

# STRASSE UND VERKEHR

---

## ROUTE ET TRAFIC



**VSS-Forschung: Normierungskonzept für Stadt- und Agglomerationsverkehr**  
**Akustische Alterung lärmarmen Beläge durch Verschmutzung**  
**5G – der Daten-Superhighway für selbstfahrende Autos**

Recherche de la VSS: concept de normalisation pour le trafic urbain et d'agglomération  
Altération acoustique d'enrobés phono-absorbants par colmatage  
5G – les voitures autonomes sur l'autoroute des données

# VIATOP® premium

premium Qualität  
premium Funktionalität  
premium Wirtschaftlichkeit

premium qualité  
premium fonctionnalité  
premium rentabilité

Vertrieb Schweiz  
Distribution en Suisse

Pavono AG  
Schwimmbadstrasse 35  
CH-5430 Wettingen

## Das Pellet.



J. RETTENMAIER & SÖHNE  
GMBH + CO KG  Fasern aus  
der Natur

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

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

**pavono**



### Tagung und Fachausstellung:

#### Beobachtungsmethode und Überwachung in der Geotechnik

Donnerstag, 17. Mai 2018 von 10h00 bis 17h30 in Yverdon-les-bains

Sprachen Deutsch und Französisch mit Simultanübersetzung

Die Tagung widmet sich den drei Hauptanwendungsgebieten der Methode:

- verbessertes Risiko-Management in schwierigen geotechnischen Verhältnissen
- Optimierung von geotechnischen Bauwerken durch Reduktion von Teilsicherheitsbeiwerten
- Kostenminimierung von Erhaltungsmaßnahmen für dauerhafte z.T. verankerte Bauwerke

Die Referenten sind:

Anita Lutz, Dipl. Bau-Ing. ETH/SIA / Nicolas Utter, Ingénieur ESTP  
Matthias Ryser, Dipl. Bau-Ing. ETH/SIA / Thibaud Meynet, Ingénieur civil EPFL  
Dr. Stefan Wachter / Hermann Rovina, Dipl. Geol., dipl. Hydrogeol.  
Florian Hofstetter, M.Sc. in Applied Geophysics / Prof. Vincent Barras  
Prof. Bertrand Cannelle / Holger Wörsching, Dipl.-Ing.  
Daniel Naterop, Dipl. Bauing. / Dr. Walter Steiner

Alle Details unter [www.geotechnik-schweiz.ch](http://www.geotechnik-schweiz.ch)

Anmeldung bis 3. Mai 2018 an [gs@jgt.baug.ethz.ch](mailto:gs@jgt.baug.ethz.ch).

Zürcher Hochschule  
für Angewandte Wissenschaften

**zhaw**

Architektur, Gestaltung  
und Bauingenieurwesen

Institut Urban Landscape

## CAS - certificate of advanced studies Stadtraum Strasse Lebenswerte Strassenräume entwerfen

Ein transdisziplinärer berufsbegleitender  
Zertifikatslehrgang für Fachpersonen der Bereiche Verkehr,  
Städtebau, Landschaftsarchitektur und Architektur

September 2018 bis Juni 2019

- Strassen- und Siedlungsräume analysieren und ganzheitlich weiter entwickeln
- Wechselwirkungen zwischen Stadt und Verkehr verstehen
- Trends erkennen
- Lösungen für verträgliche Verkehrsabwicklung im knappen Strassenraum finden
- Ansätze für bessere Aufenthaltsqualität trotz hoher Verkehrsauslastung suchen

Jetzt anmelden!

Informationen unter [www.zhaw.ch/archbau/weiterbildung](http://www.zhaw.ch/archbau/weiterbildung)  
Sekretariat Weiterbildung,  
Beatrice Ehrismann, +41 (0)58 934 76 44  
[weiterbildung.archbau@zhaw.ch](mailto:weiterbildung.archbau@zhaw.ch)

# STRASSE UND VERKEHR

# ROUTE ET TRAFIC

104. Jahrgang | März 2018  
Offizielle Zeitschrift des Schweizerischen Verbandes  
der Strassen- und Verkehrsfachleute

104<sup>e</sup> année | JMars 2018  
Publication officielle de l'Association suisse des  
professionnels de la route et des transports

## Inhaltsverzeichnis

### Editorial

**Das Milizsystem des VSS  
wird auf die Probe gestellt**  
Rolf Leeb

### Thema: Normierungskonzept für Stadt- und Agglomerationsverkehr

**Forschungsarbeit hat einen erheblichen Normierungsbedarf  
für Stadt- und Agglomerationsverkehr evaluiert**  
Rolf Leeb

**«Die eigentliche Arbeit beginnt erst  
jetzt in den Fachgremien des VSS»**  
Interview mit Walter Schaufelberger

### Fachartikel

**Akustische Alterung lärmärmer Beläge  
durch Verschmutzung – Grundlegende Mechanismen**  
Tobias Balmer und Frédéric Steiner

**5G – der Daten-Superhighway  
für selbstfahrende Autos**  
Rolf Leeb

**Neue Wege in der Veloverkehrsplanung  
mit GPS-Datenanalyse-Tool**  
Simone Feigl

### Forschung

**Forschungsberichte**

## Table des matières

### Avant-propos

**Le système de milice  
de la VSS est mis à l'épreuve**  
Rolf Leeb

**Thème: concept de normalisation  
pour le trafic urbain et d'agglomération**  
**Le travail de recherche a établi qu'il existe d'énormes besoins  
de normalisation pour le trafic urbain et d'agglomération**  
Rolf Leeb

**«Le travail ne fait que commencer  
dans les organes techniques»**  
Entretien avec Walter Schaufelberger

### Articles techniques

**Altération acoustique d'enrobés phono-absorbants  
par colmatage – Mécanismes fondamentaux**  
Tobias Balmer et Frédéric Steiner

**5G – les voitures autonomes  
sur l'autoroute des données**  
Rolf Leeb

**Nouveaux moyens de planifier le trafic cycliste avec  
un outil d'analyse des données par GPS**  
Simone Feigl

### Recherche

**Rapports de recherche**

## 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 | 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

Fachmedien | www.fachmedien.ch  
Zürichsee Werbe AG  
Zicafet Lutfiu  
Laubisrütistrasse 44 | 8712 Stäfa  
Telefon: +41 44 928 56 14  
E-Mail: zicafet.lutfiu@fachmedien.ch

**Druck und Versand | Impression et expédition**  
cube media AG, Binzstrasse 9, CH-8045 Zürich

### Preise | Prix

Jahresabonnement | Abonnement par an  
Schweiz | Suisse CHF 112.75  
Ausland auf Anfrage

«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.

### Foto Titelseite:

Hardbrücke in Zürich: Überlastete Verkehrs-  
achsen gehören in Städten zur Normalität  
(Foto: Paolo Foschini).

### Photo page titre:

Pont Hardbrücke à Zurich: les axes de  
circulation surchargés font partie du quotidien  
dans les villes (photo: Paolo Foschini).



La Haute école spécialisée bernoise HESB est orientée vers l'application. Ses nombreuses filières – elle propose 30 bachelors et 22 masters –, ses prestations de recherche fondées et une vaste palette de formations continues la profilent comme une institution proche de la pratique, interdisciplinaire et internationale.

Le département Architecture, bois et génie civil recherche pour le 1er août 2018, sur son site de Burgdorf, un-e

## Professeur-e et responsable de filière de master en génie civil à 60-100%

Pour cette fonction polyvalente, nous recherchons un-e ingénieur-e civil-e diplômé-e de l'enseignement supérieur (EPF/HES/TU), disposant de préférence d'une expérience dans le domaine de la géotechnique, des travaux spéciaux et des tunnels, et idéalement aussi d'une expérience dans l'enseignement et dans la recherche. Votre mission consiste à diriger la filière d'études de Master of Science en ingénierie, à enseigner aux niveaux bachelor et master, et à collaborer activement à la direction de la division Génie civil. Vous entretenez en outre notre réseau de partenaires dans la construction, l'industrie et l'administration, vous poursuivez continuellement le développement de la filière et menez des activités de marketing pour acquérir de nouveaux étudiants.

Vous trouverez plus d'informations sur ce poste exigeant dans un environnement d'études supérieures, ainsi que sur la procédure de candidature ici : [www.bfh.ch/jobs](http://www.bfh.ch/jobs)

Haute école spécialisée bernoise, département Architecture, bois et génie civil, Pestalozzistrasse 20, 3400 Burgdorf



[bfh.ch/jobs](http://bfh.ch/jobs)



MFR Géologie - Géotechnique SA  
Membre de RWB Groupe SA  
Rue de Chaux 9  
2800 Delémont  
Suisse  
T +41 32 422 61 14  
F +41 32 422 18 80  
delemont@mfr.ch

MFR Géologie - Géotechnique SA  
Membre de RWB Groupe SA  
Rue F. Opplinger 7  
2500 Bienne 4  
Suisse  
T +41 32 341 48 08  
F +41 32 341 48 15  
biene@mfr.ch

MFR Géologie - Géotechnique SA  
Membre de RWB Groupe SA  
Rue de la Chambre 50  
2300 La Chaux-de-Fonds  
Suisse  
T +41 32 968 95 40  
F +41 32 341 48 15  
chaux.de.fonds@mfr.ch

MFR Géologie - Géotechnique SA  
Membre de RWB Groupe SA  
Route de Lauzanne 17  
1400 Yverdon-les-Bains  
Suisse  
T +41 58 220 39 00  
F +41 58 220 38 99  
yverdon@mfr.ch

Imaginer, créer, aménager des cadres de vie respectueux de l'humain et de l'environnement, voilà un défi des plus passionnants pour l'équipe d'ingénieurs RWB Groupe SA. Avant-gardistes, nous sommes connus et appréciés pour nos compétences pluridisciplinaires et notre créativité dans les domaines de la mobilité et des infrastructures, de l'adduction et du traitement des eaux, de l'aménagement du territoire, de l'environnement et de l'énergie.

Le renouvellement des cadres et de la direction de notre bureau MFR Géologie - Géotechnique SA nous conduit à rechercher un(e) :

### Directeur(trice) de MFR Géologie - Géotechnique SA

Lieu de travail : Bienne

#### Votre rôle :

- Diriger, conduire et animer une équipe d'une dizaine de géologues, hydrogéologues, géotechniciens, et ingénieurs.
- Participer activement au développement de MFR Géologie - Géotechnique SA en Suisse romande et en Suisse alémanique.
- Mener des projets dans les domaines de la géologie de l'ingénieur, de la géotechnique, des dangers naturels, de l'hydrogéologie, des sites pollués et de la géothermie.
- Contribuer au développement de nouvelles compétences.

#### Votre profil :

- Master en géologie/hydrogéologie ou formation jugée équivalente.
- Au minimum 10 ans d'expérience en tant que chef(fe) de projet.
- Expérience avérée dans la conduite d'une équipe.
- Aisance dans la communication et la rédaction, charisme et diplomatie.
- Initiative, sens des responsabilités, autonomie, rigueur et créativité.
- Attitude innovatrice et souci constant de la protection de l'environnement.
- Bilingue français-allemand.

#### Nos prestations :

- D'excellentes conditions de travail.
- Un emploi d'avant-garde et de qualité au sein d'une équipe compétente, motivée et dynamique d'une entreprise d'ingénieurs-conseils de plus 130 personnes.
- Des prestations sociales et salariales particulièrement attractives.
- Une période de transition et de formation avec le directeur actuel et un accompagnement de la direction générale de RWB Groupe.

La date d'entrée en fonction : à convenir

Nous nous réjouissons de recevoir votre dossier de candidature complet. Dans le but de parvenir à une technologie sans papier et par souci écologique, les postulations en ligne sont vivement encouragées à l'aide de notre [formulaire de postulation](#).

Des informations sur nos activités sont accessibles sur notre site internet [www.mfr.ch](http://www.mfr.ch).

M. Christian Rieben (directeur de MFR) se tient volontiers à votre disposition pour d'éventuelles questions complémentaires au numéro de téléphone +41 32 341 48 08.



L'humain au cœur de l'ingénierie.



## Fit für die Zukunft!

Praxisnahe Aus- und Weiterbildungen im Strassen- und Verkehrswesen auf akademischen Niveau

Informieren Sie sich über das Kursangebot 2018-2022 in der Aus- und Weiterbildungsbroschüre des VSS unter:

[www.vss.ch/aus-und-weiterbildung](http://www.vss.ch/aus-und-weiterbildung)



## Das Milizsystem des VSS wird auf die Probe gestellt

Kürzlich hat der Ständerat entschieden, dass die Strahlenschutzwerte für Mobilfunkanlagen so bleiben sollen wie sie sind. Höhere Grenzwerte hätten es einfacher gemacht, den 5-G-Mobilfunkstandard flächendeckend einzuführen. Sie werden sich jetzt sicher fragen: Was hat diese Nachricht mit dem Strassen- und Verkehrswesen zu tun?

Sehr viel, behaupte ich – insbesondere im Hinblick auf die Mobilität der Zukunft. Das 5G-Netz, der nächste grosse Technologieschritt im Zeitalter der Digitalisierung, ist rund 100 Mal schneller als der aktuelle 4G-Standard und bildet somit die Voraussetzung für vernetzte Verkehrssysteme. Mit anderen Worten: Ohne ein flächendeckendes 5G-Netz werden noch lange keine selbstfahrenden Autos auf unseren Strassen fahren. Damit autonome Fahrzeuge sicher unterwegs sind, müssen sie in Millisekunden mit Informationen versorgt werden. 5G ermöglicht diese Datenübertragung in Echtzeit mit einer Verzögerungszeit von nur einer Millisekunde. Das ist kürzer als ein menschlicher Wimpernschlag. Was dies konkret bedeutet, lesen Sie auf Seite 31 im ersten Beitrag unserer neuen Serie «Mobilität der Zukunft».

Um die Zukunft geht es auch im Schwerpunktthema dieser Ausgabe: dem Normierungskonzept für den Stadt- und Agglomerationsverkehr. Autonome Fahrzeuge spielen dabei noch keine Rolle, weil Normierung meist eine Art von «Vergangenheitsbewältigung» darstellt. Aber Normen müssen à jour und anwendbar sein. Diesbezüglich bestehen im VSS-Normenwerk hinsichtlich des Stadt- und Agglomerationsverkehrs jedoch grosse Lücken. So jedenfalls lautet das Fazit eines VSS-Forschungsprojekts, das einen erheblichen Normierungsbedarf in diesem Bereich festgestellt hat.

Dies stellt den VSS vor eine grosse Herausforderung, wenn er seine wichtige Rolle in diesem zentralen Bereich des Strassen- und Verkehrswesen weiterhin wahrnehmen will. Veraltete Normen müssen den komplexen Verhältnissen im städtischen Raum angepasst und revidiert werden, bestehende Lücken mit neuen Normen geschlossen werden. Diese Arbeit wird das Milizsystem des VSS in den nächsten fünf bis zehn Jahren auf die Probe stellen. Gefragt ist viel Überzeugungsarbeit seitens der Führungsgremien des VSS, um die Fachleute zur Mitarbeit an diesem Projekt zu motivieren. Als «Lohn» wartet ein anwendbares Normenwerk im Stadt- und Agglomerationsverkehr, das für Planungssicherheit sorgt und letztlich auch wesentlich zur Reduzierung der Regulierungsvielfalt beiträgt.

Ich bin zuversichtlich, dass das Milizsystem des VSS diese Probe bestehen wird.

## Le système de milice de la VSS est mis à l'épreuve

Le Conseil des États a récemment décidé que les valeurs-limites de radioprotection pour les installations de téléphonie mobile ne devaient pas être assouplies. Des valeurs supérieures auraient pourtant facilité le déploiement du standard 5G sur tout le territoire suisse. Vous vous demandez sans doute quel est le rapport entre cette nouvelle et le domaine de la route et des transports?

J'affirme que ce rapport est très important, notamment concernant la mobilité du futur. Le réseau 5G, prochaine grande étape technologique à l'ère de la digitalisation, est environ 100 fois plus rapide que l'actuel standard 4G et constitue ainsi une condition préalable au déploiement de systèmes de transport connectés. En d'autres termes: sans un réseau 5G couvrant tout le territoire, nous risquons de devoir attendre encore longtemps les voitures autonomes sur nos routes. Pour que ces véhicules puissent circuler en toute sécurité, ils doivent recevoir des informations en quelques millisecondes. La 5G permet cette transmission de données en temps réel, avec une temporisation de seulement une milliseconde. C'est moins long qu'un clin d'œil. Découvrez ce que cela signifie concrètement dans le premier article de notre nouvelle série «Mobilité du futur», à la page 31.

Il est également question de l'avenir dans le grand dossier de ce numéro: le concept de normalisation pour le trafic urbain et d'agglomération. Les véhicules autonomes ne jouent encore aucun rôle dans ce contexte, car la normalisation est généralement une sorte de «gestion du passé». Mais les normes doivent être à jour et applicables. Sur ce point, le recueil de normes de la VSS présente cependant de grandes lacunes dans le domaine du trafic urbain et d'agglomération. C'est du moins la conclusion d'un projet de recherche de la VSS, qui a identifié un besoin considérable de normalisation dans ce domaine.

C'est un véritable défi à relever pour la VSS si elle veut continuer de jouer son rôle important dans ce domaine central de la route et des transports. Les normes obsolètes doivent être adaptées aux situations complexes existant dans l'espace urbain et doivent être révisées; les lacunes doivent être comblées par l'élaboration de nouvelles normes. Ce travail mettra à l'épreuve le système de milice de la VSS au cours des cinq à dix prochaines années. Les organes dirigeants de la VSS devront effectuer un important travail de persuasion pour motiver les professionnels à collaborer à ce projet. La «récompense» sera un recueil de normes applicable au trafic urbain et d'agglomération, qui garantira la sécurité de planification et, au final, contribuera de manière déterminante à réduire la densité de réglementation.

Je suis convaincu que le système de milice de la VSS réussira à relever ce défi.



Rolf Leeb | Redaktor/Rédacteur VSS

# Forschungsarbeit hat einen erheblichen Normierungsbedarf für Stadt- und Agglomerationsverkehr evaluiert

## Le travail de recherche a établi qu'il existe d'énormes besoins de normalisation pour le trafic urbain et d'agglomération

Das aktuelle VSS-Normenwerk vermag die erhöhten und spezifischen Bedürfnisse und Anforderungen an die Verkehrsräume in Städten und Agglomerationen zu gewissen Themen nicht mehr genügend zu erfüllen bzw. die Normwerte sind häufig nicht mehr anwendbar. Dies ist das Fazit einer umfangreichen Forschungsarbeit des VSS. Sie ortet Normierungsbedarf bei 39 bestehenden Normen und schlägt 23 zusätzliche Normierungsthemen vor. Nun muss der VSS als erstes einen Leitfaden als Übergangslösung entwickeln und gleichzeitig bestehende Normen revidieren sowie neue Normen erarbeiten. Ziel dieses mehrjährigen Prozesses ist schliesslich ein aktualisiertes VSS-Normenwerk, das den besonderen Anforderungen der Städte und Agglomerationen gerecht wird und somit von den Nutzniessern für die Planung, Realisierung und den Betrieb der Verkehrsinfrastruktur auch angewendet wird.

Der Stadt- und Agglomerationsverkehr ist im gesamtschweizerischen Verkehrssystem von zentraler Bedeutung und steht zukünftig weiterhin vor grossen Herausforderungen. Auf der einen Seite nimmt hier die Gesamtmobilität weiterhin überdurchschnittlich zu. Das führt vor allem in den Spitzenzeiten zu gesättigten, zeitweise überlasteten Verkehrsnetzen. Auf der anderen Seite sind dem Verkehrsangebot sehr enge Grenzen gesetzt, weil die Verkehrsflächen in Städten und Agglomerationen durch die bestehenden Siedlungsstrukturen stark begrenzt sind. Kommt hinzu, dass die Anforderungen an die Verkehrsabwicklung steigen – beispielsweise der Trend hin zu grösseren Modalsplit-Anteilen des öffentlichen Verkehrs und vermehrt auch des Veloverkehrs.

L'actuel recueil de normes de la VSS n'est plus en mesure de répondre de manière suffisante aux besoins et exigences accrus et spécifiques quant aux espaces de circulation dans les villes et agglomérations; et souvent, les normes de référence ne sont plus applicables. C'est la conclusion d'un vaste travail de recherche de la VSS, qui identifie un besoin de normalisation pour 39 normes existantes et propose 23 thématiques de normalisation supplémentaires. À présent, la VSS doit d'abord développer un guide comme solution transitoire, tout en révisant les normes existantes et en élaborant de nouvelles normes. Ce processus de plusieurs années vise fondamentalement à actualiser le recueil de normes de la VSS, à faire en sorte qu'il réponde aux exigences spécifiques des villes et agglomérations, et qu'il soit ainsi mis en œuvre par les usagers pour planifier, réaliser et exploiter l'infrastructure des transports.

Le trafic urbain et d'agglomération est d'une importance capitale dans le système de transport à l'échelle de la Suisse et il aura encore de grands défis à relever à l'avenir. D'une part, la mobilité globale continue d'augmenter à un rythme supérieur à la moyenne, ce qui entraîne des réseaux de circulation saturés, parfois surchargés, notamment aux heures de pointe. D'autre part, l'offre de transport est soumise à des limites très strictes, car les surfaces de circulation sont très restreintes dans les villes et agglomérations en raison des structures d'urbanisation existantes. De plus, les exigences posées en matière de gestion du trafic augmentent ; mentionnons par exemple la tendance à une plus grande part modale des transports publics et aussi, de plus en plus, du trafic cycliste.



1 | Der «Konkurrenzkampf» unter den Verkehrsmitteln um die begrenzten Verkehrsräume in Städten und Agglomerationen wird sich in Zukunft weiter zuspitzen (Fotos: Paolo Foschini).

1 | La «compétition» entre les moyens de transport pour l'accès aux espaces de circulation limités des villes et agglomérations va encore s'intensifier à l'avenir (photos: Paolo Foschini).

Zusammenfassend kann also festgehalten werden, dass sich der «Konkurrenzkampf» unter den Verkehrsmitteln um die begrenzten Verkehrsräume in Städten und Agglomerationen weiter zuspitzen wird. Deshalb braucht es Strategien, Konzepte und Prioritäten, um festzulegen, wie die limitiert vorhandene Verkehrsfläche – umfassend betrachtet – wirtschaftlich, effizient und siedlungsverträglich sowie auch attraktiv und sicher organisiert und genutzt werden kann.

### Aktuelles Normenwerk hat Lücken

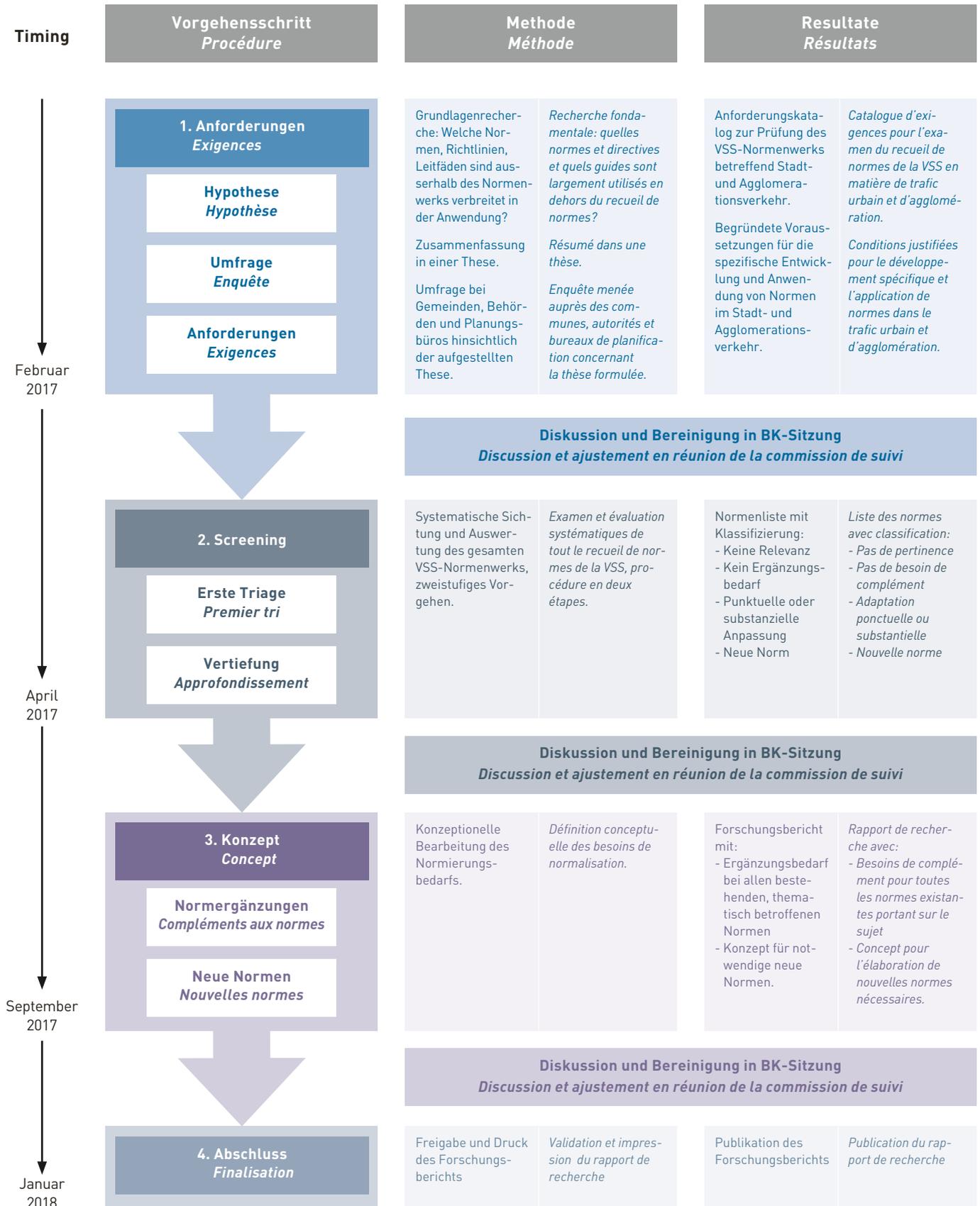
Eine wichtige Grundlage für die Planung, die Realisierung und den Betrieb unserer Verkehrsinfrastrukturen ist das aktuelle VSS-Normenwerk. Die einzelnen Themenbereiche sind in ihrem eigenen Gebiet fachlich fundiert und entsprechen hohen Sicherheitsanforderungen. In Bezug auf den Stadt- und Agglomerationsverkehr weist das VSS-Normenwerk jedoch Lücken auf, weil themenübergreifende und gesamtheitliche Betrachtungen weitgehend fehlen. Insbesondere betroffen sind hier die zuvor beschriebenen begrenzten Verhältnisse in Stadt und Agglomeration, in welchen es teilweise schwerfällt, alle in den Normen festgehaltenen Anforderungen gleichzeitig zu erfüllen. Das führt dazu, dass in städtischen Situationen mehrheitlich von der Norm abgewichen werden muss.

En résumé, on peut retenir que la «compétition» entre les moyens de transport pour l'accès aux espaces de circulation limités des villes et agglomérations va encore s'intensifier. C'est pourquoi il faut mettre en place des stratégies, des concepts et des priorités afin de déterminer comment la surface de circulation existante et globalement limitée pourra être organisée et utilisée de manière rentable, efficiente et compatible avec l'urbanisation, tout en étant attrayante et sûre.

### L'actuel recueil de normes a des lacunes

L'actuel recueil de normes de la VSS est une base importante pour la planification, la mise en œuvre et l'exploitation de nos infrastructures de transport. Les différentes thématiques sont techniquement fondées dans chaque domaine spécifique et répondent à des exigences élevées en matière de sécurité. Au niveau du trafic urbain et d'agglomération, le recueil de normes de la VSS présente cependant des lacunes, car il manque largement de considérations globales et transversales. Sont particulièrement concernés les espaces restreints (décrits plus haut) dans les villes et agglomérations, où il est parfois difficile de satisfaire simultanément toutes les exigences fixées dans les normes. Par conséquent, il faut très souvent s'écarter de la norme en milieu urbain.

## Vorgehen, Methodik und Lösungsansatz | Procédure, méthodologie et approche



2 | Vorgehensplan für die Forschungsarbeit.  
2 | Plan d'action pour le travail de recherche.

Für den VSS besteht also Handlungsbedarf. Deshalb initiierte er im August 2016 unter der Federführung der Fachkommission (FK) 6 «Stadt- und Agglomerationsverkehr» ein Forschungsprojekt, um das VSS-Gesamtnormenwerk hinsichtlich Bedürfnisse und Anforderungen des Stadt- und Agglomerationsverkehrs zu durchleuchten. Erforscht wurden die Voraussetzungen und Rahmenbedingungen, die abweichende oder ergänzende Normierungen rechtfertigen. Darauf aufbauend wurde der Handlungsbedarf im Normenwerk (notwendige Ergänzungen, Lücken) im Sinne eines Normierungskonzeptes erarbeitet, damit die notwendigen konkreten Ergänzungen und Anpassungen konzeptionell entwickelt werden können.

## Forschungsziele

Der Nutzen dieser Forschungsarbeit ist ein aktualisiertes Normenwerk, das den besonderen Anforderungen der Städte und Agglomerationen gerecht und somit auch von den Nutzniessern für die Planung, Realisierung und den Betrieb der Verkehrsinfrastruktur angewendet wird. Dazu hat sich das Projektteam folgende Ziele gesetzt:

- Festhalten der Anforderungen von Städten und Agglomerationen an das zukünftige Normenwerk
- Festlegen, welche bestehenden Normen im laufenden Normenrevisionsprozess anzupassen oder zu ergänzen sind (stichwortartiger Kurzbeschreibung des Inhalts)
- Erarbeiten eines Konzepts mit Zielen und Nutzen für zusätzlich erforderliche neue Normen vor. Daraus ist ein Programm für den Forschungsbedarf abzuleiten.

## Gesamtheitlicher Überblick über alle Regelwerke

Mit einer Grundlagenrecherche musste sich das Projektteam als erstes einen Überblick über die in der Schweiz vorhandenen Normen und Regelwerke im Strassen- und Verkehrswesen verschaffen. Sie bildete die Basis, um vorhandene Lücken im Normenwerk zu erkennen und die Anforderungen an das zukünftige Normenwerk zu formulieren. «Das war keine einfache Aufgabe und erforderte viel Zeit, weil neben dem VSS-Normenwerk zahlreiche weitere Regelwerke existieren», erklärt Projektleiter Walter Schaufelberger. Die Recherche konzentrierte sich deshalb vor allem auf die alternativen Regelwerke, welche die Kantone, Städte, Agglomerationsgemeinden und konzessionierten Transportunternehmen (KTU) neben dem VSS-Normenwerk noch verwenden und was deren Hauptthemen sind.

Im Rahmen einer ersten Sichtung des Normenwerks ging es anschliessend primär darum, eine Übersicht über die bereits normierten Themen zu gewinnen, diese mit den Themengruppen aus der Recherche zu Regelwerken ausserhalb des VSS-Normenwerks zu vergleichen und allfällige generelle Lücken aufzuspüren. Die Erkenntnisse wurden dann gemeinsam mit der Recherche zu den übrigen Regelwerken von der Forschungsstelle zu einer These für den Handlungsbedarf bzw. für die Anforderungen verarbeitet.

La VSS se doit donc d'agir. Voilà pourquoi en août 2016, sous l'égide de la commission technique (CT) 6 «Trafic urbain et d'agglomération», elle a lancé un projet de recherche pour passer au crible le recueil de normes de la VSS quant aux besoins et exigences du trafic urbain et d'agglomération. Elle a examiné les exigences et les conditions cadres qui justifient des normalisations dérogatoires ou complémentaires. Sur cette base, elle a défini les mesures requises dans le recueil de normes (compléments nécessaires, lacunes) dans l'esprit d'un concept de normalisation qui permettra de concevoir les compléments et ajustements concrètement requis.

## Objectifs de recherche

Ce travail de recherche a pour objectif de mettre au point un recueil de normes actualisé, qui répond aux exigences spécifiques des villes et agglomérations et qui est donc appliqué par les usagers pour planifier, mettre en œuvre et exploiter l'infrastructure des transports. À cet effet, l'équipe chargée du projet a défini les objectifs suivants:

- Prendre en compte les exigences des villes et agglomérations dans le futur recueil de normes
- Déterminer, parmi les normes existantes, lesquelles doivent être adaptées ou complétées dans le cadre du processus de révision des normes en cours (description du contenu en quelques mots)
- Élaborer un concept, avec objectifs et utilité, pour de nouvelles normes également requises. Sur cette base, définir un programme de recherche.

## Aperçu général de toutes les réglementations

À l'aide de travaux de recherche fondamentale, l'équipe chargée du projet a d'abord dû obtenir une vue d'ensemble des normes et réglementations existant en Suisse dans le domaine de la route et des transports. Cette base a permis d'identifier les lacunes du recueil de normes et de formuler des exigences pour le futur recueil de normes. «Cette tâche ne fut pas facile et a nécessité beaucoup de temps, car il existe de nombreuses réglementations en plus du recueil de normes de la VSS», explique Walter Schaufelberger, le chef de projet. Les travaux de recherche se sont donc surtout focalisés sur les réglementations alternatives qu'utilisent les cantons, les villes, les communes d'agglomération et les entreprises de transport concessionnaires (ETC) en plus du recueil de normes de la VSS, et ont étudié les principales thématiques qu'elles traitent.

Ensuite, dans le cadre d'un premier examen du recueil de normes, il s'est d'abord agi d'obtenir une vue d'ensemble des thématiques déjà normalisées, de les comparer aux groupes thématiques de la recherche sur les réglementations hors du recueil de normes de la VSS et d'identifier les éventuelles lacunes générales. Les résultats ont ensuite été traités par l'organe de recherche, avec la recherche sur les autres réglementations, pour formuler une thèse définissant les mesures requises ou les exigences.

## These des Handlungsbedarfs bzw. der Anforderungen

Aufgrund der vorher beschriebenen Recherche lässt sich die These unterteilen in generelle Themen und in solche, die den Stadt- und Agglomerationsverkehr betreffen.

### Generelle Themen

Es gab eine Anzahl von Erkenntnissen, die nicht a priori den Agglomerations- und Stadtverkehr, sondern die Normierung allgemein betreffen. Diese mussten vom eigentlichen Forschungsthema strikte getrennt werden, «was jedoch nicht immer einfach war», wie Schaufelberger anmerkt.

- **Zugänglichkeit und Handhabung:** Offenbar besteht nicht nur inhaltlich, sondern auch in Bezug auf die Zugänglichkeit und Handhabung des VSS-Normenwerks noch Optimierungspotenzial, damit Benutzer nicht auf Alternativen ausweichen.
- **Praxisbezug:** Besonders in älteren Normen fehlt es oft an aktuellem Praxisbezug und konkreten Aussagen.
- **Verbindlichkeit:** Die Verbindlichkeit der einzelnen Normen ist dem Anwender oft unklar. Welche sind rechtsverbindlich, wie gross ist der Handlungsspielraum. Dass in der Weisung des UVEK 741.211.5 «Verordnung des UVEK über die auf die Signalisation von Strassen, Fuss- und Wanderwegen anwendbare Normen» alle SN-Normen mit Verordnungscharakter aufgelistet sind ist, den meisten Anwendern nicht bekannt.
- **Vielfalt von Regelwerken:** Es wäre zu begrüssen, durch Schliessen von Lücken im Normenwerk die Zahl spezifischer Richtlinien von Städten, Kantonen und Verbänden zu reduzieren und/oder zumindest mittels umfassenderen Querverweisen eine einheitlichere Handhabung und eine bessere Übersicht über die zu beachtenden Regelwerke zu ermöglichen.

### Themen zum Stadt- und Agglomerationsverkehr

- **Planung:** In der Vergangenheit erfolgten die Planungen oft nachfrageorientiert, worauf auch die Normen ausgelegt sind. In Städten und Agglomerationen erfolgt die Planung aufgrund der eingeschränkten Platzverhältnisse und den gesättigten Verkehrsnetzen aber vermehrt angebotsorientiert, was in den Normen bislang keinen oder wenig Niederschlag findet beispielsweise bei der Berechnung der Verkehrsqualität oder beim Eruiieren des Parkplatzbedarfs.
- **Platzverhältnisse:** Optimierungspotenzial in Bezug auf Stadt- und Agglomerationsverkehr besteht vor allem aufgrund beschränkter Platzverhältnisse. Davon betroffen sind vor allem Normen zu geometrischen Elementen (Querschnitte, Höhen, Radien, Längen, Sichtweiten, etc.)
- **ÖV:** Generell sind Belange des ÖV (Tram, Trolleybus, Megabus, Bus, Taxi) in den bestehenden Normen wenig bis gar nicht erwähnt.
- **Leistungsfähigkeit:** Ergänzungsbedarf besteht weiter in den Normen zur Leistungsfähigkeit bezüglich Anwendbarkeit in städtischen Räumen (gesättigte Netze, Dosierungen, Verkehrsmanagement etc.). Handlungsbedarf besteht auch beim Fussverkehr und beim hindernisfreien Raum.

## Thèse définissant les mesures requises ou les exigences

Sur la base de la recherche précédemment décrite, la thèse est subdivisée en thématiques générales et en thématiques portant sur le trafic urbain et d'agglomération.

### Thématiques générales

Un certain nombre de résultats ne concernaient pas a priori le trafic urbain et d'agglomération, mais la normalisation dans son ensemble. Il fallait les distinguer clairement de la thématique de recherche proprement dite, «ce qui n'a pas toujours été simple», remarque M. Schaufelberger.

- **Accessibilité et usage:** à l'évidence, pour que les utilisateurs n'optent pas pour d'autres alternatives, le potentiel d'optimisation ne porte pas seulement sur le contenu, mais aussi sur l'accessibilité et l'usage du recueil de normes de la VSS.
- **Rapport avec la pratique:** en particulier dans les anciennes normes, il manque souvent un rapport avec la pratique actuelle ainsi que des indications concrètes.
- **Caractère obligatoire:** le caractère obligatoire des différentes normes manque souvent de clarté pour l'utilisateur. Lesquelles sont contraignantes? Quelle est la marge de manœuvre? La plupart des utilisateurs ne savent pas que toutes les normes SN contraignantes sont listées dans «l'Ordonnance 741.211.5 du DETEC concernant les normes applicables à la signalisation des routes, des chemins pour piétons et des chemins de randonnée pédestre».
- **Multiplicité des réglementations:** il serait souhaitable de réduire le nombre des directives spécifiques des villes, cantons et associations en comblant les lacunes du recueil de normes – ou du moins de permettre un usage plus cohérent et une meilleure vue d'ensemble des réglementations à respecter, grâce à des renvois plus complets.

### Thématiques portant sur le trafic urbain et d'agglomération

- **Planification:** dans le passé, les planifications s'effectuaient souvent en fonction de la demande, sur laquelle les normes sont également basées. Mais dans les villes et agglomérations, la planification a davantage lieu en fonction de l'offre, en raison de l'espace restreint et des réseaux de circulation saturés, ce qui se répercute peu ou pas du tout dans les normes jusque-là, par exemple pour le calcul de la qualité de la circulation ou pour déterminer les besoins en places de stationnement.
- **Espace disponible:** le potentiel d'optimisation pour le trafic urbain et d'agglomération porte surtout sur l'espace limité disponible. Ce sont essentiellement les normes relatives aux éléments géométriques (sections, hauteurs, rayons, longueurs, distances de visibilité, etc.) qui sont concernées.
- **Transports publics:** les préoccupations des transports publics (trams, trolleybus, mégabus, bus, taxis) sont globalement peu évoquées dans les normes existantes, voire pas du tout.
- **Performances:** des compléments aux normes sont nécessaires au plan des performances d'applicabilité dans les espaces urbains (réseaux saturés, dosages, gestion du trafic, etc.). Des mesures sont également requises au niveau du trafic piétonnier et de la construction sans obstacles.



3 | Verkehrsflächen müssen in innerstädtischen Bereichen unter den Nutzern neu aufgeteilt werden.

3 | Dans le centre des villes, les surfaces de circulation doivent faire l'objet d'une nouvelle répartition entre les usagers.

- **Verkehrsmangement:** Normierungslücken gibt es in Bezug auf das Verkehrsmanagement (Schichtstellen zu Hochleistungsstrassen, Parkleitsysteme etc.), im Bereich der Schnittstelle Verkehr-Gestaltung oder zum Einsatz von dynamischen LED/LCD-Anzeigen. Zudem fehlen Regelungen für die Velobeschleunigung (Veloschnellwege, Grüne Welle an Lichtsignalanlagen etc.) sowie für neue Technologien und Mobilitätsformen (Cargobikes, selbstfahrende Systeme etc.).

### Umfrage zur Verifizierung der These

Zur Verifizierung der durch die Forschungsstelle aufgestellten These wurde eine Umfrage bei den Strasseneigentümern, d.h. ausgewählten Bundesämtern, Kantonen, Städten und Agglomerationsgemeinden sowie einzelnen Planungsbüros (als Norm-Anwender) durchgeführt. «Wir wollten nicht einfach vom Bürotisch aus eine These in den Raum stellen, sondern diese bei den Direktbetroffenen validieren», erklärt Schaufelberger.

Die Auswahl der Umfrageteilnehmer umfasste eine gute geografische und sprachliche Verteilung sowie eine ausgeglichene Zusammensetzung von grossen Städten und kleineren Agglomerationsgemeinden. Die Umfrage wurde im Januar 2017 mit einem Empfehlungsschreiben des schweizerischen Städteverbandes verschickt. Sie war in Form eines Fragebogens mit «Multiple Choice» und Freitext aufgebaut und in drei Teile gegliedert. Der erste Teil beinhaltete die These der Forschungsstelle wieder, der zweite befasste sich mit dem all-

- **Gestion du trafic:** la normalisation présente des lacunes en matière de gestion du trafic (interfaces avec les routes à grand débit, systèmes de guidage de stationnement, etc.), dans le domaine de l'interface trafic/aménagement ou de l'utilisation des affichages LED/LCD dynamiques. Il manque en outre des réglementations pour l'accélération du vélo (voies rapides, vague verte aux feux de circulation, etc.) ainsi que pour de nouvelles technologies et formes de mobilité (cargobikes, systèmes autonomes, etc.).

### Enquête pour vérifier la thèse

Pour vérifier la thèse avancée par l'organe de recherche, une enquête a été réalisée auprès des propriétaires de routes, c'est-à-dire certains offices fédéraux, cantons, villes et communes d'agglomération, ainsi que certains bureaux de planification (en tant qu'utilisateurs des normes). «Nous ne voulions pas nous contenter de formuler une thèse purement théorique, mais la faire valider par les acteurs directement concernés», explique M. Schaufelberger.

Les participants à l'enquête ont été sélectionnés en respectant une bonne répartition géographique et linguistique, ainsi qu'un bon équilibre entre les grandes villes et les petites communes d'agglomération. L'enquête a été envoyée en janvier 2017, accompagnée d'un courrier de recommandation de l'Union des villes suisses. Elle se présentait sous forme d'un questionnaire à choix multiple et d'un texte libre, et était structurée en trois parties. La première partie restituait la thèse avancée par l'organe de recherche, la deuxième portait sur l'usage général des normes et demandait

gemeinen Normgebrauch und der Frage, ob und warum nebst den SN noch andere Regelwerke angewendet werden. Der dritte Teil war themenbezogen nach folgenden 11 Schwerpunktthemen gegliedert:

- Nutzung von anderen Normen/Leitfäden etc.
- Raumverhältnisse in städtischen Räumen
- Grundlagen Planung ÖV-Infrastruktur
- Leistungsfähigkeit und Verkehrsqualität
- Städtisches Verkehrsmanagement
- Signalisation und Markierung
- Veloverkehr
- Fussverkehr
- Bautechnische Normen
- Relevanz der Normen Nachhaltigkeit, Aufwand/Ertrag
- Relevanz neue Technologien

Von 65 angefragten Stellen haben sich 43 (66%) an der Umfrage beteiligt. Der Rücklauf aus der Romandie ist mit 36% gering, dementsprechend fliesst auch der Input aus der Romandie mit nur 5 Rückmeldungen in die Auswertung ein. Die angeschriebenen Planungsbüros haben mit 56% Rücklauf ebenfalls ein unterdurchschnittliches Interesse bekundet.

## Resultate der Umfrage bestätigen These

Die Frage nach den Gründen, warum anstelle von VSS-Normen andere Regelwerke genutzt werden, aktivierte ein relativ grosses Echo. Als Hauptgründe mit Zustimmung über 45% wurden genannt:

- Thema ist in der Norm nicht abgehandelt
- Norm im städtischen Umfeld ist nicht abgehandelt
- Norm ist nicht praxistauglich

Generell werden die SN-Normen wesentlich häufiger zu Rate gezogen als andere Regelwerke. Mit Abstand am häufigsten verwendet werden Normen zur Geometrie, Parkierung, Verkehrstechnik, Fussverkehr, Veloverkehr und Sicherheit/Unfälle. Am wenigsten Verwendung finden Normen zu Themen wie Strassenverkehrstelematik, Umwelt, Kosten-Nutzen und Projektbearbeitung/-management. Bei den Richtlinien von Bund und Kantonen sind vor allem Normen zu Verkehrstechnik (Signalisation und Markierung), Bautechnik und Veloverkehr gefragt. Dies dürfte damit zusammenhängen, dass diesbezüglich die VSS-Norm eher wenig aussagekräftig ist. Aus Leitfäden von Verbänden sind vor allem Themen zu Fuss- und Veloverkehr und zu Barrierefreiheit/BehiG in Gebrauch. Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass insbesondere in den Bereichen Bautechnik, Veloverkehr sowie Barrierefreiheit und Verkehrstechnik andere Regelwerke angewendet werden. Dies weist auf ein Verbesserungspotenzial im VSS-Normenwerk hin.

In Bezug auf die oben erwähnten Schwerpunktthemen ergab die Umfrage keine eindeutige Tendenz. Die grösste Zustimmung und damit auch der dringendste Handlungsbedarf ergeben sich für die folgenden Themen:

- Raumverhältnisse in städtischen Räumen
- Planungsgrundlagen ÖV
- Fussverkehr (insbesondere hindernisfreier Raum)

si d'autres réglementations étaient utilisées en plus des SN. La troisième partie était subdivisée en 11 thématiques principales:

- Utilisation d'autres normes/directives, etc.
- Espaces dans les zones urbaines
- Bases de la planification de l'infrastructure de TP
- Performances et quantité du trafic
- Gestion urbaine du trafic
- Signalisation et marquage
- Trafic cycliste
- Trafic piétonnier
- Normes de construction
- Pertinences des normes relatives au développement durable, au ratio dépenses/produits
- Pertinences des nouvelles technologies

Sur les 65 acteurs sollicités, 43 (66%) ont participé à l'enquête. Le taux de retour de Suisse romande a été faible (36%), donc seulement 5 feedbacks romands ont été intégrés aux évaluations. Les bureaux de planification sollicités se sont, eux aussi, montrés moins intéressés, avec un taux de retour de 56%.

## Les résultats de l'enquête valident la thèse

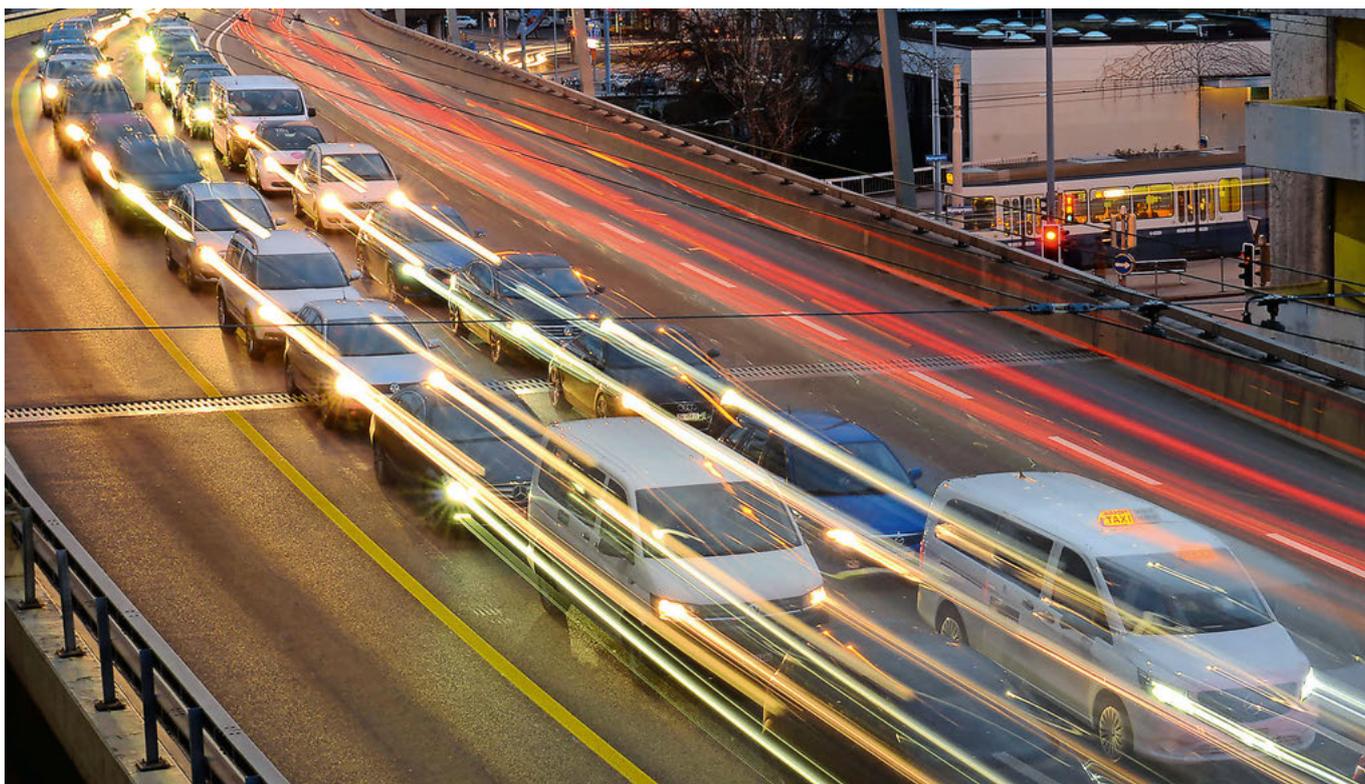
La question portant sur les raisons de l'utilisation d'autres réglementations à la place des normes de la VSS a suscité un écho assez important. Les principales raisons citées, approuvées à plus de 45%, ont été les suivantes:

- Sujet non traité dans la norme
- Norme non traitée dans l'espace urbain
- Norme non applicable dans la pratique

D'un point de vue général, les normes SN sont consultées beaucoup plus souvent que d'autres réglementations. Les normes les plus fréquemment utilisées, et de loin, sont celles qui portent sur la géométrie, le stationnement, la technique de la circulation, le trafic piétonnier, le trafic cycliste et la sécurité/les accidents. Les normes les moins utilisées sont celles qui traitent de la télématique des transports, de l'environnement, du ratio coûts/efficacité ainsi que du traitement/ de la gestion des projets. Concernant les directives de la Confédération et des cantons, la demande porte surtout sur des normes relatives à la technique de la circulation (signalisation et marquage), la technique de construction et le trafic cycliste. Cela pourrait s'expliquer par le fait que la norme VSS n'est guère significative dans ces domaines. Parmi les directives des associations, ce sont surtout celles qui traitent du trafic piétonnier et cycliste ainsi que de l'accessibilité aux handicapés/Lhand qui sont utilisées. En résumé, on peut retenir que d'autres réglementations sont notamment utilisées dans les domaines de la technique de construction, du trafic cycliste ainsi que de l'accessibilité aux handicapés et de la technique de la circulation. Cela révèle un potentiel d'amélioration dans recueil de normes de la VSS.

Concernant les thématiques principales évoquées plus haut, l'enquête n'a pas mis en évidence de tendance claire. Les thèmes suivants ont rencontré la plus forte approbation et illustrent donc les mesures les plus urgentes:

- Espaces dans les zones urbaines
- Bases de la planification pour les transports publics
- Trafic piétonnier (notamment espace sans obstacles)



4 | Überlastete Verkehrsnetze in Spitzenzeiten sind in Städten und Agglomerationen an der Tagesordnung.

4 | Les réseaux de transport surchargés aux heures de pointe sont monnaie courante dans les villes et agglomérations.

## Normierungsbedarf

In einem weiteren Schritt wurde in einem systematischen, mehrstufigen Vorgehen der entsprechende Normierungsbedarf ermittelt. In einer ersten Sichtung des gesamten VSS-Normenwerks erfolgte eine grobe erste Triage in Normen, die eine bzw. keine Relevanz zum Stadt- und Agglomerationsverkehr aufweisen. Diese Triage erfolgte gleichzeitig mit dem 1. Arbeitsschritt (These, Umfrage), so dass die Erkenntnisse direkt in die Hypothese und in die Formulierung der Fragen eingebaut werden konnte.

### 1. Grobtriage

Die Grobtriage führte zu folgenden Resultaten:

- Von allen 1116 publizierten Normen in der Schweiz sind 167 (15%) für den Stadt- und Agglomerationsverkehr als relevant einzustufen.
- 939 Normen (85%) sind nicht relevant.

### 2. Vertiefte Untersuchung

In einem zweiten Durchgang durchleuchtete die Forschungsstelle die Liste der vertieft zu untersuchenden Normen anhand der aus Schritt 1 hervorgegangenen, mit den Umfrageergebnissen abgeglichenen These. Jede Norm wurde einer der drei folgenden Kategorien zugeteilt:

1. Die Norm deckt die Anforderungen des Stadt- und Agglomerationsverkehrs bereits ab, es besteht kein Handlungsbedarf.
2. Die Norm geht zu wenig auf die spezifischen Anforderungen ein und steht stark im Widerspruch zum Stadt- und Agglomerationsverkehr. Hier besteht z.B. die

## Besoin de normalisation

Dans un deuxième temps, les besoins de normalisation ont été définis dans le cadre d'une procédure systématique en plusieurs étapes. Lors d'un premier examen de l'ensemble du recueil de normes de la VSS, un premier tri grossier a été effectué parmi les normes, selon qu'elles soient ou non pertinentes en matière de trafic urbain et d'agglomération. Ce tri a eu lieu parallèlement à la 1ère étape de travail (thèse, enquête), de sorte que les résultats ont pu être directement utilisés pour formuler l'hypothèse et les questions.

### 1. Tri grossier

Le tri grossier a conduit aux résultats suivants:

- Sur les 1116 normes publiées en Suisse, 167 (15%) peuvent être considérées comme pertinentes pour le trafic urbain et d'agglomération.
- 939 normes (85%) ne sont pas pertinentes.

### 2. Analyse approfondie

Lors d'un deuxième examen, l'organe de recherche a passé au crible la liste des normes à étudier de manière approfondie sur la base de la thèse découlant de l'étape 1, confrontée aux résultats de l'enquête. Chaque norme a été classée dans l'une des catégories ci-dessous:

1. La norme couvre déjà les exigences du trafic urbain et d'agglomération, aucune mesure n'est nécessaire.
2. La norme aborde trop peu les exigences spécifiques et elle est en contradiction avec le trafic urbain et d'agglomération. Il est p. ex. possible de restreindre le champ d'application de la norme existante et de créer une nouvelle norme pour

Möglichkeit, den Geltungsbereich der bestehenden Norm einzuschränken und für den Teil Stadt- und Agglomerationsverkehr eine neue Norm zu schaffen. Die soll aber die absolute Ausnahme sein, in der Regel ist eine Anpassung gemäss der 3. Kategorie anzustreben.

3. Die Norm geht zu wenig auf die spezifischen Anforderungen ein und kann mit Hinweisen zum Stadt- und Agglomerationsverkehr ergänzt oder angepasst werden. Die besonderen Anforderungen des Stadt- und Agglomerationsverkehrs werden in die Norm integriert, z.B. unter einer speziellen Rubrik oder als zusätzliches Kapitel.
4. Themen des Stadt- und Agglomerationsverkehr, die im Normenwerk bislang nicht abgehandelt sind oder sich nicht in bestehende Normen integrieren lassen und für welche eine neue Norm zu schaffen ist, bilden eine 4. Kategorie.

Die vertiefte Untersuchung der 161 relevanten Normen führte zu folgenden Resultaten:

- **Für 39 Normen besteht ein Ergänzungs- oder Optimierungsbedarf.**
- **Weiter besteht Bedarf nach 23 neuen Normen zu Themen, die im bestehenden Normenwerk noch nicht abgedeckt sind.**

Von Ergänzungen/Optimierungen betroffen sind besonders Normen zu folgenden Themen:

- Leistungsfähigkeit/Verkehrsqualität
- Veloverkehr (in Zusammenhang mit ÖV)
- Fussverkehr (in Zusammenhang mit Barrierefreiheit, ÖV und Velo)
- Geometrie (Sichtweiten, horizontale Linienführung, Normal- und Lichtraumprofil usw.)
- Knoten (allgemein nicht mehr aktuell)
- Lärmschutz
- Lichtsignalanlagen
- ÖV (Normalprofil, Haltestellen, Interaktion mit Fussgängern/Velo)

### 3. Normierungskonzept

Im dritten Schritt wurden die notwendigen Ergänzungen in den Normen und sinnvolle zusätzliche Normen konzeptionell festgehalten (siehe Abb. 5). Prinzipiell sind bei den anzupassenden Normen jeweils kurz das Defizit, die zu untersuchenden Aspekte sowie das anzustrebende Ergebnis formuliert. Die eigentliche Bearbeitung oder Revision der Normen war nicht Gegenstand der Forschungsarbeit, sondern erfolgt nun im Rahmen des ordentlichen Normierungsprozesses im VSS (Normenrevision, neue Norm).

Beim ausgewiesenen Bedarf nach neuen Normen handelt es sich schwergewichtig um folgende Themen:

- Verkehrsmanagement (Flexible Verkehrsflächennutzung, Transportketten, Nachfragesteuerung, dynamische Wegweisung, Dosierung)
- Parkieren und Verkehrserzeugung
- ÖV (Bushaltestellen, Normalprofil Tram, Bus, Megabus etc.)
- Barrierefreiheit
- Projektentwicklung (Betriebs- und Gestaltungsprojekt, Studienaufträge etc.).

le volet «trafic urbain et d'agglomération». Cette approche doit cependant rester exceptionnelle. En règle générale, il faut viser une modification conforme à la 3<sup>e</sup> catégorie.

3. La norme aborde trop peu les exigences spécifiques et peut être adaptée ou complétée par des indications relatives au trafic urbain et d'agglomération. Les exigences spécifiques du trafic urbain et d'agglomération sont intégrées à la norme, p. ex. dans une rubrique spéciale ou sous forme de chapitre supplémentaire.
4. Les thématiques relevant du trafic urbain et d'agglomération qui ne sont pas encore traitées dans le recueil de normes ou ne peuvent être intégrées à des normes existantes et qui nécessitent l'élaboration d'une nouvelle norme forment une 4<sup>e</sup> catégorie.

L'examen approfondi des 161 normes pertinentes a conduit aux résultats suivants:

- **Il existe un besoin de complément ou d'optimisation pour 39 normes.**
- **23 nouvelles normes sont également requises sur des thématiques qui ne sont pas encore couvertes dans l'actuel recueil de normes.**

Ce sont surtout des normes sur les thématiques ci-dessous qui sont concernées par des compléments/optimations:

- Performances/qualité du trafic
- Trafic cycliste (en lien avec les transports publics)
- Trafic piétonnier (en lien avec l'accessibilité aux handicapés, les transports publics et le vélo)
- Géométrie (distances de visibilité, tracés horizontaux, profil type et gabarit d'espace libre, etc.)
- Carrefours (globalement plus d'actualité)
- Protection antibruit
- Feux de circulation
- Transports publics (profil type, arrêts, interaction avec les piétons/cyclistes)

### 3. Concept de normalisation

Dans un troisième temps, les compléments nécessaires aux normes ainsi que les normes supplémentaires pertinentes ont été définis au niveau conceptuel (voir ill. 5). En principe, les lacunes, les aspects à étudier et le résultat visé sont brièvement formulés pour chaque norme à adapter. Le traitement ou la révision proprement dit(e) des normes n'était pas l'objet du travail de recherche, mais sera à présent effectué dans le cadre de du processus de normalisation habituel de la VSS (révision des normes, élaboration de nouvelles normes).

Les besoins avérés de nouvelles normes portent principalement sur les thématiques suivantes:

- Gestion du trafic (utilisation flexible des surfaces de circulation, chaînes de transport, gestion de la demande, signalisation dynamique, régulation)
- Stationnement et génération de trafic
- Transports publics (arrêts de bus, profil type pour tram, bus, mégabus etc.)
- Accessibilité aux handicapés
- Conception de projets (projets d'exploitation et d'aménagement, mandats d'étude, etc.).

Abb. 5: Normierungsbedarf Stadt- und Agglomeration – ausgewählte Beispiele

Norm			Normierungsbedarf			
SN/SNR/VSS	Thema	Jahr der Publikation		laufende Normenrevision	zuständige NFK	zu berücksichtigende Forschungsvorhaben
640017a	<b>Leistungsfähigkeit, Verkehrsqualität, Belastbarkeit; Grundlagennorm</b>	1999	<p><b>Defizit:</b> Die Norm formuliert fünf Verkehrsqualitätsstufen (VQS) von frei fließendem Verkehr ohne Behinderungen bis zur Verkehrrüberlastung. Weiter definiert sie die in der Planung anzustrebenden VQS. Inwiefern diese VQS für den Agglo- und Stadtverkehr in gesättigten Netzen (Netze an oder über der Kapazitätsgrenze) aussagekräftig sind und wie hoch die Messlatte für Planungen in städtischen Räumen anzusetzen ist, wird nicht berücksichtigt.</p> <p><b>Zu untersuchen:</b> Taugt das herkömmliche System mit den VQS zum Nachweis einer Leistungsfähigkeit in einem gesättigten Netz? Gibt es alternative Kriterien, die zur Beurteilung und Dimensionierung herangezogen werden können? Wie ist mit Neuverkehr aus verdichteter oder neuer Nutzung in einem bereits gesättigten städtischen Netz umzugehen?</p> <p><b>Anzustrebendes Ergebnis:</b> Kriterien zur Beurteilung der massgebenden Verkehrsqualität in städtischen teil- oder ganz gesättigten Netzen und Angabe der anzustrebenden VQS.</p>	ja	NFK 2.2	SVI 2004/032 intermodale Strecken-/Linien-/Netzleistungsfähigkeit
640039-1	<b>Strassenprojektierung; unterhaltsfreundliche Gestaltung von Strassenanlagen</b>	2001	<p><b>Defizit:</b> Die Norm beschreibt allgemein die Grundsätze einer unterhaltsfreundlichen Gestaltung des Strassenraums.</p> <p><b>Zu untersuchen:</b> Die besonderen Verhältnisse im innerstädtischen Raum (Platzbedingungen, Nutzungsdichte etc.) weisen allenfalls besondere Anforderungen an eine unterhaltsfreundliche Gestaltung auf. Es ist zu untersuchen, um welche wesentlichen Elemente es sich handelt und wie diese ausgestaltet sein müssen, um den Anforderungen an den Unterhalt zu genügen (z.B. Randabschüsse, Pflasterungen, Auskragende Elemente etc.). Weiter ist zu prüfen, ob Widersprüche zu Vorgaben zum BehiG bestehen, und wie mit im Widerspruch zu einer unterhaltsfreundlichen Gestaltung stehende Vorgaben aus dem BGK umzugehen ist bzw. wie diese behoben werden können.</p> <p><b>Anzustrebendes Ergebnis:</b> Mit den spezifischen Erfordernissen im städtischen Raum ergänzte Norm.</p>	ja	NFK 5.4	
640 201	<b>Geometrisches Normalprofil; Grundabmessungen und Lichtraumprofil der Verkehrsteilnehmer, inkl. Anhänge 1 und 2</b>	1992	<p><b>Defizit:</b> Der Aufbau der Norm ist für die rasche Ermittlung eines erforderlichen Strassenquerschnittes wenig praktikabel, da aus mehreren Einzelwerten die Querschnittsabmessungen erst zusammengesetzt werden müssen. Weiter ist der ÖV (Bus, Trams, Megabus, Metrobus) nicht oder zu wenig berücksichtigt. Die aus der Norm hervorgehenden Querschnitte stellen einen Regelfall auf der «grünen Wiese» dar und können im städtischen Raum mit den stark begrenzten Platzverhältnissen oft nicht eingehalten werden.</p> <p><b>Zu untersuchen:</b> In städtischen Räumen sind sich Automobilisten eingeschränkte Fahrstreifenbreiten gewohnt und verhalten sich entsprechend. Zudem sind begrenzte Strassenräume (Fassade-Fassade) sowie städtebauliche und gestalterische Elemente (Aufenthalts-/Fussverkehrsflächen, Baumreihen, Mittelstreifen usw.) zu berücksichtigen. Wo liegen die Grenzwerte des geometrischen Normalprofils, die es aus Gründen der Verkehrssicherheit, der Geometrie und des Fahrkomforts auch bei beengten Verhältnissen zwingend einzuhalten gilt? Sind Regelquerschnitte (ideal/minimal/Spanne) pro Strassentyp bezeichnerbar. Der Fall Tram und Bus (Busspuren) ist dabei einzubeziehen.</p> <p><b>Anzustrebendes Ergebnis:</b> Norm um den Fall Tram ergänzt. Erweiterung der Norm um einen Anhang mit typischen Regelquerschnitten verschiedener Strassentypen, Land/Stadt/Minimal inklusive Beispiele für Minimal- und Optimalanforderungen für Busse und Trams, Gestaltungselemente, Gesamtquerschnitte Velo/Bus/MIV unter Einbezug des zu berücksichtigenden Begegnungsfalles bzw. Prioritäten der Verkehrsmittel.</p>	nein	NFK 2.1	

Normierungsbedarf Stadt- und Agglomeration – ausgewählte Beispiele							
Norm			Normierungsbedarf		laufende Normenrevision	zuständige NFK	zu berücksichtigende Forschungsvorhaben
SN/SNR/VSS	Thema	Jahr der Publikation					
640833	Lichtsignalanlagen; Nutzen, inkl. Beilage	1996	<p><b>Defizit:</b> Oft werden verschiedene Knotenformen untereinander verglichen, wobei nicht nur technische, sondern auch geometrische und städtebauliche Aspekte sowie Belange des ÖV zu berücksichtigen sind.</p> <p><b>Zu untersuchen:</b> Welche Vergleichskriterien können zur Beurteilung der zweckmässigsten Knotenform (LSA, Kreisel, weitere) herangezogen werden? Wie spielen Belange des ÖV in die Knotenwahl? Wie verhält sich die Leistungsfähigkeit der verschiedenen Knotenformen bei hohem LV-Anteil (Velo und Fussgänger)? Welche Mischformen sind wann zweckmässig?</p> <p><b>Anzustrebendes Ergebnis:</b> Norm, die den Nutzen einer LSA im Kontext der Knotenwahl beleuchtet und dem Anwender hilft, die beste Knotenform zu finden.</p>	nein	NFK 5.1	SVI 2011/024; Langsamverkehrsfreundliche Lichtsignalanlagen; Bericht vom 22.6.2015. Revision und Zusammenlegung mit SN 640834 und SN 640835 sowie SN 640840 vorgesehen.	
640880	Bushaltestellen	1993	<p><b>Defizit:</b> Die 25-jährige Norm ist überholt und gibt auf zahlreiche Fragen keine Antworten.</p> <p><b>Zu untersuchen:</b> Die Norm ist komplett zu überarbeiten. Zu behandelnde Punkte sind: Randbedingungen durch BehiG (Haltekantenhöhe, Freiflächen, Ausrüstung, Gefälle), Randabschlüsse (Kasseler Sinderbord etc.), Geometrien (Hohe Kanten erfordern gerades Zu- und Wegfahren), Haltekantenzlängen (Gelenk und Doppelgelenkbusse), Anforderungen an Kombinierte Haltestellen Tram/Bus, Erreichbarkeit (Fussgängerquerungen, Inseln), Geometrien von Bushöfen (Sägezahn, Linie, Schrägversetzt etc.). Zu Prüfen ist zudem die Integration der Thematik Tramhaltestellen und Umbenennung der Norm in ÖV-Haltestellen.</p> <p><b>Anzustrebendes Ergebnis:</b> Umfassende, breit abgestützte und akzeptierte Norm, welche dem BehiG und den städtischen Anforderungen gerecht wird.</p>	nein	NFK 6.3	VSS 2011/804; Voranalyse von Forschungs- und Normierungsbedarf zu Haltestellen des strassengebundenen öffentlichen Verkehrs; Kein Bericht VSS 2013/502; Konzeption von Bushaltestellen, kein Bericht	

5 | Ausgewählte Beispiele aus dem Verzeichnis für Normierungsbedarf (Anhang zum Forschungsprojekt «Normierungskonzept Stadt- und Agglomerationsverkehr»).

## Lösungskonzept für die zukünftige Normierung

Nachdem der Normierungsbedarf feststeht, muss nun das Normenwerk schnellstmöglich hinsichtlich der Anwendung in städtischen- und Agglomerationsräumen ergänzt werden. Für diesen Prozess wurden drei Varianten diskutiert:

- **Variante 1:** Anpassung des Normenwerks im Rahmen der «regulären» Normrevisionen
- **Variante 2:** Neue Grundnorm und Leitfaden als Übergangslösung
- **Variante 3:** Alleiniger Leitfaden als Übergangslösung

«Die Diskussionen über die Lösungsvarianten waren sehr intensiv und ausführlich», erinnert sich Schaufelberger. Zwar war schnell klar, dass Variante 1 nicht in Frage kommt – obwohl sie mit verhältnismässig wenig Aufwand verbunden wäre, da keine weiteren Dokumente und Vorarbeit nötig sind. Ein wesentlicher Nachteil besteht jedoch darin, dass die Integration der wichtigen Inputs aus der Forschungsarbeit in das VSS-Normenwerk eine sehr lange Zeit in Anspruch nehmen würde und für die Übergangszeit dem Anwender keine Handhabe geboten werden kann.

## Concept de solution pour la future normalisation

Les besoins en normalisation étant établis, il convient à présent de compléter le recueil de normes aussi vite que possible pour le rendre applicable dans les villes et agglomérations. Pour ce processus, trois possibilités sont en discussion:

- **Variante 1:** adaptation du recueil de normes dans le cadre de la révision «régulière» des normes
- **Variante 2:** nouvelle norme de base et guide comme solution transitoire
- **Variante 3:** uniquement de guide comme solution transitoire

«Les discussions sur les variantes de solution ont été très denses et complètes», se souvient M. Schaufelberger. Il est certes rapidement apparu que la variante 1 n'était pas envisageable – bien que nécessitant nettement moins de moyens, car n'exigeant pas de documents supplémentaires ni de travail préalable. Mais elle présentait un inconvénient majeur: l'intégration des contributions importantes du travail de recherche dans le recueil de normes de la VSS aurait pris énormément de temps et aucune possibilité n'aurait pu être offerte à l'utilisateur pour la période de transition.

Deutlich mehr zu diskutieren gab die Wahl zwischen Variante 2 und 3. Favorisiert wurde zuerst Variante 2, weil eine Grundnorm im Verbund mit einem Leitfaden verhältnismässig rasch in Kraft gesetzt werden könnte und Planungsfachleuten entsprechend zeitnah zur Verfügung stehen würde. Zudem hat eine Norm in der Praxis generell mehr Gewicht und Durchsetzungskraft als allein ein Leitfaden und Abweichungen von bestehenden Einzelnormen können besser durchgesetzt werden.

### «Übersteuernde» Grundnorm ist nicht nötig

Trotz den oben angeführten Vorteilen entschied man sich schliesslich gegen eine neue Grundnorm. Ausschlaggebend waren folgende Punkte, die sich als problematisch herausstellten:

- Eine neue Grundnorm, die es ermöglicht, bestehende Einzelnormen quasi zu «übersteuern» ist nicht nötig. Schon heute kann und darf bei Vorliegen besonderer Umstände (z.B. Zielkonflikten, nicht genügend zur Verfügung stehender Verkehrsraum oder mit Blick auf das Verhältnismässigkeitsprinzip) von den bestehenden Normen abgewichen werden. Einzige Bedingung: Solche Lösungen müssen von der Bauherrschaft bzw. den beauftragten Planenden und den Bewilligungsbehörden sorgfältig und nachvollziehbar begründet sein, gegebenenfalls mit einer Variantendiskussion. Solche sorgfältig begründeten Lösungsvorschläge halten auch einer gerichtlichen Überprüfung stand.
- Eine Grundnorm, die es ermöglicht, bestehende Einzelnormen relativ einfach zu «übersteuern», untergräbt den Sinn und die Motivation der heutigen Normierungsarbeiten (in den NFK des VSS). Alle heute bestehenden Normen basieren mehrheitlich auf ausgedehnten Forschungsergebnissen. Zudem haben alle Normen eine breite Vernehmlassung bei zahlreichen Fachleuten aus der Praxis hinter sich. Erlaubt eine neue Grundnorm ein relativ einfaches Abweichen von diesen evidenzbasierten Ergebnissen, werden damit sowohl die Grundlagen der Normerarbeitung als auch der Normierungsprozess in Frage gestellt.
- Eine Norm hat den Anspruch, Aufzählungen von Anforderungen und Bedingungen abschliessend aufzuführen. Im vorliegenden Fall wäre dies kaum möglich, weshalb eine Norm hier nicht zweckmässig ist.
- Eine Differenzierung bzw. Spezifizierung der Anforderungen für den Stadt- und Agglomerationsverkehr ist auf Ebene Einzelnorm in jedem Fall erforderlich und kann nicht allein mit einer Grundnorm gelöst werden.
- Eine Grundnorm ist im Normierungskontext des VSS ein Überbau von mehreren thematisch eng miteinander verwandten Normen. In der vorliegenden Situation wäre das nicht der Fall, es würde somit vom üblichen Schema abgewichen.
- Im Prinzip genügt ein Leitfaden, da jegliches Abweichen von der Norm planerische Abwägungen bedingt und ohnehin fundiert begründet werden muss, unabhängig davon ob es eine Grundnorm gibt oder nicht.

Le choix entre les variantes 2 et 3 a suscité des discussions beaucoup plus nourries. La variante 2 a d'abord été privilégiée, car une norme de base associée à un guide pouvait être mise en vigueur relativement vite et aurait été rapidement à la disposition des professionnels de la planification. De plus, une norme a généralement plus de poids et de force exécutoire dans la pratique qu'un guide seul, et il est plus aisé d'imposer des dérogations aux normes existantes.

### Une norme de base «qui prend le pas sur tout» n'est pas nécessaire

Malgré les avantages mentionnés ci-dessus, on s'est finalement prononcé contre une nouvelle norme de base. Plusieurs points qui se sont révélés problématiques ont été décisifs:

- Une nouvelle norme de base permettant quasiment de «prendre le pas» sur des normes individuelles existantes n'est pas nécessaire. Il est d'ores et déjà possible, dans des circonstances particulières (p. ex. conflits d'objectifs, pas assez d'espace de circulation disponible, ou eu égard au principe de la proportionnalité), de déroger aux normes existantes. Seule condition: ces solutions doivent être soigneusement légitimées par les maîtres d'ouvrage resp. les planificateurs mandatés et les autorités délivrant les autorisations, le cas échéant avec une discussion des variantes. Ces propositions de solution soigneusement justifiées résistent aussi à un examen judiciaire.
- Une norme de base permettant de «prendre le pas» relativement facilement sur des normes individuelles existantes minerait le sens et la motivation des travaux de normalisation actuels (dans les CNR de la VSS). Toutes les normes existant aujourd'hui reposent essentiellement sur de vastes résultats de recherche. En outre, toutes les normes ont fait l'objet d'une large consultation auprès de nombreux professionnels opérant sur le terrain. Même si une nouvelle norme de base permet de déroger assez facilement à ces résultats fondés, cela remet en question les bases de l'élaboration des normes tout comme le processus de normalisation.
- Une norme a pour but d'énumérer de manière exhaustive les exigences et les conditions, ce qui ne serait guère possible dans le cas présent. Une norme n'est donc pas judicieuse.
- Une différenciation ou une spécification des exigences pour le trafic urbain et d'agglomération est requise dans tous les cas au niveau de la norme individuelle et ne peut pas être réglée uniquement avec une norme de base.
- Dans le contexte de la normalisation de la VSS, une norme de base est une «superstructure» composée de plusieurs normes dont les thématiques sont étroitement liées. Cela ne serait pas le cas dans la présente situation et s'écarterait donc du schéma habituel.
- En principe, un guide suffit, car toute dérogation à la norme nécessite des compromis de planification et doit de toute façon être solidement justifiée, indépendamment du fait qu'il existe ou non une norme de base.

## Alleiniger Leitfaden als Übergangslösung

Somit setzte sich Variante 3 als zweckmässigste Lösung für das weitere Vorgehen durch. Mit einem Leitfaden können die wichtigsten Themen rasch und pragmatisch beschrieben werden. Die Gestaltung eines Leitfadens bietet bedeutend mehr Flexibilität und Möglichkeiten. Zudem müssen sich Aufbau und Struktur eines Leitfadens nicht an die starren Vorgaben einer Norm halten. Sie können Bilder, Checklisten oder andere zweckmässige Arbeitsinstrumente verwenden, welche die Aufgabe der Normanwendenden unterstützen. Ein Leitfaden erhebt auch nicht den Anspruch, das Thema abschliessend und vollständig zu lösen. Vielmehr bietet er anhand von Best-Practice-Beispielen und Checklisten eine konkrete, anwendbare Hilfe für Planungsfachleute.

Als ein «gelungenes Beispiel» für einen Leitfaden nennt Schaufelberger die Guideline SNG 640 603 «Leitfaden für den Entwurf von Hauptverkehrsstrassen innerorts», die der VSS Ende 2017 publiziert hat und bereits einen ersten Teil der vorliegenden Fragestellungen abdeckt.

## Aufbau und Inhalt des Leitfadens

Der Leitfaden «Stadt- und Agglomerationsverkehr» sollte aus folgenden Bestandteilen bestehen:

- **Geltungsbereich und Gegenstand:** Der Leitfaden ist anwendbar in Verkehrsräumen in dicht bebauten Gebieten mit begrenzt verfügbaren Flächen.
- **Bedingungen und Voraussetzungen für spezifische Anforderungen und Besonderheiten:** Die spezifischen Anforderungen dürfen nicht zu Lasten der allgemeinen Verkehrssicherheit festgelegt werden. Die Verwendung von spezifischen Besonderheiten und Anforderungen (Abweichung zur Norm) ist in jedem Anwendungsfall zu begründen. Weiter müssen Bedingungen zu Abmessungen im Strassenquerschnitt, Verkehrsaufkommen bei Siedlungsverdichtung und Sichtweiten erfüllt sein.
- **Mögliche Besonderheiten und Anforderungen** betreffend Verkehrsnachfrage und Verkehrsqualität, geometrischen Massen und Abmessungen sowie Priorisierung der Anforderungen bei begrenzten Platz- und/oder Kapazitätsverhältnissen müssen berücksichtigt werden.
- **Inhalte:** Der Leitfaden liefert Angaben zur konkreten Anwendung ortsspezifischer Anforderungen und Besonderheiten innerhalb des Stadt- und Agglomerationsverkehrs. Der Leitfaden soll nach Erscheinen, abhängig vom Fortschritt der Anpassung der Einzelnormen, alle rund drei Jahre überarbeitet werden. Dass der Leitfaden alle erkannten Lücken und Defizite der Normierung abdeckt, ist weder realistisch noch Ziel. Vielmehr sollen die als prioritär zu betrachteten Themenblöcke abgehandelt und damit die am häufigsten auftretenden Fragen und Unsicherheiten beantwortet bzw. geklärt und auch mit konkreten Fallbeispielen anschaulich dargestellt werden. Themen und Schwerpunkte des zu schaffenden Leitfadens sind:
  - Massgebender Verkehr/Verkehrsqualität/Leistungsfähigkeit (Priorität: 1)
  - Projektierung von Hauptverkehrsstrassen (Priorität: 2)
  - Leichter Zweiradverkehr (Priorität: 2)

## Uniquement de guide comme solution transitoire

La variante 3 s'est donc imposée comme une solution judicieuse pour la suite de la mise en œuvre. Un guide permet de décrire les thèmes essentiels de manière rapide et pragmatique. L'élaboration d'un guide offre beaucoup plus de flexibilité et de possibilités. De plus, la forme et la structure d'un guide ne doivent pas respecter les consignes rigides d'une norme. Les guides peuvent utiliser des illustrations, des check-lists ou autres instruments de travail pertinents qui sont destinés à aider l'utilisateur de la norme dans sa tâche. Un guide ne prétend pas non plus à l'exhaustivité. Sur la base d'exemples de bonnes pratiques et de check-lists, il offre plutôt une assistance concrète et applicable aux professionnels de la planification.

M. Schaufelberger mentionne un «exemple réussi» de guide: Guideline SNG 640 603 «Guide pour la conception de routes principales à l'intérieur des localités», publié par la VSS fin 2017, qui couvre déjà une première partie des problématiques.

## Structure et teneur d'un guide

Le guide «Trafic urbain et d'agglomération» devrait être constitué des éléments suivants:

- **Champ d'application et objet:** le guide est applicable dans les espaces de circulation en zone urbaine dense où les surfaces disponibles sont limitées.
- **Dispositions et conditions pour les exigences spécifiques et particularités:** les exigences spécifiques ne doivent pas être préjudiciables à la sécurité générale du trafic. Le recours à des exigences spécifiques et particularités (dérogation à la norme) doit être justifié dans chaque cas d'application. De plus, les conditions relatives aux cotes du profil en travers de la route, au volume de trafic en cas de densification de l'habitat et aux distances de visibilité doivent être remplies.
- **Il faut tenir compte des éventuelles particularités et exigences** concernant la demande de transport et la qualité du trafic, les cotes et dimensions géométriques ainsi que la priorisation des exigences lorsque l'espace et/ou la capacité sont limités.
- **Teneur:** le guide fournit des indications sur l'application concrète des exigences et particularités spécifiques à un site au sein du trafic urbain et d'agglomération. Le guide doit être révisé tous les trois ans environ après sa parution, selon l'avancée de l'adaptation de la norme individuelle. Le guide ne vise pas à combler toutes les lacunes et carences identifiées de la normalisation, ce qui serait irréaliste. Il vise plutôt à traiter les thématiques considérées comme prioritaires et à répondre ainsi aux questions les plus fréquentes et à lever les incertitudes, ainsi qu'à présenter clairement ces thématiques sur la base d'exemples concrets. Les thèmes et priorités du guide à élaborer sont les suivants:
  - Trafic / qualité du trafic/performances déterminants (priorité: 1)
  - Conception de routes principales (priorité: 2)
  - Trafic de deux-roues légers (priorité: 2)



6 | Der Leitfaden soll u.a. ortsspezifische Anforderungen und Besonderheiten innerhalb des Stadtverkehrs berücksichtigen.

6 | Le guide doit notamment tenir compte des exigences et particularités spécifiques à un site au sein du trafic urbain.

- Fussverkehr (Priorität: 2)
- Geometrisches Normalprofil (Priorität: 1)
- Knoten/Sichtweiten (Priorität: 1)
- Parkierung (Angebot/Fahrtenaufkommen) (Priorität: 3)
- Bushaltestellen (Priorität: 1)
- Verkehrsmanagement (Priorität: 3)

### Jetzt sind die Fachgremien des VSS mit der Umsetzung gefordert

Nachdem das Forschungsprojekt den Normierungsbedarf für den Stadt- und Agglomerationsverkehr evaluiert und die weitere Vorgehensweise definiert hat, müssen jetzt die einzelnen Fachgremien des VSS mit der entsprechenden Umsetzung beginnen. Dabei stehen folgende Arbeiten an:

- Zuerst muss nun der neue Leitfaden erarbeitet werden.
- Gleichzeitig sollte damit begonnen werden, die festgestellten Bedürfnisse und Anforderungen des Stadt- und Agglomerationsverkehrs an die entsprechenden Normen ins aktuelle Normenrevisionsprogramm des VSS aufzunehmen.
- Für die erkannten Normierungslücken, die mit dem bestehenden Normenwerk nicht abzudecken sind, muss der VSS neue Normen erarbeiten und publizieren.

Von Rolf Leeb

#### Forschungsprojekt VSS 2016/622

Forschungsstelle und Projektteam: Projektleitung: Walter Schaufelberger. – Mitglieder: Remo Schwarz, Adrian Weber.

- Trafic piétonnier (priorité: 2)
- Profil type géométrique (priorité: 1)
- Carrefours/distances de visibilité (priorité: 1)
- Stationnement (offre/volume de trafic) (priorité: 3)
- Arrêts de bus (priorité: 1)
- Gestion du trafic (priorité: 3)

### À présent, la mise en œuvre incombe aux organes techniques de la VSS

Le projet de recherche ayant défini les besoins de normalisation pour le trafic urbain et d'agglomération ainsi que la suite de la procédure, les différents organes techniques de la VSS doivent maintenant débiter la mise en œuvre. Les travaux ci-dessous sont au programme:

- Il faut tout d'abord élaborer le nouveau guide.
- Parallèlement, il faut commencer à intégrer dans l'actuel programme de révision des normes de la VSS les besoins et exigences identifiés pour le trafic urbain et d'agglomération dans les normes adéquates.
- Concernant les lacunes de normalisation qui ne peuvent être comblées avec le recueil de normes existant, la VSS doit élaborer et publier de nouvelles normes.

Von Rolf Leeb

#### Projet de recherche VSS 2016/622

Instance de recherche et équipe de projet: Direction du projet: Walter Schaufelberger. – Membres: Remo Schwarz, Adrian Weber.

## «Die eigentliche Arbeit beginnt erst jetzt in den Fachgremien des VSS»

Das Normenwerk des VSS muss auch dem städtischen Netzwerk dienen. Deshalb hat ein Projektteam unter der Leitung von FK-6-Präsident Walter Schaufelberger in einer Forschungsarbeit untersucht, wie der VSS diesem Anspruch in Zukunft gerecht werden kann. Im Interview sagt er, wie die Empfehlungen aus dem Forschungsprojekt nun in die Tat umgesetzt werden müssen.

**Sie haben das vom VSS initiierte Forschungsprojekt «Normierungskonzept Stadt- und Agglomerationsverkehr» geleitet. Nun liegen die Ergebnisse vor. Welches Fazit ziehen Sie?**

**Walter Schaufelberger:** Wir haben die gesteckten Ziele erreicht und sind jetzt einen wesentlichen Schritt weiter. Das hat auch die Begleitkommission des Forschungsprojekts bestätigt. Wir haben den präzisen Normierungsbedarf für den Stadt- und Agglomerationsverkehr sowie das weitere Vorgehen definiert.

**Und dies innerhalb einer relativ kurzen Zeitspanne von eineinhalb Jahren, ...**

...weil wir uns wegen der Dringlichkeit des Themas von Anfang an ein ambitioniertes Ziel gesetzt haben. Schliesslich hat es zwar ein halbes Jahr länger gedauert als geplant. Das hat auch mit den teils ausführlichen Diskussionen in der Begleitkommission zu tun. Diese waren aber sehr wichtig, weil so verschiedene Ansichten ins Projekt einfließen konnten.

**Wie geht es nun weiter?**

Nun müssen die festgestellten Normierungslücken geschlossen werden. Das erfordert die Revision der aufgeführten Normen bzw. das Erstellen der neuen Normen. Im ordentlichen Normenrevisionsprogramm des VSS müssen nun die erkannten Anforderungen und Bedürfnisse des Stadt- und Agglomerationsverkehrs eingearbeitet werden. Damit verbunden ist ein langjähriger Prozess, d.h. bis die letzte Normenrevision erfolgt ist vergehen wohl fünf bis zehn Jahre. Deshalb schlägt die Forschungsstelle einen Leitfadens als rasch realisierbare Übergangslösung vor, bis die betroffenen Normen revidiert oder neu erstellt sind.

**Man könnte also behaupten, dass mit dieser Forschungsarbeit hinsichtlich der Normierung in diesem Themenbereich noch nichts Konkretes erreicht wurde.**

Die Bearbeitung oder Revision der Normen war nicht Gegenstand der Forschungsarbeit. Deshalb ist klar, dass die eigentliche Arbeit erst jetzt in den Fachgremien des VSS beginnt. Dabei ist es enorm wichtig, alle Fachleute in den betroffenen

## «Le travail ne fait que commencer dans les organes techniques»

Le recueil de normes de la VSS doit aussi servir au réseau urbain. Voilà pourquoi une équipe chargée de projet, sous la direction de Walter Schaufelberger, président de la CT 6, a étudié comment la VSS pouvait répondre à cette exigence à l'avenir, dans le cadre d'un travail de recherche. Dans l'entretien qu'il nous a accordé, il explique comment les recommandations découlant de ce projet de recherche doivent à présent être mises en œuvre.

**Vous avez dirigé le projet de recherche «Concept de normalisation pour le trafic urbain et d'agglomération», lancé par la VSS. Les résultats sont désormais disponibles. Quelle conclusion tirez-vous?**

**Walter Schaufelberger:** Nous avons atteint les objectifs fixés et avons fait un grand pas en avant. La commission d'accompagnement du projet de recherche l'a également confirmé. Nous avons défini les besoins précis de normalisation pour le trafic urbain et d'agglomération ainsi que pour la suite de la procédure.

**Et ce, sur une période relativement courte d'un an et demi, ...**

...car nous nous étions fixé d'emblée un objectif ambitieux en raison de l'urgence de la thématique. Finalement, le processus a pris six mois de plus que prévu, notamment en raison des discussions parfois approfondies au sein de la commission d'accompagnement. Mais celles-ci ont été très importantes, car elles ont permis d'intégrer différents points de vue au projet.

**Quelles sont maintenant les prochaines étapes?**

Il s'agit à présent de combler les lacunes de normalisation identifiées. Cela nécessite une révision des normes existantes ou l'élaboration de nouvelles normes. Il faut traiter les exigences et besoins identifiés pour le trafic urbain et d'agglomération dans le cadre du programme régulier de révision des normes de la VSS. C'est un processus de longue haleine, car une période de cinq à dix années s'écoulera jusqu'à la révision de la dernière norme. Voilà pourquoi l'organe de recherche propose d'élaborer un guide comme solution transitoire rapide à mettre en œuvre, applicable jusqu'à la révision des normes concernées ou l'élaboration de nouvelles normes.

**On pourrait donc affirmer que ce travail de recherche n'a encore rien apporté de concret dans ce domaine en matière de normalisation.**

Le traitement ou la révision des normes n'était pas l'objet du travail de recherche. Il est donc évident que le travail proprement dit ne débute que maintenant dans les organes techniques de la VSS. Il est extrêmement important de convaincre les profes-

NFK vom Revisionsbedarf zu überzeugen und sie zur Mitarbeit zu motivieren. Dies wird schwieriger sein als die nachfolgende eigentliche Bearbeitung der Normen, die im Detail in erster Linie eine Fleissarbeit ist.

### Wie wollen Sie dies erreichen?

In einem ersten Schritt sind jetzt vor allem die Führungsgremien des VSS gefordert. Sie müssen Überzeugungsarbeit leisten. Das ist sehr entscheidend, sonst versandet das Thema schnell, und der VSS wird sich hinsichtlich der Normierung in einem zentralen Bereich des Strassen- und Verkehrswesen zwangsläufig verabschieden müssen.

### Als Übergangslösung muss nun als erstes ein Leitfaden entwickelt werden.

#### Wer wird mit dieser Aufgabe betraut?

Das steht noch nicht fest. Zuerst muss definiert werden, ob der Leitfaden als Schweizer Normen Guideline (SNG) oder Schweizer Normen Regel (SNR) publiziert wird. Eine SNR wäre im Vergleich zu einer SNG verbindlicher und würde für die Erarbeitung auch einen finanziellen Beitrag erhalten. Deshalb ist auch noch nicht klar, ob der Leitfaden von einer Forschungsstelle oder einem Fachgremium des VSS entwickelt wird. Klar ist aber, dass in einem Milizsystem der finanzielle Aspekt nicht entscheidend sein darf.

### Welchen Nutzen haben die Anwender, wenn das Normierungskonzept dereinst umgesetzt ist?

Das Ziel der Normierung ist es, möglichst einheitliche Lösungen für gleiche Situationen zu finden. Das schafft für die Anwender Planungssicherheit. Im städtischen Raum ist dies aufgrund der beschränkten Platzverhältnisse oft schwierig und die Anwendung der Norm bildet die Ausnahme. Deshalb müssen wir bei der bevorstehenden Revision und Ausarbeitung der Normen ein gutes Mittelmass finden und dürfen nicht allzu viele Vorgaben und Einschränkungen machen. Es soll auch in Zukunft Aufgabe der Verkehrsplanenden sein, je nach Situation individuelle Lösungen umsetzen zu können. Doch er muss wissen, wo er die Prioritäten setzen muss. Und das wollen wir vereinheitlichen. Insofern bin ich überzeugt, dass wir mit diesem Projekt auch einen wesentlichen Beitrag zur Reduzierung der Regulierungsvielfalt in Bund, Kantonen und Gemeinden leisten werden.

### Die Digitalisierung wird in diesem Projekt kaum erwähnt. Haben Sie keine Angst, von dieser rasanten Entwicklung dereinst eingeholt zu werden?

Nein, momentan befinden wir uns bei dieser Thematik nach wie vor in der Phase des «Kaffeesatzlesens». Normierung ist immer eine Art Vergangenheitsbewältigung. Die Digitalisierung befindet sich momentan auf der Forschungs- und Entwicklungsebene. Man weiss also noch zu wenig, um dieses Thema in der Normierung abbilden zu können.



7 | Walter Schaufelberger, Präsident der FK 6 und CEO der B+S AG in Bern, ist Leiter des Forschungsprojekts «Normierungskonzept Stadt- und Agglomerationsverkehr».

7 | Walter Schaufelberger, président de la CT 6 et CEO de B+S AG Bern, est le directeur de projet de recherche «concept de normalisation pour le trafic urbain et d'agglomération».

sionnels des CNR concernées du bien-fondé des besoins de révision et de les motiver à coopérer, ce qui sera plus difficile que le traitement proprement dit des normes, qui sera d'abord un travail méticuleux.

### Comment comptez-vous y parvenir?

Dans un premier temps, ce sont surtout les organes dirigeants de la VSS qui sont sollicités. Ils doivent convaincre, une étape fondamentale, sinon le sujet va vite tourner court et la VSS va forcément perdre sa place en ce qui concerne la normalisation, qui ne sera plus un domaine central de la route et des transports.

### À présent, il faut en premier lieu élaborer un guide comme solution transitoire. Qui est chargé de ce travail?

La décision n'est pas encore prise. Il s'agit d'abord de déterminer si le guide sera publié sous la forme d'une Guideline suisse (SNG)

ou d'une Règle suisse (SNR). Une SNR serait plus contraignante qu'une SNG et bénéficierait aussi d'une subvention financière pour son élaboration. Voilà pourquoi on ne sait pas encore si le guide sera élaboré par un organe de recherche ou un organe technique de la VSS. Mais une chose est claire: dans un système de milice, l'aspect financier ne doit pas être déterminant.

### Quels avantages les utilisateurs retireront-ils de la mise en œuvre du concept de normalisation?

La normalisation vise à trouver des solutions aussi uniformes que possible pour des situations identiques. Cela donne de la sécurité de planification aux utilisateurs. Dans le contexte urbain, c'est souvent difficile en raison de l'espace restreint et l'application de la norme est exceptionnelle. Voilà pourquoi nous devons trouver un bon équilibre lors du travail de révision et d'élaboration des normes qui s'annonce, et nous ne devons pas formuler trop de consignes ni restrictions. À l'avenir, mettre en œuvre des solutions spécifiques en fonction de la situation doit rester la mission des planificateurs des transports. Mais ils doivent savoir où fixer les priorités. C'est ce que nous entendons harmoniser. En ce sens, je suis persuadé que ce projet nous permettra aussi de contribuer de manière déterminante à réduire la densité de réglementation au niveau de la Confédération, des cantons et des communes.

### La digitalisation n'est guère évoquée dans ce projet. Ne craignez-vous pas d'être rattrapé par cette évolution fulgurante?

Non. Sur ce point, nous sommes pour l'instant encore dans la phase de «lecture dans le marc de café». La normalisation est toujours une sorte de gestion du passé. À l'heure actuelle, la digitalisation se situe au niveau de la recherche et développement. On sait encore trop peu de choses pour pouvoir intégrer cette thématique à la normalisation.

Interview: Rolf Leeb

Entretien: Rolf Leeb

# Akustische Alterung lärmarmen Beläge durch Verschmutzung – Grundlegende Mechanismen

## Altération acoustique d'enrobés phono-absorbants par colmatage – Mécanismes fondamentaux

Lärmarme Beläge finden in der Schweiz immer mehr Verbreitung. Deren Zukunft hängt aber massgebend von der erreichbaren, akustischen Dauerhaftigkeit ab. Die Rolle der Verschmutzung wird dabei oft unterschätzt. Zwar ist klar, dass durch Verstopfung der offenen Poren die akustische Leistung massgeblich reduziert wird, durch welchen Prozess genau es aber mit der Zeit dazu kommt, blieb bisher weitgehend unerklärt. Anhand von Praxisbeispielen und fundierter Analyse aus Bohrkernen werden in diesem Beitrag nun grundlegende Mechanismen dazu erläutert. Damit soll die Grundlage geschaffen werden, um zukünftig einer akustischen Alterung durch Verschmutzung gezielt entgegenzuwirken.

Neben einer Temporeduktion ist der Einbau einer lärmarmen Deckschicht (Phono-Belag) meist die effektivste Massnahme, um innerorts den Strassenlärm direkt an der Quelle zu reduzieren. Die Bedeutung und Verbreitung dieser Beläge ist daher in der Schweiz zunehmend. Mit Ablauf der Frist per Ende März 2018 zur Durchführung der Lärmsanierungen gemäss Lärmschutz-Verordnung<sup>[1]</sup> könnte der Druck seitens der Strassenbesitzer in den nächsten Jahren zudem weiter steigen.

Im grösseren Stil werden seit ca. 2011 Phono-Strecken eingebaut und mit den ins Alter kommenden Belägen nimmt auch die Langzeiterfahrung zu<sup>[2]</sup>. Die Bilanz ist grundsätzlich positiv und das Potenzial dieser Beläge wird nach wie vor als hoch



VON DR.  
**TOBIAS BALMER**  
Dipl. Ing. Werkstoffe ETHZ,  
Weibel AG, Forschung &  
Entwicklung



VON  
**FRÉDÉRIC STEINER**  
MSc Civil Engineering ETHZ,  
Weibel AG, Leitender  
Geschäftsführer

Les revêtements phono-absorbants se répandent de plus en plus en Suisse. L'augmentation de la durée de vie permettra de pérenniser leur avenir. Le rôle du colmatage est souvent sous-estimé. Il est pourtant clair que lorsque les pores s'encrassent, les performances acoustiques sont fortement réduites. Les étapes entraînant ce colmatage au cours du temps sont encore méconnues. Au moyen d'exemples pratiques et d'analyses de carottes, les mécanismes fondamentaux sont maintenant expliqués dans cette publication. Ainsi, les fondements formulés permettront d'appréhender et de contrer à l'avenir cette altération acoustique par colmatage.

Au-delà de réduire la vitesse de circulation, la pose d'un revêtement phono-absorbant est la mesure la plus efficace pour réduire, directement à la source, le bruit routier. Ces revêtements occupent ainsi une place de plus en plus importante en suisse. À l'expiration de l'échéance à la fin de mars 2018 pour la mise en œuvre des mesures de protection contre le bruit selon l'ordonnance fédérale<sup>[1]</sup>, accentue l'implication des maîtres d'ouvrage en la matière pour les prochaines années. La mise en œuvre d'enrobés phono-absorbants depuis 2011, permet aujourd'hui d'avoir un recul conséquent<sup>[2]</sup>. Les retours d'expérience sont globalement positifs, avec un potentiel très important pour réduire le bruit<sup>[3,4]</sup>, mais néanmoins terni par une durée de vie phonique restreinte. Cela montre

erachtet<sup>3,4</sup>. Überschattet wird dieses Potenzial allerdings von der limitierten akustischen Lebensdauer. Dabei zeichnet sich ab, dass neben Rezeptur und Oberflächentextur der Verschmutzung eine bedeutende Rolle zukommt<sup>5</sup>. Bekannt ist, dass die offenen Poren, die relevant sind für die schallabsorbierende Wirkung, im Laufe der Zeit verstopfen können. Der Mechanismus und die dominierenden Faktoren dazu sind allerdings noch weitgehend unbekannt. Ein grundlegendes Verständnis darüber ist essenziell, um bessere Verfahren zum Unterhalt und optimierte Belagsrezepturen entwickeln zu können. Die Weibel AG hat darum zusammen mit der Fachhochschule Yverdon ein KTI-Forschungsprojekt<sup>6</sup> zu diesem Thema in die Wege geleitet. In diesem Artikel können nun die ersten Erkenntnisse aus dem Projekt zum Mechanismus der Verschmutzung lärmärmer Beläge aufgezeigt werden.

## Ein Fallbeispiel aus der Praxis

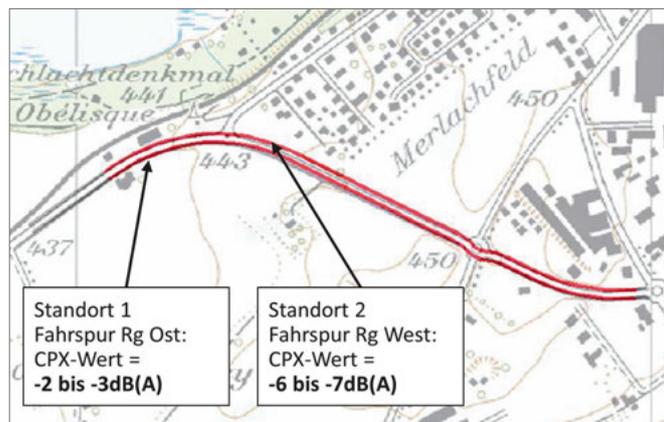
Das CPX-Verfahren (Close-Proximity Schallpegelmessung) gilt als Standard für die akustische Belagsgütemessung<sup>7</sup>. Diverse Strecken, die 2012 durch Weibel AG eingebaut wurden, sind so im letzten Jahr vermessen und fünf Jahre nach Einbau bewertet worden. Dabei ist aufgefallen, dass die Lärmwerte im gleichen Streckenabschnitt sehr stark variieren können. Ein Beispiel mit einem Unterschied im CPX-Wert von bis zu 4dB(A) innerhalb einer Distanz von 200 m ist in Abb. 1 gegeben. Bemerkenswert dabei ist, dass an beiden Stellen die Oberflächentextur in gutem, vergleichbarem Zustand ist und Faktoren wie Einbau, Tempobereich und das Verkehrsaufkommen als identisch betrachtet werden können. Es existieren offenbar Faktoren mit lokaler Wirkung, die entscheidend zur akustischen Alterung beitra-

gen plus de la recette utilisée et de la macro-texture de l'enrobé, le colmatage des pores joue un rôle déterminant<sup>5</sup>. En effet, la structure des vides au sein de la couche phono-absorbante, permettant l'absorption des ondes sonores, peuvent se boucher au fil du temps. Les mécanismes et les facteurs majeurs ne sont que peu connus à ce jour. Une compréhension totale de ce phénomène est essentielle pour définir de meilleures procédures d'entretien mais également de nouveaux enrobés adaptés à ces contraintes. Dans ce but, l'entreprise Weibel SA a débuté un projet de recherche CTI<sup>6</sup> en collaboration avec la Haute Ecole d'Ingénierie et de Gestion à Yverdon pour élucider cette thématique. Dans cet article seront présentées les premières constatations sur l'encrassement des enrobés phono-absorbants observées dans le cadre de ce projet.

## Etude de cas

Pour évaluer les performances acoustiques d'un enrobé, la méthode CPX (Close-Proximity) est actuellement la mesure standard<sup>7</sup>. Différentes routes, posés en 2012 par Weibel SA, ont fait l'objet d'un suivi détaillé. L'évaluation cinq ans après la mise en œuvre, a permis de remarquer que les valeurs de

bruit sur un même tronçon peuvent varier très fortement. Des différences dans la valeur CPX allant jusqu'à 4dB (A) sur une distance de 200 m ont été constatées (voir ill. 1). Sur place, aux deux endroits «extrêmes», la texture de surface est en bon état, tout à fait comparable, et les conditions d'utilisation (vitesse de circulation et volume du trafic) sont identiques. Des facteurs, contribuant de façon locale au vieillissement acoustique, existent donc manifestement. Dans la suite sera



1 | Phono-Strecke in Murten (FR) mit Einbaujahr 2012 und einer Gesamtlänge von 1200 m (rot eingezeichnet). Nach 5 Jahren sind lokale Unterschiede der CPX-Lärmwerte von bis zu 4dB(A) feststellbar.

1 | Enrobé phono-absorbant à Morat (FR), datant de 2012, avec une longueur totale de 1200 m (représenté en rouge). Après 5 années, des différences locales importantes de valeurs CPX, allant jusqu'à 4 dB, sont à constater.

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**

gen. Im Folgenden wird nun aufgezeigt, wie dieses Phänomen durch Verschmutzen der Poren erklärbar ist.

## Analyse von Bohrkernen und Messung der Luftdurchlässigkeit

Es wurden auf diversen Strassen unterschiedlichen Alters Bohrkernproben entnommen. Zur Analyse der Verschmutzung wurde die Deckschicht entweder gebrochen oder mit Epoxid-Harz imprägniert und im Querschnitt zersägt (Abb. 2). Beim Brechen folgt der Bruch mehrheitlich den Poren entlang. Dies lässt eine schnelle, qualitative Aussage zum Grad der Verschmutzung zu. Beim Zersägen ist die Probenaufbereitung aufwendiger, dafür sind quantitative Aussagen möglich. Bei Letzterem handelt es sich um eine vom CCDR Yverdon entwickelte Methode<sup>[8]</sup>, die nun im Rahmen des KTI-Projekts weiter optimiert wird. Die Resultate in diesem Bericht basieren auf 12 unterschiedlichen Strassen im Alter von 1 bis 6 Jahren und total 74 daraus entnommenen Bohrkernen. Die Untersuchung beschränkt sich auf Mischgut der Korngrösse 4 mit einem Hohlraumgehalt von 13 bis 19%.

Zusätzlich wurden Messungen der Luftdurchlässigkeit vorgenommen. Die eigens durch Weibel AG entwickelte Apparatur lässt schnelle in-situ-Messungen direkt an Stelle der Bohrkernentnahme zu (Abb. 3). Dabei wird unabhängig von der Oberflächentextur die Permeabilität der Deckschicht (analog Luftströmungswiderstand) erfasst, die im direkten Zusammenhang mit der Durchlässigkeit der kommunizierenden Poren steht und somit ein wichtiges Mass für die schallabsorbierende Eigenschaft darstellt.



2 | Zwei Methoden zur Analyse der Verschmutzung in der Deckschicht aus Bohrkernproben. Oben wurde die Schicht gebrochen, unten nach der Einbettung mit Epoxid-Harz im Querschnitt zersägt. In beiden Fällen ist die Verschmutzung der Poren im oberen Bereich der Schicht eindeutig erkennbar.

2 | Deux méthodes d'analyse du colmatage dans les couches de roulement prélevées sous forme de carottes. En haut, la couche a été cassée, en bas, celle-ci a été imprégnée avec de la résine époxy et sciée transversalement. Dans les deux cas, on distingue un encrassement visible dans la partie supérieure de la couche.

montré que ce phénomène est explicable par l'encrassement des pores.

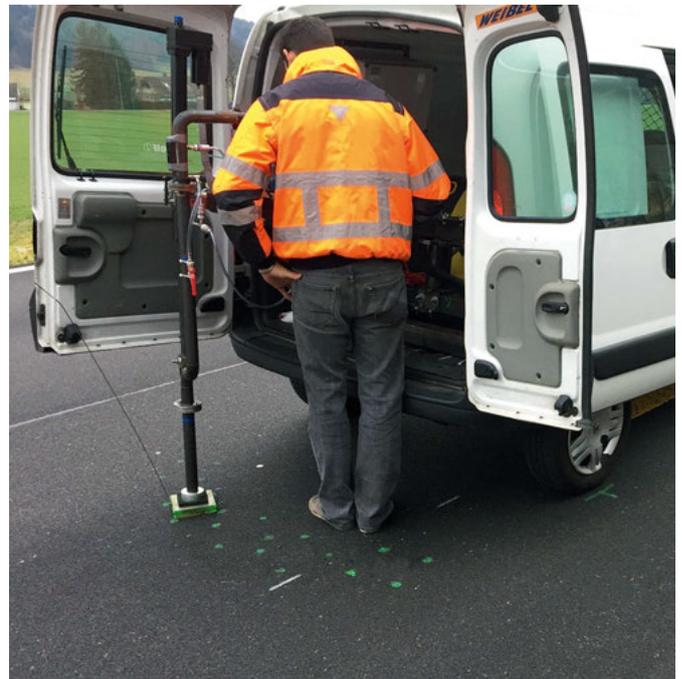
## Analyse de carottes et mesure de perméabilité

Des échantillons d'enrobé ont été prélevés sur plusieurs routes d'âge différent. Pour analyser l'encrassement, les carottes ont été, soit cassées transversalement, soit imprégnées avec de la résine époxy puis sciées en travers (voir ill. 2). En cassant la carotte, la tranche rend la majorité des pores visibles. Cela permet une évaluation rapide et qualitative concernant le degré de colmatage. En sciant, la préparation d'échantillon est plus contraignante, mais des études quantitatives sont possibles. Pour cela, le CCDR d'Yverdon a conçu une méthode<sup>[8]</sup> dont l'optimisation s'effectue dans le cadre du projet CTL. Les résultats dans ce rapport se basent sur 12 routes différentes, âgées de 1 à 6 ans et totalisant 74 carottes prélevées. L'étude se limite aux formulations de granulométrie 4 mm avec une teneur en vide entre 13 et 19%.

En outre, des mesures de perméabilité à l'air ont été réalisées in-situ aux endroits des carottages et indépendamment de la texture de surface grâce à un appareil spécialement développé par Weibel SA (voir ill. 3). La mesure de perméabilité de la couche (analogue résistance à l'air) est en relation directe avec la quantité de pores communicants et représente ainsi une mesure importante pour la qualité acoustique.

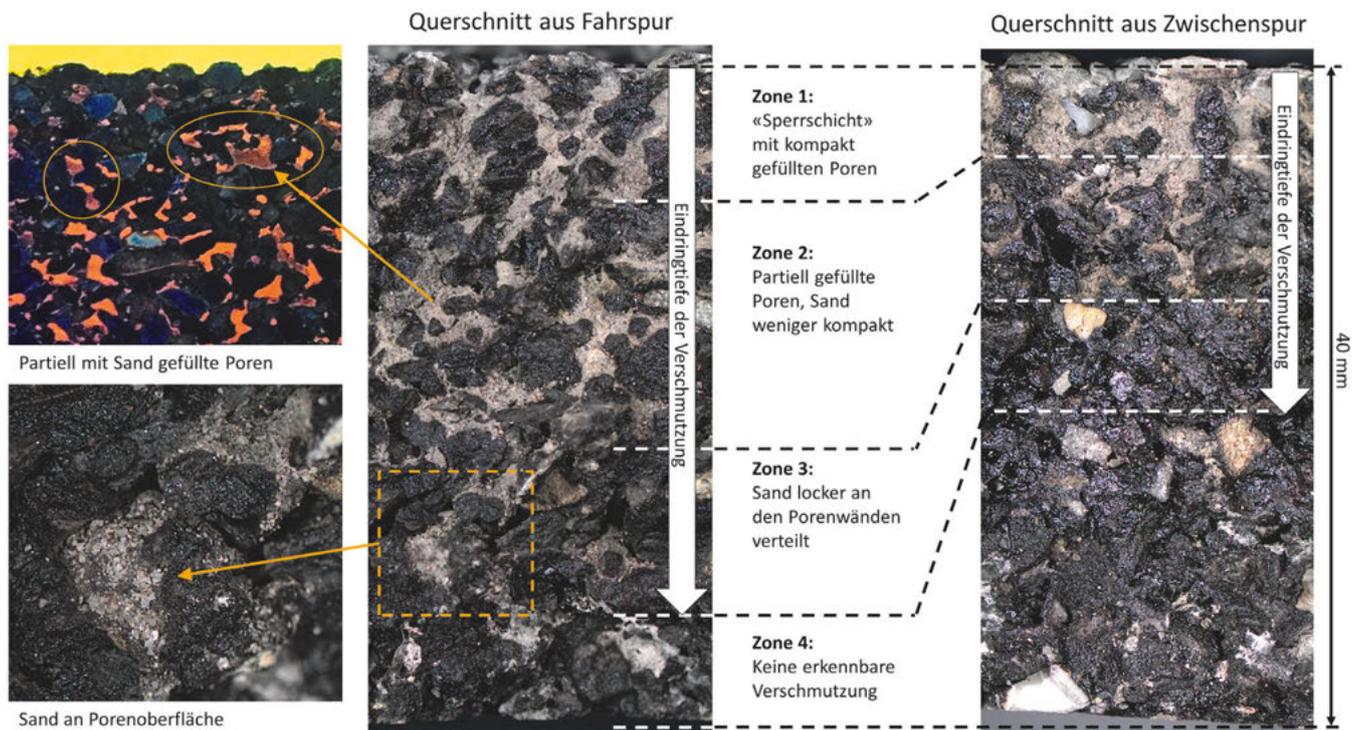
## Modélisation du colmatage

Toutes les carottes ont présenté un encrassement reconnaissable au sein des galeries des pores. Ce colmatage se concentre



3 | In-situ-Messung der Luftdurchlässigkeit. Die Permeabilität des Belags wird auf einer Prüffläche von 10 cm<sup>2</sup> (ohne der Dichtung) mittels Differenzdruckmessung bestimmt. Das Resultat wird als Quotient des daraus berechneten, offenen Flächeninhalts zur Prüffläche in [%] angegeben.

3 | Mesures de perméabilité à l'air in-situ. La perméabilité du revêtement est déterminée sur une surface d'essai de 10 cm<sup>2</sup> (sans l'étanchement) par la mesure de pression différentielle. Le résultat s'exprime sous forme d'un quotient de l'aire ouverte calculée par rapport à la surface d'essai (en %).



4 | Veranschaulichung des Zonenmodells zur Verschmutzung der Poren. Die Querschnitte stammen aus der Fahrspur (Mitte) sowie angrenzender Zwischenspur (rechts) eines sechs Jahre alten Phono-Belags mit starker, sandiger Verschmutzung.

4 | Représentation du modèle de répartition par zones de l'encrassement. Les coupes transversales sont issues de carottes prélevées dans les traces de roulement (photo du milieu) et entre celles-ci (photo de droite) sur un enrobé de 6 années, particulièrement bouché.

## Zonenmodell der Verschmutzung

Sämtliche Bohrkerns wiesen eine klar erkennbare, sandartige Verschmutzung innerhalb der Porenstruktur auf. Diese beschränkte sich jeweils auf den oberen Teil, während der untere Bereich immer komplett sauber erschien. Aus dem Gros der Proben lässt sich ein allgemein gültiges Prinzip erkennen, das in Abbildung 4 veranschaulicht ist. Die Kompaktheit und Konzentration der Verschmutzung nimmt mit der Tiefe im Belag deutlich ab. Unterhalb einer kompakten «Sperrschicht» (Zone 1) sind die Poren nur noch partiell gefüllt (Zone 2). Danach folgt eine Zone mit relativ locker an den Porenwänden verteilten Sandkörnern (Zone 3). Zuunterst ist keinerlei Verschmutzung in den Poren erkennbar (Zone 4). In der Zwischenspur ergibt sich das gleiche Bild, die Zonen der Verschmutzung reichen aber jeweils weniger weit in die Tiefe des Belags hinein. Wie später noch im Detail erläutert wird, bildet sich die Sperrschicht erst im Verlauf der Zeit aus und ist das entscheidende Merkmal für fortschreitende Verstopfung eines lärmarmen Belags.

## Ursachen und Wirkung der Zeit

Die Verschmutzung ist meist sandartig mit grau-gelblicher Farbe, vereinzelt auch erdig mit bräunlicher Erscheinung und faserigen Beistoffen. Es gibt diverse, im Allgemeinen bekannte Ursachen für diese Verunreinigung. Je nach Situation kann der Schmutzeintrag sehr lokal, weitreichend oder flächendeckend sein:

- Bei Einfahrten aus Baustellen oder angrenzender Landwirtschaft wird Schmutz über die Räder in z.T. hoher Konzentration lokal eingebracht.

dans la partie supérieure, tandis que la partie inférieure paraît toujours entièrement propre. L'étude de l'ensemble des carottes a permis de définir une modélisation du colmatage, présentée dans l'illustration 4. La compacité et la concentration de la crasse diminuent considérablement avec la profondeur de la couche. Au-dessous de la couche obturée très compacte (zone 1), les pores ne sont remplis plus que partiellement (zone 2). Ensuite se trouve une zone relativement propre, où l'on peut distinguer dans les cavités du sable dans un état lâche (zone 3). Plus en profondeur, les pores semblent parfaitement intacts (zone 4). Sur les carottes prélevées entre les traces de roulement, on retrouve le même phénomène, néanmoins, la crasse ne pénètre pas autant en profondeur. Comme le sera décrit plus tard en détail, la couche obturée, se formant et se densifiant au cours du temps, est la caractéristique cruciale pour le bouchage progressif d'un revêtement phono-absorbant.

## Causes et influence de la durée

Le colmatage est principalement sableux de couleur gris jaunâtre, partiellement composé de terre brunâtre et de composés fibreux. Comme présenté sur l'illustration 4, il y a différentes causes connues pour expliquer ce bouchage. L'apport de saleté peut être local, étendu ou même couvrir toute la surface:

- Les roues des véhicules de chantiers ou agricoles à proximité peuvent générer localement une concentration importante de saleté.
- Aussi, les véhicules perdent de la saleté sur les voies de circulation. La répartition dépend alors de l'accélération et de la vitesse.

- Fahrzeuge verlieren Schmutz entlang der Fahrspur. Je nach Beschleunigung und Geschwindigkeit wird dieser über längere Strecken verteilt (bzw. verdünnt).
- Von angrenzenden Bäumen gelangt Laub auf den Belag und wird bei Nässe eingepresst.
- Bruchstücke ausgebrochener Körner, Eigenabrieb, Feinstoffe aus Luft und Regenwasser gelangen flächen-deckend in den Belag.

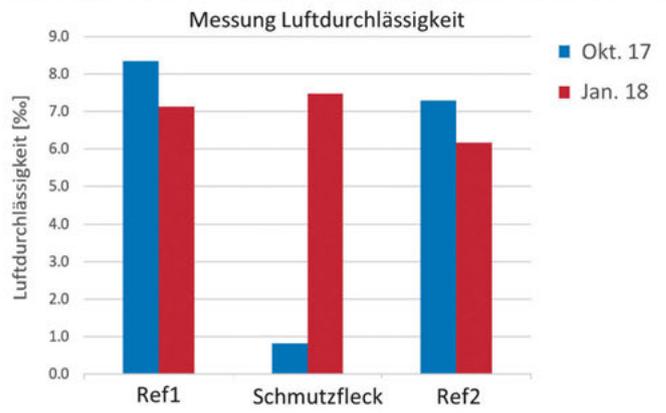
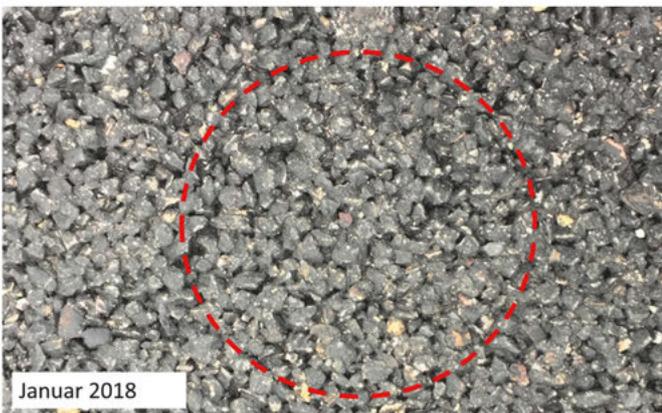
Weniger intuitiv dagegen ist die Wirkung der Zeit. Um diese besser zu verstehen, wurden gezielt einzelne Schmutzstellen, die über «natürliche» Weise auf den Belag gelangt sind, über längere Dauer beobachtet und mit Messungen der Luftdurchlässigkeit verfolgt. Das Beispiel in Abb. 5 zeigt, wie ein Stück eingepresste Erde mit der Zeit verschwindet und sich die Luftdurchlässigkeit dabei erholt. Der Effekt dauerte mehrere Monate und ist von der Intensität der Nässeperioden abhängig. Durch die Pneu-Wirkung wird der Schmutz langsam ausgeschwemmt bzw. sickert in die Tiefe des Belags ein. Was hier messtechnisch dokumentiert ist, entspricht wohl dem oft erwähnten Selbstreinigungseffekt von porösem Asphalt. Nimmt man die Ergebnisse aus den Bohrkernen hinzu, wird aber auch klar, dass der Schmutz bei dieser «Selbstreinigung» nicht aus dem Belag verschwindet, sondern eher umverteilt wird.

Entscheidend ist hier die Erkenntnis, dass ein Grossteil der Schmutzmenge punktuell auf der Oberfläche auftritt und

- Avec la présence d'arbres, le feuillage peut être introduit au sein de la couche par temps humide.
- Des fragments de gravillons dus à l'usure, ainsi que des particules fines de l'air et de l'eau de pluie contribuent à cet encrassement sur toute son étendu.

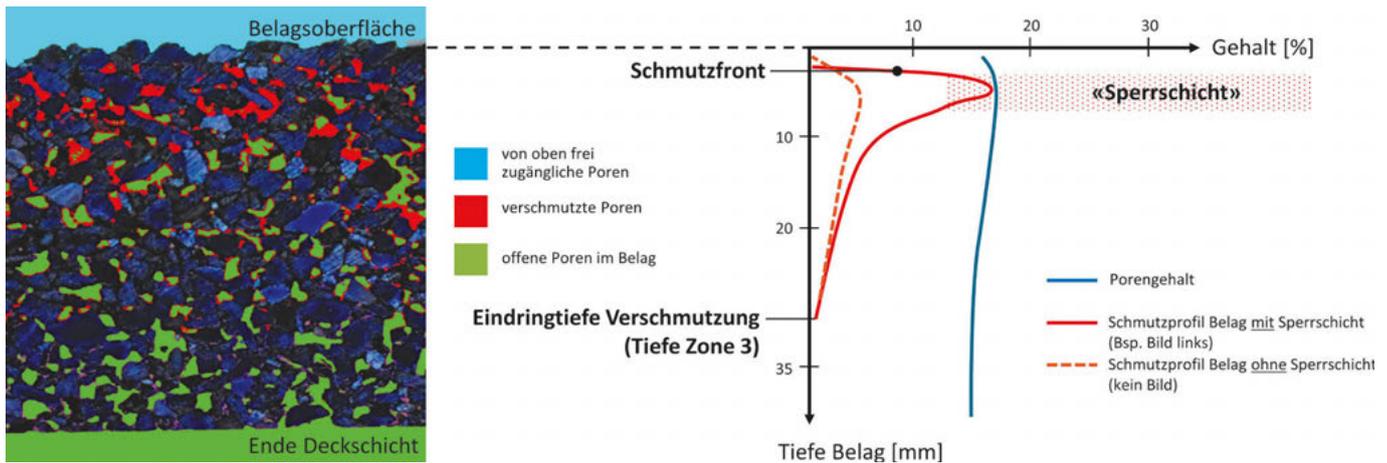
L'influence du temps est en revanche moins intuitive. Pour mieux comprendre, des saletés, très denses, arrivées de façon naturelle en surface ont fait l'objet d'un suivi au cours du temps grâce à des mesures de perméabilité. L'illustration 5 montre comment une zone totalement colmatée par de la terre, récupère ses capacités de perméabilité à l'air au cours du temps. Cette régénération a nécessité plusieurs mois et dépend de l'intensité et la fréquence des périodes de pluie. La saleté est emportée lentement par les passages de pneu, et s'infiltré dans la profondeur de la couche. Cela correspond aux propriétés communément appelées «auto-nettoyantes» des enrobés phono-absorbants. Avec l'étude des carottes, il apparaît clairement que la saleté ne disparaît pas lors de cet «auto-nettoyage» de la couche, mais plutôt est redistribuée au sein de la couche.

Ainsi, une grande partie de la quantité de saleté, se déposant ponctuellement sur la surface, s'enfoncé et s'étale en profondeur par l'influence des roues et de l'humidité au cours du temps. Cela explique pourquoi la couche obturée dans les carottes analysés apparaît généralement homogène et pourquoi la mesure de perméabilité au niveau des traces de rou-



5 | Punktueller Schmutzeintrag auf Fahrbahn über die Zeit. Nach einem Monat war der Flecken Erde nach einigen Regenfällen noch gut sichtbar. Erst nach drei Monaten und intensiver Nässe im Winter war er verschwunden. Die Luftdurchlässigkeit hat sich an dieser Stelle wieder auf das Niveau der übrigen Strasse erholt, wie der Vergleich mit Referenz-Messwerten Ref1 und Ref2 an sauber gebliebenen Stellen der Strasse zeigen.

5 | Zone ponctuellement colmatée de terre. Après un mois, et quelques précipitations, l'encrassement est toujours bien visible. La disparition de cette saleté en surface n'intervient seulement après trois mois et d'importantes périodes humides en hiver. Le suivi par mesures de perméabilité à l'air, montre qu'en ce point, les capacités acoustiques ont été retrouvées et sont comparables à d'autres points référence n'ayant pas été encrassés.



6 | Analyse der in Epoxid eingebetteten Querschnitte. Aus der im Bild erkennbaren verschmutzten und offenen Porenfläche ergibt sich ein Schmutzprofil in Abhängigkeit der Tiefe im Belag, wie rechts im Bild schematisch dargestellt. Die Schmutzfront wurde definiert als die Tiefe im Belag, bei der die Schmutzmenge auf >50% des Peak-Wertes angestiegen ist (je nach Grad der Verschmutzung ist dieser Wert mehr oder weniger genau definierbar). Die Eindringtiefe ergibt sich aus der Tiefe, bei der die Schmutzmenge gegen Null tendiert, und entspricht damit der unteren Grenze von Zone 3 aus dem Zonenmodell. Eine Sperrschicht bildet sich erst ab einer bestimmten Konzentration an verschmutzten Poren aus (ca. 70–80%). Es wurde zwischen keiner, einer teilweise ausgebildeten und einer kompletten Sperrschicht unterschieden. Die Bewertung dazu erfolgte direkt aus dem Querschnittbild anhand der Menge der von oben zugänglichen Poren.

6 | Analyse d'une coupe transversale de carotte imprégnée d'époxy. Sur l'illustration, la distinction des pores ouverts et bouchés permet de définir un profil d'encrassement dépendant de la profondeur au sein de la couche, comme schématiquement représenté sur le graphique à droite. Le front de colmatage correspond à la profondeur à laquelle la quantité de saleté est à 50% de la valeur pic (selon les degrés de colmatage, cette valeur est plus ou moins précisément définissable). La profondeur de pénétration est définie par la profondeur où l'on peut considérer que la quantité de saleté est quasiment nulle et correspond donc à la frontière inférieure de la zone 3 sur le modèle de répartition. Une couche obturée se forme lorsque qu'une certaine concentration de saleté parvient à remplir les pores (env. 70–80%). Cette notion peut être caractérisée d'inexistante, de partiellement ou complètement présente. L'évaluation s'effectue directement à partir de la coupe transversale.

sich danach durch den Einfluss der Räder und Nässe über die Zeit flächig in die Tiefe des Belags absenkt. Damit erklärt sich, warum die Schmutzschicht in den analysierten Bohrkernen meist ziemlich homogen erscheint und die Luftdurchlässigkeit entlang der Fahrrichtung über kürzere Distanz wenig fluktuiert. Die ausbreitende Wirkung ist jedoch begrenzt, sodass sich im Fall von lokalem Schmutzeintrag wie z.B. durch Einfahrten dennoch signifikante Unterschiede zwischen einzelnen Streckenabschnitten ausbilden.

## Parametrisierung

Die Querschnitte der imprägnierten Bohrkerns können bildanalytisch ausgewertet werden, was schlussendlich einen quantitativen Vergleich der Verschmutzung zulässt (Abb. 6). In einem ersten Schritt wurden dazu aus jedem Bild drei Kennwerte zum Schmutzprofil erfasst. Die *Schmutzfront* und *Eindringtiefe* sind beide ein Mass in [mm] für die Tiefe der Verschmutzung, die im Bezug zum Zonenmodell gemäss Abb. 4 stehen. Diese beiden Werte geben noch keine Information zur Menge oder Konzentration der Verschmutzung bzw. ob die Poren verstopft sind oder nicht. Dazu dient eine klassifizierte Angabe zur *Sperrschicht*, die entweder nicht vorhanden, teilweise oder vollständig ausgebildet ist. Die drei Kennwerte bilden im Weiteren die Grundlage zur vertieften Analyse des Mechanismus der akustischen Alterung durch Verschmutzung.

## Mechanismus der Verstopfung

In Abbildung 7 ist das Resultat der Analyse zur Tiefe der Verschmutzung in Bezug auf das Alter des Belags bzw. der vorherrschenden Fahrgeschwindigkeit dargestellt. Auffal-

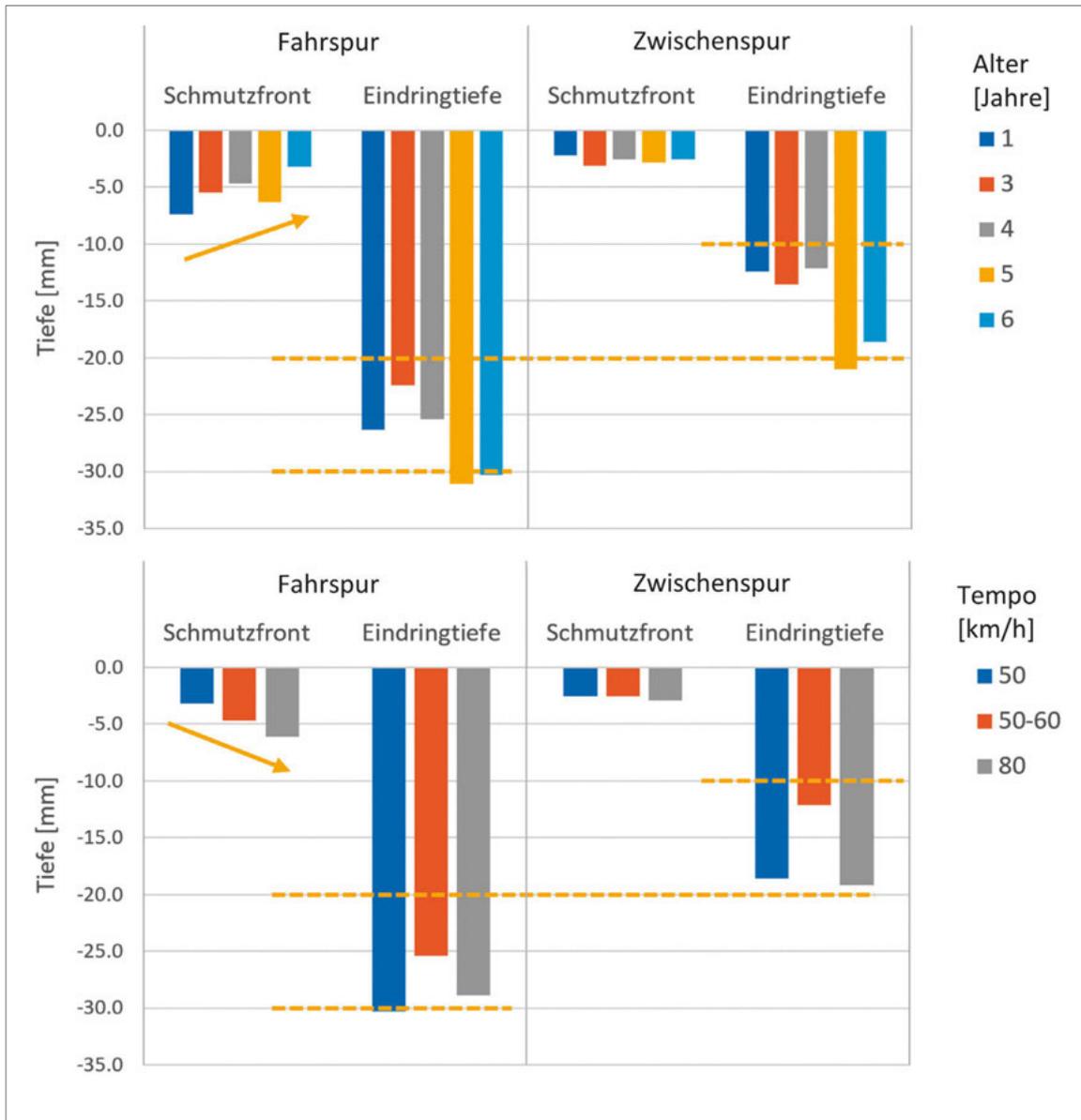
lement ne fluctue que très peu sur une courte distance. Des différences significatives d'encrassement peuvent toutefois être constatées localement au niveau des accès par exemple.

## Définitions des paramètres

Les coupes transversales des carottes imprégnées de résine peuvent être évaluées par analyse d'images, ce qui permet une étude quantitative du colmatage (voir ill. 6). Dans une première étape, trois propriétés physiques ont été définies pour caractériser le profil de colmatage. Le *front de colmatage* et la *profondeur de pénétration* sont tout deux mesurés en [mm] conformément à l'illustration 4. Ces deux valeurs ne donnent toutefois pas encore d'informations sur la quantité ou la concentration du colmatage. Pour cela, un troisième critère a été défini caractérisant la *couche obturée* (bouchon) selon trois états: non présente, partiellement ou complètement formée. Ces trois propriétés physiques constituent les fondements de l'analyse du mécanisme de vieillissement acoustique par encrassement.

## Mécanismes de colmatage

Sur l'illustration 7 est présenté le résultat de l'analyse des critères front de colmatage et profondeur de pénétration en fonction premièrement de l'âge de l'enrobé et deuxièmement de la vitesse de circulation. La différence est frappante entre l'étude dans les traces de roulement et en dehors de celles-ci. Ces deux critères ne semblent que très peu dépendants de l'âge de l'enrobé ou de la vitesse de circulation. En effet, dans les traces de roulement, en très peu de temps (1 an seulement) la crasse atteint déjà une profondeur de pénétration de 20–30 mm, alors qu'entre les traces, seulement 10–20 mm de



7 | Analyse zur Tiefe der Verschmutzung in Fahrspur und Zwischenspur dargestellt über Alter (oben) sowie nach unterschiedlichen Tempoklassen (unten). Im unteren Diagramm sind nur Beläge im mittleren und höheren Alter von 3 bis 6 Jahren berücksichtigt.

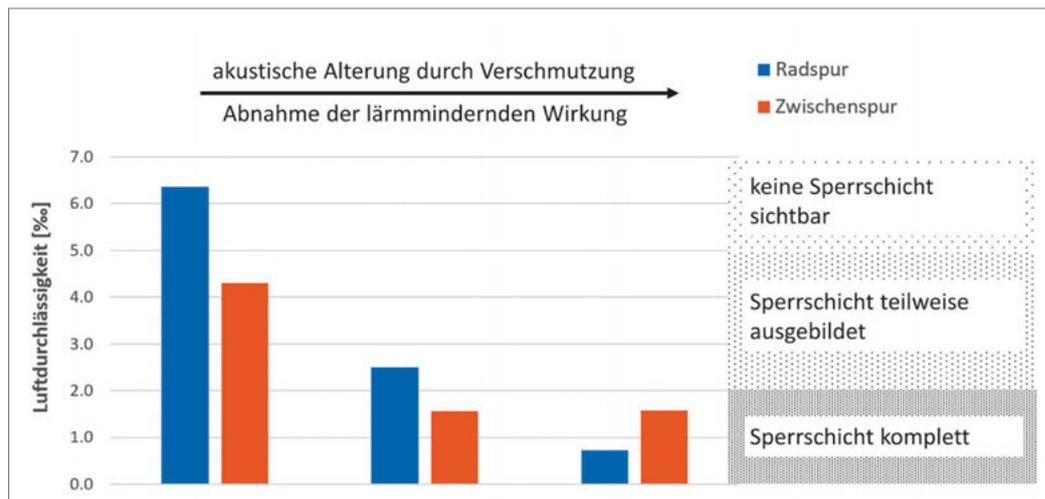
7 | Analyse de la profondeur de colmatage au droit des traces de roulement et entre celles-ci, en fonction du temps (en haut) et en fonction de la vitesse de circulation (en bas). Sur le diagramme du bas, uniquement des routes âgées de 3 à 6 ans ont été prises en compte.

lend ist in erster Linie der Unterschied zwischen Fahrspur und Zwischenspur. Mehr oder weniger unabhängig vom Alter und der Fahrzeuggeschwindigkeit bzw. innerhalb relativ kurzer Zeit von einem Jahr dringt der Schmutz in der Fahrspur in eine Tiefe von 20 bis 30 mm vor, während er in der Zwischenspur weniger tief im Bereich von 10 bis 20 mm zu liegen kommt. Im fortgeschrittenen Alter von über 5 Jahren stellt sich in der Spur ein Maximum bei rund 30 mm, zwischen der Spur bei 20 mm ein. Zu bemerken ist hier, dass die Schmutzkonzentration (Grad der Verstopfung) in dieser Tiefe – welcher im Zonenmodell der Zone 3 entspricht – lediglich sehr gering ist. Dagegen liegt die Schmutzfront jeweils unmittelbar vor dem Peak-Wert des Schmutzprofils (gemäß Abb. 6). Hierzu ist in der Fahrspur ein leichter Trend auszumachen, dass sich die Front mit dem Alter tendenziell zur Oberfläche verschiebt bzw. mit zunehmendem Tempo

pénétration a été constatée. Dans un âge avancé (5 ans), on observe une profondeur de pénétration maximale d'environ 30 mm dans les traces et 20 mm en dehors. La concentration de saleté (degré de colmatage) dans cette profondeur – qui correspond dans le modèle à la zone 3 – est très faible. En revanche, concernant le front de colmatage, qui se trouve directement avant la valeur pic du profil d'encrassement (voir ill. 6) on constate que, dans les traces, celui-ci remonte tendanciellement vers la surface avec le temps, alors que plus la vitesse de circulation est grande, plus celui-ci est profond. Cette tendance n'est pas constatée entre les traces de roulement, où le front de colmatage se trouve directement sous la surface, quelque soit l'âge ou la vitesse. En effet, cela a pu être constaté déjà au moment de l'extraction des carottes: alors que la surface au niveau des traces de roulement est globalement propre, entre les traces, les pores contiennent

8 | Verlauf der Luftdurchlässigkeit des Belags im Zusammenhang mit der Entstehung der Sperrschicht.

8 | Evolution de la mesure de perméabilité à l'air au cours du temps, mise en relation avec la formation de la couche obturée.



etwas tiefer zu liegen kommt. Dieser Trend existiert in der Zwischenspur nicht, und die Schmutzfront liegt jeweils unmittelbar unter der Oberfläche. In der Tat war dies auch auf dem Belag zum Zeitpunkt der Bohrkernentnahme zu sehen: Während die Oberfläche in der Fahrspur meist sauber erschien, war in der Zwischenspur Sand in den Porenöffnungen zu erkennen. Durch den Effekt der intensiven Pneu-Wirkung wird also der Schmutz einerseits tiefer in den Belag getrieben und andererseits an der Oberfläche von der Fahrspur zur Zwischenspur verlagert.

Mit dem Eintrag von Schmutz verengen sich die kommunizierenden Poren über die Zeit. Damit bleiben neuankommende Schmutzpartikel immer näher an der Oberfläche hängen und es bildet sich eine Sperrschicht aus, welche die Poren in einer Tiefe von 5 bis 10 mm komplett schliesst. In Abbildung 8 ist der Zusammenhang zwischen der Luftdurchlässigkeit vom Belag und dem Zustand der Sperrschicht (ermittelt aus der Bohrkernanalyse) dargestellt. Die Luftdurchlässigkeit nimmt mit der Bildung der Sperrschicht im Laufe der Zeit stetig ab. Wegen geringerer Wirkung der Pneus bildet sich die Sperrschicht zwischen den Spuren schneller aus, wird dort aber auf die Dauer weniger kompakt/dick und bleibt damit langfristig etwas durchlässiger. Mit der Abnahme der Luftdurchlässigkeit nimmt die schallmindernde Leistung des Belags ab und widerspiegelt so die akustische Alterung durch Verschmutzung. Damit schliesst sich auch der Kreis zum eingangs erwähnten Beispiel in Abb. 1: am Standort 1 war die Sperrschicht im Bohrkern aus der Spur komplett ausgebildet, während sie am Standort 2 nicht vorhanden war.

Fazit

Es ist lohnenswert, Phono-Beläge von Beginn an regelmässig zu reinigen und soweit möglich sauber zu halten. Frühzeitige Entfernung jeglicher Schmutzmasse von der Strasse, sollte sich positiv auf die akustische Lebensdauer der Deckschicht auswirken. Soweit möglich sollten kritische Ereignisse verhindert oder ihnen unmittelbar entgegengewirkt werden. Dies ist mit besserem Informationsfluss und Auflagen bei Baustellen sowie Kontrollen und entsprechender Pflicht zur

du sable. Ainsi, par l'effet intensif du roulement des pneus, la saleté entre en profondeur dans la couche au droit des traces, alors qu'en dehors des traces, celle-ci reste en surface. Avec l'entrée de cette crasse, les pores communicants se remplissent avec le temps. De cette façon, les particules de saleté, nouvellement entrées dans la couche, colmatent de plus en plus proche de la surface. Il se forme alors une couche obturée qui ferme complètement les pores dans une profondeur de 5–10 mm. Dans l'illustration 8, le lien entre la perméabi-

Anzeige



**LS Lenzlinger**  
Metallbau

*Geländer- und Rückhaltesysteme  
für Brücken und Strassen*

Lenzlinger Söhne AG | 8606 Nänikon/Uster | www.lenzlinger.ch

sofortigen Reinigung erreichbar. Gegen stetige Verschmutzung durch Landwirtschaft und Eigenabrieb vom Belag sind regelmässige Reinigungszyklen durch den Strassenbesitzer sinnvoll, wie es z.B. der Kanton Freiburg bereits umgesetzt hat<sup>[9]</sup>.

Die Bildung der Sperrschicht bzw. die fortschreitende Verstopfung der Poren unterhalb der Oberfläche ist ein entscheidendes Mass für den Zustand der akustischen Güte vom Belag. Durch die Messung der Luftdurchlässigkeit kann das lokale Ausmass der Verschmutzung im Belag einfach und zerstörungsfrei erfasst werden. Da Reinigung generell aufwendig und mit Kosten verbunden ist und zudem bei falscher Anwendung auch Gefahr der Beschädigung besteht, müssen die Verfahren dazu noch optimiert werden. Kurzfristig heisst das, insbesondere Intervall und Einstellparameter bestehender Reinigungsfahrzeuge ideal zu wählen (Jahreszeiten mit grösstem Schmutzeintrag, flexible Einsätze bei Einzelereignissen) und die Prozedur in der Anfangsphase zu überwachen. Die Weibel AG kann dabei mit Know-how zur Seite stehen und arbeitet diesbezüglich auch bereits mit der Stadt und dem Kanton Bern zusammen, um mittels Monitoring auf ausgewählten Teststrecken die Verfahren zu optimieren.

## Ausblick

In einem nächsten Schritt wird die digitale Erfassung vom Schmutzprofil und Quantifizierung der Schmutzmenge aus dem Bohrkern weiter verbessert. Zudem sollen die Erkenntnisse, die aktuell auf 4er-Belägen basieren, auch auf andere Korngrössen ausgeweitet werden. Mit dem Zonenmodell der Verschmutzung lassen sich in Zukunft unterschiedliche Reinigungsverfahren und neue Belagsstrukturen besser evaluieren.

## Quellen

- [1] Lärmschutz-Verordnung vom 15. Dezember 1986, SR 814.41
- [2] Bundesamt für Strassen (ASTRA), Bundesamt für Umwelt (BAFU), Forschungspaket Lärmarme Beläge innerorts, Teilprojekt (TP) 3: Langzeitmonitoring, Schlussbericht 2017
- [3] S. Würmli, J. Perret, J.P. Bolli: Positive Bilanz für das Forschungspaket «Lärmarme Beläge innerorts», Strasse und Verkehr Nr. 9, September 2017
- [4] P. Bürgisser, Ch. Angst: Lärmarme Beläge in der Schweiz – Fortschritte sind nachweisbar, Lärmbekämpfung Bd. 12 (2017) Nr. 5 - September
- [5] F. Steiner, S. Probst: Abnahme der akustischen Wirksamkeit bei lärmarmen Belägen: Ursachen, neue Messverfahren und Lösungsansätze, Strasse und Verkehr Nr. 11, November 2016
- [6] Kommission für Technologie und Innovation (neu Innosuisse): KTI-Projekt No. 26081.1 PFIW-IW; in Zusammenarbeit mit F. Beltzung, B. Cannelle, M. Thiérmard, Centre de Compétences du Domaine Routier (CCDR), Fachhochschule Yverdon (HEIG-VD)
- [7] Close-Proximity Methode nach ISO/FDIS 11819-2:2016
- [8] F. Laferrrière, F. Beltzung: Hervorhebung und Untersuchung der Verstopfung von porösem Asphaltmischgut, Strasse und Verkehr Nr. 9, September 2017
- [9] J. Perret, P. Lopez: Verschmutzungen lärmarmen Belägen vermeiden, Strasse und Verkehr Nr. 9, September 2017

lité à l'air et l'état de la couche obturée (déterminé grâce à l'analyse de carottes) est représenté. La perméabilité à l'air diminue avec la formation de la couche obturée au cours du temps. À cause d'un plus faible effet des pneus, la couche obturée entre les traces se forme plus rapidement et plus proche de la surface. Néanmoins, celle-ci reste nettement moins compacte que dans les traces et offre ainsi une meilleure perméabilité à l'air. La baisse de la perméabilité à l'air, entraîne nécessairement une diminution des performances phoniques, ce qui reflète le vieillissement acoustique par colmatage. Ainsi les constats concernant l'exemple évoqué initialement peuvent être expliqués: à l'endroit 1, la couche obturée était complètement formée alors qu'à l'endroit 2 elle était inexistante.

## Conclusion

Il est judicieux de nettoyer, dès la pose, de façon régulière les enrobés phono-absorbants pour les maintenir propres. Les saletés encrassées doivent être enlevées de la couche à temps afin de préserver une durée de vie importante. Dans la mesure du possible des événements critiques devraient être empêchés ou surveillés. Ceci peut être atteint avec une meilleure communication et davantage d'exigences pour les chantiers, telles que des contrôles et une obligation de nettoyage immédiat. Pour lutter contre l'encrassement récurrent dû à l'activité agricole et à l'usure propre du revêtement, il est nécessaire que les maîtres d'ouvrage entreprennent des cycles de nettoyage réguliers, comme le fait déjà le canton de Fribourg par exemple<sup>[9]</sup>.

La formation de la couche obturée, respectivement le bouchage progressif des pores est une grandeur déterminante pour la qualité acoustique du revêtement. L'état d'encrassement dans la couche peut être aisément appréhendé de façon locale et non-destructive par la mesure de perméabilité à l'air. Le nettoyage est un procédé lourd et coûteux, pouvant conduire à des détériorations en surface lorsqu'il est effectué de manière inadaptée. Il est donc nécessaire d'en optimiser les procédures. Dès maintenant, il convient d'adapter les fréquences de nettoyage et les paramètres des machines actuelles aux différentes saisons et événements pouvant intervenir. Weibel SA participe avec son savoir-faire et travaille déjà en collaboration avec la ville et le canton de Berne, pour optimiser les procédures sur des tronçons d'essai judicieusement choisis.

## Perspectives

Dans une prochaine étape, l'exploitation numérique du profil d'encrassement va permettre une quantification de saleté au sein des carottes nettement meilleure. De plus, les constatations actuelles, se basant uniquement sur des enrobés de granulométrie 4 mm, doivent être étendues à d'autres tailles de grains. Grâce à la modélisation par zones de l'encrassement, des processus de nettoyage différents et des nouvelles structures de couches phono-absorbantes pourront être évalués plus précisément à l'avenir.

# 5G – der Daten-Superhighway für selbstfahrende Autos

## 5G – les voitures autonomes sur l'autoroute des données

Die nächste Mobilfunkgeneration 5G gilt als Wegbereiter für die Nutzung autonomer Fahrzeuge. Übertragungsraten von 10 Gigabit pro Sekunde – zehnmals mehr als auf Glasfaser angeboten wird – machen es möglich, dass Daten ohne Verzögerung in Echtzeit übertragen werden können. Dies bildet die zentrale Voraussetzung für die vernetzte Verkehrsinfrastruktur von morgen, in der selbstfahrende Autos sicher und flüssig fahren können.



La prochaine génération de téléphonie mobile 5G ouvre la voie aux véhicules autonomes. Avec un taux de transmission de 10 gigaoctets par seconde, soit dix fois plus que la fibre optique, les données

peuvent désormais être diffusées en temps réel. Il s'agit là de la pierre angulaire de l'infrastructure de transport en réseau de demain, sur laquelle circuleront les voitures autonomes de manière sûre et fluide.

Spricht man von der Mobilität der Zukunft, steht das selbstfahrende Auto meist an erster Stelle. Kaum ein Thema wird in diesem Zusammenhang kontroverser und intensiver diskutiert. Mobilitätsexperten prophezeien sogar, dass im Jahr 2040 nur noch ein Bruchteil der heutigen Autos von Menschen gesteuert wird.

Doch der Weg zum autonomen Fahren ist kurvenreich und wird von einem grundlegenden Wandel begleitet. Ingenieure, Autohersteller, Regulierungsbehörden und Datenexperten sind dabei, den Autoverkehr auf der Strasse radikal zu verändern. Für Ferdinand Dudenhöfer, Gründer und Direktor des Center Automotive Research (CAR) an der Universität Duisburg-Essen jedenfalls steht fest: «Das selbstfahrende Auto wird die Welt massiv verbessern».

### Selbstfahrende Autos sind zurzeit noch isolierte Objekte

Allerdings stehen wir in dieser Entwicklung erst am Anfang. Spektakuläre Erfolgsmeldungen wie etwa vom fahrerlosen Google-Forschungsauto dürfen nicht darüber hinwegtäuschen, dass wir selbstfahrende Autos zurzeit immer noch als einzelne, isolierte Objekte betrachten, die sich inmitten



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

Lorsque l'on parle de la mobilité de demain, la voiture autonome vient en premier lieu à l'esprit. Peu de sujets déclenchent autant de controverses et de discussions que celui-ci. Les experts en mobilité prévoient même qu'en 2040, seule une infime part des voitures actuelles sera conduite par

des êtres humains.

Pourtant, la route vers la conduite autonome est parsemée d'embûches et devra s'accompagner d'un tournant déterminant. Ingénieurs, constructeurs automobiles, autorités de régulation et experts en données sont sur le point de transformer radicalement le trafic routier. Selon Ferdinand Dudenhöfer, fondateur et directeur du Center Automotive Research (CAR) à l'université de Duisbourg-Essen, une seule certitude: «La voiture autonome va considérablement améliorer notre monde».

### Voitures autonomes: un progrès encore marginal

Nous ne sommes toutefois qu'à l'aube de cette évolution. Les communiqués spectaculaires, par exemple à propos du prototype sans chauffeur de Google, ne doivent pas faire oublier que nous considérons toujours à l'heure actuelle les voitures

der anderen Verkehrsteilnehmer zurechtfinden müssen. Autonome Fahrzeuge können im Konzept der vernetzten Verkehrsinfrastruktur der Zukunft jedoch nicht in einem Vakuum existieren: Je mehr davon unterwegs sind, desto sicherer, fortschrittlicher und komplexer muss die autonome Infrastruktur werden. Die CEOs von grossen Chipherstellern wie Intel oder Qualcomm fordern deshalb, «Dinge in Erwägung zu ziehen, die uns bislang unmöglich erschienen». Fest steht heute vor allem eines: Vieles davon wird von einem starken, ausgeklügelten Kommunikationssystem abhängig sein. Das betrifft nicht nur den Datenaustausch zwischen Autos, sondern auch die Infrastruktur am Strassenrand, das Netzwerk und vor allem auch die grossen Rechenzentren, welche die riesigen Datenmengen verarbeiten müssen. Intels CEO Brian Krzanich hat kürzlich mal vorgerechnet, was in diesem Zusammenhang unter riesigen Datenmengen zu verstehen ist: Jedes selbstfahrende Auto wird täglich bis zu 4000 Gigabyte Daten generieren. Dies entspricht der durchschnittlich pro Tag produzierten Datenmenge von beinahe 3000 Personen.

### 5G ermöglicht Datenübertragung in Echtzeit

Auf Basis des aktuellen Stands der Technik kommt heute nur ein Kommunikationsnetzwerk in Frage, das die riesigen Datenmengen des autonomen Fahrens bewältigen kann: 5G – der neue Mobilfunkstandard, der in der Schweiz schon bald eingeführt werden soll. Es ist der Daten-Superhighway für selbstfahrende Autos. Mit einer Datenrate von 10 Gigabit pro Sekunde wird das mobile 5G-Netz 100 Mal schneller als das aktuelle 4G-Mobilnetz und zehnmals schneller als zurzeit auf Glasfaser angeboten wird. Der entscheidende Vorteil der neuen Technologie liegt aber in den ultraschnellen Reaktionszeiten, sogenannten kurzen Latenzzeiten. Weil zwischen der Anforderung einer Information und dem Eintreffen der Antwort aus dem 5G-Netz nur noch wenige Millisekunden vergehen, finden Datenübertragungen praktisch in Echtzeit statt. Dies erst bildet die Voraussetzung für ein sicheres und flüssiges Fahren von autonomen Fahrzeugen.

In heutigen, bereits schon sehr schnellen Mobilfunknetzen betragen die Reaktionszeiten noch um die 80 Millisekunden oder auch mehr. Diese Zeitspanne ist zwar nur ein Wimpernschlag, doch ein mit 200 km/h fahrendes Auto hat danach schon mindestens 4 Meter zurückgelegt – für manche kritische Fahrmanöver ist das zu viel.

Das verdeutlicht, wo die grossen Herausforderungen des autonomen Fahrens liegen: Mittels Radar- und Lidarsensoren frühzeitig zu erkennen, was der menschliche Autofahrer in der Regel intuitiv tut. Deshalb setzt die Branche so grosse Erwartungen in das 5G-Netz. Denn es soll ermöglichen, dass vom Computer gesteuerte Fahrzeuge sich gegenseitig und frühzeitig über ihre Absichten informieren.

### Für die vernetzte Zukunft braucht es 5G

Die Besonderheit von 5G liegt nämlich nicht nur in der Geschwindigkeit. Zukunftsweisend ist vor allem, dass viel mehr Geräte angesprochen werden können als mit allen anderen

autonomen wie des Objekten isoliert, die müssen finden ihre place parmi les autres acteurs du trafic.

Lors de la conception de l'infrastructure de transport en réseau de demain, il faut toutefois prendre en considération le fait que les véhicules autonomes ne peuvent pas exister seuls. Plus ils seront nombreux et plus l'infrastructure autonome devra être sûre, innovante et complexe. Les dirigeants des principaux fabricants de puces électroniques (Intel, Qualcomm) souhaitent ainsi «mettre en mouvement ce qui paraissait jusqu'ici impossible».

Cela ne fait aujourd'hui aucun doute: la puissance et l'intelligence du système de communication utilisé seront décisives, non seulement pour l'échange de données entre les voitures mais aussi pour l'infrastructure le long des routes, le réseau et surtout les immenses centres de données qui traitent une quantité colossale d'informations.

D'après le CEO d'Intel, Brian Krzanich, ce volume de données généré atteindrait jusqu'à 4000 gigaoctets par voiture autonome et par jour, soit la production de données quotidienne moyenne d'environ 3000 personnes.

### Des données transmises en temps réel grâce à la 5G

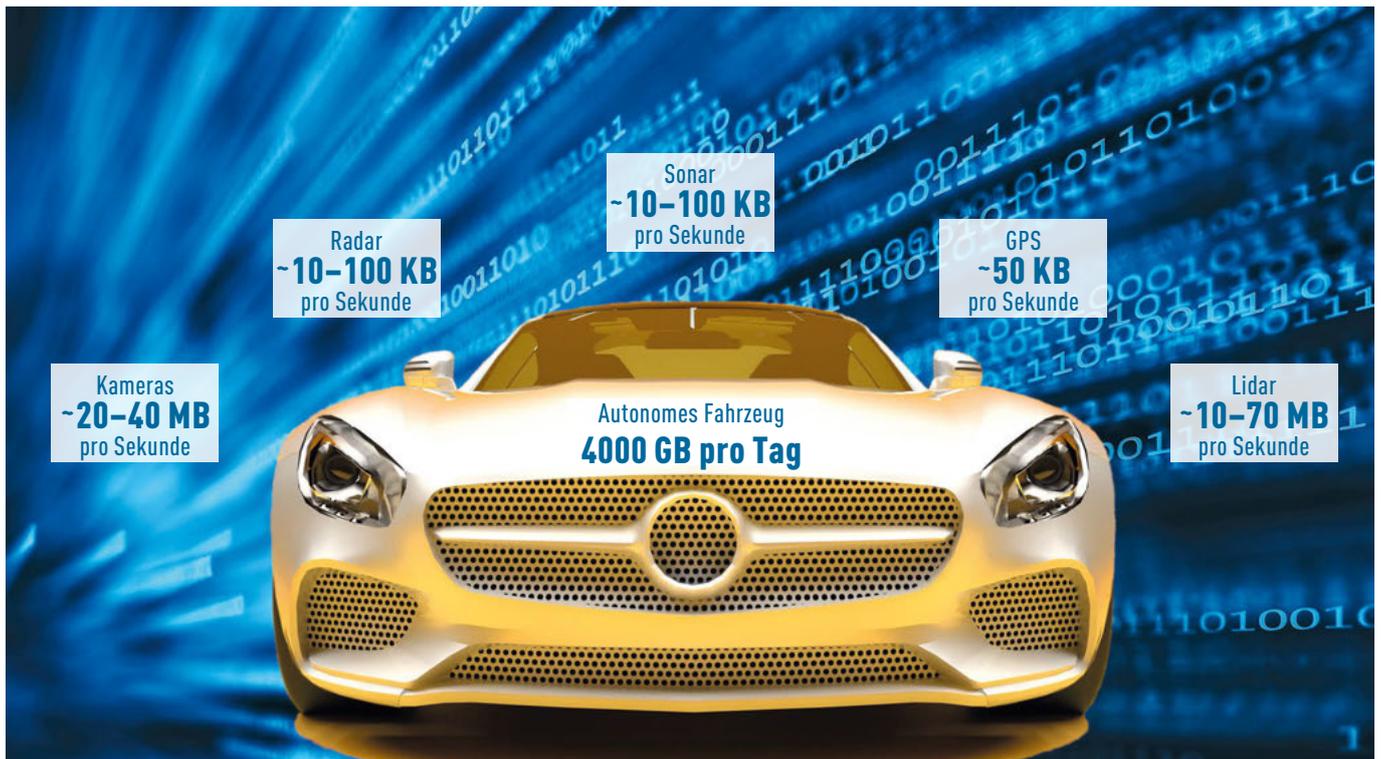
D'un point de vue technique, le réseau 5G, cette nouvelle norme de téléphonie mobile qui devrait bientôt être introduite en Suisse, est le seul réseau de communication qui permet actuellement de gérer cet énorme flux de données. Avec 10 gigaoctets de données transmises par seconde, le réseau 5G, véritable autoroute des données pour les voitures autonomes, est 100 fois plus rapide que le réseau mobile 4G actuel et 10 fois plus que la fibre optique. Mais l'avantage décisif de cette technologie est son temps de réaction, appelé temps de latence, extrêmement court. En effet, seules quelques millisecondes s'écoulent entre la demande d'information et l'arrivée d'une réponse sur un réseau 5G, soit une transmission quasiment en temps réel. Il s'agit du premier prérequis pour une conduite sûre et fluide des véhicules autonomes.

Les réseaux de téléphonie mobile actuels, déjà très rapides, ont un temps de réaction d'environ 80 millisecondes ou plus. Cela semble certes n'être qu'un battement de cils mais pour une voiture roulant à 200 km/h, cela équivaut à au moins 4 mètres, c'est-à-dire bien trop pour certaines manœuvres critiques.

Cela montre bien les principaux défis de la conduite autonome: faire en sorte que les radars et les lidars identifient au plus tôt ce qu'un conducteur fait généralement de manière intuitive. C'est la raison pour laquelle le réseau 5G est porteur de tant d'espoirs: il devrait permettre aux véhicules conduits par ordinateur d'échanger leurs intentions en temps voulu.

### La 5G, pour un avenir connecté

Le réseau 5G se distingue par sa rapidité et permettra à l'avenir de faire communiquer entre eux plus d'appareils que n'importe quel autre réseau. En théorie, il devrait permettre de relier entre eux un million de terminaux par kilomètre carré. Mais il n'est pas uniquement question de véhicules autonomes. L'objectif de ce nouveau réseau est également de relier par



1 | Die enormen Datenmengen von autonomen Autos erfordern ultraschnelle Mobilfunknetzwerke (Grafik: Rolf Leeb).

1 | L'abondance de données produites par les voitures autonomes nécessite un réseau mobile ultra rapide (graphique: Rolf Leeb).

Netzen. Theoretisch sollen 1 Million Geräte pro Quadratkilometer über 5G verbunden werden können. Dabei geht es aber nicht nur um autonome Fahrzeuge. Im neuen ultraschnellen Mobilfunknetz wollen sich beispielsweise auch alle Geräte verbinden, die zum Internet der Dinge (Internet of Things) gehören. Und davon soll es bereits in zwei Jahren weltweit über 20 Milliarden geben.

Nicht zu unterschätzen ist auch, dass es für diese Datenmengen Rechenzentren mit riesigen Clouds braucht. Sie müssen die Daten analysieren, Algorithmen erstellen und die gewonnenen Erkenntnisse an die Autos zurückgeben – alles innerhalb von Millisekunden. Das ist aktuell nur über das 5G-Netz möglich.

Wie eine solche vernetzte Verkehrsinfrastruktur dereinst funktionieren könnte, wird bereits heute auf dem «mobilen Testfeld Autobahn A9» in Bayern ausprobiert.

### Politik hat 5G in der Schweiz vorerst einmal ausgebremst

Während in Deutschland also bereits erste Praxistests laufen, ist das Thema 5G in der Schweiz vorerst mal in der politischen Diskussion gefangen. Weil 5G nicht bloss eine Weiterentwicklung von 4G bzw. LTE ist, wird auch eine neue Infrastruktur, sprich Antennen benötigt. Erst kürzlich hat der Ständerat entschieden, keine höheren Strahlenschutzgrenzwerte für den Mobilfunk einzuführen. Genau diese hätte es gebraucht, um die Einführung von 5G in der Schweiz zu beschleunigen. Bis also selbstfahrende Autos auf unseren Strassen allgegenwärtig sind, wird es wohl noch eine Weile dauern.

exemple tous les appareils appartenant à l'Internet des objets (Internet of Things), ce qui, dans deux ans, devrait représenter plus de 20 milliards d'appareils à travers le monde.

Sans oublier les centres de données et leurs immenses clouds nécessaires pour analyser les données, créer des algorithmes et envoyer les informations reçues aux voitures, le tout en quelques millisecondes. Actuellement, seul le réseau 5G dispose d'une telle capacité.

Cette infrastructure de transport en réseau est actuellement en phase de test mobile sur le «champ de test de l'autoroute A9» en Bavière.

### La politique, un frein à la 5G en Suisse

Tandis qu'en Allemagne des tests pratiques sont déjà en cours, le thème de la 5G en Suisse est embourbé dans les méandres politiques. Comme la 5G n'est pas une simple extension de la 4G ou de la technologie LTE, il est nécessaire de mettre en place une nouvelle infrastructure, à savoir des antennes supplémentaires. Le Conseil des États vient de décider de ne pas relever les valeurs limites de radioprotection pour la téléphonie mobile. Or, c'est exactement ce qui aurait permis d'accélérer l'introduction de la 5G en Suisse. Il va donc falloir patienter avant de voir les voitures autonomes s'imposer nos routes.

### Quellen/Sources

- Industrieübergreifenden Konsortium «5G-ConnectedMobility» – [www.5g-connectedmobility.com](http://www.5g-connectedmobility.com)
- VEDECOM: «Plan Véhicule Autonome» de la Nouvelle France Industrielle (NFI)
- AutoNOMOS Labs – Forschungsprojekt der FU Berlin

# Neue Wege in der Veloverkehrsplanung mit GPS-Datenanalyse-Tool

Die Velo-Initiative fordert eine nationale gesetzliche Verankerung des Veloverkehrs. Damit ist jedoch nicht sichergestellt, dass auch entsprechende Velomassnahmen umgesetzt werden. Eine Veloinfrastruktur, die niemand nutzt, fehlende Verbindungen oder lange Wartezeiten sind dem Veloverkehr nicht dienlich. In einem Forschungsprojekt hat Bike Citizens ein GPS-Datenanalyse-Tool entwickelt, das Veloverkehrsplanenden als Werkzeug für die Evaluation, Analyse und Simulation von Veloverkehrsdaten dient. Das Tool, das bereits in Brüssel und Berlin zur Anwendung kam, wird Städten, Gemeinden und Ingenieurbüros zur nachhaltigen Förderung des Veloverkehrs und zur Optimierung der Infrastruktur angeboten.

Die zunehmende Emissionsbelastung (CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, Feinstaub) in urbanen Einzugsgebieten und der Abgas-Skandal im Jahr 2017, der die Verkehrsbranche auch 2018 beschäftigt, lassen politische Forderungen nach Verboten von Verbrennungsmotoren laut werden. Auf der Suche nach alternativen Verkehrskonzepten steigt die Bedeutung des Veloverkehrs. Auch in der Schweiz spielt der Veloverkehr eine wichtige Rolle. Neben der Tatsache, dass das Velo als Verkehrsmittel auf die Herausforderungen der Urbanisierung und der steigenden Mobilitätsnachfrage eine nahezu emissionsfreie, ressourcenschonende und platzsparende Alternative zu anderen Transportmitteln darstellt, erwartet auch die Velo-Initiative von der Politik, dem Velo einen höheren Stellenwert beizumessen: Sie fordert, dass Velowege genauso wie Fuss- und Wanderwege gesetzlich verankert werden. Im November 2017 nahm der Ständerat den bundesrätlichen Gegenentwurf zur Velo-Initiative an, welche voraussichtlich 2019 vor das Volk gebracht wird.<sup>[1]</sup>



VON  
**SIMONE FEIGL**  
MSc., Head of Communications  
bei Bike Citizens Mobile  
Solutions GmbH, Graz

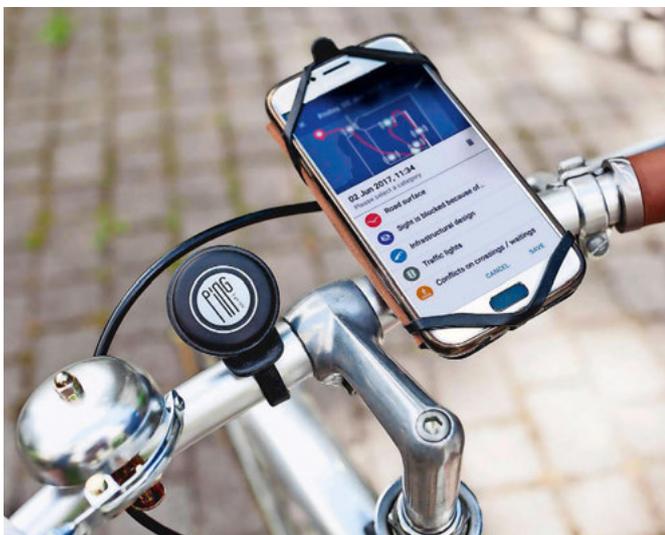
Dabei sind einzelne Kantone und Gemeinden durch die kantonalen Richtpläne und daraus abgeleiteten Velonetzpläne gut aufgestellt. Aber die Umsetzung der Velonetzpläne erfordert Kompromissbereitschaft und einen Perspektivenwechsel hin zum Velo. Hier benötigt die Politik einer-

seits Argumente, um wichtige Infrastrukturvorhaben für den Veloverkehr in amtsinternen Diskussionen aber auch gegenüber dem Volk zu rechtfertigen und zu untermauern. Andererseits steht sie aber auch in der Verantwortung, Infrastrukturprojekte den Bedürfnissen des Veloverkehrs entsprechend umzusetzen.

Damit das Geld in eine Infrastruktur gut investiert ist und diese den Gesamtverkehrskonzepten von Städten und Gemeinden entspricht, arbeitet die Verkehrsplanung mit Kennzahlen zum Individualverkehr. Diese Kennzahlen (z.B. durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke) sind stark vom Autoverkehr geprägt und werden in erster Linie für den Autoverkehr erhoben. Sporadisch und projektspezifisch finden auch Zählungen für den Veloverkehr statt, eine kontinuierliche Messung von diesem gibt es in Form von Zählstellen (Induktionsschleifen im Boden, Kameras, etc.). Sie erlauben detaillierte Langzeitbeobachtungen über die Entwicklung des Veloverkehrsaufkommens in Abhängigkeit von Witterung, Tageszeit und Jahreszeit. Allerdings liefern die Zählanlagen, selbst wenn sie mit Erkenntnissen aus weiteren Aufzeichnungen und Befragungen ergänzt werden, nur punktuelle, vergangenheitsorientierte Daten.

## Veloverkehrsdaten durch digitale Anwendungen

Im Gegensatz dazu steht der Einsatz von digitalen Mitteln, welche eine flächendeckende Erfassung von Mobilitätsströmen beispielsweise via Smartphone-Apps ermöglichen. Ein Forschungsprojekt des deutschen Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) an der Technischen Universität Dresden hat sich mit von Smartphones generierten Verhaltensdaten im Veloverkehr befasst und



1 | Generierung von aussagekräftigen Veloverkehrsdaten mithilfe von Smartphones (© Bike Citizens).

1 | Production de données significatives sur le trafic cycliste à l'aide de smartphones (© Bike Citizens).

kommt zum Schluss, dass App-Daten in der Veloverkehrsplanung nutzbar sind (Abbildung 1).<sup>[2]</sup>

Mit der Bike Citizens App erfolgt die Generierung von Daten durch die repräsentative Anwendergruppe der urbanen Velofahrenden im Alltag ganz nebenbei. App-User entscheiden freiwillig, ob sie ihre Daten anonymisiert zur Förderung des Veloverkehrs zur Verfügung stellen. Die Verbindung von Digitalisierung und Veloverkehr bringt positive Vorteile für Städte und Kommunen, wie Martin Blum, Veloverkehrsbeauftragter und Geschäftsführer der Mobilitätsagentur Wien, erzählt: «Wir bieten Radfahrenden mit der Bike Citizens App ein modernes Service. Natürlich wirkt sich das positiv auf das Image der Stadt aus.»

Um Veloverkehrsplanenden ausserdem ein geeignetes Werkzeug für das Nutzen von Veloverkehrsdaten in die Hand zu geben, entwickelte Bike Citizens ein GPS-Datenanalyse-Tool.

## Bike Citizens Analytics – Vom Gefühl zur Evidenz

Die Betrachtung von Kennzahlen einer einzelnen Velofahrt ist in der Veloverkehrsplanung wenig aussagekräftig. Eine repräsentative Gesamtheit von Fahrten ermöglicht hingegen den Einblick in ein umfangreiches Netz an Informationen über die Velomobilität einer Stadt. Bei einer ausreichenden Anzahl an App-Usern können die damit gewonnenen Veloverkehrsdaten aufschlussreiche Informationen pro Strassensegment liefern. Frank Tristram von der Mobilitätsberatung Eco Libro erklärt dazu: «Zuverlässige und aussagekräftige Radverkehrsdaten sind schwer zu bekommen. Eine gute Planung basiert nun mal auf Daten und Annahmen. Je besser die Daten sind, umso weniger Annahmen muss man machen.» Über acht Millionen zurückgelegte Kilometer mit dem Velo, die über die Bike Citizens App erfasst wurden, bilden eine geeignete Datengrundlage, um den Veloverkehr mit Verkehrsmodellen und digitalen Tools wie Bike Citizens Analytics zu betrachten.

Bike Citizens Analytics wurde in einem Forschungsprojekt von Bike Citizens und der Universität NHTV in Breda (Niederlande) entwickelt. Es ist ein interaktives Tool zur Analyse, Simulation und Evaluation von Veloverkehrsdaten. Die mit der App generierten Daten werden in das Tool eingespielt und verarbeitet. Unabhängig davon kann die Datengrundlage um externe Datensätze (z.B. Veloverkehrsdaten von Zählstellen) ergänzt werden.



2 | Heatmap von Zürich [© Bike Citizens].

2 | Heat map de Zurich [© Bike Citizens].

## Warum Visualisierungen immer mehr Anwendung finden

Einzelne Zahlen und Datensätze werden erst aussagekräftig, wenn man sie mit weiteren Datensätzen vergleicht oder kombiniert. Die Verkehrsstärke an verschiedenen Stellen in der Stadt beispielsweise wird vor allem durch Visualisierungen veranschaulicht. Darstellungen wie Heatmaps (Abbildung 2) vermitteln einen schnellen Gesamteindruck des Veloverkehrsaufkommens.

Mithilfe von Visualisierungen fällt es zudem leichter, auch Laien die Sachverhalte aus der Verkehrsplanung näher zu bringen und die Entscheidungsträger und Entscheidungsträgerinnen über die Faktenlage zu informieren. Darüber hinaus ermöglichen digitale Tools wie Bike Citizens Analytics eine Analyse von Verkehrsaufkommen je Strassenabschnitt, die bevorzugte Routen gemiedenen Routen gegenüberstellt und Wartezeiten in Knotenbereichen oder im Verkehrsnetz einer Stadt sichtbar macht. Eine Potenzialabschätzung von geplanten Infrastrukturprojekten ist durch die Analyse einzelner Streckenabschnitte (Brücken,

FR

## Nouveaux moyens de planifier le trafic cycliste avec un outil d'analyse des données par GPS

L'initiative vélo demande un ancrage national du trafic cycliste dans la loi. Cela ne garantit cependant pas que des mesures adéquates en faveur du vélo seront mises en œuvre. Une infrastructure cyclable que personne n'utilise, des liaisons manquantes ou des longs délais d'attente ne servent pas la cause du trafic cycliste. Dans le cadre d'un projet de recherche, Bike Citizens a

développé un outil d'analyse des données par GPS qui sert aux planificateurs du trafic cycliste pour évaluer, analyser et simuler des données de trafic cycliste. Cet outil, déjà mis en œuvre à Bruxelles et Berlin, est proposé aux villes, aux communes et aux bureaux d'ingénieurs pour encourager durablement le trafic cycliste et pour optimiser l'infrastructure.

Kreuzung, Startpunkt/Endpunkt, etc.) und deren Verbindungen ebenfalls möglich.

Auf diese Weise konnte Bike Citizens für die Radbahn – ein Projektentwurf für einen Veloweg unter der Hochbahn U1 in Berlin – wertvolle Erkenntnisse liefern: Eine Analyse der Streckenabschnitte zeigte, dass bei Umsetzung des überdachten Velowegs rund ein Drittel der Fahrtzeit vom Start bis Endpunkt der Radbahn im Vergleich zu den bisherigen Wegen eingespart werden kann.

### Datenanalyse für PING if you care!

Auch bei der Partizipationskampagne PING if you care! kam Bike Citizens Analytics zur Anwendung. Mithilfe des PING Buttons konnte die velofahrende Bevölkerung Situationen im Strassenverkehr sowie als unsicher empfundene Stellen digital markieren und so ein aussagekräftiges Bild zur aktuellen Veloverkehrssituation liefern. Der PING Button ist ein etwa 4-cm-breiter Knopf, der z.B. am Velolenker angebracht werden kann und über eine Bluetooth-Verbindung mit der Bike Citizens App kommuniziert. Die teilnehmenden Velofahrenden konnten mithilfe des PING Buttons Stellen im Strassenverkehr «pingen», die automatisch auf einer digitalen Karte in der App markiert und via App kategorisiert werden konnten. Die Meldungen (PINGs) erfassten neben infrastrukturellen Mängeln auch gefühlte Unsicherheit und Konflikte mit anderen Verkehrsteilnehmenden. Um eine hohe Repräsentativität der Ergebnisse zu gewährleisten, wurden die Teilnehmenden nach mehreren Faktoren ausgewählt: Wohnort, Alter, Geschlecht, neue Velofahrende.<sup>[3]</sup>

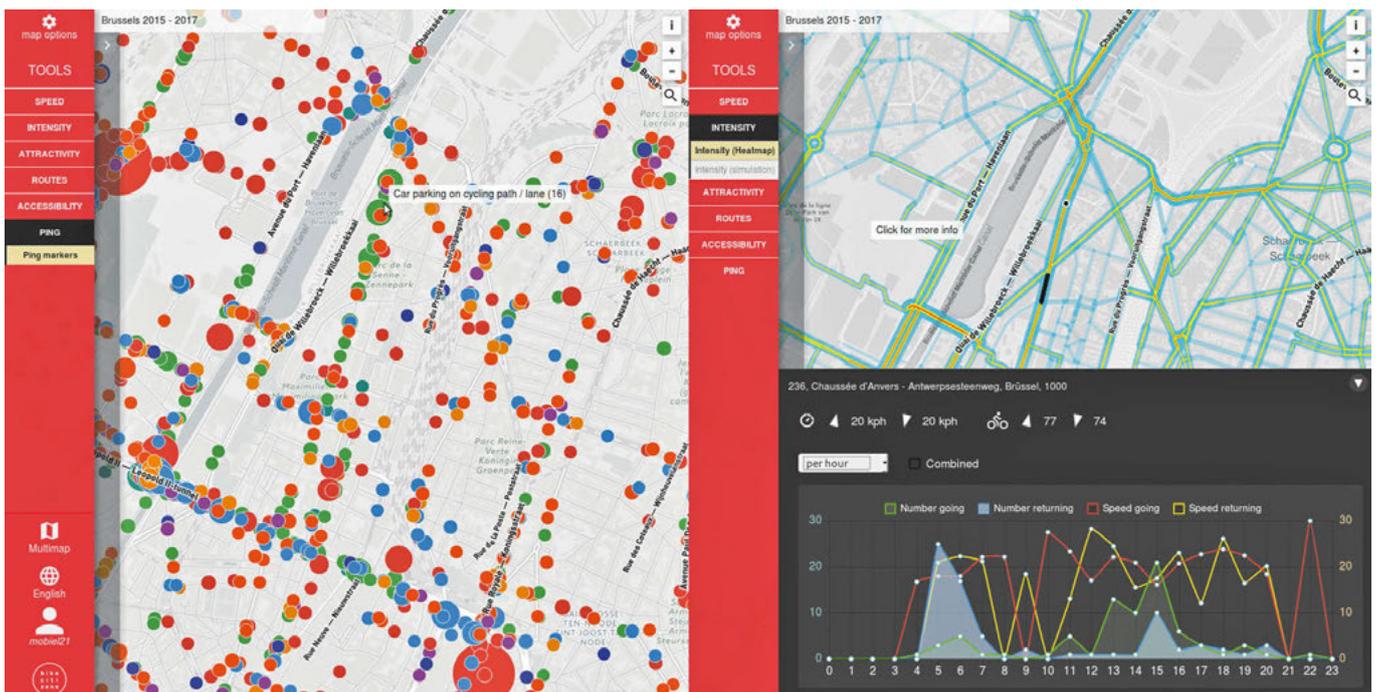
Adi Hirzer von Bike Citizens hält in Zuge der Ausarbeitung des abschliessenden Berichts fest: «PING if you care! ermög-

licht, Verbesserungsmaßnahmen auf verschiedenen Ebenen zu entwickeln. Es geht vor allem darum, die besten Ansätze zu ermitteln und Budgetmittel möglichst effizient einzusetzen.» Ein kleiner Einblick in die Ergebnisse kann hier bereits gewährt werden:

Die Gegenüberstellung von PINGs und GPS-Routendaten ermöglicht Rückschlüsse auf die Bedeutung der PINGs. Ein konkretes Beispiel hierzu: Ein Abschnitt auf dem Antwersesteenweg in Brüssel springt durch die Häufung von Meldungen in der Kategorie «Parken auf dem Velostreifen/Veloweg» ins Auge (Abbildung 3, linker Screen). Die Analyse der Fahrdaten zeigt in der Detailansicht eine Morgenspitze und eine schwächer ausgeprägte Nachmittagsspitze (Abbildung 3, rechter Screen). Das deutet darauf hin, dass der Abschnitt für den Arbeits- und Schulweg genutzt wird. Vermehrte Kontrollen durch den lokalen Parkraumdienst könnten hier rasch und günstig zu einer Verbesserung der Situation führen.

Weitere Betrachtungen der PINGs ergaben zudem, dass sich das PING-Verhalten der Teilnehmenden teilweise stark unterscheidet. Deshalb ist es notwendig, die PINGs in den richtigen Kontext zu stellen oder wiederholt abgegebene Meldungen derselben Person zu bereinigen. Dies ist vor allem bei Infrastruktur betreffenden PINGs hilfreich, um darzustellen, wie viele verschiedene Teilnehmende dieselbe Stelle gemeldet haben.

PINGs zu zwischenmenschlichen Konflikten im Strassenverkehr müssen anders betrachtet werden als PINGs zur Infrastruktur. Konflikte sind meist Einzelereignisse, die nur die unmittelbar beteiligten Personen betreffen, aber auf lokale Lösungsmöglichkeiten hindeuten. Die Häufung eines stadtgebietumfassenden Konflikts hingegen könnte mit einer Informationskampagne gelöst werden.



3 | Bike Citizens Analytics – Screenshot, Multimap-Modus: Die verschiedenen PING-Kategorien werden in unterschiedlicher Farbe angezeigt. Die Kreisgrösse gibt die Menge der zusammengefassten PINGs wieder (© Bike Citizens, OpenStreetMapContributors, Mapbox).

3 | Bike Citizens Analytics – capture d'écran, Multimap-Modus: les différentes catégories de PING s'affichent en plusieurs couleurs. La taille du cercle indique la quantité de PINGs regroupés (© Bike Citizens, OpenStreetMapContributors, Mapbox).

## Über Bike Citizens

Bike Citizens wurde 2011 von den Velokurieren Daniel Kofler und Andreas Stückl in Graz gegründet und verfügt über einen weiteren Standort in Berlin. Ziel von Bike Citizens ist es, das Velofahren in Städten attraktiver zu machen und in weiterer Folge zu einer Verbesserung der urbanen Lebensqualität beizutragen.

[www.bikecitizens.net](http://www.bikecitizens.net)

## Kostenlose Demoversion verfügbar

Die Bike Citizens App verzeichnet bisher mehr als 500 000 Downloads und ist weltweit für mehr als 450 Städte verfügbar. Nähere Informationen zu den Features von Bike Citizens Analytics finden sich unter [cyclingdata.net](http://cyclingdata.net). Eine kostenlose Demoversion können Planer/innen, Verkehrsexpert/innen, Städte und Gemeinden unter [info@bikecitizens.net](mailto:info@bikecitizens.net) anfragen.

## Neuer Fokus auf die Veloverkehrsplanung

Dank Digitalisierung und neuer Datenanalyse-Tools kann der heutige und zukünftige Veloverkehr in Städten und Kommunen realitätsnah analysiert und Potenziale aufgedeckt werden. Massnahmen, wie etwa der Bau eines neuen Veloweges, werden simuliert und bewertet. Damit lässt sich bereits vor Start neuer Verkehrsinfrastrukturprojekte der Einfluss auf den Veloverkehr sowie das Potenzial hinsichtlich Veloverkehrsaufkommen und Frequenz abschätzen. Auch lässt sich überprüfen, ob für Veloverbindungen alle wichtigen Anschlüsse zu publikumsintensiven Einrichtungen wie Universitäten oder grossen Industriebetrieben und anderen Unternehmen berücksichtigt wurden. Laut Tristram von Eco Libro verbessert ein solches Datenanalyse-Tool die Qualität der Veloverkehrsplanung enorm und unterstützt den modernen Planungsansatz nach dem SUMP-Prinzip (Sustainable Urban Mobility Plans). Bike Citizens Analytics legt den Grundstein von der dargebotsorientierten Planung zur bedarfsorientierten Planung und stellt den Veloverkehr in

den Fokus. Damit können Massnahmen zum Erfüllen der kantonalen Velonetzpläne besser umgesetzt und erklärt werden.

## Referenzen

- [1] Bleibler, K. (2018) Ja zum Gegenentwurf zu Velo-Initiative von der Verkehrskommission. <https://blog.veloplus.ch/2018/02/08/ja-zum-gegenentwurf-zu-velo-initiative-von-der-verkehrskommission/> (abgerufen am 14. Februar 2018)
- [2] Francke, A., Lißner, S. (2017) Big Data im Radverkehr – ein anwendungsorientierter Leitfaden zur Nutzung von smartphone-generierten Radverkehrsdaten
- [3] Schaap, E. (2017) «PING if you care!» – Der PING für mehr Verkehrssicherheit. <https://www.bikecitizens.net/de/mit-ping-radinfrastruktur-in-bruessel-veraendern/> (abgerufen am 14. Februar 2018)

\* Die Kampagne in Brüssel wurde vom Cabinet DeBaets (Brussels Region) der Stadt Brüssel finanziert. Mobiel 21 ist Projektpartner.

Anmerkung: Ein Teil des hier veröffentlichten Texts erschien bereits in veränderter Form in der Novemberausgabe 2017 «Internationales Verkehrswesen».

Anzeige



9<sup>th</sup> International Conference  
**TUNNEL SAFETY AND VENTILATION**  
– New Developments in Tunnel Safety –  
12.–14. June 2018  
Graz, Austria  
[www.tunnel-graz.at](http://www.tunnel-graz.at)

## 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](http://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](http://www.mobilityplatform.ch).

DE

### FORSCHUNGSBERICHT NR. 1621

#### Einfluss der Erreichbarkeit mit ÖV und LV auf den Parkfelderbedarf

büro widmer ag

PAUL WIDMER

THOMAS KLINK

Senozon AG

MICHAEL BALMER

CHRISTOPH DOBLER

Forschungsprojekt VSS 2015/611 auf Antrag des Schweizerischen Verbandes der Strassen und Verkehrsfachleute (VSS)

Ziel der vorliegenden Forschungsarbeit ist die Entwicklung eines Verfahrens für die datenbasierte Ermittlung der Abminderungsfaktoren, mit denen die gemäss der VSS-Norm SN 640 281 ermittelten Richtwerte – welche für Situationen mit geringem ÖV- und Langsamverkehrsanteil gelten – für das Parkfelderangebot zu multiplizieren sind. Das neue Verfahren soll das in der heutigen VSS-Norm SN 640 281 enthaltene ersetzen.

Es wurden gut 25 000 Testgebiete mit einer Fläche von je einer Hektare, gleichmässig verteilt über die ganze Schweiz und unterschieden nach vier Raumtypen, ausgewählt. Für jedes Testgebiet wurde mittels des Schweizerischen Mobilitätsmodells der Firma Senozon AG der werktägliche Zielverkehr zu Fuss, mit dem Velo, dem ÖV und dem MIV für die Wegezwecke Arbeit, Einkauf und Freizeit ermittelt.

Als Erreichbarkeitsmasse wurden sodann für jedes Testgebiet das Erreichbarkeitspo-

tenzial (differenziert nach Wegezweck und Verkehrsmittel) als gewichtete Summe der Einwohner und Beschäftigten innerhalb des Einzugsgebietes sowie das mit dem Raumwiderstand (Reisedistanz im Fall von MIV und Langsamverkehr, Reisezeit im Fall von ÖV) gewichtete Erreichbarkeitspotenzial ermittelt. Grundlagen dazu bildeten die Hektarrasterdateien des Bundesamtes für Statistik sowie das im Mobilitätsmodell hinterlegte Verkehrsangebot (Strassennetz und Fahrplan).

Ausgehend von der Hypothese, dass der MIV-Anteil des Zielverkehrs eines Arbeits-, Einkaufs- oder Freizeitortes und mithin der Parkfelderbedarf von dessen Erreichbarkeit mit den verschiedenen Verkehrsmitteln abhängt, wurden Regressionsmodelle geschätzt, welche diesen Zusammenhang möglichst gut abbilden. Als Prädiktoren wurden der Raumtyp und aus den ermittelten Erreichbarkeitsmassen abgeleitete Variablen verwendet. Die Schätzung der Regressionsmodelle erfolgte getrennt nach Wegezwecken, jeweils für den Fall mit ungewichteten und für den Fall mit gewichteten Erreichbarkeitspotenzialen.

Als Ergebnis des Forschungsprojektes wird ein praxistaugliches Vorgehen vorgestellt, mit welchem auf der Basis der mit den Regressionsmodellen geschätzten MIV-Anteilen die eingangs erwähnten Abminderungsfaktoren bestimmt werden können. Es wird vorgeschlagen, dieses Vorgehen in die heutige VSS-Norm SN 640 281 zu integrieren.

Konkrete Hinweise und eine detaillierte Beschreibung der Arbeitsschritte, die für die Bestimmung der Abminderungsfaktoren und des zweckmässigen Parkfelderan-

gebots bei einer Arbeits-, Einkaufs- oder Freizeitnutzung durchzuführenden sind, illustrieren die praktische Umsetzung der Forschungsergebnisse.

Der Bericht schliesst mit einer Beurteilung der Zweckmässigkeit des vorgeschlagenen Verfahrens, konkreten Empfehlungen zur Integration dieses Verfahrens in die VSS-Norm SN 640 281 sowie Hinweisen zum weiteren Forschungsbedarf. Zu diesem gehört insbesondere die Bereitstellung von benutzerfreundlichen Hilfsmitteln für die Bestimmung der Erreichbarkeitspotenziale (gewichtete und ungewichtete) in der Praxis.

DE

### FORSCHUNGSBERICHT NR. 1623

#### Vergleich der Eignung von bewachsenen Boden- und Sandfiltern zur Reinigung von Strassenabwasser

GEOTEST AG

ADALBERT PAZELLER

CHRISTOPH VON KÄNEL

wst 21

MICHELE STEINER

ilu AG

FELIX RUTZ

ZHAW

BEATRICE KULLI HONAUER

Forschungsprojekt VSS 2011/204 auf Antrag des Schweizerischen Verbandes der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS)

Die ersten Erfahrungen mit Bodenfiltern in Strassenabwasser-Behandlungsanlagen (SABA) zeigten, dass diese Nachteile wie schlechte Durchlässigkeit, Neigung zur Kolmation oder ungenügende Reinigungsleistung aufwiesen. Das Hauptargument gegen Bodenfilter war der präferenzielle Fluss in der Bodenschicht. Von bepflanzten Sandfiltern hingegen erwartete man sich Vorteile wie geringen Platzbedarf, gute hydraulische Leistung bei gleichzeitig genügender Reinigungsleistung und vereinfachtem Unterhalt. Sandfilter standen aber auch im Verdacht, die Schadstoffe im Vergleich zu Bodenfiltern weniger gut zurückzuhalten, und wurden deshalb bisher nicht für die Kategorie «erhöhte Anforderungen» vorgeschlagen. Es gab jedoch in der Literatur Hinweise, nach denen bepflanzte Sandfilter den Bodenfiltern in der Reinigungsleistung überlegen sein könnten.

Ziel der Arbeiten war, die bestehenden Unsicherheiten auszuräumen und Boden- und Sandfilter in ihrer hydraulischen Leistung, Reinigungsleistung sowie den Kosten für Betrieb und Unterhalt zu vergleichen. Dazu wurden die Ergebnisse von Funktionskontrollen an 20 Anlagen (12 Bodenfilter, 8 Sandfilter) ausgewertet. Für die Auswertung der Investitions- und Betriebskosten standen die Angaben von 49 Anlagen (31 Bodenfilter, 18 Sandfilter) zur Verfügung.

Die Untersuchungen anhand von Aufgrabungen in den Filtern zeigten, dass die Partikel aus dem Strassenabwasser mit den adsorbierten Schadstoffen in den Filterschichten zurückgehalten werden. Im Vergleich zum Boden zeigte der Sand eine deutlich bessere Filterwirkung, indem der weitaus grösste Teil der Partikel und Schadstoffe entweder in einer Sedimentauflage an der Oberfläche oder in den obersten Zentimetern der Sandschicht als deutlich erkennbare Invasionszone zurückgehalten wird. Analysen von Boden- und Sandproben, Messungen der Leitfähigkeit in den RFB und Färbeversuche mit einem Farbtracer ergaben, dass im Bodenfilter die Stoffe durch präferenziellen Fluss im Vergleich zum Sandfilter schneller und in grössere Tiefen verlagert werden. Die mechanische Filterung ist im Sand effektiver als im Boden. Auch die Möglichkeit der Adsorption gelöster Stoffe an Tonminerale in Bodenfiltern bietet keine zusätzlichen Vorteile.

Der spezifische hydraulische Durchfluss von Sandfiltern ist im Vergleich zu Bodenfiltern im Mittel um das Vierfache höher. Sandfilter haben demnach eine deutlich höhere hydraulische Leistung und beanspruchen daher auch weniger Fläche als Bodenfilter.

Die Ablaufkonzentrationen von GUS und Kupfer sind bei Boden- und Sandfiltern ungefähr gleich, während sie für Zink bei Sandfiltern um mindestens eine Leistungsklasse besser sind als bei Bodenfiltern. Sandfilter zeigen somit eine mindestens gleich hohe und zudem stabilere Schadstoffentfernung als Bodenfilter, und dies trotz höherer hydraulischer Leistung.

Die Auswertung von Daten aus dem SABA-Kataster (MISTRA SABA) zu den Investitionskosten pro SABA ergab eine grosse Spannweite von ca. CHF 100 000 bis ca. CHF 600 000 pro Hektare entwässerter Strassenfläche (Bodenfilter: CHF 230 000, Sandfilter: CHF 180 000, Medianwerte).

Die erfassten Angaben zu den mittleren jährlichen Betriebskosten pro Hektare entwässerter Strassenfläche zeigen Werte für SABA mit Bodenfilter von ca. CHF 3000 und für SABA mit Sandfilter von ca. CHF 2000. Der Unterhalt von Sandfiltern ist wesentlich einfacher, da diese nicht wie Bodenfilter jährlich gemäht werden müssen und kein Schnittgut zu entsorgen ist. Zudem sind die spezifischen Filterflächen pro Hektare entwässerter Strassenfläche bei den ausgewerteten Bodenfiltern grösser als bei den Sandfiltern (Bodenfilter: ca. 300 m<sup>2</sup>, Sandfilter: ca. 200 m<sup>2</sup>, Mittelwerte).

Sandfilter sind demnach den Bodenfiltern vorzuziehen. Sie weisen eine mindestens gleich hohe Reinigungsleistung wie Bodenfilter auf, und das bei deutlich besserer hydraulischer Leistung. Sie sind günstiger im Bau und einfacher im Unterhalt.

DE

## FORSCHUNGSBERICHT NR. 1620

### Forschungspaket: Lärmarme Beläge innerorts – Synthesebericht

Nibuxs Särl

JACQUES PERRET, Dr. sc., ing. dipl. EPF

Techdata SA

JEAN-PIERRE BOLLI, ing. dipl. ETS

Lombardi Ingegneri Consulenti SA

THOMAS ARN, Dott. ing. dipl. SPF

Forschungsprojekt ASTRA 2010/004 auf Antrag des Bundesamtes für Strassen (ASTRA)

Das Forschungspaket «Lärmarme Beläge innerorts» soll den Einsatz lärmarmen Strassenbeläge fördern, weitere Entwicklungsschübe bewirken und die Akzeptanz erhöhen. Das Paket basiert auf den Teilprojekten:

- TP1: Forschung und Innovation
- TP2: Test und Validierung
- TP3: Langzeit-Monitoring

Im TP1 wurden acht Einzelprojekte bearbeitet und als eigenständige Forschungsberichte publiziert:

- EP1: Rezeptierung von Lärmarmen Belägen (1552)
- EP2: Labortechnische Bestimmung der Dauerhaftigkeit lärmarmen Beläge (1559)
- EP3: Betrieb und Unterhalt lärmarmen Beläge (1423)
- EP4: Labormethoden für die Bestimmung

akustischer Eigenschaften lärmarmen Beläge (1564)

- EP5: Verbesserung der Genauigkeit akustischer Messmethoden (1566)
- EP7: Innovative, lärmarme Beläge für den potenziellen Einsatz in der Schweiz (1561)
- EP8: Akustische Wirkung betrieblicher Reinigungsmassnahmen bei lärmarmen Belägen (1560)
- EP10: Sensitivität der akustischen Eigenschaften lärmarmen Beläge aufgrund der Variabilität bei der Herstellung (1616)

Im TP2 wurden 15 Teststrecken eingebaut. Mit deren Realisierung konnten praktische Erfahrungen gewonnen werden, welche im Synthesebericht zusammengefasst sind. Im TP3 wurden diese Strecken während drei bis fünf Jahren messtechnisch und akustisch begleitet. Dazu gibt es Berichte, welche auf der Homepage des BAFU publiziert sind.

Das Forschungspaket bestätigte folgende Aussagen:

- Hauptverursacher für den Strassenlärm sind die Vibrationen und der «Pumping-Effekt».
- Zur Reduktion der Vibrationen müssen Lösungen für die Oberflächentextur gefunden werden. Eine Voraussage über diese Eigenschaft vor dem Einbau ist leider noch nicht möglich.
- Der «Pumping-Effekt» wird durch die zusammenhängenden Hohlräume beeinflusst. Eine zuverlässige Methode zu deren Bestimmung existiert jedoch noch nicht.
- Die Herstellung wird immer besser beherrscht. Heute ist es möglich, kurzfristige, hohe Lärmreduktionen zu erhalten.
- Die anfänglich gute akustische Performance hält in der Regel nicht länger als vier bis fünf Jahre an.
- Das Rechenmodell SPERoN ermöglicht die Rückverfolgung der Abnahme der akustischen Eigenschaften aufgrund der Verschlechterung der Oberflächentextur oder Verstopfung der Hohlräume.
- Es existiert keine effiziente Messmethode zur Bestimmung der akustischen Eigenschaften im Labor.
- Das Forschungspaket zeigte, dass der Dialog zwischen Belagsspezialisten und Akustikern wichtig ist. Je besser das gegenseitige Verständnis, desto besser das Ergebnis.

DE

## FORSCHUNGSBERICHT NR. 688

## Zerstörungsfreie Prüfmethode(n) (ZfP): Bedürfnisse der Praxis und Stand der Technik

TFB AG Wildegg

BJÖRN MÜHLAN

YVES SCHIEGG, Dr.

ANDREAS HASENSTAB, Dr.

SVTI Schweizerischer Verein für techn. Inspektionen

DANIEL ALGERNON, Dr.

SASCHA FEISTKORN, Dr.

Forschungsprojekt AGB 2012/016 auf Antrag der Arbeitsgruppe Brückenforschung (AGB)

Das Ziel der Forschungsarbeit bestand in der Erarbeitung der notwendigen Grundlagen über den Einsatz moderner ZfP-Verfahren: Bedürfnisse der Praxis, Methoden, Anwendung, Verifizierung und Grenzen. Dabei sollten v.a. gesammelte Erfahrungen aus der Schweiz bewertet werden. Es ging nicht darum, die grundsätzliche Leistungsfähigkeit der verschiedenen ZfP darzustellen, sondern anhand von effektiv durchgeführten Untersuchungen die praktische Leistungsfähigkeit der Methoden zu beurteilen.

Der Fokus dieser Arbeit liegt auf typischen Fragestellungen aus der Praxis des Bauwesens (hauptsächlich Tiefbauten). Solche betreffen z.B.: Lokalisieren von metallischen Einbauten (z.B. Bewehrung, Spannglieder), Messung der Bauteildicke (Brücken, Tunnelgewölbe, Stützmauern etc.) und Lokalisieren von Mängeln und Schadstellen im Beton wie Kiesnester, Hohlstellen, Risse, AAR oder Brandschäden.

Die Forschungsstelle hat hierzu zu Beginn des Forschungsprojektes mit grossen Bauherren aus der Schweiz Kontakt aufgenommen und sich erkundigt, in welchem Umfang ZfP-Verfahren bei ihren Bauwerken zum Einsatz kamen. Bei den Bauherren handelte es sich um die ASTRA-Filialen, kantonale Tiefbauämter und die SBB, da der Fokus auf Tiefbauobjekten lag. Ausserdem konnte die Forschungsstelle auf eine eigene Sammlung von Projekten zurückgreifen, bei denen ZfP-Verfahren zum Einsatz gekommen sind. Insgesamt bestand die Datenbasis, welche die Forschungsstelle für die Beurteilung der angewandten ZfP-Verfahren in der Schweiz heranziehen konnte, aus 40 Bauwerken.

Die Auswertung der Projekte hat ergeben, dass mehrheitlich Radar und Ultraschall

zur Anwendung gekommen sind. Im Anhang sind einige ausgewählte repräsentative Projekte enthalten, welche die Anwendung v.a. dieser beiden Methoden verdeutlichen. Wenn man die nicht erfolgreichen oder nur teilweise befriedigenden Ergebnisse solcher Untersuchungen betrachtet, fällt auf, dass es immer wieder dieselben Ursachen sind, die für Schwierigkeiten bzw. Misserfolge verantwortlich sind.

Um eine möglichst objektive Bewertung von Prüfaufgaben durchführen zu können, wurde auf die Methoden POD (Probability of Detection) und GUM (Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement) zurückgegriffen. Mittels dieser Auswertemethoden ist es möglich, konkrete Prüfaufgaben für ZfP-Anwendungen zu quantifizieren und so zu vergleichen oder aber die «Erfolgschancen» bzw. das Risiko des Scheiterns leichter beurteilen zu können. Dazu wurden die typischen Prüfaufgaben bzw. wichtige Messeinflüsse auf diese Prüfaufgaben, welche die Auswertung der Schweizer Praxisfälle ergeben haben, mittels vorhandener POD- bzw. GUM-Analysen untersucht. Nicht für alle Aufgaben liegen solche Analysen bereits vor. Für diese noch nicht vorliegenden Fälle wurden mögliche Vorgehensweisen bzw. Versuchsanordnungen vorgeschlagen.

Mithilfe dieser Analysen war es möglich, für bestimmte Prüfaufgaben (z.B. Lokalisation von metallischen Einlagen in einer bestimmten Tiefe im Bauteil mittels Radar) konkrete Werte anzugeben, bei denen sich ein Messeinsatz lohnen könnte oder nicht. Ebenso konnten die Auswirkungen verschiedener Störeinflüsse für bestimmte Prüfaufgaben (z.B. erhöhte Bauteilfeuchtigkeit) quantifiziert werden.

FR

## RAPPORT DE RECHERCHE N° 1618

## Corrélation entre déflexions FWD et Benkelman

InfraLab SA

ROBERT BRABER

ANTHONY GAUTIER

Projet de recherche VSS 2011/503 sur demande de l'Association suisse des professionnels de la route et des transports (VSS)

Les mesures de déflexions permettent de définir la qualité portante d'une chaussée. Couplées à un trafic prévisionnel pour une durée d'utilisation de 10 ou 20 ans, la

norme SN 640 733b permet au moyen d'un diagramme de renforcement de savoir si la chaussée est suffisamment dimensionnée ou dans le cas contraire de définir l'épaisseur de renforcement nécessaire pour supporter le trafic prévisionnel.

Ce diagramme de renforcement existe actuellement pour les mesures de déflexions à la poutre Benkelman et au Défleto-graphe Lacroix. Ce mandat de recherche a pour objectif de déterminer une corrélation entre la déflexion centrale FWD et la déflexion mesurée avec la poutre Benkelman, puis d'établir, à partir de cette corrélation, un diagramme de renforcement FWD qui pourrait être introduit dans la norme SN 640 733b.

La recherche a permis d'aboutir à une corrélation entre les déflexions déterminantes FWD et Benkelman (BB):

$dv_{BB} = 1.19 \cdot dv_{FWD} + 15.5$  (déflexions déterminantes  $dv$  en [1/100 mm], charge 50 kN). Cette corrélation a été utilisée pour établir un diagramme de renforcement pour le FWD. L'utilisation de ce diagramme a montré des résultats encourageants. Les épaisseurs de renforcement calculées à partir du diagramme de renforcement nouvellement établie pour le FWD sont proches de celles calculées avec la poutre Benkelman. Par ailleurs, les mesures FWD effectuées avant et après renforcement ont révélé des résultats cohérents, avec des gains de déflexions mesurés comparables aux gains théoriques issus du nouveau diagramme de renforcement FWD.

DE

## FORSCHUNGSBERICHT NR. 1622

## Leistungsfähigkeit von Haftklebern in der Praxis

Baudirektion Kanton Zürich, Tiefbauamt

URS SCHELLENBERG

Abteilung Strassenbau/Abdichtungen, Empa

CHRISTIANE RAAB, Prof. Dr.

MANFRED PARTL, Prof. Dr.

Forschungsprojekt VSS 2008/401 auf Antrag des Schweizerischen Verbandes der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS)

Das Ziel des Forschungsprojektes war die Untersuchung der Wirksamkeit von Haftklebern in der Praxis, d.h. unter realen Baustellenbedingungen. Hierbei handelte es sich im Wesentlichen um Baustellen des Tiefbauamts (TBA) des Kantons Zürich, wobei auch einige Autobahnobjekte des

ASTRA einbezogen werden konnten. Die Wirksamkeit von Haftklebern wurde mit Hilfe der Abscherprüfung nach Leutner bestimmt, wobei unterschiedliche Parameter und Situationen, wie Haftklebertyp und -dosierung, Bindemittleigenschaften, Oberflächenbeschaffenheit der Unterlage und als wesentlicher Parameter die Langzeitwirkung berücksichtigt wurden.

Ein wichtiger Punkt, im Hinblick auf die Wirksamkeit von Haftklebern, war die Frage des Langzeitverhaltens bzw. die Frage, nach welcher Zeit sich der Schichtenverbund optimal ausgebildet hat. Aus diesem Grund erfolgte die Untersuchung des Verbunds direkt nach Einbau, nach drei Monaten und nach einer gewissen Verkehrsbelastung und einer bestimmten Zeit (ca. 12 Monate nach Einbau). Zur raschen Simulation des Verkehrseinflusses sollte der Verkehrslastsimulator MLS10 zur Anwendung kommen.

Insgesamt wurden mehr als zehn Objekte mit unterschiedlichen Schichtaufbauten und Haftklebertypen untersucht.

Aufgrund der Untersuchungen zeigte sich, dass bei praktisch allen Objekten bereits die nach Einbau gemessenen Scherkräfte recht hohe Werte von in der Regel mehr als 20kN aufwiesen und somit zumindest für den Mittelwert die Anforderungen nach Schweizer Norm bei allen Objekten und Schichten problemlos erfüllt wurden. Weiterhin war bei allen Objekten eine Zunahme der Scherkraft über die Zeit, insbesondere nach 12 Monaten, feststellbar. Bereits nach drei Monaten zeigte sich in fast allen Fällen eine Zunahme der Verbundscherkraft im Vergleich mit dem Ausgangszustand, was auf eine Verbesserung des Schichtenverbundes durch das Abbinden (Curing) des Haftklebers hinweist.

Ein Vergleich der Mittelwerte von polymermodifizierten HCP und nicht polymermodi-

fizierten Haftklebern HC ergab insbesondere nach Einbau und nach 12 Monaten für Haftkleber HCP tendenziell eine höhere Scherkraft als für Haftkleber HC.

Die Werte der auf Fräsflächen ermittelten Scherkräfte wiesen generell hohe Streuungen auf, trotzdem erreichten alle direkt nach Einbau ermittelten Werte die geforderte Normanforderung von 12 kN für Binder- und Tragschichten. Wie ein Vergleich mit dem Einbau einer Deckschicht auf gefräster Unterlage zeigte, können im Fall feinerer Belagsschichten sogar noch höhere Verbundwerte erzielt werden.

Auch war im Projekt durch den Einsatz von niederviskosen Bitumen mit Wachszusatz kein negativer Einfluss auf den Schichtenverbund nachweisbar.

Dagegen wurden zu allen Entnahmezeitpunkten für dichte Deckbeläge (AC 8) deutlich höhere Schichtverbundwerte als für semidichten Deckbeläge (AC MR 8) bestimmt. Schon die direkt nach dem Einbau bestimmten Werte liegen für dichte Beläge um 20% höher.

Auch wenn im Projekt im Fall tiefer Taupunkte keine unzureichenden Schichtenverbundwerte feststellbar waren, zeigte es sich, dass durch Spritzen des Haftklebers am Vorabend tendenziell höhere Werte erreicht werden können, als wenn dieser erst in den frühen Morgenstunden aufgebracht wird.

Der Einsatz des Verkehrslastsimulators MLS10 zur raschen Simulation des Verkehrseinflusses zeigte dagegen keine messbare Verbesserung des Schichtenverbundes, was sich mit den zum Testzeitpunkt extrem tiefen Temperaturen und die im Vergleich zum steifen Belagsaufbau geringe Anzahl an Überrollungen erklären lässt.

Insgesamt lassen sich aus der vorliegenden Untersuchung folgende Schlussfolge-

rungen und Empfehlungen ableiten:

- Bei sorgfältiger Arbeitsweise lassen sich mit den heutigen Haftklebern sehr hohe Schichtverbundwerte erzielen.
- Der Schichtenverbund nimmt innerhalb kurzer Zeit aufgrund des Curing zu, innerhalb längerer Zeit steigen diese Werte weiter an. Aufgrund dieser Ergebnisse könnte im Fall von tiefen, den Normanforderungswerten knapp nicht entsprechenden Schichtenverbundwerten direkt nach Einbau, eine Nachprüfung des Schichtenverbundes nach drei Monaten in Erwägung gezogen werden.
- Grundsätzlich haben polymermodifizierte Haftkleber ein höheres Potenzial als nicht modifizierte und sollten zumindest in kritischen Fällen bevorzugt zum Einsatz kommen. Auf jeden Fall sollten beim Einbau von Belägen mit polymermodifizierten Bindemitteln auch polymermodifizierte Haftkleber eingesetzt werden.
- Die Werte der auf Fräsflächen ermittelten Scherkräfte wiesen generell hohe Streuungen auf, trotzdem erreichten alle direkt nach Einbau ermittelten Scherkräfte zwischen Binder- und/oder Tragschichten Werte von mindestens 12 kN.
- Der Einfluss des Taupunktes konnte in der Forschung aufgrund der in den meisten Fällen günstigen Bedingungen nicht ausreichend untersucht werden. Jedoch ist es empfehlenswert, den Haftkleber, wenn möglich, besser am Vorabend als in den frühen Morgenstunden aufzubringen. Aus der Praxis ist auch bekannt, dass der Taupunkt besonders bei Tunnelbaustellen mit schlechter Durchlüftung problematisch ist und hier eine klimatische Optimierung zu empfehlen ist.

## 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](http://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](http://www.vss.ch/fr/forschung/aktuelle-forschungsausschreibungen)

DE

## FORSCHUNGSBERICHT NR. 1626

## Asset Management der Strassen aus der Sicht des Erhaltungsmanagements: Initialprojekt

RAFI Managementberatung (RMB), Zürich

ALI-A. RAFI, Dr. sc. Techn. ETHZ, Dipl. Bauing.

Infrastructure Management Consultants, Zürich

ANDREAS FASTRICH, Dr. sc. ETHZ, Dipl. Bauing.

RADE HAJDIN, Dr. sc. Techn. ETHZ, Dipl. Bauing.

Forschungsprojekt VSS 2008/401 auf Antrag des Schweizerischen Verbandes der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS)

Eine der wichtigsten Grundlagen für ein Kunstbauten-Managementsystem ist die Definition von Kostenkennzahlen für die Erhaltungsmassnahmen zur Abschätzung der Kosten von zukünftigen Erhaltungsmassnahmen.

Um verlässliche Kostenkennzahlen zu erhalten, sollten sie von tatsächlich realisierten Massnahmen abgeleitet werden. Dabei besteht die Schwierigkeit, dass die Kosten bei der Realisierung eine andere Gliederung aufweisen als in einem Managementsystem. In der Realisierung ist eine Gliederung nach realisierten Leistungen üblich, in einem Managementsystem hingegen nach Bauwerks- bzw. Bauwerksteiltyp. Die Kosten realisierter Massnahmen müssen also in bauwerkstyp- oder bauwerksteiltypbezogene Kosten umgerechnet werden. Dafür wird ein Kostenmodell benötigt.

In der Forschungsarbeit wird ein Kostenmodell vorgestellt, indem eine Zuordnung der Kosten aus dem NPK-Leistungsverzeichnis mittels einer statischen Zuordnungstabelle erfolgt. Diese wird anhand der Beschreibungen der NPK-Leistungen einmalig erstellt. Die Kosten einer NPK-Leistung werden proportional zu den Ausmassen der im Leistungsverzeichnis geplanten Erhaltungsmassnahmen auf sog. Interventionstypen verteilt, welche aus Objekttyp, Bauart, Erhaltungsmassnahme und gegebenenfalls Schadensprozess und Zustand gebildet werden.

Obwohl dieser Ansatz vielversprechend ist, waren die Ergebnisse nicht zufriedenstellend. In einem Fallbeispiel konnten zwar die Kosten des Gesamt-

bauwerks mit nur 10% Abweichung geschätzt werden, die Abweichung für die Kosten der Bauwerksteile betrug jedoch bis zu 2500%. Es hat sich gezeigt, dass eine solche nachträgliche Umrechnung immer mit grossen Unsicherheiten verbunden ist, da:

- Massnahmen nicht zwangsläufig mit den geplanten Ausmassen zur Ausführung kommen.
- nicht jede NPK-Leistung zweifelsfrei einem Interventionstyp zugeordnet werden kann. Die Zuordnung beruht somit auf subjektiven Überlegungen.

Um diese Probleme zu vermeiden, ergibt sich als Empfehlung aus dem Forschungsprojekt, die Kosten in allen Phasen eines Erhaltungsprojektes konsequent bauwerksteilbezogen zu erfassen. Dies könnte mit der Umsetzung folgender Massnahmen gelingen:

- Ergänzung der NPK-Nummer um zwei zusätzliche Blöcke für Bauteile und Interventionstypen.
- Anwendung der CRB Norm eBKP-T in der Baupraxis.

Der dadurch entstehende Zusatzaufwand müsste allenfalls durch den Infrastrukturbetreiber vergütet werden.

DE

## FORSCHUNGSBERICHT NR. 1628

## Kalibrierung von Capacity-Restraint-Funktionen

TransOptima GmbH

MILENKO VRTIC

CLAUDE WEIS

Emch+Berger AG

GUIDO RINDSFÜSER

WILFRIED MATTHEWS

Forschungsprojekt VSS 2015/113 auf Antrag des Schweizerischen Verbands der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS)

In der vorliegenden Forschungsarbeit wurden nach Streckentypen differenzierte Funktionstypen und deren aus statistischen Schätzungen hervorgehende Parametrisierung für die Abbildung von Capacity-Restraint-Funktionen (CR-Funktionen) abgeleitet. Die Funktionen mit den kalibrierten Para-

metern dienen als Grundlagen für Reisezeitberechnungen in Verkehrsmodellen.

Die verbesserten Schätzungen führen zu einer im Vergleich zu den bisher verwendeten Werten korrekteren Abbildung der für das Zurücklegen einer Strecke benötigten Reisezeiten in den Verkehrsmodellen und bewirken somit auch eine präzisere Modellierung des Ziel-, Verkehrsmittel- und Routenwahlverhaltens (in welche die Reaktion der Verkehrsteilnehmer auf Veränderungen der Fahrtzeiten einfliesst). Von dieser genaueren Abbildung der Fahrtzeiten profitiert letztendlich auch die Kosten-Nutzen-Analyse sowohl hinsichtlich der berechneten Nachfrageauswirkungen von Massnahmen (Berechnung des Mehrverkehrs) als auch bezüglich der daraus resultierenden Zeitgewinne und -verluste (im Stamm- und Mehrverkehr). Nutzniesser der Ergebnisse der Forschungsarbeit sind also sowohl die Ersteller von Verkehrsmodellen als auch die praktischen Anwender deren Outputs.

Die Umsetzbarkeit der Ergebnisse der Forschungsarbeit in die Praxis ist verhältnismässig einfach, und die hier erzielten Erkenntnisse können schnell angewandt werden. So müssen lediglich bei zukünftigen Erstellungen, Kalibrationen und Anwendungen von Verkehrsmodellen die hier ausgewiesenen CR-Parametersätze in der Umlegungssoftware implementiert werden. Somit ist die Projektarbeit also sehr praxisnah, und die angestrebten Verbesserungen in der Modellierungspraxis sowie die darauf bezogenen Empfehlungen kommen unmittelbar beim Endnutzer an. Die Ergebnisse der Forschung sind als Empfehlungen für die Praxis anzusehen.

# 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](http://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



Seit über 100 Jahren in Diensten des Strassen- und Verkehrswesens der Schweiz  
Plus de 100 ans au service de la route et des transports en Suisse

# Miteinander Normen schaffen

# Créer ensemble des normes

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

Dès aujourd'hui, devenez  
**membre de la VSS** et profitez  
des nombreux avantages!

[www.vss.ch](http://www.vss.ch)