



Verkehrslenkung mit Hilfe strassenseitig dargestellter Reisezeitinformationen zur Be- einflussung der Netzauslastung

**Influencer la charge du réseau par réaffectation du trafic à
l'aide des panneaux affichant le temps de parcours au bord
des routes (max. 3 Zeilen)**

**Influencing network load by traffic rerouting via roadside
travel time information panels
(max. 3 Zeilen)**

**B+S AG
Bernhard Alt
Urs Birchmeier
Remo Schwarz**

**Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften (ZHAW)
Dept. Psychologie
Markus Hackenfort
Sarah Diener**

**Forschungsprojekt VSS 2011/902 auf Antrag des Schweizerischen
Verbands der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS)**

Der Inhalt dieses Berichtes verpflichtet nur den (die) vom Bundesamt für Strassen unterstützten Autor(en). Dies gilt nicht für das Formular 3 "Projektabschluss", welches die Meinung der Begleitkommission darstellt und deshalb nur diese verpflichtet.

Bezug: Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS)

Le contenu de ce rapport n'engage que les auteurs ayant obtenu l'appui de l'Office fédéral des routes. Cela ne s'applique pas au formulaire 3 « Clôture du projet », qui représente l'avis de la commission de suivi et qui n'engage que cette dernière.

Diffusion : Association suisse des professionnels de la route et des transports (VSS)

La responsabilità per il contenuto di questo rapporto spetta unicamente agli autori sostenuti dall'Ufficio federale delle strade. Tale indicazione non si applica al modulo 3 "conclusione del progetto", che esprime l'opinione della commissione d'accompagnamento e di cui risponde solo quest'ultima.

Ordinazione: Associazione svizzera dei professionisti della strada e dei trasporti (VSS)

The content of this report engages only the author(s) supported by the Federal Roads Office. This does not apply to Form 3 'Project Conclusion' which presents the view of the monitoring committee.

Distribution: Swiss Association of Road and Transportation Experts (VSS)



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK
Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication DETEC
Dipartimento federale dell'ambiente, dei trasporti, dell'energia e delle comunicazioni DATEC

Bundesamt für Strassen
Office fédéral des routes
Ufficio federale delle Strade

Verkehrslenkung mit Hilfe strassenseitig dargestellter Reisezeitinformationen zur Be- einflussung der Netzauslastung

**Influencer la charge du réseau par réaffectation du trafic à
l'aide des panneaux affichant le temps de parcours au bord
des routes**

**Influencing network load by traffic rerouting via roadside
travel time information panels**

B+S AG
Bernhard Alt
Urs Birchmeier
Remo Schwarz

Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften (ZHAW)
Dept. Psychologie
Markus Hackenfort
Sarah Diener

**Forschungsprojekt VSS 2011/902 auf Antrag des Schweizerischen
Verbands der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS)**

Impressum

Forschungsstelle und Projektteam

Projektleitung

Bernhard Alt, B+S AG

Mitglieder

Urs Birchmeier, B+S AG (bis 2015)

Remo Schwarz, B+S AG

Markus Hackenfort, ZHAW

Sarah Diener, ZHAW

Federführende Fachkommission

Fachkommission 9: Verkehrstelematik

Begleitkommission

Präsident

Claude Marschal, RP AG (bis 2014)

Marc Wijnhoff, Basler & Hofmann West AG (2015 bis 2016)

Alexander Unseld, VD ZH (ab 2017)

Mitglieder

Freddy Amstutz, KAPO AG (bis 2015)

André Arrigoni, AWK Group AG

Mark Bögli, Viasuisse AG (bis 2014)

Marc Brönnimann, Viasuisse AG (ab 2015)

Christian Egeler, Rapp Trans AG

Hans-Ueli Gamper, Trapeze Switzerland GmbH

Patric Jegge, ASTRA

Patrick Maillard, RGR SA

Michael Schibler, KAPO AG (ab 2016)

Peter Schirato, VMZ-CH ASTRA (bis 2015)

Alexander Unseld, VD ZH

Marc Wijnhoff, Basler & Hofmann West AG

Antragsteller

Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute VSS

Bezugsquelle

Das Dokument kann kostenlos von <http://www.mobilityplatform.ch> heruntergeladen werden.

Inhaltsverzeichnis

Impressum	4
Zusammenfassung	7
Résumé	11
Summary	15
1 Einleitung	19
1.1 Ausgangslage und Ziele	19
1.2 Vorgehen	19
2 Stand der Forschung, Forschungsbedarf	21
3 Probandenstudie	25
3.1 Methode	25
3.1.1 Hintergrund	25
3.1.2 Versuchsplan	25
3.1.3 Fragebogen	26
3.2 Ergebnisse	27
3.2.1 Probanden	27
3.2.2 Entscheidungen in Abhängigkeit von der Anzeigeform	27
3.2.3 Entscheidungen bezüglich der Zeitdarstellungsform	32
3.2.4 Weitere Befunde	33
4 Feldtest	37
4.1 Ausgangslage und Ziele des Pilotprojekts Baden-Wettingen	37
4.2 Ziele des Forschungsvorhabens	38
4.3 Systemübersicht	38
4.4 Zeitliche Übersicht über das Pilotprojekt und die Baustelle Schulhausplatz	40
4.5 Anzeigehalte und Betriebszustände	41
4.5.1 Prognosemethodik	45
4.6 Ergebnisse	45
4.6.1 Reisezeitvergleich und Systemgenauigkeit	45
4.6.2 Entwicklung der Betriebszustände (BZ) VID 1 und VID 2	57
4.6.3 Auswertung Routenwahlverhalten	58
4.6.4 Routenwahl vs. Zeitdifferenz	61
5 Folgerungen und Empfehlungen	69
5.1 Folgerungen aus der Probandenstudie	69
5.1.1 Darstellungsart der Gesamtreisezeit	69
5.1.2 Anzeigeform des Wegweisers	69
5.2 Folgerungen aus dem Feldtest	70
5.2.1 Seltene und meist kleine Zeitvorteile der Alternativroute	70
5.2.2 Ungenauigkeiten des Pilotsystems	71
5.2.3 Darstellungsart der Gesamtreisezeit und Anzeigeformen des Wegweisers	71
5.3 Empfehlungen	72
Anhänge	73
Glossar	87
Literaturverzeichnis	89
Projektabschluss	91
Verzeichnis der Berichte der Forschung im Strassenwesen	95

Zusammenfassung

Neue und zukunftsgerichtete Verkehrsinformationssysteme zeigen den Verkehrsteilnehmern auf Hochleistungsstrassen und Hauptverkehrsstrassen netzübergreifend immer mehr Reisezeitinformationen an. In diesem Zusammenhang befinden sich in der Schweiz verschiedene Erst- oder Pilotprojekte in Planung und Realisierung, die im Kern eine Reisezeiterfassung auf überlasteten Strassenabschnitten und eine entsprechende Reisezeitinformation an die Verkehrsteilnehmer enthalten.

Die Reisezeit ist ein Hauptkriterium bei der Routenwahl der Verkehrsteilnehmer. Die Verkehrsteilnehmer benötigen strassenseitig eine in kurzer Zeit erfassbare und dennoch verständliche, plausible Information zu den Reisezeitalternativen der einzelnen Routen.

Das Forschungsprojekt fokussierte auf das Ziel eine standardisierte Reisezeitinformation (MIV) zu erarbeiten, die

1. den Verkehrsteilnehmer in seiner Routenwahl unterstützt und gleichzeitig
2. hilft, die Ziele des Verkehrsmanagements – eine gleichmässige Netzauslastung oder eine Priorisierung des ÖV – umzusetzen.

Die Reaktion der Verkehrsteilnehmer, abhängig von der jeweils angezeigten Zeitdifferenz, galt dabei als Messgrösse für den Erfolg der Zeitdarstellungsvarianten / Anzeigeformen der Reisezeit. Eine Standardisierung der Informationsdarstellung unterstützt eine schnelle Auffassung aufgrund des Gewöhnungseffekts. Im Ergebnis ist der Strassen-netzbetreiber in der Lage, einen bestmöglichen Lenkungseffekt zu erzielen und gleichzeitig die Sicherheit der Verkehrsteilnehmer nicht unnötig zu gefährden.

Innerhalb eines Workshops mit interessierten Experten wurden zunächst Ergebnisse aus anderen Ländern bzw. der Literatur besprochen und auf ihre Übertragbarkeit auf Schweizer Verhältnisse bzw. speziell auf den Feldtest hin untersucht.

Probandenstudie

In einer Studie mit Probanden wurde anschliessend eine Vorauswahl zwischen den verschiedenen Darstellungsmöglichkeiten der Zeit und den Anzeigeformen getroffen.

Die Probanden wurden mit vier verschiedenen Arten der Darstellung der Gesamtreisezeit konfrontiert.

- Zeitgewinn (z.B. Route A: 4 min Zeitgewinn),
- Zeitverlust (z.B. Route A: + 0 min, Route B: + 4 min)
- Zeitsegmentierung (z.B. Route A: 8 min + 0, Route B: 6 min + 6)
- Reisezeitvergleich (z.B. Route A: 8 min, Route B: 12 min)

Innerhalb der Routenentscheidungen der Probanden wurden bezüglich der 4 Zeitdarstellungsarten keine signifikanten Abweichungen vom Standard festgestellt. Tendenziell hatte jedoch der Reisezeitvergleich die häufigste Wahl der zeitbeteiligten Alternativroute und am seltensten eine entscheidungslose Situation zur Folge. Bei der Zeitsegmentierung verhielt sich die leichte Tendenz entgegengesetzt. Bei einer persönlichen Rangierung der Darstellungsarten durch die Probanden ergab sich folgende Gesamtrangierung:

- | | |
|-----------------------|--|
| 3. Reisezeitvergleich | (1. Rang bei 61 %, 4. Rang bei 15 % der Probanden) |
| 4. Zeitverlust | (1. Rang bei 22 %, 4. Rang bei 10 % der Probanden) |
| 5. Zeitgewinn | (1. Rang bei 18 %, 4. Rang bei 26 % der Probanden) |
| 6. Zeitsegmentierung | (1. Rang bei 16 %, 4. Rang bei 41 % der Probanden) |

Damit ist die Anzeige eines direkten Reisezeitvergleichs eine gute Wahl.

In der Probandenstudie wurden des Weiteren 4 Anzeigeformen (AF, vergleiche Abb. 4) untersucht. Im Ergebnis konnte eine abstrakte Karte (die AF2) aus mehreren Gründen für die Verwendung innerhalb des Feldtests ausgeschlossen werden:

- mit der abstrakten Karte waren bei Routenentscheidungen der Probanden die meisten Entscheidungsausfälle verbunden
- die getroffenen Entscheidungen fielen zu selten zugunsten der zeitbevorzugten Alternativroute aus
- diese Variante wurde als besonders unverständlich wahrgenommen

Im Gegensatz dazu erreichten die AF1 und die AF3 (Wegweiserdarstellungen mit Pfeilen unter Angabe von Zwischenzielen) hinsichtlich der Entscheidungen und der Rückmeldungen deutlich bessere Ergebnisse, wobei letztlich nicht eindeutig erfasst werden kann, welche von beiden die zu bevorzugende Variante wäre.

Die unter Berücksichtigung aller Kriterien beste Darstellungsform der Routenempfehlung ist die auf der Nationalstrasse einzusetzende AF4 (Darstellungen mit "via" unter Angabe von Zwischenzielen), die einerseits möglicherweise von ihrer bereits bestehenden Bekanntheit profitiert, andererseits aber auch generell begünstigt ist: Die Alternativroute zu nutzen bedeutet nicht zugleich auch eine Abweichung vom bestehenden Status; man befindet sich schliesslich sowohl in der Realität als auch im Gedankenexperiment bereits auf der Autobahn.

Feldtest

In einem Feldtest wurde abschliessend eine kleine Auswahl der erfolgversprechendsten Varianten an der Realität überprüft und miteinander verglichen. Der Feldtest wurde innerhalb des Verkehrsmanagement-Pilot-Projekts Baden-Wettingen durchgeführt, welches vom Kanton Aargau (Departement Bau, Verkehr und Umwelt, Abteilung Tiefbau) und vom ASTRA gemeinsam geplant und durchgeführt wurde. Die benötigte Infrastruktur für die Anzeige der Informationen, die Reisezeitermittlung und die Routenverfolgung der Fahrzeuge war dort bereits weitgehend vorhanden. Im Schnittstellenbereich zwischen National- und Kantonsstrasse war es dort möglich zu informieren und die getroffene Routenwahl der Verkehrsteilnehmer zu beobachten.

Insgesamt kam es während des Feldtests auf den südwestlichen Einfallsachsen nach Baden nur selten zu deutlichen Zeitvorteilen der Alternativroute über Autobahn und Neuenhoferstrasse im Bereich von 10 Minuten. Die geringen Reisezeitvorteile der Alternativroute (wenn überhaupt vorhanden), verbunden mit dem grossen Umweg dieser Route und der Fahrt durch den Autobahntunnel, sorgten dafür, dass der auf der Mellingerstrasse (Stammroute) in der Blindphase (ohne Aufschaltung der Zeitanzeigen) ohnehin kleine Alternativroutenanteil von 3 % im Laufe des Feldtests noch weiter absank.

Somit konnten die für das Verkehrsinformationsdisplay 2 (VID2) auf der Mellingerstrasse geplanten Anzeigeformen und Arten der Zeitdarstellung nicht mehrfach geschaltet werden, da die erhaltenen Resultate nicht unterscheidbar gewesen wären. Beim VID1 auf der Autobahn ist nur die reine Zeitanzeige variabel. Somit kann aufgrund des Feldtests keine Aussage darüber gewonnen werden, mit welchen Anzeigeformen und Zeitdarstellungsarten das beste Ergebnis erzielt werden kann, d.h. die meisten Fahrzeuge auf die Alternativroute gelenkt werden können.

Von der A1 aus wurde hauptsächlich in der Morgenspitze die Alternativroute gewählt. Von der Kantonsstrasse aus wurde die Alternativroute unabhängig vom Tagesverlauf kaum gewählt. Auf der Autobahn (VID1) liessen sich in der MSP im März bei hohen Reisezeitdifferenzen der beiden Routen ca. zwischen 5 und 10 % der Verkehrsteilnehmer von der Reisezeitanzeige beeinflussen, je nach Tageszeit und Verkehrslage. Auf der Kantonsstrasse konnten im April 2016 ca. zwischen 0 und 2 % beeinflusst werden.

Empfehlungen

Für zukünftige Systeme kann die Wirksamkeit und damit der Nutzen von strassenseitigen Reisezeitanzeigen unter Beachtung folgender Punkte erhöht werden:

- Anzeige und Vergleich der Reisezeit für Stamm- und Alternativroute
- keine direkte Empfehlung ohne Zeitangabe aufgrund des Informationsverlustes
- keine Angabe der Verlustzeit oder des Zeitgewinns zur Minimierung von Fehlinterpretationen
- Schaltung der Reisezeitinformation erst ab einem gewissen Grenzwert, welcher situationsabhängig bestimmt werden kann (zur Vermeidung der Anzeige irrelevanter Informationen).
- Ein möglichst gleichwertiges Routenangebot oder andernfalls genügend grosse Reisezeitdifferenzen. Beim Feldtest war die Gleichwertigkeit der Alternativroute von der Kantonstrasse aus nur bedingt gegeben (u.a. eine deutlich weitere Strecke und eine zusätzliche Fahrt über die Autobahn und durch einen Tunnel), andererseits waren die Reisezeitvorteile von 10 Minuten und länger selten. Die Alternativroute muss möglichst attraktiv und somit schnell sein, zumindest verglichen mit einer überfüllten Stammroute.
- Auf den Routen sollten sämtliche staukritischen Bereiche überwacht werden, um eine möglichst exakte Reisezeit ermitteln und anzeigen zu können.

Künftige Verkehrsmanagementprojekte können von den gemachten Erfahrungen insofern profitieren, als sich die Angabe der Reisezeit der Routenalternativen als beste Variante der Zeitdarstellung herausgestellt hat. Die Angabe der Reisezeit war in der Probandenstudie tendenziell die beste Variante und sie ist wenig anfällig für Fehlinterpretationen. Zudem scheint sich diese Variante auch international durchzusetzen. Somit kann diese Variante der Zeitangabe in eine Aktualisierung der Richtlinie für WTAs einfließen. Eine Abstimmung mit dem EasyWay-Rahmenprogramm der EU (ESG4-VMS Aktion [11]) ist wünschenswert.

Bezüglich Anzeigenform können aufgrund des Feldtests keine Empfehlungen abgegeben werden. In der Probandenstudie zeigte sich auf der Kantonsstrasse jedoch eine Präferenz für AF1 und AF3 (Wegweiserdarstellungen mit Pfeilen unter Angabe von Zwischenzielen). Die Anzeigenform AF2 (abstrakte Karte) hingegen kann aufgrund der Probandenstudie (ausser für den Spezialfall: signalisierte Umleitung ohne bekannte Zwischenziele) ausgeschlossen werden. Allenfalls können zukünftige Projekte dazu noch bessere Aussagen machen. Sinnvolle Anwendungsbereiche von strassenseitigen Reisezeitinformationen können nur mit Hilfe zukünftiger Projekte weiter eingegrenzt werden.

Résumé

Les nouveaux systèmes d'information au trafic qui sont orientés vers le futur, montre aux utilisateurs des voies de circulations principales de plus en plus d'informations sur les temps de parcours.

En Suisse plusieurs projets de ce genre ont vu le jour dans la planification et dans la réalisation. En prenant des mesures des temps de circulation ils permettent aux utilisateurs d'avoir une information primordiale pour leur choix de route dans un système congestionné. Pour ce faire ils ont besoins d'être informé de manière claire, plausible et précise dans un petit laps de temps.

Le projet d'étude vise à créer une information sur les temps de parcours standardisée:

1. Supporter l'automobiliste dans son choix de route
2. Supporter les buts du management de la circulation en remplissant le réseau à disposition ou à prioriser les transports publics.

Les réactions des utilisateurs ont été utilisées pour mesurer le succès d'une information temporelle. Une standardisation de ces informations permet à l'automobiliste une lecture simplifiée grâce au fait qu'il s'y est habitué. Au final l'information offre un guidage idéal sans ajouter inutilement un danger de distraction.

Un workshop d'experts a permis dans un premier temps d'analyser des références et des projets de l'étranger pour identifier ce qui serait applicable à la Suisse, de manière spécifique sur les tests à réaliser.

Étude

Une étude avec des sujets testeurs a permis de créer une sélection de différentes façons de représenter les temps tout comme la forme de l'affichage.

Dans le test, les sujets ont été confrontés avec quatre façons de percevoir les temps de parcours.

- Gain de temps (par exemple: Route A: 4 min de gain de temps)
- Perte de temps (par exemple: Route A: + 0 min, route B: + 4 min)
- Segmentation du temps (par exemple: Route A: 8 min + 0, route B: 6 min + 6)
- Comparaison du temps (par exemple: Route A: 8 min, route B: 12 min)

Dans les quatre catégories mentionnées ci-dessus aucune divergence au standard n'a pu être constatée. Toute fois le variante "comparaison du temps" indique une tendance plus marquée à une décision favorable au choix de la route la plus rapide et montre une plus petite part de situation indécise. Au contraire de la variante "segmentation du temps" qui montre une tendance opposée.

Un classement des variantes effectué par les sujets permet de constituer un classement global:

- | | |
|--------------------------|---|
| 1. Comparaison du temps | (1. rang chez 61%, 4. rang chez 15% des sujets) |
| 2. Perte de temps | (1. rang chez 22%, 4. rang chez 10% des sujets) |
| 3. Gain de temps | (1. rang chez 18%, 4. rang chez 26% des sujets) |
| 4. Segmentation du temps | (1. rang chez 16%, 4. rang chez 41% des sujets) |

De ce classement en sort que la variante "comparaison du temps" est la plus adaptée.

Quatre formes d'affichages ont également été testées (AF, comparaison Illustration 4). La variante AF2 "carte abstraite" a pu être écartée des résultats pour plusieurs raisons:

- Cette variante montre le plus grand taux de manquement de décision
- Les décisions ont été trop rarement prises pour la route la plus rapide
- La variante a été perçue comme peu claire

Au contraire de la variante AF2, les variantes AF1 et AF3 (représentation des panneaux de direction avec indication des destinations intermédiaires) montrent des résultats bien meilleurs au niveau de la prise de décision et de clarté. Les résultats ne permettent pas de conclure laquelle de ces deux variantes est plus adaptée.

En prenant en compte tous les critères du test la meilleure forme d'affichage pour les routes nationales est la variante AF4 (représentation avec "via" pour l'indication des destinations intermédiaires). Elle bénéficie de l'atout que les sujets connaissent déjà cette forme d'affichage mais aussi des atouts généraux: l'utilisation de la route alternative n'inclue pas une divergence au statut actuel; on se trouve autant dans la réalité que dans l'étude sur une autoroute.

Test sur le terrain

De la suite des résultats un test a été effectué avec une sélection des meilleures variantes et a été comparé sur le terrain. Celui-ci a été fait dans le cadre du projet pilote management du trafic Baden Wettingen orchestré conjointement par le Canton d'Argovie (département de la construction, du trafic et de l'environnement, département des ponts et chaussées) et de l'OFROU.

L'infrastructure nécessaire pour l'information, le calcul des temps de parcours et le traçage du parcours des voitures était pour la plupart déjà disponible. L'intersection entre le réseau routier national et cantonal permet une information sur le choix de la route et une observation sur le choix des utilisateurs. Pendant les journées testées l'axe sud-ouest en direction de Baden n'a présenté que de rares occasions d'avoir une route alternative plus rapide entre l'autoroute et la Neuenhoferstrasse dans l'ordre de grandeur de 10 min. Le peu de temps sauvé en prenant la route alternative, combiné à une grande différence de distance à parcourir ainsi que la conduite à travers le tunnel autoroutier font que la route principale sans indications de temps de parcours a vu réduire encore de 3% les utilisateurs de la route alternative pendant la période de test. Du fait de ce comportement les affichages d'information sur le trafic 2 (VID2) ne pouvaient pas correctement être testés sur la Mellingerstrasse, car les résultats n'auraient montré aucun changement de comportement. Pour le VID1 sur l'autoroute seulement la différence de temps est indiquée ce pourquoi les différents tests d'affichage ou d'indication du temps de parcours ne peuvent être effectués.

C'est essentiellement dans l'heure de pointe du matin sur l'A1 que la route alternative a été le plus souvent utilisée. Par contre depuis la route cantonale la route alternative a été très peu utilisée peu importe l'heure de la journée. Sur l'autoroute (VID1) pendant l'heure de pointe du matin en mars et par grande différence temporelle entre les deux routes proposées entre 5% et 10% des automobilistes ont suivis l'indication affichée.

Ce sont entre 0 et 2 % qui ont été influencé par l'affichage sur la route cantonale en avril 2016.

Recommandations

L'efficacité des nouveaux systèmes d'indication de temps de parcours et donc son utilité peuvent-être augmentées grâce aux points suivants:

- Affichage et comparaison des temps de trajet pour la route primaire et l'alternative
- Ne pas recommander une route si le temps de trajet n'est pas indiqué en raison de pertes d'informations
- Pas d'affichage de temps gagné ou perdu pour minimiser les fausses interprétations

- Enclenchement de l'affichage seulement à partir de valeurs limites pour éviter les informations non pertinentes
- La route principale et la route alternative doivent avoir si possible une attractivité égale pour que le choix ne se fasse que sur la différence de temps.
- Sur les deux routes, tous les endroits contenant des risques de congestion doivent être surveillés pour une indication temporelle la plus exacte possible.

Dans le futur, les projets de management du trafic peuvent profiter des expériences faites dans cette étude en utilisant des affichages montrant les temps de trajets des deux routes. Les résultats de l'étude avec sujets ont en effet montré que cette variante apporte la meilleure solution. De plus cette variante semble être la plus adaptée non seulement en suisse mais aussi à l'étranger. Cette variante devrait être intégrée dans l'actualisation de la directive sur les panneaux à messages variable (PMV). Une coordination est souhaitée avec le programme EasyWay de l'UE (ESG4-VMS action [11]).

Le format d'affichage ne peut malheureusement pas être formulé dans cette étude car il n'y a pas eu de résultat concluant. Une légère préférence a tout de même été constatée pour les affichages AF1 et AF3. L'affichage AF2 peut-elle par contre être écartée (exception: Signalisation d'une déviation sans destination intermédiaire). Les prochains projets pourront éventuellement apporter de plus amples informations à ce sujet. Ceux-ci pourront aussi donner une indication sur la nécessité, l'opportunité ou l'inutilité d'applications de ce type d'affichages.

Summary

New and future orientated traffic information systems are supposed to show more and more traffic relevant information to road users traveling on high performance roads. In Switzerland, different pilot, planned or realized projects can be found which include a registration of travel times on overcrowded road sections in order to display them for road users.

When planning a route, the travel time is a main criterion for road users. Hence, information about alternative road routes is needed, which is comprehensible, plausible and can be captured in a short amount of time.

The scope of this research project was to elaborate a standardized way to display route information which

1. facilitates the route selection by the road users and
2. helps to reach the aims of the traffic management system, i.e., a steady network load or a prioritization of the public transportation.

To assess the success of the different ways of presenting the travel time, the decisions of road users were measured depending on travel time differences between the route alternatives. It was assumed, that based on habituation effects the standardization of an information presentation facilitates a fast recognition. This enables road managers to reach a good steering effect on road users while adhering to their safety.

During a workshop with interested experts, both the results of other countries and the existing literature were discussed and it was examined whether this prior knowledge would be applicable to the Swiss framework and the present field test.

Trials

Subsequently, in a study that incorporated participants, a selection of different ways to present both travel times and display formats was made. The participants were presented with four different ways to display the total traveling time.

- Time Gain (e.g. Route A: 4min time gain)
- Loss of Time (e.g. Route A: + 0min, Route B: + 4min)
- Time Segmentation (e.g. Route A: 8min + 0, Route B: 6min + 6)
- Travel Time Comparison (e.g. Route A: 8min, Route B: 12min)

By determining possible differences between the four ways to display the total traveling time, no deviation from the standard revealed. However, the Travel Time Comparison led in most of the choices to a preference of the alternative route with the shortest travel time and rarely to an omitted decision. The reverse results were found with regard to the Time Segmentation. The test persons ranked the different ways to display the total traveling time as follows:

1. Travel Time Comparison (1st rank at 61%, 4th rank at 15% of all participants)
2. Loss of Time (1st rank at 22%, 4th rank at 10% of all participants)
3. Time Gain (1st rank at 18%, 4th rank at 26% of all participants)
4. Time Segmentation (1st rank at 16%, 4th rank at 41% of all participants)

To summarize, displaying the Travel Time Comparison seems to be the best option.

Furthermore, the trials evaluated four different Display Formats (DF). It turned out that a comparatively abstract map (DF2) had to be excluded from the subsequent field test:

- in most of the cases, this option was associated with decision lacks

- in least of the cases, decisions were made in favor of the alternative route representing the shortest travel time
- this option was described as comparatively incomprehensible.

Unlike the latter option and with regard to the participant's decisions and their feedback, DF1 and DF3 (signs containing arrows as well as information about interim destinations) revealed better results, even though in the end it isn't unambiguous which one of both has to be preferred.

Considering the applied criteria, the best option to display route recommendations is DF4 (presentation with „via“ by indicating interim destinations) which is already utilized on highways; on one hand, it possibly benefits from its prominence, on the other hand it was generally favored: In the present case, using the alternative route didn't mean to differ from the status quo because the driver already was on the highway – both in the experimental and in the real setting.

Field Test

In a concluding field test the most promising designs were compared and evaluated in a naturalistic environment. The field test was conducted within the framework of the traffic management pilot program Baden-Wettingen which is a common planning and implementation of the Canton Aargau (Departement Construction, Traffic and Environment, Section Civil Engineering) and the Federal Roads Office that also promoted the needed infrastructure to display the information, the determination of the travel time and the tracing of the vehicles. Thus, it was possible to inform across the interfaces between highway and (Canton's) rural roads and to trace the route choices of the road users.

Overall, time benefits of about 10 minutes when using the alternative route – via the highway and the road Neuenhoferstrasse – against the main route were observed rarely. The usage share of the alternative route of 3% during the first phase (while the total traveling time wasn't displayed yet) compared to the main route (via the road Mellingerstrasse) dipped further on throughout the field test because of the slight time benefits between the main and the alternative route – which encompassed a large detour and a trip through a highway tunnel. Thus, it was not possible to successively show the several planned presentations of different travel times and display formats on the side of the road Mellingerstrasse (Display No 2 / VID2) due to the fact that the received results would not have been distinctive. Regarding the traffic information display on the roadside of the highway (Display No 1 / VID1), only the travel time information itself was exchangeable. Hence, on the basis of the field test no statement about both the display format and the different ways to display the travel times and their impact on pushing the drivers towards the alternative route choice is possible.

Being already on the highway A1 in the morning predominantly led to an alternative route choice. Regardless of the daytime, being already on the rural road hardly led to an alternative route choice. With respect to the VID1 (highway sign), throughout the morning rush hour in March 2016 and during a period of largely different travel times between main and alternative route, the traffic information display had a measurable impact of 5 to 10% on all road users. In April 2016, between 0 and 2% could be influenced on the rural road.

Recommendations

Considering the future implementations of such systems, the effectiveness and thus the usefulness of roadside traffic information displays can be leveraged by taking into account the following aspects:

- Display of the Total Time Comparison with regard to both the main and the alternative route.
- Due to the loss of information no straight route recommendation without the indication of the travel times.

- Targeting a minimization of misinterpretations, the indication of the Loss of Time or the Time Gain is not advised.
- Display the travel times only when a specified threshold is exceeded, which ought to be determined with regard to situational circumstances (in order to avoid the display of irrelevant information)
- Different route options which preferably should be equivalent to each other or, alternatively, should contain sufficient differences in travel time. On one hand, during the field test an equivalence of travel times between main and alternative route was absent (e.g., the alternative route was longer and comprised pieces of highway roads and tunnel passages), on the other hand travel time benefits of 10 minutes or more were rare. At least comparatively to an overcrowded main route, the alternative route should preferably be appealing.
- The route sections where congestions are likely ought to be monitored in order to be capable to predict and display travel times appropriately.

Future traffic management projects may benefit from the actual experiences insofar as the display of Travel Time Comparison of the alternative route turned out to be the best way to present the travel times. Based on the trials, the Travel Time Comparison tended to be the best variant and is hardly susceptible for misinterpretations. Furthermore, internationally this variant seems to be prevailing therefore it could have some influence on local guidelines for variable message sign systems. A coordination with the EU EasyWay-Framework (ESG4-VMS [11]) would be desirable.

With regard to display formats, based on the field test no recommendations can be concluded. As for the trials, DF1 and DF3 (signs containing arrows as well as information about interim destinations) were preferred while being on the rural road. However, based on the trials DF2 (a comparatively abstract map) can be expelled (except for special cases where a detour without dedicated interim destinations should be displayed). Perhaps, other projects conducted in the future will allow better deductions. Reasonable applications of road sided variable message signs can be further localized based on future projects.

1 Einleitung

1.1 Ausgangslage und Ziele

Neue und zukunftsgerichtete Verkehrsinformationssysteme zeigen den Verkehrsteilnehmern auf Hochleistungsstrassen und Hauptverkehrsstrassen netzübergreifend immer mehr Reisezeitinformationen an. In diesem Zusammenhang befinden sich in der Schweiz verschiedene Erst- oder Pilotprojekte in Planung und Realisierung, die im Kern eine Reisezeiterfassung auf überlasteten Strassenabschnitten und eine entsprechende Reisezeitinformation an die Verkehrsteilnehmer enthalten.

Die Reisezeit ist ein Hauptkriterium bei der Routenwahl der Verkehrsteilnehmer. Die Verkehrsteilnehmer benötigen strassenseitig eine in kurzer Zeit erfassbare und dennoch verständliche, plausible Information zu den Reisezeitalternativen der einzelnen Routen oder direkt einen Routenvorschlag über die für sie beste Route.

Das Forschungsprojekt fokussiert auf das Ziel eine standardisierte Reisezeitinformation (MIV) zu erarbeiten, die

1. den Verkehrsteilnehmer in seiner Routenwahl unterstützt und gleichzeitig
2. hilft, die Ziele des Verkehrsmanagements – eine gleichmässigen Netzauslastung oder eine Priorisierung des ÖV – umzusetzen.

Die Reaktion der Verkehrsteilnehmer, abhängig von der jeweils angezeigten Zeitdifferenz, gilt dabei als Messgrösse für den Erfolg der Zeitdarstellungsvarianten / Anzeigeformen der Reisezeit. Eine Standardisierung der Informationsdarstellung unterstützt eine schnelle Auffassung aufgrund des Gewöhnungseffekts. Im Ergebnis ist der Strassennetzbetreiber in der Lage, einen bestmöglichen Lenkungseffekt zu erzielen und gleichzeitig die Sicherheit der Verkehrsteilnehmer nicht unnötig zu gefährden.

1.2 Vorgehen

Für das Forschungsprojekt wurde ein Vorgehen in drei Schritten gewählt:

- a. Konkretisieren des Versuchsrahmens innerhalb eines Workshops
- b. Durchführung einer Studie mit Probanden
- c. Durchführung eines Feldtests im Rahmen eines Pilotprojekts

Innerhalb des Workshops mit der Begleitkommission wurde der Untersuchungsrahmen der Probandenstudie und des Feldtests diskutiert, kritisch hinterfragt und konkretisiert. Somit konnten wichtige Anforderungen der Praxis an die Gestaltung der Versuchsaufbauten und der Anzeigehalte in die Experimente einfließen.

2 Stand der Forschung, Forschungsbedarf

In Japan wurde schon früh begonnen Wechseltextanzeigen (WTA; Variable Message Signs, VMS) einzusetzen. Somit liegen dort auch Ergebnisse bezüglich der Untersuchung der Wirkung von Reisezeit-Informationen auf die Routenwahl der Verkehrsteilnehmer vor.

Beispielhaft sei hier eine Arbeit von Kim und Kurauchi et al. [13] genannt. Für die Untersuchung wurden von ihnen Messdaten des Hanshin Stadtautobahnen-Netzes aus dem Jahr 1997 zwischen Maya in Kobe und Nishinagahori nahe Osaka (Japan) gewählt. Zwischen Maya und Nishinagahori existieren zwei alternative Routen: die Kobe-Route und die Wangan-Route, mit Reisezeiten von ca. 30 bzw. 40 Minuten (die Reisezeiten wurden aufgrund von lokalen Geschwindigkeitsmessungen geschätzt). Vor dem Entscheidungsbereich zeigt eine WTA die entsprechenden Reisezeiten auf jeder Route an. Die Verkehrsströme zwischen dem Ursprung und dem Ziel wurden in der Studie basierend auf Verkehrszählungen an den Autobahn-Auffahrten und auf den Abschnitten der Autobahn geschätzt. Normalerweise ist die Reisezeit über die Kobe-Route kürzer als über die Wangan-Route. Eine Zunahme des Verkehrsflusses auf der Kobe-Route führt gleichzeitig zu längeren Reisezeiten auf dieser Route. Aufgrund der angezeigten Reisezeiten nimmt anschliessend auch der Verkehrsfluss auf der Wangan-Route zu. Da die Wangan-Route noch Verkehr aufnehmen kann, wird die Reisezeit auf dieser Strecke durch die Zunahme kaum beeinflusst. Die Autoren können somit nachweisen, dass die Reisezeitinformation die Routenwahl der Verkehrsteilnehmer beeinflusst.

Die von Kim und Kurauchi et al. präsentierte Studie enthält auch einige Schwächen. Zunächst werden die Quell-Ziel-Flüsse geschätzt und nicht real verfolgt. Zweitens gibt es weitere Routen für die Reise von Maya nach Nishinagahori, die in dem Beitrag nicht erwähnt werden. Schliesslich wird der Einfluss der Darstellungsweise der Reisezeitinformationen auf die Routenwahl nicht untersucht.



Abb. 1 Route 1, Loop Route des Hanshin Expressway bei Shinanobashi, Osaka; WTA mit Zeitangaben von 20 bzw. 15 Minuten [Quelle: Wikipedia].

In einer aktuellen Studie in den Niederlanden [8] untersuchte Matthijs Dicke-Orgenia in mehreren Probandenstudien den Einfluss der Darstellungsweise von Stauanzeigen auf WTA mit gleichzeitiger Angabe von Reisezeiten. In einem abschliessenden kurzen (4-tägigen) Feldtest (siehe Abb. 2) konnten die gewonnenen Erkenntnisse aus den Studien anhand der realen Verkehrssituation untermauert werden. Der Feldtest fand in Zusammenhang mit einem Grossereignis statt, sodass die schnellsten Routen zu den Parkplätzen einem Teil der Fahrzeuglenker unbekannt waren. Eine der drei vorgeschlagenen Routen war eine Park&Ride-Lösung mit Einbezug eines Shuttlebusservices.

Verschiedene Darstellungen der Reisezeitangaben wurden von Dicke-Orgenia nicht untersucht. Von einer über einen längeren Zeitraum in einer Alltagssituation in der Schweiz durchgeführten Studie werden gegenüber der Studie aus den Niederlanden Ergebnisse erwartet, die spezifischere Aussagen zur strassenseitigen Darstellung von Routenalternativen auf WTA für Schweizer Verhältnisse und den täglichen Verkehr zulassen.



Abb. 2 WTA des Feldtests in der Arbeit von Matthijs Dicke-Orgenia (Quelle: [8]).

In der Schweiz liegen auf den Nationalstrassen bereits seit über 10 Jahren Erfahrungen mit WTA vor. Diese Erfahrungen sind im Jahre 2010 in eine Richtlinie WTA [1] des Bundesamts für Strassen ASTRA eingeflossen. Im Vorfeld der Erstellung der Richtlinie untersuchten von Hebenstreit und Jöri 2008 innerhalb einer „Verkehrspsychologische Überprüfung der Textinhalte von Wechseltexthanzeigen WTA“ [18] die Wirkung verschiedener Textinhalte, die auf Schweizer WTA dargestellt wurden. Im Zentrum der Betrachtung stand die Verständlichkeit der Anzeigen in Relation zum Informationsgehalt und der Komplexität der zur vermittelnden Botschaft. Insbesondere wurde untersucht, ob die Zeit, die zur Wahrnehmung des Inhaltes der Anzeige zur Verfügung steht, zu deren Verständnis ausreicht. Operationalisiert wurde dies anhand der Identifikationszeit des Textes. Darüber hinaus wurde die Frage beantwortet, wie lange beim Lesen einer WTA die Aufmerksamkeit von der Fahraufgabe abgelenkt wird. Bezüglich Reisezeitangaben (Reisezeitverluste) auf den WTA wurde eine besonders lange Identifikationszeit des Textes festgestellt. Häufig kam es zu Missverständnissen bei den Zeitinformationen.

Auf einer stark befahrenen Kantonsstrasse des Kanton Zürich an der Seestrasse zwischen Küsnacht (ZH) und Erlenbach (siehe Abb. 3) mit einem DTV von 22'000 Fahrzeugen wurde in den Jahren 2014 und 2015 von der Tribus Verkehrsplanung AG ein Umleitungssystem erstellt. Dabei wurde ein Umleitungswegweiser mit Reisezeitangaben eingesetzt, um eine Vollsperrung der Kantonsstrasse zu vermeiden und eine kurze Bauzeit gewährleisten zu können [14]. Die angezeigten Reisezeiten wurden mittels Onlinedaten von Lichtsignalanlagen und Live-Daten von Navigationssystemen bestimmt. Mit den Lichtsignalanlagen konnten die Reisezeiten der Routen aktiv beeinflusst werden.

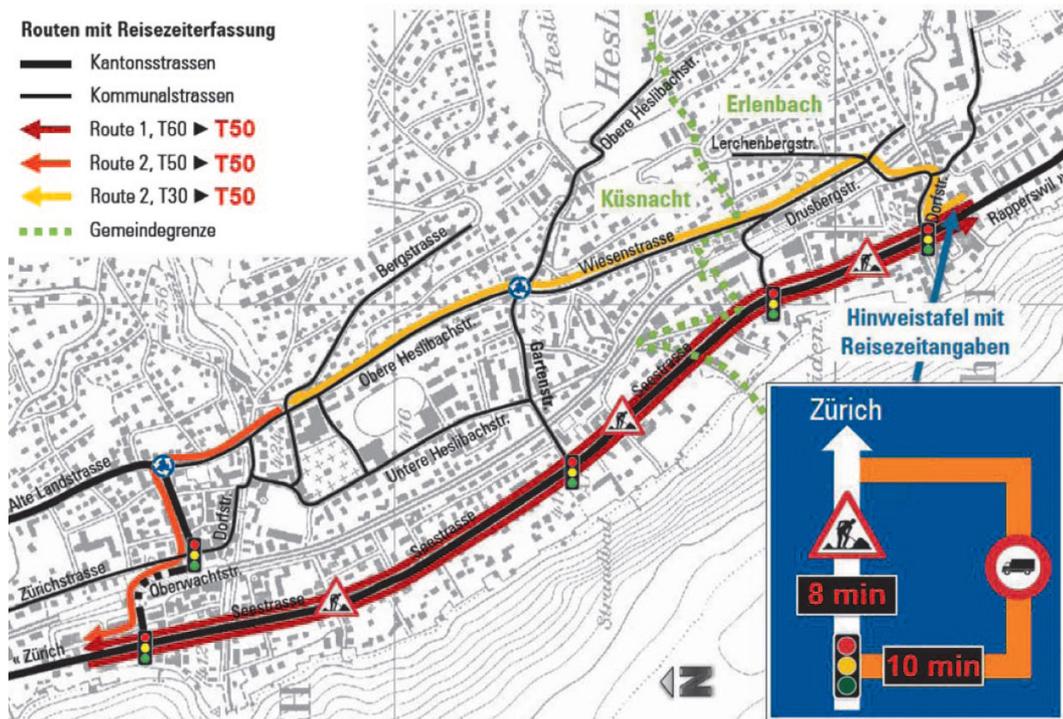


Abb. 3 Umleitungswegweiser mit Minutenanzeige für die beiden Routen durch und um die Baustelle (Quelle: [14]).

Innerhalb des TEMPO-Programms der EU wurden zwischen 2001 und 2006 Vorarbeiten zur Gestaltung von WTA (Variable Message Signs, VMS) gemacht. Die Aktivitäten zur Harmonisierung von WTA werden nun im längerfristig angelegten EasyWay-Rahmen der EU unter der Expert & Study Group 4 (ESG4)-VMS Aktion gebündelt. Es wurden verschiedene Anzeigeformen aus der EU in einem Arbeitsheft gesammelt [4]. Erste Empfehlungen für eine bestimmte Darstellungsweise von Reisezeitinformationen wurden bereits in einem Leitfadens veröffentlicht [11]. Einen einheitlichen Standard gibt es bezüglich WTA noch nicht. Bezogen auf die Schweizer Verhältnisse (verschiedene Verkehrszusammensetzungen, wenige Alternativrouten) wurde die Wirksamkeit und der Nutzen von Verkehrsinformationen im Allgemeinen von Schwarz et al. bestätigt [16]. Es fehlen aber nebst den konkreten Betriebserfahrungen zu Reisezeitangaben auf WTA auch koordinierte Vorstellungen oder Vorgaben, welche Inhalte anzuzeigen sind und Kenntnisse bzw. Erfahrungen darüber, ob die Verkehrsteilnehmer (mit oder ohne Ortskenntnis) die Information begreifen und wie sie darauf reagieren.

Weiterführende Hinweise zur Gestaltung und Wahrnehmung von Informationen auf WTA werden auch gegeben in [3], [6], [10], [15] und [20]. Speziell mit Sicherheitsaspekten befassen sich u.a. [1], [7] und [17]. Auf Routenwahleffekte aufgrund von Informationen auf WTA gehen [5], [9] und [19] ein.

3 Probandenstudie

3.1 Methode

3.1.1 Hintergrund

Die individuelle Routenwahlpräferenz wurde im Rahmen der Befragung an einem realen Beispiel im Schweizer Kanton Aargau untersucht (vergleiche Abb. 18 bzw. Kapitel 4.1). Aus Richtung Süd-West kommend ist die Stadt Baden über zwei Routen zu erreichen. Einerseits ist die Zufahrt über die Mellingerstrasse möglich, im Folgenden auch als Stammroute (bzw. Hauptstrecke) bezeichnet, da sie von den meisten Fahrzeuglenkenden bevorzugt wird. Dabei spielt es nur eine untergeordnete Rolle, ob sich die Autofahrer bereits auf der Mellingerstrasse befinden oder die Anreise von der Nationalstrasse 1 her erfolgt (etwa aus Richtung Bern oder Basel). Alternativ ist die Fahrt nach Baden über die Nationalstrasse 1 insofern möglich, als man dort aus Richtung Bern/Basel kommend nicht die Ausfahrt «54 Baden West» nutzt, sondern stattdessen die Autobahn an der Ausfahrt «55 Neuenhof» verlässt. Sofern man sich bereits auf der Mellingerstrasse befindet, ist dies in ähnlicher Weise möglich, indem man zur Fahrt nach Baden die Nationalstrasse zwischen den beschriebenen Knoten nutzt. Diese Möglichkeit wird als Alternativroute (bzw. Alternativstrecke) bezeichnet, da sie von weniger Fahrzeuglenkenden genutzt wird, obwohl sie bei Rückstau auf der Stammroute trotz grundsätzlich rund zweiminütig längerer Fahrtzeit einen teils deutlichen Zeitgewinn verspricht. Dem entsprechend wurde das der Befragung zugrunde liegende Material so dargestellt, dass auch rechnerisch die Wahl der Alternativroute zu bevorzugen wäre.

3.1.2 Versuchsplan

Zur Prüfung der grundlegenden Fragestellung, welche unter mehreren vorhandenen Anzeigeformen das höchste Mass erwünschter Veränderung bei der Routenwahl begünstigt, wurden ausgehend vom Workshop (siehe Kapitel 1.2) vier Darstellungsmöglichkeiten (siehe Abb. 4) ausgewählt, von denen drei zur Variation auf der Kantonsstrasse und eine zur Darstellung auf der Nationalstrasse bewertet werden konnten¹.

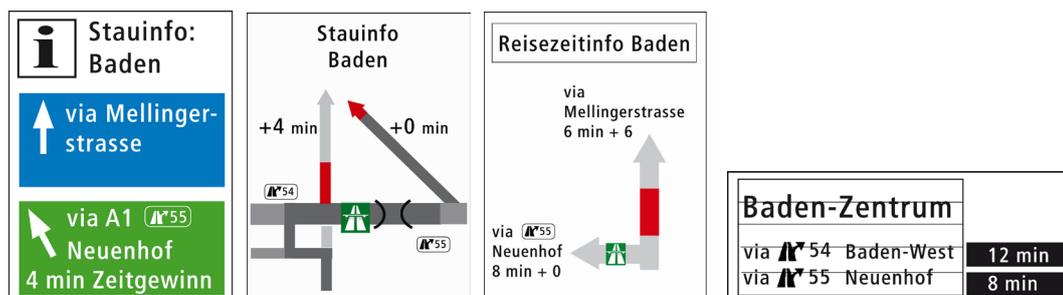


Abb. 4 Die verwendeten Anzeigeformen, von denen drei (von links nach rechts AF1–AF3) auf der Kantons- und eine (rechts, AF4) auf der Nationalstrasse verwendet werden könnten.

Parallel zur Veränderung der Anzeigeform wurde die Darstellung der Fahrtzeiten manipuliert (im Folgenden mit der Zeitdifferenz von vier Minuten exemplarisch dargestellt). Bei der Darstellungsform „Zeitgewinn (ZG)“ wurde die Alternativroute mit dem Hinweis « 4 min Zeitgewinn » versehen. Die Variante „Zeitverlust (ZV)“ hingegen kennzeichnete die Stammroute mit « + 4 min », während die Alternativroute mit « + 0 min » versehen war. Im

¹ Dass für die Autobahn keine flexible Variation der Anzeigeform, vergleichbar der für das VID2 (siehe Kapitel 4.3 bzw. Abb. 20 und Abb. 21), möglich war, resultierte einerseits aus den Vorgaben für die Gestaltung von Verkehrszeichen auf Nationalstrassen und andererseits auf der Art des VID1 (Prismenwender).

Rahmen der „Zeitsegmentierung (ZS)“ wurden die Reisezeit im ungestörten Netz und die zusätzliche Zeit aufgrund der Verzögerung durch den Stau separiert dargestellt. Entsprechend wurde die Stammroute mit «6 min + 6» und die Alternativroute mit «8 min + 0» markiert. Schliesslich wurde als vierte Alternative der „Reisezeitvergleich (ZD)“ dargestellt, was für die Stammroute «12 min» und für die Alternativroute «8 min» bedeutete.

Als dritte unabhängige Variable wurde – neben der Anzeigeform und der Zeitdarstellungsvariante – die Zeitdifferenz und somit die Dauer der Verzögerung auf der Stammroute manipuliert. Neben der oben beschriebenen Verzögerung auf der Stammroute von insgesamt 4 Minuten wurde darüber hinaus in allen Bedingungen eine 10-Minuten-Differenz dargestellt.

Die vierte unabhängige Variable bestand aus einem verbal erzeugten Zeitdruck, mithilfe dessen überprüft werden sollte, ob dadurch die Entscheidung zugunsten oder zulasten der ein oder anderen Anzeigeform verzerrt werden würde. Simuliert werden sollte damit eine Situation, innerhalb derer man nur über wenig Zeit verfügt, um das Ziel zu erreichen.

Die Entscheidung bezüglich der Routenwahl wurde bei jedem Probanden über alle Bedingungskombinationen abgefragt, so dass sich letztlich 64 Bedingungen ergaben, die in einem within-subjects-Design erhoben wurden. Dabei wurden die Variablen Anzeigeform, Zeitdarstellung und Länge der Verzögerung auf der Stammroute randomisiert geordnet, der Zeitdruck hingegen wurde stets als erste Bedingung angeboten. Um der Tatsache Rechnung zu tragen, dass solche Entscheidungen aufgrund der Fahrtgeschwindigkeit regelmässig unter einem gewissen Zeitdruck zu fällen sind, erhielten die Probanden für ihre Urteilsfindung 7 Sekunden Zeit. Verstrich dieses Intervall, erfolgte automatisch die Darstellung der nächsten Bedingungskombination.

3.1.3 Fragebogen

Die vorliegenden Fragestellungen wurden im Rahmen einer Online-Befragung untersucht. In die Befragung einbezogen wurden nur diejenigen Personen, die den relevanten Bereich – also den Grossraum Baden/Wettingen – als ihnen bekannt angaben. Dazu wurde bereits im Anschreiben ein Kartenausschnitt dargestellt, anhand dessen die Probanden eine entsprechende Kenntnis prüfen konnten. Der Fragebogen bestand aus einer Begrüssung, in der der relevante Kartenausschnitt dargestellt wurde und die den Hinweis enthielt, dass in Abhängigkeit von dem sich verändernden Aussehen des Strassenschilds und wechselnden Angaben zu Fahrtzeiten, Strecken und Verzögerungen die Entscheidung bezüglich der Routenwahl abgefragt werden würde.

Im folgenden Abschnitt der Befragung erfolgte auf sprachliche Weise die Erzeugung des Zeitdrucks, indem darauf hingewiesen wurde, dass der Proband es eilig habe und bezüglich eines Termins schon sehr spät dran sei. Danach erschienen in randomisierter Reihenfolge sämtliche Anzeigeformen, kombiniert mit den jeweiligen Zeitverzögerungen und Zeitdarstellungsvarianten, hinsichtlich derer entschieden werden konnte, ob man geradeaus (= Stammroute) oder links (= Alternativroute) fahren würde².

In einem nächsten Abschnitt erhielten die Probanden die Möglichkeit, die Verständlichkeit der jeweiligen Anzeigeformen zu beurteilen sowie im Rahmen einer offenen Frage jeweils Kommentare zu den Designs zu äussern. Ferner erhielten sie die Gelegenheit, die Zeitdarstellungsvarianten zu beurteilen, indem sie eine Rangzuordnung vornehmen konnten.

Nach der Bitte um die Angabe von demografischen und fahrleistungsbezogenen Daten (Alter, Geschlecht, Exposition im relevanten Verkehrsraum, mit dem Auto erbrachte jährliche Kilometerleistung) war die Befragung beendet.

² Bei den Variablenkombinationen, die die Anzeigeform 4 (Nationalstrasse) enthielten, konnten sich die Probanden zwischen den Alternativen « Ausfahrt 54 Baden West » und « Ausfahrt 55 Neuenhof » entscheiden.

3.2 Ergebnisse

3.2.1 Probanden

An der Befragung nahmen insgesamt 360 Personen teil, deren Durchschnittsalter bei 40,39 Jahren (SD: 12,17) lag. 58 % der Teilnehmenden waren männlich.

Der Grossteil der Probanden (64 %) besass eine Fahrerfahrung von jährlich zwischen 10'000 und 50'000 Kilometern, was zugleich auch den Median der Gesamtgruppe darstellt.

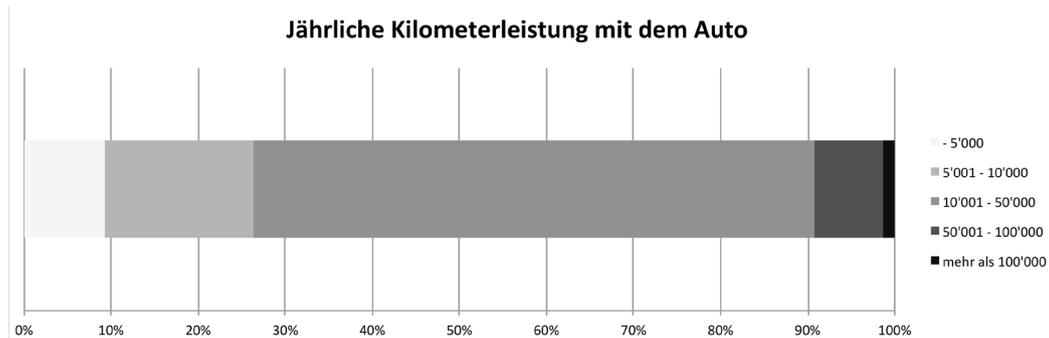


Abb. 5 Antwort auf die Frage nach der jährlichen Kilometerleistung mit dem Auto.

Während alle Teilnehmenden bestätigten, den untersuchten Bereich zu kennen, frequentierten sie ihn im Mittel an zwei Tagen pro Woche.

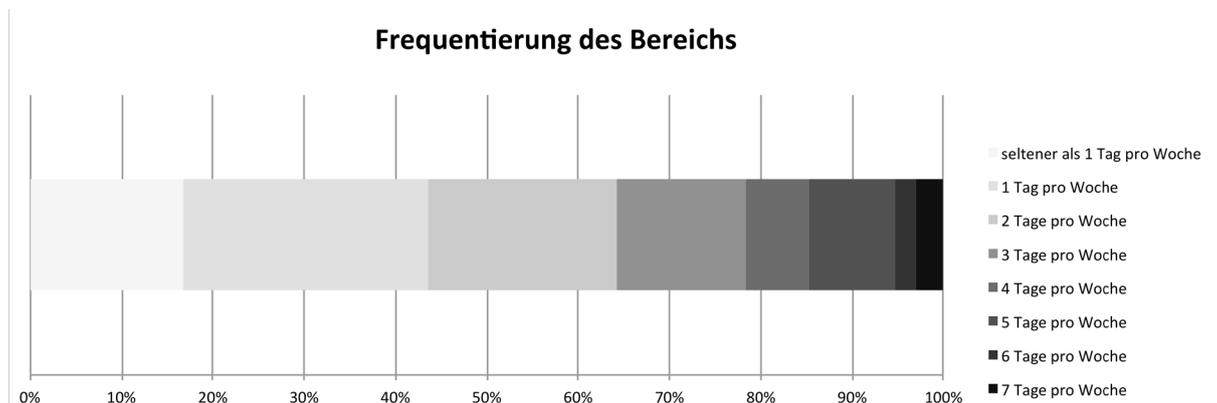


Abb. 6 Antwort auf die Frage nach der Häufigkeit, mit der der Bereich pro Woche befahren wird.

3.2.2 Entscheidungen in Abhängigkeit von der Anzeigeform

In einem ersten Auswertungsschritt wurde zunächst ein Standard der Entscheidungen zugunsten der jeweiligen Routenwahl definiert. Dazu wurde über alle 64 Versuchsbedingungen hinweg geprüft, wie die Probanden zugunsten der Haupt- oder Alternativroute entschieden oder ob sie innerhalb der zur Verfügung stehenden Zeit von sieben Sekunden keine Entscheidung treffen konnten. Dabei resultierte, dass in 58,6 % der Fälle zugunsten der Alternativroute und in 24,8 % der Fälle zugunsten der Stammroute entschieden wurde. In 16,6 % der Fälle konnte keine Entscheidung getroffen werden (siehe Abb. 7).

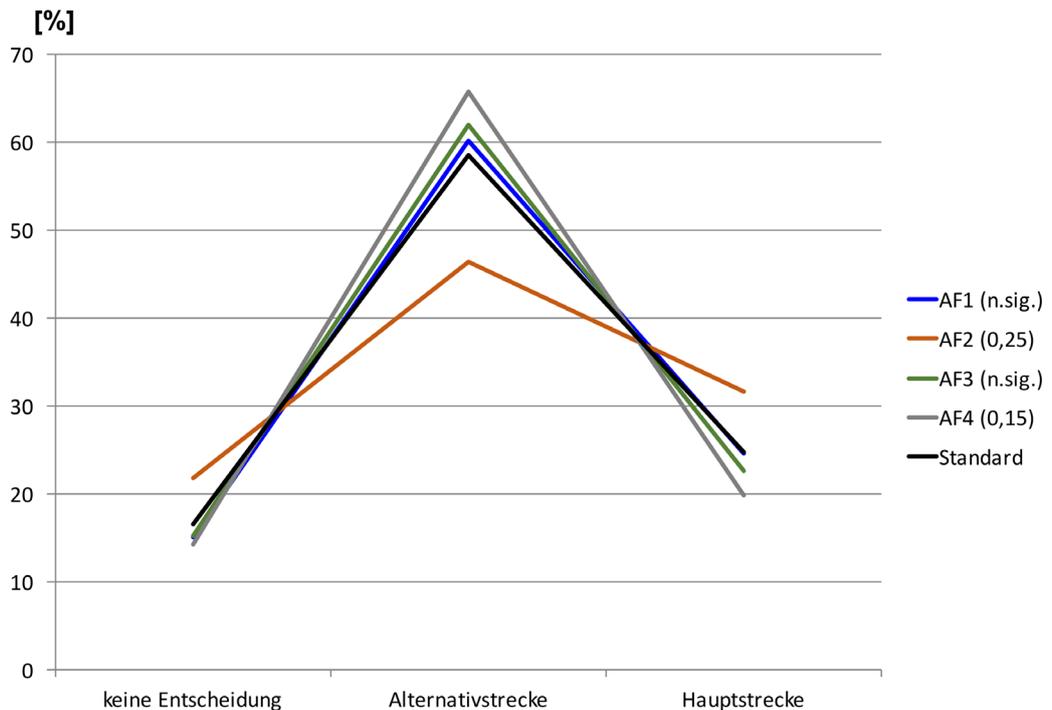


Abb. 7 Prozentuale Verteilung der Entscheidungen in Abhängigkeit von den vier Anzeigeformen. Die Signifikanzprüfung³ erfolgte relativ zum Durchschnitt der Entscheidungen über alle 64 Versuchsbedingungen hinweg. In Klammern befinden sich Angaben zur Irrtumswahrscheinlichkeit bzw. – falls signifikant – zur Effektgrösse w . Zur besseren Vergleichbarkeit der Alternativen wurde bei dieser und entsprechenden folgenden Diagrammen eine Liniendarstellung verwendet.

Relativ zu diesem definierten Standard ergaben sich zwei signifikante Unterschiede³, nämlich bei AF2 und AF4, wobei sich die erste Anzeigeform aufgrund der häufigeren Stammroutenwahl zulasten der Alternativroutenwahl als besonders ungünstig erwies; auch zeigten sich dort die häufigsten Entscheidungsausfälle. Dem gegenüber vereinigte AF4 – diejenige Variante für die Nationalstrasse – die meisten Entscheidungen in die intendierte Richtung: die Alternativroute wurde deutlich bevorzugt.

In einem nächsten Auswertungsschritt wurde der Frage nachgegangen, ob sich Unterschiede im Entscheidungsverhalten bezüglich des Alters der Probanden zeigen würden. Dabei wurde die Annahme formuliert, dass eine Anzeige im Strassenverkehr idealerweise keine Unterschiede bei der Interpretation bzw. beim resultierenden Verhalten in Abhängigkeit von den Adressaten hervorrufen sollte. Tatsächlich jedoch waren signifikante Unterschiede³ bei AF2 – AF4 zu erkennen, wobei AF3 insbesondere bei älteren Verkehrsteilnehmenden den höchsten Anteil von Entscheidungsausfällen auf sich vereinigte, die im Wesentlichen zulasten der Stammroutenwahl ging (siehe Abb. 8). AF2, die ohnehin schon über die meisten Entscheidungsausfälle verfügte, war für die älteren Verkehrsteilnehmenden offenbar besonders schwierig in den sieben Sekunden der zur Verfügung stehenden Zeit zu verarbeiten. Ähnliches galt für AF4, wenngleich hier insgesamt nur relativ wenige Entscheidungsausfälle zu verzeichnen waren.

Wie wirkt sich die Bekanntheit des Bereichs auf das Entscheidungsverhalten aus? Dazu wurde in einem ersten Schritt zunächst die gesamte Probandengruppe gemessen am Median geteilt. Es resultierte eine Gruppe, die zwei Mal und häufiger pro Woche den Bereich durchfährt und eine Gruppe, die sich dort seltener befindet. Auch bezüglich dieses

³ Die Sternchen in Abb. 7 bis Abb. 16 stehen immer für " $p \leq .05$ " und sind dann dokumentiert, wenn Häufigkeiten mittels einem Chi-Quadrat (oder Yates-Test) berechnet wurden. Wurden t- oder F-Tests berechnet, ist das Ergebnis immer dann (unter Verwendung des " $p \leq .05$ "-Kriteriums) signifikant, wenn die Effektstärke ausgewiesen wurde. Ansonsten findet sich ein „n.sig.“.

Merkmals sollte die ideale Anzeigeform keinen Unterschied bei der Entscheidung hervorgerufen. Tatsächlich jedoch liessen sich mehrere signifikante Unterschiede (vergleiche Fussnote³ Seite 28) erkennen, die insbesondere AF1 und AF2 betrafen (siehe Abb. 9).

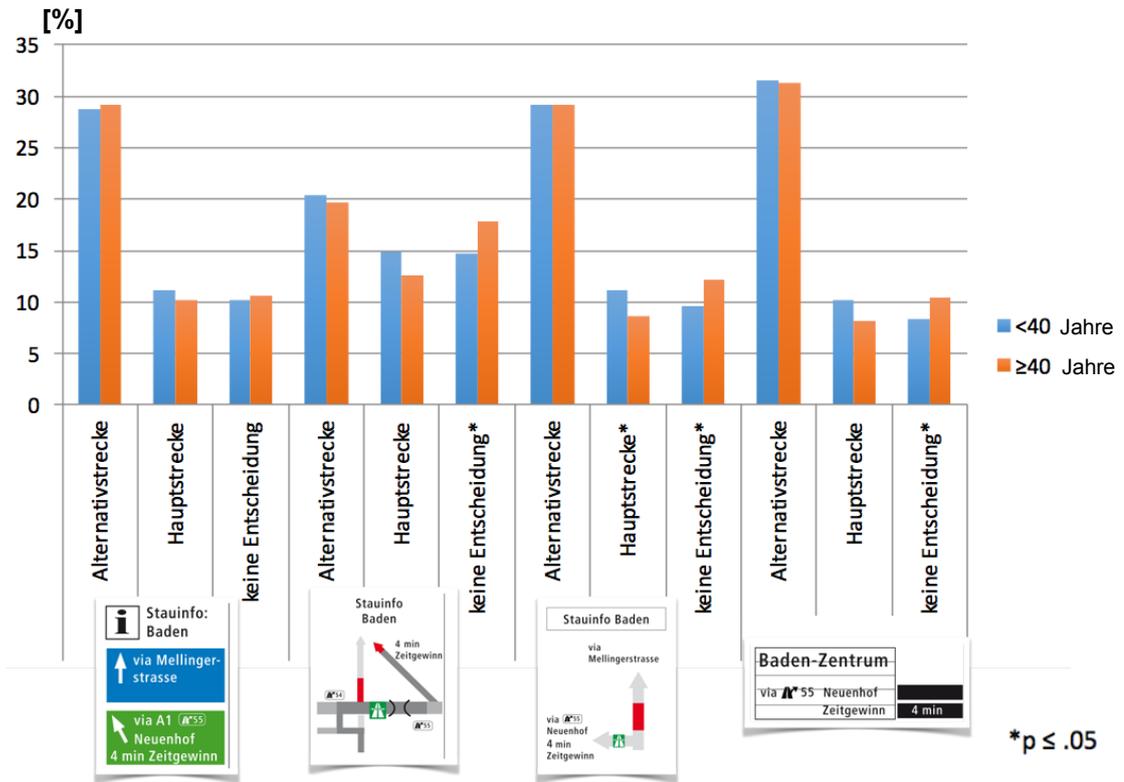


Abb. 8 Prozentuale Verteilung der Entscheidung in Abhängigkeit von der Anzeigeform relativ zum Alter (Median-Split; in %).

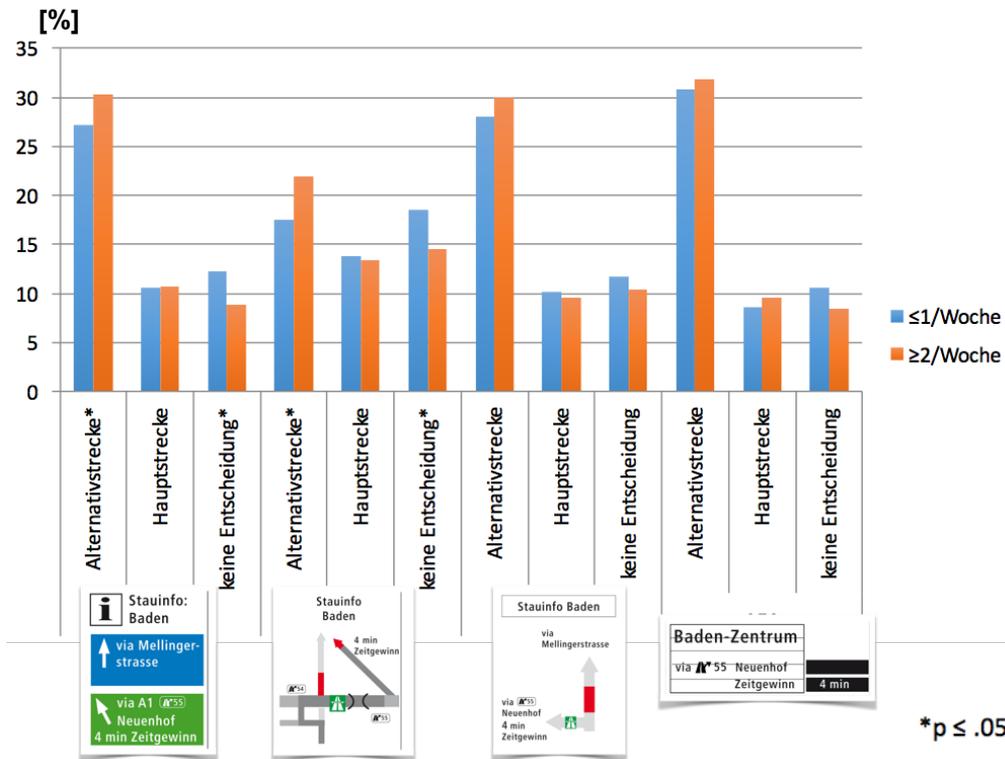


Abb. 9 Prozentuale Verteilung der Entscheidung in Abhängigkeit von der Anzeigeform relativ zur Frequentierung des Bereichs (Median-Split; in %).

In beiden Fällen entschieden sich Personen mit mehr Erfahrung im betreffenden Bereich häufiger zugunsten der Alternativroute bzw. war die Häufigkeit der Entscheidungsausfälle grösser bei Personen, die das Gebiet nur selten passieren.

Dieses hinsichtlich der Entscheidungsqualität bezüglich der vier Anzeigeformen heterogene Bild wurde nun daran gemessen, ob Personen mit mehr oder weniger Fahrerfahrung in unterschiedlichem Masse beeinflusst werden würden. Der dazu notwendige Median-Split teilte die Gruppe bei bis zu 10'000 km jährlicher Kilometerleistung mit dem Auto (siehe Abb. 10).

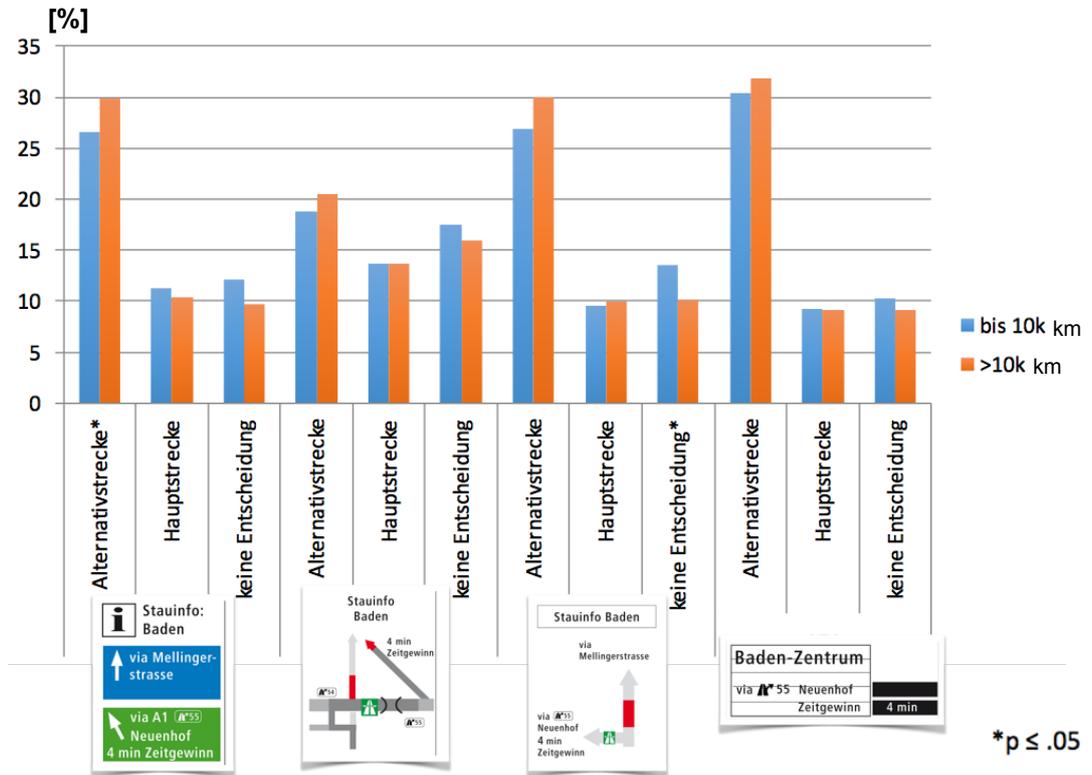


Abb. 10 Prozentuale Verteilung der Entscheidung in Abhängigkeit von der Anzeigeform relativ zur jährlichen Kilometerleistung (Median-Split; in %).

Auch bei dieser Differenzierung der Probanden erhöhte sich bei AF1 die Entscheidungsquote zugunsten der Alternativroute, sofern es sich um Personen mit hoher jährlicher Kilometerleistung handelte. Darüber hinaus lag die Zahl der Entscheidungsausfälle bei weniger Erfahrenen bei AF3 signifikant (vergleiche Fussnote³ Seite 28) höher.

Mit dem Ziel, eine Gesamtbeurteilung der vier Anzeigeformen zu erlangen, wurden die Probanden gebeten, jede der vier Varianten auf einer Skala von nicht verständlich (1) über unentschieden (4) bis sehr verständlich (7) zu bewerten (siehe Abb. 11).

Deutlich wurde, dass AF2 als vergleichsweise unverständlich eingestuft wurde, während sich die übrigen drei Anzeigeformen alle im Bereich der höheren Verständlichkeit befinden.

Neben der Bewertung hinsichtlich der Verständlichkeit erhielten die Probanden die Möglichkeit, Kommentare zu den jeweiligen Anzeigeformen abzugeben. Diese Rückmeldungen wurden anschliessend inhaltlich ausgewertet und den Kategorien positiv, neutral und negativ zugeordnet (siehe Abb. 12).

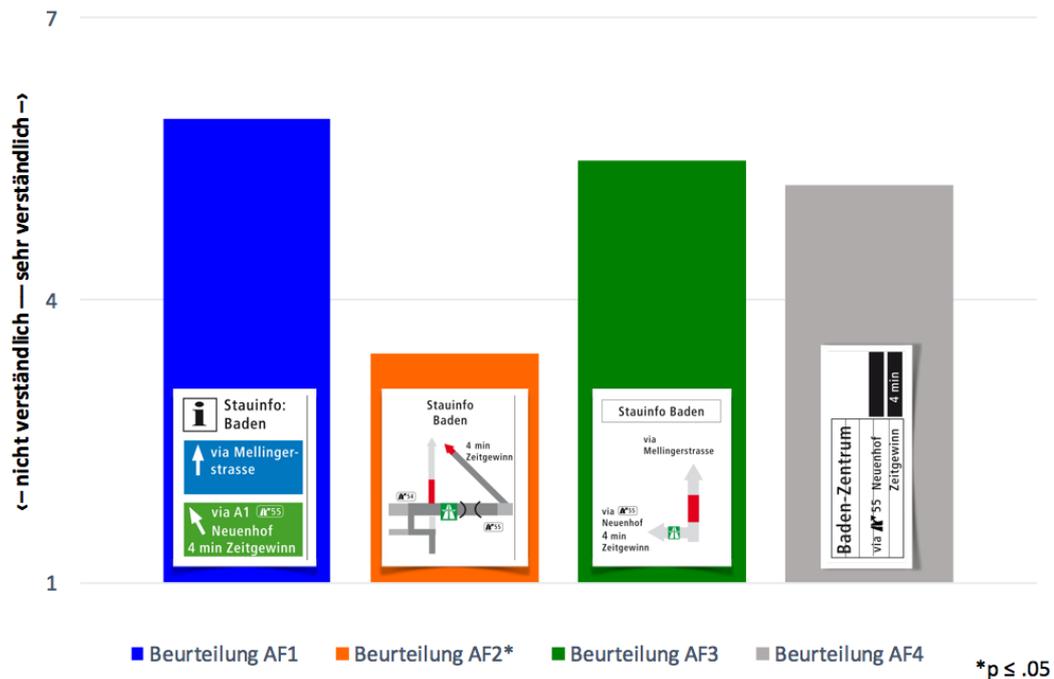


Abb. 11 Verständlichkeit der Anzeigen aufgrund ihres Designs. Während drei Anzeigeformen als verständlich bis sehr verständlich eingestuft werden, erreicht AF2 ein signifikant (vergleiche Fussnote³ Seite 28) geringeres Ausmass an Verständlichkeit.

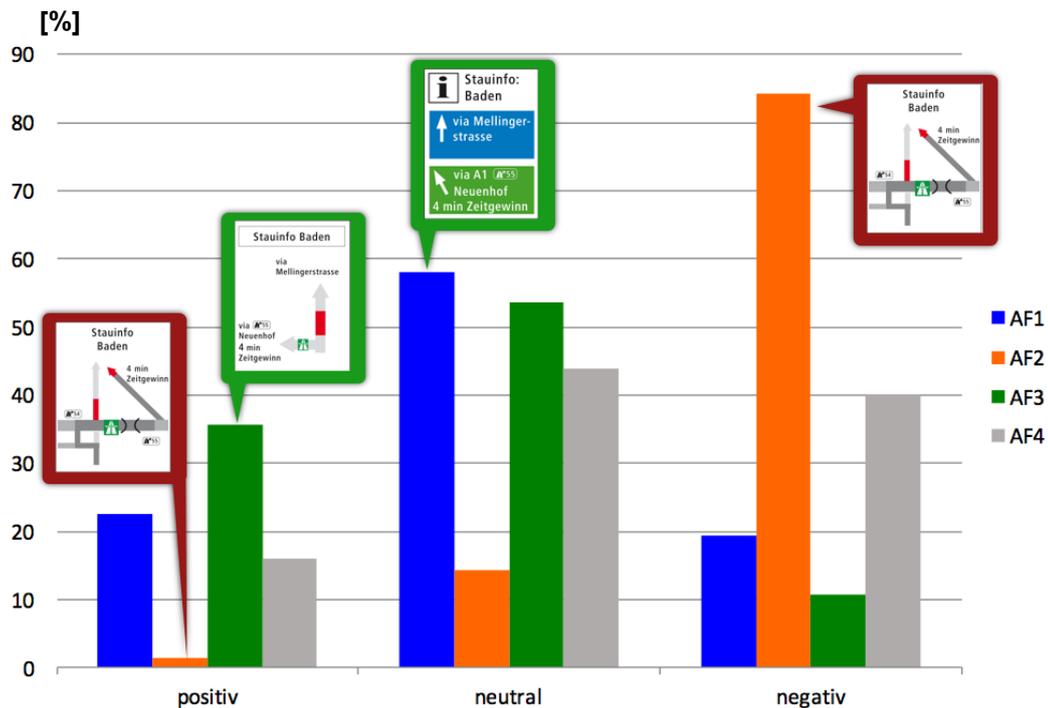


Abb. 12 Analyse der Kommentare zu den jeweiligen Anzeigeformen und prozentuale Verteilung auf die Kategorien „positiv“, „neutral“ und „negativ“. Zur besseren Anschaulichkeit wurden auffällig positive (grün) und negative (rot) Abweichungen vom Standard markiert.

AF2 wurde zu über 84 % mit negativen Kommentaren versehen, während nur 1 % der Bewertungen positiv ausfielen. Im Gegensatz dazu erhielt AF3 die meisten positiven Rückmeldungen (36 %) und zugleich die wenigsten negativen Bewertungen.

Im Sinne eines Zwischenfazit lässt sich insoweit feststellen, dass AF2 die geringsten Zustimmungsraten, die meisten ungünstigen Entscheidungen zulasten der Alternativroute sowie die meisten negativen Kommentare erhielt. AF4 hingegen erreichte das höchste Ausmass an erwünschten Entscheidungen zugunsten der Alternativroute – ein Resultat, das vermutlich aber dadurch begünstigt wird, dass die Fahrzeuglenkenden in der gedachten Situation auf der Nationalstrasse bleiben konnten, um die Alternativroute zu nutzen; im Gegensatz dazu wäre mit Blick auf die Anzeigeformen 1 bis 3 ein Wechsel von der Kantons- auf die Nationalstrasse notwendig gewesen.

AF1 und AF3 erreichen ähnliche Werte auf gutem Niveau insofern, als sie differenzierte Nutzergruppen von wenigen Ausnahmen abgesehen gleichmässig ansprechen. AF3 hingegen wird, basierend auf offen geäusserten Rückmeldungen der Probanden, besonders positiv bewertet.

3.2.3 Entscheidungen bezüglich der Zeitdarstellungsform

Wie bereits in Kapitel 3.1.2 beschrieben, wurde neben der Anzeigeform zugleich auch die Zeitdarstellung variiert. Dabei wurden die Probanden mit vier verschiedenen Arten der Darstellung der Gesamtreisezeit konfrontiert: dem Zeitgewinn (z.B. Route A: 4 min Zeitgewinn), dem Zeitverlust (z.B. Route A: + 0 min, Route B: + 4 min), der Zeitsegmentierung (z.B. Route A: 8 min + 0, Route B: 6 min + 6) und dem Reisezeitvergleich (z.B. Route A: 8 min, Route B: 12 min). Damit wurde unter anderem die Fragestellung verknüpft, ob Personen ein stärkeres Engagement zur Verhinderung negativer Folgen zeigen, wenn diese deutlicher – etwa im Sinne des drohenden Zeitverlusts – dargestellt werden. Dem gegenüber wäre anzunehmen, dass die Bereitschaft zur Nutzung der Alternativroute geringer wäre, wenn nur der Vorteil im Sinne eines Zeitgewinns dargestellt werden würde. Tatsächlich aber waren keine signifikanten Abweichungen (vergleiche Fussnote³ Seite 28) vom Standard festzustellen (siehe Abb. 13).

Im Gegensatz zur nicht vorhandenen Abhängigkeit der Entscheidung zur Routenwahl von der Art der Zeitdarstellung konnten dennoch deutliche Unterschiede bei den geäusserten Präferenzen der Probanden verdeutlicht werden (siehe Abb. 14). Dazu wurde im Rahmen der Befragung die Möglichkeit gegeben, die vier Arten der Zeitdarstellung in eine Rangreihe zu bringen.

Erkennbar ist, dass die Darstellung des Reisezeitvergleichs (ZD) (z.B. in der Form, dass die Stammroute mit «12 min» und die Alternativroute mit «8 min» gekennzeichnet war) in 61 % der Fälle auf den ersten Rang eingeordnet wurde. Die Zeitsegmentierung hingegen war nur in 15 % der Zuordnungen auf dem ersten, dafür jedoch zu 41 % auf dem vierten und letzten Rang vorzufinden. Viele mittlere Rangzuordnungen (2. oder 3. Rang) erhielt die Darstellung des Zeitverlusts und des Zeitgewinns.

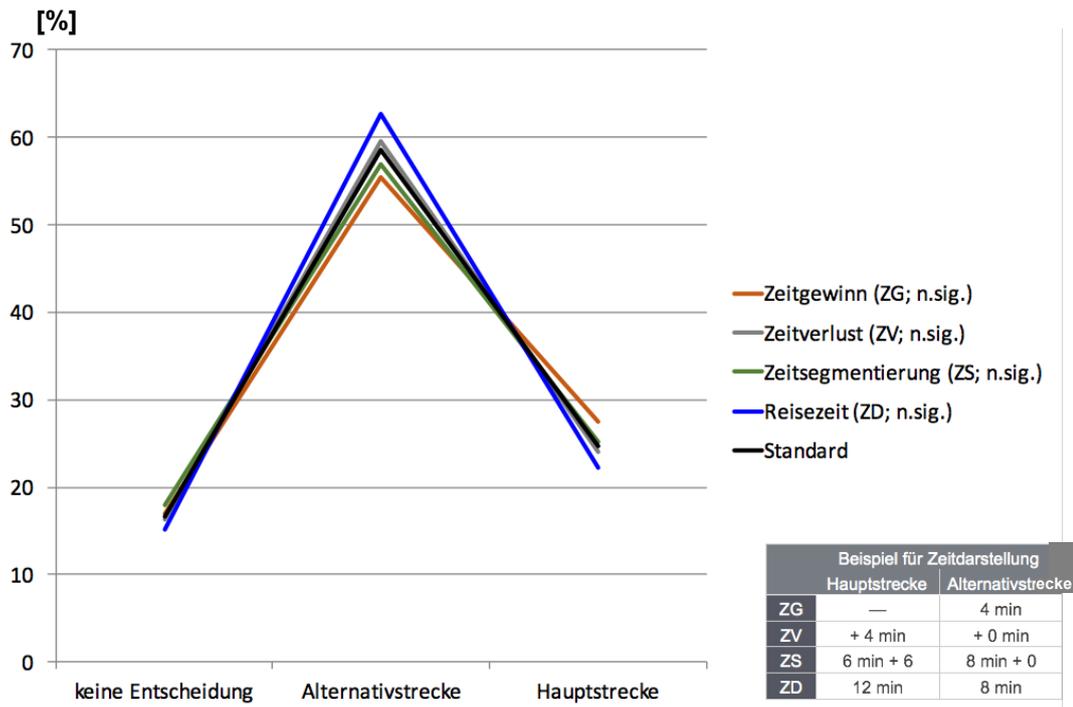


Abb. 13 Prozentuale Verteilung der Entscheidung bezüglich der Zeitdarstellung (nicht Signifikant, vergleiche Fussnote³ Seite 28).

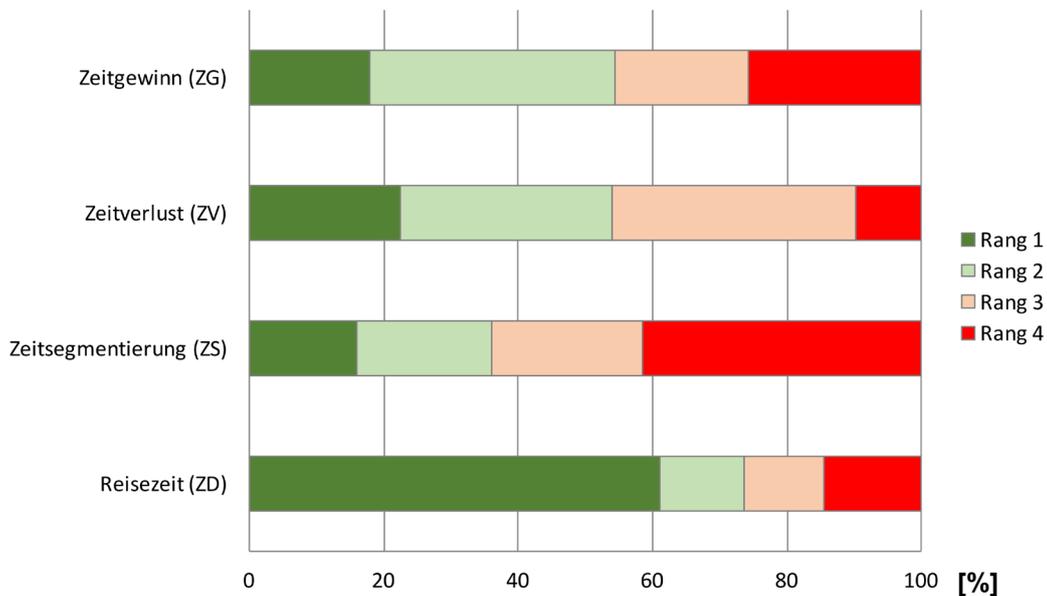


Abb. 14 Prozentuale Verteilung der Rangzuordnung der Zeitdarstellungsform.

3.2.4 Weitere Befunde

In einem nächsten Schritt wurde untersucht, inwieweit ein sprachlich induzierter Zeitdruck eine Folge auf die Entscheidungen der Probanden haben würde. Über alle Anzeigeformen hinweg liess sich bereits erkennen, dass unter Zeitdruck die Zahl der Entscheidungsausfälle („keine Entscheidung“) signifikant (vergleiche Fussnote³ Seite 28) und gleichermassen verteilt zulasten der Wahl der Haupt- und der Alternativroute zunahm. Zeitdruck führte somit nicht zu schlechteren Entscheidungen im Sinne einer verstärkten Wahl der Stammroute, sondern zu einer erhöhten Entscheidungsunfähigkeit.

Die „ideale“ Anzeigeform sollte daher die Zahl fehlender Entscheidungen minimieren und zugleich die Alternativroutenwahl begünstigen. Daher wurde im Folgenden der induzierte Zeitdruck relativ zu den verschiedenen Anzeigeformen untersucht (siehe Abb. 15).

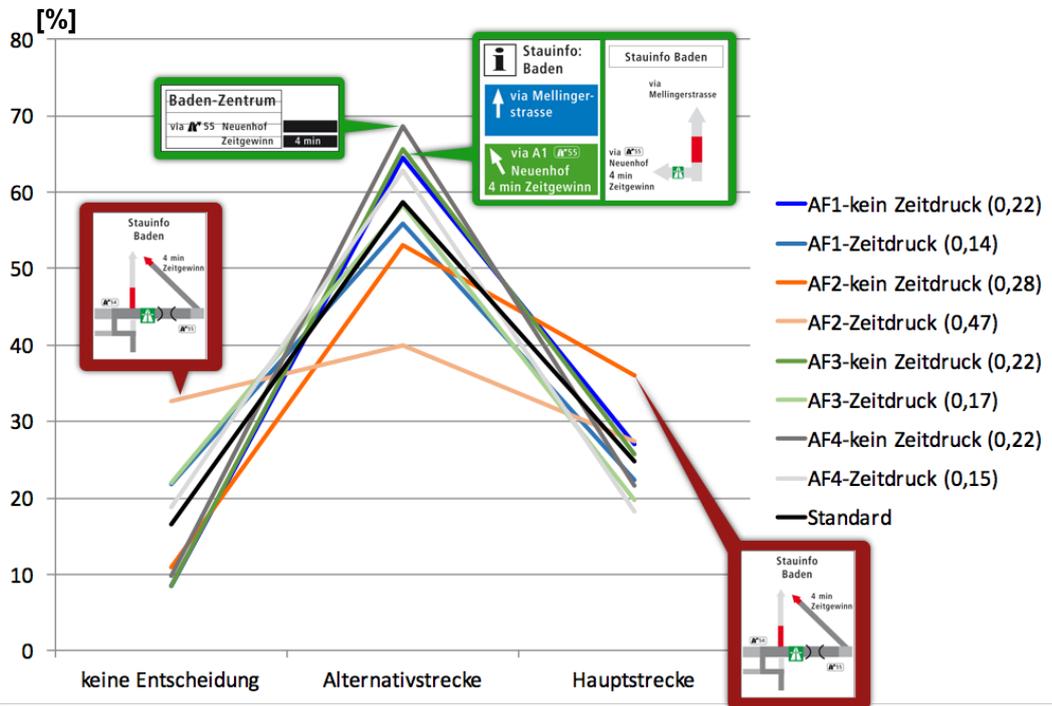


Abb. 15 Prozentuale Verteilung der Entscheidung in Abhängigkeit von der Anzeigeform relativ zum Zeitdruck. Exemplarisch sind im Sinne der Wirkungsabsicht positive (grün) oder negative (rot) Anzeigeformen farblich hinterlegt. In Klammern befindet sich die Effektgrösse w im Falle signifikanter (vergleiche Fussnote³ Seite 28) Unterschiede vom Standard.

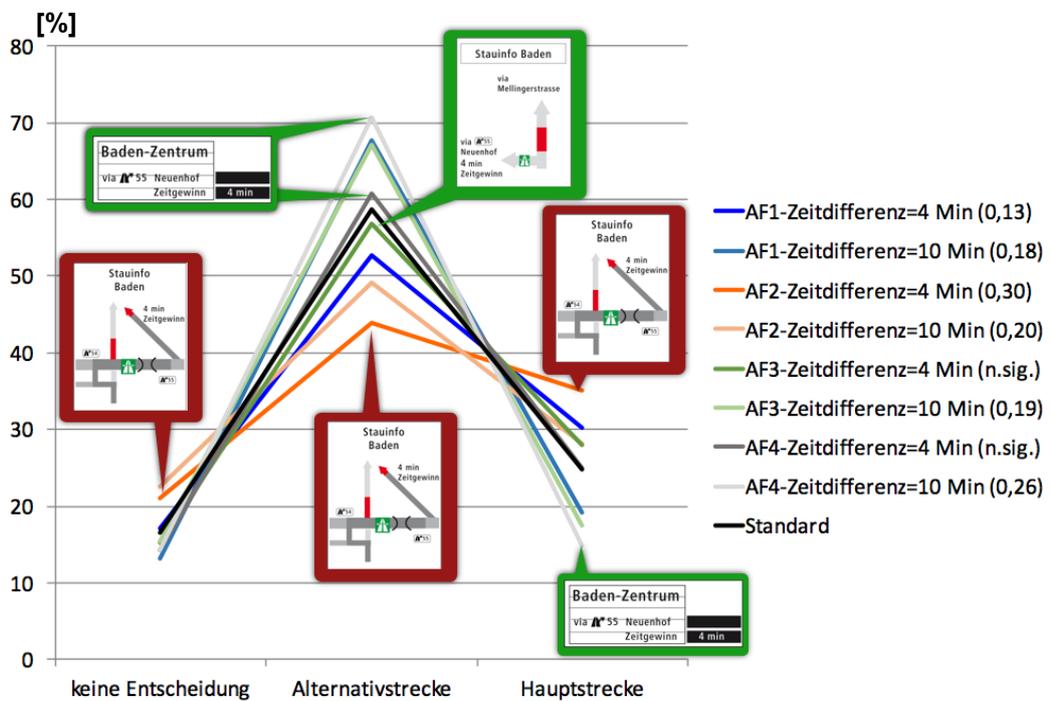


Abb. 16: Prozentuale Verteilung der Entscheidung in Abhängigkeit von der Anzeigeform und relativ zur Zeitdifferenz. Exemplarisch sind im Sinne der Wirkungsabsicht positive (grün) oder negative (rot) Anzeigeformen farblich hinterlegt. In Klammern befindet sich die Effektgrösse w im Falle signifikanter (vergleiche Fussnote³ Seite 28) Unterschiede vom Standard.

Besonders deutlich wurde die ungünstige Wirkung von AF2 auf die Entscheidung der Probanden, welche einen fast grossen – inhaltlich negativen – Effekt aufweist. Die Zahl der Entscheidungsausfälle liegt sogar höher als diejenige der Stammroutenwahl. Im Sinne der gewünschten Entscheidung positiv wirkten die übrigen Anzeigeformen, welche jeweils ein hohes generelles Mass an Alternativroutenwahlen auf sich vereinigen konnten. Allerdings wich nur AF4 unter der Zeitdruck-Bedingung positiv vom Standard ab.

Die Auswertung der Reisezeitdifferenz zwischen Haupt- und Alternativroute ergab zunächst einen zwar signifikanten (vergleiche Fussnote³ Seite 28), aber dennoch kleinen Unterschied ($w = 0.12$). Während die Entscheidungsausfälle in Abhängigkeit der Zeitdifferenz keine Unterschiede aufwiesen, führte ein geringerer Zeitunterschied – wenig überraschend – zu einer verstärkten Wahl der Stammroute, was wiederum zulasten der Selektion der Alternativroute ging (siehe Abb. 16).

Die vertiefte Analyse hinsichtlich der vier verschiedenen Formen der Präsentation der Reiseempfehlung weist signifikante Unterschiede auf, die jedoch wiederum zulasten von AF2 gehen. Vor allem bei kleinen Zeitunterschieden zwischen Haupt- und Alternativroute wählten die Probanden signifikant seltener die Alternativroute, dafür häufiger die Stammroute bzw. eine Entscheidung blieb aus. Positiv fielen hingegen AF1, AF3 und AF4 bei der 10-Minuten-Bedingung sowie, relativ zu den Übrigen 4-Minuten-Bedingungen erneut AF3 auf.

4 Feldtest

4.1 Ausgangslage und Ziele des Pilotprojekts Baden-Wettingen

Der Feldtest wurde innerhalb des Pilotprojekts Baden-Wettingen [12] (Perimeter siehe Abb. 17) durchgeführt. Das Pilotprojekt Baden-Wettingen, auch einfach Pilotprojekt (bzw. Pilot) genannt, ist ein gemeinsames Vorhaben des Kantons Aargau (BVU, ATB) und des ASTRA. Die Mellingerstrasse (Stammroute, Abb. 17, rote Linie) ist eine wichtige Verkehrsachse Richtung Stadtzentrum Baden. Aufgrund der beschränkten Leistungsfähigkeit am Schulhausplatz kam es regelmässig zu Verkehrsüberlastungen stadteinwärts. Aus diesem Grund wird der stadteinwärts fliessende Verkehr bereits an der LSA Badener Tor doziert (zweistreifiger Stauraum mit Pfortnerung). Mit Hilfe der Pfortnerung kann auch zu Spitzenzeiten der Verkehr auf dem Abschnitt zwischen Badener Tor und Schulhausplatz am Fliesen gehalten werden. Der ÖV fährt am Stauraum auf einer Busspur vorbei und wird an den Lichtsignalanlagen soweit wie möglich bevorzugt. Mit dem zweistreifigen Stauraum auf der Mellingerstrasse sollen Rückstausituationen auf der Strecke vom Badener Tor bis zur A1-Ausfahrt Baden-West reduziert werden.

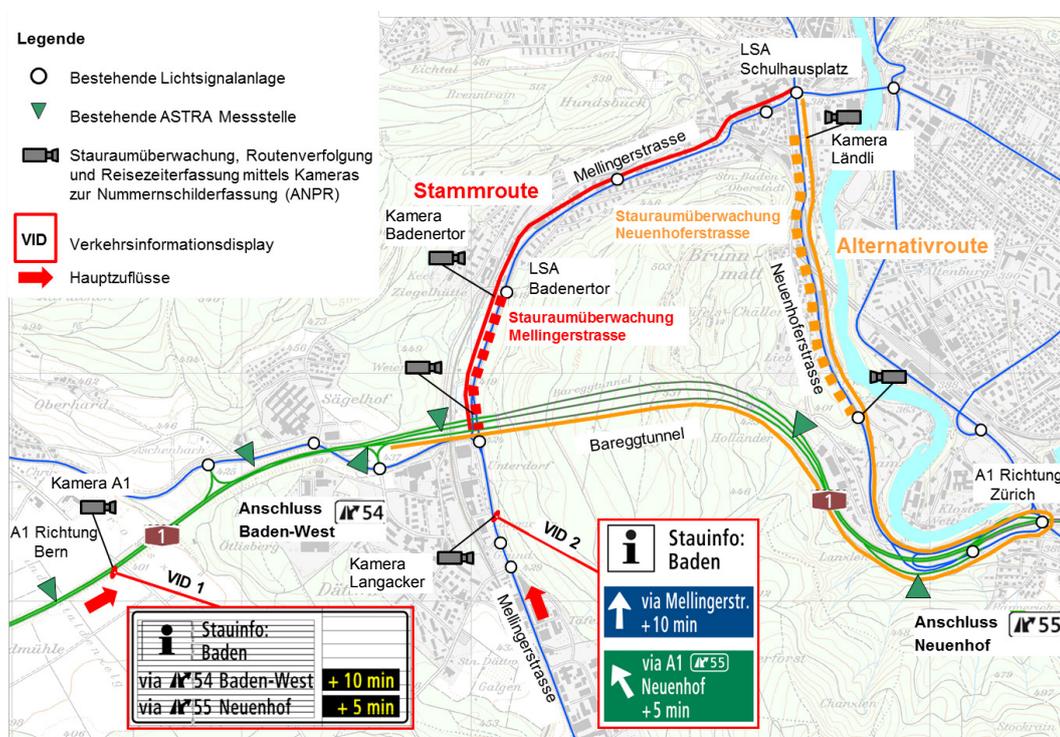


Abb. 17 Perimeterübersicht mit den wichtigsten Elementen des Pilotsystems. (Grundlage:[12]). Die ANPR-Kamera beim VID 1 erfasst die rechten beiden von drei Fahrstreifen der A1. Das VID 1 hängt sogar ganz rechts über dem Pannenstreifen, sodass das Display neben der bestehenden Wechseltextanzeige vom linken Fahrstreifen aus am schlechtesten lesbar ist.

Von der Mellingerstrasse (südlich der A1) bzw. vom A1-Anschluss Baden-West aus ist eine bezüglich Distanz deutlich längere Alternativroute (orange) über die A1 durch den Bareggtunnel, über den Anschluss Neuenhof und dann über die Neuenhoferstrasse zum Schulhausplatz vorhanden. Auch auf der Neuenhoferstrasse, der zweiten Verkehrsachse Richtung Schulhausplatz und Stadtzentrum Baden, bilden sich häufig lange Staus. Der „Stauraum“ auf der Neuenhoferstrasse kann ohne Einschränkungen des ÖV auf die gesamte Achse gelegt werden. Der Zeitverlust in den Stauräumen von Mellinger- und Neuenhoferstrasse ist jedoch oft unterschiedlich und schwer vorhersagbar.

Im Pilotprojekt Baden-Wettingen sollen mittels Verkehrsinformationsdisplays auf der A1 (VID 1) und auf der Mellingerstrasse (VID 2) die Verkehrsteilnehmer bei Verzögerungen über die Verlustzeiten/Reisezeiten beider Routen informiert und in die Lage versetzt werden, entsprechend ihre Routenwahl zu überdenken. Ziel des Pilotprojekts ist es, die Verlustzeiten beider Verkehrsachsen einander anzunähern und damit eine „optimale Netzauslastung“ zu erreichen. Das Pilotprojekt hat neben der Optimierung der Netzauslastung und der generellen Information der Verkehrsteilnehmer auch das Ziel, Erfahrungen mit solch einer Anlage zu gewinnen.

4.2 Ziele des Forschungsvorhabens

Das Forschungsprojekt hat zum Ziel, eine standardisierte Reisezeitinformation (MIV) zu erarbeiten, die

1. den Verkehrsteilnehmer in seiner Routenwahl unterstützt und gleichzeitig
2. hilft, die Ziele des Verkehrsmanagements – eine gleichmässige Netzauslastung oder eine Priorisierung des ÖV – umzusetzen.

Die Reaktion der Verkehrsteilnehmer, abhängig von der jeweils angezeigten Zeitdifferenz, gilt dabei als Messgrösse für den Erfolg der Zeitdarstellungsvarianten / Anzeigeformen der Reisezeit. Eine Standardisierung der Informationsdarstellung unterstützt eine schnelle Auffassung aufgrund des Gewöhnungseffekts. Im Ergebnis ist der Strassen-netzbetreiber in der Lage, einen bestmöglichen Lenkungseffekt zu erzielen und gleichzeitig die Sicherheit der Verkehrsteilnehmer nicht unnötig zu gefährden.

Anders als das Pilotprojekt (siehe Kapitel 4.1), das viele Ziele parallel verfolgt fokussiert das Forschungsprojekts auf die Entwicklung einer standardisierten Reisezeitinformation (MIV).

4.3 Systemübersicht

Die Reisezeiten bzw. Routenempfehlungen werden bei Stau für die stadteinwärts fahrenden Verkehrsteilnehmer durch Verkehrsinformationsdisplays (VIDs) angezeigt (siehe Abb. 17; Anzeigehalte siehe Kapitel 4.5). Das VID 1 auf der A1 ist ein überkopf installiertes Prismensignal der Firma Walter AG vom Typ „Prismensignal AWS offen“ (Abmessungen: 2150 x 5098 mm). Mit dem Prismensignal können drei verschiedene Anzeigen realisiert werden. Die Zeiten werden durch eine Matrix Anzeige (Liquid Crystal Display, LCD) des Typs „Geascript GV163“ der Firma BMG/MIS dargestellt. Beim VID 2 auf der Mellingerstrasse handelt es sich um eine seitlich aufgestellte Matrix-Anzeige (Abmessungen: 2302 x 1658 mm). Die Anzeige ist ein farbiges, energiesparendes Geameleon Anzeigesystem der Firma BMG/MIS mit reflektiv arbeitenden Farb-ChLCD-Modulen (Cholesteric Liquid Crystal Display, ChLCD).

Um Reisezeiten anzeigen zu können, müssen sie zunächst gemessen bzw. geschätzt werden:

- a. In den Stauräumen in der Mellinger- und Neuenhoferstrasse werden jeweils bei Ein- und Ausfahrt die Nummernschilder mittels infrarot ANPR-Kameras erfasst (Automatic Number Plate Recognition, ANPR), auch bei Nacht und schlechter Witterung. Die Daten werden bereits vor Ort bei den Kameras mittels Hashfunktion verschlüsselt und somit anonymisiert übertragen, so dass der Datenschutz zu jeder Zeit gewährleistet ist. Über die erfassten Fahrzeugzahlen kann der aktuelle Füllgrad des Stauraums und damit die aktuelle bei Einfahrt in den Stauraum zu erwartende Verlustzeit (aggregiert auf Minutenwerte) berechnet werden. Die berechneten Stauraumfüllgrade werden durch Korrekturwerte an die Realität angenähert. Dies ist notwendig, da es systematisch zu „Fehlzählungen“ bei der Stauraumausfahrt kommt (Parkhaus Ländli in der Neuenhoferstrasse und Linksabbieger sowie Linkseinbieger am Badener Tor in der Mellingerstrasse). Im Stauraum Neuenhoferstrasse handelt es sich beim Korrekturwert um einen fixen Wert, für die Mellingerstrasse sind Korrekturganglinien hinterlegt.

- b. Auf der Nationalstrasse und den beiden Autobahnausfahrten werden die Onlinedaten der bestehenden ASTRA-Zählstellen verwendet. Mit den erfassten und gemittelten Geschwindigkeiten können die Reisezeiten abschnittsweise geschätzt werden.
- c. Für die Reisezeiten der übrigen Abschnitte wurden stundengenaue mittlere Wochenangablinien geschätzt. Die Abschnitte sind: A1 Ausfahrt Baden-West bis Stauraum Mellingerstrasse, A1 Ausfahrt Neuenhof bis Stauraum Neuenhoferstrasse, VID 2 bis Stauraum Mellingerstrasse, Badener Tor bis Schulhausplatz und Stauraum Neuenhoferstrasse bis Schulhausplatz. Die Schätzung der Reisezeiten erfolgte zwischen VIDs und den Stauräumen aufgrund der ANPR-Erhebungen vom September 2015. Für die Abschnitte bis Schulhausplatz konnten Reisezeiten aus TomTom-Daten verwendet werden.

In Abb. 18 ist eine Übersicht über das Pilotsystem dargestellt. Das System setzt sich aus der Sensorik (ANPR-Erhebungen und Onlinedaten Nationalstrasse), dem Steuerungsrechner sowie der Aktorik (VID 1, VID 2) zusammen. Bei der ANPR-Kamera am Standort VID 1 (Routenverfolgung am Zufluss A1) werden nur die beiden rechten Fahrstreifen erfasst. Somit wird der Anteil der Fahrzeuge, die auf dem linken Überholstreifen fahren und die die Stamm- und vor allem die Alternativroute wählen, nicht durch die ANPR-Kameras erfasst. Es wird davon ausgegangen, dass es sich dabei um einen kleinen Anteil handelt, da in diesem Fall in kurzer Distanz Spurwechsel über zwei Fahrstreifen erforderlich sind. Die Reisezeiten werden im Steuerungsrechner zusammengefasst und auf Minutenwerte aggregiert. Die Umsetzung und technische Begleitung des Pilot-Systems erfolgte durch SIEMENS Mobility.

Legende

- Hardware
- Software / Logik-Baustein
- Schnittstelle

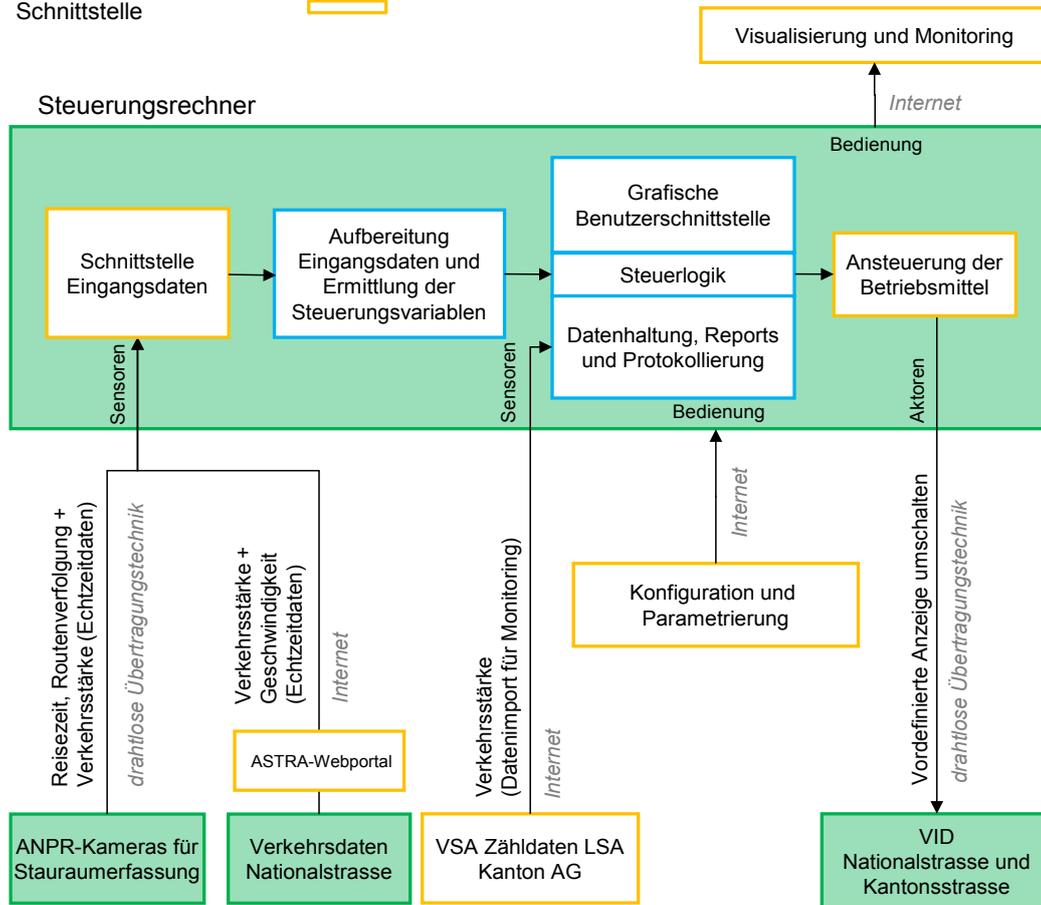


Abb. 18 Systemübersicht (Quelle: [12]).

4.4 Zeitliche Übersicht über das Pilotprojekt und die Baustelle Schulhausplatz

Tab. 1 Zeitliche Übersicht über das Pilotprojekt

Aktivität	Monate	Q1		Q2			Q3			Q4			Q5			Q6			Q7			Q8			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Genehmigung RPH Okt. 2014																									
Realisierung und Inbetriebnahme			x																						
Blindbetrieb (schwarz)																									
Phase 1 (Anzeige Verlustzeit) ab 8. Juli 2015																									
Phase 2 (Anzeige Gesamtreisezeit) ab 18. Nov. 2015																									
Baustelle Schulhausplatz ab 18. Juli 2015 bis 2017																									
Grosser Ausfall (Kamera bei VID2 grau; VIDs schwarz)																									

j f m a m j j a s o n d j f m a m j j a s o n d
2015 2016

Im Blindbetrieb waren die VIDs im Betriebszustand 0 (BZ0, siehe Kapitel 4.5), d.h. ohne Anzeige, gleichzeitig wurden Systemparameter eingestellt. In Phase 1 wurden die Verlustzeiten in den Stauräumen und in Phase 2 wurden bzw. werden bis 2017 die Gesamtreisezeiten bis zum Schulhausplatz angezeigt (zu den Anzeigen siehe Kapitel 4.5).

Zu einer grossen Verzögerung des Pilotprojektes kam es insbesondere aufgrund der bei einem Unfall zerstörten autobahnquerenden Brücke, die ursprünglich als Signalportal für das VID 1 gedacht war. In Folge dessen fiel der Start des Pilotprojektes (Phase 1) mit der seit langem geplanten Baustelle zur Neugestaltung des Schulhausplatzes zusammen (siehe Abb. 19). Insbesondere die Beziehungen der Stamm- und der Alternativroute über die Limmat-Hochbrücke wurden eine Woche nach Ende der Blindphase unterbrochen. Für die Auswertungen ist dies vor allem deshalb ungünstig, da dadurch die Blindphase und die Phasen 1 und 2 nicht direkt miteinander vergleichbar sind.

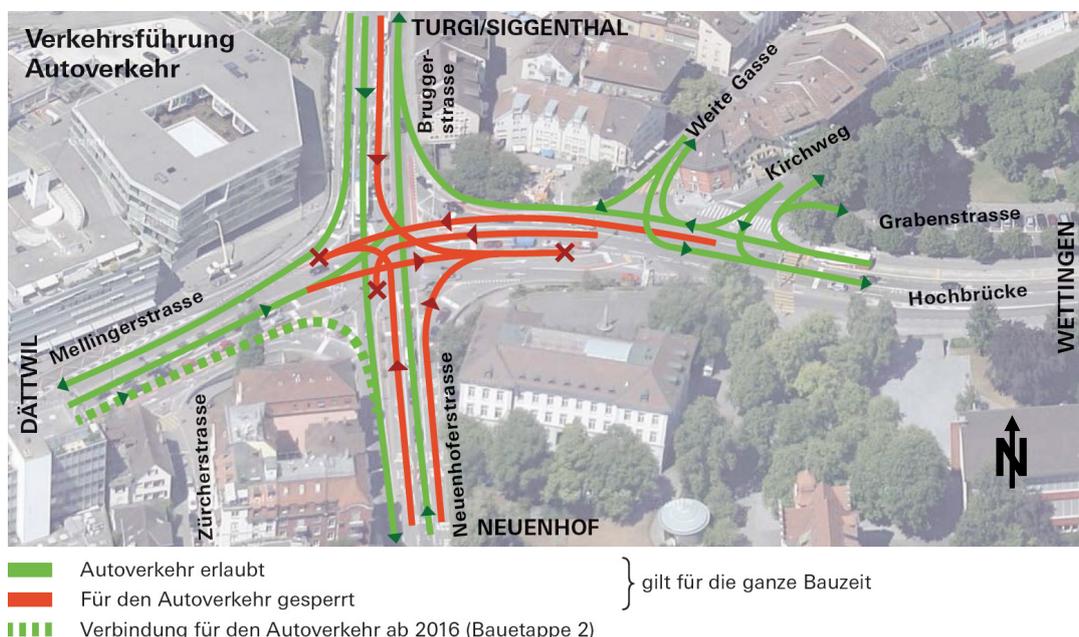


Abb. 19 Verkehrsführung MIV während der Baustelle Schulhausplatz (Quelle: www.baden-zentrum.ch).

Bei der Verbindung zwischen dem Systemrechner und den Aktoren (VID 1 und 2) kam es jeweils am Dienstag über einen Zeitraum von mehreren Wochen im November und Dezember 2015 zu einem eintägigen Verbindungsausfall. Anfang Januar 2016 konnte das Problem mit einer Konfigurationsanpassung am Modem behoben werden (schnelle Verbindungsreinitialisierung wenn ein Problem auf dem Mobile-Netz besteht). Seither ist die Verbindung zu den beiden Aktoren stabil und erholt sich bei Ausfällen relativ rasch.

Die Rückstauschleifen am Schadenmühleplatz (auf der Mellingerstrasse zwischen Badener Tor und Schulhausplatz) waren im Herbst 2015 aufgrund von Bautätigkeiten teilweise ohne Funktion. Aufgrund der fehlenden Staumeldung kam es am Schulhausplatz zu einem reduzierten Abfluss aus der Mellingerstrasse und damit zu grossen Verlustzeiten, die vom Pilotsystem so nicht erkannt werden konnten. Dies führte dazu, dass auf der Stammroute zusätzlich zum Stauraum nochmals massive Verlustzeiten in Richtung Schulhausplatz anfielen. Dies kann einen Einfluss auf die Akzeptanz des Pilotsystems haben.

4.5 Anzeigehalte und Betriebszustände

In Phase 1 des Feldtest wurde gemäss der Planungen des Pilotprojekts mit der Anzeige der Verlustzeiten in den Stauräumen begonnen (siehe Abb. 20). Für diese Verlustzeiten liegen die verlässlichsten Abschätzungen aus der Stauraumüberwachung mittels ANPR-Kameras vor. Dennoch fehlten zusätzliche Verlustzeiten auf der Nationalstrasse oder vor und nach den Stauräumen. Auch wenn sich der Stau hauptsächlich in den Stauräumen abgespielt hat, waren die Angaben aus Sicht der Verkehrsteilnehmer daher weniger verlässlich (vergleiche Anhang I).

Des Weiteren wurden gemäss Planungen des Pilotprojekts 4 Betriebszustände (BZ) unterschieden.

- BZ 0 (VID 1 und VID 2), die leere Anzeige wurde geschaltet, wenn keine Verzögerungen gemessen wurden.
- BZ 1 bedeutet im Falle des VIDs 2 die alleinige Anzeige der Verlustzeit auf der Mellingerstrasse. Da im Falle des VID 1 entschieden wurde, diesen Zustand nicht zu schalten, wurde dort auf diesen BZ verzichtet.
- BZ 2 (VID 2) entspricht den im Forschungsprojekt geplanten Verlustzeitvergleichen. Beim VID 1 heisst dieser BZ „BZ 1“.
- BZ 3 (VID 2) ist eine Direktempfehlung für eine Route ohne Reisezeitangaben. Beim VID 1 heisst dieser BZ „BZ 2“. Der Schwellenwert für eine direkte Routenempfehlung (minimaler Zeitvorteil für direkte Empfehlung) wurde in Phase 1 auf nur 6 min gesetzt. Wenn die Empfehlung geschaltet wird, könnte man annehmen, die empfohlene Alternativroute sei staufrei. Vor allem bei hohen Verlustzeiten, kann dies für Verwirrung sorgen und der Systemanzeige wird in der Folge nicht mehr „geglaubt“. Der Schwellenwert für eine direkte Routenempfehlung wurde deshalb in Phase 2 auf 16 min erhöht, sodass nur noch eine direkte Empfehlung geschaltet wird, wenn die Alternativroute deutlich schneller ist.

Die Wirkmatrix des Pilotprojekts ist in Tab. 2 aufgelistet. Sie definiert die Schaltzustände und mit welchen Schaltzuständen welche Betriebszustände der VIDs verbunden sind. Die Verkehrsmanagementzentrale (VMZ) konnte aufgrund von Störungen auf dem Nationalstrassennetz (z.B. Unfälle im Bereich Baregg) das System ebenfalls in den Blindbetrieb versetzen, was ca. fünf Mal geschah.

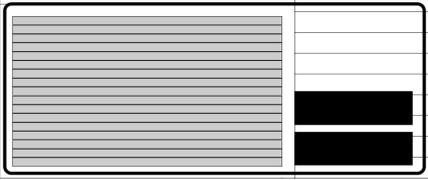
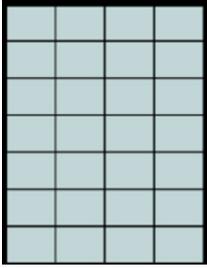
Anzeige VID 1	BZ VID 1	Anzeige VID 2	BZ VID 2
	BZ 0		BZ 0
			BZ 1
	BZ 1		BZ 2
	BZ 2		BZ 3

Abb. 20 Betriebszustände der VID 1 und VID 2 für die Phase 1. In Phase 1 wurden die Verlustzeiten angezeigt.

Tab. 2 Wirkmatrix

Schaltzustand	Steuerungsvariablen							Betriebs-zustände Aktorik	
	Reisezeit-Stauraum Mellingerstrasse überschritten	„Störfall“ Stauraum Mellingerstrasse	Rückstau Ausfahrt Baden-West	Alternativroute verfügbar	Reisezeitvorteil Alternativroute	Maximale Rückstaulänge Neuenhoferstrasse überschritten	Reisezeit Stauraum Neuenhoferstrasse überschritten	VID 1, Nationalstrasse, BZ 0-2	VID 2, Mellingerstrasse, BZ 0-3
1		w	w	w				2	3
2	w	f		f				0	1
3	w	f		w	f			1	2
4	w	f		w	w	w		1	2
5	w	f		w	w	f		2	3
6	f	f		w			w	1	2

Schaltzustand 0 (keine Meldungen) führt zu BZ 0 für VID 1 wie auch VID 2

Aufgrund der Ergebnisse der Probandenstudie und der Erfahrungen aus der Phase 1 (Anzeige Verlustzeiten beschränkt auf die Stauräume) mit den stark abnehmenden Anteilen der Alternativroutenwahl (siehe Abb. 54 und Abb. 56) wurde die Anzeigeform für die Phase 2 (Anzeige des Reisezeitvergleich, siehe Abb. 21) bezüglich Grafik optimiert und an das Forschungsprojekt angenähert. Die 4 Schaltzustände blieben jedoch bestehen.

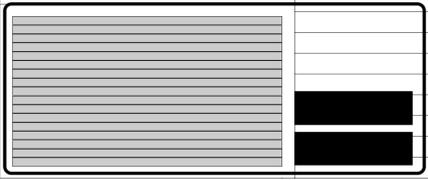
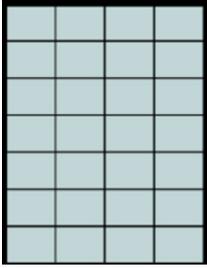
Anzeige VID 1	BZ VID 1	Anzeige VID 2	BZ VID 2
	BZ 0		BZ 0
			BZ 1
	BZ 1		BZ 2
	BZ 2		BZ 3

Abb. 21 Betriebszustände der VID 1 und VID 2 für die Phase 2. In Phase 2 wurde bzw. wird ein Reisezeitvergleich angezeigt.



Abb. 22 VID 1 Phase 1 (links) und VID 2 Phase 2 (rechts) (Quelle B+S AG).

4.5.1 Prognosemethodik

Bei dem Wunsch die Reisezeit zu prognostizieren, ergibt sich gemäss [12] die folgende Problematik:

- Die Reisezeit ist ein Vergangenheitswert, da die effektive Reisezeit erst bei der Ausfahrt aus einem Streckenabschnitt, hier dem Stauraum, bekannt ist.
- Was während der Anfahrt des nächsten Fahrzeugs ab VID im Stauraum noch passieren wird, kann nicht prognostiziert werden (der Einfluss der verschiedenen Dosierstufen an der LSA Badener Tor und der Einfluss der Busbevorzugung aufgrund variierender Anzahl Busdurchfahrten gehen in die Vorhersage nicht ein).

Für eine genauere Reisezeitprognose sollte deshalb statt einer direkten Verwendung der Reisezeitmessungen eine Abschätzung der Änderung des Stauraumfüllgrades plus Glättung herangezogen werden. U.a. aufgrund von nicht erfassten Zu- und Abflüssen bei den Fahrzeugzählungen über die Kameras ist es jedoch schwierig, den genauen Stauraumfüllgrad aus den Messungen zu berechnen. Die nicht überwachten Zu- und Abflüsse werden mittels hinterlegten Ganglinien (Mo–Fr und Sa/So für die Mellingerstrasse) und fixer zeitabhängiger Werte (3 Zeiträume für die Neuenhoferstrasse) geschätzt.

Die Prognosemethodiken wurden in der Blindbetriebsphase intensiv überprüft und die Resultate gegenübergestellt. Aus diesen Untersuchungen wurde die Variante Glättung mit Auslastungskorrektur als Bestvariante bestimmt sowie die mutmasslich idealen Parameter bestimmt und eingestellt. Seit dem Start des Pilotbetriebs wurden diese Werte nicht mehr verändert.

In der Tendenz ist die im System geschätzte Stauraumauslastung und damit die geschätzte Reisezeit für die Neuenhoferstrasse eher zu tief und für die Mellingerstrasse zu hoch (muss insbesondere in der MSP, wenn die Verlustzeit gleich null ist, vom System zurückgesetzt werden).

4.6 Ergebnisse

4.6.1 Reisezeitvergleich und Systemgenauigkeit

In Abb. 23 ist für den 25. September 2015 der Verlauf der angezeigten Verlust- und der gemessenen Reisezeiten dargestellt. Die in der Phase 1 angezeigten Verlustzeiten wurden gemäss Pilotystem auf zwei Minuten gerundet. Der Tag wurde ausgewählt, wegen den relativ grossen Vorteilen der Alternativ- gegenüber der Stammroute. Für die gemessene Reisezeit auf der Alternativroute wird der nicht überwachte Abschnitt LSA Ländli – Schulhausplatz mit fix 120 Sekunden berücksichtigt. Auf der Stammstrecke wird bei der gemessenen Reisezeit der nicht überwachte Abschnitt vom Badener Tor bis Schulhaus-

platz gemäss der im System hinterlegten Basisreisezeit addiert (ab November 2015 wurde die Basisreisezeit durch eine angepasste Wochenmatrix ergänzt). Deutlich zu erkennen ist die Differenz zwischen angezeigten Verlustzeiten und den erfassten Reisezeiten in Phase 1. Diese Differenz sollte den jeweiligen Basisreisezeiten auf Stamm- bzw. Alternativroute über Mellingerstrasse bzw. Neuenhofstrasse entsprechen.

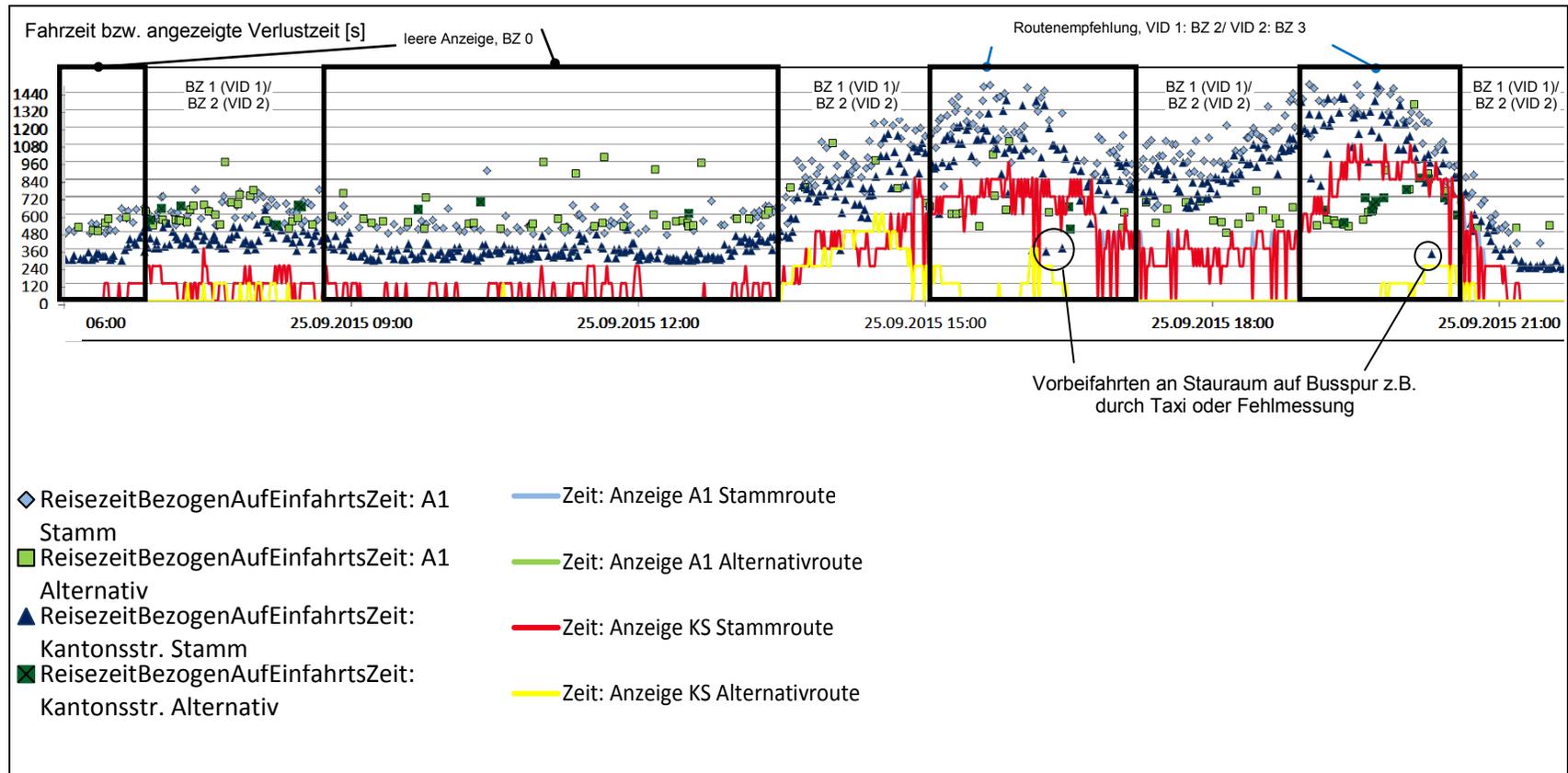


Abb. 23 Vergleich der gemessenen Einzelfahrzeug-Reisezeiten mit den angezeigten Verlustzeiten, Ausschnitt 25.09.2015.

Im September 2015 zeigen die Verläufe der Wochenganglinien der gemessenen Reisezeiten und der angezeigten Verlustzeiten (siehe Abb. 24 und Abb. 25) insbesondere für die Werktage auf der Stammstrecke von der A1 wie auch der Kantonsstrasse im Monatsmittel eine gute Übereinstimmung. Während der Abendspitze ist der Abstand zwischen angezeigter und gemessener Zeit von der A1 aus deutlich grösser als zu den restlichen Zeiten. Von der Kantonstrasse weist der Abstand in der MSP ein Minimum auf. In Abb. 25 ist die Datengrundlage für die gemessenen Reisezeiten nicht sehr verlässlich, da nur wenige Fahrzeuge die Alternativroute wählen. Gerade zu den Randzeiten fehlen Messungen sogar gänzlich. Es ist jeweils die vom System berechnete angezeigte Zeit dargestellt, unabhängig vom effektiv geschalteten BZ.

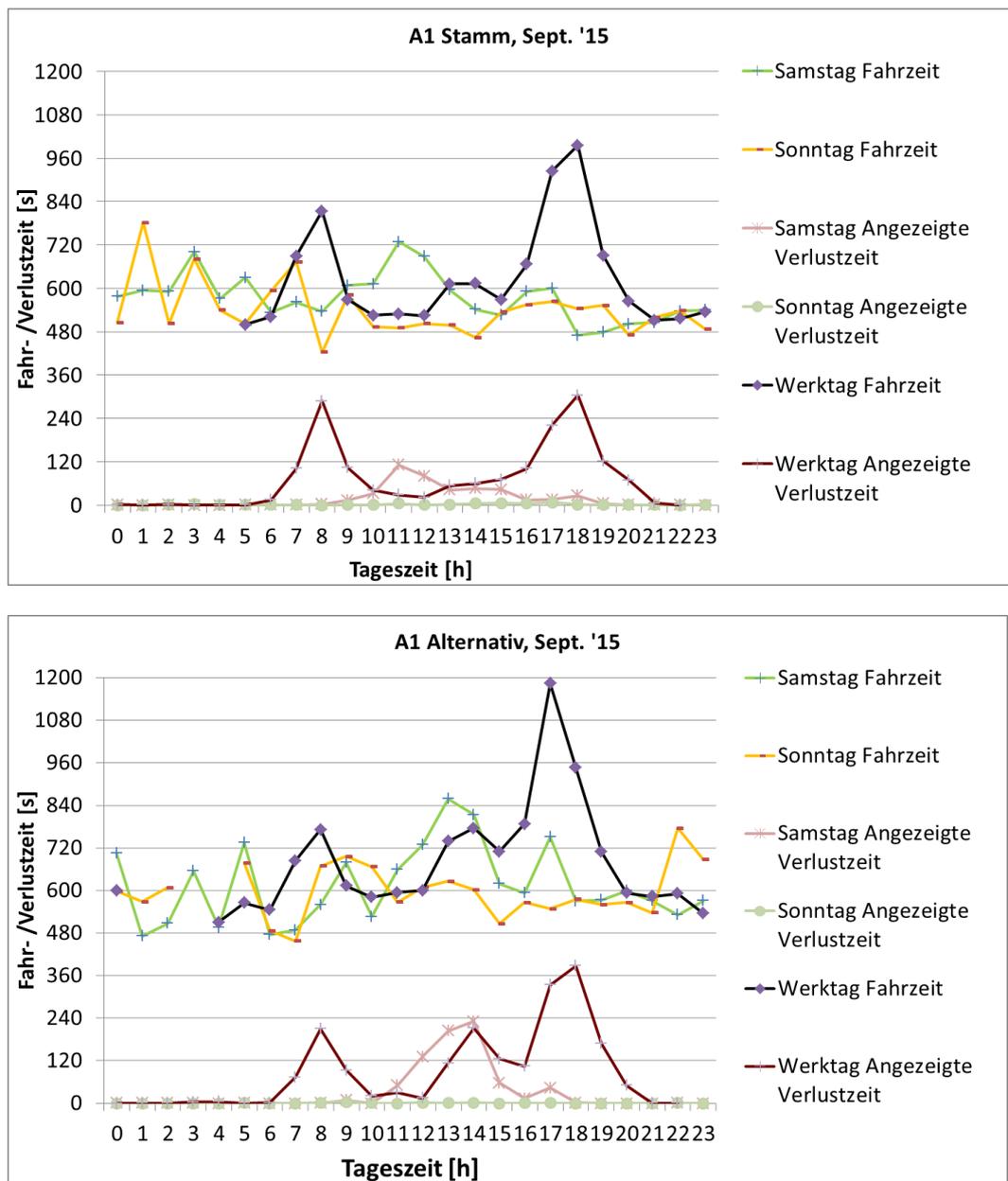


Abb. 24 Wochentabelle der Reisezeiten A1 Stamm- (oben) und Alternativroute (unten) vom September 2015.

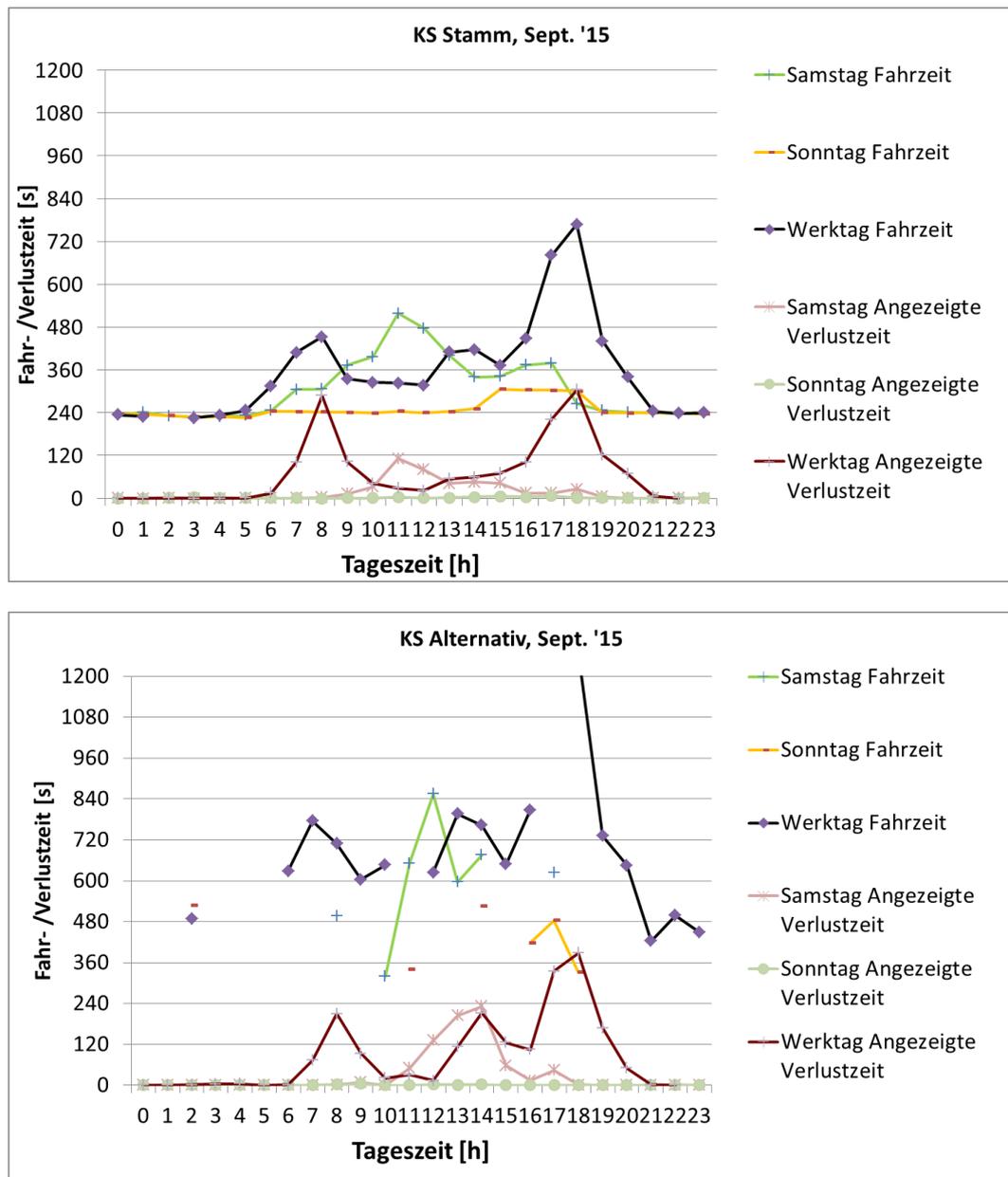


Abb. 25 Wochentabelle der Reisezeiten KS Stamm- (oben) und Alternativroute (unten) vom September 2015.

Erst ab dem 19.11.2015 ist es mit der Phase 2 möglich, die angezeigten Reisezeiten direkt mit den gemessenen zu vergleichen (siehe Abb. 26). Der Vergleich der gemessenen und angezeigten Reisezeiten zeigt für die Stammroute jeweils eine gute Übereinstimmung. Auf der Alternativroute sind die Abweichungen grösser. Zwischen 13:40 und 15:00 Uhr kam es aufgrund von Problemen bei der Erfassung der Geschwindigkeiten auf der A1 zu einem Ausschalten der Anzeigen bzw. zu einem Wechsel in den BZ 0, später für das VID 2 den BZ 1.

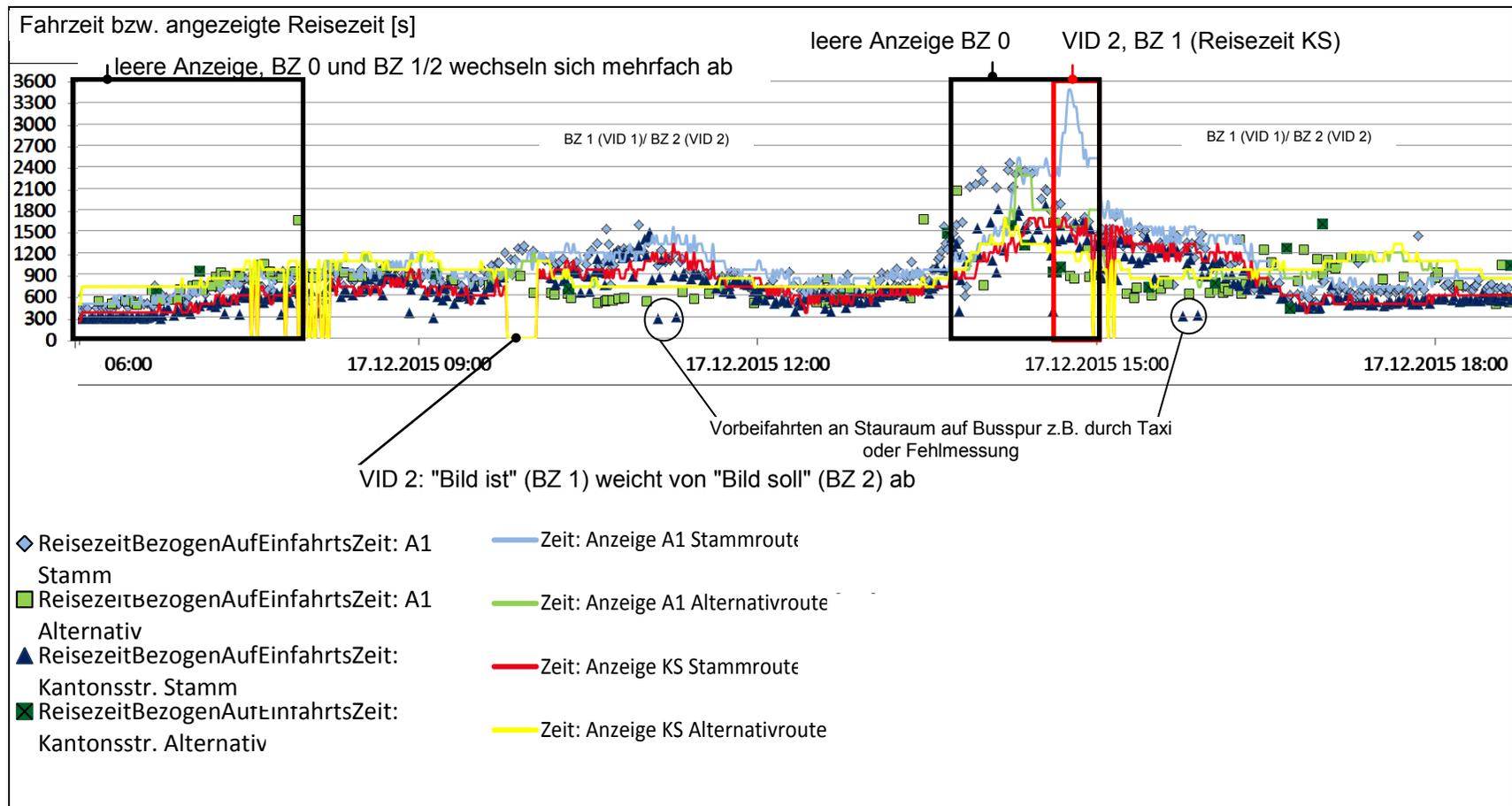


Abb. 26 Vergleich der gemessenen Einzelfahrzeug-Reisezeiten mit den angezeigten Reisezeiten, Ausschnitt 17.12.2015.

Die Wochenganglinien der gemessenen Reisezeiten im Dezember 2015 (siehe Abb. 27) zeigen für die Werktage auf der Stammstrecke von der A1 wie auch Kantonstrasse (KS) eine sehr gute Übereinstimmung mit der angezeigten Zeit (Zeit: Gesamt), wobei die angezeigte Reisezeit jeweils um 0 bis maximal 100 Sekunden höher ist. Auf der Alternativroute (von der A1 wie auch der KS aus, siehe Abb. 28) ist an Werktagen wiederum die angezeigte Reisezeit höher als die gemessene, wobei die Abweichungen zwischen 200 und 300 Sekunden liegen. Die Abweichung kann mit den zahlreichen nicht überwachten Teilabschnitten begründet werden, welche neben der Basisreisezeit nur mittels fixen Korrekturwerten (in Minuten) in der Wochenmatrix berücksichtigt werden. Insgesamt wird die Reisezeit auf der Alternativroute überschätzt. Der Verlauf der beiden Ganglinien stimmt dennoch recht gut überein.

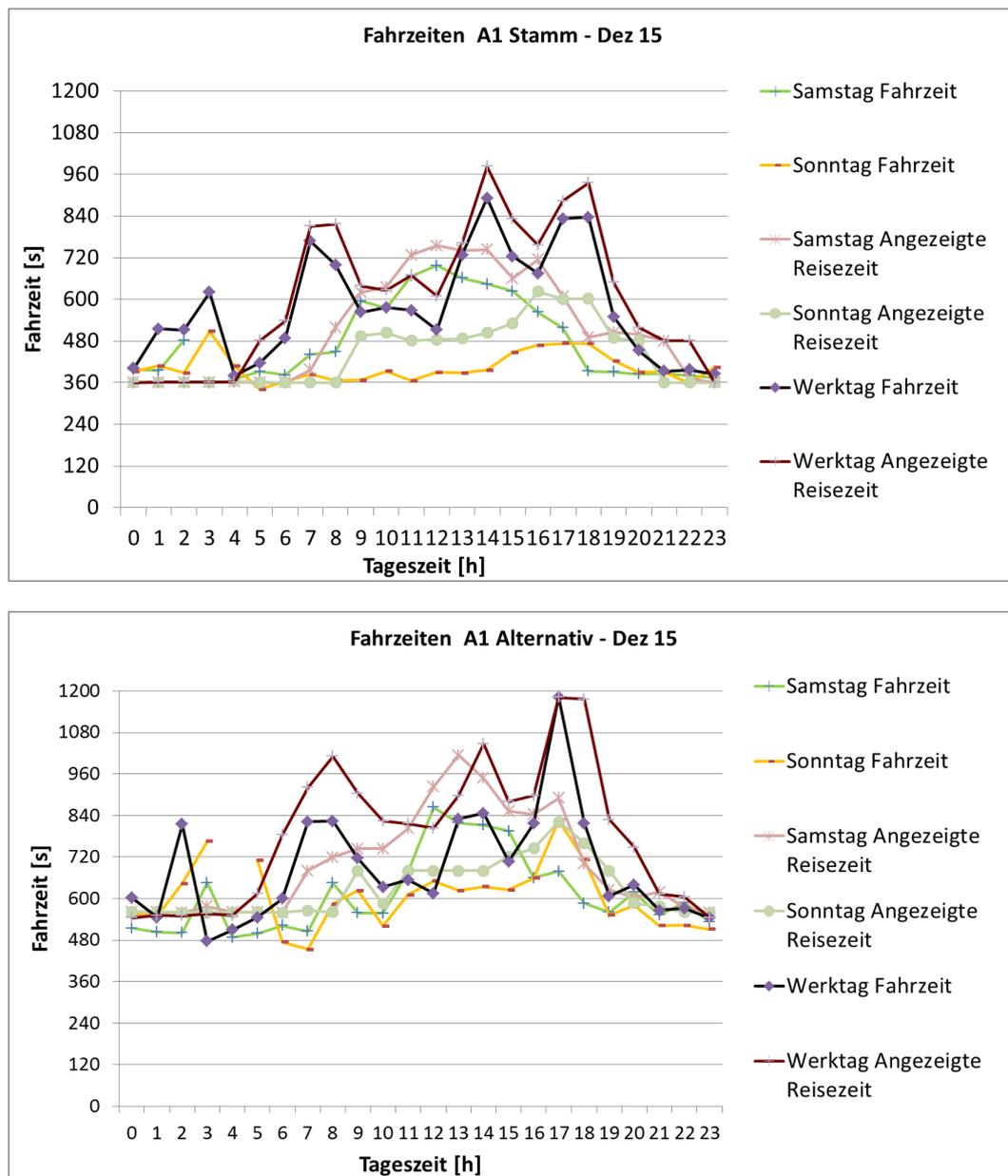


Abb. 27 Wochentabelle der Reisezeiten A1 Stammroute (oben) und Alternativroute (unten) vom Dezember 2015 (für alle BZ).

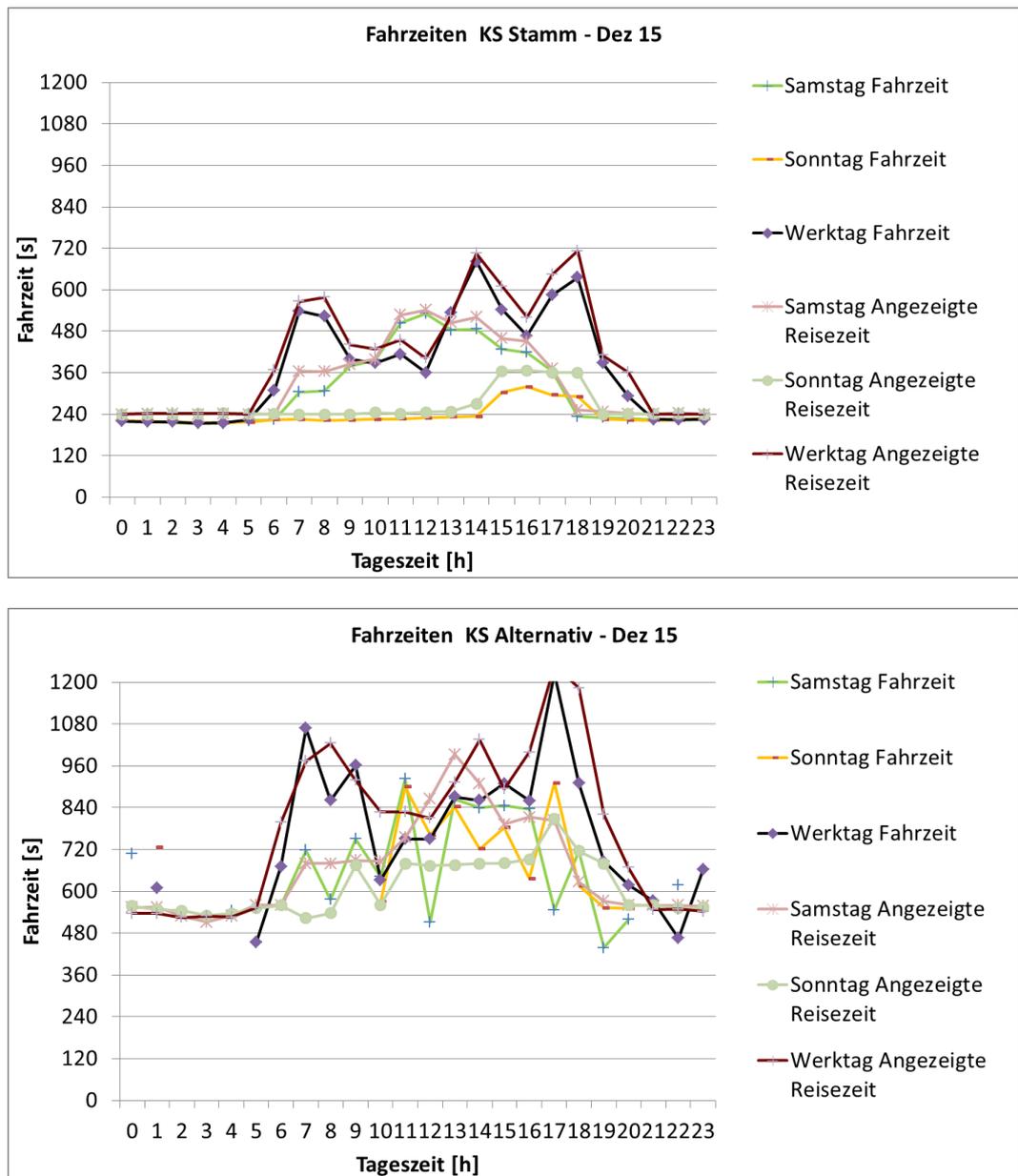


Abb. 28 Wochentabelle der Reisezeiten KS Stammroute (oben) und Alternativroute (unten) vom Dezember 2015 (für alle BZ).

Im Jahresverlauf (siehe Abb. 29 bis Abb. 31) ist ersichtlich, dass die gemessenen Reisezeiten der Alternativroute im Normalbetrieb gegenüber dem Blindbetrieb abgenommen haben. Auf der Stammroute sind sie mit Ausnahme von gewissen Schwankungen gleich geblieben. In der Blindphase wurden längere Routenreisezeiten der jeweiligen Route zugerechnet. Damit lag der Mittelwert der Reisezeiten höher. Ab Mitte Juli 2015 wurde innerhalb der Routenzuordnung (VIDs bis zur Stauraumausfahrt) ein Plausibilitätscheck mit einer oberen Grenze bei 60 min und einer unteren Grenze bei -40 % der Basisreisezeit eingeführt. Dadurch ist trotz Korrektur für die Blindphase auf Minutenbasis die mittlere Reisezeit in der Blindphase etwas zu hoch.

Deutlich zu erkennen ist, dass von der Mellingerstrasse aus der Zeitunterschied zwischen Stamm- und Alternativroute deutlich grösser ist, als von der Autobahn aus. Deshalb muss der Zeitvorteil der Alternativroute von der Mellingerstrasse aus grösser sein als von der A1, damit die Benutzung der Alternativroute zeitliche Vorteile bringt.

In Phase 1 stimmen die angezeigten Verlustzeiten in den Stauräumen im Verlauf weniger gut mit den Reisezeiten vom jeweiligen Display bis Schulhausplatz Baden überein. Die

Novemberwerte sind zweigeteilt dargestellt. In der 1. Novemberhälfte gilt noch Phase 1, in der 2. Novemberhälfte gilt bereits die Phase 2.

In Phase 2 wurden die Reisezeiten bis zum Schulhausplatz angezeigt. Im Januar und Februar 2016 war die Kamera am Standort VID 2 ausser Betrieb, weshalb für die Beziehungen ab Kantonsstrasse keine gemessenen Reisezeiten zur Verfügung standen. Die angezeigten Reisezeiten waren gegenüber den effektiv gefahrenen Zeiten eher etwas zu tief.

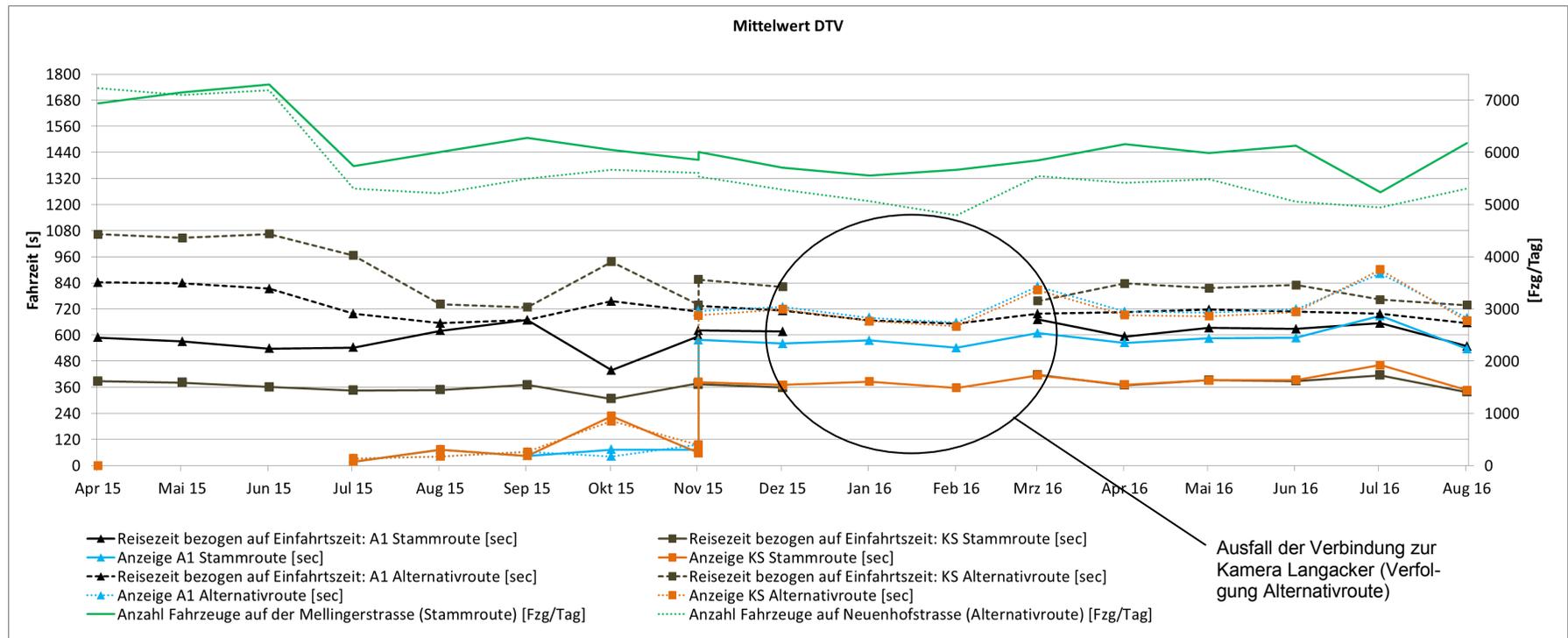


Abb. 29 Angezeigte und gefahrene Reisezeiten in der Monatsübersicht, Mittelwert (alle BZ).

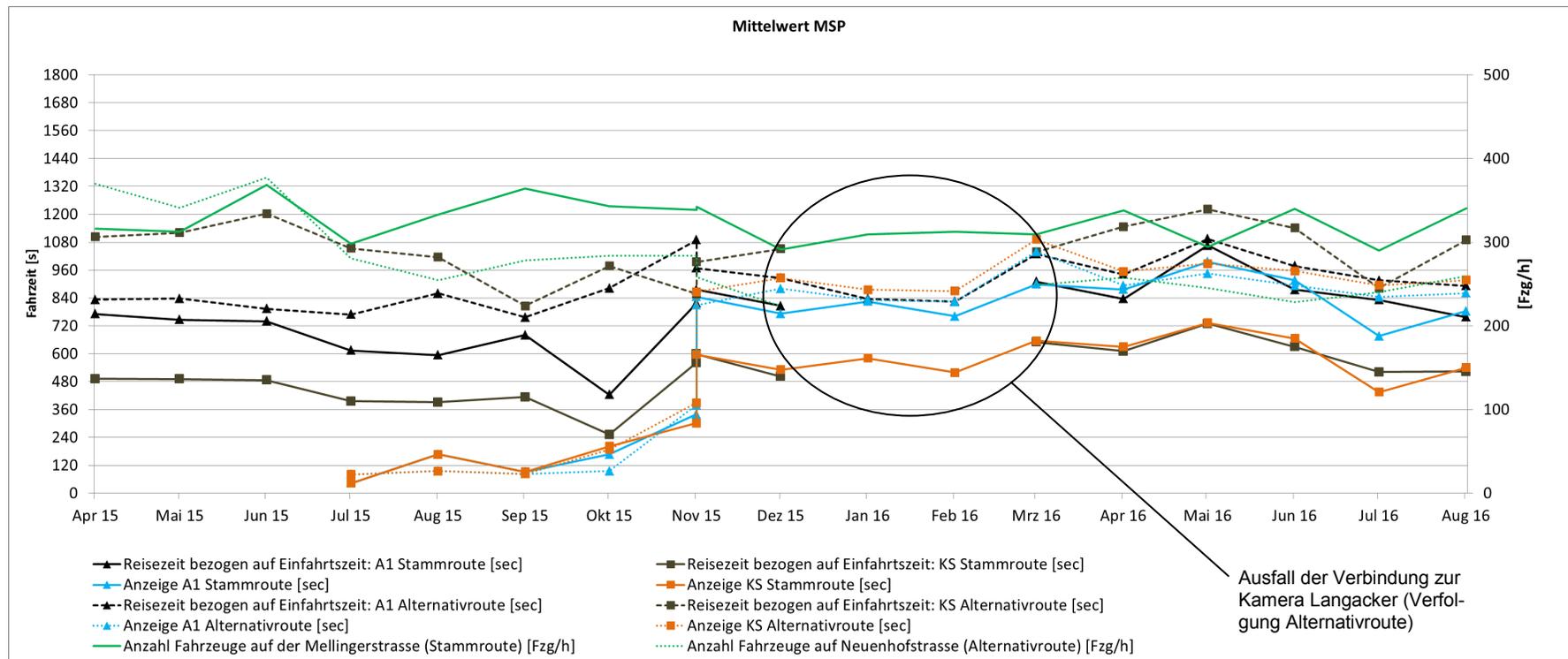


Abb. 30 Angezeigte und gefahrene Reisezeiten in der Monatsübersicht, MSP (alle BZ).

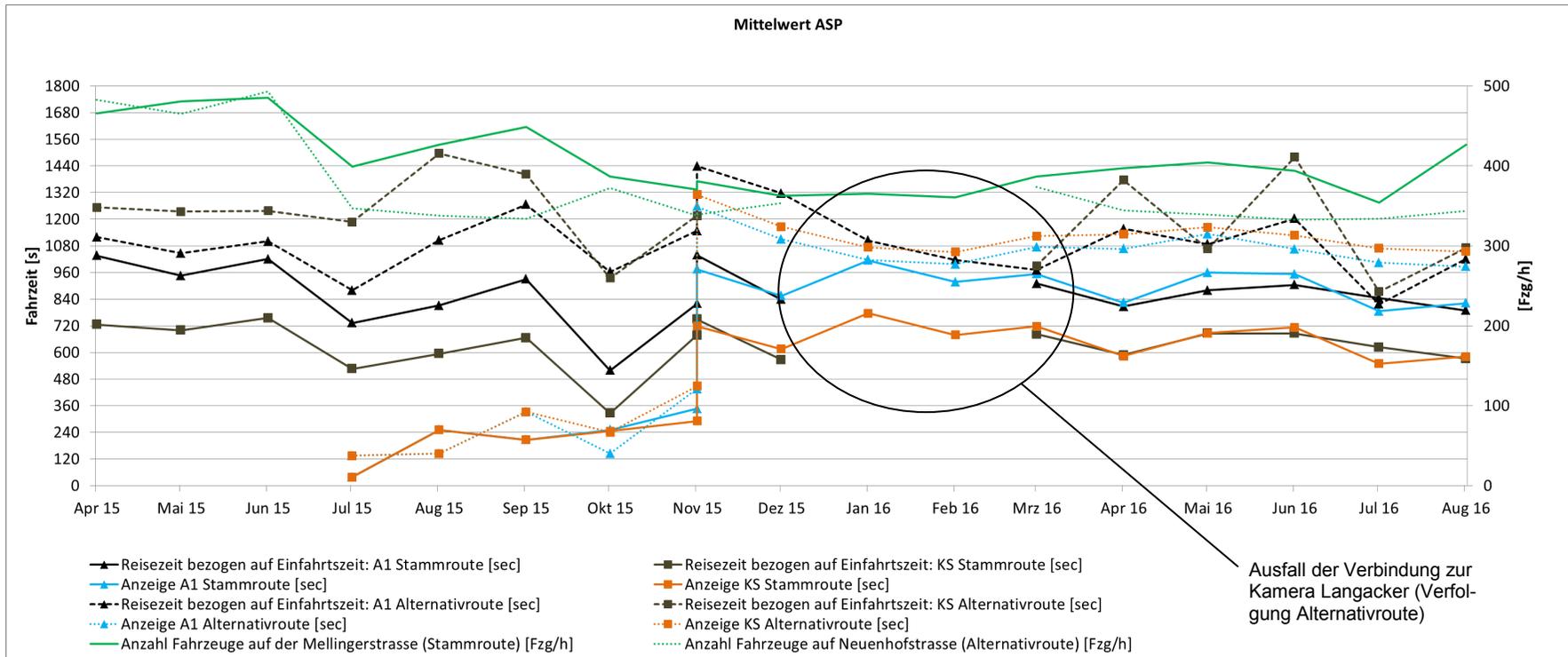


Abb. 31 Angezeigte und gefahrene Reisezeiten in der Monatsübersicht, ASP (alle BZ).

4.6.2 Entwicklung der Betriebszustände (BZ) VID 1 und VID 2

Weit hinter dem BZ 0 (leere Anzeige) tritt der BZ 1 (Anzeige Verlust-/Reisezeit; VID 1) bzw. der BZ 2 (VID 2) am häufigsten auf (siehe Abb. 32 und Abb. 33). Die Schaltdauer des BZ 1 (VID 1; bzw. BZ 2, VID 2) ist im Mittel auch am längsten.

Auffällig beim BZ 2 (Routenempfehlung; VID 1) bzw. beim BZ 3 (VID2) ist der starke Anstieg der mittleren Schaltdauer im September bzw. der starke Anstieg der Anzahl Schaltungen im Oktober. Im Oktober wurden in Folge einer Korrektur der Berechnung für die Schaltvariable „Reisezeitvorteil“ (für die Kalkulation der Steuervariable wurden neu die Reisezeiten der Stammroute und der Alternativroute A1 miteinander verglichen) viel mehr Schaltungen BZ 2 (VID 1) bzw. BZ 3 (VID 2) vorgenommen. Ende November wurde der „Schwellwert minimaler Zeitvorteil direkte Empfehlung“ von 6 auf 16 min erhöht. Im weiteren Projektverlauf wurden dadurch praktisch keine Schaltungen BZ 2/3 mehr vorgenommen.

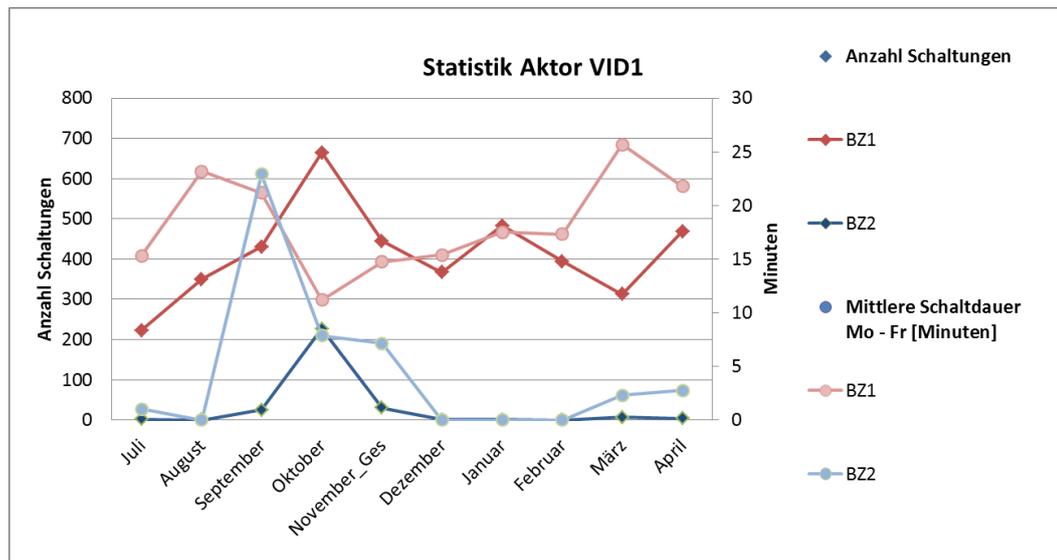


Abb. 32 Statistik Aktor VID1 (Datenquelle: [12] nur bis April 2016 vorhanden).

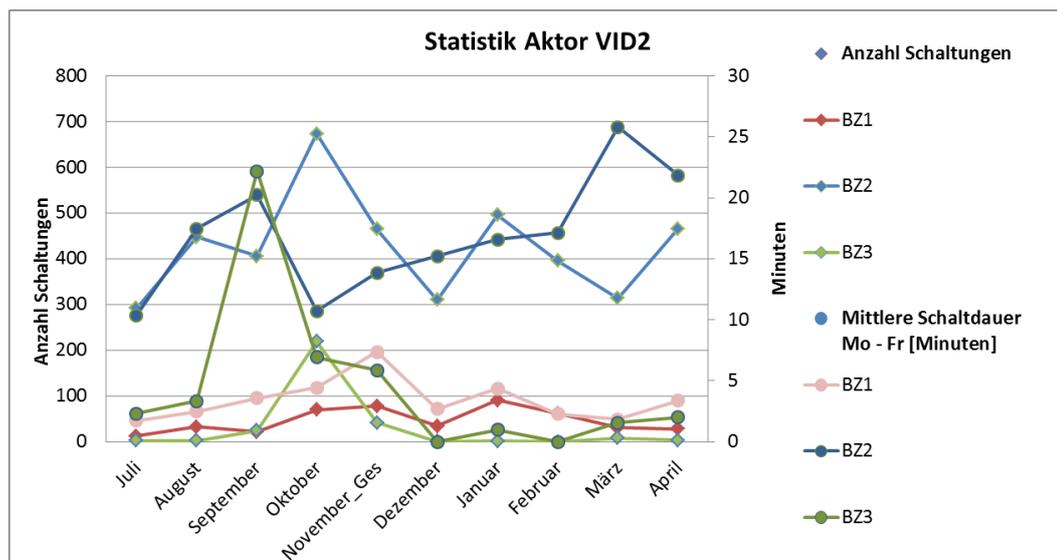


Abb. 33 Statistik Aktor VID2 (Datenquelle: [12] nur bis April 2016 vorhanden).

4.6.3 Auswertung Routenwahlverhalten

Nachfolgend ist das Routenwahlverhalten im Tagesgang für ausgewählte Monate dargestellt. Zu beachten ist, dass die Darstellungen jeweils unterschiedliche Skalen aufweisen, auch für Stamm- und Alternativroute.

Das Routenwahlverhalten in Phase 1 im September 2015 zeigt, dass von der A1 aus hauptsächlich in der Morgenspitze die Alternativroute gewählt wurde (siehe Abb. 34). Die Stammroute, von der A1 aus gewählt, weist eine deutliche Morgen- und Abendspitze auf. Von der Kantonsstrasse aus wurde die Alternativroute unabhängig vom Tagesverlauf kaum gewählt.

Das Routenwahlverhalten in Phase 2 im Dezember 2015 zeigt, dass von der A1 aus hauptsächlich in der Morgenspitze die Alternativroute gewählt wurde (siehe Abb. 35 und Abb. 36). Von der Kantonsstrasse aus wurde die Alternativroute unabhängig vom Tagesverlauf kaum gewählt, was sich bereits in der Auswertung für den September gezeigt hat.

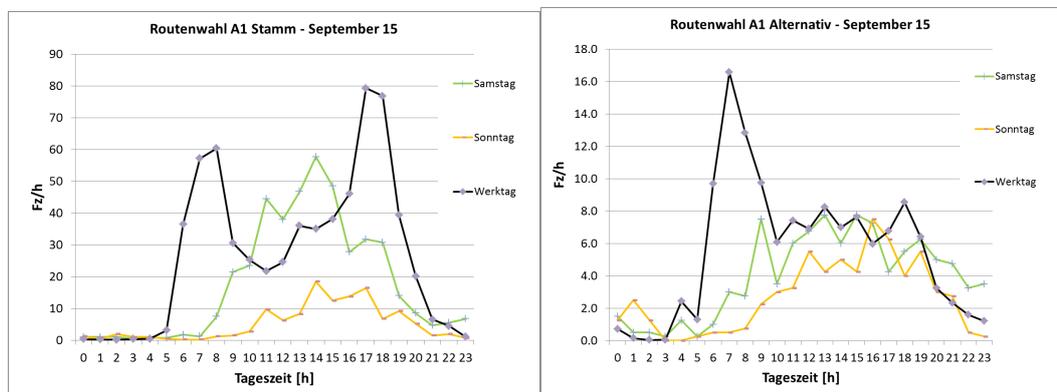


Abb. 34 Tagesgang des Routenwahlverhaltens: A1 Stamm- und Alternativroute vom September 2015.

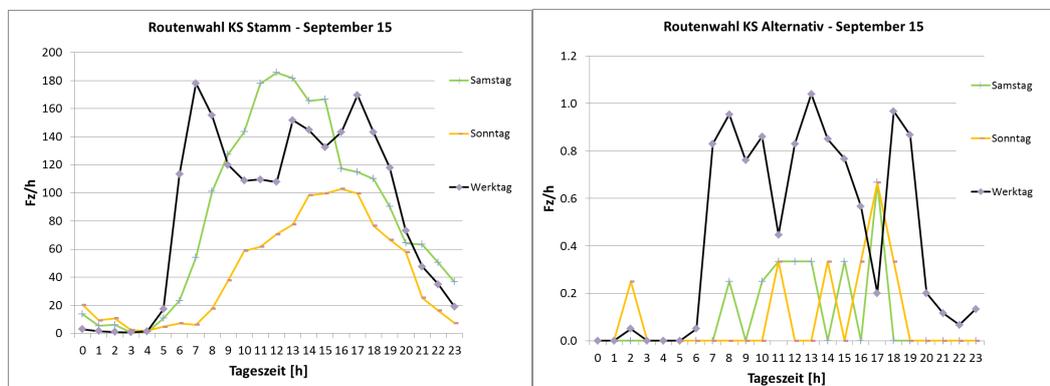


Abb. 35 Tagesgang des Routenwahlverhaltens: KS Stamm- und Alternativroute vom September 2015.

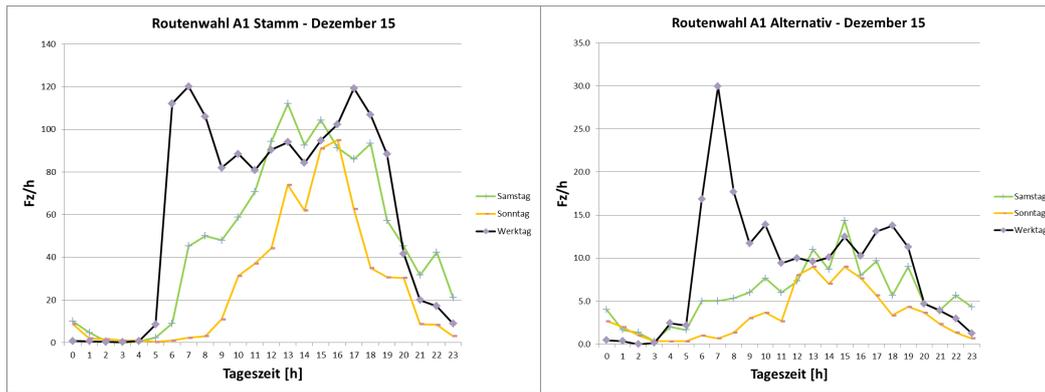


Abb. 36 Tagesgang des Routenwahlverhaltens: A1 Stamm- und Alternativroute vom Dezember 2015.

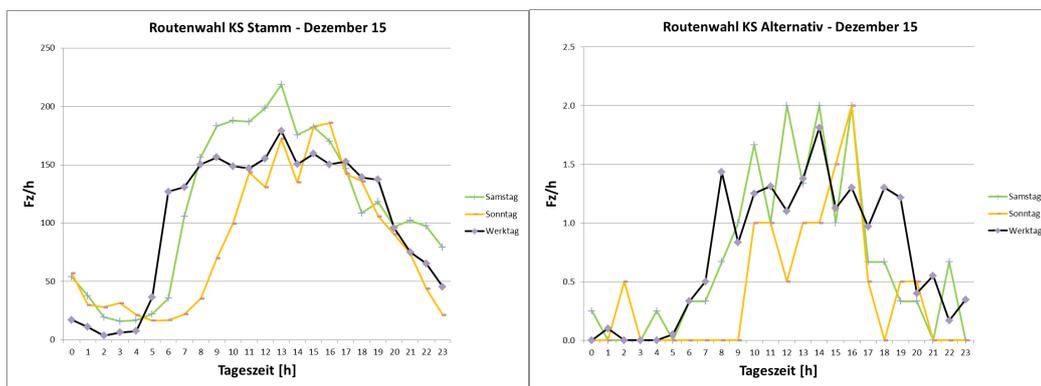


Abb. 37 Tagesgang des Routenwahlverhaltens: KS Stamm- und Alternativroute vom Dezember 2015.

Im Jahresüberblick veränderte sich das Routenwahlverhalten wie folgt. Im Blindbetrieb wurde für beide Routen eine deutlich höhere Anzahl Routenpaare erfasst als danach. In dieser Phase wurden auch Routen mit sehr langen Reisezeiten noch der jeweiligen Route zugerechnet. Ab Mitte Juli 2015 wurde innerhalb der Routenzuordnung (VIDs bis zu den Staurationsausfahrten) ein Plausibilitätscheck mit einer oberen Grenze bei 60 min und einer unteren Grenze bei -40% der Basisreisezeit eingeführt. Zusätzlich trug der Beginn der Bauarbeiten am Schulhausplatz zu einem Rückgang der Routenanzahl bei (vergleiche Abb. 40). Seit dem war die Anzahl Fahrzeuge auf den beiden Routenpaaren stabil (Alternativroute) bzw. hat etwas zugenommen (Stammroute).

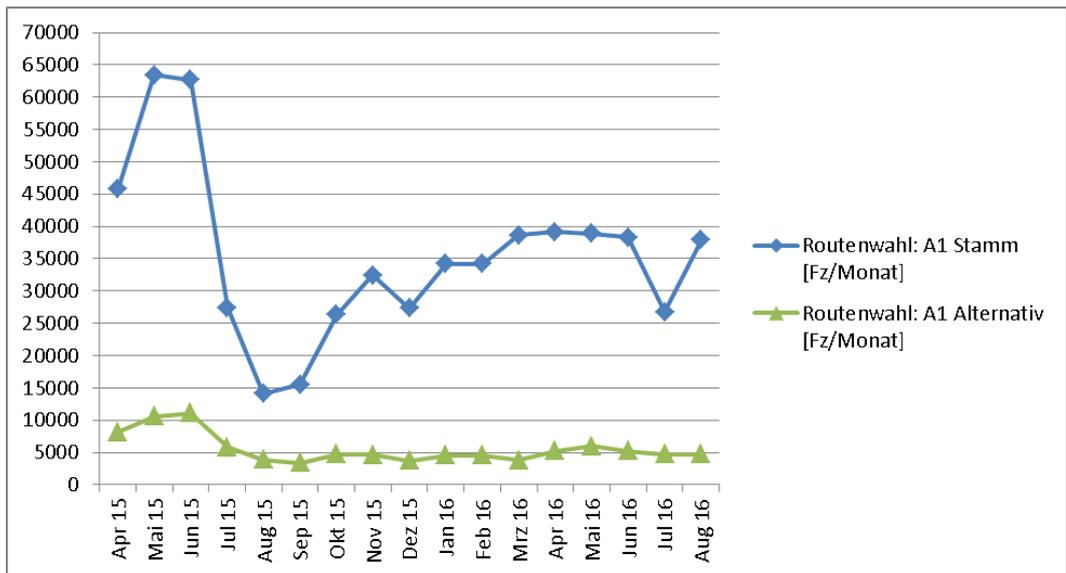


Abb. 38 Entwicklung der Routenwahl vom VID 1 auf der Autobahn aus (alle BZ).

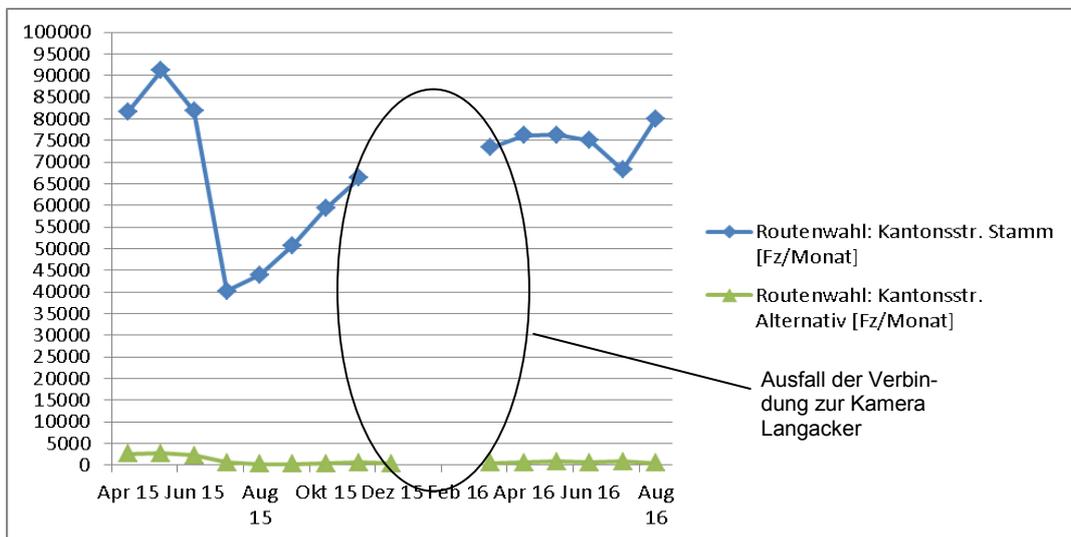


Abb. 39 Entwicklung der Routenwahl vom VID 2 auf der Mellingerstrasse aus (alle BZ).

Mit einer Auswertung der von den Kameras erfassten Fahrzeugmengen (Abb. 40) kann gezeigt werden, dass auf den Kantonsstrassen nur wenige Schwankungen vorhanden waren. Auf der Nationalstrasse ist der übliche Winterabfall zu bemerken. Deutlich sichtbar ist auch der Abfall der Fahrzeugmengen zu Beginn der Bauarbeiten am Schulhausplatz Anfang Juli 2015. Dieser fällt stärker aus als der Ferienabfall im Juli 2016. Die Zusammenstellung der monatlich gezählten Verkehrsmengen bestätigt, dass es sowohl auf der Stamm- wie auch Alternativroute (Zählung Badener Tor und Ländli) mit Beginn der Baustelle im Juli zu einem Einbruch der Verkehrsmengen gekommen ist. Anschliessend bewegen sich die Zählwerte über die gesamte Normalbetriebsdauer auf einem einheitlichen Niveau. Zwischen Ende Dezember und Februar 2016 war die Verbindung zur Kamera Langacker (beim VID 2) unterbrochen, weshalb für diese Monate keine Werte vorhanden sind. Der leichte Einbruch der Verkehrsmengen bei der Kamera Ländli im März 2016 ist mit dem 10-tägigen Ausfall der Kamera zu erklären.

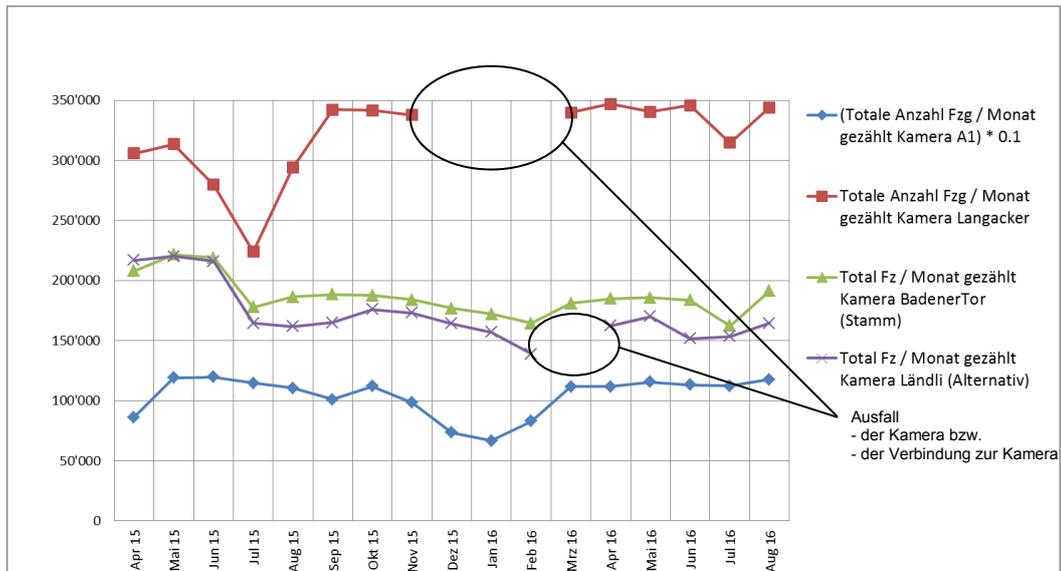


Abb. 40 Totale Anzahl Fahrzeuge gezählt von den ANPR-Kameras.

4.6.4 Routenwahl vs. Zeitdifferenz

Die nachfolgenden Auswertungen stellen das Routenwahlverhalten ab VID 1 und VID 2 dar. Das Routenwahlverhalten ist im Folgenden in Abhängigkeit der Differenz zwischen den jeweils am VID angezeigten Zeiten für Stamm- und Alternativroute dargestellt. Die Auswertungen erfolgten getrennt für einzelne Betriebszustände am VID und getrennt für festgelegte Tageszeiten (24 h, 7–8 und 17–18 Uhr). Bei einer positiven Zeitdifferenz ist die Alternativroute schneller bzw. weist weniger Zeitverlust im Stauraum auf. Die Zeitdifferenz ist aufgrund der Rundung der Anzeige in 2 Minuten-Schritten ausgewiesen. Die Ausfälle von Kameras oder einer Anzeige wurden herausgefiltert. Eine Zeitdifferenzklasse wurde nur berücksichtigt, wenn mindestens 100 Fahrten im Monat stattgefunden haben. Die Reaktion bei der Routenwahl auf unterschiedliche Zeitdifferenzen wird mit Hilfe einer Näherungsgeraden und deren Steigung bestimmt. Wenn die Verkehrsteilnehmer ideal auf die Anzeigen reagieren würden, müsste der Alternativroutenanteil bei grösseren Negativwerten (Stamm – Alternativroute) gegen Null tendieren und bei grösseren positiven Werten gegen 100 %.

Die oben beschriebenen Auswertungen wurden für jeden Monat getrennt vorgenommen. In den nachfolgenden Abbildungen (Abb. 41bis Abb. 52) sind drei typische Monate zu verschiedenen Tageszeiten dargestellt.

Im Mai 2015 ohne Anzeige („Blindphase“) ist die Steigung der Näherungsgeraden auf der Autobahn (am VID 1) im Tagesmittel sogar leicht negativ (siehe Abb. 41). Auf der Mellingerstrasse (am VID 2) liegt die Steigung im Mai 2015 bei 0.001 (siehe Abb. 42). Somit ist die Routenwahl nahezu unabhängig von den angezeigten Zeitdifferenzen auf beiden Zuflüssen (A1 und KS). Am VID 2 zur MSP ist die Steigung ebenfalls nahe null (siehe Abb. 43). Die Verteilung der Fahrzeugmengen je angezeigter Zeitdifferenz (siehe Abb. 44) unterscheidet sich für die Blindphase deutlich von der Normalphase (siehe Abb. 48 und Abb. 52). Der Grund für diese Unterschiede ist folgender: In Phase 1 und 2 wurden nur die Routen während den Betriebszuständen 1 (VID 1) bzw. 2 (VID 2) berücksichtigt, in der Blindphase (BZ 0) gingen alle Routen des Tagesgangs in die Auswertungen ein.

Für den Oktober 2015 (Phase 1) ist kaum eine Veränderung des Routenwahlverhaltens erkennbar (siehe Abb. 45 bis Abb. 47). Die Steigung der Trendlinien bleibt bei +/- 0.

Im März 2016 (Phase 2) ist für das VID 2 wiederum keine Veränderung des Routenwahlverhaltens erkennbar (siehe Abb. 50). Für das VID 1 ist ganztags mit 0.0017 eine leichte Steigung (siehe Abb. 49), aber insbesondere in der Morgenspitze mit 0.0075 eine grössere

re Steigung erkennbar (siehe Abb. 51). Auf der Autobahn liessen sich in der MSP im März bei hohen Reisezeitdifferenzen der beiden Routen ca. zwischen 5 und 10 % der Verkehrsteilnehmer von der Reisezeitanzeige beeinflussen.

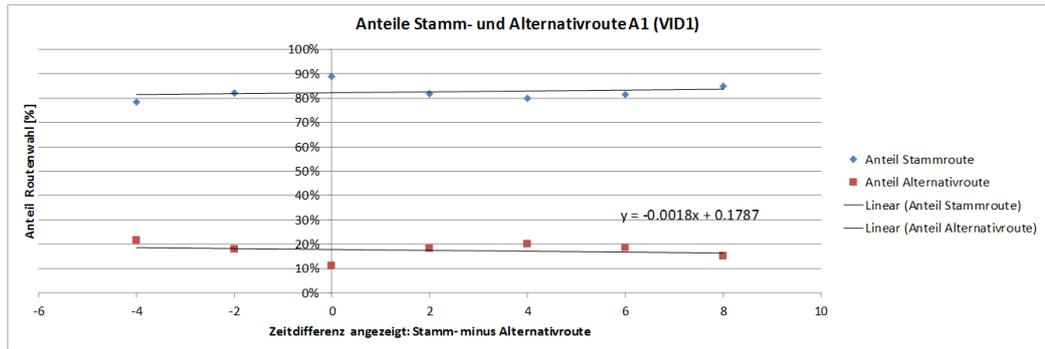


Abb. 41 VID 1 Routenwahl vs. Zeitdifferenz vom Mai 2015, BZ 0, 24 Stunden.

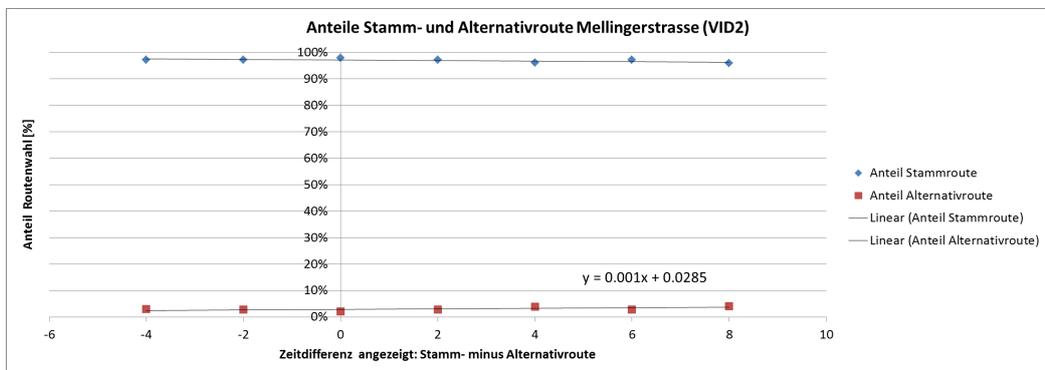


Abb. 42 VID 2 Routenwahl vs. Zeitdifferenz vom Mai 2015, BZ 0, 24 Stunden.

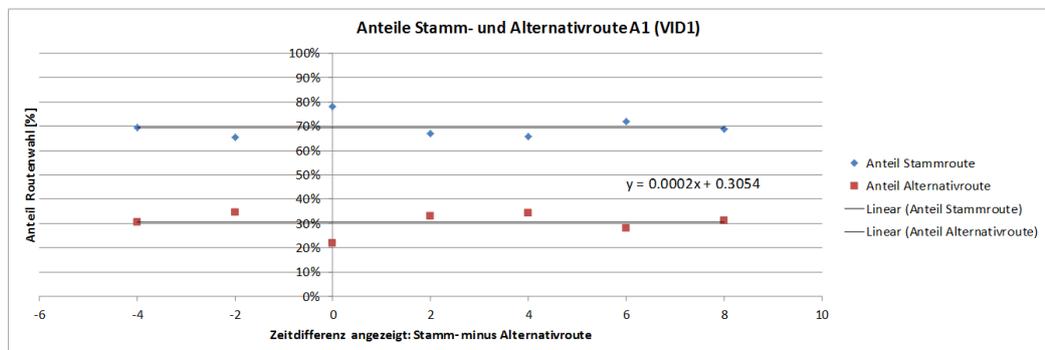


Abb. 43 VID 1 Routenwahl vs. Zeitdifferenz vom Mai 2015, BZ 0, MSP 7–8 Uhr.

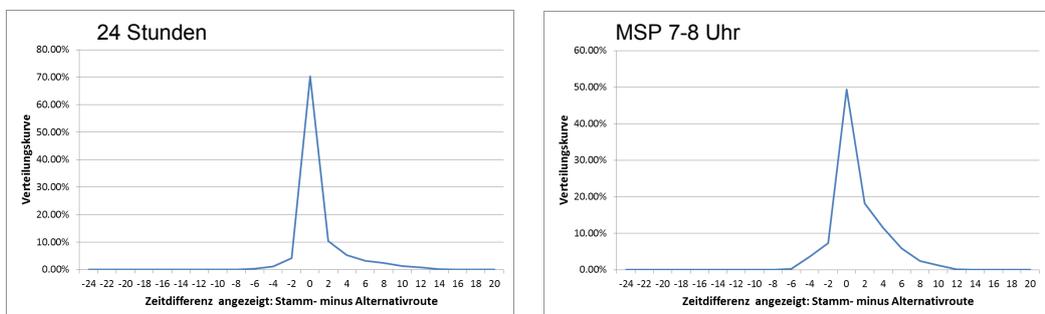


Abb. 44 Mengenverteilung der Fahrzeuge je angezeigter Zeitdifferenz am VID 1 vom Mai 2015, BZ 0.

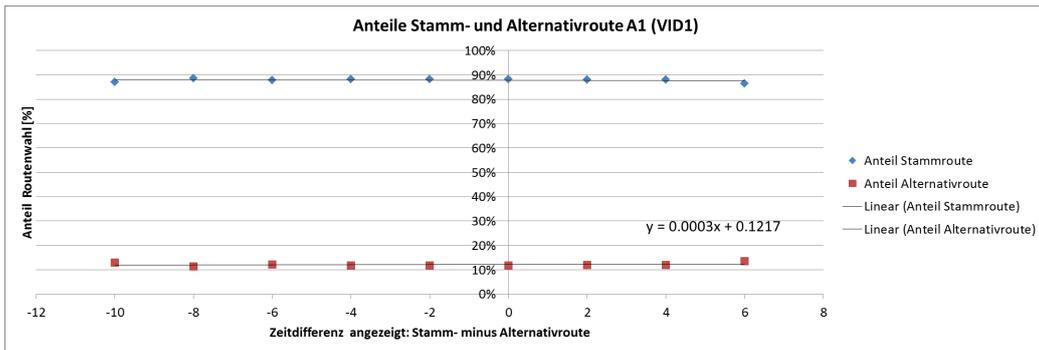


Abb. 45 VID 1 Routenwahl vs. Zeitdifferenz vom Oktober 2015, BZ 1, 24 Stunden.

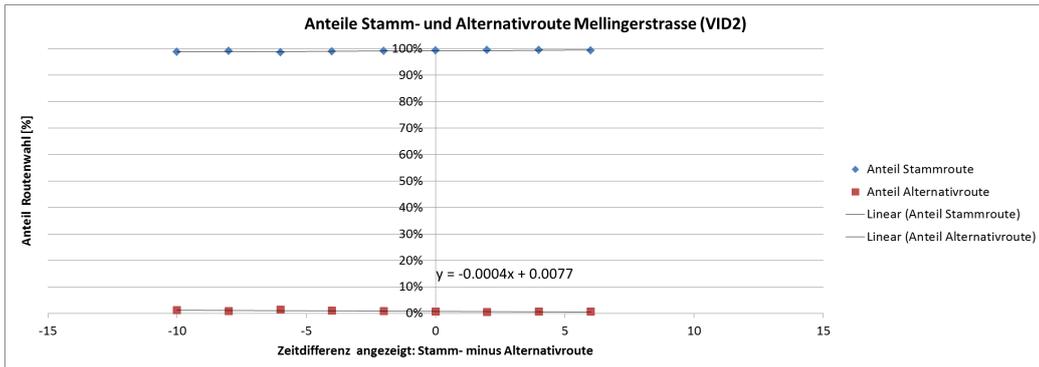


Abb. 46 VID 2 Routenwahl vs. Zeitdifferenz vom Oktober 2015, BZ 2, 24 Stunden.

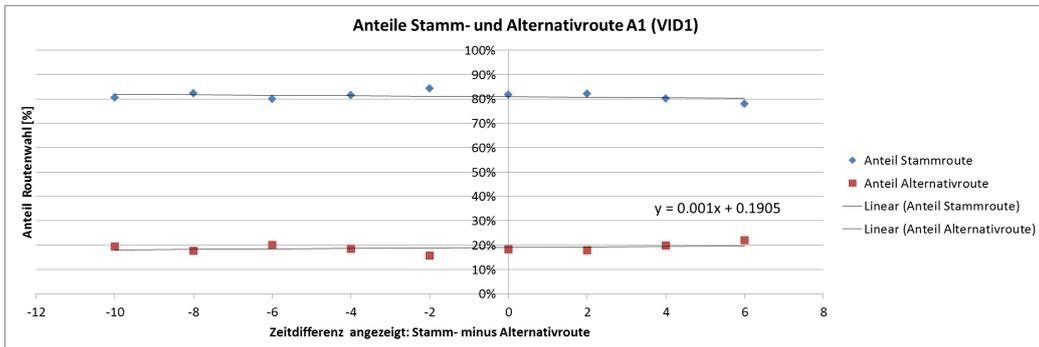


Abb. 47 VID 1 Routenwahl vs. Zeitdifferenz vom Oktober 2015, BZ 1, MSP 7–8 Uhr.

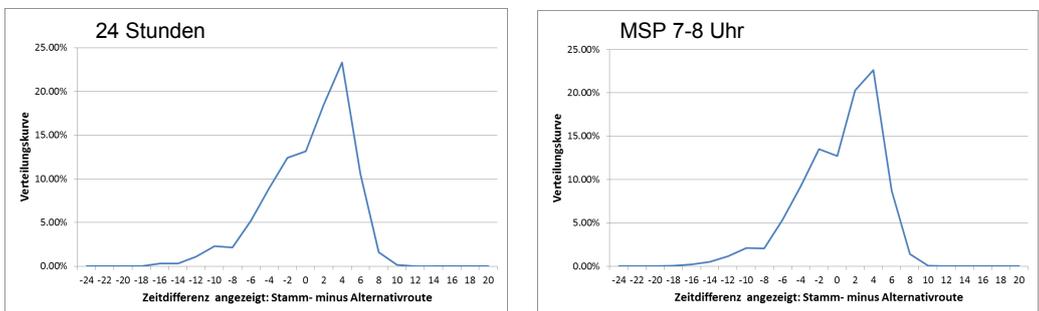


Abb. 48 Mengenverteilung der Fahrzeuge je angezeigter Zeitdifferenz am VID 1 vom Oktober 2015, BZ 1. Die Doppelverteilung hat ihren Ursprung in der Lichtsignalanlage am Schulhausplatz, die je nach Verkehrslage den Abfluss aus der Mellinger- oder aus der Neuenhoferstrasse priorisieren kann.

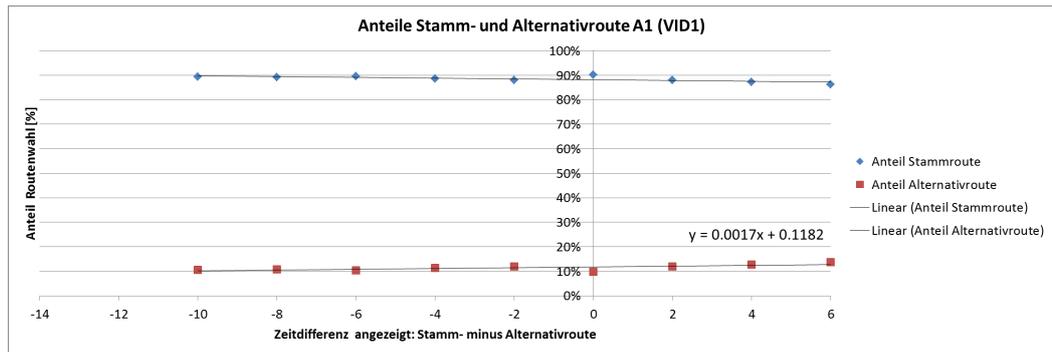


Abb. 49 VID 1 Routenwahl vs. Zeitdifferenz vom März 2016, BZ 1, 24 Stunden.

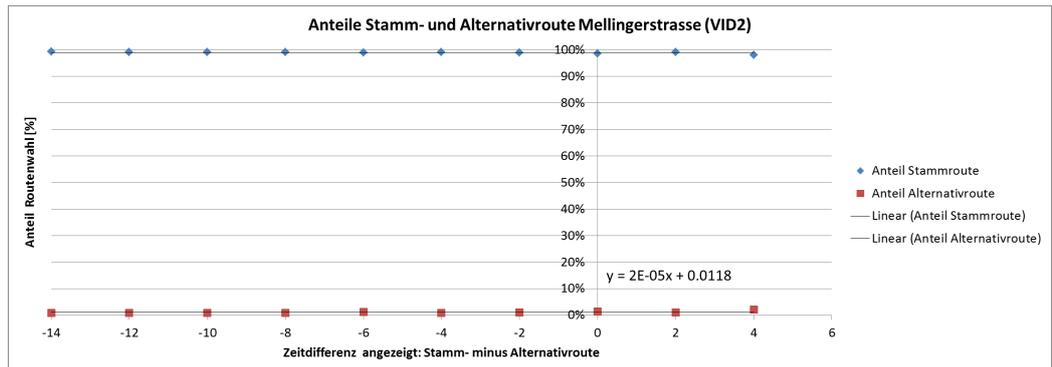


Abb. 50 VID 2 Routenwahl vs. Zeitdifferenz vom März 2016, BZ 2, 24 Stunden.

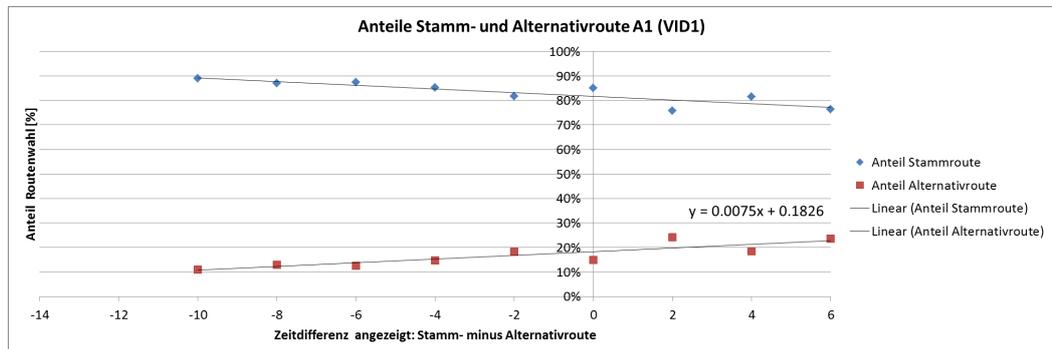


Abb. 51 VID 1 Routenwahl vs. Zeitdifferenz vom März 2016, BZ 1, MSP 7–8 Uhr.

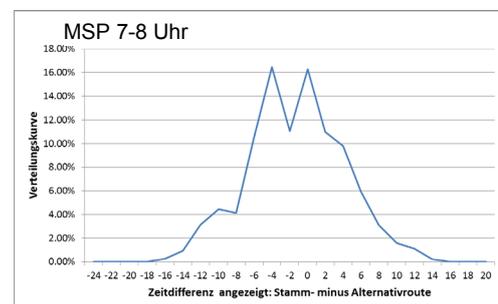
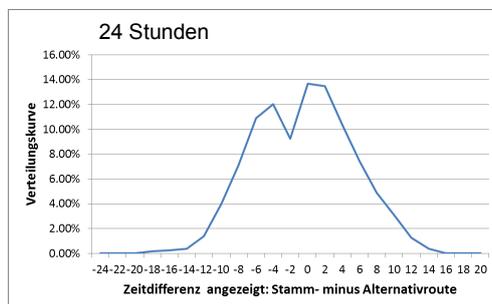


Abb. 52 Mengenverteilung der Fahrzeuge je angezeigter Zeitdifferenz am VID 1 vom März 2016, BZ 1. Die Doppelverteilung hat ihren Ursprung in der Lichtsignalanlage am Schulhausplatz, die je nach Verkehrslage den Abfluss aus der Mellinger- oder aus der Neuenhoferstrasse priorisieren kann.

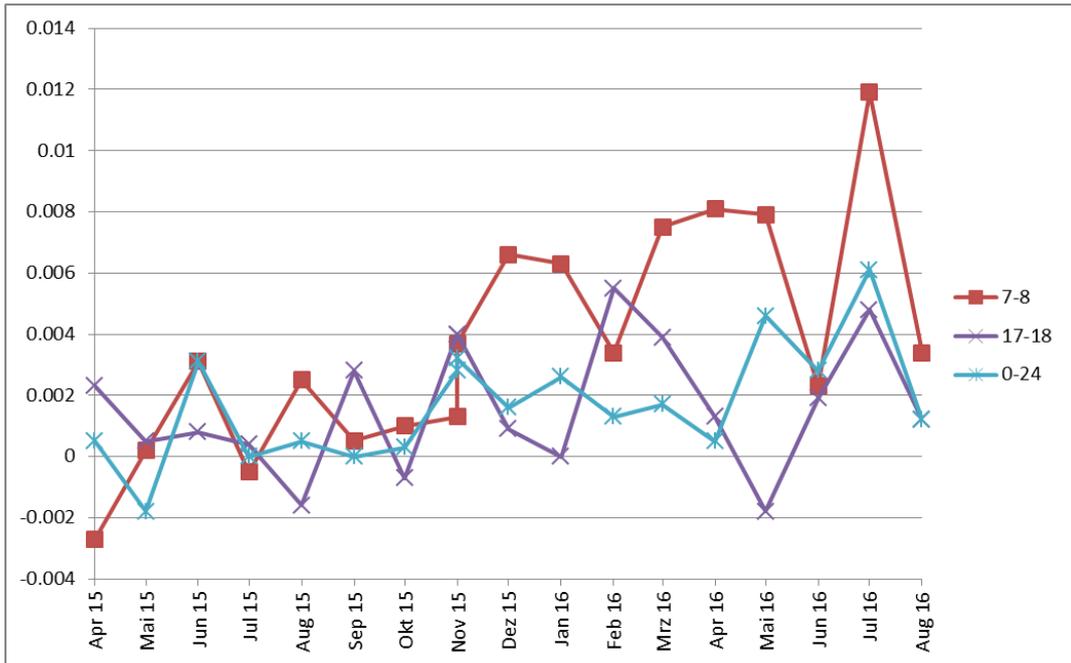


Abb. 53 VID 1, Steigung Trendlinie Alternativroutenwahl (BZ 1: Anzeige Verlust- bzw. Reisezeit).

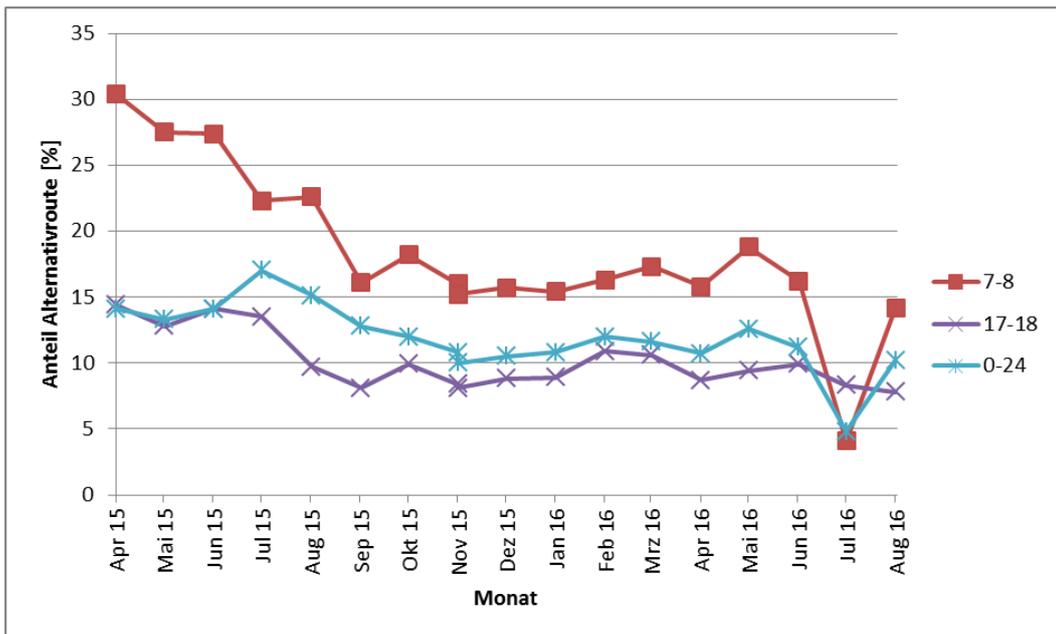


Abb. 54 VID 1, Anteil Alternativroute (BZ 1: Anzeige Verlust- bzw. Reisezeit).

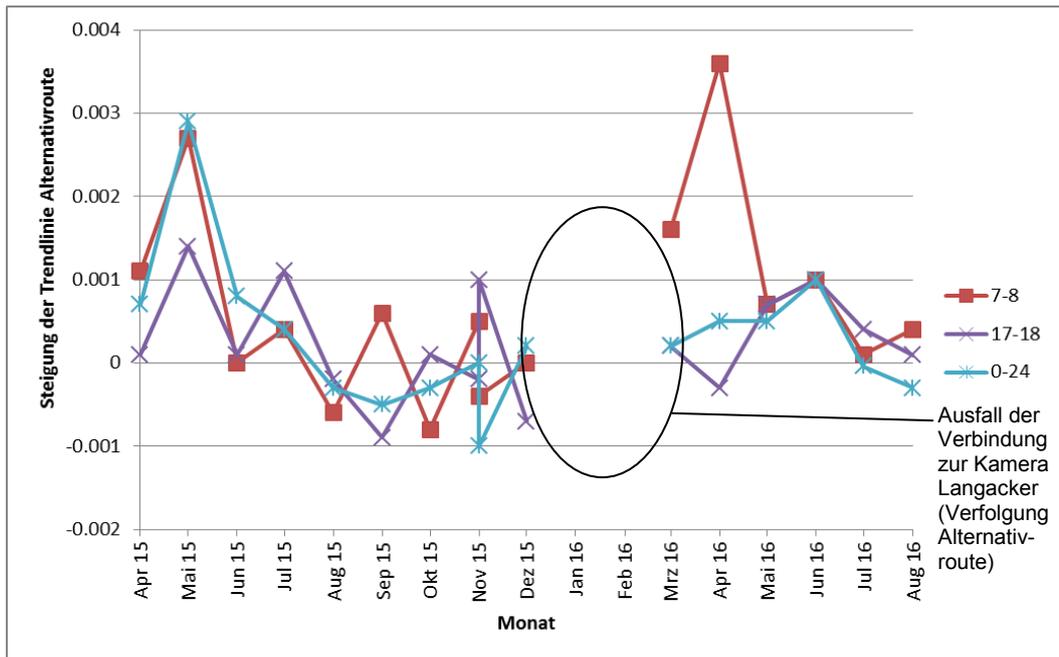


Abb. 55 VID 2, Steigung Trendlinie Alternativroutenwahl (BZ 2: Anzeige Verlust- bzw. Reisezeit).

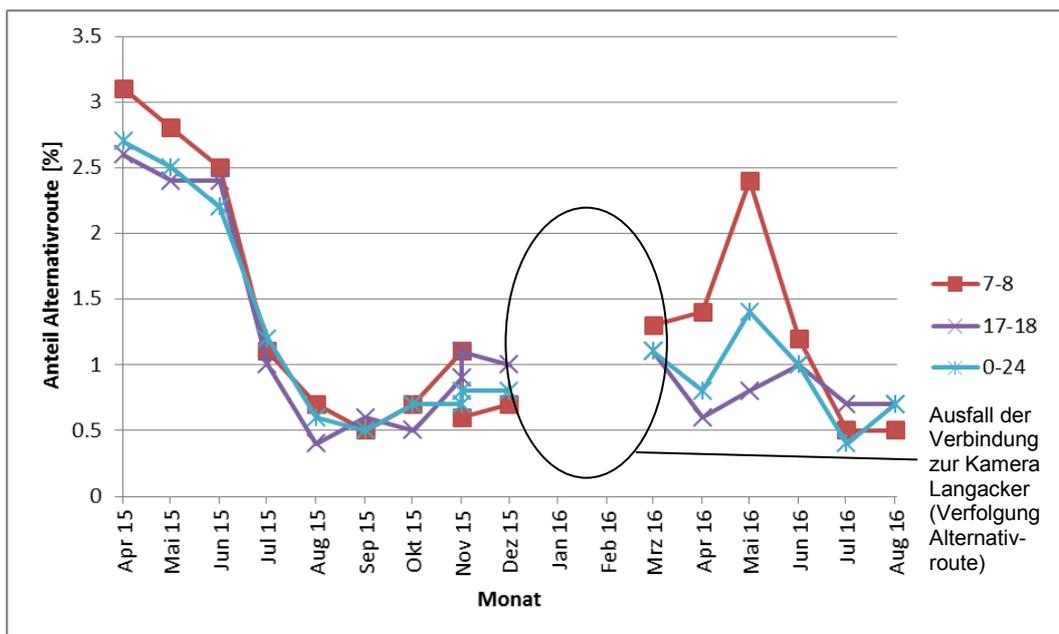


Abb. 56 VID 2, Anteil Alternativroute (BZ 2: Anzeige Verlust- bzw. Reisezeit).

In Abb. 53 bis Abb. 56 ist die Entwicklung der Steigung der Näherungsgeraden und des Alternativroutenanteils für den ganzen Verlauf des Feldversuchs dargestellt. Die Auswertungen wurden für den Blindbetrieb mit dem BZ 0 und für den Normalbetrieb mit dem BZ 1 (VID 1) und 2 (VID 2) vorgenommen. Die Werte im Juli 2016 beruhen auf nur wenigen Routenentscheiden, da die Betriebszustände (VID 1: BZ 1 bzw. VID 2 BZ 2) nur selten vorkamen.

Abb. 53 zeigt einen leichten Anstieg der Steigungen der Näherungsgeraden für das VID 1 ab August 2015 (Normalbetrieb mit Anzeige der Verlustzeit), einen stärkeren Anstieg ab November 2015 (Umstellung auf die Anzeige der Reisezeit). Im Fall der MSP ist der Anstieg nach der Umstellung der Anzeige im November deutlich. Auf der Autobahn liessen sich in der MSP im März bei hohen Reisezeitdifferenzen der beiden Routen ca. zwischen 5 und 10 % der Verkehrsteilnehmer von der Reisezeitanzeige beeinflussen.

In den Sommerferien ist ein Rückgang zu verzeichnen. Die zugehörigen Alternativroutenanteile nahmen bis November 2015 ab und blieben seitdem in etwa konstant (siehe Abb. 54). Ob der Rückgang insbesondere seit Juli 2015 auf die Baustelle Schulhausplatz zurückzuführen ist oder ob sich längerfristig die nachweislich zumeist schnellere Stammroute durchsetzt, kann nicht unterschieden werden.

Abb. 55 weist für das VID 2 allenfalls einen leichten Anstieg der Steigungen der Näherungsgeraden zwischen März und Juni 2016 aus. Die zugehörigen Alternativroutenanteile nahmen bis September 2015 ab und seit Oktober wieder leicht zu.

5 Folgerungen und Empfehlungen

5.1 Folgerungen aus der Probandenstudie

5.1.1 Darstellungsart der Gesamtreisezeit

Die Probanden wurden mit vier verschiedenen Arten der Darstellung der Gesamtreisezeit konfrontiert (siehe Tab. 3).

Tab. 3: Darstellungsarten der Gesamtreisezeit

Zeitdarstellung	Zeitbeispiel
Zeitgewinn	Route A: 4 min Zeitgewinn
Zeitverlust	Route A: + 0 min, Route B: + 4 min
Zeitsegmentierung	Route A: 8 min + 0, Route B: 6 min + 6
Reisezeitvergleich	Route A: 8 min, Route B: 12 min

Hinsichtlich der Routenentscheidungen der Probanden (stated preference, siehe Abb. 13) wurden bezüglich der 4 Zeitdarstellungsarten keine signifikanten Abweichungen (vergleiche Fussnote³ Seite 28) vom Standard festgestellt. Tendenziell hatte jedoch der Reisezeitvergleich die häufigste Wahl der zeitbevorteilten Alternativroute und am seltensten eine entscheidungslose Situation zur Folge. Bei der Zeitsegmentierung verhielt sich die leichte Tendenz entgegengesetzt.

Bei einer persönlichen Rangierung der Darstellungsarten durch die Probanden (siehe Abb. 14) ergab sich folgende Gesamtrangierung:

1. Reisezeitvergleich (1. Rang bei 61 %, 4. Rang bei 15 % der Probanden)
2. Zeitverlust (1. Rang bei 22 %, 4. Rang bei 10 % der Probanden)
3. Zeitgewinn (1. Rang bei 18 %, 4. Rang bei 26 % der Probanden)
4. Zeitsegmentierung (1. Rang bei 16 %, 4. Rang bei 41 % der Probanden)

Damit ist die Anzeige eines direkten Reisezeitvergleichs eine gute Wahl, verglichen mit den übrigen Darstellungsarten der Gesamtreisezeit. Von einer Verwendung der Zeitsegmentierung bei der strassenseitigen Zeitanzeige ist auch im Hinblick auf die grössere Komplexität dieser Darstellungsart und damit einer etwas längeren Erfassungszeit abzuraten.

5.1.2 Anzeigeform des Wegweisers

In der Probandenstudie wurden 4 Anzeigeformen (AF, vergleiche Abb. 4) untersucht.

Im Ergebnis konnte die AF2 aus mehreren Gründen für die Verwendung innerhalb des Feldtests ausgeschlossen werden:

- die meisten Entscheidungsausfälle (bei Routenentscheidungen der Probanden)
- getroffene Entscheidungen fielen zu selten zugunsten der zeitbevorteilten Alternativroute aus
- diese Variante wurde als besonders unverständlich wahrgenommen

Allerdings kann nicht ausgeschlossen werden, dass bei klareren Routengeometrien und weniger bekannten Zwischenzielen auf der Route diese Anzeige gegenüber den übrigen Anzeigeformen besser abschneidet (z.B. bei einer geführten Umleitungsrouten, vergleiche Abb. 3).

Im Gegensatz dazu erreichten die AF1 und die AF3 hinsichtlich der Entscheidungen und der Rückmeldungen deutlich bessere Ergebnisse, wobei letztlich nicht eindeutig erfasst werden kann, welche von beiden die zu bevorzugende Variante wäre.

Die unter Berücksichtigung aller Kriterien beste Darstellungsform der Routenempfehlung ist die auf der Nationalstrasse einzusetzende AF4. Sie profitiert einerseits möglicherweise von ihrer bereits bestehenden Bekanntheit, andererseits ist sie aber auch generell begünstigt: Die Alternativroute zu nutzen bedeutet nicht zugleich auch eine Abweichung vom bestehenden Status; man befindet sich schliesslich sowohl in der Realität als auch im Gedankenexperiment bereits auf der Autobahn.

5.2 Folgerungen aus dem Feldtest

5.2.1 Seltene und meist kleine Zeitvorteile der Alternativroute

Insgesamt kam es nur selten zu deutlichen Zeitvorteilen der Alternativroute im Bereich von 10 Minuten (für das VID1 vergleiche Abb. 44, Abb. 48 und Abb. 52). Für die Verkehrsteilnehmer auf der Mellingerstrasse trat solch eine hohe Zeitdifferenz noch seltener auf (siehe Abb. 57).

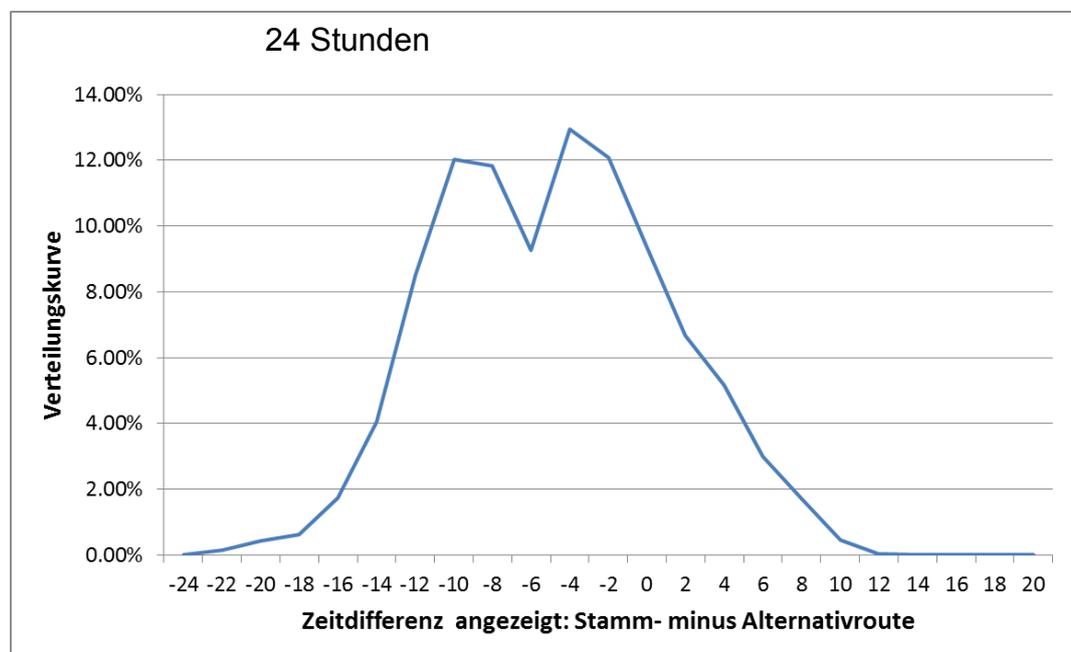


Abb. 57 Mengenverteilung der Fahrzeuge je angezeigter Zeitdifferenz am VID2 vom März 2016 (BZ2). Die Doppelverteilung hat ihren Ursprung in der Lichtsignalanlage am Schulhausplatz, die je nach Verkehrslage den Abfluss aus der Mellinger- oder aus der Neuenhoferstrasse priorisieren kann.

Die geringen Reisezeitvorteile der Alternativroute (wenn überhaupt vorhanden) verbunden mit dem grossen Umweg dieser Route, der Fahrt über die Autobahn und durch den Autobahntunnel sorgten dafür, dass der auf der Mellingerstrasse ohnehin kleine Alternativroutenanteil von 3 % im Laufe des Feldtests noch weiter absank (siehe Abb. 56). Sofern dieser Effekt zu einer gleichmässigeren Netzauslastung führt ist er durchaus erwünscht. Ein anderer Effekt könnte jedoch auch sein, dass aufgrund der häufig auf den Displays ausgewiesenen Vorteilen der Stammroute, die Alternativroute überhaupt nicht mehr in Betracht gezogen und die Displays kaum noch beachtet werden.

Dadurch, dass der Betriebszustand der VIDs in Phase 1 bereits ab 6 Minuten Zeitdifferenz in den BZ2 bzw. BZ3 wechselte, ging der Bereich der Anzeige der Verlustzeiten nur

kurzzeitig aufgrund der Systemträgheit über 4 Minuten Zeitdifferenz hinaus (siehe Abb. 48). In Phase 2 wurden die Reisezeiten immerhin noch bis 14 Minuten Zeitdifferenz angezeigt. Am häufigsten kam die direkte Routenempfehlung in den Monaten September bis November 2015 vor (vergleiche Abb. 32 und Abb. 33). Die Verkehrsteilnehmer können bei einer direkten Routenempfehlung nicht mehr erkennen, ob und in welchem Ausmass sie mit verlängerten Reisezeiten rechnen müssen. Zudem besteht die Gefahr, dass man bei einer direkten Empfehlung über die Alternativroute annimmt, dass diese Strecke staufrei sei. Die Anzeige einer direkten Routenempfehlung ohne Zeitangabe (BZ2 bzw. BZ3) führte somit trotz grösseren Zeitvorteilen der Alternativroute nicht zu einer stärkeren Verwendung der Alternativroute als bei Anzeige der Verlust bzw. Reisezeiten beider Routen (BZ1 bzw. BZ2).

5.2.2 Ungenauigkeiten des Pilotsystems

Beim Pilotsystem gibt es mehrere Gründe für Streuungen bei der Reisezeitschätzung bzw. der Reisezeitprognose, mit vermutlich negativen Folgen für die Akzeptanz des Systems bei den Verkehrsteilnehmern:

- Probleme bei der Überwachung der Stauräume (aufgrund der bei den Ausfahrten nicht erfassten Fahrzeuganteile)
- Abwechselnde Grünphasen und ungleiche Stauraumauslastung der beiden Fahrstreifen im Stauraum Mellingerstrasse, weshalb die gemessenen Reisezeitwerte hin und her springen (hohe und tiefe Reisezeiten). Die angegebene Reise- oder Verlustzeit stimmt im Stauraum maximal für einen Fahrstreifen. Zudem haben die Anzahl Busdurchfahrten und die Dynamik der Dosierung einen negativen Einfluss auf die Qualität der Reisezeitprognosen.
- Die nachträglich ergänzten ANPR-Kameras bei den VIDs konnten nicht mehr für die Reisezeitprognose berücksichtigt werden. Damit gab es zusätzlich zu den Routenabschnitten nach den Stauräumen noch weitere Abschnitte, für die die aktuellen Reisezeiten nur basierend auf historischen Daten oder lokalen Geschwindigkeitsmessungen auf der Autobahn geschätzt werden konnten.
- Die Angabe der Verlustzeiten in Phase 1 beschränkte sich auf die Stauräume, weshalb für die Verkehrsteilnehmer, die die Verlustzeiten auf die gesamte Route bezogen (vergleiche Anhang I.2.4), zusätzliche unerwartete Schwankungen der Verlustzeiten bis Schulhausplatz auftraten.

Aufgrund der parallelen aber weitgehend unabhängigen Planung und Bewilligung des Pilotprojekts und des Forschungsprojekts kamen die Eingaben aus dem Forschungsprojekt spät bzw. zu spät. Bei einer besseren/frühzeitigen Koordinierung der beiden Projekte und deren Zielsetzungen wäre es eventuell möglich gewesen, die obengenannten Probleme teilweise zu vermeiden bzw. abzumildern.

5.2.3 Darstellungsart der Gesamtreisezeit und Anzeigeformen des Wegweisers

Im Ergebnis aus den seltenen und meist kleinen Zeitvorteilen der Alternativroute und der eventuell geringeren Akzeptanz des Pilotsystems (aufgrund der Genauigkeit der Reisezeitprognosen) war eine Reaktion auf die Wegweiser mit Verlustzeitanzeige in Phase 1 und auf die Reisezeitanzeige in Phase 2 besonders auf der Mellingerstrasse kaum feststellbar. Somit konnten die für das VID2 geplanten Anzeigeformen und Varianten der Zeitdarstellung nicht durchgespielt werden, da die erhaltenen Resultate nicht unterscheidbar gewesen wären. Beim VID1 ist nur die reine Zeitanzeige variabel. Für beide VIDs wurde deshalb entschieden, auf mehrfache Wechsel zwischen Anzeige der Verlust- und Reisezeiten und beim VID2 auf zusätzliche Wechsel zwischen den Anzeigeformen zu verzichten, dies zugunsten einer besseren Gewöhnung der Verkehrsteilnehmer an die Anzeigen. Somit kann aufgrund des Feldtests keine Aussage darüber getroffen werden, mit welchen Anzeigehalten das beste Ergebnis erzielt werden kann, d.h. die meisten Fahrzeuge auf die Alternativroute gelenkt werden können. Der Einfluss der Anzeige auf

die Routenwahl der Verkehrsteilnehmer war insbesondere am VID2 auf der Mellingerstrasse zu klein.

Von der A1 wurde hauptsächlich in der Morgenspitze die Alternativroute gewählt. Von der Kantonsstrasse wurde die Alternativroute unabhängig vom Tagesverlauf kaum gewählt. Bezüglich einer gleichmässigeren Netzauslastung (Systemoptimum) konnte innerhalb des Pilotprojekts [12] keine Verbesserung nachgewiesen werden. Auf der Autobahn (VID1) liessen sich in der MSP im März bei hohen Reisezeitdifferenzen der beiden Routen ca. zwischen 5 und 10 % der Verkehrsteilnehmer von der Reisezeitanzeige beeinflussen, je nach Tageszeit und Verkehrslage. Auf der Kantonstrasse konnten im April 2016 ca. zwischen 0 und 2 % beeinflusst werden.

Die Auswertung der Online-Umfrage in Phase 2 (siehe Anhang I) zeigt, dass der Nutzen des Systems von den Verkehrsteilnehmern erkannt wird und die angezeigten Reisezeiten von den Umfrageteilnehmern als zuverlässig eingestuft werden. Der Befolgungsgrad hat sich gegenüber der Phase 1 verbessert (2/3 „hin und wieder“).

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass das System von den Verkehrsteilnehmern als Reisezeitinformation geschätzt und ein Nutzen erkannt wurde, jedoch nur ein geringer Lenkungseffekt / selten eine Reaktion der Verkehrsteilnehmer aufgrund der Anzeigen nachweisbar war.

5.3 Empfehlungen

Für zukünftige Systeme kann die Wirksamkeit und damit der Nutzen von strassenseitigen Reisezeitanzeigen unter Beachtung folgender Punkte erhöht werden:

- Anzeige und Vergleich der Reisezeit für Stamm- und Alternativroute
- keine direkte Empfehlung ohne Zeitangabe aufgrund des Informationsverlustes
- keine Angabe der Verlustzeit oder des Zeitgewinns zur Minimierung von Fehlinterpretationen
- Schaltung der Reisezeitinformation erst ab einem gewissen Grenzwert, welcher situationsabhängig bestimmt werden kann (zur Vermeidung der Anzeige irrelevanter Informationen).
- Ein möglichst gleichwertiges Routenangebot oder andernfalls genügend grosse Reisezeitdifferenzen. Beim Feldtest war die Gleichwertigkeit der Alternativroute von der Kantonstrasse aus nur bedingt gegeben (u.a. eine deutlich weitere Strecke und eine zusätzliche Fahrt über die Autobahn und durch einen Tunnel), andererseits waren die Reisezeitvorteile von 10 Minuten und länger selten. Die Alternativroute muss möglichst attraktiv und somit schnell sein, zumindest gegenüber einer überfüllten Stammroute.
- Auf den Routen sollten sämtliche staukritischen Bereiche überwacht werden, um eine möglichst exakte Reisezeit ermitteln und anzeigen zu können.

Künftige Verkehrsmanagementprojekte können von den gemachten Erfahrungen insofern profitieren, als sich die Angabe der Reisezeit der Routenalternativen als beste Variante der Zeitdarstellung herausgestellt hat (in der Probandenstudie tendenziell beste Variante und wenig anfällig für Fehlinterpretationen). Zudem scheint sich diese Variante auch international durchzusetzen. Somit könnte diese Variante der Zeitangabe in eine Aktualisierung der Richtlinie für WTAs einfließen. Eine Abstimmung mit dem EasyWay-Rahmenprogramm der EU (ESG4-VMS Aktion [11]) ist wünschenswert.

Bezüglich Anzeigenform können aufgrund des Feldtests keine Empfehlungen abgegeben werden. In der Probandenstudie zeigte sich auf der Kantonsstrasse jedoch eine Präferenz für AF1 und AF3. Die Anzeigenform AF2 (Netzgrafik) hingegen kann aufgrund der Probandenstudie ausgeschlossen werden. Allenfalls können zukünftige Projekte dazu noch bessere Aussagen liefern.

Anhänge

I	Ergebnisse der Online-Umfrage des Pilotprojekts	75
I.1	Kurzzusammenfassung der Online-Umfrage.....	75
I.2	Auswertungsergebnisse Phase 1: Juli 2015 bis November 2015.....	77
I.2.1	Soziodemographische Angaben	77
I.2.2	Fahrzweck – Durchfahrthäufigkeit.....	78
I.2.3	Routenwahl – Durchfahrthäufigkeit.....	78
I.2.4	Verständlichkeit der Verlustzeiten – Alter	79
I.2.5	Nutzen – Zuverlässigkeit.....	79
I.2.6	Befolgungsgrad – Zuverlässigkeit.....	80
I.2.7	Grundlage der Routenwahl – Nutzen.....	80
I.3	Auswertungsergebnisse Phase 2: November 2015 bis März 2016.....	81
I.3.1	Soziodemographische Angaben	81
I.3.2	Fahrzweck – Durchfahrthäufigkeit.....	81
I.3.3	Routenwahl – Durchfahrthäufigkeit.....	82
I.3.4	Verständlichkeit der neuen Anzeige auf der Kantonsstrasse	82
I.3.5	Nutzen – Zuverlässigkeit.....	83
I.3.6	Befolgungsgrad – Zuverlässigkeit.....	83
I.3.7	Grundlage der Routenwahl – Nutzen.....	84
II	Termine	85

I Ergebnisse der Online-Umfrage des Pilotprojekts

I.1 Kurzzusammenfassung der Online-Umfrage

Im Rahmen des Pilotprojekts [12] sollten mithilfe einer Online-Umfrage Erkenntnisse über die Lesbarkeit und Verständlichkeit der Anzeigen sowie den Befolgungsgrad und Nutzen für die Verkehrsteilnehmer gewonnen werden. Die Umfrage wurde für den Zeitraum der Phase 1 und 2 (siehe Kapitel 4.4) separat vorgenommen und ausgewertet. Für die Auswertungen wurden die Rückmeldungen im Zeitraum vom 09.07.2015 (Start Normalbetrieb) bis zum 12.04.2016 berücksichtigt. In diesem Zeitraum gingen 51 Rückmeldungen ein, wobei 28 in der Phase mit der Anzeige der Verlustzeit und 23 Rückmeldungen in der Phase mit der Anzeige der Reisezeit eingegangen sind. Aufgrund der tiefen Teilnehmeranzahl sind die Aussagen daraus nicht signifikant. Die Online-Umfrage wurde auf der Homepage des Kantons Aargau aufgeschaltet und über Zeitungsartikel und auch mittels Facebook-Post kommuniziert.

In Tab. I-1 sind die Ergebnisse der Umfrage im Sinne der am häufigsten gegebenen Antworten zusammengefasst dargestellt.

Tab. I-1 Zusammenfassung der Ergebnisse der Online-Umfrage für die Phasen 1 und 2 (Quelle: [12])

	Phase 1	Phase 2
Persönliches Fahrverhalten und soziodemographische Angaben	<p>Vielfahrer und Pendler</p> <p>Mindestens wöchentliche Durchfahrt</p> <p>Hauptziel Baden-Zentrum</p> <p>35 % Frauen, Alter 26–35</p>	<p>Berufs- und Freizeitpendler</p> <p>Täglich bis monatliche Durchfahrt</p> <p>Hauptziel Baden-Zentrum</p> <p>Hauptsächlich männlich, Alter < 45</p>
Persönliches Fahrverhalten bezogen auf die untersuchten Strecken	<p>Von der Autobahn aus wählten bereits viele die Alternativroute.</p> <p>Von der Kantonsstrasse aus wurde die Stammroute benutzt.</p>	<p>Von der Autobahn aus wurde die Stammroute gewählt.</p> <p>Von der Kantonsstrasse aus wurde die Stammroute benutzt.</p>
Lesbarkeit	<p>Probleme: Blendungen (2 VID 1), schlechter Farbkontrast (1 VID1), Schriftgrösse zu klein (je 1 VID 1/2)</p> <p>Schwierigere Lesbarkeit des VID an der Autobahn (7 VID 1)</p>	<p>Neue Darstellungen viel besser lesbar</p> <p>(Anzeigen aus Phase 1 bereits bekannt)</p>
Verständlichkeit	<p>Darstellung wurde (nach 2–3 Durchfahrten VID 1 und 2) gut verstanden.</p> <p>Verlustzeit wurde klar falsch verstanden.</p>	<p>Darstellung wurde sehr gut verstanden.</p> <p>Darstellung in Phase 2 wurde derjenigen aus der Phase 1 vorgezogen.</p>
Zuverlässigkeit	Keine klare Aussage möglich	Zuverlässig
Nutzen / Befolgungsgrad	<p>Nutzen (ausgeglichen gering bis hoch) korreliert mit Zuverlässigkeit</p> <p>Befolgungsgrad tief, „hin und wieder“</p>	<p>Nutzen eher mittel bis hoch</p> <p>Befolgungsgrad besser als Phase 1 „hin und wieder“</p>
Grundlage der Routenwahl	<p>Klar „gemäss meiner Erfahrung“</p> <p>Aber auch „anhand der Anzeigen“ für ein paar, die ihren Nutzen als hoch eingestuft haben.</p>	<p>„Gemäss meiner Erfahrung“</p> <p>Aber auch „anhand der Anzeigen“ für einige, die ihren Nutzen als hoch eingestuft haben.</p>
Gesamtanzahl Teilnehmer	28	23

Die Umfrageteilnehmer sehen einen gewissen persönlichen Nutzen im System. Sie konnten zudem Vorschläge für Verbesserungen und allgemeine Rückmeldungen zum System machen. Die wichtigsten Ergebnisse daraus sind in Tab. I-2 aufgeführt.

Tab. I-2 Verbesserungsvorschläge und Rückmeldungen für Phase 1 und 2

	konstruktiv	negativ	nicht brauchbar / nicht themafolgend
Phase 1 (Anzahl)	Lesbarkeit der Info-tafeln sollte verbessert werden (1)	- Wartezeiten sind wesentlich länger (schlechtes Verständnis der Verlustzeiten) (4) - Keine Ausweichmöglichkeiten (1)	(6)
Phase 2 (Anzahl)	Vorschläge: - Anzeige auch aus Fahrtrichtung Zürich ergänzen (1) - Stauinformationen auch online abrufbar (Reise planen) (1)		(1)

Weitere erhaltene Rückmeldungen aus dem persönlichen Umfeld des Projektteams zeigen, dass das System teilweise gar nicht wahrgenommen wird. Weiter wirken die VIDs eher unscheinbar, wenn man sie beachten will, sind sie jedoch gut lesbar.

Eine Kurzumfrage der Gratiszeitung 20-Minuten vom 19.11.2015 zeigte auch, dass ein solches System von 64 % der Umfrageteilnehmer (Total 158) geschätzt wird und sie der Meinung sind, damit lasse sich Stau verhindern.

I.2 Auswertungsergebnisse Phase 1: Juli 2015 bis November 2015

I.2.1 Soziodemographische Angaben

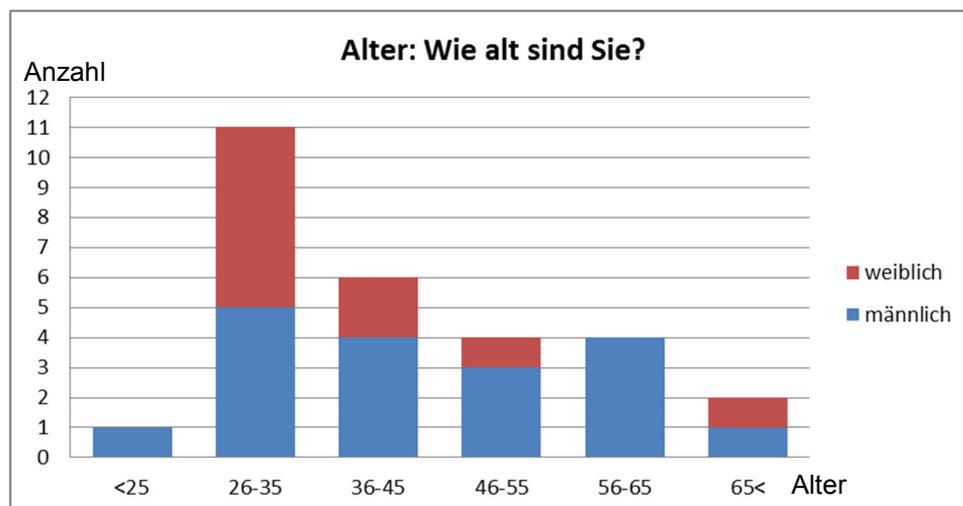


Abb. I-1 Soziodemographische Angaben, Alter und Geschlecht.

Eine weite altersbedingte Breite wird abgedeckt mit mehrheitlicher Teilnahme von den 26 bis 35 jährigen. Zudem gibt es ein gutes Geschlechterverhältnis (35 % Frauen und 65 % Männer).

I.2.2 Fahrzweck – Durchfahrthäufigkeit

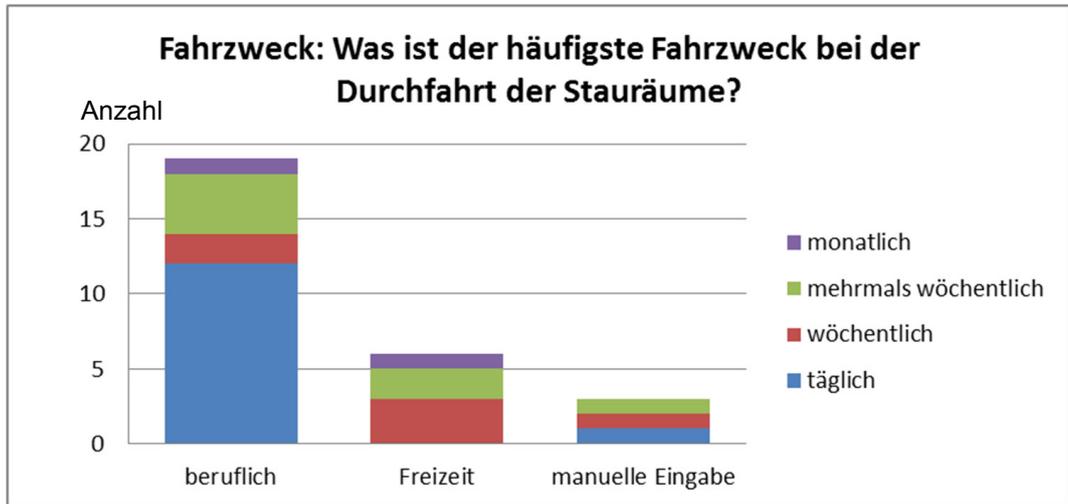


Abb. I-2 Fahrzweck und Durchfahrthäufigkeit.

Die meisten Teilnehmenden sind nicht nur Vielfahrer und Berufspendler sondern fahren auch täglich oder zumindest wöchentlich durch das Gebiet, mit Hauptziel Baden-Zentrum.

I.2.3 Routenwahl – Durchfahrthäufigkeit

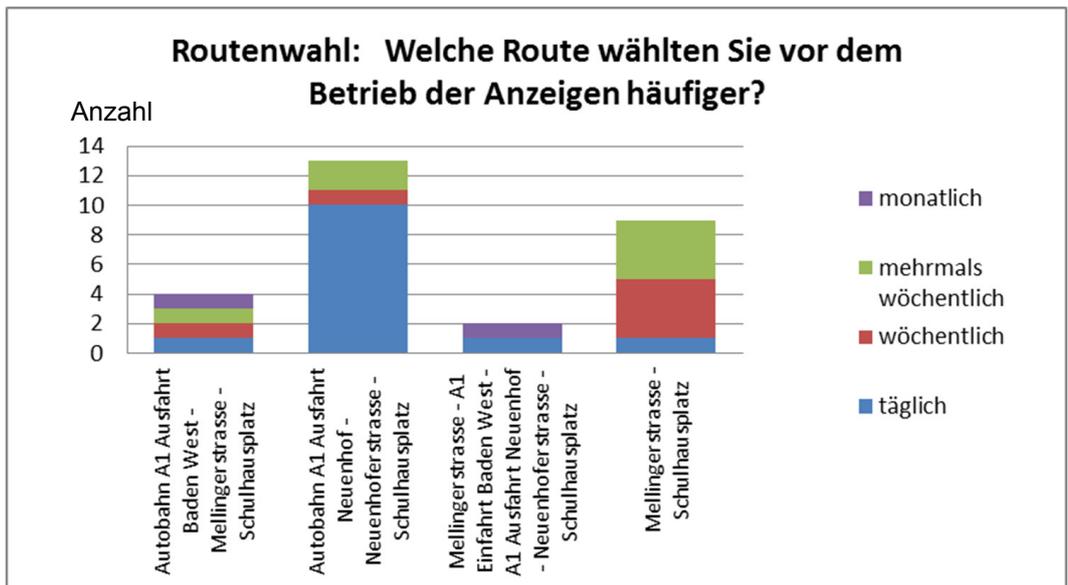


Abb. I-3 Routenwahl und Durchfahrthäufigkeit.

Die grössere Anzahl der Teilnehmer fährt über die Autobahn (VID 1) und ein grosser Teil davon benutzt schon die Alternativroute.

Die Teilnehmenden, welche über die Kantonsstrasse fahren (VID 2), bleiben auch weiter auf der Stammroute.

I.2.4 Verständlichkeit der Verlustzeiten – Alter

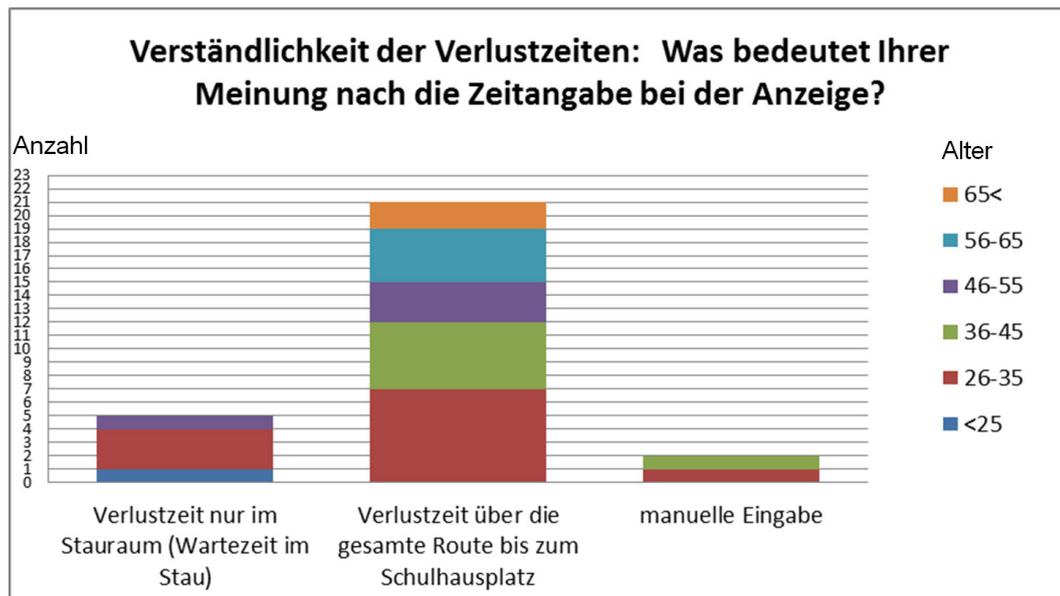


Abb. I-4 Verständlichkeit der Verlustzeiten und Alter.

Die Darstellung wurde gut verstanden (nach 2–3 Durchfahrten), jedoch ist die Verlustzeit ganz klar missverstanden worden.

I.2.5 Nutzen – Zuverlässigkeit

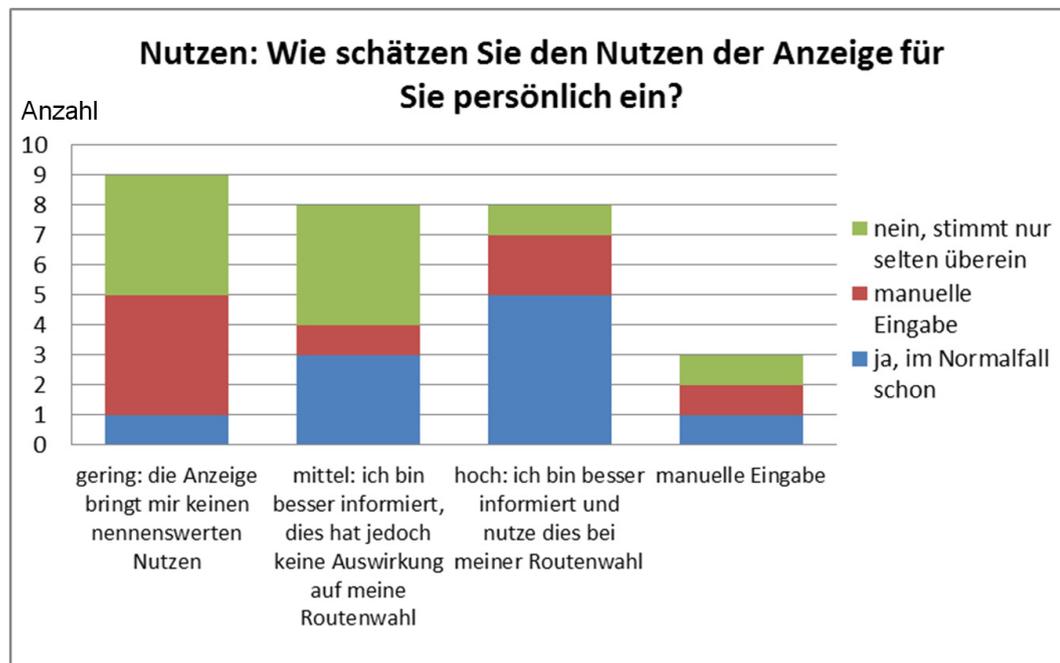


Abb. I-5 Nutzen und Zuverlässigkeit.

Personen die das System als zuverlässig bezüglich angezeigter Verlustzeit betrachten, sehen eher einen persönlichen Nutzen. Bei der Zuverlässigkeit ist zu beachten, dass die Anzeige der Verlustzeit nur für die Stauräume falsch verstanden wurde.

I.2.6 Befolgungsgrad – Zuverlässigkeit

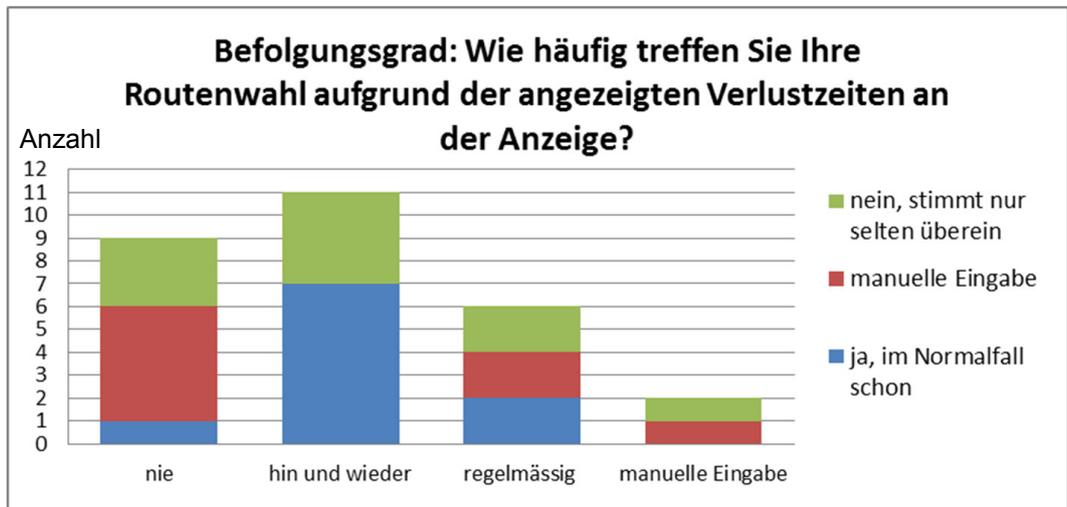


Abb. I-6 Befolgungsgrad und Zuverlässigkeit.

Die Zuverlässigkeit und der Nutzen korrelieren gut. Die meisten Beteiligten finden den Nutzen auch gut, wenn sie die Zuverlässigkeit bereits als gut befanden. Der Befolgungsgrad ist nicht beträchtlich. Diejenigen welche von der Zuverlässigkeit überzeugt waren, befolgten die Anzeigen auch nur „hin und wieder“.

I.2.7 Grundlage der Routenwahl – Nutzen

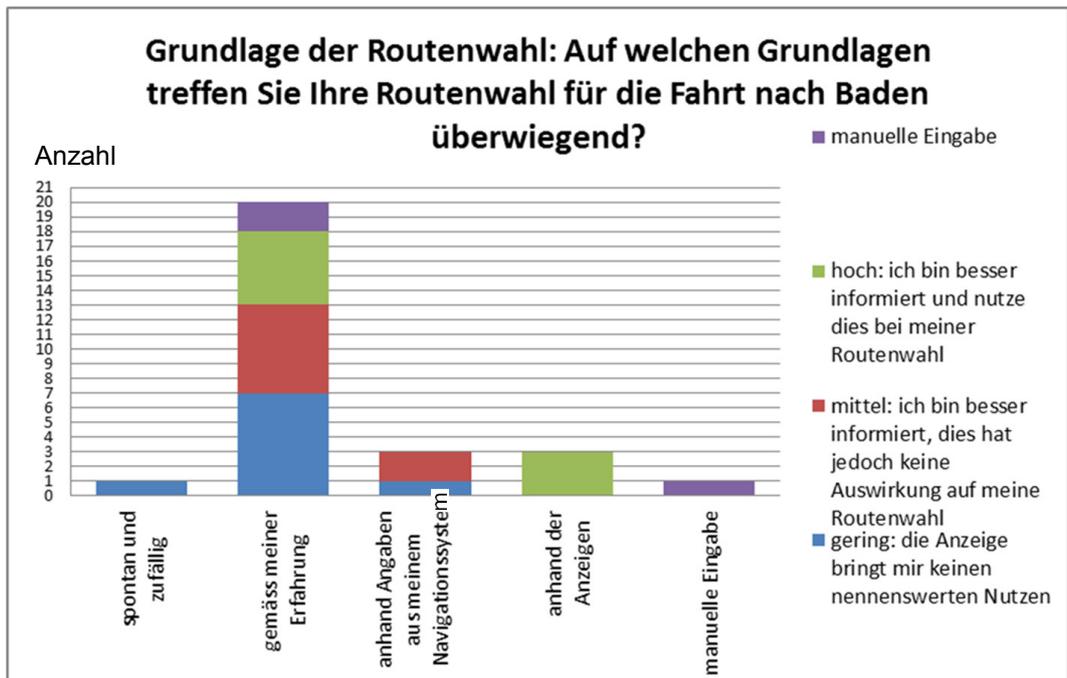


Abb. I-7 Grundlage der Routenwahl und Nutzen.

Die Teilnehmenden verlassen sich mehr auf ihre Erfahrung als auf irgendein System. Aufgrund der Ortskenntnisse (Berufspendler) wird das Navigationssystem weniger genutzt. Die drei Teilnehmenden, welche die Anzeigen befolgen, sehen auch einen hohen Nutzen.

I.3 Auswertungsergebnisse Phase 2: November 2015 bis März 2016

I.3.1 Soziodemographische Angaben

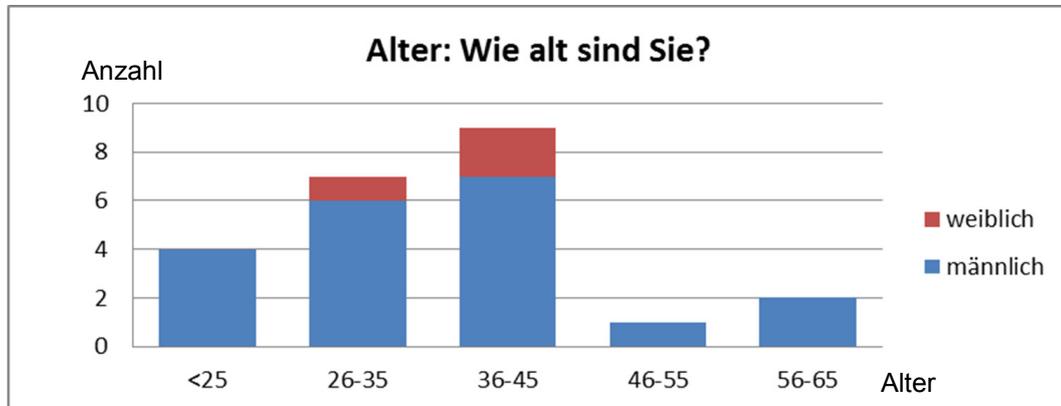


Abb. I-8 Soziodemographische Angaben, Alter und Geschlecht.

Es haben hauptsächlich männliche Teilnehmer unter 45 geantwortet.

I.3.2 Fahrzweck – Durchfahrthäufigkeit

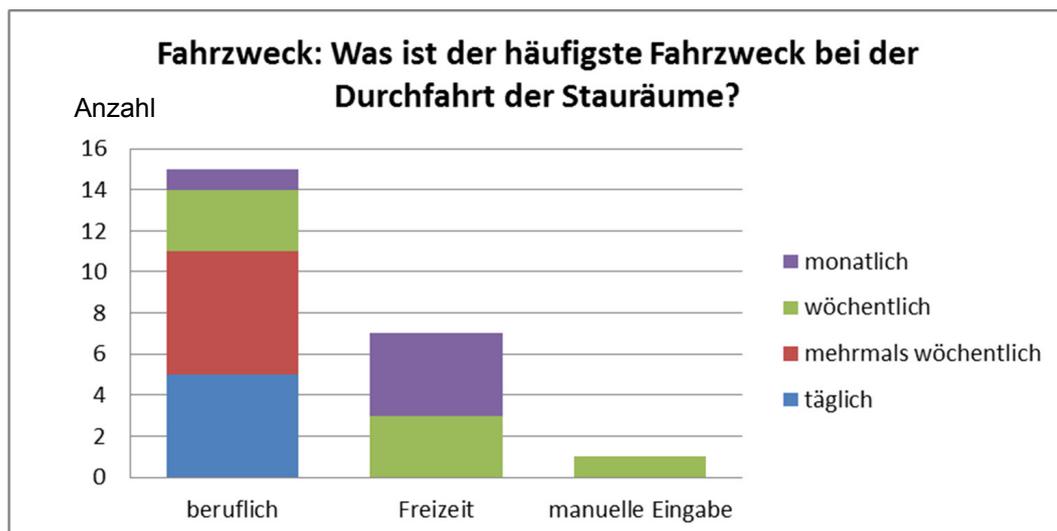


Abb. I-9 Fahrzweck und Durchfahrthäufigkeit.

In der zweiten Phase ist das Teilnehmerprofil weniger eindeutig. Die meisten Teilnehmer sind wiederum Berufspendler, welche wöchentlich und mehrmals wöchentlich fahren. Es sind tiefere Fahrleistungen als in der Phase 1 herauszulesen. Dies erklärt auch die sehr disperse Häufigkeit der Durchfahrt. Das Hauptziel bleibt eindeutig Baden-Zentrum.

I.3.3 Routenwahl – Durchfahrthäufigkeit

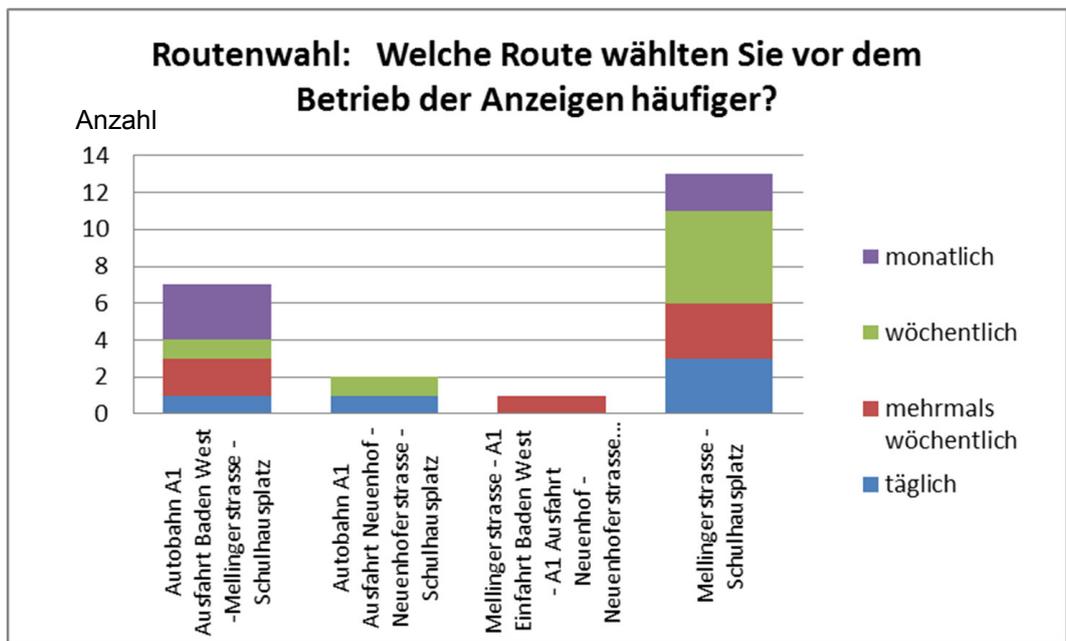


Abb. I-10 Routenwahl und Durchfahrthäufigkeit.

Viele Teilnehmer, welche die Autobahn benutzen, fahren nicht über die Alternativroute, sondern über die Mellingerstrasse. Gleich wie in der Phase 1 fahren die Teilnehmenden, welche von der Mellingerstrasse kommen, weiter auf der Stammroute.

I.3.4 Verständlichkeit der neuen Anzeige auf der Kantonsstrasse

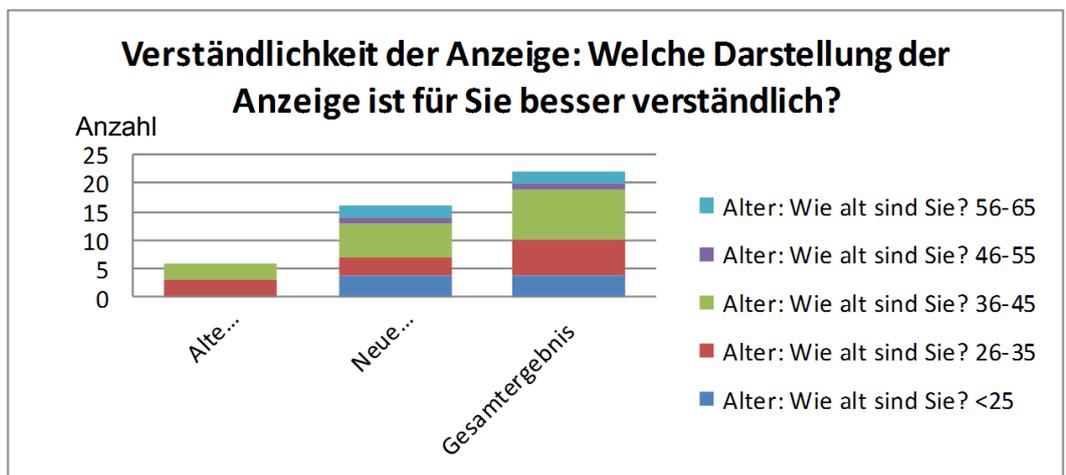


Abb. I-11 Verständlichkeit der Verlustzeiten und Alter auf der Kantonsstrasse (VID 2).

Aus dem obigen Diagramm ist zu entnehmen, dass die Darstellung in der Phase 2 eindeutig verbessert wurde.

I.3.5 Nutzen – Zuverlässigkeit

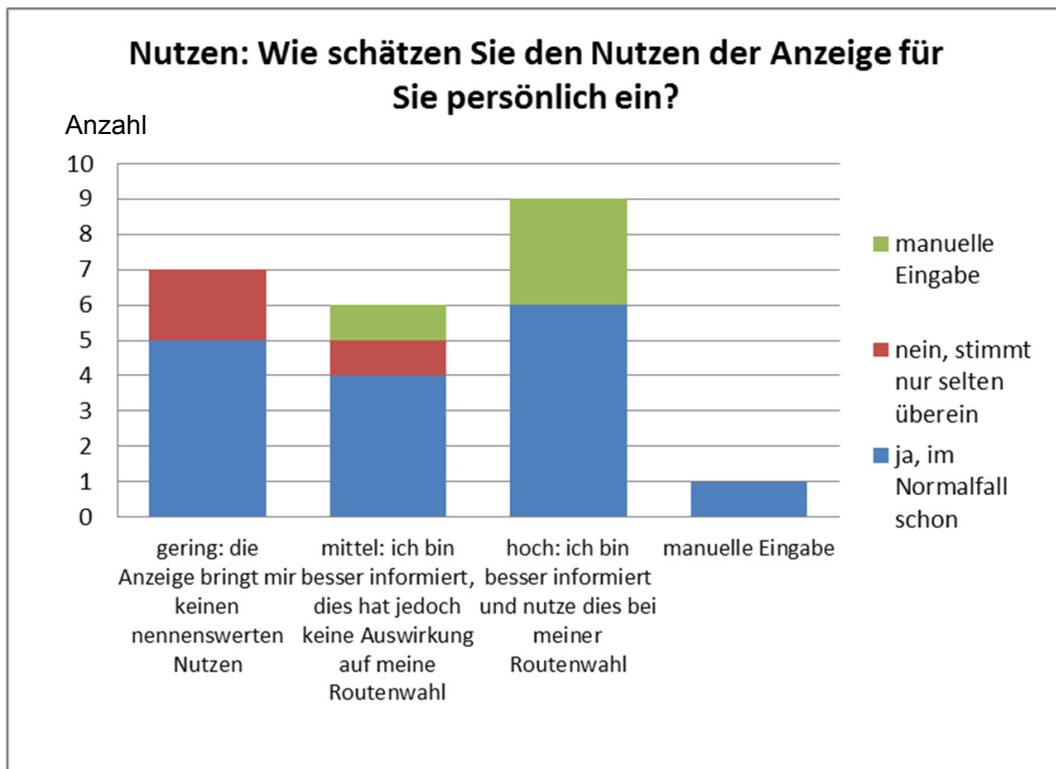


Abb. I-12 Nutzen und Zuverlässigkeit.

In Phase 2 wird die Zuverlässigkeit der angezeigten Reisezeiten deutlich besser eingestuft. Von den Teilnehmenden, welche die Zuverlässigkeit für gut befunden haben, erkennen ca. 2/3 einen mittleren bis hohen Nutzen.

I.3.6 Befolgungsgrad – Zuverlässigkeit

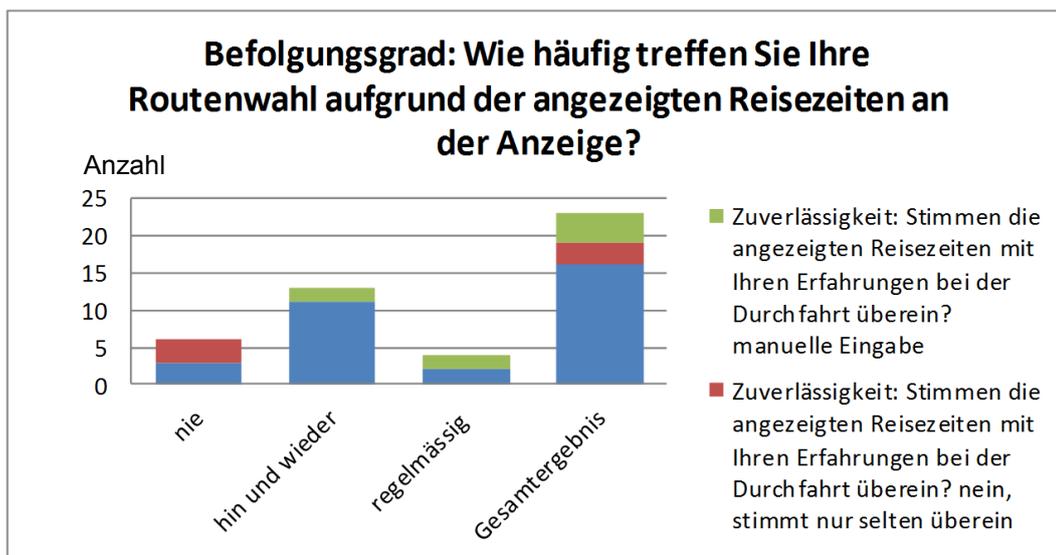


Abb. I-13 Befolgungsgrad und Zuverlässigkeit.

Ca. 2/3 der Teilnehmenden lassen sich mindestens hin und wieder aufgrund der Anzeigen in ihrer Routenwahl beeinflussen. Zudem sind die Anteile mit „nie“ in der Phase 2 gegenüber der Phase 1 deutlich geringer.

I.3.7 Grundlage der Routenwahl – Nutzen

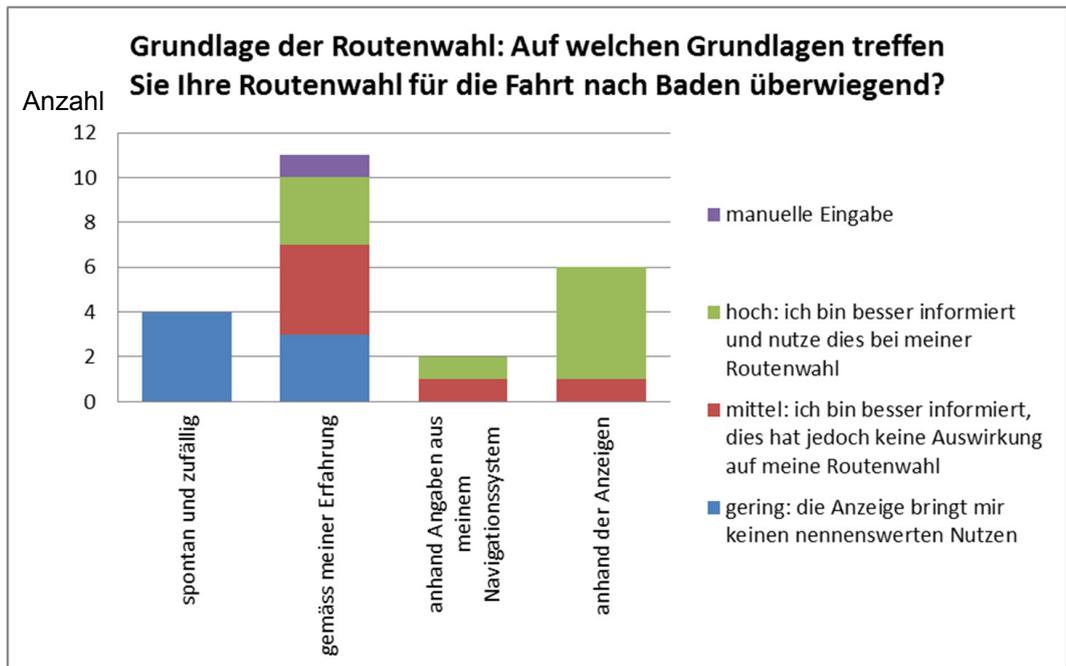


Abb. I-14 Grundlage der Routenwahl und Nutzen.

Gleich wie in der ersten Phase verlassen sich die Teilnehmenden mehr auf ihre Erfahrung (48 %) als auf irgendein System. Heraussticht aber, dass die Teilnehmenden, welche den Nutzen für hoch befunden haben, vermehrt die Anzeigen befolgen (26 %).

II Termine

Nachfolgend sind die Terminmeilensteine sowie wichtige Ereignisse im Zeitraum des ersten Betriebsjahrs aufgelistet:

08.04.2015	Start Blindbetrieb
08.04. – 08.07.2015	Systemkalibrierung und Parametrierung für die Prognosegenauigkeit der Verlustzeiten in den Stauräumen inklusive Einstellung der Korrekturwerte bei der Messung der Stauraumfüllgrade
07.07. – 08.07.2015	Revisionsarbeiten in der Tunnelzentrale Baregg West mit Stromunterbruch für das Pilotsystem und damit Datenausfall
08.07.2015	Start Normalbetrieb, Anzeige Verlustzeiten in den Stauräumen – Phase 1
• 17.07.2015	Plausibilitätscheck auch für die Reisezeitmessung in der Routenverfolgung implementiert
• 18.07. – 31.07.2015	Einsatz Verkehrsdienst bei Rückbau best. LSA Schulhausplatz (bereits mit Verkehrsführung für die folgende Bauphase), anschliessend Betrieb Baustellen-LSA (ab 31.07.2015)
• 18.07. – 19.07.2015	Sperrung Schlossbergtunnel (von und nach Baden Zentrum)
• 17.09.2015	Revisionsarbeiten in der Tunnelzentrale Baregg West mit Stromunterbruch für das Pilotsystem und damit Datenausfall
• 14.09. – 17.11.2015	Dosierung Stauraum Mellingerstrasse: Rückstauschleifen für Dosierung Badenertertor aufgrund von Bautätigkeiten teilweise ohne Funktion, aufgrund fehlender Staumeldung grössere Rückstaus in der Mellingerstrasse bis Schulhausplatz
• 30.09.2015	Berechnung Schaltung direkte Empfehlung angepasst
• 09.10. – Dez. 2015	ASTRA-Zählstelle 097 (Baregg) liefert keine aktuellen Daten (Überbrückungsmassnahme: Werte der ZS 097 mit der ZS 340 ersetzt)
• 13.11.2015	Eingabe und Aktivierung sämtlicher Wochenmatrizen für die nicht überwachten Abschnitte (Verlustzeit pro Stunde und Wochentag additiv zur Basisreisezeit)
16.11. – 18.11.2015	Umstellungsphase Anzeige auf Gesamtreisezeit – Phase 2 (Schaltung Blindbetrieb für Umstellung am 16.11.2015 sowie Systemausfall am 17.11.2015, ab 18.11.2015 Betrieb Phase 2)
• Nov. / Dez. 2015	Dreimal aufgrund von Anlässen Sperrung der Weiten Gasse für den Busbetrieb. Dadurch Mehrverkehr am Schulhausplatz und Leistungseinschränkungen für den MIV
• 26.11.2015	Schwellwert direkte Empfehlung auf 15 min erhöht
• 19.12.15 – 05.01.16	Ausfall Verbindung zu VIDs aufgrund einer korrupten Softwareaktualisierung
• 26.12.15 – 29.02.16	Ausfall Kamera Langacker bei VID 2 (defekte SIM-Karte)
• 23.01. – 28.01.2016	Defekt LSA Schulhausplatz (Phasen werden abgebrochen und Signalgruppen ausgelassen), hohe Verlustzeiten in der Mellingerstrasse
• 10.02. – 11.02.2016	Ausfall Kameras Stauräume (Speicherproblem)
• 29.02. – 10.03.2016	Blindbetrieb infolge Umstellung Bauphase Schulhausplatz und defekter Stromzufuhr Kamera Ländli (keine Daten Stauraum Neuenhoferstrasse verfügbar)
07.04.2016	1-Jahr seit Start Blindbetrieb

07.05.2016

10 Monate Normalbetrieb (gemäss Lastenheft vorgesehene Mindestlaufzeit)

Während des Normalbetriebs vom 08.07.2015 bis 30.04.2016 wurde in den folgenden Zeiträumen aufgrund von Unfällen auf der Nationalstrasse, systemtechnischen Ausfällen oder aufgrund von Bauphasenumstellungen beim Schulhausplatz der **Blindbetrieb aktiviert** (keine Anzeige an den VIDs):

- 28.07.2015, 12:32 bis 13:45 Uhr
- 19.08.2015, 09:28 bis 10:30 Uhr
- 03.11.2015, 18:58 bis 19:20 Uhr
- 16.11.2015, 08:25 bis 18:47 Uhr
- 17.12.2015, 13:47 bis 14:35 Uhr
- 29.02.2016, 06:40 Uhr bis 10.03.2016, 16:36 Uhr
- 04.04.2016, 08:05 Uhr bis 05.04.2016, 08:31 Uhr

Im Blindbetrieb zwischen April und Juni 2015 sind praktisch keine Staumeldungen aufgetreten. Auch in den ersten drei Normalbetriebsmonaten ist keine massgebende Veränderung festzustellen. Die erhöhte Anzahl der Stauereignisse ab Oktober 2015 lässt sich nicht eindeutig begründen.

Glossar

Begriff	Bedeutung
A	Autobahn
AF	Anzeigeform / variante Illustration
Alternativroute	Alternative zu einer Stammroute. Die Stammroute bleibt befahrbar (auch „Alternativstrecke“ genannt)
ANPR	Automatic Number Plate Recognition (Automatische Nummernschilderkennung)
ASP	Abendspitzenstunde (17.00 – 18.00 Uhr)
ASTRA	Bundesamt für Strassen (OFROU)
BZ	Betriebszustand
DF	Display Format (AF)
KS	Kantonstrasse
MIV	Motorisierter Individualverkehr
MSP	Morgenspitzenstunde (7.00 – 8.00 Uhr)
LSA	Lichtsignalanlage
n.sig	Nicht signifikant (vergleiche Fussnote ³ Seite 28)
ÖV	Öffentlicher Verkehr
OFROU	Office fédéral des routes (ASTRA)
SN	Schweizer Norm
Stammroute	Signalisierte Route, bei der der Betriebszustand der Grundzustand ist (auch „Hauptstrecke“ genannt)
VID	Verkehrsinformationsdisplay / affichages d'information sur le trafic
VMS	Variable Message Sign (WTA)
VMZ-CH	Verkehrsmanagementzentrale Schweiz (VMZ-CH)
VSS	Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS)
WTA	Wechseltextanzeige (VMS)
ZD	Reisezeitvergleich (Zeitdifferenz)
ZG	Zeitgewinn
ZS	Zeitsegmentierung
ZV	Zeitverlust

Literaturverzeichnis

Weisungen und Richtlinien des ASTRA

- [1] Bundesamt für Strassen ASTRA (2010) „**Wechseltextanzeigen (WTA) – Grundsätze zu Aufbau und Inhalten von Anzeigen**“, Richtlinie ASTRA 15011, V1.01, <http://www.astra.admin.ch>.
-

Dokumentation

- [2] Abdulhai, B.; Look, H. (2003) „**Impact of dynamic and safety-conscious route guidance on accident risk**“, Journal of Transportation Engineering, 129, pp. 369–376.
-
- [3] Benson, B.G. (1996) „**Motorist attitude about content of variable message signs**“, Trans. Res. Rec., 1550, pp. 48–57.
-
- [4] Blanch, María T.; Antonio, Micó; Alba, Lucas; Messina, Carla (2009) „**ES4-Mare Nostrum: The Working Book**“, <http://www.easyway-its.eu>, Dirección General de Tráfico.
-
- [5] Bonsall, P.W.; Palmer, I.A. (1999) „**Route choice in response to Variable Message Signs: factors affecting compliance**“, R. Emmerink, P. Nijkamp (Eds.), Behavioral and Network Impacts of Driver Information Systems, Ashgate, Aldershot, pp. 181–214.
-
- [6] Chatterjee, K.; Hounsell, N.B.; Firmin, P.E.; Bonsall, P.W. (2002) „**Driver response to variable message sign information in London**“, Trans. Res. Part C, 10, pp. 149–169.
-
- [7] Cooper, B. R.; Mitchell, J. (2002) „**Safety and effectiveness of the wider use of VMS**“, TRL Report 526.
-
- [8] Dicke-Orgenia, Matthijs (2012) „**Psychological Aspects of Travel Information Presentation**“, doi:10.4233/uuid:bb928d00-fd70-420a-8536-462bb22368d9, Dissertation, TU Delft.
-
- [9] Erke, A.; Sagberg, F.; Hagman, R. (2007) „**Effects of route guidance variable message signs (VMS) on driver behavior**“, Trans. Res. Part F: Traffic Psychology and Behaviour, Volume 10, Issue 6, November, pp. 447–457.
-
- [10] Erke, H.; Gottlieb, W. (1980) „**Psychologische Untersuchung der Wirksamkeit von Wechselverkehrszeichenanlagen**“ (Psychological investigation of the effectiveness of variable message signs), Bonn-Bad Godesberg: Bundesminister für Verkehr, Abteilung Straßenbau.
-
- [11] Expert & Study Group 4 Mare Nostrum (2010) „**The ESG4 Guidelines**“, Version 5, EasyWay Programme, <http://www.easyway-its.eu>.
-
- [12] Fagone, D.; Bonvin, J. (2016) „**Umsetzung Pilot Baden-Wettingen**“, Monitoringbericht, Kanton Aargau und ASTRA (unveröffentlicht).
-
- [13] Kim, JinYoung; Kurauchi, Fumitaka; Lida, Yasunori (2005) „**Analysis of path flow changes caused by traffic information provision using dynamic path flow estimation**“, Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, Vol. 6, pp. 2515–2529.
-
- [14] Leeb, R. (2014) „**Erfolgreiche Schweizer Premiere: Raffinierte Verkehrssteuerung im Baustellenbereich vermindert Staus und verkürzt die Bauzeit massiv**“, Strasse und Verkehr, Nr. 10, pp. 6–17.
-
- [15] Proffitt, D.R.; Wade, M.M. (1998) „**Creating effective variable message signs: Human factors issues**“, Report VTRC 98-CR31 University of Virginia, Charlottesville, Virginia.
-
- [16] Schwarz, R.; Schaufelberger, W.; Raymann, L.; Merz, H.; Zaugg, F.; Kloth, Th.; Farago, P. (2004) „**Wirksamkeit und Nutzen der Verkehrsinformation**“, B+S AG, EBP AG, LFP; Forschungsauftrag SVI 2000/386.
-
- [17] Vaa, T.; Gelau, C.; Penttinen, M.; Spyropoulou, I. (2006) „**ITS and effects on road traffic accidents – state of the art**“, Paper presented at the 13th World Congress on ITS, London, 9th October 2006.
-
- [18] von Hebenstreit, B.; Jöri, H. (2008) „**Verkehrspsychologische Überprüfung der Textinhalte von Wechseltextanzeigen WTA**“, <http://www.astra.admin.ch>, Bundesamt für Strassen ASTRA.
-
- [19] Wermuth, M.; Wulff, S. (2008) „**Erhebungskonzepte für eine Analyse der Nutzung von alternativen Routen in übergeordneten Strassennetzen**“, Bericht der Bundesanstalt für Strassenwesen, V 169.
-

- [20] Yang, C.M.; Waters, W.; Cabrera, C.C.; Wang, J.H.; Collyer, C.E. (2005) „**Enhancing the messages displayed on dynamic message signs**“, Proceedings of the Third International Driving Symposium on Human Factors in Driver Assessment, Training and Vehicle Design, Maine (2005), pp. 111–118.
-

Projektabschluss



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für
Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK
Bundesamt für Strassen ASTRA

FORSCHUNG IM STRASSENWESEN DES UVEK

Version vom 09.10.2013

Formular Nr. 3: Projektabschluss

erstellt / geändert am: 08.03.2017 / 20.03.2017

Grunddaten

Projekt-Nr.: VSS 2011 / 902

Projekttitel: Verkehrslenkung mit Hilfe strassenseitig dargestellter Reisezeitinformationen zur Beeinflussung der Netzauslastung

Enddatum: 20.06.2017

Texte

Zusammenfassung der Projektergebnisse:

Neue und zukunftsgerichtete Verkehrsinformationssysteme zeigen den Verkehrsteilnehmern auf Hochleistungsstrassen und Hauptverkehrsstrassen netzübergreifend immer mehr Reisezeitinformationen an. In diesem Zusammenhang befinden sich in der Schweiz verschiedene Erst- oder Pilotprojekte in Planung und Realisierung, die im Kern eine Reisezeiterfassung auf überlasteten Strassenabschnitten und eine entsprechende Reisezeitinformation an die Verkehrsteilnehmer enthalten. Die Reisezeit ist ein Hauptkriterium bei der Routenwahl der Verkehrsteilnehmer. Die Verkehrsteilnehmer benötigen strassenseitig eine in kurzer Zeit erfassbare und dennoch verständliche, plausible Information zu den Reisezeitalternativen der einzelnen Routen.

Innerhalb eines Workshops mit interessierten Experten wurden zunächst Ergebnisse aus anderen Ländern bzw. der Literatur besprochen und auf ihre Übertragbarkeit auf Schweizer Verhältnisse bzw. speziell auf den Feldtest hin untersucht.

In einer Studie wurden anschliessend Probanden mit vier verschiedenen Arten der Darstellung der Gesamtreisezeit konfrontiert. Zeitgewinn (z.B. Route A: 4 min Zeitgewinn), Zeitverlust (z.B. Route A: + 0 min, Route B: + 4 min), Zeitsegmentierung (z.B. Route A: 8 min + 0, Route B: 6 min + 6) und Reisezeitvergleich (z.B. Route A: 8 min, Route B: 12 min). Innerhalb der Routenentscheidungen der Probanden wurden bezüglich der 4 Zeitdarstellungsarten keine signifikanten Abweichungen vom Standard festgestellt. Tendenziell hatte jedoch der Reisezeitvergleich die häufigste Wahl der zeitbevorzugten Alternativroute und am seltensten eine entscheidungslose Situation zur Folge. Bei der Zeitsegmentierung verhielt sich die leichte Tendenz entgegengesetzt. Bei einer persönlichen Rangierung der Darstellungsarten durch die Probanden erhielt der Reisezeitvergleich den deutlich ersten Platz (1. Rang bei 61 %, 4. Rang bei 15 % der Probanden). Damit ist die Anzeige eines direkten Reisezeitvergleichs eine gute Wahl. In der Probandenstudie wurden des Weiteren 4 Anzeigeformen (AF) untersucht. Im Ergebnis konnte eine abstrakte Karte (die AF2) für die Verwendung innerhalb des Feldtests ausgeschlossen werden. Im Gegensatz dazu erreichten die AF1 und die AF3 (Wegweiserdarstellungen mit Pfeilen unter Angabe von Zwischenzielen) hinsichtlich der Entscheidungen und der Rückmeldungen deutlich bessere Ergebnisse. Die unter Berücksichtigung aller Kriterien beste Darstellungsform der Routenempfehlung ist die auf der Nationalstrasse eingesetzte AF4 (Darstellungen mit "via" unter Angabe von Zwischenzielen).

In einem Feldtest wurde abschliessend eine kleine Auswahl der erfolgversprechendsten Varianten an der Realität überprüft und miteinander verglichen. Insgesamt kam es während des Feldtests auf den südwestlichen Einfallsachsen nach Baden nur selten zu deutlichen Zeitvorteilen der Alternativroute über Autobahn und Neuenhoferstrasse im Bereich von 10 Minuten. Die geringen Reisezeitvorteile der Alternativroute, verbunden mit dem grossen Umweg dieser Route und der Fahrt durch den Autobahntunnel, sorgten dafür, dass, von der Stammroute (Mellingerstr.) her kommend, der vor der Aufschaltung der Zeitanzeigen ohnehin kleine Alternativroutenanteil von 3 % im Laufe des Feldtests noch weiter absank. Deshalb können aufgrund des Feldtests keine Aussagen darüber gewonnen werden, mit welchen Anzeigeformen und Zeitdarstellungsarten die meisten Fahrzeuge auf die Alternativroute gelenkt werden können. Auf der Autobahn (mit einem wenig flexiblen Prismenwender als Display) liessen sich in der MSP im März bei hohen Reisezeitdifferenzen der beiden Routen ca. zwischen 5 und 10 % der Verkehrsteilnehmer von der Reisezeitanzeige beeinflussen, je nach Tageszeit und Verkehrslage. Auf der Kantonsstrasse (mit einer flexiblen Matrixanzeige) konnten im April 2016 ca. zwischen 0 und 2 % beeinflusst werden.



Zielerreichung:

Das Forschungsprojekt fokussierte auf das Ziel eine standardisierte Reisezeitinformation (MIV) zu erarbeiten, die

1. den Verkehrsteilnehmer in seiner Routenwahl unterstützt und gleichzeitig
2. hilft, die Ziele des Verkehrsmanagements – eine gleichmässige Netzauslastung oder eine Priorisierung des ÖV – umzusetzen.

Die Reaktion der Verkehrsteilnehmer, abhängig von der jeweils angezeigten Zeitdifferenz, galt dabei als Messgrösse für den Erfolg der Zeitdarstellungsvarianten / Anzeigeformen der Reisezeit.

Die Angabe der Reisezeit der Routenalternativen hat sich als beste Variante der Zeitdarstellung herausgestellt. Bezüglich Anzeigeform können aufgrund des Feldtests keine Empfehlungen abgegeben werden. In der Probandenstudie zeigte sich auf der Kantonsstrasse jedoch eine Präferenz für AF1 und AF3 (Wegweiserdarstellungen mit Pfeilen unter Angabe von Zwischenzielen). Die Anzeigeform AF2 (abstrakte Karte) hingegen kann aufgrund der Probandenstudie (ausser für den Spezialfall: signalisierte Umleitung ohne bekannte Zwischenziele) ausgeschlossen werden.

Folgerungen und Empfehlungen:

Für zukünftige Systeme kann die Wirksamkeit und damit der Nutzen von strassenseitigen Reisezeitanzeigen unter Beachtung folgender Punkte erhöht werden:

- Anzeige und Vergleich der Reisezeit für Stamm- und Alternativroute,
- keine direkte Empfehlung ohne Zeitangabe aufgrund des Informationsverlustes,
- keine Angabe der Verlustzeit oder des Zeitgewinns zur Minimierung von Fehlinterpretationen,
- Schaltung der Reisezeitinformation erst ab einem gewissen Grenzwert, welcher situationsabhängig bestimmt werden kann (zur Vermeidung der Anzeige irrelevanter Informationen),
- ein möglichst gleichwertiges Routenangebot oder andernfalls genügend grosse Reisezeitdifferenzen. Beim Feldtest war die Gleichwertigkeit der Alternativroute von der Kantonstrasse aus nur bedingt gegeben (u.a. eine deutlich weitere Strecke und eine zusätzliche Fahrt über die Autobahn und durch einen Tunnel), andererseits waren die Reisezeitvorteile von 10 Minuten und länger selten. Die Alternativroute muss möglichst attraktiv und somit schnell sein, zumindest verglichen mit einer überfüllten Stammroute,
- auf den Routen sollten sämtliche staukritischen Bereiche überwacht werden, um eine möglichst exakte Reisezeit ermitteln und anzeigen zu können.

Publikationen:

Forschungsbericht: VSS 2011 / 902 Verkehrlenkung mit Hilfe strassenseitig dargestellter Reisezeitinformationen zur Beeinflussung der Netzauslastung

Der Projektleiter/die Projektleiterin:

Name: Alt Vorname: Bernhard

Amt, Firma, Institut: B+S AG

Unterschrift des Projektleiters/der Projektleiterin:



FORSCHUNG IM STRASSENWESEN DES UVEK

Formular Nr. 3: Projektabschluss

Beurteilung der Begleitkommission:

Beurteilung:

Mit den Ergebnissen aus der Online-Umfrage, der Probandenstudie und dem Feldtest liefert das Forschungsvorhaben wertvolle Erkenntnisse zum Einsatz von Reisezeitinformationen auf den National- und Kantonsstrassen.

Bezüglich der Zeitdarstellung zeigte sich eine Präferenz für den Reisezeitvergleich in Form einer Gegenüberstellung von Gesamtreisezeiten für Stamm- und Alternativroute. Bei der Anzeigeform gab es auf der Kantonsstrasse eine Präferenz für einen Wegweiser in Tabellenform mit Richtungspfeilen unter Angabe von Zwischenzielen. Die Verständlichkeit der bestehenden Anzeigeform für Wechseltextanzeigen auf der Nationalstrasse wurde bestätigt.

Durch den Schaden an einer Autobahnbrücke, die als WTA-Standort vorgesehen war, wurde der Start des Feldtests um fast ein Jahr verzögert, sodass schlussendlich ein zeitlicher Konflikt mit der Baustelle Schulhausplatz entstand. Durch den Zusammenfall des Endes der Blindphase mit dem Baustellenbeginn wurde es schwierig beim Feldtest zwischen den längerfristigen Effekten der Baustelle und denen der Reisezeitanzeigen sauber zu unterscheiden. Die mehrstufige Vorgehensweise mit Feldtest und vorgängiger Probandenstudie hat sich als sinnvoll erwiesen. Die Schwächen der einen Methode konnten durch die Stärken der Anderen teilweise kompensiert werden. Die ursprünglichen Projektziele wurden überwiegend erreicht.

Umsetzung:

Für die Umsetzung in einer Norm, aber vor allem bei zukünftigen Anwendungen für das Verkehrsmanagement, bietet der Forschungsbericht eine gute Grundlage, auf der weiter aufgebaut werden kann.

weitergehender Forschungsbedarf:

Verständliche Anzeigeformen und sinnvolle Anwendungsbereiche von strassenseitigen Reisezeitinformationen können mit Hilfe zukünftiger Projekte weiter eingegrenzt werden. Allenfalls könnten zukünftige Projekte zu verschiedenen Anzeigeformen noch bessere Aussagen machen.

Einfluss auf Normenwerk:

Die Zeitdarstellungsvariante Reisezeitvergleich kann in die ASTRA-Richtlinie für Wechseltextanzeigen einfließen. Eine Abstimmung mit dem EasyWay-Rahmenprogramm der EU (ESG4-VMS Aktion) ist wünschenswert.

Der Präsident/die Präsidentin der Begleitkommission:

Name: Unseld

Vorname: Alexander

Amt, Firma, Institut: Kanton Zürich, Amt für Verkehr

Unterschrift des Präsidenten/der Präsidentin der Begleitkommission:

Verzeichnis der Berichte der Forschung im Strassenwesen

Das Verzeichnis der in der letzten Zeit publizierten Schlussberichte kann unter www.astra.admin.ch (*Dienstleistungen --> Forschung im Strassenwesen --> Downloads --> Formulare*) heruntergeladen werden.