

STRASSE UND VERKEHR ROUTE ET TRAFIC



Selbst-Steuerung von Lichtsignalanlagen

Erstes Pilotprojekt in der Schweiz zeigt:
Der Verkehrsfluss wird verbessert

Autorégulation des feux de circulation

Un premier projet pilote mené en Suisse
montre l'amélioration de la qualité du trafic

Handbuch Strassenbau

Der bewährte Begleiter
im Normen-Dschungel

- ✓ 12. überarbeitete Auflage 2021.
- ✓ Über 1000 Seiten Normen auf 72 Seiten zusammengefasst.
- ✓ Immer auf dem aktuellsten Stand der Normen.

Auch
als App
verfügbar.



Jetzt bestellen

impbautest.ch/handbuch

STRASSE UND VERKEHR

107. Jahrgang | Mai 2021

Offizielle Zeitschrift des Schweizerischen Verbands der Strassen- und Verkehrsfachleute

EDITORIAL | AVANT-PROPOS

Den Stadtverkehr intelligent steuern
Réguler intelligemment le trafic urbain

Rolf Leeb **4**

NEWS **6**

VERKEHRSMANAGEMENT GESTION DU TRAFIC

Praxistest in Luzern zeigt: Selbst-Steuerung verbessert die Verkehrsqualität deutlich
Un essai pratique montre que l'autorégulation améliore sensiblement la qualité du trafic

Thomas Karrer, Markus Bartsch, Alexander Genser, Dr. Stefan Lämmer, Christian Heimgartner **10**

STRASSENBELAG | REVÊTEMENT ROUTIER

Ökobilanzierung von Kaltmischfundamenten im Einsatz für Tragschichten
Bilan écologique de l'utilisation d'enrobés bitumineux à froid pour les couches de fondation

Thomas Pohl, Dr. Susanne Kytzia, Christoph Abegg, Andrea Bachmann, Pascal Menzi **24**

ERHALTUNGSMANAGEMENT GESTION DE L'ENTRETIEN

Nutzung einer Drohne und eines Smartphones zur Zustandserhebung
Relevés d'état à l'aide d'un drone et d'un smartphone

Joël Lenk (VSS-Preisträger 2021) **31**

ROUTE ET TRAFIC

107^e année | Mai 2021

Publication officielle de l'Association suisse des professionnels de la route et des transports



31-41 Zustandserhebung mit Drohne

FORSCHUNG | RECHERCHE

Forschungsberichte
Rapports de recherche **42**

NORMIERUNG | NORMALISATION

Neu im Normenwerk des VSS
Nouveautés du recueil des normes VSS **47**

INFORMATIONEN | INFORMATIONS

Bewegung im Kreisler **50**
Peter Dransfeld ist neuer SIA-Präsident **51**
Beschaffungswesen 2020 | Marchés publics 2020 **52**

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
Tel. +41 44 269 40 20 | info@vss.ch | www.vss.ch

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

Redaktion | Rédaction
VSS, Redaktion «Strasse und Verkehr»
Sihlquai 255, CH-8005 Zürich
Tel. +41 44 269 40 20 | redaktion@vss.ch

Verantwortlicher Redaktor | DTP
Responsable de rédaction | DTP
Rolf Leeb, media&more GmbH, Zürich
Tel. +41 43 536 06 08

Übersetzungen | Traductions
UGZ Übersetzer Gruppe Zürich

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

Preise | Prix
Jahresabonnement | Abonnement par an:
Schweiz | Suisse CHF 112.75 (Ausland auf Anfrage)
«STRASSE UND VERKEHR» erscheint 10 Mal jährlich.
VSS-Mitglieder erhalten die Zeitschrift kostenlos.
«ROUTE ET TRAFIC» paraît en 10 numéros par an.
Les membres de la VSS reçoivent un exemplaire du périodique gratuitement.



Den Stadtverkehr intelligent steuern

Von Rolf Leeb

Die zunehmende Individualisierung des Verkehrs in Kombination mit dem demografischen Wandel und dem nur noch geringen Ausbau der Infrastruktur setzt vor allem urbane Verkehrssysteme in den kommenden Jahren unter Druck. Gefragt sind innovative Lösungsansätze. Digitale Technologien bieten die grosse Chance, Mobilität neu und umweltverträglich zu organisieren. Sie können der Schlüssel für eine nachhaltige Verkehrswende sein. Der intelligente Verkehr der Zukunft ist dabei über alle Teile der Infrastruktur vernetzt.

Laut Einschätzung von Experten könnte die Kapazität des Strassennetzes ohne bauliche Massnahmen um bis zu 40 Prozent gesteigert werden, wenn die neuen technischen Möglichkeiten der Verkehrs-telematik, die Car-to-Car- und die Car-to-Infrastructure-Kommunikation konsequent zum Einsatz kommen. Zudem erhöht eine intelligente Steuerung der Verkehrsströme auf unseren Strassen die Verkehrssicherheit; sie reduziert Staus und mindert negative Umwelteinflüsse wie Lärm und Abgase.

Bei einer intelligenten Steuerung des Verkehrs werden aktuelle Verkehrsdaten im Minuten- oder Sekundentakt erfasst und in Echtzeit ausgewertet. Die Technologien sind also vorhanden. Doch von der innovativen Idee bis zur Umsetzung ist es oft noch ein weiter Weg. Es fehlt an der Standardisierung und an den nötigen Investitionen in die Infrastruktur.

Im Kleinen funktioniert es aber schon gut, beispielsweise bei intelligenten Kreuzungen. Kreuzungen sind komplex – nicht nur für menschliche Fahrer. Auch das autonome Fahren stösst in Kreuzungssituationen an Grenzen. Die Frage ist, wie Städte hier Verkehrsteilnehmende schützen, intelligent leiten und dabei zugleich Staurisiko und Umweltbelastung senken können. Die Stadt Luzern hat dies in einem schweizweit einzigartigen Pilotversuch getestet – mit der Selbst-Steuerung von Lichtsignalanlagen. An einer selbst-gesteuerten Kreuzung entscheiden die Ampeln selbst, wann welcher Verkehrsstrom wie lange grün bekommt. Die Resultate sind höchst erfreulich: Die Selbst-Steuerung konnte die Verkehrsqualität für alle Verkehrsarten spürbar verbessern – obwohl Busse dabei bevorzugt werden. Mehr Details erfahren Sie in unserer Titelseite ab Seite 10.

Réguler intelligemment le trafic urbain

Par Rolf Leeb

Dans les années à venir, l'individualisation croissante de la mobilité, associée au changement démographique et au faible développement de l'infrastructure, mettra les systèmes de transport urbain sous pression. Des solutions innovantes sont nécessaires. Les technologies digitales permettent de réorganiser la mobilité dans le respect de l'environnement et représentent un tournant durable dans les transports. À l'avenir, le trafic sera régulé de manière intelligente grâce à l'interconnexion de toutes les parties de l'infrastructure.

Selon les estimations des experts, la capacité du réseau routier pourrait être augmentée de près de 40% sans mettre en œuvre des mesures architecturales, si les nouvelles techniques de la télématique des transports ainsi que les communications V2V et V2I étaient systématiquement utilisées. De plus, la régulation intelligente des flux de trafic améliore la sécurité routière, réduit les embouteillages et atténue les effets nuisibles pour l'environnement, tels que le bruit et les gaz d'échappement.

La régulation intelligente du trafic permet également d'enregistrer les données actuelles du trafic toutes les minutes ou toutes les secondes, et de les analyser en temps réel. Les technologies existent certes déjà, mais le chemin est souvent long entre l'idée innovante et sa mise en œuvre. La standardisation et les investissements dans l'infrastructure font défaut.

En revanche, à petite échelle, le principe fonctionne bien, p. ex. au niveau des croisements intelligents. Les croisements sont complexes, et pas seulement pour les usagers. La conduite autonome a elle aussi ses limites sur les croisements. La question est de savoir comment les villes peuvent protéger les usagers, les guider de manière intelligente tout en réduisant les risques d'embouteillage et la pollution. Dans le cadre d'un projet pilote unique en Suisse, la ville de Lucerne a testé une solution d'autorégulation des feux de circulation. Sur un croisement équipé de cette technologie, les feux de circulation décident à quel moment quel flux de trafic obtient le feu vert, et pendant combien de temps. Les résultats sont très satisfaisants: l'autorégulation a permis d'améliorer sensiblement la qualité du trafic tout en privilégiant les bus. Vous en saurez plus en lisant notre article page 10.



LS Lenzlinger
Metallbau

*Leitplankensystem aus Holz/Stahl,
Rückhaltestufen N2 bis H2*

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

MAS Infrastruktur und Verkehr
Infrastructure et transport
Infrastructure and transport

BH Berner
Fachhochschule
VSS



Jetzt anmelden! Inscrivez-vous maintenant!

Detaillierte Informationen finden Sie in den beigelegten
Flyern in der Heftmitte oder unter www.vss.ch
Les informations détaillées figurent dans les flyers
jointés à ce numéro ou en ligne sur www.vss.ch

PCI[®]

Für Bau-Profis

Das Original



PCI Polyfix[®]-Familie

Universell für den Abwasser- und Trinkwasserbereich sowie Strassenbau einsetzbar

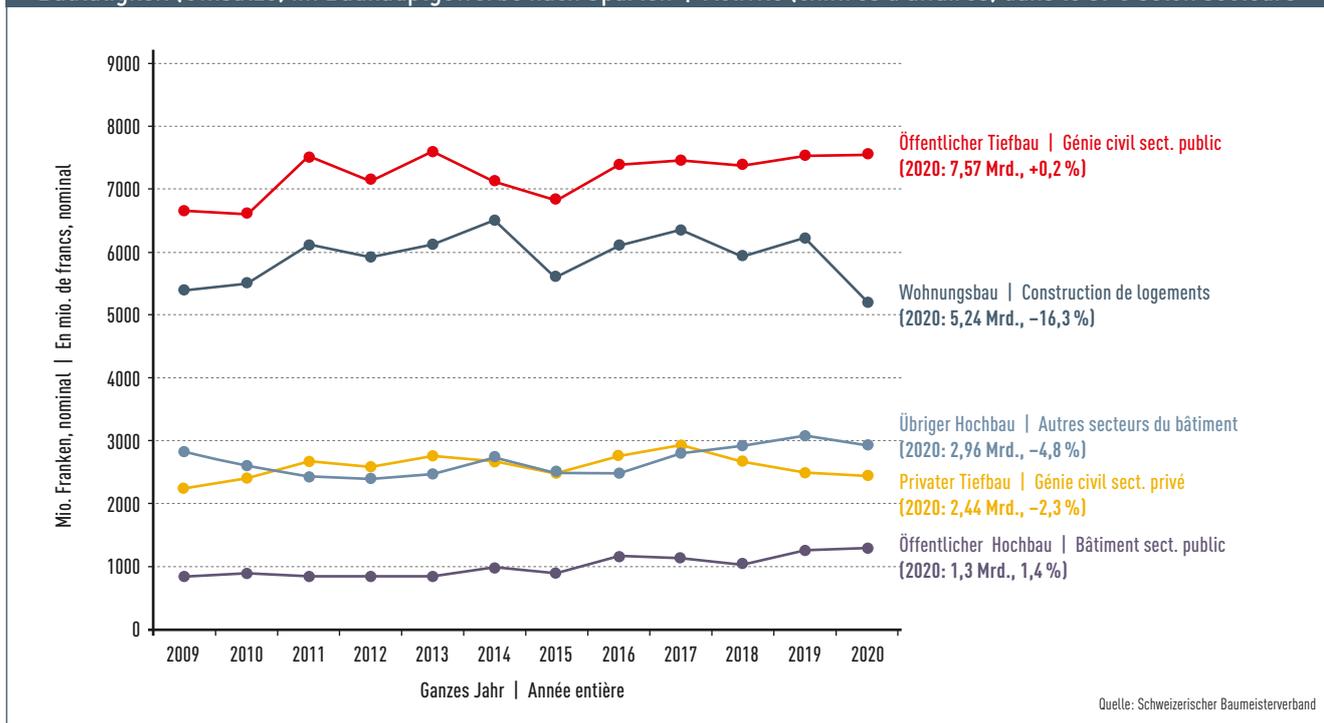
- Mit Trinkwasserzulassung
- Sulfatbeständig
- Dauerhaft beständig gegen starken chemischen Angriff
- Hohe Abriebfestigkeit

PCI Bauprodukte AG
Im Schachen 291 · 5113 Holderbank

www.pci.ch

A brand of
MBCC GROUP

Bautätigkeit (Umsätze) im Bauhauptgewerbe nach Sparten | Activité (chiffres d'affaires) dans le SPC selon secteurs



Öffentlicher Tiefbau als Stütze der Baukonjunktur

Obwohl die Bauwirtschaft nur gut 5% zur gesamtwirtschaftlichen Wertschöpfung beiträgt, machen die Bauinvestitionen etwa 10% des Schweizer Bruttoinlandsprodukts aus. Aktuell generiert die Bautätigkeit in der Schweiz jährlich ein Volumen von rund 21 Mrd. Franken, wobei der Tiefbau rund die Hälfte dazu beiträgt.

Während die Covid-19-Pandemie im letzten Jahr im Hochbau zu markanten Einbussen führte (-16,3%), hat sich der öffentliche Tiefbau erstaunlich robust gezeigt (+0,2%). Im 1. Quartal 2021 dürften die saisonbereinigten Umsätze des Tiefbaus gemäss dem Bauindex der Credit Suisse im Vergleich zum Vorquartal erneut leicht zulegen (+1,0%). Damit zeigt sich der Tiefbau weiterhin wenig beeindruckt von der Pandemie, hat doch 2020 nur der Umsatz des privaten Tiefbaus leicht nachgegeben. Im Gegensatz zum öffentlichen Hochbau, wo Bauprojekte Sparprogrammen zum Opfer zu drohen fallen, sind weite Teile der öffentlichen Tiefbauprojekte (Schienen- und Strassenbau) durch Spezialfinanzierung zumindest mittelfristig gesichert.

Insgesamt erwartet die Credit Suisse für den Tiefbau 2021 ein leichtes Umsatzplus, wobei die Hauptimpulse vom Strassenbau kommen dürften. (rt)

Le génie civil public soutient le secteur de la construction

Bien que le secteur de la construction ne contribue qu'à 5% de la valeur ajoutée de l'ensemble de l'économie, les investissements dans la construction représentent environ 10% du PIB suisse. Les activités de construction en Suisse génèrent chaque année un chiffre d'affaires d'environ 21 milliards de francs, dont près de la moitié est réalisée par le génie civil.

L'année dernière, le secteur du bâtiment a subi des pertes importantes (-16,3%) à cause du COVID-19, tandis que le génie civil public a fait preuve d'une étonnante solidité (+0,2%). Au premier trimestre 2021, le chiffre d'affaires du génie civil, corrigé des effets saisonniers selon l'indice de la construction du Credit Suisse, devrait à nouveau légèrement progresser (+1,0%) par rapport au trimestre précédent. Le génie civil reste donc peu affecté par la pandémie; seul le chiffre d'affaires du génie civil privé a légèrement baissé en 2020. Contrairement aux projets du secteur du bâtiment public, menacés par des programmes d'économie, le financement des projets de génie civil public (constructions ferroviaire et routière) est garanti au moins à moyen terme.

Dans l'ensemble, le Credit Suisse table sur une légère hausse du chiffre d'affaires du génie civil en 2021, principalement grâce à la construction routière. (rt)

Velos im Kreisel: mit neuen digitalen Methoden zu mehr Verkehrssicherheit

Auf Schweizer Strassen ereignen sich jährlich rund 21 000 Velounfälle. Dabei sind Kreiselsituationen für Velofahrende besonders gefährlich. Mit einem neuartigen digitalen Präventionsansatz startet die Suva zusammen mit der Stadt Luzern und der Firma SWISSTRAFFIC ein Pilotprojekt zur Sensibilisierung der Verkehrsteilnehmenden.

Bei jedem dritten Unfall im Kreisel ist ein Velofahrer oder eine Velofahrerin involviert. Wer mit dem Velo in einen Kreisel fährt, begibt sich in eine besondere Dynamik des Strassenverkehrs. Viele Verkehrsteilnehmende sind sich nicht bewusst, dass ein Velo im Kreisel in der Mitte der Fahrbahn fahren darf. Dort ist es für alle Fahrzeuge gut sichtbar, wird kaum mehr übersehen, abgedrängt und/oder umgefahren. Damit können Kollisionen und die Unfallgefahr reduziert werden.

Um das Bewusstsein auf die Problematik zu schärfen und eine Verhaltensänderung bei den Verkehrsteilnehmenden herbeizuführen, setzen die Kooperationspartnerinnen auf modernste digitale Verkehrsmess-technik, gestützt durch künstliche Intelligenz. An drei verschiedenen Kreiselsstandorten in der Stadt Luzern werden im Zeitraum von Ende April bis Ende September mittels einer speziell entwickelten Kameratechnik schweizweit erstmals die Fahrwege der Verkehrsteilnehmenden aufgezeichnet. Geplant sind drei Messungsphasen an jeweils 7 aufeinanderfolgenden Tagen während 24 Stunden. Zwischen den Messungen läuft für die Bevölkerung der Region Luzern eine Sensibilisierungskampagne über verschiedene Kommunikationskanäle. Die Botschaft lautet: «Zeig Dich im Kreisel: Velos fahren in der Mitte!» Nach Abschluss des Pilotprojektes erfolgt eine Datenanalyse basierend auf künstlicher Intelligenz. Ein Expertenteam, spezialisiert auf Verhaltenspsychologie, wertet die Daten aus und erstellt einen Bericht mit konkreten Handlungsempfehlungen. Die Erkenntnisse fließen in zukünftige Präventionsmassnahmen der Suva und der Stadt Luzern ein. [suva]



À vélo dans les giratoires: nouveaux outils numériques pour la sécurité routière

Il y a près de 21 000 accidents de vélo chaque année sur les routes en Suisse. La traversée des giratoires s'avère particulièrement dangereuse pour les cyclistes. La Suva lance un projet pilote basé sur une nouvelle approche de prévention numérique pour sensibiliser les usagers de la route en coopération avec la Ville de Lucerne et l'entreprise SWISSTRAFFIC.

Un tiers des accidents qui se produisent dans les giratoires impliquent des cyclistes. La traversée d'un giratoire à vélo représente une dynamique de circulation particulière. De nombreux usagers de la route n'ont pas conscience du fait qu'un vélo a le droit de rouler au milieu de la

chaussée dans un giratoire. En prenant la voie du milieu, les cyclistes sont bien visibles pour tous les véhicules et ne peuvent plus être serrés de trop près ou être dépassés. Cette méthode permet d'éviter des collisions et de réduire le risque d'accident.

Pour renforcer la prise de conscience de la problématique et provoquer un changement de comportement chez les usagers de la route, les trois partenaires du projet misent sur un système numérique de mesure du trafic routier à la pointe du progrès reposant sur l'intelligence artificielle. Une première en Suisse: une caméra spécialement mise au point filmera la dynamique de trafic dans trois des giratoires de la Ville de Lucerne de fin avril à fin septembre. Les mesures se dérouleront en trois phases de sept jours entiers consécutifs. Entre ces mesures, la population de la région lucernoise fera l'objet d'une campagne de sensibilisation à travers différents canaux de communication. Message de la campagne: «Dans les giratoires, les vélos prennent la voie du milieu!» Une analyse des données utilisant l'intelligence artificielle est prévue au terme du projet pilote. Un groupe d'experts, spécialisé en psychologie comportementale, rendra un rapport assorti de recommandations concrètes après avoir évalué toutes les données. Les conclusions seront intégrées dans les futures mesures de prévention de la Suva et de la Ville de Lucerne. [suva]

Vor 66 Jahren...

... als in der Schweiz die erste Autobahn gebaut wurde

Gegen Ende der 1950er-Jahre machte sich in der Schweiz eine Strassenbaueuphorie breit. Am 6. Juli 1958 sprach sich das Volk mit einer überwältigenden Mehrheit für eine Ergänzung der Bundesverfassung aus. Sie beinhaltete eine klare Verpflichtung des Bundes zum Bau eines Nationalstrassennetzes und die Verankerung eines 60-prozentigen Benzinzollanteils an den Strassenbau. Als erste Autobahn der Schweiz gilt die am 11. Juni 1955 eröffnete Ausfallstrasse Luzern-Süd. Diese erstmals kreuzungsfrei ausgeführte vierspurige Strasse diente der Umfahrung von Horw und sollte die Stadt Luzern schneller mit den Innerschweizer und den Berner Touristenorten verbinden. Die Strasse gilt von Beginn an als Attraktion und war eine schweizwei-

te Pionierleistung. Verglichen mit heute waren damals die Einfahrten äusserst kurz, zudem fehlten Markierungen, Pannestreifen und Leitplanken weitgehend. Dafür war ausreichend Platz für Pferdehufeisen vorhanden. Die harmonische Linienführung habe die betroffene Landschaft nicht verschandelt, sondern geradezu bereichert, hielt die Zeitung «Vaterland» fest. Autobesitzer nutzten die aus Beton gebaute Piste, um Geschwindigkeiten zu erfahren, die auf normalen Strassen nicht möglich waren. Noch heute ist dieses Teilstück – wenn auch der heutigen Zeit angepasst – als Bestandteil der A2 in Betrieb.

(Quelle: VSS-Chronik 1913–2013, Wikipedia)



An der Südausfahrt der Stadt Luzern wird in den Jahren 1954 und 1955 die erste Autobahn der Schweiz gebaut (Fotos: Archiv Josef Murmann).
Durant les années 1954 et 1955, à la sortie sud de la ville de Lucerne se construit la première autoroute de Suisse (photos: archives Joseph Murmann).

Il y a 66 ans...

... la Suisse construisait sa première autoroute

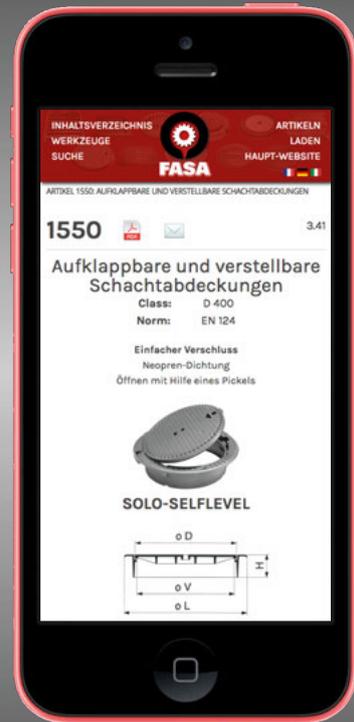
La fin des années 1950 a été en Suisse une période d'euphorie en matière de construction routière. Le 6 juillet 1958, le peuple suisse a voté massivement en faveur de l'ajout de nouveaux articles à la Constitution fédérale. Ceux-ci imposaient clairement à la Confédération l'obligation de construire un réseau de routes nationales et d'octroyer 60% des droits de douane sur l'essence à la construction routière. Inaugurée le 11 juin 1955, la sortie Luzern-Süd est considérée comme la première autoroute suisse. Première route à quatre voies sans échangeur, cette route permettait de contourner Horw et assurait une liaison plus rapide entre la ville de Lucerne et les sites touristiques de Suisse centrale et de la région bernoise. Perçue

d'emblée comme une attraction, elle était un ouvrage pionnier en Suisse. À l'époque, les entrées étaient extrêmement courtes, et les marquages, les bandes d'arrêt d'urgence et les glissières de sécurité faisaient défaut. En revanche, il y avait suffisamment de place pour permettre le passage de voitures hippomobiles. Le journal «Vaterland» trouvait que son tracé était harmonieux et qu'il ne défigurait pas les paysages traversés, bien au contraire. Les automobilistes profitaient de la voie en béton pour rouler à des vitesses non autorisées sur les routes normales. Ensuite, ce tronçon a été intégré à l'A2 et également adapté aux conditions de circulation actuelles.

(Source: chronique VSS 1913–2013, Wikipedia)

FASA - FONDERIE ET ATELIERS MECANIQUES D'ARDON S.A.

FONTES DE VOIRIE BAUGUSS GHISA STRADALE



CH - 1957 Ardon

+41 27 305 30 30

+41 27 305 30 40

www.fasa.ch

fontevoirie@fasa.ch

FASA - FONDERIE ET ATELIERS MECANIQUES D'ARDON S.A.

FONTES DE VOIRIE BAUGUSS GHISA STRADALE



CH - 1957 Ardon

+41 27 305 30 30

+41 27 305 30 40

www.fasa.ch

fontevoirie@fasa.ch

Neue Wege in der Verkehrssteuerung

Praxistest in Luzern zeigt: Selbst-Steuerung verbessert die Verkehrsqualität deutlich

Der öffentliche Verkehr konkurriert an Lichtsignalen nicht einzig mit dem motorisierten Individualverkehr, sondern auch mit dem Fuss- und Veloverkehr. Wird der ÖV entsprechend priorisiert, so zieht dies gerade in Städten mit hoher Fahrplandichte erhöhte Wartezeiten für Fussgänger nach sich. Deshalb lotete die Stadt Luzern im Rahmen eines schweizweit einzigartigen Testbetriebs aus, ob die Selbst-Steuerung (SST) hierbei Abhilfe zu leisten vermag. Dabei zeigte sich, dass die SST im Vergleich zur vorherigen Steuerung die Verkehrsqualität deutlich verbessert. Da es sich bei der vorherigen Steuerung um eine gut konfigurierte verkehrsabhängige Steuerung nach aktuellem Stand der Technik handelt, wird klar, dass der methodische Ansatz der SST mithin neue Potenziale erschliesst.

Nouvelles solutions de régulation du trafic

Un essai pratique montre que l'autorégulation améliore sensiblement la qualité du trafic

En matière de signaux lumineux, les transports publics ne sont pas seulement en concurrence avec le trafic individuel motorisé, mais aussi avec le trafic piétonnier et cycliste. Quand la priorité est donnée aux TP, les temps d'attente pour les piétons sont plus longs, surtout dans les villes où la densité de l'horaire est élevée. C'est pourquoi la ville de Lucerne a réalisé un essai unique en Suisse, afin de déterminer si l'autorégulation peut être une solution. Cet essai a démontré qu'elle améliore sensiblement la qualité du trafic par rapport au système actuel de régulation de la circulation. Comme ce système dépendant du trafic est configuré de manière adéquate et conformément à l'état actuel de la technique, l'approche méthodique de l'autorégulation offre clairement de nouvelles possibilités.



VON
THOMAS KARRER
Projektleiter Mobilität, Tiefbauamt,
Stadt Luzern



VON
MARKUS BARTSCH
Dipl.-Ing. RWTH, Verkehrsingenieur/
Projektleiter VM-Anlagen, ASTRA, Ittigen



VON
ALEXANDER GENSER
MSc in Kulturtechnik und Wasserwirtschaft,
Gruppe Strassenverkehrstechnik
IVT, ETH Zürich



VON
STEFAN LÄMMER
Dr.-Ing. TU Dresden, CTO & Gründer,
Lumisera AG, Affoltern am Albis



VON
CHRISTIAN HEIMGARTNER
Dipl. Bau-Ing. ETH, Dr. sc. ETH, CEO &
Gründer, Lumisera AG, Affoltern am Albis



1 | Verkehrsgeschehen bei einem Knoten in der Tribtschenstrasse, das neu mit einer Selbst-Steuerung geregelt wird (Foto: Rolf Leeb).
 1 | Situation du trafic à un nœud de circulation dans la Tribtschenstrasse, où le trafic est désormais géré par un système d'autorégulation.

Anlass und Motivation

Nebst 18 000 Fahrzeugen und rund 700 Bussen von vier Buslinien verkehren auf der Luzerner Tribtschenstrasse täglich noch zusätzlich etliche Einsatzkurse aus dem Busdepot der Verkehrsbetriebe. Der Fuss- und Veloverkehr ist vor allem in den Hauptverkehrszeiten aufgrund der vielen Arbeitsplätze in diesem Gebiet beträchtlich, und ebenso ist das Verkehrsaufkommen des motorisierten Individualverkehrs (MIV) zu diesen Zeiten sehr hoch. Der Konflikt zwischen den Verkehrsarten führte bislang zu teils sehr langen Wartezeiten für den Fussverkehr.

Zwar ist die Priorisierung des öffentlichen Verkehrs (ÖV) an Lichtsignalanlagen (LSA) ein breit etabliertes und unbestrittenes Ziel, führt aber mit zunehmender Bedeutung des Fussverkehrs in urbanen Verkehrssystemen zu einem Zielkonflikt. Mit dieser Herausforderung sah sich auch die Stadt Luzern konfrontiert: Wer hat Vorrang, der ÖV oder der Fussverkehr? Wie und nach welchen Kriterien soll hierbei entschieden werden? Aufgrund der Reihenfolge der Anforderung? Oder wäre hier nicht ein Steuerverfahren, das die Wartezeiten der verschiedenen Zuströme an der Kreuzung vorausberechnet und im Sinne eines Gesamtoptimums entscheidet, im Vorteil?

Contexte et motivation

En plus des 18 000 véhicules et des quelque 700 bus de quatre lignes, les bus supplémentaires en provenance du dépôt des sociétés de transport empruntent eux aussi chaque jour la Tribtschenstrasse à Lucerne. Le trafic piétonnier et cycliste est considérable, surtout aux heures de pointe, notamment en raison de la présence de nombreux bureaux dans cette zone. De même, le trafic individuel motorisé (TIM) est lui aussi très élevé aux heures de pointe. Le conflit entre les différents types de circulation entraîne des temps d'attente parfois très longs pour les piétons.

La priorité aux transports publics (TP) concernant les installations de feux de circulation est un objectif accepté et incontesté, mais elle entraîne un conflit d'objectifs dans les systèmes de transport urbains, alors que l'importance du trafic piétonnier ne cesse de croître. La ville de Lucerne est aussi confrontée à ce défi: qui est prioritaire, les TP ou le trafic piétonnier? Comment décider et selon quels critères? En fonction du principe du «premier arrivé, premier servi»? Une méthode de régulation qui calculerait à l'avance les temps d'attente des différents flux au croisement et qui déciderait de la manière pour parvenir à une situation globalement optimisée ne serait-elle pas avantageuse?



2 | Die beiden selbst-gesteuerten Knotenpunkte auf der Tribschenstrasse in Luzern (Quelle: Stadt Luzern, Geoinformationszentrum).

2 | Les deux points nœuds autorégulés dans la Tribschenstrasse à Lucerne (source: ville de Lucerne, centre de géoinformation).

Die Stadt Luzern sah sich motiviert, bei dieser Frage anzusetzen. Als Steuerverfahren, das die Optimierung der Wartezeiten explizit adressiert, bot sich die Selbst-Steuerung (SST) an. Ihr neuartiger methodischer Ansatz veranlasste die Stadt Luzern, an zwei LSA in der Tribschenstrasse (Abb. 2) den schweizweit ersten Praxistest zu starten.

Was macht die Selbst-Steuerung anders?

Die heute gängigen Steuerverfahren basieren auf der Analyse der typischen Verkehrsflüsse zu verschiedenen Tageszeiten. Entsprechend der erwarteten Verkehrsflüsse und der Verträglichkeiten der einzelnen Spuren zueinander werden sinnvolle Verkehrsabläufe erstellt. Damit wird festgelegt, welche Spuren zusammen oder nacheinander wie lange Grün erhalten sollen. Da sich die Verkehrsflüsse im Tagesverlauf stark ändern, werden für unterschiedliche Zeiten verschiedene Signalpläne vorgehalten. Gegebenenfalls werden die resultierenden Signalpläne verkehrsabhängig modifiziert, sei dies durch Kürzung oder Dehnung einer oder mehrerer Grünzeiten oder auch durch deren Auslassen – je nachdem, ob dies auf einzelnen Spuren mittels Detektoren bzw. Drückern angefordert wird oder nicht.

In der Praxis sind dieser Berücksichtigung von verkehrsabhängigen Ereignissen Grenzen gesetzt, zumal die Anzahl möglicher Verkehrssituationen unüberschaubar ist. Falls sich benachbarte Knoten gegenseitig beeinflussen, so besteht ein Koordinationsbedarf zwischen den Steuerungen. Dem wird dadurch entsprochen, dass die Steuerungen einer gemeinsamen Umlaufzeit folgen. Dabei strebt man sogenannte

La ville de Lucerne a cherché à répondre à cette question. L'autorégulation est une méthode de régulation qui optimise explicitement les temps d'attente. Cette nouvelle approche a conduit la ville à réaliser le premier essai pratique en Suisse, au niveau de deux installations de feux de circulation situés dans la Tribschenstrasse (fig. 2).

Qu'est-ce qui distingue l'autorégulation?

Les méthodes actuelles de régulation du trafic reposent sur l'analyse des flux de circulation typiques à différents moments de la journée. Selon les flux attendus et les compatibilités des différentes voies, elles garantissent l'écoulement pertinent de la circulation. Ces méthodes permettent de déterminer pour quelles voies le feu doit être vert simultanément ou de manière successive, et pendant combien de temps le feu doit rester vert. Comme les flux de circulation évoluent fortement dans la journée, les plans de signalisation sont prédéfinis selon différents moments. Le cas échéant, ils sont modifiés selon les conditions de circulation, p. ex. en réduisant ou en allongeant la durée d'un ou de plusieurs feux verts ou en les désactivant, selon que le passage au feu vert est demandé ou non au moyen de détecteurs et/ou boutons.

Dans la pratique, la prise en compte des événements dépendants du trafic a des limites d'autant que le nombre de situations de circulation possibles n'est pas prévisible. Si des nœuds voisins s'influencent mutuellement, une coordination entre les systèmes de régulation est alors nécessaire. Grâce à une telle coordination, les systèmes de régulation suivent une durée de cycle commune. L'objectif est de créer des «ondes vertes», au moins sur l'un des axes de circulation principaux.

«Grüne Wellen» an, zumindest entlang einer der Hauptrichtungen.

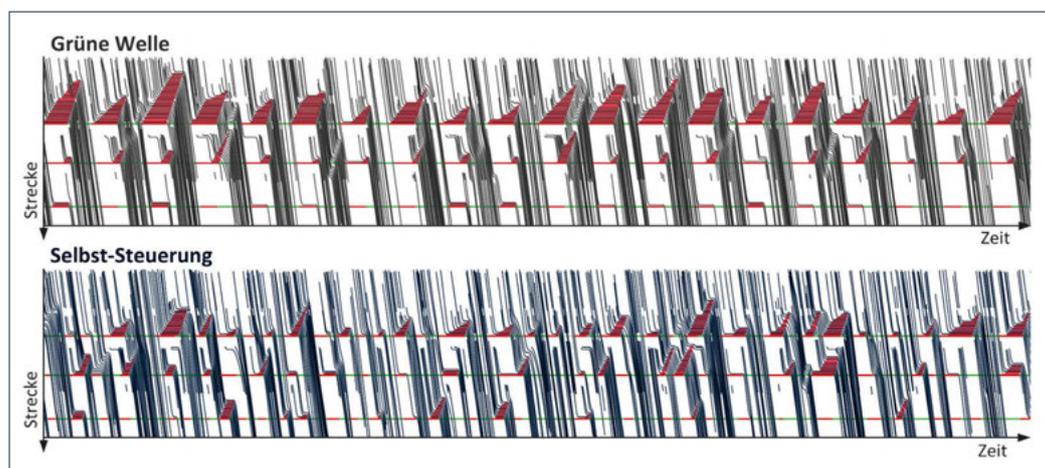
Die Selbst-Steuerung (SST) verwendet im Gegensatz dazu keine vorgefertigten Signal- oder Ablaufpläne. Mit der vorhandenen Sensorik werden Fahrzeuge erfasst und deren Ankünfte auf den Knotenzufahrten modellgestützt antizipiert. Auf dieser Grundlage berechnet ein Optimierungsverfahren, welche Spuren entsprechend ihrer Verträglichkeiten zusammen oder nacheinander wie lange Grün erhalten müssen, damit möglichst wenige dieser Fahrzeuge stoppen bzw. warten müssen. Das Optimierungsverfahren generiert in jeder Sekunde ca. 10 000 Lösungen, die es hinsichtlich einer gewichteten Summe aus Wartezeiten und Stopps bewertet. Die Lösung, die für die aktuell antizipierten Knotenankünfte über die nächsten zwei Minuten den besten Zielfunktionswert liefert, wird ausgewählt (sog. Rolling Horizon). Sobald sich die Verkehrssituation ändert, weil sich beispielsweise eine Fahrzeugkolonne verzögert oder weil ein Bus eine Anforderung sendet, wird es eine neue beste Lösung geben, die ab diesem Moment verfolgt wird. Die aktuellen Grünzeiten sind also stets die beste gefundene Lösung für die aktuell erfasste Verkehrssituation.

Von ihrem methodischen Ansatz her gehört die SST zur Gruppe der lokal optimierenden, voll-verkehrsabhängigen Steuerverfahren. Typischerweise eignen sich solche Verfahren mangels Koordinierungsfähigkeit jedoch nur für Einzelknoten. Doch das ist bei der SST aus zweierlei Gründen anders: Erstens werden bewegte Fahrzeugkolonnen im Zufluss erfasst und über Netzknoten hinweg antizipiert. Zweitens schlägt das Anhalten grösserer Fahrzeugkolonnen in der Zielfunktion direkt zu Buche und wird deswegen soweit möglich vermieden. Eine dynamische Kolonnenführung entsteht von selbst, wann und wo es möglich ist. Abbildung 3 stellt die SST für die gleiche Verkehrssituation der «Grünen Welle» gegenüber.

Contrairement à cette approche, l'autorégulation n'utilise aucun plan de signalisation ou opérationnel pré-établi. Des capteurs détectent les véhicules et anticipe leur arrivée aux nœuds à partir de modèles. Avec ces données, une méthode d'optimisation détermine combien de temps le feu doit être vert et si celui-ci doit l'être simultanément ou successivement pour toutes les voies en fonction de leurs compatibilités. L'objectif est de réduire au maximum le nombre de véhicules ayant besoin de s'arrêter et/ou d'attendre. Cette méthode d'optimisation génère environ 10 000 solutions par seconde, qu'elle évalue sur la base de la somme pondérée des temps d'attente et d'arrêt. Ensuite, elle choisit la solution offrant la meilleure valeur de la fonction cible pour les arrivées aux nœuds sur les deux prochaines minutes (horizon de roulement). Dès que le trafic change, p. ex. suite au retard d'une colonne de véhicules ou à l'arrivée d'un bus, le système fournit une nouvelle solution optimale, et celle-ci est appliquée à partir de ce moment-là. La durée actuelle des feux verts correspond donc toujours à la meilleure solution déterminée, compte tenu de la situation du trafic saisie à un moment précis.

De par son approche, l'autorégulation fait partie des méthodes de régulation à optimisation localisée et entièrement dépendantes du trafic. Cependant, faute de pouvoir être coordonnées, ces méthodes conviennent uniquement pour des nœuds individuels. Toutefois, la situation est différente avec l'autorégulation, et ce pour deux raisons: d'une part, les colonnes de véhicules en mouvement sont saisies dans le flux entrant et sont anticipées au-delà des nœuds du réseau. D'autre part, l'arrêt d'importantes colonnes de véhicules est pris en compte dans la fonction cible et sera donc évité dans la mesure du possible via la régulation dynamique et automatique des colonnes. La figure 3 compare l'autorégulation à l'onde verte dans une situation de flux de trafic identique.

- 3 | Fahrzeugtrajektorien eines Streckenzugs mit identischen Zuflüssen.
Oben: Umlaufbasiertes, koordiniertes Verfahren mit «Grüner Welle».
Unten: Selbst-Steuerung ohne vordefiniertes Muster.
Rötliche Flächen: Wartezeiten.
 3 | Trajectoires des véhicules d'un tronçon avec flux entrants identiques.
En haut: méthode coordonnée, basée sur la circulation, avec «onde verte».
En bas: autorégulation sans modèle prédéfini.
Surfaces rouges: temps d'attente.



Mit der SST entstehen gänzlich andere Verkehrsabläufe, als sie für umlaufbasierte Verfahren üblich sind. Während für eine Hauptrichtung oder einen Bus das Grün gehalten wird, erhalten beispielsweise die dazu verträglichen Nebenströme wie Linksabbieger oder Fussgänger abwechselnd Grün. Weil die SST sowohl die Ankunftszeiten als auch die Kolonnengrößen explizit abschätzt, werden Grünzeiten vorrangig nur dann und nur so lange eingeplant, wie es zur Abfertigung der Fahrzeuge notwendig ist. Aus der Optimierung ergibt es sich von selbst, dass bei höheren Auslastungen Kolonnen gestaucht werden, um die Bedieneffizienz zu steigern, während bei geringeren Auslastungen das Grün für einzelne Nachzügler gehalten wird, um Stopps zu vermeiden. Die Lücken zwischen den Kolonnenankünften werden häufig als Gelegenheit zur flexiblen Einbeziehung von Neben- oder Abbiegeströmen genutzt. Infolgedessen tendiert die SST zu kürzeren Bedienfolgezeiten, als sie mit umlaufbasiert koordinierten Steuerungen möglich sind. Davon profitiert insbesondere auch der Fussverkehr.

Für die spezifischen Anforderungen, die ein Betreiber an den verkehrlichen Ablauf der selbst-gesteuerten Knotenpunkte stellt, seien es ÖV-Priorisierung, Fussgänger-Bevorzugung oder Dosierfunktionen, bietet die SST drei wesentliche Stellschrauben:

➤ **Harte Randbedingungen**

Jede Lösung des Optimierungsproblems erfüllt einen Satz logischer Bedingungen. Diese haben die Form «Wenn hier Rot/Grün ist/wird, dann muss so viele Sekunden früher/später dort Rot/Grün sein/werden». Darin enthalten sind beispielsweise alle Zwischen- und Versatzzeitbedingungen. Aber auch Vorgaben an die Signalisierung bedingt verträglicher Ströme (z. B. abbiegende Autos gegen parallel geführte Fussgänger) oder auch komplexere Anforderungen (z. B. die progressive Freigabe etappierter Fussgängerstreifen mit oder ohne Berücksichtigung Sehbehinderter) lassen sich damit formulieren.

➤ **Zielgewichtung**

Der Verkehrsablauf an einem Knoten wird gesamtheitlich optimiert. Doch zu wessen Gunsten das Optimierungsverfahren die Konflikte zwischen den Verkehrsarten und -strömen in konkreten Situationen vorrangig lösen soll, lässt sich durch die Wahl der Wartezeit- und Stopp-Gewichte in der Zielfunktion beeinflussen. Beispielsweise kann die Wartezeit an einem Fussgängerstreifen zu deren Bevorzugung höher gewichtet werden. Ebenso lässt sich durch die Gewichtung von Stopps beispielsweise die Qualität der Kolonnen-

Avec l'autorégulation, les flux de trafic qui se forment sont totalement différents de ceux qui résultent habituellement des méthodes basées sur les cycles. Tandis que, pour un sens de circulation principal ou un bus, le feu reste vert, les flux secondaires compatibles, p. ex. des usagers qui tournent à gauche ou des piétons, auront un feu vert intermittent. Comme l'autorégulation calcule les heures d'arrivée et les longueurs des colonnes, la durée des feux verts dépendra uniquement de la durée nécessaire au passage des véhicules. En cas de demande élevée, les colonnes de véhicules sont refoulées afin d'améliorer l'efficacité. À l'inverse, quand le trafic est faible, le feu restera vert plus longtemps pour les retardataires afin d'éviter les arrêts. Les laps de temps entre les colonnes de véhicules qui arrivent permettent alors d'intégrer de manière flexible des flux secondaires ou des flux tournants. L'autorégulation permet donc des séquences d'utilisation plus courtes que dans le cas de systèmes coordonnés selon la circulation. Cette méthode profite est particulièrement avantageuse pour le trafic piétonnier.

Que la priorité soit donnée aux TP, aux piétons ou à des fonctions de dosage, l'autorégulation offre trois leviers essentiels pour répondre aux exigences spécifiques posées par un exploitant pour garantir la fluidité du trafic au niveau de nœuds autorégulés:

➤ **Des strictes conditions aux limites**

Chaque solution au problème d'optimisation satisfait à un ensemble de conditions logiques. Ces conditions s'expriment comme suit: «si le feu est/passe au rouge/vert ici, alors, il doit être/passer au rouge/vert autant de secondes plus tôt/plus tard là-bas». Toutes les conditions liées aux temps intermédiaires et aux temps de décalage en font partie. Des directives pour la signalisation selon des flux compatibles (p. ex. véhicules qui obliquent par rapport à des flux de piétons parallèles) ou des exigences plus complexes (p. ex. libération progressive de bandes zébrées en plusieurs étapes avec et sans personnes malvoyantes) peuvent être formulées.

➤ **Pondération des objectifs**

L'écoulement de la circulation au niveau d'un nœud est globalement optimisé. En faveur de qui la méthode d'optimisation doit-elle résoudre en priorité les conflits entre les types et les flux de trafic dans des situations concrètes? Tout dépend de l'importance accordée aux temps d'attente et aux arrêts dans la fonction cible. Par exemple, on pourra accorder une importance plus grande au temps d'attente à un passage pour piétons. De même, par rapport à d'autres directives, on pourra accorder une importance particulière aux arrêts

führung entlang einer gewählten Hauptrichtung gegenüber anderen Vorgaben abwägen.

➤ Liste spezifischer Regeln

Darüber hinaus gibt es Anforderungen, die sich weder als logische Bedingung noch als Zielvorgabe formulieren lassen, und die sich unter Umständen sogar ausschliessen. Beispielsweise soll für Busse das Grün gehalten werden, solange sie angemeldet sind. Und es ist zum Zwecke der Dosierung die Grünzeit zu begrenzen, wenn Detektoren im Abfluss einen bestimmten Belegungsgrad anzeigen. Und Fussgänger sollen spätestens 60 Sekunden nach Anforderung Grün erhalten. Derartige Regeln werden der SST als Liste übergeben, die sie dann in jedem Schritt der Lösungsfindung, mit der ersten Regel beginnend der Reihe nach, sofern noch möglich, anwendet. Ein Betreiber kann diese Liste um zusätzliche Regeln erweitern und mittels Sortierung auf einfache Weise festlegen, welche Regeln welche anderen dominieren.

Diese Bedingungen, Gewichte und Regeln gelten unabhängig von der Tageszeit oder dem Wochentag. Vielmehr beschreibt diese Art der Parametrierung, was bei der Gestaltung des Verkehrsablaufs wie dringlich zu befolgen ist. Es ist unerheblich, ob eine zu lösende Verkehrssituation der geplanten Stundennachfrage entspricht oder ob sie sich aus anderen Gründen so ergeben hat. Solange die Vorgaben morgens wie abends gelten sollen, benötigt die SST keine tageszeitabhängige Parametrierung.

Praxistest

Der Praxistest wurde im Auftrag des Tiefbauamts der Stadt Luzern von der Roland Müller Küsnacht AG, aus der die Lumisera AG hervorgegangen ist, und dem Steuergerätehersteller Bergauer AG durchgeführt. Unterstützt wurde das Projekt von der Koordinationsstelle für nachhaltige Mobilität (KOMO)^[1] des Bundes, vertreten durch das ASTRA.

Der Praxistest wurde in drei Phasen durchgeführt, die im Einzelnen folgende Schritte umfassen:

Konzeption

- Begehung des Testperimeters und dessen weiteren Umfelds
- Analyse der verkehrlichen Situation in multimodaler Hinsicht
- Analyse der vorhandenen Steuergeräteinfrastruktur
- Analyse der vorhandenen Sensorik
- Identifikation allfällig zusätzlich erforderlicher Sensorik

pour privilégier la fluidité sur un axe de circulation principal sélectionné.

➤ Liste des règles spécifiques

Il existe aussi des exigences qui ne peuvent être formulées ni comme une condition logique ni comme un objectif, et qui parfois s'opposent mutuellement. Par exemple, le feu doit rester vert pour les bus tant qu'ils sont annoncés. À des fins de régulation du trafic, il faudra limiter la durée du feu vert quand les détecteurs mesurant le flux annoncent un certain taux d'occupation. Le feu pour piétons doit passer au vert au plus tard dans les 60 secondes après l'activation du bouton d'appel. Ces règles sont transmises sous forme de liste au système d'autorégulation qui les applique dans la mesure du possible à chaque étape de la solution, en commençant par la première règle. Un exploitant peut compléter cette liste par des règles supplémentaires et définir simplement, au moyen d'un tri, celles qui seront prioritaires sur les autres.

Ces conditions limites, pondérations et règles s'appliquent indépendamment de l'heure de la journée ou du jour de la semaine. Cette méthode de paramétrage décrit les critères à prendre en compte en priorité pour garantir l'écoulement de la circulation. Il importe peu que la situation de trafic à résoudre avec ce système corresponde à l'horaire planifié ou qu'elle ait été provoquée pour d'autres raisons. Tant que les directives s'appliquent le matin comme le soir, l'autorégulation ne requiert aucun paramétrage dépendant du moment dans la journée.

Essai pratique

L'essai pratique a été réalisé sur ordre de l'Office du Génie Civil de la Ville de Lucerne par le cabinet Roland Müller Küsnacht AG, qui a donné naissance à la société Lumisera AG, et par le fabricant de systèmes de régulation Bergauer AG. Le projet a été subventionné par le Bureau de Coordination pour la Mobilité Durable (COMO)^[1] de la Confédération, représenté par l'OFROU.

L'essai pratique s'est déroulé en trois phases qui regroupent les étapes suivantes:

Conception

- Visite du périmètre de l'essai et de ses environs
- Analyse de la situation du trafic sous un angle multimodal
- Analyse des systèmes de régulation actuels
- Analyse des capteurs actuels
- Identification des capteurs supplémentaires éventuellement nécessaires

- Konzeption der SST angesichts des verkehrlichen Anforderungsprofils
- Virtueller Testbetrieb mittels Verkehrsflusssimulation

Realisierung

- Umsetzung der Schnittstelle «ConExtIS» auf Seiten SST und Steuergerät
- Vorhalten einer steuerungstechnischen Rückfallebene (z. B. Festzeit-Signalplan)
- Beschaffung und Einbau von Industrie-PCs (inkl. Dongles)
- Etablierung eines Message-Busses zwischen den zwei SST-Instanzen
- Fräsen und Anschliessen der zusätzlichen Schlaufen
- Inbetriebnahme

Betrieb und Monitoring

- Beobachtung und Nachjustierung
- Wirkungskontrolle

Die Konzeption der SST erfolgte unter den gleichen verkehrlichen Rahmenbedingungen, wie sie auch für die vorherige Steuerung galten. Es wurden keine neuen Forderungen erhoben und auch keine fallen gelassen. Dazu gehört beispielsweise, dass Fussgänger teilweise bedingt verträglich geführt werden, dass manche Fussgängerquerungen progressiv freischalten und für andere ein gleichzeitiger Grünstart gilt und nicht zuletzt auch, dass in Richtung des Stadtzentrums dosiert werden muss, um Rückstaus von dort in den Testperimeter zurück zu vermeiden. Bei der Konfiguration der SST flossen diese Vorgaben weitestgehend als harte Randbedingungen ein. Für die Wahl der Gewichtung galt es jedoch, den eingangs geschilderten Zielkonflikt zwischen den Verkehrsarten abzuwägen.

Um die richtige Abwägung zu treffen, wurden im virtuellen Testbetrieb verschiedene Parametrierungsvarianten erarbeitet und gemeinsam mit dem Betreiber beurteilt. Dabei wurden auch Nachfrageüberhöhungen oder bestimmte Lastsituationen betrachtet, wie z. B. der Fall, dass der Abfluss in Richtung Stadtzentrum zeitweise blockiert ist (Abb. 4). Dabei konnte auch festgestellt werden, wo die SST zusätzliche Sensorik benötigt, um ihr Optimierungspotenzial auszuschöpfen.

Art und Umfang der vorhandenen Sensorik waren bereits grundsätzlich gut. Velos werden zwar nicht separat erfasst, aber die Schleifen des MIV lösen für sie mit aus. 45 MIV-Detektoren waren bereits vorhanden: Vor jeder Haltelinie befindet sich eine Kurz- und eine Langschleife und auf den Hauptzufahrten zusätzlich

- Conception de l'autorégulation compte tenu du profil d'exigences du trafic
- Essai virtuel avec simulation du trafic

Réalisation

- Mise en œuvre de l'interface «ConExtIS» sur l'autorégulation et l'appareil de régulation
- Mise à disposition d'une solution de repli concernant la technique de régulation (p. ex. plan de signalisation pour heures fixes)
- Acquisition et installation de PC industriels (y c. dongles)
- Mise en place d'un bus de message entre les deux instances d'autorégulation
- Découpage et raccordement des boucles supplémentaires
- Mise en service

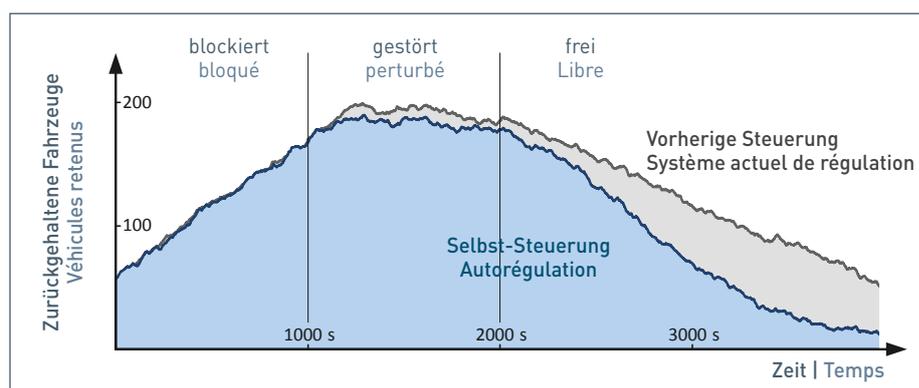
Exploitation et Supervision

- Observation et réajustement
- Contrôle d'efficacité

L'autorégulation a été configurée selon les mêmes conditions-cadres de circulation que le système de régulation précédent. Aucune nouvelle exigence n'a été ajoutée et aucune n'a été négligée: que ce soit l'orientation partielle des flux de piétons selon les compatibilités, la libération successive ou simultanée de maints passages pour piétons ou la régulation du trafic en direction du centre-ville pour éviter des retenues dans le périmètre de l'essai. Lors de cette configuration, ces exigences ont été intégrées dans une large mesure sous la forme de conditions limites strictes. Pour le choix de la pondération, il a fallu tenir compte du conflit d'objectifs entre les types de trafic décrits ci-dessus.

Afin de prendre la bonne décision, différents paramètres ont été élaborés dans le test virtuel et ont été évalués avec l'exploitant. Des hausses de la demande ou certaines situations de congestion du trafic ont été prises en compte, p. ex. lorsque le trafic vers le centre-ville est bloqué (fig. 4). Cette approche a aussi permis d'identifier les emplacements où des capteurs supplémentaires seront nécessaires afin d'exploiter au maximum le potentiel d'optimisation.

Le type et la portée des capteurs étaient déjà satisfaisants. Certes, les vélos ne sont pas détectés séparément, mais les boucles du TIM se déclenchent pour eux. 45 détecteurs du TIM étaient déjà installés: une boucle courte et une boucle longue se trouvent avant chaque ligne d'arrêt et une boucle est aussi placée sur les principales voies d'accès, à environ 40 à 50 mètres en amont. Neuf boucles ont été ajoutées pour l'autorégulation. Elles doivent saisir le trafic le plus



4 | Simulation der Dosierfunktion: Fahrzeuge werden bei blockiertem und gestörtem Abfluss zuverlässig zurückgehalten. Anschliessend fliessen sie mit der Selbst-Steuerung schneller wieder ab.

4 | Simulation de la fonction de dosage: les véhicules sont retenus de manière fiable lorsque le trafic est bloqué et perturbé. Le trafic se fluidifie ensuite plus rapidement grâce à l'autorégulation.

noch eine ca. 40 bis 50 Meter vorgelagerte Schleife. Für die SST wurden 9 weitere Schleifen nachgerüstet. Sie sollen den zufließenden Verkehr möglichst früh erfassen und wurden daher bis zu 180 Meter vor der Haltelinie platziert. Grundsätzlich aber hat sich die Anordnung der zusätzlichen Schleifen an den vorhandenen Leitungen und Schächten ausgerichtet, sodass keine aufwendigen Tiefbauarbeiten erforderlich wurden. Für einen nicht unwichtigen Zufluss wurde sogar gänzlich auf zusätzliche Schleifen verzichtet. Die Platzverhältnisse im Steuergeräteschrank reichten für die zusätzlichen Auswerter gut aus.

Was die Steuergeräteinfrastruktur betrifft, so zeigte sich, dass sich aus Gründen der erforderlichen Rechenleistung eine Auslagerung der SST auf einen separaten Industrie-PC (IPC) empfiehlt. Das Steuergerät soll also nicht selbst die Algorithmen der SST berechnen, sondern deren Ergebnis von einem per Ethernetkabel angeschlossenen IPC beziehen. Hierfür wurde in Abstim-

tôt possible et ont donc été placées jusqu'à 180 mètres avant la ligne d'arrêt. En principe, les boucles supplémentaires ont été disposées aux emplacements des conduites et puits existants, de manière à éviter des travaux de génie civil complexes. Aucune boucle supplémentaire n'a été installée ou le flux entrant n'était pas négligeable. En outre, l'armoire de commande était suffisamment grande pour permettre l'installation de capteurs supplémentaires.

Concernant l'infrastructure des appareils de régulation, un transfert de l'autorégulation sur un PC industriel séparé (IPC) est recommandé en raison de la puissance de calcul nécessaire. L'appareil de régulation ne doit pas lui-même calculer les algorithmes de l'autorégulation, mais obtenir leur résultat à partir d'un IPC raccordé par un câble Ethernet. L'interface ConExtIS (Controller Extension Interface Specification) a été élaborée à cet effet en accord avec les acteurs impliqués. ConExtIS spécifie un protocole binaire simplifié

Anzeige

Der Spezialist für Graffitischutz

www.desax.ch

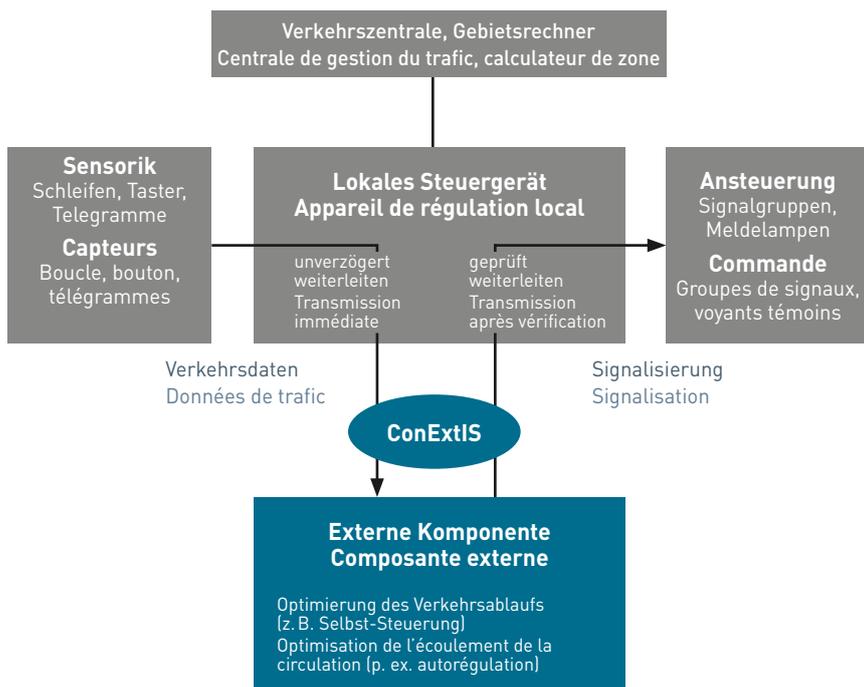
DESAX AG
Ernetschwilerstr. 25
8737 Gommiswald
T 055 285 30 85

DESAX AG
Felsenastr. 17
3004 Bern
T 031 552 04 55

DESAX SA
Ch. des Larges-Pièces 4
1024 Ecublens
T 021 635 95 55

Graffitischutz
Betonschutz
Desax-Betonkosmetik
Betongestaltung
Betonreinigung





5 | ConExtIS (Controller Extension Interface Specification) als offenes, lizenzfreies Protokoll zur Auslagerung rechenintensiver Steuerverfahren auf eine externe Komponente.

5 | ConExtIS (Controller Extension Interface Specification), un protocole ouvert et sans licence permettant le transfert sur une composante externe de méthodes de régulation impliquant des tâches de calcul intensives.

zung mit den beteiligten Akteuren die Schnittstelle ConExtIS (Controller Extension Interface Specification) entwickelt. ConExtIS spezifiziert ein schlankes Binärprotokoll auf TCP/IP. Neben Daten- und Nachrichtentypen definiert sie das Handshake beim Verbindungsaufbau und während der sekundlichen Signalbildupdates. Dabei bleiben die Kernaufgaben des Steuergeräts (z. B. Zentralenkommunikation, Betriebsmodi, Verkehrssicherheit) unbeeinträchtigt. Abbildung 5 zeigt, wie der IPC als externe Komponente mittels ConExtIS an ein Steuergerät angebunden ist. Mit dem Steuergeräte-Lieferanten (Bergauer AG) wurde die Schnittstelle ausprogrammiert und nach erfolgreichen Werkstatttests als Software-Update aufs Steuergerät und den IPC aufgespielt. Als IPC wurde das Modell C6030 von Beckhoff gewählt. Es fand mit seinen handlichen Massen 129 x 133 x 76 mm problemlos Platz im Steuergeräteschrank (Abb. 6). Die SST-Software ist auf dem IPC mittels Hardware-Dongle geschützt.

Die SST-Instanzen der beiden LSA tauschen untereinander Daten aus. Zum einen sind dies die Fahrzeugankünfte, die zur Kurzzeitprognose an den Nachbarknoten weitergereicht werden, zum anderen die verfügbaren Stauraumkapazitäten zur Bewirtschaftung des Zuflusses. Dies geschieht durch einen proprietären UDP-basierten Message-Bus über das städtische LWL-Netzwerk. Dessen Sicherheitsanforderungen werden

6 | Einbau des Industrie-PCs in den Steuergeräteschrank.

6 | Installation du PC industriel dans l'armoire de commande.

sur TCP/IP. En plus des types de données et de messages, elle définit la connexion lors de l'établissement de la liaison et pendant la mise à jour continue de la signalisation. Les tâches principales de l'appareil de régulation (p. ex. communication avec la centrale, modes d'exploitation, sécurité du trafic) ne sont pas affectées. La figure 5 montre comment l'IPC est relié en tant que composante externe à un appareil de régulation au moyen de ConExtIS. Avec le fournisseur d'appareils de régulation (Bergauer AG), l'interface a été programmée et installée via une mise à jour logicielle sur l'appareil de régulation et l'IPC après des tests réalisés avec succès en atelier. Le modèle d'IPC choisi était un C6030 de la société Beckhoff. Grâce à ses dimensions compactes (129 x 133 x 76 mm), il a pu être installé sans problème dans l'armoire de commande (fig. 6). Le logiciel d'autorégulation est protégé par un dongle sur l'IPC.

Les instances d'autorégulation des deux installations échangent des données entre elles. Ces données sont d'une part les arrivées des véhicules qui sont transmises aux nœuds voisins pour établir des prévisions à court terme, et d'autre part l'espace disponible pour la gestion du trafic en arrivée. Les données sont échangées via un bus de message basé sur le protocole UDP du réseau de fibre optique de la ville. La sécurité du réseau n'est pas affectée par cet échange de données.



7 | Erst-Inbetriebnahme der Selbst-Steuerung.
7 | Première mise en service de l'autorégulation.

von diesem Datenaustausch nicht berührt. Das Datenvolumen ist mit weniger als 100 Byte/s vernachlässigbar klein. Eine Verbindung von den IPCs ins Internet gibt es nicht.

Angesichts der Natur des Praxistests war es dem Betreiber ein Anliegen, dass im Falle einer Störung seitens der SST automatisch in eine Rückfallebene umgeschaltet wird. Hierfür wurde ein Festzeit-Signalplan hinterlegt. Im Störfall wäre ein Wechsel zur Rückfallebene fließend und ohne Gelblinken sichergestellt.

Die Inbetriebnahme startete mit knotenweisen Erst-Inbetriebnahmen für ein bis zwei Stunden. Abbildung 7 hält einen Eindruck fest. Dabei wurden die Auffälligkeiten festgehalten, die im Antizipationsmodell hinterlegten Geschwindigkeitsannahmen überprüft und nachträglich auch die Log-Dateien vertieft analysiert. Daraus ging ein Software-Update hervor, das zunächst tagsüber und ab dem dritten Tag auch nachts in Betrieb gelassen wurde. Dieser Zyklus wurde im anschließenden Testbetrieb nach Bedarf wiederholt. Rückmeldungen von Seiten der Verkehrsbetriebe wie auch der Bevölkerung aus dem Quartier wurden gesammelt und berücksichtigt.

Schliesslich wurde die Effektivität der SST im Rahmen einer Wirkungskontrolle im Vergleich zur bisherigen Steuerung untersucht. Die Voraussetzungen für eine direkte Vergleichbarkeit sind gegeben, auch wenn die SST zusätzliche Detektoren verwendet, da sowohl die verkehrlichen Rahmenbedingungen als auch die konzeptionellen Anforderungen identisch sind.

Le volume de données, inférieur à 100 octets/s., est relativement faible. Les IPC ne sont pas connectés à Internet.

Compte tenu de la nature de l'essai pratique, le basculement automatique vers une solution de repli en cas de défaillance de l'autorégulation était une exigence de l'exploitant. Un plan de signalisation pour heures fixes a été enregistré à cet effet. En cas de défaillance, un transfert vers la solution de repli est garanti de manière fluide et sans clignotement jaune des feux indiquant une défaillance.

La solution a été mise en service nœud par nœud pendant une à deux heures. La figure 7 représente la première mise en service. Les anomalies ont été enregistrées, les hypothèses de vitesse consignées dans le modèle d'anticipation ont été vérifiées et les fichiers journaux ont ensuite été analysés de manière approfondie. Une mise à jour logicielle a ensuite été exécutée, d'abord en cours de journée, puis la nuit à partir du troisième jour. Ce cycle a été répété selon les besoins au cours de l'essai qui a suivi. Les retours d'information des sociétés de transport et des riverains ont été collectés et pris en compte.

Enfin, l'efficacité de l'autorégulation par rapport au système précédent a été évaluée dans le cadre d'un contrôle. Même si l'autorégulation utilise des capteurs supplémentaires, les conditions pour une comparaison directe sont réunies: en effet, les conditions-cadres concernant le trafic et les exigences conceptuelles sont identiques.

Ergebnisse der Wirkungskontrolle

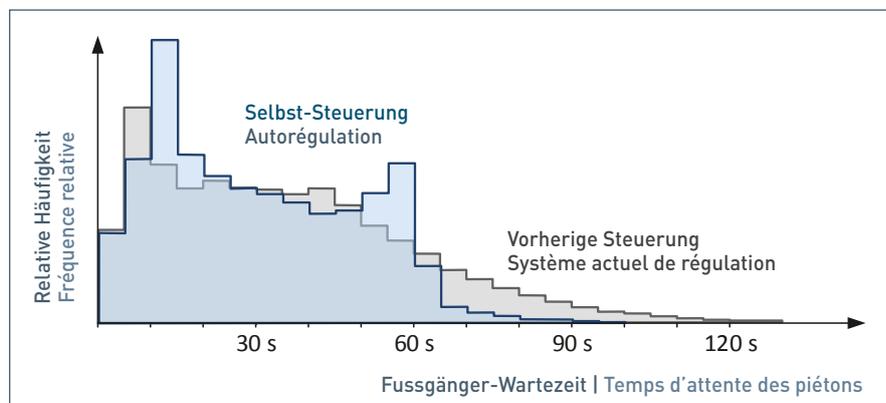
Mit der Wirkungskontrolle wurde das Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme (IVT) der ETH Zürich beauftragt. Grundlage für die quantitative Auswertung bildeten Detektor-, Signalzeiten- und auch Videoaufzeichnungen aus der 3. und 4. Kalenderwoche 2020, in denen einmal die SST und einmal die vorherige Steuerung lief. Der Zeitraum lag ausserhalb der Schulferien, und das Wetter war schneefrei und beständig. Die Ergebnisse wurden als Forschungsbericht^[2] veröffentlicht und sollen hier kurz zusammengefasst werden:

- **Die Bedienqualität des ÖV** lag bereits mit der vorherigen Steuerung auf einem sehr hohen Niveau. Die bis zu 123 Busse je Stunde mussten im Mittel 6 Sekunden bei Rot warten. Mit der SST konnten die Verlustzeiten auf 4 Sekunden gesenkt werden (-33%).
- **Fussgänger** mussten vom Drücken des Anforderungstasters bis zum nächsten Grün vorher durchschnittlich 35 Sekunden warten, mit der SST waren es 30 Sekunden (-14%). Insbesondere zeigt die Verteilung (Abb. 8), dass lange Wartezeiten fast vollständig eliminiert werden konnten: Mit der SST ging die Zahl der Fälle, in denen Fussgänger länger als 60 Sekunden warten müssen, um 75% zurück.
- **Die mittlere Wartezeit des MIV** sank von 35 auf nunmehr 27 Sekunden (-23%). Um die Qualität der Kolonnenführung zu beurteilen, wurden zusätzlich die Zeitlücken zwischen Grünende und der Ankunft des ersten Fahrzeugs bei Rot betrachtet. Ist der Wert kleiner als fünf Sekunden, sodass Fahrzeugführende abrupt abbremsen müssen, wurde dies als «harter Stopp» gewertet. Deren Häufigkeit konnte mit der SST um 26% gesenkt werden.

Résultats du contrôle d'efficacité

La réalisation du contrôle d'efficacité a été confiée à l'Institut pour la planification du trafic et des systèmes de transport (IVT) de l'EPF de Zurich. L'analyse quantitative reposait sur des enregistrements de détecteurs, de temps de signaux et des enregistrements vidéo effectués au cours des semaines 3 et 4 de 2020, avec utilisation de l'autorégulation pendant une semaine et du système précédent pendant l'autre semaine. L'essai s'est déroulé en dehors des vacances scolaires et la météo était stable et sans neige. Les résultats ont été publiés dans un rapport de recherche^[2] et sont résumés succinctement ici:

- **La fiabilité du service des TP** était déjà très élevée avec le système précédent. Les bus, dont le nombre pouvait atteindre 123 par heure, devaient attendre 6 secondes au feu rouge. Avec l'autorégulation, le temps d'attente est descendu à 4 secondes (-33%).
- Auparavant, les **piétons** devaient patienter en moyenne 35 secondes entre l'actionnement du bouton d'appel et le passage du feu au vert. Avec l'autorégulation, cette durée est passée à 30 secondes (-14%). La répartition (fig. 8) montre que les temps d'attente particulièrement longs ont été supprimés presque entièrement. Avec l'autorégulation, le nombre de cas dans lesquels les piétons doivent attendre plus de 60 secondes a chuté de 75%.
- **Le temps d'attente moyen du TIM** est passé de 35 à 27 secondes (-23%). Pour évaluer la qualité de la gestion des colonnes, les durées entre la fin du feu vert et l'arrivée du premier véhicule au feu rouge ont été analysées. Si la valeur est inférieure à cinq secondes, de sorte que les véhicules soient contraints à freiner brusquement, cela est considéré comme un «arrêt complet». Avec l'autorégulation, cette fréquence a diminué de 26%.



8 | Begrenzung der Wartezeiten auf maximal 60 Sekunden.
8 | Limitation des temps d'attente à 60 secondes maximum.

Fazit: grosser Erfolg

Die Stadt Luzern wertet den Praxistest als grossen Erfolg: Die SST führt zu allen Tageszeiten zu Effizienzgewinnen in Form zuverlässig kürzerer Wartezeiten für alle Verkehrsmittel.^[3] Der eingangs geschilderte Zielkonflikt zwischen ÖV und Fussverkehr wird deutlich entschärft, zumal im Nachgang an die Wirkungskontrolle die Fussverkehrsqualität mittels geeigneter Nachjustierungen nochmals signifikant verbessert wurde.

Die Grünzeiten werden mit der SST effizienter genutzt, was auch die Verkehrssicherheit erhöht: Die Akzeptanz, bei Rot zu warten, steigt, wenn ersichtlich ist, dass zugleich Verkehr abgewickelt wird, und wenn man sich auch darauf verlassen kann, dass die Rotzeiten nicht unerträglich lang werden. Die Förderung eines attraktiven und sicheren Fuss- und Veloverkehrs wie auch des öffentlichen Verkehrs gemäss den Bestrebungen der städtischen Mobilitätsstrategie werden durch die SST deutlich unterstützt. Dass die SST zudem gut mit sich ändernden Verkehrsflüssen zurechtkommt, wie sie es bei Baustellenaktivitäten im näheren Umfeld des Testperimeters unter Beweis stellen konnte, unterstreicht deren verkehrliche und betriebliche Flexibilität noch zusätzlich.

Zwar ist der Algorithmus der SST aus Betreibersicht eine Black Box. Doch seine Wirkungsweise erschliesst sich unmittelbar: Die Konfiguration mittels Bedingungen, Gewichten und Regeln erlaubt die Definition eines klaren und begreifbaren Anforderungsprofils an den selbst-gesteuerten Verkehrsablauf. Nicht zuletzt erleichtert diese an konkreten Kenngrössen ausgerichtete Konfiguration auch den Diskurs mit der Politik und der Bevölkerung.

Was die Anlagentechnik betrifft, so konnte die SST in die vorhandene Steuergerätetechnik integriert werden. Ein Steuergeräteersatz war nicht erforderlich. Dabei liefen die Anbindung und Interaktion zwischen IPC und Steuergerät sehr robust. Eine Störunganfälligkeit liess sich bislang nicht feststellen.

Der Zugriff auf den IPC erfolgte vor Ort vom Laptop aus oder aber via VPN-Zugang, was ein komfortables Einspielen von Updates erlaubte. Beim Zugriff via VPN-Verbindung ist die geregelte Vergabe der entsprechenden Zugriffsrechte durch den Betreiber zur Wahrung der Cyber-Sicherheit Bedingung.

Es stellte sich heraus, dass ein weniger leistungsfähiger IPC genügt hätte. In nachfolgenden Projekten wird deshalb das Modell CX2030 von Beckhoff verwendet. Bei der Anbindung mittels ConExtIS ist es nebst der IPC-Lösung grundsätzlich auch denkbar, die SST-Soft-

Conclusion: un franc succès

Pour la ville de Lucerne, l'essai pratique est un franc succès: quels que soient le moment de la journée et le moyen de transport,^[3] l'autorégulation permet une réduction des temps d'attente. Le conflit entre les TP et le trafic piétonnier est nettement atténué, d'autant plus que la qualité de la mobilité piétonne a encore été sensiblement améliorée après le contrôle d'efficacité, grâce à des ajustements appropriés.

Avec l'autorégulation, les temps de feu vert sont utilisés plus efficacement, ce qui améliore la sécurité du trafic: les usagers acceptent plus facilement d'attente au feu rouge s'ils constatent que cela fluidifie le trafic et qu'ils savent que les temps d'attente sont raisonnables. L'autorégulation soutient les efforts de la ville en matière de mobilité de manière significative, en garantissant la sécurité et l'attractivité du trafic piétonnier et cycliste ainsi que des transports publics. En outre, l'autorégulation s'adapte bien aux fluctuations des flux de trafic – cela a pu être constaté au niveau d'activités de chantier exécutées dans l'environnement immédiat du périmètre de l'essai, ce qui souligne encore plus sa flexibilité en matière de gestion opérationnelle du trafic.

Certes, l'algorithme de l'autorégulation peut paraître complexe aux yeux des exploitants. Mais son efficacité est immédiatement visible: la configuration au moyen de conditions limites, de pondérations et de règles permet de définir un profil d'exigences clair et compréhensible concernant le trafic autorégulé. Cette configuration basée sur des grandeurs caractéristiques spécifiques facilite le débat avec les autorités politiques et la population.

Concernant l'installation technique, l'autorégulation a pu être intégrée dans le système de régulation actuel. Ce dernier n'a pas eu besoin d'être remplacé. La connexion et l'interaction entre l'IPC et l'appareil de régulation ont été très fiables. Aucune sensibilité aux pannes n'a été constatée jusqu'à présent.

L'accès à l'IPC a eu lieu sur place depuis un ordinateur portable ou via un accès VPN, ce qui a facilité l'installation des mises à jour. Lors de l'accès via une connexion VPN, l'attribution réglementée des droits d'accès par l'exploitant était nécessaire afin de garantir la cybersécurité.

Il s'est avéré qu'un IPC moins performant aurait suffi. Lors des projets suivants, le choix se portera donc sur le CX2030 de Beckhoff. En cas de connexion via ConExtIS, l'exécution du logiciel d'autorégulation directement sur l'appareil de régulation ou sur un serveur central est une alternative envisageable à l'uti-

ware direkt auf dem Steuergerät oder aber auf einem zentralen Server laufen zu lassen. Voraussetzung für ersteres wäre die Bereitstellung einer genügend hohen Rechenleistung seitens des Steuergeräts, für letzteres kleine Latenzen der Verbindung zwischen Server und Steuergerät.

Ausblick

Urbane Verkehrssysteme sind mehr und mehr vom Umstand geprägt, dass sie gestiegenen multimodalen wie auch stadträumlichen Bedürfnissen Rechnung zu tragen haben, jedoch die hierfür erforderlichen Flächen etwa für Veloverkehrsangebote nicht ohne Kapazitätseinbussen freigespielt werden können. Auch bezüglich der Verkehrssicherheit sind die Anforderungen gestiegen und führen nicht selten zu Kapazitätsreduktionen: Es erfordert zusätzliche Grünzeiten, wenn man auf bedingte Verträglichkeiten zwischen abbiegendem MIV und querendem Fussverkehr verzichtet. Zudem benötigt es längere Grünzeiten, wenn den tieferen Gehgeschwindigkeiten älterer Menschen beim Queren der Strasse entsprochen werden soll.

Am Beispiel der Tribschenstrasse konnte die SST aufzeigen, dass sie in dieser Hinsicht neue Handlungsspielräume zugunsten einer flächeneffizienten multimodalen Nutzung der Strassenräume bei gesteigerter Verkehrssicherheit freizusetzen vermag. Deshalb hat die Stadt Luzern entschieden, die SST in der Tribschenstrasse beizubehalten und weitere Standorte zu prüfen. Zudem ist in absehbarer Zeit vorgesehen, im Zuge der neuen Gesamtverkehrskonzeption die beiden mittels SST gesteuerten LSA um weitere Dosierfunktionen in Abhängigkeit der Verkehrslage im angrenzenden Verkehrssystem zu ergänzen und hiermit die SST auch in die strategische Verkehrssteuerung zu integrieren.

Ob die SST auch an verkehrlich zentraleren Orten mit ausgeprägteren Überlasteffekten und multimodal höherer Nachfrage in der Lage ist, die Effizienz der Verkehrsabwicklung ebenso zu steigern, muss erst noch bestätigt werden. Hierzu werden die aktuell laufenden und bevorstehenden Testbetriebe im In- und Ausland weiter Aufschluss geben.

Mit Spannung darf man auch die weitere technologische Entwicklung im Bereich der Sensorik erwarten. So würde eine KI-basierte Auswertung von Kameras die Ankunftsprognose auch im Fussverkehr ermöglichen – vor allem, weil die SST den Verkehrsablauf flexibel gestalten kann und sich mit ihr die Erwartungen, die man an kooperative Verkehrssysteme (C-ITS) und V2X-Anwendungen knüpft, direkt realisieren lassen.

lisation d'un IPC. Dans ce dernier cas, l'appareil de commande doit garantir une puissance de calcul suffisamment élevée. Dans le premier cas, la connexion entre le serveur et l'appareil de régulation requiert de brefs temps de latence.

Perspectives

Les systèmes de circulation urbaine doivent de plus en plus tenir compte de la hausse des besoins multimodaux et urbanistiques. Or les surfaces nécessaires pour y répondre, p. ex. pour créer des offres dédiées au trafic cycliste, ne peuvent être libérées sans pertes de capacités. Les exigences en matière de sécurité du trafic ont également augmenté et entraînent souvent des réductions de capacités: il faut des temps de feu vert supplémentaires si l'on renonce à certaines compatibilités entre le TIM obliquant et les flux piétonniers traversants. De même, des temps de feu vert plus longs sont nécessaires pour permettre aux personnes âgées, qui se déplacent plus lentement, de traverser la route.

Dans l'exemple de la Tribschenstrasse, l'autorégulation a montré qu'elle pouvait créer de nouvelles possibilités au profit d'une utilisation multimodale efficace des espaces routiers tout en améliorant la sécurité du trafic. La ville de Lucerne a donc décidé de conserver l'autorégulation dans la Tribschenstrasse et d'envisager son utilisation à d'autres endroits. Par ailleurs, la nouvelle conception globale des transports prévoit de compléter prochainement les deux installations de feux de circulation autorégulées par d'autres fonctions de dosage selon le trafic dans le système de transport connexe, et donc d'intégrer l'autorégulation dans la gestion stratégique du trafic.

Toutefois, la capacité de l'autorégulation à améliorer l'efficacité de la gestion du trafic dans des espaces routiers plus centraux, avec une surcharge de trafic marquée et une demande multimodale plus élevée, reste à confirmer. Les essais en cours et à venir en Suisse ainsi qu'à l'étranger fourniront de précieux aperçus à ce sujet.

Le développement technologique des capteurs retiendra toute notre attention. Une analyse des caméras basée sur l'intelligence artificielle permettrait d'anticiper aussi l'arrivée des flux piétonniers, notamment parce que l'autorégulation peut organiser de manière flexible l'écoulement de la circulation. Une liaison avec des systèmes de transport coopératifs (C-ITS) et des applications V2X est ainsi envisageable.

Neue Perspektiven für Qualitätssicherung und Verkehrsmonitoring

Auch zur Qualitätssicherung und für das Verkehrsmonitoring zeigt die SST neue Perspektiven auf: Die SST stellt modellbasiert aufbereitete Verkehrsinformationen über einen Message-Bus im Netzwerk bereit. Darauf kann ein Verkehrsrechner oder eine Verkehrsleitzentrale auch zugreifen. Ein Betreiber würde so vom Arbeitsplatz aus live verfolgen können, ob beispielsweise eine Parameteränderung die gewünschte Wirkung zeigt. Mittels geeigneter Statistiken liesse sich weiterhin im laufenden Betrieb auswerten, ob und wie gut ein definiertes Anforderungsprofil umgesetzt wird. Ein solches kontinuierliches Monitoring bietet ein effektives Instrument der Qualitätssicherung.

Zwar wurde ConExtIS ursprünglich entwickelt, um die rechenintensive SST-Software auszulagern. Doch die klare Entkoppelung von Steuergerät und Steuerlogik schafft zusätzliche Möglichkeiten: Zum einen trägt die unabhängige Austauschbarkeit jeder der beiden Seiten den unterschiedlichen Lebenszyklen von Hard- und Software Rechnung. Denn während Steuergeräte vielerorts über 20 Jahre abgeschrieben werden, unterliegt Software viel kürzeren Zyklen. Und da ConExtIS nicht auf die SST festgelegt ist, sondern auch anderen Steuerverfahren offensteht, liessen sich Steuerungs-Dienstleistungen zukünftig auf Basis dieser Schnittstelle ausschreiben.

Bei einem angestrebten Einsatz der SST an weiteren Standorten wäre zunächst zu prüfen, ob das vorhandene Steuergerät bereits über ConExtIS verfügt oder sich nachrüsten lässt. Ansonsten könnte bei einer Neuausschreibung die Schnittstelle ein Anforderungskriterium sein. Bislang ist ConExtIS auf den Steuergeräten «TTM® nodeControl» der Bergauer AG, «VR.NetCAN» der VR AG und «Sitraffic sX» von Siemens umgesetzt. Die Voraussetzungen für einen Wettbewerb sind somit gegeben.

De nouvelles perspectives pour l'observation de la circulation et pour l'assurance

L'autorégulation ouvre de nouvelles perspectives en matière de monitoring du trafic. L'autorégulation met des informations sur le trafic basées sur des modèles à la disposition du réseau via un bus de message. Un système de régulation du trafic ou une centrale de gestion du trafic peut aussi accéder à ces données. Un exploitant peut ainsi déterminer en direct, depuis le poste de travail, si une modification des paramètres produit l'effet intentionné. Des statistiques appropriées permettent de vérifier pendant l'exploitation si un profil d'exigences a été mis en œuvre et avec quelle qualité. Un tel monitoring continu représente un outil efficace d'assurance qualité.

Initialement, l'interface ConExtIS avait été développée pour transférer le logiciel d'autorégulation requérant des calculs intensifs sur un équipement externe. Le découplage entre l'appareil et la logique de régulation offre de nouvelles possibilités: d'une part, l'interchangeabilité indépendante des deux parties tient compte des différents cycles de vie entre le matériel et le logiciel. En effet, la durée d'amortissement des appareils de régulation dépasse souvent 20 ans alors que les logiciels ont des cycles de vie nettement plus courts. Comme ExtIS n'est pas liée à l'autorégulation, mais qu'elle est aussi ouverte à d'autres méthodes de régulation, les prestations de régulation pourront à l'avenir faire l'objet d'appels d'offres sur la base de cette interface.

Si l'utilisation de l'autorégulation est envisagée dans d'autres lieux, il conviendrait de vérifier d'abord si l'appareil de régulation possède déjà l'interface ConExtIS ou s'il peut en être équipé. Sinon, la présence de cette interface pourrait être un critère exigé en cas de nouvel appel d'offres. Jusqu'à présent, l'interface ConExtIS est disponible sur les appareils de régulation «TTM® nodeControl» de Bergauer AG, «VR.NetCAN» de VR AG et «Sitraffic sX» de Siemens. Les conditions nécessaires pour une vraie concurrence sont ainsi réunies.

Literatur/Quellen

- [1] Eine Beschreibung des KOMO-Projektes inklusive Schlussbericht ist ebenfalls auf der Webseite <http://www.energieschweiz.ch/komo-projekte> verfügbar.
- [2] Genser, A., M. Neuenschwander und A. Kouvelas [2020] Wirkungsanalyse Selbst-Steuerung, Forschungsbericht, <https://doi.org/10.3929/ethz-b-000456701>, IVT, ETH Zürich, Zürich.
- [3] Karrer, T. [2020] Praxistest Selbst-Steuerung – Mehr «Grün» für alle, Kurzbericht, https://www.stadtluzern.ch/_docn/2990923/Kurzbericht_SST_20201124.pdf, Tiefbauamt, Stadt Luzern, Luzern.

Ökobilanzierung von Kaltmischfundamenten im Einsatz für Tragschichten

Obwohl sich Asphaltgranulat in der Schweiz auf allen Werkhöfen der Mischgutwerke und auf den Werkplätzen der Baustofflieferanten türmt, löst die Verwendung des Asphaltgranulats in Form von Kaltmischfundamenten dieses Problem nicht zufriedenstellend. In einer Ökobilanzstudie kommen Experten der OST Ostschweizer Fachhochschule zum Schluss, dass der Einsatz von Kaltmischfundamenten AFK in Tragschichten von Radwegen keine ökologischen Vorteile bringt. Hohe Zugaberraten von Recyclinggranulat vermindert zwar die Umweltwirkungen der Fundamentschicht, aber dieser Vorteil wird durch eine erhöhte Einbauschichtdicke und Breite überkompensiert.



VON
THOMAS POHL
MSc. ETH Umwelt-Ing.
Geschäftsführer des Instituts für Umwelt-
und Verfahrenstechnik UMTEC,
OST Ostschweizer Fachhochschule



VON
SUSANNE KYTZIA
Dr. oec., Professorin für Nachhaltigkeit
im Bauwesen und Leitung Institut
für Bau und Umwelt, OST Ostschweizer
Fachhochschule



VON
CHRISTOPH ABEGG
Projektleiter Umwelt,
Tiefbauamt Kanton Zürich

REVÊTEMENT ROUTIER

Bilan écologique de l'utilisation d'enrobés bitumineux à froid pour les couches de fondation

L'utilisation d'enrobés à froid de granulats bitumineux, qui s'accumulent dans les hangars des centrales d'enrobage et dans les ateliers des fournisseurs de matériaux de construction en Suisse, n'est pas une solution satisfaisante. Une étude d'écobilan réalisée par des experts de la Haute école spécialisée de la Suisse orientale (OST) montre que l'utilisation d'enrobés bitumineux à froid AFK pour les couches de fondation des pistes cyclables n'offre aucun avantage écologique. Les taux élevés de granulats recyclés réduisent l'impact environnemental de la couche de fondation, mais cet avantage est surcompensé par une augmentation de l'épaisseur et de la largeur de la couche de pose.



VON
ANDREA BACHMANN
B.Sc. FHO in Bauingenieurwesen
Projektleiterin, OST Ostschweizer
Fachhochschule



VON
PASCAL MENZI
Dipl. Bau-Ing. FH
Projektleiter der beiden Strassenprojekte,
Tiefbauamt Kanton Zürich



1 | Am Beispiel realisierter Radweg-Bauprojekte wurde ein Variantenvergleich für die Ausführung mit AC T und mit AFK erstellt: Auf der Abbildung gut sichtbar ist der Unterschied zwischen der konventionellen Tragschicht unter der Strasse (links) und des AFK unter dem Radweg (rechts) (Foto: Tiefbauamt Kanton Zürich).

Hintergrund und Zielsetzung

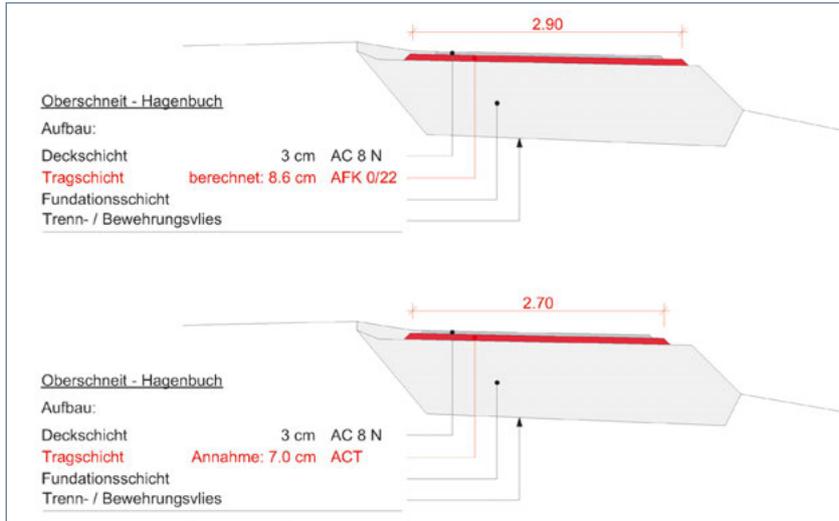
In der Schweiz türmt sich das Asphaltgranulat auf den Werkhöfen der Asphaltproduzenten und auf den Werkplätzen vieler Baustofflieferanten. Asphaltgranulat fällt in der Schweiz in grossen Mengen in Strassen-sanierungsprojekten an, entweder als Fräsasphalt oder als Ausbruchasphalt in Form ganzer Schollen. Es wird auf dem Werkhof eines Asphaltproduzenten zerkleinert, trockenmechanisch durch eine Siebung klassiert und im besten Fall überdacht gelagert (Schutz vor Auswaschung von Schadstoffen). Danach kann das Asphaltgranulat im Belagswerk wieder eingesetzt werden zur Herstellung unterschiedlicher Mischgüter, die im Strassenoberbau eingesetzt werden. Gemäss einer Studie der EMPA^[1] fallen in der Schweiz pro Jahr rund 3 Mio. Tonnen Ausbauasphalt an. Davon gelangt mit rund 2,5 Mio. Tonnen der grösste Teil auf die Werkhöfe der Asphaltproduzenten in der Schweiz und wird in Form von neuem Asphalt mit Recyclinganteil wieder dem Baustoffkreislauf zurückgeführt. 0,5 Mio. Tonnen gelangen in die Entsorgung in eine Deponie^[1].

Aufgrund der Diskrepanz zwischen Asphaltgranulat-Anfall und Asphaltgranulat-Einsatz erhöhen sich die zwischengelagerten oder deponierten Mengen in der Schweiz konstant. Als vielversprechende Einsatzmöglichkeit für Asphalt mit Recyclinganteil gilt eine Verwendung als Kaltmischfundationen AFK. Kaltmisch-

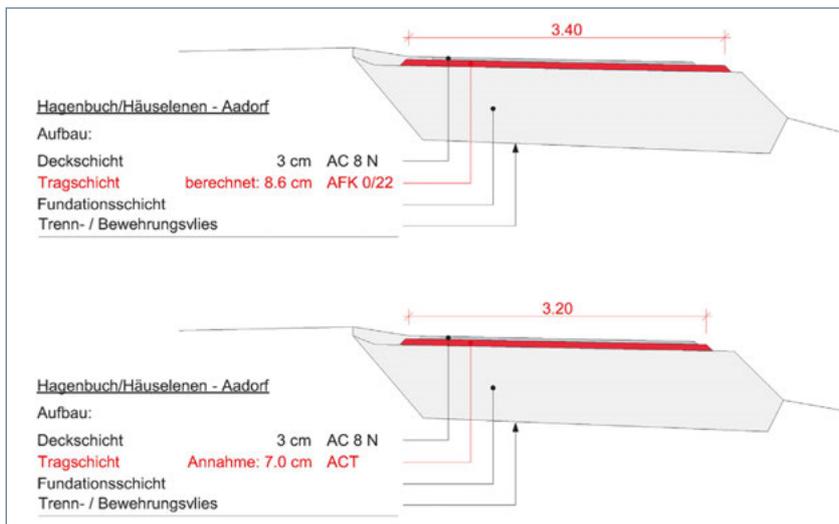
fundationen AFK werden je nach Asphaltrezeptur zu fast 100 % aus Asphaltgranulat hergestellt.

AFK benötigt im Vergleich zu herkömmlichen AC T-Belägen (Asphaltbeton-Tragschicht) einen höheren Anteil an Bitumen und ein hydraulisches Bindemittel, um die technischen Anforderungen zu erfüllen. Im Gegensatz zur Anwendung von herkömmlichen Asphaltbeton-Belägen für Tragschichten benötigt der Einsatz von Kaltmischfundationen AFK mit sehr hohen Recyclinganteilen eine höhere Verdichtung. Das führt zur Verbreiterung des Profils sowie zur Erhöhung der Einbaudicke und damit auch zu erhöhtem Materialeinsatz. Auf der anderen Seite spart der Einsatz von Kaltmischfundationen AFK durch die reduzierte Temperatur in der Produktion im Belagswerk Energie und Emissionen ein. Zudem wird durch den Einsatz von Asphaltgranulaten der Verbrauch von primären Ressourcen vermindert (Splitt und Brechsand). Dadurch werden Materialkreisläufe geschlossen und wertvoller Deponieraum geschont.

Wir stehen nun also vor einem Zielkonflikt: Auf der einen Seite haben wir die offensichtlichen Vorteile der Kaltmischfundation wie die reduzierte Produktionstemperatur sowie der hohe Einsatz an Asphaltgranulat. Dem steht jedoch ein erhöhter Materialeinsatz pro Laufmeter Strasse gegenüber.



2 | Normalprofil des Radwegs 1. Oben: Radweg mit Kaltmischfundation AFK in der Tragschicht, unten: AC T Asphaltbeton in der Tragschicht. Die Bauweise mit AFK erfordert eine etwas grössere Schichtdicke und Breite der Tragschicht.



3 | Normalprofil des Radwegs 2. Oben: Radweg mit Kaltmischfundation AFK in der Tragschicht, unten: AC T Asphaltbeton in der Tragschicht.

Zusammensetzung	AC T [kg/t], Referenz für beide Radwege	AFK 1 [kg/t] für Radweg 1	AFK 2 [kg/t] für Radweg 2
Brechsand	40	0	78
Splitt	344	0	0
Bitumen	16	25	30
Wasser	0	34	30
Zement (Doroport)	0	10	10
Recyclingasphaltgranulat	600	931	852

Tabelle 1: Zusammensetzung der betrachteten Asphaltrezepturen. Angaben stammen von zwei führenden Asphaltproduzenten.

Die Institute IBU und UMTEC der Ostschweizer Fachhochschule Campus Rapperswil (ehemals Hochschule für Technik Rapperswil HSR) wurden vom Tiefbauamt des Kantons Zürich beauftragt, am Beispiel zweier realisierter Radweg-Bauprojekte einen Variantenvergleich für die Ausführung mit AFK (Variante 1) und mit AC T (Variante 2) zu erstellen, um den oben geschilderten Sachverhalt zu prüfen. Die beiden Normalprofile der betrachteten Radwege sind in den Abbildungen 2 und 3 dargestellt. Die verwendeten Asphaltrezepturen in der Ökobilanz sind in Tabelle 1 aufgeführt.

Mittels einer Ökobilanz wird ermittelt, welche der beiden Varianten zu geringeren Umweltwirkungen führt. Die Ökobilanz ist eine umfassende und aussagekräftige Methode, um die Umweltwirkungen von Produkten und Systemen über ihren gesamten Lebenszyklus zu beurteilen. Wichtig dabei ist, dass alle Emissionen und Ressourceninanspruchnahmen während der Herstellung der Baumaterialien, der Bauausführung, über die eigentliche Nutzungsdauer bis zu Rückbau und Entsorgung oder Wiederverwertung in die Lebenszyklusanalyse einfließen – «von der Wiege bis zur Bahre».



4 | Einbau AFK beim Radweg 2 (Foto: Tiefbauamt Kanton Zürich).

Methodik

In einem ersten Schritt wurde das Mengengerüst aufgrund der Pläne des ausgeführten Werks (inkl. Normalprofil) der beiden Radwege ermittelt. Für die konventionelle Bauweise (AC T-Variante) wurde ein fiktives Normalprofil verwendet. Danach wurden die Daten als Grundlage der Ökobilanzierung verwendet. UMTEC verfügt aus früheren Projekten über gute Datengrundlagen zur Modellierung der Umweltwirkung aller relevanten Lebenszyklusphasen von Asphaltbelägen.^{[2],[3]} Die Ermittlung der Umweltbelastungspunkte (UBP) und der CO₂-Emissionen wurde daher auf bereits vorhandene Inventare abgestützt. UMTEC hat für die in den Radwegen eingesetzten Kaltmischfundationen AFK eine enge Zusammenarbeit mit den Lieferanten der Beläge angestrebt und Produktionsdaten, wo immer möglich, in die Ökobilanz eingebunden.

Zur Berechnung der Ökobilanz wurden folgende Methoden verwendet:

► Treibhauspotenzial

Diese Umweltwirkungskategorie berücksichtigt nur klimaschutzrelevante Emissionen eines Produkts oder Prozesses über den gesamten Lebenszyklus. Die Bewertung wird anhand eines Charakterisierungsfaktors in kg CO₂-Äquivalente vorgenommen. Das Treibhausgas Methan ist rund 28mal klimaschädlicher als das Treibhausgas Kohlenstoffdioxid und wird daher mit dem Charakterisierungsfaktor 28 verrechnet. Ein Kilogramm Methan entspricht damit 28 kg CO₂-Äqui-

valenten. Diese Methode des Treibhauspotenzials wird im angrenzenden Ausland häufig verwendet. Schadstoffemissionen lassen sich mit dieser Methode allerdings nur ungenügend bis gar nicht abbilden (toxizitätsrelevante Schadstoffemissionen in Luft, Wasser und Boden).^{[4],[5]} Durch die Wahl der Wirkungsabschätzungsmethode wird keine Gewichtung gefordert und somit ist die Ökobilanz konform mit der ISO-Norm 14 040 ff.^{[6],[7]}

► Ökologische Knappheit (UBP-Methode)

Diese Methode wurde mit dem Ziel entwickelt, die verschiedenen Umweltauswirkungen zu einem Gesamtindex (Umweltbelastungspunkte) zusammenzufassen. Diese Ökobilanzierungsmethode beruht auf dem Vergleich der aktuellen Belastung der Umwelt (aktueller Fluss, «Ist-Menge») mit der gesellschaftspolitisch als zulässig angesehen Belastung (kritischer Fluss, «Toleranzmenge»). Das Verhältnis von aktuellem zu kritischem Fluss resp. der «Ist-Menge» zur «Toleranzmenge» wird als ökologische Knappheit bezeichnet. Je grösser die Differenz zwischen dem aktuellen Fluss und der als zulässig angesehenen Belastung, desto «umweltbelastender» ist die jeweils betrachtete Emission bzw. Ressourceninanspruchnahme. Diese Methode wird auch Umweltbelastungspunkte-Methode (kurz UBP-Methode) genannt. Denn diese Ökobilanzierungsmethode berücksichtigt eine grosse Anzahl an Wirkungskategorien, die anhand einer Gewichtung, basierend auf politischen Zielen der Schweizer Umweltgesetz-

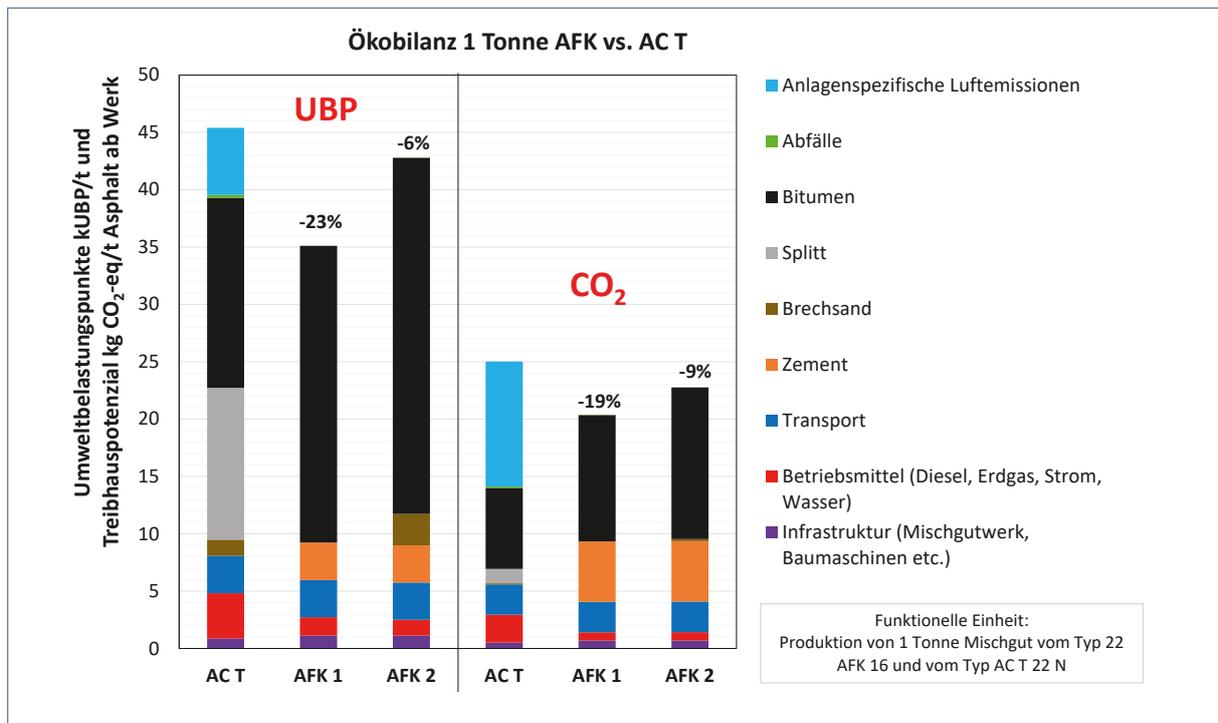
gebung abgestützt, ein gesamttaggregiertes ein-dimensionales Ergebnis in der Einheit UBP liefert. In diesem Projekt wurde die Version 2013^[8] als Hauptbewertungsmethode verwendet. Die Wirkungskategorie der ökologischen Knappheit ist nicht durch das Regelwerk dieser ISO-Norm abgedeckt. Sie ist aber in der Schweiz sehr gut etabliert und soll bei der Übernahme der EN 17 472 ins Schweizer Normenwerk zukünftig im nationalen Vorwort ausdrücklich als zulässiges Bewertungsverfahren benannt werden.

Ergebnisse

Abbildung 5 zeigt das Ergebnis der Ökobilanz für die Herstellung einer Tonne Asphalt für die Tragschicht der Radwege. Dabei wird ersichtlich, dass pro Tonne Asphalt die Kaltmischfundation AFK ökologisch leicht besser abschneidet als der herkömmliche Asphaltbeton AC T. Abbildung 5 zeigt, dass die Hauptbeiträge der Ökobilanz der Asphaltproduktion in der Bereitstellung der Rohstoffe in der Prozessvorkette liegen. Die Umweltbelastung der Bereitstellung der Gesteinskörnung und vor allem des Bitumens schenken ökologisch am stärksten ein. Vernachlässigbar sind die Infrastruktur sowie die Abfälle. Der ökologische Vorteil der Kaltmischfundation AFK in der Asphaltproduktion liegt in der Vermeidung der anlagenspezifischen

emissionen einerseits und in der Einsparung an Splitt als Primärressource. Die Produktion von AFK verursacht keine anlagenspezifischen Emissionen, da der Asphalt nicht erhitzt werden muss (kein Erdgas oder Heizöl wird verbrannt). Es ist in Abbildung 5 jedoch auch ersichtlich, dass der ökologische Beitrag des Bitumens beim AFK grösser ist als beim AC T, da der AFK mehr Bitumen pro Tonne Asphalt enthält (siehe dazu auch Tabelle 1). Beim AFK wirkt sich zudem die Verwendung von Zement (Doroport) ökobilanziell stark aus. Dies vor allem bei den Treibhausgasen, da die Zementproduktion (vor allem die Klinkerherstellung) sehr CO₂-intensiv ist. Bei der Bewertung mittels Treibhauspotenzial wirken sich beim AC T die Luftemissionen der Asphaltanlage stark aus. Diese kommen aus der Asphalt-Trommel (Drehofen, in dem die Gesteinskörnung durch Verbrennung von Öl oder Erdgas erwärmt werden) durch die Verbrennung von Heizöl oder Erdgas zustande.

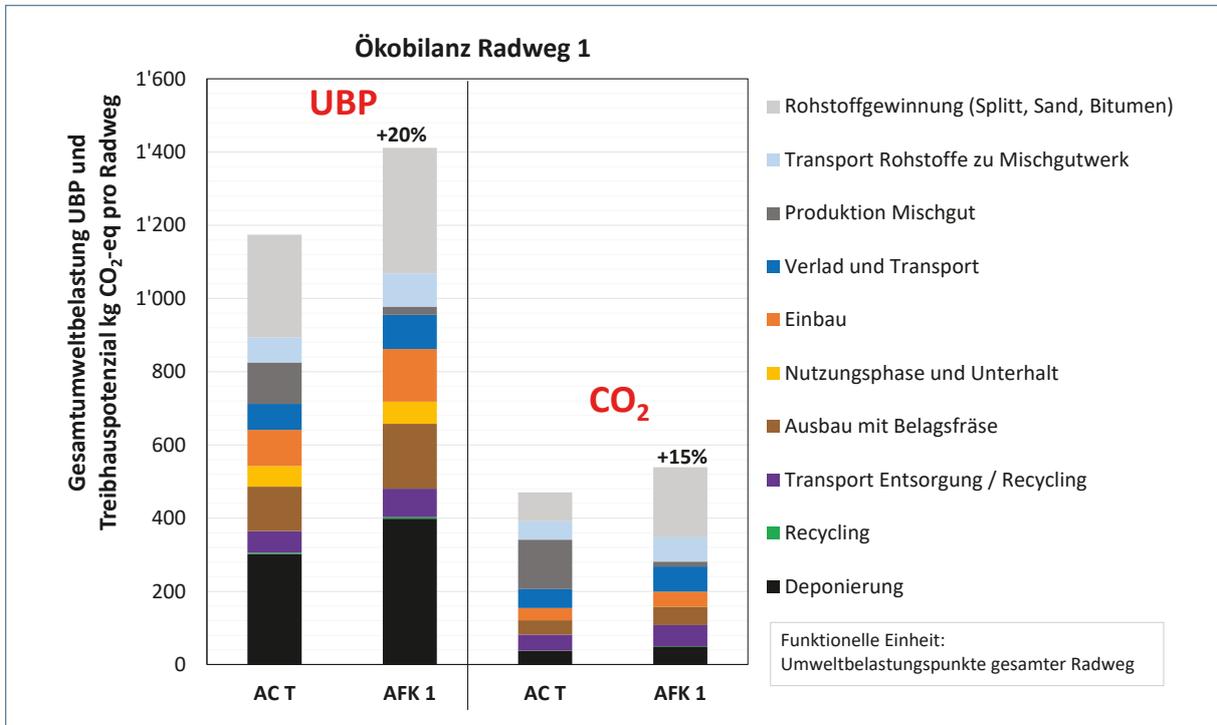
Abbildung 6 und Abbildung 7 zeigen die Ökobilanz für die beiden Radwege. Wird die Ökobilanz nun für den gesamten Radweg über alle Lebenszyklusphasen von der Rohstoffgewinnung, über den Bau, Unterhalt, Rückbau bis zur Entsorgung betrachtet, so fällt das Ergebnis zu Gunsten des AC T-Belags aus. Denn die vergleichende Ökobilanz für die beiden Radwege zeigt auf, dass sich aus ökologischer Sicht der Ein-



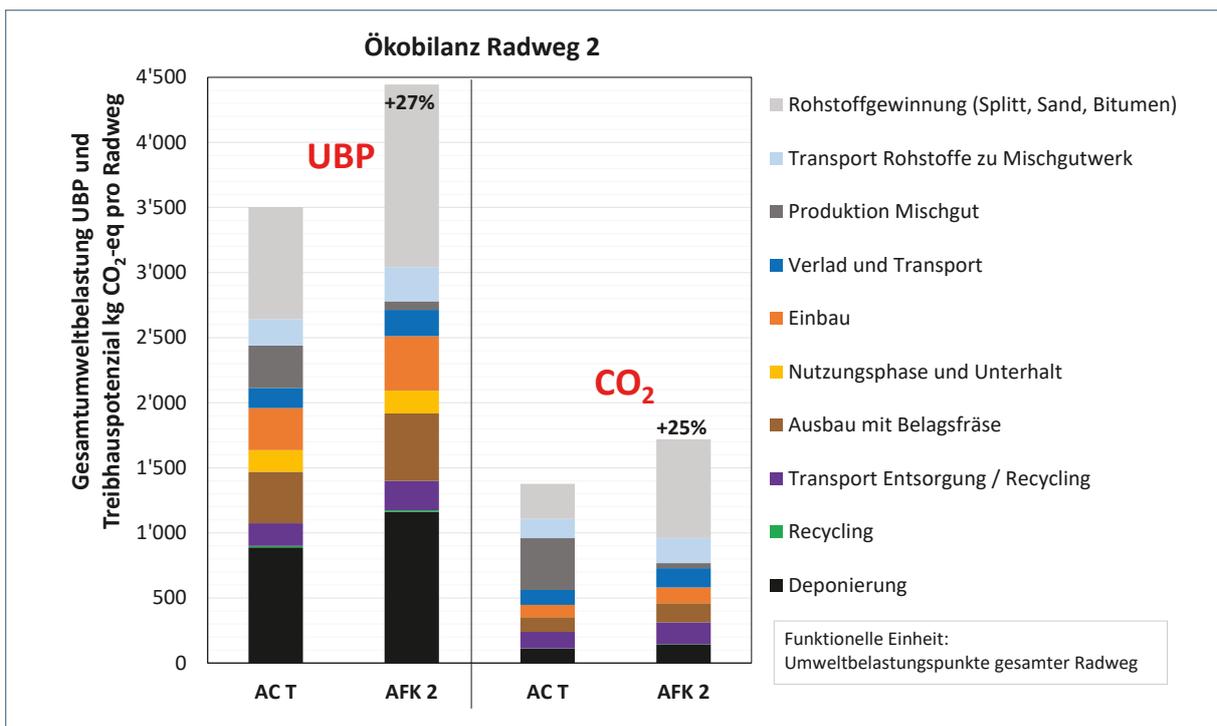
5 | Ein direkter ökobilanzieller Vergleich von jeweils einer Tonne AFK- bzw. AC T-Asphalt zeigt, dass sich die Umweltwirkungen beider Varianten nur leicht unterscheiden. Die geringeren Umweltwirkungen der AFK-Variante im Belagswerk werden ausgeglichen durch höhere Umweltwirkungen in der Prozess-Vorkette durch die Gewinnung der Primärrohstoffe. AFK-Mischgut enthält eine grössere Menge an Bitumen als AC T-Mischgut und zusätzlich ein hydraulisches Bindemittel. Die Umweltwirkungen der Herstellung dieser beiden Stoffe kompensiert die Vorteile tieferer Temperaturen bei der Mischgut-Herstellung.

satz von Kaltmischfundamenten AFK in Tragschichten von Radwegen nicht lohnt. Ursache ist der erhöhte Materialbedarf der AFK-Variante infolge der erhöhten Schichtdicke und Fahrbahnbreite. Auf den ganzen Radweg betrachtet wird der ökologisch positive Effekt

in der Herstellung des AFK so überkompensiert. Die ökologischen «Hot-Spots» liegen auf den Lebenszyklusphasen der Rohstoffgewinnung und Produktion des Asphalts, dem Ein- und Ausbau des Asphalts sowie auf der Deponierung.



6 | Vergleichende Ökobilanz von AC T und AFK über den gesamten Lebenszyklus des Asphalts verbaut im Radweg 1 und ausgewertet mit der Umweltbelastungspunkte-Methode (UBP) und der Methode des Treibhauspotenzials (CO₂).



7 | Vergleichende Ökobilanz von AC T und AFK über den gesamten Lebenszyklus des Asphalts verbaut im Radweg 2 und ausgewertet mit der Umweltbelastungspunkte-Methode (UBP) und der Methode des Treibhauspotenzials (CO₂).

Fazit, Diskussion und Ausblick

Die vergleichende Ökobilanz für die beiden Radwege zeigt auf, dass sich aus ökologischer Sicht der Einsatz von Kaltmischfundamenten AFK in Tragschichten von Radwegen nicht lohnt. Der Einsatz von AFK führt heute zu einer erhöhten Schichtdicke und einer breiteren Fahrbahn. Der resultierende Mehrbedarf an Material überkompensiert den ökologisch positiven Effekt in der Herstellung des AFK. Dazu kommt, dass die Herstellung des AFK-Mischguts nur wenig besser abschneidet als die Herstellung des AC T-Mischguts. Bei der Herstellung dominieren die Umweltbelastungen der Prozess-Vorkette durch die Gewinnung der Primärrohstoffe. Hier schneidet das AFK-Mischgut relativ schlecht ab, da es nicht nur mehr Bitumen benötigt, sondern auch noch ein hydraulisches Bindemittel dazugegeben werden muss mit hohen spezifischen CO₂-Emissionen in seiner Herstellung.

Damit wird eine interessante Option für eine vermehrte Verwendung von Asphaltgranulat in Frage gestellt. Wäre es nicht angesichts der wachsenden Berge von nicht-verwendbarem Asphaltgranulat gerechtfertigt, diesen ökologischen «Malus» eines Einsatzes in der Kaltmischfundamentation in Kauf zu nehmen? Die Ökobilanzstudie der OST geht auch dieser Frage nach und schätzt die ökologischen Vorteile einer vermiedenen Deponierung des Ausbruchasphalts ab – im Sinne einer «Gutschrift» für den Einsatz von Asphaltgranulat in der Kaltmischfundamentation. Doch auch diese Erweiterung bringt für den AFK nur geringe Vorteile. Auf die Publikation dieser zusätzlichen Abschätzung wird verzichtet, da die Vergabe von ökologischen Gutschriften unter Ökobilanzexperten sehr kritisch diskutiert wird (aufgrund des Risikos von Mehrfachzählungen und intransparenter Darstellung von Ökobilanz-Ergebnissen). Aus der Perspektive der Nachhaltigkeit ist es ausserdem fragwürdig, den Oberbau eines Verkehrswegs als Alternative zur Deponierung von Abfällen einzusetzen – zumal das Material am Ende des Lebenszyklus wieder dem Materialkreislauf zugeführt wird.

Quellen

- [1] M. Gauch, C. Matasci, I. Hincapié, R. Hörler und H. Böni, «Material- und Energieressourcen sowie Umweltauswirkungen der baulichen Infrastruktur der Schweiz – im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt BAFU», EMPA, Dübendorf, 2016.
- [2] S. Kytzia und T. Pohl, «LCA MOAG Uznach Gryonau – Ökobilanz der Herstellung von Asphaltbelägen», MOAG Baustoffe Holding AG, Mörschwil, 2016.
- [3] T. Pohl, «RC-Plus Küsnacht ZH «Ökobilanz von Asphaltbelägen mit erhöhten Recyclinganteilen – Berichtteil Ökobilanz», VIATEC Institut für Baustofftechnologie, Winterthur, 2020.
- [4] IPCC 2013, «Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change», Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York USA, 2013.
- [5] Intergovernmental Panel on Climate Change, «Climate Change 2007: Synthesis Report», Valencia, 2007.
- [6] I. 14040, «Environmental management – Life cycle assessment – Requirements and guidelines», ISO, Geneva, 2006.
- [7] I. 14044, «Environmental management – Life cycle assessment – Requirements and guidelines», ISO, Geneva, 2006.
- [8] R. Frischknecht und S. Büsser Knöpfel, «Ökofaktoren Schweiz 2013 gemäss der Methode der ökologischen Knappheit – Methodische Grundlagen und Anwendung auf die Schweiz», Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern, 2013.
- [9] P. Bodmer, «RC-Plus Küsnacht – Grosstechnische Realisierung einer Teststrecke in der Gemeinde Küsnacht ZH bei der Mischgut mit erhöhten Asphaltgranulat-Zugaberaten sowohl in der Deck- als auch in der Binderschicht», Gemeinde Küsnacht, Küsnacht ZH, 2019.
- [10] ecoinvent, «ecoinvent 2019: Version 3.6 Swiss Life Cycle Inventories», ecoinvent, 2019.
- [11] P. Sustainability, «Herausgeber der Ökobilanzsoftware SimaPro», PRé Sustainability, Amersfoort Netherlands, 2020.



8 | Walzen des frischverlegten AFK-Belags beim Radweg 1 (Foto: Tiefbauamt Kanton Zürich).

Alternativen suchen

Aus ökologischer Sicht wünschenswert wäre es, alternativ den Einsatz von Asphaltgranulat (Recyclinganteil) bei der Herstellung von Deck-, Binder- und Tragschichten in der herkömmlichen Asphaltbetonbauweise über die aktuell gültige Norm hinaus zu erhöhen. Das Tiefbauamt (TBA) hat deshalb im Rahmen der Austausch- und Innovationsplattform «Kies für Generationen» (www.kiesfuergenerationen.ch) massgeblich an der Erarbeitung der Best Practice Guideline «Wiederverwendung Ausbaupasphalt und Einsatz Niedertemperaturasphalt» mitgearbeitet. Diese empfiehlt eine Erhöhung der Recyclinganteile gegenüber der Norm. Das TBA wird bei seinen Ausschreibungen künftig Mindestanteile an Ausbaupasphalt verlangen.

Innovative Zustandserhebung der Fahrbahnoberfläche – eine Machbarkeitsstudie

Nutzung einer Drohne und eines Smartphones zur Zustandserhebung

Zur Bestimmung des Zustands der Strassen im Rahmen des Erhaltungsmanagements finden heute verschiedenste Zustandserhebungsmethoden ihre Anwendung. Diese sind allerdings meist aufwendig, kostenintensiv und von einer Subjektivität geprägt. Diesbezüglich kann ein Bedarf an vereinfachten, hocheffizienten und automatisierten innovativen Zustandserhebungsmethoden festgestellt werden. Als potenziell vielversprechende Möglichkeit stellt sich die Nutzung von einerseits einer Drohne und andererseits eines Beschleunigungssensors in einem herkömmlichen Smartphone heraus. Erste praktische Anwendungen dieser Methoden auf einer Teststrecke ermöglichten quantitative und zugleich objektive Aussagen zum Zustand der Fahrbahnoberfläche.



VON

JOËL LENK

BSc Berner Fachhochschule (BFH)
in Bauingenieurwesen
Wissenschaftlicher Assistent bei der
BFH in Burgdorf

VSS-PREISTRÄGER 2021

Joël Lenk erhält für seine Bachelorarbeit «Innovative Zustandserhebung der Fahrbahnoberfläche» den VSS-Preis 2021. Er hat sie an der Berner Fachhochschule (Departement Architektur, Holz und Bau) eingereicht, wo sie als «Beste Bachelor-Thesis im Tiefbau» ausgezeichnet wurde.

Étude de faisabilité sur des méthodes innovantes de relevé d'état de la surface de la chaussée

Relevés d'état à l'aide d'un drone et d'un smartphone

Diverses méthodes sont actuellement utilisées pour déterminer l'état des routes dans le cadre de la gestion de l'entretien. Toutefois, la plupart d'entre elles sont complexes, coûteuses et empreintes d'une certaine subjectivité. Des méthodes innovantes simplifiées, hautement efficaces et automatisées en la matière sont donc nécessaires. L'utilisation d'un drone ou encore d'un capteur d'accélération sur un smartphone usuel offre des possibilités potentiellement prometteuses. Les premières applications pratiques de ces méthodes sur un tronçon pilote ont permis de tirer des conclusions quantitatives et objectives sur l'état de la surface de la chaussée.

LAURÉAT DU PRIX VSS 2021

Joël Lenk reçoit le prix VSS 2021 pour son travail de Bachelor intitulé «Méthodes innovantes de relevé d'état de la surface de la chaussée». Réalisé à la Haute école spécialisée bernoise (département Architecture, bois et génie civil), celui-ci a obtenu le prix du «meilleur travail de Bachelor en génie civil».

Das schweizerische Strassennetz, bestehend aus National-, Kantons- und Gemeindestrassen, weist eine Länge von über 70 000 km auf. Mittels des Strassennetzes und der Strassennutzer wird ein wesentlicher wirtschaftlicher Wert generiert. Aufgrund dessen ist das Strassennetz unter anderem eine Voraussetzung für eine florierende Wirtschaft.

Damit der genannte wirtschaftliche Wert des Strassennetzes aber auch die Sicherheit sowie der Komfort für die Strassennutzer erhalten werden kann, ist ein Erhaltungsmanagement auf Seiten des Strasseninhabers notwendig. Ein ausschlaggebender Aspekt für das Erhaltungsmanagement ist das Vorhandensein von aktuellen und zuverlässigen Daten zum Zustand der Strassen. So ist eine vorausschauende Massnahmenplanung und eine diesbezügliche Optimierung sowie effiziente Nutzung der zur Verfügung stehenden Mittel nur möglich, sofern der Zustand auf Netzebene bekannt ist.

Zur Bestimmung des Zustandes der Strassen werden heute auf Netzebene periodisch (in der Regel vier bis fünf Jahre) verschiedenste Zustandserhebungen durchgeführt. Ein wesentlicher Anhaltspunkt für den Zustand einer bestehenden Strasse ist die Fahrbahnoberfläche, welche Rückschlüsse auf mögliche Schadensmechanismen zulässt.

Heutige Zustandserhebungen

Der Zustand einer Fahrbahn und entsprechend einer Strasse wird heute in der Schweiz anhand der fünf im Folgenden genannten Zustandsmerkmale bestimmt und beschrieben (VSS 40 925 B^[1]). In Abbildung 1 sind die Zustandsmerkmale jeweils schematisch auf einer Fahrbahnoberfläche bzw. Strasse dargestellt.

Le réseau routier suisse comprend plus de 70 000 km de routes nationales, cantonales et communales. Conjointement avec ses usagers, il génère une valeur économique substantielle. Par conséquent, le réseau routier compte parmi les conditions sine qua non d'une économie florissante.

Pour pouvoir maintenir ladite valeur économique du réseau routier, et garantir la sécurité et le confort des usagers, le propriétaire des routes doit mettre en œuvre une gestion de l'entretien. Cette dernière requiert notamment des données actuelles et fiables sur l'état des routes. Ainsi, la planification anticipée des mesures et son optimisation ainsi que l'utilisation efficace des ressources disponibles ne sont possibles que si l'état des routes est connu au niveau du réseau.

Actuellement, l'état des routes est déterminé périodiquement (en règle générale, tous les quatre à cinq ans) via divers relevés réalisés au niveau du réseau. La surface de la chaussée constitue une indication importante de l'état d'une route. Elle permet de tirer des conclusions sur les mécanismes de dégradation potentiels.

Relevés d'état actuels

En Suisse, l'état d'une chaussée et donc d'une route est actuellement déterminé et décrit à l'aide des cinq caractéristiques d'état citées ci-après (VSS 40 925 B^[1]). La figure 1 représente sous forme schématique les caractéristiques de la surface d'une chaussée et d'une route.

Anzeige

Topangebot für **STUDIERENDE**





VSS-Mitglied werden und von vielen Vorteilen für Studierende profitieren

Mehr Informationen unter www.vss.ch





1 | Die fünf Zustandsmerkmale einer Strasse schematisch dargestellt.
1 | Représentation schématique des cinq caractéristiques d'état d'une route.

- Oberflächenschäden (in Abb. 1 rot)
- Ebenheit in Längsrichtung (grün)
- Ebenheit in Querrichtung (gelb)
- Griffbarkeit (hellblau)
- Tragfähigkeit (dunkelblau)

Die Quantifizierung der genannten Zustandsmerkmale erfolgt mittels Zustandsindikatoren (sog. «Zustandswerte»). So beschreibt ein Indikator ein Merkmal anhand eines quantitativen und meist messtechnisch zu erhebenden Werts. Zur Erhebung der Indikatoren werden heute verschiedenste Zustandserhebungsmethoden angewendet.

Die im Rahmen der Arbeit durchgeführte Analyse der heutigen Zustandsindikatoren und Zustandserhebungsmethoden zeigt, dass im kommunalen Bereich vorwiegend und meist ausschliesslich die Oberflächenschäden als zustandsbestimmendes Merkmal herangezogen werden. In diesem Zusammenhang erfolgt meist eine visuelle Zustandserhebung vor Ort zu Fuss und damit verbunden eine Begutachtung und Bewertung durch einen Prüfenden (oder mehrere). Diesbezüglich wird die Fahrbahnoberfläche visuell von blossen Auge auf Vorhandensein von verschiedensten gemäss der Norm VSS 40 925 B definierten Schadensmerkmalen (z.B. Schlaglöcher, Spurrinnen, Risse etc.) geprüft. Die im Zuge der Zustandserhebung vorgefundenen und bestimmten Schadens-

- Dégradation de surface (en rouge dans la fig. 1)
- Planéité longitudinale (en vert)
- Planéité transversale (en jaune)
- Qualité antidérapante (en bleu clair)
- Portance (en bleu foncé)

Les caractéristiques d'état sont quantifiées sur la base desdits indicateurs (appelés «valeurs d'état»). Un indicateur décrit une caractéristique à l'aide d'une valeur quantitative qui doit généralement être relevée à l'aide d'instruments de mesure. Le relevé des indicateurs s'effectue actuellement à l'aide de méthodes très diverses.

L'analyse des indicateurs et des méthodes actuelles de relevé d'état, réalisée dans le cadre du travail de Bachelor, montre que la dégradation de surface est la caractéristique d'état la plus utilisée, et souvent la seule, pour les routes communales. Le relevé s'effectue généralement sous la forme d'une inspection visuelle effectuée à pied sur place, suivie d'une expertise et d'une évaluation par un (ou plusieurs) inspecteur des routes. Leur travail consiste à rechercher à l'œil nu diverses caractéristiques de dégradations, définies conformément à la norme VSS 40 925 B (p. ex. nids de poule, ornières, fissures, etc.), à la surface de la chaussée. L'ampleur et la gravité des caractéristiques de dégradation constatées et identifiées dans le cadre du relevé d'état sont ensuite évaluées à des fins de quantification.

merkmale werden anschliessend zur Quantifizierung auf ihr Ausmass sowie ihre Schwere hin bewertet.

Davon abgesehen, dass die ausschliessliche Erhebung der Oberflächenschäden den Zustand einer Strasse nicht vollumfänglich beschreibt und entsprechend wichtige sicherheitsrelevante Merkmale ausser Acht lässt, weist die visuelle Zustandserhebung vor Ort Optimierungspotenzial auf. So ist die Erhebung zeitaufwendig und entsprechend ineffizient. Des Weiteren ist die Vergleichbarkeit der erhobenen Werte bei verschiedenen Prüfenden aufgrund ihrer Subjektivität nicht gewährleistet. Eine grosse Verantwortung an der Anfälligkeit für Subjektivität trägt hierbei die Norm VSS 40 925 B, die aufgrund ihrer hohen Anzahl verschiedener Schadensmerkmale sowie der nicht klaren Abgrenzung der Schadensschwere einen gewissen Spielraum für den, die Zustandserhebung durchführenden, Prüfenden lässt. Zu guter Letzt ist die Erhebung für den Prüfenden aufgrund des Verkehrs nicht ungefährlich.

Im Bereich der National- und Kantonsstrassen werden dahingegen umfassendere Zustandserhebungen durchgeführt und grundsätzlich alle fünf eingangs erwähnten Zustandsmerkmale berücksichtigt. Mit schnellfahrenden Messfahrzeugen und entsprechender Messtechnik werden gleichzeitig automatisch Bilder, Videos und Längs- sowie Querprofile der Fahrhahnoberfläche erzeugt. Teilweise werden bereits mittels hochmodernen 3D-Laserscannern die gesamte Fahrhahnoberfläche und die umliegenden Installationen (z.B. Strassenlaternen und Häuserfasaden) digital abgebildet.

Grosses Potenzial in der Automatisierung der Prozesse.

Obschon die mittels schnellfahrenden Messfahrzeugen gewonnen Daten automatisch erzeugt und mittels GPS einer Position zugeordnet werden, ist dennoch eine Bereinigung sowie Überprüfung der Daten in Form einer (halb-)manuellen Begutachtung notwendig. Das gleiche gilt auch für die eigentliche Auswertung der erhobenen Daten. Entsprechend besteht ein grosses Potenzial in der Automatisierung der genannten Prozesse. Zudem ist die Anschaffung der Messfahrzeuge und der Messtechnik sowie die eigentliche Zustandserhebung mit erheblichen Kosten verbunden und äusserst komplex.

Basierend auf der durchgeführten Analyse kann ein Bedarf an neuen innovativen Zustandserhebungsmethoden für die Fahrhahnoberfläche festgestellt werden. Im Idealfall sollten neue Methoden die heute vorhandenen Einschränkungen bzw. negativen Aspekte überwinden.

Si l'on exclut le fait que le relevé exclusif des dégradations de surface ne décrit pas exhaustivement l'état d'une route et ne tient pas compte des caractéristiques déterminantes pour la sécurité, le relevé d'état qui est réalisé visuellement sur place offre néanmoins un potentiel d'optimisation. En effet, le relevé est chronophage et donc inefficace. En outre, la comparabilité de valeurs relevées par différents inspecteurs des routes n'est pas garantie en raison de leur subjectivité. Cette tendance à la subjectivité est en grande partie imputable à la norme VSS 40 925 B qui, en raison de la multiplicité des caractéristiques de dégradation et de la définition floue des niveaux de gravité des caractéristiques de dégradation, offre une certaine marge de manœuvre aux inspecteurs des routes qui réalisent les relevés d'état. Pour terminer, les inspecteurs des routes doivent également prendre en compte les dangers de la circulation lorsqu'ils effectuent ces relevés.

Les relevés d'état des routes nationales et cantonales sont, quant à eux, plus complets et tiennent généralement compte des cinq caractéristiques d'état préablement mentionnées. Des véhicules de mesure rapides et des techniques de mesure correspondantes génèrent automatiquement et simultanément des photos, des vidéos, de même que des profils longitudinaux et transversaux de la surface de la chaussée. Des scanners laser 3D de pointe sont parfois utilisés pour représenter digitalement l'ensemble de la surface de la chaussée et les installations environnantes (p. ex. lampadaires et façades des maisons).

Potentiel élevé d'automatisation des processus

Bien que les données obtenues à l'aide de véhicules de mesure rapides soient générées automatiquement et localisées à l'aide d'un GPS, elles doivent toujours faire l'objet d'une analyse et d'une vérification sous la forme d'une évaluation (semi) manuelle. Il en va de même pour l'analyse proprement dite des données relevées. Par conséquent, l'automatisation des processus cités présente un potentiel élevé. En outre, l'acquisition des véhicules et des techniques de mesure, ainsi que le relevé d'état sont extrêmement coûteux et complexes.

L'analyse réalisée révèle que des méthodes innovantes pour le relevé d'état de la surface de la chaussée sont nécessaires. Dans l'idéal, les nouvelles méthodes devraient surmonter les restrictions et les aspects négatifs actuels.



2 | Vorbereitung zum Drohnenflug auf der Teststrecke in Süderen (BE).

2 | Préparation du survol par le drone du tronçon pilote à Süderen (BE).

Zustandserhebung mittels Drohne

Eine neue bis dato kaum angewendete Methode ist die Zustandserhebung mittels Drohne und die diesbezügliche Nutzung von Orthofotos sowie 3D-Höhenmodellen der Fahrbahnoberfläche. So ist die mit einer Drohne skalierbare und schnelle Aufnahme von grossen Gebieten als vielversprechender Faktor für eine mögliche Zustandserhebung anzusehen.

Damit Aussagen zu den Möglichkeiten hinsichtlich Zustandserhebung bei der Anwendung einer Drohne möglich sind, ist ein Drohnenflug auf einer Teststrecke durchgeführt worden. Als Teststrecke wurde der Abschnitt der Kantonsstrasse zwischen Kreuzweg und Süderen im Kanton Bern mit einer Länge von rund 1 km gewählt. Als Drohne wurde das Modell «eBeeX» der Firma «senseFly» mit entsprechenden Sensoren verwendet. Die Drohne bei der Vorbereitung zur Zustandserhebung auf der Teststrecke ist in Abbildung 2 zu sehen.

Aus dem Drohnenflug resultierte ein zusammengesetztes Orthofoto und ein darauf basierendes 3D-Höhenmodell (Photogrammetrie) des Gebiets mit der Teststrecke. Die Auflösung des Orthofotos entspricht rund 2,6 cm pro Pixel. Die Auflösung ist vom verwendeten Sensor sowie der Flughöhe abhängig und kann die Bestimmung von gewissen Zustandsindika-

Relevé d'état à l'aide d'un drone

Une nouvelle méthode, très peu utilisée jusqu'ici, consiste à effectuer le relevé d'état à l'aide d'un drone et à utiliser les orthophotographies ainsi que des modèles altimétriques 3D de la surface de la chaussée. La prise de vue modulable et rapide de grandes surfaces à l'aide d'un drone peut donc être considérée comme une solution prometteuse pour effectuer un relevé d'état.

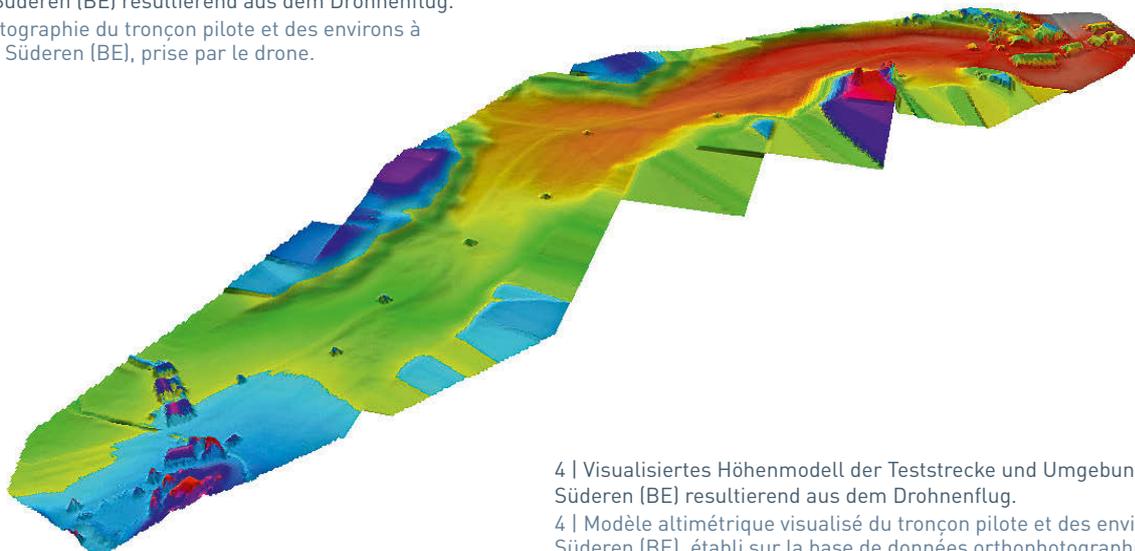
Pour pouvoir tirer des conclusions sur les possibilités de relevé d'état à l'aide d'un drone, un vol a été effectué sur un tronçon pilote. Ce dernier s'étendait sur une portion d'environ 1 km de la route cantonale entre Kreuzweg et Süderen, dans le canton de Berne. L'essai a été réalisé avec un drone «BeeX» de l'entreprise «senseFly» et les capteurs correspondants. La préparation du drone pour le relevé d'état sur le tronçon pilote est visible dans la figure 2.

Le vol du drone a permis de prendre une orthophotographie qui a servi de base à la création d'un modèle altimétrique 3D (photogrammétrie) de la zone du tronçon pilote. La résolution de l'orthophotographie est d'env. 2,6 cm par pixel. Elle dépend du capteur utilisé et de l'altitude de vol, et peut influencer la détermination de certains indicateurs. L'altitude de vol était d'environ 100 m. Les figures 3 et 4 présentent les résultats du vol du drone.



3 | Zusammengesetztes Orthofoto der Teststrecke und Umgebung bei Süderen (BE) resultierend aus dem Drohnenflug.

3 | Orthophotographie du tronçon pilote et des environs à proximité de Süderen (BE), prise par le drone.



4 | Visualisiertes Höhenmodell der Teststrecke und Umgebung bei Süderen (BE) resultierend aus dem Drohnenflug.

4 | Modèle altimétrique visualisé du tronçon pilote et des environs de Süderen (BE), établi sur la base de données orthophotographiques.

toren beeinflussen. Die Flughöhe betrug rund 100 m. In Abbildung 3 und Abbildung 4 sind die genannten Ergebnisse des Drohnenfluges ersichtlich.

Anhand des Orthofotos wurden die Oberflächenschäden auf der Teststrecke bestimmt. Damit eine effiziente, objektive sowie einfache Auswertung möglich ist, wurde allerdings nicht nach Schweizer Methode gemäss Norm VSS 40 925 B vorgegangen, sondern die deutsche Methode gemäss ZTV ZEB-StB^[2] von der Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen (FGSV) wurde angewendet. Die deutsche Methode wird teilweise bereits heute in der Schweiz standardmässig angewendet.

Bei der Anwendung der deutschen Methode wird die Fahrbahnoberfläche mittels eines Flächenrasters in der Breite in drei gleich breite Teilstreifen und in Längsrichtung in Teilabschnitte mit einer Länge von 1 m aufgeteilt. Jedes Teilstück bzw. Rechteck der gerasterten Fahrbahn wird anschliessend auf das Vorhandensein von Schadensmerkmalen (in Deutschland Zustandsmerkmale genannt) hin untersucht. Die Schadensmerk-

Les orthophotographies ont permis de déterminer les dégradations de surface sur le tronçon pilote. Dans un souci d'efficacité, d'objectivité et de simplicité, l'analyse n'a pas été effectuée selon la méthode suisse, conformément à la norme VSS 40 925 B, mais selon la méthode allemande, conformément aux directives ZTV ZEB-StB^[2] de l'Association allemande de recherche sur les routes et les transports (FGSV). Actuellement, la méthode allemande est appliquée de manière standard sur certains réseaux suisses.

À l'aide d'une grille de surface, elle consiste à diviser la surface de la chaussée en trois bandes identiques dans le sens de la largeur et en sections d'un mètre dans celui de la longueur. Chaque section et chaque rectangle de la chaussée quadrillée sont ensuite analysés à la recherche de caractéristiques de dégradation (appelées «caractéristiques d'état» en Allemagne). Les caractéristiques de dégradation de la méthode allemande sont beaucoup moins nombreuses que celles de la norme suisse. Elles englobent les fissures, les réparations localisées, les arrachements, les ouvertures de joints ainsi que les

male sind in ihrer Anzahl weitaus geringer als in der Schweiz und bestehen aus Rissen (RISS), Flickstellen (FLI), Ausbrüchen (AUS), offenen Arbeitsnähten (ONA) und Bindemittelanreicherungen (BIN). Bei einer Länge des Auswertabschnitts von 100 m entspricht ein Teilstück rund 0,33 % der Fläche der Fahrbahn. Die Summe aller Prozentwerte der von einem Schadensmerkmal betroffenen Teilstücke bildet den schlussendlichen, das Schadensmerkmal beschreibenden, Prozentwert.

Die Auswertung des Orthofotos gemäss deutscher Methode erfolgte im Programm «ArcMap» der Firma ESRI. In Abbildung 5 ist ein Ausschnitt des Orthofotos der Teststrecke mit der Auswertung nach deutscher Methodik mit gerasterter Fahrbahn ersichtlich.

Der Vergleich der mithilfe der Drohne und nach deutscher Methodik bestimmten Zustandsdaten mit den bestehenden Zustandsdaten des Kantons Bern zeigt eine grundsätzliche Korrelation. Insbesondere weisen die Auswertabschnitte mit schlechten Zuständen eine gute Übereinstimmung auf.

Nebst den Oberflächenschäden könnten die Daten der Drohnenaufnahme mit Fokus auf das 3D-Höhenmodell auch zur Bestimmung der Längs- und Querebenheit genutzt werden. So ist eine spezifische und für die Bestimmung notwendige Entnahme von Längs- und Querprofilen der Fahrbahnoberfläche ohne weiteres möglich.

Zustandserhebung mittels Smartphone

Unebenheiten in der Fahrbahnoberfläche einer Strasse wirken sich direkt auf das auf einer Strasse fahrende Fahrzeug und dessen Fahrzeugführenden aus. Obschon heutige Fahrzeuge und ihre Fahrge-
stelle sehr gute Federungseigenschaften aufweisen, antwortet ein Fahrzeug dennoch durch Bewegungen in meist vertikaler Richtung auf Unebenheiten. Bei starken Unebenheiten werden Fahrzeuginsassen entsprechend teils regelrecht durchgerüttelt. Dieser Sachverhalt wurde in der durchgeführten Arbeit als mögliches Rückschlusskriterium auf die Längsebenheit einer Fahrbahn genutzt.

So wurde ein Smartphone und dessen Beschleunigungssensor (in allen herkömmlichen Smartphones vorhanden) dazu verwendet, die auftretenden Bewegungen in vertikaler Richtung eines Fahrzeugs während der Fahrt auf einer Strasse aufzuzeichnen. Zur Nutzung des Beschleunigungssensors im Smartphone wurde die App «phyphox» (physical phone experiments) verwendet. Sie wurde am 2. Physikalisches Institut der RWTH Aachen University entwickelt, ist frei zugänglich und ermöglicht die Verwendung von



5 | Auswertung des Orthofotos von der Teststrecke nach deutscher Methodik mit gerasterter Fahrbahn und den vorgefundenen Schadensmerkmalen (in Deutschland Zustandsmerkmale genannt).

5 | Analyse de l'orthophotographie du tronçon pilote selon la méthode allemande avec la chaussée quadrillée et les caractéristiques de dégradation constatées (appelées «caractéristiques d'état» en Allemagne).

remontées de liant. Sur un tronçon analysé de 100 m de long, une section représente environ 0,33 % de la surface de la chaussée. La somme de tous les pourcentages des sections présentant une caractéristique de dégradation correspond au pourcentage final qui permet de décrire la caractéristique de dégradation.

L'analyse de l'orthophotographie selon la méthode allemande a été réalisée par le programme «ArcMap» de l'entreprise ESRI. La figure 5 montre un extrait de l'orthophotographie du tronçon pilote avec l'analyse effectuée selon la méthode allemande de quadrillage de la chaussée.

La comparaison des données d'état relevées à l'aide du drone et analysées selon la méthode allemande avec les données d'état disponibles du canton de Berne montre un lien de corrélation entre ces données, en particulier pour les tronçons présentant de mauvaises valeurs d'état.

Outre les dégradations de surface, les données orthophotographiques pourraient être également utilisées pour déterminer la planéité longitudinale et transversale à l'aide du modèle altimétrique 3D. On pourrait réaliser, directement et spécifiquement, des profils longitudinaux et transversaux de la surface de la chaussée pour déterminer son état.

Relevé d'état à l'aide d'un smartphone

Les défauts de planéité de la surface de la chaussée d'une route ont un impact direct sur le véhicule qui la



6 | Für Beschleunigungsmessungen befestigtes Smartphone an der Frontscheibe des verwendeten Fahrzeuges mit rot dargestellter Messrichtung.

6 | Smartphone fixé au pare-brise du véhicule utilisé pour mesurer les accélérations avec sens de mesure indiqué en rouge.

verschiedensten in einem Smartphone verbauten Sensoren. Zugleich können die gemessenen Sensordaten in geeigneter Form (z.B. Excel) exportiert werden.

Zur Durchführung der Beschleunigungsmessungen auf der Teststrecke wurde ein Apple iPhone SE (2016) verwendet. Der darin enthaltene Sensor ermöglicht eine maximale Messfrequenz von 100 Hz. Um brauchbare Messergebnisse zu erhalten, müssen die Bewegungen vom Fahrzeug direkt auf das Smartphone übertragen werden. Hierfür wurde das Smartphone mit einer Halterung möglichst starr an der Frontscheibe befestigt. In Abbildung 6 ist das für die Messung auf der Teststrecke befestigte Smartphone mit rot dargestellter Messrichtung ersichtlich. Die Messung erfolgte anschliessend an verschiedenen Positionen an der Frontscheibe sowie bei unterschiedlichen Fahrgeschwindigkeiten.

Ein erster einfacher Ansatz zur Auswertung der Messdaten und zur Bestimmung von Unebenheiten auf der Fahrbahnoberfläche ist die Quadrierung der Beschleunigungswerte. Dieser Ansatz ermöglicht eine übersichtliche Darstellung der Messdaten sowie eine Hervorhebung von grossen Beschleunigungswerten und entsprechend von lokal auftretenden starken Unebenheiten. In Abbildung 7 sind die quadrierten Beschleunigungswerte bei einer Geschwindigkeit von 30 km/h für die Position des Smartphones rechts an der Frontscheibe ersichtlich. Eine anschliessende Begehung der Teststrecke zeigte, dass sich an den Stellen mit starken lokalen Beschleunigungswerten Einlaufschächte befanden.

Damit jedoch eine quantitative Aussage betreffend der Ebenheit gemacht werden kann, ist ein quantita-

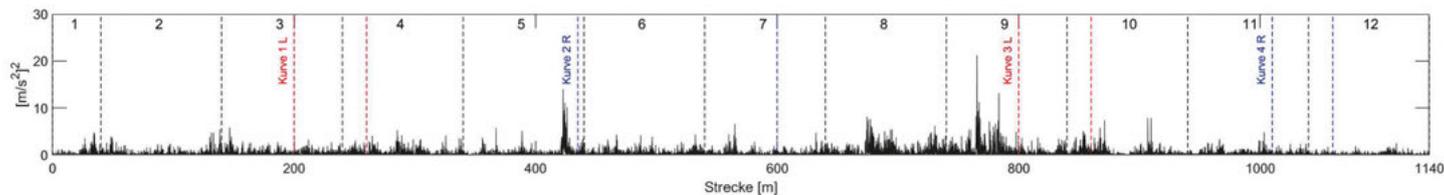
franchit und le conducteur du véhicule. Malgré les excellentes caractéristiques de suspension des châssis des véhicules actuels, un véhicule réagit aux défauts de planéité principalement par des mouvements verticaux. Lorsque ces défauts sont importants, les passagers du véhicule peuvent être littéralement secoués. Cet élément a été intégré dans le travail de Bachelor comme critère possible pour déterminer la planéité longitudinale d'une chaussée.

Un smartphone et son capteur d'accélération (disponible sur tous les smartphones usuels) ont donc été utilisés pour enregistrer les mouvements verticaux d'un véhicule circulant sur une route. L'application «phyphox» (physical phone experiments) a permis d'utiliser le capteur d'accélération du smartphone. Développée au sein du second institut de physique de l'université RWTH d'Aix-la-Chapelle, cette application est librement accessible et permet d'exploiter les différents capteurs installés sur un smartphone. Elle permet également d'exporter les données mesurées par le capteur sous une forme adéquate (p. ex. Excel).

Les mesures d'accélération sur le tronçon pilote ont été effectuées avec un iPhone SE (2016, Apple). Son capteur permet une fréquence de mesure maximale de 100 Hz. Pour obtenir des mesures exploitables, les mouvements du véhicule doivent être directement transmis au smartphone. Celui-ci a donc été posé sur un support fixé solidement au pare-brise. La figure 6 montre le smartphone, utilisé pour la mesure sur le tronçon pilote, fixé au pare-brise avec le sens de mesure indiqué en rouge. La mesure a été effectuée à différentes vitesses de circulation et en positionnant le smartphone à différents endroits du pare-brise.

Une première approche simple pour évaluer les données de mesure et déterminer les défauts de planéité de la surface de la chaussée consiste à élever au carré les valeurs d'accélération. Cette approche permet d'obtenir une représentation claire des données de mesure et de mettre en évidence les valeurs d'accélération importantes et, par voie de conséquence, les défauts de planéité qui apparaissent localement. La figure 7 montre les valeurs d'accélération élevées au carré à une vitesse de 30 km/h avec le smartphone fixé sur le côté droit du pare-brise. Une inspection visuelle du tronçon pilote effectuée par la suite a permis de constater la présence de bouches d'égout aux endroits qui présentaient des valeurs d'accélération locales fortes.

Toutefois, pour pouvoir tirer des conclusions quantitatives sur la planéité, il faut disposer d'une valeur quantitative. Celle-ci a été obtenue en calculant l'inté-



7 | Quadrierte Beschleunigungswerte von Messungen bei 30 km/h für die Position des Smartphones rechts an der Frontscheibe.

7 | Valeurs d'accélération élevées au carré des mesures effectuées à 30 km/h avec le smartphone fixé sur le côté droit du pare-brise.

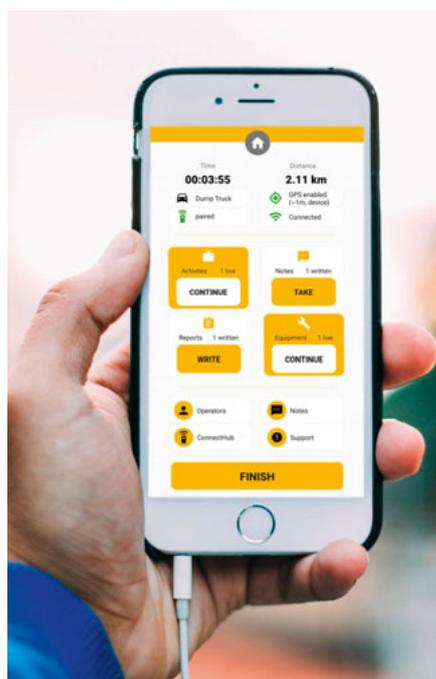
tiver Wert notwendig. Als einfacher Ansatz wurde das Integral über die Zeit, also die Fläche unter der Kurve der Beschleunigungswerte, berechnet. Da gleichermaßen negative wie auch positive Beschleunigungswerte vorhanden sind, wurde das Integral vom jeweiligen Betrag der Beschleunigungswerte berechnet. Der Vergleich der Integralwerte mit den bereits bestehenden Zustandsdaten des Kantons Bern zeigt, dass in den Abschnitten der Teststrecke mit hohen Integralwerten auch effektiv schlechte Längsebenenwerte vorhanden sind und umgekehrt. Der Vergleich weist entsprechend auf eine Korrelation hin.

grale dans le temps, c'est-à-dire, la surface sous la courbe des valeurs d'accélération. Comme les valeurs d'accélération existantes sont aussi bien négatives que positives, l'intégrale a été calculée à partir de la somme correspondante des valeurs d'accélération. La comparaison des valeurs intégrales et des données d'état déjà disponibles du canton de Berne montre que les sections du tronçon pilote présentant des valeurs intégrales élevées affichent effectivement de mauvaises valeurs de planéité longitudinales et inversement. La comparaison indique donc un lien de corrélation.

Anzeige

boschung

bMoves



Alles unter Kontrolle – Zeit für bMoves!

bMoves, die brandneue Vor-Ort-Management-Software, die Ihnen Übersicht, Effizienz und Kostenreduzierung bietet.

- Wertvolle Erkenntnisse über Ihr Unternehmen gewinnen
- Optimierung Ihrer Vor-Ort-Aktivitäten
- Steigerung der Effizienz
- Automatische Fahrzeug-Integration
- Benutzerdefinierte Rapporte erstellen und exportieren

Du changement en vue - bMoves!

bMoves, la nouvelle solution de gestion des opérations de terrain vous offrant renseignements, efficacité et réduction des coûts.

- Obtenez des informations essentielles de votre organisation
- Optimisez vos activités sur le terrain
- Améliorez votre efficacité
- Intégration automatique des véhicules
- Exportez des données personnalisées

www.boschung.com

Legen Sie gleich los,
es kostet nichts!



Commencez de suite,
c'est gratuit!

bmoves.com

Diskussion und Fazit

Die Zustandserhebung mittels Drohne zeichnet sich als kostengünstig und effizient aus. So kann in kurzer Zeit ein grosses Gebiet abgeflogen und dementsprechend visuell aber auch messtechnisch für die Auswertung zur Verfügung gestellt werden. So könnte beispielsweise eine Gemeinde ihr gesamtes Strassennetz in kürzester Zeit erheben und im Anschluss unabhängig von der Witterung auswerten.

Die Auswertung der Orthofotos auf das Vorhandensein von Oberflächenschäden auf der Teststrecke zeigt deutlich die Vorteile bei der Anwendung der deutschen Methodik. So kann in kurzer Zeit und zugleich objektiv eine Aussage zum Zustand der Fahrbahnoberfläche gemacht werden. Zudem ist die Auswertung dahingehend effizient, da sobald das Auswertraster definiert ist, neue Orthofotos von neuen Zustandserhebungen einfach daruntergelegt werden können. Eine direkte Vergleichbarkeit ist dementsprechend gewährleistet. Des Weiteren bietet die Methodik ein grosses Potenzial für eine automatisierte Bildanalyse. Entsprechend ist eine geeignete Implementierung und Standardisierung der deutschen Methodik in der Schweiz zu prüfen.

Als negative Aspekte bei der Zustandserhebung mittels Drohne sind vordergründig die Gebiete mit Einschränkungen für Drohnenflüge (z.B. in der Nähe von Flugplätzen gilt ein Drohnenflugverbot), die Abhängigkeit gegenüber der Witterung (bei Regen und Wind kann nicht geflogen werden) und die notwendige Technik sowie das Fachwissen zu nennen.

Die Zustandserhebung mittels Smartphone könnte in Zukunft ein einfaches und kostengünstiges Werkzeug zur Bestimmung einer genäherten Ebenheit in Längsrichtung darstellen und beispielsweise Gemeinden dienen, die heute aus Kostengründen in erster Linie visuelle Zustandserhebungen durchführen. Ausserdem könnte die dargelegte Methode allenfalls mithilfe von Fahrzeugen des öffentlichen Verkehrs (z.B. Postauto) durchgeführt werden und so eine kontinuierliche und noch kostengünstigere Zustandserhebung ermöglichen. Bei mehreren Messdaten von der gleichen Strecke könnte mit geeigneter Software ein kontinuierlicher Abgleich der Daten erfolgen. Dies würde eine gewisse Richtigkeit der Messdaten gewährleisten.

Als negative Aspekte bei der Zustandserhebung mittels Smartphone sind vordergründig die Abhängigkeit der Daten gegenüber der Fahrgeschwindigkeit, die Beeinflussung der Daten aufgrund von Anfahr- und Bremsmanöver und die Abhängigkeit der Daten gegenüber des verwendeten Fahrzeugs (unterschied-

Discussion et conclusion

Le relevé d'état réalisé à l'aide d'un drone s'avère une solution avantageuse et efficace. En effet, une surface très étendue peut être survolée en peu de temps et les données correspondantes peuvent être mises à disposition pour une analyse visuelle et métrologique. On pourrait par exemple effectuer un relevé très rapide de l'ensemble du réseau routier d'une commune et l'analyser ultérieurement, indépendamment des conditions météorologiques.

L'analyse des orthophotographies à la recherche de dégradations de surface sur le tronçon pilote montre clairement les avantages de la méthode allemande. Celle-ci permet de tirer rapidement des conclusions objectives sur l'état de la surface de la chaussée. En outre, l'analyse est efficace dans la mesure où elle permet, une fois la grille d'évaluation définie, de superposer aisément les orthophotographies de nouveaux relevés d'état. La comparabilité directe est donc garantie. En outre, la méthode présente un vaste potentiel pour l'analyse automatisée des images. Par conséquent, il convient de déterminer si une implémentation et une standardisation de la méthode en Suisse seraient appropriées.

Les aspects négatifs liés aux relevés d'état réalisés avec un drone concernent en premier lieu les zones soumises à des restrictions de survol (p. ex. interdiction de survol à proximité des aérodromes), la dépendance vis-à-vis des conditions météorologiques (impossible de voler en cas de pluie et de vent) ainsi que la technologie et les connaissances spécialisées requises.

À l'avenir, le relevé d'état à l'aide d'un smartphone pourrait devenir un outil simple et avantageux pour déterminer la planéité longitudinale approximative et être utilisé p. ex. par les communes qui réalisent actuellement, pour des questions de coûts, principalement des relevés d'état visuels. En outre, la méthode décrite pourrait être éventuellement mise en œuvre dans des véhicules des transports publics (p. ex. car postal), et ainsi permettre un relevé d'état continu à des coûts encore plus avantageux. Un logiciel adéquat pourrait comparer en continu les différentes données de mesure d'un même tronçon et ainsi garantir une certaine exactitude des données.

Les aspects négatifs liés aux relevés d'état réalisés avec un smartphone concernent en premier lieu l'influence de la vitesse de circulation, des manœuvres de démarrage et de freinage ainsi que du type de véhicule utilisé (différentes caractéristiques de suspension) sur les données. S'agissant du type de véhicule,

liche Federungseigenschaften) zu nennen. Letzteres ist nur problematisch bei Verwendung von mehreren verschiedenen Fahrzeugen und könnte mit geeigneten Kalibrierungsfaktoren einfach gelöst werden.

Abschliessend kann festgehalten werden, dass ein genereller Bedarf an einfachen und günstigen Zustandserhebungsmethoden besteht. Dieser Bedarf wird allerdings teilweise durch die heutige in der Schweiz vorhandene Normierung eingeschränkt. So bietet der heute technische Fortschritt weitaus mehr Möglichkeiten zur Zustandserhebung als die Normierung vorsieht. Damit die Fülle der Möglichkeiten im Bereich der Zustandserhebung genutzt werden kann, sind die Normen zusammen mit dem technischen Fortschritt zu erweitern bzw. anzupassen.

Quellen

- [1] Erhaltungsmanagement der Fahrbahnen (EMF), Anleitung zur visuellen Zustandserhebung und Indexbewertung mit dem Schadenkatalog, VSS 40 925 B:2019.
- [2] Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen (FGSV), Hrsg., FGSV 489. ZTV ZEB-StB Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien zur Zustandserfassung und -bewertung von Strassen. Köln: FGSV Verlag, 2006.

le problème se pose uniquement si plusieurs véhicules différents sont utilisés et pourrait être résolu simplement avec des facteurs de calibrage appropriés.

En conclusion, on constate qu'il existe un besoin général de méthodes simples et à des coûts avantageux pour effectuer les relevés d'état. Cependant, ce besoin est en partie freiné par la normalisation qui existe actuellement en Suisse. En effet, le progrès technique actuel offre bien plus de solutions pour réaliser des relevés d'état que la normalisation. Pour pouvoir utiliser les nombreuses méthodes de réalisation des relevés d'état, les normes doivent être étendues et adaptées aux évolutions technologiques.

Anzeige

CECABASE® RT Bio 10

Für temperaturabgesenkte Asphalte

- Verkehrsfreigabe bereits nach 5 Stunden
- Reduzierte CO₂ und NO_x-Emission
- Verbessert und verlängert die Verarbeitbarkeit von Asphalt
- Geringere Energiekosten

- Auf Basis regenerativer Rohstoffe
- Hohe Umweltverträglichkeit
- Sehr gut rezyklierbar

Pavono AG

Schwimmbadstrasse 35
CH-5430 Wettingen

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

DER UMWELT ZULIEBE



Bild: BernerZeitung

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

pavono

Neu publizierte Forschungsberichte

An dieser Stelle veröffentlichen wir die Zusammenfassungen der neu erschienenen Forschungsberichte. Sie können sie unter www.mobilityplatform.ch bestellen.

Forschungspaket «Auswirkungen des automatisierten Fahrens»

Erkenntnisse und Massnahmen aus Sicht des ASTRA

FORSCHUNGSBERICHT NR. 1691

Forschungsprojekt ASTRA 2017/004 auf Antrag des Bundesamts für Strassen (ASTRA)

Forschungsstelle und Projektteam

Paketleitung

Hauke Fehlberg, Sigrid Pirkelbauer

Die Digitalisierung wird die Mobilität grundlegend verändern. Das vernetzte automatisierte Fahren dürfte dabei einen besonderen Einfluss ausüben. Daher hat das Bundesamt für Strassen (ASTRA) von 2016 bis 2020 ein Forschungsprogramm unter dem Titel «Auswirkungen des automatisierten Fahrens» durchgeführt.

Anhand von Szenarien wurden die Auswirkungen auf die Verkehrsnachfrage und die Strasseninfrastruktur, den Umgang mit Daten, neue Verkehrsangebote, den Mischverkehr sowie auf den Raum abgeschätzt. Die Ergebnisse der Forschungsstellen wurden in sechs Fachberichten publiziert. Das ASTRA hat basierend darauf die Schlussfolgerungen für das künftige Handeln aus Sicht der Strassenbehörde des Bundes gezogen.

Die Ergebnisse zeigen, dass die Nutzung automatisierter Fahrzeuge beträchtliche Chancen, aber auch Risiken aufweist. Was überwiegt, hängt stark davon ab, ob die Fahrzeuge vorwiegend kollektiv oder individuell genutzt werden.

Zentrale Erkenntnisse waren, dass

- die Flottendurchdringung mit automatisierten Fahrzeugen länger dauert als bisher erwartet,
- diese Fahrzeuge zu beträchtlichem Mehrverkehr und zu länger andauerndem risikoreichem Mischverkehr führen können,
- die Engpässe im übergeordneten Strassennetz trotz einiger Effizienzsteigerungen bestehen bleiben,
- neue Formen kollektiver Mobilitätsangebote Chancen bieten – dem «klassischen» öffentlichen Verkehr daraus aber starke Konkurrenz erwächst,
- Pooling von Reisenden an Bedeutung gewinnt,
- zusätzliche Daten Perspektiven für das Verkehrsmanagement bieten und dass
- automatisiertes Fahren kein namhafter Treiber für eine weitere Zersiedelung sein dürfte.

Verlässliche Aussagen über die Wirkungen von automatisierten Fahrzeugen sind zum heutigen Zeitpunkt kaum möglich und die erwartete Entwicklung ist sehr dynamisch. Deshalb sieht es das ASTRA als notwendig an, möglichst agil zu handeln und die getroffenen Annahmen periodisch zu überprüfen.

Das ASTRA sieht fünf vordringliche Handlungsfelder, in denen Politik und Behörden aktiv werden sollten:

- die Einführung automatisierter Fahrzeuge ermöglichen,
- den sicheren Umgang mit Mischverkehr ermöglichen und die Mischverkehrsphase verkürzen,
- eine kollektive Nutzung von automatisierten Fahrzeugen fördern und diese ins Gesamtverkehrssystem integrieren,

Rapports de recherche nouvellement publiés

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

- eine effiziente Nutzung der Verkehrsflächen sicherstellen und
- die neuen Angebotsformen zur Stärkung des klassischen öffentlichen Verkehrs nutzen.



Forschungspaket «Auswirkungen des automatisierten Fahrens» Teilprojekt 1: Nutzungsszenarien und Auswirkungen

FORSCHUNGSBERICHT NR. 1681

Forschungsprojekt ASTRA 2017/007 auf Antrag des Bundesamts für Strassen (ASTRA)

Forschungsstelle und Projektteam

Rapp Trans AG

Bernhard Oehry (Projektleitung),
Dr. Jörg Jermann, Simon Bohne

INFRAS

Roman Frick, Lutz Ickert, Anne Greinus

KIT ITAS

Jens Schippl, Torsten Fleischer, Max Reichenbach

Mobilitätsakademie AG

Dr. Maik Hömke

Automatisiertes Fahren (AF) wird das Verkehrssystem über die nächsten Jahrzehnte hinweg nachhaltig verändern. Die Entwicklung wird dabei stark durch die technologischen Fortschritte beeinflusst. Die damit verknüpften Herausforderungen erscheinen nach Aussagen der meisten Experten lösbar. Häufig findet sich jedoch kein Bezug zu der rechtlichen und infrastrukturellen Situation, zu konkreten Anwendungen oder den Rahmenbedingungen in der Schweiz. Das Forschungspaket

«Auswirkungen des automatisierten Fahrens» schliesst diese Lücken für fünf ausgewählte Bereiche: Infrastrukturbedarf, Datenbedarf, Angebotsformen, Mischverkehr und räumliche Wirkungen. Diese Sektoren wurden in fünf Teilprojekten behandelt. Das Teilprojekt 1 «Nutzungsszenarien und Auswirkungen» stellt die formelle und materielle Klammer um die thematischen Teilprojekte dar. Es stellt Grundlagen zur Bearbeitung der Teilprojekte zusammen und nutzt deren Erkenntnisse, um die sektoralen Wirkungen zu synthetisieren, Herausforderungen zu analysieren und den Handlungsbedarf für Politik und Regulator abzuleiten.

Aus der Forschungsperspektive heraus lassen sich folgende Empfehlungen für zukünftige Handlungsansätze zusammenfassen:

- Die Gestaltung der Rahmenbedingungen, die eine möglichst verträgliche Einführung und Verbreitung von AF ermöglichen und negativen Folgen durch AF vorbeugen, sollte im Vordergrund stehen. Wichtig ist, die kollektiven Nutzungen des AF so attraktiv wie möglich zu gestalten.
- Vordergründig sollte bei der Umsetzung von Massnahmen der Zustand des Mischverkehrs und die heterogenen Anforderungen der verschiedenen Verkehrsteilnehmer, u.a. auch des Fuss- und Veloverkehrs, berücksichtigt werden.
- Zentrale Bedeutung kommt der Flächenverwendung und dem Umgang mit der begrenzten Infrastruktur zu. Ziel des Bundes sollte die Förderung von möglichst ganzheitlichen Konzepten für Räume und die abgestimmte Umsetzung der Massnahmen auf kantonaler und städtischer Ebene sein.
- Eine wichtige Voraussetzung zur Vorbereitung der Umsetzung stellen systematische und grossräumige Pilotierungen dar.

Die Ergebnisse des Forschungspakets dienen als Grundlage, die wichtigsten Herausforderungen zeitnah anzugehen.

Forschungspaket «Auswirkungen des automatisierten Fahrens»

Teilprojekt 2: Verkehrliche Auswirkungen und Infrastruktur- bedarf

FORSCHUNGSBERICHT NR. 1683

Forschungsprojekt ASTRA 2018/002
auf Antrag des Bundesamts für
Strassen (ASTRA)

Forschungsstelle und Projektteam

ETH Zürich

Prof. Dr. Kay W. Axhausen (Projekt-
leitung), Clarissa Livingston, Sebastian
Hörl

EBP Schweiz AG

Frank Bruns (Projektleitung), Remo
Fischer, Bence Tasnády

Das automatisierte Fahren (AF) hat das Potenzial, die Mobilität und den Verkehr grundlegend zu verändern. Das Ziel des Teilprojekts 2 des Forschungsprojekts «Auswirkungen des automatisierten Fahrens» war es, die möglichen positiven und negativen Auswirkungen des AF auf das schweizerische Verkehrssystem, insbesondere dessen Strasseninfrastruktur, zu identifizieren und möglichst konkret zu quantifizieren.

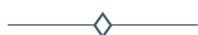
In dieser Untersuchung wurden die Verkehrsmittelwahl, die Routenwahl und die Wahl von Abfahrtszeiten simuliert. Dazu wurde die «eqasim»-Implementation des agentenbasierten Verkehrsmodell MATSims verwendet. Es wurden drei Szenarien, eins ohne und zwei mit AFz erstellt und jeweils für die Jahre 2020, 2030, 2040 sowie 2050 simuliert. Bevölkerungswachstum und demografische Veränderungen wurden berücksichtigt. Die zwei Szenarien mit AFz, namentlich Szenario A und B, unterscheiden sich ausschliesslich hinsichtlich des angenommenen Privatfahrzeugbesitzes bzw. des Zugangs zu einem Privatfahrzeug. In Szenario A haben anteilmässig gleich viele Verkehrsteilnehmende Zugang zu einem Privatfahrzeug wie im Grundzustand 2020. In Szenario B hingegen sinkt der Zugang zum einem Privat-

fahrzeug erheblich. Es wurden auch Sensitivitätsanalysen durchgeführt, die die Sensitivität des Modells hinsichtlich des ÖV-Preises sowie die Zeitwerte, den Kapazitätserhöhenden Effekt und den Durchdringungsgrad im Automobilmarkt der AFz untersucht haben. Auf Basis der Simulationen wurden anschliessend Engpässe auf den Nationalstrassen dahingehend untersucht, ob sich diese mit AFz verändern. Das Verfahren zur Engpassanalyse entspricht demjenigen des Strategischen Entwicklungsprogramms Nationalstrassen des Bundes (STEP-NS).

Generell gilt, dass die Kapazitätserhöhende Wirkung von AFz aus dem geringeren raumzeitlichen Platzbedarf bereits durch die Nachfrageeffekte (Verkehrsmittelverlagerungen, Leerfahrten der automatisierten Taxis) mindestens teilweise wieder kompensiert werden. Zu berücksichtigen ist, dass Leerfahrten privater AFz, Veränderungen der Wohn- und Arbeitsstandorte sowie Zielwahländerungen infolge des AF nicht simuliert wurden, weil keine ausreichend detaillierten und quantitativen Daten zu solchen Entscheidungsprozessen zur Verfügung standen. Damit wird der Nachfrageeffekt unterschätzt.

Bei vielen Engpässen sind Veränderungen der Engpassstufen erst zu erwarten, wenn die Kapazitätswirkungen von AFz höher ausfallen würden und die Durchdringung der Fahrzeugflotte mit AFz maximal ist. Aber selbst für das Szenario B mit hundertprozentiger Automatisierung der Fahrzeugflotte und einem Kapazitätsgewinn von 50% je AFz sinken die leistungsrelevanten Verkehrsbelastungen (in PWE) aufgrund der Mehrnachfrage nur um ca. 10%, was maximal einer Reduktion um eine Engpassstufe bedeutet. Bei einem allgemeinen Bevölkerungswachstum und gegenüber heute ähnlichen Mobilitätsbedürfnissen wird dieser Effekt nach einigen Jahren wieder aufgesogen sein.

AFz könnten – sofern die eher optimistischen Annahmen bezüglich ihres



raumzeitlichen Platzbedarfs gelten – Verkehrsengpässe mindern, durchschnittliche Reisezeiten senken und Reisekomfort sowie Nutzen für Verkehrsteilnehmende erhöhen. Dies gilt allerdings nur, wenn auch der Privatfahrzeugbesitz drastisch zurückgeht. AFz werden – auch mit einem drastischen Rückgang im Privatfahrzeugbesitz – sehr wahrscheinlich zu einer deutlichen Zunahme der Fahrleistung auf der Strasse führen. Das wäre für Umwelt, Anwohnerinnen und Anwohner sowie schwächere Verkehrsteilnehmende eher schädlich. Besonders die Stadt würde im ersten Sinne profitieren können und im zweiten Sinne leiden müssen. Deshalb wird es in Zukunft umso wichtiger sein, Massnahmen zu treffen, die den Umweltverbund stärken und den Privatfahrzeugbesitz unattraktiver machen. Da sich die Effekte des AF nach Regionen unterscheiden werden – besonders stark ist der Kontrast zwischen Stadt und Land – müssen Massnahmen regional angepasst werden.



Forschungspaket «Auswirkungen des automatisierten Fahrens» Teilprojekt 3: Umgang mit Daten

FORSCHUNGSBERICHT NR. 1694
Forschungsprojekt ASTRA 2018/003
auf Antrag des Bundesamts für
Strassen (ASTRA)

Forschungsstelle und Projektteam

Roland Müller Küssnacht AG
Dr. Christian Heimgartner (Projektleitung), Dr. Stefan Lämmer, Angelo Orlando, Timo Paulsen, Dr. Markus Rausch

Baetznor Metropolitan
Arnd Bätzner

Rupprecht Consult GmbH
Dr. Wolfgang Backhaus, Dr. Bernard Gyergyay

Anwaltskanzlei Kohli
Thomas Kohli

Das Projekt untersucht, welche Daten in einem digitalisierten und vernetzten Verkehrssystem entstehen, und ana-

lysiert Stärken und Schwächen aus der Verfügbarkeit dieser Daten und dem Umgang mit ihnen in einem mehrdimensionalen Verständnis, das zugrunde liegende und assoziierte Datenmodelle, Datenprozesse, Inhaber, Nutzer und Zeitbezug umfasst.

Betrachtet werden spezifische Treiber und Akteure dieser Digitalisierung, bestehende und neue Standards, technische Evolution und Erwartungen an neue Technologien. Aufsetzend auf den gesellschaftlichen und technischen Anforderungen werden Datenquellen, Datenzugänge und dazwischen ablaufende Datenprozesse identifiziert und funktional eingeordnet. Sich ergebende Funktionalitäten und Wirkungsmöglichkeiten bilden die Basis für Handlungsansätze. Darauf aufbauend werden Handlungsempfehlungen in technischer, regulatorischer und finanzieller Hinsicht formuliert:

Zur Sicherung des Datenzugangs müssen Schweizerische Behörden in internationalen C-ITS-Gremien und Forschungsprojekten mitwirken. Beim Datenzugangsrecht ist eine Berücksichtigung bestehender Geschäfts- und Preismodelle vorzusehen. Aufsichtsgremien überwachen Datenqualität und Sicherheitsaspekte, Datenzugang, KI, ML und verbundene Fahrzeugzulassung. Ein uneingeschränkter Zugang bedarf staatsvertraglicher Grundlagen.

Behörden, Wissenschaft und Industrie betrachten beim Datenschutz dichotome Datensystem-Architekturen, die Behörden und Dritten unabhängig Zugang zu beidseits Nutzen stiftenden Daten bieten. Daten sind sparsam zu erheben und früh zu aggregieren, damit kein Personenbezug hergestellt werden kann.

Systeminstabilitäten eines integralen Verkehrsmanagements sind auf Basis virtueller und realer Tests zu analysieren. Das AF-Ökosystem ist in Planungsinstrumenten mit zu berücksichtigen.

Kooperative Finanzierungsmodelle erlauben eine adäquate Auslagerung

von Risiken öffentlicher Infrastrukturprojekte an den privaten Sektor. Zur Sicherung der Güte von Daten sind technische und regulatorische Massnahmen für datenbasierte Geschäftsmodelle zu erarbeiten.

Im öffentlichen Beschaffungswesen soll der vernetzten Natur nachhaltiger Verkehrslösungen Rechnung getragen werden. Innovationsförderung ist durch den Bund in Interaktion mit Kantonen und Gemeinden zu erarbeiten, wobei eine Kultur des Austestens etabliert und die Zusammenarbeit zwischen Behörden, Wissenschaft und dem privaten Sektor gefördert wird.



Forschungspaket «Auswirkungen des automatisierten Fahrens»

Teilprojekt 4: Neue Angebotsformen

FORSCHUNGSBERICHT NR. 1692
Forschungsprojekt ASTRA 2018/004
auf Antrag des Bundesamts für
Strassen (ASTRA)

Forschungsstelle und Projektteam

Rapp Trans AG
Dr. Jörg Jermann (Projektleitung), Michael Steinle, Artur Luisoni, Simon Bohne, Nina Schweizer, Thomas Schmid

In den nächsten Jahren und Jahrzehnten wird sich der Verkehr auf den Strassen stark wandeln. Automatisierte Verkehrsmittel gewinnen mehr und mehr an Bedeutung. Der Forschungsbericht Nr. 1692 geht den Fragen nach, welche neuen automatisierten Angebotsformen nach Zeitschritten (2020, 2030, 2040, 2050) entstehen könnten, wie diese aus Nutzersicht bewertet werden können und welche sich tendenziell verstärkt am Markt durchsetzen könnten.

Anhand eines morphologischen Kastens mit 23 Angebotsparametern wurden 15 Angebotsformen für den Personen- und 11 Angebotsformen für

den Güterverkehr entwickelt. Zu diesen wurden Aussagen zu deren Reifepfad, zu deren Beitrag zur Erreichung verkehrspolitischer Ziele sowie zu den Voraussetzungen zu deren Markteinführung formuliert. In einem zweiten Schritt erfolgte über ein mehrstufiges Bewertungsverfahren aus Nutzersicht Aussagen über mögliche Nutzungsanteile bzw. Nutzerpotenziale pro Zeitschritt und für zwei betrachtete Szenarien.

Gemäss dem Fokus der Studie beziehen sich die Nutzungspotenziale auf die Gesamtheit der «automatisierbaren» Verkehre. Darin entwickelt sich der Automatisierungsgrad der betrachteten Angebotsformen über die analysierten Zeitschritte von 5 % in 2020 auf fast 100 % in 2050. Als erste automatisierte Angebotsformen zeigen individuell nutzbare Kleinfahrzeuge (Pods) ein Nutzungspotenzial. Erst in den letzten Zeitschritten erreichen grossräumige Fahrzeug-Typen ihre Entfaltung.

Als verheissungsvollste Angebotsform zeigt sich eine automatisierte Form des heutigen Car-Sharing-Angebots. Allgemein erschliessen Angebotsformen auf der Basis von Personenwagen oder Vans in allen Zeitschritten namhafte Nutzerpotenziale. Automatisierte ÖV-Angebotsformen erreichen unterschiedliche Anteile: Während die Gunst bei den kleineren Fahrzeug-Typen hoch ist, rangiert der automatisierte ÖV-Linienbus auf dem letzten Platz. Doch auch die automatisierte Version des heutigen privaten PW verliert an Gunst. Es zeigt sich allgemein eine Tendenz weg von rein privat genutzten oder grossen kollektiv genutzten Angebotsformen hin zu individueller nutzbaren geteilten Angebotsformen.



Forschungspaket «Auswirkungen des automatisierten Fahrens»

Teilprojekt 5: Mischverkehr

FORSCHUNGSBERICHT NR. 1684

Forschungsprojekt ASTRA 2018/005 auf Antrag des Bundesamts für Strassen (ASTRA)

Forschungsstelle und Projektteam

TU München, Lehrstuhl für Verkehrstechnik

Prof. Dr.-Ing. Fritz Busch (Projektleitung), Sabine Krause, Fabian Fehn

Gruner AG, Abteilung Verkehrsplanung, Verkehrstechnik

Marco Richner (Projektleitung), Stefan Armbruster, Dr.-Ing. Thomas Winzer

Im Zusammenhang mit dem automatisierten Fahren stellen sich zentrale Fragen bezüglich der zeitlichen und räumlichen Durchdringung automatisierter Fahrzeuge (AF) sowie den Anforderungen an die Infrastruktur in Abhängigkeit der Durchmischung von automatisierten und konventionellen Fahrzeugen (Mischverkehr). Unter Berücksichtigung der Charakteristik der Schweizer Fahrzeugflotte wurde mithilfe modellierter Migrationsszenarien die zukünftige (bis 2050) Durchdringung der Flotte mit AF prognostiziert. Neben dem daraus resultierenden Flottenmodell ist die Freigabe der Strassen für AF im Hinblick auf die Sicherheit und Funktionsfähigkeit des Verkehrssystems von zentraler Bedeutung. Unter Berücksichtigung der massgebenden Faktoren zeigt sich, dass eine gestaffelte Freigabe der unterschiedlichen Strassentypen, beginnend mit den Hochleistungsstrassen, über alle städtischen Strassen und abschliessend mit den verbleibenden Strassen Hauptverkehrsstrassen (ausserorts) wahrscheinlich und anzustreben ist. Neben der gestaffelten Strassenfreigabe spielen der Anteil von AF und Sharing-AF in der Flotte für die zukünftige Verkehrsentwicklung eine wichtige Rolle. Diese wird anhand von Szenarien bis 2050 untersucht und beurteilt. Beim sog. Extremszenario «Pro Sharing» ist der AF-Anteil an der gesamten Flotte gegenüber einem eher konservativen

Trendszenario rund doppelt so hoch, was die Bandbreite der möglichen Entwicklung aufzeigt. Der höhere AF-Anteil ergibt sich in diesem Szenario u.a. durch eine schnellere Ablösung der konventionellen Fahrzeuge aufgrund von mehr Sharing-Nutzungen.

Ergänzend zu der Durchdringung der AF wurde auch deren Auswirkung auf die Sicherheit und die Funktionsfähigkeit analysiert. Bzgl. Sicherheit zeigt sich, dass basierend auf einer Auswertung der Unfälle auf Schweizer Strassen zwischen 2010 bis 2017 ein überwiegender Teil (96 %) der heutigen Unfälle durch eine Automatisierung der Fahraufgabe adressiert werden kann. In Anbetracht, dass auch AF-induzierte neue Unfälle hinzukommen können, stellt die Reduktion der Unfälle mit 96 % ein als maximal zu bezeichnendes Vermeidungspotenzial dar.

Die Funktionsfähigkeit des Verkehrssystems wurde auf Basis von Indikatoren untersucht und anhand von drei unterschiedlichen Pilotstrassen die zukünftigen regulatorischen, betrieblichen und infrastrukturellen Anforderungen abgeleitet. Die daraus resultierenden Handlungsempfehlungen konnten den einzelnen Strassentypen und Akteuren zugeordnet werden. Übergeordnet zeigt sich dabei insbesondere die Problematik des Mischverkehrs. Solange dieser vorhanden ist, kann das AF-induzierte Potenzial (z.B. Reduktion der Fahrstreifenbreiten) nur sehr bedingt ausgeschöpft werden.



Forschungspaket «Auswirkungen des automatisierten Fahrens»

Teilprojekt 6: Räumliche
Auswirkungen

FORSCHUNGSBERICHT NR. 1680

Forschungsprojekt ASTRA 2018/006
auf Antrag des Bundesamts für
Strassen (ASTRA)

Forschungsstelle und Projektteam

ZHAW Zürcher Hochschule für
Angewandte Wissenschaften
Dr. Andrea Del Duce (Projektleitung),
Thomas Trachsel, Raphael Hoerler

Ziel des Projektes war es zu analysieren, inwiefern automatisiertes Fahren Raumeffekte und insbesondere Zersiedlungseffekte verursachen könnte und welche Massnahmen in der Schweiz diesbezüglich getroffen werden könnten. Eine der Hauptthesen hinter dieser Fragestellung ist, dass die aktive Zeitnutzung beim automatisierten Fahren die Zeitwahrnehmung von Nutzern verändern könnte. Dadurch könnten zukünftig Nutzer längere Wege in Kauf nehmen und den Wohnort in ländliche Regionen verlegen, wo typischerweise die Preise von Wohnungen und Häusern günstiger sind. Darüber hinaus wurden auch mögliche Auswirkungen im Freizeit- und Güterverkehr analysiert.

Die Ergebnisse des Projekts zeigen, dass aufgrund von Komfortaspekten und der typischen Länge, Dauer und Autobahnanteile der Schweizer Strecken eine radikale Änderung der Zeitwahrnehmung durch die aktive Zeitnutzung beim automatisierten Fahren unwahrscheinlich ist. Somit wird automatisiertes Fahren, welches in dieser Hauptthese im Rahmen einer Weiterführung des heutigen monomodalen und autozentrischen Systems eingesetzt wird, nicht als ein dominanter Treiber für Zersiedlung betrachtet. Das soll nicht heissen, dass die Attraktivität vom automatisierten Fahren in Frage gestellt wird. Die Möglichkeit am Wunschort abgeholt zu werden und sich zum Beispiel nicht

um das Parken kümmern zu müssen, sind auf jeden Fall Aspekte, die das automatisierte Fahren extrem attraktiv machen könnten. In erster Linie deutet dies aber mehr auf ein höheres Verkehrsaufkommen auf der Strasse als auf Raumeffekte hin.

Es braucht also innovative Mobilitätskonzepte, die den Fussgänger- und Langsamverkehr, die Mikromobilität sowie automatisierte Fahrzeuge und den öffentlichen Verkehr in einer Art und Weise verknüpfen, dass ein rasches und komfortables Umsteigen ermöglicht und die Offenheit der Schweizer Bevölkerung bezüglich multimodaler, kollektiver und ÖV-zentrierter Systeme gestärkt wird. Hierbei handelt es sich um eine Transformation, die von einer stärkeren Entwicklung in Richtung verdichteter Siedlungsstrukturen profitieren würde.



Long-term behaviour of externally bonded reinforcement under sun radiation

FORSCHUNGSBERICHT NR. 701

Forschungsprojekt AGB 2016/003
auf Antrag Arbeitsgruppe Brücken-
forschung (AGB)

Forschungsstelle und Projektteam

Empa, Swiss Federal Laboratories for
Materials Sciences and Technology
Dr. Christoph Czaderski (Projektleitung),
Dr. Matteo Breveglieri

Bridges are structures, which during their lifetime, may require significant structural interventions to comply with new traffic conditions. Furthermore, bridges are subjected to ageing and occurrence of damages, as for example corrosion of the reinforcement. For the mentioned reasons strengthening intervention must be carried out with higher frequency. Beyond the conventional materials, as concrete and steel, carbon fibre reinforced polymers (CFRP) can be used for strengthening purposes because they are light, have easy han-

dling, no corrosion problems and high tensile strength.

CFRP strips are bonded to the concrete surface with a two-component epoxy adhesive. If these are used under a asphalt pavement, temperatures of up to 40-50°C can be achieved in the adhesive in summer days with strong solar radiation. Furthermore, during the construction process (mastic asphalt application) temperatures can even reach 70-80°C. Therefore, it has to be clarified whether the epoxy adhesives can soften at these temperatures, which would have the effect of reducing the reinforcing effect of the CFRP strips. What is more, if the CFRP strips are prestressed, the prestressing force could be reduced due to the softening of the epoxy adhesive, which could reduce their effectiveness and lead to debonding.

In the precursor ASTRA research project AGB 2012/001 «Temperature Resistance and Durability of CFRP – Adhesive Reinforcements in Bridge Construction», the occurring temperatures in the epoxy adhesive in such structures were measured. Furthermore, the durability of nonprestressed and pre-stressed CFRP strips was investigated through static failure tests, endurance tests and fatigue tests. Additionally, the behaviour under natural temperature cycles was investigated by means of long-term tests. In the present ASTRA project, it was possible to collect more information on the long-term behaviour of these slabs. Furthermore, with the help of the measurement data, an FE model was developed to estimate temperatures in epoxy adhesive due to direct sun radiation or mastic asphalt application. What is more, with the help of the experiments, performed in the previous and in the current project, the design verifications included in the Code SIA 166 [2004] «Externally bonded reinforcement» for debonding were verified for short-term behaviour and extended to long-term behaviour. The results of the investigation shall be incorporated into the revision of the Code SIA 166 [2004].



Neu im Normenwerk des VSS

Kurzübersicht über die neuen VSS-Normen seit Januar 2021.

Nouveautés du recueil des normes VSS

Bref aperçu des nouvelles normes VSS dès janvier 2021.

Norm Nummer Numéro norme Gültig ab Seiten Valable dès Pages	Titel Titre	Geltungsbereich, Ziel und Zweck Domaine d'application, objet et but	Was ist neu? Wichtige Bemerkungen Quelles sont les nouveautés? Remarques importantes
VSS 40581 28.02.2021 31 Seiten 28.02.2021 31 pages	Erdbau, Boden; Bodenschutz und Bauen Movimenti di terra, suolo; Protezione del suolo e costruzione	<p>Diese Norm behandelt den Schutz der natürlich entstandenen sowie der anthropogenen Böden gemäss Erläuterungen beim Bau von Verkehrsanlagen sowie bei Tief- und Hochbauvorhaben. Sie behandelt keine Böden im Sinne der Geotechnik. Die Norm beschreibt den Bodenschutz beim Bauen im Sinne von Art. 33 des Bundesgesetzes über den Umweltschutz (USG), der Verordnung über Belastungen des Bodens (VBBo) und der Abfallverordnung (VVEA). Sie zeigt den aktuellen Stand der Technik im Umgang mit Boden auf.</p> <p>Questa norma si occupa della protezione dei suoli naturali e antropici secondo le spiegazioni nell'esecuzione di costruzioni stradali e nei progetti di ingegneria civile e di costruzione di edifici. Non si occupa di terreni nel senso geotecnico. La norma descrive la protezione del suolo durante la costruzione ai sensi dell'art. 33 della Legge federale sulla protezione dell'ambiente (LPAMB), dell'Ordinanza contro il deterioramento del suolo o suolo e dell'Ordinanza sulla prevenzione e lo smaltimento dei rifiuti (OPSR). Mostra lo stato dell'arte attuale nella gestione del suolo.</p>	<p>Die Norm wurde bereits in deutsch/französisch publiziert. Nun steht sie auch in der Version deutsch/italienisch zur Verfügung.</p> <p>La norma è già stata pubblicata in tedesco/francese. Ora è disponibile anche nella versione tedesca/italiana.</p>
VSS 40862 28.02.2021 16 Seiten 28.02.2021 16 pages	Markierungen; Anwendungsbeispiele für Haupt- und Neben- strassen Marquages; exemples d'application pour routes principales et secondaires	<p>Diese Norm gilt für Haupt- und Nebenstrassen sowie für Nebenverkehrsflächen und ist anwendbar für sämtliche gemäss Signalisationsverordnung (SSV) zulässigen Markierungen. Die Norm enthält Angaben zur Anwendung von Markierungen. Sie regelt namentlich die Kombination verschiedener Elemente.</p> <p>Cette norme s'applique aux routes principales et secondaires ainsi qu'aux zones de circulation secondaires et est applicable à tous les marquages autorisés conformément à l'Ordonnance sur la signalisation routière (OSR). La norme contient des informations sur l'application des marquages. En particulier, elle réglemente la combinaison de différents éléments.</p>	<p>Der Inhalt der alten Norm wurde an die aktuellen Rechtsgrundlagen, Normen und Praxis angepasst. Die Anwendungsbeispiele auf 4 Blättern wurden überarbeitet und sind nach wie vor Bestandteil der Norm.</p> <p>Le contenu de l'ancienne norme a été adapté à la base juridique, aux normes et à la pratique actuelles. Les exemples d'application sur 4 feuilles ont été révisés et font toujours partie de la norme.</p>

Norm Nummer Numéro norme Gültig ab Seiten Valable dès Pages	Titel Titre	Geltungsbereich, Ziel und Zweck Domaine d'application, objet et but	Was ist neu? Wichtige Bemerkungen Quelles sont les nouveautés? Remarques importantes
SN 640510 31.12.2020 13 Seiten 31.12.2020 13 pages	Eigenschaften der Fahrbahnoberfläche; Grundnorm Caractéristiques de surface des chaussées; norme de base	Diese Grundnorm gibt eine Übersicht über die verschiedenen Bereiche und Merkmale der Oberflächeneigenschaften. Sie erläutert die Struktur der Normengruppe zur Erfassung und Beurteilung der Eigenschaften der Fahrbahnoberfläche und gibt die entsprechenden Anwendungsbereiche. Cette norme de base donne une vue d'ensemble sur les différents domaines et les propriétés des caractéristiques de surface. Elle définit la structure du groupe des normes traitant de la mesure et de l'appréciation des caractéristiques de surface des chaussées et donne les domaines d'application correspondants.	Die Struktur der Normengruppe wurde angepasst, ergänzt und aktualisiert. Zwecks einer besseren Übersichtlichkeit und Lesbarkeit wurde die vorherige tabellarische Darstellung durch ein grafisches Baumdiagramm ersetzt. Die Anwendungsbereiche sind unverändert. La structure du groupe de normes a été modifiée, complétée et actualisée. Afin d'avoir une meilleure lisibilité et vue d'ensemble, la représentation précédente en table a été remplacée par un diagramme en arbre. Les domaines d'application sont inchangés.
SN EN 11819-2 Nationaler Anhang 31.12.2020 13 Seiten 31.12.2020 13 pages	Akustik, Messung des Einflusses von Strassen- oberflächen auf Verkehrs- geräusche; Teil 2: Nahfeldmessver- fahren (ISO 11819-2:2017) Acoustique, Méthode de mesurage de l'influence des revêtements de chaussées sur le bruit émis par la circulation, Partie 2: Méthode de proximité immédiate (ISO 11819-2:2017)	Der Nationale Anhang zur SN EN 11819-2 regelt die Durchführung und Auswertung von Messungen nach der Nahfeldmethode CPX zur Beurteilung der akustischen Eigenschaften von Strassenbelägen. L'annexe nationale règle l'exécution et l'évaluation des mesures selon la méthode de proximité immédiate CPX pour l'appréciation des caractéristiques acoustiques des revêtements routiers.	Zusätzlich zu den in der SN EN ISO 11819-2 beschriebenen Zustandserfassungs- und Monitoringverfahren können die CPX-Messungen auch für Abnahmemessungen verwendet werden. Die Durchführung und Auswertung der Abnahmemessungen werden im vorliegenden Nationalen Anhang präzisiert. En plus du relevé d'état et du monitoring décrits dans la SN EN ISO 11819-2, les mesures CPX peuvent aussi être utilisées pour les mesures de réception. La réalisation et l'exploitation des mesures de réception sont précisées dans la présente annexe nationale.

Tempo 30 für bessere Luft und weniger Lärm

Umsetzung auf einer Hauptverkehrsachse in Basel für Sommer 2021 geplant

Zwischen 12 000 und 13 000 Fahrzeuge verkehren täglich auf der Feldbergstrasse in Basel. Um die Lebensqualität der Anwohnerinnen und Anwohner zu verbessern, soll die Höchstgeschwindigkeit auf der Hauptverkehrsachse des Kleinbasels künftig auf 30 km/h beschränkt werden. Mit dieser Massnahme wird die Stickoxid-Belastung um rund 10 Prozent verringert und eine deutliche Lärmreduktion erreicht.

Die Feldbergstrasse ist eine der meistbefahrenen städtischen Strassen der Schweiz. Zwischen 12 000 und 13 000 Fahrzeuge verkehren täglich auf der Hauptverkehrsachse des Kleinbasels. Entsprechend belastet sind die Anwohnenden: Messungen des Lufthygieneamts beider Basel zeigen, dass die Stickstoffdioxid-Immissionen deutlich über dem erlaubten Grenzwert liegen. Auch die Grenzwerte bezüglich Lärmbelastung sind in der Feldbergstrasse flächendeckend überschritten, in Teilbereichen auch die Alarmwerte.

Um die Luft- und Lärmsituation zu verbessern, soll die Maximalgeschwindigkeit in der Feldbergstrasse deswegen auf 30 km/h reduziert werden. Gemäss der lärmtechnischen Wirkungsbeurteilung führt diese Geschwindigkeitsreduktion zur Eliminierung sämtlicher Alarmwertüberschreitungen. Insgesamt könnten rund 2800 Anwohnerinnen und Anwohner von deutlich weniger Lärm profitieren. Eine Temporeduktion stellt somit eine wirkungsvolle Massnahme zur Begrenzung der Lärmbelastung dar.

Bereits im Sommer 2018 hat das Lufthygieneamt an der Feldbergstrasse gemessen, wie hoch die Schadstoffkonzentration in den Abgasen der vorbeifahrenden Autos ist. Anschliessend wurden die Auswirkungen einer Temporeduktion auf 30 km/h auf die Luftqualität untersucht. Es zeigte sich, dass eine Tempo-30-Zone die Stickoxidbelastung merklich sen-

ken könnte. Zwar läge der Wert nach wie vor über dem Grenzwert, aber die Anwohnenden würden von einer deutlich besseren Luftqualität profitieren.

Zeitverlust weniger als 20 Sekunden

Das Amt für Mobilität hat mit dem Gesamtverkehrsmodell zudem die verkehrlichen Auswirkungen von Tempo 30 in der Feldbergstrasse untersucht. Der durch die neue Höchstgeschwindigkeit entstehende Zeitverlust für Autofahrende beträgt über die gesamte Feldbergstrasse an einem Werktag durchschnittlich etwas weniger als 20 Sekunden. Die Untersuchung zeigt, dass der Zeitverlust nicht zu Ausweichverkehr in die Quartiere führen wird. Testfahrten belegen zudem, dass sich der Verkehrsfluss bei Tempo 30 gegenüber der heutigen Situation verstetigt. Zwar führt Tempo 30 in der Feldbergstrasse auch zu einer Verlängerung der ÖV-Fahrzeit, mit rund 10 Sekunden fällt diese aber gering aus. Zur Kompensation dieses Zeitverlustes ist unter anderem eine stärkere ÖV-Bevorzugung am Knoten St. Johanns-Vorstadt/Johanniterbrücke geplant.

Die Verfügung zur Einführung von Tempo 30 zwischen Johanniterbrücke und Riehenring in der Feldbergstrasse wurde Mitte März 2021 im Kantonsblatt publiziert. Sofern keine Rekurse eingehen, erfolgt die Umsetzung voraussichtlich im Sommer 2021. Die Anwohnerinnen und Anwohner werden vorgängig mit einem Flyer informiert. *(zvg)*

2,9 Milliarden Franken für die Nationalstrassen

Gestützt auf den Budgetentscheid des Parlaments wird der Bund in diesem Jahr rund 2,9 Mrd. Franken für Unterhalt, Betrieb, Verbesserung und Bau des Nationalstrassennetzes investieren. Im Rahmen des Bundesbudgets hat das Parlament für 2021 die folgenden Beträge verabschiedet: 1,826 Mrd. Franken werden für Ausbau und Unterhalt des bestehenden Nationalstrassennetzes eingesetzt sowie 396 Mio. Franken für grössere Projekte im Rahmen des strategischen Entwicklungsprogramms

Nationalstrassen (STEP). Weitere rund 439 Mio. Franken investiert der Bund in den Betrieb der Nationalstrassen. 249 Mio. Franken fliessen in die Fertigstellung des 1960 beschlossenen Nationalstrassennetzes. Die insgesamt rund 2,9 Mrd. Franken stammen aus dem Nationalstrassen- und Agglomerationsverkehrs-Fonds (NAF). Gestützt auf das Budget hat das UVEK nun die Bauprogramme für das Nationalstrassennetz für das Jahr 2021 bewilligt. *(ASTRA)*

Bewegung im Kreisel

Das Forum Strasse 2021 im virtuellen Raum

Im Kreisel gibt es im doppelten Sinne Bewegung, denn nicht nur der Verkehr bewegt sich, sondern auch die Technologie. Mit diesen Worten eröffnete Organisator Christian Angst das Forum Strasse und begrüßte rund 300 zugeschaltete Teilnehmende. Aufgrund der pandemischen Lage wurde das Forum per Livestream aus dem Schulungsraum der IMP Bautest AG durchgeführt.

Die Bevölkerung nimmt Kreisel-Baustellen als lange, störende Behinderungen wahr und ist sich des Aufwands nicht bewusst. Da Strassen auch Leitungsträger sind (Stromkabel, Telekommunikation, Gas, Trink- und Abwasser) liegt ein dreidimensionales Problem vor. Zudem müssen Verkehrsfluss und -sicherheit aller Beteiligten dauernd gewährleistet werden. Ein komplexes Problem, dem sich das Forum Strasse einen Tag lang gewidmet hat.

Marion Dörfel, Professorin an der Berner Fachhochschule (BFH), erläuterte Sinn und Zweck eines Kreisels und zeigte auch deren Grenzen auf. Die Vorteile liegen in der Reduktion der Konfliktpunkte, der Verlangsamung des Verkehrs, der hohen Leistungsfähigkeit und in der guten Erkennbarkeit/Übersichtlichkeit. Die Erfolgsgeschichte der Kreisel hat international zu grossen Anstrengungen geführt, um Planungsgrundsätze und Anforderungen zu vereinheitlichen. Und trotzdem: es gibt auch Fälle, bei denen eine herkömmliche Kreuzung sinnvoller ist, beispielsweise bei engen Platzverhältnissen und/oder ungleicher Verkehrsbelastung der Knotenarme. Kreisel bieten auch Möglichkeiten für gestalterische Elemente, oft am Dorfeingang.

Komplexe Planung

Xavier Robyr, Bauingenieur aus Sierre, zeigte anhand eines praktischen Beispiels die Komplexität der Planung von Kreiseln, insbesondere beim Umbau bestehender Kreuzungen unter Verkehr. Werkleitungen sind einzubeziehen und allenfalls Instand zu stellen, was das Problem dreidimensional macht. Neben den Bauarbeiten ist auch für eine permanente Zufahrt zu den Anstössern, sowie einem flüssigen und sicheren Verkehrsfluss für Autos, Lastwagen, Velo und Fussgänger zu sorgen. In der Regel sind Veränderungen der Topografie (insbesondere Querfälle im Kreisel) erforderlich, was sich bis auf die Trinkwasserleitungen auswirken kann, denn diese müssen aus Gründen des Frostschutzes in einer bestimmten Tiefe liegen.



Moderator Berni Schär und Organisator Christian Angst (IMP Bautest AG).

Philippe Chifflet, technischer Direktor Colas Europa, erläuterte den Einbau bituminöser Beläge im Kreisel. Die engen Radien, der kanalisierte Verkehr, sowie Brems- und Beschleunigungskräfte führen zu einer wesentlich höheren Beanspruchung der Fahrbahn als bei rollendem Verkehr. Leider besteht für Kreisel keine Dimensionierungsmethode, in der Regel wird die Gesamtdicke der Asphaltsschichten um 15% erhöht. Interessant war auch der Hinweis, dass die Dicke der Deckschicht 50 mm nicht unterschreiten sollte. Hochstandfeste Asphaltbeläge in kleinen Etappen einzubauen ist eine besondere Herausforderung. Daher sollten nicht nur möglichst grosse Einbauetappen geplant werden, sondern auch temporäre Sperrungen nachts oder am Wochenende.

Einbau von Betonbelag

Daniel Hardegger, Walo Bertschinger AG, konnte aus seinem grossen Erfahrungsschatz viele Tipps und Tricks zum Betonbelag im Kreisel vermitteln. Die Wahl des Belags sollte früh in der Projektphase getroffen werden, da sie die Planung beeinflusst. Der Betonbelag kommt idealerweise auf eine Asphaltsschicht zu liegen, um Wassereindringungen (durch Fehlstellen in Fugen) zu verhindern. Der Einbau von Hand ist keinesfalls zielführend: Es stehen Gleitschalungsfertiger oder Vibrier-Abziehgeräte (Tremix) zur Verfügung. Neuerdings laufen Versuche im Kanton Aargau, um Ultrahochfesten Beton UHFB als Deckschicht zu verwenden.

Sivapatham Pahirangan, Professor an der Bergischen Uni Wuppertal, gab einen Überblick über die deutschen Erfahrungen und Trends. Für die Asphaltdeckschichten wurde ein spezieller, splittreicher Asphaltbeton AC D SP entwickelt, da mit den bisherigen Mischgutsorten SMA und AC die Erfahrungen nicht befriedigend waren. Dieses Mischgut soll mit Gesteinskörnungen der Klasse C 100/0 (!) und PmB mit erhöhtem Polymeranteil aufbereitet werden. Pahirangan schlägt vor, die Deckschichten in Kreisel hell einzufärben, um Verformungen – dank niedrigeren Temperaturen – noch besser bekämpfen zu können. Er machte auch darauf aufmerksam, dass die enormen Schubkräfte bis zu einer Tiefe von 12 cm wirken und daher auch die Binderschicht entsprechend zu konzipieren sei. Obwohl in den letzten Jahren die Anzahl Beton-Kreisel in Deutschland zugenommen hat, liegt deren Anteil immer noch deutlich unter 10%.

Belgiens grosse Erfahrung mit Betonkreisel

Erik van den Kerkhof vom BRRC (Belgisches Strassenforschungszentrum) gab einen interessanten Überblick über die Anwendungen in Belgien. Der Beton-Strassenbau hat in diesem Land traditionellerweise ein grösseres Gewicht als beispielsweise in der Schweiz. So ist es nicht verwunderlich, dass der weltweit erste, durchgehend armierte Betonkreisel in Belgien (1995) erstellt wurde. Dank der 25-jährigen Erfahrung mit dieser Bauweise geniesst sie in Belgien klare Priorität. Trotzdem werden auch Kreisel in Asphaltbauweise verwendet, wobei hier eine Vielzahl an Lösungen im Einsatz stehen. Interessant war auch zu hören, dass der vermörtelte Belag Anwendung findet – eine Bauweise, die in der Schweiz etwas in Vergessenheit geraten ist. An die Gesteinskörnungen werden dabei erhöhte Anforderungen bezüglich des Polierwiderstandes gestellt und die Griffigkeit wird mit dem Seitenkraftverfahren (in der Schweiz SKM) gemessen.

In einer engagiert durchgeführten Podiumsdiskussion, bei welcher der bekannte Sportmoderator des Schweizer Radios Bernie Schär die Kontrahenten Hans Peter Beyeler (Direktor Eurobitume Schweiz) und Peter Wellauer (Direktor Marketing Beton-Suisse) gegeneinander antreten liess, wurden die Vor- und Nachteile der Asphalt- und Betonbauweisen diskutiert. Der ausgezeichnet vorbereitete Moderator vermochte die Diskussion auch in den Tiefen der Strassenbautechnik spannend und emotional zu leiten. *(IMP)*

Peter Dransfeld ist neuer SIA-Präsident

Die Delegierten des Schweizerischen Ingenieur- und Architektenvereins (SIA) wählen Architekt Peter Dransfeld zu ihrem neuen Präsidenten. Den SIA-Vorstand ergänzen die beiden Bauingenieure Alain Oulevey und Chris Luebkehan, und Bauingenieurin Céline Weber ist die neue Präsidentin der Zentralkommission für Normen (ZN).

An der virtuellen Delegiertenversammlung des SIA ist Peter Dransfeld einstimmig zum neuen Präsidenten des Vereins gewählt worden. Er ist dipl. Architekt ETH/SIA und Inhaber des Architekturbüros Dransfeldarchitekten AG in Ermatingen (TG), das für seine nachhaltigen Lösungen schon vielfach ausgezeichnet worden ist. Bisher amtierte Dransfeld als Präsident der SIA-Berufsgruppe Architektur (BGA). Als Fraktionspräsident der Grünen im Grosse Rat des Kantons Thurgau kann er auf langjährige politische Erfahrung zurückgreifen. Dransfeld möchte als SIA-Präsident den Geist der Offenheit und des Dialogs seines Vorgängers Stefan Cadosch weiterführen und die Anliegen der Mitglieder noch stärker in den Fokus rücken.

Zwei Bauingenieure für den Vorstand

Die Vakanzen im Vorstand im Bereich Bauingenieurwesen sind von den Delegierten heuer mit Alain Oulevey und Chris Luebkehan geschlossen worden. Oulevey ist Bauingenieur ETH/SIA, Co-Geschäftsführer von De Cérenville Géotechnique SA und ehemaliger Präsident der SIA-Sektion Waadt. Mit der Wahl von Prof. Dr. Luebkehan ist ein im Vorstand schon länger gehegter Wunsch in Erfüllung gegangen: nämlich eine Person in seinen Reihen zu zählen, die dem SIA noch nicht nahesteht. Von dieser Aussensicht erhofft sich der Vorstand neue Erkenntnisse. Der US-Amerikaner Luebkehan ist schon seit über dreissig Jahren in Europa und der Schweiz als Bauingenieur und Architekt in der Forschung, Entwicklung sowie in der Lehre und Praxis tätig. Seit kurzem leitet er das «Strategic Foresight Hub» an der ETH Zürich.

Nach zwölf Jahren Amtszeit ist Adrian Altenburger, SIA-Vizepräsident, als Präsident der Zentralkommission für Normen (ZN) auf die DV 2021 zurückgetreten. Mit seiner Nachfolgerin Céline Weber, Dr ès sc. tecn., Ing. dipl. EPF/SIA aus La Rippe (VD), steht zum ersten Mal in der Geschichte des SIA eine Frau der ZN vor. *(SIA)*

Beschaffungswesen 2020

1,9 Milliarden Franken für 3662 Beschaffungen

Im Jahr 2020 hat das ASTRA insgesamt 3662 Beschaffungen mit einem Gesamtwert von über 1,9 Mrd. Franken getätigt. Wie bereits in den Vorjahren hat es dabei betragsmässig den grössten Teil der Beschaffungen im Wettbewerb vergeben (82% der Mittel). Dies zeigt der neuste Bericht zum Beschaffungswesen auf.

Der Bericht zum Beschaffungswesen des ASTRA gibt Auskunft über die im letzten Jahr beschafften Planungs- und Projektierungsleistungen im Bauwesen, Bauherrenunterstützungsleistungen, Bauarbeiten, Signalisationen oder Informatikleistungen. Dafür hat das ASTRA im 2020 insgesamt 3662 Beschaffungen (2019: 3557 Beschaffungen) mit einem Gesamtwert von über 1,9 Mrd. Franken (2019: 1,7 Mrd. Franken) getätigt. Nicht berücksichtigt in diesen Zahlen sind Beschaffungen von Dritten, namentlich für den Betrieb der Nationalstrassen durch die Gebietseinheiten sowie für die Netzfertigstellung, bei welcher in der Regel kantonales Beschaffungsrecht zur Anwendung kommt.

Mehrere grosse Aufträge vergeben

Im Jahr 2020 erteilte das ASTRA drei Zuschläge für Werk- und Lieferverträge über 50 Mio. Franken. Dabei handelt es sich um die schweizweite Netzwerkausrüstung mit Betriebs- und Sicherheitsausrüstung (BSA), die Hauptarbeiten für den Halbinschluss und die Überdeckung Weiningen sowie das Hauptlos für die Pannestreifenumnutzung Bern-Wankdorf – Muri.

Die Vergaben richteten sich nach den gesetzlichen Vorgaben. Das Beschaffungsrecht wurde per Anfang 2021 angepasst, wodurch sich u.a. auch geringfügige Änderungen an den Schwellenwerten ergeben. Im Berichtsjahr galten jedoch noch die alten Schwellenwerte:

- Beim **offenen Verfahren** («WTO-Verfahren», ab 230 000 Franken bzw. bei Bauaufträgen ab 2 Mio. Franken) wird der Auftrag öffentlich auf der Website www.simap.ch ausgeschrieben und alle Anbieter können sich bewerben. 2020 hat das ASTRA Aufträge im Wert von über 1,5 Mrd. Franken im offenen Verfahren vergeben, was

Marchés publics 2020

1,9 milliard de francs pour 3662 acquisitions

D'après le dernier rapport sur les marchés publics de l'OFROU, ce dernier a réalisé 3662 acquisitions en 2020, pour une valeur totale dépassant 1,9 milliard de francs. Comme les années précédentes, l'essentiel de cette somme (82% des moyens) a été adjugé sous le régime de la libre concurrence.

Le rapport en question renseigne sur les prestations de planification et de conception dans le domaine de la construction, les prestations d'appui au maître d'ouvrage, les travaux de construction, les moyens de signalisation ou encore les prestations informatiques acquis en 2020. Il en ressort que l'OFROU a réalisé l'an dernier 3662 acquisitions (3557 en 2019), pour une valeur totale excédant 1,9 milliard de francs (1,7 milliard en 2019). Ces chiffres ne tiennent pas compte des acquisitions faites par des tiers, à l'instar de celles des unités territoriales pour l'exploitation des routes nationales ou de celles réalisées pour l'achèvement du réseau, qui relèvent généralement du droit cantonal des marchés publics.

Plusieurs marchés d'envergure adjugés

En 2020, l'OFROU a adjugé les trois contrats d'entreprise et de fourniture ci-après pour des montants supérieurs à 50 millions de francs: équipements d'exploitation et de sécurité (EES) pour le réseau à l'échelon national, travaux principaux relatifs à la semi-jonction et au recouvrement de Weiningen, et lot principal pour la réaffectation de la bande d'arrêt d'urgence entre Berne-Wankdorf et Muri.

Les adjudications ont été effectuées conformément aux prescriptions légales. Si des modifications du droit des marchés publics sont entrées en vigueur début 2021, notamment des adaptations mineures des valeurs seuils, les anciens seuils s'appliquaient encore durant l'année sous revue:

- Dans le cadre de la **procédure ouverte** (dite aussi procédure OMC, pour des montants à partir de 230 000 francs ou de 2 millions de francs dans le cas de marchés de construction), le marché est publié sur le site Internet www.simap.ch et tout soumissionnaire peut déposer une offre. En 2020, l'OFROU a adjugé de la sorte des marchés

77 % des Gesamtbetrags und 10 % der Anzahl Aufträge entspricht.

- Beim **Einladungsverfahren** (ab 50 000 Franken bei Lieferungen sowie ab 150 000 Franken bei Dienstleistungen und Bauleistungen) werden mindestens drei Anbieter zur Einreichung eines Angebots eingeladen. Das ASTRA hat im Jahr 2020 insgesamt 82,7 Mio. Franken (4 % des Gesamtbetrags und 4 % der Aufträge) im Einladungsverfahren vergeben.
- Im **freihändigen Verfahren** werden die Anbieter ohne Ausschreibung ausgewählt und die Aufträge direkt vergeben. Im Jahr 2020 hat das ASTRA insgesamt 322 Mio. Franken freihändig vergeben (16 % des Gesamtbetrags, 84 % der Anzahl Aufträge). Es handelt sich hierbei mehrheitlich um Beschaffungen unter 150 000 Franken (Dienstleistungen und Bauleistungen) beziehungsweise unter 50 000 Franken (Lieferungen). Bei rund 40 % des freihändig vergebenen Volumens handelt es sich um Nachträge, deren Grundverträge oft im Wettbewerbsverfahren vergeben wurden.

Insgesamt wurden mit über 1800 Firmen Verträge abgeschlossen, davon rund 200 Arbeitsgemeinschaften (ARGEs) und Ingenieurgemeinschaften (INGEs). Die Spanne reicht von der international tätigen Bauunternehmung bis zum Einpersonenbetrieb aus der IT-Branche.

Mehrheitlich schweizerische Auftragnehmer

Eine Auswertung der Zuschläge nach Kantonsgebieten zeigt, dass Auftragnehmer aus allen Landesgebieten von Aufträgen des ASTRA profitieren. Betragsmässig gingen am meisten Zuschläge in die Kantone Zürich, Bern, Aargau und Tessin. Obwohl die offenen Ausschreibungen auch ausländischen Firmen offenstehen, gingen lediglich 19,4 Mio. Franken an ausländische Auftragnehmer – rund 1 % der Vergabesumme.

Das ASTRA beschafft Bau- und Dienstleistungen sowie Güter für die Erfüllung seiner Aufgaben. Der Zuschlag erfolgt gemäss den rechtlichen Vorgaben an den Anbieter mit dem wirtschaftlich günstigsten Angebot. Dass dem wirtschaftlich günstigsten Angebot der Zuschlag erteilt wird, bedeutet nicht, dass der Preis das einzige Kriterium bei der Wahl des Angebots ist. Neben dem Preis werden auch weitere Kriterien wie zum Beispiel die Qualität berücksichtigt.

(ASTRA)

d'une valeur globale de plus de 1,5 milliard de francs, soit 77 % du montant total de ses adjudications et 10 % de leur nombre total.

- Dans le cadre de la **procédure sur invitation** (à partir de 50 000 francs pour les livraisons et de 150 000 francs pour les prestations de service ou de construction), au moins trois soumissionnaires sont invités à déposer une offre. En 2020, l'OFROU a adjugé des marchés d'une valeur totale de 82,7 millions de francs selon cette procédure (4 % du montant total des adjudications et 4 % de ces dernières).
- La **procédure de gré à gré** consiste à sélectionner les soumissionnaires sans appel d'offres et à attribuer le marché directement. Elle concerne majoritairement des acquisitions pour des montants inférieurs à 150 000 francs (prestations de service ou de construction) ou à 50 000 francs (livraisons). En 2020, les adjudications de gré à gré de l'OFROU ont atteint 322 millions de francs (16 % du montant total des adjudications et 84 % de leur nombre total). Près de 40 % de ce volume a été adjugé dans le cadre d'avenants à des contrats de base, lesquels avaient souvent été conclus en situation de concurrence.

Au total, l'OFROU a conclu des contrats avec plus de 1800 entreprises, dont quelque 200 communautés de travail (CT) et communautés d'ingénieurs (CI), allant d'entreprises de construction actives sur la scène internationale à des entreprises unipersonnelles dans la branche informatique.

Une majorité d'adjudicataires suisses

Il ressort de l'analyse des adjudications par canton que celles-ci profitent à des adjudicataires issus de toutes les régions du pays. Les montants les plus importants ont été attribués à des partenaires dans les cantons de Zurich, de Berne, d'Argovie et du Tessin. Par ailleurs, 19,4 millions de francs seulement (ou 1 % environ de la somme adjugée) sont allés à des entreprises étrangères, qui sont pourtant autorisées à prendre part aux procédures ouvertes.

L'OFROU acquiert des biens, des prestations de construction et des prestations de service pour s'acquitter de ses tâches. Conformément aux prescriptions juridiques, il attribue les marchés aux soumissionnaires ayant présenté l'offre la plus avantageuse économiquement, ce qui ne signifie toutefois pas que le prix est le seul critère pris en considération. En effet, d'autres critères tels que la qualité entrent également en ligne de compte lors du choix de l'offre.

(OFROU)

OFFRES D'EMPLOI DE L'ADMINISTRATION CANTONALE

**ne.ch**
RÉPUBLIQUE ET CANTON DE NEUCHÂTEL

Cheffe ou chef d'office

DÉPARTEMENT DU DÉVELOPPEMENT TERRITORIAL ET DE L'ENVIRONNEMENT

Service des ponts et chaussées – Office des routes cantonales (ORCA)

Vous conduisez l'ORCA chargé de l'élaboration des projets de construction, de restauration et d'aménagement du patrimoine routier, d'ouvrages d'art, de murs et sur cours d'eau, ainsi que de la surveillance, l'entretien et la maintenance des ouvrages, murs et cours d'eau. Votre mission consiste à élaborer, mettre en œuvre et suivre les plans d'action, à court et à long terme. Vous participez à la direction du service et l'appuyez dans la définition et la réalisation de projets stratégiques.

Au bénéfice d'un diplôme d'ingénieur-e civil-e EPF ou d'un titre jugé équivalent, vous attestez de plusieurs années d'expérience en tant que cadre supérieur-e dans un bureau d'études, une entreprise de construction ou une administration publique ou privée. D'excellentes connaissances en management de projets importants sont requises, une formation de gestion serait un avantage. Doté-e d'un grand sens des responsabilités et des relations humaines, vous êtes appelé-e à diriger et motiver une équipe administrative et technique. Vous possédez de bonnes connaissances d'allemand et savez conjuguer disponibilité et flexibilité avec endurance et persévérance.

DÉLAI DE POSTULATION : 27 mai 2021

Postulation en ligne et détails sur www.ne.ch/OffresEmploi

Afin de renforcer la présence des femmes parmi les fonctions supérieures de l'administration cantonale, les candidatures féminines sont vivement encouragées.

Dans le cadre de l'encouragement du temps partiel, les postes à plein temps peuvent être repourvus à un taux d'activité compris entre 80% et 100%.

SERVICE DES RESSOURCES HUMAINES DE L'ÉTAT, Rue du Chasselas 1, 2034 Peseux

kantonschwyz 

Projektleiterin / Projektleiter Strassenbau

100% | Brunnen

Selbständige Leitung von anspruchsvollen Strassenbauprojekten in allen Projektphasen

Alle aktuellen Stellenangebote und
Online Bewerbung auf www.sz.ch/jobs



Stellen-Angebote

Wir suchen Sie!

Der **Stellenmarkt**
für Fachleute des
Strassen- und
Verkehrswesens

Schalten Sie jetzt Ihre Stellenanzeige in
«STRASSE UND VERKEHR»

FACHMEDIEN - Zürichsee Werbe AG
+41 44 928 56 14



Stellen-Angebote



Otelfingen

Otelfingen (rund 3'000 Einwohner) ist eine wachsende und attraktive Gemeinde im unteren Furtal. Für unseren Werkbetrieb suchen wir per **sofort** oder **nach Vereinbarung** und **befristet bis 31. Dezember 2021** eine*n

Werkmitarbeiter*in

mit einem Arbeitspensum von 100 Stellenprozenten.

Ihre Hauptaufgaben

- Aktive und selbständige Mitarbeit bei allen Unterhaltsarbeiten (öffentliche Grünanlagen, Strassen, Gewässer und Entsorgung)
- Mitwirkung bei der Ausbildung des Lernenden

Unsere Erwartungen

Fachlich

- Berufserfahrung als Werkmitarbeiter, Gärtner, Landwirt, Forstwart oder aus dem Bereich Tiefbau (Strassenbau)
- Fahrausweis Kategorie B
- gute mündliche Ausdrucksweise in deutscher Sprache

Persönlich

- Leistungsbereitschaft, Initiative, Belastbarkeit und Selbstständigkeit
- exakte, effiziente, strukturierte und sorgfältige Arbeitsweise
- Teamfähigkeit und Hilfsbereitschaft
- Loyal und respektvoller Umgang

Wir bieten Ihnen

- eine vielseitige und abwechslungsreiche Tätigkeit
- ein kollegiales und angenehmes Arbeitsklima in einem kleinen Team

Haben wir Ihr Interesse geweckt? Für nähere Auskünfte steht Ihnen Brunnen- und Werkmeister Ruedi Berger, 044 847 20 38, gerne zur Verfügung.

Ihre vollständigen Bewerbungsunterlagen senden Sie bitte **bis spätestens 21. Mai 2021** an kanzlei@otelfingen.ch oder Gemeindeverwaltung Otelfingen, Kanzlei, Vorderdorfstrasse 36, 8112 Otelfingen.

Otelfingen im Internet: www.otelfingen.ch.



glarusnord ■ ■ ■

Glarus Nord ist eine moderne und junge Gemeinde im Glarnerland mit über 18 800 Einwohnerinnen und Einwohnern.

Die Abteilung Raumplanung steht für die planerische und bauliche Entwicklung mit hoher Lebensqualität ein, fördert die Nachhaltigkeit und wahrt die Standortqualität der Gemeinde. Wir suchen per sofort oder nach Vereinbarung eine flexible und kompetente Persönlichkeit als

Projektleiter/in Verkehrsplanung (60-80%)

Ihre Hauptaufgaben

- Selbständige Bearbeitung und Umsetzung von Verkehrsplanungen und Verkehrsprojekten MIV, FVV und ÖV mit Schwerpunkt Fuss- und Veloverkehr
- Begleitung und Koordination von externen Planungsbüros
- Mitarbeit bei anstehenden Projekten der Raumplanung im Zusammenhang mit Verkehrs- und Mobilitätsfragen
- Koordination bei Projekten der Verkehrsplanung zwischen Gemeinde und Kanton sowie internen Fachstellen
- Implementierung und Bekleidung der Kontaktstelle Öffentlicher Verkehr

Ihr Profil

- Hochschulabschluss Fachrichtung Raum- oder Verkehrsplanung, Geografie oder gleichwertige Ausbildung und ergänzende Vertiefungen
- Fundierte Erfahrung in der Projektleitung im Bereich Verkehrsplanung gepaart mit ausgewiesenen Kompetenzen in Planungsprozessen und Fragestellungen des öffentlichen Raums
- Analytische und konzeptionelle Denkweise gepaart mit der Fähigkeit, komplexe Sachverhalte differenziert zu beurteilen und prägnant sowie verständlich zu kommunizieren
- Sicherheit und Gewandtheit im schriftlichen Ausdruck sowie vertiefte IT-Anwenderkenntnisse
- Eigenverantwortlich arbeitende und dienstleistungsorientierte Persönlichkeit mit ausgeprägtem Verhandlungsgeschick und verbindlichem Auftreten

Unser Angebot

- Vielseitige und verantwortungsvolle Tätigkeit in einem lebhaften Betrieb
- Kollegiales Arbeitsklima
- Zeitgemässe Anstellungsbedingungen

Ihr Kontakt

Bitte senden Sie Ihre vollständigen Bewerbungsunterlagen an:

Gemeinde Glarus Nord, Ramona Eicher, Bereichsleiterin Personal, Schulstrasse 2, 8867 Niederurnen, Telefon 058 611 70 21, E-Mail ramona.eicher@glarus-nord.ch

Weitere Informationen zu unserer attraktiven Gemeinde finden Sie auf unserer Homepage www.glarus-nord.ch



Signalisation von Baustellen auf Haupt- und Nebenstrassen
Signalisation des chantiers sur routes principales et secondaires
Segnaletica di cantieri su strade principali e secondarie

VSS <>
40 886

Anhang
Annexe
Allegato
Annex

Basel

Rolle

Biasca

Luzern

Flims

Travers

Melide

Signalisation von Baustellen
auf Haupt- und Nebenstrassen

Diese Broschüre sollte auf keiner Baustelle fehlen

Die neue Broschüre zur Norm VSS 40 886 ist ein praktisches und handliches Arbeitsinstrument und sollte auf keiner Baustelle fehlen. Die Broschüre zeigt mit farbigen Abbildungen wie Baustellen, Strassensperrungen und Umleitungen auf Haupt- und Nebenstrassen korrekt signalisiert werden.

Die Broschüre kann im Shop auf www.vss.ch bestellt werden.

Einzelpreis: CHF 139.25

VSS-Mitglieder/Schulen: CHF 111.40 (20 % Rabatt)

Mengen ab 50 bis 300 Expl.: CHF 90.50 (35 % Rabatt)

Mengen ab 300 Expl.: CHF 76.60 (45 % Rabatt)

Die Rabatte sind nicht kumulierbar.

Signalisation des chantiers sur
routes principales et secondaires

Cette brochure ne devrait manquer sur aucun chantier

La nouvelle brochure sur la norme VSS 40886 est un instrument de travail pratique et maniable qui devrait être mis à disposition sur tous les chantiers. Au moyen d'illustrations en couleur, la brochure montre la signalisation correcte des chantiers, des barrages routiers et des déviations sur les routes principales et secondaires.

La brochure peut être commandée dans le Shop www.vss.ch

Prix à l'unité: CHF 139.25

VSS-membres/écoles: CHF 111.40 (rabais 20%)

Quantités à partir de 50 à 300 expl.: CHF 90.50 (rabais 35%)

Quantités à partir de 300 expl.: CHF 76.60 (rabais 45%)

Les rabais ne peuvent pas être cumulés.