

# Anhang zu:

## Wissenschaftliche Begleitung des digitalen Testfelds auf der A9 zwischen München und Nürnberg

von

Marcel Vierkötter  
David Mischnick

TÜV Rheinland Consulting GmbH  
Köln

Matthias Spangler  
Fabian Fehn

Lehrstuhl für Verkehrstechnik  
TU München

Marcus Gerstenberger

gevas humberg & partner  
München

Nebenautoren

Sarah Windmann (BASt, Kap. 4.6)

Malte Nedkov (TÜV Rheinland, Kap. 4.11)

Birte Emmermann (LfE - TU München, Kap. 4.11)

Ulrich Haspel (Landesbaudirektion Bayern, Kap. 4.12)

**Berichte der  
Bundesanstalt für Straßenwesen**

Verkehrstechnik Heft V 370

bast

## Anlagen

- Anlage 1: OptaSense Verkehrsmonitoringsystem – Einschätzung und Empfehlung
- Anlage 2: Begleitende Systemevaluation der Maßnahme „Sicheres Ausleiten bei BAG Standkontrollen“ – Schlussbericht = V 371
- Anlage 3: Endbericht Wissenschaftliche Begleitung Digitales Testfeld Autobahn – Befragung im Rahmend der Wirksamkeitsanalyse zum Lkw-Parkleitsystem A9
- Anlage 4: Begleitende Systemevaluation der Maßnahme „Internetparkplatz – Freies WLAN“ – Schlussbericht
- Anlage 5: Wirtschaftlichkeitsanalyse von kooperativen Absperrtafeln – Schlussbericht
- Anlage 6: Telematische Falschfahrerwarnsysteme auf dem Digitalen Testfeld Autobahn A9 – Ergebnisbericht einschließlich Ausblick
- Anlage 7: Ergebnisse Unterstützung Abnahme Parkplatzdetektionssysteme  
**Die Dokumente der Anlage 7 sind vom Auftraggeber noch nicht freigeben.  
Diese sind daher noch nicht für eine Veröffentlichung vorgesehen.**

## **Anlage 1**

OptaSense Verkehrsmonitoringsystem – Einschätzung und Empfehlung

# OptaSense Verkehrsmonitoringsystem<sup>1</sup>

## Einschätzung und Empfehlung

### Inhaltsverzeichnis

I. Einleitung.....	1
II. Stand der Technik in der Verkehrsbeobachtung.....	2
III. Das OptaSense-System.....	2
IV. Bisherige Erprobung vom OptaSense-System.....	4
V. Bewertung.....	6
VI. Empfehlung.....	7
Literaturverzeichnis.....	9

### I. Einleitung

Im Oktober 2018 erhielt das Referat StB12 des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) eine Anfrage bezüglich der Möglichkeiten zur Evaluation eines Verkehrsmonitoringsystems auf dem Digitalen Testfeld Autobahn (DTA) A9 zwischen München und Nürnberg. Die Anfrage wurde von der Firma OptaSense gestellt, welche zur weltweit tätigen QinetiQ Group Plc gehört und Sensortechnologien basierend auf Glasfaserkabeln bzw. Lichtwellenleitern (LWL) entwickelt und anbietet.

Zur weiteren Bearbeitung wurde die Anfrage an den Projektsteuerer (TÜV Rheinland Consulting) des Bereichs „Intelligente Infrastruktur“ des Digitalen Testfeldes Autobahn im Rahmen des Projektes FE 03.0541/2015 „Wissenschaftliche Begleitung des digitalen Testfeldes auf der A9 zwischen München und Nürnberg“ weitergeleitet. In dem Zusammenhang erfolgten eine erste Recherche zur Technologie und zur Firma OptaSense sowie die Vorstellung der Rechercheergebnisse auf den periodisch stattfindenden Betreuerkreissitzungen (BKS) des o.g. FE-Projektes. Teilnehmer der BKS sind das BMVI, die BASt, die Autobahndirektionen von Nord- und Südbayern, die Landesbaudirektion (ZVM) sowie der Projektsteuerer. In den Diskussionen auf den BKS wurde deutlich, dass die Technologie grundsätzlich das Potential für eine Erprobung auf dem DTA besitzt, jedoch weitere Informationen für eine abschließende Beurteilung gesammelt werden sollten. Im Vordergrund stand dabei insbesondere Informationsbedarf zu technischen Anforderungen sowie zu praktischen Erfahrungswerten mit dem System. Da zum Zeitpunkt der Bearbeitung noch kein Serienbetrieb des Systems stattgefunden hatte, erfolgte in Absprache mit OptaSense die Kontaktaufnahme zu Rijkswaterstaat (RWS), einer ausführenden Behörde des niederländischen Ministeriums für Infrastruktur und Umwelt. Dort ist bereits im Jahr 2016 ein mehrwöchiger Testlauf bzw. eine Evaluation des Systems durchgeführt worden, bei der das System bewertet und mit den vorhandenen Einrichtungen zur Verkehrserfassung verglichen wurde (siehe dazu Kapitel IV.).

Der folgende Kurzbericht stellt einen Überblick über die Ergebnisse der durchgeführten Recherchen sowie zu den zur Verfügung gestellten Informationen aus der erfolgten Evaluation dar. Auf Basis dieser Informationen erfolgte eine Bewertung des Systems hinsichtlich der Randbedingungen an deutschen Autobahnen sowie abschließend eine Empfehlung bzgl. des Einsatzes an Bestands- und Neubaustrecken.

---

<sup>1</sup> Der Kurzbericht „OptaSense Monitoingsystem“ wurde im Rahmen des FE 03.0541/2015 erstellt.

## II. Stand der Technik in der Verkehrserfassung

Verkehrserfassung sowie Verkehrsmonitoring in Deutschland sowie in inner- und außereuropäischen Ländern werden mithilfe unterschiedlichster Technologien durchgeführt. Hierbei werden zumeist mit Sensoren bzw. Detektoren Daten erfasst, welche an einer zentralen Stelle, u.a. in Verkehrsleitzentralen oder ähnlichen Einrichtungen, zusammenfließen. Auf Basis der erfassten Daten kann dort für regionale Bereiche der Verkehr geeignet gesteuert werden. Neben den eigentlichen Verkehrsdaten sind dafür ebenfalls Informationen zum Wetter, Emissionen oder auch zu besonderen Ereignissen, wie beispielsweise zu Veranstaltungen oder Unfällen, von Interesse.

Die Erfassung des Verkehrs erfolgt momentan vorwiegend mit fest installierten infrastrukturseitigen Vorrichtungen bzw. Detektoren. Dazu gehören insbesondere Kameras, induktionsschleifenbasierte Systeme, Radarsysteme und piezoelektrische Systeme. Diese sind häufig an Orten von besonderem Interesse oder ggf. auch in periodischen Abständen zur Überwachung von gesamten Streckenabschnitten installiert. Je nach Sensor können so u.a. folgende Daten bzw. Informationen gewonnen werden:

- Geschwindigkeiten
- Verkehrsstärke
- Reisezeiten
- ...

Als weitere Ergänzungen zu den fest installierten Systemen seien hier noch Bluetooth-Sensoren und automatische Nummernschilderkennung (APNR) zur streckenbezogenen Verkehrsdetektion sowie infrarotbasierte Systeme genannt.

Neben den infrastrukturseitigen Systemen zur Erfassung des Verkehrs werden ebenfalls Daten von Fahrzeugen inmitten des Verkehrsgeschehens herangezogen. Dazu gehören u.a. Systeme auf Basis von Floating Car Data (FCD). Dabei erzeugt ein Kollektiv an Fahrzeugen mithilfe der Fahrzeugposition und des dazugehörigen Zeitstempels einen Datensatz. Teilt eine ausreichend hohe Zahl an Fahrzeugen diese Informationen mit einem übergeordneten System, so kann damit u.a. die Verkehrsstärke mit einer hohen Genauigkeit abgeschätzt werden.

## III. Das OptaSense-System – Einsatz lichtwellenleiterbasierte Technologien

Das OptaSense Verkehrsmonitoringsystem ist ein infrastrukturseitiges System. Es beruht auf dem Einsatz von Lichtwellenleitern (LWL) als Messsensor (intrinsisch) [1]. Diese können bis zu 100 km lang sein [2] und sind an einer entsprechenden Signaleinspeisungs- bzw. Auswerteelektronik angeschlossen.

Das Funktionsprinzip ist vereinfacht wie folgt (Abb. 1):

Ein optisches Signal wird von einem Sender in die LWL eingespeist und läuft vollständig bis zum Ende, wird dort reflektiert und zum Ausgangspunkt zurückgesendet. Das von der Elektronik ausgewertete reflektierte Signal ist für jede Strecke charakteristisch. Kommt es auf der Messstrecke zu mechanischen Einwirkungen auf die LWL, so wird ein Teil des Signals schon an dieser Stelle reflektiert. Über die Berechnung von Zeitdifferenzen kann so die Position der Einwirkung bestimmt werden. Durch die Analyse der Signaleigenschaften kann zudem ermittelt werden, was die Abweichung ausgelöst hat, sofern dies vorab in einem Kalibrierungs-Prozess definiert wurde.

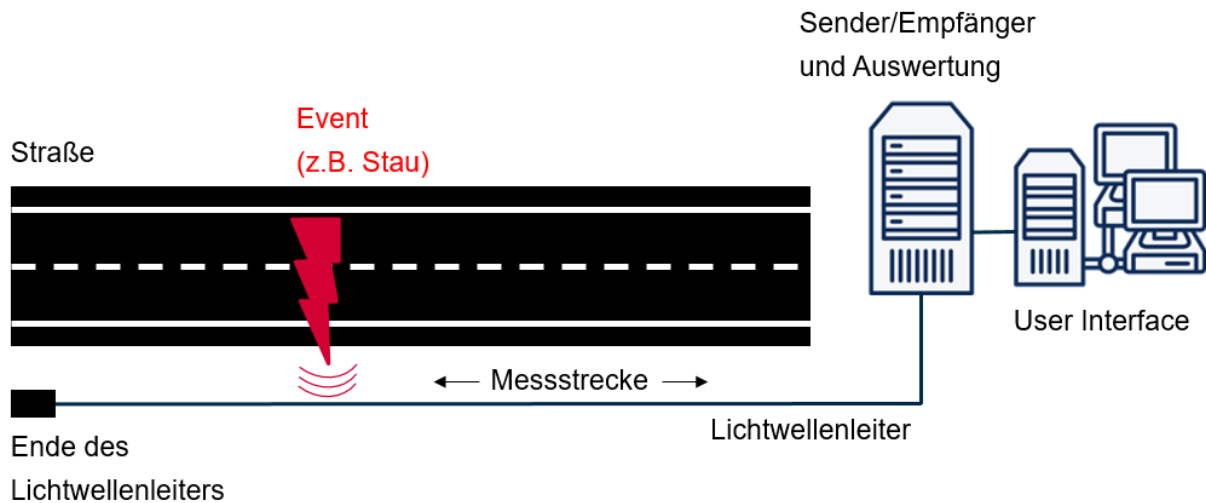


Abb. 1: Prinzip des lichtwellenleiterbasierten Sensorsystems

Eine mögliche graphische Ausgabe für einen bestimmten Autobahnabschnitt könnte wie folgt aussehen (Abb. 2):



Abb. 2: Beispiel für eine Ausgabe (grün = fließender Verkehr, rot = Stau) [2]

Letztlich soll das System es so ermöglichen, den Verkehr in einem relativ kleinen Raster (50 m) über die gesamten 100 km zu überwachen [2]. Folgende Daten kann das OptaSense-System laut Hersteller liefern [2]:

- Durchsatz (Flow Rate) - Verkehrsstärke
- Durchschnittliche Geschwindigkeit (Average Traffic Speed)
- Automatische Stauerkennung (Automated Congestion Detection)
- Automatisierte Wartezeiterkennung (Automated Queue Detection)
- Durchschnittliche Reisezeiten (Average Journey Times)
- Fahrzeuganzahl (Vehicle Count)

Die Anforderungen, die das System an die Umgebung stellt, können größtenteils zum jetzigen Zeitpunkt nicht als fix angenommen werden. Bisher wurde das System an lediglich zwei Standorten in einer Pilotanwendung demonstriert. Ein explizierter Anforderungskatalog zur Installation und zum Betrieb des Systems wurde von OptaSense nicht zur Verfügung gestellt, sondern nur sehr rudimentäre Anforderungen in Form eines E-Mail-Austauschs übermittelt. Eine Richtlinie zur Installation existiert firmenintern, steht derzeit aber nicht der Öffentlichkeit zur Verfügung. Dadurch konnte auf spezielle Punkte bezüglich der Installation und Randbedingungen im Bericht nicht detaillierter eingegangen werden. Spezifische Nachfragen nach einzelnen Parametern, wie beispielsweise die Möglichkeit einer höheren Verlegetiefe der LWL, wurde stets mit dem Argument begegnet, dass man voraussichtlich auch damit arbeiten könne.

OptaSense gibt weiterhin an, dass eine Verkehrserfassung für beide Fahrrichtungen mit nur einem LWL auf einer Seite der Fahrbahn herausfordernd, aber möglich sei. In diesem Fall

würden aber Signale der entfernt liegenden Fahrbahn bzw. der anderen Fahrtrichtung durch „Lärm“ der nahen Fahrbahn überlagert werden. Nichtsdestotrotz könne der Verkehrsfluss aber auch unter diesen Randbedingungen bestimmt werden. Um eine ausreichend hohe Genauigkeit und Zuverlässigkeit zu garantieren, ist die Verwendung eines LWL für jede Fahrtrichtung empfehlenswert.

Neben dem LWL, welcher als Sensor fungiert, wird zudem weiteres technisches Equipment benötigt. Dazu gehört u.a. eine leistungsstarke Recheneinheit oder ein lokaler Server, welcher eine graphische Benutzeroberfläche bereitstellt. Diese können sich beispielsweise in einer Verkehrsleitstelle befinden. Erwähnenswert ist ebenfalls, dass nicht notwendigerweise neue LWL verlegt werden müssen. Es können auch vorhandene bzw. zur Verfügung stehende LWL genutzt werden, sofern diese entsprechend den o.g. Anforderungen verlegt wurden.

Somit ergeben sich die folgenden von OptaSense mitgeteilten Anforderungen, die nach aktuellem Stand der Entwicklung nur als Richtwerte anzusehen sind:

- Eine gute akustische Kopplung → möglichst eine Verlegung der LWL direkt in der Erde oder in einem Hohlrohr fixiert (z.B. mit Duct Tape)
- Verlegetiefe der LWL zwischen 30 bis 50 cm
- Verlegung der LWL möglichst direkt neben der Fahrbahn, ggf. auch zwischen zwei Richtungsfahrbahnen
- Zulässiger Temperaturbereich des Equipments in der Fahrbahn zwischen 0°C und 40°C

Die lichtwellenleiterbasierte Technologie kann neben der Verkehrserfassung noch für zahlreiche weitere Anwendungsbereiche eingesetzt werden. Dazu zählen u.a. die Überwachung von Pipelines zur Identifizierung von Lecks sowie die Überwachung von Grenzanlagen und kritischer Infrastruktur, um unerlaubtes Eindringen bzw. Betreten zu registrieren [3] [4]. Aktuell hat in Deutschland die Deutsche Bahn AG nach einer längeren Testphase (2014 bis 2018) bestätigt, ausgewählte Strecken mit einem lichtwellenleiterbasierten Sensorsystem auszustatten, um Tiere im Gleis, Hangrutschungen und Kabeldiebstahl schneller als bisher zu registrieren [5].

#### IV. Bisherige Erprobung vom OptaSense

Im Oktober 2016 fand eine 2-stufige Testphase des Systems in den Niederlanden unter Führung von Rijkswaterstaat statt [6]. Während der ersten Phase wurde ein „proof of concept“ durchgeführt. In dieser wurde der Sensor (LWL) installiert und kalibriert. Aktuelle Verkehrsdaten sind über ein Standardinterface ausgegeben worden.

Die zweite Phase erfolgte in Zusammenarbeit mit industriellen Projektpartnern. In dieser ist eine Anwendung bzw. ein Demonstrator entwickelt worden, mit der bzw. dem Fahrspursignale über ein Live-Feed angezeigt und mit Daten aus anderen Quellen bzw. von anderen Sensoren verglichen werden konnten.

Hintergrund der Bemühungen in den Niederlanden ist die Suche nach modernen technischen Systemen für die Erfassung und Steuerung des Verkehrs, welche ältere ersetzen können und zudem möglichst noch einen Mehrwert, z.B. in Form zusätzlicher Funktionen oder Informationen, mit sich bringen. Im Fall der Kooperation mit der Firma OptaSense sollte untersucht werden, inwiefern dies mit den vorhandenen Systemen zur Warnung des fließenden Verkehrs vor Stauenden möglich ist. Die dazu benötigten Daten werden bisher über fest installierte Induktionsschleifen oder Floating Car Data (FCD) gesammelt.

Mit den Erprobungen sollte gezeigt werden, ob mit dem LWL-basierten System ausreichend genaue Daten generiert werden können und ob ein Einsatz des Systems in den Niederlanden zielführend ist bzw. das vorhandene induktionsschleifenbasierte System auf den Autobahnen ersetzt werden kann. Als Erprobungsgebiet wurde ein Teilstück der A58 zwischen Breda und

Eindhoven gewählt. Das technische Equipment zur Signaleinspeisung und -auswertung ist in der Nähe von Tilburg installiert worden. Eine Validierung fand durch die niederländische Prüfgesellschaft TNO statt.

Die Schlussfolgerungen der in den Niederlanden durchgeführten Validierung zeichnen ein überwiegend positives Bild [7]. Als wesentliches Fazit wird festgehalten, dass das LWL-basierte Sensorsystem das vorhandene System, basierend auf Induktionsschleifen und FCD, im Wesentlichen ersetzen kann. Zudem bietet das System eine Reihe von Vorteilen. Hier wird unter anderem die höhere Anzahl der Messstellen bzw. die höhere Granularität (50 m gegenüber 500 m bei induktionsschleifenbasiertem System) entlang des überwachten Streckenabschnitts genannt. Zudem wird die Qualität der erfassten Daten als gut bewertet. Weiterhin wird herausgestellt, dass bei vorhandenen und gemäß den Anforderungen des Anbieters verlegten LWL neben der Fahrbahn, der Einsatz des Systems mit geringem Aufwand erfolgen kann.

Auf der anderen Seite wurden auch einige Nachteile aufgezählt, wodurch das vorhandene System nicht vollständig und auch nicht unmittelbar ersetzt werden kann. So ist die Darstellung des Verkehrsflusses nur mit einem zusätzlichen LWL quer zur Fahrbahn möglich, da eine fahrstreifenfeine Auflösung mit dem LWL-System, was ausschließlich parallel zur Fahrbahn verlegt ist, sonst nicht möglich ist. Weiterhin zeigen die Messwerte nur einen Querschnitt über alle Fahrstreifen. Das installierte induktionsschleifenbasierte System liefert dagegen fahrstreifenbezogene Daten bzw. Darstellungen. Ebenfalls wurden erkennbare Abweichungen bei den kalkulierten Durchschnittsgeschwindigkeiten bei unbeeinflusstem Verkehr und bei zählfließendem Verkehr zwischen den Systemen festgestellt.

Tab. 1: Übersicht zu den ermittelten Vor- und Nachteilen des OptaSense-Systems gegenüber dem vorhandenen Verkehrsmonitoringsystem bei Tests den Niederlanden [7]

<b>Positive Ergebnisse</b>	<b>Negative Ergebnisse</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ induktionsschleifenbasiertes System im Wesentlichen ersetzbar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Vorhersage Verkehrsfluss mit Testkonfiguration nicht möglich, zusätzliches LWL wäre notwendig</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Stauinformationen werden gut wiedergegeben.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Verkehrserfassung erfolgt nicht für jeden Fahrstreifen separat, sondern für den gesamten Querschnitt bzw. Fahrtrichtung</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Durch Events ausgelöste Stoßwellen wurden präzise dargestellt/erkannt und entsprechen denen des aktuellen Systems</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Bisher errechnete Geschwindigkeiten auf Basis des OptaSense-Systems weichen vom Referenzsystem zum Teil ab</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Aufwand für Implementierung des neuen Systems relativ gering, da vorhandene LWL teilweise verwendbar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Algorithmen zur Erkennung von Vorfällen auf der Autobahn (Automatic Incident Detection) müssen aufgrund der höheren Auflösung des LWL-Systems gegenüber dem induktionsschleifenbasierten System angepasst werden</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Feinere Auflösung der Verkehrserfassung ist möglich (50 m vs. 500 m)</li> </ul>	

Das OptaSense Verkehrsmonitoringsystem wurde 2016 zudem auf einem Autobahnabschnitt in Fargo, North Dakota (USA) erprobt. Von den dort durchgeführten Tests liegen allerdings keine Ergebnisse vor [8].



## V. Bewertung

Grundsätzlich verfügt das LWL-basierte System der Firma OptaSense über ein hohes Potenzial zur Erfassung des Verkehrs auf Autobahnen. Insbesondere die Möglichkeit Streckenabschnitte von bis zu 100 km mit nur einem oder zwei Sensoren (LWL) zu monitoren in Kombination mit der Auflösung von 50 m sowie der ortsgenauen Staudetektion bzw. Stauendedetektion, sind als Vorteil gegenüber dem Stand der Technik herauszuheben.

Eine weitere positive Eigenschaft ist, dass die Fahrbahn als auch der Verkehr sowohl durch die Montage des Sensors als auch durch die Wartung nicht wesentlich beeinflusst wird, da die Verlegung des LWL neben der Fahrbahn, z.B. im Bankett, erfolgen kann. Diesbezüglich sind u.a. induktionsschleifenbasierte Systeme oder piezoelektrische Systeme im Nachteil. Auch unter Berücksichtigung der relativen Unempfindlichkeit des Sensors bei entsprechender Verlegung neben den Fahrbahnen kann die LWL-basierte Technologie als eher wartungsarm eingestuft werden. Für die Signaleinspeisungs- und Auswerteelektronik sowie für die notwendige Software zum Betrieb ist von typischen Wartungsintervallen auszugehen.

Die erzielten Ergebnisse in den Niederlanden ergeben ebenfalls ein positives Bild der Technologie. Grundsätzlich konnte durch die Tests gezeigt werden, dass das auf Induktionsschleifen basierte System ersetzt werden könnte, da vergleichbar genaue Daten zur Stauerkennung erzeugt wurden. Zudem kann die Auflösung der erfassten Verkehrsdaten mit dem Einsatz des Systems deutlich erhöht werden. Allerdings ist eine fahrstreifenfeine Erfassung der Daten nicht möglich. Dafür ist die Verlegung eines zusätzlichen LWL quer zur Fahrbahn notwendig. Weiterhin haben die Versuche auch die Notwendigkeit korrekt verlegter LWL offenbart. Ist die Entfernung zu den Fahrbahnen zu groß, sinkt auch die Qualität der Daten entsprechend. Bei mehrspurigen Fahrbahnen sollte deshalb jeweils ein LWL neben der Fahrbahn in naher Distanz vorgesehen werden. Dies ist bei Autobahnen auf Grund des Seitenstreifens, vorhandener Böschung, Einschnitten mit Entwässerungsmulden und Kanälen meist jedoch nicht gegeben. Weiterhin können auch Brücken, Unterführungen und Tunnel ggf. dazu führen, dass eine Verlegung der LWL neben der Fahrbahn nicht möglich ist. Dies wurde bisher jedoch noch nicht oder nur eingeschränkt untersucht. Alternativ dazu ist die Verlegung eines LWL zwischen den Fahrbahnen anzudenken. Bei Autobahnen wird dies im Mittelstreifen, aufgrund von Schutzeinrichtungen und Entwässerungsschächten sowie Fundamenten für die wegweisende Beschilderung für Streckenbeeinflussungsanlagen und Überführungsbauwerke (vorhandene Zweifeldbrücken), hinsichtlich Herstellung und Unterhaltung allerdings als kritisch bis sogar unmöglich (nachträgliche Verlegung) eingeschätzt.

Grundsätzlich ist, sofern notwendig, für die Verlegung neuer LWL mit erheblichen Bauarbeiten und Kosten zu rechnen, die jeweils von den örtlichen Randbedingungen abhängen. Aus diesem Grund könnten insbesondere Strecken für die Installation des Systems von Interesse sein, welche erst neu gebaut bzw. ausgebaut oder grundhaft erneuert werden. Auf Basis der wenigen bisher durchgeführten Projekte mit dem OptaSense-System können keine belastbaren Angaben zu Installations- und Kalibrierkosten (mit und ohne Neu-Verlegung von LWL) sowie Wartung- und Betriebskosten gemacht werden. Eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung inkl. einer Nutzen/Kosten-Abwägung im Vergleich zu anderen Verkehrserfassungssystemen, wäre in jedem Fall im Vorfeld bei einem geplanten Einsatz des Systems unter den jeweils örtlichen Randbedingungen notwendig.

Eine der Schlussfolgerungen aus den Berichten der durchgeführten Tests ist weiterhin, dass weitere Versuche zur Steigerung der Datenqualität durchgeführt werden sollten sowie das Tests in einem größeren Maßstab anzudenken sind. Berücksichtigt man diesbezüglich noch die eher wagen Aussagen des Herstellers zu den Anforderungen, befindet sich die Technologie des Herstellers noch in einer frühen Produkt- bzw. späten Prototypenphase. Zur Gewinnung weiterer Erfahrungen und Ermittlung der genauen Grenzen des Systems sind weitere Erprobungen sicher notwendig.

## VI. Empfehlung

Die Verwendung der lichtwellenleiterbasierten Technologie zur Erfassung des Verkehrs ist unter bestimmten Voraussetzungen als ein möglicher Lösungsansatz anzusehen. Grundsätzlich ist für in Frage kommende Autobahn-Abschnitte zu prüfen, inwiefern durch die neue Technologie gegenüber möglichen vorhandenen Systemen ein Mehrwert unter Berücksichtigung einer Wirtschaftlichkeitsbetrachtung geschaffen werden kann. Insbesondere für bereits sehr umfangreich erfasste Autobahnabschnitte ist ein Mehrwert zumindest zweifelhaft, da dort der große Vorteil einer streckenbasierten Erfassung mit dem LWL-System nur begrenzt zum Tragen kommt. Zur streckenbasierten Erfassung wurden in den letzten Jahren u.a. Bluetooth-Systeme entwickelt und erprobt. Allerdings ist mit diesen Systemen im Vergleich zum LWL-System keine lagegenaue Ereignisdetektion möglich. Zudem ermöglichen Bluetooth-Systeme ebenfalls über keine fahstreifengenaue Darstellung der Daten.

Für Autobahnabschnitte, die bisher keine oder nur eine sehr begrenzte Verkehrsdatenerfassung aufweisen sowie für Autobahnen, welche neu gebaut bzw. ausgebaut werden, könnte das OptaSense-System unter Umständen eine geeignete Technologie darstellen, da bauliche Maßnahmen für jedes Verkehrsdatenerfassungssystem einzuplanen sind. In diesem Fall ist insbesondere zu prüfen, ob die Datenerfassung eher punktuell oder entlang kompletter Abschnitte erfolgen soll. Weiterhin ist zu prüfen, ob eine fahstreifengenaue Auflösung der Daten notwendig ist oder Daten des Gesamtquerschnitts der Fahrbahn ausreichen. Für komplette Abschnitte kann die Implementierung des OptaSense-Systems im Vergleich mit induktionsschleifenbasierten Systemen mit einem relativ geringen Aufwand, vor allem in Bezug auf Eingriffe in die Fahrbahn, erfolgen. Die Kosten sowie die Vor- und Nachteile wären mit anderen streckenbezogenen Verfahren, wie z.B. Bluetooth-Systemen, zu vergleichen.

Eine weitere Randbedingung, die für den Einsatz des Systems sprechen könnte, ist die Verfügbarkeit von LWL in direkter Nähe zu den Fahrbahnen. Da auch die Nutzung vorhandener LWL unter Umständen möglich ist, ließe sich unter Umständen der Aufwand für die Installation einsparen. Diesbezüglich sind insbesondere die genannten Systemanforderungen (Kapitel III.) zu überprüfen. Eine direkte und frühzeitige Absprache mit dem Anbieter ist in jedem Fall anzuraten, da nach heutigem Kenntnisstand keine final festgelegten Parameter für die Installation des OptaSense-Systems existieren. Über die Qualität von Daten aus LWL die in Leerrohren verlegt wurden existieren bisher keine Erfahrungen. Aufgrund der zur Verfügung stehenden Informationen hinsichtlich des Temperatureinsatzbereiches (0°C bis 40°C) ist davon auszugehen, dass neben der Fahrbahn die Möglichkeit besteht, das Equipment temperiert betreiben zu können.

Auf Grundlage der Ergebnisse der in den Niederlanden durchgeführten Validierung lässt sich zudem konstatieren, dass das System derzeit noch nicht vollständig ausgereift und somit nicht direkt in einem Regelbetrieb einsetzbar ist. Eine entsprechende Testphase mit Evaluierung und möglicherweise Optimierung des Systems sollte auf einem geeigneten Autobahnabschnitt angedacht werden. Der Fokus sollte dabei auf Abschnitte gelegt werden, welche bereits über ein etabliertes Verkehrsdatenerfassungssystem verfügen. Somit können die Verkehrsdaten direkt miteinander verglichen sowie Vor- und Nachteile der jeweiligen Systeme identifiziert werden.

Auf dem Digitalen Testfeld Autobahn A9 konnte dem Antragsteller kein Angebot für eine gemeinsame Evaluierung gemacht werden, da keine den Hersteller-Anforderungen entsprechenden und freien LWL zur Verfügung gestellt werden konnten. Die vorhandenen LWL befinden sich zudem in Verlegetiefen von 80 bis 100 cm sowie in wechselnden Abständen vom 1. Fahstreifen zwischen ca. 5 und 15 m, so dass die Umsetzbarkeit vor einem möglichen Einsatz hätte geprüft werden müssen. Darüber hinaus sind die vorhandenen LWL lose in Leerrohren (Kabelschutzrohren) eingebracht, was ebenfalls für das gesamte Bundesgebiet gilt.

Da der Einsatz der Technologie vermutlich jedoch grundsätzlich ein hohes Potential zur Erfassung von Verkehrsdaten aufweist, sollte weiter nach möglichen Testgebieten gesucht werden. Aus diesem Grund erfolgte bereits am 05.11.2019 eine Vorstellung auf der Bund-Länder-Dienstbesprechung „Straßenverkehrstelematik“. Rückmeldungen von den Teilnehmern der Sitzung liegen zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht vor.

## Literaturverzeichnis

- [1] elektroniknet.de, „Messen mit faseroptischen Sensoren,“ 22 11 2007. [Online]. Available: <https://www.elektroniknet.de/elektronik/messen-testen/messen-mit-faseroptischen-sensoren-25848.html>. [Zugriff am 21 11 2019].
- [2] Opta Sense, „Traffic Monitoring Solution - Technology Overview,“ 2019. [Online]. Available: [https://www.optasense.com/wp-content/uploads/2019/11/TrafficMonitoring\\_6\\_2019.pdf](https://www.optasense.com/wp-content/uploads/2019/11/TrafficMonitoring_6_2019.pdf). [Zugriff am 21 11 2019].
- [3] Optasense, „OptaSense - Startseite,“ [Online]. Available: <https://www.optasense.com/>. [Zugriff am 22 11 2019].
- [4] Fachhochschule Jena, „Faseroptische Sensoren (FOS),“ [Online]. Available: [http://web.eah-jena.de/fhj/etit/fb/Home-Labor/Messtechnik/Sensorik/Documents/V3\\_Sensorik\\_Faseroptisch.pdf](http://web.eah-jena.de/fhj/etit/fb/Home-Labor/Messtechnik/Sensorik/Documents/V3_Sensorik_Faseroptisch.pdf). [Zugriff am 21 11 2019].
- [5] Deutsche Bahn, „Schiene: Fiber Optic Sensing,“ 25 2 2019. [Online]. Available: <https://inside.bahn.de/fiber-optic-sensing/>. [Zugriff am 21 11 2019].
- [6] OptaSense, „OptaSense System Installation Report for A58 - Traffic Monitoring Trail,“ OptaSense, 2016.
- [7] TNO, „Cisco Acoustic Sensing Final Report,“ TNO, Den Haag, 2018.
- [8] OptaSense, „OptaSense Traffic Monitoring Solution deployed on I-29 Highway, Fargo, North Dakota,“ 2019. [Online]. Available: <https://www.optasense.com/wp-content/uploads/2019/11/CASE-STUDY-%e2%80%93-North-Dakota-Traffic-Monitoring.pdf>. [Zugriff am 21 11 2019].

## **Anlage 3**

Endbericht Wissenschaftliche Begleitung Digitales Testfeld Autobahn –

Befragung

im Rahmend der Wirksamkeitsanalyse zum Lkw-Parkleitsystem A9

# **Endbericht Wissenschaftliche Begleitung Digitales Testfeld Autobahn**

## **Befragungen im Rahmen der Wirksamkeitsanalyse zum Lkw- Parkleitsystem A9**

### **Auftraggeber**

Landesbaudirektion Bayern  
Zentralstelle Verkehrsmanagement (ZVM)  
Schwere-Reiter-Str. 41  
80797 München

### **Auftragnehmer**

Technische Universität München (TUM)  
Lehrstuhl für Verkehrstechnik (TUM-VT)  
Arcisstr. 21  
80333 München

---

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Klaus Bogenberger

München, im April 2021

Autoren: M.Eng. Barbara Metzger, Dr.-Ing. Matthias Spangler

---

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b><u>MOTIVATION UND ZIEL DER MAßNAHME .....</u></b>	<b><u>3</u></b>
<b>2</b>	<b><u>GRUNDLAGEN UND METHODISCHE VORGEHENSWEISE .....</u></b>	<b><u>5</u></b>
2.1	ERSTELLUNG EINES KONZEPTE .....	5
2.2	ABLAUF DER BEFRAGUNG .....	6
<b>3</b>	<b><u>AUSWERTUNGEN DER BEFRAGUNG .....</u></b>	<b><u>7</u></b>
3.1	ALLGEMEINE INFORMATIONEN DER LKW-FAHRENDEN .....	9
3.2	ALLGEMEINES PARKVERHALTEN DER LKW-FAHRENDEN .....	11
3.3	AUSWERTUNG DER FRAGEN ZUR BAYERNINFO-APP .....	19
3.4	AUSWERTUNG DER FRAGEN ZU DEN LED-ANZEIGEN .....	23
3.5	WEITERE ANMERKUNGEN DER LKW-FAHRENDEN .....	28
<b>4</b>	<b><u>WESENTLICHE ERKENNTNISSE .....</u></b>	<b><u>30</u></b>
<b>5</b>	<b><u>ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS .....</u></b>	<b><u>31</u></b>
<b>6</b>	<b><u>ABBILDUNGSVERZEICHNIS .....</u></b>	<b><u>32</u></b>
<b>7</b>	<b><u>ANLAGEN .....</u></b>	<b><u>34</u></b>
7.1	FRAGEBOGEN AUF DEUTSCH .....	34
7.2	FRAGEBOGEN AUF ENGLISCH.....	49

# 1 Motivation und Ziel der Maßnahme

Im Rahmen der wissenschaftlichen Begleitung des Digitalen Testfelds Autobahn (DTA) wird die Maßnahme des infrastrukturgestützten innovativen Lkw-Parkleitsystems (Lkw-PLS) evaluiert. Ziel der Maßnahme ist es, vorhandene Lkw-Parkkapazitäten effizienter zu nutzen, indem Parksuchende mit telematischer Unterstützung zu einem freien Parkstand geleitet werden. Für die Verantwortlichen der Straßengüterverkehrsbranche soll damit die Einhaltung der Lenk- und Ruhezeiten der Lkw-Fahrenden erleichtert werden. Parksuchverkehr soll reduziert und grundsätzlich vermieden werden. Insgesamt wird eine Erhöhung der Verkehrssicherheit für alle Verkehrsteilnehmenden auf Bundesautobahnen (BAB) angestrebt.

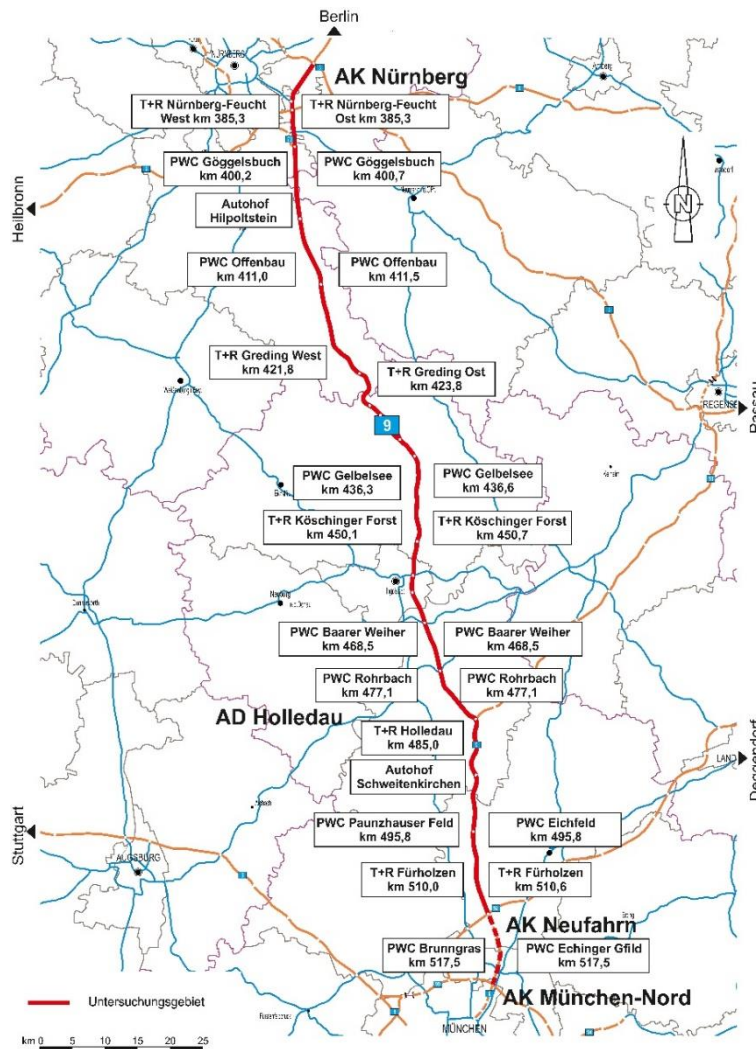


Abbildung 1: Standorte des PLS auf der BAB 9 [Quelle: Autobahndirektion Südbayern]

Im Rahmen dieses Projektes wurden auf der BAB 9 in den Zu- und Abfahrten von 22 Rastanlagen (siehe Abbildung 1) Detektoren errichtet und die Zahl der ein- und ausfahrenden Lkw gezählt und somit bilanziert. Die Autohöfe Schweitenkirchen und Hilpoltstein sowie die Rastanlage Holledau sind zurzeit nicht mit Detektoren ausgestattet. Zur regelmäßigen Überprüfung der im System festgestellten Lkw-Belegung wurden zusätzlich innerhalb der Rastanlagen Webcams installiert. Hierdurch soll es dem Bedienpersonal des Lkw-PLS ermöglicht werden, nach visueller Kontrolle des Auslastungsgrades den im System zum Kontrollzeitpunkt erfassten Auslastungsgrad zu prüfen und ggf. zu modifizieren. Die Informationen über die Anzahl freier Lkw-Parkstände werden zum einen über den



MDM (<https://www.mdm-portal.de/>)<sup>1</sup>, die Homepage [www.bayerninfo.de](http://www.bayerninfo.de) sowie deren App zur Verfügung gestellt und zum anderen über zeitweilig (während Phase 4 der Wirksamkeitsanalyse) installierte LED-Anzeigen (siehe Abbildung 2) direkt an der Autobahn angezeigt. Die LED-Anzeigen werden an den neun Rastanlagen in Fahrtrichtung Nürnberg angebracht.



Abbildung 2: Foto einer LED-Anzeige für die Rastanlage Echinger Gfild auf der A9 in Fahrtrichtung Nürnberg [Quelle: Landesbaudirektion Bayern, Zentralstelle Verkehrsmanagement]

Um neben der Analyse der Verkehrsflussdaten (separate Untersuchung durch die Zentralstelle für Verkehrsmanagement) auch Rückmeldungen der Nutzer zu diesem installierten System zu erhalten, wurden Befragungen der Lkw-Fahrenden durchgeführt. Es wurden die parkenden Lkw-Fahrer auf den Rastanlagen zu den Maßnahmen interviewt.

### Überblick der Wirksamkeitsanalyse

Die Zentralstelle für Verkehrsmanagement (ZVM) hat die Aufgabe, die Wirksamkeit des Pilotprojektes „Lkw-Parkleitsystem A9“ zu evaluieren. Zentraler Bestandteil der Wirksamkeitsanalyse ist die Erhebung des Parksuchverkehrs sowie die Analyse von Parkverteilungseffekten. Basis hierfür ist die Installation von ANPR-Kameras an Ein- und Ausfahrten der Rastanlagen, mit Hilfe derer die Parksuche untersucht werden soll. Die Installation der ANPR-Kameras ist unabhängig vom eigentlichen Lkw-PLS, d.h. die beiden Systeme sind vollständig getrennt. Der Parksuchverkehr sowie die Analyse der Parkverteilungseffekte werden in vier Phasen untersucht. Die Phasen sind im Folgenden aufsteigend nach Belegungsinformationsexposition der Verkehrsteilnehmer aufgelistet:

- Phase 1: Nullfall (GroundTruth): Keine Information vorhanden
- Phase 2: Echtzeitbelegung über BayernInfo
- Phase 3: Phase 2 + BayernInfo Werbetafeln
- Phase 4: Phase 3 + Echtzeitbelegung mittels LED-Tafeln entlang der Strecke

Die Datenaufnahme je Phase beträgt vier Wochen. In der Phase 3 und 4 sind jeweils Einschwingzeiten (ca. 4 bis 6 Wochen) vorhanden, damit sich die Lkw-Fahrenden an die Situation gewöhnen können. Neben der Datenaufnahme mittels ANPR wird zusätzlich eine Befragung der Lkw-Fahrenden durchgeführt, um Parkaspekte zu erforschen, die sich nicht in den ANPR-Daten widerspiegeln. Beispielhaft seien hier die Forschungsfragen nach der verbleibenden Lenkzeit bei Abstellen des Fahrzeuges oder auch Präferenzen zur Belegungsinformationsdarstellung zu nennen, die sich nur mittels einer Befragung bestimmen lassen. Die Befragung der Lkw-Fahrenden findet in Phase 4 der Untersuchung statt.

<sup>1</sup> Mobilitäts Daten Marktplatz

## 2 Grundlagen und methodische Vorgehensweise

Die Grundlagenermittlung sowie die methodische Vorgehensweise orientieren sich am üblichen Vorgehen bei der Evaluierung von Verkehrssystemen. Das vorliegende Evaluierungsvorhaben gliedert sich in vier aufeinander aufbauende Teilvorhaben:

1. Erstellung eines Konzeptes und des Fragebogens
2. Empirische Untersuchungen vor Ort
3. Bewertung der aktuellen Anzeigemedien
4. Ableitung von Empfehlungen zur Verbesserung des Gesamtsystems

Die Teilvorhaben werden nachfolgend detailliert beschrieben, sowie deren Zusammenhänge erläutert.

### 2.1 Erstellung eines Konzeptes

Das Lkw-PLS wurde im Oktober 2019 fertiggestellt und im November 2019 konnte mit der Wirksamkeitsanalyse begonnen werden. Die Befragung wurde in Phase vier der Wirksamkeitsanalyse durchgeführt. Ab Ende August 2020 war die Installation der LED-Anzeigen sowie die Programmierung der zugehörigen Unterzentrale abgeschlossen. Im Befragungszeitraum standen entlang der A9 von München in Richtung Nürnberg jeweils zwei LED-Anzeigen im Abstand von 750 m und 1250 m vor den neun Rastanlagen. Diese LED-Anzeigen zeigen die Anzahl freier Lkw-Parkstände der kommenden und der nächsten zwei Rastanlagen an. In der BayernInfo-App sind alle 22 Rastanlagen mit den Informationen zu den verfügbaren Parkständen versorgt.

Es wurde ein Befragungskonzept erarbeitet und mit dem zeitlichen Rahmen der Befragungen in Abstimmung mit allen Projektbeteiligten festgelegt. Die Lkw-Fahrenden werden zu Beginn des Interviews zu ihrem allgemeinen Park- und Rastanlagensuchverhalten befragt. Anschließend wird nach der Bekanntheit und des Nutzens der BayernInfo-App gefragt. Der dritte Teil der Befragung beinhaltet Fragen zu den installierten LED-Anzeigen. Abschließend werden demographische Daten der Lkw-Fahrenden aufgenommen sowie Start- und Zielorte ihrer aktuellen Routen. Final wird um allgemeine Vorschläge zur Verbesserung der Rastanlagesituation und weiteren Aspekten gebeten.

Der Fragebogen wurde mit der Software Google-Forms erstellt. Die Umfrage besteht aus offenen und geschlossenen Fragen sowie Fragen, die eine Mehrfachauswahl an Antworten ermöglichen. Bei jeder Frage gibt es zusätzlich die Möglichkeit durch die Auswahl „Sonstiges“ eine freie Antwort einzugeben. Es wurden zwei Fragebögen vorbereitet, einer in deutscher und einer in englischer Sprache, um auch internationale Lkw-Fahrende zu befragen. Die Fragebögen in deutscher und englischer Ausfertigung sind als Anhang diesem Bericht beigefügt (siehe Kapitel 7 Anlagen).

Zusätzlich wurde aufgrund der COVID-19-Pandemie ein Hygienekonzept für die Befragung ausgearbeitet. Die Maßnahmen darin sollen sicherstellen, dass keiner der Beteiligten sich mit dem Virus ansteckt oder dieses verbreitet. In diesem Konzept wurde folgendes festgehalten:

- Die Befrager und die Befragten haben während des Interviews eine Maske zu tragen. Die Befrager wurden mit FFP2-Masken ausgestattet.
- Die Befragung wird nur mündlich durchgeführt, die Befragenden haben ein Tablet/Smartphone, in dem die Antworten des Fragebogens aufgenommen werden.
- Es wird zu keinem Zeitpunkt der Befragung der Mindestabstand von 1,5 m unterschritten.
- Die Befrager fahren mit dem TUM-VT-Lehrstuhlfahrzeug an den Befragungsort und haben durchgehend die FFP2-Maske zu tragen.
- Es besteht zu jedem Zeitpunkt die Möglichkeit, Hände oder Equipment zu desinfizieren.

## 2.2 Ablauf der Befragung

Die Befragung zum Lkw-PLS wird an den Rastanlagen mit Toiletten (PWC-Anlagen) Echinger Gfild und Brunngras West sowie an den Tank- und Rastanlagen (T+R-Anlagen) Fürholzen Ost und Fürholzen West vorgenommen. Bei diesen vier Rastanlagen handelt es sich um zwei verschiedene Anlagentypen, zwei kleine Anlagen mit nur 31 bzw. 29 Lkw-Parkständen und zwei großen Anlagen mit Tankstelle, Rasthof und 150 Lkw-Parkständen. In Fahrtrichtung Nürnberg sind die LED-Anzeigen mittels eines mobilen Systems eines Verkehrssicherungsunternehmens für die Phase 4 der Wirksamkeitsanalyse installiert.

Die Befragungen wurden an sieben Werktagen in den Abendstunden durchgeführt. Um die Sicherheit der Befrager und das Wohlbefinden der Beteiligten zu gewährleisten, wurden die Befragungen von 15-19 Uhr durchgeführt. Um 16 Uhr beginnt erfahrungsgemäß das Parken von Langzeitparkenden auf den Rastanlagen. Langzeitparkende sind in diesem Zusammenhang Lkw-Fahrende, die ihre längere tägliche Ruhepause auf dieser Rastanlage verbringen – es handelt sich hierbei um 9-11 Stunden. Dies bestätigten auch die Erfahrungen an den Befragungstagen. In Abbildung 3 ist der Belegungsgrad der Tank- und Rastanlage Fürholzen West zu sehen – ab 15:30 Uhr füllt sich die Rastanlage zügig. Die in der Abbildung 3 dargestellte Rastanlage Fürholzen West verfügt offiziell über 150 Lkw-Parkstände. Dies ist in der Grafik mit der orangen horizontalen Linie visualisiert. Nach dem Belegungsstand auf dieser Abbildung finden sogar bis zu 200 Lkw-Fahrende eine Abstellmöglichkeit für ihr Fahrzeug auf dieser Rastanlage. Das Ende der Befragung wurde entsprechend der Dämmerungszeit Ende September auf ca. 19 Uhr gesetzt. Somit waren jeweils mindestens zwei Befrager pro Rastanlage für mindestens 4 h vor Ort.

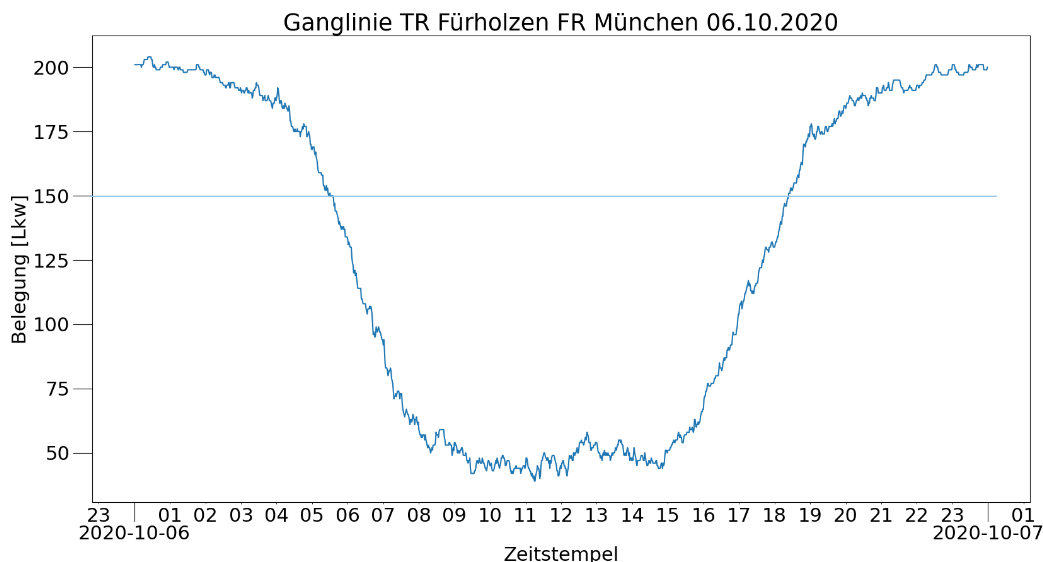


Abbildung 3: Belegung der Lkw-Parkstände für die Tank- und Rastanlage Fürholzen West vom 06.10.2020; Anzahl offizieller Lkw-Parkstände: 150

### 3 Auswertungen der Befragung

Im Rahmen der Phase 4 der Wirksamkeitsanalyse sind von Ende August bis Anfang November 2020 LED-Anzeigen mit Echtzeitinformationen über die Anzahl freier Lkw-Parkstände zu sehen. Die LED-Anzeigen sind testweise an allen Rastanlagen entlang der A9 von München bis Nürnberg (in Fahrtrichtung Nürnberg) angebracht. Pro Rastanlage sind zwei LED-Anzeigen ca. 1250 m und 750 m vor den entsprechenden Ausfahrten aufgestellt. Zum Zeitpunkt der Befragungen stehen die LED-Anzeigen jeweils in den genannten Abständen vor den Rastanlagen. In Abbildung 4 ist der Aufbau schematisch dargestellt.

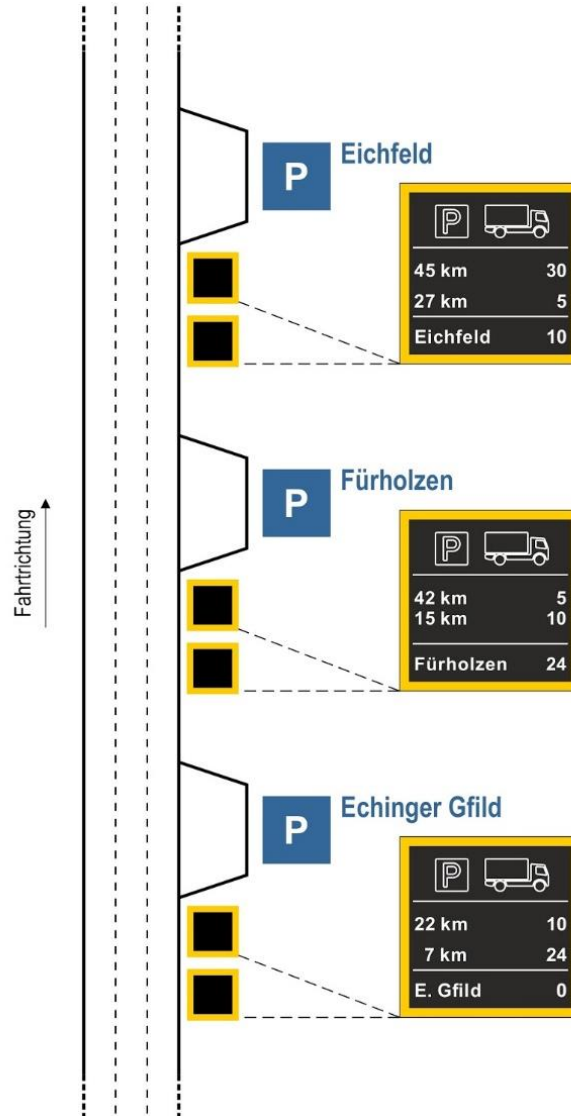


Abbildung 4: Schematische Darstellung eines Ausschnittes des Gesamtsystems (in Summe 140 km) der aufgebauten LED-Anzeigen entlang der A9 in Fahrtrichtung Nürnberg [Quelle: Lukas Kremtz SSP Consult]

Es kam zu Befragungen von Lkw-Fahrenden an den Tank- und Rastanlagen Fürholzen Ost und Fürholzen West und an den PWC-Anlagen Echinger Gfild und Brunngras West. Diese LED-Anzeigen waren den meisten Befragten auch an den Rastanlagen in Fahrtrichtung München bereits bekannt, andernfalls wurde Abbildung 5 kurz gezeigt.



Abbildung 5: Foto einer LED-Anzeige für die Rastanlage Echinger Gfild auf der A9 in Fahrtrichtung Nürnberg aus der Umfrage [Quelle: Landesbaudirektion Bayern, Zentralstelle Verkehrsmanagement]

Die Befragungen wurden an sieben Werktagen entsprechend Tabelle 1 durchgeführt. Insgesamt nahmen 140 männliche Lkw-Fahrer an der Umfrage teil. Es wurden hauptsächlich an den Tank- und Rastanlagen Fürholzen Ost und Fürholzen West Antworten aufgenommen, da dort die Menge an parkenden Lkw und der Rücklauf von Antworten in der kurzen Zeit am größten war.

In den nächsten drei Abschnitten sind die Antworten der befragten Lkw-Fahrenden mit Hilfe von Diagrammen ausgewertet dargestellt und zusätzliche Informationen, die sich aus Gesprächen während der Befragungen ergaben, aufgeführt.

Tabelle 1: Protokoll der Befragungen zum Lkw-PLS

	Wochentag	Rastanlage	Zeit vor Ort	Anzahl Befrager	Anzahl Fragebögen
28.09.2020	Montag	TR Fürholzen Ost	14:45 – 19:00 Uhr	2	20
29.09.2020	Dienstag	TR Fürholzen West	15:00 – 19:10 Uhr	2	21
30.09.2020	Mittwoch	PWC Echinger Gfild und TR Fürholzen Ost	14:45 – 19:00 Uhr	2	23
01.10.2020	Donnerstag	TR Fürholzen West und PWC Brunngras	15:00 – 19:05 Uhr	3	21
02.10.2020	Freitag	TR Fürholzen Ost und West	14:45 – 19:00 Uhr	2	7
05.10.2020	Montag	TR Fürholzen Ost	14:45 – 19:00 Uhr	2	23
06.10.2020	Dienstag	TR Fürholzen West	14:45 – 19:15 Uhr	2	25
Summe					140

### 3.1 Allgemeine Informationen der Lkw-Fahrenden

Im allgemeinen Teil der Fragebögen wurde unter anderem nach dem Geschlecht, der Nationalität, dem Alter und der Berufserfahrung der Fahrzeugführenden gefragt. Bezüglich der Geschlechterverteilung unter den Befragten kann festgestellt werden, dass alle befragten Lkw-Fahrer männlich waren. Aufgrund dessen wird in den folgenden Kapiteln ausschließlich von der männlichen Form – der Lkw-Fahrer – gesprochen. Abbildung 6 beinhaltet die Auswertung der Nationalitäten der befragten Lkw-Fahrer. Es zeigt sich, dass ein Großteil der Befragten aus Deutschland oder Polen stammt. Das Kollektiv aller Lkw-Fahrenden kann alternativ zusammengesetzt sein. Eine Annäherung an das Kollektiv war angestrebt, konnte aber aufgrund von sprachlichen Barrieren und der Stichprobengröße von 140 Lkw-Fahrern nur bis zu einem bestimmten Grad erreicht werden. An einem der sieben Befragungstage war eine polnisch sprechende Person unter den Befragenden, ggf. lässt sich hierdurch der höhere Anteil der polnischen Lkw-Fahrer erklären.

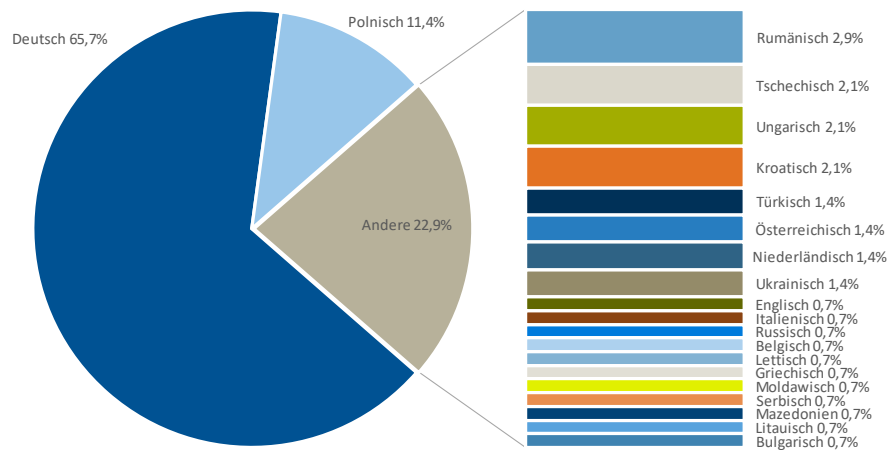


Abbildung 6: Auswertung der Nationalität der befragten Lkw-Fahrer

Hinsichtlich der Altersverteilung unter den befragten Lkw-Fahrern ist zu erkennen, dass die größte Anzahl der Fahrer der Altersgruppe 41-60 Jahre (62%) angehören. 19% der Befragten entfällt auf die Altersgruppe von 31-40 Jahre und 13% der Befragten sind in der Altersgruppe über 60 Jahren. Nur 6% der Befragten waren jünger als 30 Jahre (siehe Abbildung 7).

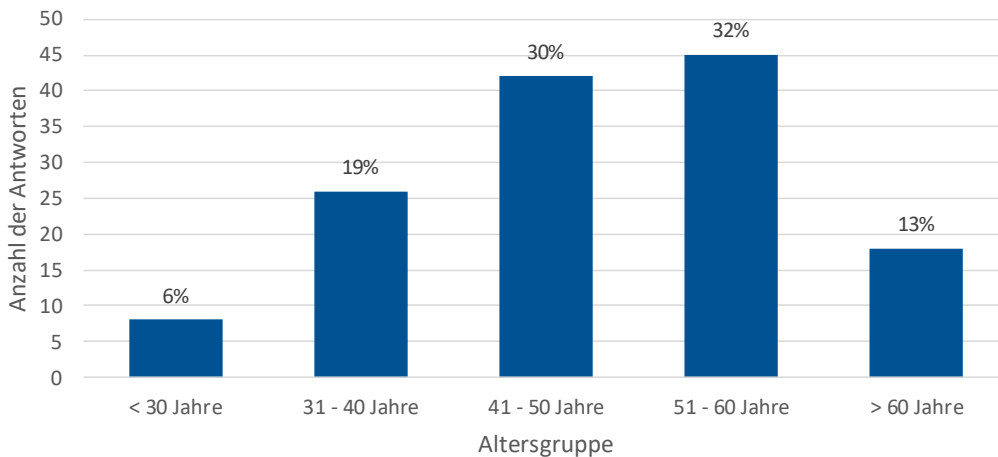


Abbildung 7: Auswertung der Altersverteilung der befragten Lkw-Fahrer

Abbildung 8 zeigt die Auswertung der Berufserfahrung der befragten Lkw-Fahrer, die weitgehend mit der Altersverteilung korreliert. Es wird deutlich, dass ein Großteil über eine Berufserfahrung von mehr als 20 Jahren (63%) verfügt, 20% der Befragten üben den Beruf des Lastkraftfahrzeugführers

seit 10-20 Jahren aus und 7% der Befragten zwischen 5 und 10 Jahren. Lediglich 10% der Befragten waren Berufsanfänger und weniger als 5 Jahre als Lkw-Fahrer unterwegs.

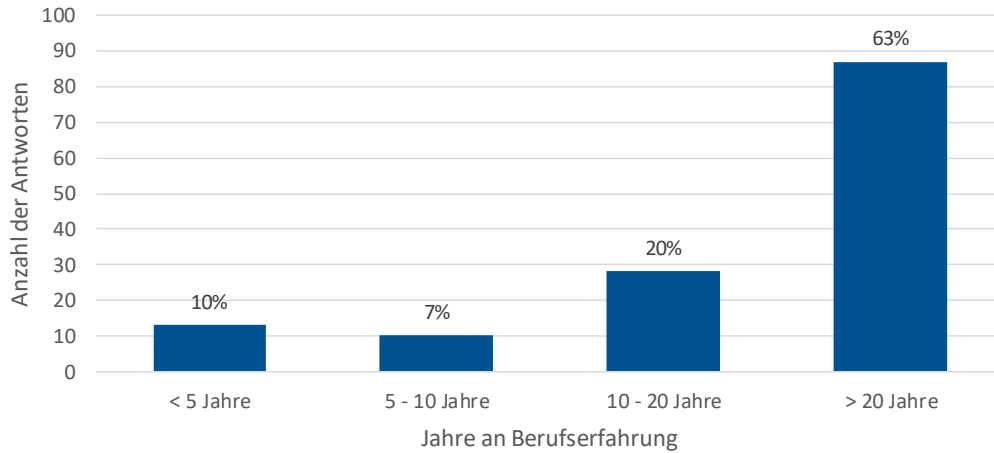


Abbildung 8: Auswertung zur Berufserfahrung der befragten Lkw-Fahrer

Um einen besseren Eindruck über das Kollektiv der Lkw-Fahrenden im Allgemeinen zu bekommen, wird ein Vergleich zur Befragung, die im Rahmen der Maßnahme „Sicheres Ausleiten“ des DTA durchgeführt wurde, hergestellt. Beim Vergleich der demografischen Daten der beiden Befragungen, die im Rahmen der Evaluation des DTA bei Lkw-Fahrenden durchgeführt wurden, zeigen sich deutliche Ähnlichkeiten. Auch bei den Befragungen des „Sicheren Ausleiten“ waren alle Lkw-Fahrenden männlich. Die Altersverteilung der beiden Befragungen ist nahezu identisch, lediglich die Randgruppen – jünger als 30 Jahre und älter als 60 Jahre – differenzieren um maximal 6%.

Beim Vergleich der Berufserfahrung der beiden Befragungsgruppen ist ein Unterschied der prozentualen Verteilung der einzelnen Gruppen festzustellen (Abweichung um bis zu 20%), doch die generelle Verteilung bleibt ähnlich. Ein großer Anteil der befragten Lkw-Fahrer verfügt über eine Berufserfahrung von mehr als 20 Jahren. Ebenfalls zeigt die Verteilung der Nationalitäten eine sehr hohe Übereinstimmung.

Über die demographischen Daten hinaus wurden alle Lkw-Fahrer gefragt, ob sie generell Zugang zu Internet haben, während sie in Deutschland unterwegs sind. Dies haben 94% der Befragten mit „Ja“ beantwortet, siehe Abbildung 9.

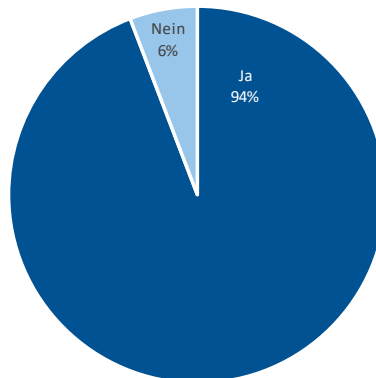


Abbildung 9: Auswertung zur Frage: Haben Sie, wenn Sie in Deutschland unterwegs sind, Zugang zu Internet?

### 3.2 Allgemeines Parkverhalten der Lkw-Fahrenden

Zum Einstieg in den Fragenteil zu dem allgemeinen Verhalten beim Parken und der Suche nach einer Abstellmöglichkeit wurde die Frage gestellt, wie häufig die Lkw-Fahrer im Lkw auf Tank- und Rastanlagen bzw. Parkplätzen mit WC an der Autobahn übernachten. 76% der befragten Lkw-Fahrer schlafen jeden Werktag im Lkw, 14% der Befragten schlafen mehr als einmal die Woche im Lkw. Die restlichen 10% der Befragten haben angegeben, ungefähr einmal die Woche, nur unregelmäßig oder gar nicht im Lkw zu übernachten. Die Verteilung der Antworten ist dem Diagramm in Abbildung 10 zu entnehmen.

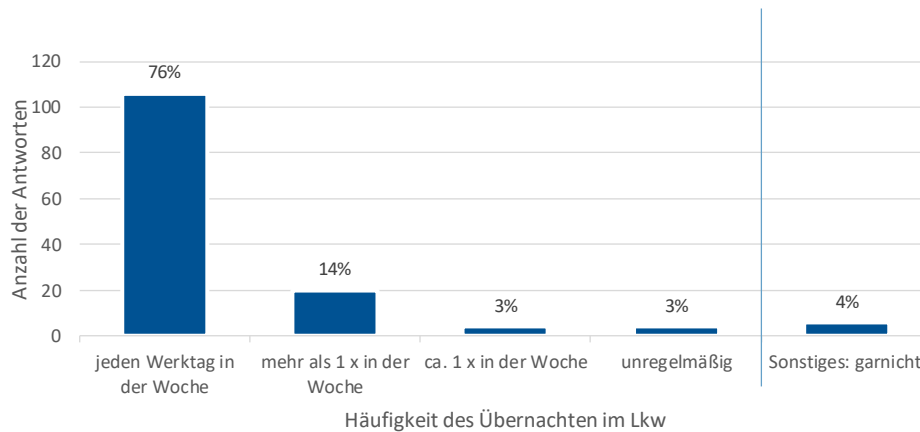


Abbildung 10: Auswertung zur Frage: Wie häufig übernachten Sie im Lkw (auf Tank- und Rastanlagen bzw. Parkplätzen mit WC auf und an der Autobahn)?

Abbildung 11 zeigt die Verteilung der Uhrzeiten, zu der die Lkw-Fahrer für gewöhnlich ihre längere tägliche Ruhepause starten. Die mit Abstand häufigste Antwort mit 46% der Befragten war „unterschiedlich“. Diese Antwort wurde unter „Sonstiges“ in den Antwortbögen mit aufgenommen. Diese Lkw-Fahrer passen ihre Ruhezeiten den Liefer- und Abholterminen an und haben dadurch keinen konkreten Rhythmus. 3% der Befragten starten ihre lange Ruhepause normalerweise zwischen 15 und 16 Uhr und 9% der Befragten zwischen 16 und 17 Uhr. Zwischen 17 und 18 Uhr starten 13% der Befragten ihre Pause und 17% der Befragten zwischen 18 und 19 Uhr. Den letzten Bereich der Uhrzeiten von 19 bis 20 Uhr gaben nur 7% der Befragten an. Eine weitere Antwort, die unter „Sonstiges“ aufgenommen wurde, ist die Nachtfahrt, die von 5% der Befragten gegeben wurde. Mit dieser Antwort implizieren die Fahrer, dass sie tagsüber schlafen und die ruhigen Nachtstunden zum Fahren nutzen. Diese Antwort kam hauptsächlich von Lkw-Fahrern mit Schwertransport.

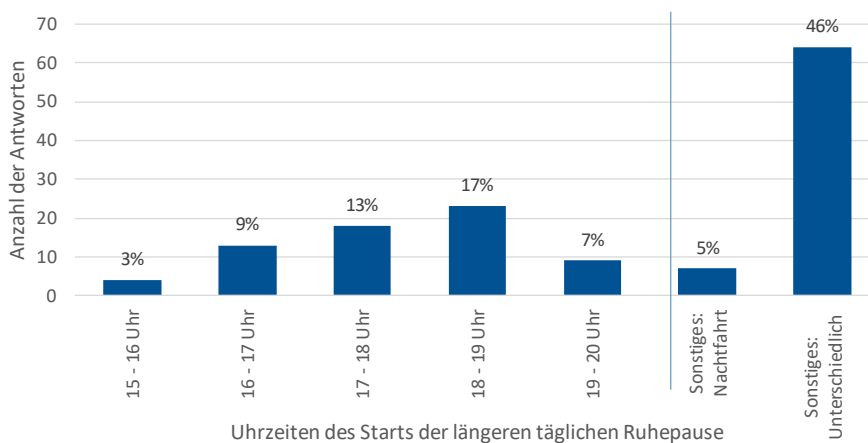


Abbildung 11: Auswertung zur Frage: Wann fängt normalerweise Ihre längere tägliche Ruhepause an?



Abbildung 12 zeigt schematisch die Abfolge von Lenk- und Ruhezeiten. Außerdem sind die beiden Fragen

- Wie viele Minuten vor Ende der Lenkzeit fangen Sie an einen Parkstand zu suchen? (vgl. Abbildung 13) und
- Wie viele Minuten vor Ende der Lenkzeit haben Sie heute geparkt? (vgl. Abbildung 14)

zeitlich verortet, um den Unterschied der Fragestellungen zu verdeutlichen. In der ersten Frage geht es darum, wie viele Minuten der Lkw-Fahrer vor Ende seiner Lenkzeit im Allgemeinen mit der Suche nach einer Abstellmöglichkeit beginnt. In der zweiten Frage wird nach der verbleibenden Lenkzeit nach dem Abstellen des Lkw am spezifischen Befragungstag gefragt.

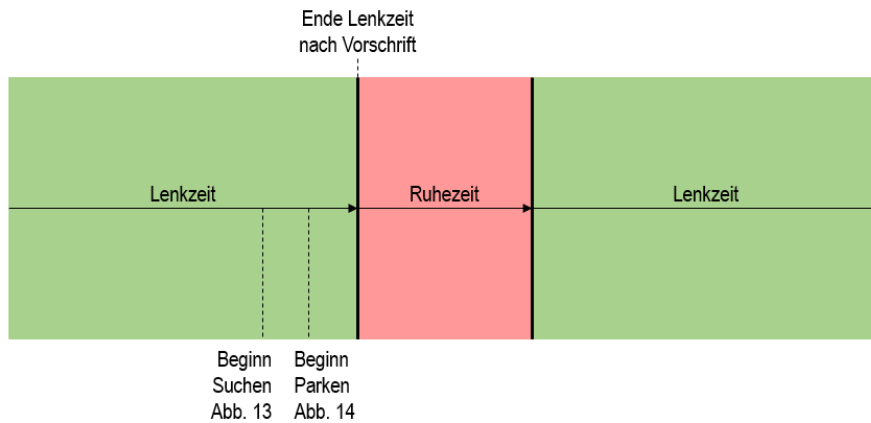


Abbildung 12: Schema mit Lenkzeit und Ruhezeit, Verdeutlichung der Fragen von Abbildung 13 und Abbildung 14

Bei der Frage zu der Auswertung in Abbildung 13 wurden die Lkw-Fahrer zu der Zeit befragt, die sie im Durchschnitt für die Suche nach einem Parkstand einplanen. 31% der Befragten starten über eine Stunde vor Ende ihrer Lenkzeit. 15% planen 45-59 Minuten und 22% 30-44 Minuten für die Suche ein. Mit weniger als 30 Minuten Zeit für die Parkstandsuche planen nur 15% und 7% beginnen sehr spontan mit der Suche, mit weniger als 15 Minuten vor Ende der Lenkzeit.

10% der Befragten konnten sich nicht auf einen zeitlichen Bereich festlegen und gaben an, dass die Suchzeit nach einem freien Parkstand bei ihnen sehr unterschiedlich ausfallen kann. Je nachdem zu welcher Tageszeit und in welcher Region sie sich befinden, müssen sie mehr Zeit einplanen bzw. frühzeitig mit der Suche starten oder nicht.

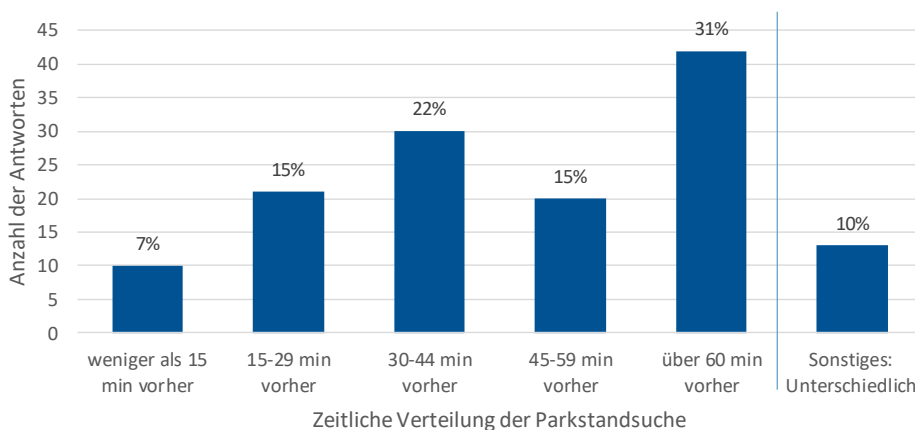
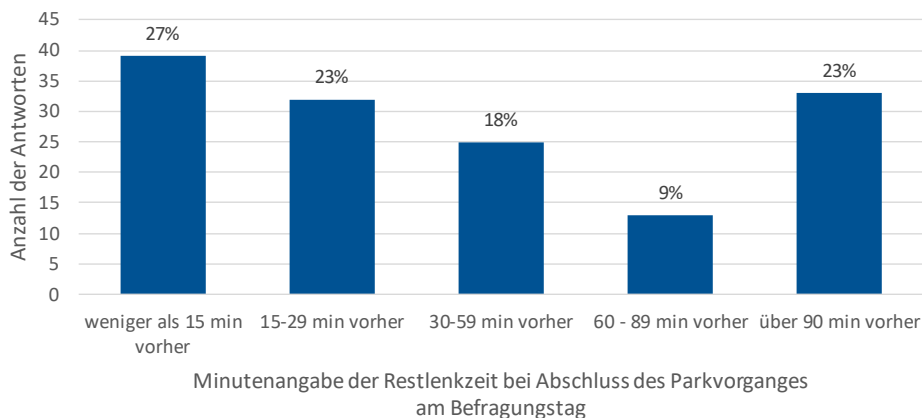


Abbildung 13: Auswertung zur Frage: Wie viele Minuten vor Ende der Lenkzeit fangen Sie an, einen Parkstand zu suchen? (Generell)

Als nächstes wurden die Lkw-Fahrer gefragt, wie viele Minuten vor Ende der Lenkzeit sie heute den Parkvorgang abgeschlossen hatten (siehe Abbildung 14). Bei dieser Frage war eine freie Angabe in Minuten möglich, die Antworten wurden für eine bessere Darstellung der Diagramme in Gruppen unterteilt. Dabei ist auffallend, dass die eine Hälfte der Lkw-Fahrer den Lkw eher kurzfristig abgestellt hat: 27% der Befragten hatten weniger als 15 Minuten ihrer Lenkzeit und 23% der Befragten zwischen 29 und 15 Minuten zur Verfügung. 18% der Befragten hätten noch 30-59 Minuten weiterfahren können und 9% der Befragten hatten noch bis zu 90 Minuten Lenkzeit offen. Bei den Antworten zwischen 30 und 90 Minuten wurde von den Lkw-Fahrern häufig angemerkt, dass sie aufgrund der Verkehrsnachfrage nicht weiterfahren wollten, weil in Richtung München der Feierabendverkehr erfahrungsgemäß zunimmt und sie es nicht bis zur nächsten Rastanlage schaffen würden. In Fahrtrichtung Nürnberg, antworteten die Lkw-Fahrenden, dass es zu größeren Verzögerungen aufgrund einer Baustelle kommt und deshalb zur Sicherheit die Lenkzeit nicht ausgereizt wird und stattdessen eine frühere Parkmöglichkeit genutzt wird. Bei den Antworten über 90 Minuten noch offener Lenkzeit (23% der gesamten Antworten) kam als Zusatz häufig, dass eine Ausnutzung der vollen Lenkzeit bei dieser Fahrt nicht erforderlich ist, da der früheste nächste Abladevorgang erst am Folgetag erfolgen kann und dieser Zeitpuffer damit ein früheres Parken erlaubt oder sogar erzwingt.



**Abbildung 14: Auswertung zur Frage: Wie viele Minuten vor Ende der Lenkzeit haben Sie heute geparkt?**

Abbildung 15 zeigt den Zusammenhang der Auswertungen aus Abbildung 13 und Abbildung 14. Es ist eine Tendenz zu erkennen, dass Lkw-Fahrer, die früher mit der Parkstandsuche beginnen, auch den Lkw früher abgestellt haben. Jedoch ist für den Vergleich der kurzen Parkstandsuche und wenigen Minuten verbleibenden Lenkzeit keine so deutliche Tendenz erkennbar. Ein Zusammenhang zwischen der verbleibenden Lenkzeit und der Uhrzeit des Anfahrens der Rastanlage kann nicht hergestellt werden, da die Uhrzeit der Befragung zwar aufgezeichnet wird, jedoch im Allgemeinen nicht mit der Uhrzeit des Abstellens des Lkw übereinstimmen muss. Die Uhrzeit des Abstellens (d.h. Parkvorgang beendet) des Lkw wurde im Rahmen dieser Befragung nicht abgefragt. Es wird empfohlen, diesen Aspekt bei zukünftigen Befragungen zu berücksichtigen.

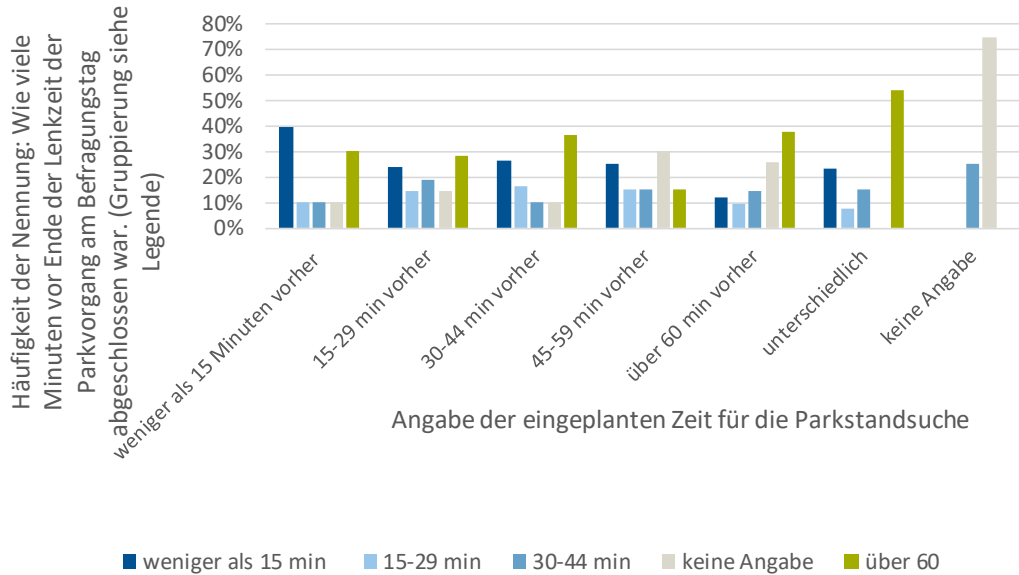


Abbildung 15: Quervergleich der Frage aus Abbildung 13 und Abbildung 14: Zusammenhang zwischen den Lkw-Fahrern, die wenig Zeit für die Parkstandsuche einplanen und der Angabe der noch verfügbaren Minuten bis zum Ende ihrer Lenkzeit am Befragungstag

Über drei Viertel der befragten Lkw-Fahrer parkten an dem Tag der Befragung über Nacht auf der Rastanlage. Die restlichen befragten Fahrer haben nur eine kleine Pause genommen und sind anschließend noch zu Kunden, auf die Baustelle, nach Hause oder weiter auf ihrer Route gefahren. Dies zeigt das Kreisdiagramm in Abbildung 16. Vergleicht man die Antworten dieser Frage mit der Uhrzeit der Befragung, zeigt sich eine sinkende Tendenz der „Nein“-Antworten im Verlauf der Befragungszeit. In der ersten Befragungsstunde von ca. 15 Uhr bis 16 Uhr beantworten 31% der befragten Lkw-Fahrer die Frage: „Parken Sie heute über Nacht hier?“ mit „Nein“. Dies geht im Verlauf der Befragung zurück und in der letzten Befragungsstunde von ca. 18 bis 19 Uhr verneinen die Frage nur noch 11%.

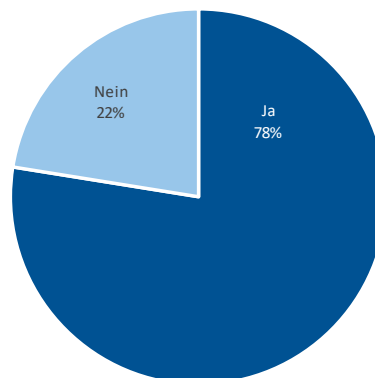


Abbildung 16: Auswertung zur Frage: Parken Sie heute über Nacht hier?

Die folgende Frage beantwortet, wie häufig die befragten Lkw-Fahrer auf der A9 zwischen München und Nürnberg unterwegs sind bzw. wie häufig sie diese Rastanlage (Fürholzen Ost oder Fürholzen West) oder umliegende Rastanlagen entlang der A9 zum Übernachten oder zum Parken für eine kurze Pause nutzen. Abbildung 17 zeigt die Verteilung der Häufigkeiten. 35% der Befragten sind mehr als einmal die Woche an einer der Anlagen, 22% der Befragten ungefähr einmal pro Woche. 21% der Befragten kommen etwa einmal im Monat an eine der Rastanlagen und 22% der Befragten

sind unregelmäßig in der Region unterwegs. Diese Verteilung ist ziemlich ausgeglichen und zeigt, dass eine Vielfalt an Lkw-Fahrern befragt wurde.

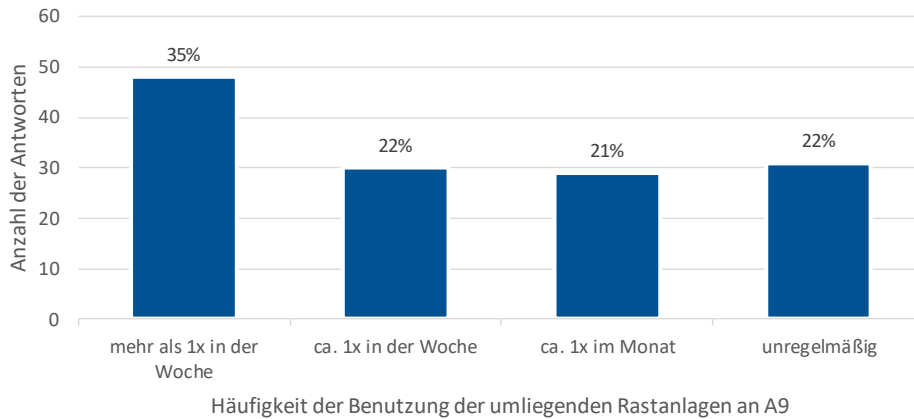


Abbildung 17: Auswertung zur Frage: Wie oft nutzen Sie diesen oder umliegende Rastanlagen an der A9?

Um Präferenzen der Lkw-Fahrer in Bezug auf die Lage und Ausstattung von Parkieranlagen zu ermitteln, wurde gefragt, auf welchem Rastanlagen-Typ sie generell am liebsten parken. Bei dieser Frage war eine Mehrfachauswahl der Antworten möglich (Verteilung der Antworten siehe Abbildung 18). 41% der Befragten bevorzugten Tank- und Rastanlagen. An zweiter Stelle des beliebtesten Rastanlagen-Typs steht der Autohof mit 28% der Antworten. 16% der Befragten wählen gerne eine PWC-Anlage. 10% der Befragten haben keine Präferenz bei der Rastanlagenwahl. Als Antwort unter „Sonstiges“ wurden von 5% der Befragten Gewerbe- oder Industriegebiete genannt.

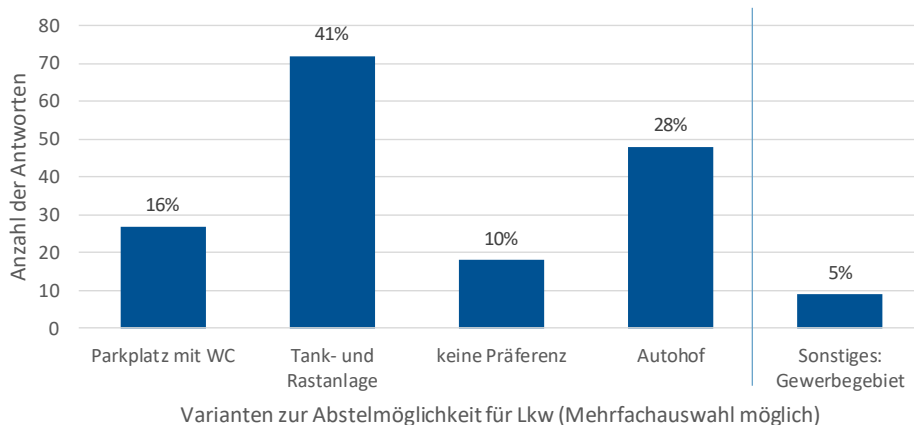


Abbildung 18: Auswertung zur Frage: Wo parken Sie generell am liebsten?

Abbildung 19 zeigt die Präferenzen der Möglichkeiten bei der Parkstandsuche, falls nicht sofort ein Parkstand gefunden wird. Bei der Frage waren auch Mehrfachantworten möglich. 30% der Befragten fahren die nächste Anlage an, wenn sie auf der aktuellen Anlage keine Abstellmöglichkeit finden, 33% der Befragten fahren von der Autobahn ab und suchen in Industrie- bzw. Gewerbegebieten nach einer geeigneten Abstellmöglichkeit. Für 27% der Befragten ist das Anfahren des nächsten Autohofs eine Option. Nur 6% der Befragten haben angegeben, dass das Parken in Ein- und Ausfahrten für sie in Frage käme. Als sonstige Antwort gaben 4% der Befragten an, dass sie beim Kunden parken würden. Dieser bietet in diesen Fällen die Möglichkeit einer Abstellmöglichkeit über Nacht, sowie außerhalb von Corona-Zeiten zum Teil auch Toiletten oder Duschkmöglichkeiten.

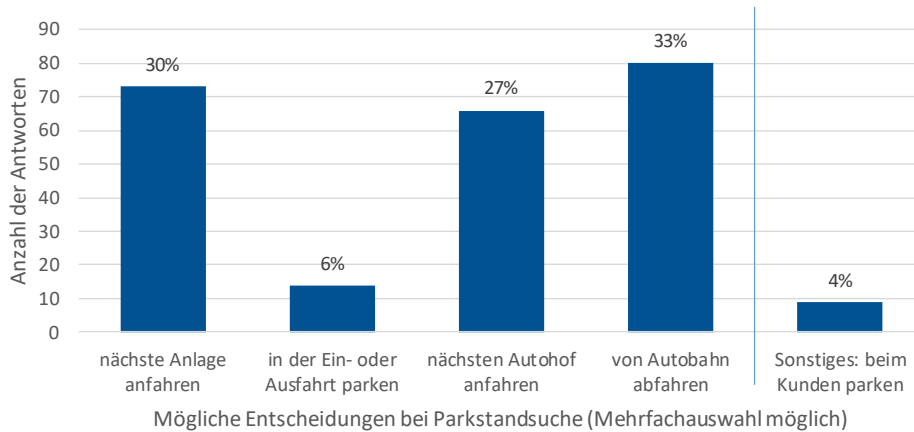


Abbildung 19: Auswertung zur Frage: Wenn Sie keinen Parkstand finden, was machen Sie dann?

Die Frage, wie sich die Lkw-Fahrer während der Fahrt über die Auslastung der Rastanlagen informieren, beantworten 63% der Befragten mit „gar nicht“. Die Frage bezieht sich auf das generelle Verhalten der Fahrer, nicht im konkreten Bezug auf das Lkw-PLS entlang der A9. Lediglich 18% der Befragten informieren sich im Internet oder per App über die freien Lkw-Parkstände. 13% der Befragten tauschen sich mit Kollegen per Funk oder soziale Netzwerke (z.B. WhatsApp) aus. 5% der Befragten sagten, dass sie keine Information benötigen, da sie über ausreichend Erfahrung verfügen. Diese Antwort wurde unter „Sonstiges“ aufgenommen. Ein Lkw-Fahrer gab an, dass er die neuen LED-Anzeigen als Informationsquelle verwendet, was aufgrund der Einzelantwort ebenfalls der Kategorie „Sonstiges“ zugordnete wurde. Bei dieser Frage war auch eine Mehrfachauswahl der Antworten möglich.

Oft wurde von den Lkw-Fahrern im Zusammenhang mit der Frage erwähnt, welche Apps sie nutzen. Dabei wurde ausschließlich die App „TruckParkingEurope“<sup>2</sup> erwähnt. In der genannten App finden die Lkw-Fahrer Bewertungen und Informationen zu den Rastanlagen. Der Auslastungsgrad der Parkstände auf dem digitalen Testfeld wird dort mittels der über den MDM weitergegebenen Daten eingepflegt und durch ein dreistufiges Ampelsystem schematisch verdeutlicht. Auf europäischer Ebene sind nur sehr wenige Rastanlagen mit Echtzeitdaten angebunden, so dass dieses System derzeit nicht als allgemein bekannt vorausgesetzt werden kann.

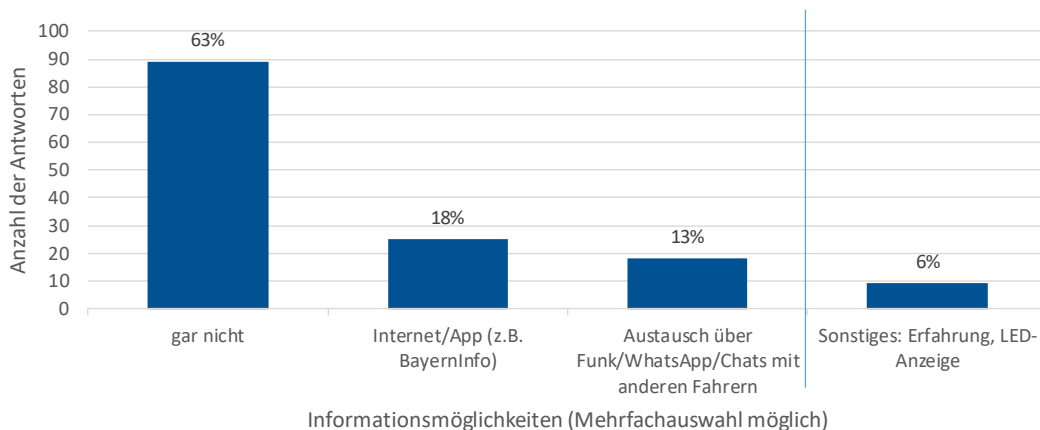
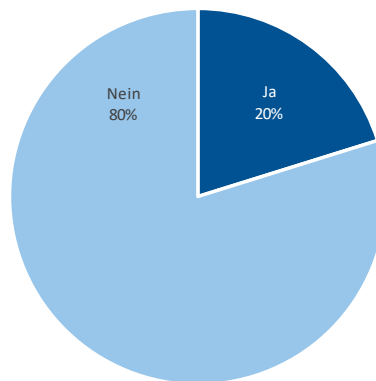


Abbildung 20: Auswertung zur Frage: Wie informieren Sie sich während der Fahrt über die Parkstandsituation

<sup>2</sup> <https://www.truckparkingeurope.com/de/ueber-uns/>

Die Frage, ob der befragte Lkw-Fahrer am Befragungstag über die Auslastung der Rastanlage Bescheid wusste, beantworteten 80% der Befragten mit „Nein“ (siehe Abbildung 21). Die 20% der Befragten Lkw-Fahrer, die mit „Ja“ geantwortet hatten, gaben meistens dazu mit an, dass es auf den Rastanlagen zwischen 13 und 16 Uhr meist noch ziemlich leer wäre und sie aus Erfahrung wissen, wo sie sicher einen Parkstand finden würden oder dass sie die Information der LED-Anzeigen genutzt hatten. Die Erfahrung der Lkw-Fahrer stimmt mit der in Abbildung 3 beispielhaft dargestellten Ganglinie der Belegung einer Rastanlage überein. Zwischen 17 und 18 Uhr nähert sich die Belegung der Rastanlage Fürholzen West den offiziell verfügbaren 150 Lkw-Parkständen an. Ein Zusammenhang dieser Antworten zum Befragungszeitpunkt ist nicht erkennbar. Ein Vergleich mit dem Zeitpunkt des Abschlusses des Parkvorganges wäre interessant, doch dieser Zeitpunkt wurde in dieser Umfrage nicht abgefragt.



*Abbildung 21: Auswertung zur Frage: Wussten Sie heute, wie die Rastanlagenauslastung sein wird?*

Um einschätzen zu können, wann für die Lkw-Fahrer eine Rastanlage tatsächlich als „voll“ gilt, wurden die folgenden zwei Bilder exemplarisch gezeigt und zusätzlich mit Worten beschrieben: In der Aufnahme links in Abbildung 22 parken zusätzlich zu den Lkw auf den Parkständen, auch Lkw in den Gassen und in den Ein- und Ausfahrten. Rechts in Abbildung 22 ist die Luftaufnahme einer Rastanlage zu sehen, auf dem die meisten Lkw-Parkstände, welche nach StVO für Lkw beschildert sind, belegt sind.

64% der befragten Lkw-Fahrer empfinden die dargestellte Situation auf dem linken Bild als „voll“. Hierbei sei jedoch anzumerken, dass sehr viele Fahrer zu dieser Antwort dazu gesagt hatten, dass sie sich bei Bedarf in die Gassen hinter den Lkw-Parkständen oder auf Parkstände für Busse stellen, jedoch nicht auf Ein- und Ausfahrten, da ihnen dies zu gefährlich sei. Abbildung 23 zeigt die Verteilung der Antworten zu der Frage, wann eine Rastanlage für sie als „voll“ gilt. 36% der Befragten empfinden eine Rastanlage als „voll“, sobald alle nach StVO für Lkw beschilderte Parkstände belegt sind. 64% der Befragten parken auch in Gassen sowie im Notfall ggf. in den Ein- und Ausfahrten; erst wenn jede Abstellmöglichkeit für Lkw entsprechend dem linken Bild in Abbildung 22 ausgenutzt ist, gilt für sie die Anlage als voll.



Abbildung 22: Abbildungen die in Verbindung mit der Frage: Wann ist eine Rastanlage für Sie "voll"?

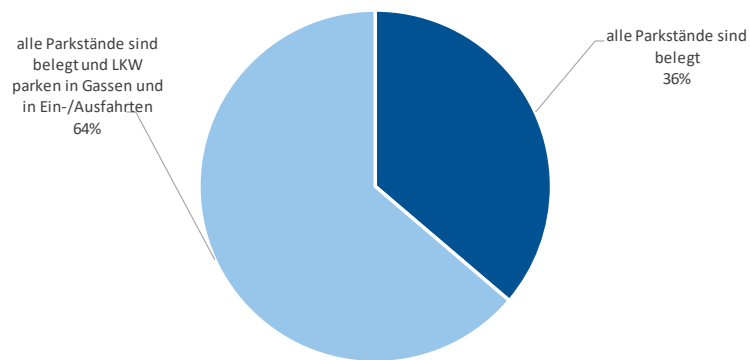


Abbildung 23: Auswertung zur Frage: Wann ist für Sie eine Rastanlage "voll"?, in Verbindung mit den Bildern aus Abbildung 22

### 3.3 Auswertung der Fragen zur BayernInfo-App

Nach den allgemeinen Fragen zum Fahr- und Parkverhalten werden in diesem Kapitel die Antworten zu den spezifischen Fragen zur BayernInfo-App analysiert. Als Einstieg in diesen Abschnitt wurden die Lkw-Fahrer befragt, ob sie das in Abbildung 24 dargestellte Informationsschild kennen bzw. wahrgenommen haben. Diese Informationsschilder stehen an den Einfahrten der Rastanlagen entlang der A9. 68% der befragten Lkw-Fahrer hatten dieses Schild bereits beim Einfahren in die Rastanlage gesehen, 32% der Befragten jedoch nicht, siehe Abbildung 25.



Abbildung 24: Informationsschild über BayernInfo und die dazugehörige App [Quelle: Landesbaudirektion Bayern, Zentralstelle Verkehrsmanagement]

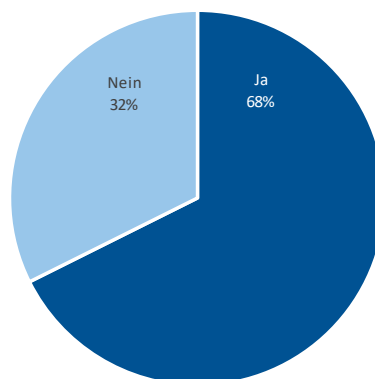


Abbildung 25: Auswertung zur Frage: Haben Sie dieses Schild über BayernInfo gesehen (in Verbindung mit Abbildung 24)

Anschließend wurden die Lkw-Fahrer gefragt, ob sie diese eben beworbene Bayerninfo-App kennen. Es wurde ihnen nochmal das Logo, das in Abbildung 26 zu sehen ist, gezeigt. Lediglich 22% der Befragten kannten die App vor der Umfrage (siehe Abbildung 27). Den übrigen 78% der Befragten wurde die App mithilfe des Tablets kurz gezeigt. Die App stieß auf sehr große Resonanz und viele der befragten Lkw-Fahrer fotografierten sich das Logo ab, oder haben die App direkt im weiteren Verlauf der Umfrage heruntergeladen.





Abbildung 26: Logo der BayernInfo-App [Quelle: Landesbaudirektion Bayern, Zentralstelle Verkehrsmanagement]

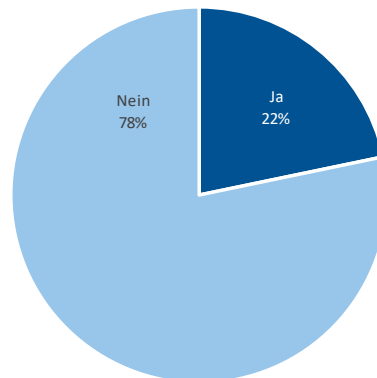


Abbildung 27: Auswertung zur Frage: Kennen Sie BayernInfo, die App oder Homepage?

Direkt im Anschluss an die Frage, ob die App bekannt ist, wurde die Frage gestellt, ob die Befragten Lkw-Fahrer wissen, dass sie sich über die BayernInfo-App die Anzahl der freien Lkw-Parkstände der Rastanlagen entlang der A9 anzeigen lassen können. Dies wussten nur 14% der Befragten, was zeigt, dass der Bekanntheitsgrad der App und ihrer Funktionen noch niedrig ist. Im Anschluss wurde den 86% der Befragten (siehe Abbildung 28), die die Anzeige der freien Parkstände noch nicht kannten, alle relevanten statischen und dynamischen Funktionen für Lkw-Fahrer der BayernInfo-App erläutert.

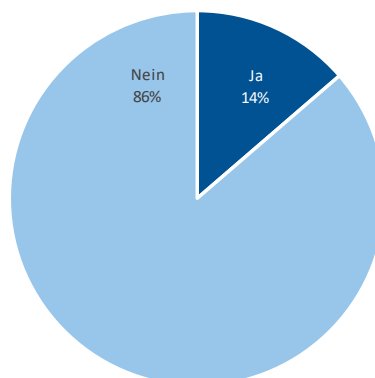


Abbildung 28: Auswertung zur Frage: Wissen Sie, dass BayernInfo die freien Parkstände anzeigt?

Die Frage, ob die Lkw-Fahrer die BayernInfo-App bereits nutzen oder es sich in Zukunft vorstellen können, die App zu nutzen, wurde entsprechend der beiden vorhergegangenen Fragen beantwortet, siehe Abbildung 29. 6% der Befragten kannten also die App, und nutzen diese auch bereits vor der Umfrage. 61% der Befragten können es sich vorstellen, die App in Zukunft zu Informationszwecken während der Suche nach einem Parkstand zu gebrauchen. 33% der Befragten werden die App auch in Zukunft nicht nutzen, die Gründe dazu werden in Abbildung 30 genauer differenziert.

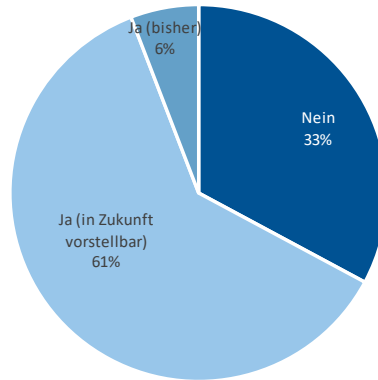


Abbildung 29: Auswertung zur Frage: Nutzen Sie BayernInfo, um einen freien Parkstand zu finden?

Für 58% der Befragten gibt es keinen Grund, die App nicht zu verwenden. 5% der Befragten gaben an, keinen Internetzugang im Fahrzeug zu haben und daher keine Möglichkeit sehen, die Informationen mobil abzugreifen. 8% der Befragten haben keine Gelegenheit, BayernInfo abzurufen. Als Grund dazu wurde unter anderem das Verbot des Handynutzens während der Fahrt genannt. Ein Anhalten samt dem damit verbundenen Abfahren von der Autobahn zur Bedienung der App würde zu viel Zeit kosten. Nur 8% der Befragten sehen keinen Sinn darin, die App zu nutzen.

Die Auswertungen und Eindrücke vor Ort bestätigen, dass die Belegung der Rastanlagen durch Langzeitparker in der Regel von 16 bis 20 Uhr auf allen Rastanlagen erfolgt. Die Aussagen der Lkw-Fahrer decken sich mit den im Projekt gewonnenen Erkenntnissen. Der am häufigsten genannte Grund für die Nichtnutzung der App (20%) war die bereits vorhandene Erfahrung durch langjährige Berufstätigkeit. Die Lkw-Fahrer würden keine zusätzliche Information benötigen, da sie die Rastanlagen und die Uhrzeiten, wann die Parkstände sich füllen, bereits kennen würden. Aufgrund der Häufigkeit der Antwort wurde diese als zusätzliche Option unter „Sonstiges“ im Fragebogen aufgenommen.

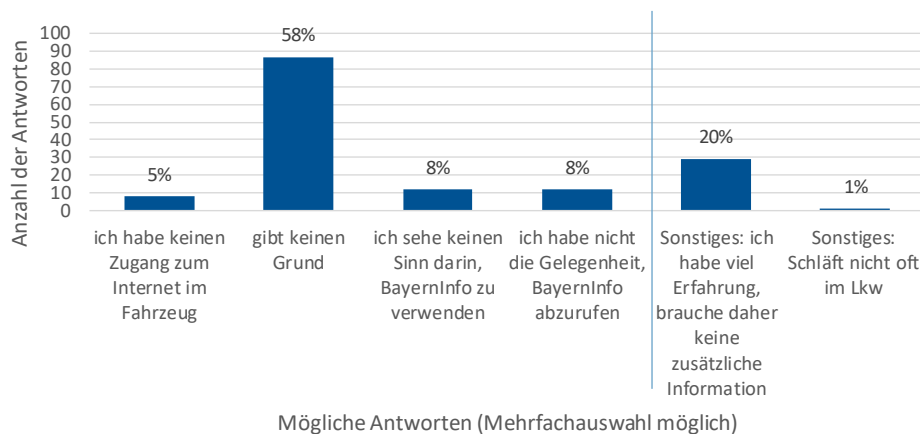
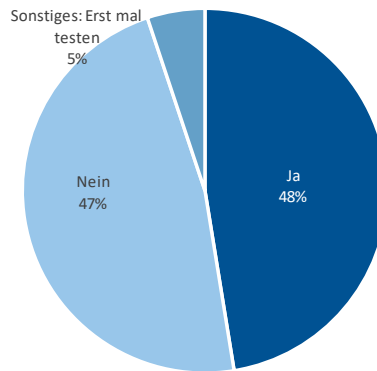


Abbildung 30: Auswertung zur Frage: Gründe, die gegen die Nutzung der App sprechen?

Die Frage, ob die Lkw-Fahrer aufgrund der Informationen zu freien Lkw-Parkständen in der Bayern-Info-App erst später mit der Suche nach einem freien Lkw-Parkstand beginnen müssen, wurde von 47% der Befragten mit „Nein“ beantwortet. 48% der Befragten beantworteten die Frage mit „Ja“, 5% der Befragten wollen diese Funktionen erst testen, bevor sie sich auf das System verlassen und eine Aussage darüber treffen. Diese Antworten wurden unter „Sonstiges“ im Fragebogen aufgenommen. Der am häufigsten genannte Grund für die Antwort „Nein“ war die Tatsache, dass das System nur in Bayern verfügbar ist.

Vergleicht man die Antworten auf diese Frage mit den Antworten auf die Frage nach der eingeplanten Zeit für die Suche nach einem Parkstand, ist keine Tendenz erkennbar. Die Häufigkeit der Antworten von „Ja“ und „Nein“ bei der Frage „Glauben Sie, dass Sie, wenn Sie dank BayernInfo wissen, wie viele Parkstände wo frei sind, erst später mit der Suche nach einem freien Parkstand beginnen müssen?“ sind bei allen Gruppierungen der eingeplanten Parkstandssuchzeit zwischen 40% und 60% verteilt.



*Abbildung 31: Auswertung zur Frage: Glauben Sie, dass Sie, wenn Sie dank BayernInfo wissen, wie viele Parkstände wo frei sind, erst später mit der Suche nach einem Parkstand beginnen müssen?*

### 3.4 Auswertung der Fragen zu den LED-Anzeigen

Nach den Fragen zur BayernInfo-App wurden die Lkw-Fahrer auf die LED-Anzeigen mit den entsprechenden Belegungsinformationen hingewiesen. Diese sind seit August 2020 an allen Rastanlagen in Fahrtrichtung Nürnberg zur Erprobung aufgestellt und in Betrieb genommen. Die LED-Anzeigen sind 2-fach ca. 1250 m und 750 m vor den entsprechenden Anlagen aufgestellt (wie in Abbildung 4 schematisch dargestellt). Diese LED-Anzeigen enthielten während der Untersuchung die Angabe des Namens der nächsten Rastanlage mit der Anzahl der jeweils noch freien Lkw-Parkstände sowie die Entfernung in Kilometer zu den nachgelagerten zwei Rastanlagen, um Alternativen angeben zu können.

Zum Start in den Abschnitt der Umfrage wurde den Lkw-Fahrern Abbildung 5 gezeigt. Darauf ist ein Foto einer installierten LED-Anzeige zu sehen. Die Teilnehmer wurden gefragt, ob sie diese Anzeige schon gesehen haben. Die LED-Anzeigen wurden nur in Fahrtrichtung Nürnberg montiert, daher wird diese Frage nach den beiden Fahrtrichtungen separiert analysiert (siehe Abbildung 32). Auf der Rastanlage in Fahrtrichtung Nürnberg haben 97% der Befragten Lkw-Fahrer die LED-Anzeige gesehen. Auf der Rastanlage in Fahrtrichtung München konnten sich 86% der befragten Lkw-Fahrer an die LED-Anzeigen aus anderen Fahrten erinnern. Diese Auswertung zeigt sehr deutlich, dass die LED-Anzeigen den Lkw-Fahrern auffallen und im Gedächtnis bleiben.

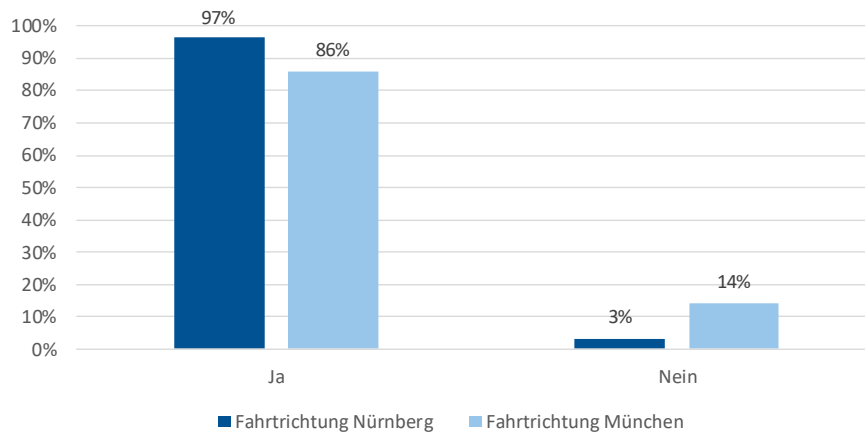


Abbildung 32: Auswertung zur Frage: Haben Sie dieses Schild gesehen? In Verbindung mit Abbildung 5, separiert nach Fahrtrichtung

Für 97% der befragten Lkw-Fahrer war die LED-Anzeige verständlich. 3% der Befragten konnten die Anzeige auf der Autobahn visuell oder inhaltlich nicht richtig erkennen (siehe Abbildung 33). Diesen Lkw-Fahrern wurde von den Befragern das Schild erläutert. Insgesamt riefen die LED-Anzeigen positive Resonanz hervor. Häufig wurde im gleichen Zuge erwähnt, dass es in anderen Ländern auch ähnliche Systeme gibt und Frankreich wohl die besten/meisten Informationen auf den Schildern der Rastanlagen an der Autobahn hat. Leider ergab eine Recherche nach dem Aufbau der Schilder für Rastanlagen in Frankreich keine verwertbaren Ergebnisse.

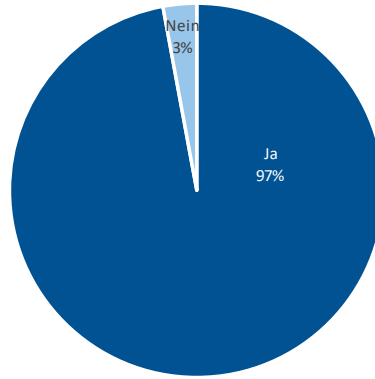


Abbildung 33: Auswertung zur Frage: Sind die Schilder für Sie grundsätzlich verständlich?

59% der befragten Lkw-Fahrer lassen sich bereits von den LED-Anzeigen bei der Parkstandsuche leiten, siehe Abbildung 34. 19% der befragten Lkw-Fahrer werden die LED-Anzeigen in Zukunft für die Parkstandsuche nutzen, im Wesentlichen zur Bestätigung der anvisierten Route. Der Parksuchverkehr von diesen 78% der Lkw-Fahrern kann durch die LED-Anzeigen nur teilweise gelenkt, jedoch kaum reduziert werden. Viele der Lkw-Fahrer erwähnten, dass auf dem Schild zwar keine freien Parkstände mehr angezeigt wurden, sie jedoch trotzdem auf die Anlage gefahren sind, um eine Abstellmöglichkeit zu suchen und sogar einen offiziellen noch freien Parkstand gefunden hatten. Dies könnte auch daran liegen, dass die LED-Anzeige ab einer verfügbaren Anzahl von weniger als fünf Parkständen null verfügbare Parkstände anzeigt.

Stellt man die Antworten der eingeplanten Zeit für die Parkstandsuche gegenüber mit den Antworten, ob sich die befragten Lkw-Fahrer von den LED-Anzeigen bei der Parkstandsuche leiten lassen, wird erkennbar, dass sich die Fahrer, die mehr als 60 Minuten vor Ende ihrer Lenkzeit für die Parkstandsuche einplanen, deutlich mehr von den LED-Anzeigen leiten lassen als die Fahrer, die weniger als 15 Minuten für die Suche einplanen (siehe Abbildung 35).

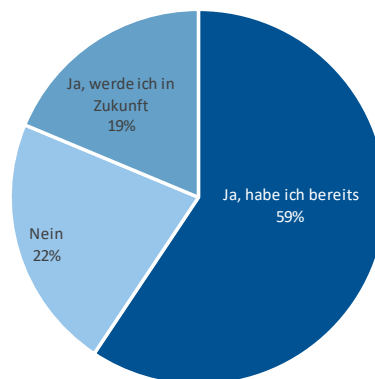


Abbildung 34: Auswertung zur Frage: Lassen Sie sich von den LED-Anzeigen bei der Parkstandsuche leiten?

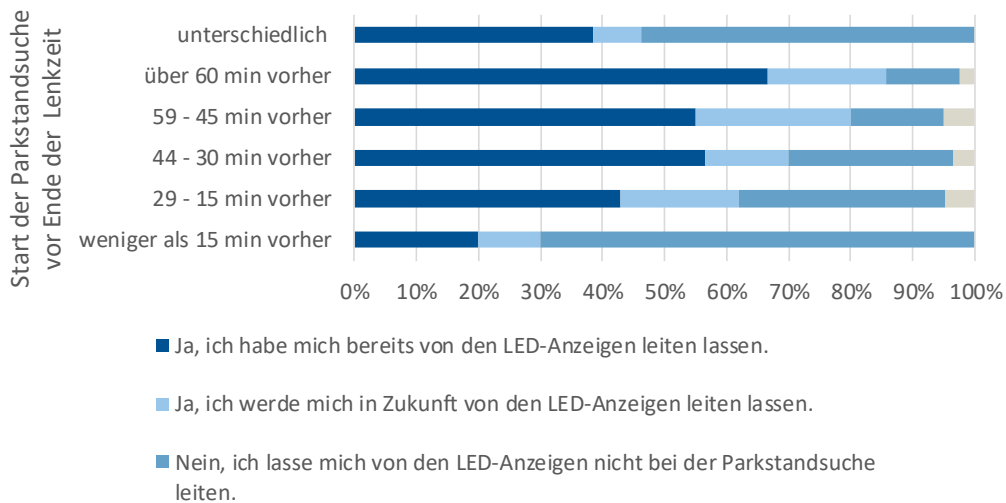


Abbildung 35: Zusammenhang der Zeit für die Parkstandsuche mit dem Nutzen der LED-Anzeigen

Neben den Fragen zum Verständnis der Schilder und dem Nutzen wurden die Lkw-Fahrer gefragt, ob sie durch die LED-Anzeigen erst später mit der Suche nach Parkstand beginnen. Diese Frage beantworten 51% der Befragten mit „Nein“. Der meistgenannte Grund in Verbindung mit dieser Frage war, dass die LED-Anzeigen nicht flächendeckend auf ihren Strecken zur Verfügung stehen. Sie könnten sich darauf noch nicht verlassen und die Strecke, die von den bereits montierten LED-Anzeigen abgedeckt ist, sei im Moment noch zu kurz. Ein Zusammenhang mit der von den Lkw-Fahrern eingeplanten Zeit für die Parkstandsuche ist bei den Antworten dieser Frage genauso wenig erkennbar wie bei der ähnlichen Frage zum Nutzen der BayernInfo-App („Glauben Sie, dass Sie, wenn Sie dank BayernInfo wissen, wie viele Parkstände wo frei sind, erst später mit der Suche nach einem Parkstand beginnen müssen?“).

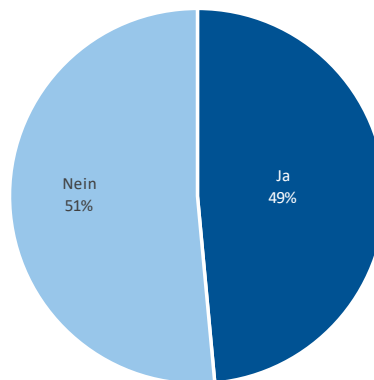


Abbildung 36: Auswertung zur Frage: Fangen Sie mit den LED-Schildern erst später an einen Parkstand zu suchen?

Nach den Fragen zu Bekanntheit und Nutzen der LED-Anzeigen wurden die Lkw-Fahrer noch zwei unterschiedliche Fragen zum Layout der LED-Anzeigeeinhalte gefragt. In der ersten der beiden Fragen ging es um die Visualisierung der Angabe freier Lkw-Parkstände. In Abbildung 37 sind drei verschiedene Möglichkeiten dargestellt, die Belegungsinformation der Rastanlage zu übermitteln. Im linken Piktogramm ist die Auslastung durch die Wörter „frei“ oder „belegt“ dargestellt. Im mittleren Piktogramm ist der Füllstand der Rastanlage durch gefüllte oder leere Balken visualisiert. Das rechte Layout besitzt die größte Informationsdichte. Es ist die konkrete Anzahl der noch freien Parkstände auf der nächsten und den beiden folgenden Rastanlagen angegeben. Dieses letzte Layout war während der Untersuchungsphase 4 im Einsatz.



Abbildung 37: Drei unterschiedliche Designs für die Angabe der Belegung der Lkw Parkstände (links: Angabe der Belegung durch Wörter „frei/belegt“; Mitte: Angabe der Belegung durch Balken; rechts: Angabe der Belegung durch Anzahl der freien Parkstände, aktuelles Design) [Quelle: Lukas Kremtz SSP Consult]

Die Lkw-Fahrer wurden gefragt, welches der drei in Abbildung 37 dargestellten Layouts ihnen am meisten zusagt. Die Auswertung der Antworten ist Abbildung 38 zu entnehmen. 75% der Befragten finden das Layout mit der konkreten Anzahl von freien Lkw-Parkständen am besten. 19% der Befragten bevorzugen die Informationsübermittlung durch die Wörter „frei“ oder „belegt“. 6% der Befragten finden die Angabe der Befüllung der Parkanlagen durch die Balken gut.

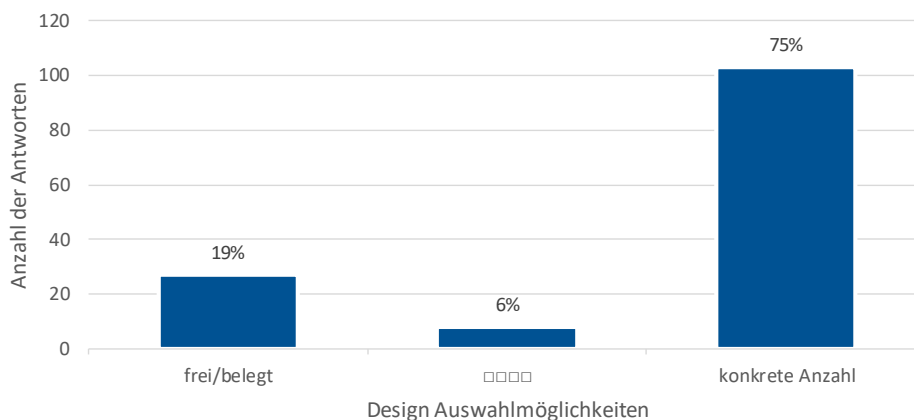


Abbildung 38: Auswertung zur Frage: Welches Design gefällt Ihnen am besten?

Die zweite Frage zu dem Layout der LED-Anzeigen zielt auf die Reihenfolge der Informationen ab. Den Lkw-Fahrern wurden die beiden Layouts aus Abbildung 39 gezeigt. Die linke Version zeigt die Informationen von der entferntesten bis zur nächstgelegenen Rastanlage von oben nach unten. Diese Anordnung entspricht der wegweisenden Beschilderung auf Autobahn nach den Regeln der RWBA 2000. Es impliziert eine Leserichtung des Schildes von unten nach oben. Diese Anordnung hielten 28% der Befragten für die bessere Variante. Auf der rechten Seite in Abbildung 39 ist die Anordnung der Informationen umgekehrt. Oben ist die nächstgelegene Rastanlage genannt, dann geht es nach unten bis zu der am weitesten entfernten Rastanlage. 63% der Befragten fanden die rechte Darstellung besser. Die Anzeigehalte folgen hier der allgemein üblichen Leserichtung. 8% der Befragten haben diese Frage mit „egal“ beantwortet. Diese Option wurde unter „Sonstiges“ im Fragebogen mit aufgenommen (siehe Abbildung 40). Während des Zeitraumes der Befragung waren die Informationen wie in dem linken Piktogramm in Abbildung 40 angeordnet.

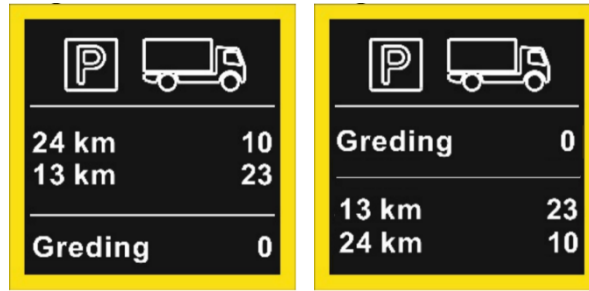


Abbildung 39: Varianten bzgl. unterschiedlicher Reihenfolge der Anordnung der Informationen auf den LED-Schildern [Quelle: Lukas Kremtz SSP Consult]

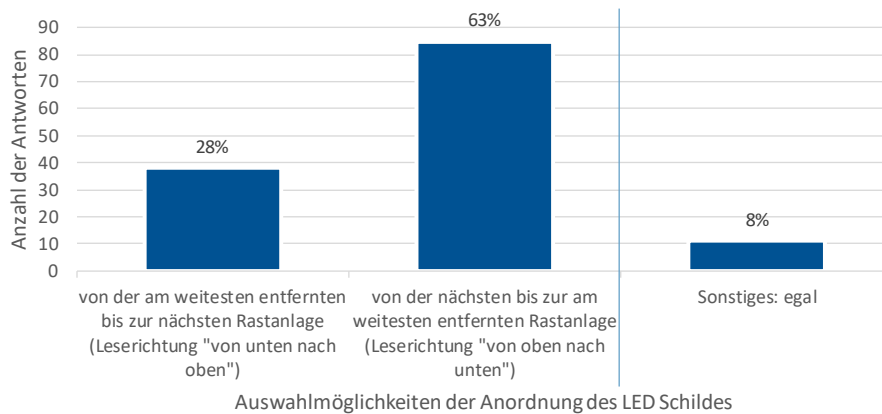


Abbildung 40: Auswertung zur Frage: Welche Reihenfolge der Angaben bevorzugen Sie bei dem LED-Schild?

Die letzte Frage zielt darauf ab, ob die Lkw-Fahrer die Informationen bevorzugt über die BayernInfo-App, über die LED-Anzeigen oder aus der Kombination beider Möglichkeiten beziehen würden. 56% der Befragten würden gerne beide Informationsquellen nutzen. Die Aussage, dass sie gerne so viele Informationen wie möglich zur Benutzung verfügbar hätten, da das den Komfort für sie erhöht, wurde häufig getroffen. 39% der Befragten finden die Informationen über die LED-Anzeigen ausreichend und nur 4% würden die ausschließliche Nutzung der BayernInfo-App bevorzugen. Viele der Befragten haben hier angemerkt, dass die LED-Anzeigen eine sehr gute Möglichkeit böten, wenn sie flächendeckend verfügbar wären. Viele der befragten Lkw-Fahrer beanstandeten bei der BayernInfo-App, dass die Nutzung der App während der Fahrt nach der Straßenverkehrsordnung untersagt ist und ihnen somit keinen Vorteil bringt. Ein Ein-/Ausfahren auf eine Rastanlage zur Prüfung der App wäre zu aufwändig.

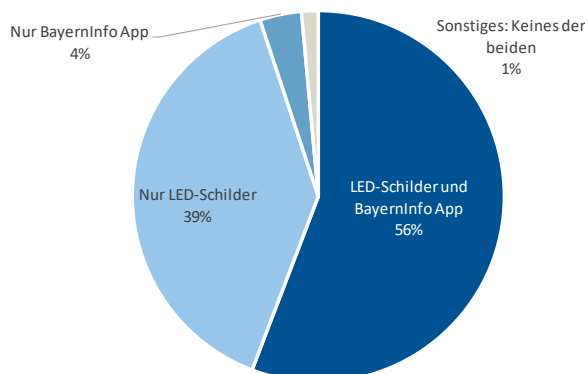


Abbildung 41: Auswertung zur Frage: Welche Information würden Sie lieber nutzen?



### 3.5 Weitere Anmerkungen der Lkw-Fahrenden

In diesem Gliederungspunkt werden alle über die reine Beantwortung der Fragen hinaus gegebenen Anmerkungen und Kommentare der Lkw-Fahrer zusammengefasst dargestellt. Es haben sich aus den Fragen viele ausführliche Gespräche mit den Lkw-Fahrern ergeben. Aus diesen Gesprächen konnten einige Zusatzinformationen gewonnen werden. Viele der Informationen wurden mit den vordefinierten Fragen nicht direkt beantwortet und sind daher im Folgenden einzeln aufgeführt.

Grundsätzlich wurde es von den Lkw-Fahrern sehr positiv aufgenommen, dass sich ihrer täglichen Probleme angenommen wird und Lösungen dafür entwickelt werden sollen. Jedoch wurde dabei häufig darauf hingewiesen, dass in Deutschland damit vermeintlich etwas zu spät gestartet wurde und es kaum möglich sei, so schnell zusätzliche Parkstände zu schaffen, um dem steigenden Bedarf gerecht zu werden. Auf die Frage, welche Verbesserungsvorschläge außerhalb des Lkw-PLS noch bestehen, wurde am häufigsten gefordert, dass mehr Abstellmöglichkeiten für Lkw geschaffen werden müssen. Alte Rastanlagen sollten nicht geschlossen werden, da jede Rastanlage besser wäre als keine.

Zur Anordnung neuer Rastanlagen entlang der Autobahnen wurde angemerkt, dass es angenehmer sei, wenn die Anlagen in gleichmäßigen und dichteren Abständen zueinander lokalisiert wären. Es sollten also nicht nur bestehende Anlagen um Lkw-Parkstände erweitert werden, sondern die Rastanlagen sollten ebenfalls verdichtet werden. Auf den Anlagen sollten die Lkw-Parkstände möglichst fahrerfreundlich angelegt werden. Als Beispiele dafür wurden folgende Ideen genannt:

- Führerhaus nicht in Richtung Fahrbahn positionieren, sondern zu den autobahnabgewandten Flächen hin (Lärm führt zu Erholungsproblemen)
- Extra gekennzeichnete Abschnitte für die Lkw mit Kühlanhänger ausschreiben um Lärmbelastung der anderen Lkw-Fahrenden zu mindern
- Auf den Rastanlagen ein Tempolimit setzen oder sonstige Einrichtungen zur Geschwindigkeitsreduktion verbauen, um das generelle Tempo der vorbeifahrenden Fahrzeuge zu senken (erhöhte Sicherheit und verminderte Lärmbelastung)
- Parkfläche per Video überwachen, damit Diebstahl, Übergriffe und Verschmutzungen reduziert werden

Zur generellen Ausstattung der Rastanlagen wurden mehr dezentrale Toiletten und ein höherer Hygienestandard gewünscht. Außerdem scheinen Duscmöglichkeiten ein sehr wichtiges Argument für den Aufenthalt auf einer T+R Anlage während der langen Pause zu sein. Um das Parkaufkommen etwas zu entzerren, wurde vorgeschlagen, Duscmöglichkeiten an PWC-Anlagen zu installieren. Als weitere Verbesserungsmöglichkeit wurde der Einbau von kostenfreien Trinkwasserstellen genannt.

Die BayernInfo-App wurde als grundsätzlich sehr erfreulich und nützlich kommentiert, jedoch ist sie aufgrund der räumlich begrenzten Verfügbarkeit im Alltag der meisten Lkw-Fahrer nicht hilfreich. Die Lkw-Fahrer, die viel in Bayern unterwegs sind, kennen die Lkw-Parkstände bereits oder benötigen diese nur für die kurzen Ruhepausen, da sie kaum im Lkw schlafen. Für Lkw-Fahrer, die deutschlandweit oder international unterwegs sind, ist der räumliche Umfang zu stark eingeschränkt.

Außerdem sollte der Bekanntheitsgrad der BayernInfo-App im bereits existierenden Bereich erhöht werden. Die Schilder an den Einfahrten der Parkfläche werden trotz ihrer Größe häufig übersehen,

---

da die Suche nach einem freien Parkstand im Vordergrund steht und hauptsächlich auf die Beschil-  
derung der Rastanlage geachtet wird. Vorgeschlagen werden Informationsplakate (eventuell auch  
durch Aufklebezettel) an den Toiletten. Diese können in der Wartezeit gelesen werden. Außerdem  
können Werbeannoncen oder Fachartikel über das Parkleitsystem in Fachzeitschriften für Lkw-Fah-  
rende die Bekanntheit erhöhen. Mögliche in der Zielgruppe weit verbreitete Zeitschriften sind das  
TRUCKER Magazin, die Fernfahrer oder lastauto-omnibus. Zusätzlich wäre eine Werbung für die  
App in Facebook-Gruppen für Lkw-Fahrende sinnvoll.

Es wurde zudem vorgeschlagen, die Frequenz der Kontrollen von Ein- und Ausfahrten und der  
Schwertransportparkstände durch die Polizei zu erhöhen. Damit wird eine Erhöhung der Sicherheit  
im generellen und das Vertrauen der Lkw-Fahrenden in die Gesetze im Speziellen angestrebt. Hier  
muss erwähnt werden, dass in dieser Umfrage überwiegend Deutsche Lkw-Fahrer befragt wurden.  
Deren Meinung spiegelt nicht unbedingt die des Kollektives wieder.

Die Rastanlagensituation entlang der A9 wurde im Verhältnis zu anderen Hauptverkehrsrouten in-  
nerhalb Deutschlands als angenehm bezeichnet. Speziell die Rastanlagen Fürholzen West und  
Fürholzen Ost fanden als positive Beispiele lobende Erwähnung. Diese seien sehr sauber und groß.  
Die befragten Lkw-Fahrer fühlen sich dort sicher.

## 4 Wesentliche Erkenntnisse

Eines der Hauptziele der Untersuchungen war, aus den Ergebnissen der Befragung Erkenntnisse zur Funktion und zur Akzeptanz des Lkw-Parkleitsystems sowie zum Parkverhalten abzuleiten. Im Folgenden werden die wesentlichen Erkenntnisse aus den Befragungen zusammengefasst:

- Der Anteil an befragten Lkw-Fahrenden, die mit der Suche nach einem freien Lkw- Parkstand zwischen 30 und 59 Minuten vor Ende der Lenkzeit beginnen, liegt bei 37%. Der Anteil mit einem Suchbeginn mindestens 60 Minuten vor Ende der Lenkzeit beträgt 31%. Die Hälfte aller Befragten beginnt demnach mindestens 30 Minuten vor Ende der Lenkzeit mit der Parkstandsuche. Bei einer durchschnittlichen Geschwindigkeit von 80 km/h bedeutet dies, etwa 40 km vor der angestrebten Rastanlage.
- Für mehr als 60% der befragten Lkw-Fahrenden entspricht eine Abstellmöglichkeit in den Fahrgassen und im Tankstellenbereich entgegen der geltenden Regeln einem frei verfügbaren Lkw-Parkstand.
- Mehr als 60% der befragten Lkw-Fahrenden informieren sich vor ihrer Ruhezeit nicht über die aktuellen Belegungen auf den Rastanlagen anhand von vorhandenen Kanälen (z. B. BayernInfo).
- Ca. 80% der befragten Lkw-Fahrenden kennen das Portal BayernInfo nicht. Es können sich jedoch ca. 60% der befragten Lkw-Fahrende vorstellen, in Zukunft die App mit den Belegungsinformationen zu nutzen.
- Ca. 50% der befragten Lkw-Fahrenden können sich vorstellen, mithilfe der Belegungsinformationen (Bayerninfo und/oder LED-Anzeigen) ihre Suche nach einem freien Parkstand später zu beginnen. Diese Aussage ist unabhängig von der jeweils bisher eingeplanten Suchzeit für alle befragten Lkw-Fahrenden zutreffend.
- Von 97% der befragten Lkw-Fahrenden, die in Fahrtrichtung Nürnberg unterwegs waren, wurden die LED-Anzeigen wahrgenommen und als verständlich bewertet. 75% der befragten Lkw-Fahrenden befürworteten die Belegungsinformation mittels numerischer Angabe von Restplätzen (Restplatzanzeige) und die Reihenfolge auf der LED-Anzeige geordnet nach der Leserichtung von oben nach unten.
- Mehr als 50% der befragten Lkw-Fahrenden bevorzugen eine Belegungsinformation aus der Kombination von BayernInfo und LED-Anzeigen. Für den Fernverkehr werden großräumigere und einheitliche Lösungen gefordert.

---

## 5 Abkürzungsverzeichnis

Lkw-PLS

Lkw

BAB

LED-Anzeigen

Parkleitsystem für Lkw

Lastkraftwagen

Bundesautobahn

Anzeigen mit Leuchtdioden (eng: lighth-emitting diode)

## 6 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Standorte des PLS auf der BAB 9 [Quelle: Autobahndirektion Südbayern].....	3
Abbildung 2: Foto einer LED-Anzeige für die Rastanlage Echinger Gfild auf der A9 in Fahrtrichtung Nürnberg [Quelle: Landesbaudirektion Bayern, Zentralstelle Verkehrsmanagement] .....	4
Abbildung 3: Belegung der Lkw-Parkstände für die Tank- und Rastanlage Fürholzen West vom 06.10.2020; Anzahl offizieller Lkw-Parkstände: 150.....	6
Abbildung 4: Schematische Darstellung eines Ausschnittes des Gesamtsystems (in Summe 140 km) der aufgebauten LED-Anzeigen entlang der A9 in Fahrtrichtung Nürnberg [Quelle: Lukas Kremtz SSP Consult].....	7
Abbildung 5: Foto einer LED-Anzeige für die Rastanlage Echinger Gfild auf der A9 in Fahrtrichtung Nürnberg aus der Umfrage [Quelle: Landesbaudirektion Bayern, Zentralstelle Verkehrsmanagement] .....	8
Abbildung 6: Auswertung der Nationalität der befragten Lkw-Fahrer .....	9
Abbildung 7: Auswertung der Altersverteilung der befragten Lkw-Fahrer .....	9
Abbildung 8: Auswertung zur Berufserfahrung der befragten Lkw-Fahrer.....	10
Abbildung 9: Auswertung zur Frage: Haben Sie, wenn Sie in Deutschland unterwegs sind, Zugang zu Internet?.....	10
Abbildung 10: Auswertung zur Frage: Wie häufig übernachteten Sie im Lkw (auf Tank- und Rastanlagen bzw. Parkplätzen mit WC auf und an der Autobahn)? .....	11
Abbildung 11: Auswertung zur Frage: Wann fängt normalerweise Ihre längere tägliche Ruhepause an? .....	11
Abbildung 12: Schema mit Lenkzeit und Ruhezeit, Verdeutlichung der Fragen von Abbildung 13 und Abbildung 14 .....	12
Abbildung 13: Auswertung zur Frage: Wie viele Minuten vor Ende der Lenkzeit fangen Sie an, einen Parkstand zu suchen? (Generell) .....	12
Abbildung 14: Auswertung zur Frage: Wie viele Minuten vor Ende der Lenkzeit haben Sie heute geparkt?.....	13
Abbildung 15: Quervergleich der Frage aus Abbildung 13 und Abbildung 14: Zusammenhang zwischen den Lkw-Fahrern, die wenig Zeit für die Parkstandsuche einplanen und der Angabe der noch verfügbaren Minuten bis zum Ende ihrer Lenkzeit am Befragungstag.....	14
Abbildung 16: Auswertung zur Frage: Parken Sie heute über Nacht hier? .....	14
Abbildung 17: Auswertung zur Frage: Wie oft nutzen Sie diesen oder umliegende Rastanlagen an der A9? .....	15
Abbildung 18: Auswertung zur Frage: Wo parken Sie generell am liebsten?.....	15
Abbildung 19: Auswertung zur Frage: Wenn Sie keinen Parkstand finden, was machen Sie dann? .....	16
Abbildung 20: Auswertung zur Frage: Wie informieren Sie sich während der Fahrt über die Parkstandsituation .....	16
Abbildung 21: Auswertung zur Frage: Wussten Sie heute, wie die Rastanlagenauslastung sein wird? .....	17
Abbildung 22: Abbildungen die in Verbindung mit der Frage: Wann ist eine Rastanlage für Sie "voll"? .....	18
Abbildung 23: Auswertung zur Frage: Wann ist für Sie eine Rastanlage "voll"?, in Verbindung mit den Bildern aus Abbildung 22.....	18
Abbildung 24: Informationsschild über BayernInfo und die dazugehörige App [Quelle: Landesbaudirektion Bayern, Zentralstelle Verkehrsmanagement].....	19
Abbildung 25: Auswertung zur Frage: Haben Sie dieses Schild über BayernInfo gesehen (in Verbindung mit Abbildung 24).....	19
Abbildung 26: Logo der BayernInfo-App [Quelle: Landesbaudirektion Bayern, Zentralstelle Verkehrsmanagement].....	20
Abbildung 27: Auswertung zur Frage: Kennen Sie BayernInfo, die App oder Homepage? .....	20
Abbildung 28: Auswertung zur Frage: Wissen Sie, dass BayernInfo die freien Parkstände anzeigt?.....	20
Abbildung 29: Auswertung zur Frage: Nutzen Sie BayernInfo, um einen freien Parkstand zu finden? .....	21
Abbildung 30: Auswertung zur Frage: Gründe, die gegen die Nutzung der App sprechen? .....	21
Abbildung 31: Auswertung zur Frage: Glauben Sie, dass Sie, wenn Sie dank BayernInfo wissen, wie viele Parkstände wo frei sind, erst später mit der Suche nach einem Parkstand beginnen müssen? .....	22
Abbildung 32: Auswertung zur Frage: Haben Sie dieses Schild gesehen? In Verbindung mit Abbildung 5, separiert nach Fahrtrichtung .....	23
Abbildung 33: Auswertung zur Frage: Sind die Schilder für Sie grundsätzlich verständlich? .....	24
Abbildung 34: Auswertung zur Frage: Lassen Sie sich von den LED-Anzeigen bei der Parkstand-suche leiten?.....	24
Abbildung 35: Zusammenhang der Zeit für die Parkstandsuche mit dem Nutzen der LED-Anzeigen .....	25
Abbildung 36: Auswertung zur Frage: Fangen Sie mit den LED-Schildern erst später an einen Parkstand zu suchen? ....	25
Abbildung 37: Drei unterschiedliche Designs für die Angabe der Belegung der Lkw Parkstände (links: Angabe der Belegung durch Wörter „frei/belegt“; Mitte: Angabe der Belegung durch Balken; rechts: Angabe der Belegung durch Anzahl der freien Parkstände, aktuelles Design) [Quelle: Lukas Kremtz SSP Consult].....	26
Abbildung 38: Auswertung zur Frage: Welches Design gefällt Ihnen am besten?.....	26
Abbildung 39: Varianten bzgl. unterschiedlicher Reihenfolge der Anordnung der Informationen auf den LED-Schildern [Quelle: Lukas Kremtz SSP Consult].....	27

---

Abbildung 40: Auswertung zur Frage: Welche Reihenfolge der Angaben bevorzugen Sie bei dem LED-Schild? ..... 27  
Abbildung 41: Auswertung zur Frage: Welche Information würden Sie lieber nutzen? ..... 27

## 7 Anlagen

### 7.1 Fragebogen auf Deutsch

# Fragebogen zum LKW-Parkleitsystem

Wissenschaftliche Begleitung des digitalen Testfeldes auf der A9

Technische Universität München

Lehrstuhl für Verkehrstechnik, Arcisstraße 21, 80333 München.

Sie können sich unter (+49) 89 289 23837 oder [barbara.karl@tum.de](mailto:barbara.karl@tum.de) an uns wenden.

Die Befragung dauert ca. 6 Minuten.

Diese Befragung wird anonymisiert ausgewertet. Nach Absenden des Fragebogens sind keinerlei Rückschlüsse auf Ihre Identität möglich.

The advertisement features a white semi-truck on the right and a smartphone on the left displaying a map with a red location marker. The text 'Parkinfo für LKW / for Trucks' is prominently displayed in the center. At the top right, there is a small logo for the 'Bayrisches Staatsministerium für Verkehr, Bau und Wirtschaft'. At the bottom, the website 'www.bayerninfo.de' and the 'BayernInfo' logo are visible.

A blue shield-shaped icon with the number '9' is positioned to the left of the text 'Nürnberg - München', which is enclosed in a rounded rectangular border.

Stellplatzsuche und Parkverhalten allgemein

- 
1. Wie häufig übernachten Sie im Lkw (auf Tank- und Rastanlagen bzw. Parkplätzen mit WC auf und an der Autobahn)?

*Markieren Sie nur ein Oval.*

- ca. 1 x in der Woche
- mehr als 1 x in der Woche
- jeden Werktag in der Woche
- unregelmäßig
- Sonstiges: \_\_\_\_\_

2. Wann fängt normalerweise Ihre längere tägliche Ruhepause an?

*Markieren Sie nur ein Oval.*

- 15:00 - 16:00 Uhr
- 16:00 - 17:00 Uhr
- 17:00- 18:00 Uhr
- 18:00 - 19:00 Uhr
- 19:00 - 20:00 Uhr
- 20:00 - 24:00 Uhr
- unterschiedlich (je nach start der Tour)
- Sonstiges: \_\_\_\_\_



3. Wie viele Minuten vor Ende der Lenkzeit fangen Sie an, einen Parkplatz zu suchen?

*Markieren Sie nur ein Oval.*

- über 60 min vorher
- 60 - 45 min vorher
- 45 - 30 min vorher
- 30 - 15 min vorher
- weniger als 15 min vorher
- unterschiedlich, je nach Tageszeit für die Pause
- Sonstiges: \_\_\_\_\_

4. Parken Sie heute über Nacht hier?

*Markieren Sie nur ein Oval.*

- Ja
- Nein

5. Wie viele Minuten vor Ende der Lenkzeit haben Sie heute geparkt?

\_\_\_\_\_

6. Wie oft nutzen Sie diesen bzw. umliegende Parkplätze der A9?

*Markieren Sie nur ein Oval.*

- ca. 1x in der Woche
- mehr als 1x in der Woche
- ca. 1x im Monat
- unregelmäßig
- nie
- Sonstiges: \_\_\_\_\_

7. Wo parken Sie generell am liebsten?

*Wählen Sie alle zutreffenden Antworten aus.*

- Parkplatz mit WC
- Tank- und Rastanlage
- Autohof
- keine Präferenz
- Sonstiges:  \_\_\_\_\_

8. Wenn Sie keinen Stellplatz finden, was machen Sie dann?

*Wählen Sie alle zutreffenden Antworten aus.*

- in der Ein- oder Ausfahrt parken
- nächste Anlage (Tank- und Rastanlagen oder Parkplatz mit WC) anfahren
- nächsten Autohof anfahren
- von Autobahn abfahren
- Sonstiges:  \_\_\_\_\_

9. Wie informieren Sie sich während der Fahrt über die Parkplatzsituation?

Wählen Sie alle zutreffenden Antworten aus.

- Internet/App (z.B. BayernInfo)
  - Spedition
  - Austausch über Funk/WhatsApp/Chats mit anderen Fahrern
  - gar nicht
- Sonstiges:  \_\_\_\_\_

10. Wussten Sie heute, wie die Parkplatzauslastung sein wird?

Markieren Sie nur ein Oval.

- Ja
- Nein

11. Wann ist für Sie ein Parkplatz "voll" ?

Markieren Sie nur ein Oval.



alle Stellplätze sind belegt



LKW parken in Gassen und in Ein-/Ausfahrten

BayernInfo



12. Haben Sie dieses Schild über BayernInfo gesehen?

*Markieren Sie nur ein Oval.*

- Ja
- Nein

13. Kennen Sie BayernInfo (App oder [www.bayerninfo.de](http://www.bayerninfo.de))?



*Markieren Sie nur ein Oval.*

- Ja
- Nein

14. Wissen Sie, dass Sie sich über BayernInfo die Zahl der freien Lkw-Parkplätze anzeigen lassen können?

*Markieren Sie nur ein Oval.*

- Ja  
 Nein

#### **BayernInfo über App vorführen**

15. Haben Sie, wenn Sie in Deutschland sind, generell einen Zugang zum Internet in Ihrem Fahrzeug?

*Markieren Sie nur ein Oval.*

- Ja  
 Nein

16. Nutzen Sie BayernInfo, um einen Parkplatz zu finden?

*Markieren Sie nur ein Oval.*

- Ja (bisher)  
 Ja (in Zukunft vorstellbar)  
 Nein

17. Glauben Sie, dass wenn Sie dank BayernInfo wissen, wie viele Stellplätze wo frei sind, erst später mit der Parkplatzsuche beginnen müssen?

*Markieren Sie nur ein Oval.*

- Ja  
 Nein  
 Sonstiges: \_\_\_\_\_

18. Gibt es Gründe, die gegen die Nutzung von BayernInfo sprechen?

*Wählen Sie alle zutreffenden Antworten aus.*

- ich habe keinen Zugang zum Internet im Fahrzeug  
 ich habe nicht die Gelegenheit, BayernInfo abzurufen  
 ich sehe keinen Sinn darin, BayernInfo zu verwenden  
 ich habe viel Erfahrung, brauche daher keine zusätzliche Information  
Sonstiges:  \_\_\_\_\_

#### LED-Schild mit Restplatzanzeige

Um die Parkplatzsuche für Lkw-Fahrer zu erleichtern, sind seit August LED-Schilder mit Echtzeitinformationen über die Belegung von Parkplätzen aufgestellt und in Betrieb genommen worden. Die LED-Schilder sind 2-fach ca. 1250m und 750 m vor den entsprechenden Parkplätzen aufgestellt.

19. Haben Sie dieses Schild gesehen?



Markieren Sie nur ein Oval.

- Ja
- Nein
- Konnte nicht gesehen werden (zu wählen bei Antwort "Nein" und Fahrtrichtung München)

20. Sind die Schilder grundsätzlich verständlich?

Markieren Sie nur ein Oval.

- Ja
- Nein
- Sonstiges: \_\_\_\_\_

---

21. Lassen Sie sich von den LED-Schildern bei der Parkplatzsuche leiten?

*Markieren Sie nur ein Oval.*

- Ja, habe ich bereits
- Ja, werde ich in Zukunft
- Nein (Falls nein, warum unter sonstiges Angeben)
- Sonstiges: \_\_\_\_\_

22. Fangen Sie mit den LED-Schildern erst später mit der Parkplatzsuche an, da Sie so wissen wo Stellplätze frei sind?

*Markieren Sie nur ein Oval.*

- Ja
- Nein
- Sonstiges: \_\_\_\_\_



23. Welches Design gefällt Ihnen am besten?

Markieren Sie nur ein Oval.



1



2

Sonstiges: \_\_\_\_\_



3

24. Welche Reihenfolge der Angaben bevorzugen Sie bei dem LED-Schild?

Markieren Sie nur ein Oval.



vom nächsten bis zum am weitesten entfernten Parkplatz (Leserichtung "von oben nach unten")

Sonstiges: \_\_\_\_\_



vom am weitesten entfernten bis zum nächsten Parkplatz (Leserichtung "von unten nach oben")

25. Welche Informationen würden Sie lieber nutzen?

Markieren Sie nur ein Oval.



Nur LED-Schilder



Nur BayernInfo App

Sonstiges: \_\_\_\_\_



LED-Schilder und BayernInfo App

---

26. Wie ist ihre Nationalität?

*Markieren Sie nur ein Oval.*

- Deutsch
- Polnisch
- Türkisch
- Tschechisch
- Rumänisch
- Russisch
- Ukrainisch
- Ungarisch
- Sonstiges: \_\_\_\_\_

27. Wie alt sind Sie?

*Markieren Sie nur ein Oval.*

- < 30 Jahre
- 31 - 40 Jahre
- 41 - 50 Jahre
- 51 - 60 Jahre
- > 60 Jahre
- Sonstiges: \_\_\_\_\_

---

28. Wie viel Berufserfahrung haben Sie?

*Markieren Sie nur ein Oval.*

- < 5 Jahre
- 5 - 10 Jahre
- 10 - 20 Jahre
- > 20 Jahre

29. Was ist der Start Ihrer Route?

\_\_\_\_\_

30. Was ist das Ziel ihrer Route?

\_\_\_\_\_

31. Haben Sie Vorschläge zur Verbesserung?

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

**Vielen Dank für Ihre Zeit!**

Auszufüllen vom Fragesteller

32. Nationalität des Kennzeichens

33. Geschlecht:

*Markieren Sie nur ein Oval.*

- weiblich
- männlich
- divers

34. Auf welchem Parkplatz findet die Befragung statt?

*Markieren Sie nur ein Oval.*

- PWC Echinger Gfild
- PWC Brunngas
- TR Fürholzen Ost
- TR Fürholzen West
- PWC Baarer Weiher Ost
- PWC Baarer Weiher West
- TR Köschinger Forst Ost
- TR Köschinger Forst West
- Sonstiges: \_\_\_\_\_

35. Notizen (z.B. Eindruck über den Befragten)

\_\_\_\_\_

## 7.2 Fragebogen auf Englisch

# Survey on truck parking guidance system

Scientific monitoring of the digital test field A9

Technical University Munich

Chair of Traffic Engineering, Arcisstrasse 21, 80333 Munich, Germany.


You can contact us at (+49) 89 289 23838 or [matthias.spangler@tum.de](mailto:matthias.spangler@tum.de).

The survey takes about 6 minutes.

This survey will be evaluated anonymously. No conclusions can be drawn about your identity after sending the questionnaire.



The advertisement features a white truck on the right and a smartphone displaying a map on the left. The text 'Parkinfo für LKW / for Trucks' is prominently displayed in the center. At the bottom, the website 'www.bayerninfo.de' and the 'BayernInfo' logo are visible. In the top right corner, there is a small logo for the 'Bayrisches Staatsministerium für Wohnen, Bau und Verkehr'.



A blue shield with the number '9' is positioned to the left of the text 'Nürnberg - München', which is enclosed in a rounded rectangular border.

- 
1. How often do you spend the night in your truck (on parking lots on or nearby the motorway)?

*Markieren Sie nur ein Oval.*

- approx. once a week
- more than once a week
- every working day
- irregular
- Sonstiges: \_\_\_\_\_

2. When does your long daily rest period normally start?

*Markieren Sie nur ein Oval.*

- 15:00 - 16:00
- 16:00 - 17:00
- 17:00- 18:00
- 18:00 - 19:00
- 19:00 - 20:00
- 20:00 - 24:00
- different, depending on time of start of the route
- Sonstiges: \_\_\_\_\_

3. dHow many minutes before the end of driving time do you start looking for a parking space?

*Markieren Sie nur ein Oval.*

- over 60 min before
- 60 - 45 min before
- 45 - 30 min before
- 30 - 15 min before
- less than 15 min before
- different, depending on time of day
- Sonstiges: \_\_\_\_\_

4. Are you parking here for the night?

*Markieren Sie nur ein Oval.*

- Yes
- No

5. How many minutes before the end of driving time did you park today?

\_\_\_\_\_



6. How often do you use this or surrounding parking spots on the A9?

*Markieren Sie nur ein Oval.*

- approx. once a week
- more than once a week
- approx. once a month
- irregular
- never
- Sonstiges: \_\_\_\_\_

7. Where do you prefer to park?

*Wählen Sie alle zutreffenden Antworten aus.*

- parking lot just with toilet (PWC)
- Tank & Rast
- Truck stop
- No preference
- Sonstiges:  \_\_\_\_\_

8. If you cannot find a parking space, what will you do?

*Wählen Sie alle zutreffenden Antworten aus.*

- park in the entrance or exit driveway
- drive to the next parking lot (TR or PWC)
- drive to the next truck stop
- leave the motorway
- Sonstiges:  \_\_\_\_\_

9. How do you find out about the parking situation while driving?

*Wählen Sie alle zutreffenden Antworten aus.*

- Internet/App (e.g. BayernInfo)
- Forwarding agency
- Exchange via radio/WhatsApp/Chats with other drivers
- Not at all

Sonstiges:  \_\_\_\_\_

10. Did you know how "full" the parking space will be today?

*Markieren Sie nur ein Oval.*

- Yes
- No

11. When is a parking space "full" for you?

*Markieren Sie nur ein Oval.*



All parking spaces are occupied



Trucks park in alleys or in entrances/exits



12. Have you seen this sign about BayernInfo?

*Markieren Sie nur ein Oval.*

Yes

No

13. Do you know BayernInfo (App or [www.bayerninfo.de](http://www.bayerninfo.de))?



*Markieren Sie nur ein Oval.*

Yes

No

14. Do you know that you can use BayernInfo to display the number of free parking lots?

*Markieren Sie nur ein Oval.*

- Yes
- No
- Sonstiges: \_\_\_\_\_

### Demonstrate BayernInfo via App

15. Do you generally have access to the Internet in your vehicle when you are in Germany?

*Markieren Sie nur ein Oval.*

- Yes
- No

16. Do you use BayernInfo or will you use it in the future to find a parking space?

*Markieren Sie nur ein Oval.*

- Yes (already using it)
- Yes (will use it in the future)
- No

17. Do you think that if you know how many parking spaces are available thanks to BayernInfo, you will have to start looking for a parking space later?

*Markieren Sie nur ein Oval.*

- Yes
- No
- Sonstiges: \_\_\_\_\_

18. Are there any reasons against using BayernInfo?

*Wählen Sie alle zutreffenden Antworten aus.*

- I do not have access to the Internet in the vehicle
- I do not have the opportunity to use BayernInfo
- I see no point in using BayernInfo
- I have enough expertise, i don't need BayernInfo
- Sonstiges:  \_\_\_\_\_

### LED-sign with free spots indication

To make it easier for truck drivers to find a parking space, from September onwards there are LED signs with a real-time information on the occupancy of parking lots. The LED signs are placed twice approx. 1250m and 750m in front of the corresponding parking lots.

19. Did you see this sign?



Markieren Sie nur ein Oval.

- yes
- no
- Couldn't be seen (to be selected if the answer was "No" and direction is Munich)

20. Are the signs generally understandable?

Markieren Sie nur ein Oval.

- Yes
- No
- Sonstiges: \_\_\_\_\_

---

21. Do you let the LED signs guide you when looking for a parking space?

*Markieren Sie nur ein Oval.*

- Yes i already have
- Yes i will in future
- No (if no, why specify otherwise)
- Sonstiges: \_\_\_\_\_

22. Do you think that with LED signs you need to start looking for a parking space later?

*Markieren Sie nur ein Oval.*

- Yes
- No
- Sonstiges: \_\_\_\_\_

23. Which design do you like best?

Markieren Sie nur ein Oval.



1



2

Sonstiges: \_\_\_\_\_



3

24. Which sort of order would you prefer for the LED sign?

Markieren Sie nur ein Oval.



from the nearest to the most distant parking lot



from the most distant to the closest parking lot

Sonstiges: \_\_\_\_\_



25. Which information would you rather use?

Markieren Sie nur ein Oval.



only LED signs

only BayernInfo App



Sonstiges: \_\_\_\_\_

LED signs and BayernInfo App

## 26. Nationality:

*Markieren Sie nur ein Oval.*

- German
- Polish
- Turkish
- Czech
- Romanian
- Russian
- Ukrainian
- Sonstiges: \_\_\_\_\_

## 27. Age:

*Markieren Sie nur ein Oval.*

- < 30 years
- 31 - 40 years
- 41 - 50 years
- 51 - 60 years
- > 60 years
- Sonstiges: \_\_\_\_\_

## 28. How much work experience do you have?

*Markieren Sie nur ein Oval.*

- < 5 years
- 5 - 10 years
- 10 - 20 years
- > 20 years

---

29. What is the starting point of your route?

---

30. What is the destination of your route?

---

31. Do you have suggestions for improvement?

---

---

---

---

---

Thanks for your time!

Auszufüllen vom Fragesteller

32. Country on license plate

---

33. Sex:

*Markieren Sie nur ein Oval.*

Female

Male

Diverse

---

34. Interview spot:

*Markieren Sie nur ein Oval.*

- PWC Echinger Gfild
- PWC Brunngas
- TR Fürholzen Ost
- TR Fürholzen West
- PWC Baarer Weiher Ost
- PWC Baarer Weiher West
- TR Köschinger Forst Ost
- TR Köschinger Forst West
- Sonstiges: \_\_\_\_\_

35. Notes (e.g. impression about the respondent)

---

---

## **Anlage 4**

Begleitende Systemevaluation der Maßnahme

„Internetparkplatz – Freies WLAN“

– Schlussbericht

# **Begleitende Systemevaluation der Maßnahme „Internetparkplatz – Freies WLAN“**

FE 03.0541/2015  
im Auftrag des  
Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur  
vertreten durch die Bundesanstalt für Straßenwesen

M. Eng. Barbara Metzger  
Dr.-Ing. Matthias Spangler  
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Klaus Bogenberger  
Lehrstuhl für Verkehrstechnik, TU München

**Schlussbericht**  
Mai 2021

---

## Inhalt

<b>1</b>	<b>Motivation und Ziel der Maßnahme .....</b>	<b>2</b>	<b>5</b>	<b>Informationen und Erfahrungen des</b>	
<b>2</b>	<b>Grundlagen und methodische</b>			<b>Betreibers .....</b>	<b>19</b>
	<b>Vorgehensweise .....</b>	<b>3</b>	5.1	Erfahrungen bei der Ausschreibung und	
<b>3</b>	<b>Empirische Untersuchungen vor Ort .....</b>	<b>4</b>		Kriterien zur Vergabe (Bayern) .....	19
3.1	Erstellung des Befragungskonzeptes		5.2	Erfahrungen mit dem Betrieb des WLAN...	19
	und des Fragebogens .....	4	5.3	Kosten der Infrastruktur und des	
3.2	Ablauf .....	4		Betriebs des freien WLAN.....	20
3.3	Auswertung .....	5	5.3.1	Vorbereitung und Kosten der Infrastruktur-	
3.3.1	Demografie der Befragten (N=334).....	5		Hardware:.....	20
3.3.2	Allgemeine Fragen zum Reiseverhalten		5.3.2	Betriebskosten: .....	20
	(N=334) .....	6	5.4	Wirtschaftlichkeitsbetrachtung .....	20
3.3.3	Fragen zur Bekanntheit des freien WLAN		5.5	Erfahrungsaustausch mit freiem WLAN	
	(N=334) .....	8		auf österreichischen Rastanlagen .....	21
3.3.4	Auswertung der Fragen nach der Angabe		<b>6</b>	<b>Wesentliche Erkenntnisse zur</b>	
	„freies WLAN ist unbekannt“ (n=252).....	8		<b>Maßnahme .....</b>	<b>22</b>
3.3.5	Auswertung der Fragen nach Angabe „freies		<b>7</b>	<b>Abkürzungsverzeichnis.....</b>	<b>23</b>
	WLAN ist bekannt“ (n=82).....	10	<b>A</b>	<b>Fragebogen der Umfrage .....</b>	<b>24</b>
3.3.6	Zusammenfassung der Ergebnisse .....	12	A.1	Fragebogen auf Deutsch .....	24
<b>4</b>	<b>Auswertung der aufgezeichneten</b>		A.2	Fragebogen in Englisch .....	35
	<b>Daten des Providers.....</b>	<b>14</b>			

## 1 Motivation und Ziel der Maßnahme

Auf den bayrischen Autobahnen gibt es gesamt 430 Rastanlagen. Davon sind 50 Autohöfe privat organisiert. Bewirtschaftete Rastanlagen belaufen sich auf 78 Anlagen. Diese sind meist mit einem WLAN-Hotspot ausgestattet, der täglich für 60 Minuten kostenfrei genutzt werden kann.<sup>1</sup> Im Rahmen der Maßnahme „Internetparkplatz – Freies WLAN“ auf dem digitalen Testfeld Autobahn (DTA) wurden acht unbewirtschaftete Rastanlagen (PWC-Anlagen) in Bayern mit freiem WLAN ausgestattet. Diese wurden im Rahmen der wissenschaftlichen Begleitung des digitalen Testfeldes Autobahn evaluiert. Durch das freie WLAN will man den Reisenden schnelles und bequemes Surfen im Internet sowie die Nutzung weiterer Onlinedienste während ihrer Pausen auf den Rastanlagen ermöglichen. Das Pilotprojekt ist auf der BAB A9 derzeit auf den folgenden acht PWC-Anlagen installiert (siehe blaue Markierungen in Abbildung 1):

- „Gelbensee Ost“ und „Gelbensee West“ südlich von Greding
- „Baarer Weiher Ost“ und „Baarer Weiher West“
- „Rohrbach Ost“ und „Rohrbach West“ südlich von Ingolstadt
- „Paunzhauser Feld“ und „Eichfeld“ nördlich von München

Durch diese Evaluation sollen u.a. Erkenntnisse gewonnen werden, in welchem Umfang die Verkehrsteilnehmer das freie WLAN auf den PWC-Anlagen nutzen. Hierzu sollen u.a. die erforderlichen Bandbreiten, die Anzahl der Nutzer, deren Nutzungsdauer und die Verfügbarkeit der Services evaluiert werden. Diese Untersuchung soll dabei neben dem Service für die Nutzer, auch die Akzeptanz bzw. Zufriedenheit mit dem kostenlosen Service veranschaulichen, sowie Hinweise für die Einrichtung weiterer PWC-Anlagen mit freiem WLAN aufzeigen. Hierbei werden auch Vorschläge bzgl. einer möglichen Nutzen-Kosten-Betrachtung derartiger Anlagen zusammengestellt.

Um neben der Analyse der bereitgestellten Statistiken und Daten des Providers DIGINEO auf die subjektive Meinung der potenziellen Nutzer zurück zu schließen, wurden Befragungen von Reisenden auf vier der acht ausgestatteten PWC-Anlagen durchgeführt (vgl. Tabelle 1). Es wurden Pkw- und Lkw-Fahrende auf den Rastanlagen zu der Maßnahme interviewt und zu ihrem generellen Reisezweck, ihrer Internetnutzung und dem Verhalten während der Pausen befragt.

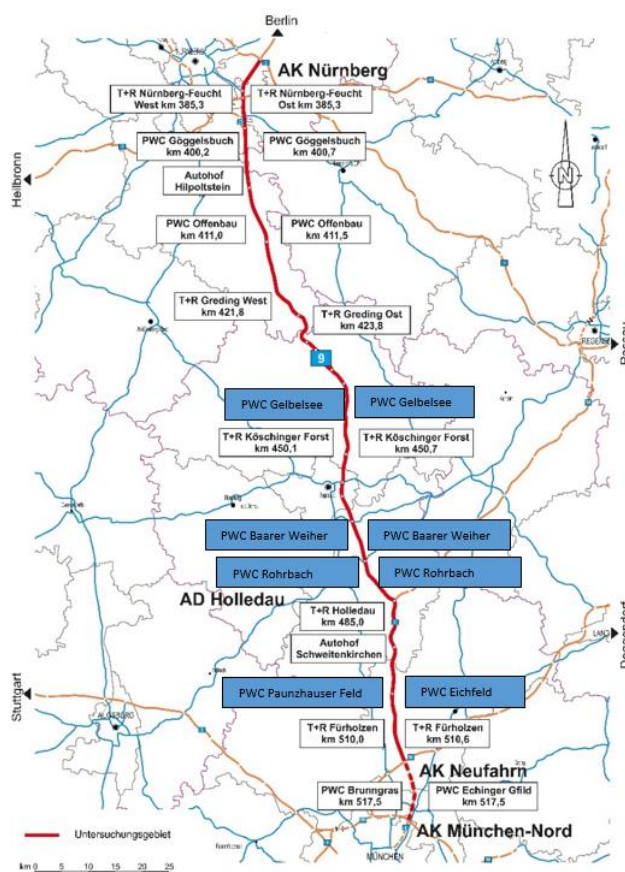


Abbildung 1: Übersichtskarte der Rastanlagen entlang der BAB A9 zwischen München und Nürnberg; in blau markiert die PWC-Anlagen mit freiem WLAN [Quelle der Originalgrafik: Autobahndirektion Südbayern]

<sup>1</sup> Antwort auf Parlamentarische Anfrage von der FDP zur Verfügbarkeit von WLAN an Rastanlagen auf den Bundesautobahnen vom 17.06.2020



---

## **2 Grundlagen und methodische Vorgehensweise**

Die Grundlagenermittlung sowie die methodische Vorgehensweise orientieren sich am üblichen Vorgehen bei der Evaluierung von Maßnahmen im Verkehrssektor. Das vorliegende Evaluierungsvorhaben gliedert sich in die folgenden aufeinander aufbauenden Arbeitsschritte und Teilvorhaben:

1. Erstellung eines Befragungskonzeptes und des Fragebogens
2. Empirische Untersuchungen vor Ort
3. Auswertung der aufgezeichneten Daten des Providers (DIGINEO)
4. Sammlung von Informationen und Erfahrungen seitens des Betreibers (Autobahndirektion Nordbayern)
5. Ableitung von Empfehlungen zur Verbesserung oder Verbreitung des Gesamtsystems

Die Teilvorhaben werden nachfolgend detailliert beschrieben, sowie deren Zusammenhänge erläutert.

### 3 Empirische Untersuchungen vor Ort

In den folgenden Unterkapiteln wird zu Beginn das Befragungskonzept der Umfrage vor Ort an den Rastanlagen vorgestellt, anschließend sind die Details der Befragung aufgelistet. Abgeschlossen wird der Abschnitt mit einer umfassenden Analyse der Umfrageergebnisse.

#### 3.1 Erstellung des Befragungskonzeptes und des Fragebogens

Bei der Einarbeitung in die Thematik des freien WLAN wird speziell der aktuelle Stand der Installation und der aktuellen Funktionen des WLAN recherchiert. Es wird ein Befragungskonzept erarbeitet und der zeitliche Rahmen der Befragungen in Abstimmung mit allen Projektbeteiligten festgesetzt.

Die Reisenden werden zu Beginn des Interviews gefragt, ob sie wissen, dass es auf der Rastanlage freies WLAN gibt und ob bzw. wie sie dieses nutzen. Die demographischen Daten der Reisenden sowie der Fahrtzweck werden abgefragt. Außerdem wird final um allgemeine Vorschläge zur Verbesserung der Rastanlagesituation gebeten.

Der Fragebogen wird mit der Software Google-Forms erstellt. Die Umfrage besteht aus offenen und geschlossenen Fragen, sowie Fragen, die eine Mehrfachauswahl an Antworten ermöglicht. Bei jeder Frage gibt es zusätzlich die Möglichkeit durch die Auswahl „Sonstiges“ eine freie Antwort einzugeben. Es werden zwei Fragebögen vorbereitet, einer in deutscher und einer in englischer Sprache, um auch internationale Reisende befragen zu können. Die Fragebögen in deutscher und englischer Ausfertigung sind als Anhang diesem Bericht beigefügt (siehe Anlage A). Zum Konzept des Fragebogens ist zu erwähnen: nicht jeder Befragte bekommt alle Fragen gestellt. Je nach Antwort auf bestimmte Fragen, gibt es eine unterschiedliche Auswahl an Fragen. Bei der Analyse der Antworten, wird deshalb jeweils auf die Anzahl der verfügbaren Antworten mit hingewiesen (Anzahl der Antworten gesamt: N; Anzahl der Antworten der speziellen Gruppe: n).

Zusätzlich wird aufgrund der COVID-19-Pandemie ein Hygienekonzept für die Befragungen ausgearbeitet. Die Maßnahmen darin sollen sicherstellen, dass

keiner der Beteiligten sich mit dem Virus ansteckt oder dieses verbreitet. In diesem Konzept wurde folgendes festgehalten:

- Die Befrager und die Befragten haben während des Interviews eine Maske zu tragen. Die Befrager wurden jeweils mit einer FFP2 Maske ausgestattet.
- Die Befragung wird nur mündlich durchgeführt, die Befrager verwenden zur Eingabe der Antworten ein Tablet/Smartphone.
- Es wird zu keinem Zeitpunkt der Befragung der Mindestabstand von 1,5 m unterschritten.
- Die Befrager tragen auch bei An- und Abreise durchgängig FFP2 Masken.
- Es besteht zu jedem Zeitpunkt die Möglichkeit, die Hände oder das Equipment zu desinfizieren.

#### 3.2 Ablauf

Die Evaluierung vor Ort an den PWC-Anlagen wird auf den in Tabelle 1 gelisteten Anlagen entlang der BAB A9 zwischen München und Nürnberg durchgeführt. Dieser Tabelle sind jeweils die Anzahl der vorhandenen Lkw- und Pkw-Parkstände zu entnehmen. Die Auswahl der PWC-Anlagen wurde wegen ihrer Größe und deren Lage im Netz gewählt. Die Nähe zu München und die Zugriffe auf das freie WLAN dieser Rastanlagen waren entscheidend.

Die Befragungen wurden an acht Werktagen vom 04. bis 12. November 2020 durchgeführt. Die Befragungen wurden von ca. 13-19 Uhr an den Tagen von Montag bis Freitag und von 10-17 Uhr am Samstag durchgeführt. Somit waren jeweils zwei Befrager für mindestens sechs Stunden vor Ort an einer PWC-Anlage. Aufgrund der vorherrschenden COVID-19 Pandemie und einem damit verbundenen Teil-Lock-Down, waren trotz Herbstferien in Bayern (31.10. bis 06.11.2020) relativ wenig Reisende im Allgemeinen und wenig reisende Familien im Speziellen unterwegs.

**Tabelle 1: PWC-Anlagen der Befragung und deren Parkstandanzahl**

PWC-Anlage	Anzahl Lkw-Parkstände	Anzahl Pkw-Parkstände
Paunzhauser Feld	30	40
Eichfeld Ost	17	38
Baarer Weiher Ost	55	39
Baarer Weiher West	44	36

### 3.3 Auswertung

In Tabelle 2 sind die Anzahl der vollständig durchgeführten Befragungen je Rastanlage dargestellt. Auf den Rastanlagen wurden alle reisenden Pkw- und Lkw- Fahrenden angesprochen, ob sie an der Umfrage teilnehmen wollen. Die Eingabe der Antworten wurde per Tablet/Smartphone durch die Befragter übernommen. Im Durchschnitt hat eine Befragung ca. drei Minuten gedauert. In den folgenden Unterkapiteln werden die Antworten der Befragung analysiert:

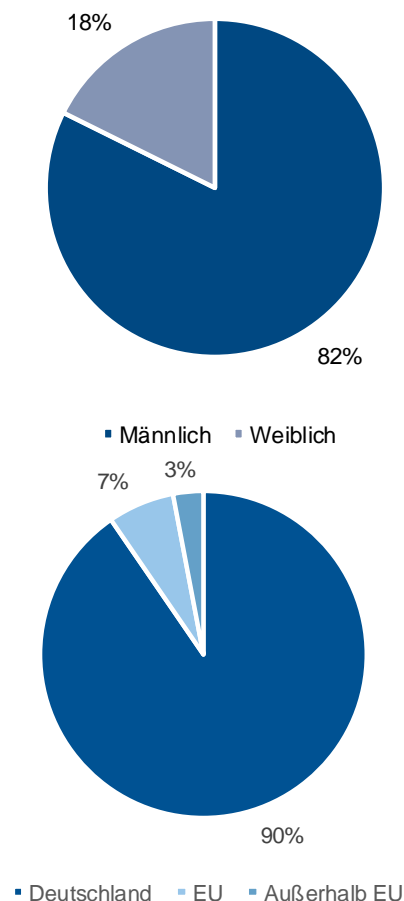
**Tabelle 2: Anzahl der Befragungen je PWC-Anlage**

PWC-Anlage	Teilnehmer
Eichfeld Ost	32
Paunzhauser Feld West	18
Baarer Weiher Ost	170
Baarer Weiher West	114
Summe (N)	334

Zu Beginn sind die demografischen Daten der Befragten dargestellt. Die erste inhaltliche Frage der Umfrage war nach der Bekanntheit des freien WLAN auf den Rastanlagen. Anschließend werden maßgeschneiderte Fragen gestellt, je nachdem, ob die Teilnehmer das freie WLAN bereits kannten oder nicht. Abschließend ist eine zusammenfassende Grafik für die Kernaussage der Umfrage dargestellt.

#### 3.3.1 Demografie der Befragten (N=334)

In Summe haben 334 Personen an dieser Umfrage teilgenommen. Durch die Eingabe der Antworten durch die Befragter vor Ort, liefern alle Antworten verwendbare Ergebnisse. 82% der Befragten waren männlich und 18% weiblich (siehe Abbildung 2 oben). Die Nationalität der Befragten lässt sich in drei Kategorien unterteilen: 90% der Befragten gaben eine deutsche Nationalität an, 7% der Befragten haben eine Staatsbürgerschaft eines Landes das der EU angehört angegeben (Deutschland ausgenommen) und 3% hatten eine Nationalität außerhalb der EU angegeben (siehe Abbildung 2 unten).



**Abbildung 2: Auswertung der Geschlechterverteilung und der Nationalität der Befragten (N=334)**

Die Verteilung des Alters der Befragten zeigt Abbildung 3. 38% der Befragten sind älter als 51 Jahre, 41% der Befragten entfallen auf die Altersgruppe von

31 bis 50 Jahre, der Rest der Befragten (21%) gaben an jünger als 30 Jahre zu sein.

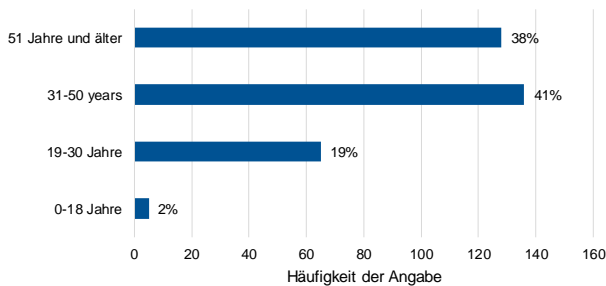


Abbildung 3: Verteilung des Alters der Befragten (N=334)

87% der Befragten waren mit dem Pkw an der PWC-Anlage. 12% der Befragten waren mit einem Lkw an der Anlage und nur drei Teilnehmer, waren mit dem Reisebus vor Ort. Diese Verteilung ist der starken Fluktuation der Pkw-Fahrenden geschuldet, da es dadurch verhältnismäßig häufiger die Möglichkeit der Befragung unterschiedlicher Personen gab als bei den Lkw-Fahrenden, die sich tendenziell länger auf den PWC-Anlagen aufhielten. Zusätzlich gestaltete sich die Kommunikation mit einigen Lkw-Fahrern aufgrund der mangelnden Deutsch- oder Englischkenntnisse als sehr schwierig bis unmöglich.

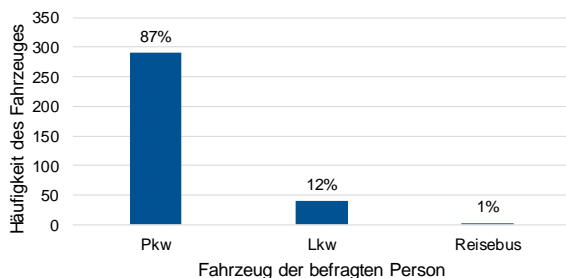


Abbildung 4: Verteilung der genutzten Fahrzeuge der Befragten (N=334)

### 3.3.2 Allgemeine Fragen zum Reiseverhalten (N=334)

Die folgenden allgemeinen Fragen zum Reiseverhalten wurden allen Teilnehmern gestellt. In Abbildung 5 ist die Verteilung des Reisezweckes dargestellt. 59% der Befragten waren beruflich unterwegs. 40% der Befragten gaben einen privaten Reisezweck an. Trotz vier Befragungstagen während der bayrischen Herbstferien waren wenig reisende Familien unterwegs. Der Grund dafür dürften die starken Reisebeschränkungen und -warnungen aufgrund der Coronapandemie sein. Diese Erkenntnis zeigt auch die Aus-

wertung der Frage nach der Reisebegleitung. Abbildung 6 zeigt diese Auswertung: 67% der Befragten waren alleine unterwegs, 21% mit der Familie und 12% mit Kollegen.

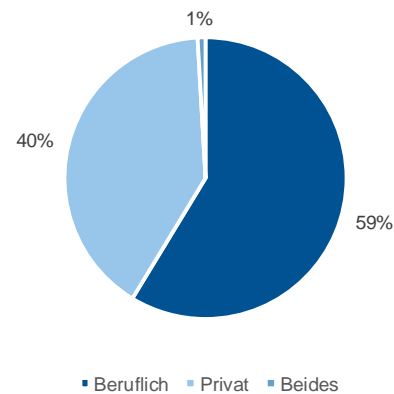


Abbildung 5: Verteilung des Reisezwecks der Befragten (N=334)

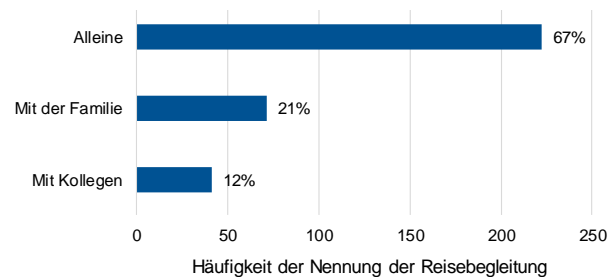


Abbildung 6: Verteilung der Reisebegleitung der Befragten (N=334)

Nach den Fragen zum Reisezweck wurden die Teilnehmer gefragt, wie häufig sie auf diesem Autobahnabschnitt zwischen München und Nürnberg der BAB A9 unterwegs sind. 26% der Befragten sind nur sehr selten oder nur zu Ferienzeiten auf diesem Autobahnabschnitt unterwegs. 10% der Befragten sind bis zu einmal im Monat, 23% einmal bis mehrmals monatlich und 41% der Befragten ist regelmäßig bis hin zu werktäglich auf diesem Autobahnabschnitt unterwegs (siehe Abbildung 7).

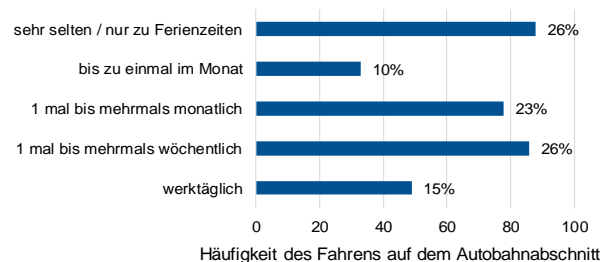
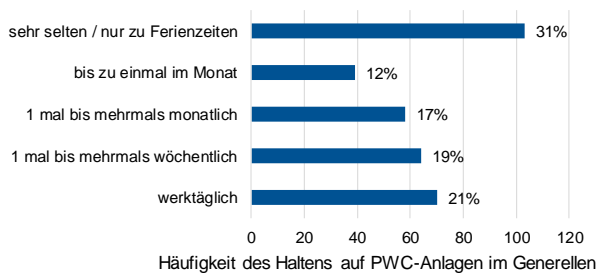


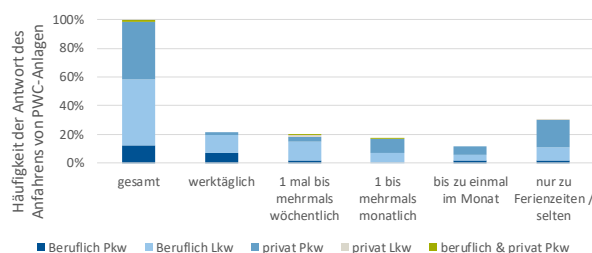
Abbildung 7: Auswertung der Häufigkeit des Fahrens auf dem Autobahnabschnitt der BAB A9 zwischen München und Nürnberg (N=334)

Eine Detailstufe tiefer, wurden die Teilnehmer nach der Häufigkeit des Haltens an PWC-Anlagen im Generellen und im Speziellen auf einer dieser Rastanlagen mit kostenlosem Internet gefragt. Diese Frage wurde unabhängig der Bekanntheit des freien WLAN gestellt. Abbildung 8 zeigt die Häufigkeit des Haltens auf PWC-Anlagen im Generellen und Abbildung 10 im Speziellen auf einem der PWC-Anlagen an der BAB A9 zwischen München und Nürnberg mit installiertem freien WLAN. 31% der Befragten halten generell sehr selten an PWC-Anlagen, 12% gaben an ungefähr einmal im Monat eine PWC-Anlage anzufahren und 17% ein bis mehrmals im Monat. 40% der Befragten kommen mindestens einmal die Woche bis hin zu werktäglich an PWC-Anlagen.



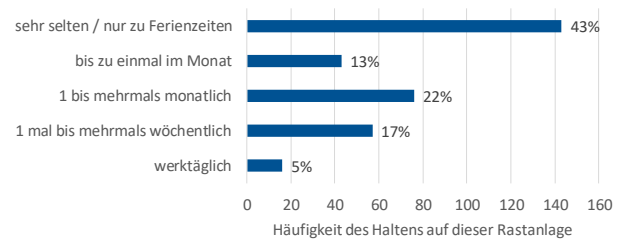
**Abbildung 8: Auswertung der Häufigkeit des Haltens auf PWC-Anlagen im Generellen (N=334)**

Für eine genauere Analyse, wer PWC-Anlagen im Generellen am häufigsten besucht, wurde diese Auswertung noch nach Lkw- und Pkw-Fahrende separiert. Abbildung 9 zeigt, dass Lkw-Fahrende häufiger auf PWC-Anlagen rasten als Pkw-Fahrende. Eine komplette Separierung nach dem Reisezweck (privat oder beruflich) ist in dieser Frage nicht sinnvoll. Die Lkw-Fahrenden waren alle bis auf eine Ausnahme beruflich unterwegs. Für Reisende mit dem Pkw kann zusammenfassend gesagt werden: Privat Reisende fahren PWC-Anlagen seltener an als beruflich Reisende.



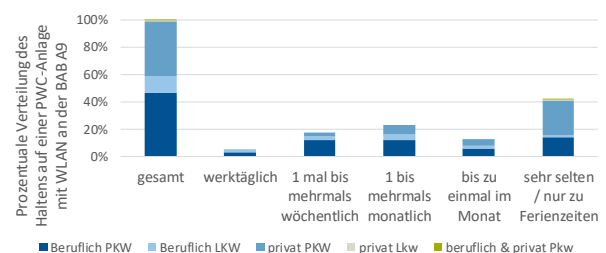
**Abbildung 9: Auswertung des Zusammenhangs von genutztem Fahrzeug, dem Fahrzweck und der Häufigkeit des Besuchs von PWC-Anlagen im Generellen**

43% der Befragten halten nur sehr selten an einer der PWC-Anlagen an der BAB A9 mit freiem WLAN. 26% halten ca. einmal im Monat bis hin zu mehrmals monatlich auf einer der Anlagen und lediglich 23% halten regelmäßig mehrmals die Woche bis hin zu werktäglich auf einer der PWC-Anlagen mit freiem WLAN zwischen München und Nürnberg.



**Abbildung 10: Auswertung der Häufigkeit des Haltens auf dieser Rastanlage (Baarer Weiher Ost, Baarer West, Eichfeld Ost oder Paunzhauser Feld West) oder einer der weiteren mit freiem WLAN ausgestatteten PWC-Anlagen zwischen München und Nürnberg (N=334)**

Im Gesamten erwähnten nur drei Teilnehmer der Befragung, dass sie wegen des freien WLAN genau diese PWC-Anlage anfahren. Der Großteil der Befragten nannte einen Toilettenbesuch als Hauptgrund des Anfahrens der PWC-Anlage. Ob sie in anderen Regionen öfter auf PWC-Anlagen halten, hängt hauptsächlich von ihrer Regelmäßigkeit der Routen ab. Eine prozentuale Verteilung der Häufigkeit des Haltens auf PWC-Anlagen mit freiem WLAN unterteilt nach Fahrzweck und genutztem Fahrzeug, bezogen auf die Gesamtheit aller Befragten, ist Abbildung 11 zu entnehmen. Es ist deutlich zu erkennen, dass die meisten Personen hauptsächlich sehr selten bzw. nur zu Ferienzeiten an die PWC-Anlagen mit freiem WLAN fahren. Es ist jedoch auch zu erkennen, dass Befragte, die beruflich unterwegs waren, häufiger auf die PWC-Anlagen mit freiem WLAN kommen als privat Reisende.



**Abbildung 11: Auswertung der prozentualen Verteilung des Haltens auf einer PWC-Anlage mit freiem WLAN an der BAB A9 unterteilt nach dem Fahrzweck und dem genutzten Fahrzeug**

### 3.3.3 Fragen zur Bekanntheit des freien WLAN (N=334)

Neben den demografischen Daten und den Fragen zum Fahrverhalten und des Reisezweckes wurden die Teilnehmer der Umfrage nach der Bekanntheit des freien WLAN gefragt. Dies war die einleitende Frage, die jedem Teilnehmer gestellt wurde. Anschließend werden je nach Bekanntheit unterschiedliche Fragen gestellt. Die Auswertungen dieser Fragen werden in den folgenden Unterkapiteln ausführlich dargestellt. 75% der Befragten beantworteten die Frage: „Ist Ihnen bekannt, dass es auf dieser Rastanlage und auf fünf weiteren Parkplätzen dieses Autobahnabschnittes freies WLAN gibt?“ - mit „Nein“. 25% der Befragten kannten das freie WLAN bereits vor der Umfrage (siehe Abbildung 12). Für die beiden Hauptpfade des Fragebogens ergeben sich folgende Stichprobengrößen:

- Freies WLAN bekannt n=82
- Freies WLAN unbekannt n=252

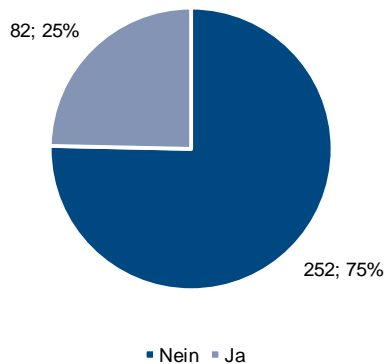


Abbildung 12: Verteilung der Antwort auf die Frage: „Ist Ihnen bekannt, dass es auf dieser Rastanlage und auf fünf weiteren Parkplätzen dieses Autobahnabschnittes freies WLAN gibt?“ (N=334)

Abbildung 13 zeigt, wie viele Personen eine der PWC-Anlagen mit freiem WLAN angefahren haben und wussten, dass es dort freies WLAN gibt. Ob diese Personen absichtlich diese Anlage gewählt haben, um das freie WLAN auch zu nutzen, ist dieser Umfrage nicht eindeutig zu entnehmen. Im weiteren Verlauf wird im Allgemeinen gefragt, ob die Befragten das WLAN nutzen oder nicht – jedoch nicht ob sie die Anlage extra wegen dem freien WLAN anfahren.

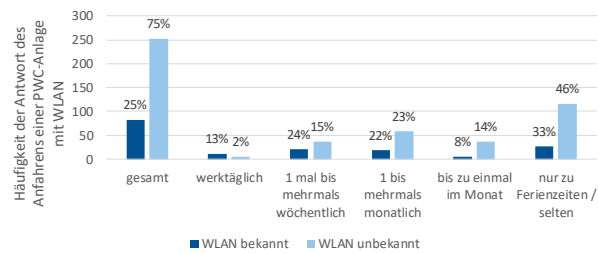


Abbildung 13: Verteilung der Häufigkeit der Antworten des Anfahrens einer der PWC-Anlage mit WLAN

### 3.3.4 Auswertung der Fragen nach der Angabe „freies WLAN ist unbekannt“ (n=252)

Den Teilnehmern der Umfrage, denen das freie WLAN unbekannt war, wurde die Frage gestellt, wie man den Bekanntheitsgrad des freien WLAN ihrer Meinung nach erhöhen könnte. 87% der Befragten gaben an, dass man ein Schild aufstellen sollte. Die große Werbetafel beim Einfahren in die Rastanlage wurde von ihnen offensichtlich – und von Einzelnen auf Rückfrage bestätigt – übersehen. Auf den Hinweis, dass es ein großes Schild bereits gibt, wurde zusätzlich empfohlen mehrere Schilder im Bereich der Toilette anzubringen, da dort mehr Zeit und Ruhe zur Wahrnehmung der Schilder vorhanden wäre als beim Einfahren in eine Rastanlage, wobei sich die Fahrer orientieren und die Konzentration auf die Parkstandsuche richten. 3% der Befragten gaben an, dass man das freie WLAN im Navigationsgerät anzeigen lassen sollte. 4% der Befragten würden sich über Information und Werbung über das freie WLAN im Internet oder per Radio freuen und die 2% unter „Sonstiges“ wünschen sich eine Information direkt an der Autobahn oder in Zeitungen. (Siehe Abbildung 14)

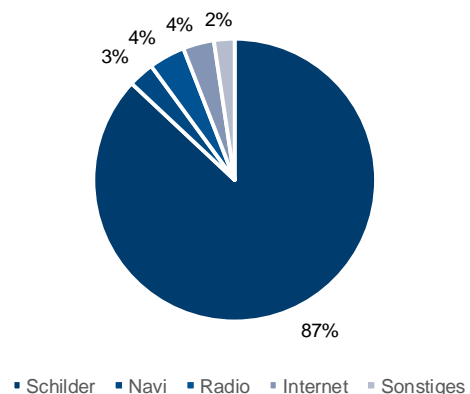
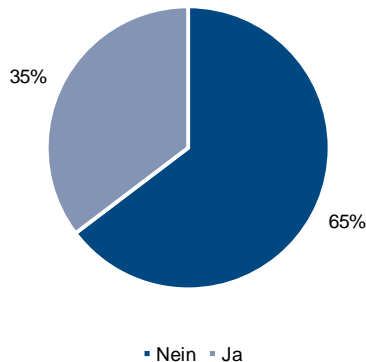


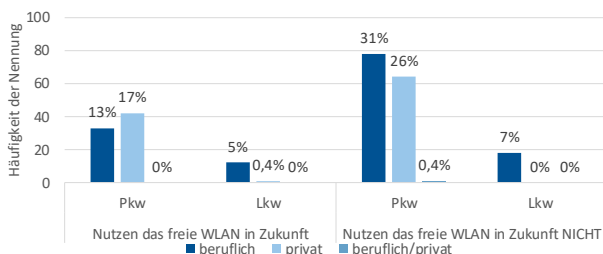
Abbildung 14: Auswertung der Frage: „Wie könnte man den Bekanntheitsgrad des freien WLAN Ihrer Meinung nach erhöhen?“ (n=252)

Nachdem die Reisenden über das freie WLAN informiert waren, wurden sie gefragt, ob sie es in Zukunft auf den damit ausgestatteten Rastanlagen nutzen würden. 65% (n=163) der Befragten verneinten diese Aussage. 35% (n=89) der Befragten würden das freie WLAN in Zukunft nutzen. Die Auswertung der Frage ist Abbildung 15 zu entnehmen.



**Abbildung 15: Verteilung der Antworten zur Frage: „Werden Sie das freie WLAN auf diesem oder einer der anderen Rastanlagen in Zukunft nutzen?“ (n=252)**

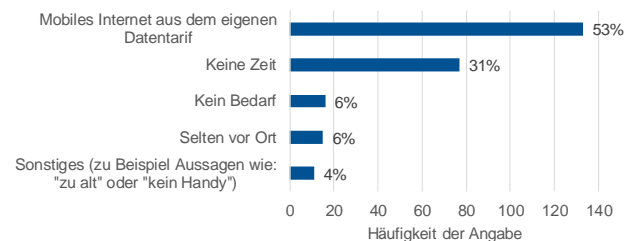
Abbildung 16 zeigt eine detailliertere Analyse zur Frage: „Werden Sie das freie WLAN auf diesem oder einem der anderen PWC-Anlagen in Zukunft nutzen?“. Es ist zu erkennen, dass vermehrt privat oder beruflich reisende Pkw-Fahrende und beruflich reisende Lkw-Fahrende bevorzugt das freie WLAN in Zukunft nutzen werden. Allgemein überwiegen jedoch die Antworten, dass das freie WLAN in Zukunft nicht genutzt wird. Diese Auswertung zeigt, dass beruflich reisende Lkw-Fahrende kaum Interesse an dem freien WLAN haben.



**Abbildung 16: Verteilung der Antworten zum zukünftigen Nutzen des freien WLAN bezogen auf den Fahrzweck und das Fahrzeug der Befragten (n=252)**

Als Gründe für eine mögliche Nicht-Nutzung, egal ob ihnen das freie WLAN bereits bekannt war oder nicht, gaben die Befragten hauptsächlich an, dass sie über einen passenden eigenen Datentarif verfügen. Rund

ein Drittel gab an, dass sie keine Zeit dazu haben, das freie WLAN zu nutzen oder sich einzuloggen, da sie sich nur sehr kurz auf der Rastanlage aufhalten. Weitere Angaben waren, „kein Bedarf“ einer Internetnutzung, „selten vor Ort“ an den ausgestatteten Rastanlagen und sehr wenige Personen verfügten über kein internetfähiges Endgerät oder fühlten sich zu alt für das Internet. Diese sind unter Sonstiges mit in der Verteilung der Gründe für eine Nicht-Nutzung in Abbildung 17 aufgeführt.



**Abbildung 17: Gründe für kein Interesse an Nutzung, Mehrfachnennungen möglich (n=163)**

### Zweck der zukünftigen Nutzung des freien WLAN

Die 89 Teilnehmer, die das freie WLAN in Zukunft nutzen würden, wurden nach den voraussichtlichen Nutzungszwecken gefragt, Auswertung siehe Abbildung 18. 19% der Befragten gaben an, das freie WLAN nur für berufliche Zwecke zu verwenden. 51% der Befragten werden das freie WLAN nur für private Tätigkeiten gebrauchen. 30% der Befragten werden das freie WLAN für berufliche und private Zwecke verwenden, so wie das Abrufen von aktuellen Verkehrsinformationen.

Am Häufigsten wurden als konkrete Nutzungszwecke die Messenger Dienste, E-Mails, soziale Netzwerke und das Abrufen von Verkehrsinformationen genannt. Vereinzelt wollten sich die Befragten nicht festlegen und gaben keinen konkreten Zweck an. Das Streaming von Videos wurde auch vereinzelt angegeben (n=12). Die genaue Verteilung des konkreten Nutzens ist in Abbildung 19 zu sehen.

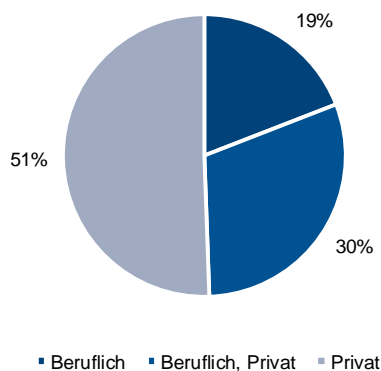


Abbildung 18: Verteilung des generellen zukünftigen Nutzens des freien WLAN (n=89)

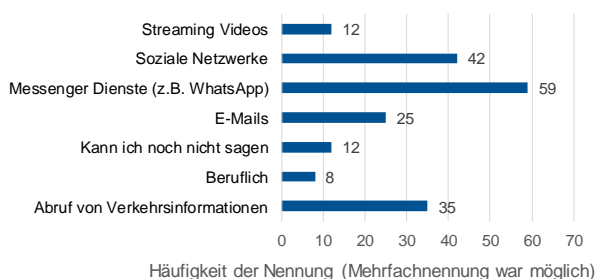


Abbildung 19: Verteilung des genauen zukünftigen Nutzens des freien WLAN (n=89)

Die Teilnehmer, die das freie WLAN in Zukunft nutzen würden, wurden auch danach gefragt, ob sie einen mobilen Datentarif besitzen. 96% der Befragten bejahten diese Aussage. Lediglich 4% der Befragten haben keinen mobilen Datentarif (siehe Abbildung 20).

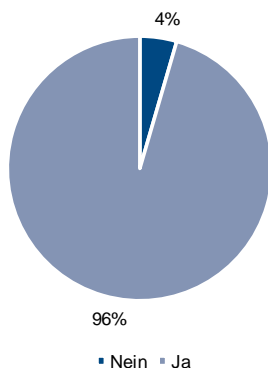


Abbildung 20: Auswertung zur Frage: „Haben Sie einen mobilen Datentarif“ (n=89)

Abschließend wurden die Teilnehmer dieser Gruppe gefragt, ob sie der Meinung sind, dass das freie WLAN flächendeckend auf PWC-Anlagen bereitgestellt werden sollte. 88% (n=76) der Befragten befürworteten eine flächendeckende Bereitstellung des

freien WLAN. 12% (n=11) der Befragten sind dagegen (siehe Abbildung 21).

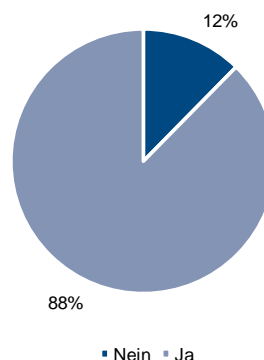


Abbildung 21: Auswertung der Frage: „Sind Sie der Meinung, man sollte freies WLAN flächendeckend auf PWC-Anlagen bereitstellen?“ (n=89)

### 3.3.5 Auswertung der Fragen nach Angabe „freies WLAN ist bekannt“ (n=82)

Die 82 Teilnehmer, denen das freie WLAN bereits bekannt war, wurden gefragt, woher sie das freie WLAN kennen. 87% der Befragten gaben an, dass sie das freie WLAN von dem Hinweisschild an der Einfahrt der PWC-Anlage kennen (siehe Abbildung 22). 7% der Befragten gaben an, dass sie es aus der Presse oder dieser Umfrage kennen und bereits an einem anderen Befragungstag teilgenommen hatten. 4% der Befragten bekamen einen Hinweis von ihrem Smartphone, dass es hier freies WLAN gibt und 2% kennen das freie WLAN von Freunden oder Kollegen.

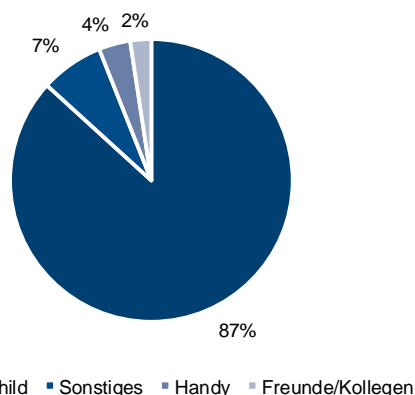
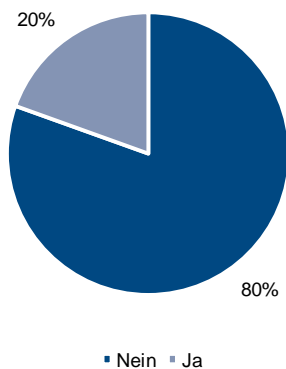


Abbildung 22: Auswertung, woher die Befragten das freie WLAN kennen (n=82)

Anschließend wurden die Teilnehmer gefragt, ob und wenn ja welche Maßnahmen getroffen werden sollten, um den Bekanntheitsgrad des freien WLAN zu erhöhen. 80% der Befragten verneinten diese Aussage, 20% der Befragten würden das freie WLAN mit

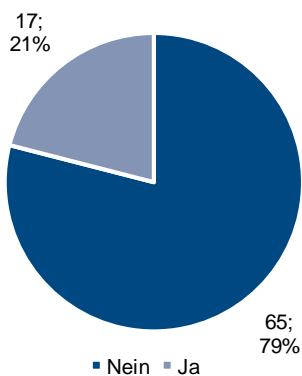


mehr Hinweisschildern bewerben (Verteilung siehe Abbildung 23). Alternativ gab es noch Nennungen zu einer Werbeanzeige im Internet oder bzw. sowie Zeitungsartikel und -annoncen. Die Tendenz ist aber ähnlich zu den Antworten aus der Frage von Abbildung 14: Überwiegend wurden weitere und mehrere Hinweisschilder als Verbesserungsvorschläge genannt.



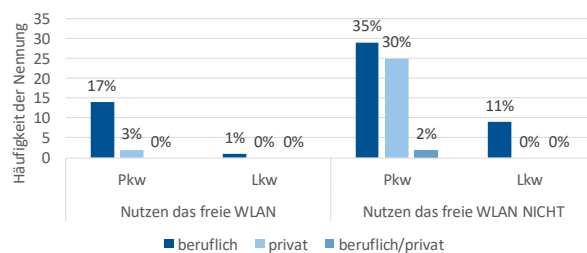
**Abbildung 23: Auswertung der Frage: „Sollten Ihrer Meinung nach Maßnahmen getroffen werden, um den Bekanntheitsgrad des freien WLANs zu erhöhen?“ (n=82)**

Abbildung 24 zeigt die Verteilung, wie viele Teilnehmer der Umfrage, die das freie WLAN bereits kennen, dieses auch tatsächlich nutzen. 79% der Befragten kennen das freie WLAN, nutzen es aber nicht. Lediglich 21% der Befragten (n=17) nutzen das freie WLAN. Diese Teilnehmergruppe wurde anschließend zu ihren Erfahrungen mit dem freien WLAN befragt.



**Abbildung 24: Auswertung der Frage: „Nutzen Sie das freie WLAN auf dieser Rastanlage?“ (n=82)**

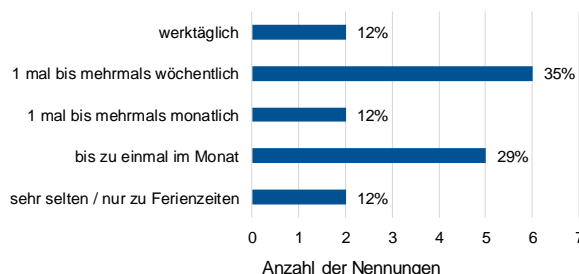
Analysiert man die tatsächlichen Nutzer des freien WLAN genauer, wird erkennbar, dass bisher hauptsächlich Personen, die beruflich mit dem Pkw unterwegs sind, das freie WLAN nutzen (siehe Abbildung 25).



**Abbildung 25: Verteilung der Antworten zum Nutzen des freien WLAN bezogen auf den Fahrzweck und das Fahrzeug der Befragten (n=82)**

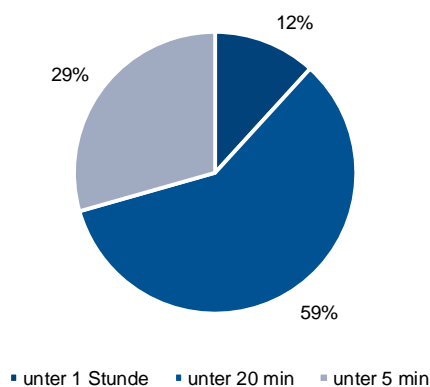
### Erfahrungen mit der Nutzung bei bekanntem freien WLAN (n=17)

Die 17 Teilnehmer der Umfrage, die angaben, dass sie das freie WLAN nutzen, wurden nach der Häufigkeit der Nutzung gefragt. Abbildung 26 zeigt, dass 12% der Befragten das freie WLAN werktätig nutzen, 35% ein bis mehrmals die Woche und die restlichen neun Befragten nutzen das freie WLAN ein bis mehrmals monatlich bis sehr selten.



**Abbildung 26: Häufigkeit der Nutzung des freien WLAN an den PWC-Anlagen (n=17)**

Zur Dauer der Nutzung gaben 59% der Befragten an, dass sie das freie WLAN zwischen fünf und 20 Minuten benutzen, siehe Abbildung 27. 12% der Befragten nutzen das freie WLAN für 20-60 Minuten und 29% der Befragten nutzen es nur sehr kurz für maximal fünf Minuten. Eine längere Nutzung wurde von keiner der befragten Personen angegeben.



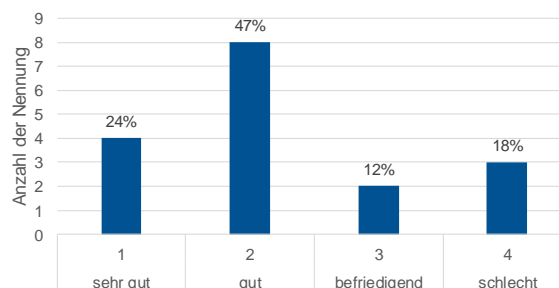
**Abbildung 27: Dauer der Nutzung des freien WLAN an den PWC-Anlagen (n=17)**

14 der 17 Nutzer benutzen das freie WLAN mit Smartphone oder Tablet, ein Teilnehmer nutzt ein Notebook und zwei wechseln zwischen diesen Geräten. Auch die Nutzer des freien WLAN wurden gefragt, ob sie einen mobilen Datentarif besitzen. 16 Personen der Befragten bejahten dies. Lediglich ein Nutzer des freien WLAN hat keinen mobilen Datentarif und ist auf das freie WLAN angewiesen.

Acht Personen der Nutzergruppen gaben an, dass sie das freie WLAN für berufliche Zwecke nutzen, wie z.B. zum Beantworten von E-Mails. Vier Personen gaben an, dass sie es nur für private Zwecke nutzen und fünf Personen verwenden das freie WLAN für private und berufliche Zwecke. Konkrete Zwecke sind das Aufrufen von Messenger Diensten, sozialen Netzwerken oder das Abrufen von Verkehrsinformationen. Die Nutzer des freien WLAN wurden auch gefragt, ob die Begleitpersonen das freie WLAN nutzen, 15 der Befragten hatten keine Begleitperson und eine Person hatte eine Begleitung, die das freie WLAN nutzt und bei einer der Personen haben die Begleitpersonen das freie WLAN nicht genutzt.

Die Teilnehmer, die das freie WLAN nutzen, sollten anschließend auch den Login-Vorgang und die Signalstärke beurteilen. Dazu gab es jeweils eine Skala von 1 - sehr gut bis hin zu 5 - sehr schlecht. Den Login-Vorgang finden alle Nutzer sehr gut oder gut und es gab keine Anmerkungen zu Verbesserungsvorschlägen. Die Signalstärke wurde, wie in Abbildung 28 gezeigt, bewertet. Über die Hälfte der Nutzer ist mit der Signalstärke zufrieden, eventuell hat darauf auch die Position bzw. der Parkstand auf der PWC-Anlage einen Einfluss – jedoch wurde dies von den Befragten nicht genauer erläutert.

Die Nutzer wurden außerdem nach Problemen gefragt, die sie eventuell bereits mit dem freien WLAN oder dem Login-Vorgang hatten. Drei der Nutzer gaben einen vereinzelt auftretenden schlechten Empfang als Problem an und ein Nutzer konnte sich an manchen Tagen nicht einloggen. Auch hierzu wurde kein genauer zeitlicher oder räumlicher Zusammenhang erwähnt.



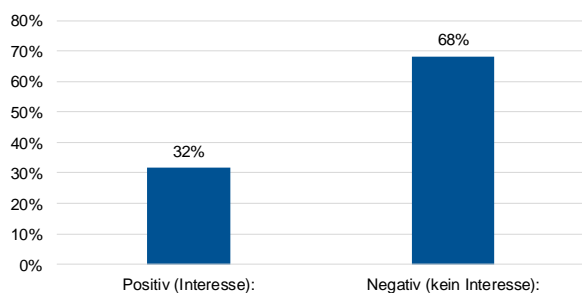
**Abbildung 28: Bewertung der Signalstärke des freien WLAN auf den PWC-Anlagen**

Die Umfrage wurde außerdem genutzt, um herauszufinden, ob die Reisenden auf den Rastanlagen auch Interesse an Mobilitätsdiensten haben. Es wurde gefragt, ob über die Login-Seite des freien WLAN diverse Mobilitätsdienste bereitgestellt werden sollen und wenn ja, welche die Befragten für interessant hielten. Diese Frage wurde von allen Nutzern verneint und es wurden auch keine Angaben zu interessanten Mobilitätsdiensten gemacht.

Im Allgemeinen sind die Nutzer sehr zufrieden mit dem freien WLAN. 100% der Nutzer würden das freie WLAN weiterempfehlen und alle bis auf einen Nutzer sind dafür, dass das freie WLAN flächendeckend auf allen PWC-Anlagen verbreitet wird. In Summe mit der Auswertung von Abbildung 21 heißt das, dass 93 Personen von den gesamten 334 Teilnehmern der Umfrage für eine flächendeckende Installation des freien WLAN sind, das sind 28% der gesamten Teilnehmer.

### 3.3.6 Zusammenfassung der Ergebnisse

Nach der Auswertung der einzelnen Fragen lassen sich einige zusammenfassende Aussagen tätigen. Kombiniert man die Fragen nach dem Interesse, unbeachtet ob das freie WLAN vor der Umfrage bereits bekannt war oder nicht, lassen sich die Ergebnisse in Abbildung 29 ableiten. 68% aller Befragten haben demnach kein Interesse an dem freien WLAN. 32% befürworten das freie WLAN – nutzen es bereits oder haben Interesse es in Zukunft zu nutzen.

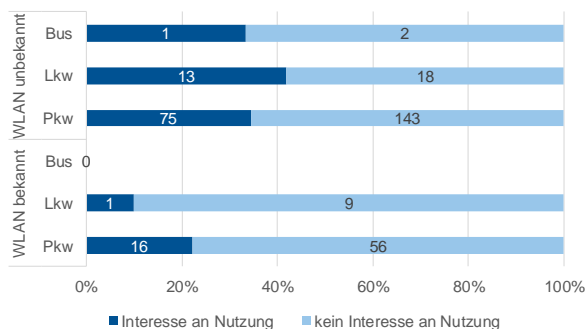


**Abbildung 29: Interesse an freiem WLAN – Zusammenfassung über alle Nutzergruppen (n=334)**

Für eine detailliertere Analyse, wurden die Informationen des Diagramms aus Abbildung 29 noch in die einzelnen Nutzergruppen gegliedert: Pkw-Fahrende, Lkw-Fahrende und Reisebus-Fahrende. Vor der Umfrage war davon auszugehen, dass die Lkw-Fahrenden hauptsächlich Interesse an dem freien WLAN haben werden, aufgrund ihrer langen und häufigen Ruhepausen. Mit dem freien WLAN sollten die Ruhepausen auf den PWC-Anlagen attraktiver werden.

Abbildung 30 zeigt, dass den Lkw- und Bus-Fahrenden das freie WLAN überwiegend unbekannt war, doch das Interesse es zu nutzen vorhanden ist. Es ist aber prozentual gesehen kein signifikanter Unterschied beim Interesse an einer Nutzung zwischen den Fahrergruppen zu erkennen. Es überwiegt das Desinteresse. Auch eine Analyse des Interesses nach dem Reisezweck ergibt keine signifikanten Unterschiede: beruflich Reisende Personen haben etwas mehr Interesse (bis zu 4%) an dem freien WLAN als privat Reisende.

Nur wenn das freie WLAN an den PWC-Anlagen deutlich schneller und stabiler ist, als das Mobile Netz der Region, gibt es einen gewichtigen Nutzungsgrund. Die Reisebusse haben nach Aussage der Fahrenden sogar häufig eigenes, sehr gutes WLAN an Board. Auf Grund der sprachlichen Barrieren einiger Lkw-Fahrenden während der Befragung, könnte die deutschsprachige Login-Seite auch ein Problem darstellen und somit die Nutzer bei den Lkw-Fahrenden minimieren.



**Abbildung 30: Kombination der Nutzergruppen (Lkw-, Pkw- und Bus- Fahrenden) und das Interesse der Befragten (n=334)**

Von den Teilnehmern wurde häufig kommuniziert, dass sie die PWC-Anlagen überwiegend je Besuch nur sehr kurz nutzen. Sie wollen keine Zeit verlieren und fahren anschließend sofort weiter. Während dieser Aufenthalte ist eine Internetverbindung nicht erforderlich. Zudem verfügt ein großer Teil der Befragten über einen mobilen Datentarif mit ausreichend großem Datenvolumen, das bereits mit dem derzeitigen Netzausbau fast flächendeckend als Verbindungsmöglichkeit ausreicht. Von dieser Gruppe wurde geäußert, dass das freie WLAN eventuell in ländlichen Regionen mit schlechter Netzabdeckung sinnvoll wäre.

Positive Rückmeldung kam hauptsächlich von Außendienstmitarbeitern, die die Rastanlage für längere Pausen nutzen, um dort zu arbeiten, zu telefonieren oder zu rasten. Viele von ihnen verfügen jedoch über einen ausreichend großen Datentarif über den Arbeitgeber. Mit dem weiteren Netzausbau und der 5G-Technologie dürfte der Anteil an geeigneten mobilen Datentarifen weiter steigen und der Bedarf an freiem WLAN damit tendenziell sinken. Derzeit nutzen das freie WLAN hauptsächlich beruflich reisende Pkw-Fahrende. In Zukunft werden das freie WLAN voraussichtlich privat und beruflich reisende Pkw-Fahrende und ein paar wenige beruflich reisende Lkw-Fahrende nutzen. Generell ist der Bedarf an dem freien WLAN über alle Nutzergruppen hinweg wenig vorhanden.

## 4 Auswertung der aufgezeichneten Daten des Providers

Statistiken bzgl. der Nutzung des freien WLAN werden durch den Anbieter des Datendienstes (DIGINEO GmbH) aufgezeichnet und zur Analyse zur Verfügung gestellt. Der Anbieter speichert die Informationen potentieller Nutzer datenschutzkonform über verschiedene Autorisierungsstufen ab, je nach Anmeldezustand ist die zeitliche Aggregation der Zugriffsdaten unterschiedlich. Der Anmeldeprozess für das freie WLAN auf den Rastanlagen läuft wie folgt ab [Quelle: DIGINEO per E-Mail vom 07.01.2021]:

1. Das WLAN-fähige Gerät (Smartphone, Laptop, Tablet, Pkw oder ähnliches) kommt auf die PWC-Anlage und damit in den Funkbereich des freien WLAN und wird erkannt. Das heißt, ein Pkw, Lkw, Bus oder Motorrad fährt von der Autobahn ab und auf die Rastanlage. In den Statistiken ist diese Nutzergruppe als „num\_monitored\_clients“ benannt. Diese Daten werden in einzelnen Zugriffen je Rastanlage gespeichert, jedoch wird dabei keine Verweil- oder Nutzungsdauer aufgezeichnet.
2. Das Gerät stellt eine WLAN-Verbindung mit einem der Access-Points auf der Rastanlage her. Das Gerät macht dies ohne das Wissen des Nutzers. Das WLAN des Gerätes muss dazu eingeschaltet sein. In den Statistiken ist diese Nutzergruppe als „num\_associated\_clients“ benannt. Diese Daten werden in einzelnen Zugriffen je Rastanlage gespeichert, jedoch wird dabei keine Verweil- oder Nutzungsdauer aufgezeichnet.
3. Nachdem der Nutzer von seinem Gerät auf die WLAN-Verbindung hingewiesen wurde und sich dazu entschieden hat, dieses zu nutzen, wird die Startseite (Landing-Page) als Vorschaltseite mit den Informationen und den AGB geöffnet. Diese Aktion bekommt der Nutzer des Gerätes mit oder muss sie aktiv tätigen. Diese Datengruppe wird in den Statistiken als „clients\_all“ benannt und ist in den Aggregationsstufen einer Stunde, einem Tag und einer Woche aufsummiert über alle Rastanlagen verfügbar. Es wird dabei keine Verweil- oder Nutzungsdauer aufgezeichnet.
4. Nachdem der Nutzer die AGB des freien WLAN bestätigt hat und somit aktiv auf „Verbinden“ auf der Startseite des freien WLAN geklickt hat, kann er das Internet über diese WLAN-Infrastruktur nutzen. Diese Nutzer werden in den Statistiken „clients\_authorized“ genannt und sind in den Aggregationsstufen einer Stunde, einem Tag und einer Woche aufsummiert über alle Rastanlagen verfügbar. Es wird dabei keine Verweil- oder Nutzungsdauer aufgezeichnet. Diese Gruppe nutzt das freie WLAN aktiv.

Die Aggregationsintervalle der letzten beiden Stufen im Anmeldeprozess werden nicht basierend auf Rohdaten rückwirkend erstellt, vielmehr wird bei jedem Zugriff im jeweiligen Aggregationsintervall (Stunde/Tag/Woche) ein Nutzer hinzugefügt. Dies führt dazu, dass die Summe aller Nutzer je Stunde summiert auf einen Tag nicht mit der Summe der Nutzer eines Tages übereinstimmt. Grund sind Nutzer, die sich an einem Tag mehrmals mit dem freien WLAN verbinden, jedoch dazwischen für mehr als eine Stunde nicht verbunden waren. Diese Nutzer werden dann je einmal in den einzelnen Stunden gezählt, jedoch nur einmal am Tag. Auch wenn ein Nutzer das freie WLAN über mehrere Stunden verwendet, wird dieser in jeder Stunde einmal gezählt, jedoch nur einmal am Tag. Leider kann aus den Zahlen dennoch nicht gelesen werden, über wie viele Stunden ein Nutzer im freien WLAN war. Die Zahlen werden je Stunde/Tag/Woche nur summiert abgelegt.

Außerdem ist in den Datensätzen auffallend, dass die Anmeldestufen 1 und 2 in dem Anmeldeprozess um das 100.000-fache höher sind, als die tatsächlichen Verbindungen und Nutzer des freien WLAN. Dieses Phänomen kann auch von dem Anbieter DIGINEO nicht erklärt werden. Ausgeschlossen wurde die Vermutung, dass der Controller (Sender/Empfänger) des freien WLAN, Fahrzeuge detektiert die sich auf der BAB befinden. Der Grund dafür ist, dass sich die Fahrzeuge sehr schnell (>100km/h) auf der BAB bewegen und den Empfangsbereich von ca. 50-100 m nur für sehr wenige Sekunden durchqueren. Endgeräte, die nicht aktiv nach dem WLAN suchen, verschicken ihre Daten (Beacon) nur alle 5-10 Sekunden. Somit ist es sehr unrealistisch, dass viele vorbeifahrende Fahrzeuge von den Controllern auf den PWC-

Anlagen detektiert werden. Als Grund für diese Differenzen wird nun angenommen, dass Nutzer erst nach einer längeren zeitlichen Periode wieder vom Controller gelöscht werden. Die Dokumentation des Herstellers des WLAN Controllers bestätigt die Aussage: „The number of clients this radio is monitoring“. Mit „Radio“ ist der Mikrochip/Controller gemeint, der auf einem bestimmten Frequenzband arbeitet (also 2.4 oder 5 GHz) und das freie WLAN auf der Rastanlage sendet. Diese Aussage der Dokumentation lässt darauf schließen, dass die Nutzer einfach aufaddiert werden und erst nach einer – nicht bekannten – Zeit wieder gelöscht werden. [Quelle: DIGINEO per E-Mail vom 21.01.2021]

Aufgrund der unklaren Definitionen, was die Anmeldestufen 1 und 2 konkret sind und wegen der unrealistisch hohen Verbindungszahlen, werden die Daten der ersten beiden Anmeldestufen nicht konkret mit den beiden letzteren Anmeldestufen verglichen. Jedoch können nur aus den ersten beiden Anmeldestufen die Zugriffe auf die einzelnen PWC-Anlagen separiert dargestellt werden, daher werden die Daten dieser Anmeldestufen in den Abbildungen 31 und 32 dargestellt. Sie zeigen den Zulauf von Geräten an den Rastanlagen im Verlauf der Zeit, seit der das freie WLAN installiert wurde. Das freie WLAN ist seit 16.02.2018 offiziell freigeschaltet. Der Controller wurde bereits früher in Betrieb gesetzt und hat Daten bzw. Zugriffe aufgezeichnet. Seit der offiziellen Freischaltung hat DIGINEO auch Daten über die konkreten Nutzer (Anmeldestufe 3 und 4) aufgezeichnet.

In Abbildung 31 sind die Geräte von Anmeldestufe 1 der einzelnen Rastanlagen aufgeführt. Die Selektion nach einzelnen Rastanlagen ist nur für die Daten der ersten beiden Stufen des Anmeldeprozesses möglich. Die Aggregationsstufen der beiden letzten Anmeldestufen unterscheiden die Zugriffe nicht nach Rastanlagen, sondern speichern nur die Gesamtsumme aller Rastanlagen. In den Diagrammen in Abbildung 31 und Abbildung 32 ist somit nur der Unterschied im Zulauf bzw. der Auslastung der acht ausgestatteten Rastanlagen zu erkennen. Ebenfalls ist diesen beiden Diagrammen zu entnehmen, dass das freie WLAN der Rastanlagen Gelbelsee Ost, Gelbelsee West, Paunzhauser Feld und Eichfeld erst später in der Gesamtanlage in Betrieb genommen wurden. DIGINEO zeichnet erst die Daten der Zugriffe seit der Integrierung der Anlagen in das Gesamtsystem mit auf:

- Baarer Weiher Ost/West seit 02/2017
- Rohrbach Ost/West seit 02/2017
- Gelbelsee Ost/West seit 06/2020
- Paunzhauser Feld West und Eichfeld Ost seit 03/2020

Außerdem zeigt Abbildung 32 deutlich, dass die Rastanlagen Rohrbach West und Rohrbach Ost seit Sommer 2019 nicht mehr unter Verkehr sind. Der Grund dafür sind Bauarbeiten auf dem entsprechenden Autobahnabschnitt. Die PWC-Anlage ist nicht anfahrbar.

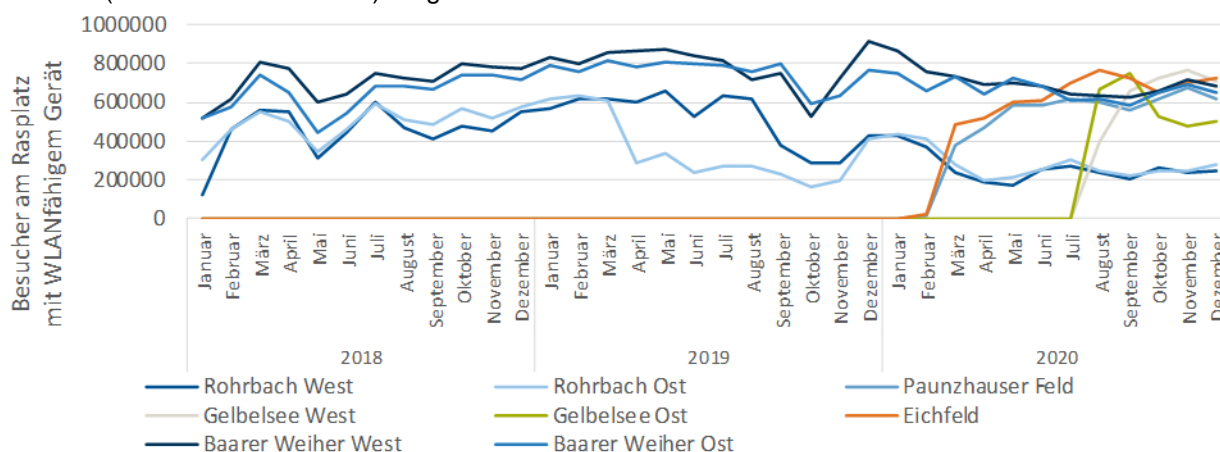


Abbildung 31: Mögliche Nutzer auf den Rastanlagen – Anmeldestufe 1 (num\_monitored\_client)

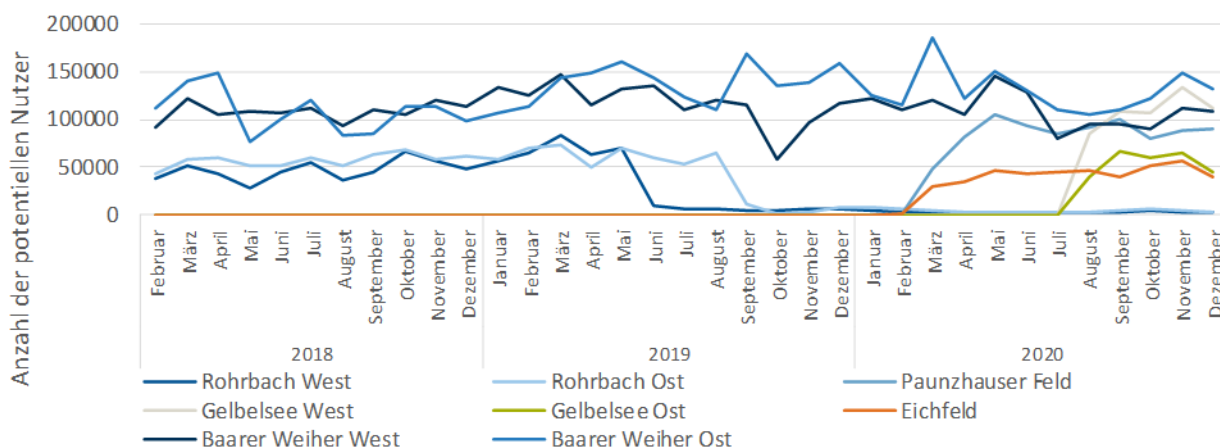


Abbildung 32: Mögliche Nutzer auf den Rastanlagen – Anmeldestufe 2 (num\_associated\_clients)

Abbildung 31 zeigt nur einen Rückgang der Besucher der Rastanlagen Rohrbach Ost und Rohrbach West seit ca. August 2019. Dies zeigt, dass von dem „Radio“ wohl doch Fahrzeuge von der Fahrbahn detektiert werden oder dass eine Grundsumme in den Datensätzen erhalten bleibt. Diese Analyse zeigt wiederholt, dass die erste der Anmeldestufen kaum verwertbare Informationen liefert. Abbildung 32 zeigt auch keine Erhöhung der Zugriffe von anderen Rastanlagen, seit die PWC-Anlagen Rohrbach Ost und West geschlossen sind. Dies deutet auf kein konkretes Anfahren einer der Anlagen mit freiem WLAN hin.

Im Gegensatz zu Abbildung 31 und 32, zeigt Abbildung 33 den Verlauf der Summe aller Anlagen über die drei untersuchten Jahre 2018, 2019 und 2020. Es sind über die Monate verteilt die Nutzer oder Geräte in Anmeldestufe 2 des Anmeldeprozesses dargestellt. Die Datengrundlage sind die Summen der einzelnen Tage.

Die Spitzen in den Verläufen zeigen immer das Wochenende. Dies deutet auf eine erhöhte Nutzung der PWC-Anlagen und somit des freien WLAN an Wochenenden hin, was auf das dann gültige Lkw-Fahrverbot (Sonn- und Feiertage) zurückzuführen sein könnte.

Um die Nutzung des freien WLAN zu quantifizieren, werden die beiden zweiten Anmeldestufen (Anmeldestufe 3 und 4) genauer ausgewertet (siehe Abbildung 34). Im ersten Schritt verbindet sich das Gerät mit dem freien WLAN: Aktiv durch den Nutzer oder passiv durch die Einstellung im Gerät: „Automatisch mit freiem WLAN verbinden“. Im zweiten Schritt muss der Nutzer aktiv die AGB des freien WLAN bestätigen um das freie WLAN tatsächlich nutzen zu können. Abbildung 34 zeigt den Verlauf der drei verfügbaren Jahre 2018, 2019 und 2020 für die beiden letzten Anmeldestufen. Es ist zu erkennen, dass in den Wintermonaten die Nutzerzahlen etwas sinken und in den Sommermonaten die Nutzerzahlen etwas steigen.

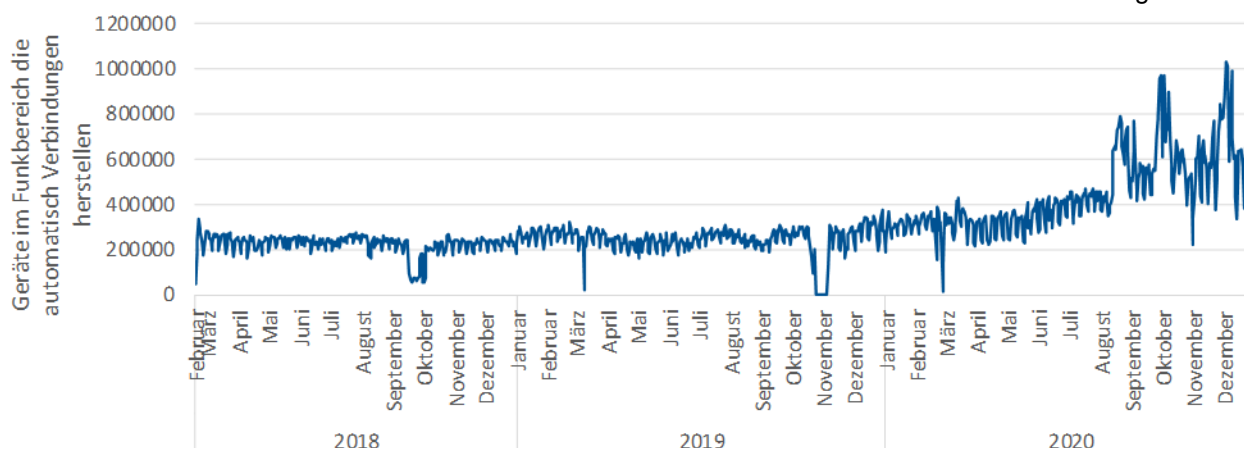


Abbildung 33: Verlauf von 2018-2020 der sich automatisch im freien WLAN einloggenden Geräte (Stufe 2 des Anmeldeprozesses – num\_monitored\_clients) – Spiegelt den täglichen Andrang auf der Rastanlage über die Jahre wieder; summiert über alle ausgestatteten PWC-Anlage

Die Corona-Pandemie ist am Start der Pandemie – März 2020 – kaum zu erkennen. Erst in den Sommermonaten 2020 (Sommerferien) ist ein deutlicher Anstieg der Nutzer zu sehen. Ersteres zeigt, dass wohl die Hauptnutzer des WLAN trotz Pandemie auf den PWC-Anlagen waren. Letzteres könnte den Grund haben, dass durch die Pandemie viele Deutsche innerhalb des Landes verreist sind, in den Süden zu den Bergen gefahren sind und auf Grund der Auslastung aller Rastanlagen und Autobahnabschnitte, auch die unbewirtschafteten Rastanlagen für die Pausen genutzt haben.

Über das Jahr hinweg, gibt es bis auf den Sommer 2020 kaum Veränderungen in den Nutzerzahlen. Dies deutet auf eine wetterunabhängige Nutzung des WLAN hin. Auch die Signalqualität ist nicht witterungsabhängig. Diese schwankt hauptsächlich auf Grund von Dämpfungsbereichen. Dazu gehört beispielsweise, ob sich der Körper eines Nutzers zwischen Endgerät und Access-Point befindet oder nicht. Zusätzlich gibt es, insbesondere durch die Lkw, auch viele Reflektionen.

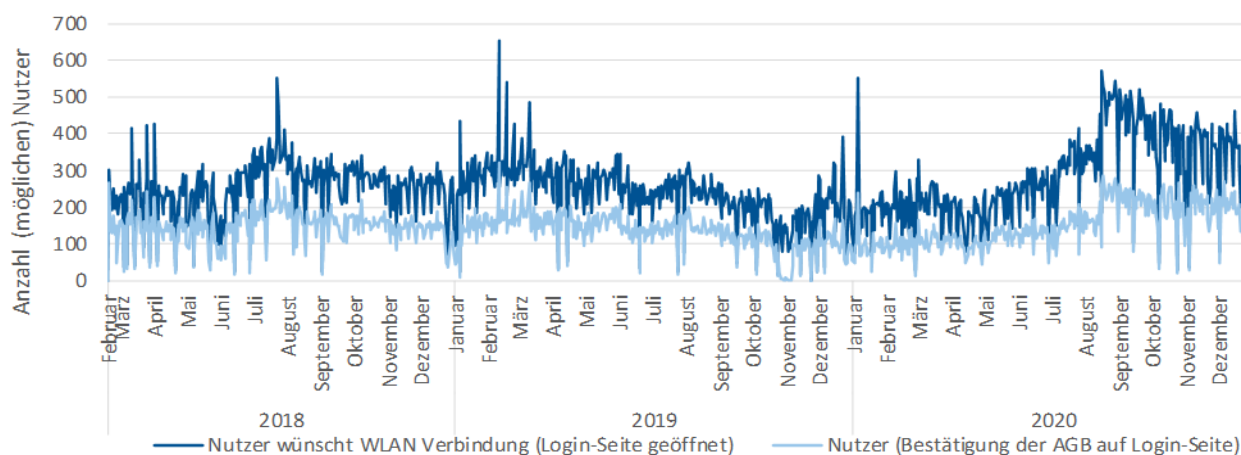
Abbildung 34 zeigt den direkten Vergleich von Anmeldestufe 3 zu Anmeldestufe 4. Dies zeigt, dass nicht alle Personen, die die Startseite des freien WLAN öffnen, auch auf „Verbinden“ klicken. Einerseits könnte die Ursache dafür sein, dass das Gerät von sich aus die Startseite öffnet, dies von dem Sender/Empfänger auf der Rastanlage detektiert wird, jedoch der Nutzer gar kein WLAN benötigt. Andererseits könnte auch der Grund dafür sein, dass die Nutzer die Website nicht verstehen, da sie nur auf Deutsch verfügbar ist, und daher nicht verstehen was zu tun ist.

Eine dritte Möglichkeit kann auch sein, dass die AGB des freien WLAN nicht akzeptiert werden wollen.

Zusammenfassend lassen sich zwei Tabellen erstellen: Sie zeigen die registrierten Geräte je Anmeldestufe im Durchschnitt über eine Stunde und einen Tag über alle Rastanlagen summiert. Dafür wurde jeweils die Statistik mit der stündlichen Aggregationsstufe und der täglichen Aggregationsstufe verwendet. Daher sind die beiden Tabellen nicht direkt miteinander vergleichbar. Abschließend kann folgende Aussage getroffen werden: Über alle Rastanlagen summiert nutzen im Durchschnitt 144 Personen am Tag und 28 Personen in der Stunde das freie WLAN. Hierbei gilt es zu beachten, dass zu keiner Zeit alle Anlagen mit freiem WLAN ausgestattet und unter Verkehr waren (siehe Abbildung 31 und Abbildung 32). Die Gründe dafür sind eine spätere Einbindung in das Gesamtsystem sowie Schließungen der PWC-Anlagen aufgrund von Arbeitsstellen. Folgende Aufzählung fasst die gleichzeitig aktiven Anlagen zusammen:

- 2 PWC-Anlagen durchgehend (ca. 3 Jahre)
- 2 PWC-Anlagen: ca. 2,5 Jahre
- 4 PWC-Anlagen: ca. 6 bzw. 9 Monate

Betrachtet man Abbildung 35 mit dem Mittelwert der einzelnen Monate der Tageszugriffe und der dazugehörigen Trendline, so ist zu erkennen, dass die Zugriffe über die drei Jahre hinweg leicht gestiegen sind. Bildet man einen Mittelwert in dem Zeitraum 02/2018 bis 12/2018, in dem vier Rastanlagen mit freiem WLAN ausgestattet waren und die Zugriffe aufgezeichnet wurden,



**Abbildung 34:** Vergleich der Anmeldestufe 3 und Anmeldestufe 4 im Log-In Prozess des freien WLAN für die Jahre 2018, 2019 und 2020, summiert über alle ausgestatteten PWC-Anlagen (Vergleich tatsächlicher Nutzer-AGB Bestätigt zu Nutzer die die Login-Seite

ergeben sich 150 konkrete Nutzer täglich und 25 Nutzer stündlich (Anmeldestufe 4). Dies zeigt, dass sich die Nutzerzahlen über die drei Jahre hinweg nicht viel erhöht haben und auch der Mittelwert über die Anlagen gleichgeblieben ist. Jedoch lässt sich diese Aussage nicht endgültig treffen, da zu keiner Zeit alle mit freiem WLAN ausgestatteten Rastanlagen gleichzeitig in Betrieb waren. Separiert man die täglichen Zugriffe auf das WLAN in Anmeldestufe 4 in die Kategorie „Ferien“ und „keine Ferien“ über die 3 Jahre hinweg, so ist auch kaum ein Unterschied zu erkennen. In den Ferien gibt es pro Tag im Schnitt 138 Zugriffe und außerhalb der Ferienzeiten sogar mehr Zugriffe mit 145 pro Tag.

Um einen besseren Eindruck der Nutzer des freien WLAN zu den Besuchern der PWC-Anlage zu bekommen, werden diese beiden Interessensgruppen verglichen. Die Anzahlen der parkenden Lkw auf den

Rastanlagen können durch die gespeicherten Informationen zum Lkw-Parkleitsystems in Bayern bilanziert werden. Über die Anzahl der Pkw auf den Rastanlagen gibt es keine konkreten Informationen. Während der Befragung wurde jedoch deutlich, dass bis zu 90 % der anwesenden Pkw-Fahrenden an der Umfrage teilgenommen haben. Daher wird beispielhaft ein Tag der Befragung als Basis dieses Vergleiches genutzt. Es gilt zu erwähnen, dass die Anzahl der Beifahrer bei dieser Überschlagsrechnung nicht berücksichtigt werden. Am Mittwoch den 11.11.2020 waren zwischen 13 und 16 Uhr ca. 30 Lkw und 50 Pkw auf der PWC-Anlage Baarer Weiher Ost. In diesem Zeitraum wurden auf allen aktiven (sechs) Rastanlagen 76 Nutzer (Anmeldestufe 4) des freien WLAN registriert. Diese werden auf eine PWC-Anlage runtergerechnet. Damit ergeben sich ca. 13 Nutzer des freien WLAN in diesem Zeitraum. Damit nutzen, unter den genannten Annahmen, ca. 17% der Besucher der Rastanlage das freie WLAN.

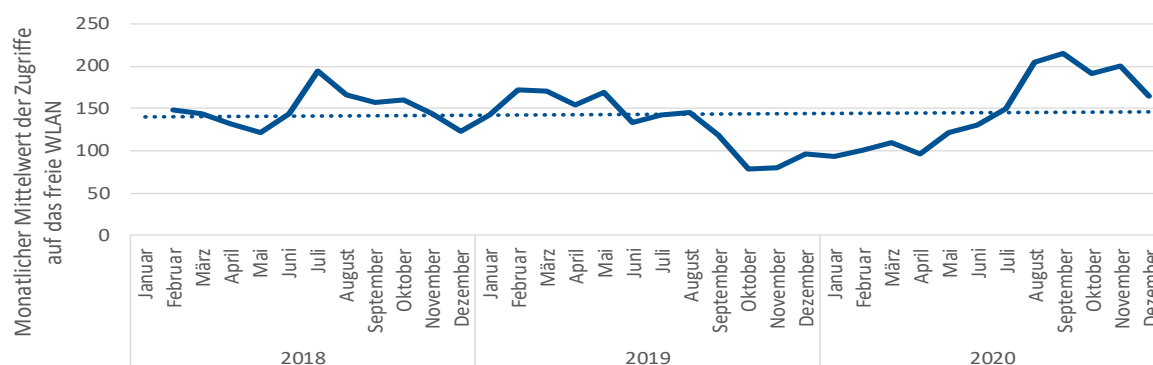


Abbildung 35: Ganglinie der monatlich gemittelten Nutzer eines Tages über die drei Jahre mit Trendlinie (Anmeldestufe 4 von 2018-2020 -Tagesanalyse)

Tabelle 3: Stündliche Durchschnittswerte der Nutzer je Anmeldestufe (bezogen auf die die jeweils aktiven Anlagen)

Durchschnittliche Nutzer je Stunde	Anmeldestufe 1: monitored_clients	Anmeldestufe 2: associated_clients	Anmeldestufe 3: clients_all	Anmeldestufe 4: clients_authorized
2018	3.255,6	441,3	37,8	25,9
2019	3.313,5	452,5	39,8	26,4
2020	4.766,5	589,5	45,8	32,5
Durchschnitt	3.778,5	494,4	41,1	28,3

Tabelle 4: Tägliche Durchschnittswerte der Nutzer je Anmeldestufe (bezogen auf die die jeweils aktiven Anlagen)

Durchschnittliche Nutzer je Tag	Anmeldestufe 1: monitored_clients	Anmeldestufe 2: associated_clients	Anmeldestufe 3: clients_all	Anmeldestufe 4: clients_authorized
2018	77.390,6	10.457,0	254,6	150,6
2019	79.523,3	10.858,2	239,1	133,3
2020	114.397,1	14.147,1	284,8	148,3
Durchschnitt	90.437,0	11.820,8	259,5	144,1



## 5 Informationen und Erfahrungen des Betreibers

Um die eventuelle Ausweitungen der Installation des freien WLAN auf Rastanlagen besser planen und kalkulieren zu können, wurde die Autobahndirektion Nordbayern nach deren Erfahrungen mit der Ausschreibung, der Installation und den Kosten zu Installation und des Betriebs des freien WLAN an den Rastanlagen gefragt. Die Unterkapitel teilen sich die Aspekte und Erfahrungen mit der Ausschreibung und der Vergabe von der Installation des freien WLAN und die Erfahrungen und Kosten des Betriebes des freien WLAN in Bayern und Österreich auf.

### 5.1 Erfahrungen bei der Ausschreibung und Kriterien zur Vergabe (Bayern)

Wichtigstes Kriterium für die Ausschreibung von ähnlichen Projekten, ist die Forderung nach der Erfahrung des Auftragnehmers im gewählten Tätigkeitsbereich. Die Forderung nach Fachkompetenzen bezüglich aktueller WLAN-Technik und dementsprechender Referenzprojekte sollte schon bei der Veröffentlichung der Ausschreibung mit angegeben werden. Gefordert werden sollten mindestens drei gleichwertige Referenzprojekte. Gegebenenfalls ist es erforderlich, Unterstützung bei der Ausschreibung durch Fachbüros einzuholen.

Auch eine detaillierte Analyse der Rastanlagen, auf denen das freie WLAN installiert werden soll, ist vor der Ausschreibung von Vorteil. Es gibt keine besonderen Voraussetzungen für die Installation von freiem WLAN an PWC-Anlagen, jedoch ist eine genaue Kenntnis über die Verortung der Rohre, die Strombindung der Lichtmaste oder anderer Kabel notwendig. Je nach aktuellem Ausstattungsgrad der PWC-Anlage variiert der Kosten- und Zeitaufwand für die Installation des WLAN. Lichtmaste mit Dauerstrom oder ein zusätzlicher Streckenstationsschrank beim Lichtmast sind für die Accesspoints von Vorteil. Außerdem sind Lichtwellenleiter (LWL)-Faserpaare bis zur nächsten Autobahnmeisterei einer störungsanfälligen Funkanbindung vorzuziehen. Gegebenenfalls können mehrere PWC-Anlagen in einem Ring an die Autobahnmeisterei angebunden werden. Die LWL könnten zusätzlich auch noch für andere Infrastruktur wie beispielsweise der Verkehrsüberwachung verwendet werden. An der Autobahnmeisterei ist darauf

zu achten, dass der Übergang des Internets mit einer entsprechenden Bandbreite geplant wird.

Für eine zügige Störungsbehebung haben sich folgende drei Punkte als sehr nützlich gezeigt: Installation einer Software zur schnellen Störungserkennung; Bevorratung von Ersatzteilen der wichtigen Komponenten; Zusammenarbeit des Providers mit lokalen Nachunternehmern. Diese Rahmenbedingungen sind in einem Betriebsvertrag mit dem Betreiber festgehalten. Im Falle der Zusammenarbeit der Autobahndirektion Nordbayern und dem Provider DIGI-NEO hat der Auftragnehmer auf die Störung eines der WLAN-Systeme binnen 24 Stunden zu reagieren und die Störung muss spätestens 72 Stunden nach Auftreten beseitigt sein. Störungen, die nicht in der vorgegebenen Zeit behoben sind, verirken den Anspruch auf Vergütung der monatlichen Beträge für Instandhaltung und Betrieb der jeweiligen Teilkomponente. Störungen, die nicht vom Auftragnehmer zu verantworten sind, müssen umgehend der ABDN gemeldet werden. Diese veranlasst die Beseitigung. Bei Schäden durch äußere Einflüsse mit geringem Reparaturaufwand ist das Vorgehen ähnlich. Ist dagegen erhöhter Reparaturaufwand sowie eine erneute Anreise erforderlich, so ist eine vorherige Beauftragung erforderlich. Ersatzteile müssen spätestens innerhalb einer Frist von fünf Tagen ab der Störungs- bzw. Schadensmeldung verfügbar sein. Die Ersatzteilpreise werden nach oben hin begrenzt. [Quelle: Autobahndirektion Nordbayern per E-Mail vom 04.05.2021]

Bei der Installation, der Inbetriebnahme und Wartung bzw. Reparatur des Systems ist zu beachten, dass diese Tätigkeiten im Verkehrsraum stattfinden und dies bedarf guter Vorplanung. Ebenso müssen technische Rahmenbedingungen und die örtlichen Voraussetzungen geklärt werden.

### 5.2 Erfahrungen mit dem Betrieb des WLAN

Die im digitalen Testfeld Autobahn verbauten und installierten Systeme sind bisher weder störungsanfällig noch wartungsintensiv. Es wurde bei einem Sturm eine Richtungsfunk (RIFU)-Antenne verdreht und ein Lkw hat einen Schaltschrank auf einer der Anlagen zerstört, wodurch es zu einem Stromausfall in der An-

lage kam. Außerdem wurde angemerkt, dass Einspielung neuer Software einen Ausfall eines Switches verursacht hat. In diesen Fällen hat der Provider Reservegeräte für die zentralen Komponenten und lokale Nachunternehmen, die mit den örtlichen Elektrofirmen zur Störungsbehebung zusammenarbeiten. Dies ermöglicht jeweils zeitnahe Reaktionen.

Im Allgemeinen werden Störungen dank einer implementierten Software sehr schnell erkannt. Spätestens am nächsten Werktag wird die Störungsmeldung als E-Mail im Postfach des zuständigen Mitarbeiters bemerkt. Die Elektrofirma behebt die Störung je nach Art des Problems zeitnah. Die Behebung von Hardwarestörungen, die Ersatzbeschaffungen erfordern, dauern in der Regel länger als reine Softwareprobleme. DIGINEO verfügt über ein Monitoring für alle Komponenten und erstellt monatlich einen Bericht für den Auftraggeber. Falls es zu größeren Ausfällen bei dem WLAN kommt, kann die Vergütung für den Zeitraum gemindert werden.

### **5.3 Kosten der Infrastruktur und des Betriebs des freien WLAN**

Die Kosten der Infrastruktur setzen sich hauptsächlich aus folgenden Komponenten zusammen:

#### **5.3.1 Vorbereitung und Kosten der Infrastruktur-Hardware:**

- Lichtmaste und Kabeltiefbau für Glasfaserkabel und Leerrohre;
- Aufbau der Verbindungstechnik für Hotspots, d.h. Aufbau eines gemashten WLAN bzw. Wandler von Kupfer auf Glasfaser bzw. Richtfunk

Die Installationskosten für die verschiedenen PWC-Anlagen weichen je nach örtlicher Ausstattung voneinander ab. Eine deutliche Kostenerhöhung entsteht zum Beispiel durch fehlende Masten oder das Fehlen der Freigabe der Statik der Lichtmasten für ein zusätzliches Anbringen der Access Points. Ebenfalls erhöht das Fehlen von Rohren oder Leitungen grundsätzlich im Bereich der PWC-Anlagen die Kosten der Installation.

Es hat sich nach der Installation der acht PWC-Anlagen herausgestellt, dass eine Anbindung der kompletten WLAN-Infrastruktur mittels LWL-Kabel an die

Autobahnmeisterei (Übergang zum öffentlichen Internet) sinnvoll und störungsresistent ist. Dies ist jedoch nur sinnvoll, wenn die LWL von der Rastanlage bis zur nächsten Autobahnmeisterei bereits vorhanden sind. Eine Neuerrichtung der LWL wegen dem WLAN rechnet sich nicht.

Um einen Eindruck der Kosten von der Installation des freien WLAN zu bekommen, ist ein ungefährender Invest-Preis von 45.000€ für eine Rastanlage vergleichbarer Größe und Ausstattung zu nennen (je PWC-Anlage wurden drei Access-Points für eine Fläche von je ca. 40 Lkw- und Pkw-Parkständen verwendet). Die Installation und Anschaffung der LWL bis zu den Autobahnmeistereien sind in dieser Kalkulation nicht enthalten.

#### **5.3.2 Betriebskosten:**

Die Betriebskosten sind an allen PWC-Anlagen auf dem gleichen Niveau. Sie beschränken sich auf die Kosten der Pauschale für den Betrieb und die Entstörung, diese Pauschale für die acht PWC-Anlagen summiert sich auf ca. 1.850 € pro Monat. Die damit abgedeckten Tätigkeiten sind in einem Betriebsvertrag mit dem Betreiber festgehalten. Die Kosten des symmetrischen Internetzugangs für die acht Anlagen beläuft sich bisher auf ca. 2.000 € monatlich für einen „Internet Connect“ mit 1.000 Mbit. Die Kosten pro Monat belaufen sich somit gesamt auf ca. 3850 €/Monat für die acht PWC-Anlagen.

### **5.4 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung**

Mit einer Hochrechnung der bekannten Installationskosten auf acht Rastanlagen und der Abschreibung dieser Kosten auf zehn Jahre, erhält man einen Kostensatz pro Monat. Summiert man diese monatlichen Abschreibungskosten mit den Kosten des Internetzuganges sowie des Betriebs und der Entstörung, kommt man auf ca. 6.800 € pro Monat. Rechnet man diese auf die durchschnittlichen Nutzer je Monat runter, kostet eine Nutzung bzw. ein Zugang, unabhängig der Dauer, ca. 1 €.

Eine konkrete Kosten-Nutzen-Analyse lässt sich jedoch nicht aufstellen, da der Nutzen des Internetzugangs sich nicht monetarisieren lässt. Es muss mehr als ein Service gesehen werden, der den Fahrzeugführern angeboten wird um deren Pausen so angenehm wie möglich zu gestalten. Ebenso steigert der

Internetzugang auch die Sicherheit der Fahrzeugführer: Es kann von jedem mit Smartphone, Tablet oder Laptop eine zuverlässige Routenplanung auf Basis der aktuellen Verkehrsinformationen durchgeführt werden, egal ob an dem Ort mobile Daten zur Verfügung stehen oder der Fahrzeugführer über solches verfügt oder nicht.

### 5.5 Erfahrungsaustausch mit freiem WLAN auf österreichischen Rastanlagen

Um Erfahrungen im langjährigen Betrieb von fast flächendeckend installiertem freiem WLAN auf Rastanlagen zu sammeln, wurde der Autobahnbetreiber (ASFINAG) in Österreich kontaktiert. Dort ist das freie WLAN seit 2013 auf einer Vielzahl von Rastanlagen installiert. Das freie WLAN wird dort mit verwandten Servicediensten der ASFINAG über die Startseite verknüpft (z.B. Verkehrsinformationen, Vignetten, Webcams der Autobahn oder Verkehrssicherheitstipps). Dies wird als Service und eine Verbesserung der Sicherheit gesehen. [Quelle: ASFINAG per E-Mail vom 29.01.2021]

Die Anzahl der Nutzer des freien WLAN auf den österreichischen Rastanlagen belaufen sich auf 1300 Verbundene Nutzer pro Tag und damit ca. 470.000 Nutzer pro Jahr. Jedoch ist zu berücksichtigen, dass in Österreich, 45 Rastanlagen mit freiem WLAN ausgestattet sind. Die Zahlen und Zugriffe der in Bayern installierten Anlagen beschränken sich auf acht Anlagen, die in dem betrachteten Zeitraum nie alle gleichzeitig unter Verkehr waren. In Bayern gibt es pro Tag und pro Rastanlage ca. 19 Nutzer und in Österreich ca. 28 Nutzer pro Tag und Rastanlage. Auch bei dem österreichischen Anbieter gibt es keine Informationen über die Nutzungsdauer des freien WLAN. [Quelle: ASFINAG per E-Mail vom 29.01.2021]

Die Produktverantwortung für das freie WLAN auf österreichischen Rastanlagen liegt bei der ASFINAG, die Installation und Wartung über den Service liegt bei der A1 Telekom. Das freie WLAN in Österreich ist auf den Rastanlagen direkt kenntlich gemacht. Abbildung 36 zeigt einen Aufkleber und Abbildung 37 zeigt ein Werbeplakat, die auf das freie WLAN auf den Rastanlagen hinweisen. Der Aufkleber ist an den Toilettenhäusern auf den Rastanlagen der ASFINAG zu finden. [Quelle: ASFINAG per E-Mail vom 29.01.2021]



Abbildung 36: Aufkleber an einem Toilettenhaus zur Kennzeichnung des freien WLAN auf Österreichs Rastanlagen [Quelle: ASFINAG per E-Mail vom 28.04.2021]



Abbildung 37: Werbeplakat für das freie WLAN an einer Rastanlage der ASFINAG [Quelle: Autobahndirektion Nordbayern per E-Mail vom 17.05.2021]

## 6 Wesentliche Erkenntnisse zur Maßnahme

Abschließend werden die wesentlichen Erkenntnisse dieses Projektes zusammengefasst. Die Befragung hat ergeben, dass das freie WLAN noch weitgehend unbekannt ist, 75% der Befragten kannten das WLAN nicht. 68% der Befragten, unabhängig davon ob sie das freie WLAN auf den PWC-Anlagen kennen oder nicht, haben angegeben, dass sie keinen Bedarf am freien WLAN haben und dieses auch zukünftig nicht nutzen werden. Hierbei gab es kaum Unterschiede zwischen Lkw-Fahrenden und Pkw-Fahrenden. Privat Reisende halten sich im Regelfall nicht länger als für einen Toilettenbesuch nötig auf PWC-Anlagen auf.

Auf das freie WLAN wird bisher durch Schilder an den Einfahrten der PWC-Anlagen hingewiesen. Die Befragung hat gezeigt, dass dieses Schild vor allem aufgrund seiner Positionierung im Bereich komplexer Fahraufgaben sehr häufig übersehen wird, weshalb weitere Schilder oder Plakate an anderen Stellen der Raststätte empfohlen werden. Kostengünstige Vorschläge sind Aufkleber oder kleinere Schilder an Zäunen, Lichtmasten und/oder dem Toilettenhaus. Alternativ wäre eine Information direkt an den Ankündigungsschildern der PWC-Anlage entlang der BAB interessant. Hier könnte das internationale Wi-Fi-Zeichen (Punkt mit drei Viertelkreisen) angebracht werden (siehe Abbildung 37).



Abbildung 37: Symbol für freies WLAN - Wi-Fi [Quelle: <https://www.shutterstock.com/de/search/wifi+symbol>]

88% der Befragten, die das freie WLAN bereits kennen und nutzen, befürworten eine flächendeckende Einführung des freien WLAN auf Rastanlagen. Nach den Erfahrungen der ABDN ist jedoch darauf hinzuweisen, dass sich die Organisation der Installation und anschließende Betreuung des WLAN-Systems aufwändig gestaltet. Eine deutschlandweite Einführung des freien WLAN auf PWC-Anlagen wäre mit

den üblicherweise vorhandenen Organisationsstrukturen wohl nicht bewältigbar und würde die Aufstockung mit spezialisiertem Personal erfordern.

Eine konkrete Kosten-Nutzen-Analyse ist für das freie WLAN an den Rastanlagen nicht durchführbar, da die Nutzenseite nicht monetarisierbar ist. Es geht bei dem Angebot des freien WLAN um einen kostenlosen Service für die Nutzer der Autobahn, insbesondere für die Lkw-Fahrenden. Das bestätigt auch der österreichische Autobahnbetreiber ASFINAG. Um einen Eindruck der Kosten zu bekommen, wurde berechnet, was mit den aktuellen Nutzerzahlen ein Zugriff kostet. Die Kosten für einen Zugriff mit unbekannter Dauer belaufen sich auf ca. 1€. Zur Berechnung wurde eine Abschreibung der Installationskosten von zehn Jahren angenommen, die laufenden Kosten für Betrieb, Entstörung und Internetzugang addiert und auf die durchschnittlichen Nutzer eines Tages im Jahr 2020 aufgeteilt.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass das freie WLAN angenommen wird, dass jedoch viele Rastannutten auch ohne das freie WLAN auskommen. Die tatsächlichen Nutzer finden den Service gut und sind mit der Qualität des freien WLAN sehr zufrieden. Wenn das freie WLAN genutzt wird, dann meist nur sehr kurz (bis zu 20 Minuten), da die Verweildauer auf den PWC-Anlagen allgemein sehr kurz ist, dies geht aus den Befragungen hervor.

Eine Erweiterung der Startseite (Landing Page) des freien WLAN mit verwandten Servicediensten, wie beispielsweise Verkehrsinformationen, Informationen zur Maut, Webcams der Autobahn oder Verkehrssicherheitstipps, wäre denkbar. Dies würde als zusätzlicher Service für eine Verbesserung der Sicherheit auf den Autobahnen sorgen.

Zukünftig wird der Ausbau der Mobilfunknetze weiter vorangetrieben werden, was zusammen mit den neuen Technologien wie 5G zu einer besseren Verfügbarkeit von mobilen Datenanbindungen für den Endnutzer führen wird. Da die Installation und der Betrieb des freien WLAN erhebliche Kosten mit sich bringt, ist eine flächendeckende Installation des freien WLAN kritisch zu hinterfragen. Zumindest in abgelegenen Regionen ohne gute mobile Netzabdeckung kann die Installation von freiem WLAN jedoch durchaus sinnvoll sein.

---

## 7 Abkürzungsverzeichnis

Pkw	Personenkraftwagen
Lkw	Lastkraftwagen
BAB	Bundesautobahn
LED-Anzeigen	Anzeigen mit Leuchtdioden (eng: light-emitting diode)
WLAN	Drahtloses Lokales Netzwerk (engl.: Wireless Local Area Network)
PWC-Anlage	Unbewirtschaftete Rastanlage entlang einer Bundesautobahn mit einer Toilettenanlage
ASFINAG	Autobahnen- und Schnellstraßen-Finanzierungs-Aktiengesellschaft ist eine österreichische Infrastrukturgesellschaft
Wi-Fi	Wireless Fidelity – bestimmte Art des WLAN
ABDN	Autobahn-Direktion Nordbayern

---

## A Fragebogen der Umfrage

### A.1 Fragebogen auf Deutsch

# Internetparken - Freies WLAN

Das Ausfüllen der Befragung dauert ca. 5 Minuten.

Diese Befragung wird anonymisiert ausgewertet. Nach Absenden des Fragebogens sind keinerlei Rückschlüsse auf Ihre Identität möglich.

Kontakt:

Technische Universität München Lehrstuhl für Verkehrstechnik, Arcisstraße 21, 80333 München.

Sie können sich unter tel: +49(89)289-23838 oder [matthias.spangler@tum.de](mailto:matthias.spangler@tum.de) an uns wenden.

\* **Erforderlich**

Wissenschaftliche Begleitung des digitalen Testfelds A9



Auszufüllen vom Fragesteller

Start der Befragung:

1. Auf welchem Parkplatz findet die Befragung statt? \*

*Markieren Sie nur ein Oval.*

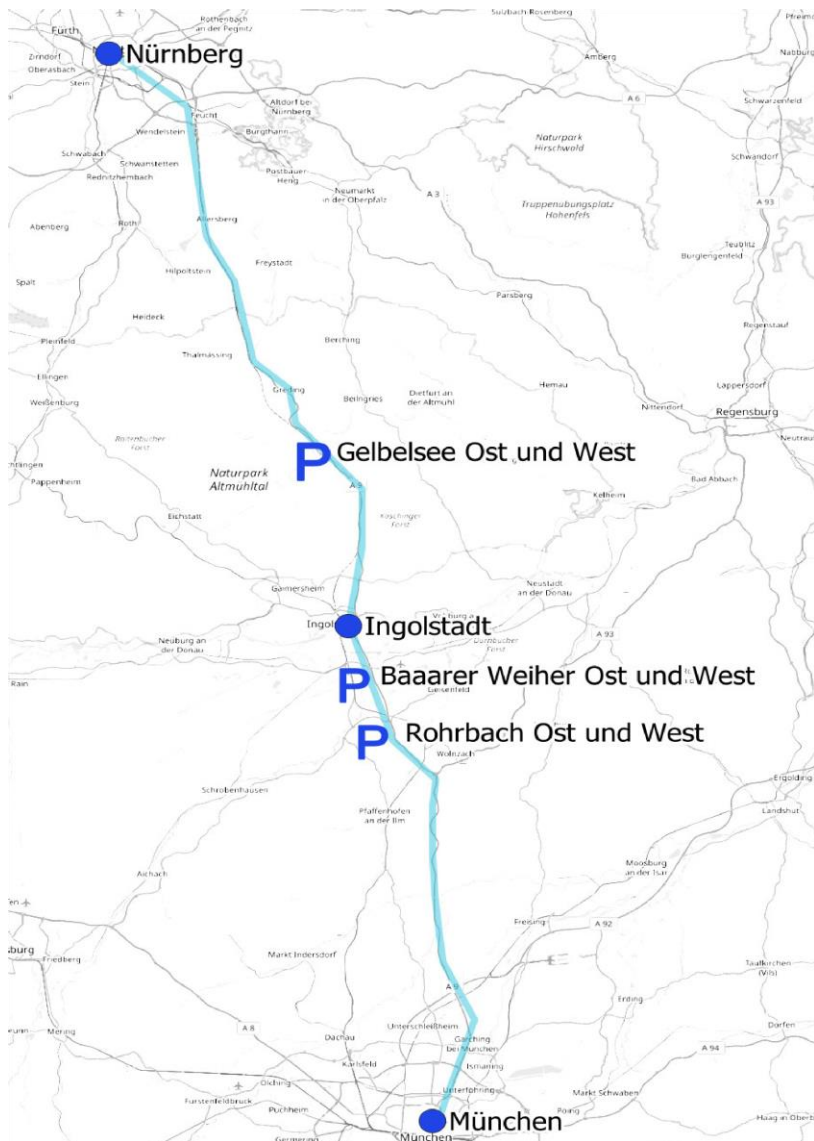
- Gelbensee Ost
- Gelbensee West
- Baarer Weiher Ost
- Baarer Weiher West
- Rohrbach Ost
- Rohrbach West
- Eichfeld Ost
- Panzhauser Feld West

2. Ist Ihnen bekannt, dass es auf diesem Parkplatz und auf 5 weiteren Parkplätzen dieses Autobahnabschnittes freies WLAN gibt? \*

Markieren Sie nur ein Oval.

Ja    *Fahren Sie mit Frage 5 fort*

Nein    *Fahren Sie mit Frage 3 fort*



3. Wie könnte man den Bekanntheitsgrad des freien WLANs Ihrer Meinung erhöhen?

---

- 
4. Werden Sie das WLAN auf diesem oder den anderen Parkplätzen nun in Zukunft nutzen? \*

*Markieren Sie nur ein Oval.*

- Ja    *Fahren Sie mit Frage 24 fort*
- Nein    *Fahren Sie mit Frage 9 fort*

5. Woher kennen Sie das freie WLAN? \*

*Wählen Sie alle zutreffenden Antworten aus.*

- Hinweisschild
- Presse
- Diese Umfrage

Sonstiges:  \_\_\_\_\_

6. Sollten Ihrer Meinung nach Maßnahmen getroffen werden, um den Bekanntheitsgrad des freien WLANs zu erhöhen? \*

*Markieren Sie nur ein Oval.*

- Ja
- Nein

7. Wenn ja, welche Maßnahmen zum Beispiel?

\_\_\_\_\_

8. Nutzen Sie das freie WLAN auf diesem Parkplatz? \*

*Markieren Sie nur ein Oval.*

- Ja    *Fahren Sie mit Frage 10 fort*
- Nein    *Fahren Sie mit Frage 9 fort*



---

Fahren Sie mit Frage 29 fort

9. Aus welchem Grund möchten Sie das freie WLAN nicht nutzen? \*

Wählen Sie alle zutreffenden Antworten aus.

Mobiles Internet aus dem eigenen Datentarif

Datenschutzbedenken bei WLAN

Keine Zeit zum Einloggen

Sonstiges:  \_\_\_\_\_

Fahren Sie mit Frage 29 fort

10. Wie häufig nutzen Sie das freie WLAN auf diesem Parkplatz (bzw. den anderen 5 WLAN Parkplätzen)? \*

Markieren Sie nur ein Oval pro Zeile.

	werktäglich	1 mal bis mehrmals wöchentlich	1 mal bis mehrmals monatlich	bis zu einmal im Monat	nur zu Ferienzeiten
Häufigkeit	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

11. Mit welchem Endgerät nutzen Sie das WLAN? \*

Wählen Sie alle zutreffenden Antworten aus.

Smartphone/Tablet

Notebook

Sonstiges:  \_\_\_\_\_

12. Haben Sie zusätzlich einen mobilen Datentarif, den Sie regelmäßig nutzen? \*

Markieren Sie nur ein Oval.

Ja

Nein

---

13. Wie lange nutzen Sie jeweils das freie WLAN? \*

Markieren Sie nur ein Oval pro Zeile.

	unter 5 min	unter 20 min	unter 1 Stunde	mehr als 1 Stunde
Dauer der Nutzung	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

---

14. Wenn Sie Begleitpersonen haben, nutzen diese auch das freie WLAN? \*

Markieren Sie nur ein Oval.

- Ich habe keine Begleitperson.
- Nein, keine meiner Begleitpersonen nutzt dieses WLAN.
- Ja, ich habe 1 Begleitperson, die das WLAN nutzt.
- Ja, ich habe 2 Begleitpersonen, die das WLAN nutzen.
- Ja, ich habe 3 Begleitpersonen, die das WLAN nutzen.
- Ja, ich habe 4 Begleitpersonen, die das WLAN nutzen.

15. Nutzen Sie das WLAN im Allgemeinen für berufliche und/oder private Zwecke? \*

Wählen Sie alle zutreffenden Antworten aus.

- Beruflich
- Privat

---

16. Wozu nutzen Sie das freie WLAN genau? \*

*Wählen Sie alle zutreffenden Antworten aus.*

- Messenger Dienste (z.B. WhatsApp)
- Soziale Netzwerke (Facebook, Instagram, etc.)
- Streaming von Videos (Filme, Serien, etc.)
- Abruf von aktuellen Verkehrsinformationen

Sonstiges:  \_\_\_\_\_

17. Wie würden Sie den Log-in-Vorgang über die Startseite (Landing Page) hinsichtlich der Benutzerfreundlichkeit einstufen?

*Markieren Sie nur ein Oval.*

	1	2	3	4	5	
Sehr gut	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Sehr schlecht

18. Sollten über die Startseite Mobilitätsdienste bereitgestellt werden? \*

*Markieren Sie nur ein Oval.*

- Ja
- Nein

19. Wenn ja, welche Mobilitätsdienste zum Beispiel?

\_\_\_\_\_

- 
20. Wie beurteilen Sie die Signalstärke und die Datengeschwindigkeit des WLANs? \*

*Markieren Sie nur ein Oval.*

1      2      3      4      5

---

Sehr gut                  Sehr schlecht

---

21. Sind schon einmal Probleme bei der WLAN Nutzung aufgetreten (z.B. beim Log-in-Prozess), haben Sie Kritikpunkte?

---

22. Würden Sie das freie WLAN an diesem Parkplatz (bzw. den anderen 5 WLAN Parkplätzen) weiterempfehlen? \*

*Markieren Sie nur ein Oval.*

Ja

Nein

23. Sind Sie der Meinung, man sollte freies WLAN flächendeckend auf PWC-Anlagen bereitstellen? \*

*Markieren Sie nur ein Oval.*

Ja

Nein

---

Fahren Sie mit Frage 29 fort

24. Mit welchem Endgerät werden Sie das WLAN zukünftig nutzen? \*

Wählen Sie alle zutreffenden Antworten aus.

Smartphone/Tablet

Notebook

Sonstiges:  \_\_\_\_\_

25. Werden Sie das WLAN zukünftig beruflich und/oder privat benutzen? \*

Wählen Sie alle zutreffenden Antworten aus.

Beruflich

Privat

26. Wozu werden Sie das freie WLAN genau nutzen? \*

Wählen Sie alle zutreffenden Antworten aus.

Messenger Dienste (z.B. WhatsApp)

Soziale Netzwerke (Facebook, Instagram, etc.)

Streaming von Videos (Filme, Serien, etc.)

Abruf von aktuellen Verkehrsinformationen

Kann ich noch nicht sagen

Sonstiges:  \_\_\_\_\_

27. Haben Sie einen mobilen Datentarif, den Sie regelmäßig nutzen? \*

Markieren Sie nur ein Oval.

Ja

Nein

- 
28. Sind Sie der Meinung, man sollte freies WLAN flächendeckend auf PWC-Anlagen bereitstellen? \*

*Markieren Sie nur ein Oval.*

- Ja  
 Nein

*Fahren Sie mit Frage 29 fort*

Daten zum Befragten

29. Geschlecht: \*

*Markieren Sie nur ein Oval.*

- Weiblich  
 Männlich  
 Divers

30. Welche Nationalität haben Sie? \*

*Wählen Sie alle zutreffenden Antworten aus.*

- Deutsch  
 Polnisch  
 Tschechisch  
 Russisch  
 Türkisch

Sonstiges:  \_\_\_\_\_

31. Sind Sie in einem Lkw oder Pkw unterwegs? \*

*Markieren Sie nur ein Oval.*

- Lkw  
 Pkw  
 Reisebus

---

32. Sind Sie zu beruflichem oder privatem Zwecke unterwegs? \*

*Wählen Sie alle zutreffenden Antworten aus.*

- Beruflich  
 Privat

33. Sind Sie alleine unterwegs, mit Kollegen oder mit der Familie? \*

*Markieren Sie nur ein Oval.*

- Alleine  
 Mit Kollegen  
 Mit der Familie

34. Wie alt sind Sie, ggf. wie alt sind Ihre Begleitpersonen?

*Markieren Sie nur ein Oval pro Zeile.*

	0-18 Jahre	19-30 Jahre	31-50 Jahre	51 Jahre und älter
Befragter	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Begleitperson 1	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Begleitperson 2	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Begleitperson 3	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Begleitperson 4	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

35. Wie häufig fahren Sie auf diesem Autobahnabschnitt? \*

Markieren Sie nur ein Oval pro Zeile.

	werktäglich	1 mal bis mehrmals wöchentlich	1 mal bis mehrmals monatlich	bis zu einmal im Monat	nur zu Ferienzeiten
Häufigkeit	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

36. Wie häufig halten Sie dabei an diesem Parkplatz (oder den anderen 5 WLAN Parkplätzen)? \*

Markieren Sie nur ein Oval pro Zeile.

	werktäglich	1 mal bis mehrmals wöchentlich	1 mal bis mehrmals monatlich	bis zu einmal im Monat	nur zu Ferienzeiten
Häufigkeit	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

37. Wie häufig fahren Sie PWC-Anlagen generell an? \*

Markieren Sie nur ein Oval pro Zeile.

	werktäglich	1 mal bis mehrmals wöchentlich	1 mal bis mehrmals monatlich	bis zu einmal im Monat	nur zu Ferienzeiten
Häufigkeit	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Auszufüllen vom Fragesteller

38. Kommentare:



## A.2 Fragebogen in Englisch

# Internetparking - Free Wifi

This survey takes about 5 minutes.

The survey will be evaluated anonymously. After sending the survey, no conclusions about your identity can be made.

Contact:

Technical University of Munich, Chair of Traffic Engineering and Control, Arcisstraße 21, 80333 München.

You are welcome to contact us: tel: +49(89)289-23838 or [matthias.spangler@tum.de](mailto:matthias.spangler@tum.de)

\* **Erforderlich**

Scientific Monitoring of the Digital Test Site A9



To be filled in by the questioner

1. On which motorway parking lot is the survey/interview conducted? \*

*Markieren Sie nur ein Oval.*

- Gelbsee Ost
- Gelbsee West
- Baarer Weiher Ost
- Baarer Weiher West
- Rohrbach Ost
- Rohrbach West
- Eichfeld Ost
- Panzhauer Feld West

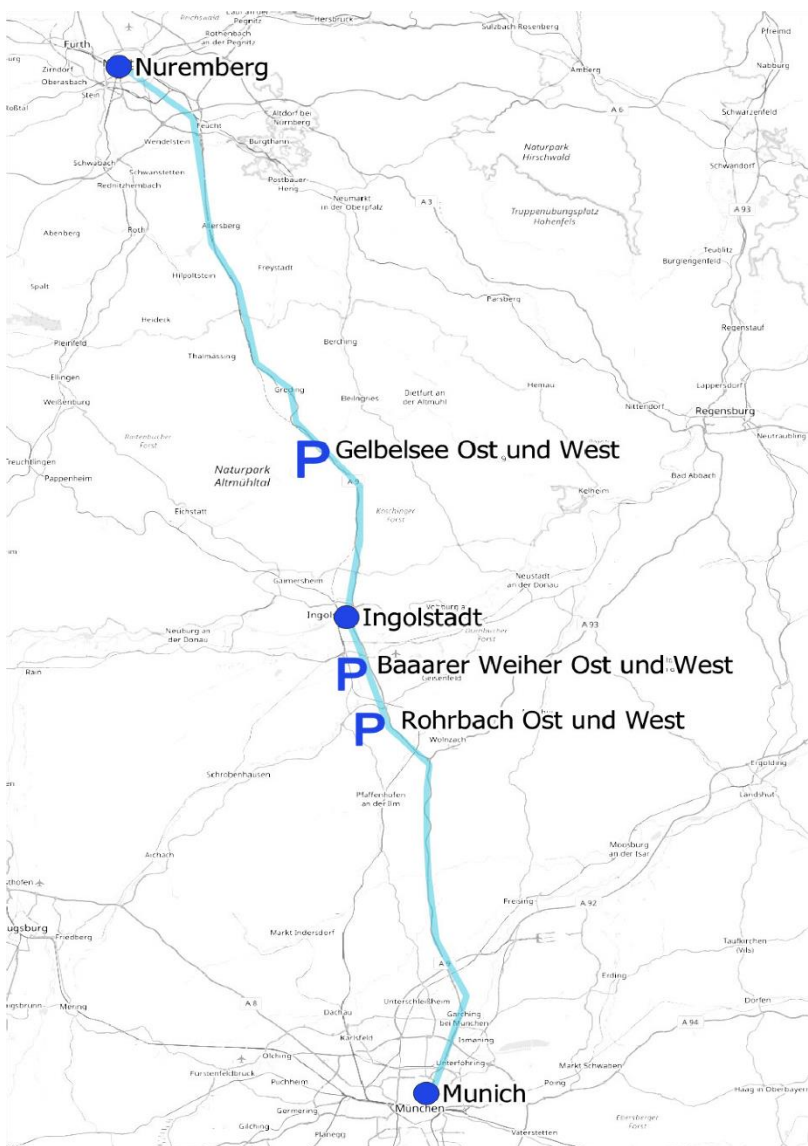
## Start of the questionnaire

2. Do you know that there is free Wifi on this parking lot and on 5 other parking lots along this motorway section? \*

Markieren Sie nur ein Oval.

Yes    *Fahren Sie mit Frage 5 fort*

No    *Fahren Sie mit Frage 3 fort*



---

3. How can we increase the awareness of the free Wifi in your opinion?

\_\_\_\_\_

4. Now that you know about the free Wifi, will you use the Wifi on this or the 5 other motorway parking lots in the future? \*

*Markieren Sie nur ein Oval.*

Yes    *Fahren Sie mit Frage 24 fort*

No    *Fahren Sie mit Frage 9 fort*

5. How did you hear about the free Wifi? \*

*Wählen Sie alle zutreffenden Antworten aus.*

Information sign

Press

This survey

Sonstiges:  \_\_\_\_\_

6. Do you think that measures should be taken to increase the awareness of the free Wifi? \*

*Markieren Sie nur ein Oval.*

Yes

No

7. If yes: Which measures for example?

\_\_\_\_\_

---

8. Are you using the free Wifi on this parking lot? \*

*Markieren Sie nur ein Oval.*

Yes    *Fahren Sie mit Frage 10 fort*

No    *Fahren Sie mit Frage 9 fort*

*Fahren Sie mit Frage 29 fort*

9. Why aren't you using the free Wifi? \*

*Wählen Sie alle zutreffenden Antworten aus.*

Personal mobile data plan

Privacy concerns about Wifi

No time to log in

Sonstiges:  \_\_\_\_\_

*Fahren Sie mit Frage 29 fort*

10. How often do you use the free Wifi on this or the 5 other parking lots along this motorway section? \*

*Markieren Sie nur ein Oval pro Zeile.*

	weekdays	1 to several times a week	1 to several times a month	up to once a month	only during holidays
Frequency	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

---

11. Which end device do you use to connect to the Wifi? \*

*Wählen Sie alle zutreffenden Antworten aus.*

Smartphone/Tablet

Notebook

Sonstiges:  \_\_\_\_\_

12. Do you also have a mobile data plan that you use regularly? \*

*Markieren Sie nur ein Oval.*

Yes

No

13. How long do you normally use the free Wifi? \*

*Markieren Sie nur ein Oval pro Zeile.*

	less than 5 minutes	less than 20 minutes	less than 1 hour	more than 1 hour
Duration of use	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

14. If you have travel companions, do they also use the free Wifi? \*

*Markieren Sie nur ein Oval.*

I don't have travel companions

, none of my companions is using the Wifi

Yes, I have 1 companion who also uses the Wifi.

Yes, I have 2 companions who also use the Wifi.

Yes, I have 3 companions who also use the Wifi.

Yes, I have 4 companions who also use the Wifi.

---

15. Do you use the free Wifi for professional and/or private purposes? \*

*Wählen Sie alle zutreffenden Antworten aus.*

- Professional  
 Private

16. What exactly do you use the free Wifi for? \*

*Wählen Sie alle zutreffenden Antworten aus.*

- Messenger services (e.g. WhatsApp)  
 Social networks (e.g. Facebook, Instagram, etc.)  
 Streaming videos (e.g. movies, series, etc.)  
 Live traffic updates

Sonstiges:  \_\_\_\_\_

17. How would you rate the log-in process via the landing page in terms of usability? \*

*Markieren Sie nur ein Oval.*

1      2      3      4      5

Very good                  Very bad

18. Do you think the start page should provide mobility services? \*

*Markieren Sie nur ein Oval.*

- Yes  
 No

19. If yes: Which mobility services for example?

\_\_\_\_\_

- 
20. How would you rate signal quality and data speed of the free Wifi? \*

*Markieren Sie nur ein Oval.*

	1	2	3	4	5	
Very good	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Very bad

21. Have you ever had problems with the Wifi use ( e.g. during the log-in process ), do you have points of criticism?

---

22. Would you recommend the free Wifi at this or the other 5 parking lots along this motorway section? \*

*Markieren Sie nur ein Oval.*

- Yes  
 No

23. Do you think that free Wifi should be introduced nationwide on motorway parking lots? \*

*Markieren Sie nur ein Oval.*

- Yes  
 No

---

Fahren Sie mit Frage 29 fort

24. Which end device will you use to connect to the free Wifi in the future? \*

Wählen Sie alle zutreffenden Antworten aus.

Smartphone/Tablet

Notebook

Sonstiges:  \_\_\_\_\_

25. Will you use the free Wifi for professional and/or private purposes in the future? \*

Wählen Sie alle zutreffenden Antworten aus.

Professional

Private

26. What exactly will you use the free Wifi for? \*

Wählen Sie alle zutreffenden Antworten aus.

Messenger services (e.g. WhatsApp)

Social networks (e.g. Facebook, Instagram, etc.)

Streaming videos (e.g. movies, series, etc.)

Live traffic updates

I cannot tell yet.

Sonstiges:  \_\_\_\_\_

27. Do you have a mobile data plan that you use regularly? \*

Markieren Sie nur ein Oval.

Yes

No



- 
28. Do you think that free Wifi should be introduced nationwide on motorway parking lots? \*

*Markieren Sie nur ein Oval.*

- Yes  
 No

*Fahren Sie mit Frage 29 fort*

General questions

29. Gender: \*

*Markieren Sie nur ein Oval.*

- Female  
 Male  
 Diverse

30. What is your nationality? \*

*Wählen Sie alle zutreffenden Antworten aus.*

- German  
 Polish  
 Czech  
 Russian  
 Turkish

Sonstiges:  \_\_\_\_\_

31. Are you travelling in a truck or a car? \*

*Markieren Sie nur ein Oval.*

- Truck  
 Car  
 Tour bus

---

32. Are you travelling for professional or private purposes? \*

*Wählen Sie alle zutreffenden Antworten aus.*

Professional

Private

33. Are you travelling alone, with colleagues, or with your family? \*

*Markieren Sie nur ein Oval.*

Alone

With colleagues

With the family

34. How old are you? If you have companions, how old are they?

*Markieren Sie nur ein Oval pro Zeile.*

	0-18 years	19-30 years	31-50 years	51 years and older
Interviewee	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Companion 1	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Companion 2	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Companion 3	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Companion 4	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

35. How often do you drive on this section of the motorway? \*

*Markieren Sie nur ein Oval pro Zeile.*

	weekdays	1 to several times a week	1 to several times a month	up to once a month	only during holidays
Frequency	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

36. How often do you drive to this parking lot or the other 5 parking lots along this motorway section? \*

*Markieren Sie nur ein Oval pro Zeile.*

	weekdays	1 to several times a week	1 to several times a month	up to once a month	only during holidays
Frequency	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

37. How often do you drive to motorway parking lots in general? \*

*Markieren Sie nur ein Oval pro Zeile.*

	weekdays	1 to several times a week	1 to several times a month	up to once a month	only during holidays
Frequency	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

To be filled in by the questioner

38. Comments:

## **Anlage 5**

Wirtschaftlichkeitsanalyse von kooperativen Absperrtafeln –

Schlussbericht

# **Wirtschaftlichkeitsanalyse von kooperativen fahrbaren Absperrtafeln**

FE 03.0541/2015  
im Auftrag des  
Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur  
vertreten durch die Bundesanstalt für Straßenwesen

Dr.-Ing. Matthias Spangler  
M.Sc. Frederik Bachmann  
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Fritz Busch  
Lehrstuhl für Verkehrstechnik, TU München

Dr. Sören Grawenhoff  
Marcel Vierkötter  
TÜV Rheinland Consulting GmbH

**Schlussbericht**  
November 2018

---

## Inhalt

<b>1</b>	<b>Hintergrund und Zielsetzung .....</b>	<b>2</b>	<b>A</b>	<b>Anhang: Herleitung von Unfall- und Staukosten.....</b>	<b>12</b>
<b>2</b>	<b>Grundlagen und Vorgehensweise .....</b>	<b>4</b>	A.1	Unfallkosten im Vorfeld von Arbeitsstellen kürzerer Dauer nach BVWP.....	12
2.1	Unfallsituation im Bereich von Arbeitsstellen .....	4	A.1.1	Unfallzahlen im Bereich von AKD in Hessen auf der Basis einer vierjährigen Untersuchung (2006-2009) .....	12
2.2	Wirkungen kooperativer fahrbarer Absperrtafeln .....	4	A.1.2	Unfallzahlen mit FAT-Beteiligung auf Basis einer neunjährigen Untersuchung (1997-2005) .....	12
<b>3</b>	<b>Wirtschaftlichkeitsuntersuchung .....</b>	<b>6</b>	A.1.3	Unfallkosten nach BVWP .....	12
3.1	Kostenkomponenten .....	6	A.1.4	Zeitkosten nach BAST M208 .....	12
3.2	Nutzenkomponenten .....	6	A.1.5	Unfallkosten pro Unfall mit FAT-Beteiligung .....	12
3.3	Nutzen-Kosten-Verhältnis .....	7	A.1.6	Jährliche Kosten durch Unfälle an AKD.....	13
<b>4</b>	<b>Fazit und Ausblick.....</b>	<b>10</b>	A.2	Unfallkosten im Vorfeld von Arbeitsstellen kürzerer Dauer nach BAST .....	13
<b>5</b>	<b>Literatur .....</b>	<b>11</b>	A.2.1	Unfallkosten pro Unfall mit FAT-Beteiligung .....	13
			A.2.2	Jährliche Kosten durch Unfälle an AKD.....	13

## 1 Hintergrund und Zielsetzung

2013 haben sich die Verkehrsministerien aus den drei europäischen Ländern Deutschland, Niederlande und Österreich zu der Initiative „Kooperativer ITS Korridor“ (C-ITS Corridor) zusammengeschlossen. Ziel der Initiative ist die Etablierung von V2X-Diensten (kooperative Fahrzeug zu Fahrzeug/Infrastruktur - Dienste) in einem grenzüberschreitenden Streckenzug. Das Projekt sieht vor, in den drei beteiligten Ländern Schritt für Schritt kooperative, intelligente Infrastrukturanwendungen auf Autobahnen einzuführen, um die individuelle Mobilität effizienter, sicherer und umweltfreundlicher zu gestalten. Die erste Anwendung, die in diesem Rahmen zum Einsatz kommt, ist die kooperative fahrbare Absperrtafel (FAT), auch „Baustellenwarner“ genannt, die Verkehrsteilnehmer vor Arbeitsstellen kürzerer Dauer (AkD) warnt. Neuwagen verschiedener Fahrzeugserien, die ebenfalls mit dieser Technologie ausgestattet sind, werden damit erstmalig in die Lage versetzt, sicherheitsrelevante Verkehrsinformationen von der straßenseitigen Infrastruktur auf direktem Weg zu erhalten. Die Informationen über

die Baustellen kürzerer Dauer werden den Verkehrsteilnehmern über zwei Wege zur Verfügung gestellt:

- Die fahrbare Absperrtafel strahlt entsprechende Warnmeldungen (Decentralised Environmental Notification Message, DENM) über ETSI ITS G5 (Automotive WLAN, IEEE 802.11.p) direkt an die herannahenden Fahrzeuge aus.
- Die Warnmeldungen über die Arbeitsstellen kürzerer Dauer werden zusätzlich von der Zentrale (ITS Central Station, ICS) über den Mobilitätsdaten Marktplatz (MDM) weiteren Informationsdiensten zur Verfügung gestellt.

Diese Anwendung ist prädestiniert, um den Hintergrund und die Idee von kooperativer Infrastruktur bekannt und populär zu machen, da ihr Nutzen für Verkehrsteilnehmer offensichtlich und nachvollziehbar ist. Auf die Warnung vor AkD sollen dann im weiteren Verlauf der Initiative weitere kooperative Anwendungen, wie die Warnung vor Arbeitsstellen längerer Dauer (AID) und Stauendwarnungen zur verbesserten Verkehrssteuerung, folgen [SAUER ET AL., 2014].

Der Pilotversuch für die infrastrukturseitigen Einrichtungen erfolgt in Hessen. Nach Installation und

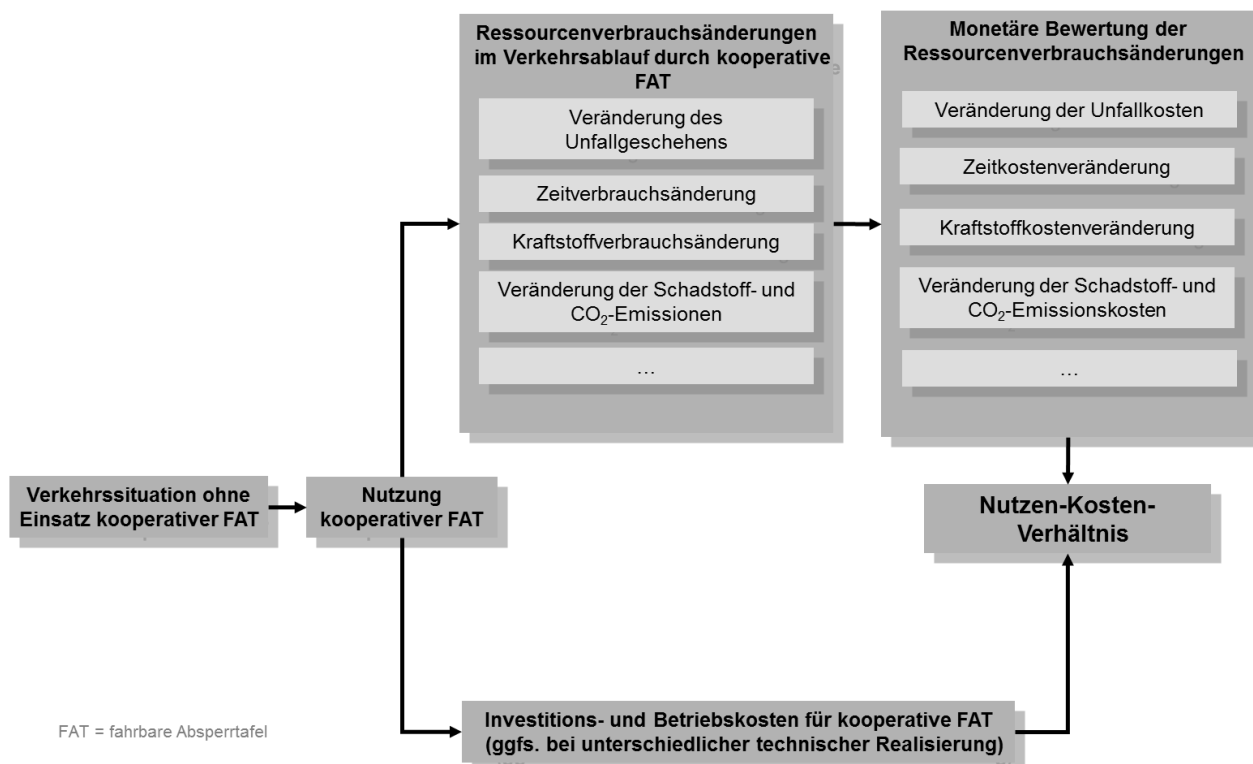


Abbildung 1: Vorgehensweise bei der Kosten-Nutzen-Analyse

---

ausführlichem Probebetrieb soll eine Ausweitung auf das Digitale Testfeld Autobahn als Teil des Korridors Rotterdam – Frankfurt/M. – Wien erfolgen. Unmittelbar anschließend erfolgt die Umsetzung im übrigen Bundesgebiet.

Der vorliegende Bericht stellt die Ergebnisse einer durchgeführten Wirtschaftlichkeitsuntersuchung zur ersten Anwendung des „kooperativen ITS Korridors“, dem Baustellenwarner vor. Ziel der Untersuchung war es festzustellen, ob die Einführung der Anwendung von kooperativen FAT wirtschaftlich sinnvoll ist und welchen Nutzen sie im Vergleich zu den aufzuwendenden Kosten gegebenenfalls erzeugt.

Wie in Abbildung 1 zu sehen ist, wurden für das genannte Ziel Ressourcenverbrauchsänderungen ermittelt und monetarisiert und den durch die Aufrüstung und Betrieb der bestehenden FAT auf kooperative FAT zusätzlichen Kosten gegenübergestellt.

Dazu wurde eine Recherche über in Zusammenhang mit AkD auftretenden Unfällen, Unfallkosten und über die Wirkung von Infrastrukturmaßnahmen auf die Sicherheit und die Effizienz des Verkehrsflusses durchgeführt. Die gewonnenen Erkenntnisse wurden daraufhin genutzt, um ein Nutzen-Kosten-Verhältnis (NKV) zu ermitteln. Dabei wurde ein Prognosehorizont bis ins Jahr 2032 gewählt.



## 2 Grundlagen und Vorgehensweise

Diese Untersuchung basiert hauptsächlich auf vorhandenen Studien zu Unfällen im Zusammenhang mit Arbeitsstellen kürzer Dauer (AkD), wie zum Beispiel der vertieften Analyse des Unfallgeschehens aus dem Projekt DIANA2 [ZIMMERMANN & CINDRIC-MIDDENDORF, 2013] oder dem BAST-Bericht V170 „Verbesserung der Sicherheit des Betriebspersonals bei Arbeitsstellen kürzerer Dauer auf Bundesautobahnen“ [ROOS ET AL., 2008]. Darüber hinaus lieferten die am Pilotversuch in Hessen oder am Digitalen Testfeld Autobahn beteiligten Institutionen und Firmen (Albrecht Consulting, Bundesanstalt für Straßenwesen, Hessen Mobil, TÜV Rheinland Consulting und Lehrstuhl für Verkehrstechnik der Technischen Universität München) Erfahrungswerte und Einschätzungen.

Wie in Abbildung 2 zu sehen ist, wurden zunächst Informationen über Kosten für FAT bzw. deren Aufrüstung, um die kooperativen Funktionen abbilden zu können, und das Unfallaufkommen auf Autobahnen, eingeholt. Diese Daten wurden anschließend durch Literaturrecherchen und Aussagen der beteiligten Experten ergänzt.

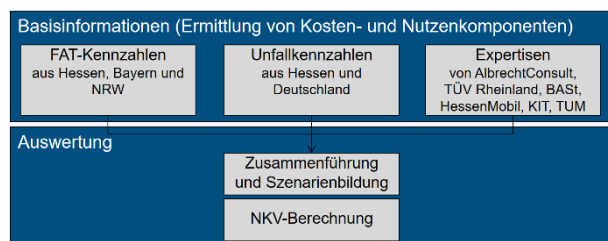


Abbildung 2: Vorgehensweise

### 2.1 Unfallsituation im Bereich von Arbeitsstellen

Die Recherchen ergaben, dass alleine in Hessen jährlich 92 Unfälle im Vorfeld von AkD auftreten. Die drei häufigsten Unfallmuster (UM) sind demnach:

- UM 1: Auffahren eines Verkehrsteilnehmers auf eine fahrbare Absperrtafel (FAT)
- UM 2: Zusammenprall von Verkehrsteilnehmern innerhalb des Verflechtungsbereiches
- UM 3: Auffahrunfall unter Verkehrsteilnehmern.

Besonders hoch sind hier die Unfallraten bei der Reduzierung der Fahrbahn um zwei Fahrstreifen [ZIMMERMANN & CINDRIC-MIDDENDORF, 2013].

Rechnet man diese Zahl auf Bundesebene hoch, indem man das gleiche Verhältnis ansetzt, das sich bei Unfällen in Arbeitsstellen ergibt (795 Unfälle in Hessen; 7.042 Unfälle in Deutschland jeweils von 2006-2009) so erhält man 815 Unfälle im Vorfeld von AkD pro Jahr. Insgesamt entfallen auf Arbeitsstellen auf deutschen Autobahnen 5% der Unfälle mit Personenschaden und auch 5% der Verunglückten. Laut ADAC gab es 2006 1.738 Unfälle mit insgesamt 21 Toten, 187 Schwerverletzten und 835 Leichtverletzten auf rund 12.500 km Autobahn-Baustellen [ASSENMACHER ET AL., 2008].

Andere Untersuchungen gehen davon aus, dass sich bis zu 7,5 % aller Unfälle auf deutschen Autobahnen im Bereich von Arbeitsstellen zutragen, wobei nur 3% der Gesamtfahrleistung in Arbeitsstellen erbracht werden. Das Risiko in einer Arbeitsstelle längerer Dauer (AID) in einen Unfall verwickelt zu werden liegt 86% höher als in Bereichen außerhalb von Arbeitsstellen. In AkD ist die Gefahr ungefähr zehn Mal so hoch [STÖCKERT, 2001].

### 2.2 Wirkungen kooperativer fahrbarer Absperrtafeln

Auf deutschen Autobahnen werden jährlich 80.000 bis 137.000 AkD eingerichtet [STÖCKERT, 2001]. Da noch keine belastbaren Erfahrungswerte über die Wirkung bzw. das Unfallvermeidungspotential kooperativer FAT vorliegen, mussten diese abgeschätzt werden. Die im Vorfeld von AkD auftretenden Unfälle lassen sich fast ausschließlich auf fehlerhaftes Fahrverhalten der Verkehrsteilnehmer zurückführen, wofür meist mangelnde Aufmerksamkeit die Ursache ist [ROOS ET AL., 2008]. Durch das frühzeitigere Informieren bzw. Warnen von Fahrern vor Arbeitsstellen werden folgende positive Wirkungen erwartet:

- verbessertes Verkehrs- und Störungsmanagement
- niedrigere Annäherungsgeschwindigkeiten
- geringere Häufigkeit abrupten Bremsens
- erhöhte Aufmerksamkeit

- 
- verbessertes Bewusstsein über die Situation der Verkehrsteilnehmer, sowie
  - reduziertes Nachgehen anderer Tätigkeiten der Fahrer [Innamaa et al., 2017].

Befragungen von Kunden von Automobilfirmen haben zusätzlich ergeben, dass kooperative Anwendungen zur Warnung vor Gefahrenstellen, wie beispielsweise Arbeitsstellen auf der Straße, von potentiellen Nutzern als leicht zu bedienen, gut nachzuvollziehen und sinnvoll erachtet werden. Allein 66% der Befragten sagten aus, dass ihre Sicherheit durch solche Warnsysteme verbessert wurde [MALONE ET AL., 2014].

Laut Untersuchungen der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) wird einer akustischen Warnung von Verkehrsteilnehmern, die sich einer Arbeitsstelle nähern, ein Unfallvermeidungspotential von 30% zugeschrieben [ROOS ET AL., 2008]. Diese Annahme wird durch die Erfahrungen bei den Auswirkungen von Überkopfsignalisierungen auf den Verkehrsablauf und Sicherheit bei AkD unterstützt. Hierbei rechnet man mit einem Reduzierungspotential in Bezug auf Unfallfolgen von sogar 50 bis 100%. Außerdem wurde bei der Wirkungsanalyse festgestellt, dass sich die früher informierten und gewarnten Verkehrsteilnehmer der AkD mit niedrigerer Geschwindigkeit nähern als bei FAT ohne Überkopfsignalisierung. Außerdem wurden Fahrstreifenwechsel früher eingeleitet, als bei konventioneller Absicherung [KEMPER ET AL., 2012].

Die Wirkungen der genannten Anwendungen basieren hauptsächlich auf der früheren und deutlicheren Warnung der Verkehrsteilnehmer vor bevorstehenden Gefahrenstellen. Die Wirkung der kooperativen FAT ist mit den aufgeführten Anwendungen zu vergleichen, weshalb das dort ermittelte Unfallvermeidungspotential von 30% auch für die kooperativen FAT angenommen wird. Da die Warnung bei kooperativen FAT wesentlich früher erfolgt, als bei der akustischen Warnung und somit abrupte Verflechtungs- und Bremsmanöver noch besser vermieden werden können, kann bei kooperativen FAT tendenziell ein noch höheres Vermeidungspotential erwartet werden. Dieser sehr zentrale Wert der Wirkungsabschätzung wurde somit in der vorliegenden Untersuchung eher defensiv angenommen.

### 3 Wirtschaftlichkeitsuntersuchung

Die in Kapitel 2 überblicksartig beschriebenen Grundlagen wurden vertieft auf Basis der Literaturrecherche, mit Daten aus Verkehrszentralen und Diskussionen mit Experten aufbereitet. Daraus konnten detaillierte Kosten- und Nutzenkomponenten ermittelt werden. Zum Teil ergaben sich dabei keine festen Werte, sondern mögliche Bereiche. In Abstimmung mit den Experten des Pilotversuchs in Hessen und des Digitalen Testfelds Autobahn wurden daraus die wahrscheinlichsten Werte ermittelt. In Fällen in denen auch durch die Expertenbefragungen keine eindeutigen Werte ermittelt werden konnten, ging die gesamte Bandbreite möglicher Werte in die weiteren Analysen ein.

Im Folgenden sind die verwendeten Werte sowohl auf Kosten- als auch auf Nutzenseite dokumentiert. Anschließend werden die Ergebnisse der Nutzen-Kosten-Berechnung dargestellt.

Die detaillierte Herleitung der Unfall- und Staukosten kann der Anlage entnommen werden.

#### 3.1 Kostenkomponenten

Die Kostenkomponenten beschreiben die Aufwände, die für die Einrichtung und den Betrieb der kooperativen FAT auf Bundesebene zu erwarten sind. Folgende Werte wurden verwendet:

- Ausstattungskosten für ein kooperatives Modul an einer FAT (ohne Anschaffungskosten für den Warnanhänger)  
(Quelle: HessenMobil, 2018)  
3.000 [€/Stück]
- Zentralenseitige Kosten für die Aufrüstung einer Verkehrsrechnerzentrale (VRZ) für kooperative Systeme.  
(Quelle: AlbrechtConsult, 2018)  
240.000 [€/VRZ]
- 2 Ausstattungsvarianten mit Verkehrsrechnerzentralen  
pro Bundesland 0,5 oder 1 [VRZ]

- Allgemeine Betriebskosten des Gesamtsystems entsprechen jährlich 10% der zentralenseitigen Kosten  
(Quelle: AlbrechtConsult, 2018)  
24.000 [€/VRZ/Jahr]
- Mobilfunkkosten pro FAT und Jahr  
(Quelle: HessenMobil, 2018 und ZVM, 2018)  
300 [€/FAT/Jahr]  
(ab 2020: 180 [€/FAT/Jahr])
- Anzahl der fahrbaren Absperrtafeln in privater und öffentlicher Hand in Deutschland  
(Quelle: HessenMobil, 2018)  
3.000 [FAT]

Es wird angenommen, dass in den Jahren 2021, 2023, 2025 und 2027 jeweils eine weitere kooperative Funktion eingeführt wird, die sich die zentralenseitigen Einrichtungen zum Teil mit den kooperativen FAT teilen. Für jedes neue System werden dabei Zusatzkosten in Höhe von 20% der zentralenseitigen Ersteinrichtung in VRZ angesetzt. Die verkehrlichen und sicherheitsrelevanten Wirkungen dieser Systeme werden jedoch nicht betrachtet, da sie nur schwer abzuschätzen wären. Da diese Wirkungen positiv wären, würde das Nutzen-Kosten-Verhältnis mit ihrer Berücksichtigung größer ausfallen.

Für die einmaligen Investitionen wird mit einem Abschreibungszeitraum von 10 Jahren und einer jährlichen Aufzinsung von 2% gerechnet.

#### 3.2 Nutzenkomponenten

Der wesentliche volkswirtschaftliche Nutzen von kooperativen FAT ergibt sich aus der erhöhten Verkehrssicherheit und der damit einhergehenden Einsparung von unfallbezogenen Kosten sowie der Reduktion von Verlustzeiten aufgrund von aus Unfällen resultierenden Staus.

Zur Ermittlung von unfallbezogenen Kosten sind verschiedene Modelle zur Kostenschätzung verfügbar. Die in Deutschland gebräuchlichen und für die vorliegende Untersuchung in Frage kommenden werden normal für den Bundesverkehrswegeplan (BVWP) [DAHL ET AL., 2016] und für Untersuchungen der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) [BAUM ET AL., 2010] verwendet.

Die beiden Modelle unterscheiden sich in Ihrer methodischen Basis. Während das Modell der BASSt nur von den direkten Schadenskosten ausgeht, wird im Modell für den BVWP zusätzlich ein Risikowert angesetzt, der abschätzt, welchen Wert die Unversehrtheit von Verkehrsteilnehmern einnimmt. Da sich die Kostensätze der beiden Modelle deutlich unterscheiden (siehe Tabelle 3-1), wurden in dieser Untersuchung beide Modelle verwendet.

Zusammen mit der jährlichen Anzahl an Unfällen im Vorfeld von AkD, die von ZIMMERMANN UND CINDRICH-MIDDENDORF [2013] bestimmt wurden und einem angenommen Unfallvermeidungspotential von 30%, das in Anlehnung an die Werte für akustische Warnungen im Rahmen des Bericht BASSt V170 [ROOS ET AL., 2008] gewählt wurde, kann somit das Kosteneinsparungspotential sowohl pro Unfall als auch pro Jahr ermittelt werden.

**Tabelle 3-1: Kostensätze BVWP [DAHL ET. AL., 2016] und BASSt [2017]**

	BVWP	BASSt
<b>Methodische Basis</b>	Schadenskosten + Risk Value	Schadenskosten
<b>Getöteter</b>	2.480.996€	1.191.937 €
<b>Schwerverl.</b>	287.635€	123.510 €
<b>Leichtverl.</b>	18.020€	5.139€
<b>Schwerer Sachs.</b>	19.741€	22.369€
<b>Leichter Sachs.</b>	5.826€	6.208€

Die Staukosten, die an Arbeitsstellen kürzerer Dauer entstehen, wurden in einer Untersuchung der Bundesanstalt für Straßenwesen ermittelt [BAUM ET AL., 2010] und für diese Untersuchung übernommen.

Folgende Werte wurden verwendet bzw. ermittelt:

- Unfallkosten im Vorfeld von Arbeitsstellen kürzerer Dauer nach BVWP  
57.043.087 [€/Jahr]
- Unfallkosten im Vorfeld von Arbeitsstellen kürzerer Dauer nach BASSt  
19.258.944 [€/Jahr]
- An Arbeitsstellen kürzerer Dauer entstehende Staukosten aufgrund von Unfällen (in Unfallkosten nach BVWP und BASSt enthalten)  
5.824.003 [€/Jahr]

- Anzahl der Unfälle im Vorfeld von Arbeitsstellen kürzerer Dauer in Deutschland pro Jahr  
3.260 [Unfälle]
- Angenommenes Unfallvermeidungspotential durch kooperative fahrbare Absperrtafeln bei ausgestatteten Fahrzeugen  
30 [%]

In dieser Berechnung wurden folgende Faktoren mangels belastbarer Werte nicht berücksichtigt:

- Synergieeffekte durch künftige intelligente Verkehrssysteme (IVS) (z.B.: Stauendwarnung, Falschfahrerwarnung)
- Wachsender Anteil automatisierter Fahrzeuge im Verkehr
- Indirekte Beeinflussung von Verkehrsteilnehmern ohne kooperative oder vernetzte Fahrzeuge
- Harmonisierungseffekte und Routenbeeinflussungen (werden erst beim Einsatz im Rahmen von Arbeitsstellen längerer Dauer erwartet)

Diese nicht berücksichtigten Faktoren reduzieren das Unfallrisiko weiter, wodurch ein zusätzlicher Anstieg des NKV zu erwarten ist.

### 3.3 Nutzen-Kosten-Verhältnis

Die zeitabhängige Berechnung des Verhältnisses der in 3.1 und 3.2 beschriebenen Nutzen- und Kostenkomponenten erfordert die Kenntnis des Anteils an Fahrzeugen, die Informationen des Systems verarbeiten können.

Zum einen können kooperative Fahrzeuge unmittelbar mit den FAT kommunizieren und zeigen Warnungen direkt an. Zum anderen können auch Fahrzeuge ohne diese technische Ausstattung über andere Wege Informationen erhalten (z.B. über den MDM) und darstellen. Beide Fahrzeugkategorien werden sowohl getrennt als auch zusammen („hybrid“) betrachtet, da sie sich im Empfangen und Verarbeiten der Informationen unterscheiden.

Die verwendeten Durchdringungsraten sind in Tabelle 3-2 dargestellt. Die Werte der Szenarien wurden wie folgt ermittelt:

- „kooperativ“: übernommen aus [ALBRECHT ET AL., 2018]
- „vernetzt“: übernommen aus BAST [2016]
- „hybrid“: berechnet aus „kooperativ“ und „vernetzt“, wobei alle kooperativen Fahrzeuge auch in der Kategorie vernetzt enthalten sind und lediglich 50% der ausschließlich vernetzten Fahrzeuge eine Warnung anzeigen.  
 $hybrid=kooperativ+50\%(vernetzt-kooperativ)$

**Tabelle 3-2: Durchdringungsraten von Fahrzeugen mit Empfang von FAT-Warnungen**

Szenario	2018	2020	2025	2030
kooperativ	1%	10%	41%	76%
vernetzt	20%	34%	70%	95%
hybrid	11%	22%	56%	86%

Während bis zum Jahr 2025 nach BVWP-Kostensätzen ohne kooperative FAT bundesweit Unfall- und Zeitkosten in Höhe von etwa 2,8 Milliarden Euro auflaufen, würden davon nach dem Szenario „hybrid“ etwa 87,5 Millionen Euro eingespart. Davon entfallen etwa 91,7% (80,2 Millionen Euro) auf Personenschäden, 5,0% (4,4 Millionen Euro) auf Sachschäden und 3,3% (2,9 Millionen Euro) auf vermiedene Stauzeiten.

Dem gegenüber stehen Kosten in Höhe von etwa 25,5 Millionen Euro für Errichtung und Betrieb des Dienstes kooperative FAT im Szenario mit 16 Zentralen. Davon entfallen etwa 39,6% (10,1 Millionen Euro) auf den Betrieb, 31,4% (8,0 Millionen Euro) auf die Aufrüstkosten der FAT, 19,7% (5,0 Millionen Euro) auf die Kommunikationskosten und 9,3% (2,4 Millionen Euro) auf zentralenseitige Kosten.

Die resultierenden Nutzen-Kosten-Verhältnisse (NKV) der drei Durchdringungsszenarien sind in den Diagrammen in Abbildung 3 für die Jahre 2018 bis 2032 dargestellt. Dabei wurde nach der Anzahl der erforderlichen Zentralen (0,5 oder 1 Zentrale je Bundesland) und zwischen den Unfallkostensätzen nach BAST und BVWP unterschieden. Zusätzlich wurde jeweils ein Mittelwert über alle vier Kombinationen ermittelt.

Es ist zu erkennen, dass die Anzahl der erforderlichen Verkehrsrechnerzentralen nur einen relativ geringen Einfluss auf das Gesamtergebnis hat. Die unterschiedlichen Unfallkostenmodelle schlagen

sich, wie bereits in 3.2 erwähnt, sehr stark in den Ergebnissen nieder.

Trotzdem werden in allen Szenarien nach einer gewissen Hochlaufzeit deutlich positive NKV erreicht. Bei Vollausrüstung würde zum Ende des Prognosehorizonts (2032) im Mittel ein NKV von 5,0 erreicht (nach BVWP: 7,3 bis 7,6; nach BAST: 2,5 bis 2,6).

Nach BVWP-Unfallkosten wird im Szenario „vernetzt“ bereits im Jahr 2019 ein NKV größer als 1,0 erreicht. Im Mittel aller Szenarien ist dieses positive NKV spätestens 2023 übertroffen. Innerhalb der ersten zehn Jahre nach der Einführung der kooperativen FAT überschreiten sämtliche Szenarien ein NKV von 4,0 nach BVWP; beim ungünstigeren Modell nach BAST wird nach zehn Jahren ein NKV von 2,0 erreicht oder überschritten.

Sämtliche Szenarien weisen den kooperativen FAT somit eindeutig positive Wirtschaftlichkeit nach.

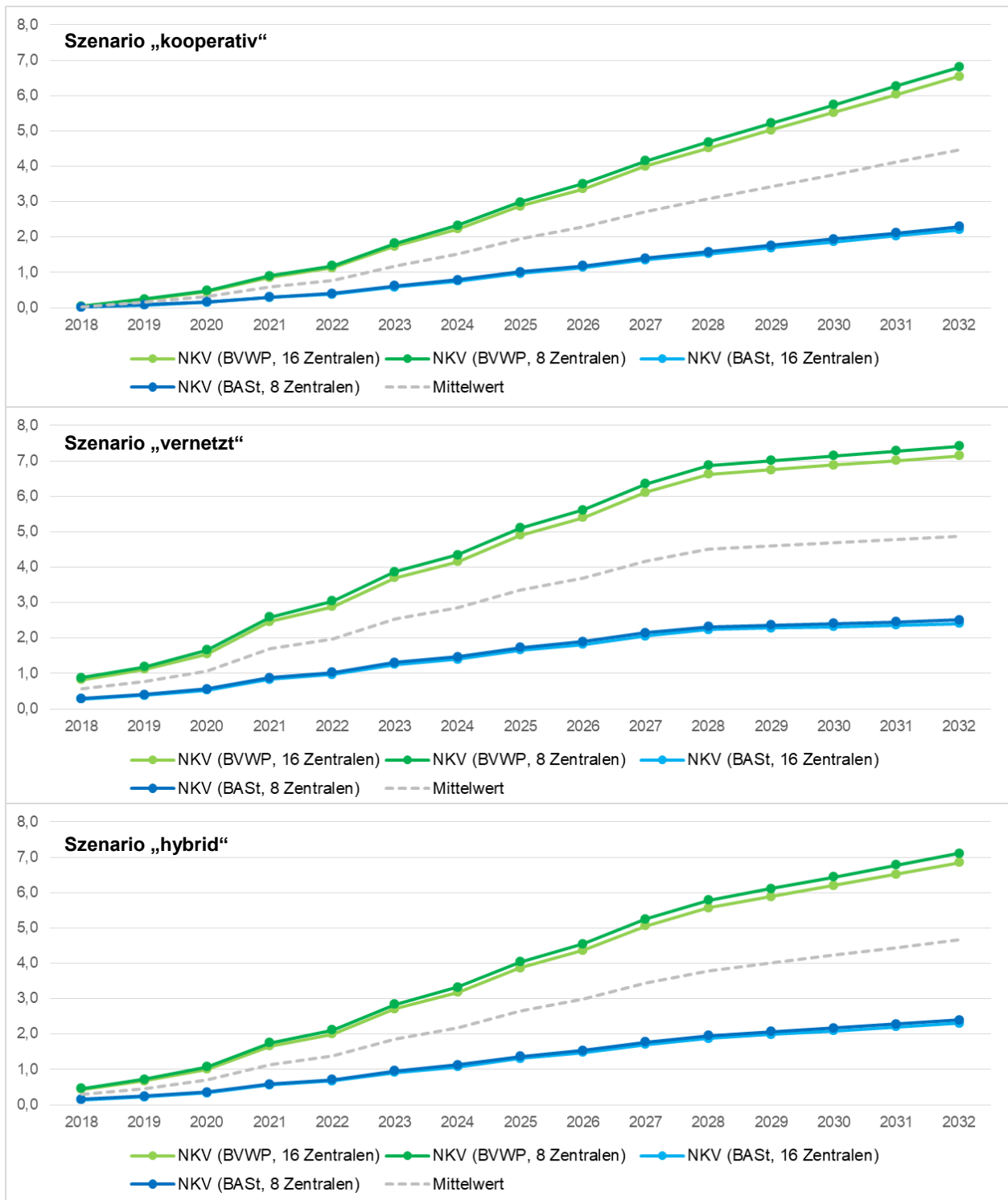


Abbildung 3: Zeitabhängige Nutzen-Kosten-Verhältnisse des Baustellenwarners für die Szenarien „kooperativ“ (oben), „vernetzt“ (Mitte) und „hybrid“ (unten)

---

## 4 Fazit und Ausblick

In der vorliegenden Untersuchung wurde die Wirtschaftlichkeit der kooperativen FAT ermittelt. Grundlage waren dabei Rechercheergebnisse vorhandener Studien und Erfahrungen zu Kosten und Nutzen des Systems. Bei Vorliegen mehrerer Werte für eine Aussage wurde dabei jeweils der konservativere gewählt, so dass die Ergebnisse der Nutzen-Kosten-Berechnung auf der „sicheren“ Seite und die tatsächlichen NKV-Werte über den ermittelten liegen dürften. Da der wesentliche Nutzen des Systems in der Unfallvermeidung liegt und für die Monetarisierung dieses Effekts zwei stark voneinander abweichende Modelle Anwendung finden, wurden beide Modelle für die Berechnung der Ergebnisse verwendet.

Alle Ergebnisse weisen dem System der kooperativen fahrbahnen Absperrtafel sehr positive NKV aus:

- $NKV > 1,0$  je nach Szenario ab 2019, im Mittel aller Szenarien ab 2023
- $NKV > 4,0$  spätestens zehn Jahre nach Einführung (nach BVWP-Unfallkosten)
- $NKV > 2,0$  spätestens zehn Jahre nach Einführung (nach BAST-Unfallkosten)
- $NKV = 5,0$  bei Vollausstattung aller Fahrzeuge (nach BVWP: 7,3 bis 7,6; nach BAST: 2,5 bis 2,6)

Die Wirtschaftlichkeit des Systems ist damit gegeben.

Zukünftig ist mit der Einführung weiterer kooperativer Dienste zu rechnen (z.B. Stauendwarnung, Falschfahrerwarnung), die eine zunehmende Akzeptanz und direkte Synergieeffekte für die Warnung mittels kooperativer FAT bedeuten werden. Diese Dienste werden den Nutzen der einzurichtenden kooperativen Verkehrszentralen und die Attraktivität des MDM steigern.

In den vorliegenden Auswertungen unberücksichtigt ist der künftig zu erwartende steigende Anteil an automatisierten Fahrzeugen. Diese Fahrzeuge werden eine direktere Reaktion und damit eine bessere Wirkung auf Warnmeldungen erzeugen. In der Zwischenzeit ist davon auszugehen, dass auch nicht ausgestattete Fahrzeuge indirekt positiv beeinflusst werden.

## 5 Literatur

- ALBRECHT, H.; AL-GAZALI, O.; GABLONER, S.; SCHULZ, W.H. [2018]: Untersuchung zum Marktdesign kooperativer Systeme zur Erhöhung der Verkehrssicherheit. Schlussbericht zum Forschungs- und Entwicklungsvorhaben der Bundestanstalt für Straßenwesen, FE 82.0571/2012.
- ASSENMACHER, S.; NEUHERZ, M.; OBERT, G. [2008]: DIWA - Direkte Warnung und Information für Autofahrer. Schnellere und genauere Warnung für Autofahrer durch digitalen Rundfunk. Projektbericht.
- BAST [2016]: Jahresbericht 2015 / 2016. Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Heft A38.
- BAST [2017]: Volkswirtschaftliche Kosten von Straßenverkehrsunfällen in Deutschland - 2015. Abgerufen unter [www.bast.de](http://www.bast.de) am 23.01.2018.
- BAUM, H.; KRANZ, T.; WESTERKAMP, U. [2010]: Volkswirtschaftliche Kosten durch Straßenverkehrsunfälle in Deutschland. Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Heft M208.
- DAHL, A.; KINDL, A.; WALTHER, C.; PAUFLER-MANN, D.; ROOS, A.; WAßMUTH, V.; WEINSTOCK, F.; RÖHLING, W.; MANN, H.-U. [2016]: Methodenhandbuch zum Bundesverkehrswegeplan 2030. Bericht zum FE-Projekt-Nr. 97.358/2015 des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur.
- GEISTEFELDT, J.; LOHOFF, J. [2011]: Stausituation auf den Autobahnen in Nordrhein-Westfalen. Studie im Auftrag des Ministeriums für Wirtschaft, Energie, Bauen, Wohnen und Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen, Ruhr Universität Bochum.
- INNAMAA, S.; KOSKINEN, S.; KAUVU, K. [2017]: Nordic Way. Evaluation Outcome Report Finland
- KEMPER, D.; OESSER, M.; BAIER, M.M.; KLEMPES-KOHNEN, A.; KATHMANN, T.; ROGGENENDORF, S. [2012]: Auswirkungen von Überkopfsignalisierungen auf Verkehrsablauf und Sicherheit bei Arbeitsstellen kürzerer Dauer. Schlussbericht.
- MALONE, K.; RECH, J.; HOGEMA, J.; INNAMAA, S.; HAUSBERGER, S.; DIPPOLD, M.; VAN NOORT, M.; DE FEIJTER, E.; RÄMÄ, P.; AITTONIEMI, E.; BENZ, T.; BURCKERT, A.; ENIGK, H.; GIOSAN, I.; GOTSCHOL, C.; GUSTAFSSON, D.; HEINIG, I.; KATSAROS, K.; NEEF, D.; OJEDA, L.; SCHINDHELM, R.; SÜTTERLEIN, C.; VISINTAINER, F. [2014]: Drive C2X - Accelerate cooperative mobility. Impact Assessment and User Perception of Cooperative Systems.
- ROOS, R.; ZIMMERMANN, M.; CYPRA, T.; RIFFEL, S.B. [2008]: Verbesserung der Sicherheit des Betriebspersonals in Arbeitsstellen kürzerer Dauer auf Bundesautobahnen. Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, V 170.
- SAUER, K.; LOTZ-KEENS, C.; HERB, T. [2014]: Einführung kooperativer Systeme in Deutschland (C-ITS Corridor). In: *Straßenverkehrstechnik* (10).
- SCHULZ, W.H.; JOISTEN, N.; MAINKA, M. [2013]: Wirkungen von sim<sup>TD</sup> auf die Verkehrssicherheit und die Verkehrseffizienz. Deliverable D5.5: TP5-Abschlussbericht -Teil B-1B des Forschungsprojekts Sichere Intelligente Mobilität - Testfeld Deutschland. Version 1.0 vom 24.06.2013.
- STÖCKERT, R. [2001]: Auswirkungen von Arbeitsstellen kürzerer Dauer auf Autobahnen auf Sicherheit und Wirtschaftlichkeit des Verkehrsablaufes. Darmstadt.
- ZIMMERMANN, M.; CINDRIC-MIDDENDORF, D. [2013]: Verkehrssicherheit an Arbeitsstellen kürzerer Dauer in Bezug zu Verkehrsleistung und Arbeitsstellendauer. In: *Straßenverkehrstechnik* (9), S. 18–28.



## A Anhang: Herleitung von Unfall- und Staukosten

Im Kapitel 3.2 wurden aus Gründen der Übersichtlichkeit die Unfallkosten im Vorfeld von AkD und die Staukosten aufgrund von Unfällen an AkD nur aggregiert aufgenommen. Im Folgenden werden die zugrundeliegenden Werte und Berechnungsschritte dazu dargestellt.

### A.1 Unfallkosten im Vorfeld von Arbeitsstellen kürzerer Dauer nach BVWP

#### A.1.1 Unfallzahlen im Bereich von AkD in Hessen auf der Basis einer vierjährigen Untersuchung (2006-2009)

Tabelle A-1: Unfallzahlen im Bereich von AkD in Hessen (2006-2009) (Quelle: [ZIMMERMANN UND CINDRIC-MIDDENDORF, 2013])

Unfallmuster 1: Anprall auf Absperrung der AkD	106 Unfälle (26,5 Unfälle/Jahr)
Unfallmuster 2: Zusammenprall bei Verflechtung	144 Unfälle (36 Unfälle/Jahr)
Unfallmuster 3: Auffahren auf andere Fahrzeuge	118 Unfälle (29,5 Unfälle/Jahr)
Gesamt	368 Unfälle (92 Unfälle/Jahr)

#### A.1.2 Unfallzahlen mit FAT-Beteiligung auf Basis einer neunjährigen Untersuchung (1997-2005)

Tabelle A-2: Anzahl der Unfallfolgen mit FAT-Beteiligung nach Unfallmuster 1 (Quelle: [ROOS ET AL., 2008])

Getötete	21
Schwerverletzte	95
Leichtverletzte	235
Schwere Sachschadensunfälle	101
Leichte Sachschadensunfälle	499
Gesamt	951

### A.1.3 Unfallkosten nach BVWP

Unfallkosten nach Unfallfolge

Tabelle A-3: Unfallkosten nach BVWP nach Unfallfolge (Quelle: [DAHL ET AL., 2016]) inklusive Sachschadenskosten (Quelle: [SCHULZ ET AL., 2013])

Je Getötete(m)	2.525.547,00€
Je Schwerverletzte(m)	308.998,00€
Je Leichtverletzte(m)	32.342,00€
Je schwerem Sachschadensunfall	19.741,00€
Je leichtem Sachschadensunfall	5.826,00€

### A.1.4 Zeitkosten nach BASt M208

Tabelle A-4: Zeitkosten nach BASt nach Unfallfolge (Quelle: [BAUM ET AL, 2010])

Je Getötete(m)	7.721,87€
Je Schwerverletzte(m)	9.027,27€
Je Leichtverletzte(m)	6.417,88€
Je schwerem Sachschadensunfall	6.953,09€
Je leichtem Sachschadensunfall	0,00€

### A.1.5 Unfallkosten pro Unfall mit FAT-Beteiligung

Tabelle A-5: Unfallkosten (inkl. Zeitkosten) pro Unfall mit FAT-Beteiligung nach Unfallmuster

Unfallmuster 1: Anprall auf Absperrung der AkD	103.168,45€
Unfallmuster 2: Zusammenprall bei Verflechtung	25.285,77€
Unfallmuster 3: Auffahren auf andere Fahrzeuge	94.399,13€

(Berechnet aus der Summe der Produkte von Tabelle A-2 und der Summe aus Tabelle A-3 und Tabelle A-4 dividiert durch die Gesamtanzahl aus Tabelle A-2 (Unfallmuster 1) bzw. Multiplikation des Wertes für Unfallmuster 1 mit Kostenfaktoren 0,248 (Unfallmuster 2) bzw. 0,915 (Unfallmuster 3) (Berechnet aus Datensätzen zu [ZIMMERMANN UND CINDRIC-MIDDENDORF, 2013]).

### A.1.6 Jährliche Kosten durch Unfälle an AKD

Jährliche Kosten (inkl. Zeitkosten) durch Unfälle an AkD in Hessen: 6.439.825,95€

(Berechnet aus der Summe der Produkte von Tabelle A-1 und Tabelle A-5).

Jährliche Kosten (inkl. Zeitkosten) durch Unfälle an AkD in Deutschland: 57.043.087,26€

(Berechnet aus dem Produkt der jährlichen Kosten durch Unfälle an AkD in Hessen mit dem Quotienten aus Unfällen in Arbeitsstellen in Deutschland (3.260) und Unfällen in Arbeitsstellen in Hessen (368) in den Jahren 2006-2009.)

## A.2 Unfallkosten im Vorfeld von Arbeitsstellen kürzerer Dauer nach BAST

### A.2.1 Unfallkosten pro Unfall mit FAT-Beteiligung

**Tabelle A-6: Unfallkosten pro Unfall (inkl. Zeitkosten) mit FAT-Beteiligung nach Unfallmuster**

Unfallmuster 1: Anprall auf Absperrung der AkD	31.448,31€
Unfallmuster 2: Zusammenprall bei Verflechtung:	13.169,54€
Unfallmuster 3: Auffahren auf andere Fahrzeuge	29.380,91€

### A.2.2 Jährliche Kosten durch Unfälle an AkD

Jährliche Kosten (inkl. Zeitkosten) durch Unfälle an AkD in Hessen: 2.174.220,47€

(Berechnet aus der Summe der Produkte von Tabelle A-1 und Tabelle A-6).

Jährliche Kosten durch Unfälle an AKD in Deutschland: 19.258.944,10€

(Berechnet aus dem Produkt der jährlichen Kosten durch Unfälle an AKD in Hessen mit dem Quotienten aus Unfällen in Arbeitsstellen in Deutschland und Unfällen in Arbeitsstellen in Hessen in den Jahren 2006-2009.)

## **Anlage 6**

Telematische Falschfahrerwarnsysteme auf dem Digitalen

Testfeld Autobahn A9

– Ergebnisbericht einschließlich Ausblick

# **Telematische Falschfahrerwarnsysteme auf dem Digitalen Testfeld Autobahn A9**

## **Ergebnisbericht einschließlich Ausblick**

### I. Einleitung

Auf dem Digitalen Testfeld Autobahn (DTA) A9 zwischen München und Nürnberg wurden seit dem Jahr 2015 an drei Anschlussstellen drei infrastrukturseitige Falschfahrerwarnsysteme unterschiedlicher Hersteller durch ein externes Ingenieurbüro untersucht. Im Rahmen der Untersuchung wurden neben den Ergebnissen von Kurzzeitbeobachtungen auch Sondersituationen sowie Langzeitbeobachtungen ausgewertet. Der Schlussbericht [1] zu diesem Projekt liegt seit dem Frühjahr 2018 vor.

Basierend auf dem Schlussbericht sowie weiteren Erkenntnissen und Erfahrungen aus dem Digitalen Testfeld Autobahn werden hier im Ergebnisbericht der aktuelle Sachstand bzgl. Falschfahrer bzw. Falschfahrerwarnanlagen dargestellt sowie ein Ausblick über die zukünftige Entwicklung in diesem Themenbereich gegeben. Abschließend wird eine gesamthafte Wertung vorgenommen.

### II. Ausgangssituation

Grundsätzlich lässt sich zu Falschfahrten konstatieren, dass diese relativ seltene Ereignisse sind, jedoch beim Auftreten einen relativ hohen Schaden verursachen können. Basierend auf den Ergebnissen von verschiedenen Studien treten ca. 2.000 „gemeldete“ Falschfahrten pro Jahr auf.

Im Jahr 2016 wurde in der amtlichen Straßenverkehrsunfallstatistik die „Falschfahrt auf Straßen mit nach Fahrtrichtung getrennten Fahrbahnen“ als neue Unfallursache bundesweit eingeführt. Danach wurde 2016 auf Autobahnen bei 37 Kraftfahrzeugführern (Hauptverursacher von Unfällen mit Personenschaden) diese Ursache polizeilich registriert. Bei diesen Unfällen wurden insgesamt 11 Personen getötet, 20 schwer- und weitere 42 leicht verletzt. Das entspricht 0,2 Prozent der Unfälle mit Personenschaden und 2,8 Prozent der Getöteten auf Autobahnen [2].

Unfälle aufgrund von Falschfahrten sind somit sehr seltene Ereignisse, bei denen meist ganz spezielle Umstände eine Rolle spielen, die sich mit den im Rahmen der amtlichen Unfallstatistik erfassten Daten nicht im Detail beschreiben lassen.

In einigen Bundesländern werden zudem separate Listen mit Falschfahrtereignissen und -unfällen geführt. Auch die Erhebungen in den Ländern untermauern, dass es sich bei Unfällen aufgrund von Falschfahrten um vergleichsweise seltene, wenn auch relativ schwere, Unfallereignisse handelt. Auf Basis von Daten aus sechs Bundesländern [3], die der BASt für das Jahr 2006 vollständig gemeldet wurden, waren 0,3 Prozent der Unfälle mit Personenschaden auf Autobahnen „Falschfahrerunfälle“. Eine neuere Datenerhebung der Jahre 2008 bis 2010 bestätigt die Werte von 2006, wobei der Anteil der Unfälle mit Personenschäden mit etwa 0,2 Prozent sogar noch etwas niedriger liegt und damit etwa beim Wert der amtlichen Straßenverkehrsunfallstatistik für das Jahr 2016. Insgesamt machten in dieser Datenerhebung Falschfahrerunfälle auf Autobahnen einen Anteil von etwa 0,05% an allen Unfällen (Personen- und Sachschaden) auf Autobahnen aus. Der volkswirtschaftliche Schaden durch diese Unfälle im Jahr 2016 beträgt 17,2 Mio. € (basierend auf [4]).

Weitere wissenschaftliche Untersuchungen (wie auch in [3] dargestellte) haben gezeigt, dass bei den Falschfahrten, die erfasst und belegt werden konnten, Autobahnanschlussstellen mit

etwa einem Drittel am häufigsten Ausgangspunkt für Falschfahrten zu sein scheinen. Es sind jedoch auch andere Ausgangspunkte betroffen (knotenpunktfreie Strecke 15%, Autobahnkreuze, -dreiecke 5% und Tank-/Rastanlagen 4%, Autobahn-Anfang 1,5% sowie andere Ausgangspunkte 2%). Zudem ist festzuhalten, dass in 40% der Fälle keine Informationen über den Ausgangspunkt vorlagen.

Eine räumliche Häufung von Falschfahrten an bestimmten Auf- und Abfahrten bzw. Raststätten (Hotspots) konnte in den bisherigen Statistiken ebenfalls nicht signifikant nachgewiesen werden.

Wenn Falschfahrten als Ausgangspunkt eine Anschlussstelle hatten, tritt mit ca. 61% am häufigsten das falsche Einfahren in die Ausfahrtrampe auf [3], wobei das Fehlverhalten im falschen Abbiegen aus dem nachgeordneten Straßennetz oder einem falschen Fahrstreifenwechsel im Bereich der Rampen liegt. Ein weiterer Teil (ca. 11%) fährt zunächst korrekt über die Einfahrtrampe auf und biegt dann nach links falsch in die Hauptfahrbahn der Autobahn ein [3]. Bei den restlichen ca. 28% konnte keine Aussage getroffen werden. Das zeigt, dass Maßnahmen an bestimmten Örtlichkeiten, wie etwa in der Ausfahrtrampe einer Anschlussstelle, allenfalls auf eine Teilmenge der Falschfahrten einwirken können. Überdies sind die Voraussetzungen zur Beseitigung einer Gefahrenlage durch eine Falschfahrt nicht immer gegeben, wie etwa bei einer vorsätzlich oder mutwillig durchgeführten Falschfahrt. Auf diese Teilmenge werden verkehrstechnische Maßnahmen, die auf den Falschfahrer visuell oder haptisch einwirken, grundsätzlich keinen positiven Effekt haben. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass ein nicht unerheblicher Anteil der Falschfahrten vorsätzlich, mutwillig oder unter besonderen persönlichen Zuständen (z.B. Wenden, Suizid, Mutprobe, Fahren unter erheblichem Alkoholeinfluss) durchgeführt wird. So standen 18% der Falschfahrer unter Einfluss berauschender Mittel [3].

Zudem zeigte sich im Rahmen von Versuchen mit aufmerksamkeitssteigernden Maßnahmen, die das Verbot der Einfahrt visuell hervorheben sollten, dass diese selbst bei Personen ohne besondere persönliche Zustände grundsätzlich bestenfalls in beschränktem Maße geeignet sind, das falsche Einfahren auf die Autobahn zu unterbinden. Vergleichsweise banale persönliche Motive (z.B. Erreichen des eigenen Ziels oder Umgehen eines Staus) in Verbindung mit einer mangelnden Gefahreinschätzung und/oder einer subjektiv empfundenen geringen Entdeckungswahrscheinlichkeit scheinen durchaus geeignet, dass sich Verkehrsteilnehmer dem Verbot der Einfahrt widersetzen und eine Falschfahrt begehen. Dementsprechend können visuell oder haptisch wirkende Maßnahmen das maximale Vermeidungspotential nicht erreichen.

Zur Verringerung der Falschfahrerunfälle wurden unter Federführung der BAST in jüngerer Vergangenheit bereits verschiedene Maßnahmen entwickelt und den Ländern zur Verfügung gestellt (siehe Kapitel V).

### III. Falschfahrerwarnsysteme auf dem DTA

Die an den drei Anschlussstellen Eching, Garching Nord und Garching Süd auf der BAB 9 installierten Falschfahrerwarnanlagen detektieren die Bewegungsrichtung eines Fahrzeuges im Bereich der Ausfahrtrampe einer Anschlussstelle und entscheiden auf dieser Grundlage, ob es sich um einen Falschfahrer handelt oder nicht. Die Detektion erfolgte bei den Systemen auf Basis unterschiedlicher Verfahren: Funkfeld, Doppelinduktionsschleife mit Radarsensor sowie ein Tracking-Radar. Auf Basis des Detektionsergebnisses wird der Falschfahrer durch verschiedene Leuchtzeichen visuell auf seinen Fehler aufmerksam gemacht. Bei der Untersuchung ging es ausschließlich um die Detektion von Falschfahrten und nicht um die nachgelagerte Signalisierung des Ereignisses. Alle von den Systemen detektierten Ergebnisse wurden auf Speichermedien zur späteren Auswertung aufgezeichnet. Neben den detektierten Ergebnissen wurden durch die jeweiligen Betreiber der drei Systeme auch sogenannte Keep-Alive

Meldungen (mindestens alle 5 Minuten) aufgezeichnet und in regelmäßigen Abständen (i.A. wöchentlich) übermittelt. Durch diese Keep-Alive Meldungen konnte die Verfügbarkeit der unterschiedlichen Systeme evaluiert werden. Zusätzlich wurde an jeder der drei Anschlussstellen ein Referenzsystem, bestehend aus jeweils zwei Videokameras zur Überwachung der Ausfahrtrampen, eingerichtet. Durch dieses System wurden sekundlich Bilder aufgenommen und ebenfalls auf einem Speichermedium für die nachgelagerte Evaluierung gespeichert.

Im Rahmen der Evaluierung der drei Falschfahrerwarnanlagen wurden neben Kurz- und Langzeitbeobachtungen auch Sondersituationen einbezogen. Die Kurzzeitbeobachtungen erfolgten jeweils unter Sperrung der Ausfahrt der jeweiligen Anschlussstelle durch die Autobahnmeisterei. Dabei erfolgten zu zwei unterschiedlichen Zeitpunkten gezielte Falschfahrten mit zwei unterschiedlichen Fahrzeugklassen in der jeweiligen Ausfahrtrampe. Bei den Sondersituationen wurden bei einer Messkampagne zu den Kurzzeitbeobachtungen jeweils verschiedene Situationen, z.B. stehendes Fahrzeug in der Rampe und zweites Fahrzeug fährt vorbei (jeweils Falsch- und Normalfahrt) sowie Stop-and-Go Situation gezielt im Detektionsbereich der Anlagen, nachgestellt. Durch die Langzeitbeobachtung (ca. 40 Kalenderwochen) konnten Zeiten der Nichtverfügbarkeit der Systeme u.a. durch System- oder Stromausfälle sowie mögliche Fehldetektionen der Systeme evaluiert werden.

Nach der ersten Messkampagne der Kurzzeitbeobachtung sowie auch der Langzeitbeobachtung wurde den Herstellern der Falschfahrerwarnanlagen die Möglichkeit eingeräumt, unter dem Eindruck der bis zu diesem Zeitpunkt erzielten Ergebnisse, durch ein Update die Falschfahrerwarnanlagen umzurüsten sowie zu optimieren. Nach der Optimierungsphase durch die Systembetreiber hat sich die Verfügbarkeit der Anlagen deutlich verbessert. Allerdings wurde bei dieser Untersuchung zur Systemverfügbarkeit bei den Ursachen für die Ausfälle nicht zwischen Komponenten der Falschfahrerwarnsysteme, der Datenübertragung oder der Energieversorgung unterschieden.

Bei der zweiten Messkampagne der Kurzzeitbeobachtung wurden systemseitig alle tatsächlichen Falschfahrten auch als Falschfahrten und alle Normalfahrten während der Messkampagne auch als Normalfahrten erkannt. Aus der Messkampagne zu den Sondersituationen lassen sich folgende Ergebnisse ableiten:

Nicht alle Sondersituationen wurden durch die Systeme richtig zugeordnet, u.a. führten rückwärts rollende Fahrzeuge im Detektionsbereich teilweise zu Fehldetektionen. Auch ein vollständig im Detektionsbereich abgestelltes Fahrzeug verhinderte die Erkennung einer Falschfahrt. Die Fahrbewegungen zur Abbildung von Sondersituationen wurden durch die Falschfahrerwarnanlagen aber größtenteils richtig erfasst.

Im Rahmen der Langzeitbeobachtung zeigten sich Auffälligkeiten hinsichtlich der Systemverfügbarkeit. Die Zeiten der Nichtverfügbarkeit betragen für alle Systeme jeweils ca. 1% der betrachteten Zeiträume. Die Ursachen für die Nichtverfügbarkeit konnten aber aufgrund der Untersuchungsmethodik nicht einer einzelnen Komponente des Gesamtsystems zugeordnet werden. Daher wurde im Schlussbericht der Evaluierung [1] vorgeschlagen, die bisherigen Keep-Alive Meldungen zum Beispiel auf Basis der Funktionsmeldungen aus der Eigenüberwachung des Systems zu erweitern. Neben dem eigentlichen System ist bei der Systemverfügbarkeit auch die Energieversorgung sowie Datenanbindung zu berücksichtigen. In beiden Fällen sollte ebenfalls ein Wert von 100% angestrebt werden. Daraus würde u.a. resultieren, dass die Hersteller der Falschfahrerwarnanlagen unter Berücksichtigung der jeweiligen Systemleistung eine adäquate alternative Stromversorgung ihrer Systeme vorschlagen sollten, um einen noch zu definierenden Zeitraum zu überbrücken. Ebenso ist die bisher gewählte Datenübermittlung über Mobilfunk anfällig für Störungen. Daher sollten durch die Hersteller der Systeme auch bzgl. der Datenübertragung (u.a. Priorisierung des Datentransfers) Verbesserungsvorschläge

unterbreitet werden. Bei einem möglichen Dauereinsatz muss durch die Hersteller ein Verfahren vorgeschlagen werden, das den Nachweis der Systemverfügbarkeit auf allen Systemebenen in Echtzeit bietet.

Ebenfalls negativ zu bewerten ist, dass bei der Langzeitbeobachtung einige Falschfahrtereignisse registriert wurden, die nicht als solche zu werten sind. Dazu gehören vor allem Stausituationen sowie Arbeiten des Straßenbetriebsdienstes (z.B. Mäharbeiten). Des Weiteren werden durch die Systeme auch Einsatzfahrzeuge, u.a. die die Ausfahrtrampe in verkehrter Richtung bei gesperrter Hauptfahrbahn befahren, „richtigerweise“ als Falschfahrt erkannt.

Insgesamt ist die daraus resultierende relativ hohe Fehlalarmquote als besonders kritisch zu werten, da diese negative Auswirkung auf die beim Verkehrsteilnehmer wichtige „Glaubwürdigkeit“ und somit auch auf die Wirksamkeit einer Falschfahrtermeldung hat.

Vor einem Regelbetrieb der Falschfahrerwarnanlagen wäre deshalb zunächst zu klären, ob bei Unterhaltungsarbeiten regelmäßig auftretende und momentan als Falschfahrt detektierte Ereignisse vermieden werden können. Zwar könnten mögliche unerwünschte Fehldetektionen, etwa durch Mähfahrzeuge, ausgeschlossen werden, indem beispielsweise der Geschwindigkeitsbereich bis ca. 10 km/h über eine definierte Weglänge unberücksichtigt bleibt. Dies hätte aber den Nachteil, dass zum einen sehr langsam fahrende tatsächliche Falschfahrer nicht erkannt würden und zum anderen andere Betriebsfahrzeuge der Straßenbaubehörde sowie Fahrzeuge diverser Einsatzkräfte (Polizei, Feuerwehr u.a.), die mit höheren Geschwindigkeiten fahren, weiterhin fehlerhaft detektiert würden. Zwar wären hier weitergehende technische Ansätze denkbar, diese wären aber noch zu entwickeln und würden eine weitere potentielle Fehlerquelle bei der Detektion darstellen sowie zusätzliche neue zulassungsrechtliche Fragen aufwerfen.

Der Umstand, dass es weiterhin zu einer nicht geringen Anzahl an Auslösungen z.B. durch Einsatzfahrzeuge kommen kann, ist umso wichtiger, da im Regelbetrieb nicht nur ein Kraftfahrer durch visuelle Hinweise zum Abbruch seiner Falschfahrt aufgefordert werden soll, sondern insbesondere auch die sich der betroffenen Anschlussstelle auf der Richtungsfahrbahn nähernden Kraftfahrer gewarnt werden sollen. Beim Befahren der Anschlussstelle in falscher Richtung durch Einsatzfahrzeuge ist zwar davon auszugehen, dass der Bereich der Anschlussstelle zu diesem Zeitpunkt infolge der Ereignisse gesperrt ist, dennoch sind Situationen, in denen eine spontane Fahrt eines Einsatzfahrzeuges in falscher Richtung durch eine Anschlussstelle auftritt, denkbar. Um in solchen Fällen keine Falschfahrtermeldungen zu generieren, könnten neben aufwendigen, infrastrukturseitigen, technischen Lösungen auch die jeweiligen Einsatzkräfte bei ihren Leitstellen die anstehenden Falschfahrten anmelden. Daraus resultiert jedoch zwangsläufig auch ein nicht unerheblicher administrativer sowie personeller Aufwand, der zudem mit einer Fehlerquote behaftet ist. Auch eine denkbare alternativ in den Einsatzfahrzeugen positionierte On-Board-Unit (Kommunikationseinheit), welche die Anmeldung des entsprechenden Fahrzeugs am Falschfahrerwarnsystem übernimmt, wäre, neben dem hohen technischen Aufwand, erst bei Vollausrüstung aller mit Sonderrechten ausgestatteten Fahrzeuge ein zuverlässiger Ansatz. Diese „Vollausrüstung“ ist aber vor dem Hintergrund der zahlreichen mit Sonderrechten beliehenen Institutionen und Fahrzeugen in absehbarer Zeit nicht vorstellbar.

Der Evaluationsbericht, der sich primär auf die technischen Ergebnisse bezieht, stützt die oben dargestellten Argumente. Im Fazit des Berichts werden neben den Schwächen der Energieversorgung und Datenübertragung auch weitere Punkte aufgeführt, die zur Verbesserung des Systems umgesetzt und dann ggf. auch wieder in einem Feldtest erprobt werden müssten. Dazu gehört, dass die Erfassungszuverlässigkeit bei der Weiterentwicklung des Detektionsprinzips bzw. des Auswertungsverfahrens mit Blick auf die Ergebnisse der Langzeitbeobachtung und der Untersuchung der Sondersituationen insbesondere auf die Vermeidung einer

Fehldetektion bei Stausituationen mit zurückrollenden Fahrzeugen berücksichtigt werden sollte. Zudem sollte der Einfluss von im Detektionsbereich abgestellten Fahrzeugen auf die Nichterkennung eines Falschfahrtereignisses minimiert werden.

Aufgrund der Ergebnisse aus der Untersuchung auf dem DTA ist eine direkte Einleitung der ursprünglich geplanten zweiten Phase mit der Warnung der richtig fahrenden Verkehrsteilnehmer nicht realisiert worden. Ein genehmigtes Forschungsprojekt, welches sich mit der Entwicklung eines am Fahrbahnrand aufgestellten Systems zur Warnung der Verkehrsteilnehmer sowie eines Systems zur Warnung der Falschfahrer im Bereich der Abfahrt befassen sollte, wurde aufgrund der bisherigen Ergebnisse ebenfalls noch nicht ausgeschrieben.

Aus Sicht der BASt ist insgesamt eine Fortführung der Erprobung auf dem DTA als nicht zielführend zu bewerten. Zum einen da die bisherigen Ergebnisse gezeigt haben, dass alle Systeme fehleranfällig sind und diese auch mit weiteren technischen Optimierungen mit erheblichem Mehraufwand nicht gänzlich beseitigt werden können. Zum anderen sprechen die in den folgenden Abschnitten dargestellten Überlegungen gegen eine Fortführung der Erprobung auf dem DTA.

#### IV. Warnung anderer Verkehrsteilnehmer und Detektionsgenauigkeit

Durch die besonderen Umstände von Falschfahrten (sehr seltene Ereignisse, Unfälle jedoch relativ folgeschwer) sind hohe Anforderungen an Detektionsgüte, Zuverlässigkeit und Systemverfügbarkeit zu stellen, damit das seltene Ereignis verlässlich erkannt wird und sich eine Wirkung der Anlagen einstellen kann. Grundsätzlich ist vor dem Hintergrund der unmittelbaren Unfallvermeidung zwar eine nicht detektierte Falschfahrt kritischer zu bewerten als ein Fehlalarm (falsche Falschfahrerdetektion). Zu häufige Fehlalarme führen jedoch zum Vertrauensverlust der Verkehrsteilnehmer in die Glaubwürdigkeit solcher Systeme und letztlich zu deren Nichtbeachtung und Wirkungslosigkeit. Außerdem kann eine Warnung bei den auf der Richtungsfahrbahn fahrenden Verkehrsteilnehmern kritische Fahrmanöver, wie plötzliches Bremsen oder Fahrstreifenwechsel, hervorrufen und so die Verkehrssicherheit gefährden.

Bei Systemen, die lediglich den Falschfahrer in der Ausfahrtrampe adressieren und nicht den Verkehr auf der Richtungsfahrbahn warnen, könnte eine Fehlalarmrate bis zu einem gewissen Grad in Kauf genommen werden, wenn dafür eine hohe Detektionsgüte bei den Falschfahrten gewährleistet ist. Dagegen müssten Systeme, die zusätzlich den Verkehr auf der Richtungsfahrbahn wahrnehmen, neben einer hohen Detektionsrate bei den Falschfahrten auch extrem geringe bzw. keine Fehlalarmraten aufweisen.

Im Rahmen der Erprobung der unterschiedlichen Falschfahrerdetektionssysteme auf dem DTA hat sich gezeigt, dass keines dieser Systeme den Anforderungen im ausreichenden Maß standhalten konnte. Auf Basis der Ergebnisse aus [1] (4 Fehldetektionen in 39 Wochen u.a. infolge von Stau an einer AS sowie 12 Fehldetektionen durch Unterhaltungsarbeiten und Einsatzfahrzeugen an zwei AS'n) ergäben sich bei einer Hochrechnung auf das gesamte Autobahnnetz (2.254 Anschlussstellen unter der Annahme mit je zwei Ausfahrtrampen und weiteren 2.075 Autobahnrastanlagen (Stand: September 2016)) jährlich bundesweit 11.700 Fehlalarme durch Stau und 35.100 Fehlalarme durch Unterhaltungsarbeiten und Einsatzfahrten. Dies würde bedeuten, dass pro Tag im Bundesgebiet ca. 128 Fehlalarme zu erwarten wären.

#### V. Gesamtbewertung



Die BASt ist unter Berücksichtigung der Besonderheiten des Unfallgeschehens von Falschfahrern der Ansicht, dass an Autobahnanschlussstellen eine unter Beachtung des bestehenden technischen Regelwerks ausgeführte eindeutige, unmissverständliche Verkehrsführung bereits einen effizienten Beitrag zur Verhinderung von Falschfahrten leistet. Um im verkehrstechnischen Bereich weitere Verbesserungen zu erreichen, werden grundsätzlich Maßnahmen präferiert, die unbeabsichtigte Falschfahrten erst gar nicht entstehen lassen. Es wird daher als zielführend erachtet, dem Verkehrsteilnehmer eine Situation anzubieten, in der er intuitiv richtig fährt. Von Bedeutung sind hierbei neben der baulichen Ausführung vor allem die Beschilderung und Markierung. Die aktuell in der Fertigstellung begriffenen "Richtlinien für die Markierung von Straßen" wurden u. a. mit dem Ziel fortgeschrieben, eine bessere optische Führung im Bereich der Knotenpunkte an der Verknüpfung der Autobahnzufahrten mit dem nachgeordneten Netz zu ermöglichen. Vorab erfolgten bereits mit Schreiben vom 28.10.2014 (AZ: StB 11/7123.5/8-2287084) Empfehlungen zur Gestaltung von Anschlussstellen, die ein intuitiv richtiges Verhalten der Verkehrsteilnehmer fördern.

Auch hat das BMVI mit Schreiben vom 05.09.2013 (AZ: StB 11/7123.5/8-2058682) den Ländern Checklisten zur Überprüfung von Anschlussstellen und Rastanlagen zur Verhinderung von Falschfahrten zur Verfügung gestellt [5] [6].

Eine überschlägige Kosten-Betrachtung auf der Basis einer Kostenkalkulation für eine abschnittsweise Ausstattung möglicher Gefahrenstellen für Falschfahrten mit infrastrukturseitigen Falschfahrerwarnsystemen ergibt bei einer bundesweiten Hochrechnung auf 2303 Anschlussstellen und 2215 Parkplätze/Rastanlagen [7] (Stand: Juli 2018) Investitionskosten von min. 116 Mio. € (netto). Bei einer angenommenen Abschreibungsdauer von 10 Jahren ergeben sich (ohne Verzinsung) rund 11,6 Mio. € (netto) als Kosten pro Jahr für die Investition. Hinzu kommen rund 14,1 Mio. € jährliche Kosten für Datenhaltung, -übertragung, Wartung und Pflege. Dies entspricht insgesamt Kosten von rund 25,7 Mio. € pro Jahr. Hierbei wurden keine Kosten für Energieanschluss, Baumaßnahmen, Datenbankpflege, Versicherung, etc. berücksichtigt.

Auf der Nutzenseite steht eine mögliche Reduktion der Unfallkosten. Von dem unter II. dargestellten jährlichen volkswirtschaftlichen Schaden in Höhe von 17,2 Mio. € dürfte allenfalls die Hälfte (8,6 Mio. €) mithilfe dieser Systeme einsparbar sein. Basierend auf den eher konservativen Annahmen auf der Kostenseite würde sich ein NKV von ca. 0,33 ergeben. Auch schon diese grobe Abschätzung macht deutlich, dass unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten eine Investition in derartige Systeme nicht sinnvoll ist und den Grundsätzen der BHO widerspricht.

Aus den existierenden Statistiken zu Falschfahrtereignissen muss geschlossen werden, dass ausschließlich lokale Detektionen nicht zielführend sind. Aufgrund der Besonderheiten von Falschfahrten (u.a. geringe Anzahl an Falschfahrten sowie Nicht-Vorhandensein von Hotspots) sind derartige infrastrukturseitige Systeme, auch nur bei abschnittsweiser Ausstattung, als nicht wirtschaftlich einzustufen.

Vor diesem Hintergrund ist die technologische Entwicklung im Zusammenhang mit der Vernetzung der Fahrzeuge die zielführendere Alternative. Durch den Einsatz von kooperativen und vernetzten Systemen, und letztlich beim automatisierten und vernetzten Fahren, wird es zukünftig möglich sein, auf Basis von fahrzeugseitigen Sensoren sowie hinterlegten Kartendaten Falschfahrten unabhängig von den örtlichen Randbedingungen zu erkennen. Die Systeme werden den Fahrzeugführer entsprechend warnen/informieren und eine Meldung (über Mobilfunk und/oder mobiles WLAN [8] [9]) für weitere Verkehrsteilnehmer auf der Richtungsfahrbahn zur Verfügung stellen und an infrastrukturseitige Informationsdienste via Mobilfunk

weiterleiten können, ohne dass dies einer Selbstanzeige gleichkommt. Durch eine reine fahrzeugseitige Detektion können ebenfalls Falschfahrer erkannt werden, die auf der Richtungsfahrbahn durch Wenden oder am Ende der Auffahrt durch verkehrtes Abbiegen auf die Richtungsfahrbahn entstehen.

Auch das Auswerten der von den Fahrzeugen versendeten Nachrichten (beispielsweise CAM [10] bzw. DENM [11] nach ETSI-Standard) in anderen Fahrzeugen oder infrastrukturseitigen Zentralen würde es ermöglichen, eine entsprechende Falschfahrt zu erkennen. Für die zentralenseitige Lösung wäre die infrastrukturseitige Installation von Road-Side-Units einschließlich der entsprechenden Stromversorgung und Datenanbindung ein möglicher Weg.

Hinsichtlich der Vernetzung der Fahrzeuge ist bereits 2018 eine Marktdurchdringung von 20% zu erkennen [12], deren Anstieg bis 2030 auf ca. 95% prognostiziert wird. Dies zeigt, dass auch mit vernetzten Fahrzeugen innerhalb weniger Jahre keine netzweite Abdeckung erreicht werden wird. Jedoch würde selbst bei der Existenz eines völlig funktionssicheren infrastrukturseitigen Falschfahrererkennungssystems eine netzweite Ausstattung aller ca. 2.300 Anschlussstellen sowie ca. 2.200 Park- und Rastplätze [7] auch nicht innerhalb kürzester Zeit erfolgen können. Zudem fallen hier immens hohe Kosten für infrastrukturseitige Installation und Unterhaltung von Falschfahrerwarnanlagen an, die bei den kooperativen Lösungen eingespart werden können.

## VI. Fazit und Ausblick

Unter Berücksichtigung der dargelegten Fakten und Ergebnisse aus den Erprobungen auf dem DTA wird der Einsatz von telematischen Falschfahrerwarnanlagen als nicht sinnvoll eingeschätzt. Auch die weitere unterstützte Erprobung ist als nicht sinnvoll zu bewerten.

Zusammenfassend stützen die folgenden Argumente die Wertung:

- Falschfahrten haben nur einen sehr geringen Anteil an allen Unfällen auf BAB.
- Die Ausgangsorte von Falschfahrten sind sehr inhomogen und nicht auf Hotspots konzentriert.
- Punktuelle Maßnahmen zur Vermeidung von Falschfahrten können nur auf einen kleinen Teil aller Falschfahrten einwirken.
- Vorsätzliche sowie durch Rauschmittel beeinflusste Falschfahrtsentscheidungen können mit informierenden Systemen nicht vermieden werden.
- Auch der beobachtete Effekt, Falschfahrten durch banale persönliche Gründe ohne direkten absichtlichen Vorsatz durchzuführen, kann durch die telematischen Systeme nicht verhindert werden.
- Die Zuverlässigkeit der erprobten Systeme konnte nicht ausreichend nachgewiesen werden.
- Falschfahrwarnungen wurden auch bei Sonderfahrzeugen ausgelöst, die berechtigt falsch aufgefahren sind.
- Berechtigte Falschfahrten würden sich nur mit hohem technischem Aufwand als solche detektieren lassen, was allerdings eine weitere mögliche Fehlerquelle erzeugen würde.
- Falsch ausgelöste Falschfahrerwarnungen sind insbesondere inakzeptabel, wenn auch die anderen Verkehrsteilnehmer auf dieser Basis gewarnt werden sollen, was den eigentlichen Nutzen der getesteten Systeme ausmachen sollte.
- Falsche Falschfahrerwarnungen, die vom Nutzer als falsch erkannt werden, senken die Akzeptanz für solche Systeme drastisch und führen im schlechtesten Fall dazu, dass die Warnungen gar nicht mehr beachtet werden und somit das System komplett unwirksam ist.

- Die hohen Investitionskosten für solche telematischen Systeme liegen weit über den erzielbaren Nutzen, und entsprechende Investitionen wären damit unwirtschaftlich.
- Die bereits erfolgreich etablierten infrastrukturseitigen Maßnahmen sowie die zukünftigen kooperativen Systemlösungen lassen eine effektivere Bekämpfung der Falschfahrten erwarten.

Hinsichtlich einer netzweiten „Ausstattung“ wird auch unter Berücksichtigung von Nutzen-Kosten-Aspekten der Einsatz von kooperativen und vernetzten Systemen zur Erkennung von Falschfahrten auf Basis der Fahrzeug-Sensoren sowie der hinterlegten Kartendaten als am zielführendsten erachtet. Auch wenn aufgrund der prognostizierten Marktdurchdringung eine Komplettausstattung wahrscheinlich mehr als 10 Jahre erfordern wird und auch weiterhin ein geringer Teil von Fahrzeugen ohne Vernetzung unterwegs sein werden, ist von diesem Ansatz die größte Wirkung zu erwarten.

## Literaturverzeichnis

- [1] SSP Consult Beratende Ingenieure GmbH, Dr.-Ing. Matthias Kölle, „Endbericht Digitales Testfeld Autobahn A9 Betreuung und Evaluierung Falschfahrerwarnsystem,“ München, 2018.
- [2] Bundesanstalt für Straßenwesen, „Sonderauswertung der BAST zu Unfällen infolge Falschfahrten auf Autobahnen,“ Bundesanstalt für Straßenwesen, Bergisch Gladbach, 2018.
- [3] Lehr- und Forschungsgebiet Straßenverkehrsplanung und Straßenverkehrstechnik Bergische Universität Wuppertal Univ.-Prof. Dr.-Ing. Jürgen Gerlach, Dipl.-Ing. Sebastian Seipel, „Falschfahrten auf Autobahnen (FE89.231/2009),“ Bundesanstalt für Straßenwesen, Wuppertal, 2012.
- [4] Bundesanstalt für Straßenwesen, „Volkswirtschaftliche Kosten von Straßenverkehrsunfällen in Deutschland,“ Bergisch Gladbach, 2018.
- [5] Bundesanstalt für Straßenwesen, Technische Hochschule Mittelhessen Fachgebiet Straßenwesen und Vermessung, „Checkliste Falschfahrer Anschlussstellen,“ 2013.
- [6] Bundesanstalt für Straßenwesen, Technische Hochschule Mittelhessen Fachgebiet Straßenwesen und Vermessung, „Checkliste Falschfahrer Rastanlagen,“ 2013.
- [7] Bundesanstalt für Straßenwesen, „BISStra - Bundesinformationssystem Straße,“ Bundesanstalt für Straßenwesen, 2018.
- [8] European Telecommunications Standards Institute (ETSI), „European Standard, Intelligent Transport Systems (ITS); Access layer specification for Intelligent Transport Systems operating in the 5 GHz frequency band, EN 302 663,“ European Telecommunications Standards Institute (ETSI), 2012.
- [9] Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), „IEEE STANDARD, IEEE Std 802.11p-2010,“ Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), 2010.
- [10] European Telecommunications Standards Institute (ETSI), „European Standard, Intelligent Transport Systems (ITS); Vehicular Communications; Basic Set of Applications; Part 2: Specification of Cooperative Awareness Basic Service, EN 302 637-2,“ European Telecommunications Standards Institute (ETSI), 2014.
- [11] European Telecommunications Standards Institute (ETSI), „European Standard, Intelligent Transport Systems (ITS); Vehicular Communications; Basic Set of Applications; Part 3: Specifications of Decentralized Environmental Notification Basic Service EN 302 637-3,“ European Telecommunications Standards Institute (ETSI), 2014.
- [12] Bundesanstalt für Straßenwesen, „Jahresbericht 2015/16,“ Bundesanstalt für Straßenwesen, Bergisch Gladbach, 2017.