



Schlussbericht zum Verbundprojekt

„LandLeuchten“

Digitale Wiedererweckung des Dorfes

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Projekt: 19F102 - LandLeuchten

Laufzeit: 01.11.2019 – 31.03.2023



Verbundpartner:



Abbildung 1: Verbundpartner

Zitierweise:

Abrams, J., Creutz, L. et al. (2023): Abschlussbericht zum Forschungsprojekt „LandLeuchten – Digitale Wiedererweckung des Dorfes“, Dortmund.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	5
Tabellenverzeichnis	8
Disclaimer	8
1 Ziele des Verbundprojektes und Vorhabensbeschreibung	9
1.1 Zusammenfassung des Projektvorhabens	9
1.2 Bezug des Vorhabens zur Förderrichtlinie	10
1.3 Gesamtziel des Vorhabens	11
1.3.1 Einführung, Motivation, Ausgangssituation	11
1.3.2 Kernziele des Vorhabens und Projektidee	12
1.3.3 Nebenziele des Vorhabens	13
1.4 Beeinflussung der Zielerreichung durch unvorhergesehene Ereignisse	13
2 Projekt-Konsortium	15
3 Beschreibung des Projektablaufes	20
3.1 Meilensteine und Gantt-Chart für das Gesamtprojekt	20
4 Beschreibung der wissenschaftlich-technischen Ergebnisse	22
4.1 Anforderungsmanagement, Anwendungsszenarien und Use Cases	22
4.2 Plattformorientierte Applikationen und Einbindung der Endbenutzer	29
4.3 Analyse und Entwicklung eines intelligenten cyber-physischen Systems CPMD	36
4.4 Fahrzeugtechnische Analyse und Entwicklung.....	53
4.4.1 Anwendungsfall des mobilen Kiosks	55
4.4.2 Anwendungsfall des Lieferdienstes	56
4.4.3 Konzeptionierung der automatisierten Fahrfunktion	57
4.5 Prototypische Umsetzung der Lösungskomponenten im Fahrzeug und Dienst ..	59
4.5.1 Prototypische Umsetzung des mobilen Kiosks	60
4.5.2 Prototypische Umsetzung des Lieferdienstes	65
4.5.3 Prototypische Umsetzung der automatisierten Fahrfunktionen	69
4.6 Geschäftsmodelle und Dienste	75
4.6.1 Beschreibung zum Vorgehen zu Geschäftsmodellen und Diensten	75
4.6.2 Marktanalyse	76

4.6.3 Geschäftsmodell-Auswahl	79
4.6.4 Businessplan-Erstellung	81
4.6.5 Vermarktungsstrategie	87
4.6.6 Startup-Pitch	88
4.7 Szenarienrealisierung und Pilotbetrieb	89
4.7.1 Nutzertests Use Case 1: Lieferdienst	89
4.7.2 Nutzertests Use Case 2: Kiosk	95
4.7.3 Nutzertests Use Case 3: Workshop-Buchung	98
4.7.4 Nutzertests Use Case 4: Autonomes Fahren	100
4.8 Evaluation und Akzeptanzbetrachtungen	108
5 Abgrenzung zu anderen FuE-Projekten sowie relevante Ergebnisse von dritter Seite während der Projektlaufzeit	132
5.1 Ähnlich gelagerte FuE-Projekte	132
5.2 Nationale und internationale Arbeiten zum Thema des Vorhabens während der Projektlaufzeit	134
5.3 Daten- und Patentlage	136
6 Durchführung öffentlichkeitswirksamer Maßnahmen in der Projektlaufzeit ...	137
6.1 Liste der Veröffentlichungen	137
6.2 Liste der Veranstaltungen und Konferenzen	138
7 Wissenschaftliche und wirtschaftliche Anschlussfähigkeit und Erfolgsaussichten des Projektes	140
7.1 RWTH Aachen University WZL	140
7.2 RWTH Aachen University HCIC	140
7.3 Umwelt-Campus	141
7.4 Innoloft GmbH	142
7.5 PSI Logistics GmbH	143
8 Handlungsempfehlungen	144
8.1 Allgemeine Handlungsempfehlungen „Autonome On-Demand-Mobilität auf dem Land“	144
9 Literaturverzeichnis	145

Abbildungsverzeichnis

<i>Abbildung 1: Verbundpartner</i>	<i>2</i>
<i>Abbildung 2: Schematische Darstellung der operativen Arbeitspakete und ihrer Verschränkung im Modellierungsprozess.....</i>	<i>20</i>
<i>Abbildung 3: Projektplanung und Einordnung der Arbeitspakete im LandLeuchten-Projekt.....</i>	<i>21</i>
<i>Abbildung 4: Streetscooter des WZL zum Projekteintritt</i>	<i>23</i>
<i>Abbildung 5: Auszug aus einer detaillierten Ausarbeitung für den Use Case „Lieferdienst“ mit dem ursprünglich zur Umsetzung vorgesehenen e.GO Mover der e.GO Mobile AG.</i>	<i>25</i>
<i>Abbildung 6: Beispiel eines zur Analyse der nichttechnischen und technischen Anforderungen erstellten Prozessdiagramms in Form eines Business Process Models.....</i>	<i>26</i>
<i>Abbildung 7: Gesamtbild der an der in LandLeuchten implementierten cyberphysischen Mobilitätsplattform beteiligten Komponenten mit Endgeräten für Kunden über verschiedene Kommunikationswege. Zwischen über Linien verbundene Komponenten findet eine direkte Kommunikation statt. Die Farbe der Komponenten deutet an, welcher Projektpartner für die Umsetzung der Komponente verantwortlich war.</i>	<i>28</i>
<i>Abbildung 8: Informationen des LandLeuchten-Dienstes über einen konkreten Auftrag, die einem Kunden ohne den Umweg über Fides bereitgestellt werden.</i>	<i>33</i>
<i>Abbildung 9: Links: Aufbau bestehend aus LoRaWAN Gateway mit Antenne wie er in der Region installiert wurde. Rechts: IoT-Octopus mit LoRaWAN Schnittstelle und Drück-Knopf.</i>	<i>37</i>
<i>Abbildung 10: Abfrage, ob Einsatz von Blockchain Technologie für einen Use Case sinnvoll ist (NISTIR 8202).....</i>	<i>38</i>
<i>Abbildung 11: Prinzip der Abarbeitung eines Cyper Social Contracts.</i>	<i>39</i>
<i>Abbildung 12: Prinzip des Fides zugrundeliegenden dezentralen Netzwerks.</i>	<i>41</i>
<i>Abbildung 13: Fides Demonstrator für das dezentrale Netzwerk</i>	<i>41</i>
<i>Abbildung 14: Demonstrator für die Indoor Demonstration des Mobile Bibliothek Use Case</i>	<i>42</i>
<i>Abbildung 15: Interaktionen beim Indoor Demonstrator Mobile Bibliothek</i>	<i>43</i>
<i>Abbildung 16: Integration des Mobilitätsgateways in das autonome Indoor Fahrzeug Posty.</i>	<i>44</i>
<i>Abbildung 17: Marktplatz im Kontext des Gesamtsystems.</i>	<i>46</i>
<i>Abbildung 18: Softwarearchitektur des Marktplatzes</i>	<i>47</i>
<i>Abbildung 19: Startseite der Marktplatzanwendung</i>	<i>48</i>

<i>Abbildung 20: Suche des Marktplatzes</i>	<i>49</i>
<i>Abbildung 21: Webapp auf Mobilgeräten</i>	<i>49</i>
<i>Abbildung 22: Detailansicht einer Anfrage</i>	<i>50</i>
<i>Abbildung 23: Detailansicht eines Services</i>	<i>50</i>
<i>Abbildung 24: Wechsel vom e.GO Mover auf den Streetscooter</i>	<i>53</i>
<i>Abbildung 25: Fahrzeugkonzept für die Entwicklung des Prototyps.</i>	<i>60</i>
<i>Abbildung 26: Layout für die prototypische Umsetzung.</i>	<i>61</i>
<i>Abbildung 27: Konzeption und Integration der Kioskstruktur.</i>	<i>61</i>
<i>Abbildung 28: Übersicht der mobilen Kiosksteuerung.</i>	<i>63</i>
<i>Abbildung 29: Benutzeroberfläche des Touchscreens.</i>	<i>64</i>
<i>Abbildung 30: Fertiger Prototyp nach Montage und Anpassung aller Komponenten.</i>	<i>65</i>
<i>Abbildung 31: Integration der Packstückstruktur in das Fahrzeug.</i>	<i>66</i>
<i>Abbildung 32: Modulare Paketstation.</i>	<i>67</i>
<i>Abbildung 33: Die Steuerung des Systems der Paketstation.</i>	<i>68</i>
<i>Abbildung 34: Prototyp der Packstation fertiggestellt.</i>	<i>69</i>
<i>Abbildung 35: Kommunikationsmodell der automatisierten Fahrfunktion</i>	<i>70</i>
<i>Abbildung 36: Aktor zur Umsetzung der automatisierten Fahrfunktion</i>	<i>71</i>
<i>Abbildung 37: Bauraum der Geräte zur Umsetzung der automatisierten Fahrfunktion im Innenraum des Fahrzeugs</i>	<i>72</i>
<i>Abbildung 38: E/E-Plan des Versuchsfahrzeugs</i>	<i>73</i>
<i>Abbildung 39: Darstellung Fahrzeug Projekt Mobiler Dorfladen</i>	<i>77</i>
<i>Abbildung 40: Starship Robotor</i>	<i>78</i>
<i>Abbildung 41: Darstellung Cockpit</i>	<i>82</i>
<i>Abbildung 42: GUI erstes Jahr manueller Betrieb</i>	<i>84</i>
<i>Abbildung 43: GUI Jahresübersicht manueller Betrieb</i>	<i>85</i>
<i>Abbildung 44: GUI Jahresübersicht autonomer Betrieb</i>	<i>86</i>
<i>Abbildung 45: Darstellung LandLeuchten Community Landingpage</i>	<i>88</i>
<i>Abbildung 46: Kundenansicht mit Artikelübersicht und Warenkorb.</i>	<i>90</i>
<i>Abbildung 47: Anbieteransicht mit Bestellungsinfos.</i>	<i>90</i>
<i>Abbildung 48: Nutzungserlebnis nach Interaktion Use Case 1 (N=10)</i>	<i>94</i>
<i>Abbildung 49: Nutzungserlebnis nach Interaktion Use Case 2 (N=7)</i>	<i>98</i>
<i>Abbildung 50: Kundenansicht mit Raumübersicht, Zeitauswahl und Warenkorb. ...</i>	<i>99</i>
<i>Abbildung 51: Anbieteransicht mit Buchungsinfos.</i>	<i>99</i>
<i>Abbildung 52: Teststrecke für die autonomen Fahrversuche</i>	<i>101</i>
<i>Abbildung 53: Ablaufplan der Testung der automatisierten Fahrfunktion</i>	<i>102</i>
<i>Abbildung 54: Vergleich der Ortung mit GNSS alleine (rechts) und mit Datenfusion mit IMU</i>	<i>103</i>
<i>Abbildung 55: 3D-Karte der Teststrecke auf Basis der LIDAR-Punktewolke</i>	<i>103</i>

<i>Abbildung 56: Zielpunkte vom Routenmanagementsystem (grün) und Fahrzeugpositionen (rote)</i>	<i>104</i>
<i>Abbildung 57: Automatisierte Testfahrt auf der Teststrecke</i>	<i>105</i>
<i>Abbildung 58: IP-Kamera im Fahrzeug</i>	<i>105</i>
<i>Abbildung 59: Personenerkennung durch das neuronale Netz</i>	<i>106</i>
<i>Abbildung 60: Positive Winkgestenerkennung</i>	<i>107</i>
<i>Abbildung 54: Roadmap der Akzeptanzbetrachtung</i>	<i>108</i>
<i>Abbildung 62: Örtliche Verteilung der Studienteilnehmer (N=104)</i>	<i>110</i>
<i>Abbildung 63: Vorhandene Dienstleistungen vor Ort (N=104). Sonstige beinhaltet Nennung von Tankstellen (3x), Baumarkt (1x), Freibad (1x), Poststelle (1x) und Bank (1x)</i>	<i>111</i>
<i>Abbildung 64: Bewertung der vorhandenen Dienstleistungen (N=104)</i>	<i>112</i>
<i>Abbildung 65: Wahrgenommene Bedenken beim Einsatz autonomer Busse in ländlichen Regionen (N=104)</i>	<i>113</i>
<i>Abbildung 66: Wahrgenommene Vorteile beim Einsatz autonomer Busse in ländlichen Regionen (N=104)</i>	<i>113</i>
<i>Abbildung 67: Wahrgenommene Mängel des ÖPNV in ländlichen Regionen (N=144)</i>	<i>114</i>
<i>Abbildung 68: Alluvialdiagramm zur Identifizierung relevanter Use Cases</i>	<i>115</i>
<i>Abbildung 69: Bewertung von Aspekten bei der Verkehrsmittelwahl (N=115)</i>	<i>118</i>
<i>Abbildung 70: Relative Wichtigkeiten der Attribute im Vergleich zwischen den unterschiedlichen Dienstleistungen (N=115)</i>	<i>119</i>
<i>Abbildung 71: Teilnutzenwerte der einzelnen Levels im Vergleich zwischen Personen- und Warentransport (N=115)</i>	<i>120</i>
<i>Abbildung 72: Schematische Darstellung der untersuchten Faktoren</i>	<i>121</i>
<i>Abbildung 73: Wahrgenommener Nutzen des Einsatzes von autonomen Shuttlen für 3 unterschiedliche Use Cases (N=160)</i>	<i>122</i>
<i>Abbildung 74: Part-worth Utilities der einzelnen Faktoren im Vergleich (N=160)</i>	<i>122</i>
<i>Abbildung 75: Teilnutzenwerte der unterschiedlichen Aspekte (N=162)</i>	<i>124</i>
<i>Abbildung 76: Warenangebote in ländlichen Regionen (N=77)</i>	<i>125</i>
<i>Abbildung 77: Vertriebswege in ländlichen Regionen (N=77)</i>	<i>126</i>
<i>Abbildung 78: Anforderungen von Händlern an das autonome Fahrzeug (n=76) ..</i>	<i>127</i>
<i>Abbildung 79: Bedenken der Händler (n=76)</i>	<i>127</i>
<i>Abbildung 80: Nutzungsintention der Händler (n=76)</i>	<i>128</i>
<i>Abbildung 81: Häufigkeit Einkauf nach Warentyp (N = 95)</i>	<i>129</i>

Tabellenverzeichnis

<i>Tabelle 1: Liste der Konsortialpartner</i>	<i>15</i>
<i>Tabelle 2: Übersicht über die Meilensteine als Kriterien für die Eigenevaluation... 21</i>	<i>21</i>
<i>Tabelle 3: Arbeitspaket 3 - Ziele und Ergebnisse</i>	<i>52</i>
<i>Tabelle 4: Geschäftsmodell-Matrix Marktanalyse.....</i>	<i>79</i>
<i>Tabelle 5: Zusammenfassung Geschäftsmodell-Varianten</i>	<i>79</i>
<i>Tabelle 6: Übersicht der im Projekt durchgeführten Studien (HCIC).....</i>	<i>109</i>
<i>Tabelle 7: Rangliste der 3 wichtigsten weiteren Faktoren bei der Nutzung autonomer Shuttle (N=160) in wiederholter Abfrage unabhängig vom Nutzungskontext.....</i>	<i>123</i>
<i>Tabelle 8: Vergleich der Projekte LandLeuchten und APEROL</i>	<i>134</i>
<i>Tabelle 9: Liste der Veröffentlichungen</i>	<i>137</i>
<i>Tabelle 10: Liste der Veranstaltungen und Konferenzen</i>	<i>139</i>

Disclaimer

In dieser Arbeit wird aus Gründen der besseren Lesbarkeit das generische Maskulinum verwendet. Weibliche und anderweitige Geschlechteridentitäten sind dabei ausdrücklich mitgemeint, soweit es für die Aussage erforderlich ist.

1 Ziele des Verbundprojektes und Vorhabensbeschreibung

1.1 Zusammenfassung des Projektvorhabens

Das Projekt LandLeuchten beschäftigte sich mit der Konzeption und Umsetzung autonomer regionaler Bring- und (Personen-) Transportdienste im ländlichen Raum. Diese beinhalteten autonome Transportmittel und einen Informations- und Kommunikations-Service als zentrale Logistikplattform, die kontinuierlich alle zu transportierenden Güter und auszuführenden Dienste kontrolliert, steuert und optimiert ausführt.

Zur Umsetzung eines sicheren, planbaren und zuverlässigen Warenaustauschs wurde ein universell ausbau- und einsetzbares Streetscooter-Transportfahrzeug vom WZL in Aachen genutzt. Dieses wurde mit einem über den zentralen Informations-Service gesteuerten Zugang zu einzelnen Schließfächern und einem Kiosk-System erweitert und so für private und gewerbliche Transportaufgaben ausgerüstet bzw. umgebaut. Außerdem wurden im Projekt autonome Fahrfunktionen weiterentwickelt.

Neben automatisierten Transportfahrzeugen können potentiell zusätzlich aber auch private und lokale gewerbliche Fahrzeugbesitzer sowie Kurierdienste in das System integriert werden. Damit bietet LandLeuchten die Grundlage für ein hochflexibles lokales Transportnetz, das auch die Anbindung des ländlichen Raumes an das städtische Umfeld ermöglicht. Die Endanwendung umfasst ein Buchungs- und Marktplatzsystem zur Umsetzung der neuen umweltfreundlichen Mobilitäts- und Dienstkonzepte. Die Mobilitätsdienstleistungen wurden von und mit Bürgern und Unternehmen der Region erarbeitet, deren Anforderungen im Projektverlauf bei der Lösungsentwicklung berücksichtigt wurden. Das elektronische Servicesystem wurde so kontinuierlich funktional erweitert und von den Nutzern maßgeblich mitgetragen. Die Endanwendung wurde mit einem neuartigen sozialen Netz verknüpft, das Mobilitätsdienste und Bürgerpartizipation kombiniert.

Das System inkl. aller datenbasierten Dienste wurde unter Einsatz der neu entwickelten Smart-Contract-Technologie Fides bewusst offen und dezentral gestaltet. Die Daten für die Dienste fließen offen - über eine Smart-Contract-Struktur - in das System. Dazu werden auch die auf einer Maschinen-

Intelligenz basierenden Systementscheidungen mit dem gleichen Prinzip offen und verteilt in das System integriert. Auf diese Weise entstand ein cyber-physisches soziales Netz für mobile Dienste (CPMD): die offene Gestaltung ermöglicht es Bürgern, eigene neue Mobilitätsangebote einstellen zu können. Sie können so über das Netz Kontakt zu ihrer Nachbarschaft und letztlich zur gesamten ländlichen Region aufbauen. Ferner schafft das offene System die Voraussetzungen für Software-Entwickler, neue Algorithmen und Funktionalitäten im System zu ergänzen.

1.2 Bezug des Vorhabens zur Förderrichtlinie

Demografische Veränderung und gesellschaftliche Teilhabe: Die Landflucht führt zu einer Überalterung der ländlichen Räume. Besonders in Dörfern werden ältere und alleinstehende Menschen von der gesellschaftlichen Teilhabe (Einkaufen, Infrastruktur, Kultur, Dienstleistung) abgekoppelt, weil keine öffentlichen Verkehrsmittel zur Verfügung stehen. Durch die Abwanderung jüngerer Menschen in die Städte entsteht eine negative Sogwirkung durch eine zunehmende Geschäftsaufgabe lokaler Anbieter im Gewerbe-, Handels- und Dienstleistungsbereich. Das Projekt schafft durch die Integration der Zielgruppe neue, intelligente und kooperativ-entwickelte Lösungen und stärkt durch die Einbindung lokaler Unternehmen in digitale Geschäftsmodelle die regionale Wirtschaft vor Ort.

Versorgung im ländlichen Raum: Das Projekt LandLeuchten setzt an der Schnittstelle der Überalterung der Regionen und der Verknappung von Angeboten an, indem es eine planbare, von allen Bürgern nutzbare und offene, mitgestaltbare Mobilitätsplattform schafft. In Verbindung mit datengetriebenen Diensten, automatisierten Fahrzeugen und intelligenter Logistik können neuartige, adaptive und auf die Bedarfe der ländlichen Bevölkerung zugeschnittene Mobilitätsangebote bereitgestellt werden, die Gewerbe, Handel und Dienstleistungen mobil und digital integrieren sollen.

Gewährleistung und Verbesserung der Mobilität, Schaffung von Zugang: Mit der neu gestalteten Anschlussfähigkeit ländlicher Regionen an mobile Dienstleistungen entsteht nicht nur ein funktionaler (Einkauf, Dienstleistung), sondern vielmehr auch ein kultureller, kommunikativer und sozialer Mehrwert, der gerade für die alternde Bevölkerung und für die Erhaltung der Lebensfähigkeit ländlicher Räume von großer Bedeutung ist.

1.3 Gesamtziel des Vorhabens

1.3.1 Einführung, Motivation, Ausgangssituation

Die Wertschöpfungskette im Einzelhandel wird zunehmend durch global agierende Konzerne bestimmt. Durch die rasante Entwicklung des E-Commerce gelingt es großen Konzernen, über den Online-Handel neue Kundensegmente zu erschließen und Marktanteile zu gewinnen. Gerade im ländlichen Raum führt der starke Zuwachs im Online- und Versandhandel zu soziostrukturellen, wirtschaftlichen und logistischen Herausforderungen. Einzelhändler sowie kleine und mittelständische Unternehmen (KMU) können mit der umfassenden Informationsbereitstellung, sowie zeitnahen Auslieferung und günstigen Preisgestaltung großer, skalierbarer Onlineportale oft nicht mithalten.

Um die Wettbewerbsfähigkeit des lokalen ländlichen Einzelhandels sowie der KMU zu steigern, ist ein vernetztes, flexibles und lokales Wertschöpfungssystem unerlässlich. Die Entwicklung eines derartigen Systems kann durch die Integration neuer Technologien, innovativer Logistikkonzepte und autonom fahrender Transportmittel gelingen. Ein vernetztes lokales Wertschöpfungssystem bietet wirtschaftliche, soziale und ökologische Vorteile zur Stärkung des lokalen Handels und von KMU, dient aber auch dem Erhalt lebenswerter und lebendiger Sozialstrukturen im ländlichen Raum.

Voraussetzungen für eine erfolgreiche Realisierung und akzeptierte Umsetzung einer vernetzten Wertschöpfungskette sind:

1. ein sicherer, transparenter, zuverlässiger und intelligenter Austausch von Informationen zu Dienstleistungen zwischen allen Akteuren,
2. die Berücksichtigung sozial motivierter Wünsche und Strukturen der ländlichen Bevölkerung bei der Lösungsentwicklung,
3. ein schneller und zuverlässiger Austausch der Güter und Objekte zwischen verschiedenen Akteuren und
4. die Nutzung autonomer Fahrzeugplattformen.

1.3.2 Kernziele des Vorhabens und Projektidee

Das Projekt betrachtete zwei ländliche Modellregionen: die Eifel und den Hunsrück, beide von Strukturwandel und demographischer Veränderung geprägt. Das soziale und funktionale Überleben ländlicher Räume und die Wiederanbindung der Bevölkerung an Mobilitätsdienste, Handel und Einkaufsmöglichkeiten sowie Teilhabe an einem kulturell-sozialen Leben sind essentiell. Kernziel des Vorhabens war es, die Teilhabe in diesen Modellregionen zu verbessern. Dazu wurde eine Reihe von Szenarien und Use-Cases im Bereich der dezentralen verteilten Logistik und des regionalen Warentransports betrachtet. Grundsätzlich kann ein autonomes Fahrzeug Waren und (soziale) Dienste von der Stadt in ländliche Regionen bringen oder, umgekehrt, Personen oder Waren vom Land in die Stadt. Für die typischen Probleme der ländlichen Region, wie

1. kulturelle Teilhabe,
2. Mobilität für alle Generationen,
3. Versorgung mit Lebensmitteln und lokalen Produkten,
4. Zugang zu Dienstleistungen des Handwerks,
5. Kultur- und Freizeitgestaltung,
6. Anbindung des Dorfes an die Region

wurden exemplarische Dienste im Bereich Personentransport, Lieferlogistik, mobile Lokalität (Café, Geschäft, Kiosk, Kneipe) konzeptionell beschrieben. Im Projektverlauf wurden einzelne UseCases prototypisch umgesetzt und getestet.

Lösung: Technisch umgesetzt wurden diese Dienste mit Hilfe einer digitalen, offenen Marktplatzplattform, in der neue Dienste beliebig ergänzt und erweitert werden können. Die Daten werden den Akteuren transparent über das neu entwickelte Smart-Contract-System Fides zur Verfügung gestellt. Der Großteil der entwickelten Dienste kann auf Basis einer flexiblen, automatisiert fahrenden Fahrzeugplattform realisiert werden. Für die Umsetzung der Prototyp-UseCases im Projekt kam dabei ein Streetscooter als Versuchsplattform zum Einsatz. So konnten die Mobilitätsdienste mit Bürgern und Nutzern geteilt und im Realversuch auf Nachhaltigkeit und Akzeptanz geprüft werden.

Parallel wurden Geschäftsmodelle erarbeitet, um die wirtschaftliche Machbarkeit eines Echtbetriebes zu analysieren bzw. Randbedingungen hierfür zu erarbeiten.

1.3.3 Nebenziele des Vorhabens

Zusätzlich zu dem eigentlichen Projektziel kam im Verlauf des Projektes durch die Befragung potentieller Nutzer der Wunsch auf, dass Nutzer die Möglichkeit bekommen, das Lieferfahrzeug (für den Use Case „Kiosk“) spontan heranwinken zu können, um Waren des Sortiments käuflich zu erwerben.

Hierfür wurde im Projekt eine Kameraerkennung (CCTV) installiert. Diese ermöglicht es, über eine Kamera am Fahrzeug in Verbindung mit einem neuronalen Netzwerk eine winkende Person zu erkennen, so dass das Fahrzeug in diesem Fall den Befehl erhält, bei der erkannten Person am Straßenrand anzuhalten.

1.4 Beeinflussung der Zielerreichung durch unvorhergesehene Ereignisse

Die Arbeiten im Projekt LandLeuchten standen während der gesamten Laufzeit unter Einfluss verschiedener unvorhersehbarer Ereignisse.

1. Die wirtschaftliche Situation und Entwicklung beim Konsortialpartner e.GO verhinderte die Bereitstellung des ursprünglich vorgesehenen Testfahrzeugs (e.GO Mover).
2. Kontakteinschränkungen durch Covid 19 erschwerten die Zusammenarbeit der Konsortialpartner, insbesondere persönliche Treffen.
3. Technische Probleme am Steuergerät des Streetscooters: eine Ersatzbeschaffung war aufgrund mangelnder Verfügbarkeit von Ersatzteilen nicht möglich.

Aufgrund dieser Einschränkungen wurden die Zusammensetzung des Konsortiums und der Ablauf des Projektes wie folgt modifiziert:

- e.GO schied Ende des Jahres 2020 als Konsortialpartner aus dem Projekt aus. Da somit kein e.GO Mover als Entwicklungsplattform und Testfahrzeug bereitgestellt werden konnte, wurde stattdessen seitens des WZL ein Streetscooter bereitgestellt. Dadurch war es im Projekt nicht mehr möglich, eine Prototypenanwendung im Bereich Personentransport umzusetzen.

- Die Demonstration der autonomen Fahrfunktionen musste aufgrund der technischen Probleme des Streetscooters an einem e.GO Life-Fahrzeug erfolgen.
- Zusätzlich zum Test der autonomen Fahrfunktionen am Campus in Aachen wurden weitere Tests mit dem Streetscooter unter konventionellen Fahrbedingungen (mit Fahrer) zum Nachweis der Funktionalität der entwickelten Lösungen (Bestell- und Bezahlsystem, Anbindung PSItms, Schließfachsystem und Kiosk) durchgeführt.
- Die Laufzeit des Projektes wurde um 2 Monate verlängert, um den Abschluss der Entwicklung der Teilsysteme und die Durchführung der Testszenarien sicherzustellen.

Sämtliche Maßnahmen wurden mit dem Projektträger im Detail abgestimmt und durch diesen positiv begleitet und bewilligt.

Trotz aller Widrigkeiten konnten die angestrebten Teilziele des Projektes erreicht werden:

- **Softwareentwicklung:** Die Entwicklung gebrauchstauglicher und intuitiver User Interfaces/Apps, logistischer Schnittstellen sowie die Entwicklung von Systemen und Algorithmen zur optimalen Disposition eingesetzter Ressourcen wurde vollumfänglich umgesetzt.
- **Pilotbetrieb:** Der Tests mit einem autonomen Fahrzeug wurde auf dem Campus der RWTH Aachen erfolgreich durchgeführt.
- **Pilotbetrieb:** Die Tests des Zusammenspiels des Transportmanagementsystems PSItms mit dem Smart-Contract System Fides und den Apps erfolgten mit dem Streetscooter unter konventionellen Fahrbedingungen im Hunsrück und in Aachen inkl. Nutzer-/Öffentlichkeitsbeteiligung.
- **Übertragbarkeit:** Der Nachweis der adaptiven Entwicklung der technischen Subsysteme zur Übertragbarkeit auf andere Städte und Regionen konnte durch den zusätzlichen Test in der Verbandsgemeinde Hunsrück / Gemeinde Birkenfeld nicht nur konzeptionell erbracht, sondern unter Realbedingungen nachgewiesen werden.
- **Bürgerpartizipation:** Die Optimierung von Akzeptanz und öffentlicher Wahrnehmung wurde mit aktiver Bürgerbeteiligung durch Conjoint-Analysen erfolgreich realisiert.

2 Projekt-Konsortium

Konsortialpartner	Ansprechpartner / Vertreter mit Kontaktdaten	
PSI Logistics GmbH (PSI) - Konsortialführer	Dr. Giovanni Prestifilippo	Westfalendamm 100, 44141 Dortmund g.prestifilippo@psilogistics.com
Hochschule Trier Professur für Verteilte Systeme und Künstliche Intelligenz (UC)	Prof. Dr.-Ing. Guido Dartmann	University of Applied Sciences Trier Umwelt-Campus Birkenfeld Postfach 1826, 54208 Trier g.dartmann@umwelt-campus.de
Innoloft GmbH	Sven Pietsch	c/o digitalHUB Aachen Jülicher Straße 72a, 52070 Aachen s.pietsch@innoloft.com
RWTH Aachen University Lehrstuhl für Produktionssystematik (WZL)	Dr.-Ing. Georg Bergweiler Dr.-Ing. Maximilian Kuhn	Campus-Boulevard 30, 52074 Aachen m.kuhn@wzl.rwth-aachen.de
RWTH Aachen University Lehrstuhl für Communication Science (HCIC)	Prof. Dr. Martina Ziefle	Human-Computer Interaction Center Campus Boulevard 57, 52074 Aachen ziefle@comm.rwth-aachen.de

Tabelle 1: Liste der Konsortialpartner

Das Verbundvorhaben setzte sich aus Akademia (RWTH Aachen, Hochschule Trier), Akzeptanzforschung (HCIC), dem Werkzeugmaschinenlabor (WZL), einem Software-Entwickler (PSI) und einem Entwickler digitaler Geschäftsmodelle (Innoloft GmbH) zusammen. Das Konsortium deckte somit alle notwendigen Kompetenzen ab.

Die PSI verfügt über das Wissen und die Kompetenz zur Steuerung und Planung von Transportsystemen, die nach unterschiedlichen und komplexen Parametern optimiert werden können. Die komplette Transportsteuerung (Planung, Durchführung, Abrechnung) erfolgte durch Lösungen der PSI.

Die Arbeitsgruppe Verteilte Systeme und Künstliche Intelligenz am UC besitzt Erfahrung in der verteilten mathematischen Optimierung, der Entwicklung von innovativen verteilten Systemen sowie mit Da-

tenanalysen und KI¹. Der UC und die PSI fokussierten sich im Projekt auf die Untersuchung und Bereitstellung digitaler Benutzerschnittstellen, Applikationen und Lösungen der IT-Infrastruktur, insbesondere im Hinblick auf die Transportsteuerung und die Umsetzung der offenen, Smart-Contract-basierenden Plattform Fides.

Die Rolle des WZL lag im Aufbau und der Bereitstellung einer Hardwareplattform für den Gütertransport sowie in der Organisation eines mehrstufigen Pilotbetriebs. Des Weiteren verantwortete das WZL die integrierte Entwicklung der automatisierten Fahrfunktionen in das Hardwarekonzept (Schnittstellen zwischen Fahrzeug-Hardware und IT-Infrastruktur).

Das HCIC übernahm die empirisch-experimentelle Beschreibung nutzerseitiger und akzeptanzrelevanter Anforderungen an die entwickelten Lösungen, insbesondere an den automatischen Verkehr. Es identifizierte Nutzerprofile, erhob kontextadaptive Nutzungsbedingungen für den Umgang mit persönlichen Daten sowie für neue von den Bürgern gewünschte Mobilitätsservices. Für die Bewertung des Pilotbetriebs übernahm das HCIC die formative Evaluation und spiegelte die Ergebnisse zur iterativen Optimierung der Lösungskomponenten an die technischen Partner zurück.

Die Innoloft GmbH, eine Ausgründung der RWTH Aachen, befasste sich mit der Entwicklung digitaler Geschäftsmodelle mit Fokus auf den Bereichen Energie und Mobilität. Im Projekt LandLeuchten wurden nachhaltige Geschäftsmodelle entwickelt, die sich langfristig selbständig tragen sollen.

Jenseits der für den Verbund des Förderprojektes LandLeuchten formulierten Ziele sind im Folgenden die Ziele jedes Verbundpartners aufgelistet.

RWTH Aachen WZL:

- **Ziel 1:** Erarbeitung der technischen Integrationsmöglichkeiten für Kommunikations-, Nutzerschnittstellen- und Dienstkomponenten auf Basis einer flexiblen Fahrzeugplattform.
- **Ziel 2:** Gezielte Strukturierung und Darstellung der Anforderungen und Rahmenbedingungen des automatisierten Fahrens im ländlichen Raum, insbesondere im Kontrast zu urbanen Regionen.
- **Ziel 3:** Modifikation eines automatisierten Fahrzeuges für zwei Dienste im Projekt unter Integration der gemeinsam entwickelten Benutzerschnittstellen und Innenraumkonzepte.

¹ <https://www.umwelt-campus.de/gdartmann/forschungsthemen/>

- **Ziel 4:** Unterstützung des Planungsverfahrens für automatisierte Fahrbetriebe im Konsortium in der Rolle als beratende Experten.
- **Ziel 5:** Prototypische Durchführung der Testbetriebe zweier Dienste auf Basis des Streetscooters in den Modellregionen.

Innoloft GmbH:

- **Ziel 1:** Kopplung der in LandLeuchten entwickelten Geschäftsmodelle an das Produktportfolio von Energieversorgern und Stadtwerken, um Skalierung der entwickelten Lösungen zu erreichen.
- **Ziel 2:** Entwicklung von digitalen Austauschformaten zwischen Betreibern, um bestehende Vertriebskanäle für Upselling zu nutzen, und so Skalierung und Vertrieb der entwickelten Lösungen zu erreichen.
- **Ziel 3:** Verprobung der UseCases an lokaler Bevölkerung zur Validierung der gewählten Vertriebs- und Marketingkanäle, um anschließende Skalierung zu erleichtern.
- **Ziel 4:** Evaluation der finanziellen Tragfähigkeit des in LandLeuchten entwickelten Geschäftsmodelle auch im Hinblick weiterer Mobilitätsangebote im Bereich autonome Logistik
- **Ziel 5:** Evaluation von Fortführungsmöglichkeiten der in LandLeuchten entwickelten UseCases in Form eines eigenen Startups.

RWTH Aachen HCIC:

- **Ziel 1:** Partizipative Entwicklung und Identifikation von Diensten und Gestaltungsvorschläge für autonome Mobilitätsdienstleistungen.
- **Ziel 2:** Akzeptanzkartographie – Aufstellung der wichtigsten Pro- und Kontranutzungsmotive bei der Nutzung autonomer Dienste und Identifikation ihrer Skalierbarkeit (was müsste gegeben sein, damit die Bürger und Bürgerinnen solche Dienste nutzen).
- **Ziel 3:** Einordnung der lokalen Ergebnisse in die öffentliche Wahrnehmung anderer geographischer Regionen in Deutschland (standortübergreifende Erhebung).
- **Ziel 4:** Übersicht über die “User Diversity” der Akzeptanzanforderungen – Alter, Geschlecht, Privacy-Bedürfnisse.

- **Ziel 5:** Integration der in LandLeuchten bearbeiteten Themen, der Methodenentwicklung und der gesellschaftlichen Aufgaben durch autonome Mobilität in die Lehre.

PSI Logistics GmbH:

- **Ziel 1:** Dokumentation der erkannten und erarbeiteten technischen Anforderungen und Randbedingungen zur Umsetzung der Use Cases. Dies bildet die Grundlage für die Entwicklung der erforderlichen Ergänzungen des Systems PSItms, um dieses auf die elektro-mobilen und durch autonomes Fahren ermöglichten neuen Dienste vorzubereiten und zu erweitern.
- **Ziel 2:** Anbindung des PSItms an die Kommunikationsinfrastruktur sowie Dienste des Smart-Contract-Systems Fides.
- **Ziel 3:** Entwicklung der Grundlagen für eine auf Datenfusion und KI basierende Optimierung der Dienste. So entsteht ein Framework, das die Optimierung der Mobilitätsdienste der Plattform ermöglicht.
- **Ziel 4:** Entwicklung eines Cloud-Servers für die Mobilitäts-Apps zur Unterstützung des schnellen Prototypings, der später für Monitoring-Dienste eingesetzt werden kann.
- **Ziel 5:** Entwicklung des Software-Backends zur Anbindung eines Marktplatzes zur Bereitstellung und flexiblen Integration neuer Dienste.

Umwelt-Campus:

- **Ziel 1:** Implementierung einer zentralen Plattform für die Datenfusion und für die zentralistische Umsetzung der Dienste und die Identifikation von drei Diensten in Zusammenarbeit mit dem HCIC sowie die Identifikation von konkreten Kooperationspartnern im ländlichen Raum, die die Entwicklung der Dienste begleiten und hinsichtlich messbarer Kriterien (Anzahl möglicher Kunden, Datensicherheit, Skalierbarkeit) bewerten.
- **Ziel 2:** Entwicklung eines Konzeptes und dessen Implementierung für die verteilte Umsetzung der Dienste und Smart-Contracts. Hier sollen die Dienste aus Ziel 1 verteilt umgesetzt werden.
- **Ziel 3:** Aufbau einer LoRaWAN-Infrastruktur, so dass die Dienste exemplarisch in drei Feldversuchen getestet werden können und ein Konzept für die Implementierung eines "Mobility-Gateways für die Unterstützung der Übertragung von Transaktionen" vorschlagen.



- **Ziel 4:** Umsetzung eines Dienst-Markplatzes als Web-Plattform und Demonstration von drei Diensten im Rahmen der Feldversuche und Umsetzung einer App für die Präsentation der Dienste.
- **Ziel 5:** Entwicklung einer Tourenplanung für mindestens drei Dienste und Implementierung der Tourenplanung in einer Software und Anbindung an die APIs, bzw. Apps.

3 Beschreibung des Projektablaufes

Die Arbeitspakete der Anwendungsszenarien (AP1) und darauf aufbauenden Geschäftsmodelle in ihrer Realisierung im Pilotbetrieb und nachfolgender Evaluation (AP6 - AP8) wurden in einen iterativen Modellierungsprozess integriert. Unterstützend bildeten die Arbeitspakete AP2 - AP5 eine technologische Basis im Gesamtprojekt zur Abdeckung der fahrzeug-, informations- und applikationstechnischen Arbeiten im Projekt und ihrer prototypischen Umsetzung. Die Verbundkoordination wurde von der PSI übernommen. Eine Übersicht über die operativen Arbeitspakete und deren Integration in die Projektstruktur gibt nachstehende Abbildung.

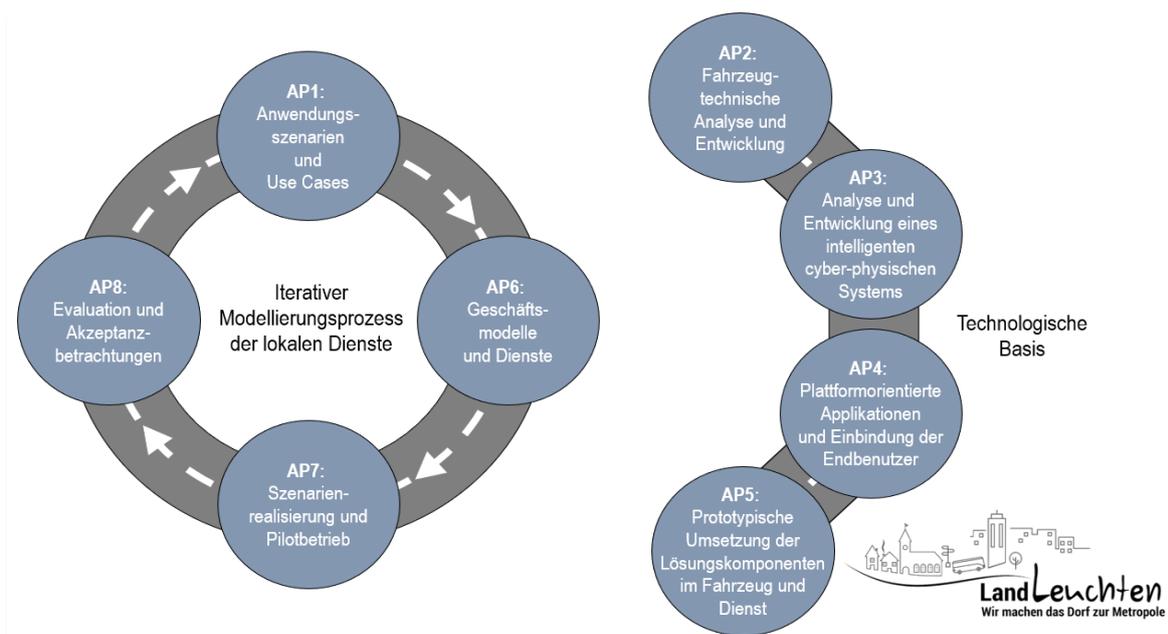


Abbildung 2: Schematische Darstellung der operativen Arbeitspakete und ihrer Verschränkung im Modellierungsprozess.

3.1 Meilensteine und Gantt-Chart für das Gesamtprojekt

Durch die eng verzahnte Planung der Arbeitspakete und der Projektpartner innerhalb und über die Arbeitspakete hinweg entstand eine engmaschige Prüfprozedur, in der etwaige Verzögerungen in Planung und Umsetzung gemeinsam erkannt und gelöst werden konnten. Dies minimierte Risiken und

ermöglichte eine abwägende Vorausplanung der nächsten Schritte. Ein weiteres Kontrollinstrument für den Umsetzungserfolg waren 14-tägige Statusmeetings, in denen sich die Projektpartner über den Stand der Arbeiten an den Arbeitspaketen informierten und die nächsten Schritte koordinierten. Hilfreich war auch die langjährige vertrauensvolle Zusammenarbeit zwischen den Partnern.

Die zeitliche Einordnung der Arbeitspakete und Abläufe innerhalb des Projektes sind in nachstehender Abbildung gezeigt. Zur externen Validierung gab es die in Tabelle 2 aufgeführten kritischen Meilensteine.

	Arbeitspakete und Meilensteine	2020	2021				2022				2023
		Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1
AP 1	Anwendungsszenarien und Use Cases	[Bar chart showing activity from Q4 2020 to Q3 2021]									
MS 1	Use-Case-Definition, Beginn Dienstentwicklung, Start iterative Bürger-Integration		◆								
AP 2	Fahrzeugtechnische Analyse und Entwicklung		[Bar chart showing activity from Q1 2021 to Q3 2021]								
AP 3	Analyse und Entwicklung eines intelligenten cyber-physischen Systems CPMD	[Bar chart showing activity from Q4 2020 to Q4 2022]									
AP 4	Plattformorientierte Applikationen und Einbindung der Endbenutzer		[Bar chart showing activity from Q2 2021 to Q4 2021]								
AP 5	Prototypische Umsetzung der Lösungskomponenten im Fahrzeug und Dienste		[Bar chart showing activity from Q1 2021 to Q4 2021]								
AP 6	Geschäftsmodelle und Dienste		[Bar chart showing activity from Q1 2021 to Q4 2021]								
MS 2	Beginn der komponentenweisen Erprobung der Dienste und erste Testfahrten					◆					
AP 7	Szenarienrealisierung und Pilotbetrieb					[Bar chart showing activity from Q4 2021 to Q4 2022]					
MS 3	Mit den Bürgern definierte Dienste, Geschäftsmodelle und Gestaltungsvorschläge						◆				
AP 8	Evaluation und Akzeptanzbetrachtungen		[Bar chart showing activity from Q2 2021 to Q4 2021]								
MS 4	Fertiger Prototyp und Dienste für die finale Überführung in die 5. Technologiestufe									◆	

Abbildung 3: Projektplanung und Einordnung der Arbeitspakete im LandLeuchten-Projekt.

Meilenstein	Monat	Beschreibung / Ergebnisse
M1	6	Finale Use-Case-Definition. Beginn der Dienstentwicklung. Start der iterativen Integration von Bürgern.
M2	12	Beginn der komponentenweisen Erprobung der Dienste und erste Testfahrten
M3	18	Von den Bürgern definierte Dienste, Geschäftsmodelle und Gestaltungsvorschläge
M4	27	Fertiger Prototyp und Dienste für die finale Überführung in die 5. Technologiestufe

Tabelle 2: Übersicht über die Meilensteine als Kriterien für die Eigenevaluation.

4 Beschreibung der wissenschaftlich-technischen Ergebnisse

4.1 Anforderungsmanagement, Anwendungsszenarien und Use Cases

Das Arbeitspaket 1 zu Anforderungsmanagement und Anwendungsszenarien stellte den Beginn des Projekts dar. Zu den wichtigsten Zielen gehörte die Identifikation und Bewertung von Use Cases für die in LandLeuchten entwickelte cyberphysische Mobilitätsplattform sowie die Auswahl der für den Projektprototyp umzusetzenden Use Cases dar. Darauf aufbauend sollten dann Anforderungen nichttechnischer und technischer Natur abgeleitet werden, die als Grundlage für weitere Arbeitspakete dienen sollten. Abschließend sollte eine gemeinsame Perspektive der zu implementierenden Komponenten sowie deren für die Implementierung verantwortlichen Projektpartner in einem Systembild konkretisiert werden.

Im Rahmen der initialen Anforderungsanalyse wurden Anwendungen und Use Cases einer cyberphysischen Mobilitätsplattform im ländlichen Raum identifiziert. Dazu wurden zunächst Ideen aus dem Projektkonsortium gesammelt, unter anderem während des Kickoffs, das zugleich das Projekt und das erste Arbeitspaket einleitete, sowie während eines Workshops am Umweltcampus in Birkenfeld. Zunächst wurden die Use Cases nicht detailliert ausgearbeitet, sondern lediglich so grob umrissen, um eine Klassifikation und anschließende Konsolidierung zu ermöglichen. Die initialen Use Cases konnten vor allem danach unterschieden werden, ob der Transport von Gütern und Personen (Klasse „Transport“) oder die Bereitstellung einer Dienstleistung an einem festen Ort im Zentrum steht. Anschließend wurden ähnliche Use Cases gruppiert. Damit ergab sich die folgende initiale Liste an Use Cases:

- Use Cases: Transport
 - Lieferungen von Paketen, Lebensmitteln, Medikamenten o.Ä.
 - Party- oder weitere On-Demand-Fahrdienste mit sehr kurzem Planungshorizont
 - Fahrdienste, deren Zeitplan über einen längeren Zeitraum stabil bleibt, wie etwa ein Pendler- oder Schulbus-Betrieb
- Use Cases: Mobiles Angebot

- Ladenlokale für Heimwerker-Bedarf, Lebensmittel aus ökologischem Anbau o.Ä.
- Shared Offices
- Handwerkliche Dienstleistungen: Frisöre, Reifenwechsel, Telemedizin o.Ä.
- Ladestationen für batterieelektrische Fahrzeuge
- Gastronomische Angebote wie Cafés
- Sharing-Economy-Angebote, etwa Bibliotheken

Im nächsten Schritt wurden die Use Cases auf ihre Machbarkeit hin überprüft. Diese Prüfung wurde ungeplant hart eingeleitet: Nach der Erfassung der initialen Liste an Use Cases wurde bekannt, dass der ehemalige Konsortialführer e.GO Mobile AG sowie der Partner e.GO Digital das Projekt nicht länger begleiten werden. Statt des e.GO Movers sollte als Fahrzeug für die Umsetzung der Use Cases ein eher auf warenlogistische Anwendungen ausgerichteter Streetscooter genutzt werden, der vom neu ins Projektkonsortium aufgenommenen Partner WZL bereitgestellt wurde. Dieser Streetscooter ist nicht auf den Transport von Personen ausgelegt und auch nicht dafür zugelassen. Damit entfielen sämtliche derartigen Use Cases, also konkret die Use Cases der Klasse „Transport“, abgesehen von den Lieferdiensten.



Abbildung 4: Streetscooter des WZL zum Projekteintritt

Die Machbarkeitsprüfung umfasste außerdem Betrachtungen dazu, ob die Use Cases in der vorgegebenen Zeit vom Konsortium umgesetzt werden konnten, da der Implementierungsaufwand für einen

entsprechenden Prototyp stark vom Use Case abhängt. Ferner wurde berücksichtigt, ob die rechtlichen Rahmenbedingungen für die Umsetzung gegeben sind, und dem Projektkonsortium die zur Umsetzung erforderlichen Mittel zur Verfügung standen.

Auf der Nutzerseite wurde diese Machbarkeitsuntersuchung ergänzt durch Ergebnisse des HCIC aus Bürgerbefragungen. Dabei wurden etwa Einschätzungen der Befragten zum Nutzen und zur Akzeptanz der einzelnen Use Cases erfasst. Die Erkenntnisse aus diesen Befragungen haben sich im weiteren Projektverlauf nicht nur auf die Auswahl der umzusetzenden Use Cases ausgewirkt; sie wurden auch zur Ableitung nichttechnischer Anforderungen verwendet und haben den neuen Strang von Aktivitäten rund um das Heranwinken des Fahrzeugs durch Passanten begründet.

Nach Abschluss der Machbarkeitsprüfungen wurden folgende Use Cases zur prototypischen Umsetzung ausgewählt:

- Lieferdienst
- Mobiler Kiosk
- Ressourcen-Buchung

Der Use Case zur Ressourcen-Buchung war nicht in der initialen Liste an Use Cases enthalten, weil bei der Ideensammlung Anwendungen im Fokus standen, bei denen das Fahrzeug im Mittelpunkt steht. Die Ressourcen-Buchung ist allerdings eher allgemein gehalten, soll eine weitere Anwendungsmöglichkeit der im Zentrum des LandLeuchten-Systems stehenden verteilten Vertragsplattform Fides demonstrieren, und wurde daher erst verhältnismäßig kurzfristig vorgestellt und ausgewählt. Konkret sollte die Buchung eines Workshops umgesetzt werden.

Die ausgewählten Use Cases deckten damit das identifizierte Spektrum an Use-Case-Klassen ab: beim Lieferdienst steht der Transport von Gütern im Mittelpunkt, der Kiosk adressiert das Defizit eines stationären Angebots im ländlichen Raum, und die Workshop-Buchung beleuchtet die darunterliegende cyberphysische Plattform selbst und kommt ohne ein Fahrzeug aus.

Diese Use Cases wurden im Anschluss detaillierter und entlang einer einheitlichen Struktur beschrieben, um sicherzustellen, dass alle Projektpartner ein möglichst gleiches Zielbild haben. Die detailliertere Ausarbeitung bestand dabei jeweils aus der genaueren Problembeschreibung, einer Skizze zur

Lösung des Problems, einer Komponentenanalyse, den beteiligten Lieferanten und Partnern, anfänglichen Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen sowie einem Vorschlag zur technischen Umsetzung.



CPMD Plattform

Mobilität im ländlichen Raum

Use Case 1 – Kategorie Dienstleistung

Der mobile Bio-Laden mit regionalen Lebensmitteln für Stadt und Land

Problemstellung

Kleine landwirtschaftliche Betriebe aus dem ländlichen Raum haben es gegen die großen Lebensmittellieferanten schwer, ihre Produkte zu vertreiben. Vor allem der Preiskampf der großen Supermarkt- und Discounter-Ketten, die in städtischen Gebieten in sehr hoher Dichte vorzufinden sind, stellen die Betriebe vor Herausforderungen.

Gleichzeitig gewinnt der Konsumententrend für nachhaltige und regionale Lebensmittel immer mehr an Bedeutung. Mangelnde Transparenz bei Lebensmitteln beschränken die Konsumenten beim Kauf dieser Produkte. Zusätzlich müssen Bewohner ländlicher Regionen in die Stadt zum Supermarkt fahren, um Lebensmittel zu bekommen. Eine noch größere Herausforderung ist der Kauf von Produkten aus dem Bio-Laden, da diese in der Regel eine geringere Dichte aufweisen. Die Bewohner sind somit stark auf Mobilität für ihren Lebensmitteleinkauf angewiesen.

Lösungsbeschreibung

Der mobile Bio-Laden soll die aktuellen Probleme sowohl der Landwirte als auch der Konsumenten, die

Abbildung 5: Auszug aus einer detaillierten Ausarbeitung für den Use Case „Lieferdienst“ mit dem ursprünglich zur Umsetzung vorgesehenen e.GO Mover der e.GO Mobile AG.

Zur detaillierteren Planung der Implementierung in weiteren Arbeitspaketen mussten Anforderungen aus den ausgewählten Use Cases abgeleitet werden. Zunächst wurden dabei nichttechnische Anforderungen betrachtet, die sich vor allem aus Sicht der Personen ergeben, die mit dem System später in-

teragieren sollten. Aus diesen ergaben sich dann wiederum die technischen Anforderungen. Beispielsweise wurde aus Befragungen des HCIC zum Use Case Kiosk ersichtlich, dass potenzielle Kunden sich die Möglichkeit gewünscht haben, einen vorbeifahrenden Kiosk mit einer einfachen Geste zum Halten zu bringen, um dann unmittelbar dessen Angebot in Anspruch nehmen zu können. Aus dieser nicht-technischen Anforderung ergab sich auf technischer Seite, dass das Fahrzeug mit einer Außenkamera ausgestattet werden und in der Lage sein musste, der cyberphysischen Plattform mitzuteilen, dass eine winkende Person detektiert wurde, da sich ein außerplanmäßiger Halt auf die weitere Disposition des Fahrzeugs durch die Plattform auswirkt.

Bei einem Lieferdienst muss sichergestellt sein, dass Waren, die darüber bestellt werden, auch bei demjenigen ankommen, der die Bestellung getätigt hat. Außerdem müssen Manipulationen an den Waren auf dem Transportweg ausgeschlossen werden können. Daraus ergab sich die technische Anforderung von verschließbaren Fächern im Fahrzeug, die nur durch einen Händler zum Befüllen und dann erst wieder nach geeigneter Authentifizierung des Endkunden geöffnet werden können.

Sowohl nichttechnische als auch technische Anforderungen wurden für die cyberphysische Plattform, für die darauf implementierten Dienste und für das Fahrzeug jeweils separat erfasst. So war für jeden Projektpartner klar dokumentiert, welche Anforderungen für die Implementierung der jeweils eigenen Komponenten maßgebend waren.

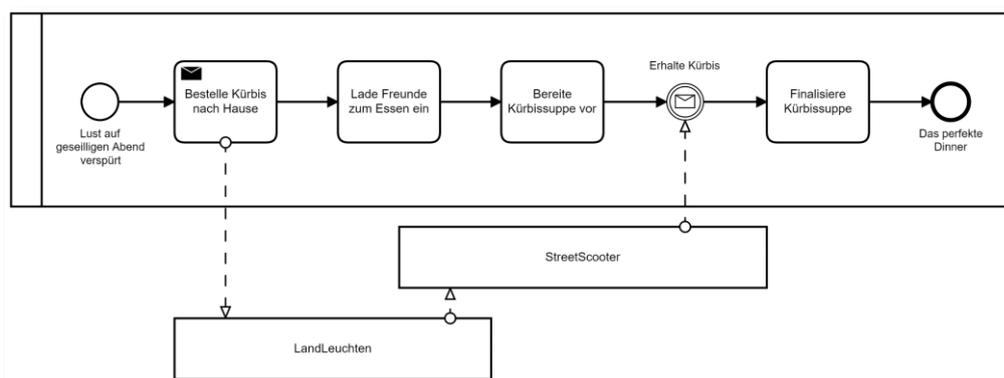


Abbildung 6: Beispiel eines zur Analyse der nichttechnischen und technischen Anforderungen erstellten Prozessdiagramms in Form eines Business Process Models.

Zur Evaluation der prototypisch umgesetzten Use Cases hat das Projektkonsortium eine Reihe von Testszenarien entworfen, in denen unterschiedliche Teile des Systems evaluiert werden sollten:

- **Hauspost:** Der Use Case „Lieferdienst“ wurde mit den Umweltcampus bereits zur Verfügung stehenden Mitteln, insbesondere dem autonomen Indoor-Fahrzeug Posty, im Kleinen umgesetzt.
- **Lokaler Einzelhandel für regionale Produkte:** Der Use Case „Lieferdienst“ wurde auf den Streetscooter des WZL übertragen und das operative Transportmanagementsystem PSItms als Dienst der Fides-Plattform implementiert und mit dem Fahrzeug integriert. Probanden konnten Eis eines lokalen Anbieters über die Plattform bestellen.
- **Mobiler Kiosk:** Der Ausbau des Streetscooters für den Use Case „Kiosk“ wurde Probanden zur Evaluation bereitgestellt.
- **Workshop-Buchung:** Eine konkrete Ausprägung des Use Cases „Ressourcen-Buchung“ wurde ohne Beteiligung eines Fahrzeugs getestet.
- **Autonome Fahrfunktionen:** Die autonomen Funktionen des Fahrzeugs inklusive der Möglichkeit, dem Kiosk durch Heranwinken einen Haltewunsch zu signalisieren, wurden separat getestet.

Abgeschlossen wurde die Anforderungsanalyse durch die Erstellung eines Systembildes, das alle zu implementierenden Komponenten sowie die Informationsflüsse untereinander deutlich macht. Aus diesem Bild haben sich in weiteren Arbeitspaketen nicht nur die zu implementierenden Funktionen ergeben, sondern auch die Schnittstellen, die die Komponenten zur Nutzung dieser Funktionen bereitstellen mussten.

LandLeuchten Gesamtsystem

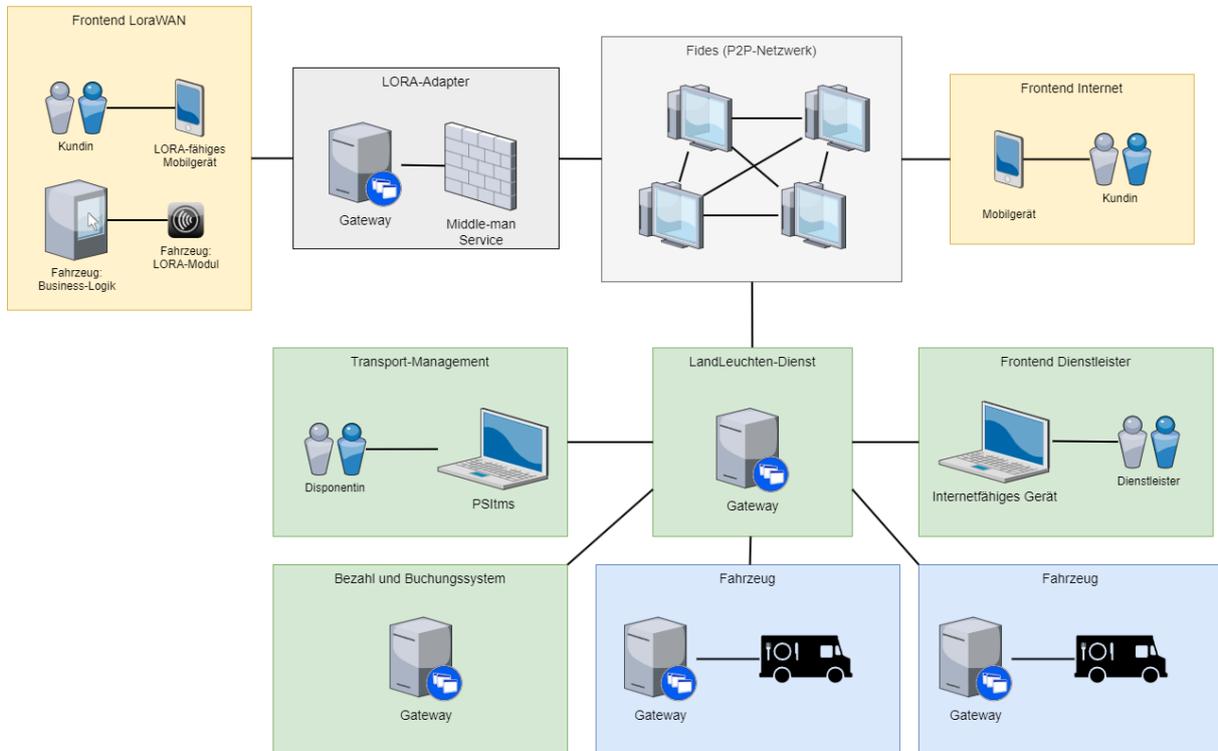


Abbildung 7: Gesamtbild der an der in LandLeuchten implementierten cyberphysischen Mobilitätsplattform beteiligten Komponenten mit Endgeräten für Kunden über verschiedene Kommunikationswege. Zwischen über Linien verbundene Komponenten findet eine direkte Kommunikation statt. Die Farbe der Komponenten deutet an, welcher Projektpartner für die Umsetzung der Komponente verantwortlich war.

4.2 Plattformorientierte Applikationen und Einbindung der Endbenutzer

Das Arbeitspaket 4 hatte zum Ziel, einen Mobilitätsdienst für die verteilte Vertragsplattform Fides des Umweltcampus zu implementieren, um die cyberphysische Mobilitätsplattform zu vervollständigen. Außerdem musste eine Clientsoftware zur Verwendung durch Endkunden umgesetzt werden. Die Umsetzung von Fides selbst war nicht Gegenstand dieses Arbeitspaketes, sondern von Arbeitspaket 3. Die fahrzeugseitigen Funktionen wurden in Arbeitspaket 5 umgesetzt.

Der Mobilitätsdienst wurde als Mediator zwischen dem operativen Transportmanagementsystem PSItms, dem Fahrzeug des WZL und der Plattform Fides des Umweltcampus entworfen. Die letzteren beiden bilden keinerlei Businesslogik der umzusetzenden Use Cases ab. Das PSItms wurde dabei als Backend zur Verwaltung einer Flotte, zum Erfassen von Transportbedürfnissen, deren Zerlegung in Transportabschnitte, dem Berechnen von Touren sowie der Zuweisung von Touren zu Fahrzeugen genutzt. Jegliche Businesslogik der Use Cases, insbesondere des Lieferdienstes, die über dieses allgemeine Transportmanagement hinausgeht, war somit im Mobilitätsdienst abzubilden.

Einige für ein Transportmanagementsystem unübliche Anforderungen ergaben sich dabei direkt aus der Liste umzusetzender Use Cases aus Arbeitspaket 1: Es musste das PSItms durch den LandLeuchten-Adapter zu einer Service-Plattform ausgebaut werden, der die nötigen Schnittstellen bereitstellt, um von außen via Fides-App etwa auf einem Smartphone oder sonstigen Endgeräten von Kunden mit Transportbedürfnissen befüllt werden kann. Auch wurde ein Autorisierungsmechanismus inklusive einer Schließfachverwaltung notwendig. Einige Lieferdienste, etwa für verderbliche Lebensmittel, haben außerdem eine im Vergleich zu sonstigen warenlogistischen Prozessen geringere Toleranz bezüglich der Pünktlichkeit und Zuverlässigkeit. Es sollten außerdem Lieferdienste mit sehr geringem Vorlauf ermöglicht werden, um etwa morgens Zutaten zum Zubereiten des Mittagessens o.Ä. zu erlauben. Der Planungshorizont des LandLeuchten-Dienstes muss so die volle Bandbreite von unmittelbaren bis hin zu langfristig geplanten Transportbedürfnissen abdecken.

Weitere neue Anforderungen ergaben sich vor allem aus dem geplanten autonomen Fahrbetrieb des im Prototyp eingesetzten Fahrzeugs des WZL. Wo einem menschlichen Fahrer vielleicht die Information darüber ausreicht, wann er an welchem Ort auf einer Tour sein soll, braucht ein autonomes Fahrzeug deutlich mehr Informationen darüber, wie es zum jeweils nächsten Ziel kommt. Da sich außerdem

(wiederum Use-Case-getrieben) jederzeit die Planung durch neue Transportbedürfnisse ändern kann, muss der LandLeuchten-Dienst stets ein genaues Bild von allen Transportbedürfnissen und der genauen Lage der Fahrzeuge haben, um einerseits die Planung sinnvoll fortzuschreiben, und andererseits den autonomen Fahrzeugen jederzeit deren nächsten Schritt kommunizieren zu können. Die von InnoLoft durchgeführten Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen zum Betrieb im ländlichen Raum haben ergeben, dass einige Use Cases erst dann überhaupt wirtschaftlich dargestellt werden können, wenn Personalkosten in ausreichendem Maße eingespart werden. Dies sowie der möglicherweise sehr kurze Planungsvorlauf haben eine vollautomatische Disposition ohne manuelles Eingreifen durch einen Disponenten notwendig gemacht.

Für einen effizienten Einsatz der Fahrzeugflotte ist es erforderlich, dass ein Fahrzeug möglichst viele Kunden auf einmal beliefern kann. Die Transportbedürfnisse sind dabei jedoch nicht, wie sonst oft üblich, a priori bekannt, sondern treffen teilweise erst ein, wenn bereits Fahrzeuge unterwegs sind. Man kann leicht Fälle konstruieren, in denen ein Fahrzeug im Idealfall zusätzlich einen Kunden bedient, dessen Auftrag erst dann bekannt wird, wenn das Fahrzeug bereits unterwegs ist. Dazu muss allerdings die Disposition der Fahrzeuge flexibel sein: Jedes Mal, wenn ein Transportbedürfnis bekannt wird, muss idealerweise die Tourenplanung für die gesamte Flotte und alle Transportbedürfnisse neu berechnet werden, unter Berücksichtigung der bereits angekündigten Ankunftszeiten und der bereits erfolgten Beladung einiger Fahrzeuge. Wird dadurch einem Fahrzeug ein zusätzlicher Transportabschnitt zugewiesen und somit seine Tour erweitert, hat das Auswirkungen auf alle nachfolgenden Ankunftszeiten. Diese dürfen somit nicht als Zeitpunkte angekündigt werden, sondern als Zeitfenster, die im Interesse der Kunden möglichst klein sein sollten. Bei größerer Flexibilität in der Planung werden größere Zeitfenster nötig. Sie können allerdings kleiner gewählt werden, wenn wir Ankunftszeiten zuverlässiger und genauer berechnen können.

Für diese erhöhten Anforderungen an die Pünktlichkeit bzw. genaue Vorhersage der Ankunftszeit und deren Ankündigung beim Kunden haben dazu geführt, dass das übliche statische Verfahren für die Berechnung der Routen sowie deren Dauern zwischen zwei Tour-Stopps nicht ausreichend waren. Daher wurde der vom PSItms verwendete Routing-Algorithmus prototypisch dahingehend ausgebaut, dass stets die aktuelle Verkehrslage berücksichtigt wird. Diese Zusatzinformationen werden nicht nur dazu genutzt, die Dauer einer Route besser zu schätzen, und damit dem Kunden ein besseres Bild über

die Ankunftszeit zu vermitteln. Sie werden darüber hinaus genutzt, um in entsprechenden Verkehrslagen auf alternative Routen auszuweichen, und damit in nicht exklusiv genutzten und damit de facto gestörten Straßennetzen mehr Transportbedürfnisse befriedigen zu können.

Der im Prototyp eingesetzte Streetscooter ist außerdem ein batterieelektrischer Transporter. Die Ladevorgänge elektrischer Fahrzeuge erfordern erheblich mehr Zeit als die Tankvorgänge von Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor und haben daher einen signifikanten Einfluss auf die Planung der Touren. In einigen Szenarien ohne Nachtbetrieb und mit menschlichen Fahrern mag es ausreichend sein, die Fahrzeuge über Nacht zu laden; die maximale Tourlänge ist ohnehin durch die Lenk- und Ruhezeiten der Fahrer eingeschränkt. Diese Restriktionen entfällt allerdings bei autonomen Fahrzeugen, so dass Ladevorgänge als Teil der Touren eingeplant werden müssen. Auf Basis des PSItms wurde daher ein Prototyp entwickelt, der ein Konzept von Fahrzeugbatterien und deren Ladezustand sowie von Ladesäulen und Ladestops hat. Der Prototyp berücksichtigt den maximalen Ladezustand, die Laderate an Ladesäulen sowie die Entladerate pro Kilometer, um bedarfsgerecht Ladestops auf jeder Tour einzuplanen. Dazu wurde das Konzept der Lenk- und Ruhezeiten verallgemeinert zu einem „Potenzial“, das während der Fahrt abgebaut wird. Unter bestimmten Umständen wird dieses Potenzial erneuert: Bei Lenk- und Ruhezeiten sind es etwa Pausen gemäß den gesetzlichen Vorgaben, und bei batterieelektrischen Fahrzeugen der Ladezustand der Fahrzeugbatterie. Die Touren werden so geplant, dass kein Potenzial zu irgendeinem Zeitpunkt auf der Tour unter 0 fällt. Es werden außerdem Toleranzen berücksichtigt, um Verzögerungen und sonstige Störungen während der Tour abfangen zu können. Außerdem wird die für das Laden der Batterie benötigte Zeit bei eingeplanten Ladestops in der weiteren Planung berücksichtigt.

Das PSItms wird üblicherweise über mitgelieferte Clientsoftware und in geringerem Maße über mobile Datenterminals bedient. In LandLeuchten war es jedoch vorgesehen, dass Verträge zwischen einem Dienstleister und einem Kunden über Fides abgewickelt werden, dem in Arbeitspaket 3 entwickelten verteilten Vertragsnetzwerk, das als Dienstplattform fungiert. Die Use Cases mussten dazu in linear abzuarbeitenden Fides-Verträgen modelliert werden. Jeder Schritt des Vertrags musste dann auf Prozesse beim verantwortlichen Vertragspartner abgebildet werden. Vertragsschritte, die in der Verantwortung des Kunden liegen, wurden mittels der auf Fides basierenden Clientsoftware durch den Kun-



den abgeschlossen. Lediglich der Bezahlvorgang kann nicht durch eine solche Clientsoftware vollständig übernommen werden. Dazu wurde ein Bezahlendienstleister prototypisch angebunden und mit dem LandLeuchten-Dienst integriert. Der LandLeuchten-Dienst deklariert zunächst gegenüber dem Bezahlendienstleister, dass ein Prozess erfordert, dass der Kunde eine Zahlung tätigt. Sobald die Zahlung erfolgt ist, wird der LandLeuchten-Dienst darüber vom Bezahlendienstleister informiert.

Vertragsschritte, die in der Verantwortung des Mobilitätsdienstes liegen, werden zunächst vom LandLeuchten-Dienst übernommen, der gegenüber Fides auch als Dienstanbieter auftritt. Die Abarbeitung dieser Schritte beschränkt sich allerdings vor allem darauf, die Vertragsschritte auf Prozessschritte des PSItms abzubilden und über geeignete Schnittstellen anzustoßen. An diesem Punkt werden die Use Cases auf die logistischen Kernaspekte reduziert und können direkt vom PSItms gehandhabt werden. Der LandLeuchten-Dienst ist außerdem als Dienstanbieter dafür verantwortlich, das Vertragstemplate bei Fides geeignet zu registrieren und somit für Kunden verfügbar zu machen. Bei Instanziierungen von Verträgen aus dem Template sowie bei Änderungen bestehender Verträge durch Abschluss einzelner Vertragsschritte durch den Kunden wird dann automatisch der LandLeuchten-Dienst durch Fides benachrichtigt.

Home	Hauptansicht	11. TemplateEinzelhandel	87eEaeG7Y0z3q4MCDW04yC	psTmsAccount
Hauptansicht	5e44a70cfff4e4055e5400178e	November 29, 2022 um 11:46:12 A	customerrest	psTmsAccount
Fahrzeug	3e26a93ca38789af56a791355e9f91	November 29, 2022 um 11:31:51 A	customerrest	psTmsAccount
	b4bfeec1a2aa518aa9506729a70	November 29, 2022 um 10:48:58 A	customerrest	psTmsAccount
	9eb8e88df2245e49e29922ecbb5	November 29, 2022 um 10:48:33 A	customerrest	psTmsAccount
	6acd1aab380426a8773350306784	November 29, 2022 um 10:43:38 A	customerrest	psTmsAccount

Contract Information

- Quittierung
- WareWurdeEntgegenGenor
- FahrzeugistAngekommen
- FahrzeugZumKundenSchick
- GenauAnkunftMitteln
- UngefahreAnkunftMitteln
- BezahlungWurdeDurchgefu
- BezahltnkFreigeben
- BestellungenEingeben
- AdresseingabeBenutzer

Kunden Information

Aktueller Status: TRANSPORT_COMPLETED

Kundendaten
87eEaeG7Y0z3q4MCDW04yCz+nBkZPvtshpFo+...@uclg@proton.me

Abholen von:
Eiscafe Venezia Birkenfeld
Achtstraße 13
55765 Birkenfeld

Zieladresse:
Campusallee 9940
55768 Hoppstädten-Weiersbach

Logistische Information

1 x Nuss (Becher) 2,80 €

Die Königin aus unserer Eisdielen! Wir verwenden nur Nüsse von Tonda Gienlie Tribolata aus Piemont. Seit über 50 Jahren überlassen wir die Röstung einem Produzenten von Halberzeugnis. Der Geschmack ist eine süße Delikatesse und ein wahrhafter Genuss!

Logistische Abholung:
Eiscafe Venezia Birkenfeld
Achtstraße 13
55765 Birkenfeld

Logistisches Ziel:
Campusallee 9940
55768 Hoppstädten-Weiersbach

Abbildung 8: Informationen des LandLeuchten-Dienstes über einen konkreten Auftrag, die einem Kunden ohne den Umweg über Fides bereitgestellt werden.

Auch die Schließfachverwaltung liegt in der Verantwortung des LandLeuchten-Dienstes. Bei Bekanntwerden eines neuen Auftrags wird hier ein Code generiert, der zum Öffnen der sonst stets geschlossenen Schließfächer genutzt werden kann. Dieser Code wird dem Händler zum Befüllen des Schließfachs und dem Kunden zur Entnahme der bestellten Ware bekanntgegeben. Außerdem wird der Code an das Fahrzeug übermittelt, um das Schließfachsystem entsprechend zu konfigurieren. Für die Entscheidung, ob ein Schließfach geöffnet werden kann, wird außerdem berücksichtigt, ob sich das Fahrzeug gerade in der Nähe der Kunden oder des Händlers befindet. Dazu werden Daten des GPS-Sensors des Fahrzeugs ausgewertet und mit den Koordinaten der Tour-Stops abgeglichen.

Um den Arbeitsaufwand zur Erstellung des Prototyps gering zu halten, hat es sich angeboten, einige Informationen nicht über Fides, sondern dem Endkunden direkt zur Verfügung zu stellen. Dazu werden zwei Kommunikationswege genutzt. Einerseits kann ein Kunde beim Erstellen eines Auftrags eine E-Mailadresse hinterlegen, die genutzt wird, um den Kunden bei Bekanntwerden neuer für ihn relevanter Informationen seinen Vertrag betreffend zu informieren. Andererseits wird dem Kunden nach dem Erstellen eines Auftrags über Fides eine URL bekannt gegeben, unter der der Mobilitätsdienst über das Internet erreichbar ist und Informationen konkret zu diesem Vortrag vorhält. Der Kunde erhält hier

einen Überblick über die bestellten Waren, den Zielort, eine Beschreibung des in Anspruch genommenen Dienstes, die verschiedenen logistischen Schritte, die die Bestellung durchlaufen muss, sowie eine Karte, auf der zu sehen ist, wo sich das Fahrzeug gerade befindet. Außerdem werden hier die Ankunftszeit und ein Barcode zum Öffnen der Schließfächer zur Verfügung gestellt.

Schließlich sollte das Fahrzeug im Rahmen des Use Case „Kiosk“ dazu befähigt werden, spontan stehen zu bleiben, wenn dies von einem Passanten angefordert wird. Diese Anforderung hat sich nicht direkt aus dem Projektantrag, sondern aus den Befragungen von Bürgern durch das HCIC im Rahmen von Arbeitspaket 1 ergeben. Dort wurden zwei Mechanismen zur Anforderung eines außerplanmäßigen, sofortigen Halts von den befragten Bürgern mit signifikantem Abstand am meisten bevorzugt, nämlich das Rufen oder eine Geste. Für den Prototyp wurde die Annahme getroffen, dass Passanten diese Absicht durch eine Winkgeste in die Richtung des Fahrzeugs äußern. Dadurch sollte eine Nutzung des Kiosks auch ohne die Verwendung einer entsprechenden App auf einem Endgerät möglich sein. Zu diesem Zweck wurde eine Kamera auf dem Fahrzeug installiert. Für den Prototyp wurde das Bild der Kamera über das Internet an eine Instanz des PSICctv gestreamt, das die Auswertung des Streams und damit auch die Erkennung der Winkgeste übernommen hat. Für einen Produktivbetrieb ist eine Auswertung der Bilder direkt im Fahrzeug sinnvoll, da gerade im ländlichen Raum nicht immer gewährleistet werden kann, dass die Verbindungsqualität ausreichend ist, um fortwährend und mit geringer Latenz einen Video-Stream über das Internet zu senden. Letzteres kann außerdem unnötige datenschutzrechtliche Implikationen haben. Nachdem eine Winkgeste erkannt wurde, kann das PSICctv den LandLeuchten-Dienst darüber informieren, der dann wiederum dem Fahrzeug signalisiert, dass es anhalten soll. Der spontane Aufenthalt kann direkt in die weitere Planung integriert und für ausstehende Ankunftszeiten berücksichtigt werden.

Die PSICctv-Instanz wurde also befähigt, im ersten Schritt Personen zu erkennen. Über einen angereicherten Video-Stream ist nachvollziehbar, welche Personen im Bild erkannt wurden, da diese mit einem farbigen Rechteck umrandet werden. Die Farbe zeigt dabei an, ob nachgelagert erkannt wurde, dass eine erkannte Person winkt. Um winkende Personen wird eine grüne Box gelegt; nicht winkende Personen werden rot gerahmt. Dabei wurde zusätzlich die Blickrichtung berücksichtigt. Eine Person, die nicht in die Richtung des Fahrzeugs blickt, ist für den LandLeuchten-Dienst nicht relevant, da sie



mit hoher Sicherheit keinen Halt einleiten möchte. Abgewendete Personen wurden daher grundsätzlich als nicht winkend eingestuft. Die Bilderkennung ist außerdem so genau, dass Personen, die sich im Bild überlagern, dennoch als einzelne Personen erkannt werden. Bewegungen, die in einem Video leicht mit einer Winkgeste verwechselt werden, wie etwa das Heranführen eines Mobiltelefons an ein Ohr zum Telefonieren, werden von der PSICctv-Instanz zuverlässig nicht als Winken erkannt.

Über die Implementierungsaufgaben hinaus war es für den Prototyp erforderlich, dass einige begleitende Dienste in Betrieb genommen und für LandLeuchten entsprechend konfiguriert werden. Einige der Dienste wurden bereits explizit weiter oben beschrieben, nämlich der auf dem PSItms basierende und um Funktionen der automatischen Disposition erweiterte Prototyp, die auf Winkgesten-Erkennung angepasste PSICctv-Instanz für den Use Case Kiosk, der LandLeuchten-Dienst sowie der Fides-Knoten. Das erweiterte Routing zur Berücksichtigung von aktuellen Verkehrsinformation wurde ausgelagert in einen separaten Routing-Dienst, der Informationen über das Straßennetz in den Regionen bereitstellen kann, in denen Testszenarien durchgeführt wurden. Schließlich wurde das Kartenmaterial zu diesen Gebieten von einem weiteren Dienst zur Verfügung gestellt. All diese Dienste wurden auf der Infrastruktur der PSI betrieben und für eine kontinuierliche Integration mit den Partnern über die Projektdauer gewartet. Insbesondere während der Evaluation der Projektergebnisse in den Testszenarien hat ein enges Monitoring stattgefunden, um auf mögliche Störungen schnell reagieren zu können.

4.3 Analyse und Entwicklung eines intelligenten cyber-physischen Systems CPMD

In Arbeitspaket 3 wurde ein intelligentes cyber-physisches System zur Abbildung der verschiedenen Dienste entwickelt. Die Grundlage für die Transaktionen, die über die Dienste abgewickelt werden, bilden digitale Verträge. Für diese Verträge wurde das neuartige Konzept der Cypher Social Contracts entworfen und implementiert und bildet eine Alternative zu bestehenden Smart Contract Konzepten. Ein externes Rechtsgutachten konnte dabei bestätigen, dass mit der im Projekt entstandenen Referenzimplementierung des Cypher Social Contracts Konzepts rechtskräftige Verträge geschlossen werden können. Zusätzlich wurde auch eine offene Marktplatzplattform entwickelt welche als Handelsplattform für die digitalen Verträge dient. Um auch ländlichen Regionen ohne Internetanbindung die Teilnahme an den im Projekt entwickelten Diensten ermöglichen zu können wurde mit Partnern eine LoRaWAN Infrastruktur in der Region aufgebaut. Das Zusammenspiel der hier entwickelten Kompetenzen als kohärentes Gesamtsystem wurde in verschiedenen Feldversuchen und mit Demonstratoren nachgewiesen.

Aufgabe 1 umfasste die Entwicklung eines initialen Cloud Systems und einer IoT-Infrastruktur für die Umsetzung der Dienste, sowie die Weiterentwicklung des IoT-Octopus. Als initiales Cloud System wurde zu Beginn eine Instanz der Cypher Social Contracts Referenzimplementierung auf einem Server und damit als zentrales System betrieben. Im weiteren Verlauf wurden Instanzen auf weiteren Servern hinzugefügt um ein verteiltes, dezentrales System zu schaffen.

Um eine LoRaWAN Infrastruktur in der Modellregion Birkenfeld aufzubauen, wurden gemeinsam mit Partnern Gateways (vgl. Abbildung 4 links) an verschiedenen Orten installiert. So wurde ein Gateway am Umwelt-Campus Birkenfeld installiert. Ein weiteres wurde in Zusammenarbeit mit dem Nationalparkamt auf dem Gebiet des Nationalparks Hunsrück-Hochwald nahe der Ortschaft Börfink und der Wanderroute Ochsentour aufgebaut. Ein drittes wurde ebenfalls gemeinsam mit dem Nationalparkamt am Nationalpark-Tor beim Tierpark Wildenburg installiert.

Als LoRaWAN-Client wurde der IoT-Octopus² weiterentwickelt, indem er um einen Drück-Knopf und eine LoRaWAN Schnittstelle ergänzt wurde (vgl. Abbildung 4 rechts). Dies ermöglicht den Einsatz des

² <https://www.umwelt-campus.de/forschung/projekte/iot-werkstatt>

Mikrocontrollers zum Beispiel als Dash-Button für einfache Bestellprozesse (Yaga, Mell, Roby, & Scarfone, 2019) in Regionen ohne Internetanbindung. Als Alternative zum Drück-Knopf wurde außerdem ein einfacher Webserver auf dem IoT-Octopus eingerichtet. Über einen Hotspot den der IoT-Octopus öffnet können dann zum Beispiel auch über Smartphones Dienste genutzt werden.



Abbildung 9: Links: Aufbau bestehend aus LoRaWAN Gateway mit Antenne wie er in der Region installiert wurde. Rechts: IoT-Octopus mit LoRaWAN Schnittstelle und Drück-Knopf.

Aufgabe 2 erforderte die Entwicklung eines Smart-Contract-Systems. Hier erfolgte im ersten Schritt eine Analyse bestehender Lösungen wie zum Beispiel Iota oder Tangle. Dabei wurde eine Reihe von Problemen deutlich:

- Ineffizienz durch hohe Ausführungs-/Energiekosten bedingt durch Proof-of-Work Konzepte
- Fokus auf monetären Transaktionen statt sozialer Interaktion
- Mangelnde Freiheit und Flexibilität durch enge Verknüpfung mit zugrundeliegenden Kryptowährungen
- „Orakel“-Ansatz für Datenzugang zu realer Welt ist ein möglicher Angriffsvektor
- Nutzung setzt Expertenwissen/Programmierfähigkeiten voraus
- Uneindeutige rechtliche Bewertung.

Im Anbetracht der Ziele des LandLeuchten Projekts, Lösungen für ländliche Räume anbieten zu wollen, die den Fokus auf soziale Interaktion und digitale Teilhabe legen, wurde deutlich, dass hier eine eigene

Lösung besser geeignet ist. Gründe hierfür sind die deutlich geringeren Kosten, die Möglichkeit des Einsatzes in Regionen ohne Internetanbindung sowie die oben gemachte Aufzählung. Zusätzlich bestätigt wurde dieses Ergebnis durch einen Abgleich mit NISTIR 8202 (Yaga, Mell, Roby, & Scarfone, 2019) der Einsatzgebiete für Blockchain Technologie definiert (vgl. Abbildung 10).

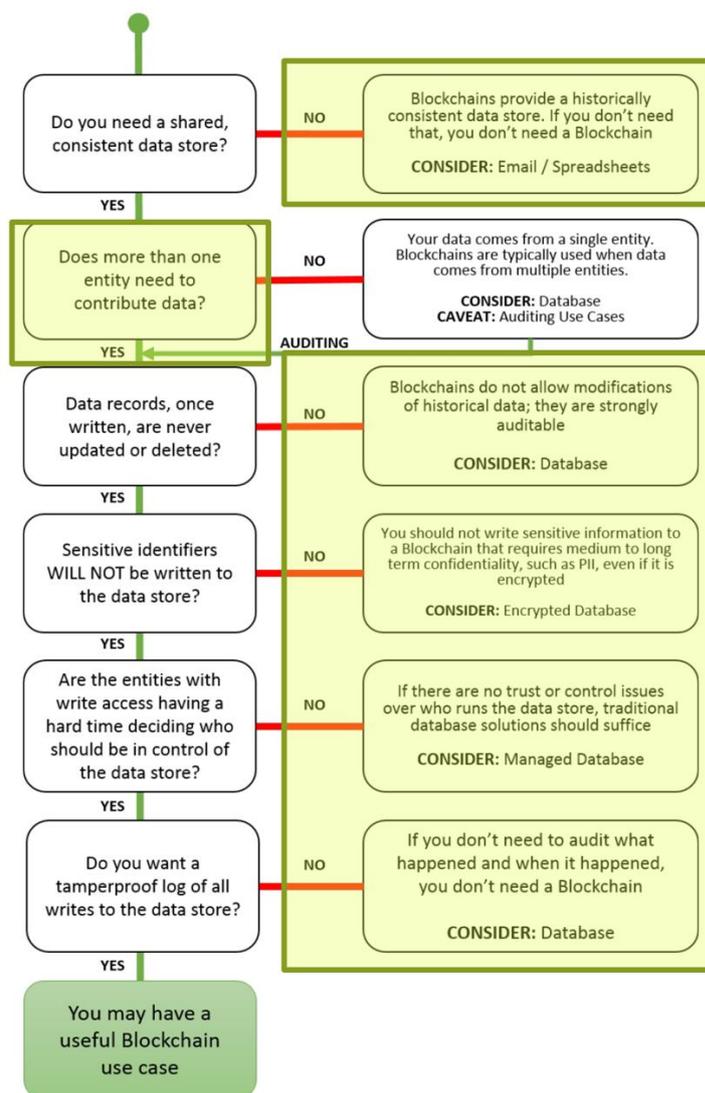


Abbildung 10: Abfrage, ob Einsatz von Blockchain Technologie für einen Use Case sinnvoll ist (NISTIR 8202).

Aus diesem Grund wurde im Rahmen des Projekts das neuartige Protokoll der Cypher Social Contracts entwickelt. Das Konzept wurde auf einer Konferenz publiziert (Creutz & Dartmann, Cypher Social Contracts A Novel Protocol Specification for Cyber Physical Smart Contracts, 2020). Die Vorteile sind:

- Niedrige Nutzungsschwelle durch Verwendung natürlicher Sprache
- Generischer Ansatz ist auf eine Vielzahl von Nutzungsszenarien übertragbar
- Effizient durch Verzicht auf Blockchain oder ähnliche Technologie
- Sicherheit durch Einsatz kryptographischer Schlüssel zur Verschlüsselung der Kommunikation
- Keine Verknüpfung mit einer Kryptowährung
- Nutzbar in Regionen ohne Internetanbindung durch Middleware
- Besonders günstige Transaktionen.

Verträge (Contracts) werden immer zwischen zwei Parteien geschlossen und basieren auf Vertragsvorlagen (Templates). Templates geben vor welche Aufgaben in einer bestimmten Reihenfolge ein Vertrag umfasst und welche Vertragspartei für die Erfüllung welcher Aufgabe verantwortlich ist. Stellt Partei A ein Template bereit kann Partei B daraus einen Vertrag ableiten und diesen Partei A anbieten. Akzeptiert Partei A den Vertrag, gilt er offiziell als geschlossen. Dabei werden zwischen den beiden Parteien kryptographische Schlüssel ausgetauscht mittels derer die Kommunikation ab diesem Punkt sicher und verschlüsselt erfolgt. Nun beginnen beide Parteien mit der Abarbeitung der im Template definierten Aufgaben entsprechend der vorgegebenen Reihenfolge und ihrer Zuständigkeiten. Ist die letzte Aufgabe erledigt gilt der Vertrag als erfüllt. In Abbildung 6 wird dieses Prinzip noch einmal veranschaulicht. Zusätzlich wurde ein Erklärvideo³ erstellt.

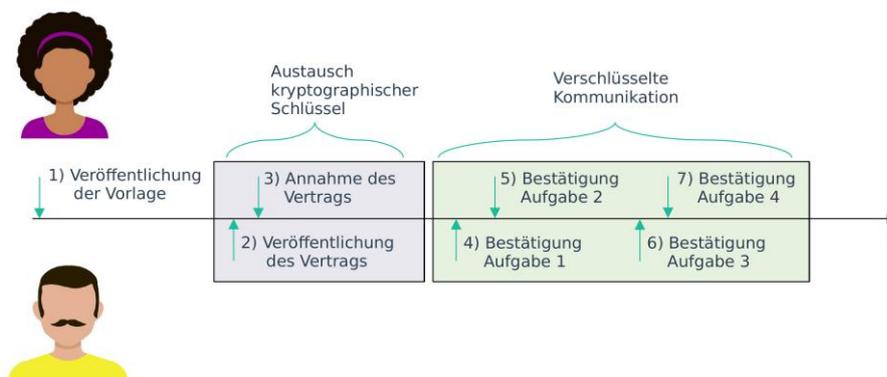


Abbildung 11: Prinzip der Abarbeitung eines Cyber Social Contracts.

Dieses Protokoll wurde im weiteren Verlauf des Projekts implementiert. Die Referenzimplementierung Fides wurde auf einer Konferenz publiziert (Creutz, Schneider, & Dartmann, Fides: Distributed Cyber-

³ <https://www.youtube.com/watch?v=XO4mkd4XHIY>

Physical Contracts, 2021) und als Open-Source Software veröffentlicht⁴. Besondere Merkmale von Fides sind:

- Einfach automatisierbar für Mensch-Maschine oder Maschine-Maschine Interaktion
- Templates und Contracts werden in dezentralem Netzwerk dokumentiert (Distributed Hash Table)
- Optionale private/zugangsbeschränkte Netzwerke durch Zertifikate.

Als Grundlage für Fides wurde eine verteilte Hash-Tabelle gemäß des Chord-Protokolls (Stoica, Morris, Karger, Kaashoek, & Balakrishnan, 2001) implementiert. Dies ermöglicht dezentrale Netzwerke, welche Sicherheit und Privatsphäre der Nutzer weiter stärken, da Templates und Contracts auf verschiedenen Knoten verteilt im Netzwerk gespeichert werden. Auch hierzu wurde eine Publikation auf einer Konferenz veröffentlicht (Creutz, Schneider, & Dartmann, Distributed Hash Table with Extensible Remote Procedure Calls, 2022). In Abbildung 12 wird das Prinzip des dezentralen Netzwerks noch einmal veranschaulicht. Ergänzend wurde ein Demonstrator für das dezentrale Netzwerk, bestehend aus vier Raspberry Pis und einem Ethernet-Switch aufgebaut, bei dem auf jedem Raspberry Pi ein Fides Knoten ausgeführt wird (Abbildung 13).

⁴ <https://gitlab.rlp.net/l.creutz/Fides>

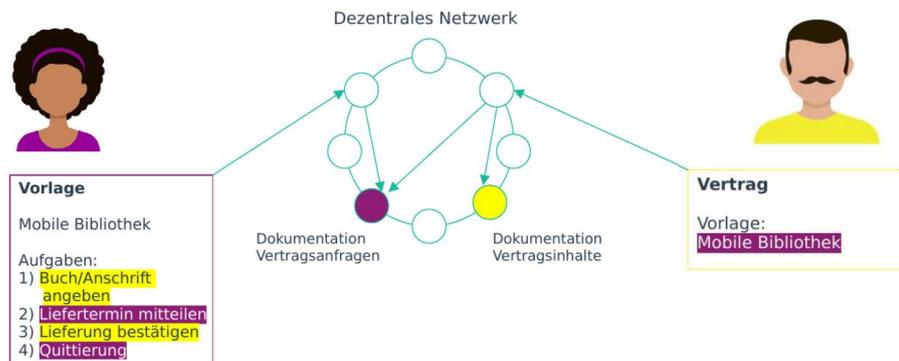


Abbildung 12: Prinzip des Fides zugrundeliegenden dezentralen Netzwerks.

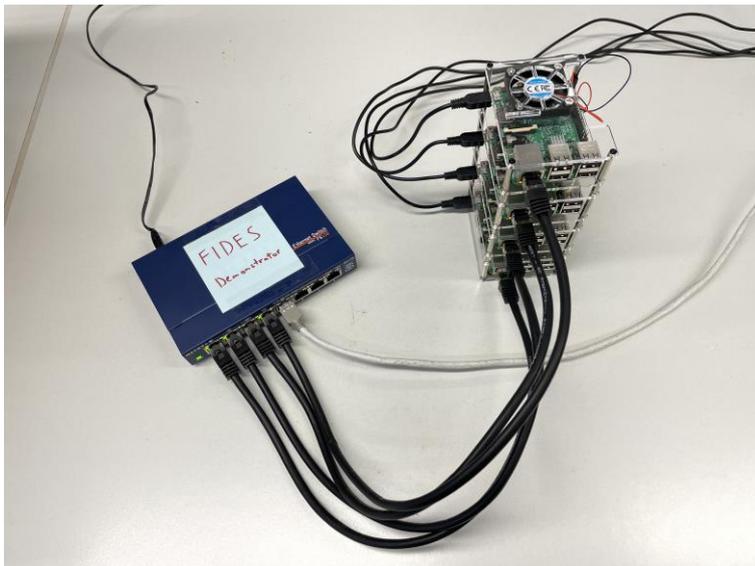


Abbildung 13: Fides Demonstrator für das dezentrale Netzwerk

Eine erste Demonstration des Systems und Mensch-Computer-Mensch Interaktion erfolgte am Beispiel des Use Case mobile Bibliothek im Gebäude des Umwelt-Campus Birkenfeld. Dabei wurde das autonome Hauspost Fahrzeug Posty (Abbildung 14), das im vorausgegangenen Forschungsprojekt APEROL entwickelt wurde, eingesetzt, um ein Buch von der Campus Bibliothek zu einem Büro zu transportieren. In diesem Szenario wird ein Vertrag zwischen Kunde und Bibliothek für die Bestellung und

ein weiterer Vertrag zwischen Bibliothek und Fahrzeug für die Auslieferung des bestellten Buchs geschlossen. In Abbildung 15 wird dieser Vorgang veranschaulicht. Hierfür wurde ebenfalls ein Video⁵ erstellt.



Abbildung 14: Demonstrator für die Indoor Demonstration des Mobile Bibliothek Use Case

Damit auch Regionen ohne Internetverfügbarkeit an den im Projekt entwickelten Diensten teilnehmen können wurde eine Abstraktion entwickelt, welche die Verwendung von Fides Verträgen über LoRaWAN ermöglicht. Hierbei werden LoRaWAN Nachrichten in ein für Fides kompatibles Format übersetzt. Dies ist notwendig, da die sehr geringe Bandbreite des LoRaWAN Protokolls andernfalls nicht ausreichend wäre, um Fides Verträge zu ermöglichen. Auch diese Abstraktion wurde Open-Source als Teil von Fides⁶ veröffentlicht und kann zum Beispiel auf einem Raspberry Pi genutzt werden. Das Vorgehen ist ein neuer Ansatz für die Verwendung von LoRaWAN und wurde ebenfalls wissenschaftlich publiziert (Creutz, Wagner, & Dartmann, Cyber-Physical Contracts in Offline Regions, 2022). Teil hiervon ist auch eine LoRaWAN Middleware Web-Anwendung, deren Spezifikation ebenfalls Open-Source verfügbar gemacht wurde. Die Middleware erlaubt die einfache Verwaltung und Verknüpfung von Fides-Nutzeraccounts über ihre Schlüssel mit LoRa-Geräten und deren Netzwerkparametern, um so LoRaWAN Nachrichten im Namen der Nutzenden korrekt übersetzen zu können. Somit können trotz der geringen

⁵ <https://www.youtube.com/watch?v=0KZ6AhiN-Z4>

⁶ <https://gitlab.rlp.net/l.creutz/Fides>

Bandbreite zum Beispiel Adressdaten für eine Lieferung aus einer offline Region in einen Vertrag übermittelt werden.

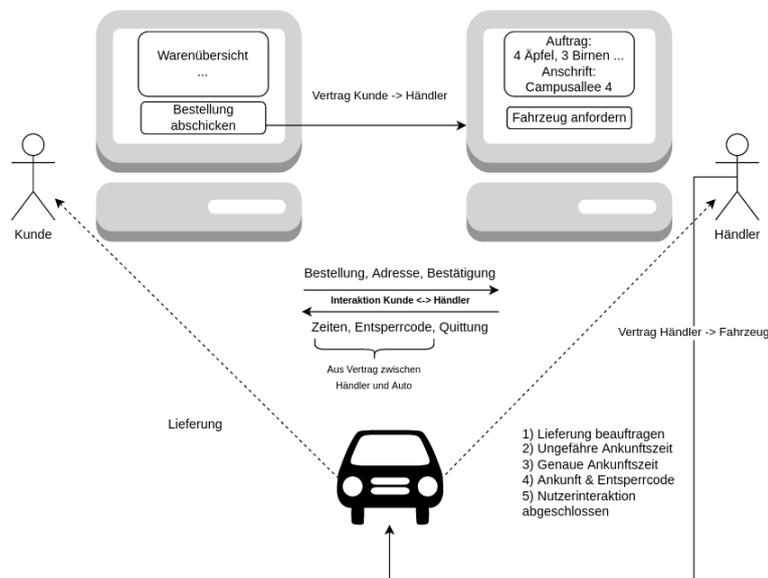


Abbildung 15: Interaktionen beim Indoor Demonstrator Mobile Bibliothek

Die Möglichkeit Fides Verträge zur Digitalisierung von Geschäftsprozessen einzusetzen wurde durch ein, von der Universität Frankfurt als Unterauftrag durchgeführtes, Rechtsgutachten (Spiecker gen. Döhmann, Bretthauer, & Müllmann, 2023) nachgewiesen. Dieses bestätigt aus zivil- und datenschutzrechtlicher Sichtweise die Möglichkeit rechtlich bindende Verträge, wie beispielsweise Kaufverträge, in Form von Fides Verträgen abzuschließen. Dabei konnten im Fall von Fides zentrale Fragestellungen und Kritikpunkte an herkömmlichen Smart Contract Systemen ausgeräumt werden.

Im Rahmen von **Aufgabe 3** wurde das Mobilitätsgateway in das autonome Indoor Fahrzeug Posty integriert. Hierfür wurde das Fahrzeug mit einem IoT-Octopus und einem Indoor LoRaWAN Gateway bestückt. Der IoT-Octopus ergänzt hier die bereits verbauten Sensoren des Fahrzeugs zur Erfassung von Fahrtdaten. Das LoRaWAN Gateway dient als Kommunikationsschnittstelle des Fahrzeugs in Regionen ohne Internetanbindung. Dieser Aufbau ist in Abbildung 16 zu sehen.

Dieser Aufbau diene als Demonstrator für die Szenarien Mobile Bibliothek und Fahrendes Gateway. Die beschaffte Hardware wurde im KI-Labor genutzt, um beide Seiten eines Vertrags anschaulich demonstrieren zu können. Der Demonstrator soll langfristig im KI-Labor verbleiben und weiterentwickelt werden.

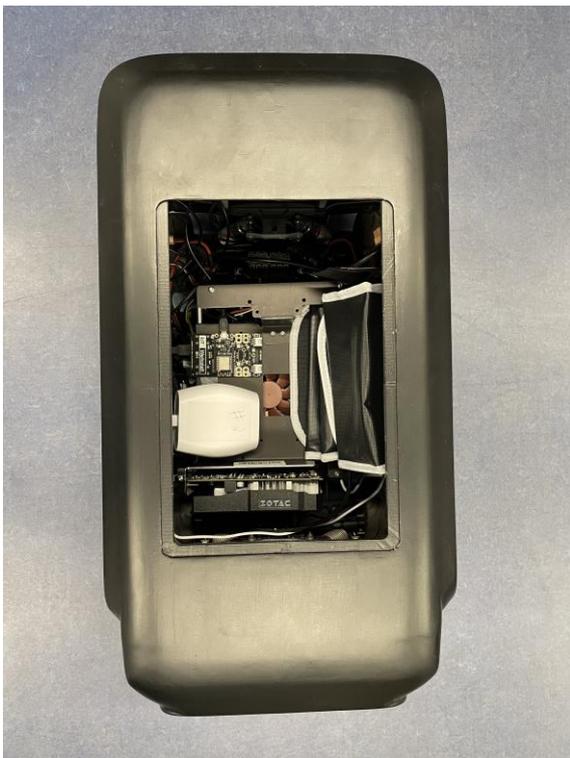


Abbildung 16: Integration des Mobilitätsgateways in das autonome Indoor Fahrzeug Posty.

In **Aufgabe 4** waren die Ziele die Entwicklung einer Tourenplanung, bei der die Strecken der Fahrzeuge geplant werden und die Umsetzung einer künstlichen Intelligenz und Datenfusion zur Erlernung von Nutzerpräferenzen für eine bessere Planung der Dienste. Zur Tourenplanung im Rahmen der Feldversuche wurde das TMS des Partners PSI eingesetzt. Das System der PSI löst die Optimierungsprobleme

für alle im Projekt entwickelten Szenarien. Parallel dazu wurde mit Hilfe des Software Framework SUMO⁷ eine Verkehrssimulation der Modellregion Landkreis Birkenfeld erstellt.

Außerdem wurde gemeinsam mit dem assoziierten Partner BITO Campus ein neuartiges Voroportimierungsverfahren entwickelt, das die Zeitfenster verkleinert. Die Simulation zeigt, dass die Ausnutzung der Zeitflexibilität zu geringeren Transportkosten und einer energieeffizienteren Optimierung führt, da weniger Rechenzeit für das Transportproblem benötigt wird. Dieses Verfahren kann die Optimierungsprobleme der Szenarien im Projekt als Sonderfälle formulieren und lösen. Eine Publikation zu diesem Verfahren wurde bei der CPSIoT2023 eingereicht und zum Zeitpunkt dieses Berichts bereits akzeptiert (Dziubany, Schmeink, & Dartmann, 2023).

Um Nutzerpräferenzen für die Optimierung des Systems zu lernen, wurde eine KI-basierte Recommendation Engine für den Marktplatz entwickelt. Diese lernt anhand von anonymisierten Nutzerdaten Bedarfe und kann anhand dessen Empfehlungen generieren. Diese KI basiert auf den Daten eines in den Marktplatz integrierten Kommentar- und Ratingsystems.

Aufgabe 5 erforderte die Entwicklung einer Marktplatzplattform für die Mobilitätsdienste. Dieser Marktplatz wurde als Katalog für Fides Templates konzipiert. Das bedeutet, Anbieter und Suchende haben die Option ihre Templates auf dem Marktplatz zu präsentieren damit diese leichter gefunden werden können. Die Verträge werden dann allerdings nicht über den Marktplatz, sondern über einen Fides Client erstellt. Diese Trennung zwischen Marktplatz und Fides ermöglicht die Wahrung der Privatsphäre der Nutzer. Allerdings haben Nutzer die Möglichkeit ihren öffentlichen Fides Schlüssel (Public Key) auf ihrem Marktplatz Profil zu hinterlegen, um sich und ihre Dienste verifizieren zu lassen und damit Vertrauen zu schaffen. Für Anbieter bedeutet das, dass beim Anlegen eines neuen Dienstes auf dem Marktplatz überprüft wird, ob das dazugehörige Template auch im Fides Netzwerk existiert und zum Anbieter gehört. Abbildung 17 zeigt den Marktplatz als Abstraktion oder Katalog des Netzwerks im Kontext des Gesamtsystems.

⁷ <https://www.eclipse.org/sumo/>

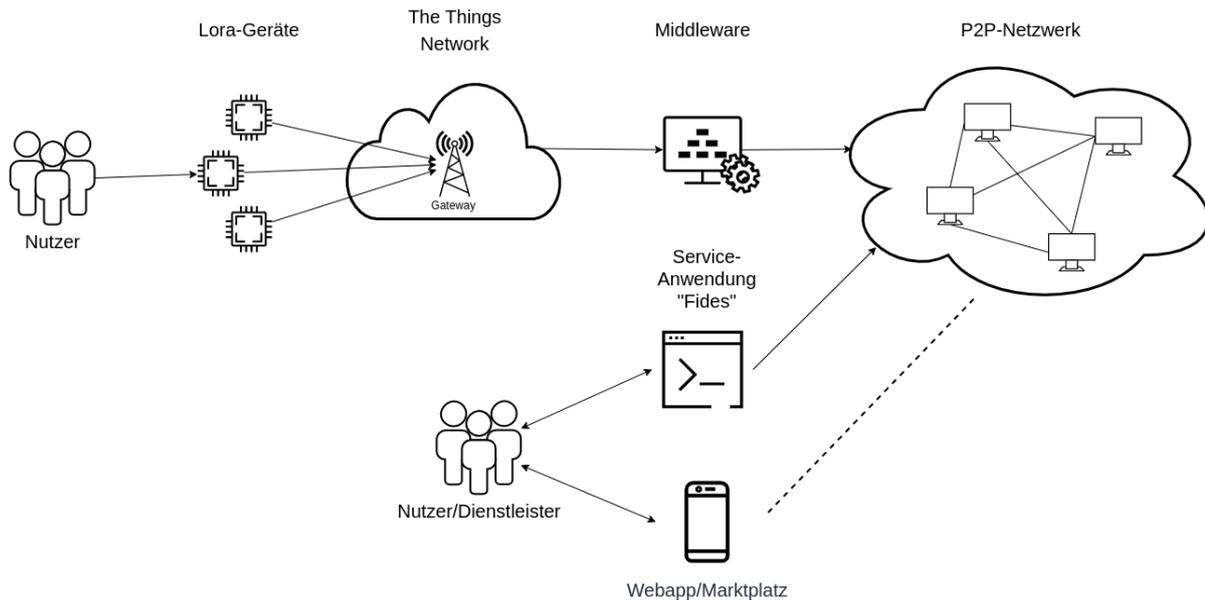


Abbildung 17: Marktplatz im Kontext des Gesamtsystems.

Technisch wurde der Marktplatz als modulare Webapp mit einer REST-API Architektur konzipiert und umgesetzt. Dadurch wird auch hier die Möglichkeit der Automatisierung geboten. Das Frontend wurde mit React.js implementiert und könnte in Zukunft auch als native Applikation entwickelt werden. Das Backend wurde mit Python Flask implementiert. Das Datenmodell liegt in einer SQLite Datenbank vor. Auf diese greift auch die Recommendation Engine zu, um Nutzerbedarfe zu lernen und Empfehlungen zurückzugeben. In Abbildung 18 ist die Architektur des Marktplatzes als Übersicht dargestellt.

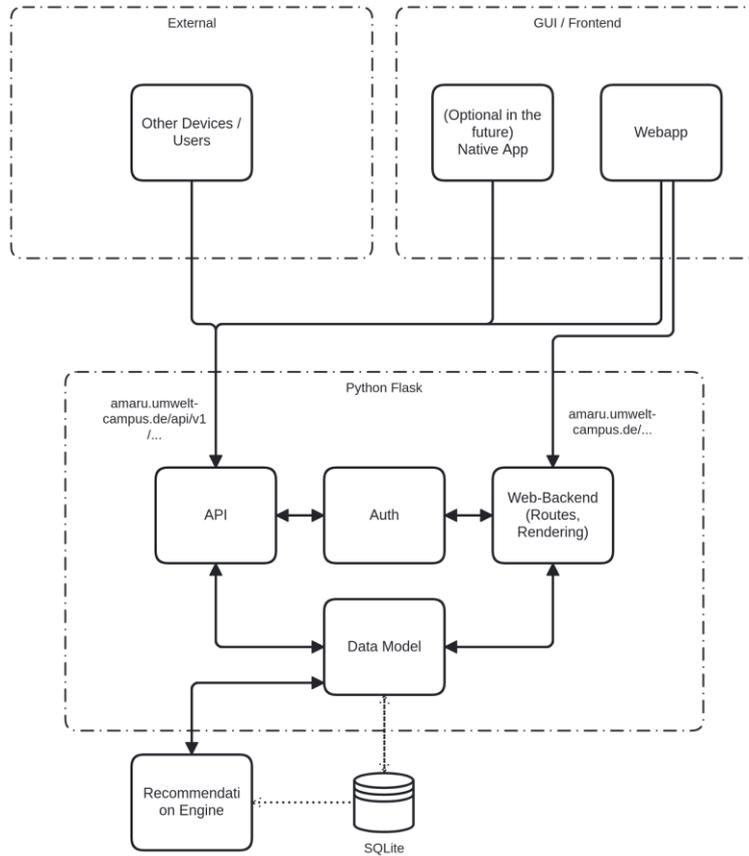


Abbildung 18: Softwarearchitektur des Marktplatzes

Die Startseite der Marktplatzanwendung (vgl. Abbildung 19) zeigt sowohl Services von Dienstleistern als auch Anfragen von Nutzern. Nutzer haben die Möglichkeit nach Diensten und Anfragen zu suchen oder Eigene zu erstellen.

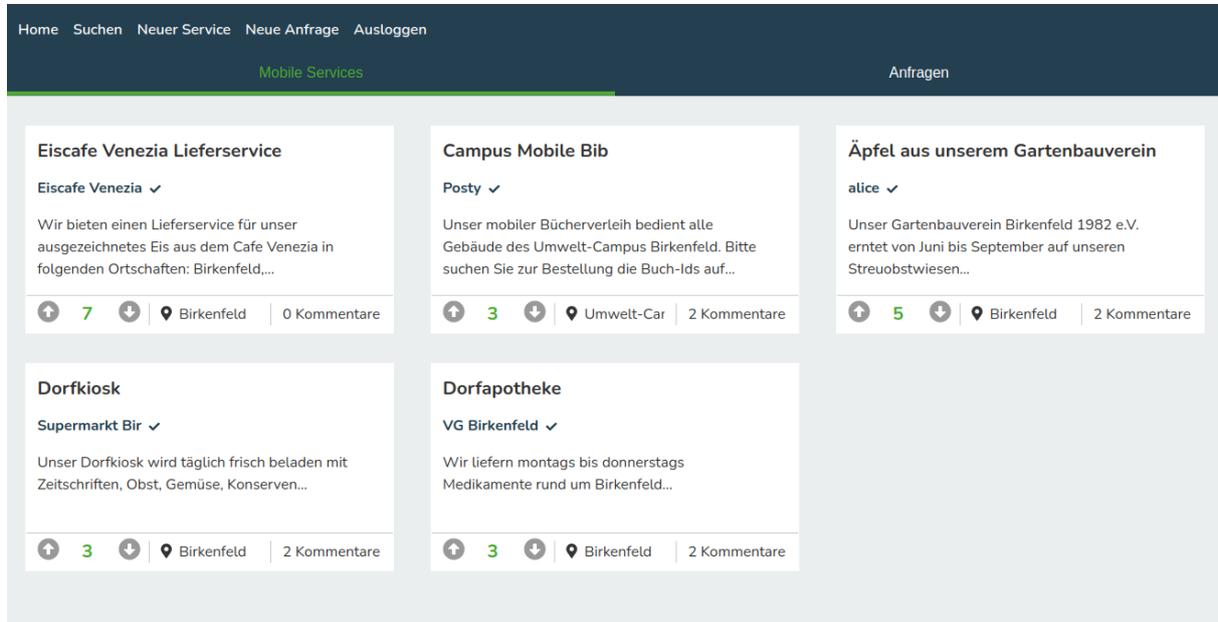


Abbildung 19: Startseite der Marktplatzanwendung

Die Webapp ist außerdem responsiv implementiert und kann auch von Mobilgeräten bedient werden, wie auf Abbildung 21 zu sehen ist. Abbildung 20 zeigt die Suche des Marktplatzes, mit der sowohl Services als auch Anfragen gefunden werden können.

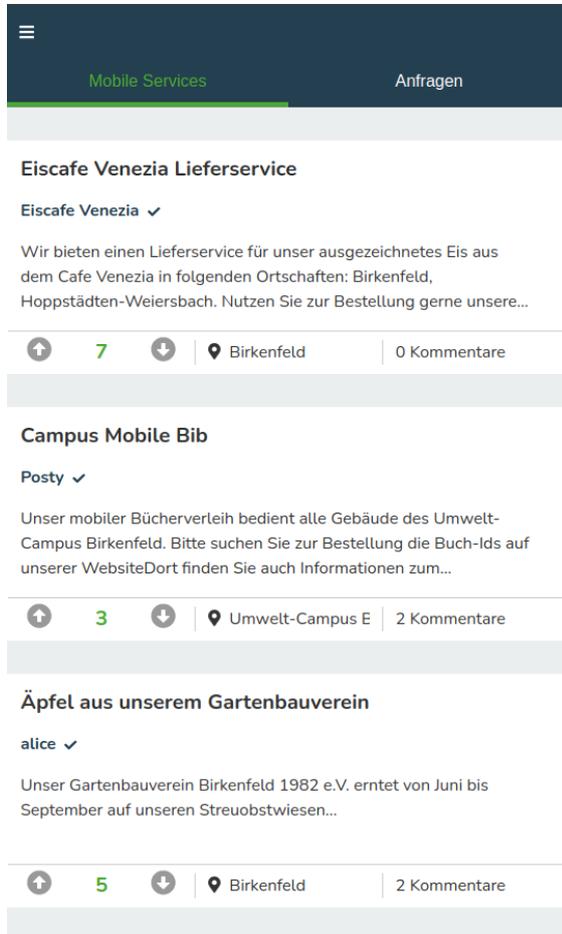


Abbildung 21: Webapp auf Mobilgeräten

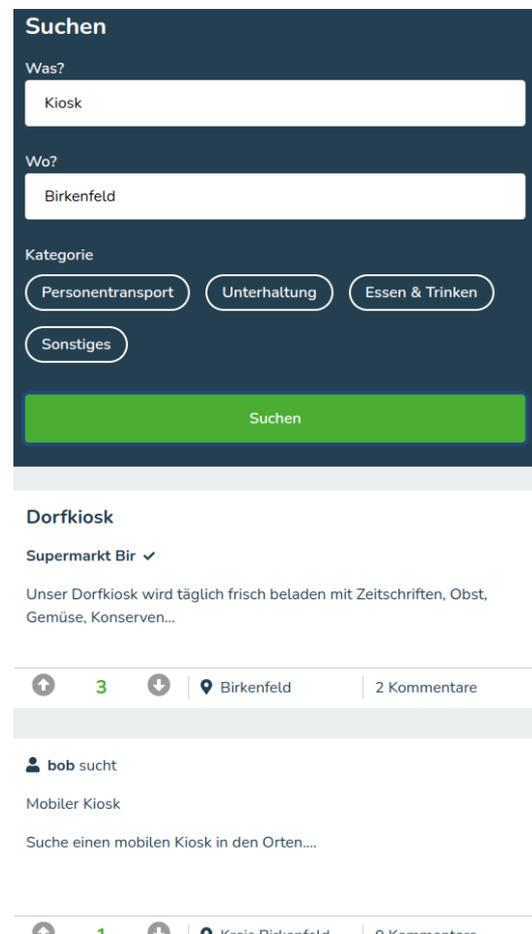
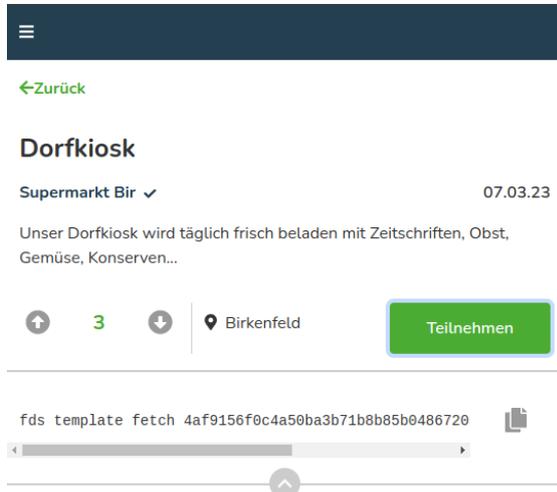


Abbildung 20: Suche des Marktplatzes

Auf den folgenden beiden Abbildungen sind noch einmal die Detailansicht eines Service und einer Anfrage zu sehen. Der Marktplatz bietet eine Kommentarfunktion, um Nutzern die Möglichkeit zum Austausch zu geben. Über eine „akzeptierte Lösung“ kann ein Anfragesteller einen Kommentar zu seiner Anfrage als Lösung hervorheben. Des Weiteren ist zu sehen, dass der Marktplatz über ein Ratingsystem verfügt, der Nutzern hilft, Inhalte qualitativ einzuordnen aber vor allem auch die Recommendation Engine der App speist.



←Zurück

Dorfkiosk

Supermarkt Bir ✓ 07.03.23

Unser Dorfkiosk wird täglich frisch beladen mit Zeitschriften, Obst, Gemüse, Konserven...

↑ 3 ↓ 📍 Birkenfeld Teilnehmen

fds template fetch 4af9156f0c4a50ba3b71b8b85b0486720 

Kommentare

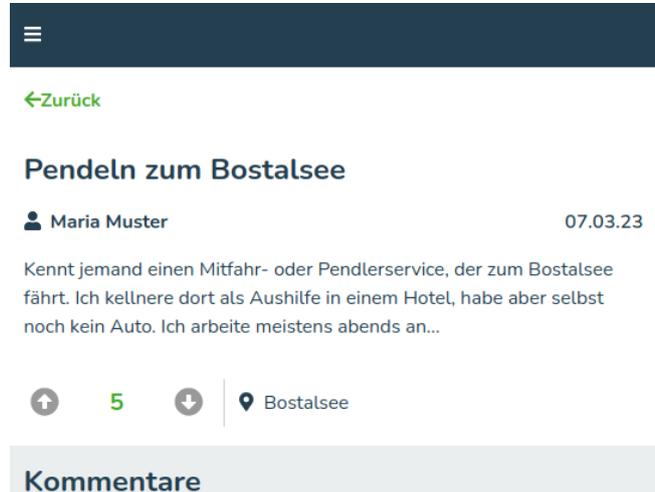
 **leseratte_bir** schreibt 07.03.23

Alles super! Treffen uns mittlerweile mit mehreren Leuten wöchentlich auf dem Marktplatz in Abenteuer, wenn der Dorfkiosk kommt. Neben der Bestellung kann man auch einfach ein wenig stöbern und sich mit anderen austauschen.

Einen Kommentar schreiben...

Kommentieren

Abbildung 23: Detailansicht eines Services



←Zurück

Pendeln zum Bostalsee

 **Maria Muster** 07.03.23

Kennt jemand einen Mitfahr- oder Pendlerservice, der zum Bostalsee fährt. Ich kellnere dort als Aushilfe in einem Hotel, habe aber selbst noch kein Auto. Ich arbeite meistens abends an...

↑ 5 ↓ 📍 Bostalsee

Kommentare

 **Akzeptierte Lösung**

 **Elfriede85** schreibt 07.03.23

Es gibt einen Rufbuservice in Türkismühle, schau mal hier: <https://amaru.umwelt-campus.de/details/s22>

Einen Kommentar schreiben...

Kommentieren

Abbildung 22: Detailansicht einer Anfrage

Die folgende Tabelle 3 listet noch einmal die Ziele des Arbeitspakets und die Ergebnisse, die zur Erfüllung dieser erzielt wurden, auf:

<p>Ziel 1: Implementierung einer zentralen Plattform für die Datenfusion und für die zentralistische Umsetzung der Dienste und die Identifikation von drei Diensten in Zusammenarbeit mit dem HCIC sowie die Identifikation von konkreten Kooperationspartnern im ländlichen Raum, die die Entwicklung der Dienste begleiten und hinsichtlich messbarer Kriterien (Anzahl möglicher Kunden, Datensicherheit, Skalierbarkeit) bewerten.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Definition der Use Cases: <ul style="list-style-type: none"> ○ Lieferdienst mit VG Birkenfeld ○ Kiosk mit Gemeinde im Raum Aachen ○ Workshop Buchung mit BITO Campus • Partnermanagement: <ul style="list-style-type: none"> ○ Eiscafé Venezia (Birkenfeld) ○ BITO Lagertechnik ○ Nationalpark Hunsrück-Hochwald ○ Verbandsgemeinde Birkenfeld • Evaluation der Dienste in Feldversuchen: <ul style="list-style-type: none"> ○ LoRaWAN-Abdeckung Umwelt-Campus Birkenfeld und Umgebung ○ LoRaWAN-Abdeckung Wanderroute im Nationalpark ○ Mobility on Demand ○ Mobile Bibliothek Indoor
<p>Ziel 2: Entwicklung eines Konzepts und dessen Implementierung für die verteilte Umsetzung der Dienste und Smart-Contracts. Hier sollen die Dienste aus Ziel 1 verteilt umgesetzt werden.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Konzeption Cypher Social Contracts • Open-Source Referenzimplementierung Fides • Konzeption und Entwicklung der LoRaWAN Abstraktion zur digitalen Teilnahme in offline Regionen • Mehrere internationale Publikationen
<p>Ziel 3: Aufbau einer LoRaWAN-Infrastruktur, so dass die Dienste exemplarisch in drei Feldversuchen getestet werden können und ein Konzept</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Durchführung der Feldversuche mit Fides als technische Grundlage • Installation mehrere LoRaWAN-Gateways in der Region

<p>für die Implementierung eines Mobility-Gateways für die Unterstützung der Übertragung von Transaktionen vorschlagen.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Installation einer Indoor-LoRaWAN-Infrastruktur am Umwelt-Campus Birkenfeld • „Einsammeln“ von Transaktionen mit Indoor Mobilitätsdemonstrator • Nutzung des Fides LoRaWAN Protokolls auf dem IoT-Octopus
<p>Ziel 4: Umsetzung eines Dienst-Marktplatzes als Web-Plattform und Demonstration von drei Diensten im Rahmen der Feldversuche und Umsetzung einer App für die Präsentation der Dienste.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Konzeption, Design und Implementierung eines KI-gestützten Marktplatzes als Web-App • Planung, Vorbereitung und Durchführung von drei Feldversuchen zusammen mit Konsortialpartnern • Konzeption und Implementierung von GUI-Clients mit Fides-Integration für die Feldversuche
<p>Ziel 5: Entwicklung einer Tourenplanung für mindestens drei Dienste und Implementierung der Tourenplanung in einer Software und Anbindung an die APIs, bzw. Apps.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Verkehrssimulation der Modellregion Birkenfeld mit SUMO • Entwicklung eines neuartigen Voroptimierungsverfahrens das flexible Zeitfenster für geringere Transportkosten und eine effizientere Rechenzeit bei der Lösung des Transportproblems nutzt • Anbindung der Simulation und Tourenplanung an Fides über PSI TMS

Tabelle 3: Arbeitspaket 3 - Ziele und Ergebnisse

4.4 Fahrzeugtechnische Analyse und Entwicklung

Im Rahmen des Arbeitspakets 2 erfolgte eine umfassende fahrzeugtechnische Analyse und Entwicklung, die sich auf die Erarbeitung und kontinuierliche Verbesserung von konkreten Konzepten zur Umsetzung der zuvor erarbeiteten Anwendungsfälle im Demonstrationsfahrzeug konzentrierte. Im Zuge dessen wurden die zuvor identifizierten Anwendungsfälle im Versuchsfahrzeug umgesetzt. Diese Anwendungsfälle wurden im Rahmen des Arbeitspakets 1 ausgearbeitet und umfassten insgesamt sieben Use Cases, die auf die Vorführung im Demonstrationsfahrzeug ausgerichtet waren.

Bedingt durch den Fahrzeugwechsel vom e.GO Mover (einem Personentransporter) auf den Streetscooter (einen Lieferwagen) konnten Personen-Bringdienste nicht mehr umgesetzt werden. Von den insgesamt sieben ausgewählten Use Cases aus Arbeitspaket 1 waren vier ausschließlich auf Personen-Bringdienste ausgerichtet. Auch wenn diese aufgrund des Fahrzeugwechsels nicht mehr im Demonstrator umsetzbar sind, wurden sie dennoch theoretisch betrachtet.

Die Umsetzung der Anwendungsfälle im Demonstrationsfahrzeug erforderte eine komplexe fahrzeugtechnische Analyse und Entwicklung, die eine präzise und kontinuierliche Verbesserung der Konzepte erforderte. Dabei wurden diverse wissenschaftliche Methoden und Technologien eingesetzt, um die Anforderungen der Anwendungsfälle zu erfüllen und die Funktionalität des Demonstrationsfahrzeugs sicherzustellen.



Abbildung 24: Wechsel vom e.GO Mover auf den Streetscooter

Infolgedessen wurden im Rahmen des Projekts zwei Anwendungsfälle für den Demonstrator grundsätzlich ausgewählt, welche beide den Warentransport umfassen. Dabei handelt es sich zum einen um

den Use Case Lieferdienst und zum anderen um den Use Case mobiler Kiosk. Die grundlegende Projektidee sieht vor, dass das Fahrzeug in allen Anwendungsfällen autonom fährt. Dieses Vorhaben soll im Demonstrator prinzipiell umgesetzt werden, jedoch auf einer separaten Teststrecke und unabhängig von den Probandentests, welche im öffentlichen Raum auf öffentlichen Straßen durchgeführt werden sollen. Die Erprobung der autonomen Fahrfunktionen kann somit als ein eigener dritter Use Case für das Demonstrationsfahrzeug betrachtet werden.

Die Umsetzung der Anwendungsfälle erfordert eine detaillierte Analyse und Entwicklung, bei der verschiedene wissenschaftliche Methoden und Technologien eingesetzt werden. Insbesondere im Bereich der Autonomie sind komplexe Algorithmen und Regelwerke notwendig, um eine zuverlässige Steuerung des Fahrzeugs zu gewährleisten. Die Durchführung von Tests auf einer separaten Teststrecke ermöglicht eine präzise und kontrollierte Evaluation der autonomen Fahrfunktionen. Hierbei können auch kritische Szenarien simuliert und evaluiert werden, um eine maximale Sicherheit und Zuverlässigkeit des Demonstrators zu gewährleisten.

Die Beschreibung der Use Cases erfolgt im Anschluss und umfasst eine detaillierte Analyse der Anforderungen sowie eine Beschreibung der Funktionalitäten und des Ablaufs der jeweiligen Use Cases. Dabei werden auch mögliche Hindernisse und Herausforderungen berücksichtigt, die im Rahmen der Umsetzung auftreten können.

Zum Ende des Forschungsprojektes musste das Versuchsfahrzeug, in dem die Use Cases umgesetzt wurden und das für die User Tests genutzt wurde, aus technischen Gründen ausgetauscht werden. Dieser ungeplante Wechsel des Fahrzeugs hatte zur Folge, dass in der kurzen Restlaufzeit des Projektes für dieses neue Fahrzeug keine Automatisierung der Fahrfunktion mehr umgesetzt werden konnte. Deshalb wurde für die tatsächliche Umsetzung und Erprobung der automatisierten Fahrfunktion und deren Zusammenspiel mit der Routenplanungssoftware auf ein bestehendes anderes Fahrzeug zurückgegriffen. Dabei handelt es sich um einen e.GO Life aus dem Forschungsprojekt Aperol. Näheres dazu ist im Kapitel 4.5 beschrieben.

Diese Änderung der Fahrzeugplattform hatte keine Auswirkungen auf die Konzeptionierung des Umsetzungskonzeptes der automatisierten Fahrfunktion. Diese war zum Zeitpunkt, zu dem sich die Notwendigkeit des Fahrzeugwechsels herausstellte, bereits vollständig abgeschlossen.

Eine genaue Beschreibung des entwickelten Lösungskonzeptes zur Umsetzung der automatisierten Fahrfunktionen am Versuchsfahrzeug inkl. der Herleitungen der Anforderungen, die sich dabei an das Konzept ergeben haben, findet sich in Kapitel 4.4.3.

4.4.1 Anwendungsfall des mobilen Kiosks

Im Rahmen der durchgeführten Fallstudie zum mobilen Kiosk lag der Fokus des Projekts auf der Stärkung der Interaktion zwischen Kunden und Anbietern der Produkte mittels eines Prototyps. Zu diesem Zweck wurde zunächst eine umfassende Marktstudie durchgeführt, um die bereits vorhandenen Produkte zu evaluieren und zu verstehen, wie die Nutzer des mobilen Kiosks mit ihnen interagieren. Auf dieser Basis wurden drei Modelle von mobilen Kiosken, nämlich Bring Auto, Robomart und Neolix, in Betracht gezogen. Basierend auf der Analyse dieser bereits bestehenden Produkte wurden drei Aspekte identifiziert, um eine bessere Interaktion und Leistung des Prototyps zu gewährleisten. Diese umfassen den Raum, in dem der Prototyp genutzt wird, die Benutzeroberfläche sowie die Bezahlmethoden.

Hinsichtlich des Raums für die Nutzung des Prototyps wurde das Projekt so entwickelt, dass die Lieferanten der Produkte eine einfachere und flexiblere Möglichkeit haben, den Kiosk mit ihren Produkten zu versorgen, die unterschiedliche Geometrien und Formen aufweisen können. Darüber hinaus wurde eine Planungsstudie durchgeführt, um sicherzustellen, dass der Kiosk eine maximale Anzahl an Produkten aufnehmen kann und somit ein häufiger Nachschub vermieden wird.

Bei der Gestaltung der Benutzeroberfläche des Kiosks wurde darauf geachtet, dass möglichst viele verschiedene Benutzer und Kunden den Interaktionsbildschirm leicht verstehen und nutzen können. Hierfür wurden Funktionen und Benutzeroberflächen entwickelt, die eine hohe Sichtbarkeit und eine intuitive Nutzung ermöglichen.

Für die Bezahlmethoden wurde eine schnelle und praktische Zahlungsmöglichkeit gesucht. Dabei erwies sich die Chip-Zahlungstechnologie, wie beispielsweise die NC-Karte, als sehr attraktiv.

Im vorliegenden Forschungsbericht werden in Kapitel 4.5 sämtliche Aspekte und Technologien erläutert, die für die Implementierung des Prototyps verwendet wurden. Dabei werden insbesondere die

theoretischen Konzepte und deren praktische Umsetzung beschrieben und die Vorteile der einzelnen Technologien herausgestellt.

4.4.2 Anwendungsfall des Lieferdienstes

Bei der Konzeption der Fallstudie über den Lieferdienst wurde berücksichtigt, dass sowohl der Endkunde als auch der Lieferant der Produkte ein hohes Maß an Sicherheit und Effizienz bei der Lieferung benötigen. Zu diesem Zweck wurde eine Marktanalyse durchgeführt, um die aktuelle Logistikpraxis zu verstehen und das Nutzerverhalten zu erfassen. Dabei wurden drei Modelle von Paketstationen - CITYLOG bentoBox, Amazon Hub Locker und DHL Packstation - untersucht. Basierend auf der Analyse wurden einige Aspekte identifiziert, um die beste Interaktion und Sicherheit bei der Nutzung des Prototyps zu gewährleisten. Hierzu gehören Flexibilität, Benutzerfreundlichkeit, Zeiteffizienz, Robustheit und Barrierefreiheit.

Die Flexibilität des Prototyps bezieht sich auf die Anpassungsmöglichkeiten der Fächer, um verschiedene Produkte mit unterschiedlichen Abmessungen liefern zu können, ohne die Packstation umbauen oder das Fahrzeug wechseln zu müssen. Hierbei wurden Lösungen zur Variation der Höhe der Regale in der Packstation untersucht, um das Volumen der Fächer anzupassen.

Die Benutzerfreundlichkeit des Produkts beschäftigt sich mit der Analyse der Interaktion zwischen Lieferanten, Kunden und dem Prototyp. Hierbei wurde festgestellt, dass die Verwendung eines Codescanners für die Registrierung und Entnahme der Pakete eine interessante Lösung darstellt.

Die Zeiteffizienz des Prototyps bezieht sich auf die Schnelligkeit der Interaktionen zwischen Lieferanten, Kunden und dem Prototyp. Dabei hat sich gezeigt, dass der Einsatz von Scannern zur Erfassung und Entnahme der Pakete aus den Sendungen weit verbreitet und schnell ist.

Die Robustheit des Prototyps bezieht sich auf die Fähigkeit, langen Fahrten zwischen städtischen Zentren und ländlichen Gebieten mit Produkten unterschiedlichen Volumens und Gewichts standzuhalten. Die Verwendung von Metall- und Aluminiumstrukturen im Prototyp hat gezeigt, dass dieser Aspekt in hohem Maße gewährleistet werden kann.

Die Zugänglichkeit des Prototyps beschäftigt sich mit der Frage, ob der Prototyp von verschiedenen Altersgruppen mit unterschiedlichen Barrieren oder Nutzungsbedürfnissen genutzt werden kann. Hierbei wurde untersucht, wie der Prototyp für alle Nutzer zugänglich gemacht werden kann.

In Kapitel 4.5 werden alle Komponenten beschrieben, die für die Konstruktion des Prototyps verwendet wurden, um die oben genannten Aspekte zu gewährleisten.

4.4.3 Konzeptionierung der automatisierten Fahrfunktion

Für die Konzeptionierung der automatisierten Fahrfunktion am Versuchsträger mussten zunächst die Anforderungen definiert werden, die sich durch die Anwendungsfälle und die Fahrzeugplattform ergeben haben.

Der Versuchsträger wurde grundsätzlich aus zwei Gründen aufgebaut: Zum einen sollte er die Umsetzbarkeit des Konzeptes bzw. des Anwendungsfalls zeigen, was in Arbeitspaket 1 im Konsortium entwickelt wurde. Der andere Grund ist, eine Plattform zur reibungslosen Durchführung der Probandentests zu liefern.

Zum Demonstrieren der Umsetzbarkeit des angedachten Konzeptes gibt es dabei folgende zwei Ziele, die im Rahmen der Entwicklung der automatisierten Fahrfunktion möglichst gut verwirklicht werden sollten: Das Fahrzeug sollte zum einem technisch möglichst nah an das Konzept reichen, welches im Rahmen des Projektes – in Arbeitspaket 1 – erarbeitet wurde. Zum anderen sollte das Fahrzeug aber auch an den Stellen, an denen es nicht komplett diesem Konzept entspricht, zumindest aufzeigen, dass das Konzept realistisch und umsetzbar ist.

Auch aus der Durchführung der Probandentests und zur Validierung des Konzepts ergaben sich zwei Ziele zur Fahrzeugentwicklung: Das Fahrzeug sollte zum einen im Umfeld der Probandentests zuverlässig funktionieren. Und zwar auch dann, wenn es zu einer möglichen Fehlbedienung seitens der Testpersonen kommt. Zum anderen sollte das Fahrzeug technisch so nah an dem theoretischen Konzept aus Arbeitspaket 1 sein, dass die Situationen mit dem Fahrzeug aus Probandensicht, die im Rahmen der Feldversuche entstehen, den Situationen mit einem dem Konzept entsprechenden Fahrzeug möglichst nahekommen.

Das in Arbeitspaket 1 entwickelte Konzept sieht ein autonomes Fahrzeug vor, welches in ländlichen Regionen Waren und Dienstleistungen anbietet. Aus fahrzeugtechnischer Sicht ist hier vor allem die Autonomie das entscheidende. Aus diesem Grund sah das Entwicklungskonzept des Fahrzeugs vor, im Rahmen des Forschungsprojekts autonome Grundfunktionen in das Fahrzeug einzubauen und diese auf einer geeigneten Teststrecke zu validieren. Aus Kunden- bzw. Probandensicht ist vor allem die zuverlässige und dem Konzept nahekommende Funktion des Fahrzeugs entscheidend und weniger die Autonomie. Deshalb sah das Entwicklungskonzept vor, die im Rahmen des Forschungsprojektes durchgeführten User Tests im ländlichen Raum im manuellen Betrieb durchzuführen. Das Fahrzeug sollte zwar alle Sensorik etc. installiert haben, auf öffentlichen Straßen allerdings manuell betrieben werden. Das Fahrzeug sollte also technisch entsprechend so ausgestattet werden, dass es manuell betrieben werden kann und dabei auch alle Zulassungsvoraussetzungen trotz dem Einbau der Technik für die Automation noch erfüllt.

Zusammenfassend wurden folgende Anforderungen an das Fahrzeug identifiziert, die in Arbeitspaket 5 umzusetzen waren:

- Autonome Grundfunktionen für den Betrieb auf einer Teststrecke
 - Detektion Hindernisse und Reaktion
 - Abfahren vorgegebener Routen
- Zuverlässiger Betrieb für die Probandentests im öffentlichen Raum
 - Straßenzulassung
 - Manueller Betrieb möglich
 - Erfahren des „autonomen“ Fahrzeugs
 - Alle Sensorik etc. installiert und sichtbar
 - Interaktion Proband mit Fahrzeug (Heranwinken, HMI am Fahrzeug ...)
 - Keine Interaktion Proband mit Fahrer
 - Passive Komponenten der Automatisierung in Betrieb
 - Kamera zum Heranwinken des Fahrzeugs
 - Sensoren zur Objekterkennung

4.5 Prototypische Umsetzung der Lösungskomponenten im Fahrzeug und Dienst

Arbeitspaket 5 ist ein Teilprojekt, das sich mit der Umsetzung der Konzepte und Anforderungen aus Arbeitspaket 2 in Form einer prototypischen Implementierung im Fahrzeug und dem Ausbau des Demonstrators befasst. Die Arbeiten an Arbeitspaket 5 begannen im Jahr 2021 und umfassen zwei separate Phasen für beide Use Cases und die automatisierten Fahrfunktionen. Die erste Phase umfasste die prototypische Umsetzung, die anschließend in einer zweiten Phase in enger Zusammenarbeit mit Arbeitspaket 2 überarbeitet wurde, um Änderungen an den Konzepten zu integrieren. Dabei wurden modernste Technologien und Verfahren eingesetzt, um eine effiziente und präzise Implementierung der Anforderungen zu gewährleisten. Im Bild ist der Prototyp des Konzepts dargestellt.

Wie bereits erwähnt konnte die autonome Fahrfunktion nicht wie geplant in demselben Fahrzeug umgesetzt werden, in dem die prototypische Umsetzung der Lieferdienste durchgeführt wurde. Stattdessen wurde auf einen e.GO Life zurückgegriffen, der ursprünglich für das Forschungsprojekt Aperol entwickelt und ausgebaut wurde. Da auch in diesem Projekt eine autonome Fahrfunktion entwickelt wurde, konnten einige Aspekte übernommen werden. Andere mussten überarbeitet und an die spezifischen Anforderungen im Projekt LandLeuchten angepasst werden. Eine genaue Beschreibung der zunächst geplanten und schlussendlich durchgeführten Umsetzung findet sich in Kapitel 4.5.3.



Abbildung 25: Fahrzeugkonzept für die Entwicklung des Prototyps.

4.5.1 Prototypische Umsetzung des mobilen Kiosks

Im Zuge der Entwicklungsarbeiten für die mobile Kiosk-Fallstudie wurden die im Arbeitspaket 2 festgelegten Aspekte, wie beispielsweise die Nutzung des Fahrzeugraums, der Bedienoberfläche und der Bezahlmethoden, sorgfältig berücksichtigt. Mit dem Ziel, die Interaktionen zwischen Endkunden und Lieferanten sowie dem Prototyp zu optimieren und zu erleichtern, wurde ein agiler Prototyp entwickelt, der durch den Einsatz verschiedener Technologien und Fertigungsverfahren schnell und flexibel an die Bedürfnisse des Kunden angepasst werden kann.

Um mit der Umsetzung der zuvor definierten Konzepte zu beginnen, wurde zunächst eine Raumstudie am Fahrzeug durchgeführt, das für die Implementierung der Fallstudie vorgesehen war. Durch umfassende Überprüfungen und Messungen konnte ein Layout erstellt werden, das die Dynamik der Prototypnutzung besser visualisiert und verständlich macht. In der Abbildung unten ist das Layout des Fahrzeugs dargestellt.

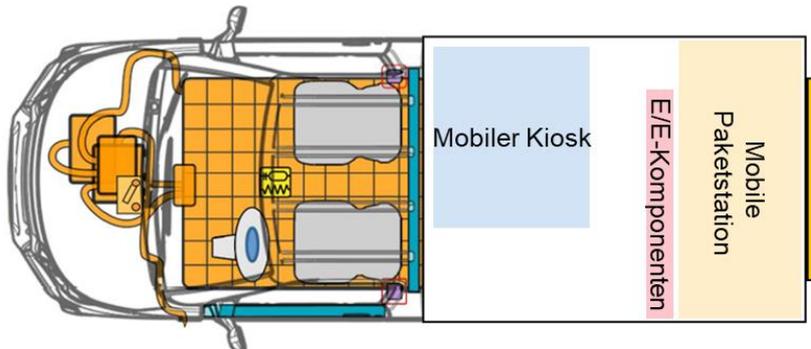


Abbildung 26: Layout für die prototypische Umsetzung.

Nachdem das Layout des Fahrzeugs bekannt ist und der verfügbare Raum im Fahrzeug bekannt ist, kann die Entwicklung und Herstellung der Struktur, die in das Fahrzeug integriert wird, um alle Produkte zu tragen, die von Lieferanten und Kunden angeboten bzw. verbraucht werden. Im Rahmen dieses Projekts wurde beschlossen, Aluminiumprofile aufgrund ihrer hohen Präzision und Flexibilität bei der Montage zu verwenden. Im Folgenden sind einige Bilder der Aluminiumprofilstruktur zu sehen, die in den Prototyp integriert und montiert wird.

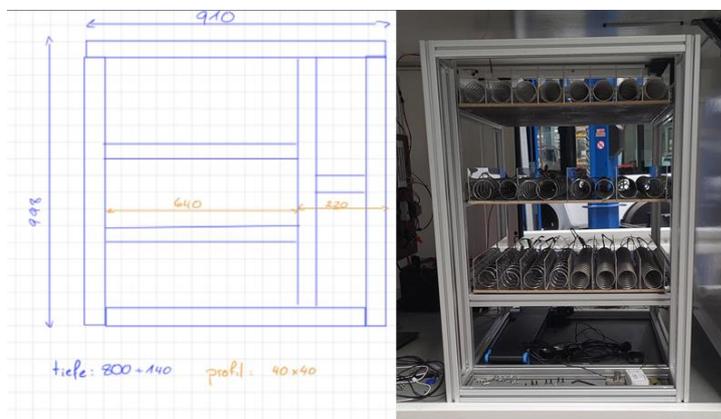


Abbildung 27: Konzeption und Integration der Kioskstruktur.

Wie in der obigen Abbildung zu sehen ist, wurden in die Aluminiumkonstruktion Regale mit variablen Abständen integriert, um unterschiedlich lange Produkte unterbringen zu können. Zudem sind die Regale mit Schienensystemen ausgestattet, um die Belieferung durch die Produktlieferanten zu erleichtern. Um Unfälle bei der Lieferung zu vermeiden, wurden zudem einige Sicherheitssysteme an den Regalen angebracht, um ein Verrutschen der Produkte zu verhindern.



Zur Auslieferung der Produkte an den Kunden wurde der mobile Kiosk mit Metallspiralen ausgestattet, die von kleinen Getriebemotoren bewegt werden können. Zur Steuerung dieser Motoren wurde die Arduino-Plattform eingesetzt, um eine Integration zwischen Benutzerschnittstelle und Motorsteuerung zu ermöglichen. Die Arduinos wurden mithilfe der Programmiersprache C++ programmiert.

Darüber hinaus wurde an der Seite des Prototyps ein Touchscreen-Display integriert, das es dem Kunden ermöglicht, Bestellungen aufzugeben und die zum Verkauf angebotenen Produkte anzuzeigen. Die entwickelte Schnittstelle wurde mithilfe der Programmiersprache Python auf einem Raspberry PI Mini-Computer implementiert, der die Funktion hat, die Eingaben des Kunden auf dem Bildschirm zu empfangen und die Informationen an die Arduinos weiterzuleiten, um eine reibungslose Lieferung des Endprodukts zu ermöglichen. Als Testbezahlmethode für die Fallstudie im Prototyp wurde ein RFID-Sensor angepasst, der für die Simulation eines kontaktlosen Kartenbezahlsystems zwischen dem Prototyp und dem Kunden verantwortlich ist. Auf diese Weise können die Kunden eine Karte verwenden, um das ausgewählte Produkt zu bezahlen und den Kaufprozess zu beenden. Die nachstehende Abbildung veranschaulicht die Funktionsweise und den Informationsfluss, der bei der Steuerung des mobilen Kiosks zum Einsatz kommt. Es handelt sich hierbei um einen visuellen Darstellungsmechanismus, der die Prozesse und Zusammenhänge zwischen verschiedenen Komponenten des Systems veranschaulicht. Die Visualisierung dient dazu, ein besseres Verständnis der komplexen Vorgänge bei der Kiosksteuerung zu ermöglichen und gegebenenfalls Optimierungsmaßnahmen abzuleiten.

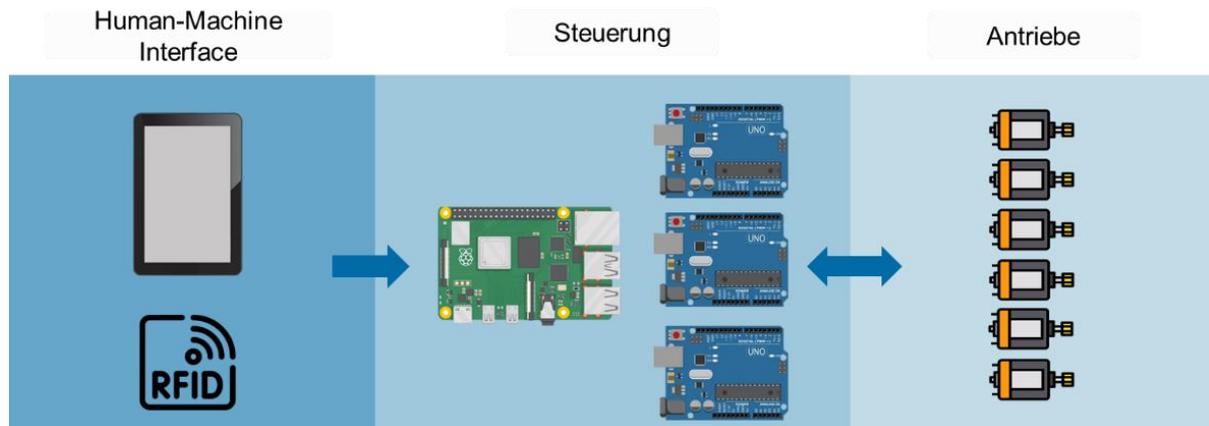


Abbildung 28: Übersicht der mobilen Kiosksteuerung.

Im Rahmen der vorliegenden Forschungsarbeit wurde eine neuartige Benutzerschnittstelle für das Touchdisplay des mobilen Kiosksystems entwickelt. Diese Schnittstelle zeichnet sich durch eine signifikante Verbesserung der Nutzerfreundlichkeit und eine erhebliche Erleichterung der Systembedienung aus. Die implementierten Funktionen beinhalten nicht nur eine visuelle Darstellung der verfügbaren Produkte, sondern auch detaillierte Informationen zu den enthaltenen Inhaltsstoffen sowie eine kurze Beschreibung der Produkte.

Die Umsetzung der neuen Benutzeroberfläche wurde durch die Integration einer umfassenden Produktdatenbank ermöglicht, die eine schnelle und effiziente Anpassung der verfügbaren Produkte an

die Bedürfnisse des Nutzers ermöglicht. Durch die Implementierung dieser Funktionen kann das mobile Kiosksystem seine Leistungsfähigkeit verbessern und seinen Kunden ein verbessertes Einkaufserlebnis bieten.

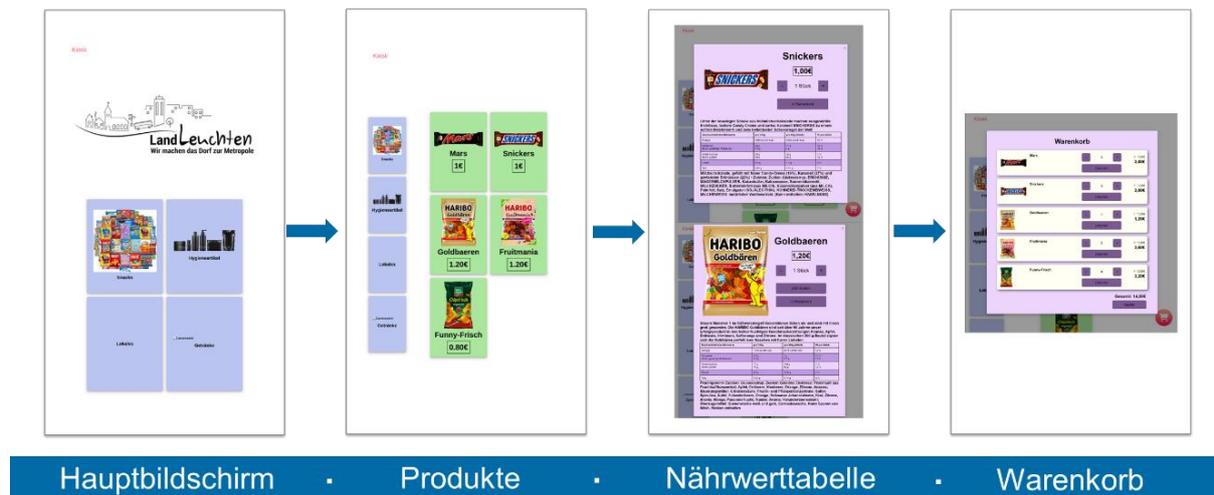


Abbildung 29: Benutzeroberfläche des Touchscreens.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass das mobile Kiosk-Fallstudienprojekt erfolgreich abgeschlossen wurde. Der agile Prototyp des mobilen Kiosksystems berücksichtigt die Bedürfnisse von Lieferanten und Kunden gleichermaßen und optimiert die Interaktion zwischen beiden. Die Aluminiumprofilstruktur bietet eine flexible und präzise Lösung zur Integration und Montage der Regale, die mit Sicherheitssystemen ausgestattet sind, um ein Verrutschen der Produkte zu verhindern. Die Integration von Metallspiralen und der Arduino-Plattform ermöglicht eine reibungslose Lieferung und Steuerung des Kiosksystems. Das Touchscreen-Display mit der neuartigen Benutzeroberfläche und der RFID-Sensor für die Bezahlung verbessern die Nutzerfreundlichkeit und das Einkaufserlebnis für die Kunden. Insgesamt

ist das mobile Kiosksystem ein innovatives Konzept, das aufgrund seiner Flexibilität und Anpassungsfähigkeit für viele Anwendungsbereiche geeignet ist. Im Folgenden ist eine Abbildung des mobilen Kiosksystems dargestellt, die die Funktionalität und den Aufbau des Prototyps veranschaulicht.



Abbildung 30: Fertiger Prototyp nach Montage und Anpassung aller Komponenten.

4.5.2 Prototypische Umsetzung des Lieferdienstes

Die Fallstudie zu den Lieferdiensten beruhte auf den in Arbeitspaket 2 definierten Konzepten und Aspekten, ähnlich wie die Fallstudie zum mobilen Kiosk. Der entwickelte Prototyp für die Lieferdienste sollte nicht nur die Interaktion zwischen Produktlieferanten und Kunden erleichtern, sondern auch eine sichere und effiziente Lieferung gewährleisten. Für das Prototyping wurden Fertigungsverfahren wie der 3D-Druck eingesetzt, um eine schnelle und präzise Herstellung der Komponenten gemäß den Projektanforderungen zu ermöglichen. Die Integration des Prototyps in das Fahrzeug erfolgte durch den Einsatz von hochwertigen Aluminiumprofilen, die sich durch ihre hohe Präzision, Flexibilität und Leichtigkeit auszeichnen.

Die Struktur der Packstation wurde modular aufgebaut, um eine einfache Anpassung an die Bedürfnisse des Lieferdienstes zu ermöglichen und bei Bedarf einen unkomplizierten Austausch zu gewährleisten. Die resultierende Struktur zeichnet sich durch eine hohe Stabilität und Robustheit aus und erfüllt die Anforderungen des Lieferdienstes hinsichtlich der Lieferung von Produkten.



Abbildung 31: Integration der Packstückstruktur in das Fahrzeug.

Nach erfolgreicher Integration der Struktur in das Fahrzeug erfolgte die Konstruktion einer modular anpassbaren Packstation mit höhenverstellbaren Regalen und Fächern, die eine optimale Nutzung des Raums ermöglichen. Die Packstation ist so ausgelegt, dass sie über einen Raspberry PI Mini-Computer und elektromagnetische Schlösser gesteuert wird. Dabei sind die Schlösser als Aktuatoren zu verstehen, die durch Relais als Steuerungselemente gesteuert werden. Die Programmierung der Steuerungselemente erfolgte mittels der objektorientierten Programmiersprache Python, die eine effiziente Umsetzung der Logik und Funktionsweise der Aktuatoren ermöglichte.

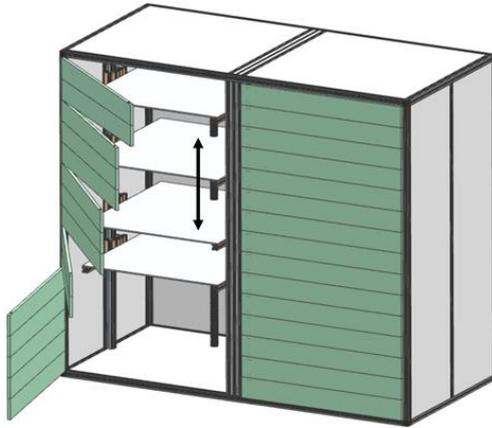


Abbildung 32: Modulare Paketstation.

Als zusätzliche Sicherheitsmaßnahme ist die Packstation mit einer QR-Code-Lese-Kamera ausgestattet, die eine schnelle und zuverlässige Identifikation der Nutzer und Produkte ermöglicht. Hierbei handelt es sich um eine Technologie der Bildverarbeitung und Mustererkennung, die es ermöglicht, den QR-Code auf dem Smartphone oder Ausdruck des Kunden zu scannen und eine Verifikation des Zugriffs auf das Paket durchzuführen. Die gesamte Konstruktion der Packstation folgte einem modularen und anpassbaren Designprinzip, das eine flexible Nutzung für eine Vielzahl von Anwendungen und Nutzern ermöglicht.

Insgesamt stellt die Packstation eine innovative und effiziente Lösung für die Paketzustellung dar, die aufgrund ihrer Flexibilität und Sicherheitsmaßnahmen in einer zunehmend digitalisierten Welt eine hohe Relevanz aufweist. Die Umsetzung der Packstation ermöglicht eine effektive Integration in bestehende Logistiksysteme und eine nahtlose Kommunikation zwischen den beteiligten Akteuren. In der nachstehenden Abbildung ist die Funktionsweise des Systems der Packstation zu sehen.

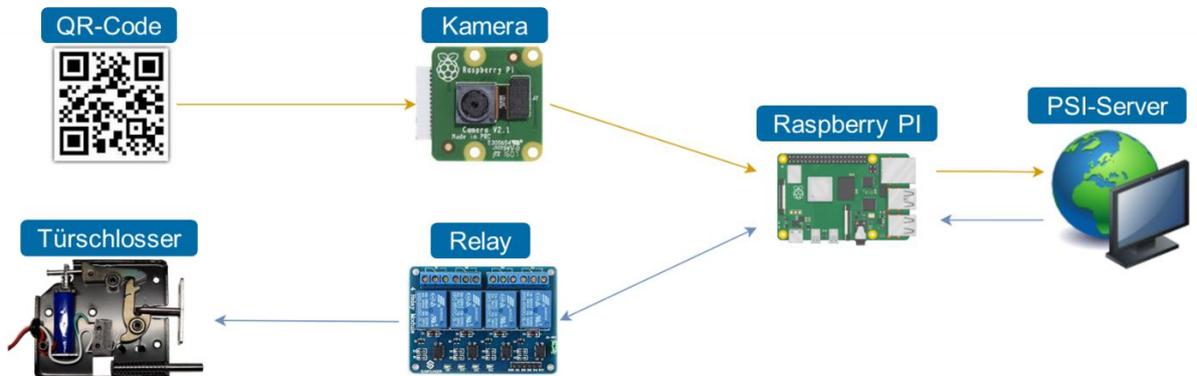


Abbildung 33: Die Steuerung des Systems der Paketstation.

Die entwickelte Packstation für Lieferdienste stellt eine innovative und effiziente Lösung für die Zustellung von Produkten dar. Durch den Einsatz von Fertigungsverfahren wie 3D-Druck und hochwertigen Aluminiumprofilen konnte ein stabiles und robustes System entwickelt werden, das eine sichere Lieferung gewährleistet. Die Packstation bietet eine optimale Nutzung des Raums, höhenverstellbare Regale und Fächer sowie eine schnelle und zuverlässige Identifikation der Nutzer und Produkte durch eine QR-Code-Lese-Kamera. Das modulare und anpassbare Designprinzip ermöglicht eine flexible Nutzung für eine Vielzahl von Anwendungen und Nutzern. Insgesamt ist die Packstation eine zukunftsweisende Lösung für die Welt. Im folgenden Bild ist die Funktionsweise des Systems der Packstation dargestellt.



Abbildung 34: Prototyp der Packstation fertiggestellt.

4.5.3 Prototypische Umsetzung der automatisierten Fahrfunktionen

Zur prototypischen Umsetzung der automatisierten Fahrfunktionen wurde zunächst ein technisches Konzept entwickelt, die in Arbeitspaket 2 definierten Anforderungen zu erfüllen. Der Kern dieses Konzeptes ist dabei zunächst das Kommunikationsmodell, welches in Abbildung 35 dargestellt ist.

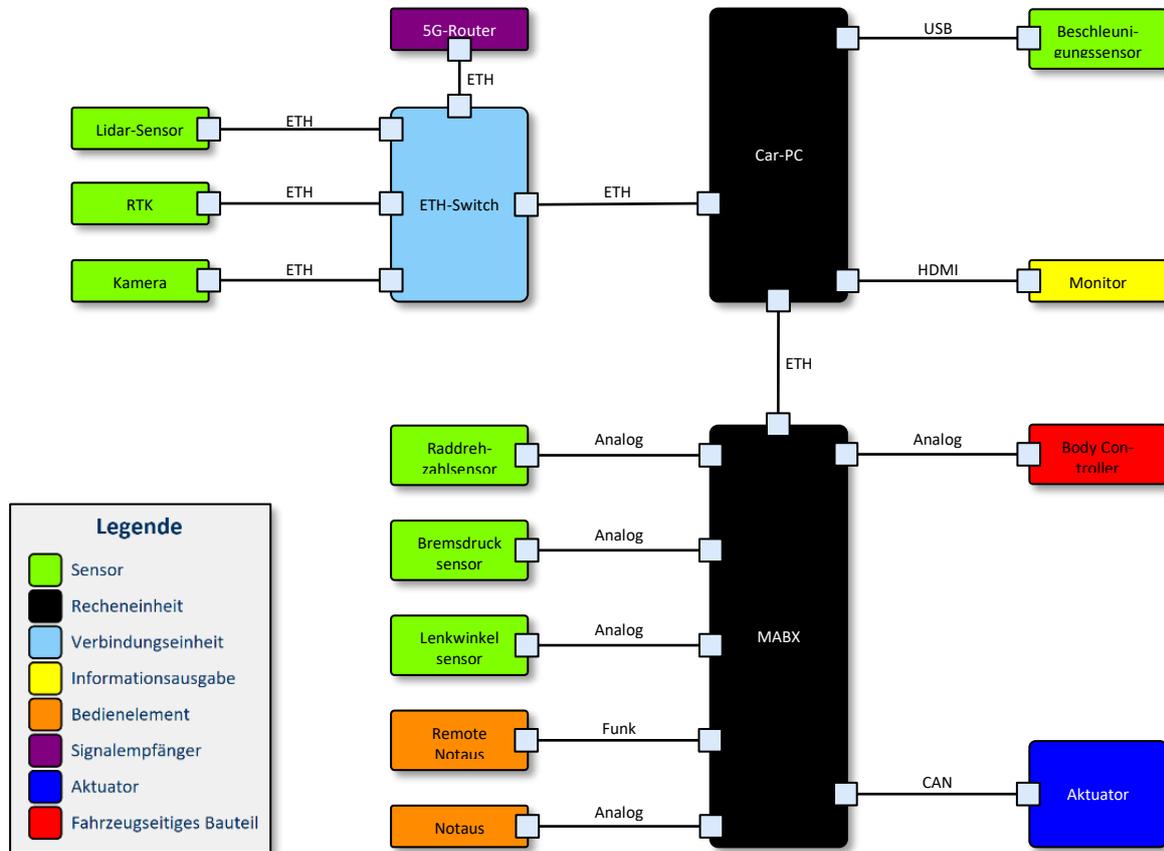


Abbildung 35: Kommunikationsmodell der automatisierten Fahrfunktion

Das Modell ist in zwei Hälften aufgeteilt. Zum einen gibt es den Bereich der High-Level-Steuerung. Diese findet in einem im Fahrzeug verbauten PC statt. Mit Hilfe von Lidar-Sensoren, GNSS-Sensoren mit RTK-Funktion (Real Time Kinematik/Echtzeitkinematik), Beschleunigungssensoren und Kameras wird das Umfeld und die eigene Bewegung im Umfeld wahrgenommen. Daraus wird dann im Car-PC unter Berücksichtigung der Routenvorgabe durch das externe Routenmanagementsystem eine Trajektorie geplant. Das Routenmanagementsystem gibt in dem Fall Routenpunkte an das Fahrzeug, die es anhand der Bestellungen der Benutzer ermittelt.

Der PC gibt diese Trajektorie und damit die Sollwerte der fahrdynamischen Größen Längs- und Querschleunigung schließlich an das Low-Level-System weiter. Dort findet die Regelung der fahrdynamischen Größen statt. Kern des Low-Level-Systems ist dafür eine MicroAutoBox II (MABX). Zur Regelung dieser Größen benötigt die MABX die Istwerte von Radumdrehzahl, Bremsdruck und Lenkwinkel, die

sie aus entsprechenden Sensoren bezieht. Daraufhin werden die Regelungsgrößen von Lenkwinkel und Pedalstellung an den Aktor ausgegeben.

Insgesamt wurde diese Architektur auf Basis der Architektur des e.GO Life orientiert, der im Rahmen des Forschungsprojektes Aperol entwickelt wurde.

Der Aktor ist im Fahrzeug verbaut und kann mittels eines Elektromotors physisch den Lenkwinkel und die Stellungen von Gas- und Bremspedal einstellen. Zusätzlich ist die MABX auch mit dem Body-Controller des Fahrzeugs verbunden, um beispielsweise die Richtungsanzeiger zu steuern. In Abbildung 36 ist der Aktor, wie er im Fahrzeug verbaut ist, zu sehen.



Abbildung 36: Aktor zur Umsetzung der automatisierten Fahrfunktion

Die Lidar- und GPS-Sensoren sollten mittels eines Sensorträgers auf dem Dach des Fahrzeugs montiert werden. Für die restliche Elektronik war ein separater Bereich im Innenraum des Fahrzeugs vorgesehen. Dabei wurden die einzelnen Komponenten auf einem Gerüst aus Aluminiumträgern verteilt.

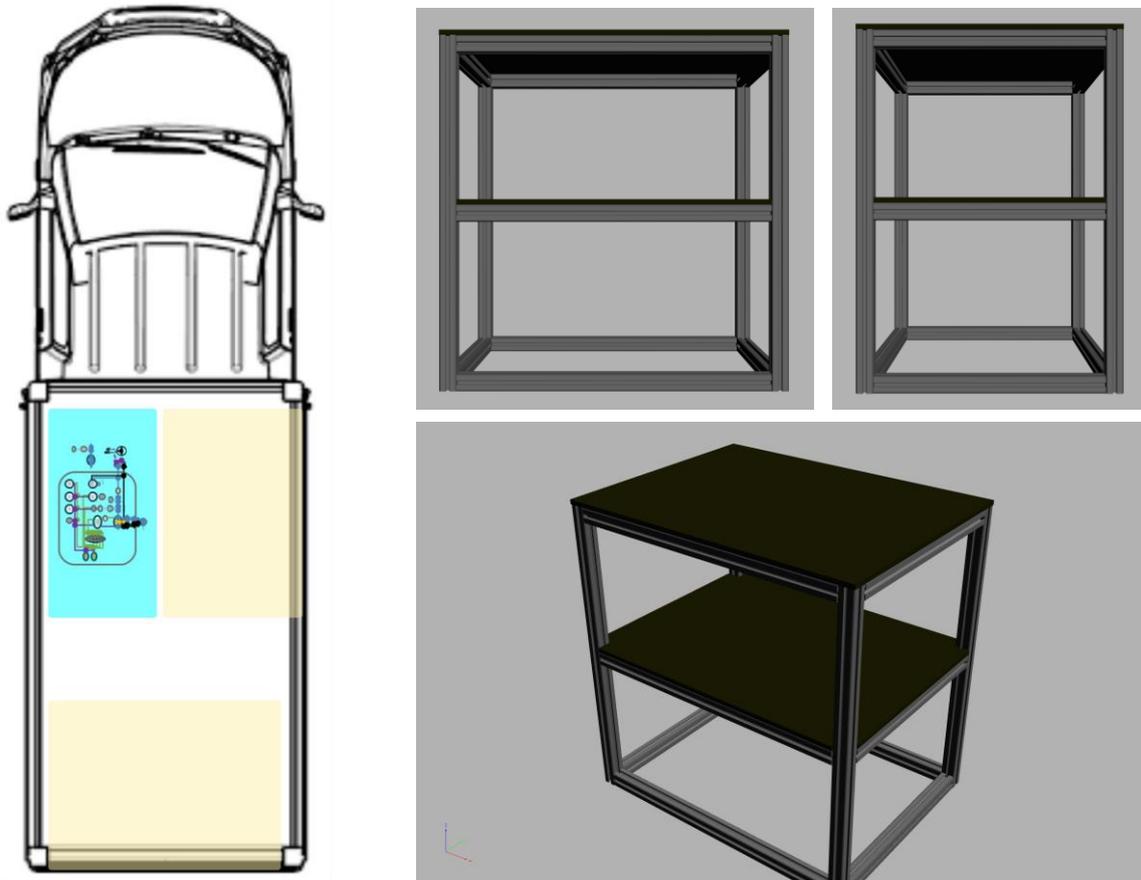


Abbildung 37: Bauraum der Geräte zur Umsetzung der automatisierten Fahrfunktion im Innenraum des Fahrzeugs

Neben dem Kommunikationsmodell musste auch die Stromversorgung der einzelnen Komponenten geplant werden. Herausfordernd war dabei, dass nicht alle Geräte mit der gleichen Spannung betrieben werden können. Zudem musste das Gesamtsystem sicher und möglichst effizient betrieben werden. Als Energiequellen dienen zwei 12V AGM-Batterien, die zu einer 24V-Spannungsquelle in Reihe geschaltet wurden. Für sämtliche mit 12V betriebenen Komponenten musste ein separater Stromkreis mit einem DC/DC-Wandler erzeugt werden. Der komplette Schaltplan ist in Abbildung 38 dargestellt.

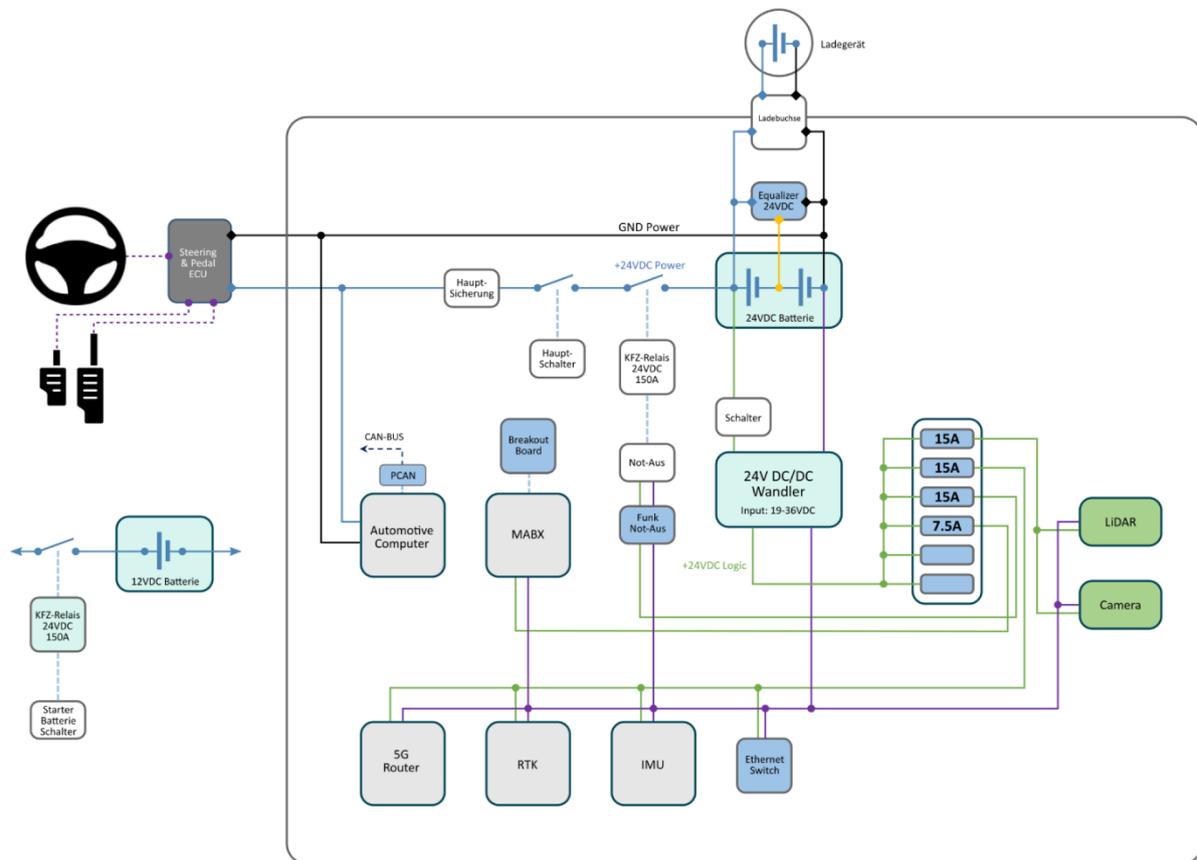


Abbildung 38: E/E-Plan des Versuchsfahrzeugs

Schließlich musste die Software für die Umsetzung der automatisierten Fahrfunktion entwickelt werden. Im Bereich des High-Level konnte dabei vieles aus dem Forschungsprojekt Aperol weiterentwickelt werden. Hier spielen die konkreten Eigenschaften des Fahrzeugs eine untergeordnete Rolle, so dass die Anpassung sich hauptsächlich auf die geforderten Fahrscenarien konzentrierte. Funktionen, die von der Software erfüllt werden müssen, sind in dem Fall das Auslesen und Analysieren der Sensordaten, die Trajektorienplanung auf Basis der Planungskarte, der Sensordaten und der Zielpunkte, die Ablaufsteuerung und die Übergabe der Zieldaten an das Low Level.

Im Low-Level-Bereich war deutlich mehr Neuentwicklung unabhängig von der Software aus dem Aperol-Projekt möglich, da die Software hier für jedes Fahrzeug und jeden Aktor individuell ist. Funk-

tionen sind in dem Fall das Einlesen und evtl. das Filtern der Inputs aus dem High Level und der weiteren Sensoren, die State Machine, die Regelung der Pedal- und Lenkradsteuerung und die Aktorkommunikation und Kommunikation mit dem Body Controller.

Als festgestellt wurde, dass mit dem ursprünglich geplanten Fahrzeug die autonomen Fahrten nicht durchgeführt werden konnten, waren sowohl die Entwicklung als auch der Einbau der Komponenten schon sehr weit fortgeschritten. Der späte Fahrzeugwechsel für die Umsetzung der Use Cases und die Durchführung der Probandentests hat einen Neuaufbau der automatisierten Fahrfunktionen auf dem dafür beschafften neuen Fahrzeug unmöglich gemacht. Aus diesem Grund wurde entschieden, für die Erprobung der automatisierten Fahrfunktionen auf den e.GO Life aus dem Forschungsprojekt Aperol zurückzugreifen. Dafür mussten bei diesem die Kommunikationsmodule auf das Routenplaner- und Bestellsystem von LandLeuchten angepasst werden. Außerdem wurde eine Kamera hinzugefügt und integriert, die es ermöglicht hat, automatisiert Winkgesten zu erkennen, mit denen die Route spontan von außen geändert werden kann. Dies ist zum spontanen Halt im Kioskbetrieb zum Verkauf von Waren nach Wink-Aufforderung durch Passanten nötig. Die Erkennung von Winkgesten wurde im Rahmen der Testfahrten erfolgreich erprobt.

Insgesamt konnten mit diesem Fahrzeug die geplanten Testfahrten erfolgreich durchgeführt werden, worauf in Kapitel 4.7.4 näher eingegangen wird. Der Wechsel der Fahrzeugplattform hat hierbei zu keinen nennenswerten Einbußen gegenüber dem ursprünglichen Projektplan geführt.

4.6 Geschäftsmodelle und Dienste

In der heutigen digitalen Geschäftswelt ist es von entscheidender Bedeutung, innovative und effektive Geschäftsmodelle zu entwickeln, um sich in einem zunehmend wettbewerbsintensiven Markt zu behaupten. Unternehmen müssen ihre Strategien kontinuierlich überdenken und neue Wege finden, um ihre Kunden zu erreichen gerade auch im Hinblick auf zunehmende Konkurrenz bei Mobilitäts- und Logistikdienstleistungen. Das Projekt sollte ganz gezielt diesen Umständen Rechnung tragen und sich stark an aktuell vorherrschende Marktumstände anlehnen. Daher wurde ein ausführlicher Prozess durchlaufen, der zunächst verschiedene, am Markt vorhandene Geschäftsmodelle untersucht, analysiert und Ableitungen trifft, um daraus passende Geschäftsmodelle für LandLeuchten auszuwählen. Anschließend wurde ein umfassender Businessplan erstellt und die wichtigsten Erkenntnisse analysiert. Zuletzt wurden alle Ergebnisse in einem Startup-Pitch zusammengefasst.

4.6.1 Beschreibung zum Vorgehen zu Geschäftsmodellen und Diensten

Um ein fundiertes Verständnis dafür zu entwickeln, wie das Geschäftsmodell gestaltet werden könnte, wurden zunächst verschiedene erfolgreiche Unternehmen und ihre Geschäftsmodelle analysiert. Eine breite Palette von Branchen und Unternehmen wurde betrachtet, von Start-ups bis hin zu etablierten globalen Playern. Der Fokus lag auf Unternehmen, die ähnliche Ziele oder Zielgruppen wie das Projekt hatten.

Diese Untersuchung ermöglichte es, wertvolle Einblicke in bewährte Geschäftspraktiken zu gewinnen und die Erfolgsfaktoren anderer Unternehmen zu identifizieren. Unterschiedliche Modelle wie das Abonnementmodell, das E-Commerce-Modell, das Plattformmodell und das Freemium-Modell wurden analysiert, wobei jede Variante ihre eigenen Stärken und Schwächen hatte.

Nach einer umfassenden Analyse verschiedener Geschäftsmodelle wurden zwei mögliche Modelle für das Projekt ausgewählt. Dieser Prozess erfolgte unter Abwägung der Faktoren, die für einen möglichen langfristigen Betrieb des LandLeuchten-Service ausschlaggebend wären. Sowohl interne als auch externe Faktoren wurden berücksichtigt, darunter Ressourcen, Zielgruppe, Wettbewerbslandschaft und Wirtschaftlichkeit.

Mit der Auswahl des Geschäftsmodells wurde ein detaillierter Businessplan erstellt. Dieser Plan dient als Leitfaden für die Umsetzung der Geschäftsstrategie und hilft bei der Festlegung von Zielen, Finanzprognosen, Marketingstrategien und anderen wichtigen Aspekten. Gerade die Anzahl der benötigten Fahrzeuge für einen wirtschaftlich tragfähigen Betrieb spielt dabei eine entscheidende Rolle.

4.6.2 Marktanalyse

Zunächst wurden sich verschiedene, am Markt bestehende Pilotprojekte im Bereich Logistik und Lieferdienst angeschaut. Die folgende Auswahl stellt ein paar der Projekte vor.

A. Projekt "Mobiler Dorfladen der Steinwald-Allianz"

Das vorliegende Projekt, der "Mobile Dorfladen der Steinwald-Allianz", wurde von einer Gesellschaft ins Leben gerufen, die von 17 Gemeinden des kommunalen Zweckverbands im Nordosten Bayerns gegründet wurde. Ziel des Projekts ist es, eine digitale Plattform zu schaffen, die regionale Erzeuger und BürgerInnen miteinander verbindet. Dabei werden Bestellungen und Bezahlungen der Produkte über einen Onlineshop abgewickelt, während die Abholung im mobilen Dorfladen, einem LKW mit Verkaufsfläche, erfolgt. Zusätzlich werden weitere Services und Dienstleistungen integriert, wie die Abhebung von Bargeld und die Teilnahme an Lotto. Die Implementierung eines Onlineshops ermöglicht den Verbrauchern die bequeme Bestellung der gewünschten Produkte von regionalen Erzeugern. Dies bietet eine Vielzahl von Vorteilen, wie eine größere Auswahl an Produkten, die Möglichkeit, Preise und Qualität zu vergleichen sowie eine 24/7-Verfügbarkeit des Einkaufserlebnisses. Die Bezahlung erfolgt ebenfalls online. Die Abholung der bestellten Produkte erfolgt im mobilen Dorfladen, einem LKW mit einer speziell gestalteten Verkaufsfläche. Dieser Ansatz ermöglicht es den Verbrauchern, ihre regionalen Produkte direkt vor Ort abzuholen, ohne lange Wege zurücklegen zu müssen. Darüber hinaus wurden weitere Services und Dienstleistungen in das Projekt integriert, um den Mehrwert für die BürgerInnen zu erhöhen. Dazu gehört unter anderem die Möglichkeit, Bargeld abzuheben, was insbesondere in ländlichen Gebieten von Bedeutung sein kann, in de-

nen Bankdienstleistungen möglicherweise begrenzt sind. Die Teilnahme an Lotto und ähnlichen Dienstleistungen bietet den Kunden zudem weitere Anreize, den mobilen Dorfladen zu besuchen.



Abbildung 39: Darstellung Fahrzeug Projekt Mobiler Dorfladen

B. Projekt „Starship Lebensmittel Lieferung“

Das Projekt "Starship Lebensmittel Lieferung" ermöglicht es Kunden, über die Starship-App frisches Obst und Gemüse aus den (Bio-)Läden "Belle" und "Bio.Lose" einzukaufen. Die Einkäufe werden anschließend mithilfe autonom fahrender, dreiachsiger Transport-Roboter bis vor die Haustür geliefert. Mit einer Reichweite von 4 Meilen (ca. 6,4 km) bietet das Projekt eine bequeme und zeitsparende Alternative zum traditionellen Einkauf. Darüber hinaus werden weitere Use Cases in Hamburg umgesetzt, wie die Abholung von Retouren in Kooperation mit Hermes sowie die Lieferung von Ersatzteilen, Hauspost, Proben usw. innerhalb von Betriebsgeländen. Die Zahlung erfolgt nach dem Pay-per-Use-Modell mit einer Gebühr von 2,90 Euro pro Lebensmittel Lieferung.



Abbildung 40: Starship Robotor

C. Projekt „CargoPod“

Das Projekt "CargoPod" stellt eine bahnbrechende Lösung dar, die eine Mischung aus Click & Collect und autonomer Belieferung bietet. Dabei bestellt der Kunde die gewünschten Artikel online, die anschließend mithilfe eines autonom fahrenden Fahrzeugs ausgeliefert werden. Das Fahrzeug hält vor der Haustür des Kunden, der dann seine Artikel aus dem Schließfach des Fahrzeugs entnimmt. In der Testphase werden aktuell noch zwei Mitarbeiter eingesetzt, um die Fahrt zu überwachen. Das Projekt hat zum Ziel, die Last Mile Delivery zu optimieren und die Lieferungen mit den kompakten Mini-Transportern, die einer Kombination aus einem Golf- oder Airport-Scooter und einem Kastenwagen ähneln, kostengünstiger und schneller zum Kunden zu bringen. Das Projekt "CargoPod" wird als GATEway-Projekt von der britischen Regierung und der Industrie finanziert und profitiert von der Expertise der Oxford Spin-Offs Oxbotica und des Online-Supermarktes Ocado.

Insgesamt wurden mehr als 20 Geschäftsmodelle analysiert und zusammengefasst. Die Gegenüberstellung ist dabei anhand folgender Matrix vorgenommen worden.

Projekt / Konzept	Use Case		Produkt	Autonomes Fahrzeug	Anwendungsgebiet	
	Lieferdienst	Kiosk			Ländlich	Urban
Mobiler Dorfladen der Steinwald-Allianz	x		Lebensmittel, Produkte des täglichen Bedarfs	Nein	x	
TeleRetail	x		Pakete, Lebensmittel, Essen etc. bis ca. 35 kg	Ja	x	x
Starship Lebensmittellieferung	x		Pakete, Lebensmittel, Essen, Medikamente, etc. bis ca. 9 kg	Ja		x
Click & Collect mit CargoPod	x		Lebensmittel bis 128 kg	Ja		x
Robomart		x	Medikamente, Drogerieartikel, Haushaltswaren, Lebensmittel, Produkte des täglichen Bedarfs	Ja		x
REWE Snack Mobil		x	Snacks und Getränke	Ja		x

Tabelle 4: Geschäftsmodell-Matrix Marktanalyse

4.6.3 Geschäftsmodell-Auswahl

Im Rahmen der Marktanalyse wurden verschiedene Geschäftsmodelle abgeleitet. Diese wurden zunächst aus jedem Modell gegenübergestellt und anschließend in folgender Grafik zusammengefasst.

Optimierung Last Mile Delivery	Subscription	Pay-per-Use	Peer-to-Peer
<ul style="list-style-type: none"> Schnelle Abwicklung und Lieferung wird erwartet Last Mile Delivery ist für Transportunternehmen zeit- und kostspielig Optimierung der Last Mile ist essentiell 	<ul style="list-style-type: none"> Regelmäßige Gebühr, um ein Produkt oder eine Dienstleistung in Anspruch zu nehmen Kunden profitieren von geringen Nutzungskosten Stetiges Einkommen für Betreiber Fokus Kundenbindungen Abschreckung Abo 	<ul style="list-style-type: none"> Zahlung nur wenn Service tatsächlich benutzt 	<ul style="list-style-type: none"> Vermittlung zwischen Provider (Anbieter) und Consumer (Nachfrager) Betreiber bietet eine Plattform zur Vernetzung Kundschaft trägt aktiv zur Wertentstehung, intrinsisch motiviert Einnahmen durch Transaktionsgebühren (Pay-per-Use), Subscription

Tabelle 5: Zusammenfassung Geschäftsmodell-Varianten

Jede Geschäftsmodellart bietet spezifische Chancen und Herausforderungen für einen möglichen langfristigen Betrieb von LandLeuchten. Die folgende Zusammenfassung gibt einen Überblick über die identifizierten Geschäftsmodellarten:

A. Plattformbetreiber

Als Plattformbetreiber sucht LandLeuchten attraktive Geschäftsgebiete und bietet das Produkt selbst an. Dabei fungiert es als Vermittler zwischen Anbietern und Käufern auf einer digitalen Plattform. Das Geschäftsmodell basiert in der Regel auf einer Provision, die für jede erfolgreich vermittelte Transaktion erhoben wird. Der Plattformbetreiber schafft einen Mehrwert, indem er die relevanten Akteure zusammenbringt und den reibungslosen Austausch von Produkten oder Dienstleistungen ermöglicht.

B. Plattformbereitsteller

Als Plattformbereitsteller stellt LandLeuchten seine IT-Infrastruktur als Whitelabel-Lösung zur Verfügung. Dadurch können Kommunen oder Energieversorgungsunternehmen eigenständige Angebote umsetzen. Das Geschäftsmodell basiert in der Regel auf einer Abonnementgebühr für die Nutzung der Plattform sowie gegebenenfalls einer Provision für vermittelte Transaktionen. Der Plattformbereitsteller ermöglicht es seinen Kunden, eine eigene digitale Plattform aufzubauen und von den Vorteilen einer etablierten Infrastruktur zu profitieren.

C. Eigenständiges Angebot spezifischer Dienste

LandLeuchten bietet eigenständige Dienste im Bereich der Mobilität, Güterlogistik und personenbezogener Dienste mit Fokus auf ländliche Gebiete an. Dies umfasst die Umsetzung bereits diskutierter Use Cases. Das Geschäftsmodell kann auf einer Abonnementgebühr basieren, bei der Kunden regelmäßig für den Zugang zu den Dienstleistungen bezahlen. Alternativ kann auch ein Direktverkaufsmodell angewendet werden, bei dem Kunden einzelne Dienstleistungen nach Bedarf erwerben.

D. Herstellung und Vertrieb von Hardware/Software-Produkten

LandLeuchten stellt Hardware- oder Softwareprodukte her und vertreibt sie an Kunden. Dies können beispielsweise IoT-Gateways, Sensoren, Fahrzeuge oder andere technische Komponenten sein. Das



Geschäftsmodell kann auf einer Abonnementgebühr basieren, wenn die Produkte regelmäßig aktualisiert oder gewartet werden müssen. Alternativ kann ein Direktverkaufsmodell angewendet werden, bei dem Kunden die Hardware einmalig erwerben. Der Betrieb läge jedoch ausschließlich beim Kunden.

E. Anbieter von Softwareprodukten

LandLeuchten bietet Softwareprodukte an, die auf Basis der gesammelten Daten entwickelt werden. Dies umfasst beispielsweise eine offene Datenplattform, Sensordaten (Sensing as a Service) und KI-Optimierungen (Optimization as a Service). Das Geschäftsmodell kann auf einer Abonnementgebühr basieren, bei der Kunden regelmäßig für den Zugang zu den Softwareprodukten bezahlen. Alternativ kann auch ein Direktverkaufsmodell angewendet werden, bei dem Kunden die Softwareprodukte einmalig erwerben. Der Betrieb des Geschäftsmodells läge jedoch ausschließlich beim Kunden.

F. Anbieter von Dienstleistungen

LandLeuchten bietet zusätzlich Dienstleistungen wie Schulungen, technischen Support oder Beratung an. Diese Dienstleistungen können Kunden dabei unterstützen, das Produkt oder die Plattform optimal zu nutzen und mögliche Probleme zu lösen. Das Geschäftsmodell basiert in diesem Fall auf direktem Verkauf der Dienstleistungen an die Kunden. Die Preise können je nach Art und Umfang der Dienstleistungen variieren und können beispielsweise auf Stundenbasis oder als Pauschalgebühr angeboten werden. Es ist wichtig anzumerken, dass die Geschäftsmodellarten je nach den spezifischen Anforderungen und Zielen des Unternehmens kombiniert oder angepasst werden können. Eine Kombination der verschiedenen Geschäftsmodellarten kann dazu beitragen, ein vielfältiges Einnahmenportfolio zu schaffen und die Wirtschaftlichkeit mitunter zeitlich eher zu erreichen.

4.6.4 Businessplan-Erstellung

Mit der Erstellung des Businessplan soll untersucht werden, ob ein wirtschaftlicher Betrieb von LandLeuchten möglich ist. In einem ersten Schritt mussten verschiedene Annahmen getroffen werden, um ein Modellierungsmodell aufzubauen. Die folgenden Annahmen wurden dazu innerhalb des Projektteams abgestimmt und diskutiert.

- a. Anzahl der Verkäufe pro Tag (Startwert)
- b. Steigerung der Verkäufe pro Tag nach 12 Monaten aufgrund von Effizienzgewinnen
- c. Marge pro Warenkorb
- d. Anzahl der Fahrzeuge im laufenden Betrieb

Die Annahmen sind im Businessplan im Cockpit bzw. in der Annahmen-Tabelle zu entnehmen.

Cockpit				
Variablen / Annahmen				
	Wert			
Verkäufe pro Tag, Startwert	40			
Zunahme pro Jahr	20%			
Entwicklung Verkäufe				
	2023	2024	2025	2026
Verkäufe pro Tag	40	48	58	69
Anzahl Fahrzeuge	1	5	10	15
GUV, manuell				
	2023	2024	2025	2026
Einnahmen	53.760 €	322.560 €	774.144 €	1.393.459 €
Ausgaben	120.475 €	406.303 €	763.587 €	1.120.872 €
EBIT	-66.715 €	-83.743 €	10.557 €	272.588 €

Abbildung 41: Darstellung Cockpit

Der Businessplan setzt sich zusammen aus

A. Cockpit

Das Cockpit des Businessplans gibt eine Übersicht über getroffene Annahmen und berechnet die Kern-Kennzahlen des Businessplans für eine schnelle Übersicht und Modellierungsmöglichkeit. Das Cockpit beinhaltet unter anderem eine Gesamtübersicht über Umsätze, Kosten, Gewinne und Verluste.

B. GUV (manuell/automatisiert)

Die Gewinn- und Verlustrechnung ist ein zentraler Bestandteil des Businessplans und bietet einen detaillierten Überblick über die erwarteten Einnahmen und Ausgaben. Dabei unterscheidet der Plan zwischen manuellen und automatisierten Prozessen. Die manuelle GUV berücksichtigt die Kosten, die durch manuelle Arbeitsabläufe (vor allem die Fahrzeugsteuerung durch

eine Person) entstehen. Die automatisierte GUV hingegen berücksichtigt die erhöhten Kosten für autonome Fahrzeuge, beinhaltet jedoch geringere Betriebskosten, da Kosten für Fahrer eingespart werden.

C. Investitionskosten (manuell/automatisiert)

Die Investitionskosten sind ein wichtiger Bestandteil des Businessplans und umfassen die Ausgaben, die für einmalige Investitionen (zum Beispiel in die Anschaffung von Fahrzeugen) erforderlich sind. Auch hier unterscheidet der Plan zwischen manuellem und automatisiertem Betrieb.

D. Betriebskosten

Die Betriebskosten umfassen alle laufenden Ausgaben, die im täglichen Geschäftsbetrieb anfallen. Hierzu gehören beispielsweise Mietkosten für Räumlichkeiten, Versorgungs- und Energiekosten, Marketingausgaben, Personalkosten, Wartungs- und Instandhaltungskosten sowie weitere Verwaltungsaufwendungen. Eine genaue Analyse und Prognose der Betriebskosten ermöglicht es, eine realistische Einschätzung der finanziellen Belastungen zu erhalten.

E. Annahmen

Im abschließenden Teil „Annahmen“ sind bereits angesprochene Annahmen und etwaige Quellen gelistet.

Der Businessplan ist im Projektordner abgelegt. Es folgt nun ein Auszug der GUV im ersten Kalenderjahr nach Start des Regelbetriebs im manuellen Betrieb.

Gewinn- und Verlustrechnung, lokaler Betreiber													
	Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	Dezember	2023
Einnahmen, gesamt	4.480 €	4.480 €	4.480 €	4.480 €	4.480 €	4.480 €	4.480 €	4.480 €	4.480 €	4.480 €	4.480 €	4.480 €	53.760 €
Umsätze	4.480 €	4.480 €	4.480 €	4.480 €	4.480 €	4.480 €	4.480 €	4.480 €	4.480 €	4.480 €	4.480 €	4.480 €	53.760 €
Margen aus Verkauf/Fahrzeug	4.480 €	4.480 €	4.480 €	4.480 €	4.480 €	4.480 €	4.480 €	4.480 €	4.480 €	4.480 €	4.480 €	4.480 €	53.760 €
Andere Einnahmen	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Förderungen	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
xxx													0 €
Ausgaben, gesamt	10.040 €	10.040 €	10.040 €	10.040 €	10.040 €	10.040 €	10.040 €	10.040 €	10.040 €	10.040 €	10.040 €	10.040 €	120.475 €
Betriebskosten, allgemein	4.085 €	4.085 €	4.085 €	4.085 €	4.085 €	4.085 €	4.085 €	4.085 €	4.085 €	4.085 €	4.085 €	4.085 €	49.019 €
Betriebskosten Marktplatz	55 €	55 €	55 €	55 €	55 €	55 €	55 €	55 €	55 €	55 €	55 €	55 €	659 €
Personal und sonst. Betriebskosten	4.030 €	4.030 €	4.030 €	4.030 €	4.030 €	4.030 €	4.030 €	4.030 €	4.030 €	4.030 €	4.030 €	4.030 €	48.360 €
Betriebskosten, je Fahrzeug	4.254 €	4.254 €	4.254 €	4.254 €	4.254 €	4.254 €	4.254 €	4.254 €	4.254 €	4.254 €	4.254 €	4.254 €	51.049 €
Betriebskosten Fahrzeug	4.254 €	4.254 €	4.254 €	4.254 €	4.254 €	4.254 €	4.254 €	4.254 €	4.254 €	4.254 €	4.254 €	4.254 €	51.049 €
Anzahl Fahrzeuge	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Investitionskosten, abgeschrieben	1.701 €	1.701 €	1.701 €	1.701 €	1.701 €	1.701 €	1.701 €	1.701 €	1.701 €	1.701 €	1.701 €	1.701 €	20.408 €
Abschreibungen, IT	823 €	823 €	823 €	823 €	823 €	823 €	823 €	823 €	823 €	823 €	823 €	823 €	9.880 €
Abschreibungen, Fahrzeug	877 €	877 €	877 €	877 €	877 €	877 €	877 €	877 €	877 €	877 €	877 €	877 €	10.528 €
Anzahl Fahrzeuge	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
EBIT (IST)	-5.560 €	-5.560 €	-5.560 €	-5.560 €	-5.560 €	-5.560 €	-5.560 €	-5.560 €	-5.560 €	-5.560 €	-5.560 €	-5.560 €	-66.715 €
Zinsen	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Steuern	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
EBT (IST)	-5.560 €	-5.560 €	-5.560 €	-5.560 €	-5.560 €	-5.560 €	-5.560 €	-5.560 €	-5.560 €	-5.560 €	-5.560 €	-5.560 €	-66.715 €

Abbildung 42: GUV erstes Jahr manueller Betrieb

Die GUV zeigt, dass ein Betrieb in Anfangsphase im manuellen Modus mit nur einem Fahrzeug nicht wirtschaftlich möglich ist. Hierzu müssen Synergien genutzt werden, um mehrere Fahrzeuge gleichzeitig zu betreiben, was einen Anstieg der täglichen Verkäufe mit sich bringt. Der Kern der Verbesserungen der finanziellen KPIs liegt darin, dass Investitionen und Betrieb für Lagerhallen, digitale Plattform und App sowohl für 1 also auch für 10 Fahrzeuge gebraucht werden. Auch ein Betrieb mit 10 Fahrzeugen kann sich jedoch derselben Lagerhalle sowie derselben IT-Infrastruktur bedienen. Daher wird bei größerer Skalierung ein wirtschaftlicher Betrieb möglich, wie die folgende Grafik zeigt.

	2023	2024	2025	2026
Einnahmen, gesamt	53.760 €	322.560 €	774.144 €	1.393.459 €
Umsätze	53.760 €	322.560 €	774.144 €	1.393.459 €
Margen aus Verkauf/Fahrzeug	53.760 €	322.560 €	774.144 €	1.393.459 €
Andere Einnahmen	0 €	0 €	0 €	0 €
Förderungen	0 €	0 €	0 €	0 €
xxx	0 €	0 €	0 €	0 €
Ausgaben, gesamt	120.475 €	366.783 €	674.667 €	982.552 €
Betriebskosten, allgemein	49.019 €	49.019 €	49.019 €	49.019 €
Betriebskosten Marktplatz	659 €	659 €	659 €	659 €
Personal und sonst. Betriebskosten	48.360 €	48.360 €	48.360 €	48.360 €
Betriebskosten, je Fahrzeug	51.049 €	255.244 €	510.489 €	765.733 €
Betriebskosten Fahrzeug	51.049 €	51.049 €	51.049 €	51.049 €
Anzahl Fahrzeuge				
Investitionskosten, abgeschrieben	20.408 €	62.520 €	115.160 €	167.800 €
Abschreibungen, IT	9.880 €	9.880 €	9.880 €	9.880 €
Abschreibungen, Fahrzeug	10.528 €	10.528 €	10.528 €	10.528 €
Anzahl Fahrzeuge		0 €	0 €	0 €
EBIT (IST)	-66.715 €	-44.223 €	99.477 €	410.908 €
Zinsen	0 €	0 €	0 €	0 €
Steuern	0 €			
EBT (IST)	-66.715 €	-44.223 €	99.477 €	410.908 €

Abbildung 43: GUV Jahresübersicht manueller Betrieb

Zu beachten gilt, dass im Businessplan keine Kosten für Marketing sowie keine Kosten für etwaige Rechtskosten wie Gründung, Jahresabschluss enthalten sind. Auch sind keine Förderungen enthalten.

In der Betrachtung des autonomen Betriebs wird deutlich, dass die Personalkosten den größten Faktor in der Wirtschaftlichkeit des Modells spielen. Sollte ein autonomer Betrieb langfristig möglich sein, dann würde sich die Wirtschaftlichkeit des Modells massiv verbessern, wie die folgende Grafik zeigt:

	2023	2024	2025	2026
Einnahmen, gesamt	53.760 €	322.560 €	774.144 €	1.393.459 €
Umsätze	53.760 €	322.560 €	774.144 €	1.393.459 €
Margen aus Verkauf/Fahrzeug	53.760 €	322.560 €	774.144 €	1.393.459 €
Andere Einnahmen	0 €	0 €	0 €	0 €
Förderungen	0 €	0 €	0 €	0 €
xxx	0 €	0 €	0 €	0 €
Ausgaben, gesamt	82.475 €	176.783 €	294.667 €	412.552 €
Betriebskosten, allgemein	49.019 €	49.019 €	49.019 €	49.019 €
Betriebskosten Marktplatz	659 €	659 €	659 €	659 €
Personal und sonst. Betriebskosten	48.360 €	48.360 €	48.360 €	48.360 €
Betriebskosten, je Fahrzeug	3.049 €	15.244 €	30.489 €	45.733 €
Betriebskosten Fahrzeug	3.049 €	3.049 €	3.049 €	3.049 €
Anzahl Fahrzeuge				
Investitionskosten, abgeschrieben	30.408 €	112.520 €	215.160 €	317.800 €
Abschreibungen, IT	9.880 €	9.880 €	9.880 €	9.880 €
Abschreibungen, Fahrzeug	20.528 €	20.528 €	20.528 €	20.528 €
Anzahl Fahrzeuge				
	0 €	0 €	0 €	0 €
EBIT (IST)	-28.715 €	145.777 €	479.477 €	980.908 €
Zinsen	0 €	0 €	0 €	0 €
Steuern				
EBT (IST)	-28.715 €	145.777 €	479.477 €	980.908 €

Abbildung 44: GUV Jahresübersicht autonomer Betrieb

Ein autonomer Betrieb stellt demnach finanziell das attraktivere Szenario da, trotz höherer Abschreibungen aus Investitionskosten.

Bezogen auf die Geschäftsmodellbetrachtung stellt der gezeigte Businessplan das Modell des Gesamtbetriebs dar. Im Falle des Geschäftsmodells „Plattformbetrieb“ würde LandLeuchten die Software sowie die Lizenz des Modells vermieten. Zusätzlich kann über die Vermietung der hergerichteten Fahrzeuge nachgedacht werden. In diesem Fall müsste der monatliche Subscription Betrag im manuellen



Betrieb bei einem Fahrzeug mindestens 1.700€ und im autonomen Betrieb bei 2.534€ liegen. Für den Kunden (der lokale Betreiber) rechnet sich das Geschäftsmodell ab dem Zeitpunkt, wo die gleiche Höhe an Umsätzen wie im Businessplan erzielt wird. Aufgrund von weitergehenden Betrachtungen wie Versorgungsgarantie und Standortattraktivität, könnte das Modell aus lokaler Betreiber Sicht sich auch bei Nichterreichen eines Deckungsbeitrags lohnen. Ggf. kann der lokale Betreiber auch von Fördergeldern oder sonstigen Kosteneinsparungen profitieren.

4.6.5 Vermarktungsstrategie

Zur etwaigen Vermarktung des Modells müssen unterschiedliche Vertriebsstrategien entwickelt werden. Als potentieller lokaler Partner konnten kommunale Betriebe wie Stadtwerke oder auch lokale Förderinitiativen ausgemacht werden. Auch Verbünde von lokalen Einzelhändlern könnten als Betreiber auftreten.

Als naheliegendster Vertriebsweg gilt der Direktvertrieb. Hier werden potentielle Partner durch LandLeuchten direkt angesprochen. Da es sich bei den potentiellen Partnern um eine begrenzte Anzahl handelt, der Vertriebslös jedoch hoch wäre, handelt es sich um ein klassisches High Price / Low Volume Modell. Aufgrund des jährlichen Lifetime Value von mind. $1.700€ \cdot 12 = 20.400€$ ist ein Direktvertrieb finanziell tragbar.

Wie zuvor beschrieben sollen über LandLeuchten zahlreiche Usecases umgesetzt werden. Jeder Usecase kann den Umsatz in einer Region mit LandLeuchten steigern. Daher wurde über einen Weg nachgedacht, wie potentielle und aktuelle Betreiber über neue Usecases informiert werden können und sich regelmäßig über Erfahrungen mit den Usecases austauschen. Um dies zu erreichen, wurde eine digitale Betreiber Community unter <https://www.landleuchten.de> eingerichtet. Die Community gilt auf der einen Seite als Möglichkeit, neue Usecases bei LandLeuchten zu beauftragen. Andererseits können die Betreiber sich innerhalb der Community zu Best Practices austauschen. Auf diese Weise sollen die Betreiber sich gegenseitig inspirieren und so das Upselling erleichtert werden.



Abbildung 45: Darstellung LandLeuchten Community Landingpage

4.6.6 Startup-Pitch

Im letzten Schritt wurden alle Erkenntnisse zur Vorbereitung der Gründung einer „LandLeuchten GmbH“ im Rahmen eines Startup-Pitches zusammengefasst. Der Pitch könnte genutzt werden, um etwaige Investoren von der LandLeuchten-Geschäftsidee zu überzeugen. Der Pitch wurde wie folgt strukturiert:

- a. Problem
- b. Lösung
- c. Produkt/Vision
- d. Geschäftsmodell
- e. Referenzen
- f. Wettbewerb
- g. Finanzen
- h. Vertrieb
- i. Team

4.7 Szenarienrealisierung und Pilotbetrieb

Basierend auf 10 Studien, die in den ersten beiden Jahren des Projektes vom HCIC durchgeführt wurden (ausführlichere Beschreibungen der Studien und Ergebnisse sind in Kapitel 4.8 dieses Berichtes aufgeführt), wurden nach und nach die Bestandteile des Fahrzeugs und der digitalen Plattformen erarbeitet, auf technische Umsetzbarkeit geprüft und dann in Prototypen umgesetzt. Diese wurden dann in verschiedenen Use Cases, der Einfachheit halber und basierend auf unterschiedlicher Verfügbarkeit der Demonstratoren, getrennt voneinander getestet.

4.7.1 Nutzertests Use Case 1: Lieferdienst

In Use Case 1 wurde als Feldversuch ein Lieferdienst für individuelle Bestellungen in der Modellregion Birkenfeld am Umwelt-Campus erprobt. Als Partner für diesen Feldversuch konnte das Eiscafé Venezia aus Birkenfeld als assoziierter Partner gewonnen werden. Eine vorab zusammengestellte Gruppe von Testpersonen hat am Standort Umwelt-Campus Eis Bestellungen über den Fides-Client aufgegeben. Die Bestellungen wurden dann von einem Mitarbeiter des Eiscafés bearbeitet und in ein Schließfach des Lieferfahrzeugs geladen. Den Testpersonen wurden dann die Lieferzeit und ein Code zum Öffnen des Schließfachs übermittelt und sie konnten bei Ankunft des Fahrzeugs ihre Lieferung entgegennehmen. Der Ablauf wurde von Mitarbeitern des HCIC in Form von Videos dokumentiert und nach der Entgegennahme der Bestellung wurden die Testpersonen noch einmal interviewt.

Um die Bedienbarkeit von Fides für die Testpersonen zu vereinfachen, wurde ein GUI für die Bestellung von Eis entwickelt. Dabei wurde eine Version für die Kundenansicht entwickelt in der Eissorten ausgewählt und in einen Warenkorb gelegt werden können (vgl. Abbildung 46). In weiteren Ansichten kann der Status der Bestellung verfolgt und Informationen wie der Lieferzeitpunkt und der Link zur Bezahlung eingesehen werden. Eine weitere Ansicht dient dem Anbieter als Übersicht über eingegangene Bestellungen. Hier können Bestellungen angenommen oder abgelehnt werden. Weitere Ansichten zeigen auch hier den Status von laufenden und abgeschlossenen Bestellungen und Informationen zu deren Inhalten (vgl. Abbildung 47).

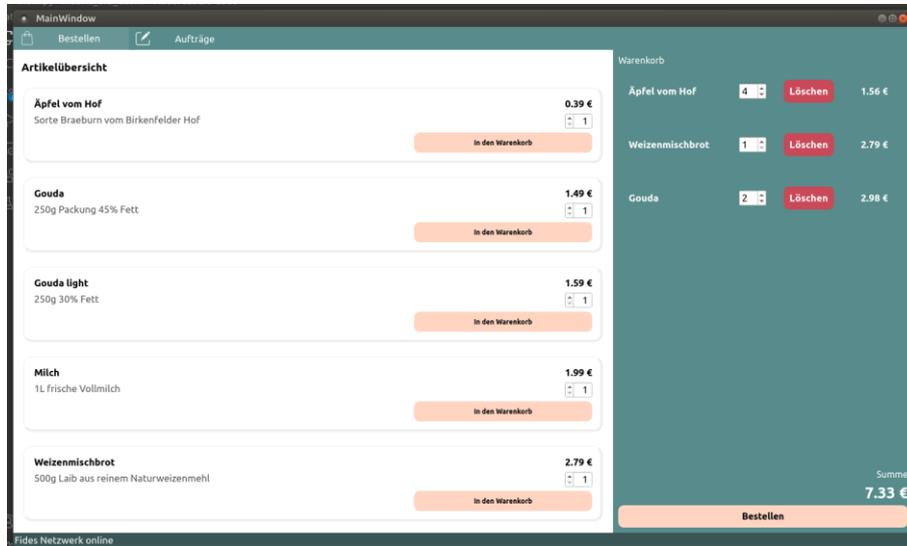


Abbildung 46: Kundenansicht mit Artikelübersicht und Warenkorb.

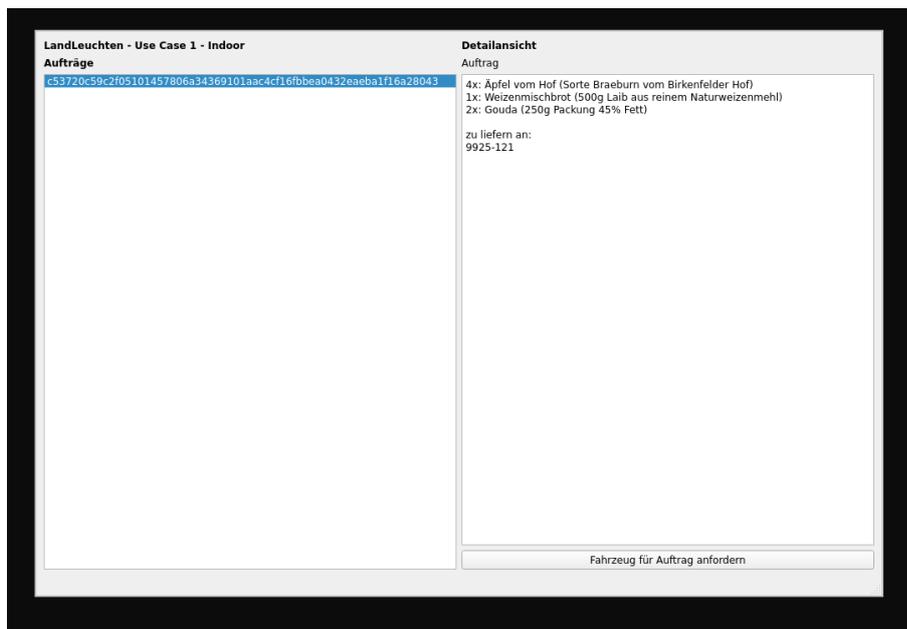


Abbildung 47: Anbieteransicht mit Bestellungsinfos.

Vor dem gemeinsamen Feldversuch mit den beteiligten Partnern und Testpersonen wurde das Szenario mithilfe des Indoor Mobilitätsdemonstrators Posty am Umwelt-Campus Birkenfeld getestet. Dabei wurde das identische Fides Template verwendet wie beim späteren Feldversuch. Somit konnte das

Zusammenspiel aller Systeme bereits vorab erfolgreich erprobt werden. Auch dieser Testlauf wurde als Video festgehalten und dem Konsortium vorgestellt.

An dem Feldversuch selbst haben N = 10 Probanden im Alter von 18-44 Jahren (M = 42,4 ± 6,2 Jahre) teilgenommen, von denen 7 derzeit auf dem Land wohnen. Dabei handelte es sich um jeweils 5 Frauen und Männer, die sowohl die Interaktion mit dem Bestellsystem (Marktplatz), als auch die Interaktion mit dem Fahrzeug, genauer den Schließfächern, getestet haben. Nach beiden Teilen der Interaktion folgte ein kurzes Interview und die Probanden mussten jeweils einen kurzen Fragebogen ausfüllen, der neben demographischen Angaben auch die Interaktion und Nutzungsintention des Konzeptes und der Systeme quantifizierbar abfragte.

Zunächst wurden die Probanden begrüßt und ihr Einverständnis zur Teilnahme aber auch Video- und Aufzeichnungen eingeholt. Anschließend wurde ihnen das folgende Szenario präsentiert:

Stellen Sie sich vor, Sie leben auf dem Land und haben in Ihrer unmittelbaren Umgebung keinen direkten Zugriff auf Supermärkte oder die Möglichkeit Nahrungsmittel einzukaufen. Um diese Versorgungslücke zu beheben, hat Ihre Gemeinde mit einem neuartigen Konzept reagiert. Sie stellt ein autonomes (Liefer-) Fahrzeug zur Verfügung, welches von Dorf zu Dorf fährt und seine Dienste anbietet. Das automatisierte Fahrzeug verfügt unter anderem über eine Art mobiler Packstation, die bestellte Waren direkt zu Ihnen nach Hause liefert. Das Fahrzeug und seine Dienste sind komplett autonom. Das bedeutet, dass es keinen Menschen gibt, der das Fahrzeug steuert und/oder den Verkauf abwickelt.

Anschließend sollten die Probanden sich auf der Marktplatz-Webseite das Angebot des Eiscafés Venezia anschauen und den Anweisungen auf dem Bildschirm folgen, um einen Eisbecher ihrer Wahl zu bestellen. Währenddessen sollten die Probanden laut beschreiben, wie sie vorgehen würden und hörbar kommentieren, was sie warum klicken, nachsehen und generell machen würden. Darüber hinaus sollten sie auch sagen, was ihnen während der Durchführung auffällt.

Dabei haben die Probanden die folgenden Aspekte positiv hervorgehoben:

- a. die Einfachheit der Bedienung (z.B. intuitiv, überschaubar und verständlich)

- b. Sicherheit (da die Bezahlung über E-Mail initiiert wird)
- c. Effektivität (da die Funktionalität klar erkennbar ist)
- d. Ästhetik (schlichtes und reduziertes Design)

Allerdings wurden auch mehrere Probleme bemängelt:

- a. Bezahlvorgang (es ist eine Kreditkarte nötig und der Zahlungslink war sehr lang und wirkte daher unseriös)
- b. fehlende Systemfeedbacks (es gibt keine Statusmeldungen und nächste Schritte werden nicht vorab gezeigt)
- c. Informationsmenge (die Probanden wünschten sich Bilder der Produkte und Mengenangaben)
- d. Ästhetik (schlicht und nicht ansprechend)
- e. Effizienz (das System schien den Probanden sehr langsam)
- f. Zugänglichkeit (ältere Nutzer könnten Probleme bei der Bedienung haben)

Aber die Probanden haben auch Verbesserungsvorschläge gemacht, die recht einfach umsetzbar sind, um das System zu verbessern und weiterzuentwickeln. So wurde ein Benutzerkonto gewünscht, um weitere Bestellungsprozesse in Zukunft einfacher und effizienter zu gestalten. Auch wurden Instruktionen/Systemfeedbacks gewünscht, die die Prozessschritte klarer verdeutlichen und auch für ältere/neue Nutzer intuitiver machen würden. Zuletzt wurden für den Bezahlvorgang folgende Vorschläge gemacht: Zum einen sollte eine freundliche Anrede in die Bezahllink- E-Mail zugefügt werden. Dort sollte auch nochmals die Bestellung zusammengefasst werden. Der unübersichtliche und unseriös wirkende Bezahllink sollte verkürzt werden und Links zur Unternehmer-/Anbieterseite hinzugefügt werden. Diese Vorschläge sind bei der Weiterführung des Konzeptes leicht zu integrieren.

Nachdem das Lieferfahrzeug dann an der Entnahmestelle angekommen war, wurden die Probanden an das Fahrzeug geführt und dazu aufgefordert, mit dem per E-Mail verschickten QR-Code ein Schließfach zu öffnen und ihre Bestellung zu entnehmen.

Auch hierbei wurden Einfachheit und Effektivität gelobt. Darüber hinaus wurde der autonome Fahrbetrieb als faszinierend und witzig empfunden. Als problematisch wurde aber gesehen, dass es kein Systemfeedback oder Anweisungen gab:

- a. Prozessschritte sind unklar
- b. Aktionserfolg oder Misserfolg wird nicht kommuniziert
- c. QR-Scanner war nicht erkennbar
- d. Distanz zum QR-Scanner war auch unklar (der QR-Code scheint sehr groß im Vergleich zum Lesegerät)
- e. Die Klappe nach Entnahme komplett schießen zu müssen könnte leicht vergessen werden

Zudem öffnen sich Schließfächer teilweise auf Kopfhöhe, und wenn man nicht schnell genug zurückweicht, könnte die Tür mit dem Kopf kollidieren. Die Interaktion schien sehr kalt und unpersönlich. Die Internetverbindung war nicht immer gegeben und der QR-Code hat manchmal nicht funktioniert. Die Zugänglichkeit des Fahrzeuges und der Schließfächer kann sich für kleinere und ältere Personen problematisch darstellen.

Als Verbesserungen wurden auch hier ausführlichere Prozessschritte vorgeschlagen:

- was muss der Nutzer als nächstes tun;
- Erinnerungen, falls Schritte vergessen werden (z.B. Klappe schließen);
- Hilfestellung (was tun bei fehlerhaften/falschen Lieferungen);
- Anweisungen (wo ist der QR-Code Scanner, wie weit entfernt den QR-Code präsentieren);
- Benachrichtigung, dass das Fahrzeug angekommen ist.

Diese Angaben könnten für einige Probanden auch durch ein „sprechendes Fahrzeug“ geliefert werden.

Darüber hinaus wurde vorgeschlagen, ein sogenanntes Fail-Safe zu integrieren, um bei Problemen mit dem QR-Scanner noch manuell eine ebenfalls übermittelte PIN oder ein Passwort eingeben zu können, um das Schließfach zu öffnen. Um mögliche Kollisionen bei der Warenentnahme zu verhindern, wurde auch vorgeschlagen, entweder die Fächer mit Schiebetüren zu schließen oder aber die Position des QR-Code Scanners zu ändern.

Viele der Verbesserungsvorschläge sollten einfach umsetzbar sein, und in der nächsten Entwicklungsschleife für sowohl den Marktplatz als auch das Fahrzeug integriert werden, um dann nochmals durch Nutzer getestet zu werden. Dies würde zum einen die tatsächliche Funktionalität prüfen und darüber hinaus zeigen, ob die Vorschläge, die auf dem Papier sinnig sind, auch tatsächlich eine Verbesserung liefern. Die folgende Grafik (Abbildung 48) zeigt die generelle Bewertung beider Systeme nach der ersten Interaktion.

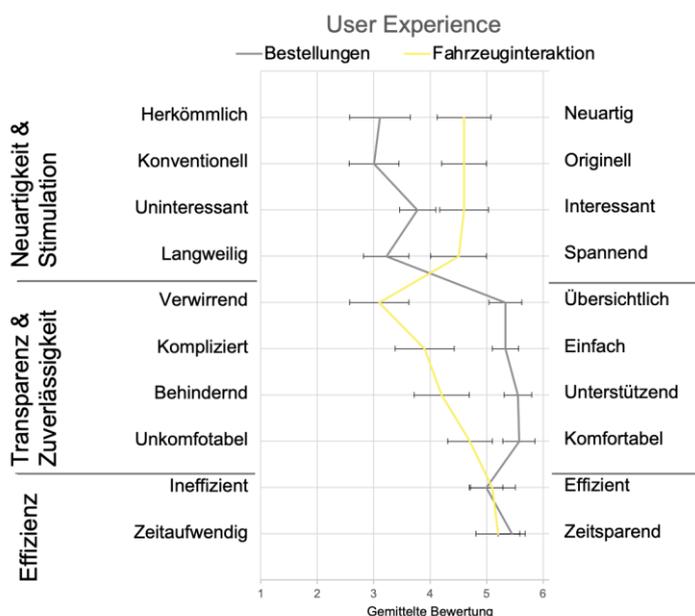


Abbildung 48: Nutzungserlebnis nach Interaktion Use Case 1 (N=10)

Daraus geht hervor, dass der Bestellprozess eher bekannt und daher auch einfach empfunden wurde. Die Interaktion mit dem Fahrzeug wurde eher als interessant und neuartig bewertet, gleichzeitig aber auch als verwirrend. Aus den Interviews geht hervor, dass dies vor allem der fehlenden Beschriftung und Nutzerleitung zuzuschreiben ist.

Generell kommen das Konzept des Projektes und die daraus entstandenen Systeme bei den Probanden gut an. Die Nutzungsabsicht, sollte das System tatsächlich in den Wohnorten angeboten werden und verfügbar sein, liegt, gemessen auf einer Skala von 1 (würde ich nicht nutzen) bis 6 (würde ich nutzen), für den Marktplatz bei $M = 5,41 \pm 0,66$ und für das Fahrzeug bei $M = 5,07 \pm 0,93$.

4.7.2 Nutzertests Use Case 2: Kiosk

Dieser Nutzertest sollte den Umgang mit dem sogenannten Kiosk am Lieferfahrzeug testen. Dafür wurden, im Februar 2023, Landbewohner verschiedenen Alters aber auch zufällig vorbeilaufende Passanten rund um die Hallen des WZL (Campus-Boulevard Aachen) akquiriert.

Zunächst wurden die Probanden begrüßt und ihr Einverständnis zur Teilnahme selbst aber insbesondere auch für Video- und Aufzeichnungen eingeholt. Anschließend wurde ihnen das folgende Szenario präsentiert:

Stellen Sie sich vor, Sie leben auf dem Land und haben in Ihrer unmittelbaren Umgebung keinen direkten Zugriff auf Supermärkte oder die Möglichkeit Nahrungsmittel einzukaufen. Um diese Versorgungslücke zu beheben, hat Ihre Gemeinde mit einem neuartigen Konzept reagiert. Sie stellt ein autonomes (Liefer-) Fahrzeug zur Verfügung, welches von Dorf zu Dorf fährt und seine Dienste anbietet. Das automatisierte Fahrzeug verfügt unter anderem über einen Kiosk, an dem gängige Lebensmittel und Dinge des täglichen Gebrauchs über einen Automaten erworben werden können. Das Fahrzeug und seine Dienste sind komplett autonom. Das bedeutet, dass es keinen Menschen gibt, der das Fahrzeug steuert und/oder den Verkauf abwickelt.

Anschließend sollten die Probanden eine kleine Auswahl an verfügbaren Produkten kaufen. Dazu musste über einen großen Touch-Screen die Ware ausgewählt, die gewünschte Menge bestimmt und mit einer den Probanden zur Verfügung gestellten Kreditkarte (im Test noch ein kleiner runder Chip) bezahlt werden. Auch bei diesem Test waren die Probanden dazu angehalten, ihr Vorgehen laut zu kommentieren.

Nach der Interaktion folgte noch ein kurzes Interview und abschließend musste noch ein Fragebogen ausgefüllt werden, der neben demographischen Angaben auch die Interaktion und das vorgestellte Konzept bewerten ließ.

Für diesen Nutzertest konnten N = 7 Probanden akquiriert werden, im Alter von 25 bis 67 Jahren (M = 38,3 ± 19 Jahre). 3 Frauen und 4 Männer erprobten den Umgang mit dem mobilen Kiosk.

Die Probanden bewerteten das System als einfach (reduziertes Design, verständlich, übersichtlich, lesbar und gut bebildert), effizient (da das System schnell auf die Eingaben reagiert) und zugänglich insbesondere für ältere Personen.

Nichtsdestotrotz wurden auch Probleme identifiziert. Diese bezogen sich auf

- Bezahlvorgang (nur Bezahlung mit Karte; Karten-Lesegerät nicht deutlich gekennzeichnet; unklar, ob der Chip irgendwo eingesteckt oder vorgehalten werden muss)
- Systemfeedbacks (es fehlten den Probanden Statusanzeigen)
- Auftreten von Fehlern (es gab keine Möglichkeit/Anleitung bei Fehlern, diese von Probandenseite aus zu beheben. Stattdessen musste das System von der Testleitung neugestartet werden)
- Umwelteinflüsse (Sonneneinstrahlung beeinflusst stark die Lesbarkeit auf dem Bildschirm; Bildschirmkontrast)
- Ästhetik (das Plastikgehäuse um den Bildschirm; sichtbarer Mauszeiger/Cursor; Groß- und Kleinschreibung)
- Zugänglichkeit (Sprachoptionen fehlen für Nicht-Deutsch-Muttersprachler)

Auch bei diesem Test haben die Probanden wieder Verbesserungsvorschläge unterbreitet. Hierbei wurde eine Hilfefunktion für Fehler gewünscht und auch eine Suchfunktion, um sich nicht durch die bebilderten Menüs klicken zu müssen und so effizienter bestellen zu können. Zuletzt wurde noch eine Rückgabemöglichkeit bei falscher Ware gewünscht, die über eine App, telefonisch oder aber direkt am Fahrzeug erfolgen können sollte.

Insgesamt gaben die Probanden an, dass für das Konzept Bedarf vorhanden sei, und dass das vorgestellte System flexibel, praktisch und sinnvoll sei. Es müssen aber die Verfügbarkeit von Waren und dem Fahrzeug gewährleistet sein und der Jugendschutz, sofern Alkohol erworben werden könnte, muss gewahrt werden. Skeptisch äußerten sich die Probanden gegenüber der Wirtschaftlichkeit und weil Einkaufen für Landbewohner als soziales Ereignis und Ort für Begegnungen sei, was mit diesem Konzept wegfallen könnte. Auch die Technikausgereiftheit wurde hinterfragt: insbesondere das autonome Fahren und die Zuverlässigkeit (etwa Winkgestenerkennung und Verfügbarkeit vor Ort) rückten hier in den Fokus der Probanden.

Die Einsatzmöglichkeit auf dem Land wurde aber insbesondere für folgende Kontexte erkannt:



Personen mit körperlichen oder geistigen Beeinträchtigungen, und solche die Altersbedingt kein Auto fahren können oder dürfen (etwa Senioren und Jugendliche). Auch außerhalb normaler Öffnungszeiten wäre der mobile Kiosk eine gerngesehene Option (z.B. nachts oder an Sonn- und Feiertagen).

Beim Sortiment vor Ort gab es neben denen bereits im Testbetrieb verfügbaren Snacks (etwa Chips, Schokoriegel, Gummibärchen) und Getränken (Säfte und Softdrink) sowie den verfügbaren Hygieneartikeln (Taschentüchern) den Vorschlag, auch alkoholische Getränke, Grundnahrungsmittel oder auch Medikamente kaufen zu können.

Für das Konzept an sich wurde noch vorgeschlagen, etwa eine App für den Kiosk anzubieten, über den man Fahrzeuge in der Nähe suchen könnte. Und vor dem rein autonomen Betrieb wurde angeregt, noch eine menschliche Begleitperson zu Beginn des Einsatzes in ländlichen Regionen als Ansprechpartner an Bord zu haben.

Insgesamt wurde der Use Case Kiosk sehr positiv bewertet (siehe Abbildung 49). Die empfundene Einfachheit der Bedienung spiegelt sich in dieser Abbildung wider. Die Nutzungsbereitschaft liegt auf der Skala von 1 (würde ich nicht nutzen) bis 6 (würde ich nutzen), bei $4,71 \pm 1,06$.

Auch in diesem Test wurden nur kleinere und leicht umsetzbare Ausbesserungen gewünscht, die in einer nächsten Entwicklungsstufe eingebracht und erneut getestet werden können.

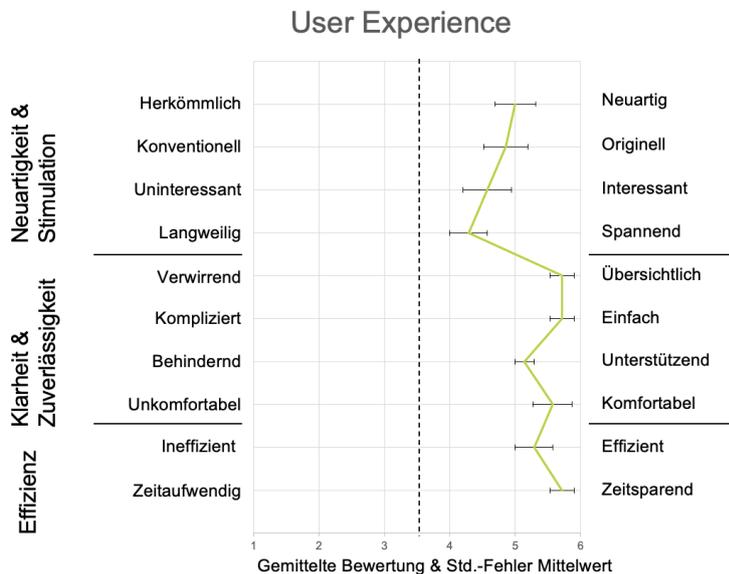


Abbildung 49: Nutzungserlebnis nach Interaktion Use Case 2 (N=7)

4.7.3 Nutzertests Use Case 3: Workshop-Buchung

In diesem Feldversuch wurde die Übertragbarkeit der entwickelten Systeme auf Anwendungsbereiche außerhalb der Logistik erprobt. Dazu wurde gemeinsam mit dem assoziierten Partner BITO Campus ein Buchungssystem für deren Workshop Räume entwickelt. Für dieses Buchungssystem wurde analog zu den Mobilitätsfeldversuchen wieder Fides eingesetzt. Für den veränderten Use Case wurde in Abstimmung mit BITO Campus ein dafür zugeschnittenes Template erstellt, um die Buchung von Workshop Räumen und Ausstattung vertraglich abzubilden. Für die einfache Bedienbarkeit des Buchungsprozesses wurde auch hier wieder ein eigens dafür angepasstes GUI erstellt. Dies erlaubt Kunden die Auswahl von Räumen für frei wählbare Zeiten (vgl. Abbildung 50). In weiteren Ansichten kann der Status der Buchung eingesehen werden. Auch für den Anbieter gibt es wieder eine eigene Ansicht, in der Buchungen akzeptiert oder abgelehnt werden können und der Status von Buchungen eingesehen werden kann (vgl. Abbildung 51).

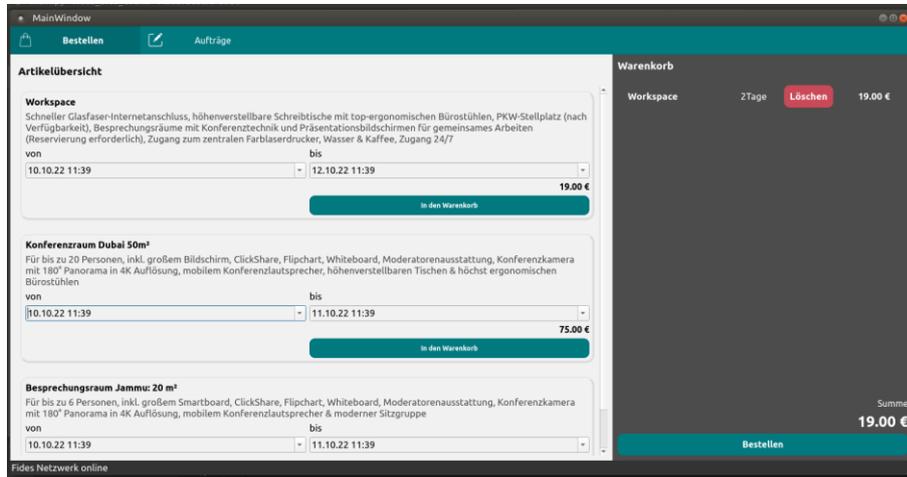


Abbildung 50: Kundenansicht mit Raumübersicht, Zeitauswahl und Warenkorb.

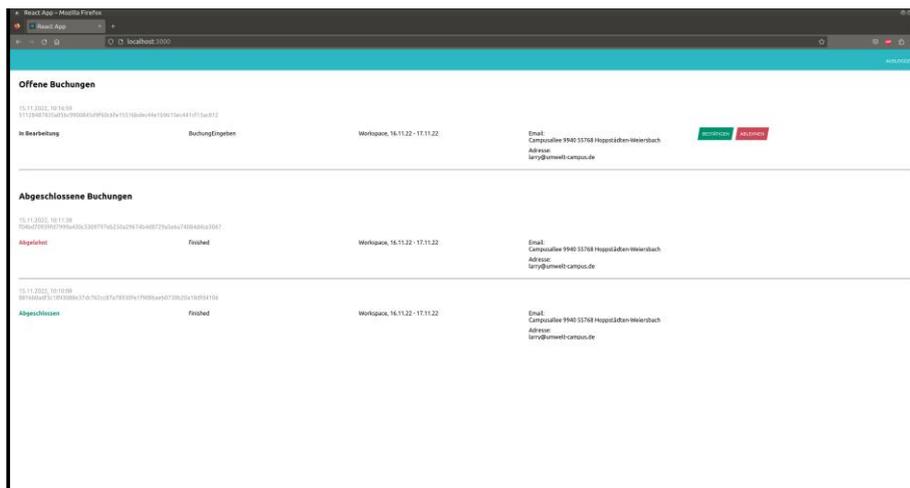


Abbildung 51: Anbieteransicht mit Buchungsinfos.

Im Rahmen des Feldversuchs wurden zwei Mitarbeiter des BITO Campus an den Umwelt-Campus Birkenfeld eingeladen. Sie konnten unter Verwendung der GUI Räume buchen und die Bestellungen bearbeiten. Dokumentiert wurde der Feldtest wieder durch Mitarbeitende des HCIC. Im Anschluss an den Test wurden die beiden Testpersonen zu ihrer Erfahrung befragt und ihr Feedback eingeholt.

Erstellung eines Templates zur Workshop-Buchung

1. Einrichtung eines Fides-Endpoints zum Empfang von Anfragen
2. Entwicklung einer GUI zur Buchung

3. Test und Evaluierung

Die beiden getesteten Personen hoben die Sicherheit des Systems durch die Authentifizierung über Anmeldedaten positiv hervor. Allerdings wurde angemerkt, dass eine Übersicht der vorhandenen Räume und deren Status, also die Verfügbarkeit nicht vor der Buchung angezeigt wird. Auch der Bestellstatus ist für die buchende Person nicht direkt ersichtlich. Ob die Bezahlung eingegangen und verbucht wurde ist nicht leicht ersichtlich: „Würde ich zuerst bezahlen müssen oder ... ich müsste wahrscheinlich erst bestätigen wobei nee, ich müsste wahrscheinlich erst nachfragen, ob bezahlt ist.“ Nichtsdestotrotz ist eine Übertragbarkeit in Bereiche außerhalb der Logistik für das entwickelte System möglich. Die tatsächliche Umsetzung und User-Interface Programmierung für den jeweiligen Einsatz kann dann individuell erstellt und erneut mit potenziellen Nutzern getestet werden.

4.7.4 Nutzertests Use Case 4: Autonomes Fahren

Die autonomen Fahrfunktionen wurden unabhängig von den Probandentests getestet. Das hat zum einen den Grund, dass der Versuchsträger dafür entgegen der ursprünglichen Planung ein anderes Fahrzeug war als der für die Probandentests (siehe Kapitel 4.4). Zum anderen fanden die Tests der autonomen Fahrfunktion auf einer geschützten Teststrecke statt, die für die Probandentests nicht genutzt wurde. Dafür wurde die Teststrecke des Instituts für Kraftfahrzeuge der RWTH Aachen genutzt. Die Tests fanden im ersten Quartal 2023 mit einem e.GO Life statt.



Abbildung 52: Teststrecke für die autonomen Fahrversuche

Folgendes Szenario wurde dabei erprobt: Das Routenmanagementsystem gibt Koordinaten von Haltepunkten einer Route an das Fahrzeug weiter. Diese Haltepunkte stehen in dem Fall für Orte, an denen entweder ein Verkäufer das Fahrzeug mit Waren bestückt oder ein Käufer die Waren erhält. Die Interaktion mit Verkäufern und Käufern wurde allerdings bereits in den anderen Nutzertests erprobt, sodass für diesen Versuch drei Haltepunkte definiert wurden, die vom Fahrzeug abgefahren werden mussten. Diese Haltepunkte (Abbildung 53: Destination coordinates) werden als neue Zielpunkte vom Fahrzeug aufgenommen und daraufhin vom Fahrzeug angefahren. Das Fahrzeug gleicht dafür die Zielkoordinate immer mit der aktuellen Fahrzeugkoordinate (Vehicles actual destination VC) ab, die es aus dem Ortungsmodul (GNSS) erhält. Sobald das Fahrzeug merkt, dass es die Koordinaten dieses Zielpunktes erreicht hat ($ND == VC$), stoppt es. Auch das Routenmanagementsystem bekommt den aktuellen Fahrzeugstandort live vom Fahrzeug mitgeteilt, plant entsprechend die Route und ändert gegebenenfalls den Zielpunkt, sobald das aktuelle Ziel erreicht ist.

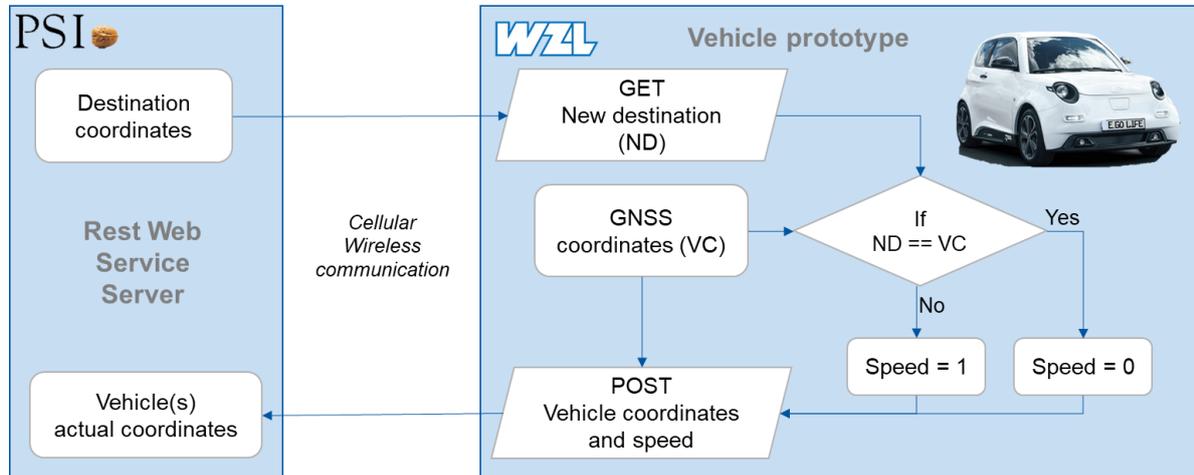


Abbildung 53: Ablaufplan der Testung der automatisierten Fahrfunktion

Getestet wurde dabei zum einen die Kommunikation zwischen dem Fahrzeug und dem Routenmanagementsystem als auch die Technik innerhalb des Fahrzeugs, also sowohl die Ortung als auch das automatisierte Abfahren der vorgegebenen Routenpunkte.

Zunächst wurde die Teststrecke abgefahren, um die Ortung des GNSS-Systems zu testen. Dabei wurden Ungenauigkeiten und Rauschen festgestellt, die durch eine Fusion mit den Daten der im Fahrzeug verbauten inertialen Messeinheit reduziert werden konnten, die Beschleunigungssensoren in und um alle Richtungen vereint. Die Verbesserung ist in Abbildung 54 zu erkennen. Links sieht man die verbesserten Daten, in der rechten Hälfte die Rohdaten, die allein auf der Erkennung des GNSS basieren.

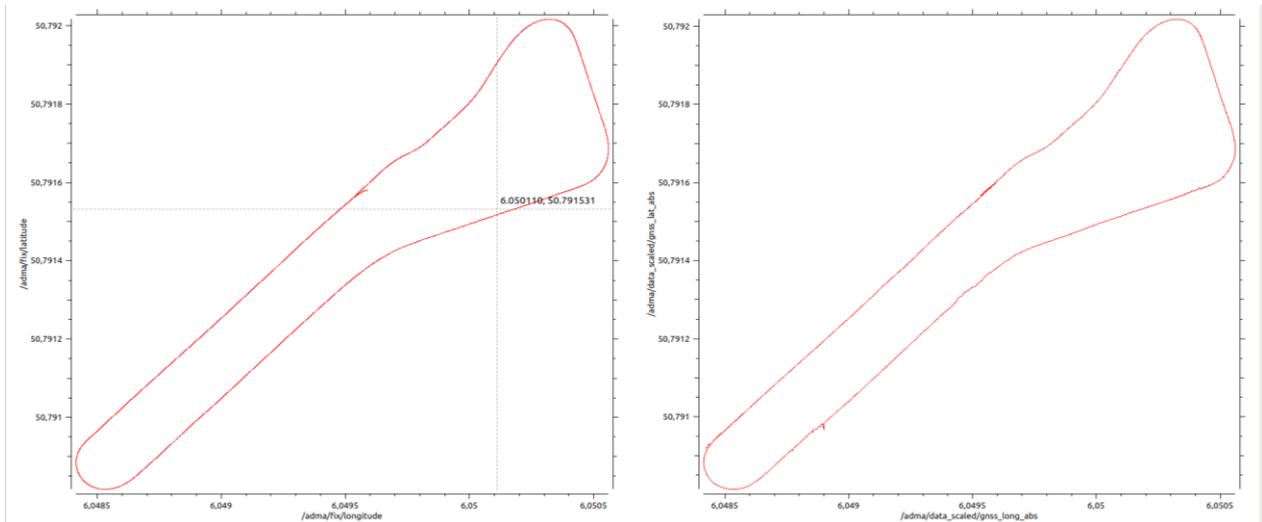


Abbildung 54: Vergleich der Ortung mit GNSS alleine (rechts) und mit Datenfusion mit IMU

Zusätzlich hat das Fahrzeug eine relative Ortung innerhalb der Teststrecke vorgenommen. Die Teststrecke wurde dafür mit den LIDAR-Sensoren aufgenommen und dadurch eine Karte erstellt. Das Fahrzeug hat sich innerhalb der dabei entstandenen Punktwolke geortet.

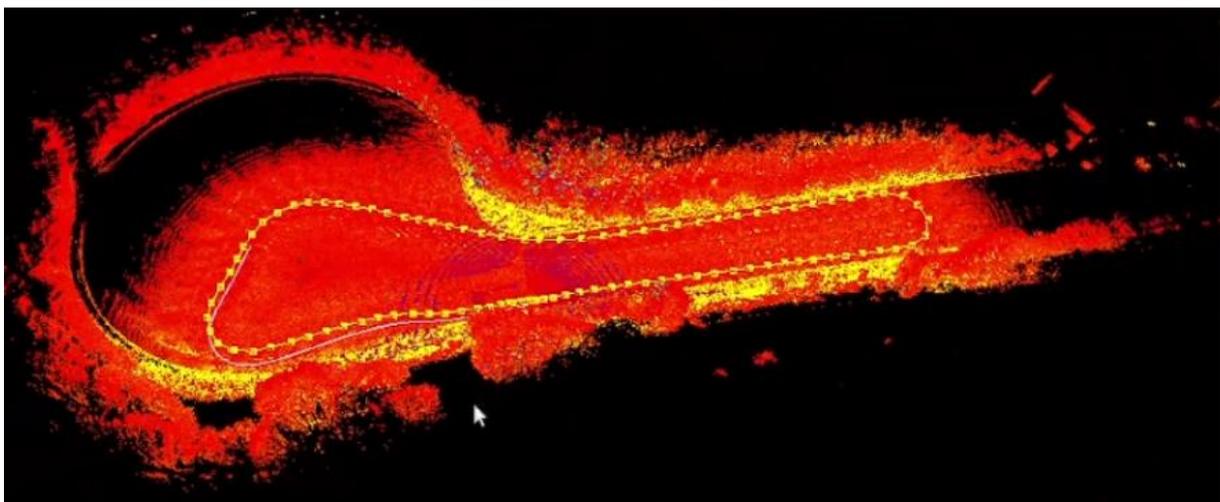


Abbildung 55: 3D-Karte der Teststrecke auf Basis der LIDAR-Punktwolke

Nachdem die Ortung des Fahrzeugs erfolgreich getestet und optimiert wurde, konnte schließlich die Kommunikation mit dem Server des Routenmanagementsystems erprobt werden. Auch diese Tests

konnten erfolgreich durchgeführt werden. In Abbildung 56 ist zu sehen, welche Informationen an den Server gesendet bzw. von diesem erhalten wurden. Die grünen Punkte sind die Zielpunkte, die das Fahrzeug erhält. Die roten Punkte sendet das Fahrzeug mit einer Frequenz von 10 Hz an das Routenmanagementsystem.

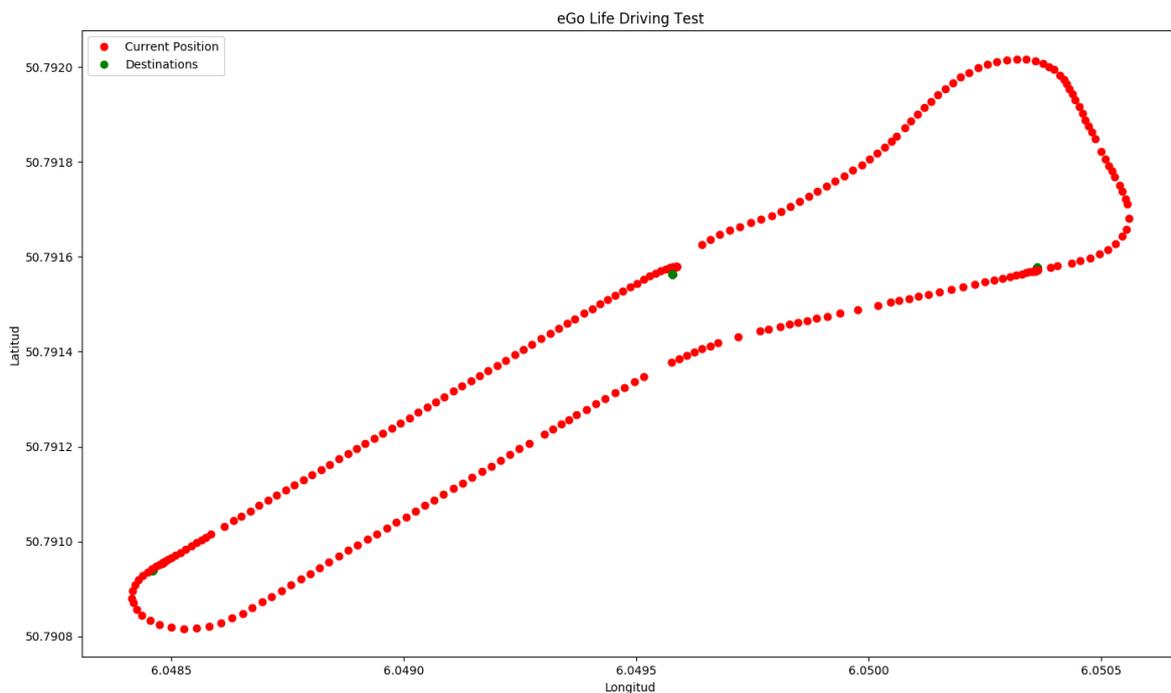


Abbildung 56: Zielpunkte vom Routenmanagementsystem (grün) und Fahrzeugpositionen (rote)

Insgesamt sind die Tests der automatisierten Fahrfunktion erfolgreich verlaufen. Auch das automatisierte Fahrverhalten hat keine Auffälligkeiten gezeigt. Die Sollgeschwindigkeit war dabei aus Sicherheitsgründen auf 13 km/h beschränkt. Abbildung 57 zeigt das Fahrzeug während einer Testfahrt.



Abbildung 57: Automatisierte Testfahrt auf der Teststrecke

Zudem wurden die Fahrversuche auch genutzt, um die Funktion des Heranwinkens zu testen. Dafür wurden während des Tests mit einer am Fahrzeug installierten Kamera Videos von heranwinkenden Personen aus verschiedenen Blickwinkeln und mit verschiedenen Winkgesten aufgezeichnet.



Abbildung 58: IP-Kamera im Fahrzeug

Für die Umsetzung der Winkgestenerkennung wurde eine IP-Kamera im Fahrzeug installiert und angeschlossen. Der Fernzugriff auf die Kamera wurde via IP realisiert.

Um eine Erkennung von heranwinkenden Personen möglich zu machen, wurde ein neuronales Netz weiterentwickelt, welches über die Kamera die Winkgesten aufzeichnet und auswertet.

Über diese Logik werden zunächst Personen erkannt und mit einem grauen Rahmen versehen. Der rechte Arm wird mit zwei grünen Dreiecken gekennzeichnet, der linke mit zwei roten. Ein Dreieck befindet sich an der Hand, das zweite an der Schulter.



Abbildung 59: Personenerkennung durch das neuronale Netz

Um als eine Person erkannt zu werden, die das Fahrzeug aktiv heranwinkt, muss die Person mit Blick zum Fahrzeug stehen und einen Arm so bewegen, dass die beiden farblich gleichen Dreiecke zueinander geführt werden. In so einem Fall wird die Person grün umrahmt, und das neuronale Netz würde dem Fahrzeug den Befehl geben, am Straßenrand anzuhalten (siehe Abbildung 54).



Abbildung 60: Positive Winkgestenerkennung

4.8 Evaluation und Akzeptanzbetrachtungen

In diesem Projekt war es von Anfang an wichtig, die zukünftigen Nutzer bei der Entwicklung und Umsetzung der Ideen einzubinden. Dafür wurde für die Akzeptanzforschung folgende Roadmap erstellt, um alle relevanten Aspekte auch unter Berücksichtigung der Endnutzer und deren Bedürfnisse aber auch Bedenken abzudecken (siehe Abbildung 54). Diese ist in Anlehnung an die im Projektvorhaben formulierten Arbeitspakete entstanden und reicht von einer Bestandsaufnahme der Gegebenheiten in ländlichen Ortschaften zu Mobilitätsanforderungen, der Generierung von Szenarien und umsetzbaren Use-Cases zur Testung und anschließenden generellen Akzeptanzbetrachtung.

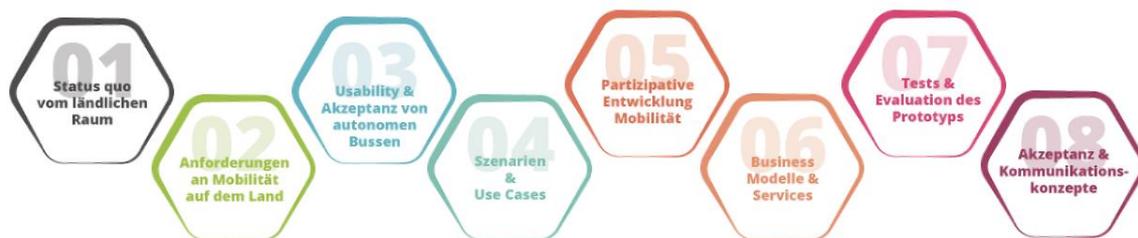


Abbildung 54: Roadmap der Akzeptanzbetrachtung

Im Laufe des Projektes wurden am Lehrstuhl für Communication Science insgesamt 14 Studien durchgeführt, die in einer Übersicht in Tabelle 6 gelistet sind und deren wichtigsten Ergebnisse nun kurz dargelegt werden.

Studie	Inhalt	Roadmap
00 (N= 25)	Erfassung ländlicher Mobilitätsbedürfnisse und Dienstleistungsangebote	
01 (N=8)	Befragung von Landbewohnern zur aktuellen Mobilitätslage und Wohnsituation	
02 (N=8)	Erstellung verschiedener Szenarien und Personas zu ländl. Mobilitätsbedürfnissen	
03 (N=104)	Ermittlung Anforderungen, Chancen, Barrieren und Nutzungsintention autonomer Busse	
04 (N=144)	Anforderungen und Nutzerakzeptanz von mobilen Dienstleistungen auf dem Land	
05 (N=115)	Gegenüberstellung autonomer Lieferdiensten und autonomer mobilen Dienstleistungen	
06 (N=169)	Ermittlung Anforderungen in Abhängigkeit von Szenario und externen Faktoren	
07 (N=95)	Nutzeranforderungen an Sortiment und Interaktion mit autonomem Lieferfahrzeug	
08 (N=162)	Anforderungen an Buchungs- und Vergütungssystem für autonome Lieferfahrzeuge unter Berücksichtigung von Smart Contracts	
09 (N=77)	Akzeptanz von autonomen Lieferdienstleistungen mit Fokus auf Anbietersicht	
10 (N=7)	Beispiel einer dezentralen peer-to-peer App für den Austausch von Dienstleistungen	
11 (N=640)	Kommunikationskonzept zur Eingliederung autonomer Mobilitätsdienstleistungen	
12 (N=10)	Pilottest: Akzeptanz und Usability autonomer Lieferfahrzeuge am Beispiel von Eislieferung im Kreis Birkenfeld	
13 (N=2)	Usability Test zur Workshopbuchung über ein dezentrales peer-to-peer Netzwerk	
14 (N=7)	Pilottest: Akzeptanz und Usability eines autonomen Lieferfahrzeuges mit Kiosk-Funktion	

Tabelle 6: Übersicht der im Projekt durchgeführten Studien (HCIC)

Um den Status Quo in ländlichen Regionen zu erfahren, wurden qualitative und quantitative empirische Untersuchungen durchgeführt (Studien 00-02). In qualitativen Interviews, durchgeführt in verschiedenen ländlichen Ortschaften (z.B. Rippert, Kreis Heinsberg, Rhein-Erft-Kreis), wurden Bewohner befragt, welche Dienstleistungen vor Ort vorhanden sind, aber auch, welche sie sich wünschen würden. Basierend auf diesen Aussagen, wurde dann ein quantitatives Fragebogeninstrument entwickelt, um die in den qualitativen Studien gefundenen Ergebnisse an einer größeren Gruppe Landbewohner, auch außerhalb Nordrhein-Westfalens, zu validieren. Hierdurch sollen nicht nur die Zielregionen Eifel und Hunsrück gezielt kategorisiert werden, es soll auch untersucht werden, ob die Ansprüche „auf dem Land“ und somit die Lösungsansätze, die im Projekt LandLeuchten erarbeitet werden, auf andere Regionen übertragbar sind.

Schwerpunkt der Studie 03 war eine Bestandsaufnahme, welche Einrichtungen und Services es in der ländlichen Heimat gibt und welche gewünscht werden. Die Studie beinhaltete eine Literaturrecherche, Interviews und eine online Umfrage. Insgesamt konnten N = 104 Datensätze in die Auswertung einfließen, die aus ganz Deutschland aber hauptsächlich der Modelregionen stammen (siehe Abbildung 62).



Abbildung 62: Örtliche Verteilung der Studienteilnehmer (N=104)

In den In den Regionen, aus denen die Befragten stammen, wird die Ausstattung mit Infrastruktur für das tägliche Leben, etwa Bäcker, Metzger, Bildungsstätten in den meisten Fällen als gut bewertet (siehe Abbildung 63).

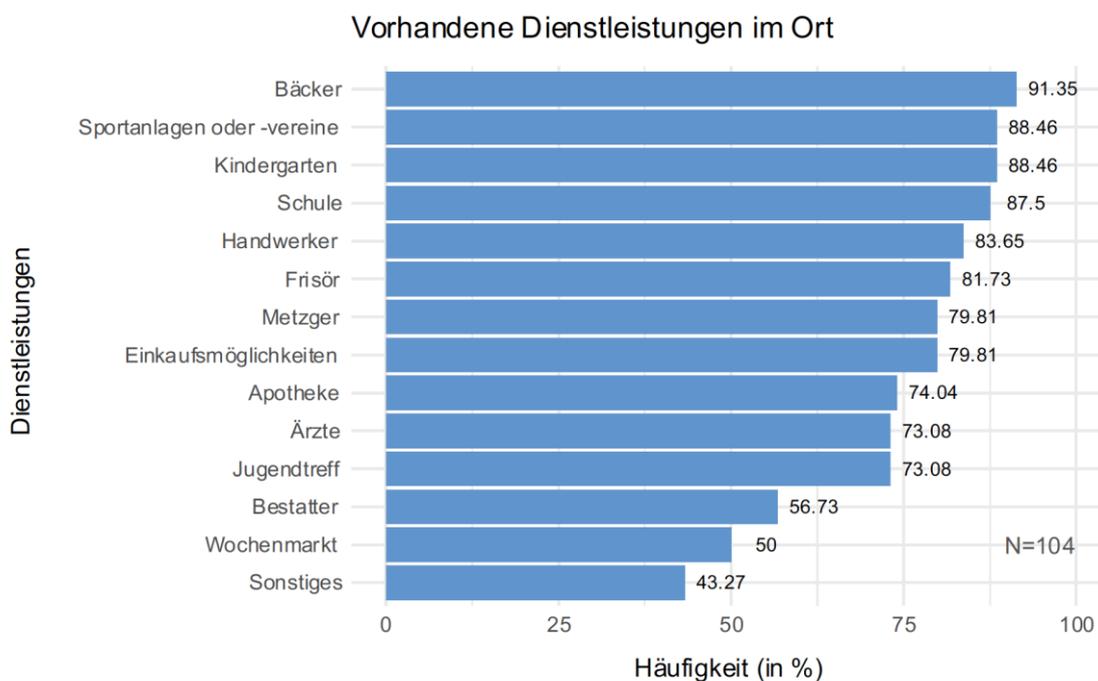


Abbildung 63: Vorhandene Dienstleistungen vor Ort (N=104). Sonstige beinhaltet Nennung von Tankstellen (3x), Baumarkt (1x), Freibad (1x), Poststelle (1x) und Bank (1x)

Was die Bewertung der vorhandenen Dienstleistungen betrifft, so bewerteten die 104 Befragten die Bereiche Nahversorgung (z.B. Supermarkt, Fachartikelladen, Bäckerei) und Gesundheitsversorgung (z.B. Hausarzt, Facharzt, Apotheken) aber auch das Freizeitangebot (z.B. Sportvereine, Fitnessstudios, Gastronomie) für annehmbar (Skala: 1 = „sehr schlecht“ bis 6 = „sehr gut“). Nur der Bereich ÖPNV, also z.B. Bus und Bahnverbindungen oder aber das Angebot eines Bürgerbusses, wird bestenfalls durchschnittlich ($M = 3,43 \pm 1,37$) bewertet, siehe Abbildung 64.

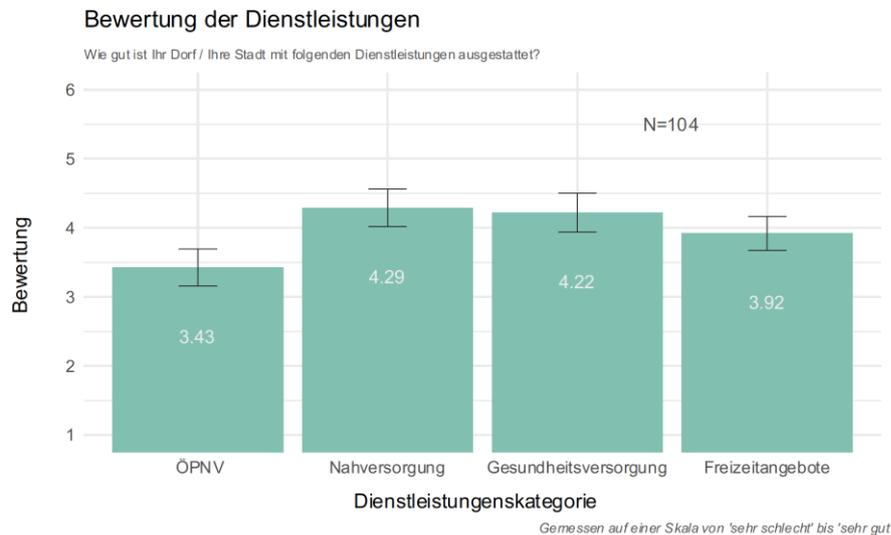


Abbildung 64: Bewertung der vorhandenen Dienstleistungen (N=104)

Der Bereich, den die Befragten am ehesten subventionieren und ausbauen würden, betrifft Personen-Bringdienste, also etwa Schulbus, on-Demand Fahrdienste usw. Diese Mobilitätsdienste würden 37,5% der Befragten verbessern wollen. Anschließend wurden die Befragten dazu aufgefordert, sowohl Chancen als auch Bedenken hinsichtlich des Einsatzes autonomer Busse für die Aufwertung mobiler Dienstleistungen zu bewerten. Auf 6-stufigen Skalen (von 1 = „stimme gar nicht zu“ bis 6 = „stimme voll und ganz zu“) wurden jeweils 8 Aspekte bewertet, deren Relevanz auf den qualitativen Vorstudien basiert. Abbildung 65 und Abbildung 66 zeigen die Ergebnisse.

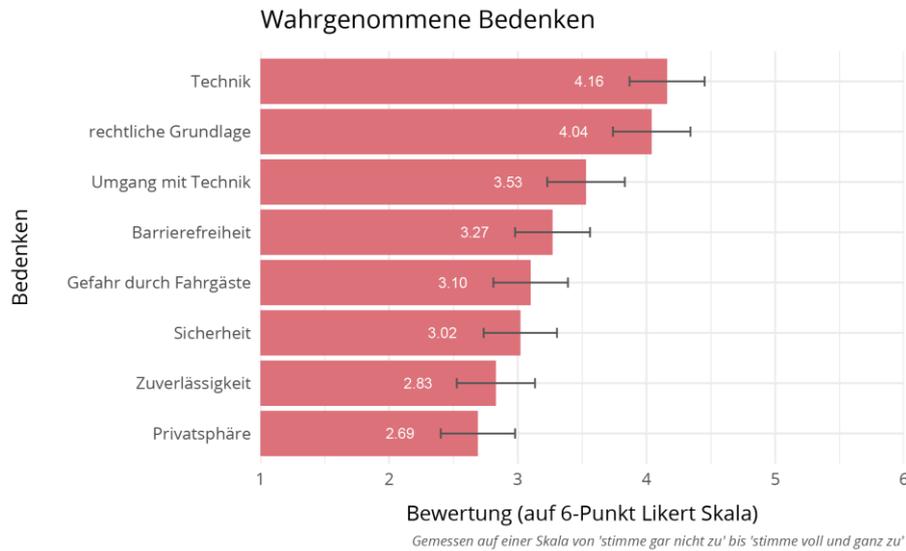


Abbildung 65: Wahrgenommene Bedenken beim Einsatz autonomer Busse in ländlichen Regionen (N=104)

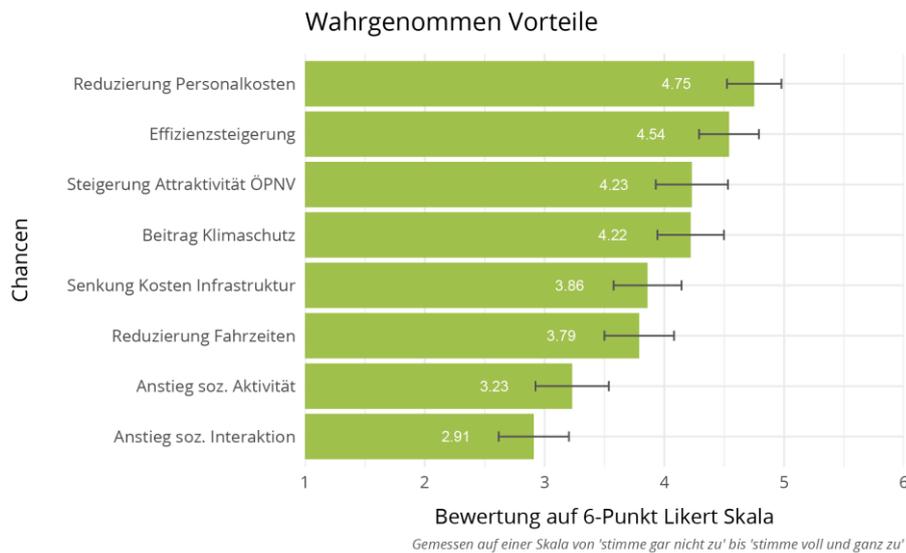


Abbildung 66: Wahrgenommene Vorteile beim Einsatz autonomer Busse in ländlichen Regionen (N=104)

Während unausgereifte Technik und mangelnde rechtliche Grundlagen die größten Bedenken hervorrufen, werden aber auch eine Verringerung der Kosten (sowohl bei Personal als auch Infrastruktur), eine größere Effizienz und Attraktivität des ÖPNV und die systematische Umsetzung von Klimafreundlichkeit als Hauptchancen des Einsatzes autonomer Busse gesehen.

Aus den hier gewonnenen Einblicken in die Anforderungen und Bewertungen der Landbevölkerung bezüglich vorhandener Infrastruktur und möglichem Einsatz autonomer Busse, um Defizite auszugleichen, wurde eine weitere Studie (04) konzipiert.

Diese kann auf N = 144 Datensätze zurückgreifen. Auch die Studie II beinhaltet eine Literaturrecherche, Interviews und eine online Umfrage. Hier wurden die wahrgenommenen Mängel des ÖPNV in ländlichen Regionen empirisch identifiziert. Diese beziehen sich hauptsächlich auf das spärliche Linien- oder Fahrtenangebot, siehe Abbildung 67. Was den Befragten am wichtigsten ist, sind Zuverlässigkeit, Flexibilität, aber auch Pünktlichkeit.

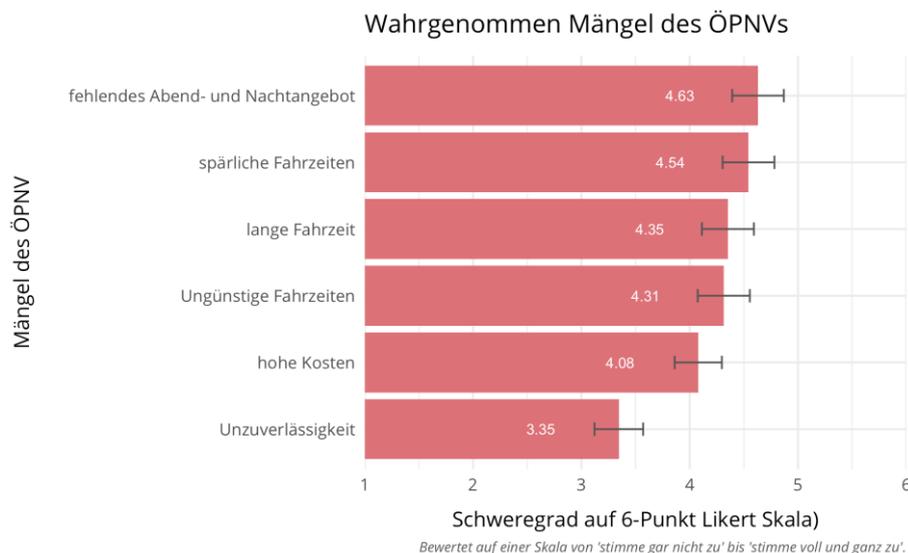


Abbildung 67: Wahrgenommene Mängel des ÖPNV in ländlichen Regionen (N=144)

Nachdem in den beiden Untersuchungen vornehmlich der ÖPNV, also Personentransport, und auch die kulturelle Teilhabe als unzureichend bewertet wurden, konnte darüber hinaus ein Bedarf an mehr Grundversorgung festgestellt werden.

Basierend auf diesen Ergebnissen wurden exemplarisch 7 Use Cases identifiziert, die in dem Projekt prototypisch umgesetzt werden sollten. Diese sind

- Bio-Laden
- Event-Fahrdienst
- On-Demand Fahrdienst
- Mitfahrgelegenheit für Pendler

- Bar-, Café-, Food-Truck
- Mobile Bibliothek sowie ein
- Ausflugsbus.

Die nachfolgende Netzgraphik (Abbildung 68) zeigt eine Visualisierung der Use Cases und anhand welcher Anforderungen und Bedürfnisse diese konzipiert wurden.

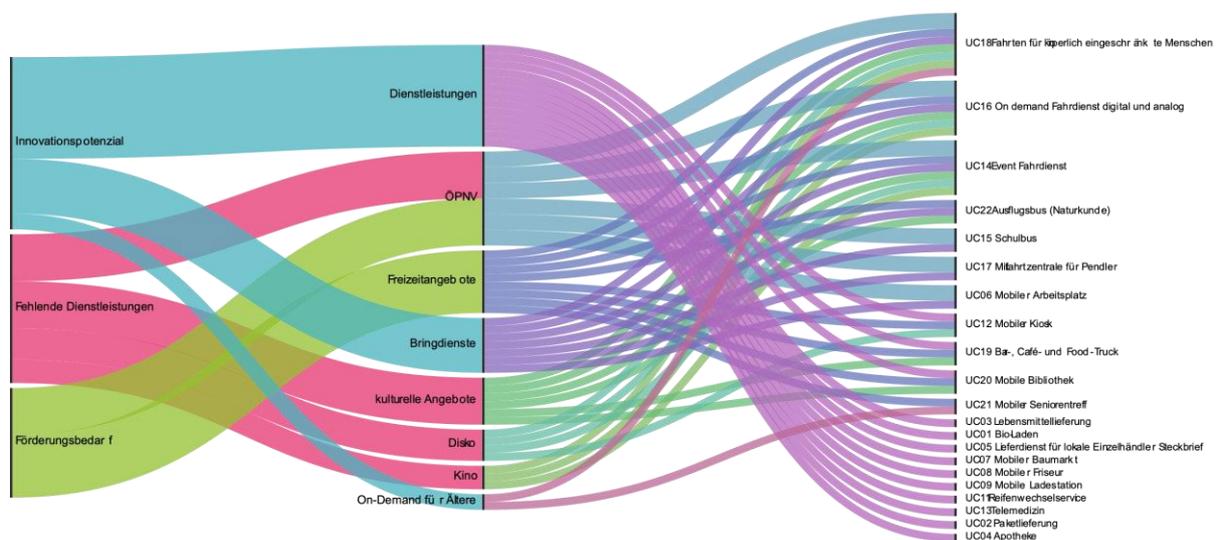


Abbildung 68: Alluvialdiagramm zur Identifizierung relevanter Use Cases

Durch das Ausscheiden von e.GO und somit des e.GO Movers, der auf den Personentransport ausgelegt war, musste ein alternatives Verkehrsmittel gesucht werden. Dies konnte in Form des Streetscooter des WZL in das Projekt gebracht werden. Es handelt sich hierbei um einen Lieferwagen, mit dem die Use Cases zur Waren-Lieferung betrachtet werden können, hier in Form des Bio-Ladens, in dem regionale Produkte gezielt an die Bewohner, auch aus anderen Ortschaften in der Umgebung, geliefert werden können. Als weiteren Use Case soll die mobile Bibliothek ins Auge gefasst werden, weil hier durch die Bereitstellung kultureller Güter die soziale Teilhabe für Ältere aber auch die intellektuelle Teilhabe an Wissen für Jüngere unterstützt werden kann. Der autonome Personentransport kann nicht mit dem Streetscooter umgesetzt werden, dennoch wird er theoretisch und konzeptionell im weiteren Verlauf des Projektes bearbeitet werden.

Bio-Laden

Das Angebot eines autonomen Bio-Ladens soll eine zweiseitige Nutzerperspektive liefern. Zum einen die Endnutzer, also die Landbewohner, die die angebotenen Waren bestellen, bezahlen und geliefert bekommen. Hierbei sind Datenschutz im Sinne eines sicheren Datentransfers von hoher Wichtigkeit. Auf der anderen Seite sind hier aber die regionalen Landwirte als Nutzer interessant, da diese den autonom fahrenden Bus als Lieferinstrument nutzen können, und somit ihre Waren ohne erheblichen Mehraufwand anbieten, verkaufen und liefern können.

Mobile Bibliothek

Trotz der immer zunehmenden Digitalisierung und der Option, Bücher elektronisch zu kaufen und auf entsprechenden Endgeräten zu lesen, sind physische Kopien von Büchern nach wie vor interessant. Zum einen für ältere Landbewohner, da diese die Haptik eines gedruckten Buches dem von elektronischen Geräten vorziehen. Auch ist das Prinzip von Leihen nachhaltiger, aber in ländlichen Regionen können nicht alle Ortschaften mit entsprechenden Bibliotheken ausgestattet werden. Diese Lücke könnte durch eine mobile Bibliothek geschlossen werden.

Des Weiteren hat die Corona-Pandemie ebenfalls gezeigt, dass Studierende und Schüler, sofern sie denn von zuhause aus an Lehrveranstaltungen teilnehmen, immer noch auf die Bestände der Universitätsbibliotheken zugreifen wollen. Mit den Hygienevorschriften wäre hier die Auslieferung, quasi über eine mobile Packstation mit den bestellten Büchern, eine interessante und praktikable Alternative zur Abholung vor Ort.

Mitfahrzentrale für Pendler

Wie bereits beschrieben, ist dieses zwar ein sehr interessantes und relevantes Szenario für Landbewohner, leider aber mit der Technik und dem Layout des Streetscooters nicht vereinbar. Nichtsdestotrotz wird der Personentransport mit autonomen Bussen zumindest theoretisch und konzeptionell im Projekt weiter auf Szenarienbasis betrachtet, denn durch das auf dem Land nur unzureichend vorhandene Angebot an ÖPNV ist hier sicherlich eine Nische zu finden, die es erlaubt, dass nicht jede Familie mehrere private PKW unterhalten muss und man nicht auf stets verfügbares Personal angewiesen ist.

Die bisherigen Erkenntnisse sind in eine Conjoint-Studie (Studie 05) eingeflossen, in der verschiedene Abstufungen dieser Aspekte in Zusammenhang mit dem Einsatz eines autonom fahrenden Busses kombiniert wurden. Conjoint-Studien sind experimentelle Entscheidungssimulationen, bei denen Probanden zwischen verschiedenen möglichen Kombinationen von Verkehrsmittelangeboten auswählen. Wie bei realweltlichen Entscheidungssituationen, entscheiden wir uns nicht nur aufgrund eines einzelnen Kriteriums (z.B. der Kosten), sondern auch anderer wahrgenommener Vor- und Nachteile bei der Verkehrsmittelwahl (z.B. Häufigkeit des Angebots, Komfort, Umweltfreundlichkeit, etc.). Damit ist die Methode in der Lage, die Entscheidungen zu simulieren, die Nutzer auch im richtigen Leben vornehmen. Aus den erhobenen Entscheidungen der Probanden können nach der Erhebung relative Wichtigkeiten verschiedener Aspekte des Verkehrsmittelangebots extrahiert werden. Auch können Unterlevel der ausgewählten Aspekte gewichtet und in Bezug auf ihren Einfluss auf die Entscheidung des Probanden eingestuft werden.

In Studie 05 (mit N = 115 Probanden) wurde die Wichtigkeit verschiedener Aspekte bei der Verkehrsmittelwahl genauer betrachtet. Hier spielen Zuverlässigkeit, Flexibilität, aber auch Sicherheit große Rolle (siehe Abbildung 69). Auch die Kosten sollten nicht unterschätzt werden.

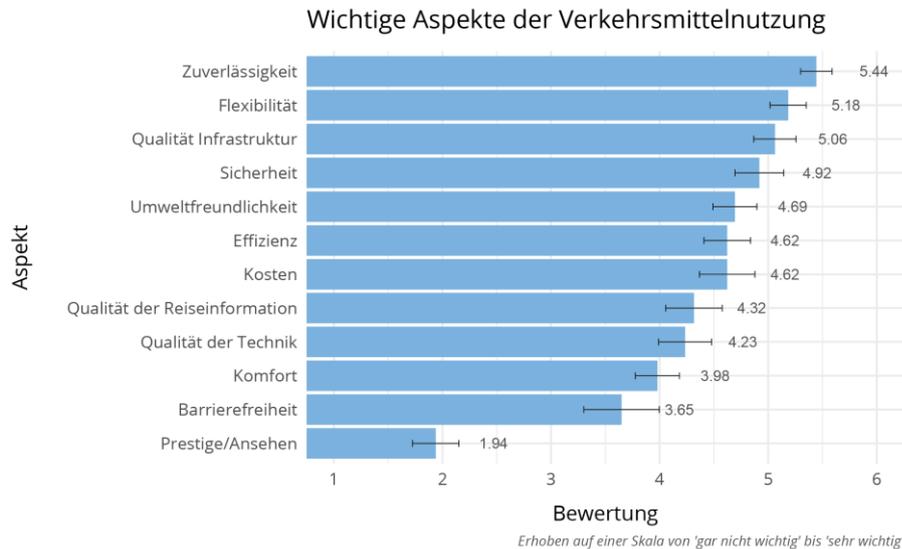


Abbildung 69: Bewertung von Aspekten bei der Verkehrsmittelwahl (N=115)

Hierzu wurde ein Online-Tool entwickelt (was auch den besonderen Abfrageanforderungen während der Pandemie angepasst ist), das es den zukünftigen Nutzern ermöglicht, Anforderungen an den in ihrer Ortschaft eingesetzten autonomen Bus zu identifizieren und zu priorisieren. Hierzu wurden die in AP 1 identifizierten Use Cases als Basis genommen und den Probanden bzw. der zukünftigen Zielgruppe des Projektes verschiedene Varianten in Bezug auf die Autonomie des Fahrzeuges und des Einsatzzweckes präsentiert. Zu diesen sollen dann 3 Anforderungen zugeordnet werden, die aus Literaturrecherche und vorherigen qualitativen Untersuchungen stammen.

Insgesamt wurden 4 Attribute (Grad der Autonomie, Kosten, Flexibilität und Technikreife) und jeweils unterschiedlichen Stufen variiert. Besonderes Augenmerk wurde auf den Grad der Autonomie gelegt, also, ob es eine Person in der Fahrerkabine, eine verantwortliche Person an Bord oder aber keine solche Person gibt, gelegt. Die Kosten wurden mit dem konventionellen Angebot (entweder ÖPNV oder Warenlieferung) verglichen und somit als entweder gleich, höher oder niedriger angeboten. Flexibilität wurde unterteilt in zeitliche Flexibilität, räumliche Flexibilität oder aber die Kombination aus beiden. Da sich die autonom-fahrende Technologie noch im Entwicklungsstadium befinden, wurde auch die Technikreife untersucht. Hier waren die möglichen Level erfolgreicher Betrieb auf speziellen Teststrecken oder aber bereits erfolgreicher Einsatz im öffentlichen Raum. Alle 4 Attribute wurden sowohl für

autonome Lieferfahrzeuge als auch für autonome Dienstleistungsfahrzeuge (z.B. Ausflugsbus) untersucht.

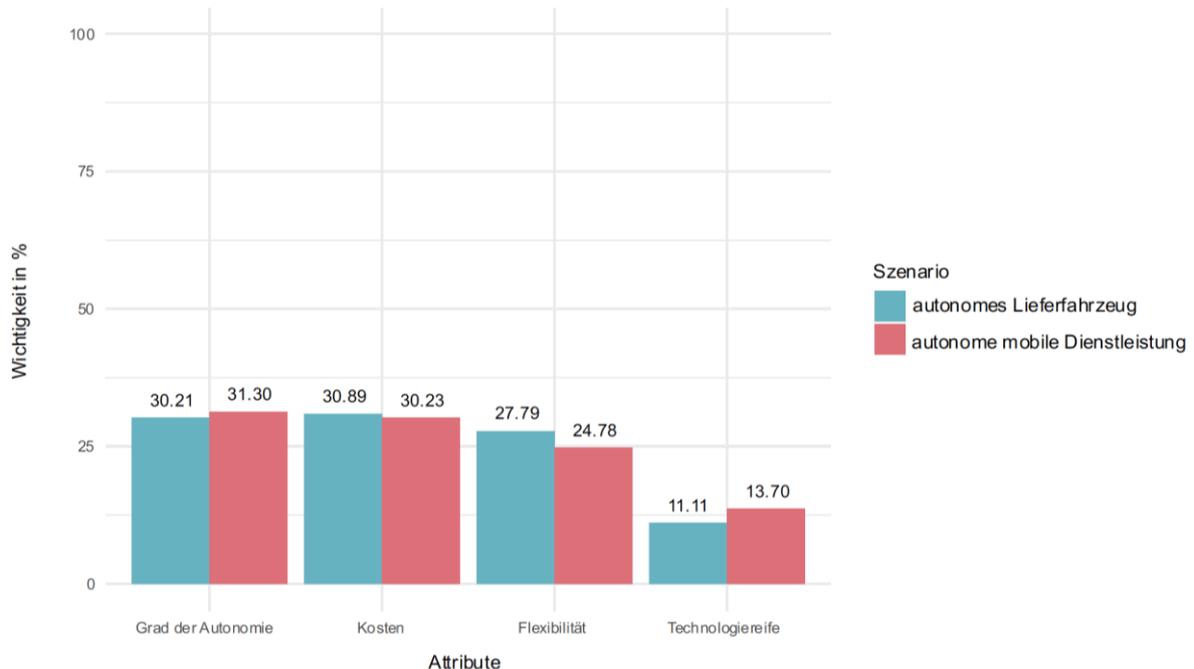


Abbildung 70: Relative Wichtigkeiten der Attribute im Vergleich zwischen den unterschiedlichen Dienstleistungen (N=115)

Es zeigt sich zunächst, dass sich die Nutzungsszenarien, also ob Personen- oder Warentransport, untereinander wenig unterscheiden, was die Wichtigkeit der jeweiligen Attribute betrifft (siehe Abbildung 70). Allerdings können klare Präferenzen aus der Betrachtung der Levels der Attribute erkannt werden, siehe Abbildung 71.

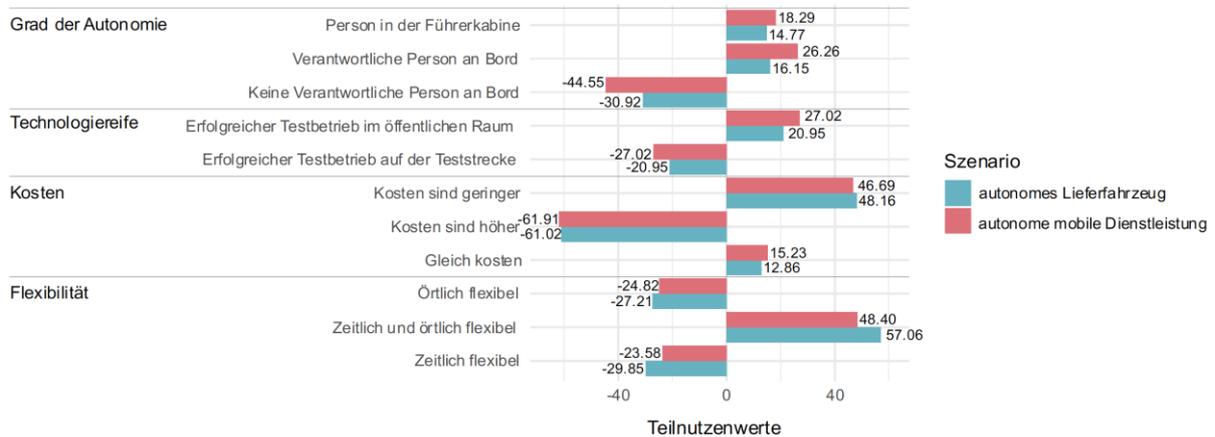


Abbildung 71: Teilnutzenwerte der einzelnen Levels im Vergleich zwischen Personen- und Warentransport (N=115)

Am wenigsten akzeptabel für die Probanden sind das Fehlen einer verantwortlichen Person an Bord, dass bisher nur auf einer Teststrecke gefahren wurde, höhere Kosten als bei konventionellem Angebot und lediglich zeitliche oder örtliche Flexibilität des Angebotes.

Insbesondere die Option, dass eine Person an Bord sein sollte, damit das Angebot genutzt wird, ist von Interesse. Da im Projekt LandLeuchten die entsprechende autonom-fahrende Technologie noch in der Entwicklung steckt und die rechtlichen Grundlagen für den Einsatz noch nicht gegeben sind, muss aus Sicherheitsgründen eine solche verantwortliche Person immer mitfahren. Daher kann dies dafür genutzt werden, diesen Bedarf zu decken und gleichzeitig aber auch zu demonstrieren, dass die Technik sicher ist bzw. sicher sein wird. So kann dann, wenn die technischen und rechtlichen Grundlagen vorhanden sind, die Bedenken reduziert werden und später der Einsatz auch voll-autonom erfolgen.

Um die Wichtigkeit einzelner Faktoren für das Projekt weiter zu differenzieren, beispielsweise im Hinblick auf den Nutzungskontext (Warenlieferung oder Personentransport), wurde darüber hinaus ein Online-Tool entwickelt (Studie 06), das, ähnlich wie eine Conjoint-Untersuchung, verschiedene Attribute und Levels bewerten lässt, gleichzeitig aber auch zusätzliche Faktoren für die jeweilig dargebotenen Kontexte in ihrer Wichtigkeit miterhebt.

Als feste Faktoren wurden hierbei die Szenarien Warentransport, Sport/Freizeit und Medizin gewählt. Alles sind Kontexte, die, wie im Projekt LandLeuchten angestrebt, ländliche Regionen auf sozialer und infrastruktureller Ebene bereichern sollen. Ein weiterer Aspekt ist das vermeintliche Risiko während

der Fahrt (hoch, mittel oder niedrig) und schließlich die Form einer Kontaktperson während der Fahrt (Person an Bord, künstliche Intelligenz, virtuell zugeschaltete Person oder aber keine). Eine Übersicht der untersuchten Faktoren ist in Abbildung 72 dargestellt.



Abbildung 72: Schematische Darstellung der untersuchten Faktoren

Als weitere Faktoren wurden Sicherheit, Privatsphäre, zeitliche Flexibilität, örtliche Flexibilität, Kosten, Ökobilanz und Barrierefreiheit ausgedacht, die in Vorstudien und auch der Literatursichtung immer wieder als relevante Faktoren bei der Nutzung autonomer Fahrzeuge genannt wurden.

Für diese Studie konnten N = 160 Datensätze analysiert werden. Der wahrgenommene Nutzen war für Lieferdienste am höchsten (siehe Abbildung 73).

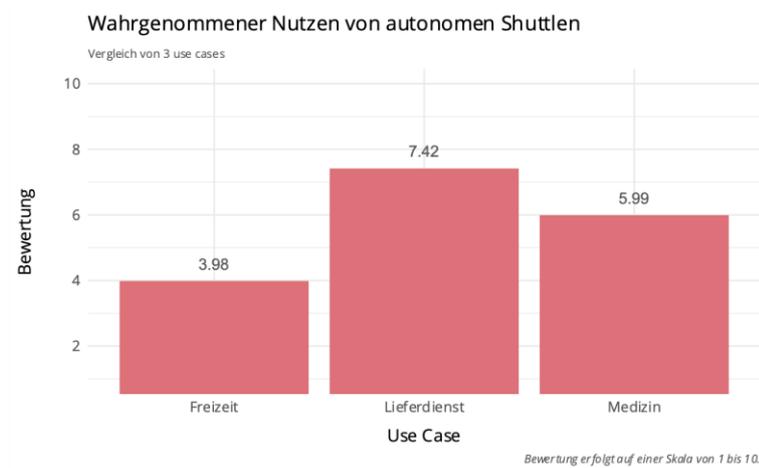


Abbildung 73: Wahrgenommener Nutzen des Einsatzes von autonomen Shuttlen für 3 unterschiedliche Use Cases (N=160)

Abbildung 74 zeigt detaillierter, inwieweit die Aspekte Use Case, Risiko und Begleitung beim Einsatz eines autonomen Shuttles bewertet werden.

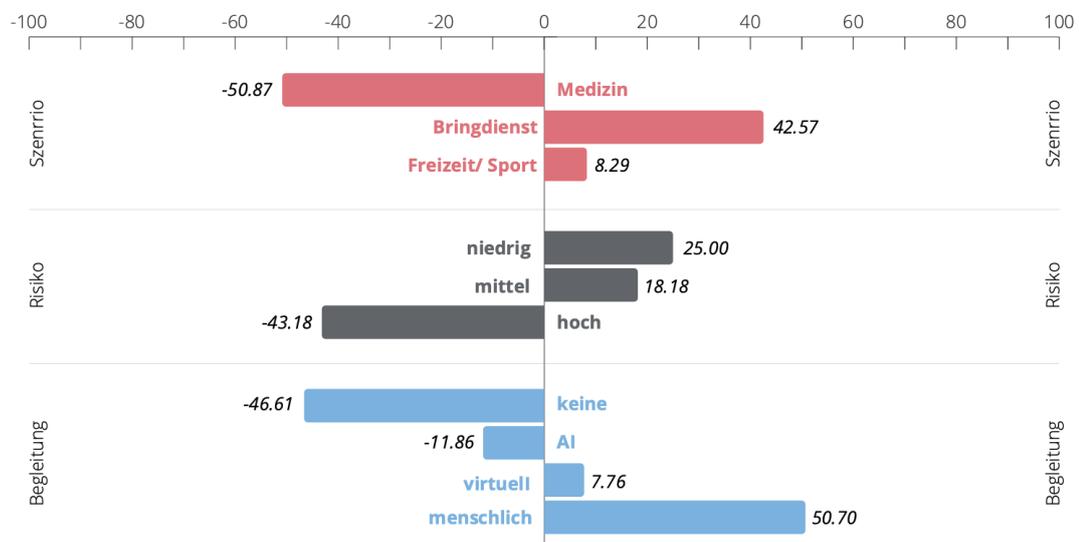


Abbildung 74: Part-worth Utilities der einzelnen Faktoren im Vergleich (N=160)

Es zeigt sich, dass Bringdienste von Waren am besten bewertet werden, das Risiko bei der Nutzung als eher gering eingeschätzt wird und eine virtuell zugeschaltete Begleit- oder Ansprechperson die bessere Alternative zu einer tatsächlich anwesenden Person ist.

Von den anderen Faktoren sind Sicherheit und zeitliche Flexibilität, unabhängig vom Szenario, die wichtigsten Anforderungen (siehe Tabelle 7). Ermittelt wurde dies, indem, in den in dieser Studie nötigen Iterationen, in jedem Durchgang jeweils die drei wichtigsten Faktoren zusätzlich bestimmt werden sollten.

	Priorität 1 n = 5739	Priorität 2 n = 5744	Priorität 3 n = 5709
Sicherheit	63%	6%	5%
Privatsphäre	7%	15%	6%
Kosten	9%	20%	23%
zeitliche Flexibilität	11%	25%	21%
räumliche Flexibilität	4%	18%	22%
Nachhaltigkeit	5%	12%	13%
Barrierefreiheit	1%	4%	9%

Tabelle 7: Rangliste der 3 wichtigsten weiteren Faktoren bei der Nutzung autonomer Shuttle (N=160) in wiederholter Abfrage unabhängig vom Nutzungskontext

Sicherheit ist aber nicht nur für die Endkunden der autonomen Services wichtig. Sie spielt auch eine große Rolle für die anbietenden Personengruppen, also diejenigen, die ihre Waren in einem solchen Fahrzeug vertreiben. Für beide Seiten (Anbieter und Käufer) müssen nicht nur das Fahrzeug an sich, sondern auch die Bestellung, Bezahlung und Aushändigung sicher und geschützt aber dennoch einfach in der Anwendung sein. Dieser Aspektes wurde während des Projektes ebenfalls in unterschiedlichen Studien untersucht und die Ergebnisse sind dann in die Entwicklung eingeflossen.

So konnten in einer weiteren Conjoint-Studie (Studie 08), die die Wichtigkeit und bevorzugte Kombination innerhalb des Buchungs- und Vergütungssystems erhoben hat, mit N = 162 Probanden die folgenden Daten und Ergebnisse erhalten werden.

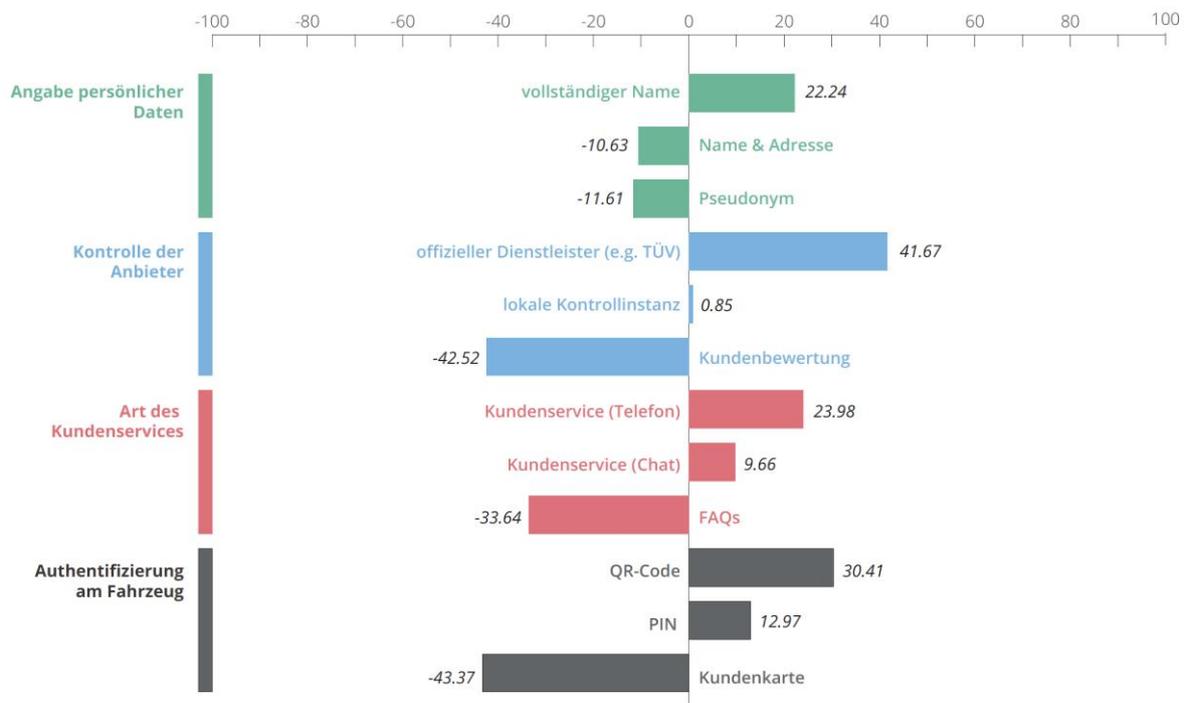


Abbildung 75: Teilnutzenwerte der unterschiedlichen Aspekte (N=162)

Es zeigte sich, dass die Angabe des vollständigen Namens, eine offizielle Kontrollinstanz, wie beispielsweise der TÜV, telefonischer Kundenservice und die Nutzung eines QR-Codes zur Authentifizierung am Fahrzeug den meisten Zuspruch bei den Befragten fanden (siehe Abbildung 75).

In Studie 09 wurden gezielt potenzielle Anbieter befragt, was für sie bei der möglichen Nutzung eines solchen Systems wichtig ist, aber auch, was mögliche Bedenken betrifft. Hierzu wurde, wieder zweigeteilt (qualitativ und anschließend quantitativ) vorgegangen. In der vorgeschalteten qualitativen Interviewstudie konnten N = 9 Händlern in den Modellregionen befragt werden. 4 weibliche und 5 männliche Probanden im Alter von 31 bis 66 Jahren, die von Nahrungsmitteln (inkl. Getränken) über Bekleidung und Accessoires, aber auch Produkte für Gesundheit und Schönheit bis Tierbedarf vertreiben. Hierzu werden sowohl eigene Liefermöglichkeiten (Fahrrad, Auto, Verkaufsstationen) aber auch Online-Shops mit herkömmlichen Warenversand (Post) angeboten.

Wichtig ist den Anbietern, dass die Handhabung benutzerfreundlich ist, die Kosten nicht merklich größer werden, eine Zeitersparnis und Flexibilität bereitstellen.

So sagte ein Teilnehmer bzgl. **Handhabung**: *"Also für mich wäre natürlich wichtig, dass es eine Schnittstelle gibt zu meinen Online-Shop und zu meinem Versand, dass es da eine A/B-Schnittstelle gibt, dass die Daten dann direkt übertragen werden und ich damit selber nichts zu tun habe. So funktioniert es beim Paketversand auch und das für mich der Ablauf prinzipiell nicht großartig anders ist"* (Kräutermanufaktur_40_m).

Vor diesem Hintergrund wurde dann ein Online-Fragebogen konzipiert, der von n = 77 potenziellen Anbietern beantwortet wurde. Auch hier wurden unterschiedlichste Warentypen in ländlichen Regionen vertrieben (siehe Abbildung 76).

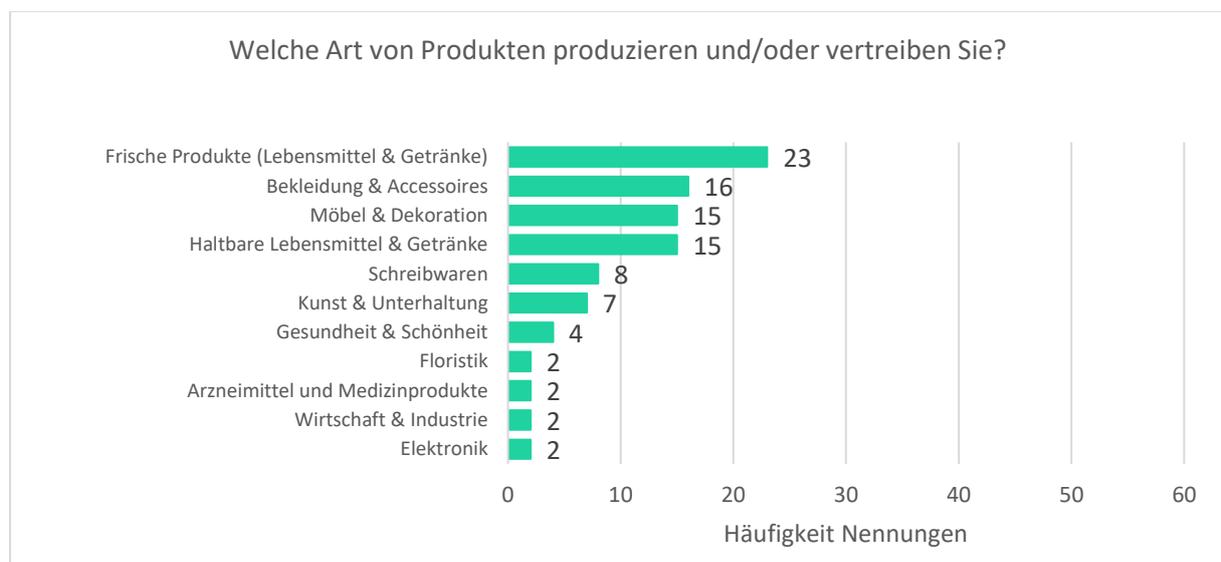


Abbildung 76: Warenangebote in ländlichen Regionen (N=77)

Was die bisherigen Vertriebsarten betrifft, so werden herkömmliche Lieferdienste (etwa DHL), ein eigenes Ladenlokal sowie ein Online-Angebot bei mehr als der Hälfte der Teilnehmer genutzt. Aber auch Kooperationen mit anderen Händlern, Hofverkäufe oder eigene Auslieferung werden angeboten (siehe Abbildung 77).

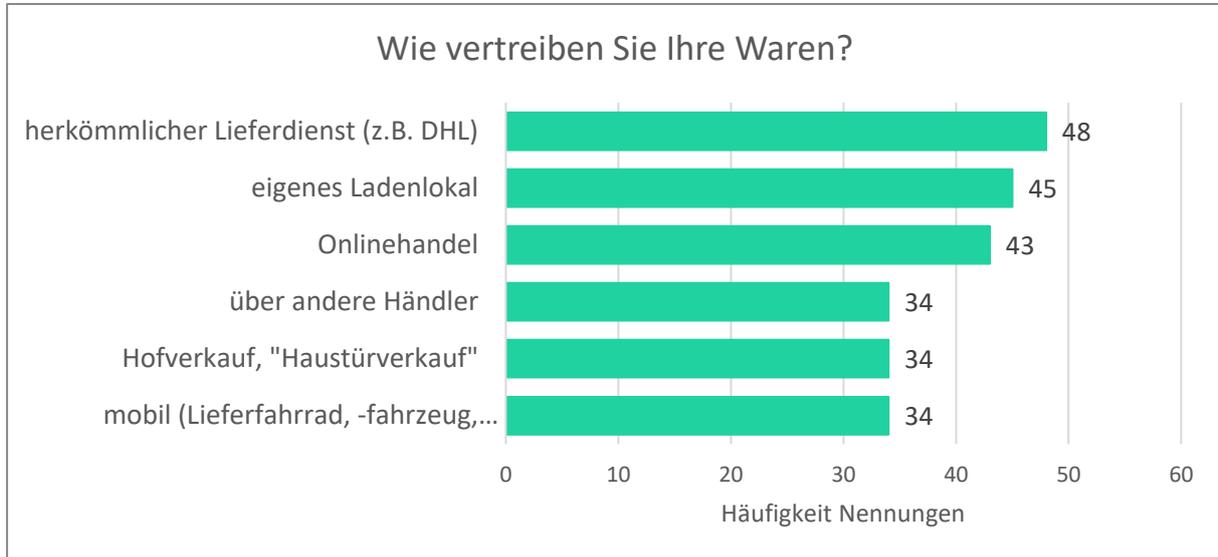


Abbildung 77: Vertriebswege in ländlichen Regionen (N=77)

Die Anforderungen an das System, insbesondere das Fahrzeug, ist natürlich abhängig von der Art der Ware. Nichtsdestotrotz zeigen sich deutliche Präferenzen, die immer erfüllt sein sollten, bevor ein Anbieter das Konzept des Projektes LandLeuchten übernehmen würde, wie in Abbildung 78 dargestellt:

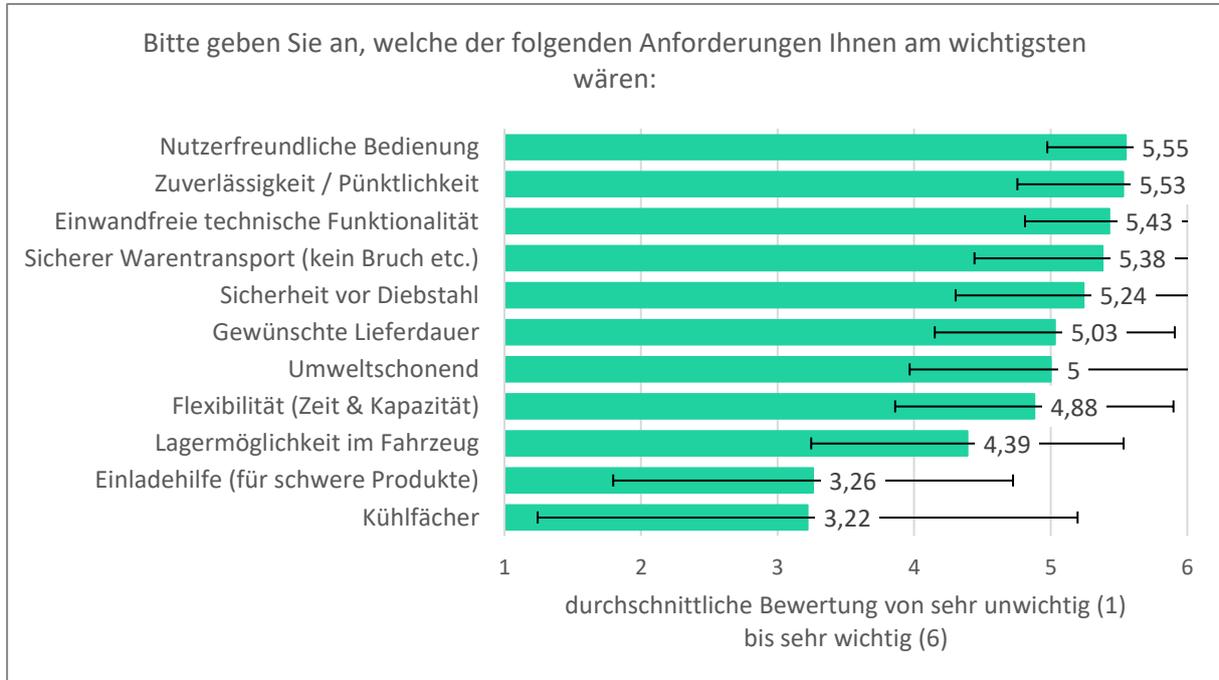


Abbildung 78: Anforderungen von Händlern an das autonome Fahrzeug (n=76)

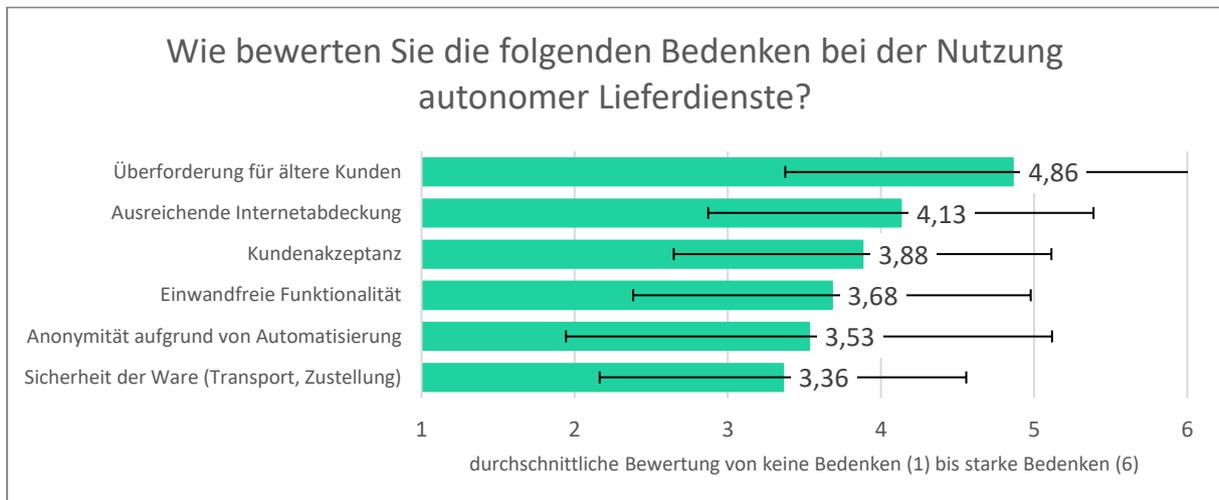


Abbildung 79: Bedenken der Händler (n=76)

Die häufigsten Bedenken, die geäußert wurden (siehe auch Abbildung 79), betrafen eine mögliche Überforderung älterer Kunden und mangelnde Internetabdeckung auf dem Land. Auch, ob die Kunden eines Anbieters bereit wären, jetzt von einem autonomen Lieferdienst ohne den gewohnten direkten

Kontakt zum Händler, zu wechseln, war eine Sorge der Händler. Interessanterweise hatten die Händler höhere Bedenken bezüglich der Kunden und deren Reaktion und Interaktion als über das Fahrzeug und die Funktionalität dessen.

Die Integration der Idee hinter dem Projekt LandLeuchten wurde für Händler mit drei unterschiedlichen Aussagen bewertet. „Ich würde autonome Lieferdienste in Zukunft als Lieferoption nutzen“, „Ich würde immer versuchen, autonome Lieferdienste in meinem Alltag zu nutzen, wenn sie in Zukunft verfügbar sind“ und „Ich plane autonome Lieferdienste zu nutzen, wenn sie in Zukunft verfügbar sind“. Für alle drei möglichen Optionen bezüglich der Nutzungsintention wurden ähnliche Antworten erzielt (siehe Abbildung 80).

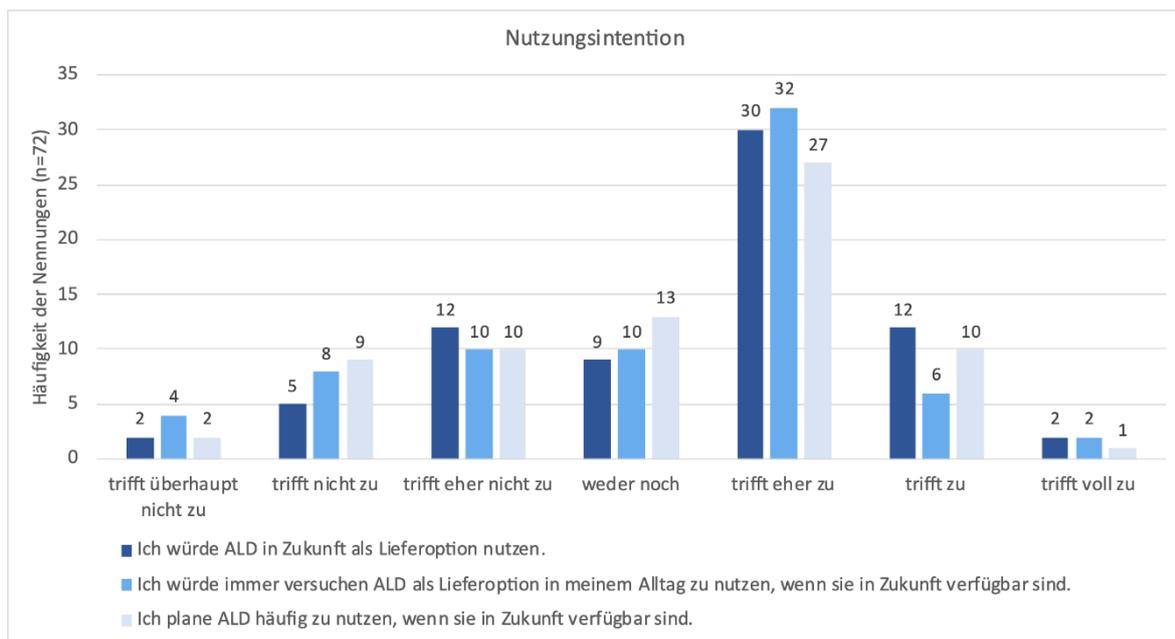


Abbildung 80: Nutzungsintention der Händler (n=76)

Auf einer Skala gemessen von 1 („trifft überhaupt nicht zu“) bis 7 („trifft voll zu“), liegt die Nutzungsintention bei $M = 4,28$ mit einer Standardabweichung von $\pm 1,3$.

Basierend auf den durchgeführten Studien sind demnach sowohl Kunden/Käufer als auch potenzielle Anbieter dem Konzept gegenüber interessiert und aufgeschlossen gestimmt. Einfache Bedienung und Einbindung in vorhanden Systeme ist dabei von allen Seiten gewünscht. Bedenken werden hauptsächlich gegenüber der Technik (Zuverlässigkeit und Bedienbarkeit) geäußert.

Darüber hinaus wurden, in Vorbereitung der Nutzertests (siehe Kapitel 4.7) in Studie 07 die Anforderungen an das im Kiosk (Use Case 2 (siehe Kapitel 4.7.2)) angebotene Sortiment und auch die Interaktion mit dem Fahrzeug für Lieferungen (Use Case 1 (siehe Kapitel 4.7.1)) erhoben und an die Projektpartner übermittelt. Hierbei wurde anhand der Häufigkeit der Einkäufe verschiedener Warenarten entschieden, welche Produktgruppen am sinnvollsten für das Kiosk-Sortiment sind (siehe Abbildung 81).

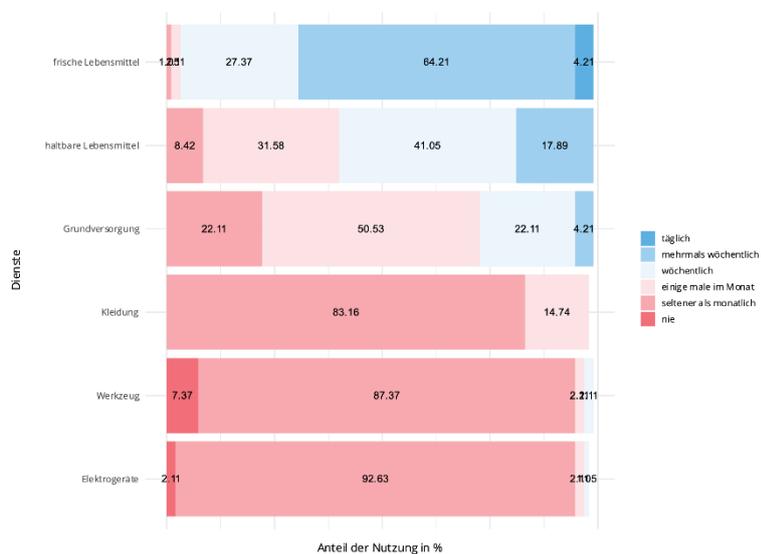


Abbildung 81: Häufigkeit Einkauf nach Warentyp (N = 95)

Die wichtigsten Ergebnisse der durchgeführten Studien sind nicht nur während der Projektlaufzeit in die Weiterentwicklung der Technik (Fahrzeug und Plattform) eingeflossen, sondern auf dieser Basis sind auch Vorschläge für Kommunikationskonzepte (Studie 11) entstanden. So sollten beispielsweise alle vorhandenen Kanäle, also Social Media, Zeitungen, Gemeindeblätter, Flyer, Lokalradio und so weiter, genutzt werden, um die Bewohner der ländlichen Regionen frühestmöglich über den Vorschlag und die Idee hinter „LandLeuchten“, also die Nutzung eines autonomen Lieferwagens mit integriertem Kiosk, zu informieren. Hierbei müssen sowohl die zukünftigen Käufer als auch die vor Ort ansässigen Produzenten und Verkäufer informiert und integriert werden.

In Vorstellungs- und „Kennenlern“-Veranstaltungen soll dann nicht nur die Theorie erläutert werden, sondern es soll die tatsächliche Interaktion mit den Systemen (digitale Plattform und Fahrzeug) möglich gemacht werden, um den Umgang zu üben aber auch Fragen oder Befürchtungen konkret und direkt adressieren zu können. Hierbei soll möglichst transparent vermittelt werden, was das System kann, welche Voraussetzungen gegeben sein müssen, aber auch, welche Kosten der Einsatz birgt, insbesondere für die potenziellen Anbieter (siehe auch Kapitel 4.6 in diesem Bericht).

Die Akzeptanz wird unterstützt, wenn am Anfang noch eine Begleitperson am/im Fahrzeug mitfährt und nicht nur bei der Informationsveranstaltung ansprechbar ist. So verlieren insbesondere ältere, aber auch technikererfahrene oder gar -ängstliche Menschen, die Scheu sich mit dem System zu befassen, da sie Fragen direkt stellen können und bei Bedienproblemen sofort Rat bekommen können. Auch die Angst, „etwas kaputt zu machen“, kann so minimiert werden, da der Umgang geübt werden kann, bevor man das System in der Praxis nutzt.

Die Informationsveranstaltungen können und sollten auch dafür genutzt werden, das Kiosk-Sortiment für die jeweiligen Einsatzorte festzulegen. Ob dieses sich saisonal ändern muss, oder ob es ein festes, immer verfügbares Sortiment mit anpassbaren Zusatzwaren geben soll, kann bei diesen Veranstaltungen besprochen und ggf. sogar schon beschlossen werden. Wobei insbesondere für die Sortiment-Gestaltung ebenfalls frühzeitig verschiedene Kanäle in den ländlichen Regionen eingesetzt werden können/sollten (etwa Social-Media-Umfragen oder Postwurfsendungen).

Neben dem Einsatz digitaler Informationsbeiträge sollten auch die traditionellen Kontaktformen nicht vernachlässigt werden. So sollten alle möglichen bereits aufgeführten Kanäle über die Möglichkeit des zukünftigen Vorhandenseins des Konzeptes aber auch die Besonderheiten der Technik informieren. Das Interesse an der Anschaffung kann so frühzeitig eruiert werden aber auch mögliche Personalisierungsbedarf insbesondere am Fahrzeug (etwa Kühlmöglichkeiten, Isolierung, Größe und Anzahl der Fächer für individualisierte Warenlieferungen) kann so schon eruiert werden, indem Ansprechpartner für Fragen, Anregungen, etc. angegeben werden. Auch hier sollten von Telefonnummer über E-Mail zu QR-Code für Kontaktformular alles angeboten werden.

Darüber hinaus sollte darauf hingewiesen werden, dass das Konzept (Plattform und Fahrzeug) unter Einbezug von Landbewohnern und deren Bedürfnissen entwickelt wurde. Daher sollte auch auf die bereits getestete einfache Bedienung (siehe Kapitel 4.7) hingewiesen werden. Auch der elektrische Antrieb (keine Abgase und keine unnötige Lärmbelastung) und die Sicherheit der Fahrzeuge sollten



Erwähnung finden, da Studienteilnehmer dies entweder eingefordert oder aber positiv erwähnt haben.

5 Abgrenzung zu anderen FuE-Projekten sowie relevante Ergebnisse von dritter Seite während der Projektlaufzeit

5.1 Ähnlich gelagerte FuE-Projekte

Nach eingehender Prüfung ist der Projektansatz, datengetriebene Services in Verbindung mit intelligentem Verkehr und einer autonomen Fahrzeugplattform als Lösungsansatz für soziale und mobilitätsbezogene Teilhabe zu nutzen, neu- und einzigartig. Exemplarisch werden drei, dem Thema verwandte Projektansätze vorgestellt, um die Abgrenzung zu LandLeuchten darzustellen.

Smart Emma (NRW EFRE 7/16 - 6/19) ist ein Projekt zum Aufbau eines digitalen Marktplatzes für Lebensmittel-Online-Shopping. Über eine E-Commerce Plattform werden Händler zu einem digitalen Marktplatz zusammengeschlossen. Kunden erhalten die Möglichkeit, Warenkörbe zusammenzustellen und bis zur Haustür liefern zu lassen.

Abgrenzung: Smart Emma zielt auf eine städtische Lösung ohne Bezug zum ländlichen Raum, als Verkehrsmittel werden elektrische Fahrräder einbezogen, ohne Bezug zum automatischen Fahren.

Geo-Intelligenz für gemeinschaftsbasierte Logistik - StEMPICOM (BMVI 5/18 - 4/19) zielt auf eine webbasierte, interoperable Geodateninfrastruktur, die von Anbietern individueller Selbstversorger-Apps in ihre Systeme integriert werden kann. Diese Software-as-a-Service-Dienstleistung ermöglicht es, die digitale Koordination zwischen beteiligten Akteuren effizient zu optimieren.

Abgrenzung: StEMPICOM beinhaltet eine Softwarelösung zur intelligenten Vernetzung von Information ohne verkehrlichen Bezug.

Das Modellvorhaben der Raumordnung - Moro (BBSR) richtet sich auf die praktische Erprobung innovativer, raumordnerischer Handlungsansätze in Zusammenarbeit zwischen Wissenschaft und Praxis.

Abgrenzung: LandLeuchten adressiert eine bisher noch nicht fokussierte Modellregion (NRW). Zudem wurden nicht Raumentwicklungsstrategien zum Klimawandel untersucht, sondern regionalplanerische Handlungsansätze in Verbindung mit dem automatisierten Verkehr und datenbasierten Services.

Abgrenzung zum Förderprojekt APEROL (FKZ 16AVD2134E) und Wechselwirkungen der Projekte

Abgrenzungskriterien	APEROL	LandLeuchten
Zielsetzung	Automatisierte Fahrfunktionen in der Optimierung des urbanen Personen- und Gütertransports	Daten- und Plattformfokus für vielfältige, über eine Mobilitätsorientierung hinausgehende Dienste zur Erschließung des ländlichen Raumes.
Nutzergruppe	Primär Stadtbürger, die diese Dienste nutzen	Primär Landbürger, die als Akteure im ländlichen Raum auch stark eingebunden werden können
Mobilitäts- und Verkehrsszenarien	Lokale urbane Verkehrsszenarien am Beispiel des Aachener Stadtgebietes	Ländliche, weit verteilte Verkehrsräume mit stark veränderten Verkehrsumgebungen und Anforderungen an automatisierte Fahrfunktionen, Dienste und Planung/Steuerung
Eingesetzte Daten-Technologien	Softwareseitige Umsetzung der Dienste auf Basis klassischer Cloud-Dienste im Hinblick auf eine zentralisierte Vernetzung der Daten-Applikationen	Entwicklung und Einsatz eines Smart-Contract-Verfahrens (Fides) als offene, transparente und adaptive Basis zur datenorientierten, verteilten Vernetzung der Applikationen und Dienste Schaffen eines offenen Marktplatzes für Daten, Dienste und KI-Komponenten
Auswirkungen des automatisierten Fahrens	Schrittweiser Ersatz automatisierter Fahrzeuge im urbanen Raum führt zu einer inkrementellen Verbesserung der Verfügbarkeit und Effizienz lokaler Personen- und Gütertransportdienste. Diese Personen- und Gütertransportdienste werden im städtischen Raum üblicherweise bereits teilweise oder vollständig mit klassischen Ansätzen realisiert.	Anwendung automatisierter Fahrfunktionen zur Erschließung des ländlichen Raumes ermöglicht durch intelligente Plattformen und Dienstmechanismen zur Erschließung neuer datenbasierter Potentiale Diese Kombination bietet, gerade im Hinblick auf das Stadt-Land-Gefälle, das Mobilitätsverhalten und den Alltag der Bürger im ländlichen Raum ein Potential für nachhaltige Veränderungen. In vielen Fällen sind im ländlichen Raum selbst grundlegende Mobilitäts- und Anbindungsbedürfnisse nicht erfüllt (und werden üblicherweise durch Individualverkehr kompensiert), so dass der Einfluss neuer Technologien auf den persönlichen Alltag immens sein kann.

Abgrenzungskriterien	APEROL	LandLeuchten
Dienste und Anwendungen	<p>Fokussierte (Weiter-) Entwicklung automatisierter Fahrfunktionen zum Aufbau urbaner Personen- und Gütertransportdienste</p> <p>Routenoptimierung und Systemintegration</p>	<p>Plattform zur Entwicklung regionaler virtueller und physischer Dienste</p> <p>Die Einbeziehung eines multimodalen Fahrzeugs, das für unterschiedliche Aufgaben einen speziellen Innenausbau hat, soll in LandLeuchten eine Vielzahl neuartiger Dienste speziell für den ländlichen Raum umsetzen.</p> <p>Wie in APEROL: generelle Abdeckung von Güter- und Personentransportdiensten.</p>
Fokus aus sozialwissenschaftlicher Sicht	<p>Es wurden die Akzeptanzbedingungen und Informations- und Kommunikationsbedürfnisse im städtischen Raum untersucht – hier ist eine sehr schnelllebige, temporär nutzende, studentische und touristische Benutzergruppe relevant, die komplett andere Anforderungen an autonome Shuttleservices hat. Auch mussten die Geschäftsmodelle auf den kurzfristigen Betrieb ausgerichtet sein. Weiterhin wurden unterschiedliche Komplexitäten der Straßensituation (sehr befahrener Marktplatz, vergleichsweise befahrene Ringstraße und wenig befahrene Straßen) erforscht.</p>	<p>Untersuchung einer komplett anderen Mobilität. Im ländlichen Raum sind die Bewohner eher älter, technologiefern und traditionell. Akzeptanzuntersuchungen fokussierten qualitativ andere Faktoren und neue Geschäftsmodelle im Bereich Handel, Zugänglichkeit und Mobilitätsgerechtigkeit.</p> <p>Ganz eindeutig ist der langfristige Erfolg des Projektes davon abhängig, dass es gelingt, in einem bottom-up Vorgehen Funktionalitäten und Services aus der Sicht und nach der Bedürfnislage der Landbevölkerung zu gestalten. Nur dann werden die Services auch nachhaltig genutzt.</p>

Tabelle 8: Vergleich der Projekte LandLeuchten und APEROL

5.2 Nationale und internationale Arbeiten zum Thema des Vorhabens während der Projektlaufzeit

Innerhalb der Projektlaufzeit wurden verschiedene Pilotprojekte für den Einsatz autonomer Fahrzeuge in ländlichen Regionen durchgeführt:

- Domino's – Selbstfahrender Roboter liefert Pizza in Houston
Domino's liefert Pizza zu bestimmten Tageszeiten mit Hilfe des selbstfahrenden Roboters Nuro R2. Nuro R2 ist der erste selbstfahrende Roboter, welcher die Zulassung der Verkehrsbehörde in den USA erhalten hat.
<https://www.smarthomeassistent.de/dominos-selbstfahrender-roboter-liefert-pizza-in-houston>
- Lieferando weitet Geschäft auf Lebensmittel aus
Lieferando, Marktführer bei Essenslieferungen in Deutschland, hat sein Geschäft auf die Zustellung von Lebensmitteln und anderen Supermarkt-Artikeln ausgeweitet. Bisher versorgt der Lieferdienst Stadtbewohner mit Essen von Restaurants, künftig sollen auch Lebensmittel zum Angebot gehören.
https://www.t-online.de/finanzen/news/unternehmen-verbraucher/id_90021630/neues-angebot-lieferando-liefert-bald-auch-lebensmittel-nach-hause.html
- Snack Mobil von REWE digital und Vodafone
Das 'REWE Snack Mobil' von REWE digital und Vodafone versorgt Passanten und Büroarbeiter in einem Kölner Büro- und Wohnquartier mit Essen und Getränken. Es reicht ein kurzes Winken, dann hält der selbstfahrende Kiosk an. Zudem steuert das 'Snack Mobil' in den kommenden Monaten vordefinierte Haltestellen an.
<https://www.vodafone.de/newsroom/unternehmen/dieser-selbstfahrende-kiosk-bringt-uns-bald-getraenke-snacks/>
- Lieferroboter Starship
Auslieferung von Lebensmitteln und Päckchen/Paketen in amerikanischen Ballungsgebieten mit autonomen Lieferrobotern
<https://www.starship.xyz/>
- Einkaufsbus REWE und Deutsche Bahn
Ab dem Frühjahr 2023 soll der Einkaufs-Bus mehrere Gemeinden in Nordhessen mit frischen und regionalen Lebensmitteln versorgen. Mit dem Pilotprojekt wollen REWE und die DB die Nahversorgung in ländlichen Gebieten sicherstellen.



<https://www.deutschebahn.com/de/presse/presse-regional/pr-frankfurt-de/presseinformationen-regional/REWE-und-Deutsche-Bahn-starten-Einkaufs-Bus-fuer-laendliche-Gebiete--10069560>

Erwähnenswert zu allen diesen Pilotprojekten ist, dass die Anbieter sich hierbei i.W. auf die Auslieferung von Lebensmitteln fokussiert haben. Bei Lebensmittel-Lieferungen sind aktuell in mehreren deutschen Städten Kurier-Dienste wie PicNic, Gorillas und Flink aktiv. Ferner konzentrieren sich die o.g. Projekte auf städtische Regionen und/oder auf konventionelle Verkehre.

LandLeuchten stellt das einzige Projekt dar, das Mobilität in ländlichen Regionen mit einer offenen Kommunikationsplattform und autonomen (Liefer-) Fahrzeugen verbindet.

5.3 Daten- und Patentlage

Die Daten- und Patentlage wurde geprüft. Es lagen keine Konflikte vor.

6 Durchführung öffentlichkeitswirksamer Maßnahmen in der Projektlaufzeit

6.1 Liste der Veröffentlichungen

Termin	Titel	Quelle	Partner	Bemerkungen
24.02.2020	"Autonomes Fahren: PSI entwickelt IT-Grundlagen für „LandLeuchten“	Logistik Heute	PSI	
11.03.2020	Internet der Dinge als Motor für den ländlichen Raum	rp online: Volksfreund - Region Model, Wittlich, Hunsrück	UC, e.GO	
20.11.2020	Cypher Social Contracts A Novel Protocol Specification for Cyber Physical Smart Contracts	DOI: https://doi.org/10.1109/iThings-GreenCom-CPSCom-SmartData-Cybermatics50389.2020.00083	UC	Über APEROL finanziert, beide Projekte in der Danksagung
01/2021	Potenziale für datengetriebene Mobilität im ländlichen Raum	https://www.emmett.io/article/datengetriebene-mobilitaet-im-laendlichen-raum	PSI	
07/2021	Put Some Drive in Your Country – Need for and Acceptance of Autonomously Operating Services in Rural Areas of Germany	https://doi.org/10.1007/978-3-030-80012-3_41	HCIC	
07/2022	Paving the Way to Autonomy – Influencing Factors for the Acceptance of Autonomously Operating Transportation Services in Rural Germany		HCIC	submitted to AHFE 2022
12/2021	Fides: Distributed Cyber-Physical Contracts	https://doi.org/10.1109/TPSISA52974.2021.00006	UC	
12/2022	Distributed Hash Table with Extensible Remote Procedure Calls	https://doi.org/10.1109/CINE56307.2022.10037367	UC	
08/2022	Cyber-Physical Contracts in Offline Regions	https://doi.org/10.1109/iThings-GreenCom-CPSCom-SmartData-Cybermatics55523.2022.00097	UC	
13.03.2023	Projekt für bessere Nahversorgung	Nahe Zeitung	UC	
27.01.2023	Rechtliche Studie zum Cypher Social Contracts Konzept „Fides“	https://doi.org/10.5281/zenodo.7680213 (Spiecker gen. Döhmann, Bretthauer, & Müllmann, 2023)	UC, Universität Frankfurt	Unterauftrag
05/2023	Energy-efficient Cyber Physical Social System for Transportation with Appointments	CPSIoT'2023 – Mecoconference.me	UC	accepted

Tabelle 9: Liste der Veröffentlichungen

6.2 Liste der Veranstaltungen und Konferenzen

Die Teilnahme an Veranstaltungen und Konferenzen hat ab 2020 unter Einschränkungen im Zuge der Covid 19-Pandemie gelitten.

Termin	Titel	Veranstalter	Ort	Thema	Partner
14.10.2020	mFUND	BMVI	Webmeeting	Vorstellung SmartContract-Themen auf Management-Ebene	UC
2.-6.11. 2020	2020 International Conferences on Internet of Things (iThings) and IEEE Green Computing and Communications (GreenCom) and IEEE Cyber, Physical and Social Computing (CPSCom) and IEEE Smart Data (SmartData) and IEEE Congress on Cybermatics (Cybermatics)		Remote	Vorstellung Paper (siehe Veröffentlichungen)	UC
25.-29.07.2021	AHFE 2021 International Conference		online	Vorstellung Paper (siehe Veröffentlichungen)	HCIC
02.09.2021	MINT Konferenz	UC	online	Vorstellung LandLeuchten + CPMD	UC
19./20.10.2021	mFUND-Konferenz	BMVI	Webmeeting	Vorstellung des Projektes im Fachforum „Mobilitätsangebot im ländlichen Raum verbessern durch Sharing-Plattformen für Mobility-on-Demand-Dienste“	WZL
12.11.2021	Landesdemografiewoche am Umwelt-Campus Birkenfeld			Vorstellung LandLeuchten im Rahmen der Landesdemografiewoche (Lebens- und Aufenthaltsqualität von Senioren im ländlichen Raum)	UC
13-15.12.2021	2021 Third IEEE International Conference on Trust, Privacy and Security in Intelligent Systems and Applications (TPS-ISA)		Remote	Fides: Distributed Cyber-Physical Contracts	UC
27.01.2022	Start-Veranstaltung emmett-Netzwerk	mFUND	online		HCIC
10.03.2022	Fachaustausch „Die Attraktivität des ÖPNV steigern – Wie Dateninnovation den Weg für einen digitalen und vernetzten ÖPNV ebnen“	mFUND	online		PSI, HCIC
24.-28.07.2022	AHFE 2022 International Conference		online und New York, USA	Vorstellung Paper (siehe Veröffentlichungen)	HCIC
22-25.08.2022	2022 International Conferences on Internet of Things (iThings) and IEEE Green Computing and Communications (GreenCom) and IEEE Cyber, Physical and Social Computing (CPSCom) and IEEE Smart Data (SmartData) and IEEE Congress on Cybermatics (Cybermatics)		Espoo, Finnland	Vorstellung Paper (siehe Veröffentlichungen)	UC

Termin	Titel	Veranstalter	Ort	Thema	Partner
01.-03.12.2022	CINE-2022: The 5 th International Conference on Computational Intelligence and Networks		Remote (Bhubaneswar, Indien)	Vorstellung Paper (siehe Veröffentlichungen)	UC
23.03.2023	Vernetzungstreffen 2023 – Förderinitiative KI-Leuchttürme für Umwelt, Klima, Natur und Ressourcen	ZUG	Berlin	Vorstellung Plakat	UC

Tabelle 10: Liste der Veranstaltungen und Konferenzen

7 Wissenschaftliche und wirtschaftliche Anschlussfähigkeit und Erfolgsaussichten des Projektes

7.1 RWTH Aachen University WZL

Aus wissenschaftlicher Sicht konnte in den Arbeitspaketen des WZL das innovative Konzept des Fahrzeuges mittels Prototyping-Ansätzen für den Innenausbau und die autonomen Fahrfunktionen realisiert werden. Es ist besonders wichtig für den Erfolg einer Innovation, dass diese nicht nur auf der Theorie-Ebene besteht, sondern auch in Realität demonstriert werden kann.

7.2 RWTH Aachen University HCIC

Ungeachtet der insgesamt positiven Bewertung des LandLeuchten Konzeptes und der Prototypen aus wirtschaftlicher, technischer, juristischer und Nutzer-Perspektive, besteht für das HCIC keine kommerzielle Verwertbarkeit der im Projekt erarbeiteten Erkenntnisse. Die Ergebnisse sind insbesondere von wissenschaftlichem Interesse und wurden und werden in entsprechenden Publikationsorganen veröffentlicht und präsentiert. Neben Publikationen und Präsentationen auf einschlägigen Konferenzen, in denen ausgewählte Fragestellungen schnell publiziert werden und der (wissenschaftlichen) Öffentlichkeit bereitgestellt werden können, wurden und werden einschlägige Fachzeitschriften ausgewählt, um größere Fragen mit einer fachwissenschaftlichen Reichweite anzugehen. Bei diesen ist, aufgrund der vergleichsweise aufwendigen Vor- und Aufbereitung sowie der ungleich strengeren und langwierigeren Gutachterkontrolle (im Vergleich zu Konferenzpublikationen), mit weiteren Veröffentlichungen bis 2025 zu rechnen.

Darüber hinaus wurden und werden die sozialwissenschaftlichen Ergebnisse und methodischen Erfahrungen mit der Integration der Ergebnisse in die Lehre gesichert. Unter anderem in den Modulen „Handeln mit Medien“ und „Usability, User Diversity und Technikakzeptanz“ wurden und werden die Ergebnisse und Methoden in die Ausbildung der Studiengänge Technik-Kommunikation, Sprach- und

Kommunikationswissenschaften sowie Digitale Medienkommunikation sowohl auf Bachelor- als auch Masterniveau integriert und weitergetragen.

Aufgrund der hohen Aktualität insbesondere des Mobilitätskontextes aber auch der Bedeutung und Anbindung ländlicher Regionen, kann eine gute wissenschaftliche Anschlussfähigkeit angenommen werden. Die Kartographierung von Nutzeranforderungen kann weitergeführt werden und so zu einem noch besseren Verständnis der Nutzerpräferenzen und -anforderungen, insbesondere im ländlichen Raum, führen.

7.3 Umwelt-Campus

Im LandLeuchten Projekt wurde ein neues Protokoll für Cyber Physical Contracts entwickelt. Für dieses Protokoll wurde eine Referenzimplementierung realisiert und als Open Source Software veröffentlicht. Im Zuge dessen sind vier Konferenzpublikationen, sowie ein Rechtsgutachten, das die Referenzimplementierung aus zivil- und datenschutzrechtlicher Sichtweise beleuchtet, entstanden. Dieses neue Konzept unterscheidet sich in einigen Punkten maßgeblich von bestehenden Smart Contract Konzepten und hat dabei einige Vorteile durch die es für eine Vielzahl von Anwendungsszenarien ein enormes Potential bietet. Darüber hinaus sind eine Veröffentlichung zu einem neuen Ansatz zur Voroptimierung von Tourenplanungen und zwei Pressemitteilungen entstanden. Insgesamt hat dies zur Steigerung der Sichtbarkeit des Umwelt-Campus Birkenfeld der Hochschule Trier und der Arbeitsgruppe Verteilte Systeme und Künstliche Intelligenz geführt.

Das entwickelte Cyber Physical Contract Protokoll dient bereits jetzt als Grundlage für mehrere Folgeprojekte und -anträge. Im Zuge dessen soll das Konzept weiterentwickelt und weitere Anwendungsszenarien angepasst werden. Auch der neue Voroptimierungsansatz für Tourenplanungen wird in einem Folgeprojekt zur Anwendung kommen und könnte auf den Bereich der Online Optimierung erweitert werden.

In die Entwicklungen des Projekts sind auch mehrere Studierendenprojekte und Abschlussarbeiten eingeflossen. So konnte Studierenden die Möglichkeit geboten werden an anwendungsnahen und hochinnovativen Forschungsthemen mitzuarbeiten und so wichtige Erfahrungen und Fertigkeiten zu erlangen die ihr Studium ergänzen.



Durch den Ausbau der LoRaWAN Infrastruktur in der Region gemeinsam mit den assoziierten Partnern konnte eine technische Grundlage für weitere Projekte und Entwicklungen etabliert werden. Zukünftige Forschungsvorhaben, die auf eine durchgehende Datenerfassung in Regionen ohne Netzabdeckung angewiesen sind, können von dieser neuen Infrastruktur nachhaltig profitieren. Für die Partner wurde so die Möglichkeit geschaffen neuartige technologische Konzepte und Geschäftsmodelle im Bereich der Mobilität und der vernetzten Dienste zu erproben und zu entwickeln. Durch ihre Einbindung in die Feldversuche hatten sie die Gelegenheit einen Eindruck vom praktischen Einsatz der im Projekt entwickelten Dienste zu erhalten. In Zukunft könnten so neue Partnerschaften für die angewandte Forschung und Lehre zwischen Stakeholdern in der Region und dem Umwelt-Campus Birkenfeld entstehen.

7.4 Innoloft GmbH

LandLeuchten lieferte wertvolle Einblicke in die Bedürfnisse und Anforderungen der Akteure in der Mobilitäts- und Logistik-Branche. Gerade im Hinblick auf den Vertrieb sowie die Erkenntnisse im Aufbau der LandLeuchten Community-Plattform, kann Innoloft die im Projekt gewonnenen Informationen nutzen, um zu verstehen, welche spezifischen Funktionen oder Module in der Kunden-Community (Customer Ecosystem) benötigt werden, um den Vertrieb effektiv zu unterstützen. Dies kann die Entwicklung neuer Vorlagen, Workflows oder Integrationen umfassen, die den spezifischen Anforderungen gerecht werden. Diese Ergebnisse werden anschließend in das reguläre Dienstleistungs- und Softwareangebot von Innoloft integriert. Durch die Analyse der Erfahrungen und Rückmeldungen der Projektpartner und Nutzer im Bereich Mobilität kann Innoloft die Benutzererfahrung auf der Plattform verbessern. Basierend auf den gewonnenen Erkenntnissen können Benutzeroberfläche, Navigation und Interaktionsmöglichkeiten optimiert werden, um eine nahtlose und effiziente Nutzung für Mobilitätsakteure zu gewährleisten. Die Ergebnisse in LandLeuchten können neue Anwendungsfälle aufzeigen, die auf der Plattform von Innoloft umgesetzt werden können. Diese Erkenntnisse können dazu beitragen, die Plattform um zusätzliche Funktionen, Dienstleistungen oder Integrationsmöglichkeiten zu erweitern, um die Bedürfnisse der Mobilitätsbranche besser zu bedienen. Dies könnte beispielsweise die Integration von IoT-Funktionen, Datenanalysen oder KI-Technologien umfassen. Zuletzt sol-



len die gewonnenen Ergebnisse helfen, das eigene Produktportfolio im Bereich der Beratung auszubauen. So sollen in Zukunft kommunale Unternehmen beim Aufbau von regionalen Logistik-Dienstleistungen unterstützt werden.

7.5 PSI Logistics GmbH

Die Projektinhalte der PSI Logistics GmbH waren mit der Gewinnung einer Reihe von Erkenntnissen verbunden, die zur Weiterentwicklung des operativen Transport-Management-Systems PSItms genutzt werden konnten. Diese werden perspektivisch sowohl einen Nutzen für Bestandskunden als auch das Potenzial zur Akquisition neuer Kunden haben.

Auf Basis des PSItms wurde im Projekt ein Prototyp entwickelt, der den PSItms-Funktionsumfang um Funktionalitäten erweitert, die zur intelligenten, bedarfsgerechten und effizienten Steuerung von Elektrofahrzeugen im ländlichen Raum benötigt werden. Beispiele für derartige Funktionalitäten sind das Ladesäulenmanagement, das für eine Steuerung von elektrifizierten Fahrzeugflotten benötigt wird, sowie die Erweiterung eines operativen Systems zu einer Serviceplattform für warenlogistische Dienstleistungen.

Diese Anwendungen sollten innerhalb des ersten Jahres nach Abschluss des Projektes am Markt umgesetzt und in konkrete Anwendungen überführt werden können.

8 Handlungsempfehlungen

8.1 Allgemeine Handlungsempfehlungen „Autonome On-Demand-Mobilität auf dem Land“

Die in diesem Projekt durchgeführten Umfragen haben ergeben, dass die Gesamtheit des ländlichen Raumes durch den Einsatz von autonomen Lieferwagen und ÖPNV unterstützenden/ersetzenden Verkehrsmitteln aufgewertet werden muss. Bestimmte Gruppen (wie Jugend und Senioren) können durch gezielte Angebote (z. B. Ausbildungstickets & Seniorenpreise) gefördert werden, um somit eine Unabhängigkeit vom Gebrauch des Autos sicherzustellen.

ÖPNV wurde über alle Studien hinweg grundsätzlich am schlechtesten bewertet. Aus diesem Grund bestand vor allem der Wunsch der Personenbeförderung abseits der Stoßzeiten und in flexibler Art und Weise sowie dem Entgegenwirken von Mängeln der ÖPNVs wie spärlichen Fahrten, ungünstigen Fahrzeiten und fehlendem Abend- und Nachtangebot.

Kulturelle Angebote, Cafés oder Bio-Läden sind in ländlichen Regionen nur wenig wiederzufinden und könnten durch den Einsatz von autonomen Bussen abgedeckt werden. Doch auch der Lieferservice soll nach dem Personentransport besonders gefördert werden. Bei dieser Anwendungsweise wird auch dem autonomen Bus am meisten vertraut. Hierbei wurde besonders hervorgehoben, dass die Lieferzeiten flexibel gestaltet sein und spezifische Angebote, die es auf dem Land nicht gibt, problemlos nach Hause bestellt werden können sollten.

Dennoch ist auch erwähnenswert, dass trotz des autonomen Fahrens grundsätzlich eine menschliche Begleitperson gewünscht wurde. Auch wenn das Risiko der Nutzung im Vergleich zu den anderen beiden Aspekten am wenigsten wichtig bewertet wird, so ist niedriges Risiko klar präferiert. Autonome Busse sind bis dato noch nicht im Bewusstsein der Bevölkerung. Daher bestehen auch weiterhin Bedenken hinsichtlich der Technik und Bedienbarkeit und es gab eine große Skepsis in Bezug auf deren Sicherheit. Gerade aus diesen Gründen wären die Nutzer auch eher bereit, ihre Daten zu teilen, um die Sicherheit des autonomen Busses zu verbessern. Zudem wurden Bedenken über die Bedienung der autonomen Bussen bei älteren Menschen oder Personen mit Einschränkungen geäußert. Es zeigt sich gerade aus diesem Gesichtspunkt, dass der Grad der Autonomie (ob sich beispielsweise eine verantwortliche Person an Bord befindet) ein wichtiger Akzeptanzfaktor ist.

9 Literaturverzeichnis

- Creutz, L., & Dartmann, G. (2020). Cypher Social Contracts A Novel Protocol Specification for Cyber Physical Smart Contracts. *2020 International Conferences on Internet of Things (iThings) and IEEE Green Computing and Communications (GreenCom) and IEEE Cyber, Physical and Social Computing (CPSCom) and IEEE Smart Data (SmartData) and IEEE Congress on Cybermatics (Cybermatics)* (S. 440-447). IEEE.
- Creutz, L., Schneider, J., & Dartmann, G. (2021). Fides: Distributed Cyber-Physical Contracts. *Third IEEE International Conference on Trust, Privacy and Security in Intelligent Systems and Applications (TPS-ISA)* (S. 51-60). IEEE.
- Creutz, L., Schneider, J., & Dartmann, G. (2022). Distributed Hash Table with Extensible Remote Procedure Calls. *5th International Conference on Computational Intelligence and Networks (CINE)*. IEEE.
- Creutz, L., Wagner, K., & Dartmann, G. (2022). Cyber-Physical Contracts in Offline Regions. *IEEE International Conferences on Internet of Things (iThings) and IEEE Green Computing & Communications (GreenCom) and IEEE Cyber, Physical & Social Computing (CPSCom) and IEEE Smart Data (SmartData) and IEEE Congress on Cybermatics (Cybermatics)*. IEEE.
- Dziubany, M., Schmeink, A., & Dartmann, G. (2023). Energy-efficient Cyber Physical Social System for Transportation with Appointments. *11th International Conference on Cyber-Physical Systems and Internet-of-Things (CPS&IOT'2023)*. (accepted for publication).
- Spiecker gen. Döhmman, I., Bretthauer, S., & Müllmann, D. (2023). *Rechtliche Studie zum Cypher Social Contracts Konzept "Fides"*. Zenodo.
- Stoica, I., Morris, R., Karger, D., Kaashoek, M. F., & Balakrishnan, H. (2001). Chord: A scalable peer-to-peer lookup service for internet applications. *ACM SIGCOMM computer communication review*. ACM.
- Yaga, D., Mell, P., Roby, N., & Scarfone, K. (2019). *Blockchain technology overview*. arXiv preprint arXiv: 1906.11078.