie möglichst lang in der Nutzung zu halten. Dabei wird der Einsatz im Gesamtsystem und der Komponente präferiert. Ist ein Einsatz hier nicht mehr möglich, betrachten wir die Verwertung auf Materialebene. Ansätze wie Wieder- und Weiterverwendung, die Schließung von Produktkreisläufen und Second-Life-Einsätze werden bei uns miteinander kombiniert.



Das Projekt LifeCycling<sup>2</sup> wird durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung im Rahmenprogramm FONA (Forschung für Nachhaltigkeit) durch die Fördermaßnahme ReziProK (Ressourceneffiziente Kreislaufwirtschaft – Innovative Produktkreisläufe).

LifeCycling<sup>2</sup> wurde im August 2019 gestartet und wird bis ins Jahr 2022 gefördert. Da die innovativen Konzepte insbesondere im Rahmen verschiedener Design Thinking Workshops kunden- und anwendernah entwickelt werden, besteht für Interessierte fortlaufend die Möglichkeit, sich aktiv in das Projekt LifeCycling<sup>2</sup> einzubringen.

Sollten Sie Anmerkungen, Wünsche, Anforderungen und bereits Erfahrungen zum Projekt haben, teilen Sie uns diese gerne mit.

Sehen sich selbst als wichtigen Partner oder Interessensvertreter und/oder möchten bei der Umsetzung des Projektes aktiv mitzuhelfen, sind Sie im Projekt LifeCycling<sup>2</sup> herzlich willkommen!

Melden sie sich bei uns! Wir freuen uns auf Sie!

Impressum & Datenschutz



Abbildung 4-2 - Homepage lifecycling2.de



### Öffentlichkeitsarbeit und Verbreitung (Baron)

Der Projektpartner BMS war insbesondere für die Öffentlichkeitsarbeit für die Pilotprojekte, um die Oldenburger Bevölkerung auf diese aufmerksam zu machen. Von der BMS wurden Werbematerialien in Form von Flyern und Postern (siehe Abbildung 4-3) angefertigt, um auf die Pilotprojekte aufmerksam zu machen. Diese wurden überwiegend in Geschäften in der Oldenburger Innenstadt und im Umkreis der Hosts ausgelegt und aufgehangen. Zudem erschienen mehrere Posts auf den Social-Media-Kanälen der BMS, sowie mehrere Presseartikel in verschiedenen Fahrrad Online-Zeitschriften wie VeloTOTAL, SAZBIKE oder lifePR. Auch die Oldenburger Lokalpresse, die Northwest-Zeitung berichtete in zwei Pressemitteilungen über das Projekt.



Abbildung 4-3 - Poster aus dem Pilotprojekt "Let's Lastenradeln"

### Verallgemeinerung und Übertragbarkeit (Baron)

Szenario-Bewertung anhand einer Nutzwertanalyse:

Für die im Rahmen des Projekts entwickelten Geschäftsmodelle aus den vorhergehenden Kapiteln wurde im Rahmen der Verallgemeinerung und Übertragbarkeit eine Nutzwertanalyse durchgeführt (siehe Tabelle 4-1). Hierfür wurden verschiedene Bewertungskriterien aufgestellt und die Modelle anhand der Kriterien gegenübergestellt und anhand von Punkten auf einer

Skala von 1 (niedriges Risiko) bis 5 (hohes Risiko) bewertet. Die Kriterien wurden bei der Berechnung unterschiedlich gewichtet, je nach Risikoeinfluss.

Tabelle 4-1 - Nutzwertanalyse von Sharing-Geschäftsmodellen

Tabelle 11: Nutzwertanalyse von Sharing Geschäftsmodellen					
Bewertungskriterien	Prozentuale Gewichtung	Alternative 1: Sharing der Rückläufer (Reuse Mix Sharing)	Alternative 2: Hostbasiertes Sharing		
		Bewertung Punkte	Bewertung gewichtet	Bewertung Punkte	Bewertung gewichtet
Umsetzungskosten	15%	4	0,6	2	0,3
Aufwand	15%	4	0,6	3	0,45
Risiko bei der Umsetzung	10%	4	0,4	3	0,3
Umfang des Projektes (Zeit bis zur Umsetzung)	5%	3	0,15	2	0,1
benötigte (externe) Ressourcen	10%	4	0,4	3	0,3
Risiko Kundenutzen / Mehrwert für Kunden	10%	2	0,2	2	0,2
Einnahmequellen / Verlust	20%	4	1	2	0,4
Fehlende Nutzungsintensität	5%	3	0,15	2	0,1
Benötigte Akteure / Partner	5%	4	0,2	3	0,15
Betreuungsaufwand (Initial + regelmäßig)	5%	4	0,2	3	0,15
Summe	100%		3,9		2,45

Die Betrachtung der Nutzwertanalyse bestätigt die Komplexität des Reuse-Mix-Sharing Modells, welches bereits im vorherigen Kapitel über das Modell ersichtlich wurde. Die Voraussetzungen für ein Sharing-Modell sind theoretisch gegeben, da die Leasingrückläufer sehr gut gewartet und im Schnitt nicht älter als 13 Monaten sind, wenn sie aus dem Leasing zurückkommen (siehe GUV). Die Komplexität der Sharing-Option mit Rückläufern führt in der Nutzwertanalyse jedoch zu einem hohen Risiko, aufgrund eines hohen Risikos bezüglich der Kosten, des Aufwands, der Ressourcen und der Einnahmequellen.

Das Host-basierte-Sharing-Modell beinhaltet ebenfalls gewisse Risiken insbesondere bei den benötigten Ressourcen/Partnern in Form der Hosts sowie dem Betreuungsaufwand des Modells. Wie bereits im vorherigen Kapitel erwähnt ist dieses Geschäftsmodell stark auf die Verlässlichkeit und das Engagement der Betriebe angewiesen, welches mit einem Risiko verbunden sein kann. Dieses wurde auch in den Pilotprojekten deutlich bei dem Café Appeltje,

welches schwer bis kaum erreichbar war, die Ausleihe hierdurch nicht möglich sowie auch die Rücknahme des Lastenrads am Ende der Projektphase erschwert wurde. Zusätzlich ist mit diesem Modell ebenfalls ein hoher Betreuungsaufwand und organisatorischer Aufwand verbunden hinsichtlich des B2B2C Charakters und der Betreuung von sowohl Betrieben als auch Nutzenden. Das Modell bedarf außerdem einer strukturierten und durchdachten Verwaltung hinsichtlich Buchungsplattform, Abrechnung, etc.

Dennoch bietet das Host-basierte-Sharing-Modell ein hohes Potenzial, lässt sich optimal in das Geschäftsmodell integrieren, bzw. angrenzen als separaten Geschäftszweig und könnte zukünftig auch nach Projektabschluss weiter verfolgt werden von der BMS.

Ressourceneffizienz des Geschäftsmodells:

Im Pilotprojekt hat sich gezeigt, dass das Lastenrad sowohl von den Hosts, wie auch Dritten genutzt wurde. Die Zahl der Ausleihen schwankte dabei stark, was sich auf die betriebliche Nutzung durch die jeweiligen Hosts, die Öffentlichkeitsarbeit und die personellen Kapazitäten der Hosts zurückführen lässt. In welcher Höhe ein Modell von gewerblicher Lastenradnutzung plus öffentliches Sharing zur Nutzungsintensivierung und Ressourceneffizienz beiträgt, konnte in den vier durchgeführten Pilotprojekten nicht erfasst werden. Hierfür müsste ein derartiges Projekt über einen längeren Zeitraum durchgeführt und der Bekanntheitsgrad der Option erweitert werden. Die Erkenntnisse aus den Pilotprojekten zeigen dennoch großes Potenzial bezüglich der Ressourceneffizienz auf. Unter anderem wurde in den Interviews mit den Hosts deutlich, dass die Fahrten, die mit dem Lastenrad durchgeführt wurden, häufig Fahrten mit dem Auto ersetzen, wodurch CO<sub>2</sub> eingespart wurde.

Eine grobe Orientierung zur Ressourceneffizienz dieses Modells bietet der Schweizer Anbieter Carvelo, dessen Modell als Grundlage für das Host-basierte Sharing diene. Carvelo gibt in seinem Geschäftsbericht [10] die Umweltwirkung ihres Host-basierten Sharing Konzepts mit 360 Lastenrädern, 21.350 carvelo2go Fahrten und 632.500 zurückgelegten Kilometern wie folgt an:

„Neben Stickoxiden (135 kg), Feinstaub (37 kg) und Nicht-Methan-Kohlenwasserstoffen (169 kg) konnten 86 Tonnen CO<sub>2</sub> eingespart werden. Dies entspricht den Emissionen, die durch den Betrieb von Elektrogeräten in etwa 88 Haushalten für ein Jahr lang verursacht werden“ [10] (S. 5).

Im DLR-Projekt „Ich entlaste Städte“ [21] wurde die Umweltwirkung von Lastenrädern im betrieblichen Einsatz auf eine CO<sub>2</sub>-Einsparung von im Mittel 400 Kilogramm pro Jahr beziffert, wenn ein Lastenrad für betriebliche Fahrten eingesetzt wird.

Abschließend kann gesagt werden, dass sich das Host-basierte Prinzip als sehr zukunftsfähig herausstellt. Die BMS hat es sich zur Aufgabe gemacht, Erkenntnisse aus den Pilotprojekten



und den Recherchen auf ihr Kerngeschäft und das Problem der Leasingrückläufer zu übertragen und Folgeprojekte auszuarbeiten.

Als Ausblick, wäre es zielführend, über die entwickelte App die Wartung und den Zustand des Rades zu dokumentieren, um die Ressourceneffizienz des Modells genau beurteilen zu können. So könnte erfasst werden, wann ECBs Verschleiß ausweisen und aufgrund von Reparaturen nicht für das Sharing zur Verfügung stehen. Ebenfalls ließe sich durch eine solche langfristige Erfassung in der App besser abschätzen, wie schnell E-Lastenräder in diesem Modell durch neue Modelle ersetzt werden müssen bzw. inwiefern die Lastenräder in weitere Nutzungsphasen übergeben werden können. Im Rahmen von LifeCycling<sup>2</sup> war es nicht möglich, dies detailliert zu testen, da die ECBs und ihr Zustand über mehrere Jahre hinweg in der App erfasst werden müssten. Dieses könnte Bestandteil von zukünftigen Forschungsarbeiten sein.

### Verortung in der Nachhaltigkeit:

Das Geschäftsmodell Host-basiertes-Sharing zeigt, wie im vorherigen Kapitel beschrieben, einen Beitrag zur ökologischen Dimension von Nachhaltigkeit, insbesondere zum Thema private und PKW-Fahrten ersetzen. Die Hosts gaben im Interview an, im Pilotprojektzeitraum, weniger Autofahrten als üblich zurück gelegt zu haben. Sie bestätigten zudem das Potenzial, langfristig noch mehr Fahrten mit einem Lastenrad ersetzen zu können. Der CO<sub>2</sub> Ausstoß, der während der Nutzung eines Autos entsteht, kann demnach langfristig durch die alternative Nutzung eines Lastenrads vermindert werden. Die Pilotprojekte bestätigten die Vereinbarkeit von einem privaten und einem gewerblichen Nutzen eines Lastenrads, wodurch eine Nutzungsintensivierung der ECBS stattfindet.

Ebenfalls verdeutlicht sich ein Beitrag des Projektes zur sozialen Dimension von Nachhaltigkeit. Ein Lastenrad kann im Gegensatz zu einem Auto von Personen genutzt werden, die keinen Führerschein besitzen. Es wird daher aus sozialer Sicht mehr Personengruppen der Zugang zu diesem Verkehrsmittel ermöglicht. Vor allem Personen, die noch zur Schule gehen oder studieren können für das Gewerbe oder auch privat größere Besorgungen erledigen. Durch das Host-Prinzip wird der breiten Öffentlichkeit ein niedrigschwelliger und kostengünstiger Zugang zu einem E-Lastenrad gestaltet. Aus sozialen Gesichtspunkten kommt ein Lastenrad, insbesondere im Host-Modell vielen Personen zugute. In Bezug auf die ökologische Dimension von Nachhaltigkeit verdeutlicht sich die Relevanz, dass einkommensschwache Gruppen lediglich eine Nutzungsgebühr bezahlen und hohe Anschaffungskosten eines ECBs so umgehen können. Ein Host-Konzept kommt zudem mehreren Parteien ökonomisch zugute. Zum einen würde die BMS an dem Leasingkonzept und ggf. auch an den Mieteinnahmen verdienen und zum anderen verdient der Host ebenfalls an den Mieteinnahmen und finanziert sich so das eigene Leasing.

### **Ausblick: wissenschaftliche und wirtschaftliche Verwertung (Baron)**

Die Erkenntnisse aus dem Projekt LifeCycling<sup>2</sup> liefern der BMS viele Anhaltspunkte, um ihr Geschäftsmodell zukunftsorientiert weiterzuführen und sich auch in neuen Geschäftsbereichen auszuprobieren.

Das Host-Prinzip in Verbindung mit Leasing von ECBs stellt ein potenzielles GM für die BMS dar. Das Host-basierte Sharing-Konzept für ECBs lässt sich zudem auch auf Leasingrückläufer übertragen. Eine tiefergehende Betrachtung mitsamt der Entwicklung von Tarifmodellen und der Durchführung von GuV-Rechnungen soll bei der BMS zukünftig näher betrachtet werden. Die bisherigen Analysen und die Ergebnisse aus den Pilotprojekten bilden eine wichtige Grundlage hierfür.

Die Recherchen, die im Projekt LifeCycling<sup>2</sup> für das Thema Umgang mit Leasingrückläufern angestellt wurden, bilden eine wichtige Grundlage für den zukünftigen Umgang mit Leasingrückläufern. So wurden im Rahmen der Analysen weitere Anknüpfungspunkte zum Umgang mit Leasingrückläufern identifiziert. Im Rahmen der Potentialanalyse wurde beispielsweise bereits ein erstes Gespräch mit einem großen Fachhandelspartner geführt. Ziel ist es, ressourceneffiziente Konzepte zum Umgang mit Leasing Rückläufern mit dem Netzwerk von mehr als 4000 Fachhandelspartnern zu entwickeln.

Aus der Umfrage zum bunten Rädermix ging zudem hervor, dass Sharing von hochwertigen E-Bikes und unterschiedlichen Fahrradtypen in touristischen Regionen interessant ist. Ein erster Schritt besteht darin diese Umfrage auszuweiten, um sich auch außerhalb Oldenburgs, möglichst deutschlandweit, Meinungen dazu einzuholen. Anschließend wird eine leicht abgewandelte Version des Fachhändlerfragebogens für eine Potentialanalyse bei Touristeninfos und Verleihern verwendet. Eine erste Auflistung möglicher Kontakte hat bereits stattgefunden. Zudem steht die BMS in Kontakt mit der Stadt Oldenburg und dem Sharing-Anbietern OLibike in Oldenburg. Für die BMS zeigt sich eine Kombination aus einem bunten Leasingrückläufermix und einem Host-Prinzip als neues Geschäftsmodell, basierend auf den Ergebnissen im Rahmen dieses Projektes, bis dato als am ökologisch und wirtschaftlich als besonders interessant.

Abschließend sollte betont werden, dass das Projektvorhaben des Projekts LifeCycling<sup>2</sup> sehr umfangreich und breit angelegt war. Hierdurch sowie durch die wechselnde Projektleitung, den Ausbruch der Corona-Pandemie und aufgrund von Personalengpässen kam es im Projektkonsortium zu einigen Verzögerungen und Hürden in der Zusammenarbeit mit den Projektpartnern sowie in der allgemeinen Projektkonzeption. Aus diesen Gründen konnten einige Recherchen innerhalb des Projektzeitraums nicht vollständig abgeschlossen und Pilotprojekte nicht umfassender umgesetzt werden.

Dennoch bilden die Erkenntnisse aus dem Projekt LifeCycling<sup>2</sup> einen wegweisenden Grundstein für die strategische und ressourcenschonende Weiterentwicklung des

Leasinggeschäftsmodells der BMS, für die Erschließung neuer Märkte und die Entwicklung von neuen nachhaltigen Produkten und Geschäftsmodellen.

### **Imagevideo (IK)**

Für die ReziProK Fördermaßnahme wurde ein Imagevideo erstellt, in dessen Rahmen sich auch das Verbundprojekt LifeCycling<sup>2</sup> vorstellt. Zielsetzung war die öffentlichkeitswirksame Darstellung der Inhalte des Verbundprojekts. Hierzu wurde ein Konzept erarbeitet, um die Themen und Ansätze des Projektes darzustellen. Es wurden verschiedene Anwendungsfälle aus dem Projekt, wie die Auslieferung von Medikamenten durch eine Apotheke im urbanen Raum oder die private Fahrt mit Einkauf und Kind dargestellt. Interviews ergänzen die Bilder um Informationen rund um das Projekt sowie Zwischenergebnisse. Umgesetzt wurde dies alles an einem Drehtag in Kooperation mit der Filmagentur Sympathie Film in Braunschweig.

### **Öffentlichkeitsarbeit (TU Clausthal)**

Zwei Mitarbeiter/-innen der TU Clausthal unterstützten einen Videodreh zum Projekt LifeCycling<sup>2</sup>, der bei der TU Braunschweig stattfand. Das Video wurde auf der Abschlusskonferenz „Reziprok“ vorgestellt.

Zusätzlich hat die TU Clausthal mit Unterstützung der Ceconsoft GmbH zwei Videos erstellt. Ein Video zur Darstellung des Akkumulatortauschszenarios und ein Video zu den elektronischen Schlössern des Akkumulatorladeschranks. Die Videos wurden bei der Abschlusspräsentation des Projektes LifeCycling<sup>2</sup> vorgestellt. Die Darstellung des Szenarios ist auf dem Videoserver der TU Clausthal zu finden: <https://video.tu-clausthal.de/film/1322.html>.

Außerdem wurde Öffentlichkeitsarbeit durch die TU Clausthal betrieben, indem das Projekt an einem virtuellen Stand bei dem „Innovationsforum Recyclingregion Harz“ präsentiert wurde. Dabei handelte es sich um ein Online-Event der Recyclingbranche für Wirtschaft und Wissenschaft im Harz.

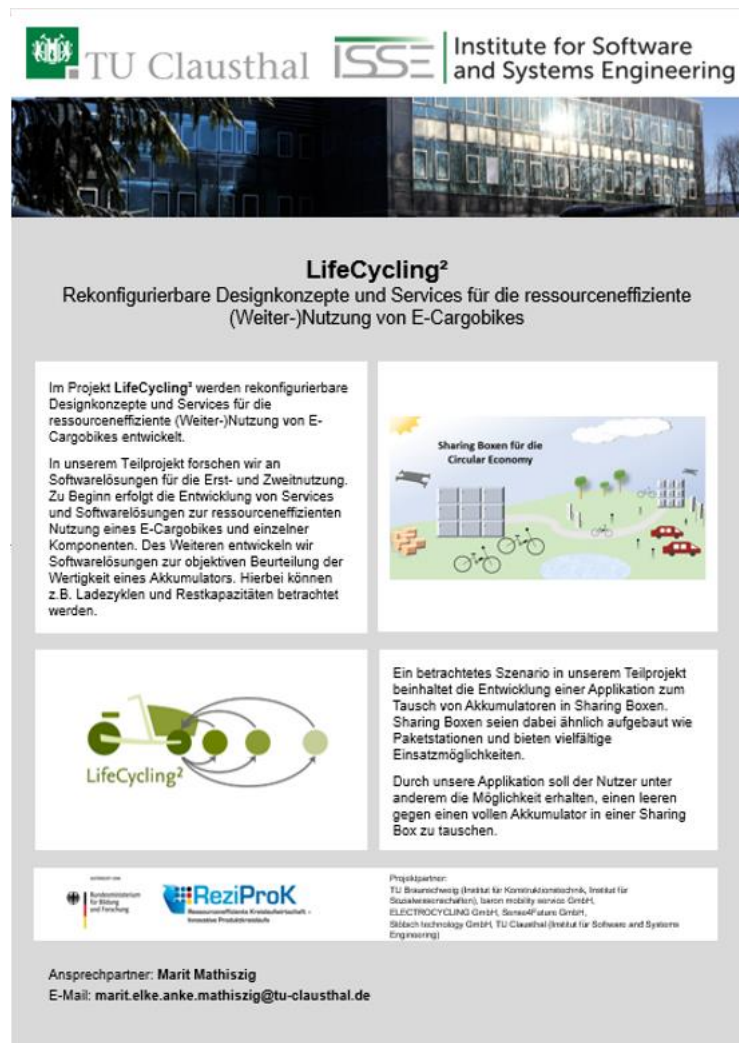


Abbildung 4-4 - Plakat Innovationsforum

Mehrere wissenschaftliche Artikel und Paper wurden durch die TU Clausthal erstellt.

Im Projektzeitraum hat sich die TU Clausthal z.B. mit der Messung von Nachhaltigkeit beschäftigt. Daraus entstand der Artikel Sustainable Impact Factor, der im Journal of Environmental Research and Public Health veröffentlicht wurde.

Ebenfalls wurde ein Artikel im Bereich der Entwicklung zur Circular Economy mit dem Titel „Community Driven Design in Software Engineering“ veröffentlicht.

Des Weiteren wurde das Thema des Zusammenhangs der Circular Economy zu digitalen Technologien näher betrachtet. Daraus entstand eine Masterarbeit mit dem Titel „Digitized Circular Economy“.

Darüber hinaus hat die TU Clausthal im Zuge des Projektes an Events teilgenommen. Mit Hilfe eines Posters wurde das LifeCycling<sup>2</sup>-Projekt dem Publikum auf der Langen Nacht der Wissenschaft nähergebracht. Dabei handelt es sich um ein Event der TU Clausthal, bei dem wissenschaftliche Themen einem breit aufgestellten Publikum präsentiert werden.

Die Ceconsoft GmbH war im Jahr 2021 (zu diesem Zeitpunkt noch als Sensen4Future GmbH) an der Erstellung und Veröffentlichung des Papers Circular Economy Driven Communities – Sustainable Behavior Driven by Mobile Applications beteiligt, das auf der 29th CIRP Life Cycle Engineering Conference 2022 veröffentlicht wurde und in dem Mitarbeiter der TU Clausthal auch einen Beitrag geleistet haben.

### 4.3 Transfer

#### Überführung Beispiele in universitäre Lehre (IK)

Im Rahmen von verschiedenen Vorlesung, wie *Neue Methoden der Produktentwicklung*, wird das E-Cargobike als Beispiel verwendet. Auch im Labor der Vorlesung *Neue Methoden der Produktentwicklung* wird das E-Cargobike als System-of-Interest verwendet und die Studierenden lernen an diesem Beispiel, wie ein Systemmodell im Rahmen des Model-based Systemengineering erstellt wird. Zusätzlich wurde verschiedene Projekt-, Bachelor-, Studien- und Masterarbeiten zu Bereichen des E-Cargobikes und des Akkumulatoren verfasst. Als Themen wurden dabei behandelt:

- Anwendung von Ansätzen des MBSE zur Entwicklung des Systemmodells eines E-Cargobikes
- Methode zur Steigerung der Ressourceneffizienz anhand eines Life Cycle Assessment (LCA) am Beispiel des E-Cargobikes
- Steigerung der Ressourceneffizienz eines E-Cargobikes entlang des Lebenszyklus
- Anforderungsprofil für ein recyclinggerechtes Produktdesign für die Kreislaufführung von Lithium-Ionen-Batterien in mobilen Anwendungen
- Designrichtlinien für ein Recycling- gerechtes Produktdesign von Batteriesystemen zur Kreislaufführung von Lithium-Ionen-Batterien in mobilen Anwendungen

## **5 Projektmanagement**

### **5.1 Zusammenarbeit**

Im Laufe des Projektes haben sich durch die thematischen Bereiche Arbeitsgruppen gebildet, die intensiv an den verschiedenen Themen zusammen gearbeitet haben. Neben dem regen Austausch in den Arbeitsgruppen fanden zweiwöchentliche Regelrunden (Video-/Telefonkonferenzen) statt und es gab neben der Kick-Off Veranstaltung (nach der Corona Pandemie) verschiedene Projekttreffen. Der Austausch von Dateien fand über den Cloud Storage Dienst der TU Braunschweig statt. Neben der Zusammenarbeit innerhalb des Projektkonsortiums gab es auch Zusammenarbeit mit Dritten. Es wurde über die gesamte Projektlaufzeit von verschiedenen Projektpartnern versucht einen Fahrradhersteller für das Projekt zu gewinnen. Außerdem gab es Kontakt zu der Stadt Oldenburg durch die Baron mobility Service GmbH. Außerdem fand innerhalb der Pilotprojekte eine Zusammenarbeit mit verschiedenen Betrieben und der breiten Öffentlichkeit statt.

### **5.2 Projektkoordination**

#### **Projektkoordination (IK)**

##### **Regeltermine & Einzelgespräche**

In der Rolle des koordinierenden Partners wurden weiterhin zwei-wöchentliche Regeltermine mit dem gesamten Konsortium organisiert. Zu jedem Termin wurden relevante Punkte identifiziert, die an alle Partner kommuniziert wurden. Ebenfalls wurde den Partnern hiermit eine Plattform zum regelmäßigen Austausch von Fragen, Kritik und Zwischenergebnissen geboten. Darüber hinaus bot sich das IK als Anlaufstelle für jeden Partner zu beliebigen Themen an. Sowohl inhaltliche als auch organisatorische Fragen wurden durch das IK koordiniert und beantwortet. Hierüber entstanden auch Initiativen zum intensiveren bi- oder multilateralen Austausch zwischen den Partnern. Der Termin wurde auch immer wieder genutzt, um über den terminlichen und organisatorischen Status zu sprechen und Schnittstellen sowie Abhängigkeiten zu identifizieren.

##### **Koordination der Arbeiten in den einzelnen Teilprojekten (IK)**

Im Verlaufe des Projektes haben mehrere bilaterale Treffen und Telefonate mit einzelnen Partnern stattgefunden, um partnerspezifisch Arbeiten zu identifizieren und das Verständnis von Begrifflichkeiten aus den verschiedenen Blickwinkeln abtasten zu können. Häufig war hier der Bezug zum übergeordneten Verständnis des Projektes hilfreich, um die Arbeiten bzw. das

Begriffsverständnis der einzelnen Partner zu motivieren. Darüber hinaus wurden weitere bi- und multilaterale Abstimmungen unter den Partnern angeregt.

### **Projektkoordination (TU Clausthal & Ceconsoft)**

Die Abstimmung mit allen Partnern erfolgte in zweiwöchentlichen Online-Meetings und mehreren Workshops. Mitarbeiter/-innen der TU Clausthal und Ceconsoft haben regelmäßig an den Online-Meetings teilgenommen. Für Themen, die nur einen Teil der Partner betroffen haben, haben die Mitarbeiter/-innen der TU Clausthal bilaterale Meetings mit den jeweiligen Partnern durchgeführt. Auch Ceconsoft nahm an gesonderten Absprachen teil, die nur für bestimmte Projektpartner relevant waren.

Des Weiteren hat die DDX Denkfabrik Digital mit jedem Partner jeweils einen Mini-Workshop durchgeführt, um den aktuellen Arbeitsstand im Projekt einzeln zu besprechen und anschließend zusammenzufassen. Mitarbeiter/-innen der TU Clausthal haben im Zuge dessen eine Präsentation erstellt und den aktuellen Stand im Projekt erläutert.

Außerdem nahm die TU Clausthal an Workshops in Goslar bei der Stöbich technology GmbH, in Oldenburg und in Braunschweig teil. Bei diesen Workshops wurde unter anderem der Stand im Vergleich zum Meilensteinplan bewertet und die nächsten Schritte mit allen Partnern abgestimmt. Ceconsoft nahm ebenfalls am Workshop der Stöbich technology GmbH in Goslar teil. Da die Ceconsoft GmbH allerdings zum 01.03.2021 Partner in diesem Projekt wurde und die Bredex GmbH aus Braunschweig nach gemeinsamer Vereinbarung über die Übernahme aller laut Antrag noch nicht bearbeiteten Arbeitspakete ablöste, konnte sie nicht an den früheren Workshops teilnehmen.

### **ReziProK (IK)**

Im Rahmen des Projektes wurden stetig Anfragen aus dem übergeordneten Projekt ReziProK beantwortet. Hierzu gehörte bspw. das Ausfüllen der LCA/Zirkularitäts-Tabelle oder der Schablone für Geschäftsmodelle, die dann anderen Projekten bereitgestellt wurden. Ebenfalls zählte hierzu die Gestaltung, Teilnahme - und als Clustersprecher - die Moderation der Clustergruppen- und Lenkungskestreffen. Die Teilnahme an der Statuskonferenz mit Darstellung der Zwischenergebnisse und anschließender Diskussion wurde als sehr konstruktiv wahrgenommen. Im Nachgang wurden weitere bilaterale Gespräche mit anderen Projekten (LEV modular und Add-ReMo) geführt.

Zum Abschluss des Projektes wurde die Ergebnisse auf der Transferkonferenz in Berlin vorgestellt.



*Abbildung 5-1 - ein Teil des Projektkonsortiums bei der Transferkonferenz in Berlin*

### **Vernetzung bei der ReziProK-Kick-Off-Veranstaltung (IK)**

Bei der ReziProK-Kick-Off-Veranstaltung am 10. und 11. Dezember 2019 wurde das Projekt LifeCycling<sup>2</sup> durch Herrn Prof. Vietor vorgestellt. Ebenfalls wurde das Projekt wie gefordert bei der Posterausstellung dargestellt. In vielen Gesprächen konnten gemeinsame Fragestellungen mit anderen Projekten der Förderlinie identifiziert werden. Diese spiegeln sich auch in den Querschnittsfragen wider. Exemplarisch sind hier Akzeptanzfaktoren für recycelte/aufbereitete Produkte, das LifeCycle Assessment und die ökologische Bewertung von Konzepten bzw. Produkten sowie rechtliche Rahmenbedingungen (jeglicher Art, in diesem Fall bspw. Transport und Lagerung von Akkumulatoren durch/bei Fahrradhändlern oder rechtliche Lage zum Leasing von Fahrrädern) zu nennen.

## **5.3 Projekttreffen**

Im Rahmen des Projektes wurden mehrere Projekttreffen durchgeführt – leider jedoch nicht so viele wie vorgesehen, da Treffen wegen der Corona Pandemie begrenzt waren. So wurde vor dem ersten Lockdown das Kick-Off am Niedersächsischen Forschungszentrum für Fahrzeugtechnik (NFF) durchgeführt. Nach der Corona Pandemie gab es ein Projekttreffen in Oldenburg bei der baron mobility GmbH, in Goslar bei der stöbich technology GmbH, in Goslar, an der TU Clausthal und in Braunschweig am Institut für Konstruktionstechnik. Inhaltlich wurden die Projekttreffen vom IK vorbereitet und durchgeführt ; organisatorisch (z.B. Räume und Verpflegung) wurden sie von dem Projektpartner organisiert, bei dem das Projekttreffen stattfand.



### **Kick-Off des Verbundprojektes LifeCycling<sup>2</sup> (IK)**

Die Kick-Off Veranstaltung fand am 19. und 20. August 2019 in Braunschweig statt. Das Hauptziel des Treffens bestand darin, allen Konsortialpartnern die Möglichkeit zu geben, sich persönlich kennenzulernen. Dies umfasste nicht nur das gegenseitige Kennenlernen der Partner untereinander, sondern auch die Vorstellung des Vertreters des Projektträgers, Florian Selge vom PtJ, sowie der Vertreterinnen und des Vertreters des übergeordneten Vernetzungs- und Transfervorhabens RessWInn, nämlich Katja Wendler und Lea König von DECHEMA e.V. sowie Peter Wolfmeyer von N<sup>3</sup> Nachhaltigkeitsberatung.

Während des Treffens fand ein reger Austausch von Informationen statt, insbesondere in Bezug auf die Kommunikation mit dem Projektträger (PtJ) und die Erstellung von Berichten. Zudem wurde das Transfervorhaben RessWInn ausführlich vorgestellt, um allen Beteiligten ein besseres Verständnis für dessen Zweck und Ziele zu vermitteln.

Ein weiterer wichtiger Punkt auf der Agenda war die Terminplanung für das Projekt. Es war entscheidend, einen gemeinsamen Zeitrahmen festzulegen, um die Arbeitsabläufe effizient zu koordinieren.

Um ein gemeinsames Verständnis für das Projekt zu schaffen, wurden verschiedene Aspekte diskutiert. Dazu gehörten die Partnerstruktur, die übergeordnete Projektstruktur mit einem detaillierten Arbeitsplan und Arbeitspaketen sowie die spezifischen Ziele der Teilprojekte mit ihren Teilzielen und den entsprechenden Arbeitspaketen. Es war von großer Bedeutung, dass alle Beteiligten ein klares Verständnis von grundlegenden Begriffen hatten und die Schnittstellen für eine erfolgreiche Zusammenarbeit definiert wurden.

Darüber hinaus wurde während der Veranstaltung die Marktsituation von E-Cargobikes analysiert. Es fand eine umfangreiche Recherche zu Trends statt, die voraussichtlich die zukünftige Marktsituation beeinflussen werden. Als relevante Trends wurden beispielsweise Klimaschutz und Nachhaltigkeit sowie die Diskussion um die Schadstoffbelastung in innenstädtischen Gebieten identifiziert. Diese Erkenntnisse waren wichtig, um das Projekt im Kontext der aktuellen Entwicklungen zu positionieren und zukünftige Herausforderungen zu antizipieren.

Das IK hat im Vorfeld ein Ordnungsschema vorbereitet, sodass alle Partner vorbereitete Inhalte (projektübergreifende Ziele sowie Ziele & Arbeiten) zuordnen konnten. Darüber hinaus sind persönliche Steckbriefe der teilnehmenden Personen entstanden, die das Kennenlernen untereinander unterstützt haben. Von den einzelnen Projektpartnern gezielt zu bestimmten Fachtermini und Begrifflichkeiten wurden recherchiert und erste Schritte in Richtung Szenarienentwicklung (des Einsatzes von E-Cargobikes) absolviert.



*Abbildung 5-2 - Kick-Off Veranstaltung am NFF*

Wesentliches Ergebnis des Kick-Offs ist die sogenannte „Landkarte“ für das Projekt. Sie dient dem Verständnis der Arbeitspakete- und Handlungsfelder-Struktur sowie der Verzahnung der Teilprojekte. Dafür wurden die Arbeitspakete in vier Handlungsfelder – Handlungsfeldübergreifend, (Information-) Dienste, Produkt, Material - aufgeteilt wurden. Die Projektpartner wurden im Vorfeld aufgefordert ihre im Projekt angestrebten Ziele, Ergebnisse und Beiträge als Marker aufzuzeigen. Diese Marker haben im Meeting zu den Handlungsfeldern der einzelnen Arbeitspakete eine Zuordnung gefunden. Aus dieser Konkretisierung der Ergebnisse im Bezug der Marker in den Arbeitspaketen, welche von dem Aufbau der Projektlandkarte entstanden ist, ist eine definierte Ergebnisauflistung für die einzelnen Projektteilnehmer in den Arbeitspaketen AP0-AP7 entstanden. Diese Auflistung dient zur Übersicht, welche Möglichkeiten und Chancen den Projektteilnehmer/-innen in den einzelnen Arbeitspaketen bietet.

### Projektübergordnete Ziele

(Informations-)Dienst		Zwischen (Informations-)Dienst und Produkt	
Inhalt	Partner	Inhalt	Partner
Neue Methoden des Softwareengineerings	TU C	Erkenntnisreiche Daten über Anwender und deren Treiber bzw. Hemmnisse generieren	TU BS - ISW
Methoden einer Softwareentwicklung	TU C	Über Begleitforschung herausfinden, welche Art der Sozialforschung sich am besten eignet	TU BS - ISW
Themenkomplex als zukunftsfähiges Geschäftsumfeld für das Unternehmen	Baron	Erfolgreiche Beteiligung an Forschungsprojekten zu Mobilität und Nachhaltigkeit	TU BS - ISW
Gewinnung von Expertise im E-Cargobereich	Baron	Anforderungen an Produkt eingebettet in ein System	TU BS - IK
Diversifizierung des Angebots und der angebotenen Services	Baron	Kompetenzaufbau: "Ressourceneffiziente Systeme / Produkte"	TU BS - IK
Analyse, Sammlung und Nutzung von durch Sensoren generierten Daten	Bredex	Dreieck aus "Zukunftsfähigkeit von Produkten", "Akzeptanz Generation Y, Schift vom Fokus auf dem Produkt zum Fokus auf dem System	TU BS - IK
Datengenerierung	Bredex	Identifikation Nutzerkreis außerhalb des Projektrahmens	DD Die Denkfabrik
Technologische Umsetzbarkeit	Bredex	Übertragbarkeit auf andere Projekte	DD Die Denkfabrik
Entwicklung neuer Geschäftsmodelle	Bredex		
Ergänzung des Dienstleistungsportfolios	Bredex		
Größere Service-Orientierung => Größere Kontrolle über Ressourceneffizienz	TU BS - IK		
Handlungsfelder		Material	
Produkt		Komponente	
Inhalt	Partner	Inhalt	Partner
		Optimale Verwertung	Stöbich technology
		Akku 2. Life	Stöbich technology
Material		Komponente	
Inhalt	Partner	Inhalt	Partner
Wirtschaftliche Recyclingprozesse (speziell f. Pedelecs/E-Cargobikes) - Gestaltung der Räder und Logistikprozesse - Umsetzbarkeit der Prozesse - Bewertung der Wirtschaftlichkeit	Electrocycling		

Abbildung 5-3 - Projekt-Landkarte

### **Projekttreffen bei der Baron Mobility GmbH (IK & Baron)**

Am 09.06.2022 traf sich das Projektkonsortium in Oldenburg zu einem Projekttreffen. Das Treffen wurde für Brainstorming zu den Pilotprojekten und der App sowie für das Durchsprechen des Projektplans genutzt.



*Abbildung 5-4 - Projekttreffen in Oldenburg im Juni 2022*

### **Projekttreffen bei der Stöbich technology GmbH (IK & Stöbich)**

Am 30.08.2022 fand in Goslar ein Projekttreffen statt. Der Projektplan wurde durchgesprochen, Stand des Projektes bei den Projektpartnern abgeglichen, Probleme und Hindernisse aufgezeigt und weitere To-Dos und nächste Schritte festgelegt. Außerdem gab es einen Rundgang bei Stöbich und der Prototyp des Akkuladeschranks und der Prototyp des Akkugehäuses (Second-Life Akku) wurde vorgestellt.



### Projekttreffen an der TU Clausthal (IK & TU Clausthal)

Am 24.11.2022 trafen sich die Projektpartner an der TU Clausthal. Inhaltlich wurde der Projektplan durchgesprochen, Absprachen zum Abschlussbericht und der Abschlusspräsentation getroffen und verschiedene Demonstratoren wurden vorgeführt.



*Abbildung 5-5 - Projekttreffen in Goslar im November 2022*

### Abschlusspräsentation vor dem Projektträger (IK)

Zum Projektabschluss traf sich das Projektkonsortium am 20.01.2023 am NFF um dem Projektträger die Ergebnisse sowie die verschiedenen Prototypen und Demonstratoren vorzustellen. Das Treffen wurde hybrid durchgeführt: die Projektpartner haben sich vor Ort getroffen, für weitere Interessenten gab es außerdem die Möglichkeit sich online dazuzuschalten. Durch das NFF wurden auch weitere Interessenten eingeladen.

## 6 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1-1 - Annahmen, Betrachtungsumfang und vergleichende Ergebnisse für das Life Cycle Assessment eines Pedelecs [11] .....	1
Abbildung 1-2 - Steigerung der lebenszyklusübergreifenden Ressourceneffizienz durch technische und organisatorische Maßnahmen zur Nutzung, Umnutzung und Weiternutzung und Verwertung auf System-, Komponenten- und Materialebene .....	4
Abbildung 3-1 – Bereiche der Teilergebnisse des PSS E-Cargobike .....	12
Abbildung 3-2 - Brainstorming Informationsdienste .....	14
Abbildung 3-3 - Routenplan Rücknahme/Refurbishment inkl. Anwendungsfall „Restwertbeurteilung“ für die Zustandsbewertung .....	18
Abbildung 3-4 - Auszug aus dem Webportal: Überblick Kategorie Mobilität .....	19
Abbildung 3-5 - Auszug aus dem Webportal: Dashboard zur Nutzung des E-Cargos .....	20
Abbildung 3-6 - App für den Rekonfigurationsprozess: auszutauschende Komponenten mit Hintergrundinformationen .....	22
Abbildung 3-7 - Diagramm zur Darstellung der „Areas of Relevance and Contribution“ im Projekt LifeCycling <sup>2</sup> mit Zuordnung der verantwortlichen Partner .....	27
Abbildung 3-8 - Ausschnitt aus der Sammlung von beschreibenden Faktoren für ein Szenario .....	28
Abbildung 3-9 - Moodboard Circular Economy .....	33
Abbildung 3-10 - Moodboard Ressourceneffizienz .....	34
Abbildung 3-11 - Anwendungsfälle private Nutzung .....	35
Abbildung 3-12 - Anwendungsfälle gewerbliche Nutzung .....	36
Abbildung 3-13 - Sharing Box zum Austausch von Gegenständen rund um das E-Bike .....	37
Abbildung 3-14 - Umfrageergebnisse zur Frage "Wie häufig nutzen Sie Bike-Sharing?" .....	52
Abbildung 3-15 - Umfrageergebnisse Fahrten-Arten Reuse-Mix-Sharing .....	53
Abbildung 3-16 - Annahmen über gebuchte Fahrten im 1.Jahr des Reuse-Mix-Sharing Modells .....	55
Abbildung 3-17 - Gründe gegen eine Anschaffung von ECBs .....	62
Abbildung 3-18 - Interesse am Host-basierten-Sharing Modell .....	62
Abbildung 3-19 - Projektlastenrad im Einsatz bei einer Oldenburger Boulderhalle .....	64
Abbildung 3-20 - Voraussetzungen der Nutzenden für das Host-basierte-Sharing Modell .....	67
Abbildung 3-21 - Zukünftiges Potenzial zur Ausleihe eines Lastenrads bei einem Host .....	68
Abbildung 3-22 - Ansicht des Klick-Dummys .....	73
Abbildung 3-23 – Klick-Dummy (Auszüge): Startseite, ecopoints, Challenges .....	75
Abbildung 3-24 – Klick-Dummy für die Nutzung und das Sharing von E-Cargos sowie zum Austausch innerhalb der Community .....	75

Abbildung 3-25 - Demonstrator zum Buchen von Fächern .....	76
Abbildung 3-26 - Skizzenentwürfe zum Loading Hub Schloss (erstellt unter Verwendung von: Fritzing) .....	78
Abbildung 3-27 - Ansicht der Fachbuchungen .....	80
Abbildung 3-28 - Circles App .....	81
Abbildung 3-29 - Anmeldung .....	81
Abbildung 3-30 - Profil .....	82
Abbildung 3-31 - Profil .....	83
Abbildung 3-32 - Events .....	84
Abbildung 3-33 - Aktuelle Angebote .....	85
Abbildung 3-34 - Chats .....	86
Abbildung 3-35 - Willkommensbildschirm .....	87
Abbildung 3-36 - Sicherheitsschrank StrainLock .....	90
Abbildung 3-37 - CAD-Konstruktion Sicherheitsschrank .....	91
Abbildung 3-38 - Abmessungen der kleineren Fächer .....	92
Abbildung 3-39 - StrainLock - Fach mit Steckdosen .....	92
Abbildung 3-40 - StrainLock im Aufbau mit Strom- und Datenkabeln .....	93
Abbildung 3-41 - StrainLock – Einlegen der Datenkabel .....	94
Abbildung 3-42 - Übersicht Bruttozeit für die Demontage .....	101
Abbildung 3-43 - Bewertung der Demontage Gehäuse .....	102
Abbildung 3-44 - Bewertung Entnahme Platine, Stecker, Kabel .....	102
Abbildung 3-45 - Bewertung Vereinzelung Zellenpaket .....	103
Abbildung 3-46 - Bewertung Entnahme /Dekontaktierung Zellen .....	103
Abbildung 3-47 - Summe der erreichten Punkte .....	104
Abbildung 3-48 - Batteriegehäuse St-tec 20x4x1 .....	106
Abbildung 3-49 - Batteriegehäuse St-tec 10x4x2 .....	106
Abbildung 3-50 - Flatpack für Sicherheitsgehäuse inkl. BMS .....	107
Abbildung 3-51 - Flatpack in Sicherheitsgehäuse inkl. Vergussmass .....	107
Abbildung 3-52 - Geschlossener Zellbereich im Sicherheitsgehäuse .....	108
Abbildung 3-53 - Geschlossenes Sicherheitsgehäuse .....	109
Abbildung 3-54 - Zwei Akkupacks mit BMS, Kontaktierungsblechen und Kunststoffgittern [30] .....	110
Abbildung 3-55 - Links: Konzept Akkumulatorprototyp mit U-förmigen Einschnitten und seitlichen Zuglaschen (eigene Abbildung rechts: Rundzelle (18650) mit Lötflächen in U- Konfiguration .....	111
Abbildung 3-56 - Sensoranordnung an der StrainBox .....	121
Abbildung 3-57 - Anordnung Modul, Zellen und Messtechnik in der StrainBox XS .....	122

Abbildung 3-58 - präparierte StrainBox XS offen 01 .....	124
Abbildung 3-59 - präparierte StrainBox XS offen 02 .....	125
Abbildung 3-60 - präparierte StrainBox XS verschlossen .....	125
Abbildung 3-61 - Druckmessung .....	126
Abbildung 3-62 - Temperaturverlauf im Inneren .....	127
Abbildung 3-63 - Temperaturverlauf Oberflächen außen .....	128
Abbildung 3-64 - Temperaturverlauf an der Kabeldurchführung .....	128
Abbildung 3-65 - Temperaturverlauf am Filteraustritt .....	129
Abbildung 3-66 - HF-Messung .....	130
Abbildung 3-67 - StrainBox nach Brandversuch .....	131
Abbildung 3-68 - StrainBox nach Brandversuch mit geleertem Innenraum .....	131
Abbildung 3-69 - Verwertungsprozess Electrocycling GmbH .....	137
Abbildung 3-70 - Mögliche Prozessrouten des Recyclings von Lithium-Ionen-Batterien [14, 20] .....	139
Abbildung 3-71 - Schaubild .....	148
Abbildung 3-72 - Fallunterscheidung .....	149
Abbildung 3-73 - Screenshot Startbildschirm Online-Umfrage .....	155
Abbildung 3-74 - Screenshot des Konferenzbeitrags: Forschungsstand .....	158
Abbildung 3-75 - Personas: Frank Krause Merkmale .....	159
Abbildung 3-76 - Personas: Frank Krause User Story .....	159
Abbildung 3-77 - Personas: Frank Krause Mood Board .....	160
Abbildung 3-78 - Personas: Jutta Rother Merkmale .....	160
Abbildung 3-79 - Personas: Jutta Rother User Story .....	161
Abbildung 3-80 - Personas: Jutta Rother Mood Board .....	161
Abbildung 4-1 - Homepage Projektfortschritt Batterie .....	164
Abbildung 4-2 - Homepage lifecycling2.de .....	165
Abbildung 4-3 - Poster aus dem Pilotprojekt "Let's Lastenradeln" .....	166
Abbildung 4-4 - Plakat Innovationsforum .....	172
Abbildung 5-1 - ein Teil des Projektkonsortiums bei der Transferkonferenz in Berlin .....	176
Abbildung 5-2 - Kick-Off Veranstaltung am NFF .....	178
Abbildung 5-3 - Projekt-Landkarte .....	179
Abbildung 5-4 - Projekttreffen in Oldenburg im Juni 2022 .....	180
Abbildung 5-5 - Projekttreffen in Goslar im November 2022 .....	181



## 7 Literaturverzeichnis

- [1] BARON MOBILITY SERVICE GMBH: *Internes Firmenwissen*. 2022
- [2] BOGUN, R.: *Businessplan – E-Bike-Abo – BGN-Bikes*. Mittweida, 2022
- [3] BOUFIDIS, N., NIKIFORIADIS, A., CHRYSOSTOMOU, K., & AIFADOPOULOU, G.: *Development of a station-level demand prediction and visualization tool to support bike-sharing systems' operators : Transportation Research Procedia*, 2020
- [4] CALL A BIKE: *Call a bike*. URL <https://www.callabike.de/de/start/> – Überprüfungsdatum 2022-09-01
- [5] CARGOBIKE.JETZT: *Potenziale & Marktgröße von Cargobikes*. URL <https://www.cargobike.jetzt/potenziale-marktgroesse/#lastenrad-markt> – Überprüfungsdatum 2023-01-04
- [6] CARGOBIKE.JETZT: *e-TINK mit 15 eCargobikes in Norderstedt gestartet*. URL <https://www.cargobike.jetzt/e-tink-eroeffnet/> – Überprüfungsdatum 2023-01-04
- [7] CARGOBIKE.JETZT: *So geht Cargobike Sharing: Konzepte, Ratgeber, Beispiele*. URL <https://www.cargobike.jetzt/sharing-konzepte-ratgeber-beispielend-verbaende-so-geht-cargobike-sharing/#:~:text=Gr%C3%B6%C3%9Fter%20Anbieter%20von%20Cargobike%20Sharing%20in%20Deutschland%20und,die%20fLotte%20Berlin%20%C3%BCber%20100%20Cargobikes%20im%20Sh> – Überprüfungsdatum 2022-09-01
- [8] CARGOROO: *Cargoroo*. URL <https://cargoroo.nl/en/> – Überprüfungsdatum 2022-09-01
- [9] CARVELO2GO: *Jahresbericht 2019*. 02.2020
- [10] CARVELO2GO: *Carvelo2go*. URL <https://www.carvelo2go.ch/de/> – Überprüfungsdatum 2023-01-01
- [11] DEL DUCE, A.: *Life Cycle Assessment of conventional and electric bicycles*. Friedrichshafen, 2011
- [12] DEUTSCHER BUNDESTAG: *Wirtschaft und Verkehr, Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz: Straßennutzung durch Bikeshaaring* (in Kraft getr. am 2019) (2019)
- [13] DONKEY REPUBLIC: *Donkey Republic*. URL <https://www.donkey.bike/> – Überprüfungsdatum 2022-09-01
- [14] DOOSE, Stefan ; MAYER, Julian K. ; MICHALOWSKI, Peter ; KWADE, Arno: *Challenges in Ecofriendly Battery Recycling and Closed Material Cycles : A Perspective on Future*

- Lithium Battery Generations*. In: *Metals* (2). URL <https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:gbv:084-2021022414187>
- [15] DORNER, F., DÖRRZAPF, L., & BERGER, M.: *Nutzendeinnen- und Nutzendestruktur und Nutzungsverhalten in host-basiertem Lastenrad-Sharing*, 2020
- [16] DR.-ING. GERIKE, R.: *Entwicklung der Fahrradverleihsysteme*. URL <https://www.forschungsinformationssystem.de/servlet/is/336853/> – Überprüfungsdatum 2022-09-01
- [17] EU: *Verordnung über die Genehmigung und Marktüberwachung von zwei- oder dreirädrigen und vierrädrigen Fahrzeugen* (idF v. 14. 11. 2020) (2013-01-15)
- [18] FASSE, M.-J.: *B2B-Marketing im E-Bike-Leasing*. In: *Digitalisierung und Gesellschaft 4.0* (2018), S. 29
- [19] FORUM FREIE LASTENRÄDER: *Forum Freie Lastenräder*. (2022). *Forum Freie Lastenräder*. URL [https://dein-lastenrad.de/wiki/Willkommen\\_beim\\_Forum\\_Freie\\_Lastenr%C3%A4der](https://dein-lastenrad.de/wiki/Willkommen_beim_Forum_Freie_Lastenr%C3%A4der) – Überprüfungsdatum 2022-09-01
- [20] FRAUNHOFER INSTITUT: *Recycling von Lithium-Ionen- Batterien: Chancen und Recycling von Lithium-Ionen-Batterien: Chancen und Herausforderungen für den Maschinen- und Anlagenbau*. URL [https://www.isi.fraunhofer.de/content/dam/isi/dokumente/cct/2021/VDMA\\_Kurzstudie\\_Batterierecycling.pdf](https://www.isi.fraunhofer.de/content/dam/isi/dokumente/cct/2021/VDMA_Kurzstudie_Batterierecycling.pdf) – Überprüfungsdatum 2023-06-09
- [21] GRUBER, Johannes ; RUDOLPH, Christian: *Untersuchung des Einsatzes von Fahrrädern im Wirtschaftsverkehr (WIV-RAD)*. Schlussbericht, 2016
- [22] HORN, Burkhard ; JUNG, Alexander: *Bikesharing im Wandel : Handlungsempfehlungen für deutsche Städte und Gemeinden zum Umgang mit stationslosen Systemen*. Berlin : Agora Verkehrswende, 2018
- [23] [HTTPS://WWW.SPINLISTER.COM/](https://www.spinlister.com/): *tretty*. URL <https://www.tretty.de/en/> – Überprüfungsdatum 2022-09-01
- [24] KRASTEVA, Petia ; CUDOK, Anja ; RAULF, Christian ; HUTH, Tobias ; VIETOR, Thomas ; JOACHIM, Axmann: *Vision Board*. In: *Zeitschrift für Zukunftsforschung* 2022 (2021), Nr. 1. URL <https://www.zeitschrift-zukunftsforschung.de/ausgaben/1/5455>
- [25] LI, A.: *Klassifizierung verschiedener Stadtteile Hamburgs hinsichtlich der Bikesharing-Nutzung*. Dresden, 2018
- [26] MEIN-DIENSTRAD.DE: *mein-dienstrad.de*. URL [mein-dienstrad.de](http://mein-dienstrad.de)

- [27] OFD NORDRHEIN WESTFALEN: *Lohnsteuerliche Behandlung der Überlassung von (Elektro-)Fahrrädern an Arbeitnehmer*. URL <https://datenbank.nwb.de/Dokument/698417/> abgerufen
- [28] PAUTZKE, C., KOWALD, M., DANNEWALD, T., & BLEES, V: *Die Entwicklung des Fahrradvermietsystems VRNnextbike 2015-2021. Monitoringbericht Q1/2021*. 2021
- [29] PEDELEC & E-BIKES: *ZIV-Marktdaten 2021 – E-Bikes treiben Zahlen über Vorjahresniveau*. URL <https://pedelec-elektro-fahrrad.de/branchennews/ziv-marktdaten-2021-e-bikes-treiben-zahlen-ueber-vorjahresniveau/605296/>
- [30] PURO: *E-bike battery types Introduction*. URL <https://www.puro-power.com/e-bike-battery-types-introduction/>
- [31] RAPPLER, K. J.: *Betrachtung verschiedener Bike-Sharing Programme in Bezug auf das Mobilitätsverhalten. Ein Vergleich von Programme in Bezug auf das Mobilitätsverhalten. Ein Vergleich von Vélib', Call a Bike, Capital Bikeshare und Barclays Cycle Hire*. München, 2013
- [32] SIGO: *sigo*. URL <https://sigo.green/>
- [33] SINUS MARKT- UND SOZIALFORSCHUNG GMBH: *Fahrrad-Monitor Deutschland*, 2020
- [34] SINUS MARKT- UND SOZIALFORSCHUNG GMBH: *Fahrrad-Monitor Deutschland 2021*, 2021
- [35] SPINLISTER: *Spinlister*. URL <https://www.spinlister.com/> – Überprüfungsdatum 2022-09-01
- [36] *Stadtrad Hamburg*. 2016
- [37] UMWELTBUNDESAMT: *CO2-Rechner des Umweltbundesamtes*. URL [https://uba.co2-rechner.de/de\\_DE/](https://uba.co2-rechner.de/de_DE/) – Überprüfungsdatum 2023-06-06
- [38] UPPERBIKE: *upperbike*. URL <https://www.upperbike.com/> – Überprüfungsdatum 2022-09-01
- [39] WALTER, M., DR. WAGNER, F., WALKENHORST, A., & DR. SCHEFFLER: *TINK - Transportrad für alle!* Berlin
- [40] ZIMMERMANN, Ole ; JÄGER, Vitalis ; BURGHARDT-SCHUR, Jannick ; WINTER, Cedric ; GLINKE, Andre: *Anforderungsprofil für ein Recycling- gerechtes Produktdesign für die Anforderungsprofil für ein Recycling-gerechtes Produktdesign für die Kreislaufführung von Lithium-Ionen-Batterien in mobilen Anwendungen*. Braunschweig, TU Braunschweig, Institut für Konstruktionstechnik. Projektarbeit. Juli 2022

Anhang:

## **8 Anhang:**

### **Inhalt**

Anlage 1: Business Model Canvas des Reuse-Mix-Sharing Modells

Anlage 2: Umfrage zum Geschäftsmodell Reuse-Mix-Sharing

Anlage 3: Business Model Canvas des Host-basierten-Sharing Geschäftsmodells

Anlage 4: Umfrage Host-basiertes-Sharing in Oldenburger Betrieben

Anlage 5: Umfrage Pilotprojekte – Nutzende

Anlage 6: Leitfadengestütztes Interview Pilotprojekte - Hosts

## Anlage 1: Business Model Canvas des Reuse-Mix-Sharing Models

Reuse-Mix-Sharing-Geschäftsmodell				
<b>Vision &amp; Mission</b> Das Sharing eines bunten Fahrradmixes (E-Bike, Rennrad, ECB, City-Bike) ermöglichen und eine flexible und günstige Nutzung verschiedener Fahrradtypen. Durch eine häufige Nutzung der Räder, am besten mehrmals am Tag, trägt das Geschäftsmodell zur Ressourceneffizienz bei (Verbreitung von ECBs, Testen von ECBS und E-Bikes, 2nd Life für Batterien oder andere Komponenten, Reuse für Rückläufer).				
<b>Schlüssel-Partner</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Kommunen /Stadt (Genehmigungen)</li> <li>- Sponsoren (Fördermittel)</li> <li>- Fahrradhersteller (passender Umbau von Gebrauchträdern)</li> <li>- Lieferanten und Kooperationspartner (Softwareanbieter, Anbieter von gebrauchten Komponenten, ggf. externe Kundenhotline etc.)</li> <li>- Weitere Kooperationspartner (Betreiber der Station, Wartung und Reparatur der Räder etc.)</li> </ul>	<b>Schlüssel Aktivitäten</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- (Weiter-)Entwicklung Sharing-Systems</li> <li>- Aufbau und Betrieb des Sharing</li> <li>- Organisation von internen Aufgaben und Outsourcing von Aufgaben an externe Dienstleister und Kooperationspartner</li> <li>- Monitoring &amp; Evaluation (Befragung, Auswertung der Nutzendaten)</li> </ul> <b>Schlüssel-Ressourcen</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Rückläufer (Fahrradmix)</li> <li>- Netzwerk</li> <li>- Personal und Kompetenzen</li> <li>- 2nd-Use Komponenten</li> <li>- Daten aus der Software + die der Nutzenden/Partner</li> </ul>	<b>Nutzen-Versprechen</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Angebot an hochwertigen, alternativen Fahrradtypen (Mountainbike, Trekking etc.) geeignet für längere Touren</li> <li>- Günstige, flexible, einfache, nachhaltige Fortbewegung (Mobilitätsgarantie)</li> <li>- Befriedigung des Bedürfnisses nach Nutzen statt Kaufen</li> <li>- Angebot einer Servicedienstleistung für finanziell und ökologisch attraktive Nutzung</li> <li>- Umfangreiche Serviceleistung</li> <li>- Beitrag zur Ressourceneffizienz und des individuellen ökologischen Fußabdrucks</li> </ul>	<b>Kunden-Beziehungen</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Individuelle Sharing-Angebote mit einem rundum sorglos-Paket</li> <li>- Hilfe und Unterstützung von mein-dienstrad bspw. über die Hotline oder App</li> <li>- Hilfe/Unterstützung bei der produktgerechten, nachhaltigen Bedienung der Räder</li> <li>- Anreize und Kundenbindung über die Partnerschaften im Zusammenhang mit Ecopoints/Rabatte</li> </ul> <b>Vertriebs- und Kommunikationskanäle</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Webauftritt + Social Media</li> <li>- Über Netzwerk (Fachhändler, Messen)</li> <li>- App</li> <li>- Zeitungen, Universität, spaß- und erlebnisorientierte Orte</li> <li>- Sharing-Fahrräder mit Werbung</li> </ul>	<b>Kunden-Arten</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Hauptzielgruppe: 20- bis 50-Jährige</li> <li>- Studierende, Azubis, Beschäftigte</li> <li>- Städte ab 100.000 EinwohnerInnen, touristische Städte, Städte mit guten Fahrradwegen/-straßen</li> <li>- NutzendenInnen von Mountainbikes etc. für (längere) Fahrradtouren</li> <li>- Personen mit der Mentalität „leihen statt kaufen“</li> <li>- TouristInnen</li> <li>- PendlerInnen</li> <li>- „Bequeme“ Personen</li> </ul>
<b>Kosten</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ablöse der Räder</li> <li>- Startkosten (Aufbau der Station, Rekonfiguration der Räder, Software etc.)</li> <li>- Laufende Kosten (Betrieb, Versicherungen, Service wie Wartung oder Beratung, Personal, Marketing, Verwaltung, Transport und Lagerung)</li> <li>- Partnerschaften und Kooperationen (z. B. für Ecopoints)</li> </ul>			<b>Einnahmequellen</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sponsoring/Werbbeeinnahmen</li> <li>- Fördereinnahmen</li> <li>- Nutzungs- und Buchungsgebühren (breite Tarifstruktur; Abonnements etc.)</li> </ul>	
<b>Team</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Team F&amp;E sowie weitere Teams von mein-dienstrad</li> <li>- Externe Kooperationspartner/Lieferanten/Öffentlichkeit/Privatpersonen als Unterstützer und Botschafter</li> </ul>			<b>Werte</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Second-Use von Diensträdern</li> <li>- Nachhaltige Mobilität &amp; Ressourceneffizienz</li> </ul>	

Anhang:

Anlage 2: Umfrage zum Geschäftsmodell Reuse-Mix-Sharing

Liebe Teilnehmer, liebe Teilnehmer:innen,

die ressourceneffiziente Nutzung von Fahrrädern ist in heutigen Zeiten von Ressourcenknappheit und Lieferschwierigkeiten ein essenzielles Thema. Im Rahmen des Forschungsprojekts LifeCycling<sup>2</sup> werden Konzepte zur Verbesserung der Ressourceneffizienz von E-Lastenrädern untersucht.

**Wir von mein-dienstrad.de untersuchen in diesem Zusammenhang die Verbesserung der Ressourceneffizienz von Diensträdern. Hierbei sollen Konzepte zur Nutzungsintensivierung von Diensträdern nach Ablauf der Leasingdauer entwickelt werden.**

**Mithilfe dieser Umfrage möchten wir Ihre Meinung zu diesem Thema erfragen und das Potenzial dieser Konzepte untersuchen.**

Vielen Dank, dass Sie sich die Zeit nehmen und uns bei diesem Projekt unterstützen! Die Umfrage dauert etwa 5 Minuten und ist selbstverständlich anonym. Es werden keine Daten erhoben, die Rückschlüsse auf bestimmte Personen ermöglichen. Ihre Angaben werden ausschließlich von der Firma baron mobility service GmbH in Zusammenarbeit mit der TU Braunschweig verarbeitet und im Rahmen des Forschungsprojekts LifeCycling<sup>2</sup> verwendet.

Wir freuen uns über Ihre Teilnahme und Ihre Unterstützung des Forschungsprojekts LifeCycling<sup>2</sup>.

**1. Kennen Sie Bike-Sharing?**

- ☐ Ja
- ☐ Nein

**Kennen Sie Bike-Sharing Stationen in Oldenburg?**

- ☐ Ja
- ☐ Nein

**Wie häufig nutzen Sie Bike-Sharing (z. B. OLi-Bike, Call a bike etc.)?**

Anhang:

- ☐ Täglich
- ☐ Häufig - jede Woche
- ☐ Regelmäßig - ein paar Mal im Monat
- ☐ Ab und zu - ein paar Mal pro Jahr
- ☐ Gar nicht

**Wenn gar nicht: Was sind Gründe, warum Sie Bike-Sharing nicht nutzen?**

☒ \_\_\_\_\_

**Könnten Sie sich vorstellen hochwertige, gebrauchte Räder (überwiegend E-Bikes) für längere Touren über 3 oder 6 Stunden, Tage-, Wochenend- oder wochenweise zu leihen? (bspw. Mountainbikes, Trekkingbikes, Rennräder, Lastenräder etc.)**

- ☐ Ja
- ☐ Nein
- ☐ Eventuell

**Wenn Nein: Warum ist dieses Angebot für Sie nicht interessant?**

☐ \_\_\_\_\_

**Für welche Arten von Fahrten wäre dieses Bike Sharing Modell für Sie interessant?**

- ☐ Erledigungen/Einkäufe
- ☐ Freizeitaktivitäten
- ☐ Pendeln
- ☐ Tagestouren
- ☐ Wochenendtrips

Anhang:

- ☐ Mehrtägige Fahrradtouren
- ☐ Gruppenfahrten
- ☐ Nicht interessant

**Welche Voraussetzungen müssten für eine regelmäßige Nutzung gegeben sein?**

- ☐ Persönlicher Kontakt bei der Ausleihe
- ☐ Selbstständige Ausleihe über App
- ☐ Ausleihmöglichkeiten bei meinem Fahrrad Fachhandelspartner vor Ort
- ☐ Verfügbarkeit der gewünschten Modelle (E-, Mountain-, Trekkingbike etc.)
- ☐ Reservierungsoption
- ☐ Passendes Tarifmodell
- ☐ Zentraler Standort der Sharing-Station
- ☐ 24/7 Kundenservice
- ☐ Umfassender Versicherungsschutz
- ☐ Sonstiges:
- ☐ Keine Antwort

**Welche Tarifmodelle wären für dieses Modell angemessen und kämen für Sie in Frage?**

- ☐ Gebühr pro Stunde
- ☐ 3h für 6€
- ☐ 6h für 10€
- ☐ 24h für 17€



Anhang:

- ☐ 48h für 30€
- ☐ Wochentarif für 85€
- ☐ Buchungs- bzw. Reservierungsgebühr für 2€
- ☐ Keine Buchungs- bzw. Reservierungsgebühr
- ☐ Monatsabo (einmalig 12€, keine Gebühr, 1€ Rabatt pro Ausleihe oder 1 x 3h Freifahrt)
- ☐ Jahresabo (einmalig 60€, keine Gebühr, 1€ Rabatt pro Ausleihe oder 1 x 6h Freifahrt)
- ☐ Anderes Modell:
- ☐ Nicht interessant

**Stellen Sie sich vor, ihr Fachhändler um die Ecke stellt hochwertige, gebrauchte E-Bikes für Sie als Bike as a Service zur Verfügung. Welche Komponenten dieses Modells würden Sie regelmäßig in Anspruch nehmen?**

- ☐ Ersatzrad im Falle von Reparaturen Ihres eigenen Fahrrads
- ☐ Testrad zum testen eines E-Bikes
- ☐ Verleih des Fahrrads (ähnlich wie oben beschrieben)
- ☐ Gebrauchtradverkauf
- ☐ Sonstiges:
- ☐ Keine Antwort

**Weitere Anmerkungen zu diesem Modell:**

Anlage 3: Business Model Canvas des Host-basierten-Sharing Geschäftsmodells

Host-basiertes Sharing Geschäftsmodell				
<b>Vision &amp; Mission</b> Eine Nutzungsintensivierung und Ressourceneffizienz von (gelesten) ECBs mittels eines Angebots für die betriebliche Nutzung mit Sharing-Option (Host-Konzept) ermöglichen				
<b>Schlüssel-Partner</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Betriebe (Hosts)</li> <li>- Versicherung</li> <li>- Softwareanbieter (App, Schlosstechnik etc.)</li> <li>- Fachhändlernetzwerk</li> <li>- Hersteller von Akkuladeschrank</li> </ul>	<b>Schlüssel Aktivitäten</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- ECBs an Unternehmen vermieten und betriebliche Nutzung sowie Sharing-Option inklusive App anbieten + Wartung und Versicherung</li> </ul>	<b>Nutzen-Versprechen</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Angebot an hochwertigen ECs inkl. Servicepaket</li> <li>- Betriebliche, klimafreundliche Besorgungen und Auslieferungen über ECBs ermöglichen mit der Möglichkeit dies über ein Sharing-Konzept zum Teil zu finanzieren</li> </ul>	<b>Kunden-Beziehungen</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Automatisierte Dienstleistung anbieten (Sharing)</li> <li>- Umfassender Service über Leasing</li> </ul>	<b>Kunden-Arten</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Betriebe (Hosts) mit guten Öffnungszeiten, viele Kunden/Besucher, persönliches Engagement, gut sichtbarer Abstellplatz bzw. Abstellplatz im Inneren vorhanden, Strom und Internetzugang</li> <li>- Gastronomiebetriebe, inhabergeführter Einzelhandel, Kommunale Einrichtungen und Freizeiteinrichtungen</li> <li>- Breite Öffentlichkeit</li> </ul>
<b>Kosten</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- ECBs (nur Leasinggebühren)</li> <li>- Personalkosten</li> <li>- Buchungssystem (App/Onlinebezahlndienst)</li> <li>- Werbemittel (Marketing)</li> </ul>			<b>Einnahmequellen</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Über Leasing: Provisionsgebühren von Händlern und Leasinggesellschaft</li> <li>- Über Sharing: Mieteinnahme der Betriebe, anteilige Mieteinnahmen der Endnutzenden</li> </ul>	
<b>Team</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Einbindung in das Geschäftsmodell Dienstradleasing</li> </ul>			<b>Werte</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ressourceneffiziente Erstrnutzung</li> <li>- Nachhaltige Mobilität</li> </ul>	

Anhang:

**Anlage 4: Umfrage Host-basiertes-Sharing in Oldenburger Betrieben - Potential von E-Lastenrädern in gewerblichen Betrieben - Teil 1**

Im vom Bundesministerium für Bildung und Forschung geförderten Projekt LifeCycling<sup>2</sup> geht es darum, mit verschiedenen Partnern aus der Forschung und Industrie Konzepte für die Verbesserung der Ressourceneffizienz von E-Lastenrädern zu entwickeln und prototypisch in Pilotprojekten umzusetzen.

Mithilfe unserer Umfrage möchten wir das Potential von E-Lastenrädern in gewerblichen Betrieben untersuchen und hierbei interessiert uns insbesondere Ihre Meinung als Betrieb.

Die Umfrage dauert etwa 10 Minuten und ist selbstverständlich anonym. Ihre Angaben werden ausschließlich von der Firma baron mobility service GmbH in Zusammenarbeit mit der TU Braunschweig verarbeitet und im Rahmen des Forschungsprojekts LifeCycling<sup>2</sup> verwendet.

Wir danken Ihnen sehr für Ihre Unterstützung des Forschungsprojekts LifeCycling<sup>2</sup>.

**In welchem Gewerbe sind Sie vertreten?**

- ☐ Gastronomie/Café
- ☐ Hotellerie
- ☐ Lebensmitteleinzelhandel
- ☐ Einzelhandel
- ☐ Freizeiteinrichtung
- ☐ Apotheke
- ☐ Sonstiges, und zwar:

☐ **Mit welchem Transportmittel bewerkstelligen Sie Dienstleistungen, Lieferungen oder Besorgungen?**

Mehrere Antworten möglich

- ☐ PKW

Anhang:

- ☐ Sharing-PKW (wie bspw. Cambio)
- ☐ Lastenrad (ohne E-Antrieb)
- ☐ E-Lastenrad (Lastenfahrrad mit E-Antrieb)
- ☐ Fahrrad
- ☐ zu Fuß
- ☐ Sonstiges, und zwar:

**In welchem Radius bewegen sich diese Fahrten?**

- ☐ Bis zu 5 km
- ☐ Bis zu 10 km
- ☐ Bis zu 15 km
- ☐ Bis zu 20 km
- ☐ Bis zu 25 km
- ☐ Mehr, und zwar:

☐ Keine Antwort

**Kennen Sie E-Lastenräder?**

- ☐ Ja
- ☐ Nein
- ☐ Keine Antwort

**Haben Sie bereits Erfahrungen mit E-Lastenrädern sammeln können?**

Anhang:

- ☐ Ja
- ☐ Nein
- ☐ Keine Antwort

**Haben Sie bereits über eine Anschaffung von E-Lastenrädern für Ihren Betrieb nachgedacht?**

- ☐ Ja
- ☐ Nein
- ☐ Eventuell
- ☐ Sonstiges, und zwar:

☐ Keine Antwort

**Was war der ausschlaggebende Punkt, warum Sie sich bisher gegen die Anschaffung eines E-Lastenrads entschieden haben?**

Mehrere Antworten möglich

- ☐ Hohe Anschaffungskosten
- ☐ Zu wenig Know-How für die Wartung
- ☐ Keine Abstellmöglichkeiten für das Rad
- ☐ Angst vor der Fahrt mit E-Lastenrädern
- ☐ Entfernung, die zurückgelegt wird
- ☐ Transportmöglichkeiten sind begrenzt
- ☐ Kostenintensive Versicherung
- ☐ Sonstige, und zwar:

Anhang:

☐ ☐ keine der genannten Optionen

**Wäre einer oder mehrere der untenstehenden Gründe, eine Motivation für die betriebliche Nutzung eines E-Lastenrads?**

Mehrere Antworten möglich

- ☐ Flexibilität
- ☐ Klimaschutz
- ☐ Vermeidung von Parkplatzproblemen
- ☐ Erreichbarkeit des Betriebs in Fußgängerzonen
- ☐ Nachhaltige Unternehmenspositionierung und -außendarstellung
- ☐ Kund:innenbindung
- ☐ Kostenersparnis bei der Unterhaltung eines E-Lastenrads im Vergleich zu Kfz
- ☐ Rundum-Sorglos-Paket (Versicherung, Service und Wartung)
- ☐ Sonstiges, und zwar:

☐ ☐ keine der genannten Optionen

**Was wären interessante Optionen für ein E-Lastenrad für Ihr Unternehmen?**

Mehrere Antworten möglich

- ☐ Miete monatlich (besonders flexibel, aber teurer)
- ☐ Miete jährlich (feste Laufzeit, aber günstiger)
- ☐ Leasing monatlich über 36 Monate
- ☐ Kauf

(der Kaufpreis von E-Lastenrädern liegt zwischen € 3.500 und 8.000)

Anhang:

☐ Sonstige, und zwar:

☐ keine der genannten Optionen

**Können Sie sich vorstellen, gebrauchte und aufbereitete E-Lastenräder zu nutzen?**

☐ Ja

☐ Ja, wenn sich die monatliche Belastung hierdurch reduziert

☐ Nein

☐ Sonstiges, und zwar:

☐ keine Antwort

#### Potential von E-Cargobikes in gewerblichen Betrieben - Teil 2

Host-basiertes

Sharing

Beim Host-basierten Lastenrad-Sharing können Kleinbetriebe und andere lokale Organisationen die E-Lastenräder für ihre eigenen Besorgungen für eine monatliche oder jährliche Gebühr nutzen.

Zusätzlich agieren die Kleinbetriebe/lokale Organisationen als Host und Multiplikator:innen, die die Lastenräder „hosten“ und mithilfe einer App an ihre Kund:innen, an die Öffentlichkeit oder anderen Betrieben zur Verfügung stellen. Im Gegenzug können die Hosts ihre eigenen Kosten durch die Mieteinnahmen reduzieren, ihre Kund:innenbindung verstärken, ihre Kund:innenfrequenz erhöhen sowie ihren eigenen Betrieb über eine Internetplattform und einer Werbefläche auf dem E-Lastenrad bewerben.

**Bitte stufen Sie auf der folgenden Skala ein, wie interessant das Host-basierte Sharing Modell für Sie als Kleinbetrieb ist:**

- ☐ Sehr interessant
- ☐ Interessant
- ☐ Neutral

Anhang:

- ☐ Nicht interessant
- ☐ Überhaupt nicht interessant
- ☐ Keine Antwort

**Welchen Personengruppen würden Sie als potenzieller Host ein E-Lastenrad bereitstellen und durch die Mieteinnahmen Ihre eigenen Kosten reduzieren?**

Mehrere Antworten möglich

- ☐ Ihren Kund:innen
- ☐ Anderen (Partner-)Betrieben
- ☐ Allgemeine Öffentlichkeit
- ☐ Niemandem
- ☐ Sonstige, und zwar:
- ☐ kein Interesse an diesem Modell

**Welchen Aufwand wären Sie bereit, bei solch einem Host-basierten Lastenrad-Sharing Modell zu leisten?**

Mehrere Antworten möglich

- ☐ Freie Termine in einer App/einer Webseite einstellen
- ☐ Parkplatz für ein E-Lastenrad bereitstellen (am besten überdacht)
- ☐ Akku des E-Lastenrads laden
- ☐ Übergabe des E-Lastenrads mit Buchungsüberprüfung und -bestätigung
- ☐ Schlüsselübergabe für das E-Lastenrad
- ☐ Kurzeinweisung in die Nutzung des E-Lastenrads



Anhang:

☐ kleine Wartungsarbeiten wie Reifen aufpumpen

☐ Sonstiges, und zwar:

☐ ☐ keinen Aufwand

☐ kein Interesse am Modell

**Welches Preismodell würden Sie präferieren?**

**(Bitte beachten Sie, dass beim Host-basierten Lastenrad-Sharing Modell ein Teil der Grundgebühren durch die Weitervermietung und die Mietumsätze erstattet wird und die Mietraten häufig als Betriebsausgaben abgesetzt werden können)**

Mehrere Antworten möglich

☐ monatliche Mietrate zwischen € 200 – 300 für die Miete eines E-Lastenrads inklusive Service, Wartung und Versicherung (Laufzeit zwischen 12 – 24 Monate)

☐ jährliche Mietrate zwischen € 2000 - 2800 für die Miete eines E-Lastenrads inklusive Service, Wartung und Versicherung (Laufzeit zwischen 12 – 24 Monate)

☐ monatliche Leasingrate zwischen € 100 – 200 für das Leasing eines E-Lastenrads inklusive Service, Wartung und Versicherung (Laufzeit 36 Monate)

☐ Sonstiges, und zwar:

☐ ☐ keine der Optionen

**Sofern Sie überhaupt nicht am Host-basierten Lastenrad-Sharing System für Ihren Betrieb interessiert sind, was sind die Gründe hierfür?**

Mehrere Antworten möglich

☐ Kein Interesse an Lastenrädern

☐ Zu viel Organisationsaufwand

☐ Fehlende personelle Ressourcen

Anhang:

☐ Keine Unterstellmöglichkeiten

☐ Zu teuer

☐ Sonstiges, und zwar:

☐ Keine Antwort

### Pilotprojekt

**Haben Sie Interesse daran, an einem 4-wöchigen Pilotprojekt im Rahmen des Forschungsprojekts LifeCycling<sup>2</sup> teilzunehmen und ein Lastenrad sowie das host-basierte Sharing in Ihrem Betrieb gratis auszutesten?**

☐ Ja

☐ Nein

☐ Ja, aber nur das Lastenrad selbst (nicht das host-basierte Sharing Modell)

☐ Eventuell

**Falls Sie Interesse haben, am Pilotprojekt teilzunehmen, würden wir Sie bitten, uns eine kurze E-Mail an [janika.hintzsche@baronmobil.com](mailto:janika.hintzsche@baronmobil.com) oder an [zora.becker@baronmobil.com](mailto:zora.becker@baronmobil.com) zu schicken oder im folgenden Feld Ihren Namen einzutragen, damit wir Sie für weitere Absprachen kontaktieren können.**

☐ Name Ihres Betriebs

☐ keine Angabe

Wir danken Ihnen sehr für Ihre Teilnahme und Unterstützung des Forschungsprojekts LifeCycling<sup>2</sup>.

Anhang:

#### *Anlage 5: Umfrage Pilotprojekte – Nutzende*

##### LifeCycling<sup>2</sup> - User-Fragebogen

Liebe Nutzer:innen,

vielen Dank, dass Sie sich die Zeit nehmen und uns bei der Evaluation unterstützen! Die Umfrage dauert etwa 10 Minuten und ist selbstverständlich anonym. Ihre Angaben werden ausschließlich von der Firma baron mobility service GmbH in Zusammenarbeit mit der TU Braunschweig verarbeitet und im Rahmen des Forschungsprojekts LifeCycling<sup>2</sup> verwendet.

Mithilfe unserer Umfrage möchten wir Ihre Meinung und mögliche persönlichen Erfahrungen zur Nutzung des Host basierten Sharing und der Fahrt mit dem Lastenrad ermitteln. Wir freuen uns über Ihre Teilnahme!

Kurz zum Hintergrund des Forschungsprojekts:

Im vom Bundesministerium für Bildung und Forschung geförderten Projekt LifeCycling<sup>2</sup> geht es darum, mit verschiedenen Partnern aus der Forschung und Industrie Konzepte für die Verbesserung der Ressourceneffizienz von E-Lastenrädern zu entwickeln und prototypisch in Pilotprojekten umzusetzen. Mithilfe unserer Umfrage möchten wir das Potential von Sharing-basierten Geschäftsmodellen mit Hilfe von Hosts untersuchen und hierbei interessiert uns insbesondere Ihre Meinung als Nutzer:in des Sharings und Fahrer:in des Lastenrads.

Wir danken Ihnen für die Teilnahme und Unterstützung des Forschungsprojekts LifeCycling<sup>2</sup>

In dieser Umfrage sind 25 Fragen enthalten.

#### **User Experience**

**Wie würden Sie Ihre Erfahrung mit der Nutzung des E-Lastenrads insgesamt bewerten?**

Bitte wählen Sie nur eine der folgenden Antworten aus:

- Sehr gut
- Gut
- Eher gut
- Mittel
- Eher schlecht
- Schlecht

Anhang:

- Sehr schlecht

**Wie oft haben Sie im Pilotprojekt ein E-Lastenrad ausgeliehen?**

Bitte geben Sie Ihre Antwort hier ein:

\_\_\_ Mal

*In dieses Feld dürfen nur Zahlen eingegeben werden.*

**Für welche(n) Wegezweck(e) haben Sie das E-Lastenrad ausgeliehen?**

Bitte wählen Sie alle zutreffenden Antworten aus:

- Einkauf des täglichen Bedarfs
- Sonstige Besorgung
- Transport eines (oder mehrerer) großen Gegenstände
- Transport von Kindern und/oder Haustieren
- Sonstiges:

Mehrfachauswahl möglich

**In welchem Radius bewegen sich diese Fahrten?**

Bitte wählen Sie nur eine der folgenden Antworten aus:

- Bis zu 5km
- Bis zu 10km
- Bis zu 15km
- Bis zu 20km
- 20km und mehr

**Welche positiven Aspekte sind Ihnen im Zusammenhang mit der Nutzung der Lastenrad-Nutzung (bzw. des Sharings) besonders im Gedächtnis geblieben?**

Bitte geben Sie Ihre Antwort hier ein:

**Gab es negative Aspekte, die Ihnen im Zusammenhang mit der Lastenradnutzung besonders im Gedächtnis geblieben sind?**

Anhang:

Bitte wählen Sie nur eine der folgenden Antworten aus:

- Ja
- Nein
- Sonstiges:

**Wie würden Sie den Ausleihprozess bewerten?**

Bitte wählen Sie nur eine der folgenden Antworten aus:

- Sehr gut
- Gut
- Eher gut
- Mittel
- Eher schlecht
- Schlecht
- Sehr schlecht

**Wie empfinden Sie das Host-basierte Sharing hinsichtlich der Praktikabilität?**

Bitte wählen Sie nur eine der folgenden Antworten aus:

- Sehr gut
- Gut
- Eher gut
- Mittel
- Eher schlecht
- Schlecht
- Sehr schlecht

**Würden Sie auch zukünftig regelmäßig bei einem Host ein Lastenrad ausleihen?**

Bitte wählen Sie nur eine der folgenden Antworten aus:

- Ja
- Nein

Anhang:

**Welche Voraussetzungen müssten für die regelmäßige Nutzung des Ausleih-Angebots gegeben sein?**

Bitte wählen Sie alle zutreffenden Antworten aus:

- Verfügbarkeit der Lastenräder
- Kurze Wege zur Ausleihstation
- modularer Aufbau des Lastenrads
- Bereitstellung von Zubehör (z.B. Regendach, Kindersitz, Kühlbox, etc.)
- längere Öffnungszeiten des Hosts
- schnellerer Ausleihprozess
- Ausleihe über App
- Keine Antwort
- Sonstiges:

*Mehrfachauswahl möglich*

**Wie viel wären Sie bereit für die Ausleihe eines Lastenrades zu bezahlen?**

Bitte wählen Sie alle zutreffenden Antworten aus:

- 1€ feste Buchungsgebühr, 2€ pro 30 Minuten
- 3€ feste Buchungsgebühr, 1,50€ pro 30 Minuten
- 4€ feste Buchungsgebühr, 1€ pro 30 Minuten
- 0,08 € pro 1 Minute (entspricht 2,40€ pro 30 Minuten)
- Monatsabo für 20€, keine Buchungsgebühr, 1 Std. kostenlos, danach 1,50€ pro
- 30 Minuten
- Keine Antwort
- Sonstiges:

*Mehrfachauswahl möglich*

Hinweis: nachts 22 – 8 Uhr kostenlos, Tagestarif: 25€

**Einstellung und Mobilitätsverhalten**

**Hat sich nach der Nutzung die Einstellung in Bezug auf das E-Lastenrad als Fortbewegungsmittel verändert?**

Anhang:

Bitte wählen Sie nur eine der folgenden Antworten aus:

- Ja
- Nein

**In welche Richtung hat sich Ihre Einstellung verändert?**

*Beantworten Sie diese Frage nur, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:*

*Antwort war &apos;Ja&apos; bei Frage &apos; [G02Q14]&apos; (Hat sich nach der Nutzung die Einstellung in Bezug auf das E-Lastenrad als Fortbewegungsmittel verändert?)*

Bitte wählen Sie nur eine der folgenden Antworten aus:

- sehr positiv
- positiv
- eher positiv
- eher negativ
- negativ
- sehr negativ

**Können Sie sich vorstellen mit dem E-Lastenrad dauerhaft Fahrten zu ersetzen, die zuvor mit dem Auto absolviert wurden?**

*Beantworten Sie diese Frage nur, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:*

*Antwort war &apos;Ja&apos; bei Frage &apos; [G02Q14]&apos; (Hat sich nach der Nutzung die Einstellung in Bezug auf das E-Lastenrad als Fortbewegungsmittel verändert?)*

Bitte wählen Sie nur eine der folgenden Antworten aus:

- Ja
- Nein

**Was sind die Gründe hierfür?**

*Beantworten Sie diese Frage nur, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:*

*Antwort war &apos;Nein&apos; bei Frage &apos; [G02Q16]&apos; (Können Sie sich vorstellen mit dem E-Lastenrad dauerhaft Fahrten zu ersetzen, die zuvor mit dem Auto absolviert wurden?)*

Anhang:

Bitte geben Sie Ihre Antwort hier ein:

**Wie bewerkstelligen Sie üblicherweise Einkäufe, größere Gegenstände oder Transport von Personen?**

Bitte wählen Sie alle zutreffenden Antworten aus:

- Mit einem PKW
- Mit einem Sharing-PKW
- Mit einem Lastenrad bzw. E-Lastenrad
- Mit einem Fahrrad
- Zu Fuß
- Sonstiges:

*Mehrfachauswahl möglich*

**Kauf / Leasing**

**Vielleicht haben Sie im Rahmen der Nutzung bereits über die Anschaffung oder Mehrnutzung eines E-Lastenrades für Sie persönlich / den Haushalt nachgedacht. Welches Kauf- bzw. Mietmodell könnten Sie sich dabei vorstellen?**

Bitte wählen Sie alle zutreffenden Antworten aus:

- Direktkauf
- Monatliche Leasingrate zwischen 50 und 100€ (als Gehaltsumwandlung über den Arbeitgeber)
- Monatliche Mietrate zwischen 100€ und 200€
- Jährliche Mietrate zwischen 1.800€ und 2000€
- Regelmäßige Sharing-Option
- Kommt für mich / den Haushalt nicht in Frage
- Sonstiges:

*Mehrfachauswahl möglich*

**Was war der ausschlaggebende Punkt, warum Sie sich bisher gegen die Anschaffung eines E-Lastenrads entschieden haben?**



Anhang:

*Beantworten Sie diese Frage nur, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:*

*Antwort war NICHT bei Frage 'G03Q19'; (Vielleicht haben Sie im Rahmen der Nutzung bereits über die Anschaffung oder Mehrnutzung eines E-Lastenrades für Sie persönlich / den Haushalt nachgedacht. Welches Kauf- bzw. Mietmodell könnten Sie sich dabei vorstellen?)*

Bitte wählen Sie alle zutreffenden Antworten aus:

- Anschaffungskosten
- Keine Abstellmöglichkeiten
- Sorge vor Diebstahl
- Angst vor Fahrt mit E-Lastenrädern
- Radius der alltäglichen Wege
- Bedenken bezüglich Service und Wartung
- Bedenken hinsichtlich der Versicherung
- Reichweite / Akkukapazität
- Sonstiges:

*Mehrfachauswahl möglich*

**Falls Interesse an einem privaten Lastenrad besteht, können Sie sich vorstellen, auch ein gebrauchtes und/oder aufbereitetes E-Lastenrad zu kaufen?**

*Beantworten Sie diese Frage nur, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:*

*Antwort war NICHT bei Frage 'G03Q19'; (Vielleicht haben Sie im Rahmen der Nutzung bereits über die Anschaffung oder Mehrnutzung eines E-Lastenrades für Sie persönlich / den Haushalt nachgedacht. Welches Kauf- bzw. Mietmodell könnten Sie sich dabei vorstellen?)*

Bitte wählen Sie nur eine der folgenden Antworten aus:

- Ja
- Nein

**Welche Aspekte der Funktionalität wären Ihnen besonders wichtig bei einem gebrauchten/ aufbereiteten E-Lastenrad?**

*Beantworten Sie diese Frage nur, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:*

Anhang:

*Antwort war NICHT bei Frage &apos; [G03Q19]&apos; (Vielleicht haben Sie im Rahmen der Nutzung bereits über die Anschaffung oder Mehrnutzung eines E-Lastenrades für Sie persönlich / den Haushalt nachgedacht. Welches Kauf- bzw. Mietmodell könnten Sie sich dabei vorstellen?) und Antwort war &apos;Ja&apos; bei Frage &apos; [G03Q21]&apos; (Falls Interesse an einem privaten Lastenrad besteht, können Sie sich vorstellen, auch ein gebrauchtes und/oder aufbereitetes E-Lastenrad zu kaufen?)*

Bitte wählen Sie alle zutreffenden Antworten aus:

- Akkukapazität
- Modularer Aufbau des Fahrrades mit leicht anpassbaren Komponenten
- (Transportboxen, offene Ladefläche, Kindersitze, etc.)
- Fahrverhalten
- Aktualität der Komponenten
- optischer Zustand
- Einfache Reparierbarkeit
- Sonstiges:

*Mehrfachauswahl möglich*

### **Soziodemografie**

#### **Wie alt sind Sie?**

*Bitte wählen Sie nur eine der folgenden Antworten aus:*

- 18-24 Jahre
- 25-39 Jahre
- 40-59 Jahre
- 60-79 Jahre
- 80 Jahre und älter

#### **Wie hoch ist das monatliche Nettoeinkommen Ihres Haushalts?**

*Bitte wählen Sie nur eine der folgenden Antworten aus:*

- 0 – 999 Euro
- 1000 – 1.999 Euro
- 2.000 – 2.999 Euro

Anhang:

- 3.000 - 3999 Euro
- 4.000 – 4.999 Euro
- 5.000 Euro und mehr

**Wie viele Personen leben aktuell ständig in Ihrem Haushalt, Sie selbst eingeschlossen?**

*Ihre Antwort darf maximal 10 sein.*

*In diesem Feld darf nur ein ganzzahliger Wert eingetragen werden.*

Bitte geben Sie Ihre Antwort hier ein:

*In dieses Feld dürfen nur Zahlen eingegeben werden.*

**Wie viele davon sind Jugendliche unter 14 Jahren?**

*Ihre Antwort darf maximal 10 sein.*

*In diesem Feld darf nur ein ganzzahliger Wert eingetragen werden.*

Bitte geben Sie Ihre Antwort hier ein:

*In dieses Feld dürfen nur Zahlen eingegeben werden.*

**Haben Sie weitere Anmerkungen, die Sie uns gerne mitteilen möchten?**

Bitte geben Sie Ihre Antwort hier ein:

**Vielen Dank für die Beantwortung des Fragebogens.**

Anhang:

## Anlage 6: Leitfadengestütztes Interview Pilotprojekte - Hosts

**Wie häufig haben Sie das Lastenrad für den gewerblichen Betrieb genutzt?**

☐ Mehrmals täglich:  
 ☐ Einmal täglich

☐ Mehrmals die Woche:  
 ☐ Seltener

☐ Nie  
☐ Sonstiges

**Welche Erfahrungen haben Sie hierbei gemacht?**

☐ Freitext

**Wofür wurde das Lastenrad genutzt?**

*Mehrfachantworten sind möglich*

- ☐ Auslieferung von Waren
- ☐ Betriebseinkauf
- ☐ Gegenstände/Waren für Events transportieren
- ☐ Private Erledigungen
- ☐ Sonstiges:

**In welchem Radius fanden die Fahrten statt?**

- ☐ Bis zu 5km
- ☐ Bis zu 10km
- ☐ Bis zu 15km

Anhang:

- ☐ Bis zu 20km
- ☐ 20km und mehr

**Wie würden Sie den Verleihprozess des E-Lastenrads bewerten?**

- ☐ Sehr gut
- ☐ Gut
- ☐ Eher Gut
- ☐ Mittel
- ☐ Eher Schlecht
- ☐ Schlecht
- ☐ Sehr schlecht
- ☐ Sonstiges

**Haben Sie Verbesserungsvorschläge für den Verleihprozess?**

*Mehrfachantworten sind möglich*

- ☐ Terminbuchung über App
- ☐ Ausleihformulare in der App anstatt Zettel
- ☐ Lastenradeinweisung als Videotutorial
- ☐ Mehr Nachfrage
- ☐ Weniger Nachfrage
- ☐ Bessere Öffentlichkeitsarbeit
- ☐ Sonstiges
- ☐ Keine

Anhang:

**Wie oft wurde das Lastenrad angefragt? (Interesse am Projekt)**

- ☐ Mehrmals täglich:  
 ☐ Einmal täglich
- ☐ Mehrmals die Woche  
 ☐ Einmal die Woche
- ☐ Seltener
- ☐ Nie
- ☐ Sonstiges
- ☐ Anmerkungen (Gründe hierfür)

**Wer waren die Nutzergruppen?**

*Mehrfachantworten sind möglich*

- ☐ Breite Öffentlichkeit
- ☐ Nachbarn aus dem Stadtteil
- ☐ KundInnen
- ☐ Andere (Partner-)Betriebe
- ☐ Andere und zwar:

**Sehen Sie weitere potenzielle Nutzer:innengruppen?**

- ☐ Ja, und zwar
- ☐ Nein

**Welche Highlights / positive Aspekte sind Ihnen im Gedächtnis geblieben bezüglich des Pilotprojekts?**

- ☐ Folgende
- ☐ Keine

Anhang:

**Gab es negative Aspekte, die Ihnen besonders im Gedächtnis geblieben sind?**

- ☐ Ja, und zwar
- ☐ Nein

**Hat sich nach der Nutzung Ihre Einstellung in Bezug auf das E-Lastenrad als Betriebsfahrzeug verändert?**

- ☐ Ja
- ☐ Nein
- ☐ Gründe hierfür

**Können Sie sich vorstellen mit dem E-Lastenrad dauerhaft betriebliche Fahrten zu ersetzen, die zuvor mit dem Auto absolviert wurden?**

- ☐ Ja
- ☐ Nein
- ☐ Gründe

**Hätten Sie auch zukünftig Interesse als Host zu fungieren und ein Lastenrad selbst zu nutzen und Dritten zur Verfügung zu stellen?**

- ☐ Ja
- ☐ Nein
- ☐ Sonstige Anmerkungen

**Welche Voraussetzungen müssten hierfür gegeben sein?**

- ☐ Freitext

**Welches Preismodell würden Sie präferieren? (Preise sind immer inklusive Service, Wartung und Versicherung)**

Bitte beachten Sie, dass beim Host-basierten Lastenrad-Sharing Modell ein Teil der Grundgebühren durch die Weitervermietung und die Mietumsätze erstattet wird und die Mietraten häufig als Betriebsausgaben abgesetzt werden können

Anhang:

- ☐ Monatliche Mietrate zwischen € 200 - 300 für die Miete eines E-Lastenrads (Laufzeit zwischen 12-24 Monaten)
- ☐ Jährliche Mietrate zwischen € 2000 - 2800 für die Miete eines E-Lastenrads (Laufzeit zwischen 12-24 Monaten)
- ☐ Monatliche Leasingrate zwischen € 100 -200 für das Leasing eines E-Lastenrads (Laufzeit 36 Monate)
- ☐ Direktkauf (neu 6000 € /gebraucht bzw. aufbereitet 4000 €) (kein Host-Prinzip)
- ☐ Sonstiges, und zwar:  
 ☐ keine der Optionen

**Welchen Aufwand wären Sie bereit in Kauf zu nehmen als Host?**

- ☐ Terminkoordination (in der App/Kalender)
- ☐ Übergabe
- ☐ Einweisung
- ☐ Sicheres Abstellen
- ☐ Akku laden
- ☐ Kleine Wartungsarbeiten (Reifen aufpumpen etc.)
- ☐ In die Werkstatt bringen

**Wie würden Sie zusammenfassend Ihre Erfahrungen mit der Nutzung und als Host des E-Lastenrads bewerten?**

- ☐ Freitext