

Mobility as a Service: Lebendig, Automatisiert, Bedarfe, Sharing – MaaS_LABS (Förderkennzeichen 16SV8264)

Schlussbericht – Kurzbericht

Laufzeit des Vorhabens: 15.05.2019 bis 31.12.2023

Zuwendungsempfänger:

IVU Traffic Technologies AG

Autorin:

Dr-Ing. Juliana Habor

Vorgelegt bei:

VDI/VDE Innovation + Technik GmbH
Steinplatz 1
10623 Berlin

VDI | VDE | IT



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Um den motorisierten Individualverkehr (MIV) zu reduzieren und den ÖPNV zu stärken, muss das Angebot für den Fahrgast attraktiver gestaltet werden, ohne die Belastung für Verkehrsunternehmen zu erhöhen. Das Projekt MaaS LABS setzt an beiden Seiten an. Zur Attraktivitätssteigerung wurde eine Plattform entwickelt, die die Beauskunftung und Buchung von multimodalen Verkehrsmitteln, wie herkömmlicher ÖPNV, Bedarfsverkehre, Sharing-Angebote etc., vereint. Die ganzheitliche Betrachtung der Reiseketten inklusiver Anschlusssicherungen leistet einen Beitrag dazu, dass der MIV im Vergleich mitsamt seinem Kosten für Anschaffung, Wartung und Abstellung und seiner Umweltbelastung an Attraktivität verliert. Eine Flexibilisierung von bedarfsversteuerten Verkehren erhöht die zeitliche und räumliche Verfügbarkeit von Transportmitteln. Damit das verbesserte Angebot bezahlbar bleibt, muss die Effizienz gesteigert werden. Die Lösungsansätze, die im Projekt erforscht wurden, führen zu Automatisierungen von Betriebsabläufen. Dazu gehören neben der integrierten Plattform für Mobilitätsplanung, Betriebssteuerung und Abrechnung auch die Einbindung von Routing- und Bündelungsalgorithmen zur Echtzeit-Planung und Erzeugung von Fahraufträgen für den On-Demand-Verkehr.

Die Flexibilität von ÖPNV-Angeboten besteht häufig darin, dass Fahrten erst nach Bedarfsanmeldung durchgeführt werden. Anmeldungen werden oft telefonisch, teilweise über eine App oder einer Weboberfläche, entgegengenommen und benötigen eine gewisse Voranmeldezeit. Die Fahrten beruhen meistens auf vorgeplanten Fahrwegen und Abfahrtszeiten. Im Projekt verfolgen wir den Ansatz, sowohl die zeitliche als auch die räumliche Flexibilität zu steigern. Dadurch kann die Fahrt besser an die Bedürfnisse der Fahrgäste und die Ankunfts- und Abfahrtszeiten anderer Verkehre angepasst werden. Zusätzlich zur telefonischen Buchung können Fahrten direkt in der Auskunft-App gebucht werden. Die gesamte Reisekette beauskunftet wird beauskunftet und ohne die Bedarfsfahrt kann ohne eine Weiterleitung an eine externe Plattform direkt gebucht werden.

Für Verkehrsbetriebe stehen Digitalisierung und somit Automatisierung von Betriebsabläufen im Fokus. Das entwickelte Konzept sieht vor, dass dynamisch erzeugte Fahrten automatisiert von der Auskunft-App über standardisierte Schnittstellen in den Leitstellensystem übertragen werden und wie herkömmliche vorgeplante Fahrten erscheinen inklusive der Möglichkeit der Ortung für Echtzeitinformationen sowie der Möglichkeit dispositive Maßnahmen durchzuführen. Bei der Fahrterzeugung wird eine optimale Route durch das Verkehrsnetz ermittelt sowie verschiedene Fahrgastanfragen gebündelt. Somit lassen sich Fahrgastwünsche effizient erfüllen. Dieses Verfahren läuft im Hintergrund ab und verlangt kein Eingreifen von Leitstellenmitarbeiter.

Gemeinsam mit den Projektpartnern Cottbusverkehr GmbH und TH Wildau wurden verschiedene Anwendungsfälle identifiziert und modelliert. Dabei wurden die Prozessschritte (Aktionen der beteiligten Akteure (Personen) und Systeme) detailliert modelliert. Das oben beschriebene Konzept wurde für das Verkehrsgebiet in Cottbus konkretisiert. Es wurden Linien identifiziert, die von einer Flexibilisierung profitieren würden und die konkrete Bedarfsverkehrsform ausgewählt.

Auf Basis der produktiven Cottbuser Netzdaten wurden Untersuchungen bezüglich der Platzierung und Modellierung virtueller Bedarfshaltestellen gemacht. Des Weiteren wurde ein Hardwarekonzept für die Ausstattung der Fremdfahrzeuge erstellt und weitere notwendige Betriebsumgebungen spezifiziert.

Das IT-System, welches bei Cottbusverkehr im Einsatz ist und von der IVU entwickelt und eingerichtet wurde, wurde erweitert, um die oben beschriebene Betriebskonzepte unterstützen zu können. Zunächst wurde die Gesamtarchitektur konzipiert. Bestehende Schnittstellen mussten erweitert werden. Dafür wurden Schnittstellenspezifikationen gemeinsam mit den Partnern erarbeitet. Schließlich wurden diese implementiert und weitere Anpassungen in der Software und im Datenmodell wurden vorgenommen.

Zur Einführung des Systems zur Buchung und automatischer Verarbeitung von dynamisch gerouteten Bedarfsfahrten, mussten Plandaten erzeugt und bereitgestellt werden. Um die Haltestellen eindeutig zuordnen zu können, benötigen die Systeme abgestimmte IDs. Im Auskunftssystem und im Buchungssystem wird mit Deutschlandweit einheitliche Haltestellen-IDs (DHIDs) gearbeitet. Im Projektverlauf konnte geklärt werden, dass für die neu hinzugekommenen virtuellen Haltestellen, die sich von den Haltestellen von regulären Linien unterscheiden, eigene DHIDs vergeben können. Neben den potenziellen Haltestellen und die jeweiligen Verbindungen wurden in das Auskunftssystem und das Routingsystem auch Daten über die Bedienregeln eingepflegt bzw. importiert.

Zur Vorbereitung auf die Inbetriebnahme im Produktionssystem wurde zunächst in einem Testsystem getestet. Hierfür wurde eine Betriebsumgebung auf IVU-interne Server aufgebaut, welches dem aktuellen Produktivsystem bei Cottbusverkehr entspricht. Software-Installationen, Konfigurationen und Datenimporte wurden vorgenommen. Eine Verbindung zum externen Testumgebung für das Routingsystem wurde aufgebaut. Mit dem Gesamtsystem wurden die neu entwickelten Module mit realistischen Daten in einer praxisrelevanten Systemumgebung entwicklungsbegleitend getestet. Mit dem Testsystem können die neuen Funktionalitäten demonstriert werden.

Mobility as a Service: Lebendig, Automatisiert, Bedarfe, Sharing – MaaS_LABS (Förderkennzeichen 16SV8264)

Schlussbericht

Laufzeit des Vorhabens: 15.05.2019 bis 31.12.2023

Zuwendungsempfänger:

IVU Traffic Technologies AG

Autorin:

Dr-Ing. Juliana Habor

Vorgelegt bei:

VDI/VDE Innovation + Technik GmbH
Steinplatz 1
10623 Berlin

VDI | VDE | IT



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Inhaltsverzeichnis

1	Allgemeines.....	1
1.1	<i>Aufgabenstellung.....</i>	1
1.2	<i>Wissenschaftlicher und technischer Stand.....</i>	1
1.2.1	Stand bei Projektbeginn.....	1
1.2.2	Fortschritt bei anderen Stellen während der Durchführung.....	1
1.3	<i>Projektdurchführung.....</i>	2
1.3.1	Voraussetzungen.....	2
1.3.2	Planung und Ablauf.....	2
1.3.3	Zusammenarbeit mit anderen Stellen.....	2
2	Projektergebnisse.....	3
2.1	<i>Entwicklung des Betriebskonzeptes.....</i>	3
2.1.1	Konzept – Verbesserungen für Fahrgäste.....	3
2.1.2	Konzept – Verbesserungen für Verkehrsunternehmen.....	3
2.1.3	Modellierung der Anwendungsfälle.....	4
2.1.4	Konkretisierung des Konzeptes – Verkehrsgebiet in Cottbus.....	4
2.2	<i>Anpassung und Weiterentwicklung des IT-Systems.....</i>	7
2.2.1	Gesamtarchitektur.....	7
2.2.2	Schnittstellenspezifikation.....	8
2.2.3	Implementierung.....	10
2.3	<i>Vorbereitungen für die Inbetriebnahme der entwickelten Systeme.....</i>	10
2.3.1	Datenversorgung.....	10
2.3.2	Testsystem und Demonstrator.....	11
2.4	<i>Veröffentlichungen.....</i>	13
3	Verwertbarkeit der Ergebnisse und Erfahrungen.....	14

1 Allgemeines

1.1 Aufgabenstellung

Um den motorisierten Individualverkehr (MIV) zu reduzieren und den ÖPNV zu stärken, muss das Angebot für den Fahrgast attraktiver gestaltet werden, ohne die Belastung für Verkehrsunternehmen zu erhöhen. Das Projekt MaaS LABS setzt an beiden Seiten an. Zur Attraktivitätssteigerung soll eine Plattform entwickelt werden, die die Beauskunftung und Buchung von multimodalen Verkehrsmitteln, wie herkömmlicher ÖPNV, Bedarfsverkehre, Sharing-Angebote etc., vereint. Die ganzheitliche Betrachtung der Reiseketten inklusiver Anschlusssicherungen leistet ein Beitrag dazu, dass der MIV im Vergleich mitsamt seinem Kosten für Anschaffung, Wartung und Abstellung und seiner Umweltbelastung an Attraktivität verliert. Eine Flexibilisierung von bedarfsversteuerten Verkehren erhöht die zeitliche und räumliche Verfügbarkeit von Transportmitteln. Damit das verbesserte Angebot bezahlbar bleibt, muss die Effizienz gesteigert werden. Die Lösungsansätze, die im Projekt erforscht werden sollen, führen zu Automatisierungen von Betriebsabläufen. Dazu gehören neben der integrierten Plattform für Mobilitätsplanung, Betriebssteuerung und Abrechnung auch die Einbindung von Routing- und Bündelungsalgorithmen zur Echtzeit-Planung und Erzeugung von Fahraufträgen für den On-Demand-Verkehr. KI-basierte Prognose von Fahrgastanfragen soll die Vordisponierung von Fahrzeugen und Fahrpersonal optimieren. Standardisierte Schnittstellen tragen dazu bei, dass verschiedene Anbieter diskriminierungsfrei Zugang zu der MaaS-Plattform erhalten. Die Ergebnisse sollen in Living Labs erprobt werden.

1.2 Wissenschaftlicher und technischer Stand

1.2.1 Stand bei Projektbeginn

ÖPNV-Angebotsnetze sind starr, entsprechend sind auch Planungssysteme nur auf eine langfristige Nachfragebestimmung und Planung ausgelegt. Bedarfsfahrten werden üblicherweise im Voraus geplant und nach erfolgter (oftmals telefonischer) Buchung manuell disponiert. Datenmodelle in der ÖPNV-IT-Branche beruhen auf der Annahme, dass es vorgeplante Fahrten gibt. Somit werden mit Referenzierungen auf Planfahrten gearbeitet. In Echt-Zeit berechnete Fahrtverläufe, die an aktuelle Fahrgastanfragen angepasst sind, können nicht ohne Weiteres in den Leitstellensystemen erzeugt und an dem Bordrechner im Fahrzeug versendet werden. App-basierte Buchungen und automatische Dispositionen sind in der Regel Teil von eigenständigen Systemen, die nicht mit dem ÖPNV verknüpft sind. Eine durchgängige Buchung aller Verkehrsmittel für eine gesamte Reisekette ist nur begrenzt möglich. Für die Buchung von Bedarfsverkehren wird im Auskunftportal oftmals nur eine Telefonnummer angegeben, unter der die Fahrt frühzeitig gebucht werden muss.

1.2.2 Fortschritt bei anderen Stellen während der Durchführung

Im Projektverlauf sind keine Fortschritte bei anderen Stellen, die für das Vorhaben relevant sind, bekannt geworden.

1.3 Projektdurchführung

1.3.1 Voraussetzungen

Das Projekt startete vor der Corona-Pandemie. Das Kick-off-Meeting war eine Präsenzveranstaltung, weitere Meetings wurden entweder rein virtuell oder später als Hybrid-Meeting durchgeführt. Mitarbeiter der IVU, die während der Pandemie ins Projekt eingestiegen sind, hatten aufgrund von fehlendem persönlichem Kontakten leichte Schwierigkeiten bei der Projektdurchführung. Nach dem ersten Vor-Ort-Treffen zeigte sich eine deutliche Verbesserung in der Zusammenarbeit und der Kommunikation untereinander.

1.3.2 Planung und Ablauf

Das Vorhaben unterteilte sich in fünf Arbeitspakete und war für eine Laufzeit von 48 Monaten von Mitte 2019 bis Mitte 2023 geplant. Aufgrund der Corona-Pandemie mussten die entsprechenden Modi der Zusammenarbeit erst etabliert und eingeübt werden, was zu einer gewissen Verzögerung in der Abarbeitung führte. Dadurch verzögerte sich die Fertigstellung der benötigten Softwarekomponenten bei der IVU und bei der beauftragten Firma HaCon für die integrierte Buchung der Bedarfsverkehre im Auskunftssystem des VBB. Außerdem waren Aufnahmen des Ist-Zustandes beim Verkehrsunternehmen Cottbusverkehr GmbH nicht in der geplanten Zeit durchführbar, da pandemiebedingt sehr viel Personal ausgefallen bzw. für die Durchführung eines Notfahrplans eingesetzt werden musste und somit nicht dem Projekt zur Verfügung standen. Es wurde eine kostenneutrale Verlängerung des Teilprojektes bis Ende 2023 beantragt und bewilligt.

1.3.3 Zusammenarbeit mit anderen Stellen

Neben der Zusammenarbeit mit den Projektpartnern im Konsortium wurde mit dem Verkehrsverbund Berlin-Brandenburg (VBB), die als assoziierter Partner im Projekt mitgewirkt haben, mit HaCon Ingenieursgesellschaft mbH als Systempartner des VBB zusammengearbeitet und mit Eckardt Software Management ESM GmbH als Partner für Routinglösungen für Bedarfsverkehre zusammengearbeitet.

2 Projektergebnisse

2.1 Entwicklung des Betriebskonzeptes

2.1.1 Konzept – Verbesserungen für Fahrgäste

Die Flexibilität von ÖPNV-Angeboten besteht häufig darin, dass Fahrten erst nach Bedarfsanmeldung durchgeführt werden. Anmeldungen werden oft telefonisch, teilweise über eine App oder einer Weboberfläche, entgegengenommen und benötigen eine gewisse Voranmeldezeit. Die Fahrten beruhen meistens auf vorgeplanten Fahrwegen und Abfahrtszeiten.

Im Projekt verfolgen wir den Ansatz, sowohl die zeitliche als auch die räumliche Flexibilität zu steigern. Das entwickelte Betriebskonzept sieht vor, dass Fahrten erst mal Bedarfsanmeldung geroutet werden, das heißt, dass die Fahrwege dynamisch entstehen. Somit lassen sich mehr potenzielle Haltestellen integrieren, was dazu führt, dass die Wege zur nächsten Haltestelle für die Fahrgäste verkürzt werden. Eine Bindung an vorgeplante Abfahrtszeiten entfällt. Dadurch kann die Fahrt besser an die zeitlichen Bedürfnisse der Fahrgäste und die Ankunfts- und Abfahrtszeiten anderer Verkehre angepasst werden. Das Konzept sieht eine Anschlusssicherung vor. Weiterhin soll die Buchung verbessert werden. Die telefonische Buchungsmöglichkeit soll bestehen bleiben. Zusätzlich können Fahrten direkt in der Auskunft-App gebucht werden. Bisherige App- oder Web-basierte Lösungen sind losgelöst von anderen ÖPNV-Angeboten und ermöglichen nur die Betrachtung der Bedarfsverkehre. Die neue Lösung sieht vor, dass die gesamte Reisekette beauskunftet und ohne Weiterleitung an eine externe Plattform direkt gebucht werden kann. Durch die Digitalisierung des Prozesses können kürzere Voranmeldezeiten realisiert werden.

2.1.2 Konzept – Verbesserungen für Verkehrsunternehmen

Für Verkehrsbetriebe stehen Digitalisierung und somit Automatisierung von Betriebsabläufen im Fokus. Bisher werden mit vorgeplanten Fahrten gearbeitet, die je nach Bedarf gefahren werden oder ausfallen. Die Leitstellensoftware unterstützt diese Art von Verkehren bisher nur bedingt. Viele Verkehrsunternehmen greifen daher noch zu Stift und Papier, um Buchungen vorzumerken. Fahrer werden nicht automatisch über eine anstehende Fahrt benachrichtigt, sondern müssen häufig telefonisch kontaktiert werden. Die Fahrt selbst wird oft nicht wie klassische Linienfahrten in der Leitstelle erfasst, da diese häufig von Subunternehmer mit kleinen Fahrzeugen ohne Bordrechner durchgeführt werden.

Das entwickelte Konzept sieht vor, dass dynamisch erzeugte Fahrten automatisiert von der Auskunft-App über standardisierte Schnittstellen in den Leitstellensystem übertragen werden und wie herkömmliche vorgeplante Fahrten erscheinen. Bei der Fahrterzeugung wird eine optimale Route durch das Verkehrsnetz ermittelt sowie verschiedene Fahrgastanfragen gebündelt. Somit lassen sich Fahrgastwünsche effizient erfüllen. Dieses Verfahren läuft im Hintergrund ab und verlangt kein Eingreifen von Leitstellenmitarbeiter. (Eine Ausnahme stellt die telefonische Buchung dar. Dafür müssen Telefonanfragen entgegengenommen und Fahrten vom Disponenten über eine Benutzeroberfläche ins Leitstellensystem eingepflegt werden.) Die Übertragung der Fahrten von der Leitstelle zum Bordrechner im Fahrzeug erfolgt automatisch. Sollte kein festinstallierter Bordrechner

vorhanden sein, können mobile Endgeräte eingesetzt werden. Wird die Fahrt durchgeführt, erscheint diese wie herkömmliche Fahrten in der Leitstelle inklusive der Möglichkeit der Ortung für Echtzeitinformationen, der Möglichkeit dispositive Maßnahmen durchzuführen und weiterer Funktionen.

2.1.3 Modellierung der Anwendungsfälle

Gemeinsam mit den Projektpartnern Cottbusverkehr GmbH und TH Wildau wurden verschiedene Anwendungsfälle identifiziert und modelliert. Die betrachteten Anwendungsfälle waren folgende: Fahrgast bucht eine Bedarfsfahrt vor und nutzt diese wie geplant, Fahrgast storniert eine gebuchte Bedarfsfahrt, Fahrgast erscheint nicht und tritt die Fahrt nicht an, Fahrgast möchte ohne Buchung spontan dazu steigen, Störungen von Zubringer oder Abbringer und damit einhergehend die Betrachtung der Anschlusssicherung. Für alle Anwendungsfälle wurden die Prozessschritte (Aktionen der beteiligten Aktoren (Personen) und Systeme detailliert modelliert und gemeinsam diskutiert. Abbildung 1 zeigt beispielhaft das Ergebnis für ein Anwendungsfall.

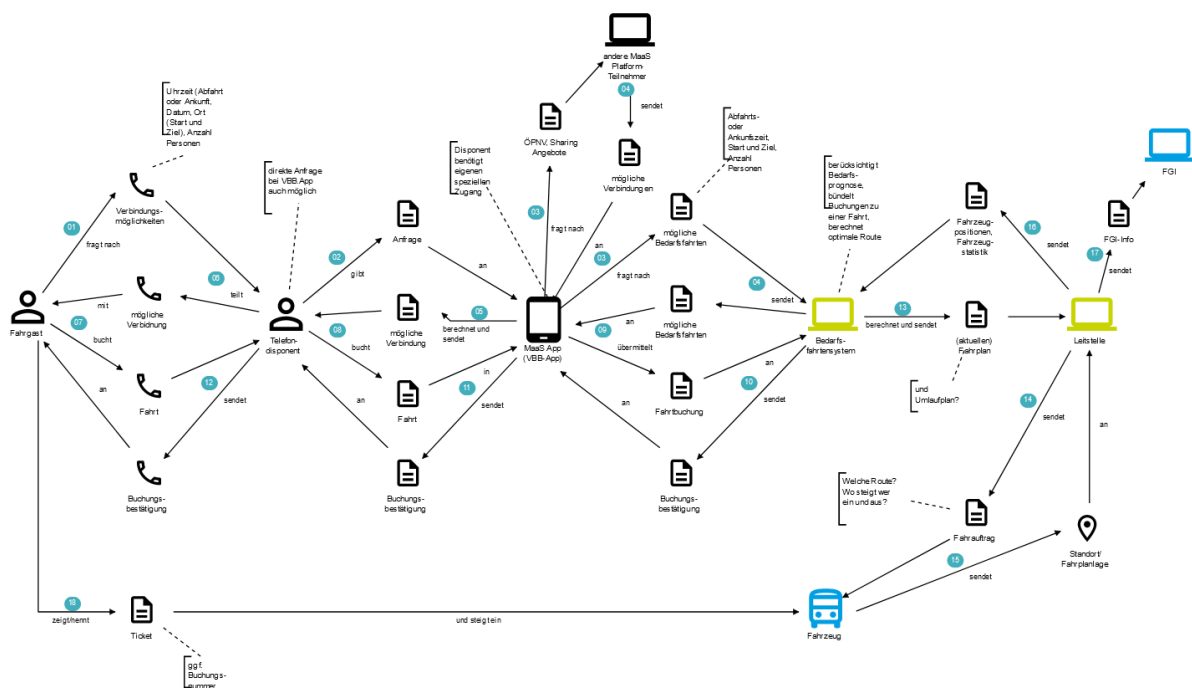


Abbildung 1 Modellierung des Ablaufs, wenn ein Fahrgast telefonisch eine Bedarfsfahrt bucht und diese wie geplant antritt. Für die Modellierung wurde das Tool Domain Story Modeler (www.wps.de/modeler) benutzt.

2.1.4 Konkretisierung des Konzeptes – Verkehrsgebiet in Cottbus

Das oben beschriebene Konzept wurde für das Verkehrsgebiet in Cottbus konkretisiert. Es wurden Linien identifiziert, die von einer Flexibilisierung profitieren würden. Die schwach ausgelastete Linien 2N und 3N (Nachtbusse) sollen in einen sogenannten Richtungsbandbetrieb überführt werden, die Linie 18 (Anruflinie) in ein Sektorbetrieb.

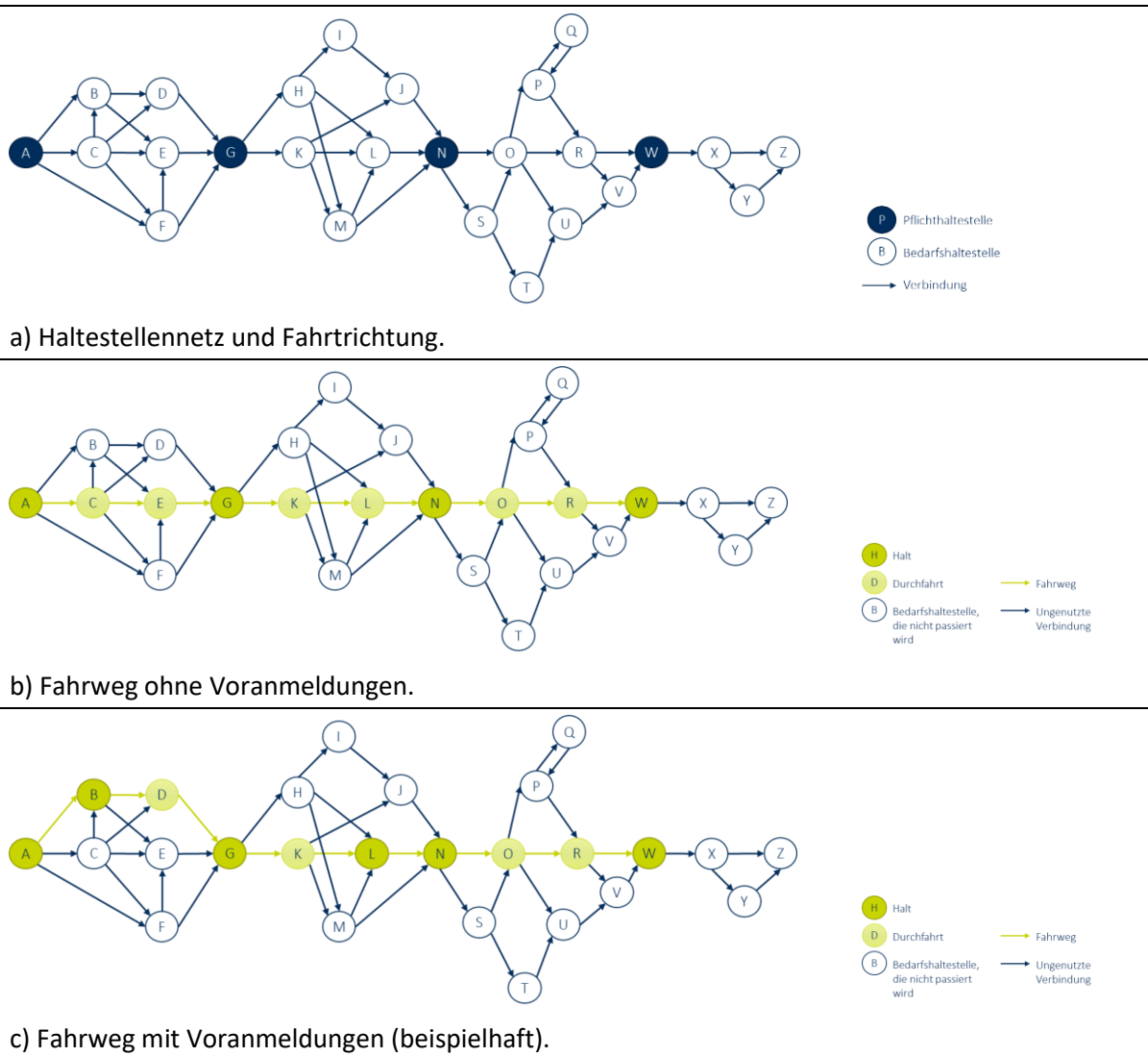


Abbildung 2 Konzept Richtungsbandbetrieb.

Das Konzept des Richtungsbandbetriebs ist in Abbildung 2 dargestellt. Im Richtungsbandbetrieb soll es Haltestellen geben, die zu vorgeplanten Uhrzeiten fest angefahren werden (sogenannte Pflichthaltestellen). Hier soll der Ein- und Ausstieg ohne Voranmeldung möglich sein. Zwischen den Pflichthaltestellen soll es eine Vielzahl von Bedarfshaltestellen in einem bestimmten Korridor geben, die nach einer Voranmeldung bedient werden. Die Haltestellenmenge besteht aus festen Haltestellen der bisherigen Linie, festen Haltestellen anderer Linien sowie neue virtuelle Haltestellen, die beispielsweise nur durch eine Markierung auf dem Bürgersteig oder einen Aufkleber am Laternenmast kenntlich gemacht werden. Durch die Einführung virtueller Haltestellen kann das Angebot an Ein- und Ausstiegsorten ohne großen Aufwand an die Bedürfnisse der Fahrgäste angepasst werden. Die Fahrt zwischen den Pflichthaltestellen wird dynamisch geroutet. Es wird ein optimaler Fahrweg ermittelt, der die aktuellen Buchungsanfragen gebündelt berücksichtigt. In der Fahrgastinformation (App, Anzeiger, etc.) wird die Fahrt in Echtzeit beaufschaltet.

Das Konzept des Sektorbetriebs ist in Abbildung 3 dargestellt. Das Bedarfsangebot fungiert als Zu- oder Abbringer. Daher muss bei der Buchung die Anschlusshaltestelle zu anderen ÖPNV-Verkehren als Einstiegs- oder Ausstiegshaltestelle gewählt werden. Bei einer Voranmeldung bzw. mehreren Voranmeldungen wird ein optionaler Fahrweg geroutet, der die Fahrgastanfragen gebündelt berücksichtigt. Bleiben Voranmeldungen aus, findet keine Fahrt statt. Ein spontaner Einstieg ohne vorherige Fahrtanmeldung ist nicht möglich. Die Fahrt wird daher auch nicht in der Fahrgastinformation beauskunftet.

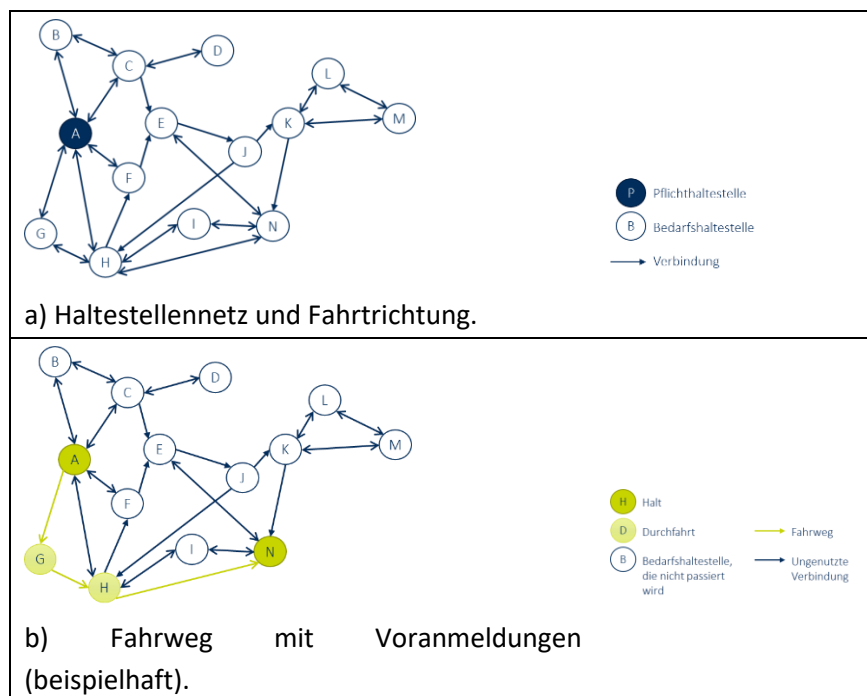


Abbildung 3 Konzept Sektorbetrieb.

Auf Basis der produktiven Cottbuser Netzdaten wurden Untersuchungen bezüglich der Platzierung und Modellierung virtueller Bedarfshaltestellen gemacht. Die TH Wildau ermittelte dafür sinnvolle Standorte für virtuelle Haltestellen und zog dabei Einwohnerdaten hinzu. Dabei wurden Laufdistanzen zur nächsten Bedarfshaltestelle berücksichtigt. Die IVU arbeitete mit diesen Daten weiter und konkretisierte die Standorte mit Haltemasten, die sinnvoll für Fahrtrouten angelegt sind. Die TH Wildau und Cottbusverkehr führte eine Vor-Ort-Begehrung durch zur Validierung der Haltemasten und zur Überprüfung der Ein- und Ausstiegsstelle sowie Anbringungsmöglichkeiten für die Markierung der Haltemasten für Fahrgäste.

In Abbildung 4 ist beispielhaft das Haltestellennetz und mögliche Fahrwege einer Linie im Richtungsbandbetrieb (rechts) und einer Linie im Sektorbetrieb (links) in Cottbus gezeigt.

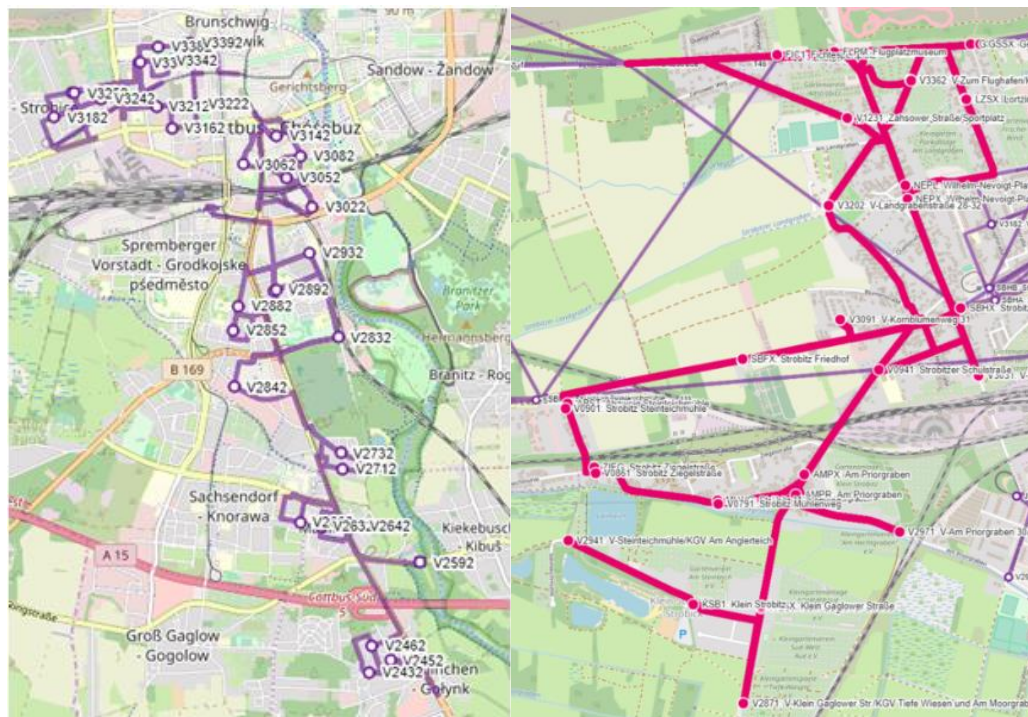


Abbildung 4 Haltestellennetz und mögliche Fahrwege zweier Linien in Cottbus.

Links: Richtungsbandbetrieb. Rechts: Sektorbetrieb.

Im weiteren Projektverlauf musste festgestellt werden, dass eine Flexibilisierung der Nachtbuslinien 2N und 3N wie oben vorgestellt, aus technischen und betrieblichen Gründen nicht im Projektzeitraum realisierbar ist. Die Umgestaltung der Linie 18 hin zu einem Sektorbetrieb blieb davon unberührt.

Des Weiteren wurde ein Hardwarekonzept für die Ausstattung der Fremdfahrzeuge, die für die Linie 18 genutzt werden soll, erstellt und weitere notwendige Betriebsumgebungen spezifiziert.

2.2 Anpassung und Weiterentwicklung des IT-Systems

Das IT-System, welches bei Cottbusverkehr im Einsatz ist und von der IVU entwickelt und eingerichtet wurde, wurde erweitert, um die oben beschriebene Betriebskonzepte unterstützen zu können. Zunächst wurde die Gesamtarchitektur konzipiert. Bestehende Schnittstellen mussten erweitert werden. Dafür wurden Schnittstellenspezifikationen gemeinsam mit den Partnern erarbeitet. Schließlich wurden diese implementiert und weitere Anpassungen in der Software und im Datenmodell wurden vorgenommen.

2.2.1 Gesamtarchitektur

In Abbildung 5 ist die entwickelte Gesamtarchitektur abgebildet. Der Fahrgast erhält in der Fahrplanauskunft eine Reiseroute vorgeschlagen. Ist darin eine Bedarfsfahrt enthalten, die vorab angemeldet werden muss, kann diese dort direkt gebucht werden, ohne auf eine andere Plattform weitergeleitet zu werden. In diesem Prozess sind sowohl die Fahrplanauskunftsplattform als auch das Routing und Fahrtbündelungssystem beteiligt. Die dynamisch erzeugten Fahrten werden an das

Leitstellensystem und weiter an das Fahrzeug übermittelt. Alle beteiligten Schnittstellen und Systeme mussten weiterentwickelt werden.



Abbildung 5 Übersicht Gesamtarchitektur (vereinfacht).

Für die konkrete Umsetzung im Projekt soll für die Fahrplanauskunft die VBB-App benutzt werden, welches von der Firma HaCon Ingenieursgesellschaft mbH entwickelt wird. Das AnSaT System von der Firma Eckardt Software Management ESM GmbH realisiert das Routing und die Fahrtbündelung. Für die IT-Systeme in der Leitstelle und im Fahrzeug kommen die entsprechenden Produkte von der IVU zum Einsatz. Die Schnittstellen 1 und 2 wurden unabhängig von der konkret eingesetzten Software spezifiziert und sind herstellerunabhängig. Schnittstelle 3 ist eine IVU-interne Schnittstelle.

2.2.2 Schnittstellenspezifikation

Im Projekt wurden drei Schnittstellen weiterentwickelt (vgl. Abbildung 5): Schnittstelle 1 zwischen dem Auskunftssystem und dem Routing- (und Bündelungs-)System, Schnittstelle 2 zwischen dem Routing- (und Bündelungs-)System und dem Leitstellensystem und Schnittstelle 3 zwischen dem Leitstellensystem und dem Bordrechner im Fahrzeug. Die Ergebnisse werden in den nächsten Unterabschnitten vorgestellt.

Schnittstelle Auskunftssystem <-> Routingsystem

An der Spezifikation dieser Schnittstelle waren, neben der IVU und den Projektpartnern aus dem Konsortium, der Verkehrsverbund Berlin-Brandenburg (VBB), die Firma HaCon Ingenieursgesellschaft mbH (kurz: HaCon) und die Firma Eckardt Software Management ESM GmbH (kurz: ESM) beteiligt. Die IVU organisierte, moderierte und protokollierte die Abstimmungen zwischen den Partnern. Die Schnittstelle dient dazu, Buchungen von Bedarfsfahrten aus einem Auskunftssystem zu ermöglichen. Es wurde gemeinsam beschlossen, dass die Schnittstelle auf der Standardschnittstelle Travellers' Realtime Information and Advisory Standard (TRIAS) bzw. die VDV-Schrift 431-2 „Echtzeit Kommunikations- und Auskunftsplattform EKAP“ aufbauen soll. Im Projekt wurden Erweiterungen für diese Schnittstelle erarbeitet, welche in die VDV-Schrift Version 1.4 eingeschlossen sind.

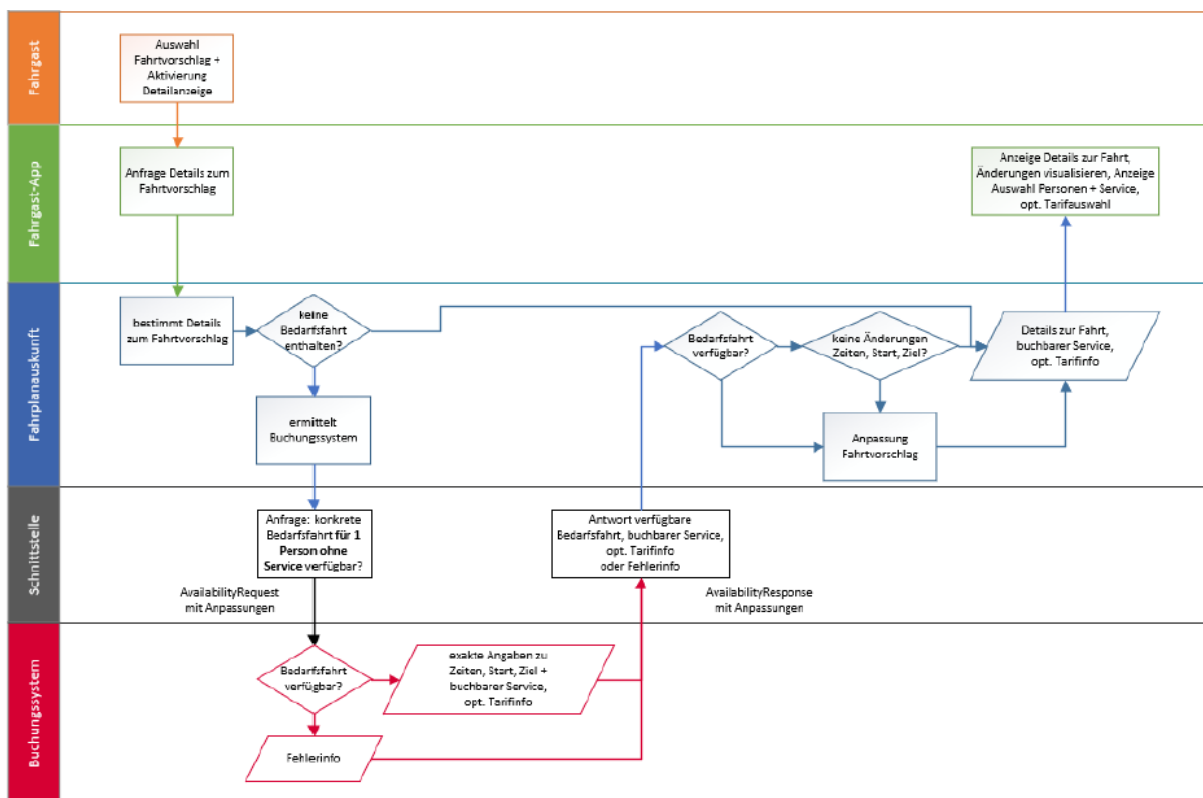


Abbildung 6 Ablauf der Verfügbarkeitsanfrage. (Quelle: "ESM Schnittstelle TRIAS-Online-Buchung" (15.11.2022), erstellt von der Firma ESM GmbH)

Zunächst wurde der Prozess bei einer Buchung definiert. Fragt der Fahrgast in der Fahrplanauskunftsportal (Web-Oberfläche oder App) nach einer Verbindung, ermittelt das Auskunftssystem mögliche Fahrtvorschläge für die gesamte Reisekette. Falls Bedarfsanteile vorhanden sind, werden die Abfahrts- und Ankunftszeiten zunächst nur aus den Solldaten entnommen. Der Fahrgast kann aus der Liste der Vorschläge eine konkrete Verbindung auswählen. Das Auskunftssystem sendet daraufhin eine Verfügbarkeitsanfrage für die Bedarfsfahrt(en) an das Routingsystem. Das Routingsystem geprüft, ob diese Fahrt buchbar ist und sendet ggf. angepasste Reisezeiten, auswählbare Servicemerkmale (Beförderung von Gepäckstücken, Kinderwagen, (klappbaren) Rollstühlen) und unterstützte Fahrausweise an das Auskunftssystem. Diese konkrete Bedarfsfahrt mit den zusätzlichen Auswahlmöglichkeiten wird dem Buchenden angezeigt. Die Fahrt kann per Buchungsanfrage gebucht (bzw. reserviert) werden und ggf. per Stornierungsanfrage wieder storniert werden. Das Routingsystem sendet jeweilige Bestätigungen an das Auskunftssystem. Für die jeweiligen Teilprozesse (Verbindungsanfrage, Verfügbarkeitsanfrage, Buchungsanfrage, Stornoanfrage) wurde der Ablauf graphisch modelliert (Abbildung 6 zeigt ein Beispiel).

Für die Schnittstellenspezifikation wurden die benötigten Nachrichtenelemente sowie Details bezüglich der Nachrichtenübermittlung ausgearbeitet, diskutiert und gemeinsam beschlossen. Die TRIAS-Schnittstelle wurde um die Dienste Verfügbarkeitsanfrage, Buchenanfrage und Stornoanfrage ergänzt. Für jeden Dienst wurden Anfragen- und sowie alle benötigten Unterelemente spezifiziert. Dabei wurden sowohl bestehende Strukturen erweitert als auch Neue definiert. Zu den Unterelementen gehören solche, die benötigt werden für die Angaben zur Bedarfsfahrt inkl. Ein- und Ausstiegsstelle,

Angaben zu den Fahrgästen inkl. benötigter Service wie bspw. Rollstuhl- oder Kinderwagenmitnahme und frühester Abfahrtszeitpunkt bzw. spätester Ankunftszeitpunkt wegen eventueller Anschlüsse.

Schnittstelle Routingsystem <-> Leitstellensystem

An der Spezifikation dieser Schnittstelle waren die Firma Eckardt Software Management ESM GmbH (kurz: ESM) und die IVU beteiligt. Die Schnittstelle dient dazu, gebündelte Fahrten aus dem Routingsystem, die durch (mehrere) Fahrgastanfragen dynamisch geroutet wurden ins Leitstellensystem zu übertragen. Es wurde gemeinsam beschlossen, dass die Schnittstelle auf der Standardschnittstelle spezifiziert in der VDV-Schrift 459 Ist-Daten-Schnittstelle „Nachfragegesteuerte Verkehre (AST)“ aufbauen soll. Die Standardschnittstelle arbeitet mit einem Abonnentenverfahren. Dieses Kommunikationsmuster wurde durch eine Request-Response-Kommunikation ersetzt, um die Akzeptanz zur Einbindung dieser Schnittstelle zu erhöhen. Fahraufträge werden vom Routingsystem an das Leitstellensystem mittels eines HTTP-POST-Verfahrens übertragen. Die Fahraufträge enthalten Informationen über Einstiegs- und Ausstiegsorte, Anzahl der ein- und aussteigenden Fahrgäste, die zugehörigen Namen und/oder Buchungsnummern zur Fahrgastidentifikation und eventuelle Nachrichten oder Hinweise an den Fahrer. Es wird eine technische Antwort erwartet, welches den Nachrichteneingang bestätigt. Nach der Verarbeitung erfolgt eine fachliche Antwort darüber, ob die Fahrt angenommen wurde. Zusätzlich zu der Spezifikation in der VDV-Schrift wurden Elemente ergänzt, um das Request-Response Verfahren zu unterstützen und um Haltepunkte, die fest angefangen werden müssen (Pflichthaltestellen, siehe Abschnitt 2.1.4 Konkretisierung des Konzeptes – Verkehrsgebiet in Cottbus) abzubilden.

Schnittstelle Leitstellensystem <-> Bordrechner

Diese ist eine IVU-proprietäre Schnittstelle. Das bestehende Verfahren wurde erweitert, um Fahrten, die nicht in den Solldaten enthalten sind, übertragen zu können. Das heißt, dass statt eines Verweises auf einem Fahrtweg in den Solldaten ein kompletter Fahrtverlauf übermittelt werden wird.

2.2.3 Implementierung

Die Software von der IVU wurden dahingehend modifiziert, um dynamisch erzeugte Fahrtverläufe, die nicht in den Plandaten vorhanden sind, entgegennehmen und verarbeiten zu können. Dazu wurde das Datenmodell grundlegend überarbeitet. Bisher wurden Verweise auf Fahrwege in den Plandaten genutzt, um Fahrten abzubilden. Da dynamisch erzeugte Fahrtverläufe nicht in den Plandaten vorkommen, wurden nun sogenannte ausgerollte Fahrten modelliert, die den kompletten Fahrtverlauf beschreiben. Die gesamte Software wurde angepasst, um das neue Datenmodell nutzen zu können. Die Software-Entwicklung erfolgte nach agilen Methoden.

2.3 Vorbereitungen für die Inbetriebnahme der entwickelten Systeme

2.3.1 Datenversorgung

Zur Einführung des Systems zur Buchung und automatischer Verarbeitung von dynamisch gerouteten Bedarfsfahrten, müssen Plandaten erzeugt und bereitgestellt werden. Fahrtverläufe müssen nicht vorgeplant werden. Trotzdem benötigen sowohl Auskunftssystem, Routingsystem, Leitstellensystem

und Bordrechner gemeinsame Netzdaten (siehe Abbildung 5). Dazu zählen alle potenziellen Haltestellen (inkl. der exakten Geo-Koordinate und Fahrtrichtung) und die jeweiligen zulässigen Verbindungen (inkl. der Fahrzeiten). Im Projekt wurde eine Vielzahl neuer Haltestellen identifiziert (siehe 2.1.4 Konkretisierung des Konzeptes – Verkehrsgebiet in Cottbus), die nun in die Systeme eingepflegt werden müssen. Die Distanzen und Fahrzeiten zwischen allen Haltestellen wurden ermittelt. Diese Informationen sind für Auskunftssystem und Routingsystem nützlich. Für das Leitstellensystem sowie dem Bordrechner sind nur die direkten Verbindungen zwischen den Haltestellen relevant. (Gesamt-)Verbindungen zwischen Haltestellen, die durch mehrere Einzelverbindungen abgebildet werden können, werden nicht benötigt. Die Aufnahme dieser Verbindungen würde zu einer drastischen Erhöhung der Datenmenge führen. Daher wurde im Projekt ein Algorithmus entwickelt, um aus den Distanz- und Fahrzeitenmatrizen automatisch eine Adjazenzmatrix von zulässigen Haltestellen-Beidenrelationen zu erzeugen. Das Verfahren wurde gemeinsam mit der TH Wildau erarbeitet und evaluiert.

Um die Haltestellen eindeutig zuordnen zu können, benötigen die Systeme abgestimmte IDs. Im Auskunftssystem und im Buchungssystem wird mit Deutschlandweit einheitliche Haltestellen-IDs (DHIDs) gearbeitet. Im Projektverlauf konnte geklärt werden, dass für die neu hinzugekommenen virtuellen Haltestellen, die sich von den Haltestellen von regulären Linien unterscheiden, eigene DHIDs vergeben können. Das Leitstellensystem und Bordrechnersystem hingegen arbeiten mit Haltestellen-IDs der Verkehrsunternehmen. Die Umrechnung der IDs erfolgt im Routingsystem. Alle benötigten IDs mussten erstellt und mit den jeweils betroffenen Partnern abgestimmt werden.

Neben den potenziellen Haltestellen und die jeweiligen Verbindungen wurden in das Auskunftssystem und das Routingsystem auch Daten über die Bedienregeln eingepflegt bzw. importiert. Dazu zählen Angaben darüber, in welchen Zeiträumen die Fahrten angeboten werden können, welche Voranmeldefristen gelten und welche Haltestellenrelationen grundsätzlich erlaubt/verboten sind (Beispiel: Bei Zubringer/Abbringer-Verkehr kann man nur zu der Umsteigehaltestelle fahren oder dort einsteigen, nicht aber innerhalb des Gebietes fahren.).

2.3.2 Testsystem und Demonstrator

Vor der Inbetriebnahme im Produktionssystem wurde zunächst in einem Testsystem getestet. Hierfür wurde eine Betriebsumgebung auf IVU-interne Server aufgebaut, welches dem aktuellen Produktivsystem bei Cottbusverkehr entspricht. Software-Installationen, Konfigurationen und Datenimporte wurden vorgenommen. Eine Verbindung zur externen Testumgebung für das Routingsystem wurde aufgebaut. Mit dem Gesamtsystem wurden die neu entwickelten Module mit realistischen Daten in einer praxisrelevanten Systemumgebung entwicklungsbegleitend getestet.

Mit dem Testsystem können die neuen Funktionalitäten demonstriert werden. Die Fahrt kann entweder online über eine Fahrgast-App oder bei telefonischer Buchung über die AnSaT-Oberfläche gebucht werden. Abbildung 7 zeigt beispielhaft und konzeptionell die Buchung über eine App, Abbildung 8 zeigt beispielhaft eine Buchung von Cottbus, Ströbitzer Hauptstraße nach Cottbus, Quellgrund über die AnSaT-Oberfläche. Das Routingsystem erzeugt aus diesem und eventuell weiteren Fahrtwünschen eine gebündelte Gesamtfahrt, die automatisch an das Leitstellensystem und anschließend an den Bordrechner übertragen wird. Eine mögliche Darstellung der Bedarfsfahrt in der Leitstelle und auf dem Bordrechner ist in Abbildung 9 dargestellt.

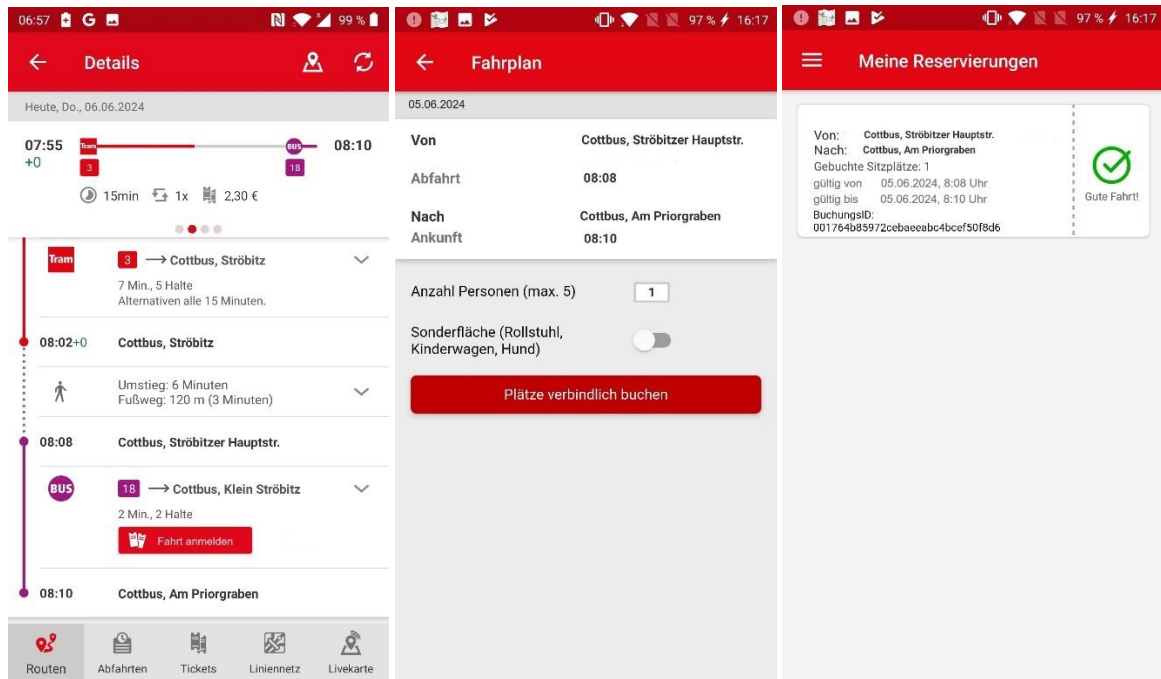


Abbildung 7 Fahrgastanfrage in der App und direkte Buchung der Bedarfsfahrt in der Auskunftsplattform (Konzept).

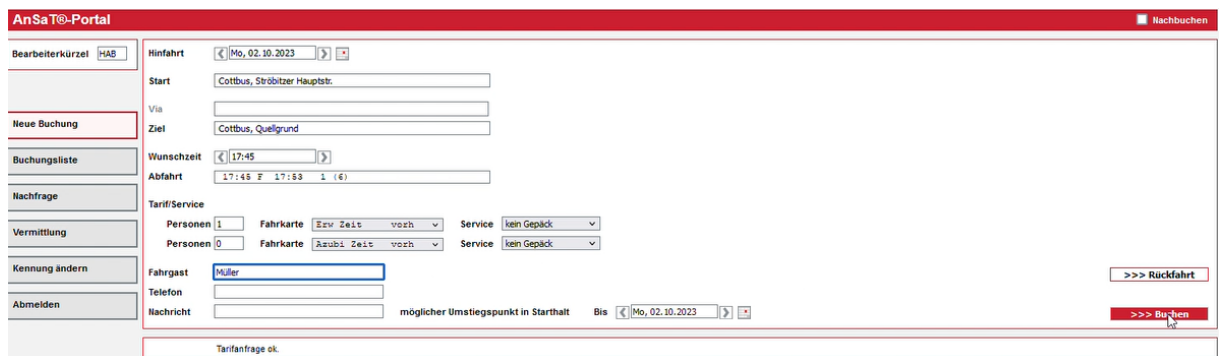


Abbildung 8 Oberfläche des Routingsystems (AnSaT vom der Firma ESM) für die Eingabe von telefonischen Buchungen.

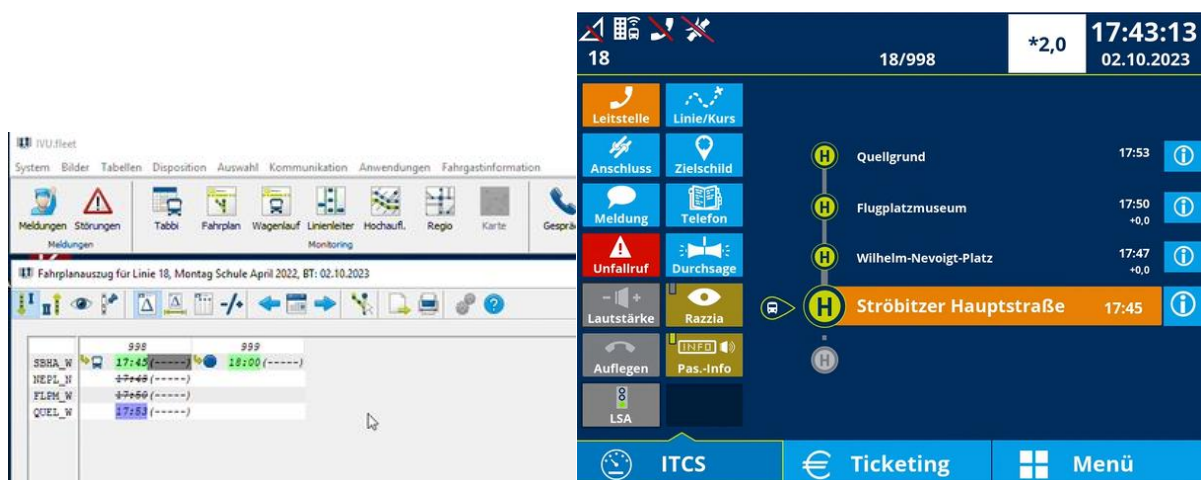


Abbildung 9 Ansicht für den Leitstellendisponenten (rechts) und für den Fahrer auf dem Bordrechner (links).

2.4 Veröffentlichungen

Die Zwischenergebnisse aus dem Projekt wurden auf der Veranstaltung „5. Forum Neue Mobilitätsformen“ (FoNeMo 2022) am 10.03.2022 in Form eines Fachvortrags vorgestellt. Weitere Infos sind auf der Veranstaltungswebseite zu entnehmen:

<https://www.th-wildau.de/forschung-transfer/wissens-und-technologietransfer/veranstaltungen-und-termine/wildauer-wissenschaftswoche/wissenschaftswoche/fonemo-2022/>

Ein Manuskript mit dem Titel „MaaS L.A.B.S. – Bedarfsgesteuerter ÖPNV in Cottbus“ wurde bei der Zeitschrift „Internationale Verkehrswesen“ eingereicht und für die Ausgabe 03/2024 angenommen.

3 Verwertbarkeit der Ergebnisse und Erfahrungen

Im Zuge des Projektes wurden Betriebskonzepte erarbeitet, Schnittstellen spezifiziert und die Produkte der IVU weiterentwickelt. Die Betriebskonzepte dienen der Flexibilisierung heutiger Bedarfsverkehre und Einbindung dieser in die bestehende IT-Landschaft von Verkehrsunternehmen und Verkehrsverbünden. Starre Lösungen in Regionen mit geringem Fahrgastaufkommen sind entweder unattraktiv für Fahrgäste (Fahrt findet zu ungünstigen Zeiten/zu selten statt, nächste Haltestelle zu weit weg, Fahrweg zu lang/führt über viele Umwege ans Ziel, ...) oder komplex und teuer für Verkehrsunternehmen, falls das Angebot dennoch attraktiv gestaltet werden soll (hoher Personalaufwand/Fahrzeugeinsatz bei geringer Auslastung, viele Leerkilometer). Durch die Flexibilisierung und Digitalisierung ergeben sich Verbesserungen sowohl für Fahrgäste als auch für Verkehrsunternehmen, die in Abschnitt 2.1.1 und 2.1.2 erläutert sind. Das Verfahren zur Auswahl und Einbindung von virtuellen Bedarfshaltestellen und die Überführung des Verkehrs in ein On-Demand Sektorbetrieb ist teil-automatisiert und übertragbar auf andere Verkehrsgebiete und nicht beschränkt auf das Gebiet in Cottbus. Mit den erarbeiteten Konzepten und gesammelten Erfahrungen lassen sich somit weitere Gebiete effizienter umgestalten.

Die spezifizierten und teilweise standardisierten Schnittstellen mit Partnern aus der Branche ermöglichen eine vereinfachte Anbindung von Softwaresystemen anderer Unternehmen. So kann die Lösung ohne erheblichen Aufwand auch bei Verkehrsunternehmen eingesetzt werden, die ein anderes Auskunftssystem oder ein anderes Routingsystem bereits nutzen oder benutzen wollen. Für die IVU erhöhen sich die Chancen, solche Verkehrsunternehmen als Kunden zu gewinnen.

Die Produkte der IVU wurden dahingehend weiterentwickelt, um (Bedarfs-)Fahrten, deren Fahrweg nicht in den Plandaten auftauchen, von einem externen System annehmen, abbilden und weiter verarbeiten zu können. Dafür wurde das Datenmodell grundlegend verändert und die Produkte angepasst, um das neue Datenmodell zu verwenden zu können. Außerdem unterstützen die Produkte die zuvor spezifizierten Schnittstellen und Betriebskonzepte. Die Anpassung des Datenmodells erlaubt nicht nur die Abbildung von ad-hoc geplanten Fahrten. Ebenso können flexible Umleitungen ohne Vorplanung realisiert werden. Durch die Erweiterungen der Software und der IVU.suite können sowohl Bestandskunden als auch Neukunden profitieren.

Durch das Projekt MaaS LABS und die darin erarbeiteten Konzepte, Schnittstellen und erfolgten Implementierungen können Bedarfsverkehre näher an die Bedürfnisse der Fahrgäste angepasst werden. Die Verkehrsunternehmen werden durch die Integration solcher Verkehre in die vorhandene IT-Systeme entlastet und können das Angebot effizienter umsetzen. Das Projekt lieferte einen wichtigen Beitrag zur Marktreifung dieser Lösung.