

„Starke Fachhochschulen –  
Impuls für die Region“ (FH-Impuls)



Schlussbericht

II. Eingehende Darstellung

## FH-Impuls Projekt

---

### BaaS für LEV-Sharing

# Untersuchungen zu Battery as a Service als nachhaltiges Energieversorgungskonzept für Light Electric Vehicles

---

Zuwendungsempfänger

Hochschule Bochum

Berichtszeitraum

01.05.2020 – 30.06.2021

Förderkennzeichen

13FH0E33IA

## Inhaltsverzeichnis

<i>I. Erzielte Ergebnisse</i>	3
Arbeitspaket 1	3
Arbeitspaket 2	6
Arbeitspaket 3	7
Arbeitspaket 4	9
Arbeitspaket 5	13
Arbeitspaket 6	15
<i>II. Verwendung der Zuwendung und Gegenüberstellung mit den vorgegebenen Zielen</i>	16
Kurzfassung des zahlenmäßigen Nachweises	17
Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit	17
<i>III. Nutzen und Verwertbarkeit der Ergebnisse</i>	18
Wissenschaftliche und wirtschaftliche Anschlussfähigkeit und nächste innovatorische Schritte	19
Während der Durchführung an anderer Stelle bekannt gewordene Fortschritte	20
Veröffentlichungen	21
Quellen	22
<i>Anhang</i>	26

## I. ERZIELTE ERGEBNISSE

Das Projekt wurde mit dem Projektstart im Mai 2020 bewilligt. Die Projektlaufzeit wurde zwei Mal insgesamt um vier Monate kostenneutral verlängert. Der Endbericht umfasst damit die Projektmonate 1 bis 14 (Mai 2020 bis Juni 2021). Im Rahmen der Projektlaufzeit konnten alle Arbeitspakete vollständig abgeschlossen werden. Im Folgenden werden die Projektergebnisse detailliert dargestellt.

### ARBEITSPAKET 1

<b>AP1</b>	<b>Erfassung und Analyse von Konzepten zur Energieversorgung von LEV-Sharing</b>
<b>Laufzeit</b>	05/2020 – 07/2020 (Ursprünglich Projektmonat 1-3)
<b>Problemstellung</b>	Es sind unterschiedliche Konzepte zur Energieversorgung von LEV-Sharing vorhanden, wie Batterielade- und -wechselstationen, die aber in Deutschland noch kaum Anwendung finden.
<b>Inhalte und Ziele</b>	<p>a) Marktanalyse und Recherche</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Erfassung bekannter Energieversorgungskonzepte für LEV-Sharing im urbanen Raum weltweit und von technischen Lösungen für die Batterieladeinfrastruktur</li> <li>Marktanalyse und Recherche zu möglichen Geschäftsmodellen</li> <li>Erprobung einzelner Energieversorgungskonzepte anhand von Demonstratoren</li> </ul> <p>b) Untersuchung des Potenzials der Blockchain-Technologie in Bezug auf Ladeinfrastruktur für LEV-Sharing</p>
<b>Meilenstein</b>	Überblick weltweiter Best-Practice Lösungen für die Energieversorgung von LEV-Sharing liegt vor. (M1)

#### a) Marktanalyse und Recherche

Die Energieversorgungskonzepte „Akkuwechselstation“ und „Off-Grid Ladestation“ wurden anhand von drei Demonstratoren auf dem Campus der Hochschule Bochum sowie dem Gelände der Stadtwerke Bochum in der Nähe des Bochumer Hauptbahnhofs erprobt (siehe AP 3 und 4). Die zusätzlich durchgeführte Marktanalyse definiert auf Grundlage bestehender Energieversorgungskonzepte verschiedener Sharingdienstleister eine Taxonomie und Grundbegriffe zur Energieversorgung von Sharingdiensten mit Light Electric Vehicles:

*Light Electric Vehicles* (LEVs) werden definiert als kleine, leichte Fahrzeuge mit einer Masse von weniger als 350 kg und einer zulassungsbedingten Maximalgeschwindigkeit von bis zu 45 km/h. Die Fahrzeuge werden elektrisch betrieben [1]. Sie benötigen Batteriekapazitäten von 0,4 kWh bis 10 kWh, was zu Reichweiten von 20-160 km führt [2]. Mikromobilität wird oft synonym verwendet und umfasst verschiedene Fahrzeugtypen im Bereich der Mikromobilität, wie z. B. elektrische Stehroller, die im Stehen gefahren werden, Elektrofahrräder, elektrische Mofas oder leichte vierrädrige Fahrzeuge [3].

*Sharing* oder *Shared Mobility* beschreibt "die gemeinsame Nutzung eines Fahrzeugs [...], die es den Nutzern ermöglicht, kurzfristig und je nach Bedarf auf andere Verkehrsträger zuzugreifen" [4]. Des Weiteren können Sharingsysteme in *stationsbasierte Systeme* (Fahrzeuge müssen nach der Nutzung wieder an einen festgelegten Ort zurückgebracht werden) und *Free-Float Systeme* (Nutzer können die Fahrzeuge überall im Geschäftsgebiet ausleihen und abstellen) unterschieden werden.

Die analysierten Energieversorgungssysteme wurden in nicht-nutzerinteragierende Konzepte (Akku- oder Fahrzeugtausch durch Sharingdienstbetreiber), sowie nutzerinteragierende Konzepte (Nutzer können selbst die Aufladung oder den Tausch des Akkus vornehmen) kategorisiert. Siehe dazu **Tabelle 1**:

Milkrun Fahrzeuge [5]–[9], [10]	
<b>Akteure</b>	Sharing-Dienstleister, z.B. VOI, Bird, Lime, TIER
<b>Ort</b>	Europa, Nord-/ Mittelamerika
LEVs werden mit Transportern mit unterschiedlichen Antriebssträngen eingesammelt, zentral geladen und wieder im Geschäftsgebiet verteilt.	
	
Milkrun Akkuwechsel [7], [11], [12]	
<b>Akteure</b>	Sharing-Dienstleister, z.B. Wind, TIER, BIRD
<b>Ort</b>	USA, Europa
Die Akkus der LEVs werden am Einsatzort durch Service-Mitarbeiter gewechselt. Die Akkus werden mit Kleintransportern transportiert.	
	
Milkrun Akkuwechsel (Lastenrad) [12], [13]	
<b>Akteure</b>	Sharing-Dienstleister, z.B. TIER
<b>Ort</b>	USA, Europa
Die Akkus der LEVs werden am Einsatzort durch Service-Mitarbeitende gewechselt. Die Akkus werden mit Lastenrädern transportiert.	
	
Akkuwechselstationen [14]–[17], [18]	
<b>Akteure</b>	– Infrastrukturhersteller, z.B. Swobbee, Sun Mobility, Gogoro – Sharing-Dienstleister, z.B. TIER, Jenaer Nahverkehr – Logistikdienste, z.B. Hermes, DPD
<b>Ort</b>	TWN, IN, DE
In netzgebundenen Stationen werden Akkus geladen und können durch berechnete Personen gegen entladene Akkus getauscht werden.	
	
Nutzer-Akkuwechsel-Netz [19], [20]	
<b>Akteure</b>	Sharing-Dienstleister, z.B. TIER
<b>Ort</b>	DE, SE, FR
Ein dezentrales Netz aus Ladestationen in Geschäften ermöglicht den Akkutauch durch Nutzer. Nutzer erhalten im Gegenzug Freiminuten.	
	
On-Grid Ladestationen [21], [22], [23]	
<b>Akteure</b>	Infrastrukturhersteller, z.B. Duckt, Swiftmile
<b>Ort</b>	USA, TUR, DE,
Die LEVs werden in netzgebundenen Ladestationen im Geschäftsgebiet abgestellt und über ein Kabel geladen.	
	
Off-Grid Ladestationen [17], [24]–[27], [28]	
<b>Akteure</b>	Infrastrukturhersteller, z.B. Gogoro, Sun Mobility, SunCrafter,
<b>Ort</b>	TWN, FR, DE
Die LEVs werden über eine unabhängig vom Stromnetz agierende Ladestation geladen. Meist sind diese solarbetrieben.	
	
Induktive Ladestationen [22], [29], [30], [31]	
<b>Akteure</b>	Infrastrukturhersteller, z.B. Intis, Magment
<b>Ort</b>	DE
Die LEVs werden in netzgebundenen Ladestationen im Geschäftsgebiet abgestellt und über eine Spule induktiv geladen.	
	

Tabelle 1: Tabellarischer Überblick weltweiter Best-Practice Lösungen für die Energieversorgung von LEV-Sharing

Im Anschluss wurden die erfassten Konzepte anhand von Indikatoren (AP2) wie Betriebskosten je Ladevorgang, Flottenverfügbarkeit, Außenwahrnehmung, Nutzeraufwand für Ladevorgang, öffentlicher Raumbedarf sowie Global Warming Potential bewertet. Die Ergebnisse des Vergleichs der verschiedenen Konzepte sind in **Abbildung 1** aufgeführt. Die Bewertung wurde zunächst auf Grundlage von Literaturanalysen und Experteneinschätzungen vorgenommen und anschließend im Zuge der Arbeitspakete 3, 4 und 5 durch Experteninterviews validiert.

Konzepte / KPIs		Betriebskosten je Ladevorgang	Flottenverfügbarkeit	Außenwahrnehmung	Nutzeraufwand für Ladevorgänge	Öffentlicher Raumbedarf	GWP* (CO <sub>2</sub> -Äquivalente)**	Durchschnitt
Nutzer nicht involviert	Milkrun mit Dieseltransporter - Fahrzeug wird ausgetauscht (Referenzfall)	1	4	1	10	10	1	3,86
	Milkrun mit E-Transporter - Fahrzeug wird ausgetauscht	2	4	3	10	10	4	4,71
	Milkrun mit E-Lastenrad - Akkuwechsel	3	10	10	10	10	10	7,57
	Milkrun mit Dieseltransporter - Akkuwechsel	5	10	4	10	10	6	6,43
	Milkrun mit E-Transporter - Akkuwechsel	6	10	6	10	10	8	7,14
Nutzer involviert	Akkuwechselstation	8	10	9	5	7	9	6,86
	On-Grid Ladestation	9	6	8	6	6	9	6,29
	Off-Grid Ladestation	8	6	10	6	5	8	6,14
	Induktive Ladestation	8	7	9	8	6	7	6,43
	Dezentrales Tauschakunetz	10	10	7	4	10	10	7,29

**Legende:**

1.	Ineffizient = 1
2.	Neutral = 5,5
3.	Effizient = 10

\*Global Warming Potential  
 \*\*CO<sub>2</sub>-Äquivalente aus der Produktion der Infrastruktur / Sharingfahrzeug-km & Servicefahrten: Servicefahrzeug-km / Sharingfahrzeug-km)

Abbildung 1: Vergleich und Bewertung verschiedener Energieversorgungskonzepte

Aus den Ergebnissen des ersten Arbeitspaketes können erste Merkmale eines nachhaltigen Energieversorgungskonzepts für LEVs abgeleitet werden. Aus ökologischer Perspektive sind induktive Ladestationen, Off-Grid Ladestationen und Akkuwechselstationen vielversprechende Lösungen. Um den Nutzeraufwand gering zu halten, sollte die Netzdichte der Stationen im Kerngeschäftsbereich hoch sein. Die Fahrzeuge können im Free-Float abgestellt werden. Nutzer, die Fahrzeuge mit annähernd leerem bzw. niedrigen Akkuzustand an einer Ladestation abstellen, erhalten einen Bonus. In Randgebieten mit geringerer Verfügbarkeit von Ladestationen kann ein Milkrun-Konzept mit E-Lastenrädern umgesetzt werden. An Zeitpunkten und Orten mit besonders hoher Nachfrage kann der Akkuwechsel bzw. die Ladung ergänzend durch einen Milkrun mit einem Elektrotransporter durchgeführt werden. Insgesamt gilt es allerdings zu beachten, dass die Nutzung von Sharing-LEVs erst dann wirksam umwelt- und klimaverträglich ist, wenn die Nutzung zum Beispiel Fahrten mit dem Auto ersetzt. Außerdem sollte die Energie für den Betrieb der Sharing- und der Service-Flotte verlässlich aus erneuerbaren Quellen stammen. Somit werden Prämissen für eine nachhaltige Mobilität erfüllt.

## b) Use-Case für die Blockchain-Technologie in der Energieversorgung von LEV-Sharingdiensten

Bezüglich der Möglichkeiten der Blockchain-Technologie wurden im Arbeitspaket unterschiedliche Use-Cases ermittelt. Die Verwendung der Technologie im Rahmen von Sharingkonzepten kann kontrollierbare Datenflüsse herstellen, durch Verschlüsselung personenbezogene Daten schützen, Peer-to-Peer-Stromhandel im Ladestationsmanagement ermöglichen oder Anbieter im Mobilitätsmanagement zusammenführen. Eine Herausforderung stellen in diesem Kontext rechtliche Einschränkungen dar, welche die Technologie in ihrer Potentialentfaltung hemmen können [32].

### ARBEITSPAKET 2

AP2	Ermittlung von Kriterien zur Erfassung der sozialen Akzeptanz für und Nachhaltigkeit von LEVs, Sharing und Energy-as-a-Service
Laufzeit	05/2020 – 08/2020 (Ursprünglich Projektmonat 1-6)
Problemstellung	Beim Vergleich unterschiedlicher Produkte und Dienstleistungen stehen Stakeholder oft vor der Herausforderung nachhaltige Konzepte zu identifizieren. Auch Mobilitäts- und Energieversorgungskonzepte gilt es auf Grundlage von einheitlichen Nachhaltigkeitskriterien zu bewerten. Die Verbreitung neuartiger Konzepte ist außerdem abhängig von der Nutzerakzeptanz. Auch hier müssen Kriterien zur Erfassung der sozialen Akzeptanz definiert werden.
Inhalte und Ziele	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Literaturrecherche zu möglichen Nachhaltigkeits- und Akzeptanzkriterien</li> <li>• Auswahl der Kriterien entsprechend des Untersuchungsgegenstands „LEVs, Sharing und Energy-as-a-Service“</li> <li>• Festlegung der notwendigen Daten zur Erfassung der Kriterien</li> </ul>
Meilenstein	Kriterienkatalog für soziale Akzeptanz und Nachhaltigkeit ist erstellt. (M2)

Im Rahmen einer Literaturrecherche wurden innerhalb der Nachhaltigkeitsdimensionen „Sozial“, „Ökologisch“ und „Ökonomisch“ relevante Kategorien für die Bewertung von LEVs, Sharing- und Energy-as-a-Service-Systemen ermittelt. Dazu zählen z.B. die Zugänglichkeit und Erreichbarkeit, Sicherheit, Betriebskosten oder Global Warming Potential. Darüber hinaus wurden für die einzelnen Kategorien unterschiedliche Indikatoren entwickelt, denen Messgrößen zugeordnet wurden. Die Indikatoren sind zur Bewertung eines Sharing-Dienstes mit einem Betreiber innerhalb einer Stadt (Systemgrenzen) geeignet. Eine Übersicht zu den identifizierten Kriterien gibt Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.. Eine detaillierte Darstellung der Kriterien befindet sich im Anhang. Die im Arbeitspaket 2 entwickelten Kriterien für soziale Akzeptanz und Nachhaltigkeit stellen eine Grundlage für weitere Forschungsarbeiten in den Arbeitspaketen des Projekts dar.

Tabelle 2: Kriterien zur Erfassung der sozialen Akzeptanz und Nachhaltigkeit von LEVs, Sharing und Energy-as-a-Service.

	Kategorie	Indikator
Sozial	Zugänglichkeit & Erreichbarkeit	Anzahl der Ladestationen
		Anzahl der Nutzenden
		Fahrzeugdichte
		Art des Geschäftsgebietes
	Nutzeraufwand Fahrzeug	Handhabung des Sharing-Fahrzeugs
		Fahrkomfort

	Nutzaufwand Ladevorgang	Handhabung der Ladeinfrastruktur
		Zeitaufwand
		Streckenaufwand
	Sicherheit	Unfälle und Verletzte
		Bezahlbarkeit
	Bezahlbarkeit der Fahrt	
	Flächeninanspruchnahme	Flächeninanspruchnahme
		Flächeneffizienz
		Intermodalität
	Außenwahrnehmung	Kundenservice
Optischer Eindruck		
Nachhaltigkeit		
Lärmbelästigung	Durchschnittliche Lärmemissionen	
Ökologisch	Luftqualität	Emissionsintensität NO <sub>x</sub>
		Emissionsintensität PM10
		Emissionsintensität PM2,5
		Emissionsintensität SO <sub>2</sub>
	Global Warming Potential	Treibhausgasemissionen (THG) Sharing-Fahrzeug
		Treibhausgasemissionen Ladeinfrastruktur
		Treibhausgasemissionen Service-Fahrzeug
	Primary Energy demand	Nicht-erneuerbarer Primärenergiebedarf (PED) Sharing-Fahrzeug
		PED Ladeinfrastruktur
		PED Service-Fahrzeug
Ökonomisch	Betriebskosten Ladevorgang	Personalkosten
		Infrastrukturkosten
		Mietkosten
		Strom-/ Treibstoffkosten Sharing-Fahrzeug
		Strom-/ Treibstoffkosten Service-Fahrzeug
		Wartungskosten
	Flottenverfügbarkeit	Anteil Zeitaufwand Ladevorgang an Betriebszeit

### ARBEITSPAKET 3

AP3	Ermittlung von Kriterien zur Erfassung der sozialen Akzeptanz für und Nachhaltigkeit von LEVs, Sharing und Energy-as-a-Service
Laufzeit	07/2020 – 06/2021 (Ursprünglich Projektmonat 4-9)
Problemstellung	Off-Grid Solarstationen haben großes Potenzial zur nachhaltigen Energieversorgung von Mikromobilität. Für Fahrzeuge mit größerer Batteriekapazität sind Off-Grid Solarstationen bisher nicht geeignet. Deshalb ist bisher nicht erforscht, ob sich Off-Grid Stationen zur Energieversorgung von Fahrzeugen wie Elektromotorrollern eignen, wie hoch die soziale Akzeptanz für diese Stationen ist und wie Nutzungsmuster aussehen könnten
Inhalte und Ziele	<p>a) Untersuchung modular aufgebauter Off-Grid Solarstationen am Demonstrator</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Anbindung der Solarstation an Mobility Hubs</li> <li>Wie hoch ist der Anteil des verwendeten Stroms gegenüber dem produzierten Strom?</li> <li>Ist die von der Solarstation produzierte Energiemenge für zusätzliche Anwendungen wie W-LAN, Beleuchtung, Smartphone-/ Laptoplading ausreichend?</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Wie häufig werden die Ladepunkte angefahren?</li> </ul> <p>b) Nutzergruppen und Soziale Akzeptanz</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Befragung und Interviews zu Nutzungsmustern und sozialer Akzeptanz</li> <li>• Wie werden die Ladepunkte genutzt? Welche Nutzergruppen gibt es?</li> <li>• Bewertung der sozialen Akzeptanz der Solarstation anhand der Kriterien aus AP2</li> </ul> <p>c) Life Cycle Assessment der Off-Grid Solarstation</p>
<b>Meilenstein</b>	Bewertung eines neuartigen Energieversorgungskonzepts in Form einer modularen Off-Grid Solarstation ist erstellt. (M3)

a) Untersuchung modular aufgebauter Off-Grid Solarstationen am Demonstrator

Zum Stand 31.12.2020 konnte eine bestehende Solarladestation auf dem Gelände der Hochschule Bochum sowie ein Elektromotorroller und Batterien als Demonstratoren hinsichtlich der Menge des produzierten Stroms sowie der Umweltwirkungen analysiert werden.

Zur Untersuchung der produzierten Energiemengen sind die bisher gesammelten Daten noch nicht empirisch aussagefähig. Die über Datenlogger erhobenen Daten wurden deshalb durch die Analyse von verfügbaren Solareinstrahlungsdaten ergänzt und extrapoliert. Durch geringe Nutzung sind die Batterien der Off-Grid Solarstation meistens vollständig aufgeladen, wodurch verfügbare Solarenergie nicht genutzt wird. Auch durch die Temperaturabschaltung bei Kälte bleibt Potential ungenutzt, weshalb eine Batterieheizung bzgl. ihrer energetischen Leistung erforscht werden soll. Deshalb wurde auch der Eigenverbrauch und die Effizienz der Anlage näher analysiert. Als Ergebnis lässt sich festhalten, dass vor allem der Standby-Verbrauch des DC/AC Wechselrichters die zur Verfügung stehende Nutzenergie stark reduziert. Die ist insbesondere in den sonnenarmen Monaten November bis Februar bzw. nach längeren Perioden mit starker Bewölkung problematisch. Um diese Verluste zu minimieren wurde die Entwicklung und Erprobung eines DC/DC-Ladekonzeptes für eine Solarladestation zur Energieversorgung von LEVs im Sharingbetrieb im Rahmen einer Abschlussarbeit untersucht. Durch die Verwendung des Gleichspannungswandlers konnte der Standby-Verbrauch enorm gesenkt werden, sodass die von der Solarstation produzierte Energiemenge für zusätzliche Anwendungen wie W-LAN, Beleuchtung, Smartphone-/Laptopladung auch während sonnenarmer Monate ausreichend ist.

Als weiterer Aspekt zur Optimierung der Solarstation ist die Häufigkeit und vor allem der Zeitpunkt der Anfahrt der Ladepunkte relevant. Die Effizienz steigt stark, wenn die Nutzer die Ladepunkte während Zeiten hoher Sonneneinstrahlung anfahren, da hierbei keine Verluste durch eine Zwischenspeicherung in der Batterie auftreten. Um die Nutzer zu incentivieren die Stationen zu günstigen Zeitpunkten anzufahren, wurde ein Token-basiertes System entwickelt, das einen entsprechenden Algorithmus in Verbindung mit einer Blockchain-basierten Software-Architektur nutzt [2].

b) Soziale Akzeptanz für Off-Grid Solarstationen

Es ist zielführend die soziale Akzeptanz für Off-Grid Solarladestationen im Vergleich mit Akkuwechselstationen zu bewerten. Die Ergebnisse dieses Arbeitspaket sind deshalb unter Arbeitspaket 4b) dargestellt.

### c) Life Cycle Assessment der Off-Grid Solarstation

Zur Bewertung der Umweltwirkung der modularen Off-Grid Solarstation wurde eine Lebenszyklusanalyse durchgeführt. Diese zeigt, dass die Umweltwirkung der Energieversorgung von LEV-Sharingdiensten durch den Einsatz von Solarladestationen gegenüber dem Akkuwechsel mit Dieseltransportern um 73 – 88 % reduziert werden kann, abhängig von Standort und Nutzungsgrad. Die Ergebnisse wurden als Publikation im Rahmen der Konferenz „E-TEMS IEEE European Technology and Engineering Management Summit 2021“ eingereicht und veröffentlicht. **Abbildung 2** zeigt ein Ergebnis der Publikation.

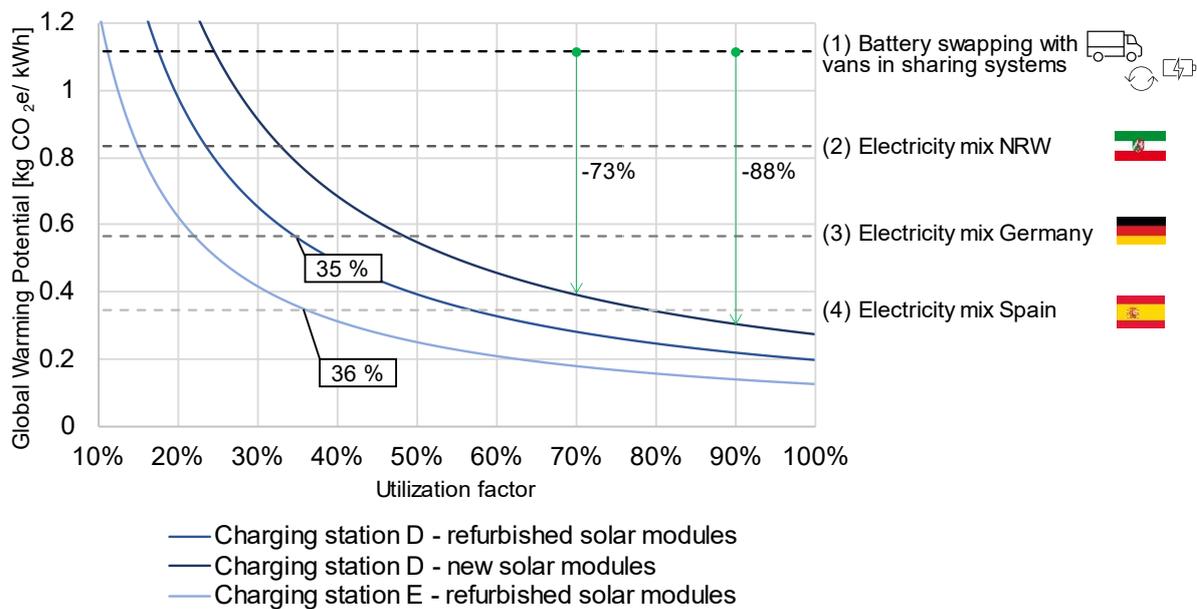


Abbildung 2: Break-even-Point des von der Solarladestation produzierten Stroms für verschiedene Benutzungsraten, Standorte und Solarmodule im Vergleich zu (1) GWP des Batterietausches mit Transportern in E-Scooter-Sharing-Systemen, (2) GWP des Strommixes in Nordrhein-Westfalen, (3) GWP des deutschen Strommixes und (4) GWP des spanischen Strommixes

### ARBEITSPAKET 4

AP4	Erprobung und Erforschung von Batterielade- und wechselstationen
Laufzeit	08/2020 – 06/2021 (Ursprünglich Projektmonat 4-9)
Problemstellung	Batteriewechsel- und Ladestationen haben ein großes Potenzial zur nachhaltigen Energieversorgung von Mikromobilität. Sie ermöglichen ein einfaches Tauschen der Batterien auch durch Laien. Bisher werden die Stationen in Deutschland nicht durch Nutzer von Sharingdiensten genutzt. Die Stationen sind folglich für diesen Einsatz nicht erprobt. Außerdem steht eine wissenschaftliche Untersuchung der Umweltwirkung und der sozialen Akzeptanz aus.
Inhalte und Ziele	<p>a) Untersuchung von Batterielade- und wechselstationen am Demonstrator</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Platzierung einer Station im Bochumer Stadtgebiet in Kooperation mit Partnerunternehmen (z.B. Energieversorgungsunternehmen)</li> <li>• Wie viele Batterielade- und -wechselstationen sind notwendig?</li> <li>• Welche weiteren Fahrzeuge und Batterietypen lassen sich sinnvoll in die Stationen einbinden?</li> </ul> <p>b) Soziale Akzeptanz für Batterielade- und wechselstationen</p>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sind Sharingnutzer bereit Batterien selbstständig an der Station zu tauschen? Welche Anreize sind nötig?</li> <li>• Befragung und Interviews zu Nutzungsmustern und sozialer Akzeptanz</li> <li>• Bewertung der sozialen Akzeptanz der Batterielade- und -wechselstation anhand der Kriterien aus AP2</li> </ul> <p>c) Bewertung der Umweltwirkung der Batterielade- und -wechselstation anhand der Kriterien aus AP2</p>
<b>Meilenstein</b>	Erprobung und Bewertung eines neuartigen Energieversorgungskonzepts in Form einer Batterielade- und -wechselstation ist erfolgt. (M4)

a) Untersuchung von Batterielade- und wechselstationen am Demonstrator

Im Arbeitspaket 4 wurde eine Batteriewechselstation in Kooperation mit den Stadtwerken Bochum errichtet. Ziel war die Erprobung und Bearbeitung wissenschaftlicher Fragestellungen im Reallabor. **Abbildung 3** zeigt die Station am Standort der Stadtwerke Bochum, zusätzlich wird der Standort einer weiteren Batteriewechselstation am Campus der Hochschule Bochum gezeigt.



Abbildung 3: Batterielade- und -wechselstation am Standort der Stadtwerke Bochum; Standorte der beiden Batterielade- und -wechselstationen [34]

b) Soziale Akzeptanz für Batterielade- und wechselstationen sowie Solarladestationen

Das Arbeitspaket bearbeitet Fragestellungen zu Nutzungsmustern und zur sozialen Akzeptanz von Ladeinfrastruktur, z.B. ob Sharingnutzer bereit sind Batterien selbstständig an der Station zu tauschen und welche Anreize dazu nötig sind. Zur Analyse wurde ein Fragebogen zur Befragung von Nutzern von Sharingdiensten zu ihren Einstellungen gegenüber Akkuwechselstationen, Solarladestationen und kabellosen Ladelösungen entwickelt. Es war geplant die Befragung direkt am Beispiel der verfügbaren Demonstratoren durchzuführen. Aufgrund der pandemiebedingten Situation musste diese digital umgesetzt werden. Als Ersatz wurden Videos und Bilder der Ladeinfrastruktur in den Fragebogen eingebunden. Die Befragung wurde im Erhebungszeitraum zwischen dem 09.03.2021 und 11.05.2021 durchgeführt. Insgesamt haben 101 Personen den Fragebogen ausgefüllt.

Die Ergebnisse zeigen, dass insbesondere bestehende Nutzer von Sharingdiensten bereit sind Solarladestationen zu nutzen, während Nicht-Nutzer eine höhere Bereitschaft zeigen, Akkuwechselstationen zu nutzen (Vgl. **Abbildung 4**).

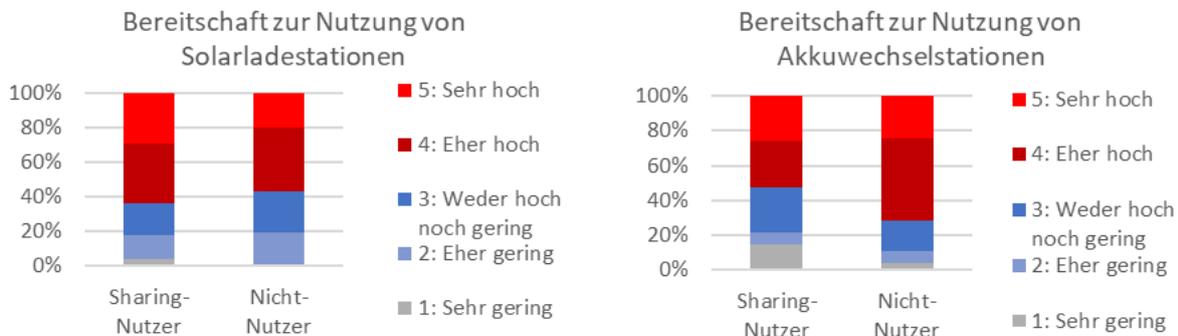


Abbildung 4: Bereitschaft zur Nutzung von Ladeinfrastruktur in Abhängigkeit von der bisherigen Nutzung von Sharingdiensten

Die Befragten bewerten den optischen Eindruck von Solarladestationen und Akkuwechselstationen zu über 50% als positiv (vgl. **Abbildung 5**). Die Handhabung wird zu über 60% als einfach bewertet. Die positivere Wahrnehmung wirkt sich allerdings kaum auf die Bereitschaft zur Nutzung aus: Die Befragten geben zu jeweils rund 60% an, dass sie bereit wären eine Solarladestation oder eine Akkuwechselstation zu nutzen. Die Handhabung von kabellosen Ladelösungen wird hingegen von über 90% der Befragten als einfach bewertet. Dementsprechend sind ein höherer Anteil von über 80% der Befragten bereit kabellose Ladelösungen zu nutzen.

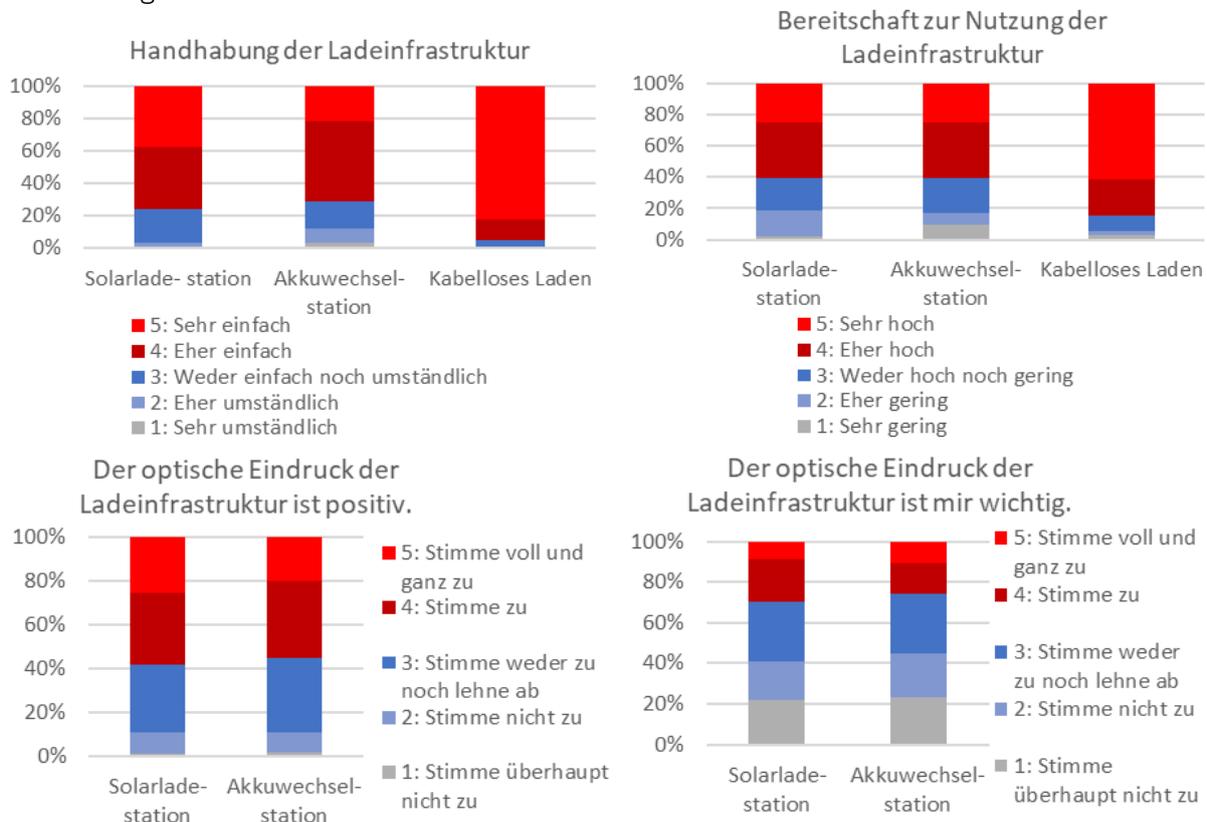


Abbildung 5: Ausgewählte Ergebnisse der Nutzerbefragung zur Sozialen Akzeptanz und Wahrnehmung von Ladeinfrastruktur.

c) Bewertung der Umweltwirkung der Batterielade- und -wechselstation anhand der Kriterien aus AP 2

Bis Dezember 2020 konnte die Bewertung der Umweltwirkung der Batterielade- und -wechselstation sowie die Analyse der Fragestellung der optimalen Anzahl von Stationen abgeschlossen werden. Dazu wurde zunächst eine Lebenszyklusanalyse zu E-Tretrollern und -Motorrollern sowie zu den Batterielade- und -wechselstationen auf Produktebene durchgeführt. Diese Ergebnisse wurden dann zu einer Analyse des gesamten Dienstleistungssystems Sharingdienst zusammengeführt, die den gesamten Lebenszyklus von Produktion (von Fahrzeugen und Ladeinfrastruktur) über Transport (der Fahrzeuge und Ladeinfrastruktur zum Einsatzort) und Nutzung (Stromverbrauch der Fahrzeuge, Service-Fahrten zum Batteriewechsel und Relokalisation) bis zur Entsorgung berücksichtigt. Die Ergebnisse sind **Abbildung 6** zu entnehmen. Die Ergebnisse zeigen, dass die Umweltwirkung der Energieversorgung von LEV-Sharingdiensten durch den Einsatz von Akkuwechselstationen gegenüber dem Akkuwechsel mit Dieseltransportern um rund 75% (S1 vs. S3 bzw. S4 vs. S7) reduziert werden kann.

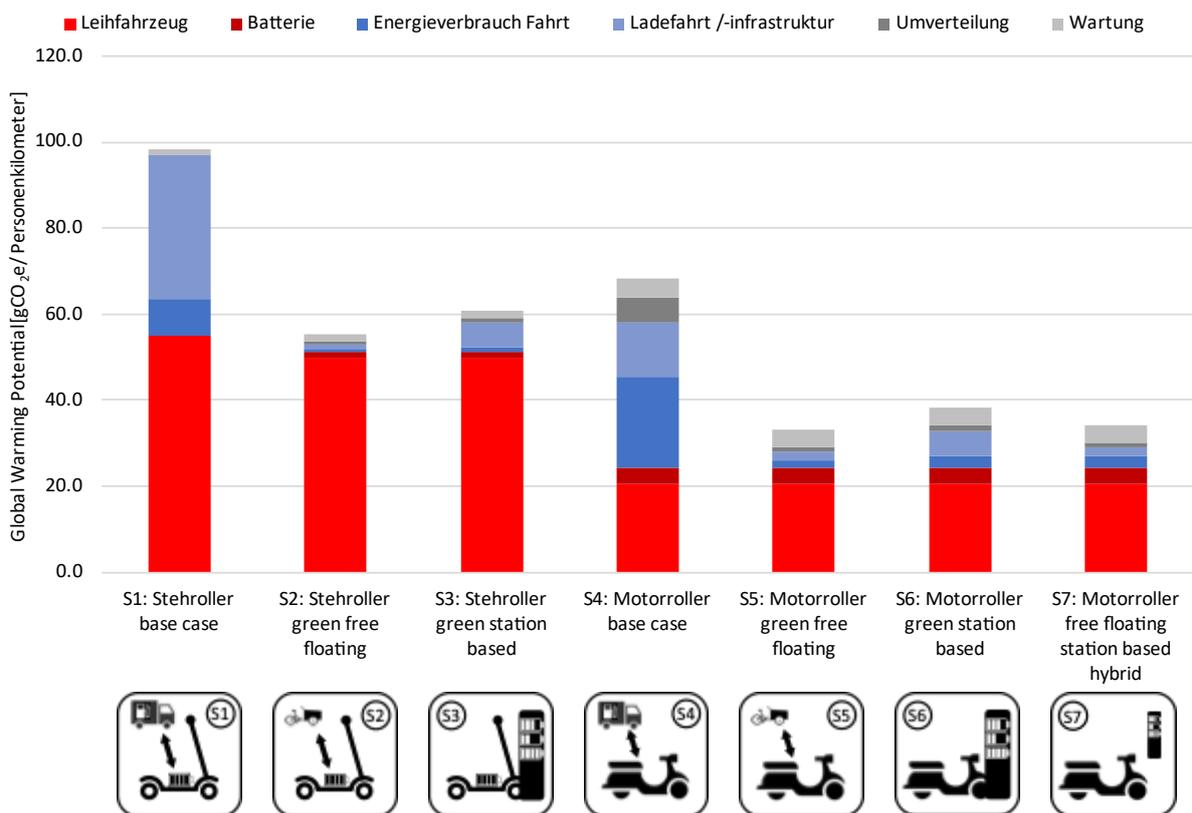


Abbildung 6: Treibhauspotenzial von Sharingdiensten mit E-Tretrollern (S1-3) bzw. E-Motorrollern (S4-7) unter Berücksichtigung unterschiedlicher Energieversorgungskonzepte

Teilergebnisse der Analyse wurden im Rahmen der Konferenz CIRPe im Oktober 2020 veröffentlicht [35]. Darüber hinaus ist eine weitere Veröffentlichung der Forschungsergebnisse auf der LCM-Konferenz (International Conference on Life Cycle Management: <https://www.lcm2021.org/>) im Rahmen des Nachfolgeprojekts SciSusMob (Smart City Sustainable Mobility, FKZ: 13FH01731A) derzeit im Veröffentlichungsprozess. Im Rahmen dieser Analyse wurde zudem in Abstimmung mit Sharinganbietern und Dienstleistern eine Methodik entwickelt, mit der es möglich ist, die Nutzungsintensität und

die darauf basierend benötigte Anzahl von Batterielade- und -wechselstationen innerhalb eines bestimmten Geschäftsgebietes zu bestimmen. So sind für das Geschäftsgebiet Bochum bei einem stationsbasierten Sharing 58 Batterielade- und -wechselstationen und für ein Free-Float Sharingsystem 22 Batterielade- und -wechselstationen notwendig. In diese Stationen sinnvoll einbinden lassen sich derzeit Akkus von E-Bikes, E-Lastenrädern, E-Tretrollern und E-Motorrollern. Aufgrund fehlender Standards sind jedoch hierzu derzeit kaum Synergien am Markt verfügbar. So setzen derzeit einzig die Anbieter Lime und Tier auf interkompatible Akkus bei E-Bikes und E-Tretrollern.

**ARBEITSPAKET 5**

<b>AP5</b>	Definition von Anforderungen an ein Geschäftsmodell für die nachhaltige Energieversorgung von LEV-Sharing
<b>Laufzeit</b>	10/2020 – 06/2021 (Ursprünglich Projektmonat 4-9)
<b>Problemstellung</b>	Die Konzepte zur Energieversorgung von LEV-Sharing sollten sowohl Nachhaltigkeits- als auch Akzeptanzkriterien erfüllen. Bisher ist offen, welche technischen Komponenten die Konzepte enthalten sollten und welche Anforderungen Nutzer an sie stellen.
<b>Inhalte und Ziele</b>	Befragungen von Nutzergruppen, Herstellern und Dienstleistern zur Erfassung von a) Betriebswirtschaftliche Anforderungen, z.B. Kriterien zur Standortwahl b) Technische Anforderungen, z.B. Softwarelösungen, Einbindung erneuerbarer Energieversorgung c) Nutzeranforderungen
<b>Meilenstein</b>	Technischer Anforderungskatalog an Energieversorgungskonzepte für LEV-Sharing als Grundlage für die Entwicklung von Geschäftsmodellen liegt vor. (M5)

Arbeitspaket 5 hat zum Ziel Nutzergruppen und deren spezifische Anforderungen an LEVs, Mobilitäts- und Energiedienstleistungen zu beschreiben sowie einen technischen Anforderungskatalog an Energieversorgungskonzepte für LEV-Sharing als Grundlage für die Entwicklung von Geschäftsmodellen zu erarbeiten. Dazu ist die Befragung von Nutzergruppen, Herstellern und Dienstleistern vorgesehenen.

**a) Betriebswirtschaftliche Anforderungen**

Anforderungen zur Standortwahl und der Dimensionierung der Batterielade und -wechselstationen und Solarladestationen wurde in [5] anhand von Interviews und Fragebögen erfasst, sie dienen als Grundlage für die in AP3 und AP4 erzielten Ergebnisse.

**b) Technische Anforderungen**

Die technische Anforderung zur Einbindung erneuerbarer Energien wurde für den Use Case Solarladestation in den Studien [35]–[38] detailliert dargestellt. Die Grundlage für die dafür notwendige Softwarelösung wurde in [35] hergeleitet. Im Laufe des Projektes konnten weitere Softwareanforderungen z.B. für die Auswertung der Datenlogger, der Schnittstellen der Fahrzeuge und der Batteriewechselstation entwickelt werden.

**c) Nutzeranforderungen**

Die Ergebnisse zu Nutzeranforderungen an die Ladeinfrastruktur beruhen auf der durchgeführten Nutzerbefragung (siehe Arbeitspaket 4b). Bei der Definition der Anforderungen ist zu berücksichtigen, dass 97% der Befragten angeben, Sharing-Angebote zu Freizeitwecken zu nutzen, nur etwa 20% zum Einkaufen oder für den Weg zur Arbeit. Die Befragten geben an, dass sie Sharingdienste insbesondere wegen ihrer hohen Flexibilität und

aus Gründen des Umweltschutzes nutzen. Eine Kostenersparnis gegenüber anderen Verkehrsmitteln und Fahrspaß sind weniger relevante Faktoren. Sharingdienste werden nicht genutzt, wenn eigene Fahrzeuge vorhanden sind und wenn sie als zu kompliziert wahrgenommen werden (Vgl. **Abbildung 7**).

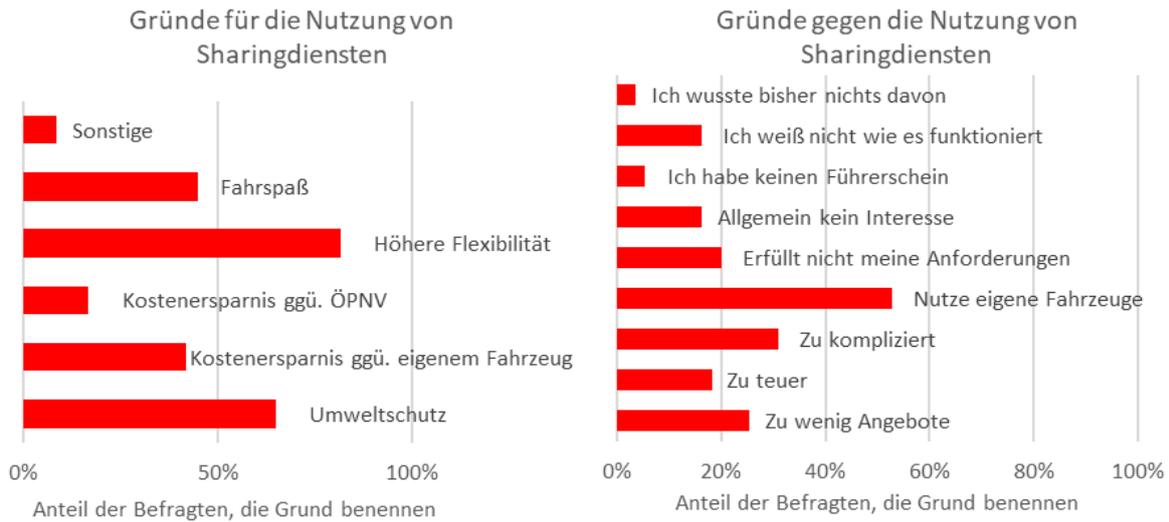


Abbildung 7: Gründe aus denen Sharingdienste genutzt oder nicht genutzt werden

In Bezug auf Ladeinfrastruktur gaben die Befragten an, dass Faktoren wie die Nachhaltigkeit der Ladeinfrastruktur und die Verfügbarkeit von Informationen darüber sowie die Offenheit gegenüber weiteren Verkehrsmitteln die Bereitschaft zur Nutzung positiv beeinflussen. Weitere relevante Faktoren sind die Verfügbarkeit geladener Fahrzeuge an der Ladestation zur Weiterfahrt, die Sichtbarkeit der Stationen und eine Überdachung (Vgl. **Abbildung 8**).

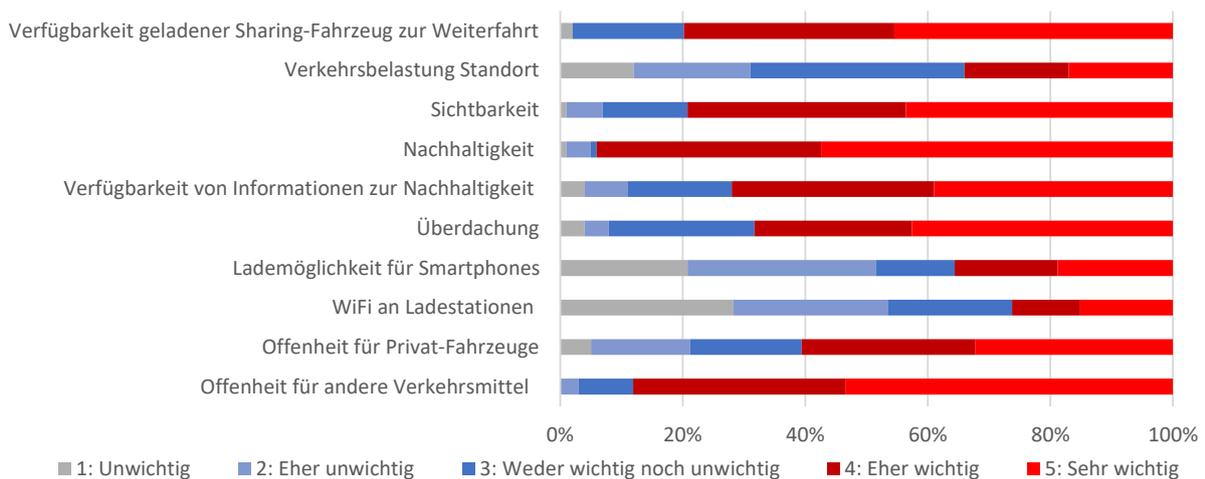


Abbildung 8: Relevanz von Einflussfaktoren auf die Akzeptanz für Ladekonzepte für LEVs

Ein weiterer Faktor, der die soziale Akzeptanz für Energieversorgungskonzepte beeinflusst, ist der zusätzliche Nutzeraufwand zum Abstellen des Fahrzeugs an der Ladestation. Der Großteil der Befragten ist bereit eine zusätzliche Wegstrecke zum Zielort von 0 – 250 m in Kauf zu nehmen. Der Zeitaufwand für einen Ladevorgang sollte nicht länger als zwei Minuten dauern (Vgl. **Abbildung 9**).

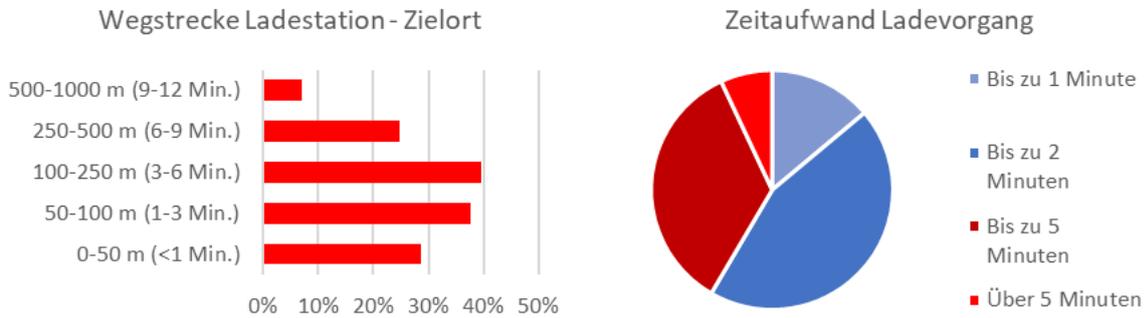


Abbildung 9: Anteil der Nutzer mit Bereitschaft für einen zusätzlichen Nutzeraufwand für einen Ladevorgang in Bezug auf Wegstrecke und Zeit

Eine mögliche Maßnahme die Bereitschaft des Nutzers zur Nutzung von Ladeinfrastruktur zu steigern, ist das Gewähren von Rabatten auf die Sharing-Fahrt, z.B. in Form von Freiminuten. Für rund 40-50% der Befragten erscheint ein Rabatt von 10-20% angemessen. 59% der Befragten geben an, dass sie für eine größere Belohnung auch aufwendigere Lademöglichkeiten nutzen würden (vgl. **Abbildung 10**).

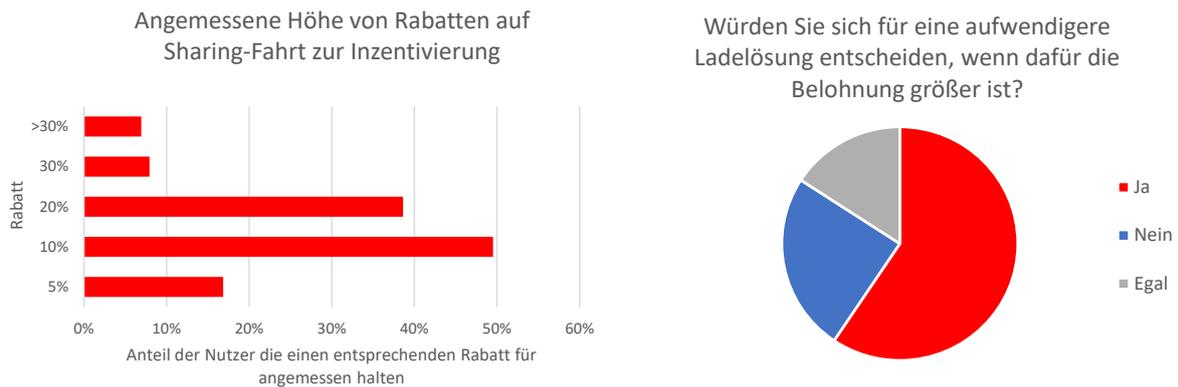


Abbildung 10: Einfluss von Inzentivierungsmaßnahmen auf die Bereitschaft des Nutzers zur Nutzung von Ladeinfrastruktur

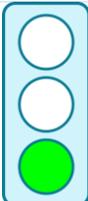
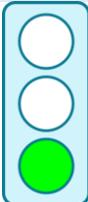
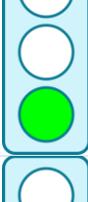
**ARBEITSPAKET 6**

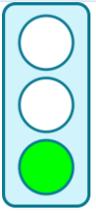
<b>AP6</b>	Netzwerkaufbau aus relevanten Akteuren, wie Mobilitäts- und Energiedienstleister, Öffentlichkeitsarbeit und Publikationen
<b>Laufzeit</b>	07/2020 – 06/2021 (Ursprünglich Projektmonat 4-9)
<b>Problemstellung</b>	Gerade im Ruhrgebiet finden neue Konzepte und Geschäftsmodelle im Bereich von Energie- und Mobilitätsdienstleistungen wenig Anwendung. Das Ruhrgebiet ist historisch bedingt eher vom privaten Autoverkehr und fossiler Energieversorgung geprägt.
<b>Inhalte und Ziele</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Aufbau eines starken Netzwerks aus relevanten Akteuren, um das Ruhrgebiet als Vorreiter für nachhaltige Energie- und Mobilitätsdienstleistungen zu positionieren.</li> <li>b) Besuch von Messen zum Kontaktaufbau zu Akteuren und zur Identifizierung von relevanten Energieversorgungskonzepten</li> <li>c) Veranstaltung von themenspezifischen Workshops und Symposien zum Netzwerkaufbau und Identifizierung von Synergieeffekten</li> <li>d) Veröffentlichung zu den Ergebnissen der Arbeitspakete</li> </ul>

	e) Präsentation auf Konferenzen
<b>Meilenstein</b>	Akteursworkshop wurde durchgeführt, mögliche Partner sind identifiziert. (M6)

Ergebnisse siehe Kapitel „Publikationen und Veranstaltungen“ bzw. „Veranstaltungen“

## II. VERWENDUNG DER ZUWENDUNG UND GEGENÜBERSTELLUNG MIT DEN VORGEGEBENEN ZIELEN

AP	Beschreibung	Ergebnis	Beschreibung des Ergebnisses
1	Erfassung und Analyse von Konzepten zur Energieversorgung von LEV-Sharing		Alle inhaltlichen Ziele dieses Arbeitspaketes wurden erreicht. <b>Abweichungen:</b> Im Rahmen des Arbeitspakets war eine einwöchige Reise nach Taiwan geplant, um Energieversorgungskonzepte zu untersuchen, die dort bereits Anwendung finden. Dies war aufgrund der pandemiebedingten Reisebeschränkungen nicht möglich.
2	Ermittlung von Kriterien zur Erfassung der sozialen Akzeptanz für und Nachhaltigkeit von LEV, Sharing und Energy-as-a-Service		Alle inhaltlichen Ziele dieses Arbeitspaketes wurden erreicht.
3	Erprobung und Erforschung von modularen Off-Grid Solarstationen		Alle inhaltlichen Ziele dieses Arbeitspaketes wurden erreicht. <b>Abweichungen:</b> Pandemiebedingt hat sich der Abschluss dieses Arbeitspaketes um zwei Monate verschoben
4	Erprobung und Erforschung von Batterielade- und -wechselstationen		Alle inhaltlichen Ziele dieses Arbeitspaketes wurden erreicht. <b>Abweichungen:</b> Pandemiebedingt hat sich der Abschluss dieses Arbeitspaketes um zwei Monate verschoben
5	Definition von Anforderungen an ein Geschäftsmodell für die nachhaltige Energieversorgung von LEV-Sharing		Alle inhaltlichen Ziele dieses Arbeitspaketes wurden erreicht. <b>Abweichungen:</b> Pandemiebedingt hat sich der Abschluss dieses Arbeitspaketes um vier Monate verschoben

6	Netzwerkaufbau aus relevanten Akteuren, wie Mobilitäts- und Energiedienstleister, Öffentlichkeitsarbeit und Publikationen		<p>Alle inhaltlichen Ziele dieses Arbeitspaketes wurden erreicht.</p> <p><b>Abweichungen:</b> Der Besuch von Messen und die Durchführung von themenspezifischen Workshops und Symposien zum Netzwerkaufbau und Identifizierung von Synergieeffekten musste pandemiebedingt größtenteils digital geschehen. Ebenfalls hat sich der Abschluss dieses Arbeitspaketes um vier Monate verschoben.</p>
---	---	---	--

### KURZFASSUNG DES ZAHLENMÄßIGEN NACHWEISES

Personalmittel wurden wie geplant für die Beschäftigung eines Wissenschaftlichen Mitarbeiters in der Entgeltgruppe 13 von Mai 2020 bis April 2021 über insgesamt 10 Personenmonate verausgabt. Es wurden zwei Wissenschaftliche Hilfskräfte über 6 Monate bzw. 4 Monate beschäftigt sowie eine Studentische Hilfskraft über 10 Monate. In Pos. 0831 wurden ein Laptop zur Durchführung von Datenerhebungen und -analysen sowie ein Ladegerät für das Demonstratorfahrzeug beschafft. In Pos. 0843 fielen aufgrund des digitalen Formats keine Ausgaben für die Durchführung des Akteursworkshops an. Die in dieser Position geplanten Ausgaben für zwei Smartphones zur Datenanalyse fielen entsprechend ihres Wertes in der Pos. 0843 sowie 0850 an. In Pos. 0843 fielen zusätzlich Ausgaben für die Publikation von Ergebnissen im Journal „Sustainability“ (Vgl. AP6) sowie Telemetriegebühren für die Datenübertragung des Demonstratorfahrzeugs an. Die Kosten zur Versicherung des Fahrzeugs wurden der Pos. 0846 zugeordnet. In Pos. 0846 entfielen wegen der pandemiebedingten Reisebeschränkungen die Ausgaben für eine Reise nach Taiwan, welche durch digitale Recherchen ersetzt wurde. Wie geplant wurden Mittel für die Teilnahme an einer physischen sowie zwei digitalen Konferenzen verausgabt (Vgl. AP6). In Pos. 0850 wurden wie geplant Mittel für vier Akkus, einen Elektroroller, eine Batteriewechselstation sowie eine Sharing-Software verausgabt, um anhand dieser Demonstratoren Energieversorgungskonzepte für LEV-Sharing zu erproben. Zusätzlich fielen Ausgaben für ein Smartphone an, das ursprünglich der Pos. 0831 zugeordnet war. Diese Verschiebung wurde kostenneutral realisiert, da die E-Stehroller für die Durchführung von Lebenszyklusanalysen kostenfrei zur Verfügung gestellt wurden.

Position	Entstandene Ausgaben	Gesamtfinanzierungsplan
0812 Beschäftigte Entgeltgruppe 12-15	57.432,13	58.050,00
0822 Beschäftigungsentgelte	14.627,62	14.321,00
0831 Gegenstände < 800 €	1.033,92	995,66
0843 Sonstige Allgemeine Verwaltungsausgaben	3.222,68	3.950,00
0846 Dienstreisen	947,70	2.500,00
0850 Investitionen > 800 €	37.545,02	37.481,10
Summe	114.809,07	117.297,76

### NOTWENDIGKEIT UND ANGEMESSENHEIT DER GELEISTETEN ARBEIT

Im BaaS-LEV-Projekt wurden neuartige, nachhaltige Konzepte zur Energieversorgung von LEVs im Sharingbetrieb erprobt. Ziel war es, Wissenslücken hinsichtlich technologischer Fragestellungen zu schließen und Unsicherheiten bezüglich geeigneter Geschäftsmodelle, der Nutzerakzeptanz und der Bewertung und Verbesserung der Nachhaltigkeit der Konzepte zu reduzieren. Dabei war das Vorhaben aufgrund der Neuartigkeit der Konzepte mit Risiko

behaftet. Die Durchführung des Projekts war somit notwendig, um Unternehmen aus der Region zu befähigen, Energieversorgungskonzepte für LEV-Sharing wirtschaftlich umzusetzen.

Die Arbeit im BaaS-LEV-Projekt hat somit die Erprobung neuartiger Energieversorgungskonzepte für LEV-Sharing ermöglicht. Im Rahmen des SciSusMob-Folgeprojektes sollen diese Ansätze weiter analysiert, fortentwickelt und als Grundlage für nachhaltige Geschäftsmodelle nutzbar gemacht werden. Insgesamt trägt das Projekt somit zu einer Verbesserung der Nachhaltigkeit von LEV-Sharingdiensten bei.

### III. NUTZEN UND VERWERTBARKEIT DER ERGEBNISSE

Das BaaS-LEV-Projekt stellt als Vorstudie die Grundlage für die Entwicklung eines nachhaltigen Geschäftsmodells für LEV-Sharing dar, das im Folgeprojekt SciSusMob konzeptioniert, implementiert und erforscht werden soll. Hierbei steht die multikriterielle, ganzheitliche Betrachtung im Fokus. Es sollen nachhaltige Lösungen entwickelt werden, die nicht nur auf rein wirtschaftlichen Gesichtspunkten basieren. Die Ergebnisse sollen dazu beitragen, durch eine Verbesserung der Nachhaltigkeit von LEV-Sharingdiensten die Geschäftsmodelle von Sharinganbietern am Standort Deutschland zu verbessern und langfristig dafür sorgen, dass die Branche neuen Herausforderungen resilient begegnen kann. In dem beschriebenen Folgeprojekt sollen über einen Zeithorizont von drei Jahren im Sinne der ganzheitlichen Betrachtung auch Nutzer von Sharingdiensten von einer Verbesserung der Nachhaltigkeit von LEV-bezogenen Sharing-Geschäftsmodellen profitieren. Eine Einordnung des BaaS-LEV-Projektes in den Gesamtkontext wird in **Abbildung 11** dargestellt.

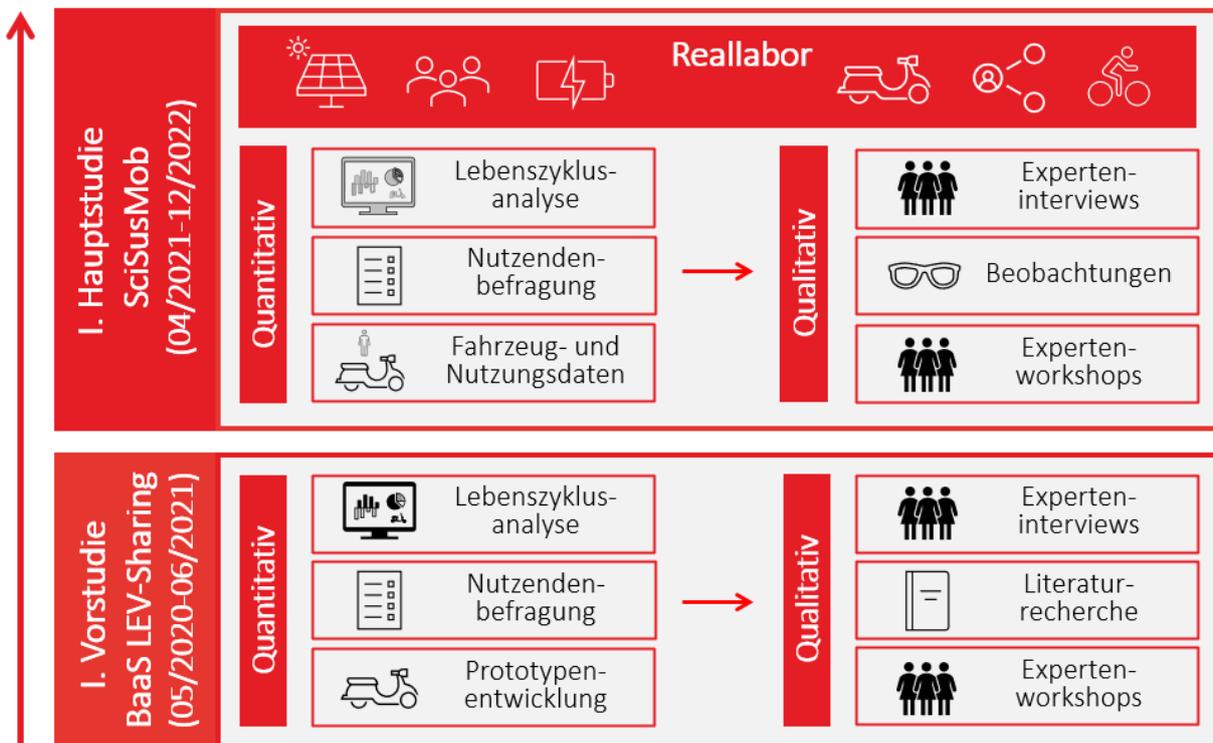


Abbildung 11: Einordnung des BaaS-LEV-Projektes in den Gesamtkontext

Die folgenden Ergebnisse tragen bereits zu den weiteren Arbeiten bei:

Die wissenschaftliche Verwertung der Ergebnisse wurde u.a. durch die Einbindung von Forschungsarbeiten in die Lehre erzielt. Einzelne Teilbereiche der Arbeitspakete wurden von Studierenden im Rahmen der BOBBY-Projektstudie des Labors für Nachhaltigkeit in der Technik erarbeitet. In diesem Kontext sind verschiedene Abschlussarbeiten entstanden, die zum Erfolg des Projekts beitragen [36], [51], [32], [37], [52]. Die Ergebnisse der Projektstudie und der Abschlussarbeiten finden zudem Eingang in Vorlesungen und Module in verschiedenen Studiengängen. Hier sind die Module Nachhaltigkeit in der Technik sowie Energieerzeugung, -verteilung und -netze zu nennen, die hauptsächlich in den Nachhaltigkeitsstudiengängen der Hochschule Bochum angesiedelt sind.

### GRUNDLAGE FÜR FOLGEPROJEKTE

Hier ist das bereits genannte SciSusMob-Projekt zu nennen, das in zwei Teilabschnitten die Ergebnisse des BaaS-LEV-Projektes verwertet und aus den gesammelten Erkenntnissen neue Forschungsfragen entwickelt und bearbeitet. Dabei steht die Entwicklung eines nachhaltigen Geschäftsmodells für LEV-Sharing anhand einer ganzheitlichen Betrachtung aus der Nachhaltigkeitsperspektive im Fokus. Das Projekt ist insgesamt für eine Laufzeit von drei Jahren ausgelegt.

### WISSENSCHAFTLICHE UND WIRTSCHAFTLICHE ANSCHLUSSFÄHIGKEIT UND NÄCHSTE INNOVATORISCHE SCHRITTE

Das Forschungsprojekt bildet die Grundlage für eine spätere technische Umsetzung eines Energieversorgungskonzepts in Kooperation mit Energieversorgungsunternehmen, Mobilitätsdienstleistern und Softwareentwicklern aus dem Blockchain-Bereich. Die wirtschaftliche Anschlussfähigkeit soll dabei durch die Einbindung von am Wertschöpfungsprozess beteiligten Unternehmen gewährleistet werden. Die wissenschaftliche Anschlussfähigkeit wird durch die geplante Verknüpfung des beschriebenen Folgeprojekts mit weiteren ruhrvalley-Vorhaben sichergestellt.

Im Dezember 2020 wurde das Folgeprojekt SciSusMob beantragt. In dem im April 2021 gestarteten Projekt kooperiert das LNT mit zwei weiteren Forschungsprojekten des ruhrvalley-Verbunds, die parallel durch Herrn Prof. Dr.-Ing. Haydar Mecit vom Institut für Elektromobilität der Hochschule Bochum (SciLivLabs) sowie Frau Prof. Dr. Sabine Sachweh (SCiTe) beantragt wurden. Außerdem beteiligen sich zahlreiche am Wertschöpfungsprozess beteiligte Unternehmen durch Drittmittel an dem Projekt:

- e-bility GmbH (Hersteller von Elektromotorrollern)
- Stadtwerke Bochum Holding GmbH (Energieversorger Stadt Bochum)
- Swobbee GmbH (ehemals Greenpack mobile energy solutions GmbH, Hersteller und Betreiber von Batteriewechselstationen)
- Bochum-Gelsenkirchener Straßenbahnen AG (Verkehrsunternehmen Stadt Bochum)
- Indetail GmbH (Software-Entwicklung mit Fokus auf Blockchain-Anwendungen)
- SunCrafter GmbH (Hersteller von Solarladestationen)

Ein Überblick über die Inhalte des Projekts sowie die Verknüpfung mit den kooperierenden Forschungsprojekten ist **Abbildung 12** zu entnehmen.

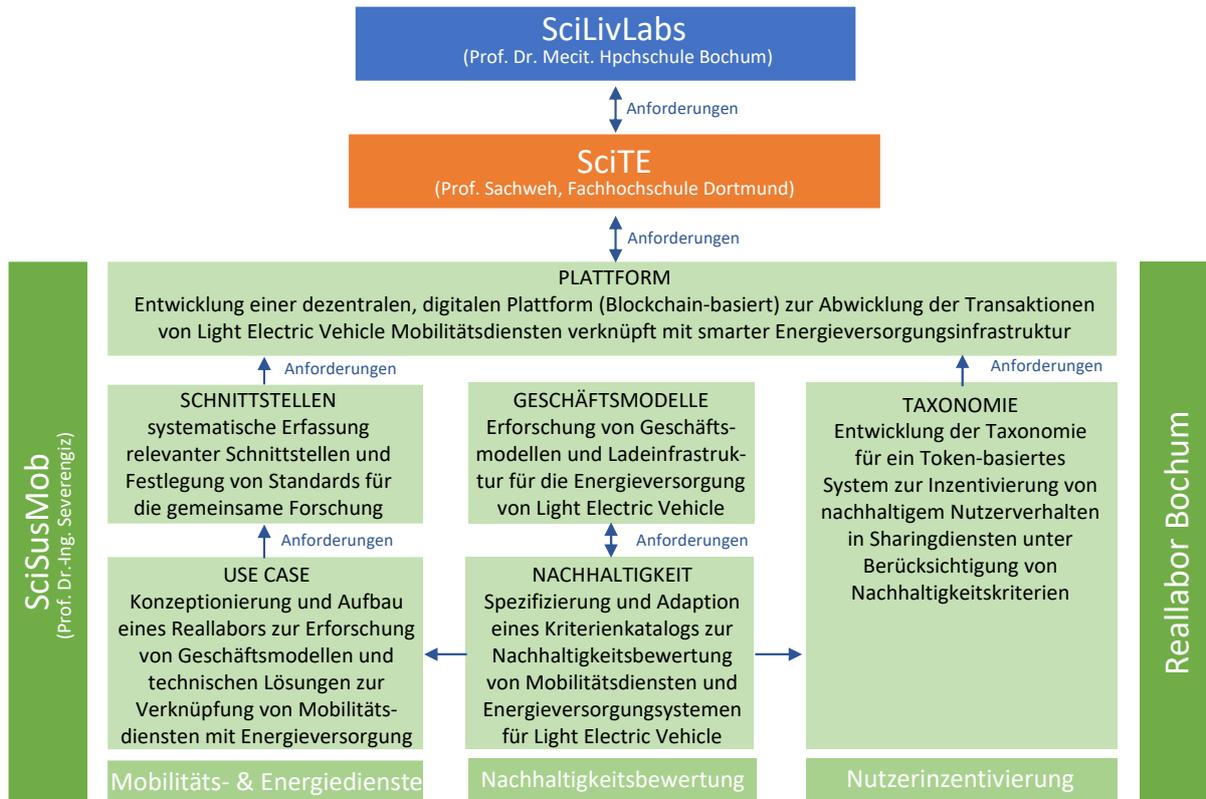


Abbildung 12: Schnittstellen zwischen den Smart-City-Vorhaben des ruhrvalley-Verbunds

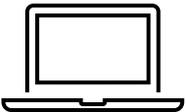
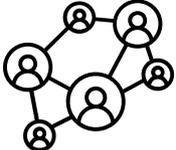
Ein zentraler Bestandteil der wissenschaftlich-technischen Erfolgsaussichten des Projektes ist die Nutzung der Projektergebnisse als Grundlage für Folgeprojekte. Hier ist das bereits genannte SciSusMob-Projekt zu nennen, das in zwei Teilabschnitten die Ergebnisse des BaaS-LEV-Projektes verwertet und aus den gesammelten Erkenntnissen neue Forschungsfragen entwickelt und bearbeitet. Hier steht die Entwicklung eines nachhaltigen Geschäftsmodells für LEV-Sharing anhand einer ganzheitlichen Betrachtung aus der Nachhaltigkeitsperspektive im Fokus. Das Projekt ist insgesamt für eine Laufzeit von drei Jahren ausgelegt.

**WÄHREND DER DURCHFÜHRUNG AN ANDERER STELLE BEKANNT GEWORDENE FORTSCHRITTE**

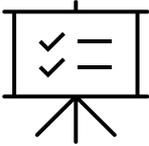
Während der Projektlaufzeit sowie im unmittelbaren zeitlichen Vorfeld des Projektstarts wurden an anderer Stelle Fortschritte auf dem Gebiet des Vorhabens erzielt. Dies lässt sich anhand von Schutzrechtsanmeldungen belegen. Im thematischen Feld von Blockchain und Mobilitätskonzepten existiert ein Patent zur separaten Verarbeitung von sensiblen und nicht-sensiblen Nutzerdaten in Mobility-as-a-Service-Anwendungen unter Anwendung der Blockchain-Technologie [39]. Zur Energieversorgung in Verbindung mit Blockchain gibt es zudem Schutzrechte mit Fokus auf der Verarbeitung von Transaktionen im Energienetz [40]–[42], dem Monitoring von Energienetzen [43] sowie dem Aufbau von Plattformen zum Handel mit Energie auf Basis der Blockchain-Technologie [44]. Auch im Bereich der Energieversorgungsinfrastruktur von LEVs hat es im Verlauf der Projektlaufzeit Fortschritte an anderen Stellen gegeben, beispielsweise durch die Entwicklung von Dockingstationen für E-Scooter [45]–[47] und Ladesystemen für Fahrzeuge der Mikromobilität [48], [49]. Im Ergebnis wurden bei der durchgeführten Recherche zu bestehenden und neu angemeldeten

Schutzrechten während der Projektlaufzeit allerdings keine Erkenntnisse erzielt, die im unmittelbaren Kontext zum BaaS-LEV-Projekt stehen oder die Ergebnisse beeinflussen.

## VERÖFFENTLICHUNGEN

Publikationen und Veröffentlichungen (Print, Digital, Social Media)	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Severengiz, S., Schelte, N., &amp; Bracke, S., „Analysis of the environmental impact of e-scooter sharing services considering product reliability characteristics and durability”, <i>Procedia CIRP</i> 2020, 96, pp. 181–188. DOI: <a href="https://doi.org/10.1016/j.procir.2021.01.072">https://doi.org/10.1016/j.procir.2021.01.072</a></li> <li>– Schelte, N., Straßberger, H., Severengiz, S., Finke, S., Felmingham, B., „Environmental impact of off-grid solar charging stations for urban micromobility services”, <i>IEEE European Technology &amp; Engineering Management Summit</i>, Dortmund, 18-20 March 2021. DOI: <a href="https://doi.org/10.1109/E-TEMS51171.2021.9524891">https://doi.org/10.1109/E-TEMS51171.2021.9524891</a>.</li> <li>– Wittek, K., Finke, S., Schelte, N., Pohlmann, N., Severengiz, S., „A Crypto-Token Based Charging Incentivization Scheme for Sustainable Light Electric Vehicle Sharing”, <i>IEEE European Technology &amp; Engineering Management Summit</i>, Dortmund, 18-20 March 2021. DOI: <a href="https://doi.org/10.1109/E-TEMS51171.2021.9524902">https://doi.org/10.1109/E-TEMS51171.2021.9524902</a></li> <li>– Schelte, N., Severengiz, S., Schünemann, J., Finke, S., Bauer, O., Metzen, M., “Life Cycle Assessment on Electric Moped Scooter Sharing,” <i>Sustainability</i>, vol. 13, no. 15, p. 8297, Jul. 2021. DOI: <a href="https://doi.org/10.3390/su13158297">https://doi.org/10.3390/su13158297</a></li> <li>– LinkedIn Beiträge</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Darstellung auf der ruhrvalley Webseite; Link: <a href="https://www.ruhrvalley.de/projects/50-SCiSusMob">https://www.ruhrvalley.de/projects/50-SCiSusMob</a></li> <li>– Darstellung auf der Webseite der Hochschule Bochum; Link: <a href="https://www.hochschule-bochum.de/fbe/fachgebiete/labor-fuer-nachhaltigkeit-in-der-technik/standard-titel/">https://www.hochschule-bochum.de/fbe/fachgebiete/labor-fuer-nachhaltigkeit-in-der-technik/standard-titel/</a></li> <li>– Vorstellung des Projektes auf der Hannover Messe (12.4.-16.4.2021)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Abschluss eines Memorandum of Understanding zwischen der Stadtwerke Bochum Holding GmbH und der Hochschule Bochum, mit dem Ziel gemeinsame Forschung zu nachhaltigen Mobilitäts- und Energieversorgungskonzepten voranzutreiben</li> <li>– regelmäßige Projekttreffen mit Unternehmen und Stakeholdern aus dem Bereich LEV-Sharing zur Diskussion der Ergebnisse</li> <li>– Akteursworkshop „Netzwerktreffen für nachhaltige Energie und Mobilitätsdienstleistungen“ am 30.04.2021 im digitalen Format.</li> </ul>

## Veranstaltungen

	<b>Unsere Veranstaltungen und Vorträge:</b>	
	1.7.-3.7.2020	53rd CIRP Conference on Manufacturing Systems 2020
	18.3.-20.3.2021	E-TEMS IEEE European Technology and Engineering Management Summit 2021 (2x)
	30. 4. 2021	Akteursworkshop „Netzwerktreffen für nachhaltige Energie- und Mobilitätsdienstleistungen“ am 30.04.2021 im digitalen Format.
	<b>messe- und Veranstaltungsbeteiligungen:</b>	
	12.4.-16.4.2021	Vorstellung des Projektes auf der Hannover Messe
	18.6.2021	Evaluation des Projektes im Gesamtkontext unter Mitbetrachtung des SciSusMob-Folgeprojektes präsentiert auf der Frühjahrstagung der Deutschen Gesellschaft für Soziologie (DGS) am Forschungszentrum Jülich

**QUELLEN**

[1] ITF, „Safe Micromobility. Report by the International Transport Forum OECD/ITF.“, 2020. [Online]. Verfügbar unter: [https://www.itf-oecd.org/sites/default/files/docs/safe-micromobility\\_1.pdf](https://www.itf-oecd.org/sites/default/files/docs/safe-micromobility_1.pdf)

[2] M. Weiss, P. Dekker, A. Moro, H. Scholz, und M. K. Patel, „On the electrification of road transportation – A review of the environmental, economic, and social performance of electric two-wheelers“, *Transp. Res. Part Transp. Environ.*, Bd. 41, S. 348–366, Dez. 2015, doi: 10.1016/j.trd.2015.09.007.

[3] A. Ewert, M. Brost, C. Eisenmann, und S. Stieler, „Small and Light Electric Vehicles: An Analysis of Feasible Transport Impacts and Opportunities for Improved Urban Land Use“, *Sustainability*, Bd. 12, Nr. 19, S. 8098, Okt. 2020, doi: 10.3390/su12198098.

[4] S. Shaheen, N. Chan, A. Bansal, und A. Cohen, „Shared Mobility: A Sustainability & Technologies Workshop: Definitions, Industry Developments, and Early Understanding“, 2015, [Online]. Verfügbar unter: [http://innovativemobility.org/wp-content/uploads/2015/11/SharedMobility\\_WhitePaper\\_FINAL.pdf](http://innovativemobility.org/wp-content/uploads/2015/11/SharedMobility_WhitePaper_FINAL.pdf)

[5] D. Dervisevic, „Juicer, Charger und Ranger sorgen für volle Akku.“, 2019. Zugegriffen: Sep. 06, 2020. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.auto-motor-und-sport.de/tech-zukunft/mobilitaetsservices/so-werden-miet-e-scooter-geladen-juicer-sorgen-fuer-volle-akkus/>

[6] Neutron Holdings, Inc., „Werde Lime Juicer“, 2020. <https://lime.bike/juicer>. (zugegriffen Sep. 06, 2020).

[7] TIER Mobility GmbH, „Wir sind klimaneutral“, 2020. <https://www.tier.app/de/sustainability/> (zugegriffen Sep. 06, 2020).

[8] Voi Technology AB, „How are Voi scooters charged?“, 2020. <https://www.voiscooters.com/hunters/> (zugegriffen Sep. 06, 2020).

[9] Bird Rides Inc., „Become a Bird flyer“, 2020. <https://flyers.bird.co> (zugegriffen Sep. 06, 2020).

[10] A. Macho, „E-Scooter: So hart ist das Geschäft als Juicer“.

<https://www.wiwo.de/my/unternehmen/dienstleister/e-scooter-so-hart-ist-das-geschaefft-als-juicer/24879882.html> (zugegriffen Dez. 09, 2021).

[11] yeebase media GmbH, „E-Tretroller-Anbieter Circ: Umstieg auf Wechsel-Akku und Winter kosten 50 Stellen“, 2020. <https://www.voiscoscooters.com/hunters/> (zugegriffen Sep. 06, 2020).

[12] S. Schaal, „Tier setzt erste E-Tretroller mit Wechsel-Akku in Deutschland ein“, 2019. <https://www.electrive.net/2019/11/13/tier-setzt-erste-e-tretroller-mit-wechsel-akku-in-deutschland-ein/> (zugegriffen Sep. 06, 2020).

[13] „Tier Mobility, the European e-scooter rentals startup, adds another ~\$40M to its Series B“, *TechCrunch*. <https://social.techcrunch.com/2020/02/21/tier-series-b-2/> (zugegriffen Dez. 09, 2021).

[14] Swobbee GmbH, 2020. <https://swobbee.de/> (zugegriffen Sep. 06, 2020).

[15] KWANG YANG MOTOR CO., LTD., „Ionex automated transport rental“, 2020. <https://ionex.global> (zugegriffen Sep. 06, 2020).

[16] Gogoro Inc., „Smarter today, Smarter tomorrow.“, 2020. <https://www.gogoro.com/gogoro-network/> (zugegriffen Sep. 06, 2020).

[17] SUN Mobility, „Energy as a Service“, 2020. <https://www.sunmobility.co.in> (zugegriffen Sep. 06, 2020).

[18] „Swobbee wird Battery-as-a-Service-Partner von E-Roller-Produzent Torrot Electric“, *Swobbee*. <https://swobbee.de/author/swobbee/> (zugegriffen Dez. 09, 2021).

[19] TIER Mobility GmbH, „TIER unveils most advanced e-scooter ever – with user swappable batteries“, 2020. <https://www.tier.app/de/most-advanced-e-scooter-ever/> (zugegriffen Okt. 23, 2020).

[20] TIER Mobility, „It was time to think outside the box – or so we thought“. <https://about.tier.app/time-to-think-outside-the-box/> (zugegriffen Dez. 09, 2021).

[21] Swiftmile, „How it works“, 2020. <https://swiftmile.com/howitworks/> (zugegriffen Sep. 06, 2020).

[22] DuckT, „Build to adapt“, 2020. <https://duckt.app/#built-to-adapt> (zugegriffen Sep. 06, 2020).

[23] D. Bergert, „Spin bringt E-Scooter nach Deutschland“, *PC-WELT*, Feb. 28, 2020. <https://www.pcwelt.de/news/Spin-bringt-E-Scooter-nach-Deutschland-10763366.html> (zugegriffen Dez. 09, 2021).

[24] J. Rusworth, „Sunwind Design: Autonomous Solar Charging“, 2020. <https://www.victronenergy.com/blog/2015/04/24/sunwind-design-autonomous-solar-charging/> (zugegriffen Sep. 06, 2020).

[25] DuckT, „Build to be green“, 2020. <https://duckt.app/#built-to-be-green> (zugegriffen Sep. 06, 2020).

[26] S. Shah, „Gogoro’s solar-powered scooter battery charging station is here“, 2017.

[https://www.engadget.com/2017-07-28-gogoro-solar-charging-station.html?guce\\_referrer=aHR0cHM6Ly93d3cuZ29vZ2xlLmNvbS8&guce\\_referrer\\_sig=AQAAAEXQYQyy\\_9KqUKRjyLJIHNzFz0YRlax6gc0\\_Gg05X2FGOXJErityNN\\_XV-kzS8Ywxc-CqySl9I0G9msMGRCEL8Jwizswmw2vRnUida4irV36cww3BWY](https://www.engadget.com/2017-07-28-gogoro-solar-charging-station.html?guce_referrer=aHR0cHM6Ly93d3cuZ29vZ2xlLmNvbS8&guce_referrer_sig=AQAAAEXQYQyy_9KqUKRjyLJIHNzFz0YRlax6gc0_Gg05X2FGOXJErityNN_XV-kzS8Ywxc-CqySl9I0G9msMGRCEL8Jwizswmw2vRnUida4irV36cww3BWY) (zugegriffen Sep. 06, 2020).

[27] SunCrafter GmbH, „Mobile and Connected Cities: Providing Off-Grid Energy to Smart Cities“, 2020. <https://suncrafter.org/en/smart-city/> (zugegriffen Sep. 06, 2020).

[28] Gogoro, „Gogoro’s solar-powered scooter battery charging station is here (via @Engadget):<http://buff.ly/2vdzESx> <https://t.co/z6x64FlwXQ>“, @wearegogoro, Juli 31, 2017. <https://twitter.com/wearegogoro/status/891869001147723777> (zugegriffen Dez. 09, 2021).

[29] INTIS – Integrated Infrastructure Solutions GmbH, 2020. <http://www.intis.de> (zugegriffen Sep. 06, 2020).

[30] Magment GmbH, „Produkte“, 2020. <https://www.magment.de/de-produkte> (zugegriffen Sep. 06, 2020).

[31] „Metz und Intis zeigen induktive Ladelösung für E-Tretroller“, *electrive.net*, Apr. 08, 2020. <https://www.electrive.net/2020/04/08/metz-und-intis-zeigen-induktive-ladeloesung-fuer-e-tretroller/> (zugegriffen Dez. 09, 2021).

[32] A. Dicke, „Potenzialanalyse von Blockchain in einem E-Scooter Sharingsystem“. 2020.

[33] K. Gompf, M. Traverso, und J. Hetterich, „Towards social life cycle assessment of mobility services: systematic literature review and the way forward“, *Int. J. Life Cycle Assess.*, Bd. 25, Nr. 10, S. 1883–1909, Okt. 2020, doi: 10.1007/s11367-020-01788-8.

[34] Google Earth, „Stadtgebiet Bochum“, 2019. [Online]. Verfügbar unter: <https://earth.google.com/web/@51.4665252,7.2447582,127.44673021a,14143.05864795d,35y,-0h,0t,0r>

[35] S. Severengiz, N. Schelte, und S. Bracke, „Analysis of the environmental impact of e-scooter sharing services considering product reliability characteristics and durability“, *Procedia CIRP*, Bd. 96, S. 181–188, 2021, doi: 10.1016/j.procir.2021.01.072.

[36] N. Schelte, H. Straßberger, S. Severengiz, S. Finke, und B. Felmingham, „Environmental impact of off-grid solar charging stations for urban micromobility services“, gehalten auf der IEEE European Technology & Engineering Management Summit, Dortmund, März 2021.

[37] F. Kähler, „Ökobilanz zur Untersuchung der Auswirkungen des Sharings von Elektrorollern in Abhängigkeit der Betriebsart“. 2020.

[38] J. Stommel, „Untersuchung der Nutzerakzeptanz für Light Electric Vehicles und Lade-Hubs in Düsseldorf als Beitrag für eine nachhaltige Verkehrswende“. 2021.

[39] H. Wakabayashi, „Privacy-preserving mobility as a service supported by blockchain“, WO2020083822A1, Apr. 30, 2020

[40] J. Zhang u. a., „Blockchain-based dual-source energy internet transaction method and device“, PCT/CN2019/091048, Aug. 06, 2020

[41] L. Wang, F. Xu, und X. Luo, „Blockchain-Based Energy Interaction Device, Energy Internet

System and Interaction Method“, WO2020052125A1, März 19, 2020

[42] J. Zhang, K. Xu, und J. Zhang, „Systems and Methods for Blockchain-Based Energy Grid Transaction“, WO2020042129A1, März 05, 2020

[43] J. Zhang und K. Xu, „Systems and Methods for Monitoring a Blockchain-Based Energy Grid“, WO2020073301A1, Apr. 16, 2020

[44] K. Xu und J. Zhang, „Method and System for Parallel Processing of Trade Tasks in Blockchain Energy Trading Platform“, PCT/CN2018/110729, März 19, 2020

[45] B. M. Arnold, E. K. Askin, J. S. Bernbach, M. M. Makwana, G. S. V. Thomson, und C. O. Waldoch, „Lightweight Docking Station for Micromobility Transit Vehicles Systems and Methods“, WO2021222766A1, Nov. 04, 2021

[46] K. E. Moravick, C. Roche, L. Vera, D. R. Schaller, und G. Pontis, „Light electric vehicle parking and charging stations and smart charging systems for the vehicle batteries“, US10919405B2, Feb. 16, 2021

[47] F. J. North *u. a.*, „Electric Scooter Docking Stations“, US2021046835A1, Feb. 18, 2021

[48] A. Fox, D. Waldman, und M. Lojek, „Modular Charging Station for Urban Micro-Mobility Vehicles“, WO2021092542A1, Mai 14, 2021

[49] C. Welch und D. Felzer, „EV Charging System for Micromobility Vehicles Having a Battery Management System with Control and Discharge Electronics“, US2021344208A1, Nov. 04, 2021

## ANHANG

Tabelle 3: Kriterien zur Erfassung der sozialen Akzeptanz und Nachhaltigkeit von LEVs, Sharing und Energy-as-a-Service inklusive Messgrößen.

	Kategorie	Indikator	Erhebung und Messgröße	
Sozial	Zugänglichkeit & Erreichbarkeit	Anzahl der Ladestationen	$\frac{\text{Anzahl Ladestationen}}{\text{Fläche des Geschäftsgebiets [km}^2\text{]}}$	[33]
		Anzahl der Nutzenden	$\frac{\text{Anzahl Nutzende}}{\text{Anzahl Sharingfahrzeuge}}$	[33]
		Fahrzeugdichte	$\frac{\text{Anzahl Sharingfahrzeuge}}{\text{Fläche des Geschäftsgebiets [km}^2\text{]}}$	
		Art des Geschäftsgebietes	Bevölkerungsstruktur und -dichte im Geschäftsgebiet	
	Nutzeraufwand Fahrzeug	Handhabung des Sharing-Fahrzeugs	Zufriedenheit der Kunden mit der Handhabung des Sharing-Fahrzeugs auf einer 5-Punkte Skala	
		Fahrkomfort	Zufriedenheit der Kunden mit dem Fahrkomfort des Sharing-Fahrzeugs auf einer 5-Punkte Skala	
	Nutzeraufwand Ladevorgang	Handhabung der Ladeinfrastruktur	Zufriedenheit der Kunden mit der Handhabung der Sharing-Ladeinfrastruktur auf einer 5-Punkte Skala	
		Zeitaufwand	$\frac{\text{Zeitaufwand Ladevorgang [min]}}{\text{Ladevorgang Sharing – Fahrzeug}}$	
		Streckenlauf	$\frac{\text{Zurückgelegte Strecke Ladevorgang [km]}}{\text{Ladevorgang Sharing – Fahrzeug}}$	
	Sicherheit	Unfälle und Verletzte	$\frac{\text{Anzahl Unfälle}}{\text{Verkehrsleistung des Dienstes [Pkm]}}$	[33]
	Bezahlbarkeit	Fahrkosten	$\frac{\text{Preis}}{\text{Strecke}}$ oder $\frac{\text{Preis}}{\text{Zeit}}$	[33]
		Bezahlbarkeit der Fahrt	$\frac{\text{Fahrkosten je 5 km}}{\text{Monatl. Durchschnittseinkommen}}$	
	Flächeninanspruchnahme	Flächeninanspruchnahme	$\frac{\Sigma (\text{Länge}_{Fzg.} + \text{Parkabstand}) \cdot (\text{Breite}_{Fzg.} + \text{Parkabstand}) + \text{Länge}_{St.} + \text{Breite}_{St.}}{\text{Fläche des Geschäftsgebiets [km}^2\text{]}}$	[33]
		Flächeneffizienz	$\frac{\Sigma (\text{Länge}_{Fzg.} + \text{Parkabstand}) \cdot (\text{Breite}_{Fzg.} + \text{Parkabstand}) + \text{Länge}_{St.} + \text{Breite}_{St.}}{\text{Personenkilometer}}$	[33]

		Intermodalität	$\frac{1}{\text{Anzahl Ladestationen}} \cdot \sum \text{Abstand Ladestation zu ÖPNV Haltepunkten}$	
	<b>Außenwahrnehmung</b>	Kundenservice	Zufriedenheit der Kunden mit dem Kundenservice des Sharing-Dienstes auf einer 5-Punkte Skala	
		Optischer Eindruck	Bewertung des optischen Eindrucks der Ladeinfrastruktur auf einer auf einer 5-Punkte Skala	
		Nachhaltigkeit	Wahrnehmung des Sharing-Dienstes als nachhaltiges Verkehrsmittel auf einer 5-Punkte Skala	
	<b>Lärmbelästigung</b>	Durchschnittliche Lärmemissionen		[33]
Ökologisch	<b>Luftqualität</b>	Emissionsintensität NO <sub>x</sub>	$\frac{NO_{x,Sharing-Fzg.} + NO_{x,Service-Fzg.} [mg]}{\text{Personenkilometer}}$	[33]
		Emissionsintensität PM10	$\frac{PM10_{Sharing-Fzg.} + PM10_{Service-Fzg.} [mg]}{\text{Personenkilometer}}$	[33]
		Emissionsintensität PM2,5	$\frac{PM2,5_{Sharing-Fzg.} + PM2,5_{Service-Fzg.} [mg]}{\text{Personenkilometer}}$	[33]
		Emissionsintensität SO <sub>2</sub>	$\frac{SO_{2,Sharing-Fzg.} + SO_{2,Service-Fzg.} [mg]}{\text{Personenkilometer}}$	[33]
	<b>Global Warming Potential</b>	Treibhausgasemissionen (THG) Sharing-Fahrzeug	$\frac{THG_{Produktion,Fzg.} + THG_{Entsorgung,Fzg.}}{\text{Personenkilometer über Lebensdauer}} + THG_{Strom} \cdot \text{Verbrauch}_{Fzg.}$	[33]
		Treibhausgasemissionen Ladeinfrastruktur	$\frac{THG_{Produktion,St.} + THG_{Strom} \cdot \text{Eigenverbrauch}_{Station} \cdot \text{Lebensdauer}_{Station} + THG_{Entsorgung}}{\text{Über Lebensdauer bereitgestellter Strom}}$	
		Treibhausgasemissionen Service-Fahrzeug	$\frac{\text{Verbrauch}_{d,Servicefahrzeugflotte} \cdot (THG_{Strom/Treibstoff} + \frac{THG_{Produktion,Servicefzg.}}{\text{Laufleistung}})}{\text{Stromverbrauch}_{d,Sharingflotte}}$	
	<b>Primary Energy demand</b>	Nicht-erneuerbarer Primärenergiebedarf (PED) Sharing-Fahrzeug	$\frac{PED_{Produktion,Fzg.} + PED_{Entsorgung,Fzg.}}{\text{Personenkilometer über Lebensdauer}} + PED_{Strom} \cdot \text{Verbrauch}_{Fzg.}$	
		Nicht-erneuerbarer Primärenergiebedarf Ladeinfrastruktur	$\frac{PED_{Produktion,St.} + PED_{Strom} \cdot \text{Eigenverbrauch}_{Station} \cdot \text{Lebensdauer}_{Station} + PED_{Entsorgung}}{\text{Über Lebensdauer bereitgestellter Strom}}$	
		Nicht-erneuerbarer Primärenergiebedarf Service-Fahrzeug	$\frac{\text{Verbrauch}_{d,Servicefahrzeugflotte} \cdot (PED_{Strom/Treibstoff} + \frac{PED_{Produktion,Servicefzg.}}{\text{Laufleistung}})}{\text{Stromverbrauch}_{d,Sharingflotte}}$	
Ökon	<b>Betriebskosten Ladevorgang</b>	Personalkosten	$\frac{\text{Anzahl Mitarbeiter} \cdot \text{Lohnkosten}_{d,Mitarbeiter}}{\text{Stromverbrauch}_{d,Sharingflotte}}$	
		Infrastrukturkosten	$\frac{\text{Beschaffung}_{Ladeinfrastruktur} + \text{Beschaffung}_{Ladegerät} \text{Beschaffung}_{Servicefahrzeug}}{\text{Über Lebensdauer bereitgestellter Strom}}$	

	Mietkosten	$\frac{Miete_{d,Gebäude} + Miete_{d,Servicefahrzeuge}}{Stromverbrauch_{d,Sharingflotte}}$	
	Strom-/ Treibstoffkosten Sharing-Fahrzeug	$Stromverbrauch_{km,Sharingfahrzeug} \cdot Kosten_{Strom}$	
	Strom-/ Treibstoffkosten Service-Fahrzeug	$\frac{Strom - / Treibstoffverbrauch_{d,Servicefahrzeugflotte} \cdot Kosten_{Strom/Treibstoff}}{Stromverbrauch_{d,Sharingflotte}}$	
	Wartungskosten	$\frac{Wartungskosten_{d,Serviceflotte} \cdot Wartungskosten_{d,Ladeinfrastruktur}}{Stromverbrauch_{d,Sharingflotte}}$	
Flotten-verfügbarkeit	Anteil Zeitaufwand Ladevorgang an Betriebszeit	$\frac{Zeitaufwand Ladevorgang \cdot Anzahl Ladevorgänge_{d,Sharingflotte}}{Tag}$	