



SCHLUSSBERICHT

Forschungsprojekt PRÖVIMM

P+R und ÖPNV-Informationen machen Menschen mobil

Inhalt



**Wann
PRÖVIMM nutzen?**
Seite 4



**Woraus besteht
PRÖVIMM?**
Seite 10



**Wann ist ein P+R-
Platz voll?**
Seite 16



**Was passiert mit
den P+R-Daten?**
Seite 26



**Wie kommen
Auto und ÖV
zusammen?**
Seite 36



**Wo finde ich
PRÖVIMM?**
Seite 42



Wer ist dabei?
Seite 54

**Glossar
Impressum**
Seite 59

Liebe Leserin, lieber Leser,

Ballungsräume sind täglich hohen Verkehrsbelastungen ausgesetzt. Ziel von modernen Verkehrsauskunftssystemen ist es daher, diese Verkehrsbelastungen möglichst störungsfrei, effizient und umweltverträglich zu gestalten. Die Beförderung von Personen in urbanen Räumen wird zu einem großen Teil vom öffentlichen Verkehr (ÖV) übernommen. In gut ausgebauten öffentlichen Verkehrssystemen können Personen, die auf dem Weg zur Arbeit sind, einkaufen oder ihre Freizeit gestalten wollen, schnell und umweltfreundlich ihr Ziel erreichen. Zur Planung solcher Fahrten mit Bus und Bahn stehen dem ÖV-Nutzer eine Reihe von Informationssystemen zur Seite, mit denen über das Internet und den damit einhergehenden Smartphone-Applikationen Routen von A nach B geplant werden können. Auch für den motorisierten Individualverkehr (MIV) stehen eine Reihe von Applikationen und Navigationssystemen zur Verfügung.

Aktuell stoßen diese Verkehrsinformationssysteme gerade dann an ihre Grenzen, wenn eine Fahrt sowohl Verkehrsmittel des MIV als auch des ÖV beinhalten soll. Solche intermodalen Routen sind beispielsweise dann sinnvoll, wenn aus einer ländlichen Region mit nur eingeschränktem ÖV-Angebot in einen Ballungsraum eingependelt wird. Ebenso erhält ein Pkw-Fahrer, der gerade im Stau steht, keinen Hinweis darauf, dass als alternative und meist schnellere Fahrtmöglichkeit ein nahegelegener Park+Ride-Platz (P+R-Platz) angesteuert werden kann, um dann den ÖV für die Weiterfahrt zum Ziel zu nutzen.

Das Forschungsprojekt „Park+Ride und ÖPNV-Informationen machen Menschen mobil“ (PRÖVIMM) hat das Ziel, einen Mobilitätsdienst zu entwickeln, der intermodale Informationen zur kombinierten Nutzung von ÖV und MIV bereitstellt und insbesondere Autofahrern eine verbesserte und verlässliche Entscheidungshilfe für den, zumindest zeitweisen, Umstieg auf den ÖV bietet. Die zentrale Herausforderung hierbei ist es, die unterschiedlichen Daten des MIV, des ÖV sowie Daten zu P+R-Plätzen miteinander zu verknüpfen, um dem Nutzer eine möglichst lückenlose Informationskette anzubieten.

Vier Projektpartner aus Verkehr und Industrie bündeln ihr Know-how, um Informationen zum ÖV, zum IV und zu P+R-Plätzen in geeigneter Weise zu verbinden und zur Verfügung zu stellen. Die Verkehrsverbund Rhein-Sieg GmbH (VRS) und die Münchner Verkehrs- und Tarifverbund GmbH (MVG) zeichnen sich hierbei für die Informationen des ÖV verantwortlich. Die DataCollect Traffic Systems GmbH (DC) übernimmt die Erhebung und Verarbeitung der P+R-Daten und die Robert Bosch GmbH ist für die Informationen des MIV und das intermodale Routing zuständig.

PRÖVIMM ist ein Projekt der Forschungsinitiative „Von Tür zu Tür“ mit einer Laufzeit vom 01.06.2013 bis zum 30.11.2015 und wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi) gefördert. Die „Tür zu Tür“-Projekte haben zur Auflage, einheitliche Standards zur Systemarchitektur und zu Schnittstellen zu nutzen.

Viel Vergnügen bei der Lektüre des PRÖVIMM-Schlussberichtes wünschen Ihnen die Projektpartner

**Verkehrsverbund Rhein-Sieg GmbH,
Münchner Verkehrs- und Tarifverbund GmbH,
Robert Bosch GmbH und
DataCollect Traffic Systems GmbH**

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Das diesem Bericht zugrundeliegende Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie unter den Förderkennzeichen 19P13005A, 19P13005B, 19P13005C und 19P13005D gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren.

WANN PRÖVIMM NUTZEN?

Um sich in die Rolle der zukünftigen Nutzer der PRÖVIMM-Systeme hineinzuversetzen, wurden nutzerspezifische Szenarien, im Entwicklungsstadium „use cases“ genannt, erarbeitet. Im Zentrum stand dabei die Frage, in welchen Situationen eine Tür zu Tür-Unterstützung in Bezug auf intermodale Routen mit der Nutzung eines P+R-Platzes sinnvoll ist und welche Funktionalitäten die Systeme aufweisen müssen, um den Ansprüchen potentieller Nutzer gerecht zu werden. Die anfänglichen „use cases“ wurden zu zwei Szenarien verdichtet: der pre-trip-Planung intermodaler Routen vor der Fahrt sowie der on-trip-Planung während der Fahrt, also der Neuberechnung einer Route aufgrund der aktuellen Verkehrslage.

INFORMATIONEN VOR UND WÄHREND DER FAHRT

DIE PRÖVIMM-SZENARIEN



Um die Anwendungsmöglichkeiten und Potentiale von PRÖVIMM zu identifizieren und zu verdeutlichen, wurden zwei nutzerspezifische Szenarien entwickelt. In Ergänzung zu den bisher etablierten Informations- und Auskunftssystemen, sowohl des MIV als auch des ÖV, umfasst das Projekt weitere Informationsquellen und die Kombination verschiedener Arten von Informationen. Dies sind zum einen die Integration von Informationen über P+R-Plätze und zum anderen die Entwicklung eines intermodalen Routings. In diesem können Routen berechnet werden, die sowohl Fahrtabschnitte mit dem MIV als auch Fahrtabschnitte mit dem ÖV

beinhalten. Verknüpfungspunkt dieser beiden Teile ist ein P+R-Platz mit freien Kapazitäten, auf dem das Auto geparkt wird und von wo aus der Nutzer zur ÖV-Haltestelle gelangt. Ferner wurde eine Funktionalität entworfen, die den Nutzer auf seiner Fahrt begleitet und ihn mit den relevanten Informationen versorgt.

Informationsbedürfnis pre-trip und on-trip

Die Szenarien wurden dazu genutzt, die PRÖVIMM-Systemkomponenten genauer zu spezifizieren und deren Zusammenspiel zu definieren. So wird von vornherein ein

umfassender Blick auf das zu entwerfende System und die praxistaugliche Umsetzung der verschiedenen Komponenten und Dienste ermöglicht. Bei der genauen Betrachtung der Funktionalitäten und Möglichkeiten wurden aus Nutzersicht zwei unterschiedliche Zeitpunkte identifiziert, zu denen Informationen benötigt werden. Zum einen werden Informationen zur Planung bereits vor einer Fahrt benötigt und zum anderen können Informationen erst während einer Fahrt relevant werden und den weiteren Verlauf der Fahrt beeinflussen, etwa wenn sich die aktuelle Verkehrslage ändert.

Informationen, die vor einer Fahrt eingeholt werden (pre-trip-Informationen) dienen dazu, eine Fahrt im Vorfeld zu planen. Der Planungsphase folgt später oder unmittelbar danach die eigentliche Fahrt. Im PRÖVIMM-Kontext beinhaltet eine Verbindung eine Teilverbindung mit dem MIV hin zu einem P+R-Platz mit prognostizierter, freier Kapazität, den Umstieg in die öffentlichen Verkehrsmittel sowie die zweite Teilverbindung zum Ziel mit Nutzung des ÖV. In Abbildung 1 wird dieses Szenario veranschaulicht.

Darüber hinaus werden Informationen genutzt, die erst während der

Fahrt entstehen, aber dennoch für die Fahrt von Bedeutung sind. Dieses Szenario wird in Abbildung 2 verdeutlicht, wobei dem Nutzer, welcher seine Fahrt pre-trip als reine Autofahrt geplant hat, während der Fahrt relevante neue Informationen zum aktuellen Verkehrsgeschehen bereitgestellt werden. Zusätzlich kann der Nutzer während seiner Fahrt aktiv aktuelle Informationen abrufen. Die Herausforderung liegt im permanenten Monitoring relevanter Echtzeitdaten entlang des geplanten Reiseweges. Eignet sich während der Reise eine Störung, welche die Reise gravierend beeinträchtigt und die prognostizierte Fahrtzeit signifikant

verlängert, werden dem Nutzer Alternativen vorgeschlagen, die neben der reinen Autofahrt auch intermodale Routen enthalten, bei denen der Nutzer auf einen P+R-Platz mit aktueller freier Kapazität umgeleitet wird und von dort seine Fahrt zum Zielort mit den öffentlichen Verkehrsmitteln fortsetzen kann.

Beide Szenarien, sowohl die intermodale Fahrt pre-trip als auch die intermodale Fahrt on-trip, lassen sich jeweils um eine dazugehörige Rückfahrt erweitern, die mit öffentlichen Verkehrsmitteln zurück zum P+R-Platz und von dort weiter mit dem Auto geplant wird.

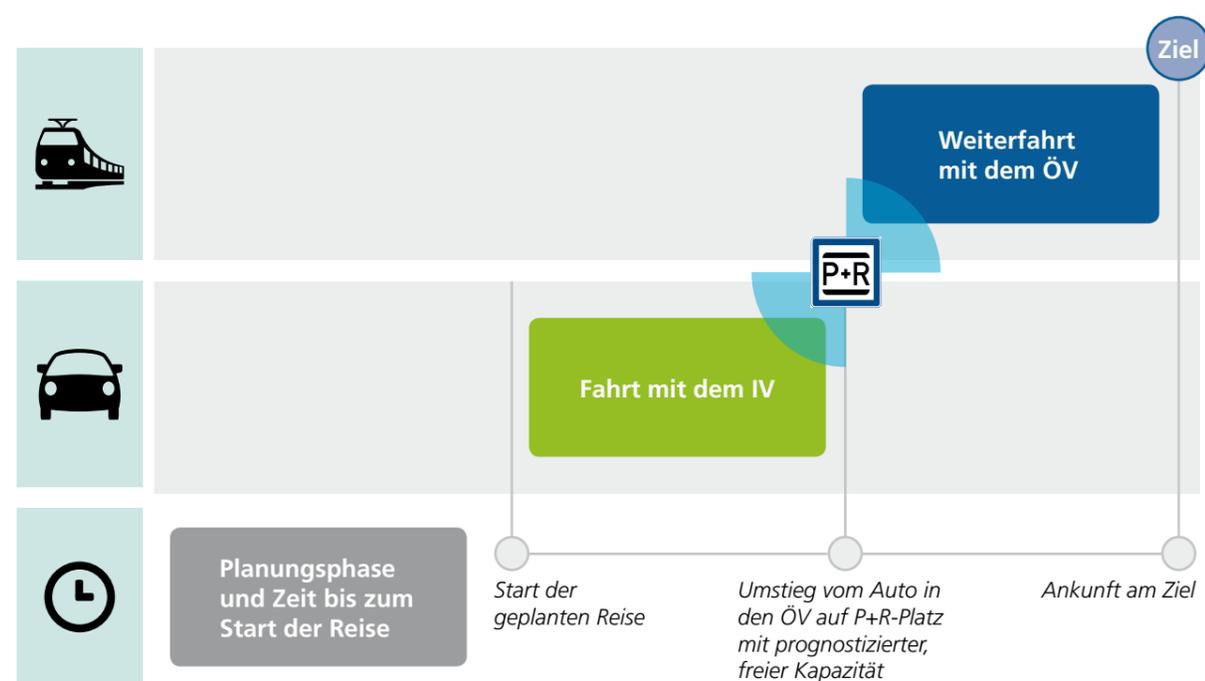


Abbildung 1: Intermodale pre-trip-Reiseplanung.

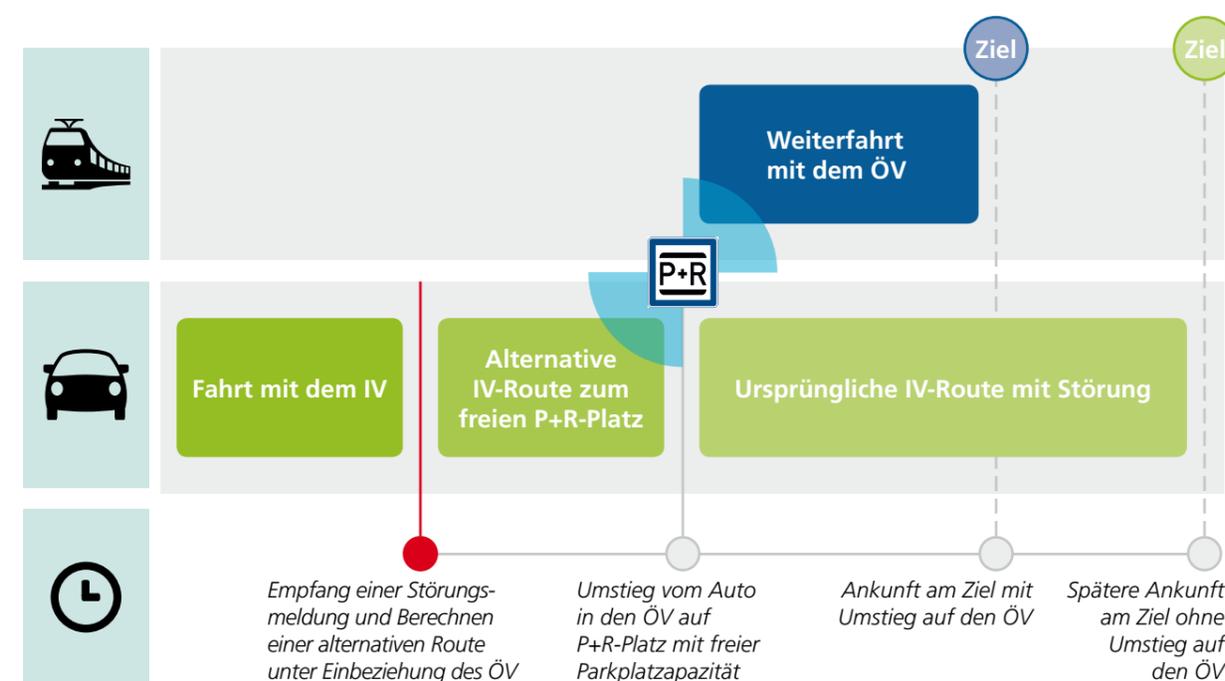


Abbildung 2: On-trip-Störungsmeldung mit Routenanpassung.

Komfortgewinn durch mehr Informationen

Die Vorteile des PRÖVIMM-Systems unter Berücksichtigung der betrachteten Szenarien werden besonders vor dem Hintergrund überlasteter Autobahnen und innerstädtischer Straßen deutlich. PRÖVIMM ermutigt und unterstützt den Autofahrer dabei, sein Auto bereits vor Erreichen der Innenstadt an den dafür vorgesehenen P+R-Plätzen abzustellen, um mit den öffentlichen Verkehrsmitteln störungsfrei sein Ziel zu erreichen. Die Hauptvorteile für den Nutzer liegen in der Zeitersparnis und dem Komfortgewinn, da ein Navigieren durch überfüllte Innenstädte sowie die Parkplatzsuche entfällt. Gerade bei Störungen, die sich ad hoc ereignen und eine zügige Weiterreise verhindern, kann durch die alternative Nutzung des ÖV Zeit gespart werden. Vorteile aus Sicht von ÖV-Betreibern und Kommunen sind die Gewinnung zusätzlicher ÖV-Nutzer und die



Reduktion des MIV und der Abgasemissionen in den Innenstädten.

Technische Voraussetzungen

Eine Herausforderung war die Integration derjenigen Funktionalitäten, die den Nutzern bereits aus den gängigen Auskunftssystemen, sowohl des MIV als auch des ÖV, bekannt sind. Bezüglich der Auskunftssysteme des MIV ist dies beispielsweise die Auswahl der schnellsten, ökonomischsten oder ökologischsten Route und aus den Systemen des ÖV beispielsweise die Auswahl verschiedener Verkehrsmittel oder die Anzeige eines Liniennetzplanes.

Um intermodale Dienste anbieten zu können, bedarf es mehrerer technischer Voraussetzungen. Grundsätzlich ist das Datenmaterial, welches in den verschiedenen Diensten von PRÖVIMM genutzt wird. Zum einen sind dies statische Daten, um dem Nutzer seiner Anfrage entsprechende pre-trip-Information zur



Verfügung zu stellen. Zum anderen werden Echtzeit-Daten benötigt, um relevante on-trip-Informationen bereitzustellen und zu verarbeiten. Sowohl in MIV- als auch in ÖV-Auskunftssystemen sind beide Arten von Daten verfügbar, um Informationen im Voraus und/oder ad-hoc bei Störungen auszugeben. Auch die P+R-Komponente gliedert sich in zwei Teile: in die eigentliche Detektion der ein- und ausfahrenden Fahrzeuge und die daraus abgeleiteten freien Kapazitäten der P+R-Plätze sowie in eine Prognose über die freie Kapazität zu einem bestimmten Zeitpunkt in der Zukunft. Die Prognose baut auf historischen

Detektionsdaten auf, die einer mathematischen Bearbeitung unterworfen werden. In der Umsetzungsphase von PRÖVIMM wurden zur Realisierung der Szenarien die relevanten Informationsquellen in das PRÖVIMM-System mit dem intermodalen Routing integriert.

Integration der Informationen

Entsprechend der Szenarien und den dafür benötigten Funktionalitäten war eine umfassende Neukonzeption einer partnerübergreifenden Systemarchitektur erforderlich (siehe nächsten Abschnitt). Die Auskunftssysteme und Datenformate

des MIV, der P+R-Plätze und des ÖV sind prinzipiell unterschiedlich und nur bedingt kompatibel. Diese waren jedoch miteinander zu verbinden, um ein homogenes System und zusammenhängende Informationen bereitzustellen. Das Projekt IP-KOM-ÖV, näher beschrieben im Abschnitt zur Systemarchitektur, leistete hierbei schon entsprechende Vorarbeiten zur Standardisierung der Datenformate in Auskunftssystemen des ÖV. Standardisierte Datenformate für MIV-Auskunftssysteme sind schon seit längerer Zeit Stand der Technik. Standardisierte Datenformate für Parkplatzinformationen existieren ebenfalls; diese

waren hier jedoch erstmals in ein intermodales System zu integrieren. Daraus resultierend war eine der Kernaufgaben von PRÖVIMM, eine Funktionalität zu entwerfen und umzusetzen, die unterschiedliche Datenformate miteinander verknüpft, kombinierte Routen berechnet und diese ausgibt.

Die beiden entworfenen Szenarien waren vor diesem Hintergrund nützlich, um die entsprechenden Schnittstellen zwischen dem MIV, den P+R-Plätzen und dem ÖV zu identifizieren und datentechnisch anzupassen. Ferner wurde bei der Konzeption und Spezifikation der einzelnen Systembestandteile und Komponenten darauf geachtet, dass sie den sich aus den Szenarien ergebenden Anforderungen genügen.

- Szenarien sind ein wichtiges Instrument, um die PRÖVIMM-Dienste auf die Bedürfnisse zukünftiger Nutzer abzustimmen.
- Szenario 1 beschreibt die Planung einer Fahrt im Vorfeld mit pre-trip-Informationen.
- Szenario 2 erfordert dagegen on-trip-Informationen für die Neuberechnung einer Fahrt aufgrund der aktuellen Verkehrslage.
- Für die Umsetzung der Szenarien sind sowohl statische Daten als auch Echtzeit-Daten aus dem MIV, dem ÖV und zu P+R-Plätzen nötig.

WIE IST PRÖVIMM AUFGEBAUT?

Wie können vier Projektpartner, Daten des motorisierten Individualverkehrs, Daten des öffentlichen Verkehrs und Daten zu P+R-Platz-Belegungen im Projekt PRÖVIMM unter einen Hut gebracht werden? Auf der Grundlage der zuvor entwickelten Szenarien wurden die wesentlichen Funktionalitäten definiert, die im Projekt umgesetzt werden sollen. Hierzu wurden die technischen Grundlagen samt benötigter Schnittstellen in einer Systemarchitektur festgehalten. Diese verdeutlicht das Zusammenspiel der Kompetenzen der Projektpartner im Projekt und bildet so das Fundament der weiteren Zusammenarbeit.

TRIAS, TPEG UND CO. DIE PRÖVIMM-SYSTEMARCHITEKTUR

Die bisherigen technischen Grundlagen, auf denen die heutigen ÖV-Auskunftssysteme in der Regel beruhen, gehen zurück bis in die 1980er Jahre. Angesichts des Erneuerungspotentials der Systeme und neuer technischer Möglichkeiten wurde vom Verband Deutscher Verkehrsunternehmen (VDV) im Jahr 2010 das vierjährige Projekt „Internet Protokoll basierte Kommunikationsdienste im Öffentlichen Verkehr“ (IP-KOM-ÖV) mit dem Ziel initiiert, die Grundlagen für ÖV-Auskunftssysteme weiterzuentwickeln und zu vereinheitlichen. Verschiedene Projektpartner aus Industrie, Verkehrsunternehmen und Wissenschaft schlossen sich hierbei zusammen, um gemeinsam an der Verbesserung und Standardisierung der Fahrgastinformation zu arbeiten und die Zugangshemmnisse des ÖV zu reduzieren.

IP-KOM-ÖV als Ausgangspunkt

Maßgabe der vom BMWi initiierten Tür zu Tür-Initiative und insbesondere des Projekts PRÖVIMM ist es, sich an den in IP-KOM-ÖV erarbeiteten Ergebnissen zu orientieren. Abbildung 3 zeigt die Systemarchitektur, wie sie im Laufe des IP-KOM-ÖV-Projekts erarbeitet worden ist. In Anlehnung an diese Systemarchitektur und im Hinblick auf die umzusetzenden Szenarien wurde von den PRÖVIMM-Projektpartnern die in Abbildung 4 dargestellte PRÖVIMM-

Systemarchitektur entworfen. Die IP-KOM-ÖV-Standards wurden bei der Umsetzung der Systemarchitektur weitestgehend berücksichtigt, gleichzeitig aber flexibel genug ausgelegt, um den spezifischen PRÖVIMM-Zwecken gerecht zu werden.

IP-KOM-ÖV wurde in mehrere Arbeitskomplexe unterteilt, die sich mit der Informationsbeschaffung und -bereitstellung beschäftigen. Relevant für das Projekt PRÖVIMM ist insbesondere der Arbeitskomplex 3 (Hintergrunddienste von TRIAS), welcher das Informationsbedürfnis der Nutzer des öffentlichen Verkehrs auf datentechnischer Ebene untersucht hat, um möglichst viele Informationen zu vereinheitlichen und über standardisierte Schnittstellen dem Nutzer bereitzustellen.

Die wesentlichen Bestandteile des Arbeitskomplex 3 sind die EKAP (Echtzeit-Kommunikations- und Auskunftsplattform) sowie das der EKAP zugrundeliegende TRIAS-Datenformat (Travellers Realtime Information and Advisory Standard). Die EKAP dient als Sammelstelle für alle Arten von Informationen, die von Nutzern im Kontext des ÖV potentiell benötigt werden. Auch Mehrwertdienste, wie das Ausgeben kombinierter IV-ÖV-Routen (intermodale Routen), wurden in IP-KOM-ÖV erstmals standardisiert. Zur Kommunikation mit Systemen außerhalb der EKAP wurde das

TRIAS-Datenformat entwickelt. Durch dieses standardisierte Datenformat können auch andere Auskunftssysteme eingebunden werden, wodurch das System sehr flexibel und leicht erweiterbar wird. Es ist davon auszugehen, dass zukünftig immer mehr Systemhersteller und -anwender das TRIAS-Datenformat für ihre Systeme verwenden werden.

Die IP-KOM-ÖV-Systemarchitektur (siehe Abbildung 3) wurde in drei Schichten aufgeteilt, die in einer hierarchischen Beziehung zueinander stehen. Die für den Nutzer sicht- und nutzbare Schicht ist die Applikationsschicht. Diese ist verbunden mit der Schicht des Portalsystems, welche als Bindeglied zur EKAP-Schicht fungiert. Sämtliche Berechnungen von Routen werden in der EKAP vorgenommen und mittels des TRIAS-Datenformats von der EKAP an das Portalsystem übertragen. Die Kommunikation zwischen dem Portalsystem und der Applikationsschicht wurde im Rahmen von IP-KOM-ÖV nicht standardisiert. Einen Sonderfall stellt die Verbindung der Bosch-Navigationsapplikation mit der EKAP dar, welche über ein Bosch-eigenes Portal und eine TPEG-Schnittstelle (Transport Protocol Expert Group) erfolgt. Beim MVV werden die PRÖVIMM-Funktionalitäten direkt in die MVV-Fahrplanauskunft integriert, ohne dafür ein eigenes Portalsystem zu verwenden.

Adaption von IP-KOM-ÖV in PRÖVIMM

Während die IP-KOM-ÖV-Systemarchitektur ein eigenständiges, in sich abgeschlossenes ÖV-Auskunftssystem darstellt, dient die PRÖVIMM-Systemarchitektur hauptsächlich der Integration von intermodalem Routing und Navigation sowie der P+R-Belegungsinformationen. Dabei werden die bereits bestehenden

Auskunftssysteme EFA (Elektronische Fahrplanauskunft) des MVV und ASS (AuskunftsServiceSystem) des VRS in die EKAP integriert. Die EFA und das ASS wurden dementsprechend für das Projekt PRÖVIMM neu konfiguriert, um ihre Informationen im TRIAS-Format auszugeben. Dadurch können diese Informationen in der EKAP bzw. im Bosch-Subsystem weiterverarbeitet, intermodale Routen berechnet und für den

Nutzer bereitgestellt werden. Die TPEG-RMR-Schnittstelle (TPEG-Road and Multimodal Routes) ermöglicht darüber hinaus die Anbindung der Bosch-Navigationsapplikation.

Die Komponente „Bosch-Server“ in der PRÖVIMM-Systemarchitektur entspricht der Komponente „IV-Router“ aus der originalen IP-KOM-ÖV-Systemarchitektur. Dieses Subsystem wird von Bosch

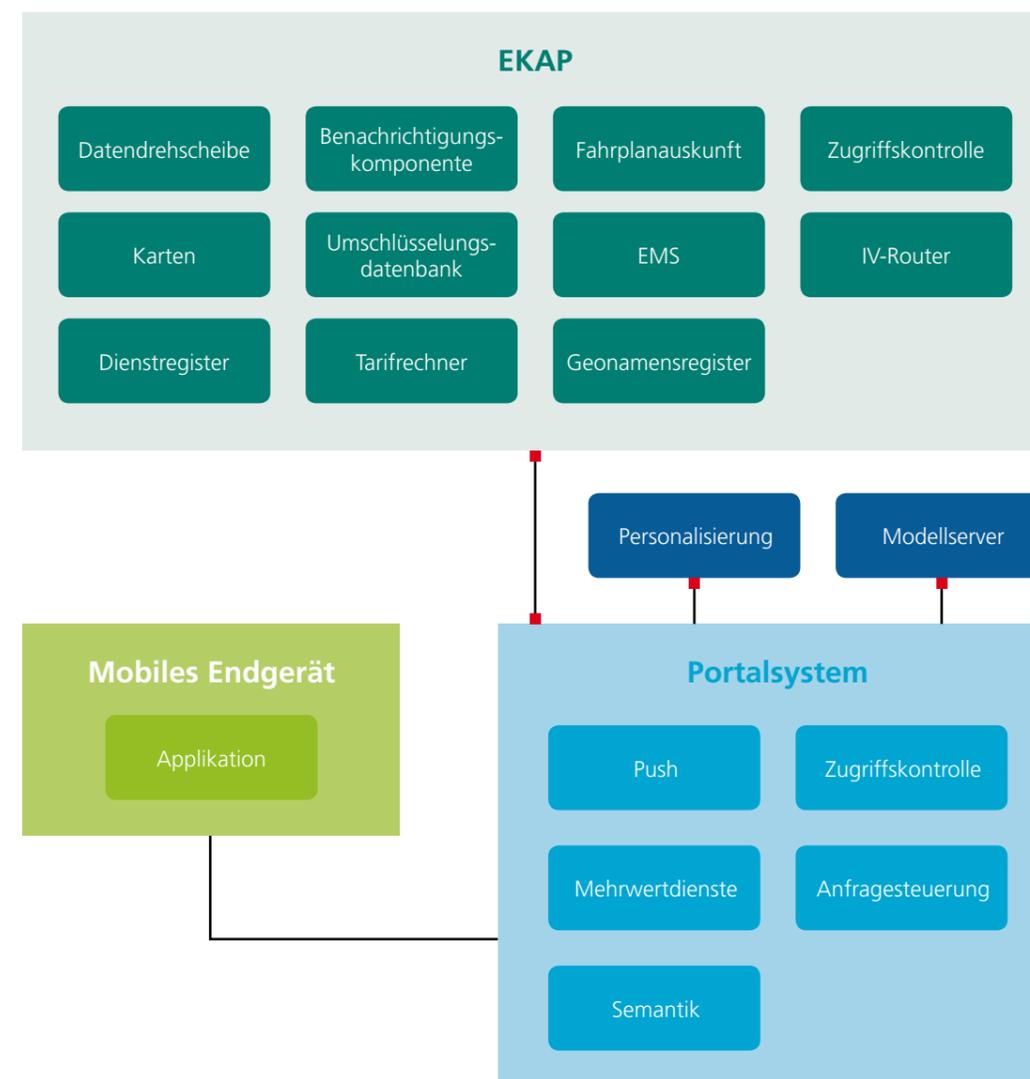


Abbildung 3: Ausschnitt der Systemarchitektur nach IP-KOM-ÖV (angelehnt an: VDV-Schrift 431-1, 2014, Köln, S. 13).

■ Neue standardisierte IP-KOM-ÖV-Schnittstelle

betrieben und ist mit der Komponente „Fahrplanauskunft“ (welche die Fahrplanauskünfte des VRS und des MVV umfasst) über eine TRIAS-Schnittstelle verbunden. Auf diese Weise können die benötigten ÖV-Daten für eine intermodale Route abgefragt werden. Ferner werden aus Bosch-eigenen Systemen IV-Daten als weiterer Bestandteil der intermodalen Route bezogen. Zusätzlich liefert eine außerhalb der EKAP angesiedelte Komponente „P+R-Daten“ Daten zu P+R-Plätzen, die in der intermodalen Route als Umstiegspunkte fungieren. Hier werden Parkplatzdaten gesammelt, die sowohl von DataCollect als auch von FLIR, einem Unterauftragnehmer des MVV, erhoben und übertragen werden. Die Übertragung dieser Daten wird mittels einer standardisierten TPEG-PKI Schnittstelle (TPEG-Parking Information) durchgeführt. Die Daten werden sowohl Bosch für die Berechnung intermodaler Routen zur Verfügung gestellt als auch, im Falle des MVV, direkt in die Fahrplanauskunft eingebunden, um dort den Nutzern zur Verfügung gestellt werden zu können.

Berechnete intermodale Routen werden über das TPEG-RMR-Format

an die Applikation von Bosch übertragen und dem Kunden zur Verfügung gestellt. Zudem werden im TRIAS-Format intermodale Routen an das VRS-PRÖVIMM-Portalsystem übermittelt, von wo aus sie an die VRS-Applikation weitergeleitet werden. Eine der Herausforderungen im Projekt PRÖVIMM war somit die Integration der beiden unterschiedlichen Formate TRIAS und TPEG.

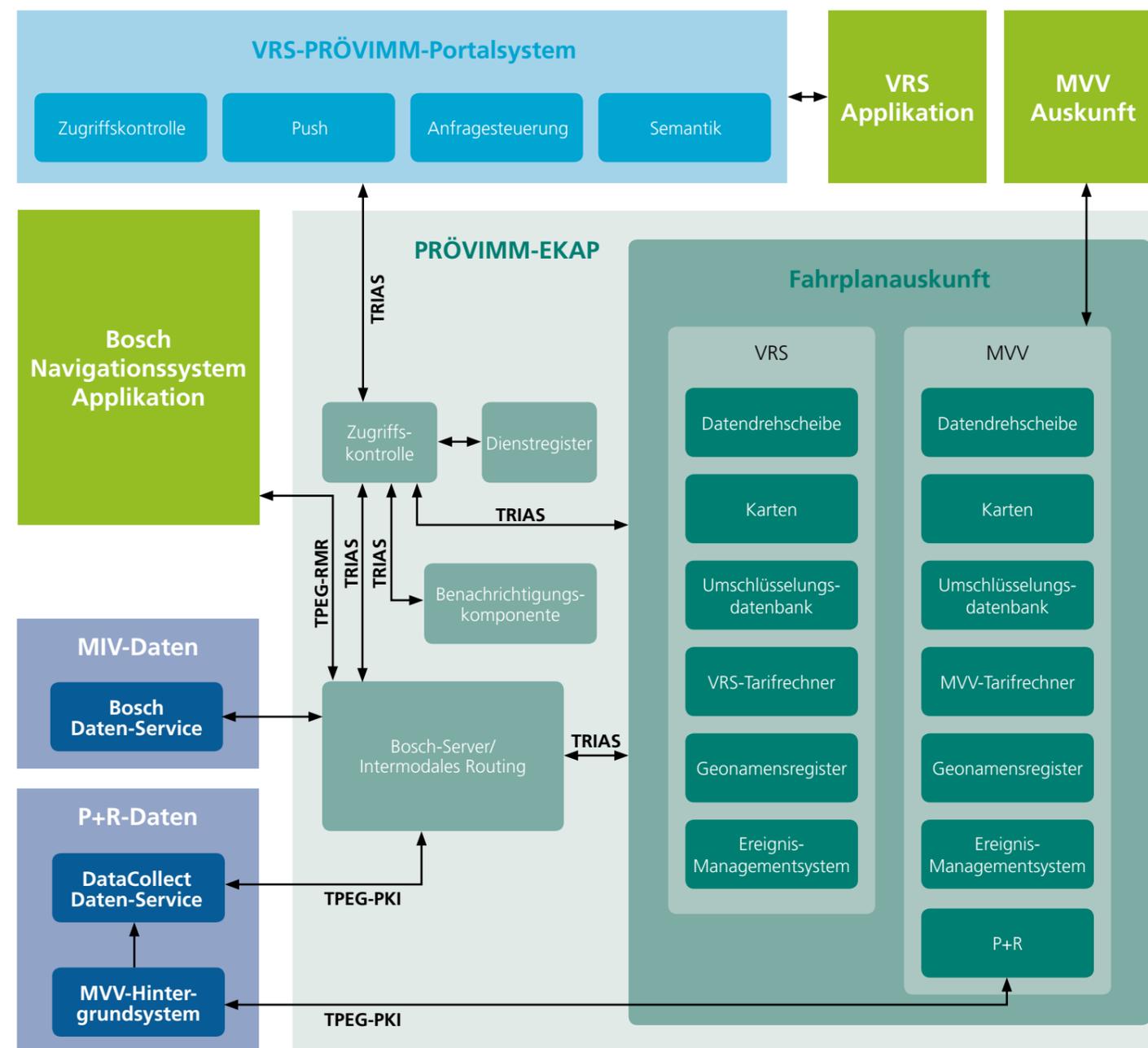
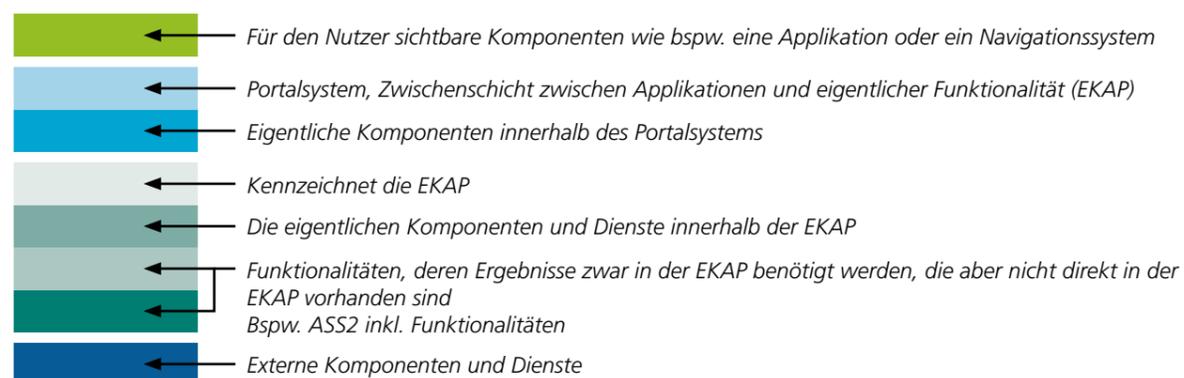
Die weiteren Komponenten innerhalb der EKAP dienen ihrer Administration und Verwaltung. So ist die „Zugriffskontrolle“, welche ebenfalls im VRS-Portalsystem vorhanden ist, dafür zuständig, Anfragen aus dem Portalsystem an die entsprechende Komponente der EKAP weiterzuleiten. Handelt es sich um eine intermodale Routenanfrage, wird der Bosch-Server aufgerufen; bei einer monomodalen ÖV-Route direkt die Fahrplanauskunft des VRS/MVV.

Es besteht zusätzlich die Möglichkeit, berechnete und gespeicherte Fahrten vom systemeigenen Benachrichtigungsdienst überwachen zu lassen. Dazu wird ein permanenter Abgleich zwischen dem geplanten Zustand (SOLL) und dem tatsächlichen verkehrlichen Geschehen (IST)

durchgeführt, um Abweichungen dem Nutzer durch Push-Meldungen mitzuteilen. Gleichzeitig werden Fahrtalternativen berechnet und dem Nutzer bereitgestellt, welche gegebenenfalls (wenn der Nutzer die Alternative wählt) wieder überwacht werden.

- Die klassischen ÖV-Auskunftssysteme bedürfen einer Erneuerung. Hierzu lieferte das Projekt IP-KOM-ÖV viele inhaltliche Impulse und technische Standards.
- Wesentlich sind hierbei die Umsetzung einer EKAP und die Verwendung des TRIAS-Standards.
- Für die Kommunikation zur Pkw-Navigation (RMR) und für die P+R-Daten (PKI) wurde auf TPEG-Standards zurückgegriffen.
- Die gemeinsame Systemarchitektur ermöglicht die Überwachung gespeicherter Fahrten und die aktive Information von Nutzern bei Änderungen der Verkehrslage.

Abbildung 4: Partnerübergreifende PRÖVIMM-Systemarchitektur.



WANN IST EIN P+R-PLATZ VOLL?

Für das Projekt PRÖVIMM wurden fünf P+R-Plätze ausgewählt, mit deren Hilfe die Möglichkeiten des Projektes verdeutlicht werden sollen. Diese Plätze wurden mit modernen Detektionsanlagen ausgestattet, die Aufschluß über deren Belegungsgrad geben sollen. An wichtigen Verkehrsachsen der Ballungsräume Köln und München gelegen, haben die ausgewählten P+R-Plätze einen potentiell großen Adressatenkreis. Ferner wurde bei der Auswahl der mit Detektionsanlagen auszustattenden P+R-Plätze darauf geachtet, dass sie über eine gute Anbindung zu den Verkehrsmitteln des ÖV verfügen, um eine möglichst schnelle Weiterreise des Nutzers zu gewährleisten.

KERPEN, WEIDEN WEST UND HAUS VORST DIE P+R-PLÄTZE IM RAUM KÖLN

Im Raum Köln werden Belegungsdaten für drei P+R-Plätze erfasst, die von der A4 Aachen-Köln gut erreicht werden können und einen Korridor entlang dieser bilden. Für die Auswahl der P+R-Plätze wurden verschiedene Bewertungskriterien herangezogen. Eine gute IV-Anbindung zu Bundesautobahnen und Bundesstraßen sowie gute Anbindung an das öffentliche Verkehrsnetz mit S-Bahn und Stadtbahnverbindungen zur Kölner Innenstadt waren hierbei maßgeblich. Ferner wurden möglichst große P+R-Plätze mit vorwiegend noch freien Kapazitäten, eindeutig markierten Einzelparkplätzen und klar definierten Ein- und Ausfahrten ausgewählt, um eine gute Detektierbarkeit zu gewährleisten. Zudem erschien es

sinnvoll, P+R-Plätze mit einer hohen Dynamik auszuwählen; also nicht ausschließlich Plätze, die zur Hauptverkehrszeit durchgängig belegt sind. Dadurch kann die Bestimmung freier P+R-Plätze eine elementare Aufgabe der PRÖVIMM-Informationsdienste darstellen.

P+R am Autobahnkorridor Aachen-Köln

Der P+R-Standort Köln-Weiden West liegt am Rande des Kölner Stadtgebiets, etwa neun Kilometer entfernt von der Kölner Innenstadt und ist für intermodale Fahrten besonders attraktiv. Mit 650 Stellplätzen und einer eng getakteten S-Bahn sowie der Stadtbahnlinie 1 im 10-Minuten-Takt zur Kölner

Innenstadt ist der P+R-Platz Weiden West an Werktagen oft komplett belegt. Die Detektion der ein- und ausfahrenden Fahrzeuge ist anspruchsvoll, da mehrere Zu- und Abfahrten vorhanden sind. Als Detektoren kommen sogenannte eTubes (Piezo-Überfahrkontakte) zum Einsatz.

Nur wenige Fahrminuten von Weiden West und etwa sieben Kilometer von der Kölner Innenstadt entfernt liegt die deutlich geringer ausgelastete P+R-Anlage Haus Vorst. Dieses Parkhaus verfügt über drei Ebenen mit insgesamt 620 Stellplätzen. Die P+R-Anlage ist mit der Stadtbahnlinie 7 in der Hauptverkehrszeit durch einen 10-Minuten-Takt an die Kölner Stadtmitte angebunden. Die



Abbildung 5: Standorte der PRÖVIMM-P+R-Plätze im Raum Köln.



Detektion der ein- und ausfahrenden Fahrzeuge findet mittels einer Schrankenanlage statt.

Zusätzliche P+R-Nutzer durch PRÖVIMM

Der dritte im Projekt herangezogene P+R-Platz, Kerpen-Sindorf, liegt auch an der A4, ca. zwanzig Kilometer westlich von Köln. Dieser weist ebenso wie der P+R-Platz Haus Vorst in der Hauptverkehrszeit zumeist freie Kapazitäten auf. Der P+R-Platz mit 240 Stellplätzen ist durch eine S-Bahn-Linie angebunden, besitzt nur eine einzige gemeinsame Ein- und Ausfahrt und ist mit der eTube-Technologie sowie zusätzlich mit einem SDR-Seitenradar ausgestattet.

Die drei P+R-Plätze im Raum Köln liegen entlang der West-Ost-Achse Aachen-Köln in der Nähe zur A4. Je nach Verkehrssituation und nach Verfügbarkeit freier Kapazitäten wird einer der drei P+R-Plätze bei der PRÖVIMM-Routenabfrage als Umstiegspunkt vorgeschlagen.

Eine Aufnahme der KFZ-Kennzeichen der parkenden Fahrzeuge hat ergeben, dass viele P+R-Nutzer aus dem weiteren Einzugsgebiet nördlich und südlich der A4 kommen. In einer groben Abschätzung werden die genannten P+R-Plätze also überwiegend von Pendlern genutzt, die eine Fahrt von fünf bis zwanzig Kilometern zurücklegen und nicht von der Autobahn abfahren.

Zusätzlich zu dieser Nutzung der Parkplätze durch die Pendler aus der Fläche sehen die PRÖVIMM-Szenarien vor, dass auch weiteren Verkehrsteilnehmern auf dem Weg Richtung Köln der frühzeitige Umstieg auf den ÖV an detektierten P+R-Plätzen vorgeschlagen wird. Für diesen frühzeitigen Umstieg bietet sich, ebenso wie bei einer massiven Verkehrsstörung im Vorfeld von Köln, der P+R-Platz Kerpen Sindorf als

Umstiegspunkt an. Für einen späteren Umstieg, etwa bei Verkehrsstörungen erst innerhalb des Kölner Autobahnringes, können je nach Verkehrslage und freien Kapazitäten die P+R-Plätze Weiden West oder Haus Vorst angesteuert werden.

- Für die sinnvolle Detektion eines P+R-Platzes müssen bestimmte Rahmenbedingungen erfüllt sein.
- Es wurde darauf geachtet, neben dem stark ausgelasteten P+R Köln-Weiden West mit Kerpen-Sindorf und Haus Vorst auch P+R-Plätze zu integrieren, die regelmäßig über freie Kapazitäten verfügen.
- Durch die Auswahl der P+R-Plätze entlang des A4-Korridors können flexible intermodale Routenempfehlungen ausgegeben werden.

FREISING UND GARCHING-HOCHBRÜCK

DIE P+R-PLÄTZE IM RAUM MÜNCHEN

Im Raum München werden an den zwei P+R-Plätzen Garching-Hochbrück und Freising Belegungsdaten erfasst. Die Durchführung der Detektion soll Erkenntnisse zu den Kosten einer Parkdetektion liefern, sowie die Zuverlässigkeit der Prognosen und ihren Einfluss auf das Verkehrsverhalten der Nutzer aufzeigen. Die ausgewählten Anlagen sprechen verschiedene Nutzergruppen an und unterscheiden sich in Lage und Verkehrsangebot.

P+R-Standort Freising

Der P+R-Standort Freising liegt in der großen Kreisstadt Freising nördlich von München. Die P+R-Anlage ist mit 961 Stellplätzen die zweitgrößte ebenerdige Anlage im MVV-Gebiet außerhalb von München.

Ein zusätzlicher Schotterparkplatz erhöht die mögliche Kapazität auf rund 1.200 Stellplätze. Die Anlage (inkl. Schotterplatz) ist kostenfrei nutzbar und über eine zentrale Zufahrt erreichbar. Durch die Flughafennähe und die Funktion als zentraler Verkehrsknotenpunkt weist sie eine dauerhaft hohe Auslastung auf. Die P+R-Anlage liegt nahe der A92 und unmittelbar an der B11 und B301 und ist so aus dem gesamten Landkreis und darüber hinaus mit dem Auto gut zu erreichen. Das Verkehrsangebot umfasst S-Bahn- und Regionalzuganbindung sowie einen regionalen Busbahnhof unter anderem mit einem (halbstündlichen) Flughafen-zubringer. Pro Richtung verkehrt mindestens zweimal die Stunde eine S-Bahn. Zusätzlich verkehren

mindestens zweimal stündlich Regionalzüge zum Münchner Hauptbahnhof. Auch in der Gegenrichtung (nach Landshut) besteht ein dichtes Angebot von mindestens zwei und bis zu fünf Regionalzügen pro Stunde. Am Regionalbusbahnhof Freising verbinden insgesamt 21 Stadt- und Regionalbusse die Kreisstadt mit den umliegenden Gemeinden. Der P+R-Standort Freising ist ein klassischer Pendlerparkplatz mit großem Einzugsgebiet. Durch die gute Verbindung zum Flughafen München ist er auch für Tagesreisende und Flughafenmitarbeiter interessant. Diese Nutzer informieren sich im Vorfeld über die zu erwartende Auslastung, so dass vor allem eine zuverlässige Belegungsprognose wichtig ist. In Freising wurden im Juli 2014 zwei Wärmebildkameras installiert, die den P+R-Platz sowie den Schotterparkplatz detektieren und stellplatzgenaue Belegungszahlen liefern, die im Hintergrundsystem von FLIR eingesehen und verwaltet werden können. Nach mehreren Kalibrierungszählungen wurde eine sehr hohe Zählgenauigkeit erreicht, so dass die aktuell freien Plätze auch direkt im Bahnhofsinformationssystem (BIS) des MVV angezeigt werden.

P+R-Standort Garching-Hochbrück

Der P+R-Standort Garching-Hochbrück liegt an einem Haltepunkt der U-Bahnlinie 6 im Gewerbegebiet Garching-Hochbrück der Universitätsstadt Garching. Die P+R-Anlage

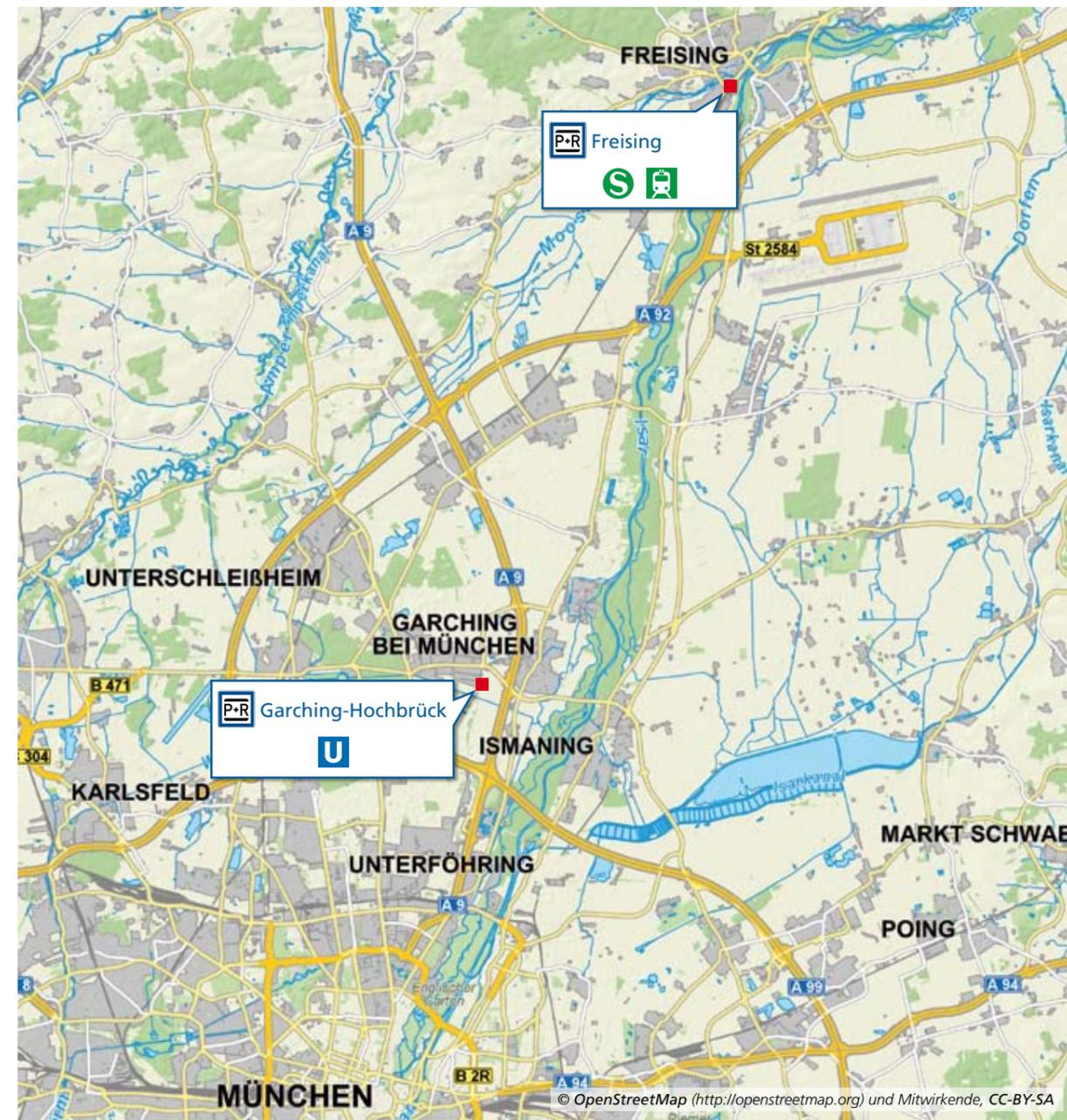


Abbildung 6: Standorte der PRÖVIMM-P+R-Plätze im Raum München.





RADAR, INFRAROT UND DRUCKKONTAKT DIE DETEKTIONSTECHNOLOGIEN

ist an das Münchner U-Bahnnetz angeschlossen und durch die Nähe zur Allianz Arena insbesondere bei Fußballspielen einem hohen Parkdruck und Verkehrsaufkommen ausgesetzt und weist besonders dann eine hohe Auslastung auf. Hier sind vor allem Echtzeitdaten für die kurzfristige Parkplatzwahl interessant.

Er liegt außerdem in unmittelbarer Nähe zur B 471 sowie zur A 9. Neben der U-Bahnlinie 6, welche in beiden Richtungen tagsüber im 10-Minuten-Takt und abends mindestens dreimal pro Stunde verkehrt, verbinden fünf Regionalbuslinien den U-Bahnhof mit den umliegenden Gemeinden. Die P+R-Anlage weist 553 Stellplätze auf und wird durch die P+R GmbH der Landeshauptstadt München, welche sich um das Management und um

Kontroll- und Instandhaltungsarbeiten von Parkeinrichtungen sorgt, betreut. Das Parken ist in Garching-Hochbrück kostenpflichtig und kostet 50 Cent pro Tag. Darüber hinaus besitzt die Anlage zwei Zu- und Abfahrten, was für die Detektion eine Herausforderung darstellt, da die einzelnen Zählwerte der Geräte im Hintergrundsystem zusammengeführt und abgeglichen werden müssen. Garching-Hochbrück wurde im September 2014 mit zwei Seitenradargeräten der Firma DataCollect ausgestattet. Beide Geräte wurden an Laternenmasten angebracht und erfassen die ein- und ausfahrenden PKW an den beiden Zufahrten.

Die Städte Freising und Garching unterstützen den Pilotversuch als assoziierte Partner im Förderprojekt. Dies umfasst die Betreuung der Anlagen sowie die spätere

Übernahme der Betriebskosten. Zur Vergleichbarkeit und Bewertung geeigneter Systeme hat man sich an den beiden P+R-Anlagen auf zwei unterschiedliche Detektionssysteme verständigt.

- Durch die Auswahl der beiden P+R-Plätze werden unterschiedliche Nutzergruppen angesprochen.
- Freising ist ein klassischer Pendler-P+R-Platz mit einer regelmäßig hohen Auslastung und liegt im Einzugsbereich des Münchner Flughafens.
- Die Belegung des P+R-Platzes Garching zeigt demgegenüber stärkere Ausschläge und steht unter einem starken Einfluss von Fußballspielen in der Allianz Arena.

Für die fünf im Projekt PRÖVIMM näher betrachteten P+R-Standorte kamen vier unterschiedliche Detektionsverfahren zum Einsatz (Tabelle 1). Da es nicht Aufgabenteilung des Projekts PRÖVIMM war, neue Detektionsverfahren für die Erfassung von Fahrzeugen zu entwickeln, wurden drei innovative, aber bereits auf dem Markt erhältliche Produkte und ein herkömmliches System gewählt, um die Detektion an den PRÖVIMM-P+R-Plätzen durchzuführen. Alle vier Systeme detektieren die ein- und ausfahrenden Fahrzeuge. Aus der Differenz dieser Werte in Relation zur Gesamtanzahl der Parkplätze kann so die Auslastung der P+R-Plätze ermittelt werden. Diese bildet eine wichtige Grundlage für die Berechnung der intermodalen Routen durch das PRÖVIMM-System, damit dem Nutzer nur Parkplätze mit genügend freien Kapazitäten als Umstiegspunkte angeboten werden.

SDR-Seitenradar

Das SDR-Seitenradarmesssystem der Firma DataCollect Traffic Systems wurde auf den P+R-Anlagen Garching-Hochbrück und Kerpen-Sindorf eingesetzt. Die ausgesendete Radarstrahlung wird von dem zu erfassenden Fahrzeug reflektiert und führt zu einem geschwindigkeitsabhängigen Detektionssignal, bestehend aus den jeweiligen Daten bezüglich Fahrtrichtung, Geschwindigkeit und Fahrzeugart. Durch diese erfassten Daten ist es möglich, zweistreifige Querschnitte simultan zu überwachen. Via Mobilfunk

P+R-Anlage	Verbundgebiet	Detektionstechnologie
Freising	MVV	Wärmebildkamera (FLIR)
Garching-Hochbrück	MVV	SDR-Seitenradar (DataCollect)
Kerpen-Sindorf	VRS	Piezokontaktsensorik/eTube und SDR-Seitenradar (DataCollect)
Haus Vorst	VRS	Schrankenanlage
Weiden West	VRS	Piezokontaktsensorik/eTube (DataCollect)

Tabelle 1: Übersicht der im Projekt PRÖVIMM verwendeten Detektionstechnologien.

werden die Datensätze an das Hintergrundsystem übertragen.

Piezokontaktsensorik/eTube

Das drahtlose eTube-Sensorsystem (siehe Abbildung 7) ist eine kostengünstige, taktile Reifendetektionstechnologie, die innerhalb des Forschungsprojekts PRÖVIMM auf den P+R-Plätzen Weiden West und Kerpen-Sindorf eingesetzt wurden. Der Vorteil dieses Systems ist die drahtlose Kommunikation zwischen dem energetisch autarken Sensor und der Empfängerstation. Die innovative Klebetechnologie reduziert den Montageaufwand der Sensoren auf der Straße auf ein Minimum. Die in der Empfängerelektronik enthaltene Mobilfunkschnittstelle überträgt die Daten in einem konfigurierbaren Minutenintervall an das Hintergrundsystem myTrafficdata.



Abbildung 7: Auf der Zu- bzw. Abfahrt eines P+R-Platzes angebrachter eTube-Überfahrkontakt.





Ein Sensor erfasst prinzipiell zunächst die Überfahrt eines Fahrzeugs. Ist es aufgrund der Begebenheiten an dem jeweiligen P+R Parkplatz erforderlich, eine Fahrtrichtungserkennung zu implementieren, wird dies durch den Einsatz von zwei hintereinander montierten Sensoren ermöglicht. Die Signale der einzelnen Sensoren werden im Hintergrundsystem aggregiert und als ein- oder ausfahrendes Fahrzeug erfasst. Der geringe Energieverbrauch der Empfängerstation ermöglicht einen 365-Tage-Dauerbetrieb mittels Solartechnologie.

Wärmebildkamera

Die Wärmebildkamera ThermiCam der Firma FLIR kommt an der P+R-Anlage Freising zum Einsatz. Hierbei handelt es sich um ein Kamerasystem, das durch langwellige Infrarotstrahlung (7-14 µm) den Temperaturunterschied zwischen verschiedenen Oberflächen feststellen kann. Durch eine nachgeschaltete Erkennungssoftware wird eine virtuelle Zählstelle über den aufgenommenen Kameraausschnitt gelegt (siehe Abbildung 8) und sowohl die Form als auch die Größe der Objekte verschiedenen Fahrzeugkategorien zugeordnet. Je nach Einstellung

der Software können Objekte wie Radfahrer und Fußgänger mitgezählt oder von der Zählung ausgenommen werden. Da die P+R-Anlage Freising zwei zentrale



Abbildung 8: Aufnahme der Wärmebildkamera „ThermiCam“.

Zufahrtsstraßen besitzt, wurden zwei Wärmebildkameras an Laternenmasten montiert, wobei eine Kamera beide Seiten einer Ein- und Ausfahrt detektieren kann. Über ein integriertes UMTS-Modul in der Detektionseinheit werden

die Belegungsdaten mittels einer VPN-Verbindung (Virtual Private Network) alle 60 Sekunden an ein Hintergrundsystem zur Auswertung weitergeleitet.

Induktionsschleife mit Schrankenanlage

Die P+R-Anlage Haus Vorst stellt aufgrund ausreichend freier Parkplatzkapazitäten eine attraktive Alternative zum P+R-Platz Köln-

Weiden West dar. Das Parkhaus Haus Vorst wird schon seit längerem mittels einer Schrankenanlage detektiert und musste für das Forschungsprojekt PRÖVIMM nicht zusätzlich ausgerüstet werden. Obwohl das P+R-Parkhaus keine „wilden Zufahrten“ besitzt und mit einer Schrankenanlage ausgestattet ist, wird der reale Belegungsstand regelmäßig vom Betreiber (Kölner Verkehrsbetriebe) manuell nachgezählt und im System korrigiert.

Gemeinsame Eigenschaften der Detektionstechniken

Alle drei zusätzlich zur bereits vorhandenen Schrankenanlage im Projekt PRÖVIMM eingesetzten Detektionssysteme zeigen eine Reihe von gleichen Charakteristika. Sie lassen sich einfach installieren und ihr geringer Stromverbrauch kann über Laternenstrom oder Solarpanels sichergestellt werden. Sowohl SDR-Seitenradar als auch ThermiCam detektieren beide Fahrrichtungen mit einer Detektionseinheit, deren Detektionsfähigkeit auch bei Dunkelheit, Gegenlicht oder schlechten Witterungsbedingungen sichergestellt ist. Die Eignung eines Detektionssystems ist von der jeweiligen P+R-Anlage und dessen Infrastruktur vor Ort abhängig. Das Ergebnis der Detektion und die

Genauigkeit der detektierten Daten kann durch Kalibrierungen der jeweiligen Detektions- und Hintergrundsysteme merklich verbessert



werden. Trotz der guten Qualität der Detektoren können nicht alle Fahrzeuge fehlerfrei detektiert werden. Zudem nutzen die P+R-Nutzer gelegentliche falsche Straßenseiten und nicht zugelassene Ein- oder Ausfahrten. Hierdurch entsteht bei längerer Summierung der ein- und ausgefahrenen Fahrzeuge schnell eine erhebliche Abweichung zwischen der gemessenen und realen

Belegung der P+R-Anlagen. Dem kann anfänglich nur durch regelmäßiges Zählen und Zurücksetzen der Belegungszahlen entgegengewirkt werden. Im laufenden Betrieb kann diese Korrektur der Detektionsdaten durch Kalibrierungsalgorithmen optimiert werden.

- Da die Entwicklung von Detektionstechnologien kein Ziel des Projekts war, wurde auf bereits vorhandene, aber dennoch innovative Technologien zurückgegriffen.
- Im Projekt kamen eTube-Detektoren, Wärmebildkameras und SDR-Seitenradars zum Einsatz. Zudem wurde eine schon vor Projektbeginn mit einer herkömmlichen Schrankenanlage ausgestattete P+R-Anlage datentechnisch integriert.
- Aufgrund der unterschiedlichen Beschaffenheit der P+R-Anlagen lässt sich keine allgemeingültige Aussage zur Eignung der einzelnen Detektionstechnologien treffen. Die Datenqualität hängt zudem stark von der Zuverlässigkeit notwendiger Kalibrierungsalgorithmen ab.

WAS PASSIERT MIT DEN P+R-DATEN?

Die von den Detektionssystemen erhobenen Daten werden weiter verarbeitet und veredelt. Hierbei wird mit Hilfe mathematischer Verfahren und eines Eventkalenders eine Prognose generiert, welche die Füllstände der P+R-Plätze in die Zukunft extrapoliert. Anschließend werden diese Belegungsdaten in die nachgelagerten Systeme übertragen. Dort können sie entweder dem Nutzer zur Information zur Verfügung gestellt werden oder sie finden Verwendung im intermodalen Routing, welches die freien P+R-Plätze als Verknüpfungspunkt zwischen dem MIV und dem ÖV nutzt. Dabei wurden im Projekt verschiedene Ansätze verfolgt, wie und auf welchen Zugangswegen die Informationen zur Verfügung gestellt werden.

ECHTZEIT-VERARBEITUNG UND PROGNOSE

DIE BELEGUNGSDATEN IM DC-HINTERGRUNDSYSTEM

Verkehrsüberwachungssysteme zur Detektion ein- und ausfahrender Fahrzeuge auf P+R-Plätzen liefern noch keine Informationen, aus denen sich die Belegungsdaten eines P+R-Platzes einfach ablesen lassen. Vielmehr müssen die erhobenen Daten weiter aufbereitet werden. Je nach genutzter Technik übertragen einer oder mehrere Detektoren unterschiedliche Teilm Informationen, die in einer zwischengelagerten Instanz angenommen und zu plausibilisierten Zustandsdaten (Belegungsdaten) weiterverarbeitet werden. Angereichert mit prognostizierten Zustands- sowie Infrastrukturdaten (wie beispielsweise Geoinformationen oder Umstiegszeiten zum ÖV) dienen diese veredelten Informationen den nachgelagerten Datendiensten der PRÖVIMM-Partner dazu, Verkehrsteilnehmern



Abbildung 9: Verarbeitungsprozess der erhobenen Detektionsdaten.

intermodale Routen zur Verfügung zu stellen. Der Verarbeitungsprozess der erhobenen Daten kann in folgende Stufen unterteilt werden (Abbildung 9).

Im Rahmen von PRÖVIMM hat das Forschungsteam der DataCollect Traffic Systems GmbH zu diesem Zweck die Cloud-basierte Web-Plattform myTrafficData weiterentwickelt. Sie bietet eine Schnittstelle für die Anbindung individueller Detektionssysteme zur Überwachung von P+R-Plätzen und erlaubt somit den Dateninput verschiedener Detektionsrohdaten. Die weiteren Prozessstufen von der Echtzeitverarbeitung bis zum Datenoutput werden durch eigens für PRÖVIMM entwickelte Verarbeitungsmodul sowie einem GUI (graphical user interface) zur Verwaltung der Informationen unterstützt und im Folgenden näher erläutert.

Echtzeit-Verarbeitung heterogener Detektorrohdaten zu Belegungsdaten

Ein einzelner Detektor kann in der Regel keinen Belegungsstatus eines P+R Platzes zu einem bestimmten Zeitpunkt liefern. Vielmehr erhebt ein Detektor sogenannte Rohdaten, die nur eine Teilm Information zum Zustand der Anlage liefern, wie zum Beispiel die Anzahl der Fahrzeuge, welche über eine bestimmte Einfahrt in den P+R-Platz eingefahren sind. Eine weitere

Instanz hat nun die Aufgabe, die Rohdaten aller Detektoren einer Anlage zu aggregieren und somit zu einem Belegungsstatus zu verdichten. Dabei unterscheiden sich die Detektoren je nach benutzter Technik darin, von welcher Form und von welchem Grad der Aggregation sie die Rohdaten übertragen. Ein Detektor, der beispielsweise die Anzahl der Achsenüberfahrten überträgt, liefert Daten mit niedrigem Aggregationsgrad, wohingegen ein Detektor, welcher bereits die Anzahl der einfahrenden und ausfahrenden Fahrzeuge einer Zu- und Abfahrt liefert, ein hohes Level an Datenabstraktion bietet (siehe Abbildung 10).



Abbildung 10: Verarbeitung der eTube-Rohdaten zu den eigentlichen Belegungsdaten.

MyTrafficData als zentrale Verarbeitungsinstanz nimmt die Daten aller Detektoren eines P+R-Platzes in Echtzeit entgegen und verarbeitet diese automatisch bis zur Endstufe,

den tatsächlichen Belegungsdaten des P+R-Platzes, was in Abbildung 11 verdeutlicht wird. Hierbei spielt es keine Rolle, auf welcher Aggregationsstufe diese Daten vorliegen. Auch Drittsysteme mit bereits vorverarbeiteten Belegungsdaten können hier eingebunden werden, um die Belegungsdaten zu visualisieren, zu verwalten, zum Zweck des Verkehrsmanagements zu veredeln und an nachgelagerte Systeme weiterzuleiten. Dabei bietet das System auf jeder Stufe Plausibilitätsprüfungen

und Algorithmen zur Datenfilterung von Störeinflüssen. Diese Algorithmen sind von essentieller Bedeutung für die Detektion eines P+R-Platzes, denn in der Praxis liefern Detektionssysteme keine hundertprozentige Detektionsgüte, da sie Erfassungslimitierungen haben und Störeinflüssen unterliegen. So misst beispielsweise ein Detektor, welcher die Anzahl der Achsenüberfahrten zählt, auch vorübergehende Passanten. Diese fehlerhaften Messergebnisse müssen erkannt und gefiltert werden.

Zudem ist es nötig, weitere mögliche Fehlerquellen, wie etwa Störungen bei der Datenübertragung oder bei Beschädigungen im Regelbetrieb (etwa Ausfälle von Detektoren durch Vandalismus), zu berücksichtigen.

Die myTrafficdata übernimmt also die hochkomplexe Aufgabe der Echtzeitverarbeitung und Plausibilisierung aller eingehenden Daten, um ein reales Abbild des Echtzeit-Belegungsstatus der Anlage langfristig sicherzustellen.

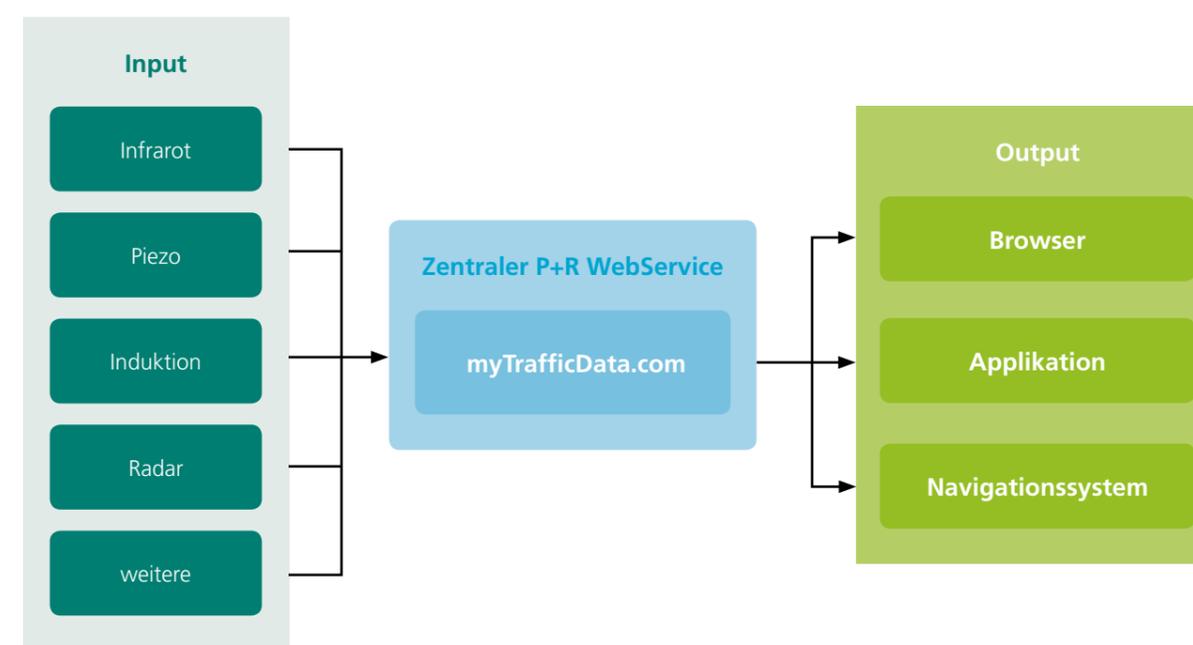


Abbildung 11: Systemarchitektur des DataCollect-Hintergrundsystems myTrafficData.

Visualisierung und Veredelung der Daten

Das zentrale Modul der myTraffic-data zur Verwaltung und Visualisierung von Daten einer Messstelle ist das sogenannte Messstellenmodul. Im Rahmen von PRÖVIMM wurde dieses Modul um eine weitere Entität erweitert: den P+R-Platz. Der P+R-Platz ist eine Ausprägung einer Messstelle, die alle Rohdaten jeder Aggregationsstufe sowie Meta-Daten (wie beispielsweise Spannungsdaten oder Temperaturdaten), Prognosedaten und Infrastrukturdaten eines realen P+R Platzes, dessen Ein- und Ausfahrten überwacht werden, verwaltet



Abbildung 12: Historische Belegung und Belegungsprognose (Zeithorizont jeweils eine Woche) des P+R-Platzes Köln-Weiden West und die aggregierten eTube-Signale und daraus errechnete Aus- bzw. Einfahrten.

und visualisiert. Anhand der Detailansicht der P+R-Anlage Köln Weiden West (Detektionssystem eTube) sollen die Visualisierungsmöglichkeiten eines P+R Platzes der myTraffic-data exemplarisch erläutert werden (Abbildung 12).

Die Detailansicht ist eine zentrale Übersicht, die es ermöglicht, sich einen schnellen Überblick über den Zustand der Anlage zu verschaffen. Die wesentlichen Informationen der Anlage werden hierbei in Form von Widgets präsentiert. Alle Widgets lassen sich im Anzeigebereich frei positionieren und ein- oder ausblenden. Hierdurch kann jeder Nutzer seinen Abfragefokus individuell

gestalten. Neben Widgets zur Darstellung des Spannungs- und Temperaturverlaufs, Widgets zur Darstellung von Geo-Informationen und Bildern der Anlage sind besonders die für PRÖVIMM entwickelten Widgets zu den Rohdaten und aggregierten Daten sowie den generellen P+R-Informationen (Infrastrukturinformationen und Belegungszustand samt Prognose) von Bedeutung. Das Widget eTube-Signale bildet die Rohdaten eines jeden eTube-Detektors der P+R-Anlage ab. Die Daten liegen auf der niedrigsten Aggregationsstufe vor und für jeden Detektor lässt sich die Anzahl der Überfahrten pro Stunde ablesen. Um die Daten zu Fahrzeugen zu aggregieren und um eine Richtungserkennung der Fahrzeuge vorzunehmen, kommen vier Detektoren auf der Anlage zum Einsatz, welche durch jeweils unterschiedlich farbige Ganglinien gekennzeichnet sind. Im Widget Ein-/Ausfahrten wird das Ergebnis dieser Fahrzeug-Aggregation dargestellt. Die blaue Ganglinie gibt die Anzahl der einfahrenden Fahrzeuge des P+R Platzes pro Stunde wieder, während die rote Ganglinie die Anzahl der ausfahrenden Fahrzeuge pro Stunde darstellt.

Auf Basis dieser Informationen lässt sich der Belegungszustand errechnen. Visualisiert wird dieser im Widget P+R-Informationen. Abbildung 13 zeigt einen vergrößerten Ausschnitt



Abbildung 13: Detailansicht der Belegungsdaten mit den entsprechenden Ampelfarben (Zeithorizont eine Woche).

dieser Belegungsinformationen. Die Tabelle lässt den stündlichen Belegungsgrad der P+R-Anlage in Ampelfarben, ausgehend vom aktuellen Zeitpunkt der Betrachtung, für die letzten sieben Tage erkennen.

Das Widget bietet zudem noch weitere Informationen zur P+R-Anlage. Im oberen Bereich befinden sich die Infrastruktur-Parameter zur Anzahl der Parkplätze der Anlage und zu den durchschnittlichen Umstiegszeiten, die im System hinterlegt werden können. Der untere Bereich des Widgets zeigt analog zum Belegungsgrad die automatisch ermittelte Belegungsprognose der Anlage für die nächsten sieben Tage in tabellarischer Form. Die Informationen dieses Widgets stellen die wesentlichen Daten der Veredelung auf dem Weg zum Datenoutput dar.

Prognose

Um die Motivation für prognostische Informationen zu erläutern, sind grundsätzlich zwei Arten der Prognose, welche sich durch ihren Zeithorizont charakterisieren lassen, zu unterscheiden. Dies sind die sogenannten pre-trip-Prognosen, welche einige Tage bis Wochen vor einer Fahrt eingeholt werden. Im Gegensatz dazu stehen die on-trip-Prognosen, welche kurzfristig während der Fahrt eingeholt werden können.

Die Echtzeit-Belegungsdaten sind aus der Sicht eines potentiellen P+R-Anlagennutzers als „historische Informationen“ zu klassifizieren, da die eigentliche Nutzung der P+R-Anlage in der Zukunft liegt. Dafür müssen die Belegungszustände der P+R-Anlagen, auf welchen der Nutzer potentiell parken könnte,

entsprechend in die Zukunft extrapoliert werden, um als Information Eingang in die Planung zu finden und sicherzustellen, dass der Nutzer auf einen freien P+R-Platz geroutet wird. Plant der Autofahrer bereits vor Fahrtantritt die Nutzung eines P+R-Platzes, werden (längerfristige) pre-trip-Prognosen benötigt.

Komplexer sind die Verhältnisse, wenn während der Fahrt, also on-trip, aus Gründen der aktuellen Verkehrslage entschieden werden soll, eine P+R-Anlage in die Route mit einzubeziehen, um einen Umstieg vom MIV zum ÖV zu realisieren. Über das Internet vernetzte Systeme verteilen Informationen nahezu instantan. Die Belegungsdaten von P+R-Anlagen werden in Echtzeit ermittelt und unmittelbar dem zuständigen Mobilitätsdienst zur Verfügung gestellt. Die Abbildung 14 zeigt beispielhaft die prinzipielle Informationsausbreitung in Form von konzentrischen Kreisen um zwei P+R-Anlagen, welche zu einem Zeitpunkt t_0 beim Autofahrer eintreffen würde.

Das in der Abbildung 14 betrachtete Fahrzeug befindet sich in einem Abstand $s_{1/2}$ zur jeweiligen P+R-Anlage $1/2$. Das bedeutet, dass das Fahrzeug in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit $v_{quer1/2}$ zu einem deutlich späteren Zeitpunkt $t_{1/2}$ auf einer der Anlagen eintreffen wird. Die Information über den Belegungszustand der jeweiligen

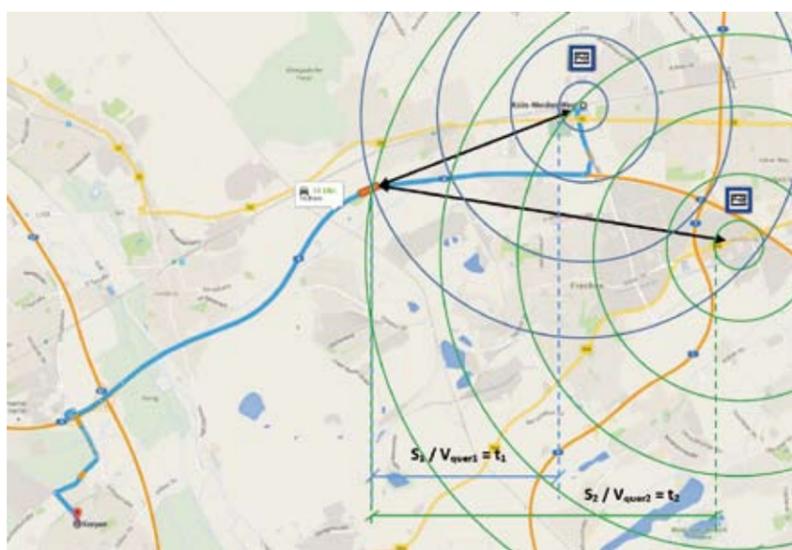


Abbildung 14: Konzentrische Kreise der Informationsausbreitung und -gewinnung.

Anlage zum Zeitpunkt t_0 wird im Allgemeinen nicht dem Zustand zum Zeitpunkt $t_{1/2}$ entsprechen. Es muss zum Zeitpunkt t_0 ein prognostizierter Belegungszustand für $t_{1/2}$ übermittelt werden. Für den notwendigen Prognosezeitraum hat man sich im Projekt auf ein Zeitfenster von zwei Stunden auf Grundlage folgender Abschätzung geeinigt:

Ein konzentrischer Kreis stellt den räumlichen Abstand eines Fahrzeugs zum Zeitpunkt t_0 zu einer P+R Anlage dar. Unter der Annahme, dass sich das Fahrzeug bei größeren Entfernungen zwischen Start und Ziel

zuerst auf Autobahnen nähert und weiterhin eine durchschnittliche Reisegeschwindigkeit von $V_{\text{quer}} \approx 100 \text{ km/h}$ angenommen werden darf, so befindet sich das Fahrzeug bei einem Prognosezeitfenster von zwei Stunden in einem räumlichen Abstand von ca. 200 km. Sind die Abschätzungen für ein V_{quer} auf Autobahnen zu hoch oder werden Straßen mit deutlich abweichenden, mittleren Geschwindigkeitswerten benutzt, reduziert sich der Umkreis zu geringeren Entfernungen. In den im Projekt betrachteten Anlagen kann der Belegungsgrad so dynamisch ansteigen, dass sich eine als nahezu leer klassifizierte Anlage in

morgendlichen Spitzenzeiten innerhalb kurzer Zeit vollständig füllen kann.

Untersucht wurden im Rahmen des Forschungsprojekts die Anwendung unterschiedlicher mathematischer Verfahren, um für jede P+R Anlage automatisch individuell prognostische Belegungsdaten zu ermitteln, deren grundsätzlicher Wertebereich sowie deren zeitlicher Verlauf im Vergleich zur realen zeitlichen Entwicklung von Belegungszuständen hohe Korrelationen aufzeigen soll. Flankiert wurden die Prognosealgorithmen von Ereignissen, welche sich absehbar im Prognosehorizont befinden. Hierzu wurde ein Eventkalender integriert, der es erlaubt, zukünftige Sonderereignisse zu berücksichtigen. Zu derartigen Ereignissen zählen Brücken-, Feier- sowie Ferientage, aber auch regionale Ereignisse wie zum Beispiel Sport-, Messe- oder Musikveranstaltungen. In der Abbildung 15 ist ein vergrößerter Ausschnitt der Prognose aus dem Widget P+R-Informationen der P+R-Anlage Köln-Weiden West abgebildet. Die Tabelle zeigt den stündlich prognostizierten Belegungsgrad in Ampelfarben für den Zeitraum einer weiteren Woche vom Zeitpunkt der Betrachtung aus gesehen. Anzumerken sei hier, dass die stündliche Auflösung lediglich der übersichtlicheren Darstellung dient. Für die on-trip-Prognose im späteren intermodalen Routing hat

man sich auf eine feinere Auflösung von zehn Minuten geeinigt, da die Erfahrung zeigt, dass sich der Zustand einer P+R-Anlage zu Spitzenzeiten in Zehn-Minuten-Intervallen signifikant verändern kann. Dementsprechend werden die Informationen auch im Datenoutput an die Projektpartner weitergeleitet.

Datenoutput

Mit dem Datenoutput ist die Verarbeitungskette, angefangen vom Import der Rohdaten über die Validierung, Aggregation und Veredelung der Daten abgeschlossen. Der Datenoutput stellt im Projekt sicher, dass alle nötigen Daten für das intermodale Routing an die entsprechenden Datendienste der Projektpartner weitergeleitet werden. Zu den wesentlich zu übertragenden

Informationen zählen die Identifizierung der P+R-Anlagen, die aktuelle und prognostizierte Belegung sowie Infrastruktur-Informationen, von denen besonders die Geo-Informationen und die Umstiegszeiten vom Auto zum ÖV hervorzuheben sind.

Als Übertragungsstandard haben sich die Projektpartner auf TPEG-PKI geeinigt. TPEG ist ein offener internationaler Standard zur Kommunikation multimodaler Verkehrs- und Reiseinformationen, der von der „Traveller Information Service Association“ (TISA) betreut wird. TPEG-PKI ist eine sogenannte Applikation von TPEG zur Übertragung von Parkplatzinformationen und deckt die Übertragung aller im Projekt erforderlichen Informationen ab.

Im Rahmen des Projektes wurde daher ein TPEG-Encoder entwickelt, der alle Informationen im TPEG-Format ausgibt. Der Encoder unterstützt sowohl das konventionelle TPEG-Binärformat als auch das auf XML-basierenden TPEG-ML-Format.

- Die Detektionsdaten sind nicht mit den Belegungsdaten eines P+R-Platzes gleichzusetzen. Vielmehr bedürfen die Detektionsdaten eines leistungsfähigen Hintergrundsystems, welches die eingehenden Detektionsdaten aufbereitet und anschließend Belegungsdaten ausgibt.
- Das DC-Hintergrundsystem stellt verschiedene Informationen zu den P+R-Plätzen, den Detektionsanlagen, der Parkplatzbelegung und zur Prognose von P+R-Kapazitäten bereit.
- Die P+R-Belegungsprognose ist ein zentrales Element für das intermodale Routing, da die Planung der Route immer vor dem eigentlichen Eintreffen des Autofahrers auf dem P+R-Platz erfolgt. Je nach Szenario sind hierbei unterschiedliche Zeithorizonte und -intervalle zu berücksichtigen.



Abbildung 15: Detailansicht der Belegungsprognose mit den entsprechenden Ampelfarben (Zeithorizont eine Woche).

VERBESSERTE P+R-INFORMATIONEN

DAS HINTERGRUNDSYSTEM DES MVV



Die Detektionsdaten der beiden P+R-Standorte Freising und Garching-Hochbrück werden in einem Hintergrundsystem gesammelt, archiviert und verwaltet. Das Hintergrundsystem dient dem MVV im Rahmen des Projektes PRÖVIMM als Plattform zur Datenverwaltung und als Datenarchiv. Hier werden die Daten für die Fahrplanauskunft mit Echtzeitbelegung und Prognosen aufbereitet. Zusätzlich werden wichtige Hintergrundinformationen wie die Adresse, die Stellplatzanzahl, die Anzahl der Behindertenparkplätze, der Zugang zum

Bahnhof, die Höchstparkdauer und die Parkpreise der kostenpflichtigen Anlagen gepflegt. Das Hintergrundsystem vereint somit die P+R-Informationen des Bahnhofsinformationssystems (BIS) mit der Fahrplanauskunft des MVV und bezieht die Echtzeitbelegung und Prognosewerte in das Routing mit ein. Dies dient der erleichterten Datenhaltung an zentraler Stelle und gibt dem Nutzer die relevanten Informationen für eine intermodale Fahrt mit Nutzung von Park+Ride. Die Daten können von hier auch an Drittsysteme weitergegeben werden.

Parking Guidance System

Das Hintergrundsystem Parking Guidance System (PGS) wurde von der Firma Swarco entwickelt und erfüllt sämtliche gewünschten Anforderungen und ermöglicht darüber hinaus die Integration verschiedener Detektionstechniken. Im Rahmen von PRÖVIMM wurde das PGS für die Anforderungen an die detektierten P+R-Echtzeitdaten und der daraus zu entwickelnden Prognosen speziell entwickelt. Das System unterstützt den Datenfluss im Format des Schnittstellenstandards TPEG-PKI, der von allen Projektpartnern als gemeinsames P+R-Datenformat vereinbart wurde. Die detektierten und statischen Daten des BIS werden in diesem Format sowohl von der Fahrplanauskunft als auch vom Bosch-Navigationssystem genutzt.

Echtzeitdaten und Prognosen für die Auskunft

Kernstück der verbesserten P+R-Informationen ist neben den Echtzeitdaten auch eine langfristige Prognose der verfügbaren Parkplatzkapazitäten, die den Nutzer bei der Wahl seiner P+R-Anlage unterstützen soll. Mittels historischer Detektionsdaten einer P+R-Anlage werden Prognosen über die zu erwartende Belegung erstellt und bei der Planung einer Tür zu Tür-Reiseroute mit einbezogen. Besonders

bei Events und Großveranstaltungen wie Fußballspielen und Konzerten, zu Ferienzeiten, während des Oktoberfestes oder auch während der Adventszeit kann die Auslastung stark von Tagen ohne

Daten und Ganglinien können für solche Tage zuverlässige Vorhersagen über den voraussichtlichen Belegungsgrad erstellt werden. Ziel ist es, ein „lernendes System“ aufzubauen. Je länger das System in Betrieb ist, desto zuverlässiger wird die Prognose, da das System bereits Daten zu den genannten Ereignissen, Events und Veranstaltungen gespeichert und verarbeitet hat. Damit soll ausgeschlossen werden, dass der Nutzer zu einem voll belegten Parkplatz geroutet wird. Immer wenn der Zeitraum für eine Anfrage in der Zukunft liegt, werden Prognosedaten ausgegeben. Die Prognose umfasst einen Zeithorizont ab 15 bis 30 Minuten und länger vor Fahrtantritt / Fahrtbeginn und berücksichtigt damit auch die Zeit für die Anfahrt vom Startpunkt bis zum ausgewählten P+R-Platz. Die Prognose wird im Unterschied zu den Echtzeitdaten prozentual angegeben. Grün bedeutet dabei mehr als 25% freie Stellplätze, gelb 10-25% freie Stellplätze und rot weniger als 10% freie Stellplätze zum angefragten Zeitpunkt. Die Echtzeitdaten können für Freising direkt unter Angabe der restlichen freien Parkplätze angezeigt werden.

Sind weder Ist-Daten aus der Detektion noch daraus generierte Prognosen verfügbar, wird auf die statischen Daten zurückgegriffen. Dies

betrifft dann alle Anlagen, die nicht mit Detektionstechnik ausgestattet sind. Die statischen Daten für diese Anlagen werden regelmäßig seit 2005 aus den Zählwerten der P+R-Anlagen im MVV erstellt.

Die Herausforderung bei der Auswahl eines P+R-Hintergrundsystems im Rahmen von PRÖVIMM war es, verschiedene Detektionstechniken unterschiedlicher Hersteller im TPEG-PKI-Schnittstellen-Format zu integrieren. Es gibt viele Plattformen für Parkleitsysteme, aber keine Standardprodukte zur Verwaltung von P+R-Anlagen und deren Daten.

- Das Hintergrundsystem des MVV ist als Datenarchiv aufgebaut, in dem neben den P+R-Belegungsdaten und P+R-Prognosen auch weitere Informationen zu den P+R-Plätzen aus dem Bahnhofsinformationssystem hinterlegt und in der Fahrplanauskunft des MVV berücksichtigt werden können.
- Zentrales Element ist eine langfristige Prognose, die als „lernendes System“ konzipiert wurde. Der MVV kann zudem auf statische P+R-Zählwerte zurückgreifen.



besondere Ereignisse abweichen. Hierfür wurde ein Veranstaltungskalender integriert, um derartige Ereignisse und Veranstaltungen in der Prognose berücksichtigen zu können. Mittels historischer

WIE KOMMEN AUTO UND ÖV ZUSAMMEN?

Ist der Belegungsgrad eines P+R-Platzes bekannt und sind entsprechend freie Kapazitäten verfügbar, so kann der Platz in das intermodale Routing einbezogen werden. Dabei wird der Autofahrer zum freien P+R-Platz navigiert, wo das Auto geparkt und die Fahrt mit dem ÖV fortgesetzt wird. Auf datentechnischer Ebene musste dazu ein Informationssystem entwickelt werden, welches die IV-, die P+R- sowie die ÖV-Daten in Echtzeit verarbeiten und verknüpfen kann. Das Ergebnis, eine lückenlose Informationskette von Tür zu Tür, erlaubt es dem Nutzer, möglichst zeitsparend an sein Ziel zu kommen.

STRASSE UND SCHIENE VEREINT

DAS INTERMODALE ROUTING



Eine Routenermittlung (Routing), welche für eine einzelne Reise die Möglichkeit der abschnittswisen Nutzung unterschiedlicher (öffentlicher und privater) Verkehrsmittel berücksichtigt, stellt im Vergleich zum bekannten Routing von Kraftfahrzeugen auf dem Straßennetz (MIV-Routing) eine Reihe von spezifischen neuen Anforderungen.

Der Leitgedanke ist die Unterstützung sowohl des geplanten als auch des „spontanen“ Umstiegs vom Auto in den ÖV unter Berücksichtigung der aktuellen Verkehrslage.

Zentrale Anforderung ist die Berücksichtigung von Echtzeitdaten bei der Routenermittlung. Nur so ist eine optimale Nutzerführung auf intermodalen Routen (oder erst hin zu intermodalen Routen) möglich. Im Straßennetz ist die Integration von Echtzeit-Verkehrsinformationen bereits Stand der Technik. Allerdings treten bei der Kombination von MIV- mit ÖV-Verbindungen besondere Problemstellungen auf, deren Lösung unter Nutzung von IP-KOM-ÖV- und TPEG-Standards in PRÖVIMM prototypisch gezeigt wird.

Fahrplanabhängige Verbindungen

Der ÖV verkehrt in der Regel zu durch einen Fahrplan festgelegten Zeiten, häufig in einem festen Takt. Dies hat zur Folge, dass eine

optimale Teilroute nicht notwendig Teil der optimalen Gesamtroute sein muss.

Beispiel: Eine ÖV-Verbindung führt zwar mit einem Zeitvorteil zu einem Zwischenziel, das Endziel kann aber nur mit einem zusätzlichen Umsteigevorgang und dadurch ohne Zeitvorteil erreicht werden. Folglich ist bei der Routensuche in einem ÖV-Netz die Reisedauer nicht wie im Individualverkehr als Summe der Zeitaufwände zum Erreichen von Zwischenzielen (Netzknöten) zu ermitteln. Vielmehr sind in einem ÖV-Netz alle mit einem Verkehrsmittel (Linie) ohne Umsteigen erreichbaren Netzknöten als erreichbare Knöten zu modellieren.

Multikriterielle Optimierung

Bei der intermodalen Routenermittlung spielt, verglichen mit dem MIV-Routing, eine größere Anzahl von heterogenen Kriterien eine Rolle (außer Fahrzeit und Fahrpreis etwa die Anzahl der Umstiege, Informationen zur Barrierefreiheit etc.). Während beim MIV-Routing die Auswertung einer gewichteten Kombination von Fahrzeit und Fahrpreis noch ein plausibles Optimum für die meisten errechneten Routen erwarten lässt, ist dies bei komplexeren Kostenfunktionen, bei denen weitere Kriterien wie Anzahl der Umstiege und Barrierefreiheit zu den verallgemeinerten

„Kosten“ beitragen, zunehmend unwahrscheinlich.

Vielmehr sollte ein intermodales Routing mehrere Lösungen ermitteln und dem Nutzer zur Auswahl anbieten. Tabelle 2 stellt die vergleichende Bewertung von vier unterschiedlichen Routen dar und illustriert die Notwendigkeit, dem Nutzer mehrere Alternativen anzubieten.

Route 1 steht für beispielhaft für eine reine MIV-Route, welche im Hinblick auf die Reisedauer optimal ist, bezüglich des Fahrpreises jedoch nachteilig ist. Auch ein aus den Routendaten abgeleiteter Komfortindex ist für Route 1 ungünstig.

Route 2 steht beispielhaft für eine reine ÖV-Route, die bezüglich Fahrpreis und Komfort überlegen ist, aber bezüglich der Reisedauer ungünstig ist.

Route 3 repräsentiert eine intermodale Route, bestehend aus einem MIV-Anteil und einem ÖV-Anteil. Diese Route ist zwar in keiner Einzelwertung optimal, kann aber durchaus die vom Nutzer favorisierte Lösung sein.

Nur Route 4 (beispielweise eine intermodale Route mit einem anderen Umstiegspunkt) ist unter Berücksichtigung aller Kriterien mindestens einer anderen Lösung

Lösung	Dauer	Preis	Komfortindex
Lösung 1 nicht dominiert	1:45	30 €	50
Lösung 2 nicht dominiert	3:00	10 €	150
Lösung 3 nicht dominiert	2:00	20 €	100
Lösung 4 dominiert	3:00	20 €	100

unterlegen (wird „dominiert“) und ist deshalb zu verwerfen. Die anderen drei Lösungen stellen entweder ein Optimum bzgl. einer Größe (Lösungen 1 und 2) oder einen möglicherweise vorteilhaften Kompromiss (Lösung 3) dar. Eine Vorhersage, welche der ersten drei Lösungen dem Nutzer am ehesten zusagt, kann schwer getroffen werden; ihm sollten daher alle drei Lösungen präsentiert werden. Ein Beispiel der Darstellung realer alternativer Routen wird im Abschnitt zur Bosch-Applikation gezeigt.

Folglich hat ein intermodaler Routingalgorithmus eine komplexere (mehrdimensionale, multikriterielle) Kostenfunktion und mehrere Lösungen, die nach einem Auswahlverfahren zu ermitteln sind, zu berücksichtigen. Beides hat wiederum einen erhöhten Rechenaufwand zur Folge.

Suchraumgröße und Laufzeitkomplexität

Gegenüber dem MIV-Routing ist die Suchraumgröße bei intermodaler Routensuche nochmals vergrößert. Erstens wird die Anzahl k der Netzknöten erhöht: Im Straßennetz stellt jede Verbindung zwischen zwei Straßenabschnitten einen Knöten dar, im ÖV Netz stellt jede Haltestelle einen Knöten dar. Zweitens steigt die Anzahl n der von einem Netzknöten erreichbaren Nachbarknöten, da prinzipiell an jeder Haltestelle ein Wechsel zwischen MIV und ÖV erfolgen könnte. Die sogenannte Laufzeitkomplexität (und somit der Bedarf an Rechenleistung) nimmt proportional nk zu. Typisch sind mindestens drei erreichbare Nachbarknöten (nämlich die Knöten, die von einer Straßenverzweigung aus erreichbar sind und gegebenenfalls zusätzlich eine

Tabelle 2: Vergleich von vier beispielhaften Routen. Nur die Route 4 ist einer anderen Lösung bzgl. aller Kriterien unterlegen (wird dominiert).

oder mehrere erreichbare Haltestellen). Das VRS-Netz weist allein bereits 7691 Knöten auf, zusätzlich zu der beträchtlich höheren Zahl von Knöten des Straßennetzes in derselben Region. Eine vollständige Durchsuchung des Lösungsraums zur Auffindung eines oder mehrerer Optima ist deshalb nicht praktikabel. Dies gilt auch für technische Lösungen, bei denen der Routingalgorithmus zentral (oder in der Cloud) mit hoher verfügbarer Rechenleistung ausgeführt wird. Folglich muss bei der Routensuche eine Verkleinerung des Suchraums erreicht werden. Hierzu wurden im Projektverlauf zunächst mehrere bekannte Verfahren untersucht (A*-Verfahren, Simulated Annealing). Diese Verfahren ermöglichen zwar eine numerisch sehr effektive Ermittlung von intermodalen Routen, sind jedoch auf ständige Verfügbarkeit der Echtzeit-Informationen für alle Teilverbindungen angewiesen. Nur so kann dem Nutzer sowohl für Pre-Trip- als auch On-Trip-Szenarien eine attraktive Leistung angeboten werden.

Umgesetzte Lösung

In PRÖVIMM wird eine Lösung des Routing-Problems umgesetzt, die den genannten Forderungen Rechnung trägt und gleichzeitig

berücksichtigt, dass Echtzeitinformationen des ÖV nicht flächendeckend zur Verfügung stehen. Stattdessen werden vom ÖV-Betreiber über die IP-KOM-ÖV-Schnittstelle (TRIAS) bereitgestellte optimierte ÖV-Teilrouten mit optimierten IV-Teilrouten kombiniert. Abbildung 16 stellt die Eingangsgrößen der Routing-Maschine dar, die der Kern des Bosch-Servers ist. Dieser Kern wird über mehrere Kommunikationsschnittstellen (siehe PRÖVIMM-Systemarchitektur) und das „Monitoring“ der Routenaktualität gesteuert, welches weiter unten in diesem Abschnitt beschrieben wird.

Routing

Der Routingalgorithmus berücksichtigt, ob die Reise auf einen geplanten Start- oder Ankunftszeitpunkt hin berechnet werden soll und ob eine Rückreise in die Berechnung einzubeziehen ist. Zudem wird abgefragt, ob ein Pkw am angegebenen Startpunkt (in der Regel auf dem Hinweg einer Reise) oder auf einem P+R-Platz (in der Regel auf dem Rückweg der Reise) zur Verfügung steht.

Soweit die benötigten Informationen MIV-Verbindungen betreffen, werden sie dem Routingalgorithmus über eine proprietäre Schnittstelle

Abbildung 16: Eingangsgrößen des Routingprozesses (Interne Bedienoberfläche; die Darstellung für den Nutzer und Auswahlmöglichkeit der Alternativen wird im Abschnitt zur Bosch-Applikation beschrieben).

von Bosch bereitgestellt und zwar unter Berücksichtigung aktueller und prognostizierter Verkehrszustände. Die optimale MIV-Route wird mittels eines A*-Algorithmus ermittelt. Die Routing-Maschine gibt alternative MIV-Routen an den Nutzer zurück und berücksichtigt auch vom Nutzer vorgegebene Ausschlüsse (z.B. von Mautstrecken). Soweit die benötigten Informationen ÖV-Verbindungen betreffen, werden diese über eine standardisierte TRIAS-Schnittstelle von den Projektpartnern MVV und VRS abgefragt. Deren Auskunftssysteme geben alternative ÖV-Routen zurück, und die aktuell günstigste Verbindung wird an den Routingalgorithmus zurückgegeben. Zusätzlich können über die TRIAS-Schnittstelle alternative ÖV-Routen abgefragt werden. In Abbildung 16 ist die Anzahl der Alternativen auf Null gesetzt; in diesem Fall wird allein die aktuell günstigste Verbindung zurückgegeben. Die P+R-Informationen werden ebenfalls über eine standardisierte Schnittstelle (TPEG-PKI)

bereitgestellt. Es können beliebig viele P+R-Plätze als Umstiegspunkte berücksichtigt werden.

Die Routing-Maschine kombiniert die jeweils für einen Umstiegspunkt berechneten MIV- und ÖV-Routen in geeigneter Weise und liefert die besten Alternativen aus einer Menge von intermodalen Routen zurück. Als geeignete Umstiegspunkte werden P+R-Plätze herangezogen, wobei auch deren jeweiliger Belegungszustand Berücksichtigung findet.

Für die Umstiege wird eine vom Nutzer einstellbare Pufferzeit berücksichtigt (Change Over Buffer Time, die Voreinstellung beträgt 5 Minuten). Dies erfolgt zusätzlich zur notwendigen Zeit für Fußwege. Der Zeitbedarf für Fußwege wird über eine einstellbare Gehgeschwindigkeit ermittelt.

Während der Routenberechnung werden mehrere Kriterien (Fahrzeit,

monetäre Kosten etc.) gleichzeitig berücksichtigt). Abbildung 17 zeigt beispielhaft (keine Benutzeroberfläche) die von der Routing-Maschine ausgegebenen intermodalen Routenalternativen von Düren nach Köln (Glockengasse) mit den drei im Raum Köln näher betrachteten P+R-Plätzen. Bei den Routenberechnungen werden außer der Pkw-Teilroute (grün) und der ÖV-Teilroute (blau) auch die Fußwege (rot) berechnet wie oben beschrieben.

Die Darstellung für den Nutzer und Auswahlmöglichkeit der Alternativen werden im Abschnitt zur Bosch-Applikation dargestellt.

Der Standort des abgestellten Fahrzeugs wird gespeichert und automatisch für das Routing der Rückreise berücksichtigt. Das Routingverfahren berechnet bei Bedarf die optimierte Hin- und Rückreise, die gewünschte Rückfahrt kann sich dabei auf die Auswahl eines geeigneten P+R-Platzes für die Hinfahrt auswirken (zum Beispiel wenn zum gewünschten Rückreisezeitpunkt keine ÖV-Verbindung zu einem P+R-Platz mehr besteht).

Monitoring während der Reise

Bei unvorhergesehenen Ereignissen werden alle Teilrouten in Echtzeit aktualisiert. Hierzu ist eigens eine Monitoring-Komponente entwickelt worden, welche den Zustand von ausgewählten Routen bzgl.

ihrer Aktualität und Gültigkeit überwacht. Zu diesem Zweck schließt die Überwachung alle relevanten Aspekte ein, welche Einfluss auf die intermodale Route nehmen. Dazu zählen insbesondere Echtzeit- und Prognoseinformationen zu Änderungen in den Fahrplandaten des ÖV, Verkehrsstörungen im MIV, Belegungszustände von P+R-Plätzen und Änderungen der Reiseplandaten und Reisepräferenzen durch den Nutzer.

Sofern festgestellt wird, dass eine ausgewählte Route angesichts der aktuellen Verkehrslage nicht mehr plangemäß nutzbar ist, wird eine Neuberechnung der bisher ausgewählten Route ausgelöst. Dem Nutzer werden neue Routenvorschläge zur Auswahl bereitgestellt, die angesichts der aktuellen Verkehrsbedingungen und unter Betrachtung der Nutzerpräferenzen die besten Lösungen darstellen. Das typische PRÖVIMM-Szenario ist in

diesem Zusammenhang die Bereitstellung einer intermodalen Alternative zu einer ursprünglich reinen MIV-Route.

- Die Kostenfunktion und somit die Wahl einer optimalen Route ist bei intermodalen MIV/ÖV-Fahrten deutlich komplexer als bei reinen MIV-Fahrten.
- Für das Routing werden die von den ÖV-Partnern bereitgestellten optimierten ÖV-Teilrouten mit optimierten MIV-Teilrouten kombiniert. Zudem werden die P+R-Plätze mit ihren jeweiligen Belegungszuständen berücksichtigt.
- Die Monitoring-Komponente ermöglicht die Überwachung und Neuberechnung einer ausgewählten Route.

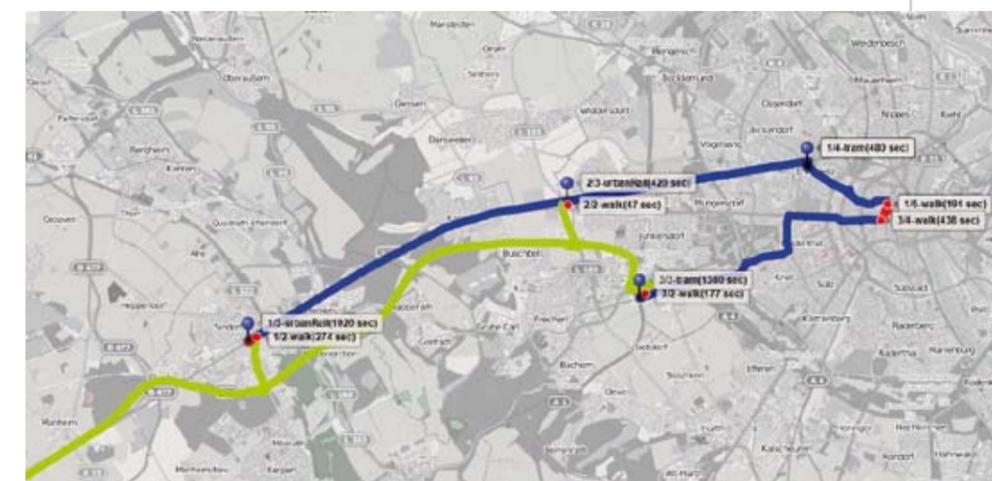


Abbildung 17: Intermodale Routen mit realen Echtzeitdaten (Beispiel).

WO FINDE ICH PRÖVIMM?

Um die im Projekt entwickelten Innovationen den Nutzern zur Verfügung zu stellen, wurden mehrere Anwendungen durch die Partner entwickelt. Die erarbeiteten Lösungen finden Eingang in speziell dafür konzipierte Handy-Applikationen, welche, je nach Projektpartner, verschiedene Bereiche schwerpunktmäßig abdecken. Dazu gehören hauptsächlich die MIV- und ÖV-Navigation sowie die intermodale Routenberechnung, aber auch eine Abfrage nach freien P+R-Kapazitäten ist möglich. Zudem können die PRÖVIMM-Innovationen mittels klassischer Webseiten auf stationären und tragbaren Computern abgerufen werden, hierbei steht die Kommunikation der P+R-Belegungsdaten im Vordergrund.



ÖV-INFORMATIONEN IM AUTO

DIE BOSCH-APPLIKATION



Für die intermodale Tür zu Tür-Navigation hat Bosch die „klassische“ Pkw-Navigation zur Reiseplanung und -führung in Kombination mit anderen Verkehrsmitteln wie Bus, Bahn oder zu Fuß prototypisch weiterentwickelt. Auch bei den ÖV-Teilrouten wurde hierbei ein besonderes Gewicht auf eine kartengestützte Nutzerführung gelegt. Die „Bosch-Applikation“

Umgesetzte Lösung der mobilen Applikation

Über die Bosch-Applikation kann der Nutzer seine Anforderungen an eine zu berechnende Route eingeben (z.B. von der aktuellen Position zum Kölner Dom). Auf Basis der Anforderungen werden mögliche Routenalternativen zentral berechnet (siehe vorherigen Abschnitt

Rechtzeitig vor Beginn der Reise erhält der Nutzer eine Erinnerung. Bei Reisebeginn wird von der Bosch-Applikation geprüft, ob sich der Nutzer am geplanten Ausgangspunkt der Reise aufhält. Sollte sich der Nutzer zu weit entfernt von Ausgangspunkt aufhalten, wird eine Neuplanung der Reise angeboten.

Die Bosch-Applikation führt den Nutzer entlang der ausgewählten Route ans Ziel. Anteile der Route im MIV werden von der Bosch-Applikation in einem Navigationsmodus geführt, der weitgehend identisch mit einer Pkw-Navigation ist. Diese Anteile sind auch direkt in einem fest verbauten Navigationssystem ausführbar. Für den Wechsel zur ÖV-Teilroute wurde ein sogenanntes Handover zur mobilen Bosch-Applikation auf dem Smartphone entwickelt, das weiter unten beschrieben wird.

Für die ÖV-Teilroute wurde eine erweiterte Zielführung implementiert. Hier wird der Nutzer ebenfalls kartenbasiert auf seiner Route geführt. Dies umfasst Informationen über die Verkehrsmittel (Haltestelle, Linie und Richtung) sowie rechtzeitige Informationen über Aus- und Umstiege. Hinweise an den Nutzer (z.B. über anstehende Umstiege oder

Routenaktualisierungen) erfolgen abgestimmt auf den tatsächlichen Aufenthaltsort des Nutzers und gestützt auf Echtzeitinformationen des Straßenverkehrs und des öffentlichen Verkehrs.

Während der gesamten Reise überwacht die Bosch-Applikation die zeitliche Einhaltung der geplanten Route (Monitoring). Ergeben sich signifikante Abweichungen (etwa wenn der Nutzer nicht den Navigationsempfehlungen folgt und dadurch der nächste Umsteigepunkt oder das Reiseziel nicht gemäß der ursprünglichen Routenplanung

erreicht werden kann), so wird die PRÖVIMM-EKAP darüber informiert und eine Neuberechnung der Reise veranlasst.

Ein typischer PRÖVIMM-Anwendungsfall

Der Nutzer befindet sich auf einer Reise von Düren zum Kölner Dom. Über das PRÖVIMM-System hat er eine reine Pkw-Route geplant, auf welcher er sich nun von der Bosch-Applikation leiten lässt und die ständig auf Änderungen bezüglich der Routeninformationen überwacht wird (Monitoring).

Unterwegs stellt sich heraus, dass auf der aktuellen Route eine unerwartete Verkehrsstörung mit hoher Wartezeit vorliegt, die eine Aktualisierung der Reiseplanung nahelegt und eventuell einen Umstieg in den ÖV attraktiv macht. Der Nutzer erhält einen entsprechenden Hinweis durch die App, siehe Abbildung 18. Die Bosch-Applikation präsentiert dem Nutzer die übermittelten Alternativen, von denen er die von ihm bevorzugte auswählt (Abbildung 19, linke Alternative: Auto bis P+R-Platz Kerpen-Sindorf und mit der Bahn weiter nach Köln). Entsprechend dieser Alternative wird der



ermöglicht jederzeit die Eigenortung des Nutzers in einer Kartendarstellung und gibt der Situation angepasste Hinweise auf anstehende Aktionen wie Reisebeginn, Parken, Fußweg, Ein-, Um- und Ausstieg.

zum intermodalen Routing) und der Bosch-Applikation übermittelt. Der Nutzer hat nun die Möglichkeit, eine der Routenalternativen auszuwählen. Diese Auswahl wird auf der PRÖVIMM-EKAP gespeichert.



Abbildung 18: Echtzeit-Hinweis auf Planänderung.



Abbildung 19: Auswahl intermodaler Routen auf der Bosch-Applikation.

Nutzer nun zum P+R-Platz geführt. In Abbildung 20 ist bereits der anstehende Fußweg (grün) und die Bahnverbindung (orange) sichtbar.

Beim Verlassen des Autos wird die Position des Autos an den Server gesendet, damit sie bei der Rückreise berücksichtigt werden kann. Nach Verlassen des Autos, auf dem Fußweg und auf der anschließenden Bahnfahrt lässt sich der Nutzer weiter von der Bosch-Applikation leiten

(Abbildung 21). Der Nutzer wird rechtzeitig vor Ende der Bahnfahrt über den bevorstehenden Ausstieg informiert (Abbildung 22).

Handover

Die Bosch-Applikation muss bei einem Umstieg vom MIV in den ÖV oder umgekehrt nicht gewechselt werden. Ein Wechsel des Endgeräts als Handover zwischen Pkw-Navigationsgerät und Smartphone

während der Reise ist aber möglich und wird vom zentralen Server unterstützt: die Bosch-Applikation läuft auf dem jeweils aktiven Endgerät weiter. Auch möglich ist die Planung der intermodalen Reise auf der mobilen Bosch-Applikation und der Handover bei Reiseantritt zum Pkw-Navigationsgerät. Abbildung 23 zeigt die Detailansicht der Reise in Balkenform. Es ist eine intermodale Route zu sehen, die mit einem Pkw-Anteil startet und mit

einem öffentlichen Verkehrsmittel fortgesetzt wird. Abbildung 24 zeigt die Navigationsansicht im Fahrzeug, zu erkennen ist am oberen Rand der Karte der Umstieg in den ÖV, der durch ein blaues Fähnchen gekennzeichnet ist.

Die Bosch-Applikation verkörpert somit (zusammen mit dem intermodalen PRÖVIMM-Routing) einen wichtigen Baustein der Mobilität von Tür zu Tür und unterstützt den

Wechsel zwischen MIV und ÖV, ohne dass der Nutzer seine Navigationsapplikation wechseln muss.

Es wird weiterhin auch der Fall berücksichtigt, dass Nutzer einer ÖV-Applikation (vom VRS) eine intermodale Reise auswählen und sich nur auf dem MIV-Teil der Reise von der Bosch-Applikation führen lassen. Hierzu wird der aktuellen Reise eine identische Kennung auf der PRÖVIMM-EKAP und auf

der VRS-Applikation zugeordnet. Abbildung 25 zeigt die Ausgabe der Kennung (Journey-ID) in der Bosch-Applikation; für die VRS-Applikation wurde diese Ausgabe in gleicher Weise konzipiert. Meldet sich der Nutzer unter Verwendung dieser Kennung mit der Bosch-Applikation am PRÖVIMM-Server an (siehe Abbildung 26), so werden die aktuellen Reisedaten übermittelt, so dass nun die Reise direkt mit der Bosch-Applikation



Abbildung 20: Intermodale Nutzerführung im Pkw zum Parkplatz.



Abbildung 21: Intermodale Nutzerführung während der ÖV-Nutzung.



Abbildung 22: Erinnerung an bevorstehenden Ausstieg.

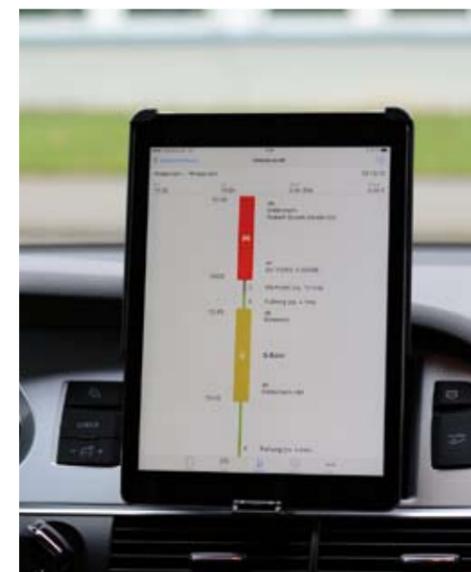


Abbildung 23: Navigations-App im Pkw - Detailansicht der Reise in Balkenform.



Abbildung 24: Navigations-App im Pkw - Kartenansicht.

INTERMODALE FAHRTBEGLEITUNG DIE VRS-APPLIKATION

unter Anwendung der Zielführung auf der MIV-Teilroute begonnen bzw. fortgesetzt werden kann. Ferner besteht nach Beendigung der MIV-Teilroute die Möglichkeit der Fortsetzung der Reise mit der VRS-Applikation statt der Bosch-Applikation, durch ein erneutes Handover nach gleichem Prinzip. Hierbei werden insbesondere auch Planungsaktualisierungen, die während der Verwendung der Bosch-Applikation vorgenommen

worden sind (z.B. Adaption der Nutzerpräferenzen inkl. Auswahl einer anderen Alternativroute), wieder zurück auf die VRS-Applikation gespiegelt. Auch wird die Überwachung der Aktualität der derzeitigen Route durch das Monitoring der PRÖVIMM-EKAP und die Bereitstellung von Routenaktualisierungen unterstützt, sowohl auf der VRS-Applikation als auch auf der Bosch-Applikation.

- Die intermodale Bosch-Applikation ist eine Weiterentwicklung der Pkw-Navigation und bedient sich durchgehend einer kartengestützten Nutzerführung.
- Während der Fahrt wird diese im Hintergrund überwacht und bei signifikanten Abweichungen von der aktuellen Verkehrslage eine Neuberechnung veranlasst.
- Verfügt der Nutzer über ein fest eingebautes Navigationsgerät, kann der Wechsel zur mobilen Bosch-Applikation über das Handover erfolgen. Für die ÖV-Teilroute wurde auf der Applikation eine erweiterte Zielführung implementiert.
- Auch der Wechsel zur VRS-Applikation für die ÖV-Teilroute ist über das Handover möglich.

Die innerhalb des Projekts erarbeiteten Szenarien bedürfen zusätzlicher Funktionen im Rahmen einer integrierten Tür zu Tür-Auskunft. Neben der Entwicklung der technischen Grundlagen in Form der beschriebenen gemeinsamen Systemarchitektur und zugehöriger definierter Schnittstellen stellte sich daher die Frage, in welcher Form diese Dienste den Nutzern zu Verfügung gestellt werden können. Die VRS GmbH entschied sich hierbei für die Weiterentwicklung der VRS-Info-Applikation, zunächst auf Android-Basis. Hierzu wurde die bestehende Applikation in der Version 1.0.8 als Grundlage verwendet und mit zusätzlichen Funktionen ausgestattet. Diese mobile Lösung trägt dem Tür zu Tür-Gedanken Rechnung, da sie den Nutzer vom Start zum Ziel begleitet. In Abbildung 27 ist das neue Menü der Applikation zu sehen, in das die neuen Funktionen „P+R“ sowie das „VRS-Navi“ eingebunden wurden. Eine weitere neue Funktion findet sich bei der auch bisher schon vorhandenen „Suche“, wo die neue Auswahlmöglichkeit „mit Auto“ für die Suche nach intermodalen Routen integriert wurde.

Die Programmierung der Applikation erfolgte durch den Unterauftragnehmer side by site GmbH & Co. KG, mit dem in enger Zusammenarbeit zunächst die Funktionalitäten mitsamt technischer Grundlagen und anschließend das Design der Applikation sowie die dazugehörigen Formulierungen abgestimmt wurden. Zu den technischen Grundlagen gehören

insbesondere die Umsetzung einer VRS-EKAP, die Implementierung des TRIAS-Standards zur Kommunikation sowie die Einbindung von P+R-Belegungsdaten mit dem TPEG-PKI-Datenformat. Zusätzlich waren für die Umsetzung der Fahrtüberwachung innerhalb des VRS-Navi Eingriffe in die Datenstruktur des VRS-Auskunftssystems nötig; diese Arbeiten wurden von der IVV GmbH, dem Hersteller der Fahrplanauskunft des VRS, durchgeführt. Auf der Grundlage dieser Arbeiten konnte side by site den eigentlichen Fahrtüberwachungsdienst implementieren.

P+R-Informationen in der Applikation

Hinter dem neuen Menüpunkt „P+R“ verbirgt sich eine Liste aller P+R-Plätze im Gebiet des VRS sowie eine Kartenansicht, bei der die P+R-Plätze räumlich dargestellt werden. Sowohl auf der Liste als auch auf der Karte können einzelne P+R-Plätze ausgewählt und weiterführende Informationen, wie etwa die Belegungsdaten, sofern verfügbar, zu diesen aufgerufen werden. Zudem kann hier ein P+R-Platz direkt als Start- oder Ziel einer Fahrt gewählt werden. Damit konnte



Abbildung 25: Ausgabe der Kennung in Bosch-Applikation (rot eingekreist).

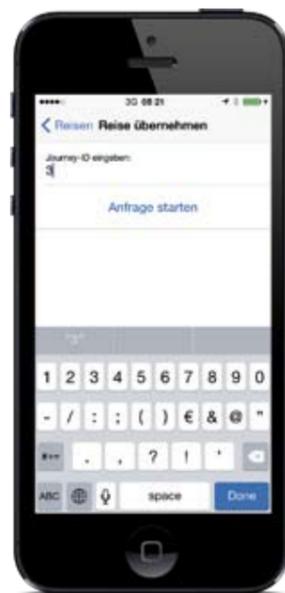


Abbildung 26: Eingabe der Kennung in Bosch-Applikation.

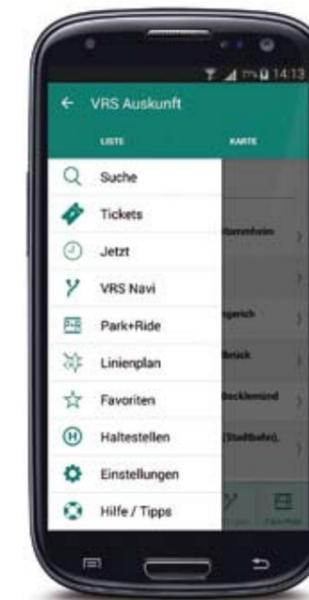


Abbildung 27: Neu gestaltetes Menü der VRS-PRÖVIMM-Applikation.

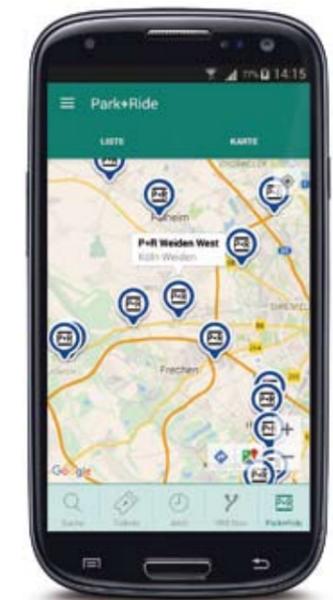


Abbildung 28: Darstellung der P+R-Plätze im Raum Köln auf einer Karte.

innerhalb des Projekts eine für die mobile Nutzung optimierte, umfassende Informationsplattform zu P+R-Plätzen entwickelt werden, die sowohl die Planung von zu Hause aus als auch die spontane Suche unterwegs ermöglicht.

Intermodale Routen

Neben den bisherigen Auswahlmöglichkeiten verschiedener Verkehrsmittel des öffentlichen Verkehrs wie beispielsweise S-Bahn, Regionalzug und Bus, bietet die zusätzliche Funktion der VRS-Applikation nun die Möglichkeit, auch intermodale

Routen anzufragen und auszugeben. Hierfür wird eine Route vom intermodalen Router der Firma Bosch abgefragt. Dieser berechnet dann hinsichtlich verschiedener Kriterien optimierte Routen, welche die Nutzung eines Pkw sowie den Umstieg auf den öffentlichen Verkehr an einem P+R-Platz mit ausreichenden Kapazitäten beinhalten.

Fahrtbegleitung durch das VRS-Navi

Der Anspruch einer Tür zu Tür-Begleitung durch die PRÖVIMM-Dienste ist es, eine lückenlose

Unterstützung der Nutzer auf ihrer Reise zu gewährleisten. Um diesen Aspekt der Fahrtüberwachung umzusetzen, wurde als Zusatzfunktion der VRS-Applikation das sogenannte VRS-Navi entwickelt. Für dieses VRS-Navi besteht die Herausforderung darin, verschiedene Informationen in Echtzeit vorzuhalten und bei Veränderungen der aktuellen Verkehrslage dem Nutzer seine Fahrt im VRS-Navi speichern, wenn er die Fahrtüberwachung für seiner Verbindung aktivieren und zusätzliche Informationen erhalten möchte. Zu diesen Zusatzdiensten zählen eine Erinnerung vor Fahrtbeginn, Hinweise zur aktuellen Position während der Fahrt, Hinweise zu Um- und Ausstiegen sowie Meldungen bei Verspätungen, verpassten Anschlüssen oder Zugausfällen. Sollte eine Störung bei der gewählten Fahrt auftreten, kann sich der Nutzer alternative Verbindungen oder Anschlusszüge anzeigen und diese wiederum speichern und überwachen lassen. Für den Pkw-Teil einer intermodalen Route ist die Fahrtüberwachung auf Informationen der Firma Bosch angewiesen, für den ÖV-Teil einer intermodalen Route oder reine ÖV-Verbindungen wurden die VRS-Systeme für die Fahrtüberwachung ertüchtigt. Grundvoraussetzung hierfür war die Implementierung

von Fahrtabschnittsreferenzen, anhand derer eine Fahrt eindeutig identifiziert und gespeichert werden kann.

Feedback-Komponente

Für eine Testphase der VRS-PRÖVIMM-Applikation mit ausgewählten Nutzern wurde eine Feedback-Komponente innerhalb der Applikation entwickelt. Mittels dieser wird der Nutzer nach dem Ende seiner Fahrt um ein Feedback zu seinen Erfahrungen, insbesondere

mit der Fahrtbegleitung durch das VRS-Navi, gebeten. Neben der allgemeinen Zufriedenheit können hier Merkmale wie die Bedienbarkeit, graphische Darstellung, und die Qualität der Informationen bewertet werden. Zudem besteht die Möglichkeit einer Freitexteingabe. Die so gewonnenen Rückmeldungen zu den neuen Funktionen der Applikation fließen in deren Weiterentwicklung mit ein und dienen so der Vorbereitung einer Übernahme einzelner Funktionen in den Regelbetrieb des VRS.

- Die VRS-Android-Applikation wurde um die PRÖVIMM-Elemente P+R-Plätze, intermodale Routen und das VRS-Navi erweitert.
- Die Fahrtbegleitung innerhalb des VRS-Navi ermöglicht es, den Nutzer für gespeicherte Fahrten über Änderungen der Verkehrslage aktiv zu informieren.
- In einer Testphase können ausgewählte Nutzer ihre Bewertung der neuen Funktionalitäten über ein eigens dafür konzipiertes Feedback-Modul innerhalb der Applikation abgeben.



Abbildung 29: Fahrtdetails einer intermodalen Route.



Abbildung 30: Erinnerung an eine kurz bevorstehende Fahrt.



Abbildung 31: Hinweis zu einem bevorstehenden Umstieg.

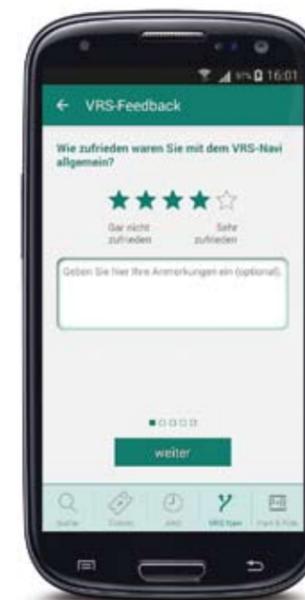


Abbildung 32: Feedback-Formular der VRS-PRÖVIMM-Applikation.

LEICHTER ZUM OPTIMALEN P+R-PLATZ DIE ERWEITERTE MVV-AUSKUNFT



Zunehmende Verkehrsbelastungen und stetig wachsender Parkdruck im innerstädtischen Bereich erfordern gerade in einer Metropolregion wie München Veränderungen der Mobilitätsrouten. Hierfür bieten sich intermodale Wegeketten an, wie beispielsweise die Nutzung von Park+Ride. Im MVV-Verbundsraum gibt es aktuell mehr als 120 P+R-Anlagen mit über 27.000 Stellplätzen. Um die Nutzung dieser Anlagen und somit die Intermodalität zu fördern, müssen den Nutzern Informationen leicht zugänglich und jederzeit abrufbar zur Verfügung gestellt werden.

P+R in der intermodalen Auskunft

Im Zuge des Projekts PRÖVIMM wurde hierzu die Bereitstellung intermodaler Auskünfte in der elektronischen Fahrplanauskunft des MVV verbessert. Der Nutzer kann sich nun in der MVV-Auskunft kombinierte IV-ÖV-Routen ausgeben lassen, welche die aktuelle Belegung der P+R-Anlagen zum Zeitpunkt der Abfrage oder zukünftige Belegungsprognosen berücksichtigen und visualisieren. Die zugrundeliegenden Daten für die Auskunft der aktuellen Belegung stammen aus den Echtzeitdaten der beiden mit Detektionsanlagen ausgestatteten P+R-Anlagen Garching-Hochbrück und Freising. Falls keine Echtzeitdaten vorhanden sind, wird für die Belegungsprognosen vorerst auf bereits vorhandene statischen Zähl-daten des MVV zurückgegriffen. Diese wurden bisher zusammen mit

zusätzlichen Informationen im von der Fahrplanauskunft unabhängigen Bahnhofsinformationssystem (BIS) des MVV gepflegt.

Die Echtzeit- und Prognosedaten werden zusammen mit zusätzlichen Detailinformationen des BIS im Hintergrundsystem gepflegt und für das Routing verarbeitet (siehe Kapitel Hintergrundsystem / Prognose). Mit der Integration sämtlicher Daten in die MVV-Fahrplanauskunft wurde somit eine zentrale Plattform für intermodale Fahrten mit P+R-

Nutzung im MVV-Verbundsraum geschaffen.

In der MVV-Auskunft ist es nun möglich, sowohl den Belegungsgrad im Routing zu berücksichtigen als auch eine favorisierte P+R-Anlage vorzugeben, welche für das Routing berücksichtigt werden soll. Alle Informationen, welche im Hintergrundsystem für eine jeweilige P+R-Anlage gesammelt werden, können dem Nutzer auf verschiedenen Wegen im Zusammenhang mit berechneten intermodalen Routen,

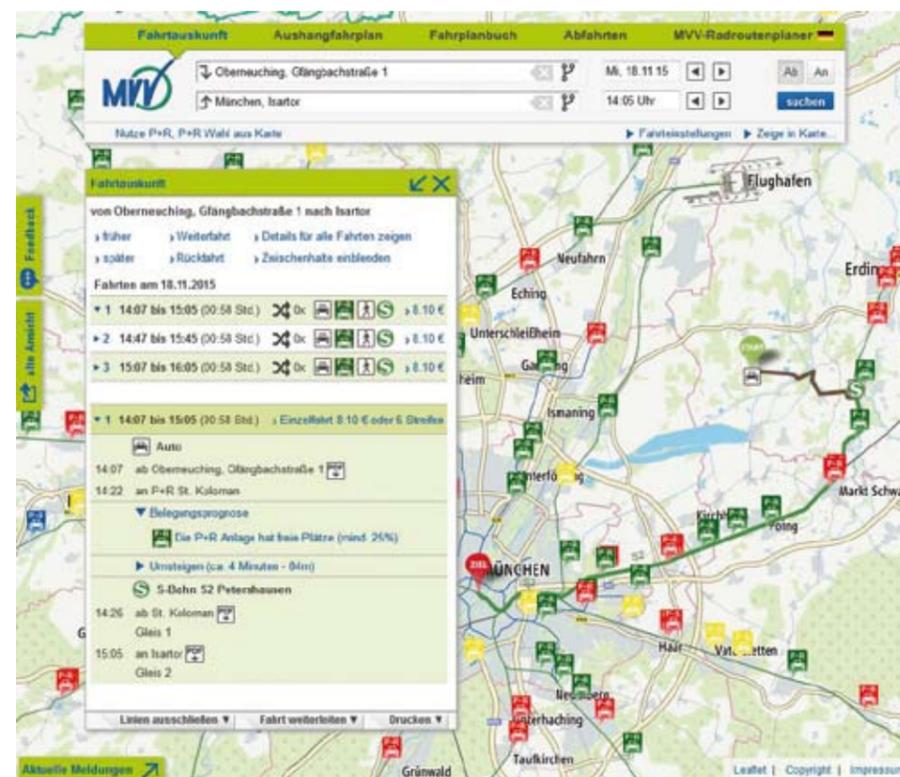


Abbildung 33: Ansicht der P+R-Fahrtauskunft.

aber auch unabhängig davon, angezeigt werden. So können für über 120 Park-and-Ride-Anlagen die aktuellen Belegungsprognosen in einer dreifarbigem Ampelskala abgerufen werden. Detaillierte Zusatzinformationen wie die Adresse, Stellplatzanzahl, Anzahl der Behindertenparkplätze, Zugang zum Bahnhof, Höchstparkdauer, stündliche Belegungsprognosen und die Parkpreise von kostenpflichtigen Anlagen lassen sich in einem eigenem Fenster darstellen.

Neue Funktionen für P+R-Nutzer

Mit PRÖVIMM wurden neue Optionen in der MVV-Auskunft geschaffen, mit denen die Fahrt über individuelle Vorgaben z.B. zur maximalen Anfahrtswerte mit dem PKW personalisiert werden kann.

In der automatischen Auswahl wird die empfohlene P+R-Anlage entsprechend der kürzesten Gesamt-reisezeit vom System ausgewählt. Der Belegungsgrad wird in der Fahrtübersicht und in den Fahrt-details dargestellt. Anlagen mit über 90% Belegung können aus der Karte ausgeblendet und von der Beauskunftung ausgenommen werden.

Erstmals gibt es auch die Möglichkeit, eine P+R-Anlage direkt aus der Karte zu wählen. Zur Orientierung wird ein Kartenausschnitt angezeigt, auf dem die zur jeweils gewünschten Fahrtverbindung günstig gelegenen P+R-Anlagen dargestellt sind. Alle anderen Anlagen-Icons

werden ausgegraut. Zusätzlich kann der Nutzer sich durch Anwählen der jeweiligen Anlage Kurzinfor-s über Belegung, Preis und Reisezeit anzeigen lassen. Außerdem kann eine Umkreissuche erfolgen, um eine P+R-Anlage direkt aus der Karte auszuwählen und diese für eine Fahrtverbindung zu übernehmen.

In einer weiteren Option hat der Nutzer die Möglichkeit, eine P+R-Anlage direkt vorzugeben. Sie kann aus dem interaktiven Schnellbahn-netzplan mit P+R-Standorten über-nommen werden.

Entscheidend ist die Nutzersicht

In einer abschließenden Evaluation wird der praktische Mehrwert der umgesetzten Dienste für den Fahrgast bewertet. Hierfür wurde die Durchführung einer zweiteiligen Evaluation, bestehend aus einer quantitativen sowie einer qualitativen Befragung, beschlossen. Beide befassen sich mit den nutzbaren Funktionen der umgesetzten P+R-Info-Dienste in der Desktop-Anwendung der Fahrplanauskunft. Die quantitative Onlinebefragung richtet sich an Nutzer der Fahrplanauskunft, die den P+R-Info-Dienst in der Beta-Version verwenden. Hierbei soll die allgemeine Kundensicht zu den entwickelten Diensten eingeholt und deren Auswirkungen auf das P+R- und Mobilitätsverhalten aufgezeigt werden. Es soll ein breites Stimmungsbild über die verschiedenen Nutzergruppen eingeholt werden. Die qualitative Studiobefragung soll vertiefte

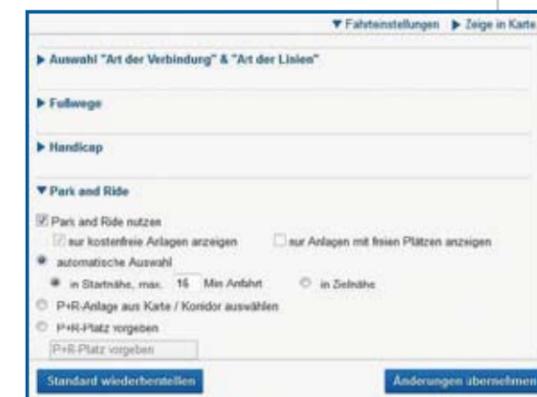


Abbildung 34: P+R-Optionen in der Fahrtauskunft.

Einblicke zum Verständnis der neuen Optionen ergeben. Der Schwerpunkt liegt hierbei auf der Usability der umgesetzten Dienste.

- Die Fahrplanauskunft des MVV ermöglicht eine optimierte Suche nach intermodalen Routen, in die nun auch die aktuelle Belegung bzw. Belegungsprognosen der P+R-Plätze einbezogen werden.
- Darüber hinaus wurden zahlreiche weitere neue Auswahlmöglichkeiten geschaffen, etwa die maximale Anfahrtswerte oder die Auswahl eines P+R-Platzes direkt aus der Karte.
- In einer zweiteiligen Evaluation mit quantitativen und qualitativen Elementen wird die Akzeptanz der neuen Dienste überprüft.

Robert Bosch GmbH
Hildesheim



Verkehrsverbund
Rhein-Sieg GmbH
Köln



DataCollect Traffic
Systems GmbH
Kerpen



Münchner Verkehrs- und
Tarifverbund GmbH
München



WER IST DABEI?

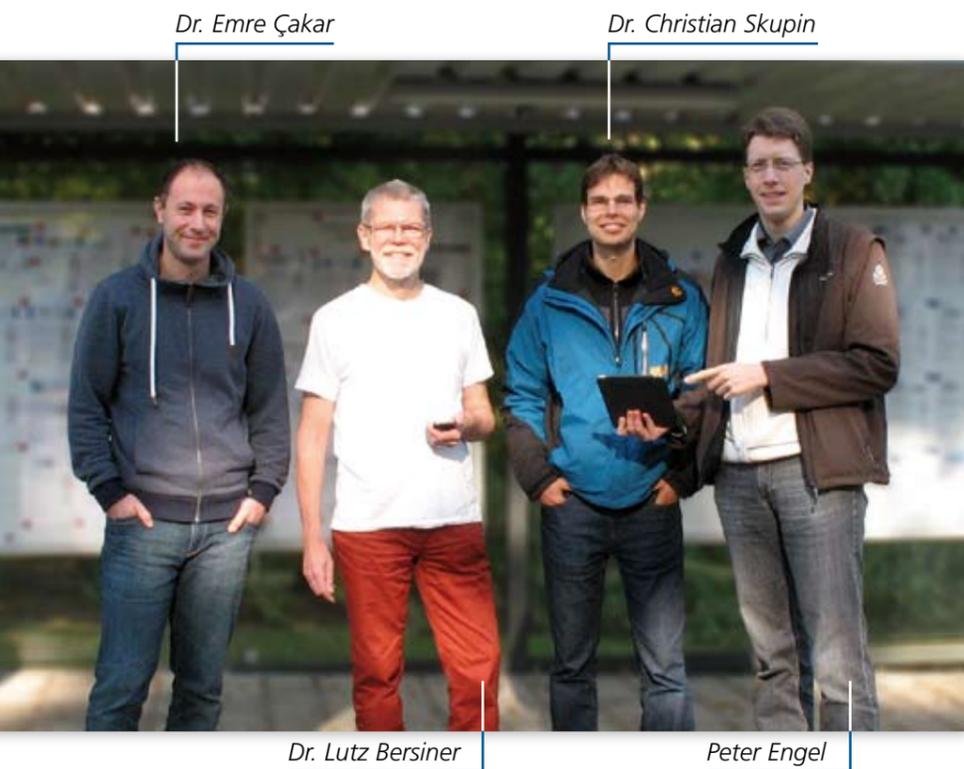
Vier Projektpartner aus Hildesheim, Kerpen, Köln und München haben sich zusammengefunden, um gemeinsam im Projekt PRÖVIMM mit Hilfe neuester technischer Standards intermodale Tür zu Tür-Dienste zu konzipieren und umzusetzen. Der Münchner Verkehrs- und Tarifverbund und der Verkehrsverbund Rhein-Sieg brachten dabei ihre Kompetenzen zu Daten und Schnittstellen im ÖV ein. Die Firma DataCollect widmete sich der Verarbeitung von P+R-Detektionsdaten in einem Hintergrundsystem und der Weitergabe der Daten an andere Systeme. Die Firma Bosch nutzte ihr Know-how in der MIV-Navigation bei der Entwicklung des intermodalen Routings.



Verkehrsverbund Rhein-Sieg GmbH
HK Beratung und Management von Verkehrsforschungsprojekten
side by site GmbH & Co. KG
proevimm@vrsinfo.de



Münchener Verkehrs- und Tarifverbund GmbH
proevimm@mvv-muenchen.de



Robert Bosch GmbH
lutz.bersiner@de.bosch.com



DataCollect Traffic Systems GmbH
proevimm@datacollect.com





ASSOZIIERTE PARTNER

<p>Allgemeiner Deutscher Automobil-Club e.V.</p>	<p>Bayerische Motoren Werke Aktiengesellschaft</p>	<p>mobil-im-rheinland.de</p>
<p>Rhein-Sieg-Kreis</p>	<p>side by site GmbH & Co. KG</p>	<p>Stadt Freising</p>
<p>Universität Garching</p>	<p>Stadt Köln</p>	<p>Westdeutscher Rundfunk Köln</p>

Projektbüro

HELGE KRATZEL
Beratung und Management
von Verkehrsforschungsprojekten

HK Beratung und Management von Verkehrsforschungsprojekten
mail@helge-kratzel.de

GLOSSAR

ASS	AuskunftsServiceSystem	P+R	Park+Ride
BMWi	Bundesministerium für Wirtschaft und Energie	PRÖVIMM	Park+Ride und ÖPNV-Informationen machen Menschen mobil
DC	DataCollect Traffic Systems GmbH	SDR	Seitenradar
EFA	Elektronische Fahrplanauskunft	TISA	Traveller Information Service Association
EKAP	Echtzeit-Kommunikations- und Auskunftsplattform	TPEG	Transport Protocol Expert Group
GUI	Graphical User Interface	TPEG-PKI	TPEG-Parking Information
IP-KOM-ÖV	Internet Protokoll basierte Kommunikationsdienste im Öffentlichen Verkehr	TPEG-RMR	TPEG-Road and Multimodal Routes
MIV	Motorisierter Individualverkehr	TRIAS	Travellers Realtime Information and Advisory Standard
MVV	Münchner Verkehrs- und Tarifverbund GmbH	VDV	Verband Deutscher Verkehrsunternehmen e. V.
ÖV	Öffentlicher Verkehr	VRS	Verkehrsverbund Rhein-Sieg GmbH
PGS	Parking Guidance System		

IMPRESSUM

Herausgeber
Verkehrsverbund Rhein-Sieg GmbH
Glockengasse 37-39
50667 Köln
www.vrsinfo.de

DataCollect Traffic Systems GmbH
Heinrich-Hertz-Straße 1
50170 Kerpen
www.datacollect.com

Münchner Verkehrs- und Tarifverbund GmbH
Thierschstraße 2
80538 München
www.mvv-muenchen.de

Robert Bosch GmbH
Robert-Bosch-Straße 200
31139 Hildesheim
www.bosch.com

Verantwortlich für den Inhalt
Fred Kröll, Dr. Lutz Bersiner, Alfred Ismail, Dirk Overzier

Bild- und Abbildungsnachweise

Umschlag: © Deutsche Bahn AG/Claus Weber	Foto S. 19: VRS GmbH/Smilla Dankert	Foto S. 36/37: © istock.com/efenzi
Foto S. 4/5: VRS GmbH/Smilla Dankert	Foto S. 20: MVV GmbH	Abbildungen S. 40/41: Robert Bosch GmbH
Abbildungen S. 6/7: VRS GmbH	Abbildung S. 21: MVV GmbH	Foto S. 42/43: VRS GmbH
Foto S. 8: MVV GmbH	Foto S. 22: MVV GmbH	Abbildungen S. 44-48: Robert Bosch GmbH
Foto S. 8/9: VRS GmbH/Smilla Dankert	Foto S. 23: DataCollect GmbH	Abbildungen S. 49-51: VRS GmbH
Foto S. 10/11: © Alex Tihonov – Fotolia.com	Foto S. 24: FLIR	Abbildungen S. 52/53: MVV GmbH
Abbildung S. 13: VRS GmbH	Foto S. 25: VRS GmbH/Smilla Dankert	Abbildung S. 54/55: VRS GmbH
Abbildung S. 15: VRS GmbH	Foto S. 26/27: VRS GmbH	Foto S. 56 oben: VRS GmbH
Foto S. 16/17: VRS GmbH/Smilla Dankert	Abbildungen S. 28-33: DataCollect GmbH	Foto S. 56 unten: Robert Bosch GmbH
Abbildung S. 18: VRS GmbH	Foto S. 34: MVV GmbH	Foto S. 57 oben: MVV GmbH
	Foto S. 35: VRS GmbH/Smilla Dankert	Foto S. 57 unten: DataCollect GmbH

Redaktion
Manuel Heger, Dennis Tomfort

Gestaltung
side by site GmbH & Co. KG
Barbarastr. 3-9
50735 Köln
www.sidebysite.de

Druck
COMFOTEC
Wolfgang Nies GmbH & Co. KG
Eiserntalstraße 185
57080 Siegen



Ein gemeinsames
Forschungsprojekt von:



Verkehrsverbund Rhein-Sieg GmbH



Münchner Verkehrs- und
Tarifverbund GmbH



Technik fürs Leben

Robert Bosch GmbH



DataCollect Traffic Systems GmbH

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages