

STRASSE UND VERKEHR

ROUTE ET TRAFIC



Elektromobilität: Wenn die Strasse das Elektroauto mit Strom versorgt
Mobility Pricing: Avenir Suisse präsentiert innovatives Konzept zur Umsetzung
Einsatz von Wassernebelanlagen in Strassentunneln

Mobilité électrique: lorsque la route alimente la voiture électrique en électricité
Tarification de la mobilité: Avenir Suisse présente un concept pour mettre en œuvre
L'utilisation de systèmes brouillard d'eau dans les tunnels routiers

Systeme für Signalisation,
Information und Markierung



Absperr- und Zutrittssysteme

Versenkbare Poller, automatische Schranken
und Absperrpfosten für Fussgängerzonen,
Schulanlagen oder Zufahrten.

www.signal.ch/poller

SIGNAL AG, Industriezone kleine Ey, Kanalstrasse 34 – 38, 3294 Büren a/A

Asphalte coloré en système

Nous composons l'asphalte coloré selon
la demande du client avec nos

- **Liants PavoBit Color**
les
- **Pigments PavoCol Color**
et les
- **Minéraux de couleur assortie
PavoRock Color**

Pavono AG
Schwimmbadstrasse 35
CH-5430 Wettingen

Tel: +41 56 426 82 55 info@pavono.com
Mobile: +41 79 249 03 34 www.pavono.com

ASPHALTE COLORÉ DE SOURCE UNIQUE

ALLES FÜR DIE STRASSE
TOUT POUR LA ROUTE
TUTTO PER LA STRADA

pavono

STRASSE UND VERKEHR

ROUTE ET TRAFIC

103. Jahrgang | Juni 2017
Offizielle Zeitschrift des Schweizerischen Verbandes
der Strassen- und Verkehrsfachleute

103^e année | Juin 2017
Publication officielle de l'Association suisse des
professionnels de la route et des transports

Inhaltsverzeichnis

Editorial

Elektromobilität muss Spass machen 5
Rolf Leeb

Fachartikel

**Mobility Pricing: Avenir Suisse präsentiert
innovatives Konzept zur Umsetzung von Pilotversuchen** 6
Dr. Daniel Müller-Jentsch

**Induktives Laden: Fahren statt warten – wenn die Strasse
das Elektroauto mit Strom versorgt** 11
Rolf Leeb

**Optimierung der Anordnung von induktiven Ladestellen
für den elektrischen Stadtverkehr** 14
Tamás Kurczveil

**Einsatz von Wassernebelanlagen bei Tunnelbränden –
eine neue Bedingung für die Ereignislüftung** 22
Dr. Ingo Riess

Sharing Economy: Blosser Hype oder echtes Versprechen? 27
Tobias Arnold, Friedel Bachmann und Dr. Ueli Haefeli

Forschung | Normierung | Informationen

**Colloque franco-suisse in Neuenburg: Von ehemaligen
Asphaltminen bis zu neuen Verkehrstechnologien** 34
Anne-Lise Montandon

Forschungsberichte

Zweiter Bericht zum Beschaffungswesen des ASTRA 38

Table des matières

Avant-propos

La mobilité électrique doit être source de plaisir 5
Rolf Leeb

Articles techniques

**Tarification de la mobilité: Avenir Suisse présente un concept novateur
pour mettre en œuvre les essais pilotes** 6
Dr Daniel Müller-Jentsch

**la charge inductive: rouler au lieu d'attendre – lorsque la route
alimente la voiture électrique en électricité** 11
Rolf Leeb

**Optimisation de l'organisation des chargeurs à induction
pour le trafic urbain électrique** 14
Tamás Kurczveil

**Utilisation de systèmes brouillard d'eau lors des incendies dans les
tunnels – une nouvelle condition pour les ventilations d'urgence** 22
Dr Ingo Riess

Consommation collaborative: effet de mode ou réelle promesse? 27
Tobias Arnold, Friedel Bachmann et Dr Ueli Haefeli

Recherche | Normalisation | Informations

**Colloque franco-suisse à Neuchâtel: des anciennes mines d'asphalte
aux nouvelles technologies des transports** 34
Anne-Lise Montandon

Rapports de recherche

Deuxième rapport de l'OFROU sur les marchés publics 38

IMPRESSUM | ISSN 0039-2189

Herausgeber | Editeur
VSS Schweizerischer Verband der
Strassen- und Verkehrsfachleute
VSS Association suisse des professionnels
de la route et des transports
Sihlquai 255, CH-8005 Zürich
Telefon 044 269 40 20 | Telefax 044 252 31 30
info@vss.ch | www.vss.ch

Redaktion | Rédaction
VSS, Redaktion «Strasse und Verkehr»
Sihlquai 255, CH-8005 Zürich
Telefon 044 269 40 20 | Telefax 044 252 31 30
redaktion@vss.ch

Verantwortlicher Redaktor | DTP
Responsable de rédaction | DTP
Rolf Leeb, media&more GmbH, Zürich

Übersetzungen | Traductions
Atlantis Übersetzungsdienst AG,
Anne-Lise Montandon

Inserate | Annonces publicitaires
Inseratenpower Aeschlimann
Christian Aeschlimann
Schwändelweg 1 | 3436 Zollbrück
Telefon: +41 76 369 14 05
E-Mail: aeschlimann@inseratenpower.ch

Druck und Versand | Impression et expédition
Sihldruck AG, Binzstrasse 9, CH-8045 Zürich

Preise | Prix
Jahresabonnement | Abonnement par an
Schweiz | Suisse CHF 112.75
CEPT- und Mittelmeerländer CHF 128.–
Übrige Länder | Autres pays CHF 142.–
Einzelnummer | Par numéro CHF 12.–
(+ Versand)

«STRASSE UND VERKEHR» erscheint in
10 Nummern jährlich. Mitglieder des VSS erhalten
ein Exemplar der Zeitschrift kostenlos.

«ROUTE ET TRAFIC» paraît en 10 numéros par
an. Les membres de la VSS reçoivent un exem-
plaire du périodique gratuitement.

Die Verantwortung für den Inhalt der publizier-
ten Artikel und Inserate liegt bei den Autoren
und den Inserenten.

Es werden keine Inserate mit rassistischem,
politischem, religiösem oder pornografischem
Inhalt publiziert.

Die Inserenten verpflichten sich, keine absicht-
lich falsche oder irreführende Werbung zu
publizieren.

Foto Titelseite | Photo de la page de couverture:
©Le Moat Olivier, 123rf.com





VSS-Seniorentagung

Mittwoch, 30. August 2017

RC 177 – Entstehung und Realisierung einer neuen Kantonsstrasse zwischen Lausanne West und dem A1-Anschluss Cossonay

Programm

- 09.43 Letzte Ankunft der Züge in Lausanne, VSS-Bus am Bahnhofplatz
- 09.50 Verschiebung mit Bus zum «Salle communale d'Aclens»
- 10.15 Kaffee und Gipfeli
- 10.45 Orientierung: Politisches Umfeld, Archäologie, Umwelt, Projektierung, Ausführung, sehenswerte Kunstbauten
- 11.30 Baustellenbesichtigung mit den wichtigsten Kunstbauten
- 13.00 Apéro offeriert durch den Kanton Waadt
- 13.30 Mittagessen im Restaurant «Le Casque d'or» in Gollion
- 15.30 Abfahrt des Busses zum Bahnhof Lausanne

Hinweise

Gutes Schuhwerk, minimale Marschtüchtigkeit. Privat-PW: Benützung ist abzuraten, aber Parkmöglichkeit beim «Salle communale d'Aclens», rue des Alpes 6. Zufahrt ab A1-Anschluss Cossonay

Kosten

CHF 60.– (alles inbegriffen)

Bahn Hinfahrt von

Zürich: 07.32–09.40, Basel SBB: 07.31–09.40, Bern: 08.34–09.40, Luzern: 07.00–09.10, Brig: 07.58–09.43, St. Gallen: 06.25–09.40, Genf: 09.00–09.42

Bahn Rückfahrt nach

Zürich: 16.20–18.28, Basel SBB: 16.20–18.29, Bern: 16.20–17.26, Luzern: 16.50–19.00, Brig: 16.50–18.32, St. Gallen: 16.20–19.35, Genf: 16.42–17.18

Unten stehenden Anmeldetalon **bis 9. August** einsenden, faxen oder mailen an VSS-Sekretariat, Sihlquai 255, CH-8005 Zürich, Fax: 044 252 31 30, Mail: info@vss.ch

Nottelefon Sammelstelle VSS am Ausflugstag: 044 269 40 20

VSS-Journée des seniors

Mercredi, 30 Août 2017

RC 177 – Genèse et réalisation d'une nouvelle route cantonale reliant l'ouest lausannois à la jonction A1 de Cossonay

Programme

- 09.43 Dernière arrivée des trains à Lausanne, bus VSS Place de la gare
- 09.50 Déplacement en bus à la salle communale d'Aclens
- 10.15 Café et croissant
- 10.45 Orientation: contexte politique, archéologie, environnement, projet, réalisation, ouvrages remarquables
- 11.30 Visite du chantier et de ses principaux ouvrages
- 13.00 Apéritif offert par la canton de Vaud
- 13.30 Repas de midi au restaurant «Le Casque d'or» à Gollion
- 15.30 Départ en bus pour la gare de Lausanne

Directives

Bonnes chaussures, aptitude minimale à la marche, accès en véhicules privés déconseillé mais possible de la jonction A1 de Cossonay en direction de la salle communale d'Aclens, rue des Alpes 6

Prix

CHF 60.– (tout compris)

Train aller de

Zürich: 07.32–09.40, Bâle CFF: 07.31–09.40, Berne: 08.34–09.40, Lucerne: 07.00–09.10, Brig: 07.58–09.43, St-Gall: 06.25–09.40, Genève: 09.00–09.42

Train retour vers

Zürich: 16.20–18.28, Bâle CFF: 16.20–18.29, Berne: 16.20–17.26, Lucerne: 16.50–19.00, Brig: 16.50–18.32, St-Gall: 16.20–19.35, Genève: 16.42–17.18

Le talon ci-dessous est à envoyer, faxer ou mailer **jusqu'au 9 août** à: Secrétariat VSS, Sihlquai 255, CH-8005 Zürich, Fax 044 252 31 30, Mail: info@vss.ch

Téléphone en cas d'urgence le jour de l'excursion: 044 269 40 20

Anmeldetalon VSS-Seniorentagung Lausanne, 30. August 2017

Name/Vorname: _____

Strasse, Nr.: _____

Postleitzahl, Ort: _____

E-Mail: _____

Handy: _____

Ich komme mit eigenem PW

Datum: _____ Unterschrift: _____

Coupon de participation à la journée des seniors Lausanne, 30 août 2017

Nom/Prénom: _____

Rue, N°: _____

NP, lieu: _____

E-mail: _____

Téléphone portable: _____

Je viens avec mon propre véhicule

Date: _____ Signature: _____

Elektromobilität muss Spass machen

Glaubt man Industrie und Politik, ist die Sache klar: Die Zukunft fährt elektrisch. Vor wenigen Jahren steckte die moderne Elektromobilität noch in den Kinderschuhen – obwohl es Elektroautos schon seit über 100 Jahren gibt. Heute stehen Elektroautos in zweiter und dritter Generation zum Verkauf. Die Preise fallen und die Reichweiten steigen. Und trotzdem beginnt der «elektrische Motor» zu stottern: 2016 stagnierten die Absatzzahlen von reinen Elektroautos in der Schweiz – nachdem es in den Jahren zuvor immer steil aufwärts ging.

Wieso also kommt die Elektromobilität nicht wie gewünscht in die Gänge? Zumindest bei den Autos, denn E-Bikes beispielsweise boomen ungebrochen. 2016 war fast jedes vierte verkaufte Velo in der Schweiz ein E-Bike. 400 000 sind heute bereits auf unseren Strassen unterwegs. Anders als beim teuren Elektroauto stimmt beim E-Bike das Verhältnis von Reichweite und Kosten. Vor allem aber erfüllt das E-Bike eine wichtige Bedingung: Spass. Elektromobilität muss Spass machen, lautet das einfache Rezept für den Erfolg.

So wie in Norwegen, dem drittgrössten Markt für Elektroautos der Welt. Heute ist fast jedes fünfte in Norwegen verkaufte Auto ein Elektroauto. Viele Privilegien im Strassenverkehr, vom kostenlosen Parken bis zum Fahren auf der Busspur und nicht zuletzt auch jährliche Subventionen von über 400 Millionen Franken, die Elektromodelle oft günstiger machen als jene mit Verbrennungsmotor, tragen bestimmt einiges zur Steigerung des Spassfaktors bei.

Doch Spass in der Elektromobilität setzt auch eine entsprechende Infrastruktur voraus (was auch für die Normierung des VSS von Interesse sein wird). Stellen Sie sich vor, es gäbe keinen Kabelsalat, keine schmutzigen Hände, keine Stolperfallen bei Elektrokabeln. Ein möglicher Lösungsansatz heisst induktives Laden. Es soll dem Elektrotrend aus den Startblöcken helfen. Mehr dazu lesen Sie in dieser Ausgabe.

Die ultimative Entwicklungsstufe wäre dann das dynamische Laden, also wenn das Auto während der Fahrt über die Strasse aufgeladen wird. Die Batteriekapazität pro Fahrzeug könnte relativ klein ausfallen, denn wer überall laden kann, braucht weniger Reserve. Im Zeitalter von Shared Economy (auch dazu lesen Sie in dieser Ausgabe) ist es ohnehin sinnvoller, die Kosten einer von allen genutzten Infrastruktur zu tragen, als in jedem Fahrzeug einen möglichst grossen Akku mit entsprechendem Ressourcenverbrauch mitzuführen. Doch bis dahin ist es noch ein weiter Weg. Aber Spass machen, würde es ganz bestimmt...

La mobilité électrique doit être source de plaisir

Si l'on en croit l'industrie et la politique, la chose est claire: à l'avenir, les déplacements seront électriques. Il y a encore quelques années, la mobilité électrique moderne n'en était qu'à ses débuts – bien qu'il existe des voitures électriques depuis plus de 100 ans. Aujourd'hui, les deuxième et troisième générations de voitures électriques sont en vente. Les prix baissent et les autonomies augmentent. Et malgré tout, le «moteur électrique» commence à se gripper. En 2016, les ventes de voitures purement électriques ont stagné en Suisse – alors que dans les années précédentes, elles grimpaient constamment et rapidement.

Pourquoi, la mobilité électrique ne parvient-elle pas à décoller comme souhaité? En tout cas pour les voitures, car les vélos électriques, par exemple, connaissent un essor ininterrompu. En 2016, près d'un vélo sur quatre acheté en Suisse était un vélo électrique. Actuellement, 400 000 sillonnent déjà nos routes. Contrairement à la voiture électrique, onéreuse, la relation autonomie et coûts est correcte pour le vélo électrique. Mais surtout le vélo électrique remplit une condition importante: le plaisir. La mobilité électrique doit être source de plaisir, une recette simple mais qui contribue au succès.

Comme c'est le cas aujourd'hui en Norvège, le troisième marché de la voiture électrique dans le monde. Actuellement, près d'une voiture sur cinq vendue en Norvège est une voiture électrique. Les nombreux privilèges dans le trafic routier, du stationnement gratuit jusqu'à la possibilité d'utiliser les couloirs d'autobus et en plus des subventions annuelles de plus de 400 millions de francs rendant les modèles électriques souvent plus intéressants que les moteurs à combustion, contribuent certainement à l'augmentation du facteur plaisir.

Mais le plaisir dans la mobilité électrique présuppose aussi une infrastructure correspondante (ce qui sera également intéressant pour la normalisation de la VSS). Imaginez-vous: pas de fouillis de câbles, pas de mains sales, pas de risque de trébuchement dû aux câbles électriques. Une idée de solution possible s'appelle la charge inductive. Elle doit aider la voiture électrique à sortir de ses starting-blocks. Plus à ce sujet, dans cette édition.

Le niveau ultime du développement serait ensuite la charge dynamique, c'est-à-dire la voiture se chargerait pendant le trajet via la route. La capacité de la batterie pourrait être relativement réduite car lorsqu'on peut charger partout, on a besoin de moins de réserve. À l'époque de l'économie collaboratrice (voir aussi dans cette édition), il est de toute façon plus sensé de prendre en compte une infrastructure utilisée par tous que d'avoir dans chaque véhicule une batterie la plus grande possible avec une consommation correspondante de ressource. Mais jusque-là, la route est encore longue. Mais le facteur plaisir sera certainement présent...



Rolf Leeb | Redaktor/Rédacteur VSS

Mobility Pricing

Avenir Suisse präsentiert innovatives Konzept zur Umsetzung von Pilotversuchen

Tarification de la mobilité

Avenir Suisse présente un concept novateur pour mettre en œuvre les essais pilotes

Der Bundesrat hat das UVEK beauftragt, die Möglichkeit von Pilotversuchen für Mobility Pricing zu prüfen und dem Bundesrat über die Ergebnisse dieser Abklärungen Bericht zu erstatten. Avenir Suisse hat nun ein eigenes Konzept erarbeitet, bei dem die Versuchsteilnehmenden über ausgewählte Arbeitgeber rekrutiert werden. Zu den Vorteilen dieses Ansatzes zählt die Integration flexibler Arbeitszeitmodelle, welche die Nachfrageelastizität – einer der zentralen Erfolgsfaktoren für das Mobility Pricing – erhöhen. Das Modell würde zudem einen kontrollierteren Versuchsaufbau ermöglichen und umfassende Mobilitätsdaten liefern. Avenir Suisse präsentiert dieses Konzept in «Strasse und Verkehr» als zielführenden Ansatz zur Umsetzung von Mobility Pricing.

Am 30. Juni 2016 verabschiedete der Bundesrat seinen Konzeptbericht zum Mobility Pricing und beauftragte das UVEK, gemeinsam mit interessierten Kantonen und Gemeinden die Möglichkeit von Pilotprojekten zu prüfen.¹⁾ Die Modellvorhaben sollten räumlich begrenzt und verkehrsträgerübergreifend sein sowie eine streckenabhängige Tarifstruktur beinhalten. Solche Tests würden ein befristetes Bundesgesetz voraussetzen.



VON DR.
DANIEL MÜLLER-JENTSCH
Ökonom und Senior Fellow bei Avenir Suisse, einem unabhängigen Think Tank für die gesellschafts- und wirtschaftspolitische Entwicklung der Schweiz.

Le Conseil fédéral a mandaté le DETEC de vérifier la possibilité d'essais pilotes de tarification de la mobilité et de lui remettre un rapport sur les résultats des enseignements tirés. Avenir Suisse a maintenant élaboré un concept propre, dans lequel les participants aux essais seront recrutés via des employeurs sélectionnés. L'intégration de modèles de flexibilisation des horaires de travail améliorant l'élasticité de la demande – un des facteurs essentiels du succès de la tarification de la mobilité – figure parmi les avantages de cette idée. De plus, le modèle permettrait une structure d'essais cohérente et fournirait des données importantes sur la mobilité. Avenir Suisse présente ce concept dans «Route et trafic» comme idée directrice vers la mise en œuvre de la tarification de la mobilité.

Le 30 juin 2016, le Conseil fédéral a adopté son rapport stratégique sur la tarification de la mobilité et a chargé le DETEC, avec le concours des cantons et communes intéressés, d'étudier la possibilité de projets pilotes.¹⁾ Les projets de modèle seront limités dans l'espace et concerneront tous les modes de transport ainsi que contenir des tarifs structurés liés aux trajets. Ces essais présupposeraient une loi fédérale à durée limitée.

¹⁾www.astra.admin.ch/dokumentation/00109/00113/00491/index.html?lang=de&msg-id=62452

¹⁾www.astra.admin.ch/dokumentation/00109/00113/00491/index.html?lang=de&msg-id=62452



Herausforderung regionale Abgrenzung

Eine grundsätzliche Schwierigkeit bei regionalen Pilotprojekten wäre die räumliche Abgrenzung der Sondertarifzone auf Strasse und Schiene. Viele Verkehrsflüsse sind überregional, und für solche Fahrten müsste der Streckenabschnitt im Versuchsperimeter separat berechnet werden. Dafür müssten im Strassenverkehr (Video-)Mautstellen an den Zufahrtsstrassen errichtet werden. Im ÖV müssten Billettautomaten und -schalter weit über die Testregion hinaus die Sondertarife beim Billettverkauf mitberücksichtigen. Zudem haben viele ÖV-Nutzer landesweit gültige Abonnements, und so müssten etwa GA-Nutzer für die Sondertarifzone separate Tickets lösen. Die Abgrenzung der Testregion wirft somit komplexe technische, organisatorische und juristische Fragen auf.

Der Vorschlag von Avenir Suisse

Belegschaft ausgewählter Arbeitgeber als Testgruppe

Um die Abgrenzungsprobleme einer regionalen Sondertarifstruktur zu umgehen, schlägt Avenir Suisse vor, Pilotversuche mit ausgewählten Arbeitgebern durchzuführen, für deren Mitarbeitende ein Sondertarif räumlich unbegrenzt, aber dafür «virtuell» eingerichtet wird.

Potenzielle Test-Arbeitgeber wären sowohl Institutionen, die landesweit Mitarbeitende haben (z.B. die Bundesbehörden oder die Swisscom) oder solche mit viel Personal an einem verkehrstechnisch neuralgischen Ort. Infrage kämen beispielsweise: die Bundesämter in Bern, die öffentliche Verwaltung des Kantons und der Stadt Genf, der Uni-Cluster in der Stadt Zürich (ETH/Universität/Unispital Zürich) mit Mitarbeitenden und Studierenden oder etwa grosse Pharma-/Chemiefirmen im Raum Basel.

Défi restriction régionale

Une difficulté fondamentale des projets pilotes régionaux serait la restriction régionale de la zone tarifaire spéciale sur routes et rails. Un grand nombre de flux de trafic sont suprarégionaux et pour ces trajets, il faudrait calculer séparément les tronçons dans le périmètre d'essais. Pour cela, il faudrait mettre en place dans le trafic routier des points de péage (vidéo) aux voies d'accès. Dans les TP, les automates et les guichets à billets devraient tenir compte des tarifs spéciaux lors de la vente de billets et ce, bien au-delà de la région-test. De plus, un grand nombre d'utilisateurs des TP possèdent des abonnements pour l'ensemble du pays et les utilisateurs d'AG devraient acheter des billets supplémentaires pour couvrir la zone tarifaire spéciale. La restriction de la région-test pose donc des questions complexes, techniques, organisationnelles et juridiques.

La proposition d'Avenir Suisse

Le personnel d'employeurs comme groupe test

Pour contourner les problèmes de restriction d'une structure tarifaire spéciale régionale, Avenir Suisse propose d'effectuer des essais pilotes avec des employeurs sélectionnés pour lesquels un tarif spécial illimité dans l'espace mais pour cela «virtuel» aura été mis en place à l'attention des collaborateurs. Les employeurs tests potentiels seraient des institutions qui ont des collaborateurs dans tout le pays (p.ex. les autorités fédérales ou la Swisscom) ou des employeurs ayant un grand nombre d'employés à un endroit névralgique en termes de trafic. Entreraient en ligne de compte par exemple: les offices fédéraux à Berne, l'administration publique du canton et de la ville de Genève, le réseau Cluster de la ville de Zurich (ETH/Universität/Unispital Zurich) avec les collaborateurs et les étudiants ou par exemple de grandes entreprises pharmaceutiques/chimiques dans la région de Bâle.

Erhebung persönlicher Mobilitätsdaten

Die beteiligten Mitarbeitenden würden einen Mobilitäts-Tracker (ein Art Fitnessarmband zum Sammeln von Daten) und eine spezielle Mobilitäts-App für ihr Smartphone (zur Optimierung ihrer Mobilität im Rahmen der zur testenden Tarifstruktur) erhalten. Die Mitarbeitenden würden dann nach dem Zufallsprinzip unterteilt in eine Kontrollgruppe (die im Rahmen der bestehenden Tarifstrukturen mobil ist) und eine Testgruppe (im Rahmen einer variablen Tarifstruktur und damit verbundenen finanziellen Anreizen für optimiertes Mobilitätsverhalten).

Virtuelles Sondertarifsystem

Das Sondertarifsystem könnte wie folgt «konstruiert» werden: In einer ersten Stufe würden die Anreize des bestehenden Tarifsystems neutralisiert, indem die Testgruppe ein kostenloses GA erhielte und die Fixkosten für ihr Auto erstattet bekäme. (Die ohnehin fahrleistungs-abhängigen Benzinkosten werden ins virtuelle Tarifsystem integriert.) In einer zweiten Stufe erhielten Teilnehmende auf Basis des variablen Tarifmodells wöchentliche Abrechnungen der tatsächlich von ihnen konsumierten Mobilität.

Auswahl der Probanden

Mitarbeitende würden auf freiwilliger Basis für den Test rekrutiert, aber sie bekämen einen Anreiz, teilzunehmen (z.B. durch zusätzliche Urlaubstage oder einen SBB-Gutschein nach Abschluss des Versuchs). Dies birgt jedoch die Gefahr verzerrter Studienergebnisse durch die «Selbstselektion» der Probanden. So könnten etwa vor allem jene teilnehmen, die sich aufgrund ihrer spezifischen Mobilitätsbedürfnisse geringere Kosten durch ein Mobility Pricing erhoffen. Einer solchen Selbstselektion gilt es mit einem geeigneten Versuchsaufbau entgegenzuwirken. So könnte man beispielsweise Teilnehmende, deren Mobilitätskosten durch den Pilotversuch steigen, die Differenz mit einer Zeitverzögerung von ein bis zwei Jahren zurückerstatten. Zudem sollten unter den Freiwilligen solche Probanden ausgewählt werden, die hinsichtlich ihres sozioökonomischen Profils und ihres Mobilitätsverhaltens den Verteilungsmustern in der Allgemeinbevölkerung entsprechen. Die Personalabteilungen der teilnehmenden Firmen dürften über die meisten dafür notwendigen Daten verfügen.

Einbezug flexibler Arbeitszeitmodelle in die Pilotversuche

Ein entscheidender Grund für die relativ geringe Nachfrageelastizität zu Stosszeiten sind fixe Arbeits- und Unterrichtszeiten. Je flexibler diese sind, desto wirkungsvoller ist das Mobility Pricing. Die Umsetzung der Pilotprojekte über den Arbeitgeber (statt über eine Testregion) würde es ermöglichen, flexible Arbeitszeitmodelle in den Testaufbau zu integrieren.²⁾

²⁾Beispiele für Massnahmen zur Flexibilisierung von Arbeitszeiten: (1) zwei Stunden Homeoffice am Morgen, (2) Einführung eines work-anywhere-Prinzips und Ausstattung der Mitarbeiter mit der dafür nötigen Technologie, (3) Regel: kein Meeting vor 10:00 Uhr, (4) intensive Nutzung von Tele- oder Videokonferenzen. Die tatsächliche Nutzung solcher Instrumente ist aber auch eine Frage der Unternehmenskultur: Flexible Arbeitszeitmodelle müssen auch vom Management respektiert und vorgelebt werden.

Saisie des données personnelles de mobilité

Les collaborateurs impliqués recevraient un tracker mobilité (un genre de bracelet de fitness qui recueille les données) et une application mobilité pour le smartphone (pour optimiser leur mobilité dans le cadre de la structure tarifaire à tester). Les collaborateurs seraient ensuite répartis au hasard dans un groupe de contrôle (qui est mobile dans le cadre des structures tarifaires existantes) et dans un groupe test (dans le cadre d'une structure tarifaire variable et des incitations financières ad hoc pour un comportement de mobilité optimisé).

Système tarifaire spécial virtuel

Le système tarifaire spécial est «construit» comme suit: dans une première étape, les incitations du système tarifaire existant seraient neutralisées, c'est-à-dire le groupe test reçoit un AG gratuit et les coûts fixes pour la voiture seraient remboursés. (Les frais de carburant dépendant de toute façon du kilométrage sont intégrés dans le système tarifaire spécial). Dans une deuxième étape, les participants recevraient un décompte hebdomadaire de la mobilité qu'ils ont réellement consommée sur la base du modèle tarifaire variable.

Choix des participants

Les collaborateurs seraient recrutés sur la base du volontariat mais ils recevraient une incitation pour y participer (p.ex. par des jours de congés supplémentaires ou un avoir CFF une fois le test terminé). Cependant, ce système est lié au risque de voir les résultats de l'étude déformés en raison de l'«autosélection» des participants. Ainsi, ce seraient surtout les participants qui, en raison de leurs besoins de mobilité spécifiques, espèrent une baisse de leurs coûts grâce à la tarification de la mobilité. Il convient de contre-carrer une telle autosélection par une structure d'essais adaptée. Ainsi, on pourrait rembourser par exemple la différence avec une temporisation de 1 à 2 ans aux participants dont les coûts de mobilité augmentent en raison de l'essai pilote. De plus, parmi les volontaires, il faudrait sélectionner des candidats qui correspondent aux modèles de répartition dans la population générale sur la base de leur profil socio-économique et leur comportement de mobilité. Les services du personnel des sociétés participantes devraient disposer des données le plus souvent nécessaires.

Intégration de modèles de flexibilisation des horaires de travail dans les essais pilotes

Une raison importante de la faiblesse relative de l'élasticité de la demande lors des pics d'affluence sont les horaires de travail et de cours fixes. Plus ces horaires seront flexibles, plus la tarification de la mobilité sera efficace. La mise en œuvre des projets pilotes via l'employeur (au lieu d'une région test) permettrait d'intégrer les modèles de flexibilisation des horaires de travail dans la structure du test.²⁾ Il serait même imaginable de faire dépendre la participation des employeurs à la mise en œuvre de modèles de

²⁾Exemples de mesures de flexibilisation des horaires de travail: (1) 2 heures de travail de télétravail, (2) introduction d'un principe du travail n'importe où et équipement des collaborateurs avec la technologie nécessaires à cet effet, (3) règle: pas de réunion avant 10h00, (4) utilisation intensive de téléconférences et vidéoconférences. Mais, l'utilisation réelle de ces instruments est également une question de culture de l'entreprise. Le management doit également respecter et appliquer à soi-même ces modèles de flexibilisation des horaires de travail.

Denkbar wäre auch eine Unterteilung der Testteilnehmenden in zwei Versuchsgruppen, von der eine nur dem Sondertarifsystem ausgesetzt wird und die andere zusätzlich einem flexiblen Arbeitsmodell.

Ein solch erweiterter Versuchsaufbau würde es ermöglichen, die Wirkung flexibler Arbeitszeiten auf das Mobilitätsverhalten, aber auch auf die Produktivität oder Mitarbeiterzufriedenheit zu analysieren. Die damit verbundenen Demonstrationseffekte könnten bei der Verbreitung von Best Practice helfen und andere Firmen dazu motivieren, flexible Arbeitszeitmodelle einzuführen. Vor allem aber würde man so auf die wohl wichtigste Kritik am Mobility Pricing eingehen, nämlich dass Pendler wegen Präsenzzeiten bei der Arbeit nicht die nötige Flexibilität haben, um Stosszeiten zu meiden.

Vorzüge des Avenir-Suisse-Konzepts

Der hier skizzierte Versuchsaufbau hätte mehrere Vorteile:

- Durch die Unterteilung der Mitarbeitenden in mehrere Teilgruppen liessen sich gleichzeitig unterschiedliche Tarifmodelle und entsprechende Nachfrageelastizitäten gezielt testen.
- Die Wahl eines landesweit operierenden Arbeitgebers würde eine nach Teilräumen differenzierte Auswertung ermöglichen (z.B. Städte, Agglomerationen, ländlicher Raum).
- Die Ausstattung der Mitarbeitenden mit Mobilitäts-Trackern würde das Sammeln umfassender Mobilitätsdaten ermöglichen und somit eine detaillierte Analyse des Mobilitätsverhaltens.
- Da die Teilnahme für Arbeitgeber und Mitarbeitende freiwillig wäre, bräuchte man für solche Pilotversuche kein Bundesgesetz, und die politischen Widerstände wären deutlich geringer.
- Durch Einbezug von flexiblen Arbeitszeitmodellen in den Versuchsaufbau würde ein zentraler Einwand gegen das Mobility Pricing («Pendlerstrafe») wirksam entkräftet.

Ein Nachteil eines «virtuellen» Mobility Pricing, das nur für die Mitarbeitenden ausgewählter Firmen/Institutionen gilt, ist die Tatsache, dass im realen Verkehrssystem kaum sichtbare Effekte hinsichtlich Staureduktion nachweisbar sein werden. Dies mindert die Wirkung des Demonstrationseffektes.

Fazit

Die Konstruktion «virtueller» Tarifsysteme für die Mitarbeitenden ausgewählter Arbeitgeber wäre eine Möglichkeit, das Abgrenzungsproblem von regionalen Pilotprojekten im Mobility Pricing zu lösen. Darüber hinaus würde es die Tests unterschiedlicher Tarifsysteme und Variablen ermöglichen, über eine Kontrollgruppe die Genauigkeit und Robustheit der Ergebnisse gewährleisten und die detaillierte Auswertung von Mobilitätsdaten ermöglichen. Die Freiwilligkeit der Teilnahme würde ein Bundesgesetz überflüssig machen und die Akzeptanz der Betroffenen erhöhen. Durch die Integration flexibler Arbeitszeitmodelle in den Testaufbau liesse sich die Nachfrageelastizität erhöhen (d.h. die Wirkung der variablen Tarife) und einen der wichtigsten Kritikpunkte am Mobility Pricing entkräften.

flexibilisation des horaires de travail. Il serait possible également de répartir les participants au test en deux groupes d'essais; l'un étant soumis uniquement au système tarifaire spécial et l'autre au modèle de flexibilisation des horaires de travail en supplément.

Cette structure d'essais étendue permettrait d'analyser les effets des horaires de travail flexibles sur le comportement de la mobilité mais aussi sur la productivité ou la satisfaction des collaborateurs. Les effets de démonstrations liés pourraient apporter une aide dans la propagation du best practice et motiver d'autres sociétés à introduire des modèles de flexibilisation des horaires de travail. Mais surtout, on aborderait ainsi la critique certainement la plus importante formulée envers la tarification de la mobilité qui est que les horaires de présence au travail ne permettent pas aux pendulaires d'avoir la flexibilité nécessaire pour éviter les heures de pointe.

Avantages du concept d'Avenir Suisse

La structure d'essais décrite ici aurait plusieurs avantages:

- En répartissant les collaborateurs en plusieurs groupes partiels, il est possible de tester en même temps différents modèles de tarif et l'élasticité correspondante de la demande.
- Le choix d'un employeur opérant dans l'ensemble du pays permettrait une évaluation différenciée selon les espaces (p.ex. villes, agglomérations, campagne).
- Les trackers mobilité fournis aux collaborateurs permettraient de recueillir des données importantes de mobilité et ainsi qu'une analyse détaillée du comportement de mobilité.
- Comme la participation des employeurs et des collaborateurs se ferait sur la base du volontariat, aucune loi fédérale ne serait nécessaire pour procéder à ces essais pilotes et la résistance des politiques serait nettement atténuée.
- L'intégration de modèles de flexibilisation des horaires de travail dans la structure des essais réfuterait efficacement un grief essentiel formulé contre la tarification de la mobilité («pénalisation des pendulaires»).

Un désavantage d'une tarification de la mobilité «virtuelle» qui ne s'applique qu'aux collaborateurs des sociétés/institutions choisis est le fait que dans le système de trafic réel, aucun effet visible dans la réduction des bouchons ne pourrait pratiquement être démontré. Ce qui diminue l'efficacité de l'effet de démonstration.

Conclusion

La construction de systèmes tarifaires «virtuels» pour les collaborateurs des employeurs choisis serait une possibilité de résoudre le problème de la restriction des projets pilotes régionaux sur la tarification de la mobilité. De plus, cette construction permettrait de tester différents systèmes tarifaires et différentes variantes, garantirait la précision et la solidité des des résultats via un groupe de contrôle et permettrait l'analyse détaillée des données de mobilité. Le caractère volontaire de la participation rendrait une loi fédérale superflue et améliorerait l'acceptation des personnes concernées. L'intégration de modèles de flexibilisation des horaires de travail dans la structure des essais augmenterait l'élasticité de la demande (c'est-à-dire l'effet des tarifs variables) et réfuterait l'un des points de critique les plus importants contre la tarification de la mobilité.

WORLD ROAD ASSOCIATION MONDIALE DE LA ROUTE

AIPCR PIARC

National Komitee Schweiz
Comité National Suisse
National Committee Switzerland

Werden Sie Mitglied des AIPCR Schweiz ...

... und profitieren Sie von folgenden Vorteilen:

- Die Möglichkeit, die Schweiz in den technischen Komitees des Weltstrassenverbands zu vertreten
- Kostenloses Abonnement der internationalen Zeitschrift «Routes/Roads» und der Akten der Weltstrassenkongresse
- Ermässigung bei den Anmeldekosten der AIPCR-Weltkongresse
- Kostenlose Teilnahme an der Jahreskonferenz des AIPCR Schweiz
- Die Mitglieder des AIPCR Schweiz sind automatisch Mitglieder des Weltstrassenverbandes.

Das Nationale Komitee Schweiz zählt rund 100 Kollektiv- und Einzelmitglieder aus Hochschulen, Unternehmen und regionalen Behörden.

Devenez membre de l'AIPCR Suisse ...

... et profitez des avantages suivants:

- Possibilité de représenter la Suisse dans les comités techniques de l'Association mondiale de la route
- Remise gratuite de la revue internationale «Routes/Roads» et des actes des congrès mondiaux de la route
- Rabais sur les frais d'inscription aux congrès internationaux de l'AIPCR
- Participation gratuite à la conférence annuelle de l'AIPCR Suisse
- Les membres du Comité national suisse de l'AIPCR sont automatiquement membres de l'Association mondiale de la route

Le Comité national suisse compte une centaine de membres (collectifs et à titre personnel) appartenant aux hautes écoles, entreprises et administrations régionales.

www.aipcr.ch

Mitgliedschaft als Einzelmitglied
Kollektivmitglied

CHF 90.00 pro Jahr
CHF 728.00 pro Jahr

Adhésion en tant que membre à titre personnel: CHF 90.00 par an
membre collectif: CHF 728.00 par an

Elektromobilität: induktives Laden

Fahren statt warten: Wenn die Strasse das Elektroauto mit Strom versorgt

Mobilité électrique: la charge inductive

Rouler au lieu d'attendre: lorsque la route alimente la voiture électrique en électricité

Der Absatz von Elektroautos entwickelt sich weltweit eher verhalten – trotz zum Teil erheblichen staatlichen Förderungen. Auch in der Schweiz ist die Anzahl der Neuzulassungen von Elektroautos im Jahr 2016 laut dem Bundesamt für Statistik (BFS) um 9,2% gesunken. Hauptgründe für die lahmende Entwicklung sind die mangelnden Reichweiten der Autos und vor allem die fehlende Ladeinfrastruktur. Induktives Laden ohne Kabel soll dem Elektrotrend nun aus den Startblöcken helfen. Und bereits tüfteln Forscher an der ultimativen Entwicklungsstufe: Das dynamische Laden, bei dem das Auto während der Fahrt über die Strasse mit Strom versorgt wird. In Frankreich ist bereits eine erste Versuchsstrecke in Betrieb.

Von Absatzzahlen wie in Norwegen können andere Länder, welche Elektroautos forcieren, nur träumen. Fast jedes fünfte in Norwegen verkaufte Auto ist ein Elektroauto. Zum Vergleich: In der Schweiz waren 2016 laut dem BFS bei den Elektrofahrzeugen 3525 Neuzulassungen zu verzeichnen, was nicht mal 0,9% aller neu verkauften Autos entspricht. Norwegen ist nach China und den USA der drittgrösste Markt für Elektroautos der Welt. Seit Jahren werden Elektroautos dort mit grossen Summen subventioniert und geniessen viele Privilegien im Strassenverkehr: Käufer müssen keine Mehrwert- und Anmeldesteuer bezahlen, sind von der Maut befreit und können kostenlos parkieren oder auf der Busspur fahren. Inzwischen fahren auf Norwegens Strassen über 100 000 Autos elektrisch – in einem Land mit nur 5 Millionen Einwohnern. Ausgerechnet ein reiches Land mit grossen Öl- und Gasreserven will seine Landsleute dazu bringen, ab 2025 nur noch emissionsfreie Fahrzeuge und Hybride zu kaufen – auch ohne, dass Verbrenner verboten würden.



VON
ROLF LEEB
Geschäftsführer media & more GmbH,
Kommunikationsberatung, Zürich,
Verantwortlich für die Redaktion von
«Strasse und Verkehr»

Le développement du nombre de ventes de voitures électriques dans le monde est plutôt timide – malgré des incitations parfois importantes proposées par l'État. Même en Suisse, en 2016, le nombre de nouvelles immatriculations de voitures électriques a baissé de 9,2% selon l'Office fédéral de la statistique (OFS). Les raisons principales de ce timide développement sont la faible autonomie des voitures et surtout le manque d'infrastructure. La recharge inductive sans câble doit aider la voiture électrique à sortir de ses starting-blocks. Et déjà, des chercheurs travaillent sur la phase de développement ultime: la charge dynamique qui alimentera la voiture en électricité pendant son trajet sur route. En France, une première piste d'essai est déjà en exploitation.

La Norvège qui encourage fortement la voiture électrique enregistre des chiffres de vente dont les autres pays ne peuvent que rêver. Près d'une voiture sur cinq vendues en Norvège est une voiture électrique. Pour comparaison: selon l'OFS, en Suisse en 2016, les voitures électriques n'ont enregistré que

3525 nouvelles immatriculations, ce qui ne représente que 0,9% des ventes de nouvelles voitures. Après la Chine et les États-Unis d'Amérique, la Norvège est le troisième marché mondial pour les voitures électriques. Depuis plusieurs années, les voitures électriques y sont fortement subventionnées et elles profitent d'un grand nombre de privilèges dans le trafic routier. Les acquéreurs ne paient ni TVA ni taxe d'immatriculation, ils ne paient pas de péage et peuvent se garer gratuitement ou utiliser les couloirs réservés aux bus. Actuellement, ce sont plus de 100 000 voitures électriques qui circulent sur les routes norvégiennes – pour un pays de 5 millions d'habitants seulement. Et c'est précisément un pays riche détenant de grosses réserves en pétrole et en gaz qui veut pousser sa population à ne plus acheter que des véhicules et

Zum norwegischen Elektroauto-Erfolg gehört aber auch, dass er teuer erkauft ist. Im vergangenen Jahr summierten sich die Steuerprivilegien auf ein Haushaltsloch von 400 Millionen Euro. Ab 2020 soll dann aber ein Teil der grosszügigen Subventionen wieder abgeschafft werden.

Induktives Laden soll neuen Schub geben

Autofahrer in der Schweiz – und auch in den meisten anderen europäischen Ländern – werden (noch) nicht warm mit reinen Elektroautos. Es scheint, dass viele die emissionsfreie Technik noch nicht als ausgereift betrachten. Die Gründe für das Desinteresse am Elektroantrieb sind vielfältig: Hohe Preise und geringe Reichweiten werden immer wieder genannt. Ganz oben auf der Nein-Liste steht bei vielen potenziellen Kunden aber immer noch die mühsame Aufladung von Elektroautos und Plug-in-Hybriden. Hier soll das induktive Laden (siehe Box) den Elektrotrend in den nächsten Jahren weiter anheizen. Namhafte Forschungsinstitutionen arbeiten seit Jahren an dieser Technik und bei Autoherstellern wie Audi oder BMW ist man überzeugt, dass das kontaktlose Laden das Potenzial hat, der Elektromobilität einen neuen Schub zu geben. BMW beispielsweise hält ein marktfähiges Produkt schon in wenigen Jahren für realistisch, wobei die induktive Ladefunktion zunächst als Sonderausstattung angeboten wird, zusätzlich zur bereits bestehenden Kabellösung.

Die Vorteile des induktiven Ladens liegen auf der Hand: Sobald die entsprechende Infrastruktur vorhanden ist, müsste sich der Halter eines Elektroautos keinerlei Gedanken mehr über den Ladezustand der Batterie machen, die Reichweitenangst hätte ein Ende. Im Prinzip kann die Batterie überall nachgeladen werden, wo das Auto anhält: Zum Charging Pad im heimischen Carport käme eine zweite Platte in der Tiefgarage des Arbeit-

des hybrides à taux d'émission zéro à partir de 2025 – sans pour autant interdire les moteurs à combustion.

Mais le succès de la voiture électrique en Norvège a aussi son prix. L'année dernière, les avantages fiscaux ont provoqué un trou de 400 millions d'euros dans le budget national. Mais à partir de 2020, une partie de ces généreuses subventions sera abolie.

La charge inductive doit relancer la voiture électrique

Les automobilistes suisses – et aussi ceux de la plupart des autres pays européens – doivent (encore) s'habituer aux voitures uniquement électriques. Il semble que beaucoup pensent que la technique à taux d'émission zéro n'est pas encore au point. Les raisons du désintérêt pour les voitures électriques sont diverses: on désigne à chaque fois le prix élevé et les faibles autonomies. Tout en haut de la liste des opinions négatives pour un grand nombre de clients potentiels: encore la recharge fastidieuse des voitures électriques et des voitures hybrides rechargeables. Ici, la charge inductive (voir encadré) doit relancer l'envie de voiture électrique ces prochaines années. Des instituts de recherche renommés travaillent depuis des années sur cette technique et chez les fabricants comme Audi et BMW, on est convaincus que la recharge sans contact a le potentiel pour relancer la mobilité électrique. BMW, par exemple, estime qu'il est réaliste de penser que dans quelques années, il existera un produit qui s'imposera sur le marché, la fonction charge inductive sera d'abord proposée comme équipement spécial, en plus de la solution avec câble existant déjà. Les avantages de la charge inductive sont évidents: dès que l'infrastructure correspondante existera, fini le souci du niveau de charge de la batterie pour le propriétaire d'une voiture électrique, la peur de l'autonomie ferait partie du passé. Le principe est que la batterie peut être rechargée partout où la voiture s'arrête: à la plaque de charge au carport de la maison s'ajouterait une

Induktion: Laden ohne Kabel

Beim induktiven Laden von Autos wird Elektrizität berührungslos über ein Magnetfeld übertragen, das sich zwischen einer Ladeplatte im Boden sowie einer Sekundärspule im Fahrzeugboden bildet. Wie schon von Smartphones und Zahnbürsten bekannt, wird Energie berührungslos mit einer Leistung von bisher bis zu 7,2 kWh übertragen. Mit einem Wirkungsgrad von knapp 90 Prozent lässt sich die Batterie im Auto dadurch künftig effizient und komfortabel aufladen. Längerfristig sind sogar öffentliche Parkplätze denkbar, bei denen Autos während des Restaurantbesuchs oder während des Einkaufs quasi automatisch zu neuen Kräften kommen. Der Vorgang ist keineswegs revolutionär. Er wurde bereits vom Briten Michael Faraday im 19. Jahrhundert entdeckt. Das induktive Laden wird in zahlreichen Städten getestet (siehe auch Fachartikel ab Seite 14). Bereits wird aber intensiv am nächsten Schritt geforscht: dem dynamischen Laden. Der Gedanke dahinter: Statt zu warten, während die Batterie lädt, soll die Fahrt zur Stromversorgung genutzt werden. Dafür müssten jedoch über Kilometer viele Spulen in die Fahrbahn eingebaut werden.

Induction: charge sans câble

Lors de la charge inductive de voitures, l'électricité est transmise sans contact par un champ magnétique qui se forme entre une plaque de charge dans le sol et une bobine secondaire dans le sol du véhicule. Comme cela existe déjà pour les smartphones et les brosses à dents, l'énergie est transmise sans contact avec une puissance allant jusqu'à 7,2 kWh actuellement. Avec un degré d'efficacité de tout juste 90%, la batterie se chargera à l'avenir dans la voiture confortablement et efficacement. À long terme, on peut même imaginer des parkings publics où la voiture se régénérera presque automatiquement pendant que son propriétaire sera au restaurant ou fera ses courses. Cette démarche n'est nullement révolutionnaire. Elle fut découverte dès le XIX^e siècle par le Britannique Michael Faraday. La charge inductive est testée dans de nombreuses villes. Mais on a commencé à procéder intensivement à des recherches pour passer à l'étape suivante: la charge dynamique. L'idée: au lieu d'attendre pendant la charge de la batterie, le trajet effectué doit servir à alimenter la voiture en électricité. Mais pour cela, il faudra installer un grand nombre de bobines dans la chaussée et ce, sur des kilomètres.

1 | Auf einer Teststrecke in Versailles hat Qualcomm gezeigt, wie sich Elektroautos dynamisch und kontaktlos während der Fahrt aufladen lassen (Foto: © Qualcomm).

1 | Sur un tronçon-test à Versailles, Qualcomm a montré comment les voitures électriques se chargent pendant le trajet de façon dynamique et sans contact (photo: © Qualcomm).



gebers. Ergänzend könnte sich der Akku auch bei kürzeren Zwischenstopps laden, etwa beim Arztbesuch, beim Einkauf im Supermarkt oder beim Elternabend – ein Ansatz, der in der Branche als «Snack Charging» bezeichnet wird.

Kontaktloses Aufladen lädt Auto in Bewegung

Die Forscher denken sogar schon über die stationären Anwendungen der Induktion hinaus. Der nächste Schritt wäre das kontaktlose Nachladen in Bewegung, zunächst im semidynamischen Bereich, beispielsweise am Taxistand, vor Ampeln oder für Busse an Haltestellen (siehe Artikel ab Seite 14). Die ultimative Entwicklungsstufe wäre dann das dynamische Laden, wenn also die Fahrt zur Stromversorgung genutzt wird. Die dazu nötige Primärspule, genauer: mehrere Spulen hintereinander, stecken dabei im Asphalt. Das Fraunhofer IFAM-Institut in Bremen forscht schon seit Jahren intensiv auf einer eigenen Teststrecke daran. Mit dem EU-Projekt «Fabric» wird seit Januar 2014 zudem die technologische Realisierbarkeit, die Wirtschaftlichkeit sowie die sozio-ökologische Nachhaltigkeit des kontaktlosen elektrischen Ladens geprüft. Auch Renault will das Reichweitenproblem von Elektroautos mit induktivem Laden während der Fahrt in den Griff bekommen. Zusammen mit den Technologieunternehmen Qualcomm und Vedecom hat der französische Autohersteller eine Technik mit entsprechendem Strassenbelag und Autoausrüstung entwickelt. Auf einer 100 Meter langen Versuchstrecke bei Paris laufen derzeit die ersten Versuche. Mit diesem System sollen die Akkus eines mit zu 100 km/h schnell fahrenden Elektroautos geladen werden können. Die Ladeleistung soll bis zu 20 kW betragen und damit etwa auf dem Niveau einer Schnellladesäule liegen. Also gut möglich, dass in Zukunft das Wort «tanken» aus unserem Wortschatz verschwindet...

deuxième plaque dans le parking souterrain de l'employeur. De plus, la batterie pourrait également se charger lors de brefs arrêts, par exemple lors d'une visite chez le médecin, lors des achats au supermarché ou pendant la soirée des parents d'élèves.

Charger la voiture lorsqu'elle est en marche

Les chercheurs pensent même déjà au-delà des applications stationnaires de l'induction. La prochaine étape serait la recharge sans contact en mouvement, d'abord dans le domaine semi-dynamique, par exemple, à la station de taxis, devant des feux de signalisation ou pour les bus, aux arrêts (voir article à partir de la page 14). Le niveau ultime du développement serait ensuite la charge dynamique, c'est-à-dire le trajet servirait à l'alimentation électrique. La bobine primaire nécessaire, plus exactement: plusieurs bobines placées l'une derrière l'autre se trouvent dans l'asphalte. Le Fraunhofer IFAM-Institut de Brême procède déjà depuis des années à des recherches sur son propre tronçon-test. Le projet UE «Fabric» lancé en janvier 2014 veut également vérifier la faisabilité technologique, la rentabilité ainsi que la durabilité socio-écologique de la charge électrique sans contact. Renault aussi veut maîtriser le problème d'autonomie des voitures électriques avec la charge inductive pendant le trajet. Avec le concours des entreprises technologiques de Qualcomm et Vedecom, le fabricant automobile français développe une technique avec le revêtement routier et l'équipement automobile correspondants. Sur un tronçon-test de 100 mètres près de Paris, on procède actuellement aux premiers essais. Ce système doit permettre de charger les batteries d'une voiture électrique roulant jusqu'à 100 km/h. La puissance de charge doit atteindre 20 kW et donc se situer au niveau d'une borne de charge rapide. Alors, il est fort possible qu'à l'avenir, l'expression «faire le plein» aura disparu de notre vocabulaire...

Optimierung der Anordnung von induktiven Ladestellen für den elektrischen Stadtverkehr

Voraussetzung für die Marktdurchdringung von Elektrofahrzeugen ist, dass die Abkehr von verbrennungsmotorischen Antriebstechnologien ohne Komforteinbußen erfolgen kann. Hierzu zählt in erster Linie, dass Fahrziele zuverlässig erreicht werden können, ohne dass der Fahrbetrieb über längere Dauern für eine Energieübertragung unterbrochen werden muss. Sowohl die Fahrzeugreichweite als auch die Ladeleistung/-dauer entscheiden massgeblich über die Bereitschaft potenzieller Käufer, ein Elektrofahrzeug zu erwerben. Mit Ladeleistungen von über 200 kW bietet die induktive Energieübertragung eine Möglichkeit, die bevorstehenden Herausforderungen bei der Elektrifizierung des städtischen Strassenverkehrs infrastrukturseitig zu bewältigen, indem Ladeprozesse vollständig in den Verkehrsbetrieb integriert werden und beispielsweise vor roten Lichtsignalanlagen oder während des Fahrgastwechsels an Bushaltestellen erfolgen. In diesem Beitrag wird ein Verfahren vorgestellt, um die Standorte für induktive Ladestellen zu optimieren und darüber hinaus die Anforderungen an das elektrische Energienetz abzuleiten.

Mobilität ist ein Grundpfeiler unserer global vernetzten Gesellschaft. Seit der Industrialisierung und insbesondere seit Beginn der Serienproduktion von Autos stieg der Energiebedarf für den Verkehr stetig an. Im Jahr 2008 war der Verkehrssektor für 26 % des globalen Energiebedarfs verantwortlich [IEA, 2008]. Im Jahr 2013 betrug der deutsche Endenergiebedarf für den Verkehr 2612 Petajoule (PJ) [BMVI, 2014]. Mit der angestrebten Abkehr von fossilen Energieträgern stehen einerseits Energieversorger vor der Herausforderung, die für den Verkehr erforderliche Energiemenge bereitzustellen. Verkehrsplaner stehen andererseits vor dem Problem, geeignete Orte für die Energiebereitstellung zu ermitteln.

Die deutsche Verkehrsleistung setzt sich aus Fahrten mit einer durchschnittlichen Länge von 11,5 km zusammen, von denen nur 24,1 % in ländlichen Regionen zurückgelegt werden [Follmer et al., 2010]. Mit dem zunehmenden globalen Trend der Urbanisierung (der in Deutschland bei 75,1 % liegt [statista, 2014]) wird sich der Strassenverkehr zunehmend in Ballungsräumen konzentrieren und besonders dort die bedarfsgerechte Entwicklung von Mobilitätsangeboten und Energieversorgungskonzepten erfordern.

Energieübertragung im Strassenverkehr

Aufgrund der jahrzehntelangen Nutzung von Benzin und Diesel als Kraftstoff für die Mobilität hat sich bei der bisherigen Elektrifizierung des motorisierten individuellen sowie des öffentlichen Strassenverkehrs trotz neuen technologischen



VON
TAMÁS KURCZVEIL
Dipl.-Ing.
Technische Universität
Braunschweig, Institut für
Verkehrssicherheit und
Automatisierungstechnik

Möglichkeiten das Energieversorgungsparadigma des verbrennungsmotorischen Verkehrsbetriebs etabliert: Der Fahrzeugbetrieb muss (wie beim Tanken an Tankstellen) für die Dauer der Energieübertragung unterbrochen werden. Die Ermittlung optimaler Ladestellenstandorte erfolgt unter Berücksichtigung relevanter Kriterien, wie beispielsweise Verkehrsnachfrage, Siedlungsstruktur sowie bestehende Infrastruktur. In Grossstädten kann jedoch aufgrund der vorherrschenden Bebauung oft nur eine ähnliche Strategie verfolgt werden, wie anfänglich bei der Standortermittlung für Tankstellen: Es wird eine erforderliche Anzahl von Ladestellen an zentralen Knotenpunkten bestimmt, an denen ausreichend Platz zum Abstellen von Elektrofahrzeugen vorhanden ist, während deren Batterien über eine Dauer von mindestens 20 Minuten (bis hin zu 8 Stunden) geladen werden. Nur 7 % der in Deutschland öffentlich zugänglichen Ladestellen unterstützen eine Ladeleistung über 22 kW [Weemaes, 2016]. Zudem steht in Anbetracht der geringeren Fahrzeugreichweiten (trotz der durchschnittlichen Weglängen von nur 11,5 km) oft der zuverlässige Langstreckenbetrieb von Verkehrsmitteln im Fokus der Ladestellenoptimierung.

Die Forschungsergebnisse der Braunschweiger Projekte «emil» und «InduktivLaden» zeigen, dass mit einer dezentralisierten induktiven Energieversorgungsinfrastruktur und mit Ladeleistungen ab etwa 100 kW der gesamte städtische Strassenverkehr vollständig während seines Betriebs (z.B. bei Halten vor Lichtsignalanlagen oder an Bushaltestellen) mit der erforderlichen Energie versorgt werden könnte [Kurczveil, 2015].



1 | Ein Elektrobus des Projekts «emil» (oben, © Lord Alpha – Eigenes Werk, CC BY-SA 3.0) und ein im Projekt «InduktivLaden» umgerüsteter Elektro-PKW (rechts) laden induktiv.

1 | Un autobus électrique du projet «emil» (en haut, © Lord Alpha – propre usine, CC BY-SA 3.0) et un véhicule de tourisme électrique transformé dans le projet «InduktivLaden» (à droite) charge par induction.



Die Braunschweiger Projekte «emil» und «InduktivLaden»

Motiviert durch das Ziel, eine Million Elektrofahrzeuge bis zum Jahr 2020 auf deutsche Strassen zu bringen, wurden in den vergangenen Jahren eine Vielzahl entsprechender Projekte von der Bundesregierung gefördert. Diese sollen Mobilitätskonzepte erarbeiten, die dafür notwendigen Entwicklungen vorantreiben und erproben sowie deren Wirtschaftlichkeit bewerten. Zwei dieser Konzepte sind die Braunschweiger Projekte «emil» und «InduktivLaden» [Dietrich et al., 2016; Meins et al., 2014; Meins und Graffam, 2011]. Kernbestandteil beider Projekte ist die induktive Energieübertragung mittels des Transformatorprinzips.

Neben der Inbetriebnahme der ersten induktiven Ladestelle im öffentlichen Raum Deutschlands sowie des ersten kompatiblen Elektrobusse für den öffentlichen Personenverkehr stehen die Langzeiterprobung und die wirtschaftliche Bewertung im Vordergrund des Projekts «emil». Im Folgeprojekt «InduktivLaden» wird der Dieselbetrieb einer gesamten Buslinie vollständig durch eine elektrische Gelenkbusflotte abgelöst. Bild 1 zeigt Elektrofahrzeuge aus den Braunschweiger Projekten.

Die Ergebnisse der Projekte «emil» und «InduktivLaden» zeigen, dass ein wirtschaftlicher öffentlicher Verkehrsbetrieb mit Elektrobusen möglich ist, wenn eine Energieübertragung mit hohen Leistungen gewährleistet und in den Verkehrsbetrieb integriert werden kann. Dem Braunschweiger Beispiel folgend, werden inzwischen auch in den Städten

Berlin, Mannheim und Brügge (Belgien) Dieselbusse des öffentlichen Personenverkehrs sukzessive im Rahmen öffentlich geförderter Projekte von induktiv geladenen Elektrobussen abgelöst.

Zielsetzung

Mit abnehmenden fossilen Energiereserven wird die Nutzung alternativer Energieträger für den Verkehr zunehmend lukrativer und auf lange Sicht die heutige Energieversorgungsinfrastruktur ablösen, die überwiegend aus Tankstellen zum Nachladen von Benzin- und Dieselmotoren besteht. In diesem Beitrag wird gezeigt, dass die induktive Energieübertragung Fahrzeuge während ihres städtischen Verkehrsbedriebs mit Energie versorgen kann, ohne dass (Um-)Wege zur nächsten Ladestelle und ein längerer Aufenthalt eingeplant werden muss. Mit der Inbetriebnahme und Nutzung einer verteilten, beispielsweise induktiven, Energieversorgungsinfrastruktur für den Verkehr könnte die Reichweite als ausschlaggebendes Kriterium, das derzeit gegen den Kauf von Elektrofahrzeugen spricht, und die damit einhergehende Kaufhemmnis ausgeräumt werden.

Konzeptioneller Ansatz und Vorgehen

Ziel einer infrastrukturellen Optimierung ist es, dass die in einem Untersuchungsraum berücksichtigten Verkehrsmittel eine durchschnittlich positive Energiebilanz aufweisen. Da die vollständige Erfassung des realen Verkehrs mit allen Fahrzeugen und ihren Routen nicht realisierbar ist, wird eine Untersuchung auf Basis von rechnergestützten Verkehrssimulationen durchgeführt. Um die erforderliche Rechenleistung zu senken sowie die Verteilung der bereitgestellten Energie auf vorhandene elektrische Anschlusspunkte zu ermöglichen, ist ggf. die Unterteilung eines vollständigen Stadtgebietes in kleinere Untersuchungsräume notwendig. In jedem dieser Untersuchungsräume muss Verkehrsmitteln im Mittel mindestens die Energie zugeführt werden, die für ihre Routen im Untersuchungsraum erforderlich sind. Die Summe dieser lokalen Optima (der einzelnen Untersuchungsräume) ist eine mögliche Realisierung des globalen Optimierungsziels, dass der Verkehr in einer gesamten Stadt mit ausreichend Energie versorgt wird.

Verkehrssimulationen ermöglichen eine kostengünstige Alternative zu umfangreichen Messkampagnen, um vorherrschende Verkehrsbedingungen zu untersuchen sowie die Analyse künftiger Szenarien, um eine entsprechende Energieversorgungsinfrastruktur nachhaltig zu planen und zielgerichtet in Betrieb zu nehmen. Das entwickelte Verfahren für die Optimierung von Ladestellenstandorten umfasst die folgenden vier Schritte:

1. **Mikroskopische Verkehrssimulation:** Mikroskopische Verkehrssimulationen erlauben die Instanziierung einzelner Fahrzeugobjekte, die anschliessend entsprechend definierten Verhaltensmodellen eine realitätsgetreue Nachbildung des Fahrzeugverhaltens ermöglichen.
2. **Verkehrskalibrierung:** Um in simulierten Verkehrsszenarien den Verkehr realitätsgetreu nachzubilden, ist eine Modell- und Routenkalibrierung erforderlich. Dabei werden Simulationsdaten mit Verkehrsmessdaten verglichen und mit Methoden der Optimierung die Modellparameter so angepasst, dass die Verkehrsmessdaten von der Simulation bestmöglich reproduziert werden.
3. **Berechnung des Energiebedarfs:** Für eine optimierte Energiebereitstellung ist Kenntnis über die benötigte Energiemenge erforderlich. Diese ergibt sich aus einem Fahrzeugmodell, das eine Berechnung des Energiebedarfs unter Nutzung von Fahrzeugtrajektorien und individuellen Fahrzeugparametern ermöglicht.
4. **Optimierung der Ladestellenpositionen:** Liegen ein kalibriertes Verkehrsszenario und der berechnete Energiebedarf der simulierten Fahrzeuginstanzen vor, erfolgt die Optimierung der Ladestellenanordnung. Ein lineares Programm minimiert die Errichtungskosten, um Fahrzeugen eine ausreichende Energiemenge bereitzustellen.

Die folgenden Abschnitte setzen vorhandene Fahrzeugtrajektorien aus einem kalibrierten, mikroskopischen Verkehrsszenario voraus. Die Grundlagen der Verkehrssimulation und

der Kalibrierung von mikroskopischen Verkehrsszenarien finden sich jeweils in [Treiber und Kesting, 2010; Schnieder und Schnieder, 2013] sowie [Detering, 2011; Gawron, 1998; Flötteröd, 2009]. Unter Kenntnis von Fahrzeugtrajektorien und Fahrzeugparametern kann der Energiebedarf einzelner Fahrzeuge berechnet werden. Ein entsprechendes Energiemodell wird in [Kurzveil et al., 2014] vorgestellt. Dieses Modell ist seit der Veröffentlichung von Version 0.24.0 ein Bestandteil des mikroskopischen Verkehrssimulationswerkzeugs SUMO [Krajzewicz et al., 2012] und bildet eine Bewertungsgrundlage für betriebliche und technische Optimierungsmassnahmen. In den folgenden Abschnitten werden das lineare Programm zur Optimierung der Ladestellenanordnung beschrieben und die Ergebnisse für einen realen Untersuchungsraum dargestellt. Abschliessend werden eine Zusammenfassung und ein Ausblick geboten.

Lineares Programm für die Optimierung der Ladestellenanordnung

Für die Standortoptimierung von Versorgungsinfrastrukturen gibt es eine Vielzahl von Vorarbeiten [Hodgson 1990, Berman 1995, Kuby und Lim 2006]. In diesen wird jedoch stets davon ausgegangen, dass sich für die Positionierung von Ladestellen nur die Knoten eines Verkehrsnetzes eignen, da somit mehr Fahrzeuge von den darauf befindlichen Ladestellen profitieren können. Da der Aufenthalt auf Kreuzungsbereichen in den meisten Ländern nicht erlaubt ist, impliziert dies, dass Fahrzeuge die mit einem Graphen modellierte Verkehrsweginfrastruktur für eine Ladung verlassen müssen. Liegt ein entsprechender Knoten auf der Route eines Fahrzeugs, wird davon ausgegangen, dass das Fahrzeug geladen wurde. Die tatsächliche Dauer und ob die Ladestelle zu einem bestimmten Zeitpunkt verfügbar ist, werden nicht betrachtet. Auch die erforderliche Energiemenge bzw. Ladedauer eines Fahrzeugs bleibt in bisherigen Modellen unberücksichtigt.

Die Verkehrsnachfrage wird mit makroskopischen Daten in Form von Verkehrsflüssen modelliert, sodass die Eingliederung des Übertragungsprozesses in den vorherrschenden Verkehrsbetrieb nicht im notwendigen Detaillierungsgrad betrachtet werden kann. In diesem Beitrag wird ein Modell vorgestellt, welches die Anordnung von Ladestellenstandorten optimiert und eine zuverlässige Energieversorgung von Fahrzeugen gewährleistet. Dieses Modell zieht sowohl die erforderliche Energiemenge individueller Fahrzeuge als auch die mögliche Ladedauer an individuellen Punkten in der Verkehrsweginfrastruktur in Betracht und optimiert die Infrastrukturanordnung, sodass Fahrzeuge während ihres Betriebs mit der erforderlichen Energie versorgt werden, ohne (Um-)Wege oder Unterbrechungen für eine Ladung einplanen zu müssen.

Für die optimierte Anordnung einer induktiven Ladeinfrastruktur wird davon ausgegangen, dass Fahrzeugobjektdefinitionen $\underline{v} \in \mathbf{V}$ bekannt sind, die sowohl Fahrzeugparameter als auch Routendefinitionen beinhalten. Die mikroskopische Simulation des Verkehrs-/Fahrzeugverhaltens erfordert darüber hinaus die Definition einer Verkehrsinfrastruktur. Aus der daraus folgenden Simulation resultieren Fahrzeugtrajek-

torien $\underline{r} \in \mathbf{R}$. Die Trajektorie eines Fahrzeugs v_i wird mit $r_{v,i}$ bezeichnet und beinhaltet die zeitliche Abfolge von Fahrzeugpositionen. Die Simulationsergebnisse sowie Infrastruktur- und Fahrzeugdefinitionen müssen für eine anschließende Optimierung ausgewertet werden. Dies erfordert Modelle über

- den Energiebedarf von Fahrzeugen,
- die Infrastruktur,
- die Errichtungskosten einzelner Komponenten der Energieversorgungsinfrastruktur und
- den Prozess der Energieübertragung.

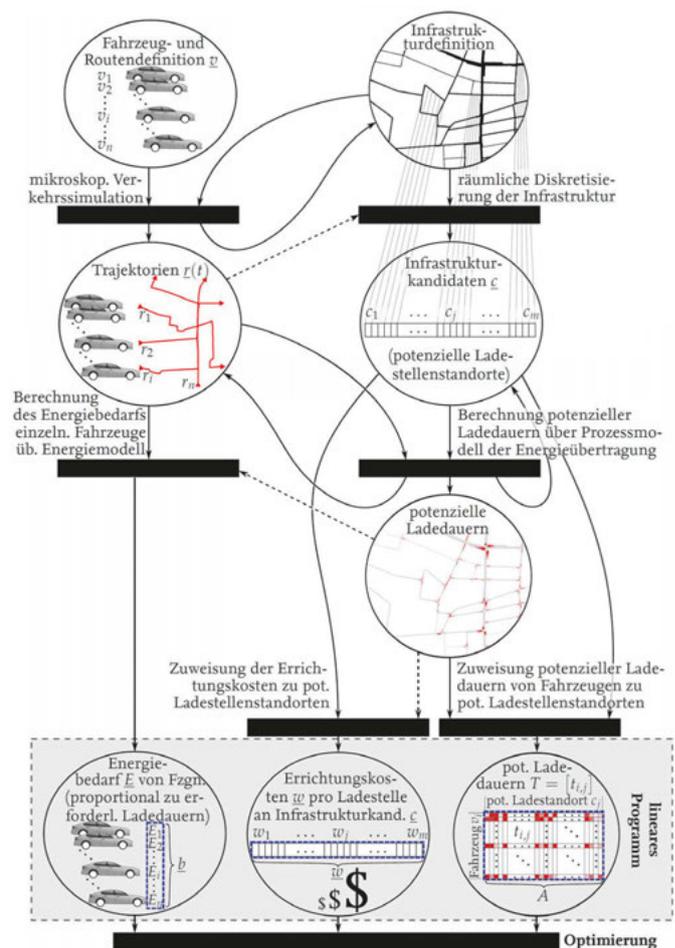
Diese vier Punkte werden in den folgenden Abschnitten detailliert beschrieben. Das konzipierte Verfahren und der darin enthaltene Ablauf, um für die Optimierung von Ladestellenstandorten ein gemischt ganzzahliges lineares Programm zu formulieren, ist in Bild 2 dargestellt.

Energiebedarf von Fahrzeugen

Die Berechnung des Fahrzeugenergiebedarfs erfolgt durch Anwendung eines parametrisierten Energiemodells. Um Fahrzeugobjekte mit ihrem jeweiligen Energiebedarf zu attribuieren, wird die Variable $\underline{v} \in \mathbf{V}$ eingeführt. $E_{v,i}$ entspricht dem Energiebedarf des Fahrzeugs v_i . Ziel einer Optimierung ist, die Energiemenge den Fahrzeugen gemäss dem Optimierungsziel und unter Berücksichtigung vorherrschender Nebenbedingungen wieder zuzuführen. Es wird eine konstante Ladeleistung angenommen, sodass eine erforderliche Energiemenge E_{Lad} unter Kenntnis der Ladeleistung P_{Lad} äquivalent als erforderliche Ladedauer t_{Lad} formuliert werden kann.

Infrastruktur- und Kostenmodell

Die Verkehrswegeinfrastruktur wird mit gerichteten Graphen modelliert, wobei Fahrstreifen durch Kanten oder Kantenfolge und Kreuzungen durch Knoten repräsentiert werden. Um geeignete Kandidaten für die potenzielle Verortung von Ladestellen zu identifizieren, wird die betrachtete Infrastruktur räumlich diskretisiert und Fahrstreifen in äquidistante Segmente der Länge Δs unterteilt. Aus einem Infrastrukturmodell ergeben sich die Kandidaten $\underline{c} \in \mathbf{C}$, die jeweils einem dieser Segmente entsprechen. Diese stellen die Kandidaten der Infrastruktur und somit potenzielle



2 | Erstellung eines linearen Programms zur Standortoptimierung einer induktiven Ladeinfrastruktur.

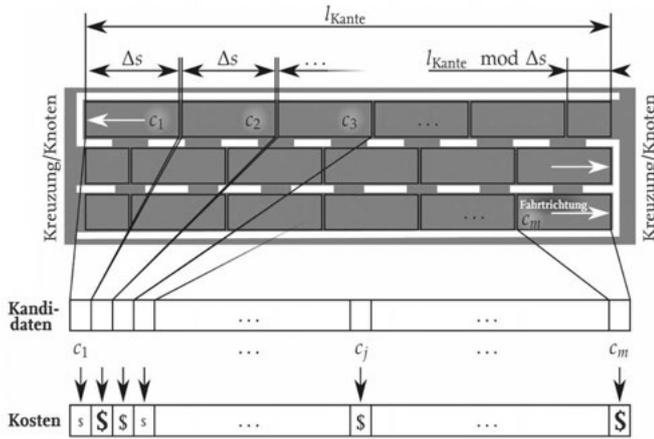
2 | Élaboration d'un programme linéaire pour optimisation de site d'une infrastructure de charge par induction.

Ladestellenstandorte dar.

Entscheidend für eine Optimierung von Standorten ist die Berücksichtigung der Errichtungskosten von Ladestellen an den jeweiligen Kandidaten. Dazu werden die Kosten $\underline{w} \in \mathbf{W}$ eingeführt. Mit der Wahl von w_j können die Errichtungskosten einer Ladestelle am potenziellen Ladestellenstandort c_j festgelegt werden. Durch die Variation der Kosten kann eine

Pour permettre la pénétration sur le marché de véhicules électriques, il faut tout d'abord que l'abandon des technologies de traction par moteur à combustion se fasse sans perte de confort. Ici, la première condition est de pouvoir atteindre sa destination sans problème, sans devoir interrompre son trajet sur une durée prolongée pour une transmission d'énergie. L'autonomie des véhicules mais aussi la puissance/durée de la charge sont décisives pour convaincre les acquéreurs potentiels à acheter un véhicule électrique. Avec des capacités de charge de plus de 200 kW,

la transmission d'énergie par induction offre une possibilité permettant de maîtriser les futurs défis d'infrastructure lors de l'électrification du trafic routier urbain en intégrant complètement les processus de charge dans le trafic par exemple devant les installations de signaux lumineux ou pendant la montée et la descente des usagers aux arrêts de bus. Cet article décrit une procédure permettant d'optimiser les sites pour les chargeurs à induction et aussi de tirer des conclusions sur les exigences posées aux réseaux d'énergie électrique.



3 | Räumliche Diskretisierung der Verkehrsweginfrastruktur sowie Zuordnung der Errichtungskosten von Ladestellen an Kandidaten.
3 | Discretisation spatiale de l'infrastructure routière ainsi qu'affectation des coûts aux candidats pour la mise en place de points de charge.

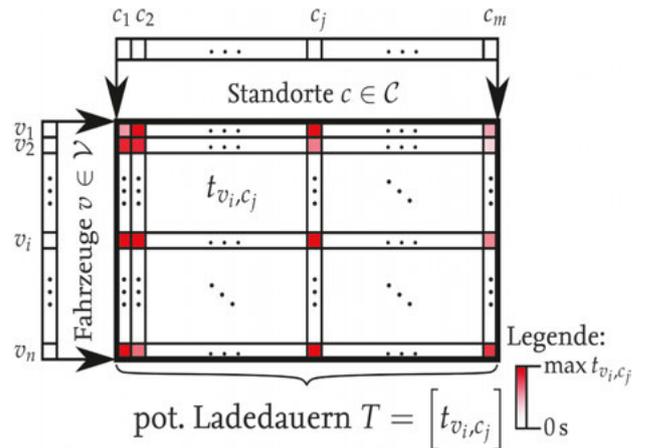
Vielzahl von Faktoren berücksichtigt werden, wie z.B. der Abstand zur nächsten Netzanschlussstelle oder die bauliche Beschaffenheit eines Standortes sowie dessen Zugänglichkeit. Die Diskretisierung ist beispielhaft in Bild 3 dargestellt.

Prozessmodell der Energieübertragung

Komplementär zu den Errichtungskosten ergibt sich der Nutzen einer Ladestelle aus der Energiemenge, die sie in Fahrzeuge überträgt. Nach der Festlegung von Ladestellenkandidaten aus der Infrastrukturdefinition, muss die mögliche Energiemenge ermittelt werden, die an den identifizierten Standorten in Fahrzeuge übertragen werden könnte. Dies erfolgt durch Einführung eines Prozessmodells für die Energieübertragung. Bei der Auswertung von Fahrzeugtrajektorien kommt jeder Kandidat c_j als potenzielle Ladestellenposition infrage. Bei der Betrachtung eines Übertragungssystems müssen für die Optimierung einer Versorgungsinfrastruktur die folgenden betrieblichen Kriterien berücksichtigt werden.

- **Fahrzeugstillstand:** Es muss differenziert werden, ob Fahrzeuge sich während einer Energieübertragung bewegen dürfen (vgl. Energieübertragung mittels Oberleitungen oder dynamisches Laden bei induktiver Energieübertragung) oder ein Fahrzeugstillstand $v_{Fzg}(t)=0$ km/h erforderlich ist (vgl. stationäres Laden an Steckdose oder Tankstelle).
- **Anmeldedauer:** Es ist eine Dauer zur Anmeldung eines Fahrzeugs an der Ladestelle zu berücksichtigen, bevor die eigentliche Energieübertragung beginnen kann.
- **Ladeleistung:** Die Energieübertragung erfolgt mit einer Ladeleistung P_{Lad} , die zu definieren ist.

Unter Berücksichtigung dieser Kriterien werden Fahrzeugtrajektorien ausgewertet, um die potenziellen Ladedauern an den identifizierten Infrastrukturkandidaten zu ermitteln, die für die reine Energieübertragung genutzt werden können und die wiederum proportional zur übertragbaren Energiemenge sind. Die Trajektorie jedes Fahrzeugs wird in dieser Weise ausgewertet, sodass eine Matrix $T=[t_{v_i,c_j}]$ entsteht, deren Elemente t_{v_i,c_j} jeweils die potenzielle Ladedauer eines



4 | Verortung potenzieller Ladedauern von Fahrzeugen V an Infrastrukturkandidaten C in der Matrix $T=[t_{v_i,c_j}]$.
4 | Localisation de durées de charge potentielles de véhicules V à des candidats à l'infrastructure C dans la matrice $T=[t_{v_i,c_j}]$.

Fahrzeugs v_i am Infrastrukturkandidat c_j repräsentieren. Die Struktur dieser Matrix ist in Bild 4 dargestellt.

Einführung eines gemischt-ganzzahligen linearen Programms

Ziel einer Optimierung ist es, die Errichtungskosten einer Ladestelleninfrastruktur zu minimieren, die in Gleichung 1 formuliert ist:

$$(1) \min \underline{w}^T \underline{x} \text{ mit } x_c \in \{0,1\} \quad (1)$$

Diese Zielfunktion erfordert die Einführung zusätzlicher Randbedingungen, mit denen der Energiebedarf von Fahrzeugen durch eine ausreichende Energiezufuhr kompensiert wird. Ersichtlich ist, dass trotz Optimierung nur selten jedem Fahrzeug v_i eine Energie in Höhe seines individuellen Energiebedarfs E_{v_i} über die positionierten Ladestellen zugeführt werden kann. Daher wird die Nebenbedingung formuliert, dass die summierte Energie, die in alle Fahrzeuge übertragen wird, grösser sein muss als der summierte Energiebedarf aller Fahrzeuge. Die Zielfunktion in Gleichung 1 unterliegt daher der Nebenbedingung in Gleichung 2, die unter Berücksichtigung der Ladeleistung P_{Lad} die potenziellen mit den erforderlichen Ladedauern in Relation setzt:

$$(2) \sum_{v_i \in V} \sum_{c_j \in C} t_{v_i,c_j} x_{c_j} > \sum_{v_i \in V} \frac{E_{v_i}}{P_{Lad}}$$

Mit dem in den Gleichungen 1 und 2 formulierten linearen Programm wird eine anschließende Optimierung das Ziel haben, die Errichtungskosten einer Energieversorgungsinfrastruktur zu minimieren. Keine Berücksichtigung findet dabei die Verteilung der zugeführten Energien über die betrachtete Fahrzeugmenge V . Es besteht die Möglichkeit, dass den Fahrzeugen die über Ladestellen zugeführte Energie nur auf einen kleinen Bruchteil der betrachteten Fahrzeuge verteilt wird (weil sich diese beispielsweise in einem Stau befinden), während ein Grossteil eine negative Energiebilanz aufweist. Um diesem Effekt entgegenzuwirken und die Ver-

teilung der Energien über die Fahrzeuge zu homogenisieren, wird eine zusätzliche Nebenbedingung formuliert, bei der die Big-M-Methode zur Anwendung kommt [Bazarraa et al. 2011, Griva et al. 2008]. Hierbei wird der Entscheidungsvektor \underline{x} mit einem Hilfsvektor \underline{y} ergänzt, welche nachfolgend gemeinsam einer Optimierung unterzogen werden. Diese Elemente $y_{v,i} \in \{0,1\}$ gewähren einem Fahrzeug v_i für die spätere Betrachtung einen Energie-Bonus. Dieser Bonus ist für Fahrzeuge vorgesehen, die energetisch unterversorgt sind. Darüber hinaus wird die Variable $p^+ \in [0,1]$ eingeführt, die den minimal erforderlichen Prozentsatz von Fahrzeugen mit einer positiven Energiebilanz festlegt. Bei der Betrachtung eines Szenarios mit $|\mathbf{V}| = n$ Fahrzeugen ergeben sich neben Gleichung 2 folgende $n+1$ Nebenbedingungen:

$$(3) \quad \begin{bmatrix} & M & 0 & 0 & \dots & 0 \\ & 0 & M & 0 & \dots & 0 \\ [t_{v,i,c_j}] & 0 & 0 & M & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ & 0 & 0 & 0 & \dots & M \\ 0 & \dots & 0 & 1 & 1 & 1 & \dots & 1 \end{bmatrix} \begin{matrix} > \\ > \\ [x] > \\ [y] \vdots \\ > \\ > \\ < \end{matrix} \begin{bmatrix} E_{v_i} \\ P_{Lad} \\ E_{v_i} \\ P_{Lad} \\ E_{v_i} \\ P_{Lad} \\ \vdots \\ E_{v_i} \\ P_{Lad} \\ (1-p^+)n \end{bmatrix}$$

Jedes energetisch unterversorgte Fahrzeug v_i kann einen Bonus M erhalten, indem dessen Hilfsvariable $y_{v,i} = 1$ gesetzt wird. Ziel dieser Massnahme ist es, die zugehörige Ungleichung zu erfüllen, sofern dies mit einer aktuell betrachteten Ladestellenanordnung \underline{x} nicht erzielt werden kann. Die übrigen Fahrzeuge v_i , die mit dieser Ladestellenanordnung \underline{x} bereits eine positive Energiebilanz aufweisen, benötigen keinen Bonus. Ihre Hilfsvariablen werden mit $y_{v,i} = 0$ auf Null gesetzt. In beiden Fällen sind die ersten n Nebenbedingungen in Gleichung 3 erfüllt. Die letzte Nebenbedingung (unterste Zeile) von Gleichung 3 begrenzt die Anzahl der verteilten Boni M und fordert, dass diese Anzahl kleiner ist als $(1-p^+) |\mathbf{V}|$. Bei der Wahl eines Werts für M gilt grundsätzlich, dass dieser gross genug sein muss, um in jedem Fall die damit betrachteten Ungleichungen zu erfüllen. Gleichzeitig darf dessen Wert jedoch nur so gross wie nötig gewählt werden, um numerische Ungenauigkeiten zu vermeiden.

Die Bestrebung einer Optimierung, die Anzahl der Ladestellen bzw. ihre Errichtungskosten zu minimieren, hat zur Folge, dass die Wahrscheinlichkeit einer positiven Fahrzeugenergiebilanz mit steigendem spezifischen Energiebedarf (bezogen auf die zurückgelegte Strecke) sinkt. Fahrzeuge mit hohem spezifischen Energiebedarf (darunter z.B. auch Fahrzeuge des ÖPNV) werden von der Optimierung systematisch benachteiligt. Um diesem Effekt entgegenzuwirken, werden Fahrzeuge hinsichtlich ihres spezifischen Energiebedarfs in eine feste Anzahl von

Anzeige

HABEN SIE UNS AN DER MESSE VERPASST?

Dann rufen Sie uns an und wir zeigen unsere Produkte bei Ihnen vor Ort!

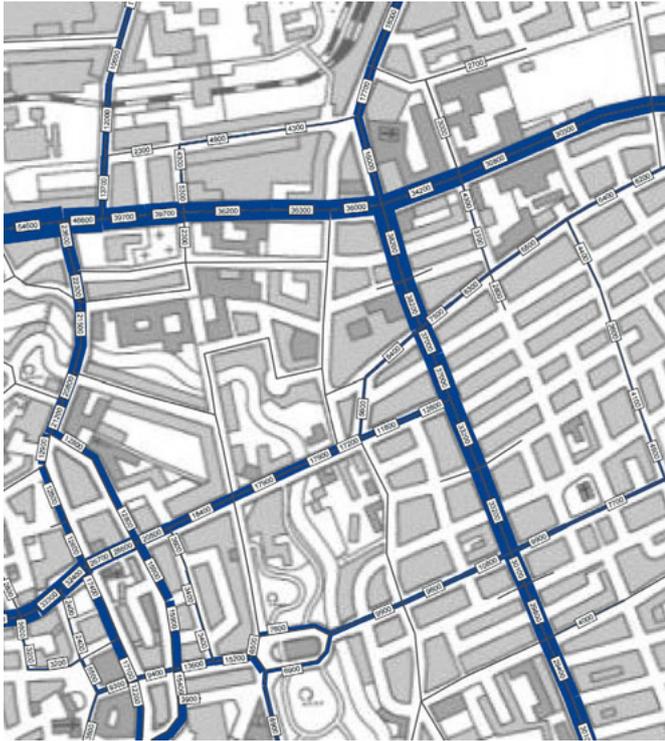
INNOLUTIONS

zählen Sie mit uns

WIR MESSEN ALLES

- TLS 8+2
- Datenverwaltung
- Besucher-Verfolgung
- Statistiken
- Fahrverbot
- Bahnhof
- Skifahrergeschwindigkeiten
- WiFi-Signale
- Swiss10
- Aufenthaltszeiten
- Nummernschilderkennung
- Rotlichtüberwachungen
- Auflösung von Velogruppen
- Zutrittsregelung
- Online-Auswertungs-Plattform
- Abstandsmessung
- Dauerzählstellen
- Seitenradar
- Datenzentrale
- Präsenzerkennung
- Verkehrssituationsüberwachung
- Langzeitmessung
- Verkehrslitsystem
- Fahrzeugprofile
- Rohdaten
- Videozählungen
- Pneumatische Zählung
- Radarpistole
- Velozählung
- Bluetoothsignale
- Grossflächige Monitorings
- Fussgängerquerungen
- Überkopf
- Videoauswertung
- Schleifenauswertung
- Dynamische Achsenwägung
- Mischverkehr
- Seifenkistengeschwindigkeit
- Rohdatenaufbereitung
- Informationsdisplay
- Personenerkennung
- Stauzeit
- Tramgeschwindigkeiten
- Quelle-Ziel-Beziehung
- Mehrspurmessung
- Parkplatzbelegung
- Fahrzeugfarbe
- Langsamverkehr
- Strassencharakteristika
- Darstellung der Bewegungswege
- Fahrzeugklassen
- Lichtschrankenzähler
- Sperrflächenbefahrer
- Induktive Messplatten
- Besucherfrequenzen
- Wanderer
- Lärmmessungen
- Abbiegebeziehungen
- Querschnitt
- Leitpfostenintegration
- Echtzeitdatenübermittlung
- Temperaturmessungen
- Achsenenerkennung
- Staulänge
- Trails
- Kreisel
- Abschnittsgeschwindigkeiten
- Fussgänger
- Schwerverkehrsanteile
- Auswertungen
- Meteoraten
- Fahrzeugmodell
- Reisezeit
- Openair
- Ausweichverkehr
- Verkehrsprävention
- Umfahrungen
- Bericht
- Warteschlangen
- Gefahrguterkennung
- Handzählungen
- Mobil
- Velo

Innolutions GmbH • Hauptstrasse 11 • 5213 Villnachern
T +41 56 511 04 00 • info@innolutions.ch • www.innolutions.ch

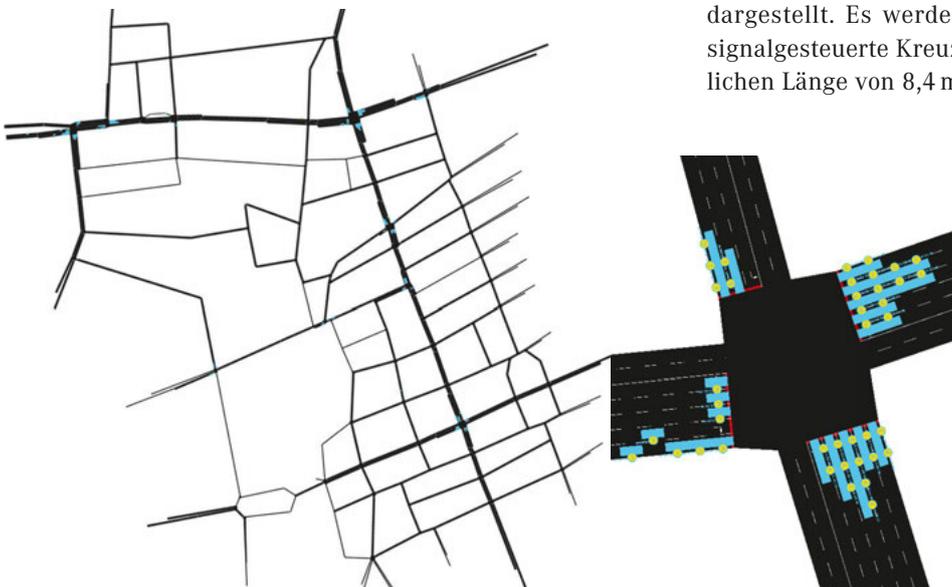


5 | Untersuchungsraum in Braunschweiger Verkehrsmengenkarte [WVI GmbH, 2009].
5 | Salle de recherche à la Braunschweiger Verkehrsmengenkarte [WVI GmbH, 2009].

Energiebedarfsklassen unterteilt. Für jede Klasse wird das beschriebene lineare Programm mit den Gleichungen 1 bis 3 formuliert und eine Teillösung ermittelt. Die endgültige Lösung ergibt sich aus der Vereinigung aller Teillösungsmengen.

Optimierungsergebnisse für einen städtischen Untersuchungsraum

Als Beispiel wird in dieser Arbeit die Integration von induktiven Ladestellen im Braunschweiger Stadtgebiet betrachtet, von denen im Rahmen der Projekte «emil» und «InduktivLaden» bereits fünf in Betrieb genommen wurden. Für die Anwen-



6 | Optimale Ladestellenanordnung im Untersuchungsraum (links) und ein Ausschnitt im Bereich der Forschungskreuzung Hagen-/Rebenring (rechts).

6 | Organisation optimale des points de charge dans le local de recherche (à gauche) et une section de la zone du carrefour Hagenring/Rebenring objet de la recherche (à droite).

ding des entwickelten Verfahrens wird daher ein Ausschnitt aus dem Braunschweiger Stadtgebiet als Untersuchungsraum gewählt, der in Bild 5 in Form der Braunschweiger Verkehrsmengenkarte [WVI GmbH, 2009] dargestellt ist. Sie bildet die Datengrundlage, aus der die Objekte einzelner Verkehrsmittel in der Verkehrssimulation instanziiert werden.

Für die Erstellung eines repräsentativen Verkehrsszenarios werden das makroskopische sowie mikroskopische Fahrzeug- und Verkehrsverhalten kalibriert sowie die Energie- modelle von instanziierten Fahrzeugtypen parametrisiert.

Im resultierenden Verkehrsszenario werden 18 134 Fahrzeuge mit einer durchschnittlichen Routenlänge von 1,31 km während der morgendlichen Hauptverkehrszeit zwischen 07:00 und 09:30 Uhr simuliert. Der kumulierte Energiebedarf aller Fahrzeuge beträgt 6,39 MWh. Die summierte Länge aller in der Infrastrukturdefinition eingeführten Fahrstreifen beträgt 48,69 km. Es ergeben sich 9996 Kandidaten, die jeweils für die Verortung einer Ladestelle mit 5 m Länge geeignet sind. Für die Optimierung der Ladestellenanordnung wird angenommen, dass die Energieübertragung 5 Sekunden nach Ankunft eines Fahrzeugs (bei $v_{Fzg} = 0$ km/h) an einer Ladestelle beginnt und anschliessend mit 200 kW erfolgt.

Entsprechend des in Abschnitt «Einführung eines gemischt-ganzzahligen linearen Programms» vorgeschlagenen Ansatzes werden drei Energiebedarfsklassen eingeführt. Diese beinhalten jeweils Fahrzeuge mit geringem, mittlerem oder hohem spezifischem Energiebedarf. Die drei linearen Programme ergeben eine vereinigte Anzahl von 177 Ladestellen. Diese setzen sich zusammen aus der vereinigten Menge von

- 101 Ladestellen, die für Fahrzeuge mit geringem,
- 106 Ladestellen, die für Fahrzeuge mit mittlerem und
- 80 Ladestellen, die für Fahrzeuge mit hohem spezifischem Energiebedarf anzuordnen sind. Jede Lösungsmenge gewährleistet eine positive Energiebilanz für die kollektiv betrachtete Energiebedarfsklasse sowie eine positive Energiebilanz für 50 % der jeweils darin berücksichtigten Fahrzeuge. Mit einer summierten Länge von 885 m entspricht diese kombinierte Lösung einem Ausrüstungsgrad von 1,82 % der gesamten Verkehrswegeinfrastruktur. Die Verteilung der ermittelten Ladestellen im Untersuchungsraum ist in Bild 6 dargestellt. Es werden ca. 98 % der Ladestellen vor lichtsignalgesteuerte Kreuzungsbereiche mit einer durchschnittlichen Länge von 8,4 m pro Fahrstreifen platziert.

Zusammenfassung und Ausblick

Das Ziel dieser Arbeit ist die Optimierung einer induktiven Ladeinfrastrukturordnung für den städtischen Strassenverkehr. Für die optimale Anordnung der Ladestellen sind detaillierte Kenntnisse über die zu versorgenden Verkehrsmittel und deren Betrieb erforderlich. Im Rahmen dieser Arbeit wird der Verkehrsbetrieb mit kalibrierten Verkehrssimulationen nachgebildet und der Energiebedarf einzelner Verkehrsmittel mithilfe eines Modells berechnet. Ladestellenpositionen werden anschliessend mit einem linearen Programm ermittelt, um Verkehrsmitteln eine ausreichende Energiemenge bereitzustellen.

Die ermittelten Ladestellenstandorte sind optimal für das entwickelte Referenzszenario. Durch Modellierung und Untersuchung weiterer Szenarien ist zu prüfen, inwiefern die Ergebnisse dieser Arbeit auf den städtischen Strassenverkehr allgemein oder auf Überland- bzw. Autobahnverkehr übertragen werden können.

Literatur

- BMVI (2014): Verkehr in Zahlen 2014/2015. Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, Berlin/Bonn.
- Detering, S. (2011): Kalibrierung und Validierung von Verkehrssimulationsmodellen zur Untersuchung von Verkehrsassistenzsystemen. Dissertation, Technische Universität Braunschweig.
- Dietrich, T.-H.; Löffler, C.; Meins, J.; Henke, M.; Wussow, J.; Engel, B.; Kurczveil, T.; Callegari, J. (2016): Conceptual design and integration of a high power inductive charging system into a series vehicle. In Henke, M. und Voss, B., editors, 13. Symposium: Hybrid- und Elektrofahrzeuge, ITS Niedersachsen e.V., Braunschweig, 122-134.
- Flötteröd, G. (2009): Cadyts – a free calibration tool for dynamic traffic simulations. In Proceedings of the 9th Swiss Transport Research Conference, Ascona, Schweiz.
- Follmer, R.; Gruschwitz, D.; Jesske, B.; Quandt, S.; Lenz, B.; Nobis, C.; Köhler, K.; Mehlin, M. (2010): Mobilität in Deutschland 2008 (FE-Nr. 70.801/2006). Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, Berlin/Bonn.
- Gawron, C. (1998): Simulation-Based Traffic Assignment – Computing User Equilibria in Large Street Networks. Dissertation, Universität zu Köln.
- IEA (2008): Worldwide Trends in Energy Use and Efficiency – Key Insights from IEA Indicator Analysis. International Energy Agency.
- Krajzewicz, D.; Erdmann, J.; Behrisch, M.; Bieker, L. (2012): Recent Development and Applications of SUMO – Simulation of Urban MObility. International Journal on Advances in Systems and Measurements, 5(3&4):128-138.
- Kurczveil, T. (2015): Energy transfer for electric traffic. In 5th International Electric Drives Production Conference – EDPC 2015, 1-5.
- Kurczveil, T.; Schnieder, L.; Schnieder, E. (2014): Optimierung des Energiemanagements induktiv geladener Busse unter Berücksichtigung betrieblicher und verkehrlicher Randbedingungen. Strassenverkehrstechnik 59(4):231-237.
- Meins, J.; Soyck, F.; Engel, B.; Kurczveil, T.; Schnieder, E. (2014): Application of high-power inductive charging of electric buses in schedules line service. In Henke, M. und Voss, B., (Hrsg.), 11. Symposium: Hybrid- und Elektrofahrzeuge, ITS Niedersachsen e.V., Braunschweig, 148-170.
- Meins, J.; Graffam, C. (2011): Induktive Energieübertragung für Elektrobusse nutzen – Ein Mosaikstein in der Elektromobilität wird in Braunschweig erprobt. Der Nahverkehr, (9): 18-20.
- Schnieder, E.; Schnieder, L. (2013): Verkehrssicherheit: Masse und Modelle, Methoden und Massnahmen für den Strassen- und Schienenverkehr. Springer Vieweg.
- statista (2014): Europäische Union: Urbanisierungsgrad in den Mitgliedsstaaten im Jahr 2014. <http://de.statista.com/statistik/daten/studie/249029/umfrage/urbanisierung-in-den-eu-laendern/>.
- Treiber, M.; Kesting, A. (2010): Verkehrsdynamik und -simulation: Daten, Modelle und Anwendungen der Verkehrsflussdynamik. Springer-Lehrbuch. Springer Berlin Heidelberg.
- Weemaes, G. (2016): Stromtankstellen Statistik für Deutschland. <https://www.goingelectric.de/stromtankstellen/statistik/Deutschland/>.

Les originaux de PCI

PCI Polyfix[®] – un multitalent pour chaque chantier

Depuis des années les professionnels font confiance au mortier à prise rapide PCI Polyfix[®] pour la réparation, le montage et la fixation d'anneaux de cuvelage ainsi que l'ancrage d'huisseries métalliques ou de tuyaux dans la construction et le génie-civil. Pourquoi ? Ces produits fiables combinent souplesse et rapidité avec un meilleur confort de travail.



PCI Bauprodukte AG · Im Tiergarten 7 · 8055 Zürich
Tel. 058 958 21 21 · Fax 058 958 31 22 · pci-ch-info@basf.com

Einsatz von Wassernebelanlagen bei Tunnelbränden – eine neue Bedingung für die Ereignislüftung

Der Einsatz von Wassernebelanlagen in Strassentunneln wird seit Langem diskutiert. In einigen europäischen Tunneln wurden bereits Wassernebelanlagen installiert. In grossmasstäblichen Brandversuchen wurde zwar gezeigt, dass Wassernebel die Entwicklung eines Grossbrands hemmen kann. Wenig untersucht ist jedoch das optimale Zusammenwirken der Wassernebelanlagen mit anderen Sicherheitssystemen im Tunnel. In einem internen Forschungsprojekt wird derzeit die gegenseitige Beeinflussung einer Wassernebelanlage und der Tunnellüftung untersucht. Ziel ist die Erweiterung von bestehenden Berechnungswerkzeugen, die den Einfluss von Wassernebelanlagen berücksichtigt.

Automatische, fest installierte Brandbekämpfungsanlagen sollen dazu dienen, einen Brand möglichst frühzeitig einzudämmen, um die Entwicklung eines Grossbrandes zu verhindern. Für Gebäude und Industrieanlagen ist der Einsatz automatischer Brandbekämpfungsanlagen technischer Standard. Es stehen den Planern detaillierte Ausführungsrichtlinien zur Verfügung.

Die Anwendung in Strassentunneln wird international seit vielen Jahren diskutiert. In der Schweiz sind ortsfeste Brandbekämpfungsanlagen in Strassentunneln generell nicht vorgesehen. Die Brandbekämpfung erfolgt zunächst durch die Verkehrsteilnehmer und nach einer Interventionszeit durch die Feuerwehr. In Deutschland gibt es zwei Anlagen mit Schaumlöschsystemen (Pörzbergtunnel und Jagdbergtunnel). In Österreich, den Niederlanden, Spanien und einigen anderen europäischen Ländern wurden bzw. werden Wassernebelanlagen in Strassentunneln installiert. Seit 2014 gilt in Österreich eine aktualisierte Richtlinie RVS 09.02.51 zur Ausführung



VON
DR. INGO RIESS
Senior Consultant,
Amstein + Walthert Progress AG

von ortsfesten Brandbekämpfungsanlagen in Strassentunneln. Sie kommen in Österreich meist dann zum Einsatz, wenn ein Versagen des Bauwerks katastrophale Auswirkungen auf Installationen oder Gebäude oberhalb des Tunnels haben kann.

Die übergeordneten Schutzziele der Sicherheitseinrichtungen von Strassentunneln sind stets der Personenschutz und teilweise zusätzlich der Bauwerksschutz. In Risikobetrachtungen wird die Verfügbarkeit der Verkehrsverbindung zunehmend berücksichtigt. Sie wird damit zu einem Argument für die Realisierung einer Brandbekämpfungsanlage: Werden bei einem Brandereignis Schäden am Bauwerk vermindert, kann der Tunnel bedeutend schneller wieder für den Verkehr freigegeben werden.

Schutzziele der Wassernebelanlage

Die Schutzziele von Wassernebelanlagen lassen sich qualitativ wie folgt formulieren:

Anzeige



Morf AG
Aspstrasse 6
8154 Oberglatt
www.morf-ag.ch
info@morf-ag.ch

**Sicherheit
auf der
ganzen Linie!**

Filialen
Emmenbrücke LU
Niederurnen GL
St. Gallen SG
Cham ZG
Trimmis GR
Oberentfelden AG
Oberglatt ZH

Markierungen + Signalisationen

- Stadt- und Gemeindestrassen
- Kantonsstrassen
- Autobahnen

Tel. 0848 22 33 66 / Fax 0848 22 33 77



1 | Test einer Wassernebelanlage im City-Tunnel Bregenz [ohne Lüftung].
 1 | Test d'un système brouillard d'eau dans le tunnel urbain de Bregenz [sans ventilation].

- Hemmen der Brandentwicklung bzw. Reduktion der Wärme- und Rauchfreisetzung
- Verhindern eines Feuerübersprungs auf andere Fahrzeuge
- Verbessern der Einsatzbedingungen für die Feuerwehr
- Schutz des Bauwerks durch verminderte Temperatureinwirkung
- Aufrechterhalten der Betriebsbedingungen anderer Sicherheitssysteme, z.B. Vermeidung einer Überhitzung des Lüftungssystems

Als wesentliche Nebenwirkung von Wassernebelanlagen ist die Einschränkung der Sichtverhältnisse zu nennen, durch den Wassernebel selbst und auch durch Rauch, der sich ungünstiger im Tunnel verteilen kann. Durch schlechte Sicht können sich die Fluchtchancen von Tunnelnutzern verschlechtern. Abbildung 1 deutet die Sichtverhältnisse im Wassernebel in einem Test an.

International werden die Schutzziele unterschiedlich gewichtet. Während in Deutschland der Einsatz der Rettungskräfte unterstützt werden soll, steht in Österreich der Bauwerksschutz im Vordergrund.

Die Schutzziele der Wassernebelanlagen werden erreicht, indem die Temperaturen am Brandort durch Verdampfen der Tropfen verringert werden. Wärmestrahlung wird verringert, indem Wassertropfen einen Teil der Strahlung aufnehmen. Wenn grössere Tropfen bis zum Brand vordringen, wird die Sauerstoffzufuhr zum Brand verringert, wodurch die Brandleistung reduziert werden kann. Die Verringerung der Brand-

ausbreitung ist in erster Linie eine Folge der Kühlung und der Reduktion der Wärmestrahlung.

Lange wurde in der Fachwelt diskutiert, wann bei einem Brandereignis der Einsatz von Wassernebelanlagen erfolgen soll. Zum Teil wurde eine Zeitverzögerung gefordert, damit sich alle Personen ohne Sichtbehinderung aus dem Gefahrenbereich in Sicherheit bringen konnten. Derzeit scheint sich die Ansicht durchzusetzen, Wassernebelanlagen möglichst schnell einzuschalten. Durch den frühzeitigen Einsatz kann die Brandentwicklung merklich verzögert oder gestoppt werden. Es wird davon ausgegangen, dass der Brand detektiert wird, bevor er eine grosse Brandleistung entwickelt. Andererseits muss vor der Aktivierung der Wassernebelanlage der Verkehr zuverlässig angehalten werden, um Folgeunfälle aufgrund der eingeschränkten Sichtverhältnisse zu vermeiden. Verschiedene Sicherheitssysteme müssen zusammenwirken, um eine optimale Wirkung zu entfalten.

Schutzziele der Tunnellüftung

Als Schutzziel der Tunnellüftung im Ereignisfall wird die Minimierung der Ausbreitung und der Konzentration der bei einem Ereignis entstehenden Schadstoffe im Fahrraum und im Bereich der Fluchtwege angegeben. Für fliehende Personen sollen im Fahrraum ausreichende Sichtverhältnisse geschaffen und sichere Bereiche rauchfrei gehalten werden. Dazu werden je nach Lüftungssystem unterschiedliche Strategien verfolgt, z.B. einseitiger Rauchabtrieb, Aufrechterhalten einer Rauchsichtung oder gezielte Absaugung des Rauchs aus



2 | Stabile Rauchschtichtung bei einem Brandversuch (ohne Wassernebel).
2 | Stratification stable de la fumée lors d'un essai de réaction au feu (sans brouillard d'eau).

dem Fahrraum. Abbildung 2 zeigt eine stabile Rauchschtichtung während eines Brandversuchs in einem Strassentunnel ohne den Einsatz einer Wassernebelanlage.

Bisherige Untersuchungen

Die Wirksamkeit und auch die Wirtschaftlichkeit von ortsfesten Brandbekämpfungsanlagen wurden in diversen Forschungsprojekten untersucht. Diese Studien kommen zum Ergebnis, dass ortsfeste Brandbekämpfungsanlagen das Potenzial haben, die Personensicherheit positiv zu beeinflussen. Unter bestimmten Rahmenbedingungen können sie als kompensatorische Massnahme auch wirtschaftlich realisiert werden. Entsprechend den Schutzziele der ortsfesten Brandbekämpfungsanlagen konzentrieren sich bisherige Untersuchungen auf die Einwirkungen des Löschmittels auf

- Temperaturreduktion
- Beeinflussung des Brandes (Wärmefreisetzung, Brandausbreitung)
- Wirkung auf Sichtverhältnisse und Rauchgaskonzentration
- Wirkung auf das Fluchtverhalten der Tunnelnutzer

Bei der Rückwirkung der ortsfesten Brandbekämpfungsanlagen auf die Sicherheitseinrichtungen im Tunnel wird in der Regel auf verminderte Temperaturexposition, auf die Wasserversorgung und auf die Entwässerung verwiesen. Die Einbindung der Anlagen in die hochentwickelten und komplexen Sicherheitssysteme europäischer Strassentunnel ist weniger untersucht als die Wirksamkeit der Anlagen auf Brandentwicklung und Temperaturverteilung.

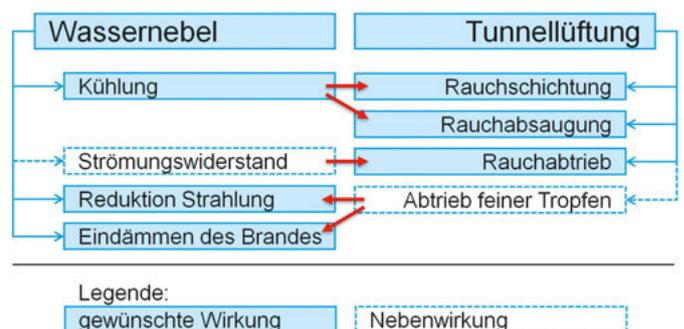
Die Wirkung des Wassernebels auf das Fluchtverhalten der Tunnelnutzer ist erst seit wenigen Jahren Gegenstand der Forschung. Erste Ergebnisse deuten darauf hin, dass der

frühzeitige Einsatz von automatischen Löschanlagen eine gute Kommunikation und Information der Tunnelbenutzer erfordert.

Fragen stellen sich zudem zur Wechselwirkung der Wassernebelanlage mit anderen technischen Systemen, wie der Tunnellüftung. Einige Wirkungen und Nebenwirkungen von Wassernebel und Tunnellüftung sind in Abbildung 3 dargestellt. Die roten Pfeile zeigen, welche Wirkung des einen Systems die Wirkung des anderen Systems behindert. Beispielsweise kühlt der Wassernebel die Umgebung des Brandes. Die Kühlung aber kann eine Rauchschtichtung zerstören und so auch die Rauchabsaugung aus dem Fahrraum beeinträchtigen.

Komplexe Wechselwirkung

Die Erkenntnisse aus bisherigen Untersuchungen stützen sich auf Beobachtungen aus Versuchsreihen und auf numerische Strömungssimulationen. In der nun laufenden Untersuchung werden einzelne Wirkungen der Wassernebelanlage auf die Luftströmung und damit auf die Tunnellüftung analysiert. Ziel des Forschungsprojekts ist eine Evaluierung und nach



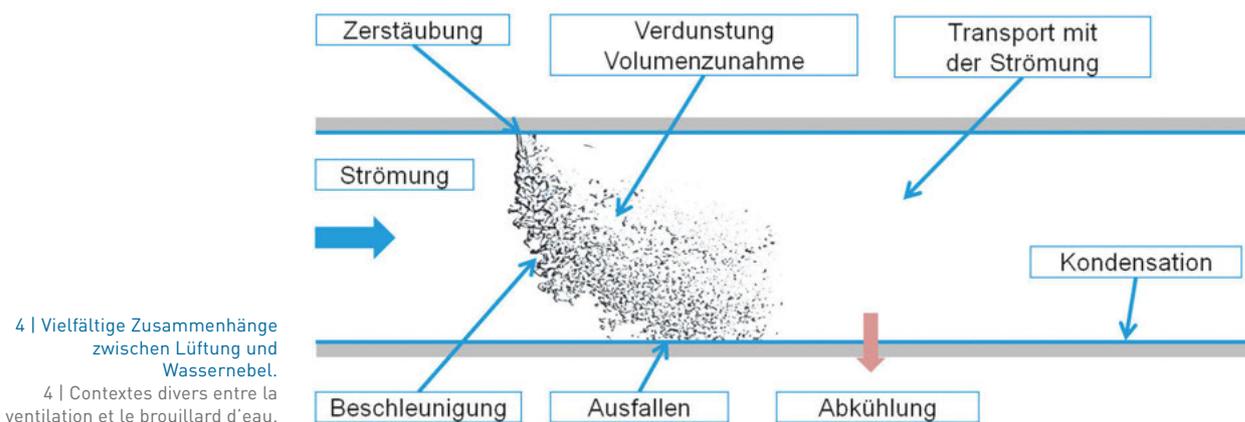
3 | Wirkungen und Nebenwirkungen der Sicherheitssysteme.
3 | Effets et effets secondaires des systèmes de sécurité.

Möglichkeit Quantifizierung einer Reihe von Wechselwirkungen zwischen Wassernebel und Luftströmung: Die Längsströmung im Tunnel wird von der Lüftungsanlage angetrieben. An der Düse der Wassernebelanlage erfolgt die Zerstäubung des Löschwassers in kleine Tropfen. Die Zerstäubung hängt von der Düsengeometrie und vom Wasserdruck ab. Nach dem Zerstäuben der Tropfen werden diese von der Längsströmung im Tunnel umgelenkt und beschleunigt. Auch die Bewegung der Tropfen ist von ihrer Grösse abhängig. Grosse Tropfen fallen rasch auf den Boden aus, während kleine Tropfen weit in Strömungsrichtung verfrachtet werden können. Während der Bewegung durch die Strömung verdunsten oder – bei hohen Temperaturen – verdampfen die Tropfen. Die Verdampfung bewirkt eine Volumenzunahme und gleichzeitig eine Kühlung der Luftströmung. Die noch immer warme und feuchte Luft wird durch den Tunnel transportiert. Im Kontakt mit der Tunnelwand kühlt sie weiter ab. Dabei fällt Wasser durch Kondensation an der Tunnelwand aus. Abbildung 4 zeigt schematisch physikalische Prozesse, mit denen die Wechselwirkung zwischen Wassernebel und Tunnellüftung beschrieben werden kann.

Erste Ergebnisse

In einem ersten Schritt werden die physikalischen Prozesse isoliert betrachtet. Durch die Isolation können die einzelnen Prozesse auf grundsätzliche Fragestellungen der Strömungsmechanik und der Thermodynamik reduziert werden, die in der Fachliteratur gut dokumentiert sind. In der Analyse werden Kräfte-, Wärme- und Stoffbilanzen erstellt und ausgewertet. Im Gesamtzusammenhang ist stets zu beachten, welche Randbedingungen für den einzelnen Prozess relevant sind und welche vernachlässigt werden können. Auf Basis dieser analytischen Untersuchung können einige der Thesen des Forschungsprojekts bereits bestätigt werden:

- Praktisch die gesamte Wassermenge, die in den Tunnel eingebracht wird, wird auf die Geschwindigkeit der Längsströmung beschleunigt. Sofern die Einspritzung symmetrisch erfolgt, hat die Anfangsgeschwindigkeit der Tropfen keinen Einfluss auf die Längsströmung. Insgesamt bewirkt das Löschwasser für die Tunnellüftung einen zusätzlichen Druckwiderstand. Dieser Widerstand ist abhängig von der Wassermenge und von der Luftströmung.



Anzeige

DIE GRAFFITISCHUTZ-SPEZIALISTEN

www.desax.ch

DESAX AG
Ernetschwilerstr. 25
8737 Gommiswald
T 055 285 30 85

NEU

DESAX AG
Felsenaustrasse 17
3004 Bern
T 031 552 04 55

DESAX AG
Ch. Mont-de-Faux 2
1023 Crissier
T 021 635 95 55

Graffitienschutz
Betonschutz
Desax Betonkosmetik
Betongestaltung
Betonreinigung



DESAX
Schöne Betonflächen

- Durch den Einsatz einer Wassernebelanlage wird die Brandleistung im Tunnel vermindert. Dieser Einfluss ist schwierig zu quantifizieren, da er stark von der Geometrie des Brandes (offen oder im Fahrzeuginneren), von der zeitlichen Brandentwicklung und vom Einschaltzeitpunkt der Löschanlage abhängig ist. In der Fachliteratur werden Modelle beschrieben, die von einer 50-prozentigen Verminderung der Brandleistung ausgehen. Der Einfluss auf die Strömungsgeschwindigkeit für die Lüftungsauslegung ist deutlich geringer, sofern nicht die Rauch- und Temperaturschichtung durch den Wassernebel vollständig aufgehoben wird.
- Stromab vom Tunnelabschnitt, in dem die Wassernebelanlage eingesetzt wird, ist die Luft durch den Brand erwärmt und vollständig mit Feuchtigkeit gesättigt (annähernd 100% relative Feuchte). Durch Abkühlung der feuchten Luft im Abluftkanal oder entlang des Tunnels kondensiert das Löschwasser an der kühleren Tunnelwand.

Zudem lässt sich zeigen, dass sich die Effekte aus Volumen-zunahme durch Wasserdampf und Volumenabnahme durch Kühlung zum grossen Teil aufheben. Insgesamt ist die Volumenabnahme durch Kühlung etwas grösser als das zusätzliche Dampfvolumen. So muss bei der Auslegung einer Rauchabsaugung die Absaugmenge nicht wegen einer Wassernebelanlage vergrössert werden.

Ausblick

Mit numerischen Simulationen sollen im zweiten Teil des Projekts die Ergebnisse der analytischen Untersuchung verifiziert werden. Auch in der Simulation werden einzelne Vorgänge nach Möglichkeit isoliert. Nur so sind differenzierte Aussagen möglich. Wenn die Ergebnisse der analytischen Untersuchung bestätigt sind, werden sie für die Anwendung in einem 1-D-Simulationsprogramm ausformuliert. Eindimensionale dynamische Simulationen der Tunnellüftung werden von Planern eingesetzt, um die Rauchausbreitung in einem Strassentunnel darzustellen und die Fluchtmöglichkeiten der Tunnelbenutzer zu analysieren. Bei Amstein + Walthert werden Simulationsprogramme intern entwickelt und gepflegt. Diese Programme können um ein Berechnungsmodul für die Wirkung von Wassernebelanlagen ergänzt werden.

Ortsfeste Brandbekämpfungsanlagen in Strassentunneln

Der Begriff der «ortsfesten Brandbekämpfungsanlagen» bezieht sich auf Technologien, die im Tunnel fest eingebaut sind und zur Brandbekämpfung Wasser, Wasser mit einem Zusatz oder andere Löschmittel verwenden. Beim Einsatz von Wasser als Löschmittel können Anlagentypen weiter differenziert werden, abhängig von der Auslöseart und der Tropfengrösse. Bezüglich der Auslösung wird zwischen Sprinkleranlagen und Sprühwasseranlagen unterschieden. Im Tunnel kommen in der Regel Sprühwasseranlagen zum Einsatz. Bei diesen erfolgt die Auslösung abschnittsweise manuell oder automatisch über die Brandmeldeanlage. Im Hochbau werden meist Sprinkler eingesetzt, die lokal z.B. durch Schmelzelemente ausgelöst werden.

Bei der Tropfengrösse wird zwischen Sprühflut- und Wassernebelanlagen unterschieden. Bei Wassernebelanlagen weisen 90% der Tropfen einen Durchmesser unter 1 mm auf. Wassernebelanlagen werden eingesetzt, wenn die Kühlung durch Verdunstung das primäre Ziel ist. Gerade wenn die Wassermenge begrenzt ist, kann die grosse Oberfläche der vielen kleinen Tropfen effizient genutzt werden.

	Ortsfeste Brandbekämpfungsanlage (BBA)			
Löschmittel	Schaum	Wasser mit/ohne Additive		
Auslösung	in Sektoren	lokal	in Sektoren	
		Sprinkler	Sprühwasser	
Tropfengrösse		> 1 mm	> 1 mm	< 1 mm
	Schaumlöscher	Sprinkler	Sprühflut	Wassernebel

Referenzen

- FSV (2014) Richtlinie Tunnelausrüstung, Ortsfeste Brandbekämpfungsanlagen RVS 09.02.51.
- ILF, STUVA, UR (2014) Wirksamkeit automatischer Brandbekämpfungsanlagen in Strassentunneln, FE 15.0563/2012/ERB (unveröffentlicht).
- ILF, A+W Progress (2014) Wirtschaftlichkeit automatischer Brandbekämpfungsanlagen in Strassentunneln, FE 15.0564/2012/ERB (unveröffentlicht).
- PIARC (2016) Fixed Fire Fighting Systems in Road Tunnels: Current Practices and Recommendations, Report 2016R03EN.
- A. Mühlberger, A. Lehan, A. Wierer, A. Plab (2016) Effect of Automatic Fixed Fire Fighting Systems on Tunnel Safety, 8th Int. Conf. Tunnel Safety and Ventilation, Graz.

Utilisation de systèmes brouillard d'eau lors des incendies dans les tunnels – une nouvelle condition pour les ventilations d'urgence

L'utilisation de systèmes brouillard d'eau dans les tunnels routiers fait l'objet de discussions depuis bien longtemps. Dans certains tunnels européens, des systèmes brouillard d'eau ont déjà été installés. Des essais de réaction au feu réalisés à grande échelle ont certes montré que le brouillard d'eau pouvait freiner le développement d'un incendie important. Mais la synergie optimale

des systèmes brouillard d'eau avec d'autres systèmes de sécurité dans le tunnel n'a été que fort peu examinée. Un projet de recherche interne examine actuellement l'influence mutuelle d'un système brouillard d'eau et de la ventilation de tunnel. L'objectif est de développer les outils de calcul existants; ce développement prend en compte l'influence des systèmes brouillard d'eau.

Sharing Economy: Blosser Hype oder echtes Versprechen?

Consommation collaborative: effet de mode ou réelle promesse?

Durch private Fahrgemeinschaften (Carpooling) lässt sich Energie einsparen. Dies zeigen die Ergebnisse eines Forschungsprojekts im Rahmen des Nationalen Forschungsprogramms «Steuerung des Energieverbrauchs» (NFP 71). Carpooling kann damit einen Beitrag zur Energiewende leisten. Im Sinne einer umfassenden Betrachtungsweise wurden neben den direkten Wirkungen erstmals auch systematisch Rebound- und Spillover-Effekte berücksichtigt. Auf Basis einer empirischen Untersuchung werden Massnahmen zur energetisch sinnvollen Förderung von Carpooling vorgeschlagen.

Le covoiturage privé (carpooling) permet de faire des économies d'énergie. C'est ce que montrent les résultats d'un projet de recherche effectué dans le cadre du programme national de recherche «Gérer la consommation d'énergie» (PNR 71). Le covoiturage peut ainsi apporter une contribution au virage énergétique. Sur la base des considérations poussées pour avoir une vue d'ensemble exhaustive, en plus des effets directs, les effets de rebond et d'émulation ont été pour la première fois pris en compte systématiquement. Un examen empirique a permis de proposer des mesures pour un encouragement du covoiturage énergétiquement rentable.

Die Sharing Economy ist in aller Munde. Das damit verbundene Konzept des «kollaborativen Konsums» gilt dank moderner Vernetzungsmöglichkeiten als viel-



VON
TOBIAS ARNOLD
MA Pol. Sc.
Wissenschaftlicher Mitarbeiter
INTERFACE Politikstudien
Forschung Beratung GmbH

versprechender Lösungsansatz für viele gesellschaftliche Herausforderungen, und fast immer wird dabei unterstellt, dass die Sharing Economy einen nachhaltigen und energiesparenden Konsum fördert. Bei genauerem Hinsehen gab es dafür bisher allerdings wenig wissenschaftliche Evidenz.

Zur Schliessung dieser Wissenslücke haben die Universität Zürich und Interface Politikstudien Forschung Beratung in Luzern das Forschungsprojekt «Hype or Promise? The Contribution of Collaborative Consumption to Saving Energy» lanciert. Das Projekt wird im Rahmen des Nationalen Forschungsprogramms «Steuerung des Energieverbrauchs» (NFP 71) des Schweizerischen Nationalfonds (SNF) durchgeführt. Um die Frage nach der Nachhaltigkeit des kollaborativen Konsums aus sozialwissenschaftlicher Sicht zu untersuchen, wurden 156 bestehende Sharing-Plattformen (fast



VON
FRIEDEL BACHMANN
lic. phil.
Doktorand Universität Zürich

L'économie collaborative est dans toutes les bouches: Grâce aux possibilités modernes d'interconnexion, le concept correspondant de la «consommation colla-

borative» est considéré comme approche d'une idée très prometteuse pour un grand nombre de défis de société et presque toujours, on présume que l'économie collaborative promet une consommation durable et économe d'énergie. Toutefois, en y regardant de plus près, on s'aperçoit que jusqu'à

maintenant, il n'existe que peu d'évidence scientifique.

Pour combler cette lacune, l'université de Zurich et Interface Politikstudien Forschung Beratung de Lucerne ont lancé le projet de recherche «Hype or Promise? The Contribution of Collaborative Consumption to Saving Energy». Le projet est réalisé dans le cadre du programme national de recherche «Gérer la consommation d'énergie» (PNR 71) du Fonds national suisse (FNS). Pour examiner la question du caractère durable de la consommation collaborative du point de vue des sciences sociales, 156 plates-formes de partage existantes (presque uniquement des plates-formes en ligne) de domaines les plus



VON
UELI HAEFELI
Prof. Dr., Titularprofessor für
Nachhaltige Mobilität Universität
Bern und Gesellschafter
INTERFACE Politikstudien
Forschung Beratung GmbH



1 | Vielfältige Ansätze der Sharing Economy.
1 | Approches diverses de l'économie collaborative.

ausnahmslos Online-Plattformen) aus den verschiedensten Bereichen des täglichen Lebens bezüglich deren Energie-sparpotenzial evaluiert.¹⁾

Eines der vielversprechendsten dieser Sharing-Beispiele ist Carpooling, welches im Rahmen dieses Projekts genauer untersucht wurde. Unter Carpooling (neuerdings auch oft als Ridesharing bezeichnet) wird hier in Abgrenzung von Carsharing das Bilden von privaten Fahrgemeinschaften für einen spezifischen gemeinsamen Weg verstanden. Der/die Fahrer/-in bestimmt das Ziel der Fahrt, und die Fahrt findet in den allermeisten Fällen auch statt, wenn keine Drittperson mitfährt. Der folgende Artikel beschreibt das Vorgehen und die zentralen Erkenntnisse.

Von der Evaluation der Angebotsvielfalt zu Energiebilanzen für Schlüsselprodukte

Das Forschungsprojekt bestand aus vier Arbeitspaketen:

- Ziel von **Arbeitspaket 1** war es, Beispielprodukte zu identifizieren, welche sich – weil besonders relevant – für eine vertiefte Analyse anbieten. Die Wahl fiel auf Angebote für das Teilen von Fahrstrecken (Carpooling, z.B. BlaBlaCar, e-covoiturage usw.) und – als Vergleich – Angebote für das Teilen von Wohnraum (z.B. Airbnb).
- Das **Arbeitspaket 2** zielte darauf ab, Faktoren zu identifizieren, die a) das Anbieten auf und b) das Nutzen von Sharing-Plattformen fördern beziehungsweise behindern. Sowohl für a) als auch für b) wurde mittels einer repräsentativen Nutzerumfrage überprüft, welche Rolle Vertrauen, Einstellungen und Normen auf das Anbieten beziehungsweise Nutzen solcher Plattformen haben.
- Das **Arbeitspaket 3** hatte zum Ziel, geeignete Massnahmen zu identifizieren, die am wirksamsten dazu beitra-

divers de la vie quotidienne ont été évaluées pour en connaître le potentiel d'économies d'énergie.¹⁾

L'un des exemples de partage les plus prometteurs est le covoiturage qui a été examiné plus en détail dans le cadre de ce projet. Par covoiturage (depuis peu souvent désigné par ridesharing), on entend la formation d'un groupe pour un trajet spécifique commun, on se démarque ici de l'auto-partage (carsharing). Le conducteur ou la conductrice détermine l'objectif du trajet et, la plupart du temps, le trajet a également lieu même si aucune autre personne ne l'accompagne. L'article suivant décrit la démarche et les enseignements principaux.

De l'évaluation de la diversité des offres aux bilans énergétiques pour des produits clés

Le projet de recherche se composait de quatre packages de travail:

- L'objectif du **package de travail 1** était d'identifier des produits pouvant servir d'exemples tout indiqués – car particulièrement pertinents – pour procéder à une analyse approfondie. Le choix tomba sur des offres de partage de trajets (covoiturage, p.ex. BlaBlaCar, e-covoiturage, etc.) et – pour comparaison – des offres pour le partage d'habitation (p.ex. AirBnB).
- Le **package de travail 2** a pour objectif d'identifier des facteurs qui encouragent ou empêchent a) l'offre et b) l'utilisation de plates-formes de partage. Pour a) et pour b), une enquête représentative effectuée auprès des utilisateurs a permis de vérifier le rôle que jouaient la confiance, les attitudes et les normes sur l'offre ou sur l'utilisation de ces plates-formes.
- Le **package de travail 3** avait pour objectif d'identifier des mesures appropriées contribuant le mieux à exploiter le potentiel d'économies d'énergie des deux produits.

¹⁾<http://www.nfp71.ch/en/projects/module-4-acceptance/sharing-hype-or-promise>, besucht am 26.4.2017.

gen, das Potenzial in Bezug auf die Energieeinsparungen der beiden Produkte auszuschöpfen.

- Das parallel dazu laufende **Arbeitspaket 4** beinhaltet die Berechnung der Energiebilanz, welche es erlaubte, die identifizierten Massnahmen zu vertiefen, um die positiven energetischen Effekte des Carpoolings zu stärken und die negativen abzuschwächen.

Die Berechnungen der Energiebilanz setzen sich im Wesentlichen aus folgenden drei Teilen zusammen (vgl. Abb. 2):

- **Direkte Effekte:** Der direkte Effekt bezieht sich auf den unmittelbar durch den Teilungsvorgang verursachten Energieverbrauch im Vergleich zur Alternative ohne Teilungsvorgang. Ebenfalls zu den direkten Effekten gehören die direkten Rebound-Effekte. Damit ist gemeint, dass ein Individuum eine geteilte Ressource häufiger, länger oder intensiver nutzt als ohne Sharing-Angebot.²⁾
- **Indirekter Rebound:** Durch die Nutzung des Sharing-Angebots kann es zu einer Erhöhung der Energieeffizienz der Ressourcennutzung kommen. In diesem Fall können indirekte Rebound-Effekte auftreten: Ein Individuum gibt das beim Teilen eingesparte Geld für anderes aus, das ebenfalls Energie verbraucht.
- **Spillover-Effekt:** Durch die Erfahrungen beim Teilen ergeben sich energierelevante Verhaltensänderungen bei der Nutzung anderer Ressourcen, welche nicht unmittelbar mit dem betrachteten Teilungsvorgang zusammenhängen (z.B. indem die Erfahrung mit Carpooling dazu führt, generell auf ein eigenes Autos zu verzichten oder dass auch andere Sharing-Angebote wie Airbnb benützt werden).

- **Le package de travail 4** effectué en parallèle contenait le calcul du bilan énergétique permettant d'approfondir les mesures identifiées pour renforcer les effets énergétiques positifs du covoiturage et d'en affaiblir les aspects négatifs.

Les calculs du bilan énergétique se composent essentiellement des trois parties suivantes (voir illustration 2):

- **Effets directs:** l'effet direct se réfère à la consommation d'énergie causée directement par l'opération de partage par rapport à l'alternative sans opération de partage. Les effets de rebond directs font également partie des effets directs. On pense ici à un individu qui utilise une ressource partagée plus souvent, plus longtemps ou plus intensivement que sans offre de partage.²⁾
- **Rebond indirect:** l'utilisation de l'offre de partage peut créer une augmentation de l'efficacité énergétique de l'utilisation des ressources. Dans ce cas, des effets de rebond indirects peuvent apparaître: avec le partage, un individu dépense l'argent économisé pour autre chose qui consomme aussi de l'énergie.
- **Effet d'émulation:** par les expériences faites avec le partage, on obtient des modifications de comportement pertinentes en matière d'énergie lors de l'utilisation d'autres ressources qui n'entrent pas directement dans le cadre direct de l'opération de partage observée (p.ex. l'expérience avec le covoiturage se traduit par le renoncement général à sa propre voiture ou à utiliser également à d'autres offres de partage comme Airbnb).



Energieeinsparung durch Carpooling

Die Berechnungen für die Energiebilanz des Carpooling stützen sich auf insgesamt 140 Nutzende und 79 Anbietende. Nachfolgend werden wiederum die Berechnungen für die einzelnen Elemente sowie die Gesamtbilanz erläutert.

- **Direkte Effekte:** Für die direkten Effekte wurde die Fahrt mit Carpooling mit der Fahrt im Alternativfall verglichen. Es zeigt sich, dass die Personen im Alternativfall insgesamt weniger ökologisch unterwegs sind. Der Effekt entsteht insbesondere dadurch, dass die grosse Mehrheit der Anbietenden die Fahrt ebenfalls mit dem Auto unternommen hätte, mit einem entsprechend tieferen Besetzungsgrad.

²⁾Für die Berechnung der direkten Effekte wurde der sogenannte hypothetische Ansatz verwendet: Die aktuelle Situation (und der aktuelle Energieverbrauch) wurde mit der Situation (und dem Energieverbrauch) im Falle ohne Sharing-Angebot verglichen.

Économies d'énergie par le covoiturage

Les calculs du bilan énergétique du covoiturage se basent sur au total 140 utilisateurs et 79 offrants. Les calculs des différents éléments ainsi que le bilan global sont expliqués par la suite.

- **Effets directs:** pour les effets directs, le trajet avec le covoiturage est comparé avec le trajet dans le cas alternatif. Il est démontré que, dans l'ensemble, le trajet des personnes ayant recours à l'alternative est moins écologique. L'effet survient en particulier par le fait que la grande majorité des offrants auraient également entrepris le trajet en voiture, avec un taux d'occupation plus faible.

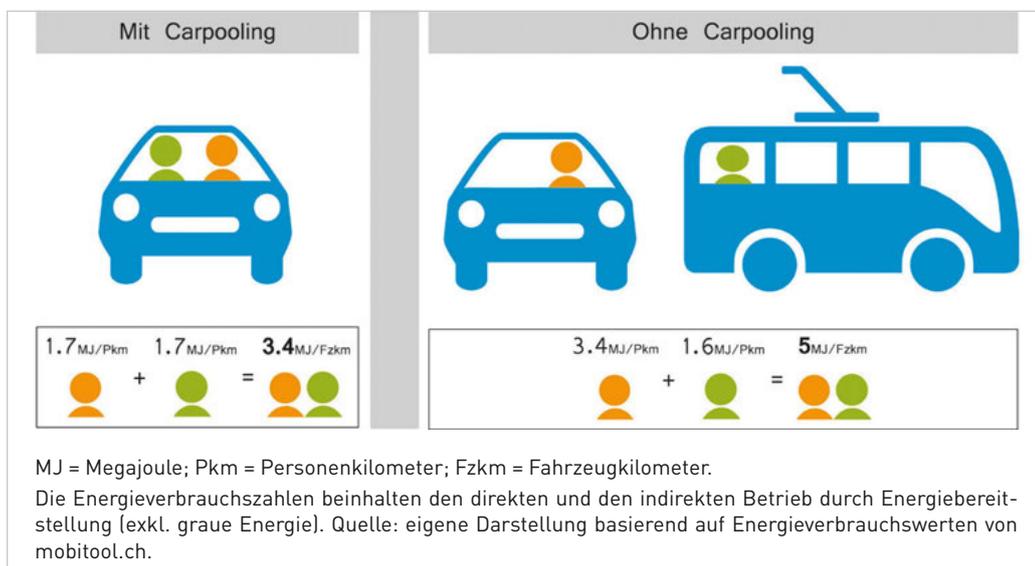
²⁾Pour le calcul des effets directs, on a eu recours à la situation hypothétique: la situation actuelle (et la consommation actuelle d'énergie) est comparée à la situation (et à la consommation d'énergie) sans offre de partage.

- **Indirekter Rebound:** Für die Berechnung des indirekten Rebound wurde betrachtet, wofür gesparte beziehungsweise verdiente Geldbeträge ausgegeben werden. Insgesamt kommt es hier zu einem Mehrkonsum und deshalb zu einem Energiemehrverbrauch. Im Vergleich zum Sharing-Angebot von Airbnb bewegen sich aber insbesondere die aufseiten der Anbietenden eingenommenen Geldbeträge auf einem sehr tiefen Niveau.
- **Spillover-Effekt:** Die Spillover-Effekte des Carpooling sind gering. Einerseits hat die Nutzung von Carpooling-Plattformen nur einen gewissen Teil der Befragten zur Nutzung anderer Sharing-Angebote motiviert. Andererseits zeigen weitere Berechnungen im Rahmen des gleichen Forschungsprojekts, dass Sharing-Angebote nicht zwangsläufig zu Energieeinsparungen führen.

Verrechnet man die Energiebilanzen aufseiten der Nutzenden mit jenen der Anbietenden, so ergibt sich insgesamt ein Minderverbrauch durch das Carpooling-Angebot. Diese energetisch vorteilhafte Gesamtbilanz ist insbesondere auf die direkten Effekte zurückzuführen: Bei einem Grossteil der Fahrten wäre die anbietende Person alleine im Auto unterwegs gewesen. Aufgrund des tieferen Besetzungsgrades wäre damit aber ein höherer Pro-Kopf-Energieverbrauch verbunden gewesen (vgl. Abbildung 3). Damit wäre der Verbrauch aufseiten der Anbietenden also ohne Carpooling gestiegen. Die nutzende Person auf der anderen Seite hätte ohne Carpooling zwar meistens öffentliche und damit energetisch bessere Verkehrsmittel gewählt. Dieser Energiemehrverbrauch durch Carpooling aufseiten der Nutzenden wird durch den Minderverbrauch aufseiten der Anbietenden aber klar übertroffen. Ein Einbezug der Rebound- und Spillover-Effekte verändert die Bilanz nur unwesentlich. Beide fallen beim Carpooling wenig ins Gewicht, viel weniger als beispielsweise bei Airbnb.

- **Rebond indirect:** pour le calcul du rebond indirect, l'observation se basait sur le déplacement des sommes d'argent économisées ou gagnées. Dans l'ensemble, on a observé ici un supplément de consommation et donc une consommation supplémentaire d'énergie. Mais, par rapport à l'offre de partage d'Airbnb, les sommes encaissées par les offrants, en particulier, se situent à un niveau très faible.
- **Effet d'émulation:** les effets d'émulation du covoiturage sont faibles: d'une part, l'utilisation de plates-formes de covoiturage n'a motivé qu'une certaine part des personnes interrogées pour le recours à d'autres offres de partage. D'autre part, d'autres calculs effectués dans le cadre du même projet de recherche montrent que les offres de partage ne se traduisent pas nécessairement par des économies d'énergie.

Si l'on fait le décompte des bilans énergétiques pour les utilisateurs avec ceux des offrants, on s'aperçoit qu'il existe une consommation moindre par le biais de l'offre de covoiturage. Ce bilan global avantageux au point de vue énergétique est dû en particulier aux effets directs: dans une grande partie des trajets les offrants auraient pris la route seuls, mais un niveau d'occupation plus faible se serait traduit par une consommation d'énergie par personne plus élevée (voir illustration 3). Sans covoiturage, la consommation côté offrant aurait, donc, augmenté. Sans covoiturage, l'utilisateur aurait la plupart du temps choisi les transports publics et donc un moyen de transport plus avantageux énergétiquement. Mais cette consommation supplémentaire d'énergie par le covoiturage, côté utilisateur, est largement dépassée par la consommation moindre côté offrant. Une intégration des effets de rebond et d'émulation modifie fort peu le bilan. Dans le covoiturage, les deux effets ne jouent qu'un faible rôle, beaucoup plus faible que pour Airbnb par exemple.



3 | Energieverbrauch pro Personen- und Fahrzeugkilometer mit und ohne Carpooling (direkte Effekte).
3 | Consommation d'énergie par kilomètre/personne et véhicule, avec et sans covoiturage (effets directs).

Wie lässt sich Carpooling sinnvoll fördern?

Die Berechnungen der Energiebilanz erlauben es, Wirkungsziele zu definieren. Diese zeigen auf, welche Wirkungen Massnahmen erzielen müssen, um die positiven energetischen Effekte des Carpoolings zu stärken und die negativen abzuschwächen. Beim Carpooling hat sich in der Berechnung der Energiebilanz gezeigt, dass das Energieeinsparungspotenzial vor allem bei Autopendlern/-innen gross ist, wenn sie auf Carpooling umsteigen. Auf der Haushaltsebene können eine Flottenänderung aufseiten von Carpooling-Nutzenden sowie die Reduktion des Mehrkonsums sowohl von Carpooling-Nutzenden als auch -Anbietenden zu Energieeinsparungen führen (vgl. Abbildung 4).

Die empirische Überprüfung der motivationalen Faktoren, bei Carpooling mitzumachen, hat Folgendes ergeben:

- Je besser der ökologische Nutzen (persönliche Norm) eingeschätzt wird...
- Je einfacher die Benutzung der Plattform (Verhaltenskontrolle) eingeschätzt wird...
- Je mehr das soziale Umfeld bei Carpooling mitmacht (soziale Norm)...

...desto ausgeprägter ist die Absicht, selbst als Fahrer/-in oder Mitfahrer/-in bei Carpooling mitzumachen.

Aus diesen Grundlagen abgeleitet, ergeben sich für Carpooling vier Massnahmenkategorien. Diese Massnahmen wurden im Rahmen eines «World Cafés» mit Akteuren aus Praxis, Wissenschaft und Verwaltung diskutiert und weiterentwickelt.

Massnahmenkategorie 1: Integration Carpooling in öffentliche Verkehrsinfrastruktur

Massnahmen dieser Kategorie zielen darauf ab, Carpooling-Systeme in die öffentliche Verkehrsinfrastruktur zu integrieren. So kann die Sichtbarkeit von Carpooling erhöht, die spontane Bildung von Fahrgemeinschaften gefördert und das Angebot der öffentlichen Verkehrsbetriebe erweitert werden. Die Massnahmen kommen vor allem den Wirkungszielen «Flottenänderung» und «Umstieg auf Carpooling» zugute. Durch die erhöhte Sichtbarkeit wird die Wahrnehmung von Carpooling als sozial akzeptierte oder gar gewünschte Fortbewegungsart gestärkt (soziale Norm) und die Sicherheitswahrnehmung gefördert (Einstellung). Zwei Beispiele für solche Massnahmen sind:

- **Etablierung von Park- und Pool-Angeboten:** Hier können sich Carpooling-Anbietende/-Nutzende treffen, um Fahrgemeinschaften zu bilden. Solche Parkplätze können beispielsweise mit ÖV-Haltestellen gekoppelt werden.
- **Integration in Fahrpläne:** Denkbar ist auch eine Integration von Carpooling-Angeboten in die ÖV-Fahrpläne.

Massnahmenkategorie 2: Sichtbarkeit erhöhen

Das Projektteam fasst unter dieser Kategorie Massnahmen zusammen, die dazu beitragen, dass die Alternative Carpooling von potenziellen Nutzenden/Anbietenden stärker wahr-

Wirkungsziele Effets visés	Erklärung Explication
1) Flottenänderung Changement de flotte	Verkauf eines Autos oder Verzicht auf ein Auto bei Carpooling-Nutzenden fördern Encourager la vente d'une voiture ou renoncement à la voiture chez les utilisateurs du covoiturage
2) Mehrkonsum entgegenwirken Contrecarrer la consommation supplémentaire	Zu hohen Einnahmen/Einsparungen durch Nutzung/Anbieten von Carpooling entgegenwirken Contrecarrer les recettes/économies trop importantes par l'utilisation/les offres de covoiturage
3) Autobesetzungsgrad erhöhen Augmenter le niveau d'occupation des voitures	Autofahrende Pendler/-innen zum Umstieg auf Carpooling bewegen Motiver les pendulaires en voiture à passer au covoiturage

4 | Wichtigste Wirkungsziele der Carpooling-Förderung.

4 | Effets visés les plus importants de l'encouragement au covoiturage.

Comment encourager le covoiturage de façon intelligente?

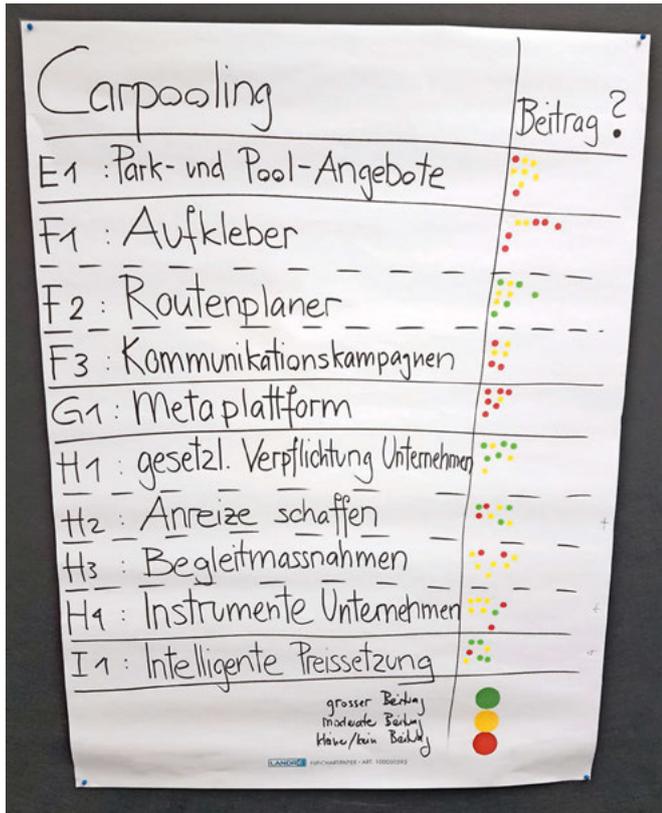
Les calculs du bilan énergétique permettent de définir des effets visés. Ils montrent les effets que les mesures doivent provoquer pour renforcer les effets énergétiques positifs du covoiturage et d'en affaiblir les aspects négatifs. Pour le covoiturage dans le calcul du bilan énergétique, on a découvert que le potentiel d'économies d'énergie est particulièrement important chez les pendulaires utilisant leur voiture s'ils passent au covoiturage. Au niveau du ménage, un changement de la flotte de la part des utilisateurs du covoiturage ainsi que la réduction de la consommation supplémentaire tant par les utilisateurs que les offrants de covoiturage peuvent se traduire par des économies d'énergie (voir illustration 4).

La vérification empirique des facteurs de motivation poussant à participer au covoiturage a donné les résultats suivants:

- plus l'utilité écologique (norme personnelle) est évaluée positivement...
- plus l'utilisation de la plate-forme est considérée comme simple (contrôle de comportement)...
- plus l'environnement social participe au covoiturage (norme sociale)...

... plus l'intention de participer au covoiturage comme conducteur/conductrice ou passager/passagère est importante.

Ces fondamentaux donnent lieu à quatre catégories de mesures pour le covoiturage. Ces mesures ont fait l'objet de dis-



5 | Diskussionsergebnis des «World Café». Unter «Beitrag?» wurde der Beitrag Energieeinsparung verstanden.

5 | Résultats des discussions du «World Café». Sous «contribution?», il a été compris contribution économie d'énergie.

genommen wird und der Umstieg auf das Carpooling gefördert wird. Eine hohe Sichtbarkeit vermittelt den Eindruck, dass Carpooling «normal» ist (soziale Norm). Beispiele für mögliche Massnahmen sind:

- **Aufkleber:** Öffentliche Akteure sowie Carpooling-Plattformen produzieren und verbreiten Aufkleber, die von Anbietenden genutzt werden können, um ihre Teilnahme an einer Fahrgemeinschaft zu signalisieren.
- **Einbindung in Routenplaner:** Carpooling-Plattformen sollen in verbreitete Routenplaner eingebaut werden – insbesondere in solche, die nur auf Autofahrer/-innen ausgelegt sind.
- **Kommunikationskampagnen:** Unternehmen, welche Carpooling aktiv fördern und dies entsprechend in der Firma kommunizieren.

Massnahmenkategorie 3: Angebotsbündelung

Voraussetzung für das erfolgreiche Zustandekommen von Fahrgemeinschaften ist, dass Anbietende und Nutzende auf der Carpooling-Plattform ein passendes Gegenüber finden. Diese Wahrscheinlichkeit wird erhöht, wenn viele Angebote auf der Plattform zu finden sind. Es braucht also Massnahmen, welche die Angebote plattformübergreifend bündeln. Eine solche Massnahme ist:

- **Einrichtung Metaplattform:** Der Bund initiiert die Einrichtung einer übergreifenden Plattform, über welche alle aktuell existierenden Carpooling-Plattformen und deren Angebote laufen.

cussions und d'un développement dans le cadre d'un «World Café» qui a eu lieu avec des acteurs venant de la pratique, de la science et de l'administration.

Catégorie de mesures 1: intégration du covoiturage dans l'infrastructure des transports publics

Les mesures de cette catégorie visent à intégrer les systèmes de covoiturage dans l'infrastructure des transports publics. Cela peut améliorer la visibilité du covoiturage encourage la formation spontanée de covoiturage et étendre l'offre des transports publics. Ces mesures veulent tout d'abord profiter aux effets visés «changement de flotte» et «passage au covoiturage». Cette meilleure visibilité renforce la perception du covoiturage comme mode de déplacement accepté socialement voire souhaité (norme sociale) et encourage la perception de sécurité (attitude). Deux exemples de ces mesures:

- **Offres de parcs de stationnement et de regroupement:** les offrants et les utilisateurs du covoiturage peuvent s'y rencontrer pour former des covoiturages. De tels parcs de stationnement peuvent être associés à des arrêts TP.
- **Intégration dans les horaires:** une intégration des offres de covoiturage dans les horaires des TP serait possible.

Catégorie de mesures 2: améliorer la visibilité

Dans cette catégorie, l'équipe de projet regroupe les mesures contribuant à ce que l'alternative qu'est le covoiturage soit mieux perçue par les utilisateurs/offrants potentiels et à encourager le covoiturage. Une meilleure visibilité donne l'impression que le covoiturage est une chose «normale» (norme sociale). Exemples de mesures possibles:

- **Autocollants:** des acteurs publics ainsi que des plateformes de covoiturage produisent et distribuent des autocollants que les offrants peuvent utiliser pour signaler leur participation à un covoiturage.
- **Intégration dans les calculateurs d'itinéraire:** les plateformes de covoiturage doivent être intégrées dans les calculateurs d'itinéraire – en particulier dans ceux qui sont conçus uniquement pour les conducteurs/conductrices.
- **Campagnes de communication:** les entreprises qui encouragent activement le covoiturage et le communiquent clairement au sein de l'entreprise.

Catégorie de mesures 3: concentration de l'offre

La condition de la réussite d'une mise en œuvre de covoiturage est que les offrants et les utilisateurs trouvent la personne adaptée sur la plate-forme de covoiturage. Cette probabilité augmente si l'on trouve un grand nombre d'offres sur la plate-forme. Des mesures sont donc nécessaires pour regrouper les offres sur plusieurs plates-formes. Une mesure est:

- **Mise en œuvre d'une méta-plate-forme:** la Confédération conçoit la création d'une multiplate-forme sur laquelle figurent toutes les plates-formes de covoiturage existant actuellement ainsi que leurs offres.

Massnahmenkategorie 4: Mobilitätsmanagement in Unternehmen (Pendlerverkehr)

Die Energiebilanz zeigt, dass insbesondere Autopendler/-innen zum Umstieg auf Carpooling motiviert werden müssen, damit das Potenzial von Carpooling ausgeschöpft wird (Wirkungsziel 3). Beispielhafte Massnahmen sind:

- **Gesetzliche Verpflichtung für Unternehmen:** Die Unternehmen werden ab einer gewissen Grösse gesetzlich verpflichtet, ihren Einfluss auf den Pendlerverkehr zu analysieren und Massnahmen gegen die von ihnen mitverursachten Pendlerströme zu ergreifen. Bei der Ausarbeitung der Massnahmen ist ein besonderer Fokus auf die Förderung des Carpooling sinnvoll.
- **Anreize schaffen:** Unternehmen schaffen Anreize für Mitarbeitende, auf Carpooling umzusteigen. Ein Beispiel dafür ist die Garantie für einen (Gratis-)Parkplatz für Mitarbeitende, die den Arbeitsweg in einer Fahrgemeinschaft zurücklegen.
- **Begleitmassnahmen:** Unternehmen fördern das Carpooling im Unternehmen über Begleitmassnahmen wie etwa eine Garantie zur Hin-/Rückfahrt, wenn in einer Fahrgemeinschaft der/die Fahrer/-in ausfällt (Verhaltenskontrolle), das Sichtbarmachen von Carpoolern (soziale Norm) oder die Verleihung von Umweltzertifikaten für Personal, welches sich umweltfreundlich verhält (persönliche Norm).
- **Instrumente für Unternehmen:** Den Unternehmen werden Instrumente zur Verfügung gestellt, die ihnen erlauben, den Bedarf für Carpooling intern zu analysieren und geeignete Massnahmen für den jeweiligen Kontext zu entwickeln.

Im Rahmen der Diskussionen im «World Café» wurden die Potenziale der einzelnen Massnahmen von den Teilnehmenden sehr unterschiedlich beurteilt. Das grösste Potenzial sahen die Teilnehmenden bei den Massnahmen «Einbindung in Routenplaner» sowie «gesetzliche Verpflichtungen für Unternehmen».

Fazit

Carpooling kann aufgrund der vorliegenden Forschungsergebnisse zur Energiewende beitragen. Dieser Befund gilt auch, wenn neben den direkten Wirkungen zusätzlich Rebound- und Spillover-Effekte in die Analyse einbezogen werden. Die Energieeinsparung entsteht insbesondere dadurch, dass die grosse Mehrheit der Anbietenden die Fahrt mit einem entsprechend tieferen Besetzungsgrad ebenfalls mit dem Auto unternommen hätte. Zuhanden der Politik wurde aufgrund dieser Befunde ein Massnahmenpaket zur Förderung von Carpooling entwickelt. Dieses umfasst die vier Bereiche «Integration Carpooling in öffentliche Verkehrsinfrastruktur», «Sichtbarkeit erhöhen», «Angebotsbündelung» und «Mobilitätsmanagement in Unternehmen». Das grösste Potenzial des Carpooling dürfte im Bereich des Pendlerverkehrs liegen. Im Rahmen eines an dieses Projekt anschliessenden Umsetzungsprojekts werden diese Potenziale und die Wirksamkeit der Fördermassnahmen in Zusammenarbeit mit Unternehmen in der Praxis untersucht.

Catégorie de mesures 4: gestion de la mobilité dans l'entreprise (trafic pendulaire)

Le bilan énergétique montre que ce sont principalement les pendulaires venant en voiture qui doivent être motivés pour qu'ils passent au covoiturage afin d'exploiter au maximum le potentiel du covoiturage (effet visé 3). Exemples de mesures:

- **Obligation légale pour les entreprises:** à partir d'une certaine taille, les entreprises seront obligées d'analyser leur influence sur le trafic pendulaire et de prendre des mesures contre les flux de pendulaires qu'elles occasionnent. Lors de l'élaboration des mesures, il est attribué une attention particulière à la promotion du covoiturage.
- **Créer des incitations:** les entreprises adoptent des mesures d'incitation pour les collaborateurs afin qu'ils passent au covoiturage. Un exemple est la garantie d'une place de stationnement (gratuite) pour les collaborateurs qui se rendent au travail en covoiturage.
- **Mesures associées:** les entreprises encouragent le covoiturage dans l'entreprise en recourant à des mesures associées comme, par exemple, une garantie pour l'aller-retour si le conducteur/la conductrice d'un covoiturage est absent(e) (contrôle de comportement), la visibilité des personnes participant au covoiturage (norme sociale) ou l'attribution de certificats environnementaux au personnel ayant un comportement écologique (norme personnelle).
- **Instrumentes pour les entreprises:** les entreprises disposent des instruments permettant d'analyser en interne le besoin de covoiturage et de développer des mesures ad hoc en fonction du contexte seront mis à la disposition des entreprises.

Dans le cadre des discussions dans le «World Café», les potentiels des diverses mesures ont été évalués de façon très différente par les participants. À leur avis, le plus gros potentiel résidait dans les mesures «intégration dans les calculateurs d'itinéraire» et dans les «obligations légales pour les entreprises».

Conclusion

En raison des présents résultats de recherche, le covoiturage peut contribuer au virage énergétique. Cette conclusion s'applique également si, outre les effets directs, on intègre en plus les effets de rebond et d'émulation dans l'analyse. L'économie d'énergie intervient en particulier par le fait que la grande majorité des offrants auraient également entrepris le trajet en voiture, avec un taux d'occupation plus faible. Ces conclusions ont donné lieu à l'élaboration d'un paquet de mesures de promotion du covoiturage à l'attention de la politique. Ce paquet compte quatre domaines «Intégration du covoiturage dans l'infrastructure des transports publics», «Augmentation de la visibilité», «Concentration de l'offre» et «Gestion de la mobilité». Il semble que le plus grand potentiel du covoiturage réside dans le trafic pendulaire. Dans le cadre d'un projet de mise en œuvre qui suivra ce projet, ces potentiels et l'efficacité des mesures d'encouragement seront éprouvés en pratique plus en détail en collaboration avec les entreprises.

Colloque franco-suisse à Neuchâtel

Des anciennes mines d'asphalte aux nouvelles technologies des transports

Les 11 et 12 mai derniers, les délégués du CEREMA (Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement) et de la VSS ont été accueillis par le Dr Dieter Wepf, président de la VSS, dans la belle ville de Neuchâtel pour la 29^e édition du colloque franco-suisse. La rencontre 2017 a permis entre autres de poursuivre les échanges sur le thème de la mobilité urbaine, abordé l'année dernière à Strasbourg, en mettant l'accent sur les aspects sécurité.

Atelier «sécurité en milieu urbain»:

Audit de sécurité et analyse des points noirs: Les premières réflexions sur la problématique de la sécurité en milieu urbain ont débuté en France à la fin des années 80 et ont abouti, dès 1992, à la publication d'un ouvrage de référence, encore d'actualité. En Suisse, la ville de Berne a joué un rôle précurseur en lançant dès 1993 un plan de sécurité routière qui a permis de réduire le nombre d'accidents. Les deux pays disposent d'outils de référence pour la réalisation d'audits de sécurité (instruments de sécurité de l'infrastructure – ISSI, en Suisse, et inspection routière des itinéraires, ISRI et checklist permettant d'analyser entre autre les aménagements pour piétons et carrefours en France).

Est abordé ensuite le thème du **trafic cycliste**. La France s'est dotée récemment de nouveaux outils pour faciliter et sécuriser la circulation des cyclistes dans le cadre du plan d'action pour les mobilités actives, comprenant entre autres l'introduction de la vélorue, permettant aux cyclistes de circuler dans l'axe de la chaussée d'une rue étroite, évitant d'être dépassés dans des conditions non satisfaisantes, ou encore les chaussées à voie centrale banalisée, qui tiennent compte des cyclistes dans les cas rares où les contraintes géométriques et circulatoires rendent impossible le recours aux aménagements cyclables traditionnels. En Suisse, des projets pilotes de rues cyclables sont en cours dans les villes de Bâle, Berne,

Lucerne, St Gall et Zurich. Les résultats des tests sont attendus pour novembre 2017.

Pour conclure les discussions de l'atelier, sont présentés d'une part le projet de **gestion coordonnée du trafic** au sein de l'agglomération Lausanne-Morges (26 communes) qui permettra de gérer l'accès à l'agglomération de tous les modes de transport, d'intégrer les nouvelles structures TP et de gérer les grands chantiers à venir et d'autre part, deux exemples concrets en France soit «Coral» qui assure la coordination des exploitants des voies structurantes de l'agglomération lyonnaise et «Campustrafic», système de gestion globale des déplacements dans l'agglomération toulousaine.

Atelier 2: Du recyclage des enrobés aux néophytes invasives

Au sein de l'atelier environnement, les discussions ont tout d'abord porté sur la problématique du recyclage des enrobés bitumineux – dont l'utilisation est comparable dans les deux pays – sous les angles technique et environnemental. Les participants ont ensuite été informés sur les résultats de l'étude PLANET (Potentiel et Analyse des Enrobés Tièdes) publiés récemment, puis ont parlé de l'utilisation de l'enrobé à froid, marginale car contraignante, et de l'enrobé coulé à froid (fabriqué sur le chantier) peu utilisé en Suisse.



1 | Georges Tempez, directeur CEREMA-ITM, parle de la stratégie française face à l'évolution technologique.

1 | Georges Tempez, Leiter des CEREMA-ITM, referiert über die französische Strategie hinsichtlich der technologischen Weiterentwicklung.



2 | Dieter Wepf, président de la VSS, informe sur les activités de l'association depuis le printemps 2016
 2 | VSS-Präsident Dieter Wepf informiert über die Tätigkeit des Verbands seit dem Frühjahr 2016.

En dernière partie, la discussion a eu pour objet la problématique des néophytes invasives dont la propagation se fait entre autre par les infrastructures de transport. En Suisse, parmi les 107 espèces exotiques considérées comme invasives, 11 espèces sont interdites par la loi. La lutte, difficile, est basée dans les deux pays sur la prévention et, dans la mesure du possible, sur l'éradication.

L'après-midi, les participants sont partis à la découverte de la région. Après s'être plongés dans le passé en visitant les mines d'asphalte du Val de Travers, ils ont pu entendre l'histoire mouvementée de la Fée verte tout en dégustant quelques spécialités locales. La journée s'est terminée par un repas convivial dans le noble cadre de l'Hôtel DuPeyrou.

Transports et digitalisation

Le vendredi matin, les discussions ont été consacrées aux nouvelles technologies touchant les infrastructures de transport. M. Georges Tempez, directeur du CEREMA-ITM, a présenté différentes mesures mises sur pied en France pour y faire face, dont entre autre, un programme d'investissements lancé dès 2010 pour soutenir la recherche, permettre la création de nouveaux produits et promouvoir le passage à l'ère numérique. Il n'existe actuellement pas de stratégie à long terme, l'objectif de l'état français étant avant tout de rester vigilant face à la rapidité de l'évolution technologique

et d'adapter ses positions en conséquence. Jean-Bernard Duchoud, vice-directeur de l'OFROU, a à son tour présenté des estimations quant aux implications probables de la digitalisation sur les infrastructures et la mobilité en Suisse – amélioration de la sécurité mais possible augmentation du volume du trafic entre autres – et les mesures à envisager comme, par exemple, la tarification de la mobilité, pour laquelle le lancement de projets pilotes dans quelques cantons et villes suisses est en cours d'examen.

Pour compléter ces informations, un exposé sur les systèmes d'assistance à la conduite (ADAS) a donné un aperçu des adaptations techniques et juridiques qui seront encore nécessaires pour permettre aux véhicules automatisés de circuler en toute sécurité; il a été suivi d'un état des lieux de la normalisation suisse, française et européenne dans le domaine des systèmes de transport intelligents (STI). Pour conclure, M. Tibère Adler, d'«Avenir Suisse» a fait la synthèse des discussions de la matinée en rappelant les profonds changements attendus dans le secteur des transports suite au développement de l'ère digitale.

Au terme de ces deux journées d'échanges de haut niveau, M. Dieter Wepf remercie vivement les personnes présentes pour leur participation. M. Georges Tempez remercie la VSS pour son accueil et donne rendez-vous au printemps 2018, en région parisienne, pour la prochaine édition du colloque.

Par Anne-Lise Montandon

DE Colloque franco-suisse: Von ehemaligen Asphaltminen bis zu neuen Verkehrstechnologien

Am 11. und 12. Mai begrüßte VSS-Präsident Dieter Wepf anlässlich des 29. Colloque franco-suisse in Neuenburg Vertreter des CEREMA (Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement = Forschungs- und Kompetenzzentrum bezüglich Risiken, Umwelt, Mobilität und

Gestaltung) und des VSS. Bei der diesjährigen Veranstaltung konnte unter anderem der Erfahrungsaustausch zum Thema städtische Mobilität, der im vergangenen Jahr in Strasbourg in Angriff genommen wurde, fortgesetzt werden – diesmal mit einer Schwerpunktsetzung auf den Sicherheitsaspekten.

Zusammenfassungen der neu publizierten Forschungsberichte

An dieser Stelle veröffentlichen wir die Zusammenfassungen der neu erschienenen Forschungsberichte (teilweise gekürzt). Die einzelnen Forschungsberichte können Sie unter www.mobilityplatform.ch bestellen.

Résumés des rapports de recherche nouvellement publiés

Ci-après nous publions les résumés des rapports de recherche nouvellement parus (partiellement raccourcis). Vous pouvez commander les rapports de recherche sur www.mobilityplatform.ch.

DE

FORSCHUNGSBERICHT NR. 1600

Grundlagen zur Beurteilung der Lärmwirkung von Tempo 30

Grolimund + Partner AG

SEBASTIAN EGGGER, MSc Climate Science

ERIK BÜHLMANN, MSc Geografie, Dipl. Akustiker SGA

EMANUEL HAMMER, Dr. sc. ETH

TONI ZIEGLER, Dipl. Natw. ETH

Forschungsprojekt VSS 2012/214 auf Antrag des Schweizerischen Verbands der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS)

Im verdichteten städtischen Raum stellen Geschwindigkeitsreduktionen neben dem Einbau von lärmarmen Belägen häufig die einzige Möglichkeit

dar, übermässigen Strassenlärm gemäss Lärmschutz-Verordnung an der Quelle zu reduzieren. Bei Lärmsanierungsprojekten im Innerortsbereich steht die Einführung von Tempo 30 daher immer häufiger im Fokus. Da die heute verfügbaren Lärmemissionsmodelle in der Schweiz jedoch nicht für den niedrigen Geschwindigkeitsbereich und die Besonderheiten von Tempo-30-Situationen ausgelegt sind, fehlen die Grundlagen um zuverlässige Prognosen zur Lärmwirkung von Verkehrsberuhigungsmassnahmen und der Einführung von Tempo 30 vornehmen zu können. Im Rahmen des Forschungsprojektes VSS 2012/214 wurden aktuelle Grundlagen zur Beurteilung der Lärmwirkung von Tempo 30

ausgearbeitet, um zukünftig zuverlässigere Prognosen bezüglich des Lärminderungspotenzials für niedrige Geschwindigkeiten, insbesondere für Tempo 30, zu gewährleisten. Dazu wurden die Schallemissionen eines aktuellen, für die Schweiz repräsentativen Fahrzeugparks bei unterschiedlichem Fahrverhalten (Gangwahl, unetliche Fahrweise, Fahrstil etc.) in einer umfangreichen Messkampagne systematisch erfasst und in Emissionsansätze für konstantes und beschleunigtes Fahrverhalten überführt.

Mithilfe statistischer Erhebungen zum Fahrverhalten an bereits realisierten, häufig vorkommenden Tempo-30-Zonen, sowie eines adaptierten Emissionsansatzes für LKW aus dem europäischen Emissionsmodell CNOSSOS wurden diese Emissionsansätze in eine Quellenformulierung überführt, welche es ermöglicht, Tempo-30-Situationen hinsichtlich ihrer Lärmwirkung mit guter Zuverlässigkeit zu beurteilen.

Die Ergebnisse zeigen, dass wesentliche Lärmreduktionen durch die Einführung von Tempo 30 möglich sind. Je nach effektiv gefahrener Geschwindigkeit, Lastwagenanteil und Strassenbelag lassen sich Reduktionen der Lärmpegel (Leq) zwischen ca. 2 dB und 4.5 dB erzielen. Die Berücksichtigung des aktuellen Fahrzeugparks und des Fahrverhaltens ist dabei von zentraler Bedeutung. Weiterhin zeigt sich eine entscheidende Abhängigkeit der Lärmwirkung von der Art der Massnahme bzw. des Zonentyps, mit welcher die Temporeduktion herbeigeführt wird.

Forschungsangebote nur noch auf der Website des VSS

Ab sofort werden Aufrufe zum Einreichen eines Forschungsangebots nicht mehr in «Strasse und Verkehr», sondern nur noch auf der Website des VSS publiziert. Alle Informationen finden Sie unter:

www.vss.ch/forschung/aktuelle-forschungsausschreibungen

Désormais, les demandes de recherche ne sont disponibles que sur le site web de la VSS

Dès aujourd'hui, les Invitations à établir une demande de recherche ne sont plus publiées dans «route et trafic», mais uniquement sur le site web de la VSS. Pour un complément d'information, veuillez consulter:

www.vss.ch/fr/forschung/aktuelle-forschungsausschreibungen

RAPPORT DE RECHERCHE N° 1580

Effets sur le trafic de l'utilisation des bandes d'arrêt d'urgence

Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL)

Laboratoire des voies de circulation (LAVOC)

M.-A. Fénart, Ing. EPF

S. Samoili, Dr. ès. sc EPF

A. Founta, Dipl. Ing. NTUA

A.-G. Dumont, Professeur EPF

RGR Robert-Grandpierre et Rapp S.A.

P. Maillard, Ing. EPF

J. Chapoton, Ing. EPF

M. Roudy, Ing. UTC

Projet de recherche ASTRA 2010/023_OBF sur

demande de l'Office fédéral des routes (OFROU)

L'augmentation du trafic sur le réseau des routes nationales nécessite de trouver des solutions afin d'augmenter de manière significative la capacité d'un tronçon, d'un axe autoroutier dans le but de répondre à cette demande.

Afin d'améliorer les conditions de circulation sur autoroute, il est proposé d'utiliser la bande d'arrêt d'urgence (BAU) comme voie additionnelle permettant ainsi d'obtenir un gain de capacité sans pour autant élargir l'infrastructure routière. La mise en place d'un tel système de bande d'arrêt d'urgence active est d'autant plus intéressante dans des zones où la forte densité d'habitation, les propriétés cadastrales, les ouvrages

d'art et les ressources naturelles ne permettent pas un élargissement de l'infrastructure routière.

La première application en Suisse de l'utilisation temporaire de la BAU en périodes de pointe a été mise en service en 2010 sur un tronçon d'environ 3,7 kilomètres entre Morges et Ecublens sur l'autoroute A1 Lausanne-Genève.

La présente recherche a permis d'analyser les effets sur les conditions de trafic de l'utilisation dynamique de la BAU en termes de capacités, débits, vitesses et densités. De plus, la perception, l'acceptabilité et le comportement des usagers du système ont été étudiés. En termes de sécurité routière, l'utilisation de la BAU comme voie de circulation implique un éventuel déficit de sécurité qui a été compensé par des mesures adéquates (places d'arrêt d'urgence, surveillance vidéo etc.).

Sur la base de simulations de trafic, l'impact du système de BAU active sur les temps de parcours et l'impact environnemental ont pu être estimés. Finalement, une étude approfondie a permis d'optimiser l'algorithme de contrôle permettant de gérer, de manière optimisée, l'ouverture respectivement la fermeture de cette 3^e voie à la circulation.

Les différents résultats ont démontré que la mise en service du système de la BAU active présente des gains importants en termes de conditions de circulation avec notamment une augmentation

du débit, une stabilisation des vitesses, une diminution des congestions et des gains de temps de parcours. En termes d'impact sur la sécurité, une diminution des accidents et incidents a été constatée sans toutefois pouvoir la mettre en lien direct avec la mise en service de ce système. Néanmoins, des zones de conflit potentiel (changements de voies) subsistent. Du point de vue environnemental, l'impact d'un tel système se mesure par une diminution importante de la consommation de carburant et des émissions polluantes en raison d'une meilleure stabilité des conditions de circulation (ondes de choc, effets d'accordéon, stop and go etc.).

Un potentiel d'amélioration du système a été mis en avant. Il consiste en:

- Une optimisation de l'algorithme de contrôle (ouverture/fermeture de la 3^e voie).
- Une amélioration de l'utilisation de la BAU comme 3^e voie de circulation par une augmentation de l'information aux usagers.

Sur la base des résultats obtenus, les auteurs préconisent d'envisager la mise en service de tels systèmes sur des tronçons autoroutiers saturés sur lesquels un élargissement de l'infrastructure ne peut être réalisé, l'efficacité de cette alternative permettant l'augmentation temporaire de la capacité ayant été largement démontrée.

Anzeige



Lesen Sie «Strasse und Verkehr» jetzt auch online oder auf Ihrem Tablet als **e-paper!**

Lisez dès maintenant «route et trafic» également en ligne ou sous forme de **e-paper** sur votre tablette!

► www.vss.ch



Zweiter Bericht zum Beschaffungswesen des ASTRA

79 Prozent des Gesamtbetrags werden im offenen Verfahren vergeben

Nicht zwingend das billigste, sondern das wirtschaftlichste Angebot soll gemäss den gesetzlichen Vorgaben den Zuschlag erhalten. Das betont das Bundesamt für Strassen (ASTRA) in seinem Beschaffungsbericht. Es spricht sich darin klar für die Prinzipien eines fairen öffentlichen Beschaffungswesens aus. Das ASTRA vergab 2016 über 3000 Aufträge im Gesamtwert von über 1,5 Milliarden Franken. Wie bereits im Vorjahr hat es betragsmässig den grössten Teil der Beschaffungen im offenen Verfahren getätigt, anzahlmässig wurden jedoch 85 Prozent der Aufträge im freihändigen Verfahren vergeben.

Im letzten Jahr hat das Bundesamt für Strassen (ASTRA) erstmals einen Bericht zum Beschaffungswesen veröffentlicht. Darin zeigte es auf, in welchem Umfang 2015 Beschaffungen nach welchem Verfahren erfolgt sind. Nun hat das ASTRA den zweiten Bericht zum Beschaffungswesen für das Jahr 2016 veröffentlicht. Mit den jährlichen Berichten zum Beschaffungswesen will das ASTRA Transparenz bei den Beschaffungen schaffen.

Beschaffungen für 1,52 Milliarden Franken im letzten Jahr

Im Jahr 2016 hat das ASTRA insgesamt 3063 Beschaffungen (2015: 3239 Beschaffungen) mit einem Gesamtwert von über 1,52 Milliarden Franken (2015: 1,43 Milliarden Franken) getätigt. Dabei wurden mit rund 1600 verschiedenen Firmen Verträge abgeschlossen.

Nicht berücksichtigt in diesen Zahlen sind Beschaffungen von Dritten, namentlich für den Betrieb der Nationalstrassen durch die Gebietseinheiten sowie für die Netzfertigstellung, bei welcher in der Regel kantonales Beschaffungsrecht zur Anwendung kommt.

Vier verschiedene Beschaffungsverfahren

Die Vergaben richteten sich nach den gesetzlichen Vorgaben. Diese unterscheiden vier Beschaffungsverfahren.

Wann welches Verfahren zur Anwendung kommt, ist gesetzlich mittels sogenannter Schwellenwerte geregelt:

- Beim **offenen Verfahren** («WTO-Verfahren»), ab 230 000 Franken) wird der Auftrag öffentlich auf www.simap.ch ausgeschrieben, und alle Anbieter können sich bewerben. 2016 hat das ASTRA Aufträge im Wert von über 1,2 Milliarden Franken im offenen Verfahren vergeben, was 79 Prozent des Gesamtbetrags und 11 Prozent der Anzahl Aufträge entspricht. Damit nahm das Beschaffungsvolumen im offenen Verfahren gegenüber 2015 um rund 110 Millionen Franken zu.
- Das **selektive Verfahren** (ab 230 000 Franken) sieht vor, dass alle interessierten Anbieter einen Antrag auf Teilnahme einreichen. Anschliessend werden diejenigen Anbieter ausgewählt, welche in einer zweiten Phase ein Angebot einreichen dürfen. Im Jahr 2016 hat das ASTRA einen Auftrag im selektiven Verfahren vergeben.
- Beim **Einladungsverfahren** (ab 50 000 Franken bei Lieferungen sowie ab 150 000 Franken bei Dienstleistungen und Bauleistungen) werden mindestens drei Anbieter zur Einreichung eines Angebots einge-

laden. Das ASTRA hat im Jahr 2016 insgesamt 37,4 Millionen Franken (2 Prozent des Gesamtbetrags und 3 Prozent der Aufträge) im Einladungsverfahren vergeben.

- Im **freihändigen Verfahren** werden die Anbieter ohne Ausschreibung ausgewählt und die Aufträge direkt vergeben. Im Jahr 2016 hat das ASTRA insgesamt 259,2 Millionen Franken freihändig vergeben (17 Prozent des Gesamtbetrags, 85 Prozent der Anzahl Aufträge). Es handelt sich hierbei um Beschaffungen unter 150 000 Franken (Dienstleistungen und Bauleistungen) beziehungsweise unter 50 000 Franken (Lieferungen). Das Volumen der freihändigen Vergaben blieb gegenüber 2015 praktisch unverändert.

Wirtschaftlich günstigstes Angebot erhält den Zuschlag

Das ASTRA beschafft Bau- und Dienstleistungen sowie Güter für die Erfüllung seiner Aufgaben. Dazu gehören unter anderem Planungs- und Projektierungsleistungen im Bauwesen, Bauherrenunterstützungsleistungen, Bauarbeiten, Signalisationen oder Informatikleistungen. Die rechtlichen Vorgaben verlangen, dass das wirtschaftlich günstigste Angebot den Zuschlag erhalten muss und nicht zwingend das billigste. (zvg)

Topangebot für Studenten

Werden Sie jetzt VSS-Mitglied und profitieren Sie von den vielen Vorteilen für Studenten!

1. Kostenlose Mitgliedschaft für Studierende

Studierende bezahlen während ihres Studiums als Einzelmitglied beim VSS keine Mitgliederbeiträge und können trotzdem von allen Vorteilen profitieren. Zudem erhalten alle Mitglieder ein Gratisabo der VSS-Fachzeitschrift «Strasse und Verkehr».

2. Zugriff auf das VSS-Gesamtnormenwerk

Für die Dauer ihres Studiums erhalten Studierende ein kostenloses Abonnement für das digitale Gesamtnormenwerk des VSS. Dies entspricht einem Gegenwert von rund 1000 Franken pro Jahr.

3. Grosszügige Rabatte

Studierende erhalten als VSS-Einzelmitglied grosszügige Rabatte auf die Teilnahmegebühr von Fachtagungen, Workshops und zertifizierten Weiterbildungskursen, die vom VSS veranstaltet werden.

4. Einbindung in grosses Experten-Netzwerk

Der VSS bietet eine ausgezeichnete Plattform, um die Zukunft im Strassen- und Verkehrswesen mitgestalten zu können. Studierende profitieren dabei von einem kompetenten Netzwerk mit über 650 Fachleuten aus verschiedenen Fachbereichen – bis hinauf in die Führungsebenen von Behörden und Firmen. Nie war es für Studierende einfacher, wertvolle Kontakte für den Berufseinstieg zu knüpfen und vielleicht sogar ihren zukünftigen Arbeitgeber kennenzulernen.

5. Eigenes Wissen vertiefen

In jeder der 43 Normierungs- und Forschungskommissionen des VSS ist ein Platz für Studierende reserviert. Mit dem Engagement in einem VSS-Fachgremium vertiefen Studierende das eigene Wissen, können von erfahrenen Fachkollegen lernen und die Rahmenbedingungen Ihres zukünftigen Berufsalltags mitbestimmen.

Haben wir Ihr Interesse geweckt? Dann beantragen Sie Ihre Einzelmitgliedschaft als Student.

VSS

Sihlquai 255 | 8005 Zürich | Telefon 044 269 40 20 | info@vss.ch

► www.vss.ch

Die Firma Marty + Partner Ingenieurbüro AG (www.martypartner.ch) ist ein führendes Dienstleistungsunternehmen im Bereich der Verkehrstechnik. Am Standort Zollikon erarbeiten wir mit einem rund 15-köpfigen Ingenieur-Team für Kunden primär in der Deutschschweiz fachspezifische Lösungen im Bereich der Strassenverkehrstechnik unter Berücksichtigung unterschiedlicher und komplexer Anforderungen.

Im Zusammenhang mit einer Pensionierung und dem gezielten Ausbau unserer Aktivitäten suchen wir per sofort oder nach Vereinbarung einen aufgeschlossenen

Verkehringenieur (m/w) als Projektleiter

Ihre Aufgaben

- > Gesamtheitliche Projektleitung (technisch wie kommerziell) von der Offerte bis zum Abschluss
- > Ausarbeitung von Studien und Konzepten
- > Bearbeitung von Projekten in der Verkehrsplanung und Verkehrstechnik
- > Durchführung von Verkehrssimulationen und Verkehrsprognosen
- > Erarbeitungen von Verkehrsmodellen
- > Aufbereitung von verkehrlichen Grundlagen
- > Projekt- und Ausführungsplanung

Unsere Anforderungen

- > Bauingenieur FH/ETH im Fachbereich Verkehrsplanung/Verkehrstechnik
- > Erfahrungen als Projektleiter im obigen Fachgebiet
- > überzeugende und klare Kommunikation

Wir bieten

- > interessante und anspruchsvolle Aufgaben
- > ein gutes Arbeitsklima in einem kleinen, dynamischen Team
- > eine abwechslungsreiche und selbständige Tätigkeit
- > eine umfassende Einführung
- > Möglichkeit sich aktiv in die Entwicklung des Ingenieurbüros einzubringen
- > moderne Infrastruktur und Arbeitsmittel
- > zeitgemässe Entlohnung und gute Sozialleistungen

Haben wir Ihr Interesse geweckt?

Pierre Bruggmann freut sich über Ihre vollständige Bewerbung mit Foto per Post oder Email an pierre.bruggmann@martypartner.ch

Marty + Partner Ingenieurbüro AG
Gustav-Mauer-Strasse 25, 8702 Zollikon
Tel. 044 396 36 66 www.martypartner.ch

MARTY + PARTNER
Verkehrstechnik

INFRAMUR®

Die kostengünstige Alternative

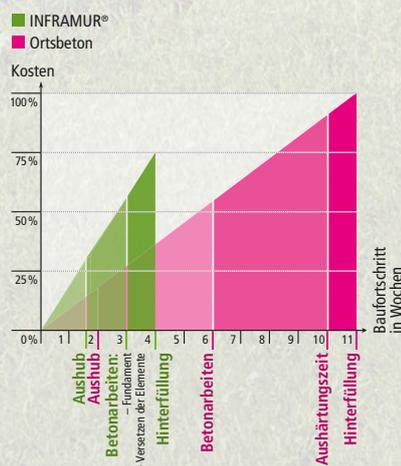
Ein intelligentes Stützmauersystem

Es eignet sich bestens, um auch bei engen Platzverhältnissen Terrainunterschiede zu überbrücken, oder um Böschungen an Strassen, Bahngeleisen und Plätzen zu sichern.

Das neue Stützmauersystem wurde von der Creabeton Matériaux AG entwickelt, geprüft und zum Patent angemeldet.

INFRAMUR® ist gesamthaft 20 bis 25 Prozent kostengünstiger als Ortsbetonmauern.

www.creabeton.ch
creaphone 0848 800 100



Deutlich kürzere Bauzeit, gesamthaft 20 bis 25 Prozent kostengünstiger als Ortsbetonmauern.

