mFUND
Das Startkapital für die Mobilität 4.0

Gefördert durch:
Bundesministerium für Digitales und Verkehr
aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

Schlussbericht
Projekt “Flexibler Erlebnisbus für nachhaltigen Freizeitverkehr” (FEB-NAFV)

Abbildung 1: Fahrgäste steigen in den Erlebnisbus ein (INIT-Füssen)

Hochschule Kempten - Institut für Nachhaltige und Innovative Tourismusentwicklung (INIT - Füssen), Allgäuer Überlandwerk GmbH (AÜW), Outdooractive AG, Steinbacher-Consult Ingenieurgesellschaft mbH & Co.KG

ProjektmitarbeiterInnen: Prof. Dr. Robert Keller, Dr. Johannes Schubert, Dominik Rebholz, Franka Menke, Jannika Eisele, Martin Soutschek, Simon Reuter, Benjamin Dietz, Köberlein Jana, Philipp Reisigl, Christoph Brunner.

Inhalt

Abkürzungsverzeichnis 3

Abbildungsverzeichnis 4

Tabellenverzeichnis 5

I. Kurze Darstellung 6

1. Kurze Darstellung zu Aufgabenstellung 6

2. Kurze Darstellung zu Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde 6

3. Kurze Darstellung zu Planung und Ablauf des Vorhabens 7

4. Kurze Darstellung zu wissenschaftlichem und technischem Stand, an den angeknüpft wurde, insbesondere 9

4.1 Angabe bekannter Konstruktionen, Verfahren und Schutzrechte, die für die Durchführung des Vorhabens benutzt wurden 9

4.2 Angabe der verwendeten Fachliteratur sowie der benutzten Informations- und Dokumentationsdienste 10

5. Kurze Darstellung zur Zusammenarbeit mit anderen Stellen 11

II. Eingehende Darstellung 12

1. Eingehende Darstellung der Verwendung der Zuwendung und des erzielten Ergebnisses im Einzelnen, mit Gegenüberstellung der vorgegebenen Ziele 12

1.1 Anwendungen und Pilotfahrten 13

1.2 Daten: Sensorik 24

1.3 Daten: Prognose 34

1.4 E-Mobilität 41

2. Eingehende Darstellung der wichtigsten Positionen des zahlenmäßigen Nachweises 51

3. Eingehende Darstellung der Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit 52

4. Eingehende Darstellung des voraussichtlichen Nutzens, insbesondere der Verwertbarkeit des Ergebnisses im Sinne des fortgeschriebenen Verwertungsplans 53

5. Eingehende Darstellung des während der Durchführung des Vorhabens dem ZE bekannt gewordenen Fortschritts auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen 54

6. Eingehende Darstellung der erfolgten oder geplanten Veröffentlichungen des Ergebnisses .. 55

6.1 Publikationen 55

6.2 Verbreitung 56

6.3 Vorträge, Workshops und (interne) Veranstaltungen 56

6.4 Presseberichterstattung 58

Anhangsverzeichnis 59

Abkürzungsverzeichnis

AIR	AI-basierter Recommender für nachhaltigen Tourismus
AP	Arbeitspaket
API	Application Programming Interface
AÜW	Allgäuer Überlandwerk GmbH
BBS	Brandner Bus Schwaben
BMDV	Bundesministerium für Digitales und Verkehr
DAV	Deutscher Alpenverein
DSGVO	Datenschutz-Grundverordnung
FEB-NAFV	Flexibler Erlebnisbus für nachhaltigen Freizeitverkehr
GHz	Gigahertz
INIT (ehemals WTZ)	Institut für Nachhaltige und Innovative Tourismusentwicklung
IoT…	Internet of Things
ITF	International Transport Summit
ITM	Irregular Terrain Model
LOI	Letter of Intent
LoRaWAN	Long Range Wide Area Network
MHz	Megahertz
MIV	Motorisierter Individualverkehr
ML	Machine Learning
ÖPNV	Öffentlicher Personennahverkehr
ÖV	Öffentlicher Verkehr
PBefG	Personenbeförderungsgesetz
PKW	Personenkraftwagen
POI	Point of Interest
PV	Photovoltaik
TU	Technische Universität
UBA	Umweltbundesamt
UX	User Experience

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Fahrgäste steigen in den Erlebnisbus ein (INIT-Füssen) 1
Abbildung 2: Arbeitspakete und Meilensteine im Zeitverlauf (INIT-Füssen) 9
Abbildung 3: Eindrücke und Ergebnisse der Workshops der ersten beiden Pilotfahrten (INIT-Füssen) 15
Abbildung 4: Buchungsportal und Pilotfahrt 1 ins Gunzesrieder Tal mit Studierenden der Hochschule Kempten am 26.07.2022 (Outdooractive) 16
Abbildung 5: Erneuerte Buchungsplattform und Pilotfahrt 2 von Kempten ins Gunzesrieder Tal mit SeniorInnen der DAV Sektion Kempten am 09.11.2022 (Outdooractive) 17
Abbildung 6: Automatisiertes Buchungsportal und Pilotfahrt 3 Eventverkehr von Kempten, Leutkirch und Center Parc nach Schmidsfelden (Glasmacherdorf im Allgäu) am 14.05.2023 (Outdooractive) ... 19
Abbildung 7: Werbematerialien flexibler Erlebnisbus (INIT-Füssen) 22
Abbildung 8: Simulation der Netzabdeckung eines LoRaWAN-Gateways im bergigen Umland (AÜW) 24
Abbildung 9: LoRaWAN-Feldstärketester (AÜW) 25
Abbildung 10: SEQ Abbildung * ARABIC 3: IMBuildings People Counter (ohne Outdoor-Gehäuse) (AÜW) 25
Abbildung 11: Parametric/PMX Systems PCR2 Radarzähler (AÜW) 26
Abbildung 12: Kerlink Wanesy Wave "WLAN-Zähler" - hier ohne Gehäuse und autarker Stromversorgung (AÜW) 26
Abbildung 13: Karte des gesamten Naturparks (Naturpark Nagelfluhkette) 28
Abbildung 14: Beispielhafte Grundstücksgrenzen im Naturpark. Die gelben Linien markieren die Grundstücksgrenzen 28
Abbildung 15: Montage-Adapter für Lichtschranken (AÜW) 29
Abbildung 16: Karte der im Projekt ausgebrachten Sensoren (AÜW) 29
Abbildung 17: Durch Gewalteinwirkung abgerissene Lichtschranke, nur noch der Montageadapter hängt mit abgerissenen Schrauben am Baum. In diesem Fall konnte die Lichtschranke nicht aufgefunden werden (AÜW) 31
Abbildung 18: Datenpaket einer Lichtschranke. Mittels der total_ Werte können Paketverluste herausgerechnet werden (AÜW) 31
Abbildung 19: Fehlzählung von ca. 1000 Personen aufgrund von Regen/Schneefall (Zeitraum: 05.05.2024 - 09.05.2024) (AÜW) 32
Abbildung 20: Einfluss von verschiedenen Faktoren auf die Besuchendenzahl (INIT-Füssen) 34
Abbildung 21: Visualisierung der High-Level-Architektur der Daten-Pipeline (INIT-Füssen) 35
Abbildung 22: Visualisierung der SHAP-Werte (INIT-Füssen) 36
Abbildung 23: Ausschnitt des Dashboards (INIT-Füssen) 37
Abbildung 24: Globale Daten Thaltegos (INIT-Füssen) 38
Abbildung 25: Weitere Informationen über die Besuchenden (INIT-Füssen) 38
Abbildung 26: Besuchszahlen einer typischen Woche im Sommer im gesamten Allgäu (stündliche Auflösung) (INIT-Füssen) 39
Abbildung 27: Stündlicher Verlauf der Besuche für eine typische Woche im Sommer und Winter der Alpsee Bergwelt (INIT-Füssen) 40
Abbildung 28: User Interface Standortbegehung (Steinbacher Consult) 42
Abbildung 29: Standortbewertungstool (Steinbacher Consult) 43
Abbildung 30: Webanwendung des Standortbewertungstools (Steinbacher Consult) 43
Abbildung 31: Vorbereitungen Pilotfahrt: Ladetest mit DC-Testgerät (links), Ladetest mit Bus (rechts) (Seinbacher Consult) 44
Abbildung 32: Übersicht Genehmigungsformen (Steinbacher Consult) 45

Abbildung 33: Besuchende und Teilnehmende an Umfrage je Zielort (n = 85) (Steinbacher Consult) 46
Abbildung 34: Alternative Anreise (absolut, n= 85) (Steinbacher Consult) 47
Abbildung 35: Anreise zum Bus (absolut, n = 85; Mehrfachauswahl möglich) (Steinbacher Consult) . 47
Abbildung 36: THG-Emissionsfaktoren je Zielort, Auslastung je Zielort (Steinbacher-Consult) 49
Abbildung 37: THG-Emissionen je Zielort in Abhängigkeit der Art der Anreise (inkl. Nicht-Anreisende liegt die Annahme zugrunde, dass alle Gäste, die alternativ nicht angereist wären, ebenfalls mit dem PKW angereist wären, da über deren tatsächlichen Pläne keine Informationen vorliegen (Steinbacher-Consult)..... 49
Abbildung 38: THG-Emissionen der gesamten Pilotfahrt in Abhängigkeit der Art der Anreise (inkl. Nicht-Anreisende liegt die Annahme zugrunde, dass alle Gäste, die alternativ nicht angereist wären, ebenfalls mit dem PKW angereist wären, da über deren tatsächlichen Pläne keine Informationen vorliegen (Steinbacher-Consult)..... 50
Abbildung 39: THG-Emissionsfaktoren in Abhängigkeit der Auslastung (ohne Bezug zu Fahrgastbefragungen Pilotphase) (Steinbacher-Consult) 50
Abbildung 40: Arbeitspakete und Stufenlernplan (INIT-Füssen)..... 52
Abbildung 41: Wesentliche Einflussfaktoren auf das Projekt FEB (INIT-Füssen) 54

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Meilensteine und deren Umsetzung (INIT-Füssen) 13
Tabelle 2: Aufbau und Ergebnisse der Labortests (AÜW) 27
Tabelle 3: THG-Emissionsfaktoren Verkehr (Steinbacher-Consult)..... 48

I. Kurze Darstellung

1. Kurze Darstellung zu Aufgabenstellung

Der motorisierte Individualverkehr (MIV) stellt in touristisch geprägten Regionen eine erhebliche Herausforderung dar. Er beeinträchtigt nicht nur die Natur, das Klima und das Landschaftsbild, sondern mindert auch das Urlaubserlebnis der Gäste und die Akzeptanz des Tourismus bei der lokalen Bevölkerung. Datengetriebene, flexible und emissionsfreie Mobilitätsangebote bieten die Möglichkeit, den MIV zu reduzieren und Elektromobilität zu fördern. Zudem können sie Maßnahmen zur Besucherlenkung unterstützen und so zum Erhalt attraktiver Lebens- und Urlaubsregionen beitragen.

Das Forschungsprojekt Flexibler Erlebnisbus für nachhaltigen Freizeitverkehr (FEB-NAFV) zielt darauf ab, den Individualverkehr und die damit verbundenen Emissionen im Freizeitverkehr zu reduzieren sowie touristische Hotspots zu entlasten. Dies soll durch die Entwicklung und Pilotierung eines bedarfsorientierten und emissionsfreien Erlebnisbusses im Allgäu erreicht werden.

Das Konzept des Erlebnisbusses basiert auf einer datengetriebenen Einsatz-, Routen- und Erlebnisplanung. Dies beinhaltet auch ein fundiertes Elektromobilitätskonzept. Ein besonderer Fokus liegt auf der Übertragbarkeit und Skalierbarkeit des Projekts auf andere Regionen. Zudem soll das Mobilitätsangebot als Instrument zur Besucherlenkung im Allgäu fungieren.

Um Missverständnisse zu vermeiden, soll an dieser Stelle betont werden, dass es nicht um die Entwicklung eines On-Demand-Angebots wie Rufbusse oder Sammeltaxis ging. Primär stand nicht Flexibilität aus Kundensicht im Mittelpunkt des Vorhabens, sondern Flexibilität aus verkehrsplanerischer und touristischer Perspektive. In diesem Sinne bedeutet Flexibilität hier, dass mit der Einsatzplanung des Busses flexibel auf veränderliche Kontextparameter wie Wettervorhersage oder das prognostizierte Verkehrs- und Besucheraufkommen reagiert werden kann.

Das Projekt FEB-NAFV lief von November 2021 bis Oktober 2024 und wurde im Rahmen der Innovationsinitiative mFUND durch das Bundesministerium für Digitales und Verkehr (BMDV) gefördert (Projektträger: Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.; Förderkennzeichen 01F2198A). Zu den Verbundpartnern gehörten das Institut für Nachhaltige und Innovative Tourismusentwicklung (INIT) in Füssen der Hochschule Kempten, welches die Verbundkoordination übernahm, die Allgäuer Überlandwerk GmbH (AÜW), Steinbacher-Consult Ing.ges. mbH & Co. KG und die Outdooractive AG. Zusätzlich unterstützten assoziierte Partner das Projekt, darunter die FLEXIBUS KG, der Deutsche Alpenverein (DAV) Sektion Kempten und der Naturpark Nagelfluhkette e.V.

2. Kurze Darstellung zu Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde

Das Projekt FEB-NAFV wurde unter verschiedenen Voraussetzungen durchgeführt:

Corona-Pandemie: Aufgrund der unsicheren Lage und dem Infektionsschutz war besonders Ende 2021 und Anfang 2022 unklar, ob und wie sich etwaige Vorbehalte der Nutzenden gegenüber öffentlichen Verkehrsmitteln oder Maßnahmen des Infektionsschutzes auf die praktische Erprobung des FEB auswirken würden. Dank der fortschreitenden Impfquote und der Aufhebung der strengen Corona-Regeln erwiesen sich die anfänglichen Bedenken im Nachhinein als unbegründet und die Pilotphase im letzten Projektjahr (2024) konnte wie geplant umgesetzt werden.

ÖPNV-Richtlinien: Der öffentliche Personennahverkehr (ÖPNV) wird durch das Personenbeförderungsgesetz (PBefG) geregelt. Es war sicherzustellen, dass der FEB diesen

gesetzlichen Anforderungen entspricht, damit er während der Projektlaufzeit erprobt werden konnte. Dies wurde durch die Einbindung eines erfahrenen Busunternehmens gewährleistet, welches seine Expertise zu den Vor- und Nachteilen der jeweiligen Genehmigungsform einbrachte und die praktische Erprobung des FEB so maßgeblich unterstützte.

Sensorik und Datenschutz: Die Datenschutz-Grundverordnung (EU-DSGVO) muss bei der Datenverarbeitung beachtet werden. Zum Schutz personenbezogener Daten wurden Daten so erhoben, dass sie entweder keine personenbezogenen Informationen enthielten oder sofort anonymisiert wurden. Das Risiko der Re-Identifikation von Personen wurde dadurch wirksam minimiert, weswegen die Einhaltung des Datenschutzes keine wesentliche Projekthürde darstellte.

Nutzerakzeptanz: Eine mögliche mangelnde Aufgeschlossenheit der Nutzenden gegenüber innovativen Mobilitätsangeboten wie dem FEB, wurde durch den Erlebnischarakter der An- und Abreise (z.B. Edutainment) sowie einen nutzerzentrierten Entwicklungsprozess adressiert. Als größere Herausforderungen erwiesen sich dabei, den FEB ausreichend sichtbar und bekannt zu machen sowie den auf Nutzerseite beobachtbaren Attitude Behaviour Gap zu überwinden (d.h. die Diskrepanz zwischen Umweltbewusstsein einerseits und tatsächlichem Mobilitätsverhalten andererseits).

Wirtschaftlichkeit: Die langfristige Wirtschaftlichkeit des FEB war ein potenzielles Risiko für die Skalierung und Übertragbarkeit des Projekts. Dieses Risiko wurde durch die Analyse verschiedener Genehmigungsformen (nach PBefG), Fragebögen zur Zahlungsbereitschaft bei den Endkunden und durch Unterstützungserklärungen (LOIs) verschiedener Akteure minimiert. Die Eintrittswahrscheinlichkeit wurde als mittel bewertet. Zudem führten die Einführung des 9-Euro-Tickets im Sommer 2022 und des Deutschlandtickets ab Frühjahr 2023 – beide nach der Antragstellung des Projekts – zu einem veränderten Umgang und Nutzung des Öffentlichen Verkehrs (ÖV). Dies hatte direkte Auswirkungen auf die Preisgestaltung/Zahlungsbereitschaft und Nachfrage des FEB-NAFV.

E-Bus-Verfügbarkeit und Ladeinfrastruktur: Der Markthochlauf der Elektrifizierung des ÖPNV nahm während der Projektlaufzeit immer mehr an Fahrt auf. Zu Projektstart gab es im Großraum Kempten noch kein Busunternehmen, das E-Busse in seiner Flotte hatte. Dies änderte sich gegen Projektende (auch aufgrund von Förderprogrammen von Bund und Ländern), so dass E-Busse bei Busbetreibern in der Pilotregion teilweise vorhanden waren. Das (Zwischen-)Laden des FEB auf der Strecke und den angefahrenen, vorwiegend ländlichen Zielgebieten, war mit großen Herausforderungen verbunden. Das aktuell vorhandene Angebot an Ladeinfrastruktur ist nicht auf die Nutzung durch Busse ausgelegt (das betrifft sowohl die Ladeleistung als auch Wende- und Rangiermöglichkeiten an den Ladesäulen). Bei der Gestaltung der Fahrpläne und der Einsatzplanung musste deshalb das (Zwischen-)Laden im Depot bzw. am Betriebshof ermöglicht werden (nach Möglichkeit ohne Einbußen in der Angebotsgestaltung).

3. Kurze Darstellung zu Planung und Ablauf des Vorhabens

Dem Projekt liegen 7 Arbeitspakete (APs) zugrunde:

- Die **“Anforderungsanalyse”** (AP1) untersuchte regionale Besonderheiten und Herausforderungen im Freizeitverkehr, einschließlich der ersten und letzten Meile, und bewertete mögliche Lösungskonzepte zur Reduzierung des MIV und zur CO2-Einsparung. Zudem wurden zentrale Stakeholder identifiziert und für das Projekt gewonnen.
- Die **“Konzeptionierung der sensorbasierten Datenerhebung”** (AP2) für lokale Auslastungsanalysen umfasste die Erstellung eines Mess- und Kalibrierungskonzepts inkl. der Identifikation erforderlicher Sensorik, geeigneter Messstandorte sowie Ausbaubedarfe der LoRaWAN-Infrastruktur im Pilotgebiet.

- Die **“Datenerhebung und Datenanalyse”** (AP3) beinhaltete die Identifikation und Analyse verschiedener Daten, einschließlich Verkehr, Wetter, Buchungen und räumlicher Personendaten sowie den Zukauf externer Daten. Regionale Besucherströme und -ziele wurden analysiert und dargestellt. Ein Algorithmus zur Auslastungsprognose wurde entwickelt und Datenschnittstellen (z.B. zur mCloud und BayernCloud) bereitgestellt.
- Die **“Entwicklung und Integration einer Buchungsplattform”** (AP4) umfasste die Konzeptionierung und das Design der Buchungsplattform, die technische Umsetzung mehrerer Prototypen sowie deren praktische Erprobung und exemplarische Integration in die Outdooractive App.
- Das **“Elektromobilitätskonzept für den emissionsfreien FEB-NAFV”** (AP5) beinhaltete die Entwicklung eines skalierbaren Standortbewertungsalgorithmus unter Berücksichtigung verschiedener Daten zu Umgebungsbedingungen, vorhandener Infrastruktur wie Energieversorgung oder Parkplätze sowie der Datenanalysen aus AP3. Zudem wurden mögliche Standorte für Energieversorgung bzw. Busladeinfrastruktur bewertet, ein Elektromobilitätskonzept für den elektrifizierten Betrieb des FEB zur Reduktion von CO2-Emissionen entwickelt sowie ein Betreibermodell für potenzielle Betreiberunternehmen konzipiert.
- Die **“Pilotstudie und experimentelle Umsetzung”** (AP6) beinhaltete die praktische Erprobung des FEB. Diese umfasste die Festlegung von Start- und Zielorten sowie Einsatzzeiten für den Piloten, basierend auf AP3-Daten. Potenzielle Kunden wurden angesprochen und die Nutzeraktivierung erfolgte durch Angebotsgestaltung auf der Outdooractive-Plattform sowie die Einbeziehung lokaler Stakeholder. Die Akzeptanz des Angebots wurde durch Kundenfeedback und Rückkopplung zu AP3-Daten evaluiert – mit dem Ziel, die Qualität des FEB aus Kundensicht sukzessive zu verbessern, bspw. hinsichtlich Routenführung, Einsatzplanung und Preissetzung.
- **“Projektevaluation und Wissenstransfer”** (AP7) umfasste die Evaluation des FEB-NAFV zur Reduktion des MIV in Touristenregionen, CO2-Minderungspotenzial sowie die Überprüfung der Integration von ÖPNV, Bahn und anderen Mobilitätslösungen. Ein besonderer Fokus lag auf der Übertragbarkeit und Generalisierbarkeit zentraler Erkenntnisse und Prozesse insbesondere zu dem entwickelten Standortbewertungstool, der CO_2-Bewertung, der Sensorausbringung, der erstellten Prognosen sowie dem Dashboard und dem kombinierten Einsatz von globalen App-Daten mit lokal erfasster Sensorik. Die zentralen Ergebnisse aus der praktischen Erprobung des Busses wurden in einem separaten Bericht dokumentiert. Dabei wurden wesentliche Erfahrungen systematisch analysiert und aufbereitet, um fundierte Handlungsempfehlungen für zukünftige Projekte und Mobilitätsangebote abzuleiten und nachhaltig zu verankern.

Als Zusammenfassung zeigt folgendes Schaubild die APs im Zeitverlauf:

Arbeitspakete	Zeitplan												Meilensteine
	2021	2022				2023				2024			
	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	
AP 1 - Anforderungsanalyse													• Fertigstellung Anforderungsdokument
AP 2 - Konzeptionierung der sensorbasierten Datenerhebung													• Fertigstellung Konzept zur Datenerhebung • Bereitstellung Daten
AP 3 - Datenerhebung und Datenanalyse													• Datenbasis geschaffen • Algorithmus entwickelt
AP 4 - Entwicklung und Integration einer Buchungsplattform													• Buchungsplattform entwickelt
AP 5 - Elektromobilitätskonzept für emissionsfreien FEB													• Algorithmus entwickelt und Standorte bewertet • Ladekonzept entwickelt • Betreiberkonzept entwickelt
AP 6 - Pilotstudie und experimentelle Umsetzung des FEB													• FEB ist im Einsatz • Akzeptanz untersucht
AP 7 - Projektevaluation und Wissenstransfer													• Evaluationsbericht erstellt

Abbildung 2: Arbeitspakete und Meilensteine im Zeitverlauf (INIT-Füssen)

Abweichungen von der ursprünglichen Zeitplanung aus dem Antragsschreiben sind in blau hinterlegt. Um der praxisorientierten Methodik nachzukommen, wurde AP6 auf das zweite Quartal 2022 vorgezogen und um ein Quartal (bis Q2 2024) verlängert. Die Durchführung von Pilotphasen begleitete somit einen Großteil der Projektlaufzeit. Damit ausgewählte Ergebnisse der Pilotfahrten in die APs 1 und 2 eingepflegt werden konnten, wurden beide APs um ein Quartal verlängert. Zuletzt startete das inhaltlich eng mit AP6 verbundene AP4 aufgrund der vorgezogenen Pilotfahrten schon im dritten Quartal von 2022.

Dem Projekt lag eine nutzer- und angebotsorientierte Produktentwicklung unter Beteiligung von Leistungsträgern aus der Region zu Grunde. Hintergrund dieser praxisorientierten Herangehensweise waren die Analyse des Freizeit- und Mobilitätsverhaltens der Zielgruppen und das Erhalten von direktem Feedback, um das Produkt mit der Zielgruppe und den Leistungsträgern sukzessive entwickeln und verbessern zu können. Dabei profitierten alle Arbeitspakete von diesem direkten Input, der die praxisnahe Ausrichtung des Projekts sicherstellte.

4. Kurze Darstellung zu wissenschaftlichem und technischem Stand, an den angeknüpft wurde, insbesondere

4.1 Angabe bekannter Konstruktionen, Verfahren und Schutzrechte, die für die Durchführung des Vorhabens benutzt wurden

Das Projekt FEB-NAFV baute auf bestehenden Technologien und Infrastrukturen im Allgäu auf, um seine Ziele zu erreichen.

LoRaWAN: Zur Ergänzung der erhobenen verkehrlichen und touristischen Auslastungsdaten in der Region wurden zusätzliche Sensoren im Allgäu installiert. Dabei setzte das Projekt auf bewährte Sensorik wie Lichtschranken, Personenzähler und Radarsensoren. Gleichzeitig wurde das vorhandene Long Range Wide Area Network (LoRaWAN) punktuell weiter ausgebaut. LoRaWAN ist ein drahtloses Weitverkehrsnetz, das Fernkommunikation mit niedrigen Datenraten ermöglicht und somit ideal für den autarken, batteriebetriebenen Betrieb von Sensorik in abgelegenen Gebieten geeignet ist. Das Projektkonsortium profitierte dabei von der Expertise der AÜW, die für den Aufbau und Betrieb der LoRaWAN-Infrastruktur unter Einhaltung aller technischen Normen und Standards verantwortlich war.

E-Ladesäulen: Das Projekt nutzte die bereits vorhandenen E-Ladesäulen im Allgäu, da in den meisten Pilotfahrten ein E-Bus zum Einsatz kam. Die Verfügbarkeit dieser Ladesäulen war daher von entscheidender Bedeutung für den Projekterfolg. In den letzten Jahren wurde der Ausbau der Ladeinfrastruktur im Allgäu kontinuierlich vorangetrieben, wobei insbesondere die Firma Numbat durch die Installation von Schnellladesäulen einen wesentlichen Beitrag geleistet hat.

BayernCloud: Zur Generierung umfangreicher Auslastungsdaten an den jeweiligen Points of Interest (POIs) griff das Projekt auch auf Daten der BayernCloud zurück, eine offene digitale Dateninfrastruktur für den Tourismus. Zum Abschluss des Projekts wurden auch die im Rahmen des Projekts erhobenen Daten in die BayernCloud integriert.

4.2 Angabe der verwendeten Fachliteratur sowie der benutzten Informations- und Dokumentationsdienste

Die nachfolgende Literaturliste stellt eine Auswahl der für dieses Projekt relevantesten Quellen dar und erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Weiterführende Informationen sowie im Rahmen des Projekts entstandene Publikationen sind in Kapitel 6 zu finden.

- Böhler, S. (2009). Handbuch zur Planung flexibler Bedienungsformen im ÖPNV (korrigierte Ausgabe). Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung. Verfügbar unter http://d-nb.info/1000660818/34
- Breiman, L. (2001). Random Forests. Machine Learning 45, 5–32. https://doi.org/10.1023/A:1010933404324
- Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS). (2009). Handbuch zur Planung flexibler Bedienungsformen im ÖPNV. Ein Beitrag zur Sicherung der Daseinsvorsorge in nachfrageschwachen Räumen. Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumplanung. Verfügbar unter https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/veroeffentlichungen/ministerien/bmvbs/sonderveroeffentlichungen/2009/HandbuchPlanung.html
- Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI). (2016). Integrierte Mobilitätskonzepte zur Einbindung unterschiedlicher Mobilitätsformen in ländlichen Räumen (BMVI-Online-Publikationen, 4). Verfügbar unter https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/veroeffentlichungen/ministerien/bmvi/bmvi-online/2016/bmvi-online-04-16.html
- Bundesnetzagentur. (n.d.). Ladesäulenkarte. Bundesnetzagentur. Abgerufen am 6. Februar 2025, von https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Fachthemen/ElektrizitaetundGas/E-Mobilitaet/Ladesaeulenkarte/start.html
- Chen, T., & Guestrin, C. (2016). XGBoost: A Scalable Tree Boosting System. In Proceedings of the 22nd ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining (KDD '16). Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 785–794. https://doi.org/10.1145/2939672.2939785
- Gipp, C., & Kämpfer, R. (2021). Mobilität im ländlichen Raum – vom Konzept für die Flächenerschließung zur konkreten Umsetzung. Muster-Umsetzungskonzepte für Mobilitätslösungen in ländlichen Räumen. IGES Institut, herausgegeben vom BMVI. Verfügbar unter https://fops.de/forschungsergebnisse/
- Groß, S. (2005). Mobilitätsmanagement im Tourismus (Dissertation, Technische Universität Dresden). FIT-Forschungsinstitut für Tourismus (Schriftenreihe Tourismus-Forschung, 1).
- Groß, S., & Grimm, B. (2018). Sustainable mode of transport choices at the destination – public transport at German destinations. Tourism Review, 73(3), 401–420. https://doi.org/10.1108/TR-11-2017-0177

- Gössling, S., Kees, J., & Litman, T. (2022). The lifetime cost of driving a car. Ecological Economics, 194, 107335. https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2021.107335
- Harrer, B., Berndt, M., & Maschke, J. (2016). Nachhaltige Mobilitätskonzepte für Touristen im öffentlichen Verkehr mit Fokus auf Regionen im Bereich von Großschutzgebieten (dwif e.V. München, 56). Verfügbar unter https://www.dwif.de/infopool/publikation/nachhaltige-mobilitaetskonzepte-fuer-touristen-im-oeffentlichen-verkehr-mit-fokus-auf-regionen-im-bereich-von-grossschutzgebieten-heft-56-2016.html
- Harrer, B., & Scherr, S. (2014). Tagesreisen der Deutschen. Grundlagenuntersuchung. Bundesministerium für Wirtschaft und Energie. Verfügbar unter https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Studien/tagesreisen-der-deutschen.html
- Herget, M., Sommer, C., & Gies, J. (2021). Zukunftsfähiger ÖPNV in ländlichen Räumen. Herausforderungen und wichtige Weichenstellungen. Internationales Verkehrswesen, 73. Verfügbar unter https://difu.de/nachrichten/zukunftsfaehiger-oepnv-in-laendlichen-raeumen
- Hunecke, M. (2015). Mobilitätsverhalten verstehen und verändern. Springer Fachmedien Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-08825-5
- Juvan, E. & Dolnicar, S. (2014). The attitude–behaviour gap in sustainable tourism. Annals of Tourism Research, 48. 76–95. https://doi.org/10.1016/j.annals.2014.05.012
- Kahneman, D. (2011). Thinking, fast and slow. Farrar, Straus and Giroux.
- Kersten, I., & Pinnow, D. (2020). Touristische Mobilität im ländlichen Raum. Umweltbundesamt, unter Mitarbeit von dwif-Consulting GmbH. Verfügbar unter https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/touristische-mobilitaet-im-laendlichen-raum
- Knuth, K.-R., & Geissler, A. (2012). Deliverable D3.6. Factors influencing behavioural change towards eco-friendly multimodal mobility. Verfügbar unter https://www.vcd.org/themen/multimodalitaet/schwerpunktthemen/usemobility-studie/
- Kuhnimhof, T., & Nobis, C. (2018). Mobilität in Deutschland – MiD Ergebnisbericht. Verfügbar unter https://www.mobilitaet-in-deutschland.de/archive/pdf/MiD2017_Ergebnisbericht.pdf
- Sommer, C., Schäfer, F., Löcker, G., Hattop, T., & Saighani, A. (2016). Mobilitäts- und Angebotsstrategien in ländlichen Räumen. Planungsleitfaden für Handlungsmöglichkeiten von ÖPNV-Aufgabenträgern und Verkehrsunternehmen unter besonderer Berücksichtigung wirtschaftlicher Aspekte flexibler Bedienungsformen. Herausgegeben vom BMVI. Verfügbar unter https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Publikationen/G/mobilitaets-und-angebotsstrategien-in-laendlichen-raeumen-neu.pdf

5. Kurze Darstellung zur Zusammenarbeit mit anderen Stellen

Das Projekt FEB-NAFV hat durch seinen praxisorientierten Charakter eine Vielzahl von lokalen Leistungsträgern und Interessenten im Allgäu einbezogen. Hervorzuheben sind die assoziierten Projektpartner, die das Projekt maßgeblich unterstützt haben:

- Der Naturpark Nagelfluhkette e.V. im Oberallgäu unterstützte das Projektteam bei der Gestaltung der Pilotfahrten (einschließlich Routengestaltung und Edutainment-Inhalte wie Ranger-Führungen), fungierte als Schnittstelle zu weiteren Leistungsträgern in der Pilotregion und unterstützte bei der Vorbereitung und Umsetzung von Veranstaltungen.
- Die DAV Sektion Kempten förderte die Bekanntmachung des Projekts bei ihren Mitgliedern und unterstützte ebenfalls bei der Ausrichtung von Veranstaltungen.
- Flexibus KG unterstützte das Projektteam bei der Gestaltung und Erläuterung der rechtlichen Rahmenbedingungen des PBefG und half bei der Realisierung der Pilotfahrten.

Darüber hinaus wurden folgende Stellen hauptsächlich bei der Gestaltung und Bekanntmachung der Piloten in das Projekt einbezogen:

Abteilung Hochschulkommunikation der Hochschule Kempten, Allgäu Fairnetzt, Allgäu TV, Allgäuer Bergbauernmuseum, Allgäuer Zeitung (einschließlich AZ extra), Alpsee Bergwelt, Co-Operation, Center Parc Allgäu, Fakultät Tourismus der Hochschule Kempten, Fahrmob, Feneberg Lebensmittel GmbH, Gemeinde Waltenhofen, Kreisbote, Numbat GmbH, Oberstaufen Tourismus, Sennalpe Hochried, Stadt Leutkirch, Stadtmarketing Kempten, verschiedene (Familien-) Hotels, Kindergärten, Grundschulen und Geschäfte in Kempten, verschiedene Social-Media-Kanäle (Facebook, Instagram, LinkedIn), versch. Grundstückseigentümer im Naturpark Nagelfluhkette, Hochschule Harz (FB Wirtschaftswissenschaften), Technische Universität München, bookingkit GmbH, Haslach Bus GmbH.

Die umfassende Einbindung lokaler Akteure trug wesentlich zum Erfolg und zur Bekanntheit des Projekts bei.

II. Eingehende Darstellung

1. Eingehende Darstellung der Verwendung der Zuwendung und des erzielten Ergebnisses im Einzelnen, mit Gegenüberstellung der vorgegebenen Ziele

Die nachstehende Tabelle bietet einen ersten Überblick über die im Projekt angesetzten Meilensteine und wie sie erreicht wurden. Eine ausführliche Beschreibung der Umsetzung sowie der erzielten Ergebnisse wird im Anschluss dargestellt.

Meilensteine	Umsetzung
Fertigstellung Anforderungsanalyse	Die Anforderungen an den FEB wurden durch Workshops, Befragungen und Pilotfahrten mit verschiedenen Bevölkerungsgruppen im Allgäu ermittelt. Zusätzlich wurde durch Gespräche und Vernetzungstreffen mit lokalen Akteuren wertvoller Input zur aktuellen Verkehrssituation und Auslastung an ausgewählten POIs im Allgäu gewonnen.
Fertigstellung des Konzepts zur Datenerhebung; Datenbereitstellung	Die Auswahl geeigneter Standorte für die Sensoren erfolgte in Zusammenarbeit mit dem Naturpark Nagelfluhkette. Die installierten Sensoren wurden in die AÜW-Internet-of-Things (IoT) Plattform integriert, und die erfassten Daten stehen sowohl dem Projektteam als auch der Bayern-Cloud zur Verfügung.
Herstellung Datenbasis; Entwicklung Algorithmus	Beschaffung globaler App-Daten von Thaltegos[1] zur Analyse der Besucherfrequenz im Allgäu und zur Identifizierung verschiedener Besuchergruppen. Auf Basis von Sensordaten, Parkplatzdaten aus der BayernCloud sowie öffentlich zugänglichen Informationen (z.B. Wochentag, Ferienzeiten und Wetterdaten) wurden

[1] Thalthegos ist eine Managementberatung mit Schwerpunkt auf Datenanalyse & KI. Das Unternehmen ist auch als Datenbroker tätig und handelt u.a. mit App-Daten von mobilen Endgeräten. Zur Cross-Evaluation der im Projekt installierten lokalen Sensorik sowie als ergänzende Datenquelle für die Prognose des Besucheraufkommens, wurde die Beschaffung globaler App-Daten im Projekt ausgeschrieben und der Zuschlag an Thalthegos erteilt.

	Prognosen für bestimmte POIs erstellt. Diese Prognosen wurden anschließend mittels eines Dashboards visualisiert.
Entwicklung Buchungsplattform	Es wurden unterschiedliche FEB-Buchungsplattformen entwickelt, entsprechend den Anforderungen stets angepasst und im Rahmen der Pilotfahrten getestet und evaluiert. Während der Pilotphase wurde die Buchungsplattform außerdem mit der Outdooractive-Plattform und -App verknüpft.
Standortbewertungstool: Entwicklung Algorithmus, Bewertung Standorte; Entwicklung Ladekonzept; Entwicklung Betreiberkonzept	Es wurde ein Standortbewertungstool zur Identifikation geeigneter Standorte für die Errichtung von Ladeinfrastruktur entwickelt. Das Standortbewertungstool wurde anhand der in den Pilotfahrten betrachteten und begangenen Standorte validiert. Auf Basis dessen sowie auf der Grundlage von Bestandsanalysen wurden verschiedene Lade- und Betreiberkonzepte für die Pilotfahrten entwickelt und umgesetzt.
FEB im Einsatz; Untersuchung Akzeptanz	Entwicklung verschiedener FEB-Fahrpläne unter Berücksichtigung zielgruppenspezifischer Kommunikation und Edutainment-Inhalten, unter aktiver Einbindung lokaler Akteure und datenbasierter Analysen. Die Evaluation der Pilotfahrten erfolgte durch Fragebögen und Interviews mit den Fahrgästen und Interessenten. Auf Grundlage der gewonnenen Erkenntnisse wurden die Angebote, Routenführung und Zielgruppenansprache nach jeder Pilotfahrt kontinuierlich angepasst und optimiert.
Durchführung Evaluation	Die Ergebnisse der Anwendbarkeit des FEB in touristischen Regionen wurden in einzelnen Berichten dokumentiert und evaluiert.

Tabelle 1: Meilensteine und deren Umsetzung (INIT-Füssen)

Die wichtigsten Ergebnisse und Ereignisse im Projekt FEB-NAFV lassen sich in die folgenden Themenbereiche untergliedern:

- Anwendungen und Pilotfahrten (AP1, AP2, AP5, AP4, AP6)
- Daten: Sensorik und Prognose (AP2, AP3)
- E-Mobilität (AP5)
- Weitere Ereignisse

1.1 Anwendungen und Pilotfahrten

Anhand mehrerer Pilotfahrten, Workshops und Interviews während der Projektlaufzeit wurden primär Erkenntnisse für die APs "Anforderungsanalyse" (AP1), "Entwicklung und Integration einer Buchungsplattform" (AP4) und "Pilotstudie und experimentelle Umsetzung des FEB" (AP6) generiert. Gleichzeitig wurden die APs "Konzeptionierung der sensorbasierten Datenerhebung" (AP2) und "E-Buskonzept für emissionsfreien FEB" (AP5) angestoßen und erste Erkenntnisse gesammelt.

- **1. Pilotfahrt** mit Studierenden der Hochschule Kempten ins Gunzesrieder Tal

  - 06.2022 und 23.06.2022: Workshop zum Freizeit- und Mobilitätsverhalten mit der Zielgruppe
  - 26.07.2022: Pilotfahrt und anschließende Pilotnachbereitung

- **2. Pilotfahrt** mit SeniorInnen der DAV Sektion Kempten ins Gunzesrieder Tal
  - 11.01.2022: Workshop zum Freizeit- und Mobilitätsverhalten mit der Zielgruppe
  - Ortsbegehungen an 9 potenziellen Ladeinfrastruktur-Standorten im Zielgebiet, u.a. zur Validierung des Standortbewertungstools
  - 09.11.2022: Pilotfahrt und anschließende Pilotnachbereitung (Auswertung Fragebogen)

- **3. Pilotfahrt** mit jungen Familien nach Schmidsfelden
  - 23.04.23: Ladetests mit E-Bus
  - 14.05.2023: Pilotfahrt mit Zielgruppe und anschließende Pilotnachbereitung (Auswertung Fragebogen)

- **Pilotphase:** 23 Einsatztage, 5 Erlebniswelten, 445 Buchungen, verschiedene Ziele im Allgäu, Zielgruppe: Offen
  - 30.11.2023 bis 18.12.2023: Umfrage Kemptener Bevölkerung zu Freizeit- und Mobilitätsverhalten
  - 22.11.2023: Vorstellung der Pilotphase bei der zuständigen Genehmigungsbehörde
  - 29.01.2024: Vorstellung und Diskussion der Pilotphase mit lokalen Leistungsträgern und anschließenden Interviews
  - Pilotfahrten: 12.05.2024 bis 16.06.2024 mit anschließender Pilotnachbereitung (Auswertung Fragebogen, Erstellung Bericht – siehe Anhang)

Jede Pilotierung des FEB umfasste mehrere wichtige Komponenten. Dazu gehörten die Erstellung einer Buchungsplattform und eines Kommunikationskonzepts, die Auswahl verschiedener Edutainment-Inhalte zur Aufwertung der Fahrten, die zielgruppenspezifische Ausrichtung der Fahrten sowie die Berücksichtigung aller technischen Details, einschließlich der Fahrplan- und Routengestaltung, der Überprüfung der Lademöglichkeiten für den E-Bus und der Einhaltung rechtlicher Vorschriften. Darüber hinaus zeichnete sich jede Pilotfahrt durch die Einbindung externer lokaler Dienstleister und Zielgruppen sowie deren Feedback aus. Begleitet wurden die Piloten von regelmäßig wiederkehrenden internen Meetings im Projektteam, um operative Entscheidungen zu den Pilotfahrten gemeinsam treffen zu können.

Im Folgenden werden alle 4 Piloten näher beschrieben:

Erste und zweite Pilotfahrt:

Vor jeder Pilotfahrt: Vor jeder Pilotfahrt wurden Workshops mit der jeweiligen Zielgruppe zu den Themen “Freizeit- und Mobilitätsverhalten”, “Zahlungsbereitschaft”, “Buchungsverhalten” sowie “Angebotsgestaltung” vorbereitet und durchgeführt. Diese Workshops enthielten interaktive Elemente, darunter auch das Ausfüllen sogenannter "Pre-Fragebögen" zur Identifikation spezifischer Wünsche und Erwartungen (Fragebögen, die vor der Pilotfahrt ausgefüllt wurden) und “Post-Fragebögen” zur Qualitätssicherung (Fragebögen, die nach Ende der Pilotfahrten ausgefüllt wurden). Ziel der Workshops war es, die Bedürfnisse und Vorbehalte der Zielgruppen im offenen Austausch besser kennenzulernen. Bei der Auswahl der Zielgruppen wurde darauf geachtet, unterschiedliche Bevölkerungsgruppen mit verschiedenen sozioökonomischen Merkmalen und Lebensstilen einzubeziehen, um deren Freizeit- und Mobilitätsverhalten differenziert analysieren zu können. Für

den ersten Piloten wurden Studierende der Hochschule Kempten, für den zweiten Piloten SeniorInnen der DAV Sektion Kempten ausgewählt.

Ergebnisse: Die Ergebnisse der Workshops konnten über die gemeinsam erarbeiteten Pinnwände sowie die beiden Fragebögen nachvollzogen werden. Es zeigte sich, dass beide Zielgruppen (Studierenden und SeniorInnen) überwiegend den Personenkraftwagen (PKW) für ihre Freizeitgestaltung nutzen, wobei beide Gruppen auch Fahrgemeinschaften bilden. Einig waren sich beide Gruppen darüber, dass eine unzureichende Mobilitätsinfrastruktur im Allgäu bestehe. Unterschiede ergaben sich hingegen bei der Preisgestaltung: Während die Gruppe der Studierenden preissensibel reagierte und einen Ticketpreis für den FEB-NAFV zwischen fünf und zehn Euro pro Tag präferierte, zeigten sich die SeniorInnen auch für höherpreisige Tickets ab zehn Euro aufgeschlossen. Hier ist zu beachten, dass das zum Befragungszeitpunkt verfügbare 9-Euro-Ticket und der dahinterstehende Flatrate-Gedanke sicherlich einen Effekt auf die berichtete Zahlungsbereitschaft der untersuchten Zielgruppen hatte. Zudem sind die SeniorInnen weniger digital affin. Während Studierende ihre Tickets für den ÖV überwiegend online buchen und sich hauptsächlich digital über Bahn- und Busverbindungen informieren, zeigen sich die SeniorInnen in diesem Bereich zurückhaltender. Auch in der Freizeitgestaltung gab es Unterschiede: SeniorInnen unternehmen ihre Ausflüge meist unter der Woche, um dem Trubel am Wochenende zu entgehen. Studierende sind aufgrund ihrer Vorlesungen hingegen auf die Wochenenden angewiesen und verbringen ihre Freizeit meist in unmittelbarer Wohnumgebung. Eine Abbildung fasst die wichtigsten Ergebnisse beider Zielgruppen zusammen.

Abbildung 3: Eindrücke und Ergebnisse der Workshops der ersten beiden Pilotfahrten (INIT-Füssen)

Pilotfahrt: Die Pilotfahrt stellte den zentralen Bestandteil des Projekts dar. Gemeinsam mit den Teilnehmenden der Workshops und dem Projektteam wurde jeweils eine Pilotfahrt in den nahegelegenen Naturpark Nagelfluhkette (Oberallgäu) unternommen. Zur Qualitätssicherung wurden die Teilnehmenden nach jeder Pilotfahrt mittels Fragebögen (Post-Fragebögen) zur Bewertung der Pilotfahrt und zur Abgabe von Wünschen und Anregungen für zukünftige Pilotfahrten befragt. Ebenso wie die Zielgruppen unterschieden sich auch die Pilotfahrten voneinander, indem verschiedene Herausforderungen der Last- und First-Mile in der Fahrplangestaltung angesprochen wurden. Das Busangebot, die Buchungsplattform und der Buchungsprozess sowie die Gestaltung ergänzender

Edutainment- und Erlebnisangebote wurden auf die jeweilige Zielgruppe zugeschnitten. Bei beiden Pilotfahrten wurde ein Linienbetrieb mit festen Fahrplänen eingerichtet, der den Fahrgästen einen direkten Transfer ohne Umstiege ermöglichte. Es handelte sich um einen angebotsorientierten Betrieb mit vorgegebenen Haltestellen, Fahrplänen und Wandertouren, die von den Teilnehmenden über eine eigens eingerichtete Website und Buchungsplattform gebucht werden konnten. Die Wanderungen stellten das „buchbare Element“ dar. Die begleitenden Erlebnisinhalte wurden zielgruppenspezifisch aufbereitet: Bei der ersten Fahrt wurden Erlebnisse durch Audioguides und eine Führung auf der Sennalpe Hochried gestaltet, bei der zweiten Pilotfahrt fand ein Vortrag einer Rangerin des Naturparks Nagelfluhkette im FEB auf der Hinfahrt ins Zielgebiet statt.

Buchung: Ein Ziel der ersten Pilotfahrt war, mit nur zwei Hin- und Rückfahrten ein möglichst vielfältiges und umfangreiches Angebot an verschiedenen Erlebnissen, darunter Wanderungen, Alp-Führungen und Audio-Guides, zu ermöglichen. Dies spiegelte sich auch in der erstmals entwickelten Buchungs-Website wider, die sich durch eine hohe Komplexität auszeichnete: Neben der Startseite wurde auf sechs Unterseiten das vielfältige Angebot beleuchtet, wobei Routenbeschreibungen, Sehenswürdigkeiten, Haltestellen und Einkehrmöglichkeiten in der Outdooractive-Plattform angelegt und dann neben der Outdooractive-App auch auf der Buchungsseite als digitale Kacheln sowie in interaktiv klickbaren Karten eingebettet wurden. Um dieses komplexe Angebot zugänglich zu machen, fand sich auf der Startseite ein langer Text mit Erläuterungen zum Angebot, zur Nutzung und Buchung. Als tatsächliche, wenn auch nur eingeschränkt funktionale Buchungsmaske, wurde ein Formular über Google Forms per HTML eingebettet und die so erfassten Buchungsanfragen händisch verarbeitet, wobei eine E-Mail-Automatisierung (z.B. sofortige Buchungsbestätigung) nicht möglich waren. Von den Nutzenden erhielt das Konsortium die Rückmeldung, dass Buchungswebsite und -prozess zu unübersichtlich, kompliziert und textlastig waren und eine intuitive Bedienung somit nicht gegeben war.

Eindrücke und Screenshots des Buchungsportals und der Pilotfahrt 1 finden sich in Abbildung 4.

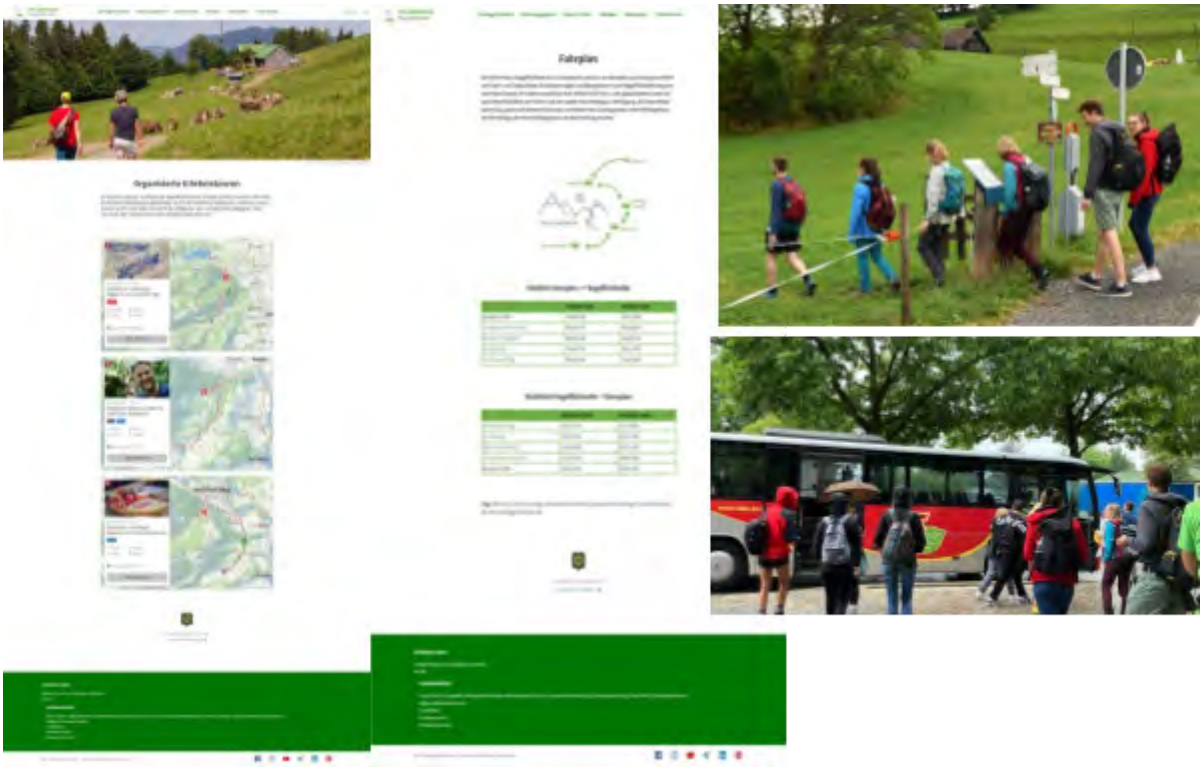

Abbildung 4: Buchungsportal und Pilotfahrt 1 ins Gunzesrieder Tal mit Studierenden der Hochschule Kempten am 26.07.2022 (Outdooractive)

Basierend auf den genannten Erfahrungen wurde für die zweite Pilotfahrt eine deutliche Reduktion von Komplexität, Umfang und Erlebnisvielfalt in der Buchungsplattform angestrebt. Prototypisch umgesetzt wurde eine Darstellung auf einer einzigen Landing Page mit kurzem Einleitungssatz, Anleitung zur Buchung mit Link zur Buchungsseite, drei vorgeschlagenen Wanderrouten, dem Fahrplan als Übersichtstabellen sowie der Busroute als interaktive Kartendarstellung mit Hinweisen zu den Haltestellen. Angelegt wurden diese Inhalte wieder über die Plattformstruktur, um eine parallele Integration in die Outdooractive-App zu gewährleisten. Ergänzend wurde lediglich ein virtueller Reiseführer zum Zielgebiet (Naturpark Nagelfluhkette) in Form einer zusätzlichen Unterseite eingebunden. Als Buchungsmaske fungierte erneut eine per HTML eingebettete Google Form zur händischen Verarbeitung der eingegangenen Buchungsanfragen. Pilotiert wurde hierbei erstmals im Projekt ein erlebniszentrierter Buchungsprozess, der nicht die angebotene Fahrt des Busses als ersten Entscheidungspunkt führte, sondern die vorgeschlagenen Wanderungen. Die Teilnehmenden der Pilotfahrt lobten die Übersichtlichkeit und Verständlichkeit dieses vereinfachten Konzepts, kritisierten jedoch das Fehlen einer automatisierten Buchungsverwaltung, wodurch beispielsweise keine automatisierten Buchungsbestätigungen versandt werden konnten.

Eindrücke und Screenshots des Buchungsportals und der Pilotfahrt 2 finden sich in Grafik 5:

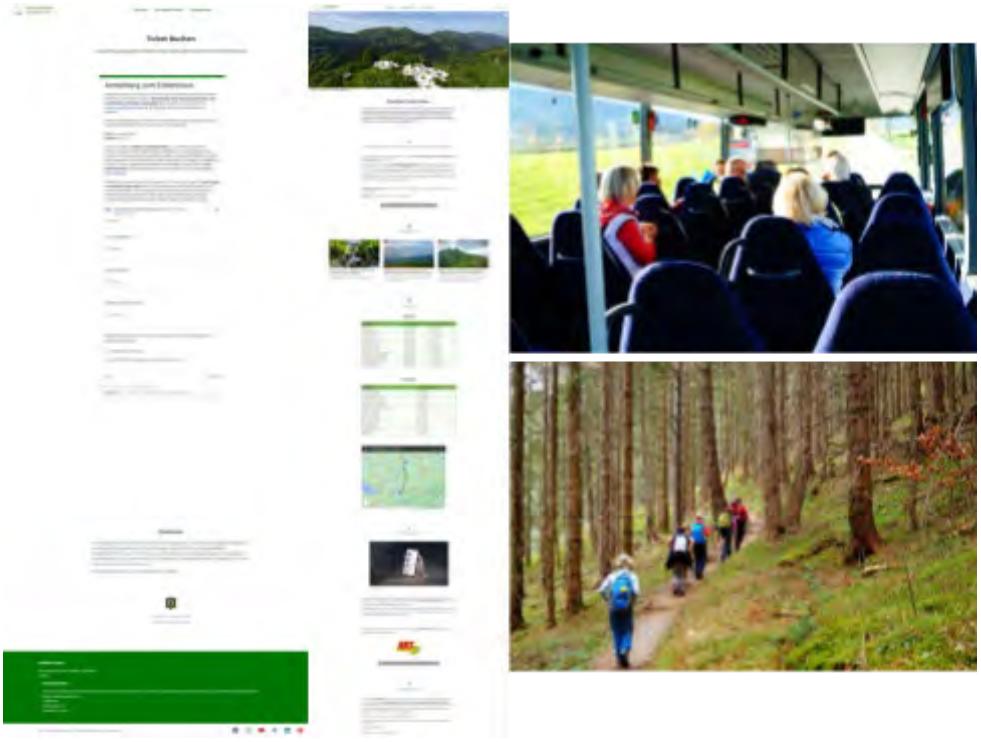

Abbildung 5: Erneuerte Buchungsplattform und Pilotfahrt 2 von Kempten ins Gunzesrieder Tal mit SeniorInnen der DAV Sektion Kempten am 09.11.2022 (Outdooractive)

Dritte Pilotfahrt:

Pilotkonzept: Im Gegensatz zu den vorherigen Pilotfahrten erreichte die dritte Pilotfahrt einen höheren Reifegrad sowie ein höheres Maß an öffentlicher Aufmerksamkeit. Zudem wurde erstmals ein elektrisch betriebener Bus eingesetzt. Auslöser für diese Fahrt war die bevorstehende Eröffnung des Familienthemenwegs "Glasiusweg" und das jährliche Markttreiben mit Kunsthandwerkermarkt in Schmidsfelden am Muttertag 2023. Im Unterschied zu den vorangegangenen Fahrten wurde diesmal nur ein Ziel, nämlich Schmidsfelden, angesteuert. Schmidsfelden ist ein bekanntes Glasmacherdorf im Waldgebiet Adelegg und liegt circa 20 km westlich von Kempten im Allgäu. Aufgrund der

eingeschränkten Erreichbarkeit von Schmidsfelden mit dem ÖV und dem alljährlichen Verkehrschaos, das durch das beliebte Markttreiben in dem kleinen Ort verursacht wird, wurden mehrere Abfahrtsorte (Kempten, Leutkirch und Center Parc Allgäu) eingerichtet.

Ziel war es, durch die Einrichtung eines attraktiven Fahrplans möglichst viele Besuchende von einer Fahrt mit dem FEB anstelle des eigenen PKWs zu überzeugen. Die Pilotfahrt wurde sehr positiv aufgenommen und fand breite Zustimmung.

Die Vorbereitungen begannen im Januar 2023 und erforderten aufgrund der Komplexität der Fahrt einen erhöhten Zeitaufwand. Ein Ladekonzept für den E-Bus, spezielle Erlebnisinhalte wie Hörspiele, Mandalas, ein Kreuzworträtsel mit Preisausschreiben, Fragebögen, eine Transfer-Genehmigung für den Zubringer-Linienverkehr unter 3 Tagen gemäß § 42 in Verbindung mit § 2 Abs. 6 PBefG sowie eine umfassende Kommunikationsstrategie waren erforderlich. Die Stadt Leutkirch, die für die Eröffnung des Glasiuswegs verantwortlich war, sowie der nahegelegene Center Parc Allgäu waren in die Vorbereitungen der Pilotfahrt eingebunden. Da v.a. junge Familien adressiert werden sollten, wurde das Erlebniskonzept entsprechend angepasst. Es wurde ein Hörspiel zur Glasmacherei erstellt, ein Kreuzworträtsel mit Preisausschreiben vorbereitet und Ausmalbilder sowie Snacks bereitgestellt.

Ergebnisse: Die Ergebnisse der Pilotfahrt wurden durch das Austeilen von Post-Fragebögen an die Fahrgäste während der Rückfahrt konsolidiert. Dabei zeigte sich, dass die Edutainment-Inhalte zwar gut von den Fahrgästen angenommen wurden, jedoch sehr zielgruppenspezifisch waren. Für eine heterogene Zielgruppe wäre eine andere Gestaltung der Erlebnisse erforderlich. Die Auswertung der Fragebögen lieferte zudem kein klares Bild darüber, wie die Zielgruppe auf die Fahrt aufmerksam geworden war und welcher Vertriebskanal am effektivsten war. Dennoch erwies sich die Vereinfachung der Route auf eine oder wenige Aktivitäten bzw. Ziele als vorteilhaft, da das Produkt „Flexibler Erlebnisbus“ für die Interessenten der Pilotfahrt leichter verständlich und weniger erklärungsbedürftig war. Intern stellte das Projektteam fest, dass die Pilotfahrt aufgrund ihres öffentlichkeitswirksamen Charakters und der Integration externer Leistungsträger sehr komplex und ein erhöhter interner Abstimmungs- und Kommunikationsaufwand erforderlich war, um die Pilotphase erfolgreich zu organisieren und umzusetzen.

Buchung: Die dritte Pilotfahrt unterschied sich von den vorherigen Pilotfahrten insofern, dass Zeitpunkt und Ziel der Fahrt (Offizielle Eröffnung des Glasiusweg in der Adelegg) einen gewissen Event-Charakter hatten. Dies wurde zum Anlass genommen, erstmals mit dem Einsatz von Software zur automatisierten Buchungsverwaltung zu experimentieren. In eine erneut bewusst einfach gehaltene One-Page-Lösung wurden die angebotenen Fahrten und Erlebnisse über die Drittsoftware bookingkit und eine digitale Schnittstelle (API) zur Outdooractive-Plattform eingebunden und damit über die Buchungsseite sowie die Outdooractive-App real buchbar. Statt einer händischen Buchungsverwaltung kam so ein automatisiertes System zum Einsatz. Fahrgäste erhielten automatische Buchungsbestätigungen per Mail, die auch als Ticket-Ersatz beim Einstieg in den Bus vorgelegt werden konnten. Die Evaluation des existierenden Systems für die Bedarfe des Erlebnisbusses offenbarte jedoch auch deutliche Limitationen: So ließ sich die Komplexität aus verschiedenen Erlebnisangeboten, die jeweils verschiedene Fahrtabschnitte des Busses belegten, nicht funktional im Buchungssystem bookingkit abbilden. Die Kapazitätskontrolle (Vermeidung von Überbuchung) musste demnach nach wie vor händisch erfolgen. Zur Unterstützung der Erlebnisqualität wurde ein Hörspiel rund um die Glasmacher-Tradition in der Adelegg zum freien Download angeboten.

Eindrücke und Screenshots des Buchungsportals und der Pilotfahrt 3 lassen sich in Grafik 6 finden:

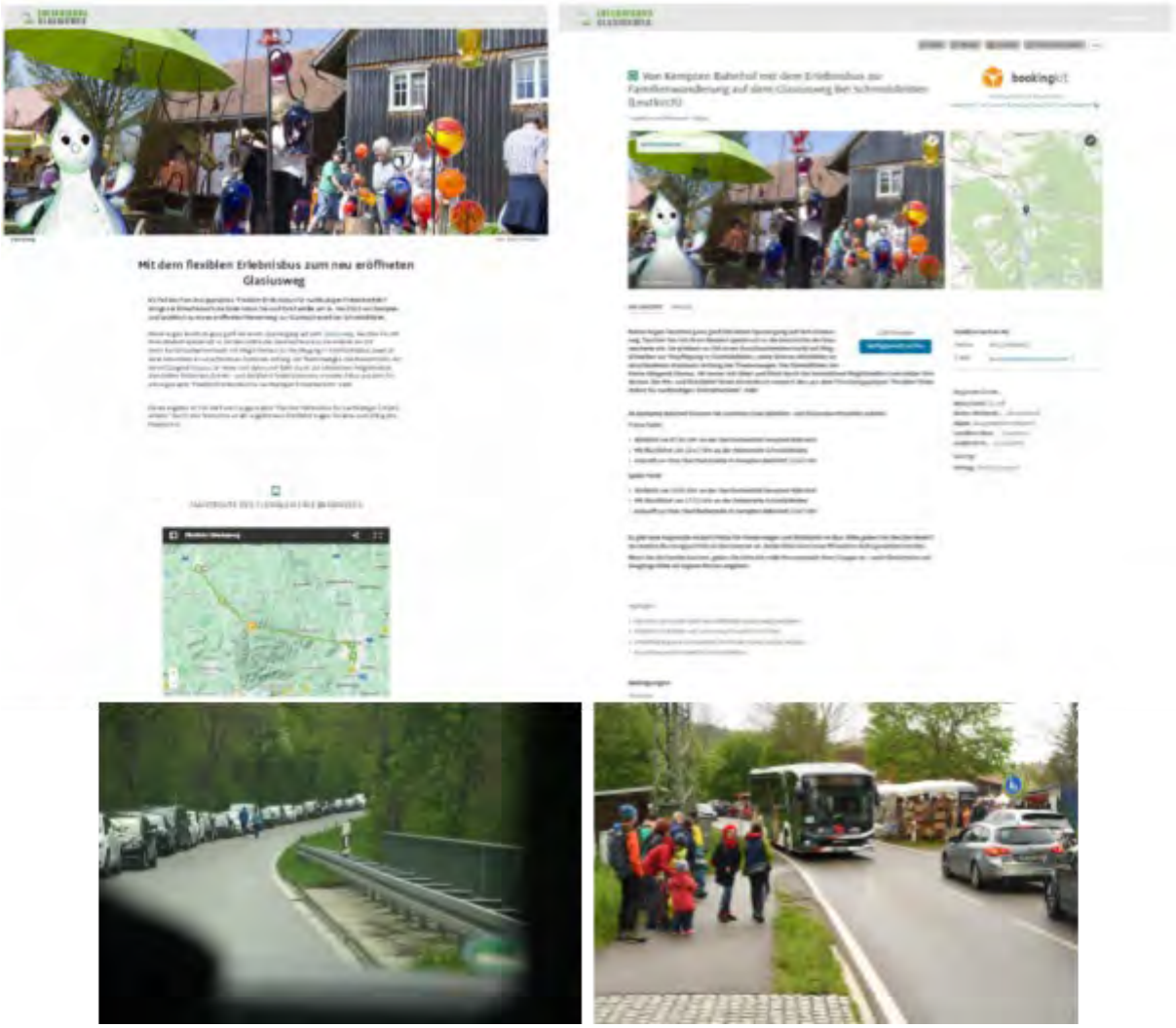

Abbildung 6: Automatisiertes Buchungsportal und Pilotfahrt 3 Eventverkehr von Kempten, Leutkirch und Center Parc nach Schmidsfelden (Glasmacherdorf im Allgäu) am 14.05.2023 (Outdooractive)

Pilotphase:

Pilotkonzept: Um das Angebot über einen längeren Zeitraum (23 Einsatztage) hinweg testen und so weiterführende Erkenntnisse gewinnen zu können, wurde der FEB im zweiten Quartal 2024 in Form eines temporären Busbetriebs – aus Bewerbungsgründen „Allgäuer Erlebnisbus“ genannt – im Ober- und Westallgäu pilotiert. Die Pilotphase wurde bewusst vielfältig gestaltet, um die Effekte verschiedener Wochentage, Wochenenden und Ferienzeiten (wie die Pfingstferien) sowie unterschiedliche Auslastungs- und Nachfrageszenarien zu berücksichtigen.

Fünf unterschiedliche Routen, einschließlich Fahrplänen, wurden für die 23 Einsatztage entwickelt. Diese Routen wurden so gestaltet, dass möglichst viele Erlebnisse vor Ort abgedeckt und die Attraktivität der Routen gesteigert wurde. Diese sogenannten „Erlebniswelten“ unterschieden sich dabei deutlich in Angebot und Routenführung. Jede Route umfasste eine Vormittags- und eine Nachmittagsfahrt, wobei einige Routen zusätzlich Ganztagesfahrten anboten. Die Routen wurden fest einem bestimmten Tag der Pilotphase zugeordnet und während dieser Zeit wiederholt befahren. Eine spontane Änderung der jeweiligen Route war nicht vorgesehen, da sowohl die Busbetreiber als auch die Genehmigungsbehörden im Voraus über die Fahrten informiert werden mussten, insbesondere bei

einer Genehmigung nach §44 PBefG als Linienbedarfsverkehr und um den Busbetreibern Planungssicherheit für Personalplanung und Fahrzeugbereitstellung zu gewährleisten.

Bei der Routenplanung wurde außerdem darauf geachtet, verschiedene Aktivitäten (jew. eine Gut- und eine Schlechtwetter-Alternative) innerhalb einer Route zu integrieren, um wetterunabhängig zu sein. So war der Busbetrieb nicht ausschließlich von gutem Wetter abhängig, wie es beispielsweise bei Wanderungen der Fall wäre. Im Vorfeld wurden an bestimmten POIs die Auslastungen durch quantitative und qualitative Datenerhebungen überprüft, darunter Sensor-Daten, Open Data Plattformen und Interviews mit lokalen Akteuren, um Hot-Spots durch eine zeitliche und räumliche Verschiebung zu entlasten. Zusätzlich wurden Mehrwerte für die Fahrgäste geschaffen, wie direkte Fahrwege, die Einbindung lokaler Events in den Fahrplan, Preisnachlässe bei bestimmten Aktivitäten sowie die Integration von Zielen, die bisher schwer oder gar nicht mit dem ÖV erreichbar waren. Es wurden auch ausgewählte Streckentouren ermöglicht (Wanderungen mit unterschiedlichen Start- und Endpunkten). Der Busbetrieb wurde nutzerfreundlich gestaltet, indem der Fahrplan an die Aktivitäten und Ziele angepasst war, lange Wartezeiten vermieden und überregionale Anschlüsse sowie die Vermeidung von Umstiegen berücksichtigt wurden. Technische Details wie die Einhaltung rechtlicher Vorgaben, die Überprüfung der Ladeinfrastruktur für den E-Bus sowie dessen Batteriekapazität und Reichweite, die Einhaltung der Sitzplatzkapazität im Bus oder die Überprüfung der Routen hinsichtlich Wendemöglichkeiten, Baustellen und Straßenbreite mussten ebenfalls berücksichtigt werden.

Ergebnisse: Die Nutzerakzeptanz wurde durch Interviews und Fragebögen untersucht, die nach Ende der Pilotfahrten von den angemeldeten Teilnehmenden ausgefüllt und in einem separaten Bericht detailliert dokumentiert wurden (siehe Anhang). Die wichtigsten Ergebnisse werden hier zusammengefasst:

Es stellte sich heraus, dass die Zielgruppe überwiegend weiblich und meist mit ihrem PartnerIn unterwegs war[2]. Der Altersmedian betrug 60 Jahre. Insgesamt konnten 445 angemeldete Teilnehmenden verzeichnet werden. Die Fahrten zur kleinen Landesgartenschau in Wangen wurden am besten angenommen und erzielten die höchste Busauslastung.

Im Fragebogen gaben die Fahrgäste zudem an, dass sie sich eher ein planbares als ein flexibles/spontan-änderndes Mobilitätsangebot wünschten, dass das Mobilitätsangebot idealerweise 1 bis 5 Tage vor Abfahrt buchbar sein und der Ticketpreis zwischen 5 und 10 € pro Tag pro Person liegen sollte. Wanderungen wurden als die beliebteste Freizeitaktivität im Allgäu genannt, und Mobilitätsangebote wie der FEB würden sich besonders für Bereiche, in denen der bisherige ÖV nicht ausreicht und Parkplatzprobleme bestehen, eignen. Zusätzlich nannten die Befragten Faktoren, wie „stressfreie, entspannte Anreise, Komfort und Bequemlichkeit“ sowie „Umweltfreundlichkeit und Klimafreundlichkeit“ als weitere Argumente für die Nutzung des Busses. Das Projektteam stellte außerdem fest, dass durch Presseartikel in Zeitungen eine besonders hohe Aufmerksamkeit auf den Bus erzielt werden konnte.

Angesichts der von den Fahrgästen gewünschten Planungssicherheit und der geringeren Bedeutung von Spontaneität und Flexibilität während der Fahrt, kann davon ausgegangen werden, dass spontane (dynamische) Auslastungsempfehlungen von den Fahrgästen nicht akzeptiert oder wahrgenommen würden. Um dennoch die Auslastung vor Ort (Region/POI) zu berücksichtigen und Besucherströme zu lenken, sollte der Fahrplan prognosebasiert bereits vor dem von den Fahrgästen gewünschten Buchungszeitraum angepasst sein. Zudem stellte sich heraus, dass eine tagesaktuelle Anpassung des Fahrplans je nach Wetter und prognostizierter Auslastung operativ kaum darstellbar war: Spontane

[2] Die Beobachtung, dass die Zielgruppe überwiegend weiblich war sowie das Medianalter von 60 Jahren, könnten auch durch ein geschlechtsspezifisches Antwortverhalten der Teilnehmenden erklärt werden. Die gewonnenen Daten lassen allerdings keine Aussage darüber zu, ob sich Frauen (im Vergleich zu Männern) durch eine höhere Bereitschaft zur Teilnahme an der Befragung auszeichnen

Fahrplanänderungen hätten sowohl mit dem Busbetreiber abgestimmt (Abstimmung an Randzeiten sowie Sonn- und Feiertagen nicht möglich, zudem Planungssicherheit aufgrund von Fahrermangel und Vorhaltekosten erforderlich) als auch den Fahrgästen sowie allen Plattformen, die auf den Bus hinweisen, kommuniziert werden müssten (mangelnde Umstellung der Events bzw. Eventkalender auf OpenData). Aus diesem Grund bewährte sich die Gestaltung wetterunabhängiger Routen und die feste Aufteilung der Routen pro Tag. Eine datenbasierte Einsatzplanung ist operativ möglich, sofern Fahrpläne im Voraus erstellt, geprüft und kommuniziert werden.

Buchung: Für die abschließende Pilotphase im Frühjahr 2024 stellten sich hinsichtlich der zu pilotierenden Buchungslösung zwei zentrale Herausforderungen: Einerseits war für eine zuverlässige Bewältigung der vielen unterschiedlichen Fahrten und Erlebnisangebote die Verwendung eines smarten Buchungssystems inklusive automatisierter E-Mail-Kommunikation unerlässlich. Andererseits hatte sich das zuvor getestete Drittsystem bookingkit für die komplexen Ansprüche des Erlebnisbusses als unzureichend erwiesen. Gemeinsam mit dem Durchführungspartner Haslach Bus GmbH konnte eine Anpassung des von Busreiseunternehmen genutzten Datenbanksystems MySQL vorgenommen werden. Hierfür wurden pro Pilottag und -ziel zwischen zwei und sechs buchbare Erlebnisangebote identifiziert, die über eine Buchungsmaske als Link in den Fahrtangeboten auf der Pilot-Website hinterlegt werden konnten. Die Website selbst wurde so angelegt, dass sie einer möglichst intuitiven und User Experience (UX) optimierten Balance aus Komplexität und Vielfalt der buchbaren Angebote und benötigter Einfachheit und Verständlichkeit in der Benutzung nahekam.

Hierbei konnten interessierte Nutzende jedes der über die gesamte Pilotphase hinweg 91 buchbaren Einzelangeboten auf drei verschiedenen Entscheidungswegen finden und buchen: Über den Zeitpunkt des Angebots (Datum der Fahrt), das thematische Zielgebiet (Fahrtziel und thematische Erlebniswelt) oder den Abfahrtsort (Kempten oder Leutkirch). Neben der prototypisieren Buchungsplattform konnten sämtliche Angebote auch über die Outdooractive-App abgerufen werden. Die registrierten Nutzenden im Raum Kempten wurden darauf zusätzlich über eine Push-Notification-Kampagne über die Smartphone-App von Outdooractive aufmerksam gemacht. Während der ersten Pilottage kam es noch zu einigen wenigen Bugs, durch die Angebote nicht oder nur verspätet buchbar waren, Bestätigungsmails nur unvollständig (z.B. ohne Anhang) versandt wurden oder hinterlegte Links nicht funktionierten. Hier musste punktuell durch individuelle E-Mail-Kommunikation mit den Fahrgästen Abhilfe geschaffen werden.

Die anfänglichen Probleme konnten jedoch schnell behoben werden und für die restliche Pilotphase bewies sich das angepasste System als funktional und zuverlässig. Einen entscheidenden Mehrwert bot dabei die einprogrammierte Möglichkeit, vom Fahrgast buchbare Angebote auf verschiedene Fahrten bzw. Fahrtabschnitte des Busses zu mappen und damit der Komplexität der Fahrplangestaltung gerecht zu werden.

Eindrücke der Pilotphase lassen sich in der Grafik 7 finden; unter anderem die Buchungsbestätigung, die Fahrgäste nach ihrer Online-Anmeldung erhielten, sowie die erstellten Werbematerialien für die Pilotfahrten, die ebenfalls auf der Website (www.erlebnisb.us) zu finden waren:

Abbildung 7: Werbematerialien flexibler Erlebnisbus (INIT-Füssen)

Die wichtigsten Erkenntnisse des Blocks "Anwendungen und Pilotfahrten" sind:

- **Umfassende Vorbereitung und Vernetzung:** Eine gute Planung ist das A und O. Dazu gehört nicht nur eine umfassende Analyse der Zielgruppe(n), um die einzelnen Elemente der Pilotfahrt, wie der Buchungsvorgang und die Auswahl der Touren/Wanderungen auf die Zielgruppe zuzuschneiden, sondern auch die Berücksichtigung technischer Details, wie die frühzeitige Analyse der E-Mobilitätssituation im Allgäu und der Frage, wo und ob Lademöglichkeiten auf den Busstrecken vorhanden sind. Aufgrund der Vielzahl der involvierten Leistungsträger und des komplexen Pilotkonzepts, ist es zudem von besonderer Bedeutung, sowohl intern im Team als auch extern mit anderen Teilnehmern präzise zu klären, was die Pilotphase genau beinhaltet und wer welche Aufgaben übernimmt. Es muss ebenfalls festgelegt werden, was realistisch umsetzbar ist. Die interne Vernetzung spielte eine zentrale Rolle. Besonders im operativen Betrieb ist ein kontinuierlicher Austausch zwischen dem Projektteam und dem Busbetreiber erforderlich. Dabei zahlt sich ein kleines Team aus, das sich kurzfristig organisieren und schnell operative Entscheidungen treffen kann.

- **Produktentwicklung:** Die Darstellung des Leistungsumfangs von Mobilitätsalternativen, wie dem FEB-NAFV, muss klar kommuniziert und präzise dargestellt werden. Es muss ersichtlich werden, was der/die TeilnehmerIn bucht und was gegebenenfalls selbst organisiert und gekauft werden muss. Zudem kann sich eine Vereinfachung der Route auf einzelne wenige Attraktionen/Aktivitäten/Veranstaltungen auszahlen, da das Produkt “Flexibler Erlebnisbus” so leichter verständlich ist und einfacher beworben werden kann. Es erfordert keine ausführlichen Erklärungen mehr. Der Buchungsprozess muss aus Sicht der Teilnehmenden steuerbar, kontrolliert und transparent sein. Dafür müssen je nach Zielgruppe auch unterschiedliche Ausspielkanäle genutzt werden. Wenig Text und ein kurzes Anmeldeformular mit Buchungsbestätigung sind hier ausschlaggebend. Buchungs-Softwares können den Prozess der Buchungsannahme und -verwaltung vereinfachen. Existierende Softwarelösungen aus dem Bereich des Reise- und Erlebnisvertriebs bieten zwar nutzbare Grundlagen, sind für die

tatsächlichen Ansprüche eines flexiblen, erlebniszentrierten Mobilitätsangebots jedoch bislang unzureichend, vor allem in Hinblick auf einen möglichen Regelbetrieb. Edutainment-Angebote (z.B. ein thematisches Hörspiel, ein Kreuzworträtsel mit Preisausschreiben, die Begleitung von Busfahrten mit Rangern) können eine Fahrt für den Fahrgast positiv aufwerten. Es ist jedoch zu beachten, dass diese Angebote zielgruppenspezifisch zu gestalten sind.

- **Sichtbarkeit und Kommunikation:** Eine der größten Herausforderungen bei der Einführung neuer Angebote wie dem Erlebnisbus besteht darin, ihre Bekanntheit zu steigern. Es erforderte erheblichen organisatorischen und zeitlichen Aufwand, das Busangebot in der Region bekannt zu machen und genügend Probanden bzw. Fahrgäste zu erreichen. Es war entscheidend, eine Vielzahl von analogen und digitalen Kommunikationskanäle einzusetzen und wichtige Akteure (im Sinne von Multiplikatoren) im Allgäu über die Pilotphase zu informieren. Die Unterstützung von Schlüsselakteuren wie der Allgäu GmbH, dem Stadtmarketing Kempten sowie der Presse war entscheidend, um genügend Aufmerksamkeit zu generieren und kleinere Angebote sichtbar zu machen. Um die Weitergabe von Informationen an die Teilnehmenden der Pilotfahrt kontrollieren und steuern zu können, braucht es direkte Kommunikationswege zum “Endkunden”.

- **Ideen vs. Umsetzung:** Die ursprüngliche Idee, den Fahrgästen tagesaktuelle Auslastungsinformationen und wetterangepasste Aktivitäten anzubieten, um einen besonders attraktiven Ausflug zu gewährleisten, spielte zunächst eine zentrale Rolle in der Vorbereitung der Pilotphase. Jedoch zeigte sich, dass datengetriebene Mobilitätsangebote, die auf Auslastungsinformationen und Wetterdaten basieren, nur möglich sind, wenn diese Informationen bereits in der Anfangsphase der Fahrplan- und Konzeptplanung mit einfließen. Eine spontane Änderung des Fahrplans ist im operativen Betrieb nicht machbar, da der Busbetreiber im Voraus wissen muss (u.a. aufgrund von Fahrermangel), wann und wie der Bus eingesetzt wird. Aus den Fragebögen geht zudem hervor, dass Fahrgäste Planungssicherheit bevorzugen und im Voraus wissen wollen, wohin sie gebracht und was sie vor Ort machen werden. Das Projektteam hat daher zeitliche Informationen zur Auslastung und Saison in der Konzeptionierung der Routen und Fahrpläne berücksichtigt, um attraktive, statische Angebote zu erstellen, die auf die Bedürfnisse sicherheits- und planungsbewusster Fahrgäste abgestimmt sind. Flexible und spontan abgeänderte Fahrpläne sind gegenwärtig operativ kaum darstellbar und aus Nutzersicht auch gar nicht gewünscht.

- **Was Fahrgäste wollen:** Es zeigt sich, dass im Allgäu keine aufwändig gestalteten Mobilitätsangebote erforderlich sind. Die Schließung von Lücken im ÖV und die Vermeidung von Parkplatzproblemen vor Ort könnten bereits ausreichende Anreize bieten, um Angebote wie den Erlebnisbus zu nutzen. Das Busangebot muss somit einen klaren Mehrwert für den Fahrgast bieten, sei es bei den Themen “Zeit”, “Preis” oder “Komfort”. Es ist zudem entscheidend, dass das Mobilitätsangebot klar verständlich und für die zukünftigen Fahrgäste planbar bleibt. Das Angebot sollte den Fahrgast nicht überfordern (geringe Komplexität in Angebot und Konzept) sowie niederschwellig zugänglich sein (einfacher und schneller Buchungsprozess). Die berichtete Zahlungsbereitschaft der befragten Fahrgäste lag im Schnitt bei 5-10 € (pro Person für Hin- und Rückfahrt).

- **Rahmenbedingungen:** Zur Verbesserung der häufig bemängelten Mobilität im Allgäu ist es zudem erforderlich, den Ausbau des Grund-ÖPNV voranzutreiben, da dies die Grundlage für die Entwicklung und Implementierung intelligenter und multimodaler Mobilitätsangebote bildet. Zusätzlich müssen Maßnahmen des Mobilitätsmanagements berücksichtigt werden, insbesondere die De-Attraktivierung des MIV (Push-Faktoren) und die Schaffung von Anreizen zur Nutzung des ÖPNV (Pull-Faktoren).

1.2 Daten: Sensorik

Aufbau eines LoRaWAN-Funknetzes im Naturpark Nagelfluhkette

Entscheidung für LoRaWAN[3]-basierte Personenzählung: Die Kernaufgabe des AÜW im Projekt bestand darin, Besucherzahlen im Naturpark Nagelfluhkette als Datengrundlage für den Betrieb des Flexiblen Erlebnisbusses zu erfassen. Eine manuelle Zählung oder periodische Auslesung von Datenloggern vor Ort wäre jedoch zu (zeit-)aufwändig. Daher wurden Sensoren benötigt, die Zähldaten drahtlos übertragen und kurzfristige Besucherlenkungen ermöglichen.

Aufgrund der unzureichenden Mobilfunkabdeckung in den Bergregionen erwies sich die LoRaWAN-Funktechnologie als optimal: Sie erlaubt eine einfache und unabhängige Netzwerkausweitung und gewährleistet damit auch in abgelegenen Gebieten eine zuverlässige Abdeckung.

Ermittlung der LoRaWAN Gateway-Standorte: Für die Installation von LoRaWAN-Gateways bieten sich vor allem hochgelegene Orte wie Bergstationen an, da sie gute Funkreichweiten bieten. Die Standorte müssen über Mobilfunkanbindung (oder anderweitige Möglichkeit zur Datenweitergabe), Stromversorgung sowie eine geeignete Befestigungsmöglichkeit verfügen. Zur optimalen Netzabdeckung wurden mit der Software CloudRF verschiedene potenzielle Standorte simuliert.

Nach intensiven Gesprächen mit Grundstückseigentümern und Betreibern konnten an folgenden Standorten LoRaWAN-Gateways installiert werden:

- Hündle bei Oberstaufen
- Imbergbahn bei Oberstaufen
- Skigebiet Ofterschwang
- Skigebiet Bolsterlang
- Bolgengrat bei Grasgehren

Vergleich Netzsimulation mit reeller Netzqualität:

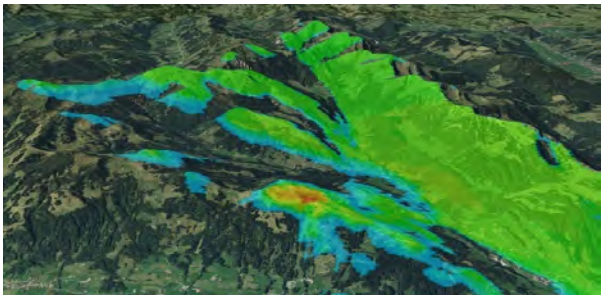

Abbildung 8: Simulation der Netzabdeckung eines LoRaWAN-Gateways im bergigen Umland (AÜW)

Die Simulation der Funkabdeckung im LoRaWAN-Frequenzbereich (867-869 MHz) ist im Gebirge herausfordernd, wie Abbildung 8 verdeutlicht, da die Übermittlung über Reflexionen (da keine direkte Sichtlinie zwischen Sender und Empfänger) und unterschiedliche sowie jahreszeitenabhängige dämpfende Oberflächen (z.B. Wald, Fels) die Signalübertragung beeinflussen. Um diese Faktoren zu berücksichtigen, wurden verschiedene Parameter des in der Simulationssoftware verwendeten ITM-Modells in der Simulationssoftware angepasst. Die reale Netzabdeckung wurde mittels Feldstärkemessungen (siehe Abbildung 9) überprüft, wobei festgestellt wurde, dass die tatsächliche Abdeckung insbesondere in Tälern oft besser war, sodass in der Praxis eine stabilere Konnektivität erreicht wurde als in der Simulation erwartet. Insgesamt zeigte sich, dass die reale Abdeckung die Simulationsergebnisse leicht übertraf, was die Effektivität der LoRaWAN-Implementierung unterstreicht.

[3] Long Range Wide Area Network (LoRaWAN) ist ein drahtloses Weitverkehrsnetz, das Fernkommunikation mit niedrigen Datenraten ermöglicht und somit ideal für den autarken, batteriebetriebenen Betrieb von Sensorik in abgelegenen Gebieten geeignet ist.

Auswahl der geeigneten LoRaWAN Sensoren zur Personenzählung:

Anforderungen an die Sensorik zur Zählung von Personen

Zu Beginn des Projekts wurde definiert, welche Arten von Daten für die Einsatzplanung des Busses in der Pilotregion Naturpark Nagelfluhkette erforderlich sind. Daraus ergaben sich die folgenden Anforderungen an die Sensorik:

- Richtungsscharfe Erfassung von Besucherzahlen auf Wanderwegen.
- Erfassung der Besucherintensität in einem Bereich (bspw. eine PoI) über ein definiertes Zeitintervall.
- Gewährleistung DSGVO-konformer, anonymisierter Daten.
- Sie sollten einfach montierbar, wetterbeständig und autark (PV- oder batteriebetrieben) sein.
- Zudem sollten sie LoRaWAN-fähig sein und herstellerunabhängig (keine Plattformbindung) funktionieren.

Abbildung 9: LoRaWAN-Feldstärketester (AÜW)

Erfahrungswerte Dritter zur Sensorik: Zur Validierung der Anforderungen und Herausforderungen wurden Gespräche mit Akteuren wie dem Alpinium[4], das bereits Personenzählungssensorik in den Allgäuer Alpen nutzt. Diese Gespräche bestätigten folgende im Projekt erarbeitete Herausforderungen:

- Sensoren, die Mobilfunk zur Datenweitergabe nutzen, weisen in bergigen Regionen Konnektivitätsprobleme und damit Datenlücken und einen hohen Energieverbauch auf.
- Sensoren ohne Richtungserkennung lassen oftmals wenig Rückschlüsse auf die tatsächliche Bewegung von Wanderern zu.
- Bei Sensoren mit periodischer Datenauslesung vor Ort fallen Ausfälle oft erst nach mehreren Wochen oder Monaten auf.

Ausgewählte Sensorikmodelle: Drei Sensoren mit unterschiedlichen Messprinzipien erfüllten die Projektanforderungen am besten:

1. **IMBuildings People Counter Lichtschranken** (siehe Abbildung 10)
- Sie können zur Personenzählung auf Wanderwegen eingesetzt werden und bestehen aus jeweils einem Infrarot-Sender und -Empfänger. Anhand von Unterbrechungen des Infrarotlichts werden Passagen von Personen (oder anderen Dingen) ermittelt.
- Erzeugte Zähldaten sind richtungsscharf und werden aggregiert über ein definiertes Zeitintervall per LoRaWAN übertragen.
- Energieversorgung durch handelsübliche 1,5V AA-Batterien, mit ca. 1 Jahr Batterielaufzeit. Ein Outdoor-Gehäuse ist für die Lichtschranken erhältlich und ermöglicht den Einsatz im Freien.

*Abbildung 10: SEQ Abbildung * ARABIC 3: IMBuildings People Counter (ohne Outdoor-Gehäuse) (AÜW)*

[4] Das Alpinium – Zentrum Naturerlebnis Alpin – ist ein staatliches Dienstleistungs- und Beratungszentrum für Naturschutz in den Alpen und umfasst den alpinen Teil des südlichen Allgäus.

2. **Parametric/PMX Systems PCR2 Radarzähler** (siehe Abbildung 11)

- Diese Sensoren können zur Personenzählung auf Wanderwegen eingesetzt werden und erzeugen 3-dimensionale Abstandsbilder anhand der Laufzeit der emittierten und reflektierten elektromagnetischen Wellen, durch deren Auswertung Personen erkannt und gezählt werden.
- Erzeugte Zähldaten sind richtungsscharf und werden aggregiert über ein definiertes Zeitintervall per LoRaWAN übertragen.
- Energieversorgung durch ein PV-Panel und intern verbauter Akku, sodass das System nach Installation autark funktioniert.

Abbildung 11: Parametric/PMX Systems PCR2 Radarzähler (AÜW)

3. **Kerlink Wanesy Wave „WLAN-Zähler"** (siehe Abbildung 12)

- Diese Technologie kann die Personenzahl in einem gewissen Gebiet schätzen und hat daher einen anderen Einsatzbereich. In der Umgebung befindliche Geräte mit aktivem WLAN-Funkchip (z.B. Handys, Smart Watches, Tablets) werden erkannt, gezählt und je nach Signalstärke in unterschiedliche Zonen eingeteilt. Diesem Messprinzip wohnt eine grundlegende Ungenauigkeit inne, denn es kann nicht definiert werden, wie viele erkannte Geräte einer Person entsprechen.

Abbildung 12: Kerlink Wanesy Wave "WLAN-Zähler" - hier ohne Gehäuse und autarker Stromversorgung (AÜW)

- Erzeugte Zähldaten beinhalten die erkannten Geräte pro Zone innerhalb eines definierten Zeitintervall; darüber hinaus werden die neu erkannten und die nicht mehr erkannten Geräte pro Intervall mit übertragen. Sie sind weder Outdoor-tauglich, noch wird von Herstellerseite eine autarke Stromversorgung angeboten. Daher wurden die verwendeten Geräte wetterfest gemacht und mit einer autarken Stromversorgung durch PV-Panel, Akku und Laderegler ausgestattet.

Labortest der ausgewählten Sensorik

Vor der Installation im Gelände wurden die Lichtschranken und Radarsensoren in „Labortests" auf Ihre Genauigkeit geprüft. Dabei wurden verschiedene Szenarien wie unterschiedliche Abstände, Geschwindigkeiten und Laufrichtungen getestet. Die genauen Testbedingungen und Ergebnisse sind in Tabelle 2 ersichtlich. Nach Abschluss der Labortests wurden eine Lichtschranke und ein Radarzähler parallel an einem Standort in Kempten installiert, um mögliche Störeinflüsse wie Regen, Tageslicht oder herumfliegendes Laub zu überprüfen. Dabei konnten keine der genannten Störfaktoren beobachtet werden.

Sensorik	Aufbau des Labortests	Ergebnisse
Lichtschranke	Grundlegender Aufbau: eine einzelne Person geht durch die Zählstation. Folgende Anpassungen wurden getestet: - Verschiedene Abstände der Personen zum Sensor	**Zählgenauigkeit:** 95-100 % bei Durchgang einzelner Personen mit normaler Geschwindigkeit **Einschränkungen:** Bei 2-3 Personen nebeneinander werden diese als eine Person erfasst

	- Mehrere hintereinander laufende Personen inkl. unterschiedlichem Abstand	Bei entgegenkommenden Personen wird willkürlich eine Zählung in eine Richtung ausgelöst
Radarzähler	- 2 Personen nebeneinander - 3 Personen nebeneinander - 2 Personen begegnen sich im Messbereich - 3 Personen begegnen sich im Messbereich - verschiedene Gehgeschwindigkeiten	**Zählgenauigkeit**: 75-90 % bei Durchgang einzelner Personen mit normaler Geschwindigkeit **Einschränkungen:** Bei 2-3 Personen nebeneinander werden diese als eine Person oder gar nicht erfasst Bei entgegenkommenden Personen wird willkürlich eine Zählung in eine Richtung ausgelöst
WLAN-Zähler	Konnte nicht vorab getestet werden, da festgestellt wurde, dass der Sensor WLAN-Signale aus bis zu 2km bei Sichtverbindung empfing. Dadurch war es nicht möglich, den Sensor sinnvoll zu testen, da sich immer eine nicht kalkulierbare Anzahl an Fremdgeräten im Messbereich befanden.	

Tabelle 2: Aufbau und Ergebnisse der Labortests (AÜW)

Planung der Sensorikstandorte

Grundlegende Anforderungen an Sensorikstandorte: Basierend auf den Ergebnissen der Labortests und dem technischen Aufbau der Sensorikstandorte wurden Anforderungen für geeignete Installationsstandorte festgelegt, die die Standortsuche vereinfachten:

- **Lichtschranken** erfordern gegenüberliegende Befestigungspunkten (z.B. Bäume, Pfosten) auf gleicher Höhe und möglichst schmale Wege. Direkte Sonneneinstrahlung auf die Infrarot-Empfangseinheit sollte vermieden werden, um Störungen zu verhindern. Bereiche mit Weidevieh wurden ausgeschlossen, um Fehlzählungen und Beschädigungen zu vermeiden. Dementsprechend wurden bewaldete Bereiche favorisiert.
- **Radarzähler** benötigen eine Befestigungsmöglichkeit am Wegrand (z.B. Bäume, Pfosten) mit mindestens 50 cm Abstand zum Weg und direkte Sonneneinstrahlung für die PV-Stromversorgung. Auch hier sind schmale Wege ideal und Bereiche mit Weidevieh wurden ausgeschlossen, um Fehlzählungen und Beschädigungen zu vermeiden.
- **WLAN-Zähler** sollten in abgelegenen Gebieten (keine bewohnten Hütten/Häuser oder Straßen in der Umgebung) installiert werden, um permanente WLAN-Signale zu minimieren. Zusätzlich ist eine Montagemöglichkeit (z.B. Pfosten, Hütte) sowie Stromquelle oder direkte Sonneneinstrahlung zur Versorgung mit PV-Panel und Akku erforderlich.

Standortsuche und Auswahl: Das Zielgebiet für den Flexiblen Erlebnisbus im deutschen Teil des Naturparks Nagelfluhkette wurde in mehreren Abstimmungsrunden auf den touristisch intensiv genutzten Bereich zwischen Oberstaufen, Balderschwang, Obermaiselstein und Immenstadt eingegrenzt. In Abbildung 13 ist das gesamte Gebiet des Naturparks zu sehen.

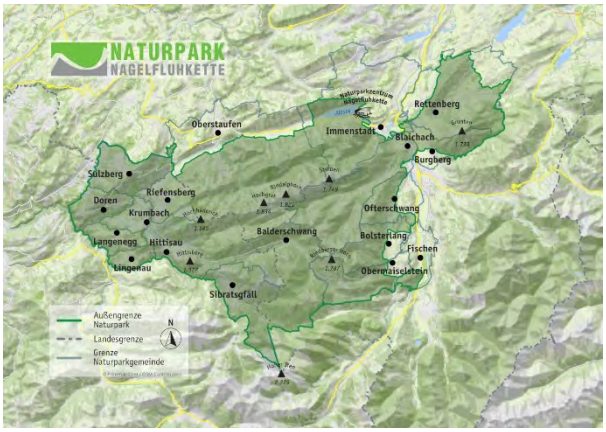

Abbildung 13: Karte des gesamten Naturparks (Naturpark Nagelfluhkette)

Anhand der definierten Anforderungen und mit Hilfe von Satellitenbildern wurde eine erste Standortkarte erstellt. Dabei wurde darauf geachtet, zusammenhängende Wanderwege mit mehreren Zählstationen auszustatten, um die Entwicklung im Tagesverlauf beobachten zu können. Diese Karte wurde in einem Workshop mit Naturpark-Rangern optimiert. Das Ergebnis war eine Standortkarte mit 35 geeigneten Standorten.

Abstimmung mit Grundstückseigentümern: Für die Installation der Sensoren war die Zustimmung der GrundstückseigentümerInnen erforderlich, die über die Gemeinde anhand der Flurnummern identifiziert werden konnten. Da die Grundstücke im Naturpark Nagelfluhkette z.T. sehr klein sind (siehe Abbildung 14), kamen für zahlreiche Standorte mehrere Grundstücke und EigentümerInnen in Frage. Grundstücke mit zahlreichen EigentümerInnen (bis zu 20) wurden ausgenommen, um den ohnehin schon hohen Abstimmungs- und Koordinationsaufwand zu begrenzen.

Abbildung 14: Beispielhafte Grundstücksgrenzen im Naturpark. Die gelben Linien markieren die Grundstücksgrenzen

Insgesamt wurden 75 % der angefragten Grundstücke genehmigt: Von den 48 initial angefragten Grundstücken erhielten 36 eine Zustimmung, 5 eine Absage, und bei 7 gab es keine Rückmeldung. Die Abstimmung erfolgte mit insgesamt 27 AnsprechpartnerInnen.

Ausbringung der Sensorik

Die Montage der Sensoren wurde durch verschiedene externe Faktoren beeinflusst, darunter die langwierige Einholung der GrundstückseigentümerInnen-Zustimmungen, wechselnde Wetterbedingungen, Schneereste in höher gelegenen Gebieten sowie der Ausbau des LoRaWAN-Netzes. Daher erfolgte die Installation nicht nach Zählertyp oder Region, sondern jeweils dann, wenn alle Standortbedingungen erfüllt waren.

Erste Ausbringungen

Dieses flexible Vorgehen ermöglichte den Beginn der Installation mit Lichtschranken an den Buchenegger Wasserfällen. In Zusammenarbeit mit dem Bayerischen Staatsforst und dem Naturpark Nagelfluhkette wurden dort Lichtschranken montiert und geeignete Befestigungsmöglichkeiten unter Rücksichtnahme auf den Baumschutz entwickelt. Die Montage an Bäumen stellte sich erwartungsgemäß als Herausforderung dar, insbesondere bei Lichtschranken, die eine gegenseitige Ausrichtung der Module erfordern. Mittels vorbereiteten, anpassbaren Baumhalterungen aus Holz und Unterlegmaterial wurden die ersten 2 Lichtschranken erfolgreich montiert, jedoch zeigte sich ein Optimierungsbedarf bei der vertikalen Ausrichtung.

Vorbereitung weiterer Standorte

Lichtschranken: Basierend auf diesen ersten Erfahrungen wurde ein variabel einsetzbarer, modularer Montageadapter entwickelt (siehe Abbildung 15), der eine unabhängige vertikale und horizontale Ausrichtung der einzelnen Module der Lichtschranke ermöglichte. Zudem wurden Schlauchschellen in verschiedenen Durchmessern beschafft, um eine flexible Befestigung an unterschiedlich dicken Pfosten und Baumstämmen zu gewährleisten. Im Gegensatz zu den zunächst eingesetzten Kabelbindern, die sich im Freien ausweiteten, nicht gezielt gemäß dem Baumwachstum geweitet werden können und anfällig für Vandalismus sind, bieten Schlauchschellen eine dauerhafte und baumschonende Lösung. Durch den Montageadapter und die unterschiedlichen Schlauchschellendurchmesser war es an den meisten Lichtschranken-Standorten möglich, die Standortbesichtigung mit direkter Montage zu vereinen. Dadurch konnte eine deutliche Zeitersparnis erreicht werden.

Abbildung 15: Montage-Adapter für Lichtschranken (AÜW)

WLAN-Zähler: Von den acht WLAN-Zählern wurden vier innerhalb von Gebäuden montiert, wodurch keine zusätzliche Vorbereitung erforderlich war. Die autarken Zähler im Freien wurden mit PV-Panel und ausreichend dimensionierten Batterien ausgestattet, um eine durchgängige Funktion auch bei schlechten Wetterbedingungen sicherzustellen. Wetterfeste Gehäuse schützen die Komponenten (WLAN-Zähler, Batterie und Laderegler). Eine Vorabbesichtigung der Standorte war aufgrund der Größe und des Gewichts dieser Installationen erforderlich.

Montage vor Ort

Für die Installation mussten Zufahrtsgenehmigungen bei den Gemeinden und Alpwegeverbänden eingeholt werden. Die Zugänge erfolgten teils mit Allradfahrzeugen, teils zu Fuß.

Insgesamt wurden montiert:

- 19 Lichtschranken
- 2 Radarzähler
- 8 WLAN-Zähler

Die genauen Standorte der Sensoren können in Abbildung 16 näher nachvollzogen werden.

Abbildung 16: Karte der im Projekt ausgebrachten Sensoren (AÜW)

Während der Montage suchten zahlreiche Wandernde das Gespräch. Von etwa 60 Gesprächspartnern äußerte keiner Bedenken zur anonymen Personenzählung, insbesondere nach Erklärung des Projektziels. Als besonders sensibel stellte sich dabei die Frage heraus, ob die Sensoren Fotos machen würden. Für zukünftige Projekte empfehlen wir deshalb, diese Frage noch klarer auf einem Infoschild oder Aufkleber zu adressieren, v.a. weil sie trotz Erläuterungen zur anonymen Zählung mehrfach gestellt wurde.

Sensorik: Laufender Betrieb und Fehlerbehebung

Anfallende generelle Wartungsaufgaben

Die LoRaWAN-Gateways, Radarzähler und WLAN-Zähler funktionieren autark und erfordern daher keine zwingenden Wartungsarbeiten, solange sie einwandfrei funktionieren. In der Praxis wurden bei den LoRaWAN-Gateways Firmware-Updates installiert, die unter anderem Sicherheitslücken schlossen.

Die Lichtschranken erforderten einen jährlichen Batteriewechsel (abhängig von Sendeintervall, Qualität der Funkverbindung, Batteriekapazität und Außentemperatur), der aufgrund entlegener Standorte mehrere Arbeitstage beanspruchte. Die 1-jährige Batterielaufzeit wurde mit dem im Projekt verwendeten 15-minütigen Sendeintervall weitgehend erreicht.

Hardware-Defekte/Probleme und Behebung

Lichtschranken

- Zwei Gehäuse zeigten Wassereintritt; diese wurden zusätzlich mit Isolierband abgedichtet
- Bei schwachem LoRaWAN-Empfang einer Lichtschranke führten wiederholte „Re-Join"-Versuche zu einem schnellen Batterieverbrauch. Eine Anpassung der Parametrierung behob das Problem.
- Insbesondere zu Beginn (z.B. durch lockere Kabelbinder, siehe oben) führten verdrehte Lichtschranken zu Funktionsausfällen, da sich Sende- und Empfangseinheit nicht mehr „sehen" konnten. Diese konnten sofort erkannt und behoben werden, da Fehler in den Statusmeldungen enthalten waren. Da dies unabsichtlich durch Menschen, Tiere oder auch von allein geschehen kann, werden die Verdrehungen nicht als Vandalismus bewertet.
- Direkte Sonneneinstrahlung beeinträchtigte die Funktionalität der Infrarotempfänger, was durch Umplatzierung der Module teils behoben werden konnte.

Radarzähler

- Trotz Outdoor-Tauglichkeit erlitten zwei Radarzähler Wasserschäden; die Gehäuse wurden deshalb mit Isolierband zusätzlich abgedichtet.
- Probleme mit der LoRaWAN-Konnektivität führten dazu, dass die Sensoren keine Downlinks (Nachrichten von Server zum Sensor) empfingen und daher dem LoRaWAN nicht beitreten konnte. Dies konnte auch mit Herstellersupport nicht gelöst werden. Als Workaround wurde ein zusätzliches LoRaWAN-Gateway in direkter Nähe des Radarzählers installiert, um zumindest vorübergehend eine zuverlässige Datenübertragung sicherzustellen.
- In der Praxis erwiesen sich die Radarzähler für die Personenzählung als ungeeignet, da sie trotz Rücksprache mit dem Hersteller und Änderungen der Parametrierung Schnee und Regen fälschlich mitzählten. Die im Gelände durchgeführten Test-Zählungen waren deutlich unzuverlässiger als die einer (zum Vergleich montierten) Lichtschranke. Diese Probleme traten zuvor weder im Labortest noch bei der Testung der Störeinflüsse in Kempten auf.
- Aufgrund dieser anhaltenden, auch mit aufwändigem Herstellersupport nicht behebbaren Probleme wurde der Einsatz der Radarzähler nach zwei Installationen eingestellt.

WLAN-Zähler

- An einem Standort mit schwachem Empfang kam es zu wiederholten Ausfallzeiten durch fehlgeschlagene „Re-Join"-Prozesse (kein erfolgreiches neues Beitreten des WLAN-Zählers im LoRaWAN Funknetz).

- Eine initial zu klein dimensionierte Batterie führte bei zu langen Schlechtwetterphasen zu Tiefenentladung und damit zu einem Defekt. Diese wurde durch eine Batterie mit ausreichender Kapazität ersetzt.

Vandalismus (siehe Abbildung 17)

Abbildung 17: Durch Gewalteinwirkung abgerissene Lichtschranke, nur noch der Montageadapter hängt mit abgerissenen Schrauben am Baum. In diesem Fall konnte die Lichtschranke nicht aufgefunden werden (AÜW)

Vandalismus war ein zu Projektbeginn, auch aufgrund von Erfahrungsberichten Dritter, bewusstes Risiko. Ein umfassender Schutz der Sensoren wäre jedoch nur mit erheblichem Mehraufwand möglich, weshalb darauf verzichtet wurde. Im Projektverlauf traten folgende Fälle von Vandalismus auf: In zwei Fällen wurden die Linsen der Lichtschranken abgeklebt. Dieser „sanfte“ Vandalismus hinterließ keine Schäden an der Hardware. Viermal wurden Lichtschranken und ihre Befestigungen beschädigt. Dreimal wurden Lichtschranke vom Montage-Adapter abgerissen, einmal der gesamte Montageadapter entfernt. Zwei abgerissene Lichtschranken konnten im umliegenden Unterholz wiedergefunden werden, die anderen waren nicht mehr auffindbar.

Daten: Qualität, Speicherung und Datenweitergabe

Speicherung und Visualisierung

Die per LoRaWAN übertragenen Daten wurden auf der IoT-Plattform des AÜW dekodiert und gespeichert. Eine Visualisierung der Daten mithilfe digitaler Zwillinge ermöglichte den Projektteilnehmern eine schnelle Einsicht. Für die weitere Verarbeitung wurden die Daten über eine REST API bereitgestellt.

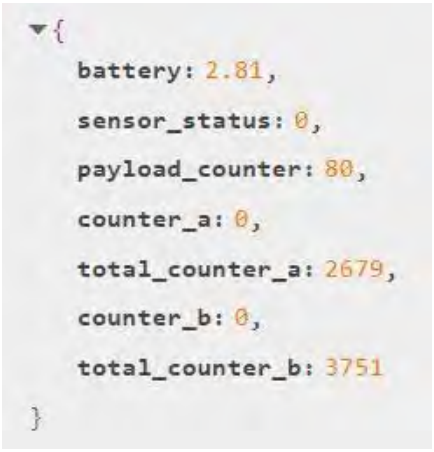

Abbildung 18: Datenpaket einer Lichtschranke. Mittels der total_ Werte können Paketverluste herausgerechnet werden (AÜW)

Umgang mit Paketverlusten: LoRaWAN ist eine Funktechnologie, die auf eine erzwungene Bestätigung der Paketübertragung verzichtet, um den extrem niedrigen Energieverbrauch der Sensoren zu gewährleisten. Daher kann es zu Paketverlusten kommen, insbesondere bei schwacher Signalstärke zwischen Sensor und Gateway. Im Projekt war dies – trotz der reduzierten Anzahl von nur 5 der ursprünglich geplanten 7 Gateways – nur an vier Standorten signifikant (>5%).

Die **Lichtschranken** übertragen in jedem Paket sowohl die Personenanzahl des aktuellen Intervalls als auch eine kumulierte Summe pro Richtung (siehe Abbildung 18). **Radarzähler** hingegen senden ausschließlich die kumulierten Summen. Im Falle eines Paketverlusts ermöglichen diese Summen dennoch eine genaue Zählung: Die Differenz zur zuletzt empfangenen Summe liefert die exakte Personenanzahl, auch wenn sich dadurch das Zählintervall verlängert. Die **WLAN-Zähler** hingegen lieferten ausschließlich Intervallwerte, sodass nicht vorhandene Zähldaten durch Paketverluste durch Interpolation ausgeglichen werden mussten.

Lessons Learned: Die Lichtschranken übermittelten bei Fehlern (z.B. durch Vandalismus oder Verdrehen) weiterhin Zähldaten, die jedoch oft ungültig waren. Im Projekt wurden alle Daten inklusive

der Statusinformationen gespeichert, was bei der Auswertung zusätzliche Arbeit erforderte, um ungültige Daten zu filtern. Für künftige Projekte empfiehlt es sich daher, nur valide Zähldaten zu speichern, wenn keine Fehler vorliegen. Dies könnte die Datenauswertung und -weiterverarbeitung vereinfachen.

Qualität der Zähldaten

Die **Lichtschranken** zeigten bei hintereinander gehenden Einzelpersonen (oft durch Standort erzwungen) auch im Gelände durchgehend hohe Zählgenauigkeit (>90%) und erwiesen sich auch bei schwierigen Wetterbedingungen wie Starkregen, Sturm oder starke Temperaturschwankungen als zuverlässig. Probleme können lediglich im Winter in kälteren Gebieten auftreten, da Reif, starker Schneefall und Schneeanraum das Infrarotlicht blockieren. In diesem Projekt, das sich auf den Sommertourismus konzentrierte, war diese Einschränkung vernachlässigbar. Die Zuverlässigkeit und hohe Zählgenauigkeit führten dazu, dass mehr Lichtschranken installiert wurden als ursprünglich geplant.

Die **Radarzähler** erwiesen sich trotz erheblichem Aufwand im Projektverlauf als unzuverlässig. Ihre Zählgenauigkeit im Gelände schwankte stark zwischen 20% und 90%, meist jedoch im Bereich von 40% bis 70%. Trotz verschiedener Anpassungen und Parametrierungen (z.B. Empfindlichkeit, Messbereich) konnten keine stabilen Ergebnisse erzielt werden. Zusätzlich traten Probleme auf, wie eine unterschiedliche Zählgenauigkeit je nach Bewegungsrichtung sowie massive Fehlzählungen bei Starkregen und Schneefall, selbst bei reduzierten Empfindlichkeitseinstellungen. Diese Probleme konnten im Projektverlauf nicht behoben werden. Aufgrund der Unzuverlässigkeit der Zähldaten, der technischen Probleme und des höheren Anschaffungspreises gegenüber Lichtschranken wurden im Projekt nur zwei Radarzähler eingesetzt, und ein geplanter Vergleich mit Lichtschranken wurde nicht durchgeführt.

Abbildung 19: Fehlzählung von ca. 1000 Personen aufgrund von Regen/Schneefall (Zeitraum: 05.05.2024 - 09.05.2024) (AÜW)

Fehlzählungen aufgrund von Regen/Schnee können in Abbildung 19 näher eingesehen werden.

Die Daten der **WLAN-Zähler** scheinen qualitativ stabil, da sie jedoch nur die Anzahl aktiver WLAN-Geräte im Umkreis erfassen, können daraus keine absoluten Besucherzahlen abgeleitet werden. Die Daten müssen daher mit anderen Daten in Zusammenhang gebracht werden. Stattdessen liefern sie Indikatoren für Anwesenheit, z.B. das Erkennen von nächtlichen Biwakierenden oder Zeltenden an abgelegenen Orten. Erste Installationen zeigten teils unverhältnismäßig hoch scheinende Zählwerde, was auf die dynamische Änderung der MAC-Adressen moderner Smartphones (zum Schutz vor Tracking großflächiger WLAN-Betreiber) zurückzuführen ist. Da Handys ihre MAC-Adresse regelmäßig (z.B. alle 30 Sekunden) ändern, wird ein einzelnes Gerät oft mehrfach innerhalb eines Messintervalls erfasst. Ein statistischer Korrekturfaktor lässt sich nicht berechnen, da die Wechselintervalle der MAC-Adressen, der Anteil dieser „modernen“ Smartphones sowie die anteilige Aufenthaltsdauer innerhalb des Intervalls unbekannt sind.

Datenweitergabe

Die gesammelten Sensordaten wurden über mobilothek.info[5] veröffentlicht. Eine Datenintegration in die Bayerncloud erfolgte nur für die Lichtschranken, da hier ein neues Datenformat und manuelle Standortanlage erforderlich waren. Radarzähler und WLAN-Zähler wurden aufgrund des hohen Aufwands nicht integriert.

Fazit zur Sensorik:

- Von den 3 eingesetzten Sensortypen haben sich nur die Lichtschranken und WLAN-Zähler als praktikabel und zuverlässig erwiesen.
- Die **Radarzähler** boten theoretisch Vorteile wie eine einfache Installation, keine Notwendigkeit für Batteriewechsel und ganzjährige Einsetzbarkeit, zeigten jedoch in der Praxis erhebliche Schwächen: Technische Probleme, eine schwache Zählgenauigkeit und wetterbedingte Fehlzählungen machten sie für das Projekt ungeeignet.
- Die **WLAN-Zähler** erwiesen sich als nützlich für die grobe Erfassung des Besucheraufkommens, ohne absolute Zahlen zu liefern. Allerdings erschweren dynamische MAC-Adressen moderner Handys die Interpretation der Daten.
- Die **Lichtschranken** überzeugten durch hohe Zählgenauigkeit an schmalen Wegen. Ihre Nachteile liegen in der Anfälligkeit für Vandalismus und der Notwendigkeit von zwei gegenüberliegenden Montagepunkten. Zukünftig wären stabilere Halterungen und deutliche Hinweise, dass keine Bilder aufgenommen werden, sinnvoll.
- Rückmeldungen von Wanderern während der Montage waren überwiegend positiv. Bedenken bezogen sich ausschließlich auf potenzielles Tracking oder Fotoaufnahmen, nicht auf die Zählung und den weiterführenden Zweck der erhobenen Daten selbst. Eine frühzeitige und transparente Kommunikation könnte solche Vorbehalte künftig reduzieren.
- Grundstückseigentümer äußerten gelegentlich Vorbehalte gegenüber dem Projekt, insbesondere in Bezug auf die potenzielle Zunahme des Tourismusdrucks durch Besuchermanagement-Maßnahmen. Die Mehrheit unterstützte jedoch das Projekt und die Arbeit des Naturparks und hatte keine Einwände bezüglich der minimalen Eingriffe für die Montage der Sensorik.
- Für das Projekt waren die gewonnenen Zähldaten wichtige Grundlage, um Einschätzungen zu „Hot Spots“ und „Cold Spots“ innerhalb des Naturparks mit Zahlen zu belegen – z.B. wurden an den Buchenegger Wasserfällen über 80.000 Besucher pro Jahr gezählt. An diesen Hot Spots kann potenziell der größte Effekt zur Reduzierung des MIV erreicht werden. Die Zähldaten liefern auch eine Basis für die anvisierte Besucherlenkung, mit der der Besucherdruck gleichmäßiger verteilt werden soll.
- Neben den Ergebnissen für das Projekt stellen die gewonnenen Daten auch einen Mehrwert für den Naturpark Nagelfluhkette dar. So können Routen der Ranger gezielt auf die Wanderwege, die am höchsten frequentiert sind, angepasst werden. Die Anzahl der Wanderer ist außerdem eine wichtige Kenngröße für die Instandhaltung von Wanderwegen sowie die Planung von Ruhezonen für Flora & Fauna.

[5] https://mobilithek.info/

1.3 Daten: Prognose

Auswertung der Lokalen Sensorik

Eine Datenquelle für die Auswertung und Prognose von Besucherzahlen waren die Sensordaten von AÜW, die in 15-Minuten-Intervallen die gemessenen Werte übermitteln. Eine weitere Datenquelle stellten die Auslastungsdaten von Parkplätzen im Gebiet der Nagelfluhkette dar, die durch die BayernCloud bezogen wurden. Diese zeigen entweder die prozentuale Auslastung eines Parkplatzes oder die absolute Belegung an.

Abbildung 20 zeigt die Auswirkungen verschiedener Faktoren auf die Anzahl der Besuchenden pro Tag am Beispiel des Standorts an den Buchengegger Wasserfällen. Die Ergebnisse wurden in Form von Boxplots dargestellt, um die Verteilung der Besucherzahlen unter verschiedenen Bedingungen zu visualisieren. Es zeigt sich, dass die Besucherzahlen an Wochenenden, Feiertagen oder Tagen in den Schulferien deutlich steigen. Regen und Wolken hingegen führen zu einer niedrigeren Besucherzahl. Bei der Betrachtung der Temperatur zeigt sich, dass der Mittelwert der Besucherzahlen höher ist, wenn nur die Fälle betrachtet werden, bei denen es weniger als 20°C sind. Im Gegenzug lässt sich eine breitere Streuung bei den Fällen über 20°C erkennen, insbesondere mit größeren Ausschlägen nach oben. Dadurch ergeben sich mehr Lastspitzen, die zusätzlich zu der breiteren Streuung, die Planung von Angeboten erschwert.

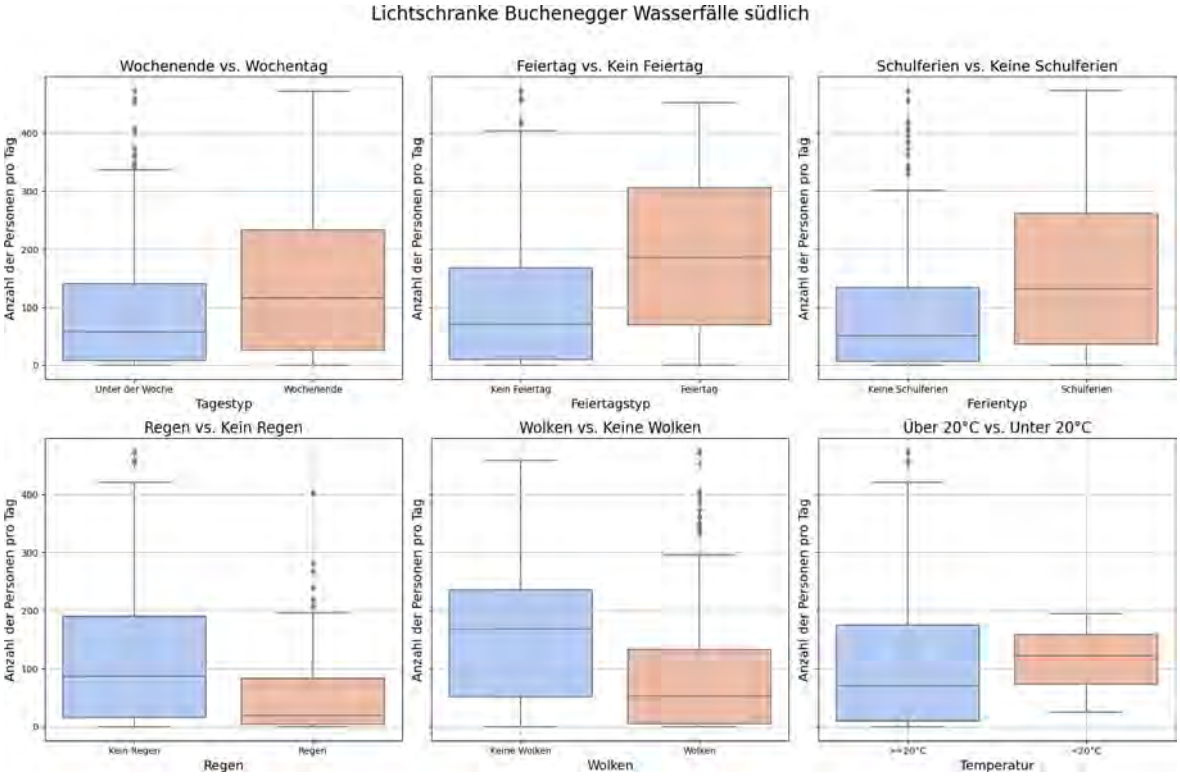

Abbildung 20: Einfluss von verschiedenen Faktoren auf die Besuchendenzahl (INIT-Füssen)

Prognose und Dashboard

Zur Erreichung des übergreifenden Ziels des Besuchermanagements wurde eine Auslastungsprognose für die beschriebenen Standorte der lokalen Sensorik entwickelt.

Neben der Auslastungsprognose können die Daten auch dafür verwendet werden, eine typische tägliche Auslastung an den spezifischen Standorten zu visualisieren. Durch diese Analyse konnten die Hauptauslastungszeiten identifiziert und damit die Planung der Pilotphase unterstützt werden.

Für die Prognose wurden die Auslastungsdaten mit verschiedenen öffentlich verfügbaren Daten kombiniert, darunter zeitbezogene Daten wie Wochentag oder Wochenende, Informationen wie Feiertage und Ferien und Wetterdaten wie Wind, Temperatur und Niederschlag. Die High-Level-Architektur dieser Daten-Pipeline ist in Grafik 21 visualisiert.

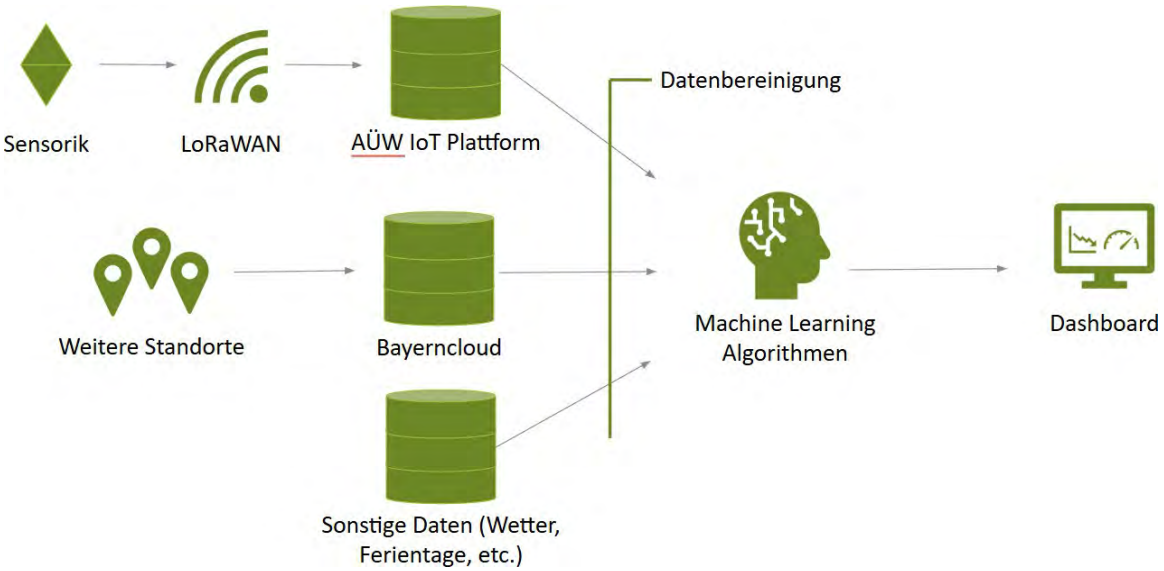

Abbildung 21: Visualisierung der High-Level-Architektur der Daten-Pipeline (INIT-Füssen)

Es wurden verschiedene Machine Learning (ML)-Modelle verglichen und geeignete Modelle ermittelt. Die besten Resultate erzielten auf Entscheidungsbaum-basierende Modelle, wie Random Forest[6] oder XGBoost[7].

Neben den (ML)-Modellen zur Vorhersage konnten auch Rückschlüsse auf die Relevanz der einzelnen Faktoren, auch Features genannt, gezogen werden. Eine Möglichkeit der Visualisierung dafür sind SHAP-Werten (SHapley Additive exPlanations)[7]. Diese geben eine Erklärung, welche Features einen Einfluss auf die Vorhersage eines Modells haben. Der dargestellte SHAP-Plot in Grafik 22 visualisiert diese Einflüsse. Auf der vertikalen Achse sind die betrachteten Features aufgelistet, während die horizontale Achse die SHAP-Werte repräsentiert, die den Einfluss der jeweiligen Features auf die Modellvorhersage quantifizieren. Positive Werte weisen darauf hin, dass ein Feature die Modellvorhersage in Richtung eines höheren Ergebnisses beeinflusst, während negative Werte eine Absenkung bewirken.

Die Farbskala gibt die Ausprägung der Merkmalswerte an, wobei Blau für niedrige und Rot für hohe Werte steht. Die Merkmale "hour" (Tageszeit) und "temperature" (Temperatur) haben den größten Einfluss auf das Modell, was sich durch die breitere Streuung ihrer SHAP-Werte zeigt. Insbesondere hohe Werte von "hour" (spätere Tageszeiten) wirken sich positiv auf die Vorhersage aus, während niedrige Temperaturen einen negativen Effekt haben.

Merkmale wie "public_holiday_BY" (Feiertag in Bayern) oder "precipitation_height" (Niederschlagsmenge) zeigen dagegen eine geringere Auswirkung, was auf eine untergeordnete Bedeutung dieser Features im Modell hindeutet. Der Plot verdeutlicht somit, welche Variablen

[6] Breiman, L. Random Forests. Machine Learning 45, 5–32 (2001). https://doi.org/10.1023/A:1010933404324

[7] Tianqi Chen and Carlos Guestrin. 2016. XGBoost: A Scalable Tree Boosting System. In Proceedings of the 22nd ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining (KDD '16). Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 785–794. https://doi.org/10.1145/2939672.2939785

maßgeblich zur Entscheidungsfindung des Modells beitragen, und liefert eine intuitive Übersicht über die Bedeutung und Richtung ihrer Einflüsse.

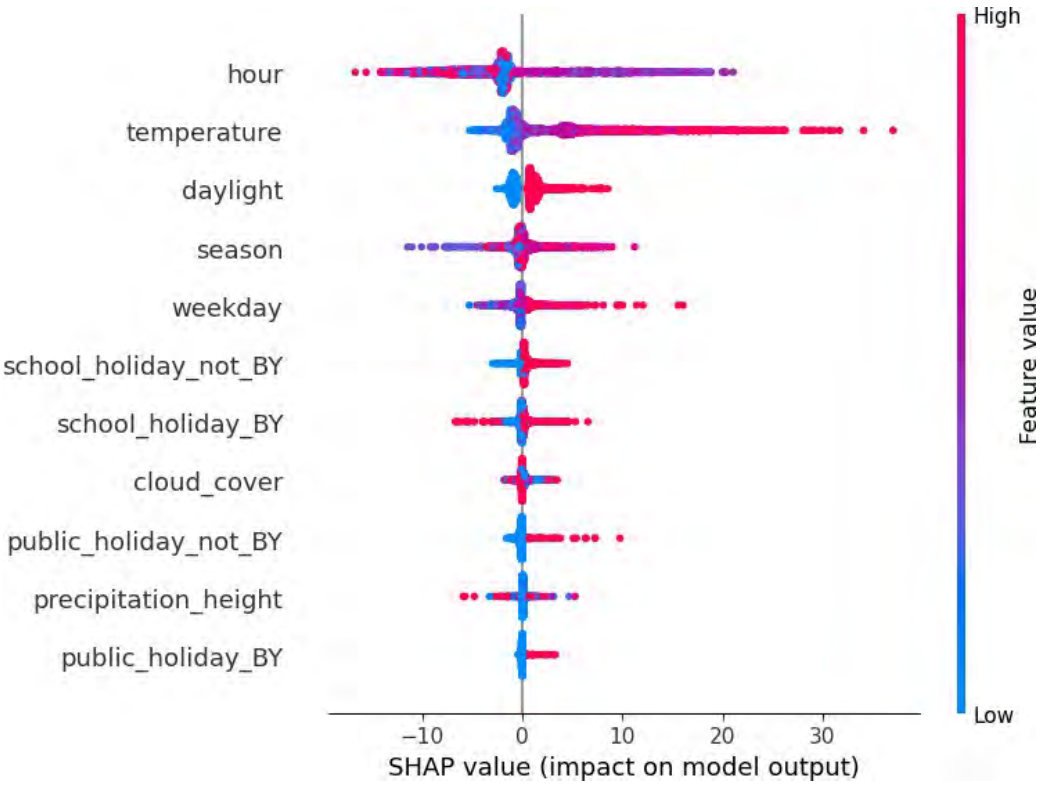

Abbildung 22: Visualisierung der SHAP-Werte (INIT-Füssen)

Für die Visualisierung der historischen Daten und der Prognose wurde ein Dashboard entwickelt. Dieses zeigt alle Standorte mit lokaler Sensorik, von denen Daten bezogen werden, für jeden Standort die Auslastung der letzten 14 Tage und die Vorhersage für die nächsten 7 Tage. Abbildung 23 zeigt einen Ausschnitt des Dashboards.

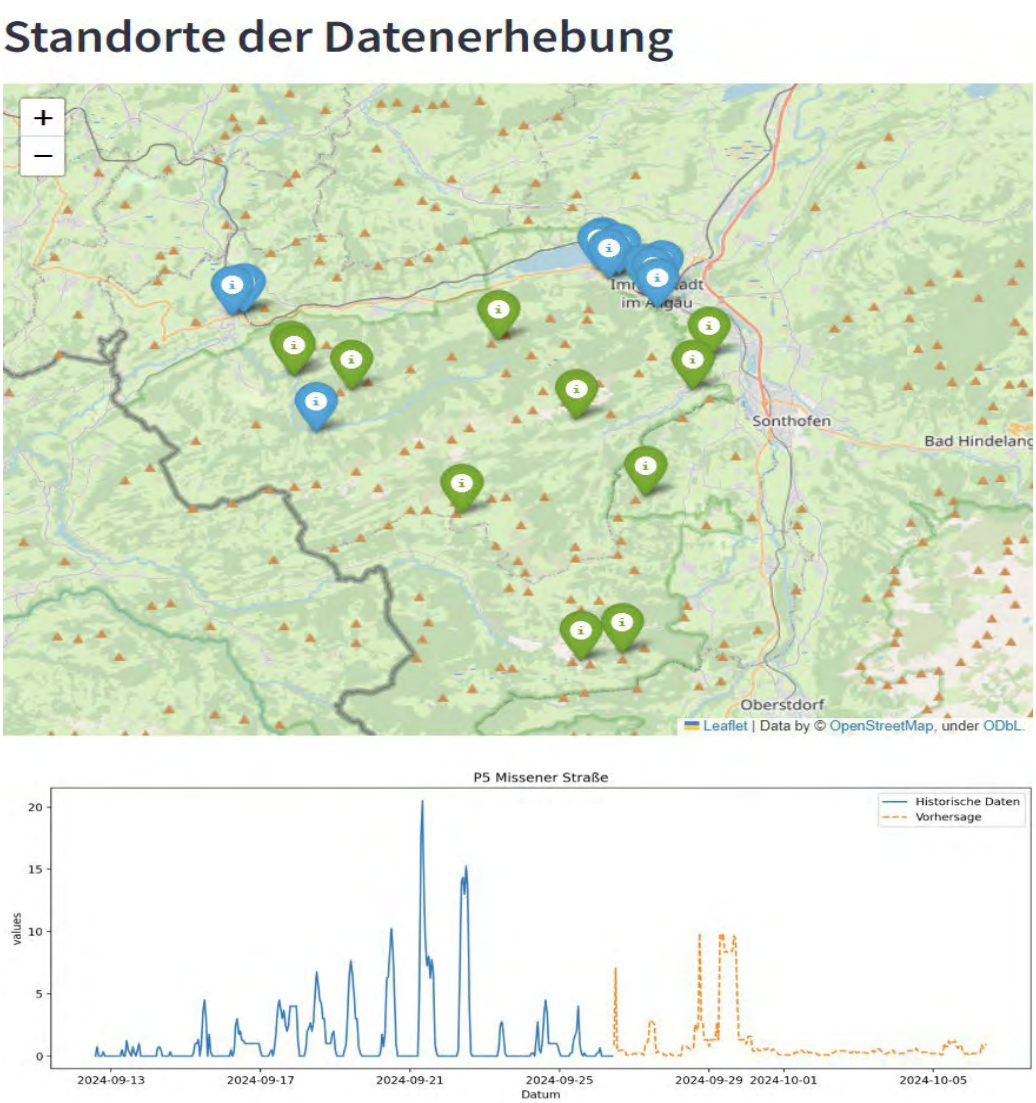

Abbildung 23: Ausschnitt des Dashboards (INIT-Füssen)

Konkrete Nutzungsmöglichkeiten der Prognose im Busbetrieb:

Die entwickelte Auslastungsprognose ermöglicht eine vorausschauende Steuerung des Besucheraufkommens und unterstützt damit ein effektives Besuchermanagement. Über das Dashboard können Verantwortliche bereits mehrere Tage im Voraus einsehen, wie hoch die erwartete Auslastung an den verschiedenen Standorten sein wird.

Auf Basis dieser Informationen lassen sich gezielt Maßnahmen ergreifen, um das Besuchererlebnis zu optimieren und gleichzeitig den Schutz der Natur zu gewährleisten. So können beispielsweise Touren je nach prognostizierter Nachfrage und Besuchermanagement-Zielsetzung aktiviert oder deaktiviert werden. Sobald eine Tour gebucht wurde, erfolgt die entsprechende Planung und Durchführung.

Durch die frühzeitige Erkennung von Auslastungsspitzen oder unerwarteten Entwicklungen – etwa durch Wetterumschwünge oder geringe Anmeldezahlen – besteht zudem die Möglichkeit, flexibel zu reagieren. In solchen Fällen können Touren rechtzeitig angepasst oder storniert und die betroffenen Nutzer entsprechend informiert werden. Diese vorausschauende Steuerung trägt dazu bei, Ressourcen effizient einzusetzen und das Mobilitätsangebot optimal an die Bedürfnisse der Besucher anzupassen.

Globale Daten

Da die stationäre Messsensorik lokal eingeschränkt ist, und um ein besseres Verständnis über die Frequentierung der Pilotregion zu bekommen, wurden zusätzlich globale Daten des Anbieters Thaltegos gekauft. Beim ersten Dateneinkauf handelt es sich um App-Daten, die aggregiert auf den gesamten Zeitraum von April 2022 bis Oktober 2022 Besucherfrequenzen, soziodemografische Milieus und Herkunftsgebiete der Besuchenden der Nagelfluhkette anzeigen. Zudem konnte unterschieden werden, ob die Besuchenden aus dem Zielgebiet kommen (Einheimische) oder Tagesgäste oder Übernachtungsgäste waren. Die globalen Daten halfen dabei, auch Aussagen über die Standorte, die nicht mit Sensoren ausgestattet wurden, treffen zu können. Die Auswertung der globalen Daten ermöglichte es, Trends zu identifizieren und Muster aufzudecken. Insbesondere wurden touristische Hotspots identifiziert und bei diesen Unterschiede in den Kategorien (Tagesgast, Übernachtungsgast, Einheimischer) festgestellt, wie Abbildung 24 zeigt.

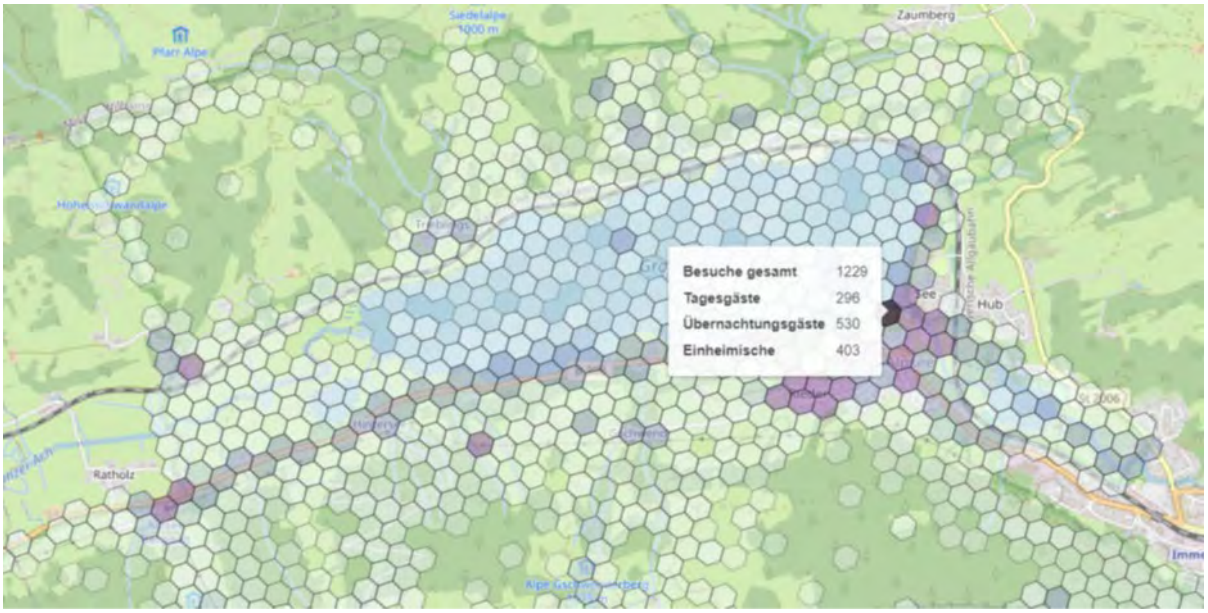

Abbildung 24: Globale Daten Thaltegos (INIT-Füssen)

Des Weiteren konnten Erkenntnisse darüber gewonnen werden, woher die Besuchenden kamen und wie man sie klassifizieren kann. Die Klassifikation beruht auf statistischen Annahmen über Alter, Status und Familientyp, die von dem Datenanbieter übermittelt wurden. Abbildung 25 zeigt die Zusammensetzung der Besuchenden nach diesen Kategorien.

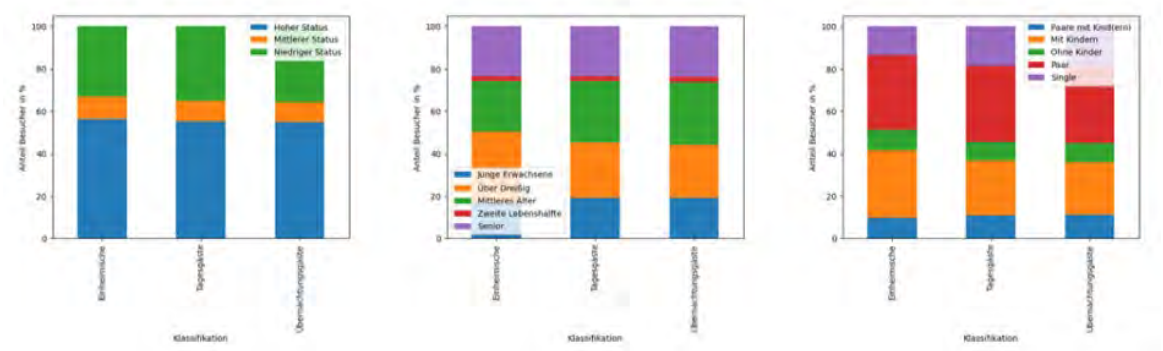

Abbildung 25: Weitere Informationen über die Besuchenden (INIT-Füssen)

Ein Nachteil ist, dass die Daten über den gesamten Zeitraum aggregiert sind. Dadurch können keine Aussagen über z.B. wöchentliche Verläufe gemacht werden. Um diese untersuchen zu können, wurde eine Bestellung von zeitlich feiner-granulierten Daten beantragt. Diese zeigen die Besuchszahlen von je einer typischen Woche im Sommer (April 2023 – Oktober 2023) und im Winter (November 2023 – März 2024) für jeden Ort (Auflösung: h10-Hexagon d.h. eine Kantenlänge von ungefähr 75 m) im gesamten Allgäu in stündlicher Auflösung. Außerdem wurde wieder in der Art der Besuchenden unterschieden. Zusätzlich zu den drei Kategorien (Einheimisch, Tagesgast, Übernachtungsgast) wurde ein weiteres Gebiet definiert, welches die benachbarten Landkreise beinhaltet. Personen, die aus diesem Gebiet kommen und nicht im Zielgebiet übernachten, zählen als “Tagesnachbarn” und diejenigen, die übernachten, als “Übernachtungsnachbarn”. Durch diese feinere Unterscheidung können Quell- und Zielverkehr noch genauer untersucht und analysiert werden, welche Art von Besuchenden vor Ort ist. Grafik 26 zeigt exemplarisch einen Kartenausschnitt des Zielgebiets mit Besuchszahlen von Tagesgästen.

Abbildung 26: Besuchszahlen einer typischen Woche im Sommer im gesamten Allgäu (stündliche Auflösung) (INIT-Füssen)

Es ist auch möglich, für jedes Hexagon den stündlichen Verlauf der Besuche für eine typische Woche im Sommer und im Winter zu betrachten. Abbildung 27 zeigt dies exemplarisch für die Alpsee Bergwelt.

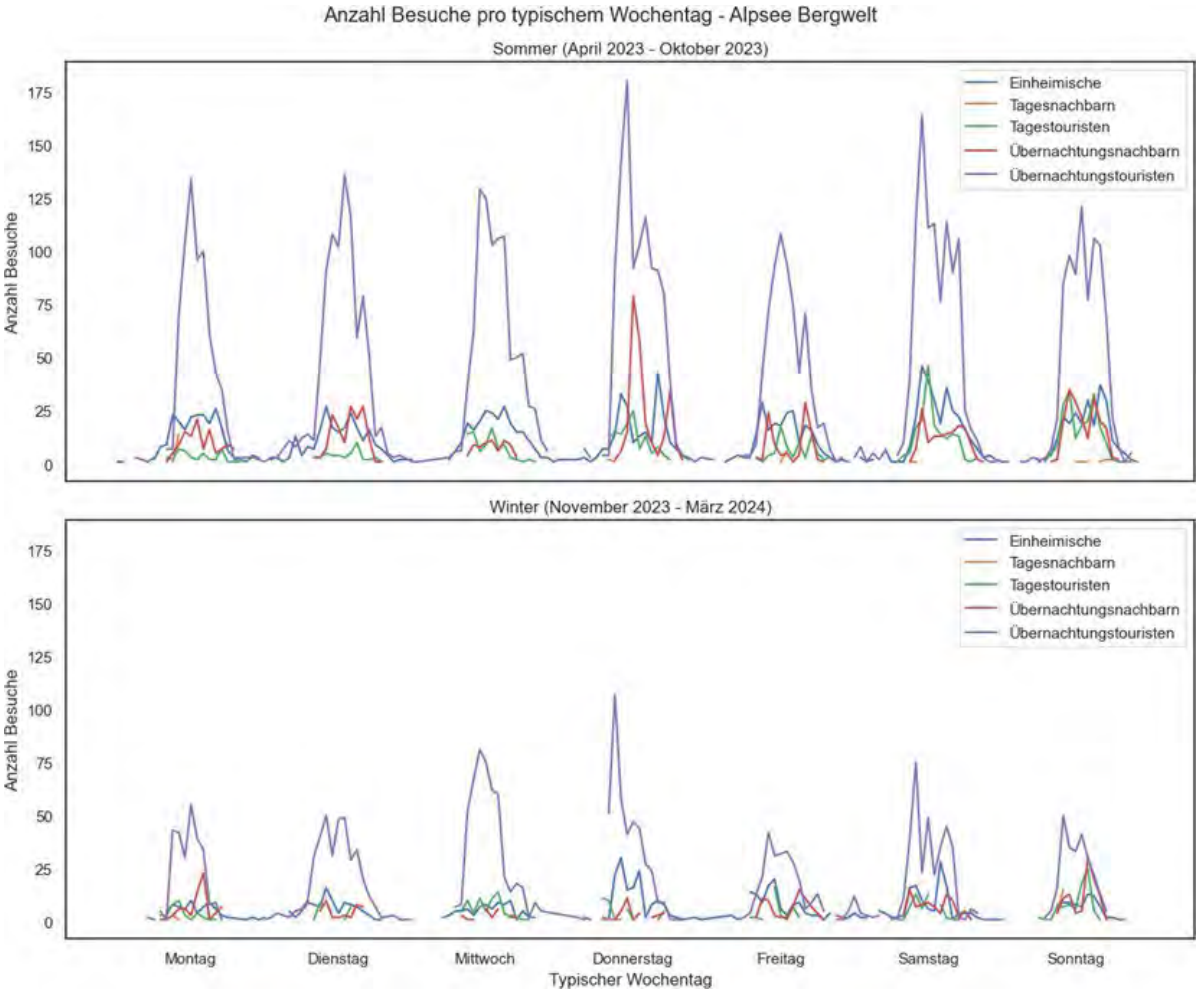

Abbildung 27: Stündlicher Verlauf der Besuche für eine typische Woche im Sommer und Winter der Alpsee Bergwelt (INIT-Füssen)

Die globalen Daten halfen dabei, die Art von Besuchern zu klassifizieren und relevante Hotspots zu identifizieren.

Die wichtigsten Ergebnisse des Blocks "Daten: Prognose" sind:

Lokale Sensorik & Prognose

- Manche Sensoren senden Daten gebündelt statt in jedem Zeitintervall, was eine genaue Zuordnung zu diesen erschwert und zu Ungenauigkeiten führt.
- Aggregation zu größeren zeitlichen Abschnitten führt zu besseren Prognoseergebnissen: Die Daten sollten nur auf das Notwendigste aggregiert werden, da der Informationsverlust durch eine höhere Aggregation die Verringerung der Zeitschritte überwiegt.
- Random Forest und andere entscheidungsbaumbasierte Modelle haben sich als besonders zuverlässig für genaue Vorhersagen des Besucheraufkommens erwiesen. Sie überzeugen durch hohe Genauigkeit und ihre Fähigkeit, große Datenmengen effizient zu verarbeiten.
- Die Vorhersagequalität nimmt mit zunehmendem Zeithorizont ab, da weniger aktuelle Informationen über Tourismusbewegungen verfügbar sind. Zudem werden Wetterdaten für weiter entfernte Zeiträume zunehmend ungenauer oder sind nicht verfügbar.

- Höherer Einfluss von einfachen Wetterdaten: Spezifische Informationen wie Windstärke führen zu keiner Veränderung in der Vorhersage, während einfache Features wie Temperatur einen größeren Einfluss haben.

- Geringe Verbesserung durch die Berücksichtigung von anderen Prognosedaten wie Google Trends Daten: Google Trend Daten haben nur einen marginalen Einfluss auf die Ergebnisse.

- Eine gute Datenqualität ist für eine Vielzahl an Prognose- und Machine Learning Algorithmen notwendig. Die Vorhersagequalität nimmt mit sinkender Datenqualität ab und kann nur teilweise mit Data Augmentation (simulierte Datenerzeugung) ausgeglichen werden.

- Wichtige Einflussfaktoren auf die Besucherzahl sind das Wetter und freie Tage wie Ferien, Wochenenden und Feiertage. Zukünftig stellt sich die Frage, ob Modelle mit hoher Vorhersagegenauigkeit auch ohne sensorgestützte Daten möglich sind, da Sensoren mit erheblichen Kosten und Abstimmungsaufwand verbunden sind.

Globale Daten

- Eine feinere zeitliche Aufteilung der globalen Daten wäre hilfreich, ist jedoch oft aus Datenschutzgründen nicht möglich. Aufgrund der feinen räumlichen Aufteilung, die Rückschlüsse auf Einzelpersonen verhindern soll, wären dafür sehr viele Personen in kleinen Bereichen erforderlich. Der Mittelweg über den stündlichen Verlauf einer typischen Woche hat sich als praktikabel erwiesen.

- Die Aufteilung nach Alter, Familientyp und Status verhält sich bei Tages- und Übernachtungsgästen relativ ähnlich. Bei den einheimischen Besuchenden lassen sich Unterschiede erkennen. Es sind mehr jüngere Personen und Personen mit Kindern vor Ort.

- Durch globale Daten (Thaltegos) konnten touristische Hotspots identifiziert und auch Unterschiede zwischen den verschiedenen Arten von Gästen erkannt werden. Diese bestätigen Erkenntnisse aus anderen Datenquellen.

1.4 E-Mobilität

Für die fortschreitende Elektrifizierung des Verkehrs – insbesondere auch im Bereich des ÖPNV, in welchem durch die Clean Vehicle Directive verbindliche Vorgaben für die Busbeschaffung bestehen – ist die Schaffung von langlebiger, nachhaltiger Versorgungsinfrastruktur notwendig.

Hierzu muss bei der Auswahl geeigneter Standorte für die Errichtung von Ladeinfrastruktur eine Vielzahl von Standortfaktoren (wie Umgebungsbedingungen, vorhandene Infrastruktur, Aufenthaltsqualität und Wirtschaftlichkeit) berücksichtigt werden.

Entwicklung Bewertungsalgorithmus zur Identifikation geeigneter Ladeinfrastruktur-Standorte

Im Rahmen der Entwicklung des E-Buskonzepts wurde deshalb ein Standortbewertungstool zur Identifikation geeigneter Standorte für die Errichtung von Ladeinfrastruktur entwickelt.

Für die Strukturierung der Informationsaufnahme im Rahmen von Standortbegehungen als Input für die Standortbewertung wurde eine User Interface mit Beschreibungen identifizierter, relevanter Standortfaktoren erstellt. Die Benutzeroberfläche enthält die Definition der einzelnen Standortfaktoren (in den Bereichen Umgebungsbedingungen, vorhandene Infrastruktur,

Aufenthaltsqualität und Wirtschaftlichkeit), zu beantwortende Fragestellungen, weiterführende Links sowie Notizfelder zur Dokumentation der aufgenommenen Informationen (siehe Abbildung 28).

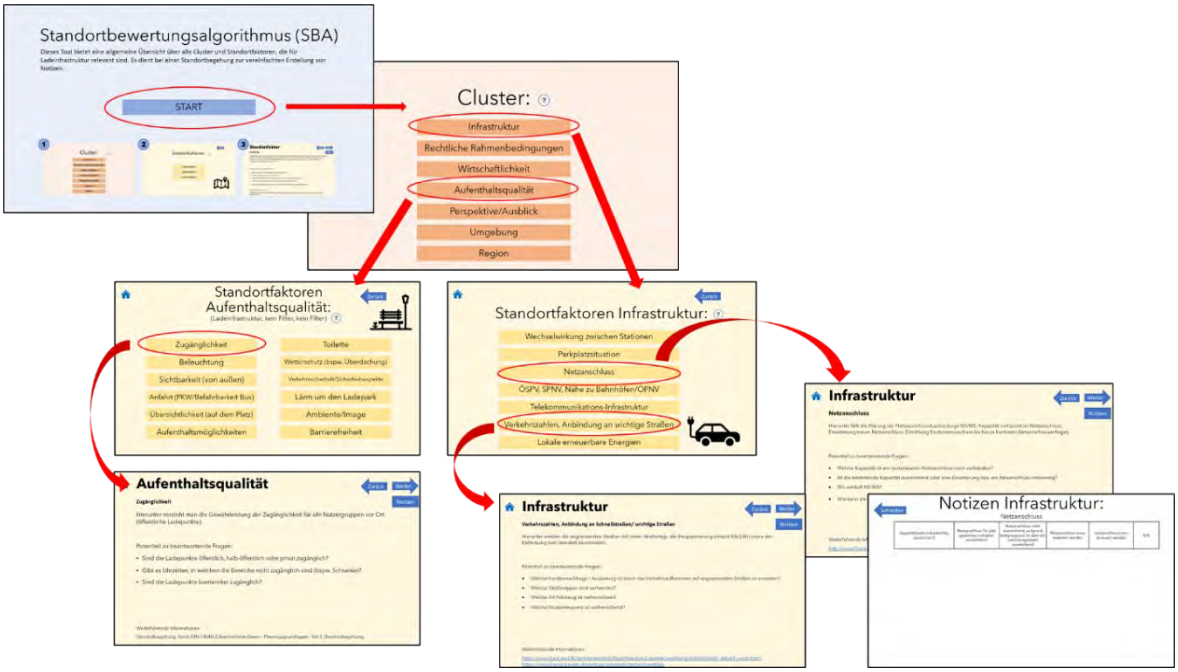

Abbildung 28: User Interface Standortbegehung (Steinbacher Consult)

Da es sich bei einem Großteil der Standortfaktoren um qualitative Bewertungskriterien handelt, wurde eine Bewertungsmatrix erarbeitet, in welcher den einzelnen Standortfaktoren Ausprägungen und damit einhergehende Bepunktungen zugeordnet wurden. Die Relevanz und Gewichtung von Standortfaktoren ist anwendungsfallabhängig, weshalb das Standortbewertungstool eine Filterung anhand des technischen Angebots und der adressierten Nutzergruppe ermöglicht. Eine Gewichtungsmatrix sorgt für die Priorisierung und Gewichtung der Faktoren anhand der gesetzten Filter (siehe Abbildung 29). Die einzelnen Standorte können jeweils anhand der Bewertungskriterien unterstützt durch Drop Down-Menüs bewertet werden. Mittels der hinterlegten Bewertungs- sowie Gewichtungsmatrix errechnet sich eine Punktzahl je Bewertungskategorie sowie eine Gesamtpunktzahl. In der Ausgabemaske werden die Ergebnisse in Form einer priorisierten Liste sowie eines Netzdiagramms dargestellt. Dieses Ergebnis bildet eine Vorauswahl priorisierter Standorte, eine individuelle Planung je Standort muss nachfolgen.

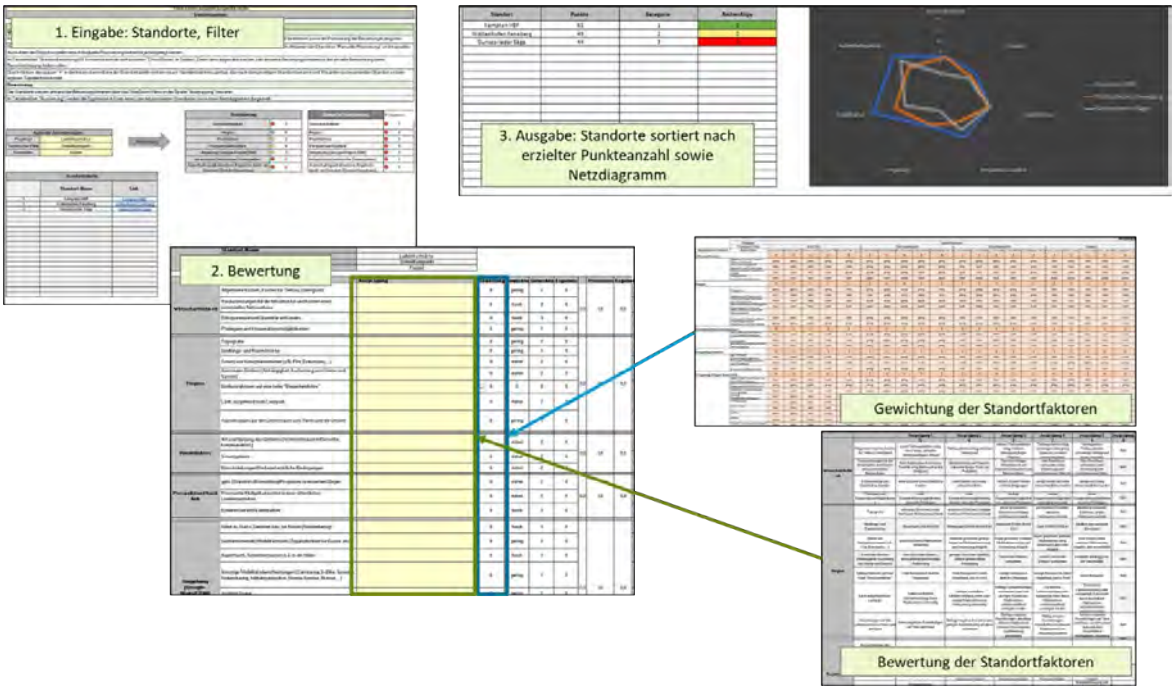

Abbildung 29: Standortbewertungstool (Steinbacher Consult)

Das Standortbewertungstool wurde in eine Web-Anwendung mit intuitivem Benutzerinterface und dahinterliegender Datenbankstruktur überführt (siehe Abbildung 30).

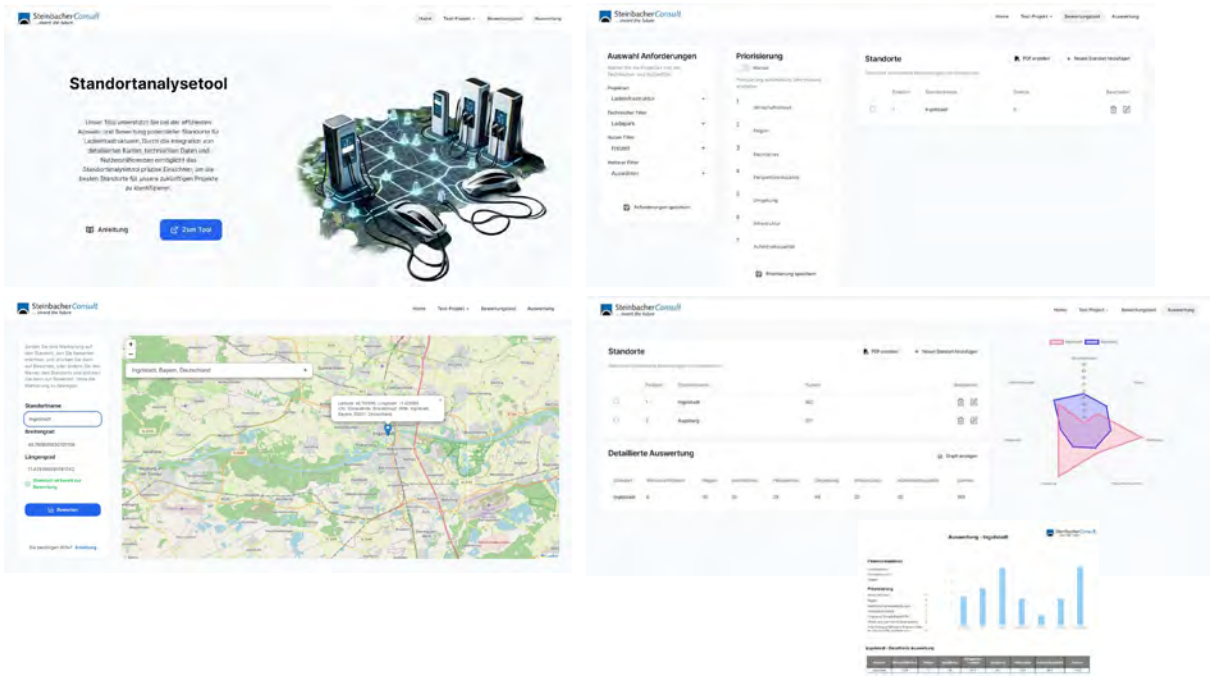

Abbildung 30: Webanwendung des Standortbewertungstools (Steinbacher Consult)

Das Standortbewertungstool wurde anhand der in den Pilotfahrten betrachteten und begangenen Standorten validiert.

Ladekonzept Pilotfahrten

Für das Zwischenladen des flexiblen Erlebnisbusses bestehen grundsätzlich drei Möglichkeiten: das Laden an Zielorten, das Laden auf der Strecke und das Laden im Depot/Busbetriebshof.

Die Warte-/Pausenzeiten des Erlebnisbusses befinden sich häufig im Zielgebiet, in der Regel ist jedoch aktuell keine geeignete (private) Ladeinfrastruktur an Zielorten (wie bspw. auf Parkplätzen von Bergbahnen, Museen etc.) vorhanden. Zukünftig, mit fortschreitender Elektrifizierung wären Kooperationen denkbar.

Für das Laden auf der Strecke müssen ggf. zusätzliche Wege in Kauf genommen werden. Durchgeführte Bestandsanalysen in der Pilotregion haben ergeben, das bestehende öffentliche Ladeinfrastruktur in der Regel nicht für das Befahren durch Busse ausgelegt ist (Gewichts-, Platzbeschränkungen,). Hinzu kommt, dass für einen reibungslosen Betrieb des Erlebnisbusses gewährleistet sein muss, dass der Ladepunkt verfügbar ist, was bei öffentlichen Ladepunkten Kooperationen mit Ladepunktbetreibern notwendig macht.

Für einen E-Bus ist das Zwischenladen am Zielort sowie auf der Strecke im ländlichen Raum mit großen Herausforderungen verbunden. Das aktuell vorhandene Angebot an Ladeinfrastruktur ist nicht auf die Nutzung durch Busse ausgelegt. Im Hinblick auf eine Verstetigung müssen auf Basis eines entwickelten Ladekonzepts Lademöglichkeiten geschaffen werden. In der dritten Pilotfahrt, welche erstmals mit einem Elektrobus (BBS Brandner/Flexibus) durchgeführt wurde, ist es trotz der genannten Herausforderungen gelungen, den Fall des öffentlichen Ladens zu erproben.

Für die Durchführung der Pilotfahrt mittels eines E-Busses musste ein entsprechendes Ladekonzept entwickelt werden. Da das Zwischenladen am Betriebshof des Busbetreibers aufgrund der recht weiten Anfahrt Einschränkungen im Fahrplan bedeutet hätte, wurde das Ziel einer Zwischenladung auf der Strecke verfolgt. Hierfür wurde die Bestandsladeinfrastruktur in der Pilotregion aufgenommen und eine Machbarkeitsanalyse für die Durchführbarkeit der Pilotfahrt mit einem E-Bus durchgeführt. Zwar sind öffentliche Ladepunkte > 50 kW in der Pilotregion vorhanden, das Befahren mit dem Bus ist jedoch in nahezu allen Fällen aufgrund der zu geringen Stellplatz- und Rangierfläche und/oder Gewichtsbeschränkung nicht möglich. Aufgrund der Tatsache, dass es sich um eine einmalige Pilotfahrt an einem Sonntag handelte, konnte eine Ladesäule des Betreibers Numbat am Feneberg in Leutkirch (Steinbeisstraße 2) als möglicher Ladestandort identifiziert werden. Es folgten Abstimmungen mit dem Ladesäulenbetreiber Numbat und dem Grundstückseigentümer Feneberg sowie zwei Ladetests in Vorbereitung auf die Pilotfahrt, um einen reibungslosen Ladevorgang gewährleisten zu können. Am 14.03.23 konnte ein Vor-Ort Test mit einem DC-Testgerät, am 23.04.2023 ein Ladetest mit E-Bus erfolgreich durchgeführt werden (siehe Abbildung 31).

Am Tag der Pilotfahrt erfolgte ein zweimaliger Ladevorgang des E-Niederflurbusses, die Stellfläche wurde hierzu vom Grundstückseigentümer abgesperrt.

Abbildung 31: Vorbereitungen Pilotfahrt: Ladetest mit DC-Testgerät (links), Ladetest mit Bus (rechts) (Seinbacher Consult)

In der längeren vierten Pilotphase mit wechselnden Zielen und Strecken konnte auf die Ladeinfrastruktur im Betriebshof des den Erlebnisbus stellenden Busbetreibers (Haslach Bus GmbH) zurückgegriffen werden. Da dieser in Kempten ansässig ist, ließ sich dies ohne größere Umwege oder Fahrplaneinschränkungen realisieren.

Betreibermodell

Grundsätzlich kann der Flexible Erlebnisbus als angebots- oder nachfrageorientierte Betriebsform umgesetzt werden. Bei der angebotsorientierten Form wird eine Strecke vorab festgelegt und dem Nutzenden zur Buchung angeboten. Im Gegensatz dazu wird die Fahrtstrecke bei der nachfrageorientierten Form erst durch die Fahrtwünsche der Nutzenden bestimmt. Busse im ÖPNV verkehren vorrangig angebotsorientiert im klassischen Linienverkehr. In ländlichen Räumen können nachfrageorientierte Angebotsformen den klassischen Linienverkehr sinnvoll ergänzen oder ersetzen, um Mobilitätslücken zu schließen.

Um den Genehmigungsprozess einzuleiten, muss vorab eine rechtliche Einordnung getroffen werden. Abbildung 32 zeigt die Gegenüberstellung der rechtlichen Verankerung in Form der möglichen Angebotsformen, deren Vor- und Nachteile sowie die Bewertung in Hinblick auf die Zielsetzung des Projekts. Das zentral im Projekt verankerte Thema Besuchermanagement macht es jedoch notwendig, dass der Bus mittels dynamischer Streckenführung auf die veränderten Bedingungen (z.B. erhöhtes Besucheraufkommen) reagieren kann. Dieses Herausstellungsmerkmal bedingt Absprachen mit den Genehmigungsbehörden.

Gebündelter Bedarfsverkehr (§50 PBefG)	**Mietwagenverkehr (§49 PBefG)**	**Angebotsform nach §44 PBefG**	**Sonderlinienverkehr (§43 PBefG Ziff. 3)**
- Bündelung von Aufträgen entlang ähnlicher Wegstrecken - vorherige Bestellung unabdingbar - Genehmigung des ÖPNV-Aufgabenträger notwendig	- Beförderung im Mietauftrag - Teilnehmer aus zusammengehörigem Personenkreis - privater Betrieb - mehrere Start- aber nur ein Zielpunkt möglich	- Beförderung auf Bestellung ohne festen Linienweg innerhalb eines Gebiets und bestimmten Zeiten - In Abstimmung mit dem Aufgabenträger auch für touristische Zwecke einsetzbar - Übertragbarkeit ggf. nicht gewährleistet	- regelmäßige Beförderung einer weitestgehend geschlossenen Gruppe - mehrere Zielorte möglich - Ablauf kann an Bedürfnisse der Fahrgäste angepasst werden
Vorteile: - individuell - kurze Fahrzeiten - hohe Kundenzufriedenheit	**Vorteile:** - Planungssicherheit - kurze Fahrzeiten - gute Planbarkeit	**Vorteile:** - Ähnlich zum regulären ÖPNV -> geringe Einstiegshürde - sehr gute Planbarkeit - gute Wirtschaftlichkeit durch Fahrtwunschbündelung	**Vorteile:** - Ähnlich zum regulären ÖPNV -> geringe Einstiegshürde - Stehplätze möglich - gute Planbarkeit - 7% Umsatzsteuer
Nachteile: - nur mit vorheriger Bestellung möglich - lange Voranmeldezeiten - nur Sitzplätze nutzbar - hoher Aufwand - 19% Umsatzsteuer	**Nachteile:** - keine Nutzung der ÖPNV-Haltestellen - Integration in Mobilitätssystem schwer möglich - nur Sitzplätze nutzbar - 19% Umsatzsteuer	**Nachteile:** - Bestellung notwendig - Betriebspflicht	**Nachteile:** - Betriebspflicht
Projektbezogen: - Reduktion des MIV gegeben - Entlastung touristischer Hotspots nur bei Angebotseinschränkung möglich - hohe Nachfrageflexibilität - geringe Angebotsflexibilität	**Projektbezogen:** - Reduktion des MIV gegeben - Besucherlenkung möglich - geringe Nachfrageflexibilität - hohe Angebotsflexibilität	**Projektbezogen:** - Reduktion des MIV gegeben - Besucherlenkung durch Bediengebiet und -zeit möglich - mittlere Nachfrageflexibilität - mittlere Angebotsflexibilität	**Projektbezogen:** - Reduktion des MIV gegeben - Besucherlenkung gegeben - geringe Nachfrageflexibilität - hohe Angebotsflexibilität

Abbildung 32: Übersicht Genehmigungsformen (Steinbacher Consult)

Die dritte Pilotfahrt war aufgrund der kurzen Durchführungszeit (1 Tag) abweichend davon als Zubringer Linienverkehr unter 3 Tagen nach § 42 in Verbindung mit § 2 Abs. 6 PBefG - (Eventverkehr mit Ähnlichkeit zum “Pendelverkehr”) genehmigt. Durch die Genehmigung der vierten Pilotphase als angebotsorientierte Form nach § 44 PBefG ("Linienbedarfsverkehr") waren spontane Änderungen der Routen nicht vorgesehen. Dies liegt daran, dass sowohl die Busbetreiber als auch die Genehmigungsbehörden, im Falle einer Genehmigung nach §44 PBefG als Linienbedarfsverkehr, im Voraus über die Routen an den jeweiligen Tagen informiert werden müssen. Zudem benötigen die Busbetreiber eine gewisse Planungssicherheit, um Personal und Fahrzeuge bereitzuhalten.

Neben Mitteln der öffentlichen Hand stellen Fahrgeldeinnahmen einen wesentlichen Finanzierungsbestandteil für eine Verstetigung dar. Nach den Ergebnissen einer Umfrage im Rahmen einer Abschlussarbeit (mit 217 wertbaren Datensätzen) wären Nutzende bereit den aktuellen Nahverkehrstarif auch für ein entsprechendes Mobilitätsangebt wie den FEB zu zahlen. Darüber hinaus kann eine Teilfinanzierung über Drittnutzer einen geeigneten Baustein zur Finanzierung darstellen.

Bewertung der Lösungskonzepte hinsichtlich ihres Beitrags zur Reduzierung des motorisierten Individualverkehrs (MIV) und ihres THG-Einsparpotenzials

Datengrundlage

Im Rahmen der 23-tätigen Pilotphase wurde eine Befragung der Fahrgäste mittels Online-Fragebögen durchgeführt. Die bereinigte Datengrundlage (Entfernung von unvollständigen Antworten, Antworten des Projektteams) umfasst 85 Datensätze, die in die ökologische Bewertung eingeflossen sind. Abbildung 33 zeigt die (angemeldeten) Besuchenden sowie die Teilnehmenden an der Umfrage je Ziel.

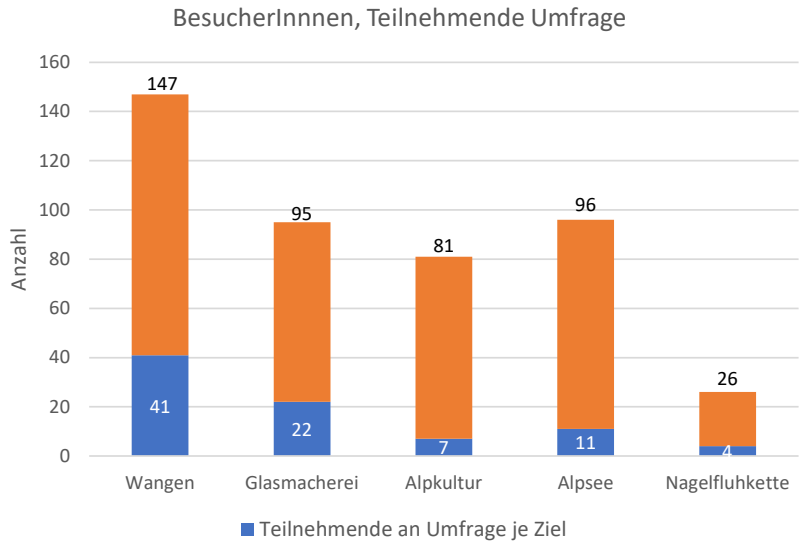

Abbildung 33: Besuchende und Teilnehmende an Umfrage je Zielort (n = 85) (Steinbacher Consult)

Reduzierung des motorisierten Individualverkehrs

Der Einfluss des flexiblen Erlebnisbusses während der 23-tägigen Pilotphase auf die Reduzierung des motorisierten Individualverkehrs wird in Abbildung 34 dargestellt. Knapp 40% der Fahrgäste geben an, dass sie ohne den Bus nicht zum Zielort angereist wären. Ob der Erlebnisbus in diesen Fällen zusätzlichen Verkehr generiert hat oder die Fahrgäste stattdessen an einen anderen Ort gereist wären, bleibt jedoch unklar. Etwa die Hälfte der Fahrgäste wäre stattdessen mit dem PKW angereist.

Zudem nutzen etwa 40% der Fahrgäste den PKW zur Anreise an den Abfahrtsort des Erlebnisbusses, wie Abbildung 35 zeigt.

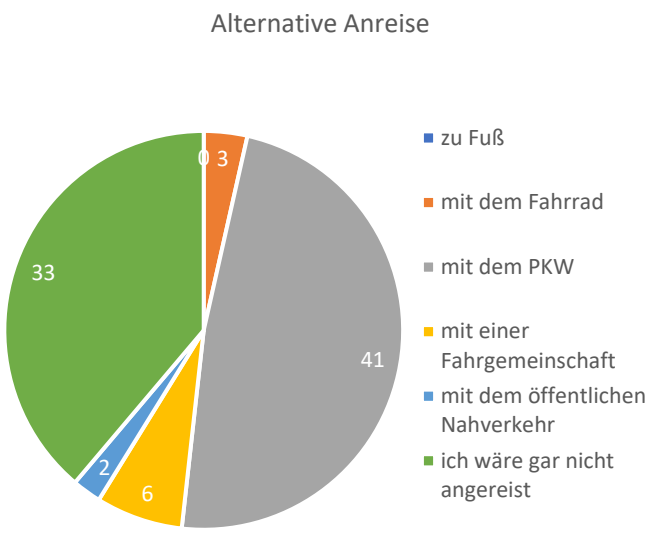

Abbildung 34: Alternative Anreise (absolut, n= 85) (Steinbacher Consult)

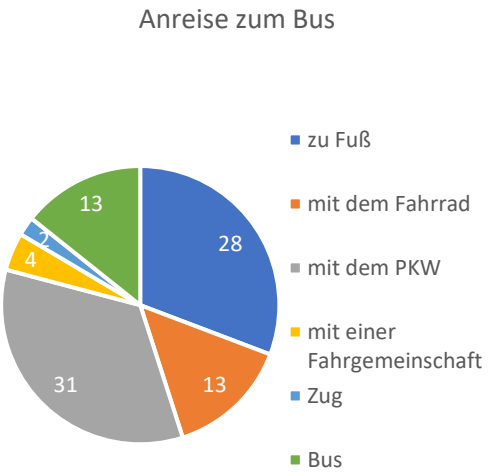

Abbildung 35: Anreise zum Bus (absolut, n = 85; Mehrfachauswahl möglich) (Steinbacher Consult)

Ermittlung des THG-Einsparpotenzials

Bei der Ermittlung des THG-Einsparpotenzials wurden die durch die Fahrgäste gemachten Angaben (Anfahrt zum Bus, Alternative Anreise, Anzahl Personen pro PKW, Anfahrtsstrecke, Auslastung Bus etc.) berücksichtigt. Für den elektrisch betriebenen Erlebnisbus wurde die Beladung durch 100%-EE-Strom (konkret PV-Strom) angenommen. Busbetreiber, welche eine Förderung für ihre Elektrobusse erhalten, sind häufig dazu verpflichtet sind, diese mit Grünstrom zu betanken.

In der Pilotphase konnten durch den Einsatz des elektrischen Erlebnisbusses knapp 60% (entspricht ca. 1.300 kgCO2-eq.) der THG-Emissionen im Vergleich zur Alternativen Anreise eingespart werden. Wäre der Erlebnisbus dieselbetrieben gewesen, hätte der Betrieb des Erlebnisbusses nur für die Fahrten an den Zielort Wangen zu einer Reduktion der THG-Emissionen geführt – Grund hierfür ist die teilweise in der Pilotphase noch geringe Auslastung.

Tabelle 3 beinhaltet weiterführende Informationen, die der ökologischen Bewertung zu Grunde liegt.

THG-Emissionsfaktoren	CO_2-eq. [g/Pkm]	Auslastung	Quelle	zugrunde gelegt für:
Linienbus, Nahverkehr	93	16% (12,48 Pers./Fzg.)	(Umweltbundesamt (UBA) 2020; UBA 2024)	Anreise mit Linienbus zum Startpunkt
davon Elektrobusse	72			Nicht verwendet, sondern über Strom-Mix berechnet
davon Dieselbusse	96			Dieselbus FEB (Errechnung g/(km*Bus) und daraus Berechnung der g/Pkm basierend auf der Auslastung gemäß Fragebögen, dafür UBA-Wert verrechnet mit Kapazität: 78 Plätze (durchschn. Kapazität von Nahlinienbus Diesel, verwendet von UBA (2020), basierend auf DESTATIS (2019))
Eisenbahn, Nahverkehr	58	24% (79,68 Pers./Fzg.)	(UBA 2020; UBA 2024)	Anreise mit Zug zum Startpunkt
davon Dieseltraktion	90			/
davon Elektrotraktion	49			/
PKW	122	1,9 Pers./Fzg.	(UBA 2024; FIS 2024)	Anreise mit PKW zum Startpunkt; für Alternative Anreise PKW Verrechnung mit tatsächlichem Besetzungsgrad gemäß Fragebögen
davon Elektro	58			/

- Die verwendeten Emissionsdaten des UBA basieren auf dem Mix der Antriebstechnologien aus dem Jahr 2022.
- Die Treibhausgasemissionen beziehen sich auf die Energiebereitstellung und die Nutzung des Verkehrsmittels. Infrastruktur- und Fahrzeugbereitstellung werden nicht berücksichtigt.
- Öffentlicher Personennahverkehr laut §8 PBefG: Reiseweite < 50 km oder Reisezeit < 1h; alle Ziele außer Wangen < 50 km; Wangen < 1h Nahverkehr
- Annahme Verbrauch Elektrobus FEB: 1,64 kWh/km (ViriCiti 2020) + Annahme 30% Verluste)
- Annahme Kapazität FEB: 33 Plätze

UBA (2024): Emissionsdaten. Emissionen im Personenverkehr. Online verfügbar unter https://www.umweltbundesamt.de/themen/verkehr/emissionsdaten#verkehrsmittelvergleich_personenverkehr_tabelle
UBA (2020): Ökologische Bewertung von Verkehrsarten- Online verfügbar unter https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/texte_156-2020_oekologische_bewertung_von_verkehrsarten_0.pdf
FIS (2024): Pkw-Besetzungsgrad bei der privaten Autonutzung. Online verfügbar unter https://www.forschungsinformationssystem.de/servlet/is/79638/
DESTATIS (2019): Verkehr: Personenverkehr mit Bussen und Bahnen 2017. Online verfügbar unter https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Transport-Verkehr/Personenverkehr/Publikationen/Downloads-Personenverkehr/personenverkehr-busse-bahnen-jahr-2080310177004.pdf?__blob=publicationFile
ViriCiti (2020): Studie: Energieverbrauch von Elektrobussen. Online verfügbar unter https://www.nfz-messe.com/de/news/elektromobilitaet-studie-energieverbrauch-von-elektrobussen-2705.html

Tabelle 3: THG-Emissionsfaktoren Verkehr (Steinbacher-Consult)

Abbildung 36 zeigt den ermittelten spezifischen THG-Emissionsfaktor je Zielort in Abhängigkeit der Antriebsform sowie die Auslastung. In Abbildung 37 und 38 werden die absoluten THG-Emissionen der Pilotphase dargestellt.

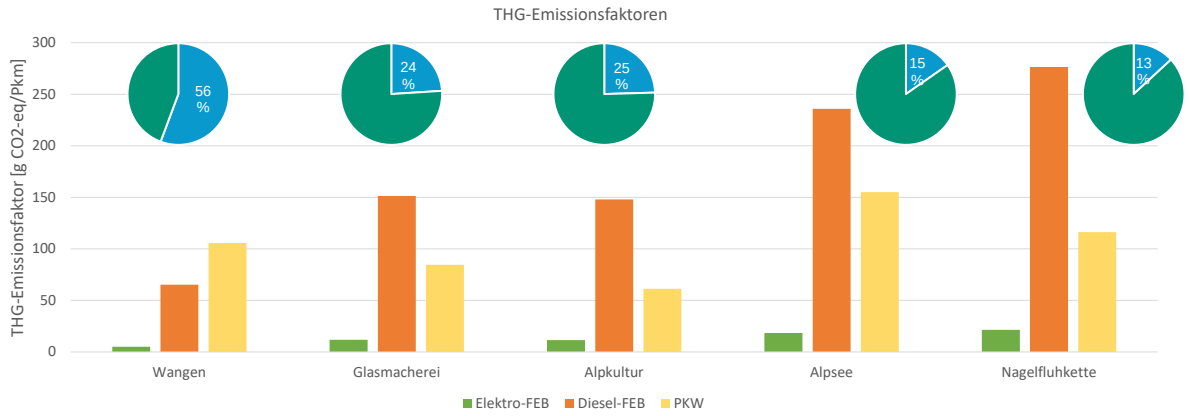

Abbildung 36: THG-Emissionsfaktoren je Zielort, Auslastung je Zielort (Steinbacher-Consult)

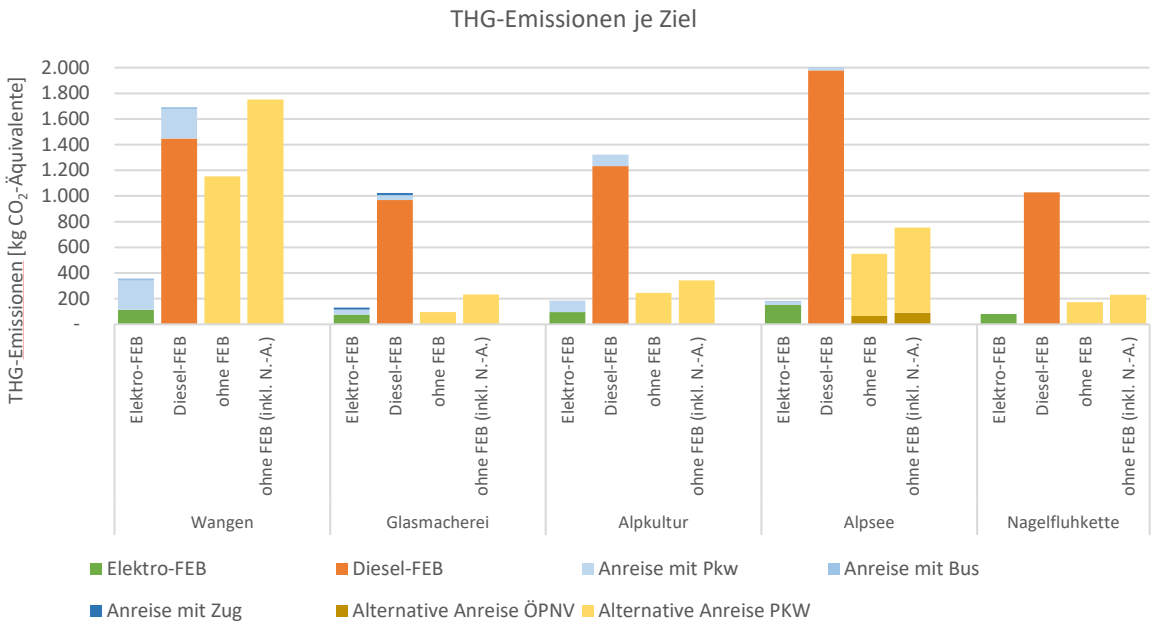

Abbildung 37: THG-Emissionen je Zielort in Abhängigkeit der Art der Anreise (inkl. Nicht-Anreisende liegt die Annahme zugrunde, dass alle Gäste, die alternativ nicht angereist wären, ebenfalls mit dem PKW angereist wären, da über deren tatsächlichen Pläne keine Informationen vorliegen (Steinbacher-Consult)

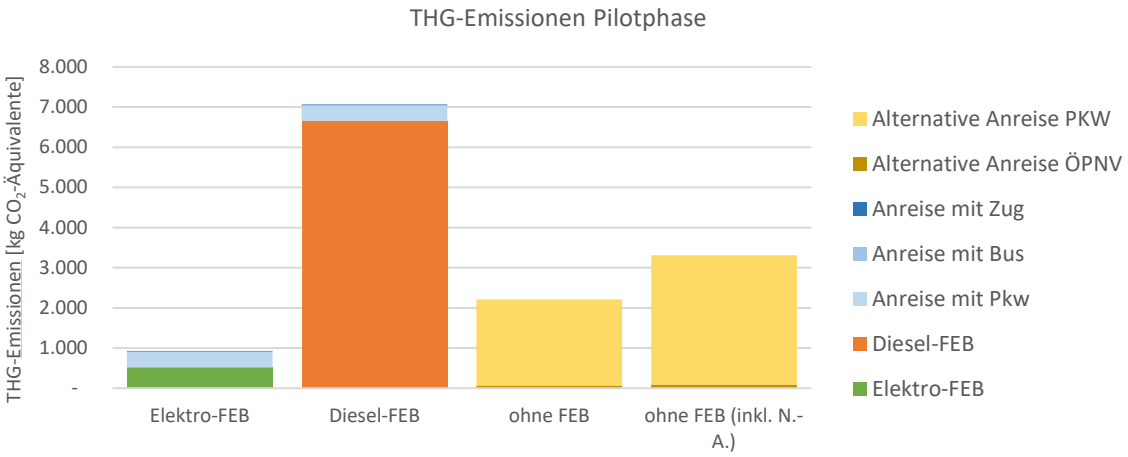

Abbildung 38: THG-Emissionen der gesamten Pilotfahrt in Abhängigkeit der Art der Anreise (inkl. Nicht-Anreisende liegt die Annahme zugrunde, dass alle Gäste, die alternativ nicht angereist wären, ebenfalls mit dem PKW angereist wären, da über deren tatsächlichen Pläne keine Informationen vorliegen (Steinbacher-Consult)

Die Auswertungen zeigen, dass das THG-Reduktionspotenzial insbesondere abhängig von der Auslastung und damit von der Anzahl der ersetzten PKWs ist.

Werden lediglich die THG-Emissionsfaktoren (gCO2-eq/Pkm) betrachtet (ohne Bezug zur Fahrgastbefragungen Pilotphase), zeigt sich der Vorteil des mit erneuerbaren Energien (hier: 100% PV-Strom) betriebenen FEB auch noch einmal deutlich. Auch der mit aktuellem Strommix betriebene Elektrobus verursacht ab einer Auslastung von ca. 20% weniger THG-Emissionen als die PKW-Anreise (1,9 Pers./PKW). Ab einer Auslastung von ca. 30% verursacht auch der dieselbetriebene Erlebnisbus weniger THG-Emissionen pro Personenkilometer als die PKW-Anreise (siehe Abbildung 39).

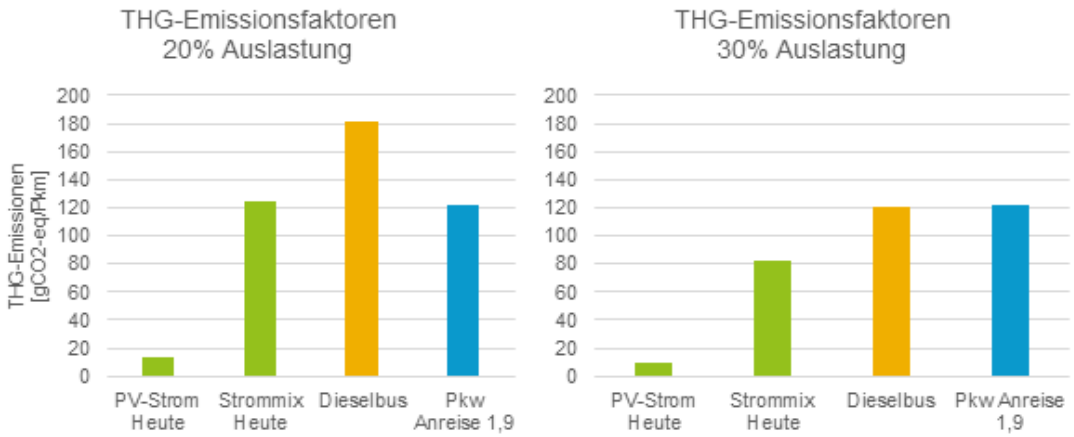

Abbildung 39: THG-Emissionsfaktoren in Abhängigkeit der Auslastung (ohne Bezug zu Fahrgastbefragungen Pilotphase) (Steinbacher-Consult)

Die wichtigsten Ergebnisse des Blocks "E-Mobilität" sind:

Standortbewertungstool für die Errichtung von Ladeinfrastruktur

- Die Identifizierung und Bewertung von geeigneten Standorten für die Errichtung von Ladeinfrastruktur ist abhängig vom technischen Angebot am Standort sowie der adressierten Nutzergruppe.
- Der technischen Standortbewertung mittels Tool muss eine Vorevaluierung voraus gehen sowie eine individuelle Planung nachfolgen.

Ladekonzept für den Flexiblen Erlebnisbus

- Es bestehen grundsätzlich drei Möglichkeiten zum Laden des Flexiblen Erlebnisbusses: dezentral an Zielorten, auf der Strecke (ggf. mit Umwegen), im Depot/Busbetriebshof
- Das Zwischenladen eines E-Busses auf der Strecke und im Zielgebiet ist im ländlichen Raum mit großen Herausforderungen verbunden. Das aktuell vorhandene Angebot an Ladeinfrastruktur ist nicht auf die Nutzung durch Busse ausgelegt. Im Hinblick auf eine Verstetigung müssen auf Basis eines entwickelten Ladekonzepts Lademöglichkeiten geschaffen werden.
- Das Laden (im Depot/ auf dem Betriebshof) muss entsprechend bei der Gestaltung von Fahrplänen berücksichtigt werden.

Ökologische Bewertung / Verlagerungspotenzial

- In der Pilotphase haben knapp 40% der Fahrgäste angeben, dass sie ohne den Bus nicht angereist werden. Die Hälfte der Fahrgäste wäre mit dem PKW angereist.
- Die Antriebsform des FEB hat positiven Einfluss auf die Nutzerakzeptanz:
    - ca. 70% der Fahrgäste stimmen der Aussage zu, dass der vermehrte Einsatz von E-Bussen die Attraktivität von Mobilitätsangeboten im Freizeitverkehr steigern würde
    - Über 60 % der Befragten geben an, dass die Tatsache, dass die Fahrt mit einem E-Bus erfolgt, die Entscheidung zur Teilnahme stark oder sehr stark beeinflusst hat
- Für den ökologisch vorteilhaften Betrieb des Erlebnisbusses ist die Auslastung der zentrale Faktor; ein EE-basierter Strommix ist essenziell.

2. Eingehende Darstellung der wichtigsten Positionen des zahlenmäßigen Nachweises

Durch den Austritt von BBS Brandner/Flexibus entstanden die größten Kosten (abgesehen von den Personalkosten) im Zusammenhang mit der Beauftragung eines Busunternehmens zur Durchführung der oben genannten mehrtägigen Pilotphase. Darüber hinaus wurden Mittel in die Projektkommunikation der Pilotphase investiert, um den Allgäuer Erlebnisbus bekannter zu machen. Die Beschaffung der App-Daten von Thaltegos zur Gewährleistung einer geeigneten Datenbasis stellt die zweitgrößte Ausgabenkategorie dar.

3. Eingehende Darstellung der Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit

Ein zentraler Bestandteil dieses praxisorientierten Vorhabens war die Entwicklung des Produkts gemeinsam mit relevanten Zielgruppen und Stakeholdern. Durch Workshops, Befragungen und Pilotfahrten, bei denen verschiedene Betreibermodelle, Buchungsprozesse und Angebote/Aktivitäten getestet wurden, sollten wertvolle Erkenntnisse für die APs gewonnen werden.

Die folgende Grafik (Abbildung 40) veranschaulicht die praxisorientierte Methodik, die dem Projekt zugrunde lag. Sie zeigt zudem, dass die Ergebnisse jeder Pilotfahrt in die Planung der nachfolgenden Fahrten einflossen, um das Produkt kontinuierlich anzupassen und zu verbessern. Auf diese Weise entstand ein iterativer Lernprozess, in dessen Verlauf die Funktionsfähigkeit, Praxistauglichkeit und Effizienz der Mobilitätsalternative nach und nach optimiert wurden.

Diese Vorgehensweise bot mehrere Vorteile. Einerseits ermöglichte sie das direkte Einholen von Feedback der Zielgruppe(n). Andererseits wurde durch die Durchführung der Pilotfahrten das Projekt öffentlichkeitswirksam und Interessenten sowie wichtige Akteure in der Region über das Projekt informiert. Ein weiterer Vorteil bestand darin, dass durch diese Methode wertvolle Erkenntnisse für das Projektkonzept gewonnen und die Auswirkungen der Pilotfahrten auf die Arbeitspakete überprüft werden konnten. Ein Beispiel hierfür ist das Testen eines E-Busses im Realbetrieb, um mehr über die bestehende Ladeinfrastruktur im Allgäu zu erfahren.

Insgesamt wurde das praxisorientierte Vorgehen als erfolgreich und angemessen bewertet, da sie in einer effizienten Bearbeitung der APs resultierte. Im Vergleich zum Projektantrag nahm das AP6 somit einen größeren Stellenwert im Projekt ein. Pilotfahrten, Workshops und Befragungen fanden über die gesamte Projektlaufzeit hinweg statt.

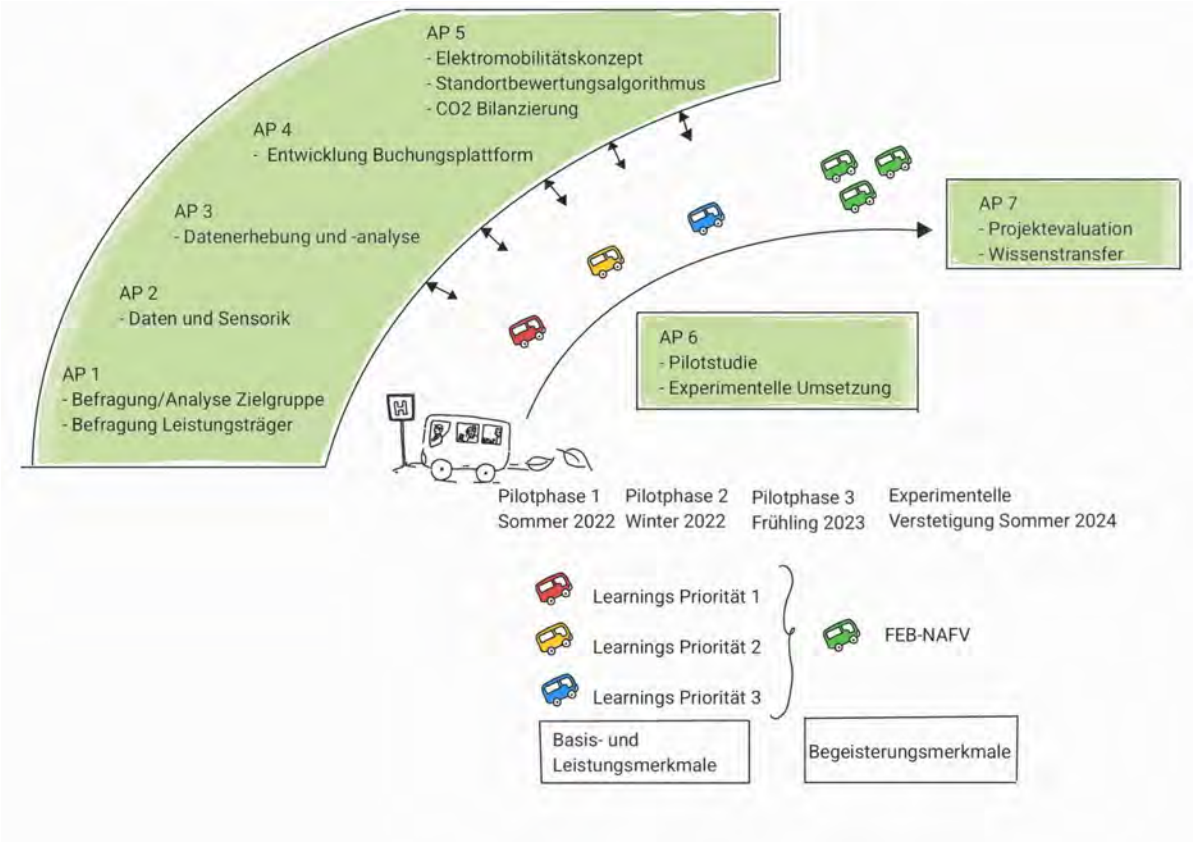

Abbildung 40: Arbeitspakete und Stufenlernplan (INIT-Füssen)

4. Eingehende Darstellung des voraussichtlichen Nutzens, insbesondere der Verwertbarkeit des Ergebnisses im Sinne des fortgeschriebenen Verwertungsplans

Das Projekt FEB-NAFV hat im Rahmen der wissenschaftlichen Verwertung zu einer Vielzahl von Publikationen und Lehrveranstaltungen geführt. Eine detaillierte Auflistung der Publikationen ist unter Punkt 6 der Gliederung zu finden.

Die Pilotfahrten machten die Herausforderungen digitaler Buchungslösungen für neue Mobilitätsangebote im Freizeitverkehr deutlich. Die gewonnenen Erkenntnisse und Erfahrungen sollen nun genutzt werden, um auf Basis der Outdooractive-Technologie eine Mobilitätsplattform für den Freizeitverkehr zu entwickeln und in die Outdooractive-Plattform sowie die App zu integrieren. Im nächsten Schritt plant Outdooractive, diese Erkenntnisse in die Weiterentwicklung der Plattformtechnologie einfließen zu lassen, um klimafreundliche und nachhaltige Mobilitätsangebote im Freizeit- und Tourismusbereich mit bestehenden Outdoor-Erlebnissen zu verknüpfen. So soll ein Mehrwert für Nutzende, Destinationen und den Klimaschutz gleichzeitig geschaffen werden.

Das Projekt hat wertvolle Erkenntnisse für Planungsbüros, Mobilitätsdienstleistende sowie Betreibende von Tourismus- und Outdoor-Plattformen geliefert. Es wurden Lücken und Verbesserungsmöglichkeiten im ÖV identifiziert, Kriterien für die Gestaltung attraktiver Mobilitätsangebote erarbeitet und Wünsche der Nutzenden für zukünftige Mobilitätslösungen erfasst. Darüber hinaus wurden wertvolle Erkenntnisse zur Gestaltung benutzerfreundlicher Buchungsprozesse und deren Integration in Plattformen gewonnen. Das im Rahmen des Elektromobilitätskonzepts entwickelte Standortbewertungstool soll auch über die Projektlaufzeit hinaus für die Planung des Ausbaus der Ladeinfrastruktur genutzt werden.

Es wurden mehrere öffentlichkeitswirksame Veranstaltungen organisiert und daran teilgenommen, die gezielt wichtige tourismuspolitische Akteure, Verkehrsplanende sowie BürgerInnen im Allgäu ansprachen. Das Projekt fand Erwähnung in zahlreichen Pressemitteilungen, Zeitungsartikeln sowie Rundfunk- und Fernsehbeiträgen, die insbesondere den partizipativen Ansatz des Projekts, wie beispielsweise den Aufruf zur Teilnahme an Pilotfahrten, hervorhoben. Zu den weiteren öffentlichkeitswirksamen Aktivitäten zählten zum Beispiel die Teilnahme am International Transport Summit in Leipzig und am Mobilitätstag in Kempten. Eine detaillierte Auflistung aller Veranstaltungen, an denen das Projekt als Teilnehmer oder Initiator beteiligt war, ist ebenfalls unter Punkt 6 der Gliederung zu finden. Die praxisorientierte Methodik des Projekts gewährleistete zudem die kontinuierliche Einbindung von Nutzerfeedback während der gesamten Projektlaufzeit.

Um den Austausch mit ähnlichen Projekten aus der Region zu fördern und zur Vernetzung aller relevanten Akteure, nahm das Projektteam regelmäßig an der Community of Practice “Besuchermanagement und Mobilität” teil, die vom INIT-Füssen turnusmäßig organisiert wurde. Das Veranstaltungsformat bot die Möglichkeit, aktuelle Projekte und Initiativen aus den Bereichen Mobilität und Besuchermanagement im Messeformat zu präsentieren und sich zu vernetzen.

Darüber hinaus konnte die DAV-Sektion Kempten als assoziierter Partner gewonnen werden. In Anlehnung an den Bergbus der DAV-Sektion München Oberland initiierte die Sektion Kempten während der Projektlaufzeit einen Bergbus für ihre Mitglieder – mit dem Ziel, die An- und Abreise in die Berge möglichst klimaschonend zu gestalten. Die Kooperation zwischen der Sektion Kempten und dem FEB ermöglichte es, wechselseitig von den Erfahrungen des jeweils anderen Vorhabens zu profitieren, bspw. im Rahmen der Zielgruppenanalyse oder bei der Angebotsgestaltung.

Auch auf datenbezogener Ebene konnte das Projekt wesentliche Beiträge leisten. Die Daten, die anhand der im Naturpark Nagelfluhkette installierten Sensoren erfasst werden, sind auch über die

Projektlaufzeit hinaus als Open Data über die BayernCloud zugänglich. Die Sensoren sowie die eingesetzten LoRaWAN-Gateways bleiben auch nach Projektende in Betrieb und können unter anderem zur Optimierung von Schutzgebietsmanagement und Ranger-Einsätzen genutzt werden. Die Projektarbeiten im Bereich Datenverarbeitung und Prognose/Modellierung von zu erwartenden Besucherzahlen haben zudem verdeutlicht, dass diese für die Destinationsentwicklung von hohem Nutzen sein können. Zugleich zeigte sich, dass viele Destinationen nicht über die personellen und finanziellen Ressourcen verfügen, um die Durchführung dieser Analysen ein Eigenregie durchzuführen. Zum gegenwärtigen Zeitpunkt ist deshalb die Ausgründung eines Start-ups vorgesehen, das sich schwerpunktmäßig mit der datenbasierten Vorhersage von Besucherzahlen an PoI befassen wird.

5. Eingehende Darstellung des während der Durchführung des Vorhabens dem ZE bekannt gewordenen Fortschritts auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen

Ziel des Projekts FEB-NAFV war die Reduzierung des MIV und der damit verbundenen Emissionen im Freizeitverkehr, sowie die Entlastung touristischer Hotspots durch die Entwicklung eines bedarfsorientierten und emissionsfreien Mobilitätsangebots basierend auf einer datengetriebenen Einsatz-, Routen- und Erlebnisplanung.

Im Verlauf des Projekts wurde jedoch deutlich, dass die Umsetzung komplexer ist als zunächst angenommen. Die pilothafte Erprobung des FEB zeigte, dass der operative Betrieb, das Vorhandensein von Auslastungs- und Verkehrsdaten für eine effektive Einsatzplanung sowie das Mindset der Bevölkerung erhebliche Herausforderungen darstellten. Abbildung 41 veranschaulicht die wesentlichen Einflussfaktoren auf das Konzept des FEB.

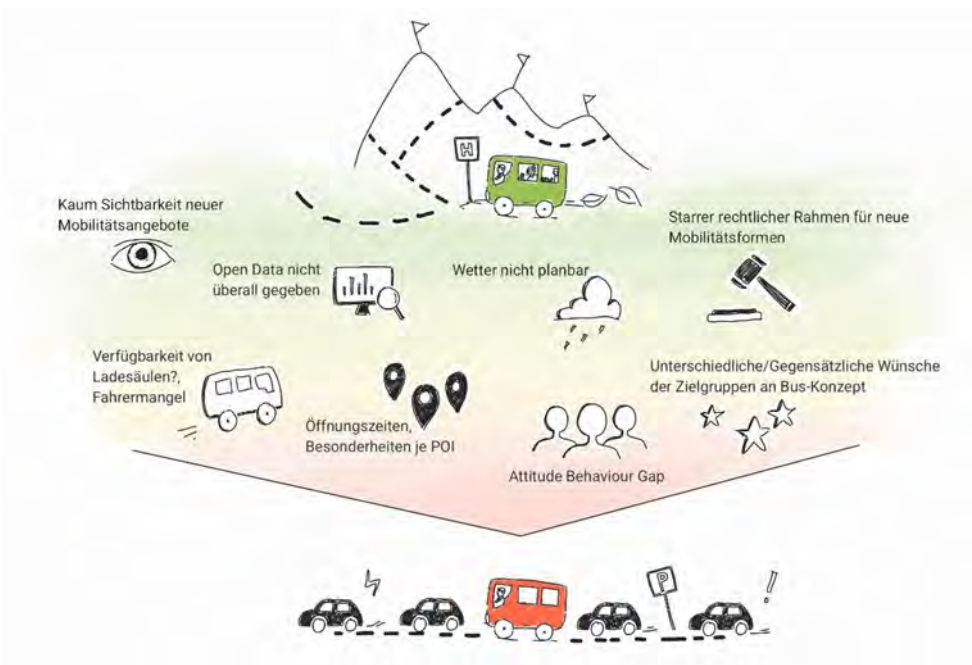

Abbildung 41: Wesentliche Einflussfaktoren auf das Projekt FEB (INIT-Füssen)

Lösungsansatz: Ländliche Regionen wie das Allgäu zeichnen sich häufig durch einen unzureichenden ÖV aus, was den PKW zum bevorzugten Verkehrsmittel für Freizeitaktivitäten macht. Mobilitätsalternativen wie der FEB können daher nur erfolgreich sein, wenn sie von einem umfassenden Mobilitätsmanagement begleitet werden, das die Attraktivität des PKW gezielt verringert und gleichzeitig Maßnahmen zur Förderung der Nutzung des ÖV beinhaltet. Dies betrifft

insbesondere eine Überarbeitung der bestehenden Regulatorik: zum einen sind Mobilitätsalternativen wie der FEB im bestehenden PBefG nicht hinreichend abbildbar, zum anderen stellt der Bereich "Freizeitmobilität" keine kommunale Pflichtaufgabe im Rahmen der Daseinsvorsorge dar. Damit handelt es sich hier um freiwillige Leistungen, für die häufig die erforderlichen finanziellen Ressourcen fehlen. Dies führt mitunter zu der paradoxen Situation, dass sich betroffene Kommunen an den Folgen des touristischen Freizeitverkehrs abarbeiten (bspw. durch den geförderten Ausbau der Verkehrsinfrastruktur), nicht aber an dessen Ursachen.

Darüber hinaus müssen mehr und qualitativ bessere offene Daten verfügbar sein, um die Auslastung an bestimmten Orten präziser zu erfassen. Es ist auch notwendig, ein Umdenken in Politik und Gesellschaft zu fördern, das die Nutzung und die Sichtbarkeit des ÖV im Freizeitbereich stärker in den Fokus rückt und die Lücke zwischen Einstellung und Verhalten („Attitude-Behaviour-Gap") schließt.

6. Eingehende Darstellung der erfolgten oder geplanten Veröffentlichungen des Ergebnisses

6.1 Publikationen

- Eisele, J., Bollenbach, J., Brey, S., Schubert, J., Sommer, G., & Keller, R. (2022). Besucherlenkung und Reduktion des motorisierten Freizeitverkehrs – das Potential datengetriebener und flexibler Busangebote. In S. Leonhardt, T. Neumann, D. Kretz, T. Teich, & M. Bodach (Hrsg.), Innovation und Kooperation auf dem Weg zur All Electric Society: Emergenzen für neue Geschäftsprozesse (S. 175–193). Springer Fachmedien. https://doi.org/10.1007/978-3-658-38706-8_9

- Bollenbach, J., Neubig, S., Hein, A., Keller, R., Krcmar, H. (2022). Using machine learning to predict POI occupancy to reduce overcrowding, In: INFORMATIK 2022. Gesellschaft für Informatik, Bonn

- Bollenbach, J., Neubig, S., Hein, A., Keller, R., & Krcmar, H. (2024). Enabling active visitor management: Local, short-term occupancy prediction at a touristic point of interest. Information Technology & Tourism, 1–32. https://doi.org/10.1007/s40558-024-00291-2

- Keller, R., Neubig, S., Rebholz, D., & Schmücker, D. (2024). How many tourists next weekend: Conceptualizing AI-based Forecasts for Visitor Management in Tourism. Marketing Review St. Gallen, 4, 14–22.

- Meyer-Hollatz, T., Kaiser, M., Keller, R., & Schober, M. (2024). Understanding information needs for seamless intermodal transportation: Evidence from Germany. Transportation Research Part D: Transport and Environment, 130(104161). https://doi.org/10.1016/j.trd.2024.104161

- Bollenbach, J., Rebholz, D., Keller, R. (2024). The Road Not Taken - Representing expert knowledge for route similarities in sustainable tourism using machine learning – eingereicht.

- Bollenbach, J., Keller, R., Menke, F. (2024). Why do we crowd? Causal Explanations for Visitor Management – eingereicht.

- Eisele, J., Reuter, S., Schubert, J., Keller, R., Sommer, G. (2025). Beitrag zum Projekt FEB-NAFV im Sammelband „Customer und Experience Leadership im Tourismus – Warum die Verkehrswende im Freizeitbereich (noch) nicht da ist - Einblicke in den Flexiblen Erlebnisbus – eingereicht.

- Eisele, J., Schubert, J., Rebholz, D., Menke, F., Dietz, B., Köberlein, J., Reisigl, P., Brunner, C., Keller, R., Sommer, G. (2025). Beitrag zur Deutsche Gesellschaft für Tourismuswissenschaft e.V. – Jahrestagung 2024: Der Allgäuer Erlebnisbus als Instrument des Besuchermanagements, der Verkehrsreduktion und CO_2-Einsparung – eingereicht.

6.2 Verbreitung

- 19.04.2022 – 23.04.2022: Design Thinking Workshop im Projekt FEB-NAFV im Rahmen des internationalen Seminars "Innovations of Sustainable Tourism Destination Experiences" an der Hochschule Kempten. Aufgabenstellung: Identification, needs analysis, and evaluation of possible solution- and service concepts with participatory involvement of local stakeholders and users.
- 03/2024 – 07/2024: Transferprojekt einer Studierendengruppe der Hochschule Harz im Studiengang Tourism and Destination Management zur Entwicklung und Umsetzung eines "Inszenierungskonzepts für einen flexiblen Erlebnisbus im Wandertourismus" in Kooperation mit Outdooractive. Im Ergebnis wurden ein Hörspiel sowie mehrere Edutainment-Medien zur Unterstützung der Erlebnisqualität für die dritte Pilotfahrt zum Glasiusweg produziert.
- 03/2024 – 06/2024: Projektseminar "Hands-on Innovation" von Steinbacher-Consult an der Technischen Hochschule Augsburg mit der IHK-Schwaben zum Thema: "Entwicklung einer Webanwendung zur Bewertung von Standorten für die Errichtung von Ladeinfrastruktur" als automatisiertes Standortbewertungstool mit Datenbankanbindung und intuitivem Benutzerinterface.
- 21.03.2024 – 19.06.2024: Seminarbetreuung mit Steinbacher-Consult im Rahmen des Projektseminars „Hands-on Innovation" mit der Technischen Hochschule Augsburg und der IHK-Schwaben. Aufgabenstellung: Entwicklung einer Webanwendung zur Bewertung von Standorten für die Errichtung von Ladeinfrastruktur.
- 30.11.2023 – 18.12.2023: Umfrage Kemptener Bevölkerung zu Freizeit- und Mobilitätsverhalten im Rahmen des Masterstudiengangs "Innovation, Unternehmertum und Leadership" der Hochschule Kempten
- 10/2023 – 04/2024: Technische Universität München: Konzeptionsstudie "Toward the Design of a Mobility Platform for Sustainable Outdoor Tourism" im studiengangsübergreifenden "Digital Transformation and Sustainability Seminar"

6.3 Vorträge, Workshops und (interne) Veranstaltungen

2021:

- 19.10.2021: Vorstellung des Vorhabens FEB-NAFV durch Prof. Robert Keller auf dem mFund Forum Nr. 6 – online.
- Okt. 22: Vortrag im Fachforum: „Mobilitätsangebot im ländlichen Raum zur Verbesserung durch Sharing-Plattformen für Mobility-on-Demand-Dienste" bei der mFUND Tagung des BMVI, Referent: Prof. Dr. Robert Keller - HS Kempten
- 16.11.2021: Offizielle Kick-Off Veranstaltung im Projekt FEB-NAFV mit dem Projektteam und der Referentin des BMVI/mFund
- 14.12.2021: Vortrag zum FEB-NAFV-Projekt im Beirat für Tourismus und Stadtmarketing der Stadt Kempten

2022:

- März 2022: Radiointerview mit Prof. Dr. Robert Keller bei Radio AllgäuHIT: „Besucherlenkung im Allgäu“
- 11.05.2022: Vorstellung des Projekts FEB-NAFV auf der Community of Practice Besuchermanagement, Präsenzveranstaltung mit 100 Teilnehmende im Messeformat – Hochschule Kempten.
- 09.06.2022: Workshop Nr.1 im Rahmen des Forschungsprojekts FEB-NAFV vor dem Hintergrund der 1. Pilotfahrt mit Studierenden der Hochschule Kempten
- 23.06.2022: Workshop Nr.2 im Rahmen des Forschungsprojekts FEB-NAFV vor dem Hintergrund der 1. Pilotfahrt mit Studierenden der Hochschule Kempten
- 26.07.2022: Organisation und Durchführung der ersten Pilotfahrt im Rahmen des Projekts FEB-NAFV
- 11.10.2022: Organisation und Durchführung eines Workshops zum Thema „Anforderungen an den flexiblen Erlebnisbus“ in der swoboda alpin Kletterhalle Kempten mit SeniorInnen der DAV Sektion Kempten
- 20.10.2022: Workshop und Ortsbegehung des ersten „Sensor Use-Case“ (Buchenegger Wasserfälle) im Rahmen des Projekts FEB-NAFV Sektion Kempten
- 09.11.2022: Organisation und Durchführung der zweiten Pilotfahrt im Rahmen des Projekts FEB-NAFV und Ortsbegehung des zweiten „Sensor Use Case“ (Haldertobel)
- 17.11.2022: Teilnahme am Campus Evening mit Inhalten zum INIT und den Projekten „FEB-NAFV“ und „AI-basierter Recommender für nachhaltigen Tourismus (AIR)” an der Hochschule Kempten
- 22.11.2022: Interne Präsentation der ersten Zwischenergebnisse im Projekt FEB-NAFV gegenüber dem Projektfördermittelgeber

2023:

- 24.01.2023: Vorstellung des Projekts FEB-NAFV auf der Community of Practice Besuchermanagement online (durch Johannes Schubert)
- 05.05.2023: Gastbeitrag zu „FEB-NAFV“ (durch Dr. Johannes Schubert) in der Veranstaltung ON AIR (AIR-Verbund)
- 23.04.2023: Ladetests mit E-Bus im Rahmen der bevorstehenden dritten Pilotfahrt
- 14.05.2023: Organisation und Durchführung der dritten Pilotfahrt im Rahmen des Projekts FEB-NAFV
- 20.07.2023: Internes Projekttreffen “Halbzeitbilanz” an der Hochschule Kempten mit dem Team des Projekts FEB-NAFV
- 20.07.2023: Vorstellung des Projekts FEB-NAFV auf der 5. Community of practice Besuchermanagement der Hochschule Kempten
- 14.09.2023: Teilnahme an der Tagung: “Mit Bus und Bahn nachhaltig mobil im Naturpark Altmühltal - Perspektiven für verträgliche Mobilität in Destinationen“ in Eichstätt (durch Simon Reuter)

- 25.10.2023: Vorstellung des Projekts FEB-NAFV auf der Veranstaltung “Bayern Innovativ: Wie gelingt die Verkehrswende?” in München (durch Martin Soutschek)
- 22.11.2023: Vorstellung der Pilotphase mit zuständigen Genehmigungsbehörden

2024:

- 29.01.2024: Austragung der Informations- und Vernetzungsveranstaltung zur Pilotphase im Projekt FEB-NAFV im Naturparkhaus Nagelfluhkette mit ausgewählten Leistungsträgern der Pilot-Region (interne Veranstaltung)
- 04.05.2024: Teilnahme am Mobilitätstag in Kempten mit dem Projekt FEB-NAFV
- 12.05. bis 16.06.2024: Durchführung der Pilotphase im Projekt FEB-NAFV
- 22.05. bis 24.05.2024: Teilnahme und Präsentation des Projekts FEB-NAFV auf der Veranstaltung “International Transport Summit (ITF) 2024” in Leipzig (durch Simon Reuter und Benjamin Dietz)
- 10.07.2024: Teilnahme und Präsentation des Projekts FEB-NAFV auf der Allgäu Initiative Konferenz der Allgäu GmbH
- 14.10.2024: Offizielle Abschlussveranstaltung des Projekts FEB-NAFV mit TÜV Rheinland
- 14.11. bis 16.11.2024: Teilnahme und Präsentation der Pilotphasen-Ergebnisse im Projekt FEB-NAFV an der DGT-Jahrestagung 2024 in Oberstdorf

2025:

- 28.01.2025: Vorstellung der FEB-NAFV Projektergebnisse auf den Allgäuer Tourismusgesprächen an der Hochschule Kempten

6.4 Presseberichterstattung

- Zeitungsartikel „Erlebnis-Bus und bessere Besucherlenkung“ zu den beiden Vorhaben (FEB-NAFV und AIR) des INIT-Füssen. Erschienen in der „Allgäuer Zeitung“ am 15.11.2021.
- Pressemitteilung „Flexibler Erlebnisbus für nachhaltigen Freizeitverkehr“ der Hochschule Kempten anlässlich des Projektstarts. Erschienen am 02.12.2021.
- Beitrag zum Projekt FEB-NAFV „Hochschule Kempten: Flexibler Bus für nachhaltigen Verkehr“. Erschienen in „Allgäu HIT“ am 03.12.2021.
- Pressebericht zum Projekt FEB-NAFV „So soll Busfahren der Zukunft aussehen“. Erschienen im „Der Westallgäuer“ am 26.07.2022.
- Pressebericht zum Projekt FEB-NAFV „Flexibel den Naturpark erleben“. Erschienen im „Naturpark Magazin“ in der Ausgabe 10/2022.
- Pressemitteilung „Busfahren für die Forschung“ der Hochschule Kempten zur Pilotfahrt im Projekt FEB-NAFV am 02.05.2023.
- Pressebericht zur Pilotfahrt FEB-NAFV “Ausflugsidee für den Muttertag: Pilotfahrt mit dem Erlebnisbus ins Glasmacherdorf“. Erschienen in „all.in.de“ am 12.05.2023.
- Pressebericht zu den Sensoren im Projekt FEB-NAFV „Am Tobelweg die Besucher zählen“. Erschienen in der „Allgäuer Zeitung“ am 28.06.2023.

- Zeitungsartikel zum Projekt FEB-NAFV „Im Erlebnisbus statt mit dem Auto: Ideen für einen klimafreundlichen Tourismus im Allgäu“. Erschienen in der „Allgäuer Zeitung“ am 07.07.2023.
- Zeitungsartikel zum Projekt FEB-NAFV „Busfahren für die Forschung“. Erschienen in der „Allgäuer Zeitung“ am 11.05.2024.
- Artikel „Busfahren für die Forschung“ zum Projekt FEB-NAFV im „Extra Kempten“. Erschienen am 15.05.2024.
- Pressemitteilung der Hochschule Kempten zum Projekt FEB-NAFV „Busfahren für die Forschung“. Erschinen am 22.05.2024.
- Fernsehbeitrag im AllgäuTV zum Projekt FEB-NAFV und der Pilotphase „Ohne Auto in die Berge: Der Erlebnisbus der Hochschule Kempten“. Erschienen am 23.05.2024.
- Zeitungsartikel zum Projekt FEB-NAFV „Wer fährt mit im Erlebnisbus?“. Erschienen in der „Allgäuer Zeitung“ am 24.05.2024.
- Artikel zum Projekt FEB-NAFV „Wer fährt mit dem Erlebnisbus?“ im “Extra Kempten“. Erschienen am 29.05.2024.
- Zeitungsartikel „Können Freizeit-Busse den Verkehr in der Region entzerren?“ in der „Allgäuer Zeitung“ zum Projekt FEB-NAFV und der Pilotphase. Erschienen am 25.06.2024.
- Zeitungsartikel zu den Projekten FEB-NAFV und AIR „Allgäuer Touristiker diskutieren über Overtourism und Besucherlenkung“. Erschienen im „Kreisboten“ am 05.02.2025.

Anhangsverzeichnis

Anlage: Pilotphasen-Bericht

mFUND
Das Startkapital für die Mobilität 4.0

Gefördert durch:
Bundesministerium für Digitales und Verkehr
aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

INIT Institut für Nachhaltige und Innovative Tourismusentwicklung
Hochschule Kempten University of Applied Sciences
AÜW
outdooractive
SteinbacherConsult ... invent the future