

STRASSE UND VERKEHR

ROUTE ET TRAFIC



Stützmauern: Aktuelle Ergebnisse aus Forschung und Praxis
Verwaltung der Strasseninstandhaltung am Beispiel der Gemeinde Val-de-Travers
Dosieranlage auf der N1 Limmattal sorgt für besseren Verkehrsfluss

Murs de soutènement: résultats actuels de la recherche et de la pratique
Gestion de l'entretien routier: Exemple de la commune de Val-de-Travers
L'installation de dosage sur la N1 permet d'améliorer le flux du trafic

Absperr- und Zutrittssysteme

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

www.signal.ch/poller

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

Journée Infra 2018

Développement du BIM. Et les infrastructures?

Mardi 6 février 2018

Swiss Tech Convention Center EPFL Ecublens

Que manque-t-il pour entrer dans le BIM des infrastructures?
Un programme ou une vision?

Infra Suisse fait le point pour les entreprises de la construction qui
veulent répondre de façon concrète aux défis posés par la digitalisa-
tion des projets.

Conférences

Bernd Domer BÂTIR DIGITAL SUISSE, prof HES (hepia-GE) |
Pierre Benning Bouygues TP | Jérôme Tognini GEOMENSURA SA |
Yvan Personnic So.build | Jean-François Klein T-Ingénierie

Inscription jusqu'au vendredi 19 janvier 2018 sur
infra-suisse.ch/journée

infra suisse

STRASSE UND VERKEHR

ROUTE ET TRAFIC

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

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

Inhaltsverzeichnis

Editorial

500 kritische Stützbauwerke müssen ertüchtigt werden
Rolf Leeb

Thema: Fachtagung «Stützmauern»

**Der Einsturz am Brenner rückt die Stützmauern stärker
in den Fokus von Forschung und Erhaltung**
Rolf Leeb

Gefährdungsanalyse

Beispiele von Verstärkungen

Beispiel einer Instandsetzung von Stützmauern
Rolf Leeb

Der Kriechdruck – Erddruck auf Bauwerke im Kriechhang

Balz Friedli, Dominik Hauswirth und Prof. Alexander M. Puzrin

Weitere Referate in Kurzform

Fachartikel

Verwaltung der Strasseninstandhaltung am Beispiel der Gemeinde Val-de-Travers

Marc Delaby, Dr. Nicolas Bueche, Yves Fatton und Jean-Marie Mettraux

Dosieranlage auf der N1 Limmattal sorgt für besseren Verkehrsfluss

Cyril Bischofberger

Forschung | Normierung | Informationen

**NPK-Information 2018: Neuausgaben Tiefbau
Forschungsberichte
Neu im Normenwerk des VSS**

Table des matières

Avant-propos

5 500 ouvrages de soutènement critiques doivent être consolidés
Rolf Leeb

Thème: Journée technique «murs de soutènement»

**6 L'écroulement qui a eu lieu au Brenner place les murs de soutènement
encore plus au cœur de la recherche et de la maintenance**
Rolf Leeb

13 Analyse des risques

13 Exemples de renforcement

14 Exemple d'une remise en état de murs de soutènement
Rolf Leeb

**16 Pression de fluage – pression de la terre
sur les ouvrages dans la pente de fluage**
Balz Friedli, Dominik Hauswirth et Prof. Alexander M. Puzrin

22 Autres exposés en résumé

Articles techniques

Gestion de l'entretien routier:

24 Exemple de la commune de Val-de-Travers
Marc Delaby, Dr Nicolas Bueche, Yves Fatton et Jean-Marie Mettraux

**30 L'installation de dosage sur la N1 vallée de la Limmat
permet d'améliorer le flux du trafic**
Cyril Bischofberger

Recherche | Normalisation | Informations

36 CAN: nouvelles publications Génie civil
38 Rapports de recherche
42 Nouveautés du recueil des normes VSS

IMPRESSUM | ISSN 0039-2189

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

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

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

Übersetzungen | Traductions
Atlantis Übersetzungsdienst AG,
Anne-Lise Montandon

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

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

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

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

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

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

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

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

Foto Titelseite:
Eine sanierte Stützmauer an der A13
bei Ahrental.



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

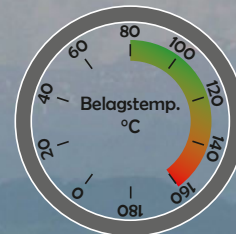


Bild: BernerZeitung

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

pavono

Topangebot für Studenten

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

1. Kostenlose Mitgliedschaft für Studierende

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

2. Zugriff auf das VSS-Gesamtnormenwerk

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

3. Grosszügige Rabatte

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

4. Einbindung in grosses Experten-Netzwerk

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

5. Eigenes Wissen vertiefen

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

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

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

► www.vss.ch

500 kritische Stützbauwerke müssen ertüchtigt werden

Stützmauern gelten als «gutmütige» Bauwerke und halten ewig: So lautete lange Zeit gemeinhin die landläufige Meinung. Doch seit einigen Jahren weiss man, dass insbesondere sogenannte Winkelstützmauern aus den 1960er- und 1970er-Jahren die angedachte Nutzungsdauer von 100 Jahren ohne Verstärkung nicht erreichen werden. Bereits vor zehn Jahren stellte das ASTRA erstmals eine systematische, beunruhigende Korrosionserscheinung am erdseitigen Fusspunkt von Winkelstützmauern fest. Zudem führte der Einsturz einer Stützmauer an der Brenner-Autobahn vor gut fünf Jahren der Fachwelt dramatisch vor Augen, welche tragische Folgen ein Versagen von Stützbauwerken haben kann.

Das ASTRA als Inhaber und Verwalter einer Vielzahl solcher Bauwerke hat deshalb Forschungsprojekte zur Klärung der Überwachungs- und der Instandsetzungsmöglichkeiten eingeleitet. Dementsprechend gross war das Interesse an den aktuellen Ergebnissen, die an der Fachtagung «Stützmauern» von VSS und Géotechnik Schweiz vorgestellt wurden. Die Veranstaltung war restlos ausgebucht, und viele Anmeldungen konnten nicht mehr berücksichtigt werden. Deshalb widmen wir unseren Schwerpunkt in dieser Ausgabe auf den folgenden 18 Seiten diesem Thema.

Die zahlreichen Pilotprojekte haben es dem ASTRA auch ermöglicht, sich ein Gesamtbild der Problematik zu machen: So müssen in den nächsten 15 Jahren rund 500 kritische Stützbauwerke ertüchtigt werden, was laut dem ASTRA insgesamt rund 800 Millionen Franken kosten wird. Das entspricht immerhin etwa 5 Prozent des Unterhaltsbudgets des gesamten Strassennetzes des ASTRA.

Zudem hat man die Konsequenzen aus den Bausünden der Boom-Jahre gezogen und die geltenden Neubauvorschriften des Fachhandbuchs aktualisiert. Konstruktive Regeln sollen insbesondere bei Winkelstützmauern den Übergang Wand-Fundament besser schützen, damit beispielsweise nicht ausgebesserte Kiesnester, die bei zahlreichen Winkelstützmauern aus den 1960er- und 1970er-Jahren festgestellt wurden, nicht mehr vorkommen. Die wirtschaftliche und vernünftige Priorisierung der baulichen Massnahmen nach dem Gefährdungspotenzial trägt ebenso dazu bei, dass die rund 2500 Stützbauwerke entlang des Nationalstrassennetzes auch in Zukunft so sicher wie möglich sein werden.

Ich wünsche Ihnen viel Spass bei der Lektüre.

500 ouvrages de soutènement critiques doivent être consolidés

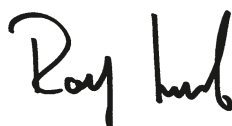
Les murs de soutènement sont des ouvrages «tranquilles» et tiennent une éternité. Ce fut longtemps l'opinion générale répandue. Mais depuis quelques années, on sait que les murs de soutènement en équerre en particulier datant des années 1960 et 1970 ne résisteront pas pendant les 100 années prévues sans une consolidation. Il y a dix ans déjà, l'OFROU avait constaté pour la première fois une apparition de corrosion systématique inquiétante au point de pied amont de certains murs de soutènement en équerre. De plus, l'écroulement d'un mur de soutènement sur l'autoroute du Brenner, il y a un peu plus de cinq ans, a démontré aux milieux spécialisés de façon dramatique les conséquences tragiques que pouvait avoir la rupture d'ouvrages de soutènement.

L'OFROU, qui est propriétaire et gère un nombre élevé d'ouvrages de ce type, a donc mis en place des projets de recherche pour trouver des moyens de contrôle et d'entretien. C'est donc avec un vif intérêt que furent suivis les résultats actuels présentés à l'occasion de la journée technique «Murs de soutènement» organisée par la VSS et Géotechnique Suisse. La manifestation affichait complet et un grand nombre d'inscriptions n'ont pas pu être retenues. C'est pourquoi nous consacrons une bonne partie de cette édition de 18 pages à ce thème.

Les nombreux projets pilotes ont également permis à l'OFROU de se faire une idée globale de cette problématique. Ainsi, dans les 15 prochaines années, environ 500 ouvrages de soutènement critiques devront être consolidés, ce qui coûtera, d'après l'OFROU, au total environ 800 millions de francs. Ce qui équivaut quand même à quelque 5 pour cent du budget d'entretien de l'ensemble du réseau routier de l'OFROU.

On a également tiré les conséquences des erreurs de construction commises pendant les années prospères et remis à jour les dispositions en vigueur régissant les nouvelles constructions du manuel technique. Des règles de construction, en particulier pour les murs de soutènement en équerre, doivent améliorer la transition paroi-fondation afin que, par exemple, les nids de graviers existants constatés sur de nombreux murs de soutènement en équerre construits dans les années 1960 et 1970 ne se répètent plus. La hiérarchisation économique et raisonnable des mesures de construction en fonction du potentiel de risque contribue également à sécuriser à l'avenir le plus possible les quelque 2500 ouvrages de soutènement le long du réseau des routes nationales.

Je vous souhaite une agréable lecture.



Rolf Leeb | Redaktor/Rédacteur VSS

Fachtagung «Stützmauern»

Der Einsturz am Brenner rückt die Stützmauern stärker in den Fokus von Forschung und Erhaltung

Journée technique «murs de soutènement»

L'écroulement qui a eu lieu au Brenner place les murs de soutènement encore plus au cœur de la recherche et de la maintenance

Über Jahrzehnte wurde das Thema Stützmauern eher stiefmütterlich behandelt. Seit einigen Jahren tut sich aber einiges. Ein tragisches Ereignis an der Brennerautobahn in Österreich im März 2012 schreckte die Fachwelt auf. Heute spielt der Unterhalt der Stützbauwerke für das ASTRA eine wichtige Rolle: Es hat Forschungsprojekte eingeleitet, Methoden zur Zustandserfassung weiterentwickelt und präventive Verstärkungsverfahren etabliert. Dementsprechend gross war das Interesse an der Fachtagung «Stützmauern» von VSS und Geotechnik Schweiz: Mit knapp 300 Teilnehmenden war die Veranstaltung, die aktuelle Ergebnisse aus Forschung und Praxis präsentierte, restlos ausgebucht.

Anhand von einigen konkreten Beispielen aus der Praxis illustrierte VSS-Präsident Dieter Wepf in seinem Einführungsreferat zur Fachtagung eindrücklich, mit welchen Herausforderungen sich die Baubranche heute konfrontiert sieht. Abschliessend brachte er es auf einen prägnanten Nenner: «Bei allen Aufgaben spielt das Risiko, dem wir uns selbst oder auch andere aussetzen, eine enorme Rolle. Unsere Lösungen müssen auch diese Aspekte berücksichtigen und auffangen können. Als Fachkräfte und Vertrauenspersonen stehen wir also uneingeschränkt in der Verantwortung.»



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

Pendant des décennies, le thème des murs de soutènement a été plutôt négligé. Mais depuis quelques années, il s'est passé bien des choses. Un tragique événement sur l'autoroute du Brenner en Autriche survenu en mars 2012 a effrayé les milieux spécialisés. Aujourd'hui pour l'OFROU, l'entretien des ouvrages de soutènement joue un rôle important: il a mis en œuvre des projets de recherche, développé des méthodes de relevés d'état et créé des procédures préventives de renforcement. La Journée technique «Murs de soutènement» organisée par la VSS et Géotechnique Suisse a connu un grand intérêt: avec près de 300 participants, la manifestation qui présentait les résultats actuels de la recherche et de la pratique affichait complet.

Dans son exposé d'introduction à la journée technique, à l'aide de quelques exemples concrets pratiques, Dieter Wepf, président de la VSS, a illustré de façon impressionnante les défis auxquels le secteur de la construction se voit confronter aujourd'hui. Pour terminer, il

en a fait un résumé concis: «Dans toutes les tâches, le risque auquel nous nous soumettons ou soumettons les autres aussi, joue un rôle énorme. Nos solutions doivent prendre en compte ces aspects et pouvoir les absorber. En tant que professionnels et personnes de confiance, nous en sommes donc entièrement responsables.»



1 | Riesiges Interesse für die Fachtagung «Stützmauern», die der VSS gemeinsam mit Geotechnik Schweiz durchführte: Rund 300 Fachleute lassen sich im Kursaal in Bern über die neuesten Erkenntnisse zum Thema informieren. Rechts: VSS-Präsident Dieter Wepf begrüsst in seinem Einführungsreferat die Teilnehmenden (Fotos: Rolf Leeb).

1 | Énorme intérêt pour la journée technique «murs de soutènement» organisée conjointement par la VSS et Géotechnique Suisse: quelque 300 professionnels se sont informés au Kursaal de Berne sur les tout derniers enseignements sur ce thème. Droite: Dans son exposé d'introduction, Dieter Wepf, président de la VSS, souhaite la bienvenue aux participants.



Was dies in der Praxis bedeuten kann, erläuterte Martin Kirchmair von der ASFINAG, der staatlichen österreichischen Infrastrukturgesellschaft, die für die Planung, die Finanzierung, den Ausbau, die Erhaltung, den Betrieb und die Bemaßung des österreichischen Autobahnen- und Schnellstrassennetzes zuständig ist. Im Mittelpunkt seiner Ausführungen stand ein tragisches Ereignis an der A13 Brenner-Autobahn in Schönberg, das weit über die Landesgrenzen hinaus zu einer erhöhten Aufmerksamkeit für Stützmauern geführt hat – auch in der Schweiz.

Am 20. März 2012 haben zwei Teile der dortigen Stützmauer dem Druck des Hangs nicht mehr standgehalten und sind umgestürzt. Jedes dieser Elemente ist 9 m lang und 6 m hoch. Die umgestürzten Mauerteile hatten einen deutschen Sattelschlepper unter sich begraben, dessen Lenker leider nur noch tot aus dem Fahrzeug geborgen werden konnte.

Ursachenforschung und Sanierung

Nach einer ersten Krisenbewältigung wurde rasch nach den Ursachen geforscht. «In der ersten Beurteilung der Situation ist man davon ausgegangen, dass der Bruch sehr plötzlich in einer Arbeitsfuge der sogenannten Spornmauer aufgrund des hohen Erddruckes in Zusammenhang mit der Wirkung des Wassers aus der Schneeschmelze erfolgt ist», erklärte Kirchmair. Für die genaue Erhebung der Ursachen sind namhafte Experten mit der Erstellung eines Befundes und der Ausarbeitung von Gutachten beauftragt worden. Wie das bei Unglücken oft der Fall ist, haben laut Kirchmair auch hier mehrere Dinge eine Rolle gespielt: «Es beginnt bei der statischen Berechnung mit einer unzureichenden Annahme des Erddruckes, der Fehleinschätzung der Lagerung des Fundaments, setzt sich fort bei Ausführungsmängeln und endet mit

Martin Kirchmair de l'ASFINAG, la société d'infrastructure autrichienne d'État compétente pour la planification, le financement, l'extension, l'entretien, l'exploitation et le péage du réseau d'autoroutes et de routes rapides en Autriche a expliqué ce que cela pouvait signifier dans la pratique. Au centre de ses explications: un tragique événement qui a eu lieu sur l'autoroute du Brenner, A13, à hauteur de Schönberg et qui s'est traduit par une attention accrue portée aux murs de soutènement bien au-delà des frontières autrichiennes – en Suisse également.

Le 20 mars 2012, deux parties du mur de soutènement ont cédé à la pression de la pente et se sont écroulées. Chacun de ces éléments avait une longueur de 9 m et une hauteur de 6 m. Les parties du mur écroulées ont enseveli un semi-remorque allemand. Malheureusement, le conducteur était déjà mort lorsqu'il a été retiré de son véhicule.

Recherche des causes et assainissement

Une fois la première crise gérée, la recherche pour trouver les causes ont vite commencé. «Lors de la première évaluation de la situation, on est parti du principe que la rupture avait eu lieu très soudainement dans un joint de construction de l'éperon en raison de la forte pression exercée par la terre impactée par l'eau de la fonte des neiges», a déclaré Kirchmair. Pour déterminer les causes exactes, il a été fait appel à des experts renommés qui ont été chargés d'établir un constat et d'élaborer une expertise. Selon Kirchmair, comme cela est souvent dans de tels cas, plusieurs phénomènes ont concouru à l'accident: «Cela commence par le calcul statique avec une hypothèse insuffisante de la pression de la terre, une erreur d'estimation de l'emplacement des fondations, pour se poursuivre par des vices d'exécution



2 | Die umgestürzte Stützmauer vor der Hauptmautstelle Schönberg an der A13 Brenner-Autobahn in Österreich hat am 20. März 2012 einen Sattelschlepper unter sich begraben.

2 | Le mur de soutènement écroulé avant le poste de péage de Schönberg sur l'autoroute du Brenner, A13, en Autriche a enseveli un semi-remorque le 20 mars 2012.

der unberücksichtigten Wirkung des Wassers bei der Durchströmung des Erdkörpers.»

Nach der Erstsicherung wurden die Gefährdungsbereiche inklusive der Verbruchstelle gesichert, eine Vorschüttung angebracht und die Bestandsmauer durch Erdanker gestützt. Zum Schutz der Arbeiter sind an den Blockfugen sogenannte Glasspione montiert und die Mauer in Form einer geodätischen Dauermessung mit automatischer Alarmierung bei einer Bewegung der Mauer überwacht worden.

Komplettiert wurde die Wiederherstellung durch die endgültigen Massnahmen wie das Betonieren der Vorsatzschale, die Aufspannen der Anker und die Wiederherstellung der Mauer bei den beiden umgefallenen Elementen. Letztlich sind noch Lärmschutzelemente montiert worden, um die Reflexionen zur Wohnsiedlung gering zu halten. Damit wurde die ungeankerte Stützmauer zu einer Ankerwand umgebaut.

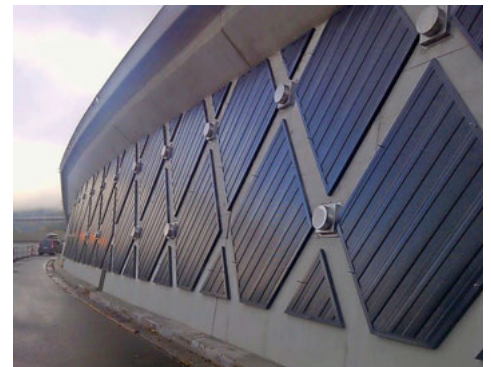
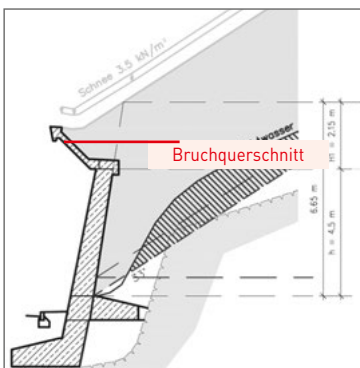
«Die gewonnenen Erfahrungen und Erkenntnisse aus den detaillierten Untersuchungen konnten in der Folge auf die bestehenden Stützwände angewandt werden», so Kirchmair. «Dies hat zu einer Reihe von statischen Nachrechnungen, zu geodätischen Beobachtungen, zum Teil zu bautechnischen Verstärkungen von Mauern, aber auch zu einer intensivierten Bauwerksüberwachung und zur Einleitung von Forschungsprojekten geführt.» Erstaunlich ist in diesem Zusammenhang, dass in Österreich Prüfvorschriften für nicht geankerte Stützbauwerke

et se terminer par l'impact ignoré de l'eau lors du passage dans le sol.»

Après la première sécurisation, les zones à risque ainsi que la zone d'éboulement ont été sécurisées, un remblai préalable a été déversé et le mur existant soutenu par des ancrages dans le sol. Pour la protection des ouvriers, des «espions en verre» sont installés aux joints des blocs et les murs surveillés par une mesure permanente géodésique à alarme automatique lors d'un mouvement des murs.

La restauration a été complétée par les mesures définitives telles que le bétonnage du doublage, le serrage des ancrages et la reconstitution des murs aux deux éléments écroulés. Pour finir, des éléments de protection contre le bruit ont également été installés pour maintenir au minimum les réflexions vers les zones d'habitation. Ainsi, le mur de soutènement non ancré a été transformé en une paroi ancrée.

«Les retours d'expérience et d'enseignements à partir des examens détaillés ont pu être appliqués par la suite aux murs de soutènement existants», dit Kirchmair. «Cela s'est traduit par toute une série de nouveaux calculs statiques, d'observations géodésiques, en partie par des renforcements de la construction de murs mais aussi par une surveillance plus poussée de certains ouvrages et par des mises en œuvre de projets de recherche.» Dans ce contexte, il est étonnant qu'en Autriche, les prescriptions de contrôle pour ouvrages de soutènement



3 | Mauerquerschnitt, Sanierungsmassnahmen und fertig saniertes Bauwerk mit Lärmschutzelementen.

3 | Section de mur, mesures d'assainissement et ouvrage assaini avec éléments anti-bruit.

erst 2010 in Kraft getreten sind. Vorher haben sie gemeinhin als «gutmütige» Bauwerke gegolten. «Nach den intensiven Untersuchungen im Nachgang zum Unglück am Brenner verfügen wir heute über einen Wissensstand, der uns zumindest Gewissheit darüber gibt, dass Stützbauwerke einer gewissen Konstruktion und Grösse einer vermehrten Aufmerksamkeit bedürfen.» Wie in der Schweiz wurde auch in Österreich inzwischen ein Forschungsprojekt eingeleitet. Ziel des Projekts SIBS (Sicherheitsbewertung bestehender Stützmauern) ist es, neue Methoden für die Zustandsbewertung von Stützmauern zu entwickeln.

Technische Erkenntnisse von Schönberg

Die technischen Erkenntnisse aus Schönberg können laut Kirchmair grob vier Hauptthemen zugeordnet werden:

Bestandsstatik

- Die realen Gründungsverhältnisse haben mit den tatsächlich vorhandenen nicht übereingestimmt.
- Die schadhafte Blöcke waren auf Fels anstatt auf Lockermaterial gegründet. Dies hat bewirkt, dass Möglichkeiten der Verformung in der angenommenen Masse nicht gegeben waren.
- Damit hat der Ansatz des «aktiven Erddruckes» den real auftretenden Erddrücken nicht entsprochen, und es konnte auch die sogenannte «innere Standsicherheit» nicht abgedeckt werden.

Ausführungspläne

- Zur oben erwähnten Unterbemessung hat sich noch ein Mangel in den Ausführungsplänen gesellt, bei dem die fehlende Bewehrung einer Aussparung seitlich nicht dazugelegt wurde und die somit zu einer Schwächung dieses Querschnittes geführt hat.

Ausführung

- Auch bei der Ausführung wurde wenig auf die Einhaltung der geplanten Betonüberdeckung Wert gelegt.
- So war die tragende erdseitige Bewehrung zum Teil an der Oberfläche und zum Teil mit 10 cm Betondeckung aufzufinden – «beides nicht zum Wohle der Tragwirkung», wie Kirchmair anmerkte.

Geologischer und hydrogeologischer Sachverhalt

- Das Sickerwasser des Hanges oberhalb der Felslinie hat zu einem ständigen Nachsacken und damit zu einer Erhöhung des Erddruckes geführt.

Abschliessend hielt Kirchmaier fest, dass das System Stützbauwerk – Erdkörper – Gründung – Hangwasser – Verkehrsbelastung ein sich gegenseitig beeinflussendes System ist, bei dem sich die einzelnen Teile rückkoppelnd beeinflussen. So führt z.B. eine steife Lagerungsbedingung zu erhöhten Erdlasten, das Hangwasser und die Drainagierung haben Auswirkungen auf die Belastung, der Verkehr auf die Verdichtung und so weiter. «Dies bedeutet, dass in der Berechnung und in der Konstruktion auf die tatsächlichen, in der Natur vorgefundenen Verhältnisse eingegangen werden muss.»

non ancrés ne soient entrées en vigueur qu'en 2010. Auparavant, ils étaient considérés comme ouvrages «tranquilles». «Après les examens poussés effectués à la suite de l'accident au Brenner, nous disposons aujourd'hui d'un savoir qui nous donne au moins la certitude que les ouvrages de soutènement d'un certain type de construction et d'une certaine dimension nécessitent une attention accrue.»

Comme en Suisse, l'Autriche a lancé maintenant un projet de recherche. L'objectif du projet SIBS (évaluation de sécurité des murs de soutènement existants) est de développer de nouvelles méthodes d'évaluation de l'état de murs de soutènement.

Enseignements techniques tirés de Schönberg

Les enseignements techniques tirés de Schönberg peuvent être classés en gros en quatre thèmes principaux:

Statique structurelle

- Les fondations réelles ne coïncidaient pas avec celles qui existaient réellement.
- Les blocs défectueux étaient posés sur la roche et non pas sur un matériau meuble. Cela a empêché la déformation dans la masse absorbée.
- Ainsi, l'approche d'une «pression active de la terre» ne correspondait pas aux pressions de la terre réellement survenues et la «stabilité intérieure» n'a pas pu être couverte.

Plans d'exécution

- En plus du sous-dimensionnement évoqué ci-dessus, un vice s'est également glissé dans les plans d'exécution, l'armature manquante d'une niche n'a pas été ajoutée latéralement, ce qui a conduit à un affaiblissement de cette section.

Exécution

- Mais aussi lors de l'exécution, les données d'enrobage en béton prévu ont été peu prises en compte.
- Ainsi, on trouvait l'armature amont porteuse en partie à la surface et en partie enrobée de 10 cm de béton – «les deux pas du tout dans le sens de l'efficacité de l'effet porteur», comme le remarque Kirchmair.

Fait géologique et hydrogéologique

- L'eau d'infiltration de la pente au-dessus de la ligne des roches a provoqué un affaissement constant et donc une augmentation de la pression de la terre.

Pour finir, Kirchmaier a constaté que le système ouvrage de soutènement – sol – fondation – eau de pente – intensité du trafic – formait un système s'influençant mutuellement dans lequel les différents éléments s'influençaient rétroactivement. Ainsi, p.ex. un condition de dépôt rigide provoque une charge de terre accrue, l'eau de pente et le drainage ont des effets sur la charge, le trafic sur le compactage etc. «Cela signifie que dans le calcul et dans la construction, il faut prendre en compte les conditions réelles que l'on trouve dans la nature.»

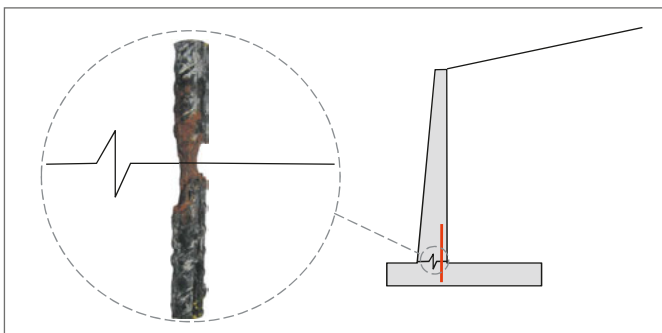
Verletzliche Stützbauwerke gibt es auch in der Schweiz

Auch in der Schweiz sind schon Stützmauern eingestürzt, glücklicherweise jedoch nicht mit derart tragischen Folgen wie am Brenner. Doch das Ereignis in Schönberg habe die Auseinandersetzung mit dem Thema auch hierzulande angetrieben, wie Erdjan Opan, Projektleiter bei OPAN concept, in seinem Referat zu den Winkelstützmauern einfürend feststellte. «Die Erfahrung zeigt jedoch, dass für ein Tragwerksversagen immer mehrere Faktoren gleichzeitig verantwortlich sind», erklärte Opan. Die Versagenswahrscheinlichkeit einer Mauer könne beispielsweise durch fortgeschrittene Korrosion der statisch relevanten Bewehrungslagen, insbesondere der mauerrückseitigen Zugbewehrung beim Übergang Fundament/Wand beeinflusst werden. Die Gründe dafür können auf folgende Merkmale zurückgeführt werden:

- Ungenügende, zu geringe Bewehrungsüberdeckung
- Ungenügende Ausführungsqualität (z.B. Kiesnester im Beton)
- Eingeschränkte Verdrehbarkeit des Fundamentes, wodurch sich eine klaffende Fuge im rückwärtigen Bereich bildet

Die Zustandserfassung sei jedoch gerade bei Winkelstützmauern sehr kompliziert, betonte Opan: «Mit rein visuellen Inspektionen bleibt die mauerrückseitige Bewehrung verborgen und kann bezüglich Korrosion nur schwierig beurteilt werden.» So hat das ASTRA anhand von aufwendigen Zustandsuntersuchungen teilweise relevante Korrosionserscheinungen am Mauerfuss festgestellt (siehe Abb. 4). Das kann laut Opan gravierende Folgen haben: «Mit dem Verlust des Bewehrungsquerschnitts kann je nach Bauwerk eine erhebliche Reduktion des inneren Tragwiderstandes und eine Verkürzung der Nutzungsdauer einhergehen.»

Die Laboruntersuchungen zeigten, dass die Korrosion auch ohne Chloride auftreten kann. Mögliche Gründe liegen also in Ausführungsmängeln, beispielsweise bei Mauern, in denen der Überdeckungsbeton Kiesnester oder stark erhöhte Porosität aufwies, teilweise in Kombination mit einer ungenügenden Stärke bei der Arbeitsfuge zwischen Wand und Fundament. Dadurch ist der alkalische Schutz der Bewehrung nicht mehr gewährleistet.



4 | Lochfrasskorrosion der erdseitigen Bewehrung bei der Zustandserfassung entlang der N5.

4 | Corrosion par piqûres de l'armature amont lors de la détection d'état le long de la N5.

Il existe également des ouvrages de soutènement vulnérables en Suisse

En Suisse aussi, des murs de soutènement se sont déjà écroulés. Heureusement, les conséquences n'ont pas été aussi tragiques qu'au Brenner. Mais l'accident survenu à Schönberg a accéléré les discussions sur ce thème ici aussi, comme l'a constaté en introduction Erdjan Opan, directeur de projet chez OPAN concept, dans son exposé sur les murs de soutènement en équerre. «L'expérience montre que les ruptures de structures porteuses sont toujours dues à un concours de phénomènes», a expliqué Opan. La probabilité de rupture d'un mur peut par exemple être influencée par la corrosion avancée des parties critiques de l'armature, en particulier de l'armature de la face amont au passage fondation/paroi. Cela peut tenir aux raisons suivantes:

- Enrobage insuffisant de l'armature
- Exécution peu soignée (p.ex. formation de nids de gravier)
- Fondation ne se prêtant pas suffisamment à la torsion, d'où bâillement des joints de la face amont de l'ouvrage.

Mais, comme le souligne Opan, le relevé d'état est très compliqué en particulier pour les murs de soutènement en équerre: «Avec des inspections purement visuelles, l'armature du côté amont du mur reste cachée et il est très difficile d'apprécier l'état de corrosion.» Ainsi, à l'aide d'examens complexes, l'OFROU a constaté des apparitions de corrosion parfois pertinentes au pied des murs de soutènement (voir illustr. 4). Selon Opan, cela peut avoir de graves conséquences: «La perte de matière de l'armature – et donc l'amenuisement de son diamètre – peut considérablement réduire la résistance d'un ouvrage et sa durée de vie.»

Les examens en laboratoire ont montré que la corrosion pouvait également apparaître sans chlore. Les causes possibles se situent donc dans des vices d'exécution, par exemple sur des murs où le béton d'enrobage présentait des nids de gravier ou une porosité fortement accrue, parfois en combinaison avec une épaisseur insuffisante du joint de reprise (paroi/fondation). La protection alcaline de l'armature n'est donc plus assurée.

Selon, Opan, une autre difficulté du relevé d'état était que les vices visibles ne donnaient pas d'informations sur l'état réel des murs de soutènement. Dans un tel contexte, il n'est pas possible d'effectuer une analyse de risque (voir encadré page 13) sans relevé d'état et sans contrôle statique de l'ouvrage.

Relevé d'état par examen destructif des murs de soutènement

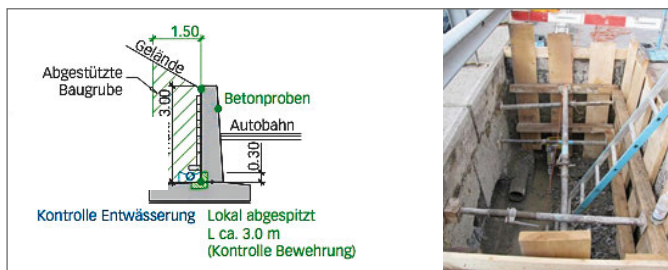
L'examen des murs de soutènement en équerre doit impérativement accéder à l'armature porteuse à hauteur des joints de reprise entre la paroi et la fondation sinon, il est inutile et peut même induire en erreur. Il convient de déterminer le type et la fréquence des examens effectués en se basant sur les conséquences possibles d'une rupture. Plus les conséquences sont graves, plus les examens doivent être fréquents.

Eine weitere Schwierigkeit der Zustandserfassung bestehe darin, so Opan, dass sichtbare Mängel nichts über den tatsächlichen Zustand der Stützmauer aussage. So gesehen kann eine Risikoanalyse (siehe Box Seite 13) also ohne Zustandserfassung und ohne statische Überprüfung des Bauwerks nicht durchgeführt werden.

Zustandserfassung durch destruktive Untersuchung der Stützmauern

Die Untersuchung der Winkelstützmauern muss zwingend den Zugang zur tragenden Bewehrung auf Höhe der Arbeitsfugen zwischen Wand und Fundament schaffen, andernfalls sind sie nutzlos oder gar irreführend. Die Art und Häufigkeit der durchgeführten Prüfungen ist anhand der möglichen Folgen eines Versagens abzuwägen: Je schwerwiegender die Folgen, desto höher wird die Untersuchungsichte. Zur Zustandserfassung der Winkelstützmauern wurden drei destruktive Prüfmethode eingesetzt:

- **Talseitige Sondierbohrungen** (Ø 300 mm) nach vorgängigem Aushub (siehe Abb. 5)
Opan: «Diese Methode wird vom ASTRA in seinem neuen Fachhandbuch 2017 nicht mehr empfohlen.»
- **Hangseitige Schächte** mit Freilegung der Bewehrung (siehe Abb. 6)
Opan: «Eine komplizierte Methode und für die Arbeiter gefährlich.»



6 | Prüfmethode hangseitige Schächte.

6 | Méthode de contrôle puits depuis l'amont du mur.

- **Talseitiger Höchstdruckwasserabtrag** nach vorgängigem Aushub (siehe Abb. 7)
Opan: «Der Vorteil ist, dass man bei dieser Methode nicht von hinten an die Mauer ran muss. Sie ist zwar teuer, aber sehr effizient und nach unserer Ansicht die beste Methode.»

36 Stützmauern wurden 2010 auf diese Weise untersucht. Die Gesamtkosten von 2,5 Mio. Franken (umgerechnet rund 500 Fr./m) geben eine Größenordnung des Aufwands der Untersuchungen. «Umso wichtiger ist es, dass diese Untersuchungen einwandfrei und rückverfolgbar dokumentiert werden», so Opan. Sünden aus der Vergangenheit sollen nicht wiederholt werden, denn von vielen Stützmauern, die zum Teil vor Jahrzehnten errichtet wurden, sind die Pläne entweder unvollständig, nicht auffindbar oder existieren gar nicht erst.

Pour le relevé d'état des murs de soutènement en équerre, on a eu recours à trois méthodes de contrôle destructif:

- **Carottages Ø 300 mm** depuis l'aval du mur (voir illustr. 5)
Opan: «L'OFROU ne recommande plus cette méthode dans son manuel technique 2017.»



5 | Prüfmethode talseitige Sondierbohrungen.

5 | Méthode de contrôle carottages depuis l'aval du mur.

- **Puits avec dégagement d'armature** depuis l'amont du mur (voire illustr. 6)
Opan: «Une méthode compliquée et dangereuse pour les ouvriers.»
- **Hydrodémolition** depuis l'aval du mur (voir illustr. 7)
Opan: «L'avantage est qu'avec cette méthode, on ne doit pas accéder au mur par l'arrière. Elle est certes onéreuse mais d'autant plus efficace et à notre avis, la meilleure méthode.»



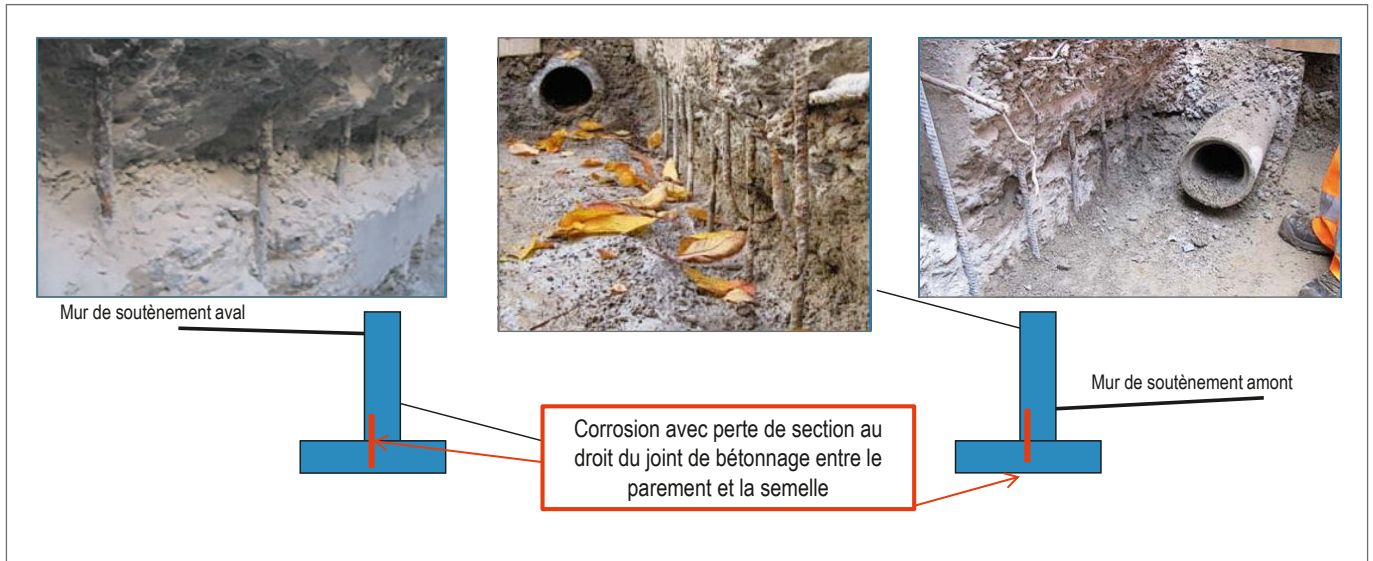
7 | Prüfmethode talseitiger Höchstdruckwasserabtrag.

7 | Méthode de contrôle hydrodémolition depuis l'aval du mur.

36 murs de soutènement ont été examinés de cette façon en 2010. Le coût total de 2,5 millions de francs (c'est-à-dire env. 500 Fr. par mètre) donne une idée de grandeur des dépenses consacrées à ces examens. «Il est d'autant plus important que ces examens soient parfaitement effectués et documentés pour permettre la traçabilité», ajoute Opan. Il ne faut pas répéter les erreurs du passé car pour certains murs de soutènement qui ont été en partie construits il y a plusieurs dizaines d'années, les plans sont soit incomplets, soit on ne les retrouve plus ou bien ils n'existent même pas.

Domages constatés

Les examens effectués aux A5, A9, A16 et H10-NE entre 2007 et 2012 ont été soumis à une évaluation statistique (voir



8 | Schadensbilder aus den Untersuchungen der Bewehrungsseisen.
8 | Dommages constatés lors des examens des barres.

Festgestellte Schäden

Die an der A5, A9, A16 und H10-NE zwischen 2007 und 2012 durchgeführten Untersuchungen wurden statistisch ausgewertet (siehe Abb. 9). An 259 Feldern von 56 Stützmauern konnten insgesamt 1281 Bewehrungsseisen überprüft werden. Dabei waren 24% der untersuchten Bewehrungsseisen von Korrosion mit Querschnittsverlusten betroffen. Während der durchschnittliche Querschnittsverlust der gesamten überprüften Bewehrungen bei 9% lag, betrug er bei den korrodierten Bewehrungen 37%.

Entscheidungskriterien für die Verstärkung einer Winkelstützmauer

Auf der Grundlage der 2010 durchgeführten Untersuchungen definierte die Astra-Filiale Estavayer-le-Lac zwei Kriterien zur generellen Frage, ob ein Bauwerk vorsorglich verstärkt werden muss oder nicht: Ist der Querschnittsverlust der tragenden Bewehrung im Bereich der Wand-Fundament-Anschlüsse grösser als 15%? Ist der Erfüllungsgrad n des ursprünglichen inneren Tragwiderstands (ohne Schäden) tiefer als 0,8?

Wird eine der beiden Fragen mit Ja beantwortet, muss die Mauer verstärkt werden. Die 2010-2011 durchgeführten vorsorglichen Verstärkungen an Winkelstützmauern der A9 betrafen schliesslich 19 der 23 untersuchten Stützmauern.

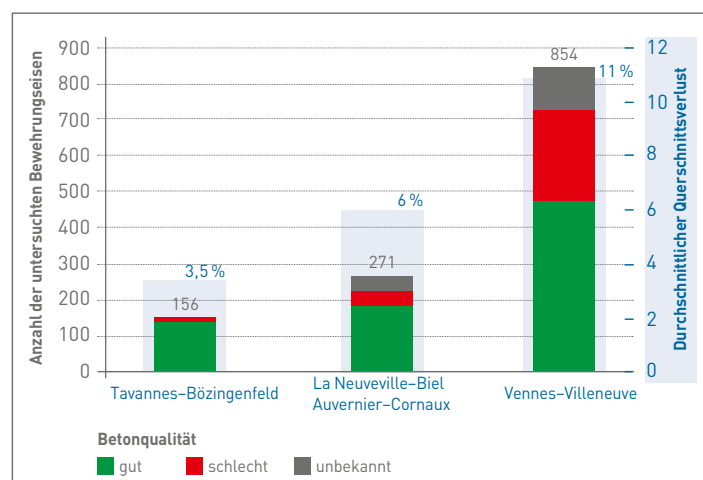
illustr. 9). Ce sont au total 1281 barres qui ont pu être contrôlées sur 259 zones de 56 murs de soutènement. Ici, 24% des barres examinées étaient touchées par la corrosion avec des pertes de section. Alors que la perte de section moyenne de l'ensemble des armatures contrôlées était de 9%, elle était de 37% sur les armatures touchées par la corrosion.

Critères de décision pour le renforcement d'un mur de soutènement en équerre

Sur la base des examens effectués en 2010, la filiale OFROU d'Estavayer-le-Lac a défini deux critères pour régler la question générale de la nécessité de renforcer préventivement ou non un ouvrage. La perte de section de l'armature porteuse dans la zone des raccords paroi-fondation est-elle supérieure à 15%? Le degré de réalisation n de la résistance portante interne d'origine (sans dommage) est-il inférieur à 0,8?

Si la réponse à l'une des deux questions est positive, le mur doit être renforcé. Les renforcements des murs de soutènement en équerre effectués

préventivement en 2010-2011 de l'A9 concernaient 19 des 23 murs de soutènement examinés.



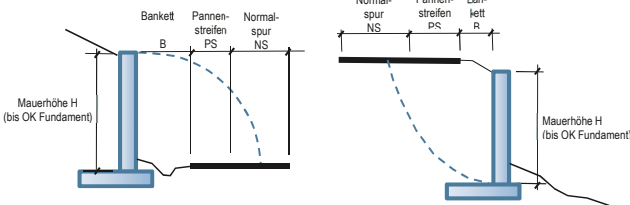
9 | Statistische Auswertung der Bewehrungskorrosion.

9 | Évaluation statistique de la corrosion des armatures.

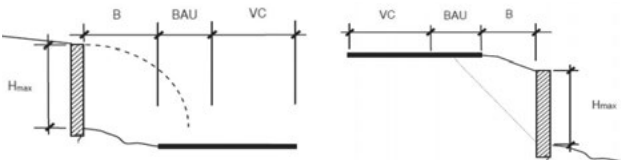
Gefährdungsanalyse

«17 km Stützbauwerke sind keine kleine Sache», erklärte Frédéric Mayoraz, De Cerneville Géotechnique, in seinem Referat zum Projekt für den A9-Abschnitt. Die Herausforderung war die Vielfalt und die grosse Anzahl der Stützbauwerke. Deshalb wurde für diesen Autobahnabschnitt eine Gefährdungsanalyse erstellt. Dieser Ansatz gewährleistet ein für die Nationalstrassen kohärentes Vorgehen für die zwei Hauptparameter einer Risikoanalyse: die Eintrittswahrscheinlichkeit und das Gefährdungspotenzial (die Auswirkungen auf die Verfügbarkeit der Autobahn) eines Bauwerkversagens. Für die Stützmauern sind drei Standardgefährdungsklassen definiert, die von der Geometrie des Bauwerks und seinem Abstand zum Verkehrsträger festgelegt werden:

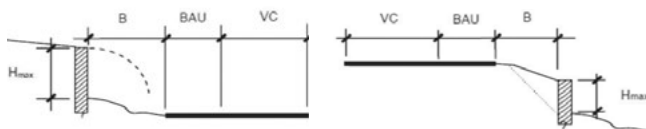
Erhebliche Gefährdung: Bauwerkskollaps hat eine grosse Auswirkung auf die Nationalstrasse (Verkehrsunterbruch) und/oder angrenzende Infrastruktur (Bsp. Bahn). Betroffen ist neben dem Pannestreifen auch die Fahrbahn z.B. die Normalspur.



Geringe Gefährdung: Bauwerkskollaps hat eine begrenzte Auswirkung auf die Nationalstrasse und/oder angrenzende Infrastruktur. Betroffen ist der Pannestreifen.



Keine Gefährdung: Nicht verankerte Bauwerke genug weit von der Nationalstrasse entfernt. Bauwerkskollaps hat keine Auswirkung auf die Nationalstrasse und/oder angrenzende Strasseninfrastruktur. Weder der Pannestreifen noch die Fahrbahn ist betroffen.



Das langfristige Ziel ist, alle Stützmauern mit ihrer jeweiligen Standardgefährdungsklasse in die Kunstbautendatenbank UBA aufzunehmen, um eine automatische erste Priorisierung zu ermöglichen.

An der A9 erhielten 61 der 208 erfassten Bauwerke erste Priorität. Davon wurden 38 ohne vorgängige Untersuchungen vorsorglich verstärkt, um das Risiko auf stark frequentierten Abschnitten mit einem durchschnittlichen Tagesverkehr (DTV) von 40 000 bis 60 000 Fahrzeugen sofort zu mindern. Die übrigen 23 Bauwerke wurden im Jahr 2010 mit destruktiven Methoden untersucht. Nur vier der untersuchten Stützmauern benötigten keine vorsorglichen Massnahmen.

Beispiele von Verstärkungen



10 | A9 Le Lanciau: Verstärkung einer verankerten Stützmauer mithilfe einer Beton-Vorsatzschale mit aktiven Ankern (Foto: Groupe Zuttion).

10 | A9 Le Lanciau: Renforcement d'un mur amont à l'aide d'un nouveau parement en béton armé ancré activement (photo: Groupe Zuttion.)



11 | A9 St-Saphorin: Verstärkung einer nicht verankerten Stützmauer in eine Schwergewichtsmauer.

11 | A9 St-Saphorin: Renforcement d'un mur non-ancré par transformation en mur poids.



11 | A9 Les Cornilles: Verstärkung einer nicht verankerten Stützmauer durch eine verankerte Winkelstützmauer.

11 | A9 Les Cornilles: Renforcement d'un mur non-ancré par un nouveau parement en béton armé ancré activement.

Beispiel einer Instandsetzung von Stützmauern

Einen guten Einblick in die praktische Umsetzung der Ertüchtigung von Stützmauern lieferte Marcello Pavone von der AF Toscana SA in seinem Referat zum Projekt N9 Montreux-Roche. Die vor fast 50 Jahren realisierten Stützmauern auf dieser Nationalstrasse weisen ein sehr hohes Risiko an elektrochemischer Korrosion der Hauptbiegebewehrung am Mauerfuss auf. In diesem 15-Millionen-Franken-Projekt geht es um 14 Stützmauern mit variablen Höhen zwischen 4 und 10 m und einer mit der Gesamthöhe von 13 m. Die Gesamtlänge beträgt ca. 1200 m, die Gesamtfläche ca. 6800 m². Dazu werden rund 250 m³ Beton abgetragen, ca. 4000 m³ neuer Beton verbaut und ungefähr 10 500 m Anker versetzt. «Anhand der Ergebnisse und der Schlussfolgerungen der verschiedenen erarbeiteten Studien sind die nicht rückverankerten Winkelstützmauern als eine Gefahr zu betrachten», erklärte Pavone. Aufgrund der Schwierigkeit, diese Gefahr mit visuellen Inspektionen zu beurteilen, hat das ASTRA entschieden, dem Risiko von spröden Bruchversagen mit vorgezogenen Massnahmen zu begegnen und die Gefahr zu eliminieren. Pavone: «Die Analyse der Biegebewehrung am Fuss der Stützmauer hat tatsächlich einen starken Korrosionsprozess an den Tag gelegt, da der gemessene Flächenverlust bei einem Bewehrungsessen von 10 mm Durchmesser bis zu 7 mm betrug – also einen Flächenverlust von rund 70 % aufwies.» In Bezug auf die statischen Systeme sind die bestehenden Stützmauern in zwei Familien einzuordnen:

- Mauern mit vorgefertigten Elementen im Fuss eingespannt
- Klassische Winkelstützmauern.

Für das Verstärkungsprojekt wurde davon ausgegangen, dass die Biegebewehrung am Fuss keinen restlichen Biege- widerstand aufweist.

Instandsetzungskonzept

«Der kreative Teil unserer Arbeit war das Eruiere der Best- lösung in Bezug auf die Ertüchtigung, wobei die Spezifität jeder Mauer eine sehr grosse Rolle gespielt hat», umriss Pavone die Herausforderungen des Projekts.

Damit man relativ schnell zu einem befriedigenden Ergebnis gelangen konnte, wurde eine Multi-Kriterien-Matrix ent- wickelt, womit sämtliche Stützmauern analysiert wurden.

Diese Matrix setzt sich zusammen aus der Ausgangslage (Ist-Zustand), der Analyse (mit Szenarien und Kriterien) und der gewählten Bestlösung für jede Mauer.

Damit alle möglichen Sanierungslösungen analysiert wer- den konnten, wurden verschiedene Grundszenarien festge- legt, die dann z.T. den spezifischen Eigenschaften der einzel- nen Mauern angepasst wurden.

Die Grundszenarien hat AF Toscana wie folgt festgelegt:

- Kein Eingriff
- Erstellen einer genagelten Wand
- Teilweiser Ersatz der best. Wand
- Ausführung einer Verkleidung und Verbund mit best. Mauer
- Neubau

- Transformation in Schwergewichtsmauer erdseitig
- Transformation in Schwergewichtsmauer strassenseitig
- Verstärkung durch Ausführung von aktiven Ankern.

Diese Grundszenarien wurden mit folgenden Kriterien beurteilt und bewertet: Betrieb, Statik, Geotechnik, Ausführungstechnik, Wirtschaftlichkeit, Umwelt und andere typenspezifische Kriterien.

Drei Hauptlösungen

Aus dieser Analyse haben sich dann drei Hauptlösungen her- auskristallisiert:

- Transformation in Schwergewichtsmauern für je drei Mauern erdseitig und strassenseitig
- Verstärkung von acht Mauern mittels Ausführung von aktiven Ankern.

Beispiel Schwergewichtsmauer erdseitig

Länge = 24 m, Fläche = 76 m², Kosten: ca. 3015 Fr./m²



Vorher

Ausführung

Nachher

Nötige Arbeitsgänge: Etappenweiser Aushub mit sukzessiver Spriessung, Ausführung der neuen Drainageleitung am Fuss und Verlegung einer Enkadrainmatte, HDW-Betonabtrag auf best. Mauer, Ausführung von Hilti-Anker für den monolithischen Verbund, Betonieren mit NPK D und Auffüllung mit Erde. Pavone: «Dies ist die teuerste Lösung. Sie wurde nur dort angewendet, wo eine strassenseitige Lösung mit dem Licht- raumprofil der Strasse unkompatibel war.»

Beispiel Schwergewichtsmauer strassenseitig

Länge = 118 m, Fläche = 500 m², Kosten: ca. 1460 Fr./m²



Vorher

Ausführung (HDW-Abtrag)

Nachher

Nötige Arbeitsgänge: Der Aushub erdseitig entfällt, am Fundamentfuss wird strassenseitig ausgehoben, die bestehende Drainageleitung abgebrochen und eine neue verlegt, das bestehende Drainagesystem erdseitig wird erhalten und die bestehenden Entwässerungsrohre durch die neue Betonstärke verlängert und in die neuen Kontrollschächte geführt, HDW-Betonabtrag auf bestehender Mauer, Ausführung von Hilti-Anker, damit der monolitische Verbund gewährleistet ist, die best. Dilatationsfugen werden mit PBD wasserdicht gestaltet, die neue Betonstärke wird betoniert und ohne Dilatationsfugen gestaltet. Damit die Rissbildung im Rahmen gehalten werden kann, wird eine Minimalarmierung für hohe Anforderungen verlegt.

Pavone: «Mit Erstellungskosten von ca. 1500 Franken pro Quadratmeter instandgesetzte Fläche ist diese Lösung die billigste. Sie wurde dort angewendet, wo eine strassenseitige Lösung mit dem Lichtraumprofil der Strasse kompatibel war.»

Beispiel Verstärkung mit aktivem Anker



Vorher

Ausführung (HDW-Abtrag)

Nachher

Nötige Arbeitsgänge: Bohrung durch bestehende Mauer für die Anker und für das neue Drainagesystem, Aushub am Fuss, HDW-Abtrag der Ankerischen, Ausführung des neuen Drainagesystems, Stellen der Armierung, Betonieren, Bohren und Ausführung der Anker, Spannen der Anker.

Auch in diesem Falle wurden die bestehenden Dilatationsfugen mit Polymerbitumen-Dichtungsbahnen (PBD) wasserdicht gestaltet und die neue Betonstärke ohne Dilatationsfugen betoniert. Damit die Rissbildung im Rahmen gehalten werden kann, wird eine Minimalarmierung für hohe Anforderungen verlegt. 95% aller Ankerköpfe sind als Kontrollanker und 5% als Messanker ausgeführt

Pavone: «Mit Erstellungskosten von ca. 2500 Franken pro Quadratmeter instandgesetzte Fläche platziert sich diese Lösung kostenmässig zwischen den vorangegangenen Lösungen. Sie wurde dort angewendet, wo die Geometrie und die Statik der Mauern dies forderte, obwohl eine Ankerlösung immer mit einem gewissen unterhaltlichen Aufwand verbunden ist.»

Verkehrsführung

Mit einem durchschnittlichen täglichen Verkehr von 60 000 Fahrzeugen musste die volle Kapazität der Autobahn immer

aufrechterhalten bleiben. Somit war ein Spurabbau kein Thema. Deshalb waren immer 2+2 Spuren befahrbar, was die zur Verfügung stehende Breite für das Baustellenareal relativ klein ausfallen liess und eine enge Baustellenlogistik zur Folge hatte. Die Geometrie des im Jahre 2016 für die Ausführung gebrauchten Krans hatte zur Folge, dass gemäss SUVA-Richtlinie für die Lastschwingun-



gen, eine Schutzwand erstellt werden musste, um das Lichtraumprofil der Nationalstrasse sicher vom Baustellenareal zu trennen. Es wurde eine Schutzwand TYP SBB ausgeführt, mit Kosten von ca. 800 Fr./m, die in Nachtarbeit mit bidirektionaler Verkehrsführung erstellt wurde. Im laufenden Jahr arbeitet die Unternehmung mit einem kleineren Kran, dessen Geometrie keine Schutzwand forderte.

Aspis-Viper als Herausforderung

Während der Ausführung sahen sich die Verantwortlichen auf gewissen Baustellen auch noch mit der Aspis-Viper als besonderer Herausforderung konfrontiert. In der Lavaux-Region ist diese Schlange bedroht, was besondere Massnahmen erforderte. Diese wurden mit der «Koordinationsstelle für Amphibien- und Reptilienschutz der Schweiz» festgelegt und implementiert. Die mit Fallen gefangenen Reptilien wurden während der Ausführungsdauer in ein Vivarium gebracht und dort provisorisch gehalten. Die Arbeiter wurden instruiert, wie sie sich im Falle von Bissen verhalten müssen. «Zudem wurde auch das Universitätsspital in Lausanne informiert, damit für alle Fälle genügend Antiserum zur Verfügung gewesen wäre», erklärte Pavone. Um den Schlangen weiterhin ein ideales Habitat zu sichern, wurden Steinnischen realisiert und ein spezieller Zaun verlegt. Die Ausführungskosten für diese Massnahmen belaufen sich für das Jahr 2016 auf ca. 200 000 Franken.



Der Kriechdruck – Erddruck auf Bauwerke im Kriechhang



VON
BALZ FRIEDLI
IGT, ETH Zürich

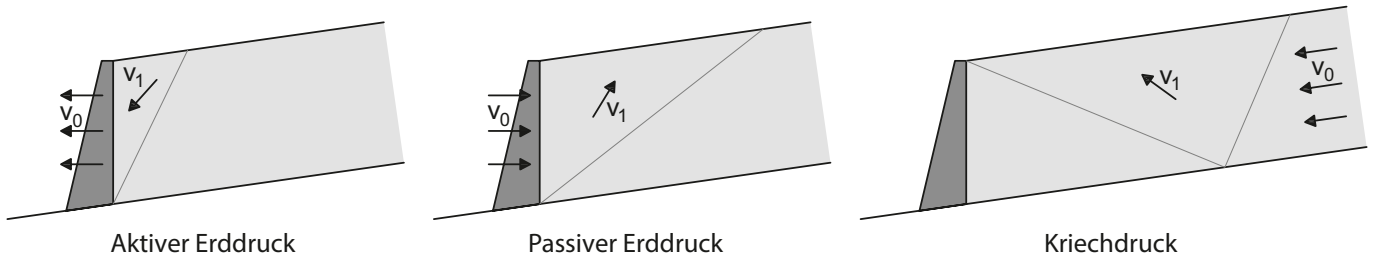


VON
DOMINIK HAUSWIRTH
IGT, ETH Zürich



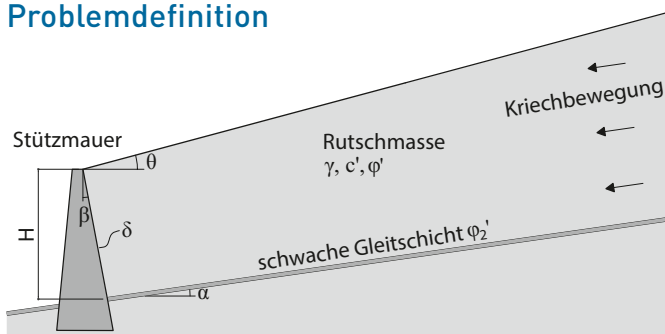
VON
ALEXANDER M. PUZRIN
Professor für Geotechnik,
IGT, ETH Zürich

Für die sichere Bemessung von Stützbauwerken zur Stabilisierung von langsamen permanenten Rutschungen (sogenannten Kriechhängen) ist die Ermittlung des Erddrucks, der auf das Bauwerk wirkt, von grosser Bedeutung. Im Gegensatz zum klassischen Erddruck, bei welchem der Bruchzustand durch eine Verschiebung des Stützbauwerks entweder aktiv (Extension des Bodens) oder passiv (Kompression des Bodens) stattfindet, verschiebt sich beim Kriechdruck ein Rutschkörper in Richtung des Stützbauwerks (siehe Abb. 1). Robert Haefeli hat 1944 diese unterschiedliche Kinematik, basierend auf Beobachtungen an Lawenverbauungen, erstmals erkannt und ein Modell für die Ermittlung der auftretenden Erddrücke formuliert. Dieses Modell basiert auf der Grenzgleichgewichtsmethode sowie einigen vereinfachenden Annahmen und wird in der Ingenieurspraxis zur Bestimmung des Kriechdrucks verbreitet angewendet. Im vorliegenden Beitrag¹⁾ wird dieses bekannte Problem mithilfe der Grenz betrachtungen der Plastizitätstheorie studiert, es werden obere und untere Grenzwerte formuliert, und anschliessend werden die Lösungen miteinander verglichen.



1 | Schematische Darstellung der Versagensmechanismen beim aktiven und passiven Erddruck sowie beim Kriechdruck.

Problemdefinition



2 | Problemdefinition.

Es wird eine Rutschmasse mit Hangneigung θ betrachtet, welche sich auf einer lokalen schwachen Gleitschicht in Richtung eines Stützbauwerkes bewegt. Die Rutschmasse ist durch ihren inneren Reibungswinkel φ' , ihre Kohäsion c' und ihre Wichte γ charakterisiert. Die schwache Gleitschicht ist um den Winkel α zur Horizontalen geneigt und besitzt, da es sich um einen Kriechhang im labilen Gleichgewicht handelt, einen inneren Reibungswinkel gleich der Gleitschichtneigung $\varphi_2' = \alpha$. Der genaue Grund für die Kriechbewegung und insbesondere die Kriechgeschwindigkeit ist für die Kräfte im Grenzzustand nicht von Bedeutung und wird daher nicht weiter diskutiert. Die Geometrie des Stützbauwerkes ist durch die Höhe H und die

¹⁾ Der vorliegende Artikel ist ein Auszug aus dem Géotechnique-Artikel «Friedli, B., Hauswirth, D., & Puzrin, A. M. (2017). Lateral earth pressures in constrained landslides. Géotechnique, 67(10), 890–905» und erscheint auch im Tagungsband von Geotechnik Schweiz. Die in diesem Beitrag gezeigten Lösungen entsprechen weitgehend den Arbeiten von Kupper^[4] und Szczepinski^[8] für den plastischen Grenzzustand in ebenen Erd- und Schneeschichten. Balz Friedli referierte über das Thema an der Fachtagung «Stützmauern» von VSS und Geotechnik Schweiz in Bern.

Wandneigung β definiert. Im Weiteren wird die Wandreibung δ zwischen Wand und Boden eingeführt.

Gesucht ist der maximale Erddruck, der auf das Stützbauwerk einwirken kann. Dieser Erddruck stellt sich, durch die andauernde und langsam fortschreitende Bewegung des Kriechhanges gegen das Stützbauwerk, beim Erreichen eines Bruchzustandes in der Rutschmasse oberhalb des Stützbauwerkes ein.

Der Grundwasserstand wird unterhalb der Gleitschicht angenommen, für weiterführende Informationen zum Einfluss des Grundwassers auf den Kriechdruck wird auf [2] verwiesen.

Annahmen

Das Material der Rutschmasse sowie der Gleitschicht wird als ideal-plastisch mit Bruch gemäss dem Mohr-Coulomb'schen Kriterium angenommen. Zur Erfüllung der Bedingungen für die Grenzbetrachtung der Plastizitätstheorie (Berechnung von oberen und unteren Grenzwerten) wird die Fliessbedingung assoziiert eingeführt. Demzufolge haben zwei Bruchkörper eine um den inneren Reibungswinkel des Bruchflächenmaterials φ' geneigte Relativgeschwindigkeit. Die Rutschmasse bewegt sich dementsprechend aufgrund des Reibungswinkels der Gleitschicht ($\varphi'_s = \alpha$) in horizontaler Richtung. Die Implikationen der assoziierten Fliessbedingung werden vertieft in [2] diskutiert, und es kann gezeigt werden, dass der Kriechdruck von der Fliessbedingung unbeeinflusst ist. Im Weiteren wird angenommen, dass der Widerstand der Gleitschicht auf ihrer gesamten Länge mobilisiert ist. Dies ist in aktiven permanenten Rutschungen immer der Fall, und bei inaktiven, die erst nach dem Bau des Stützbauwerkes zu rutschen beginnen, ist eine kleine Bewegung des Stützbauwerkes hangabwärts vor dem Erreichen des Bruchzustandes in der Rutschmasse erforderlich (v_3 , Bild 3a), welche aufgrund der Nachgiebigkeit sol-

cher Stützbauwerke aber im Normalfall auftritt. Es wird ausserdem angenommen, dass die Rutschung ausreichend lang ist, um den Kriechdruck gegen das Stützbauwerk aufzubauen.

Grenzbetrachtungen der Plastizitätstheorie

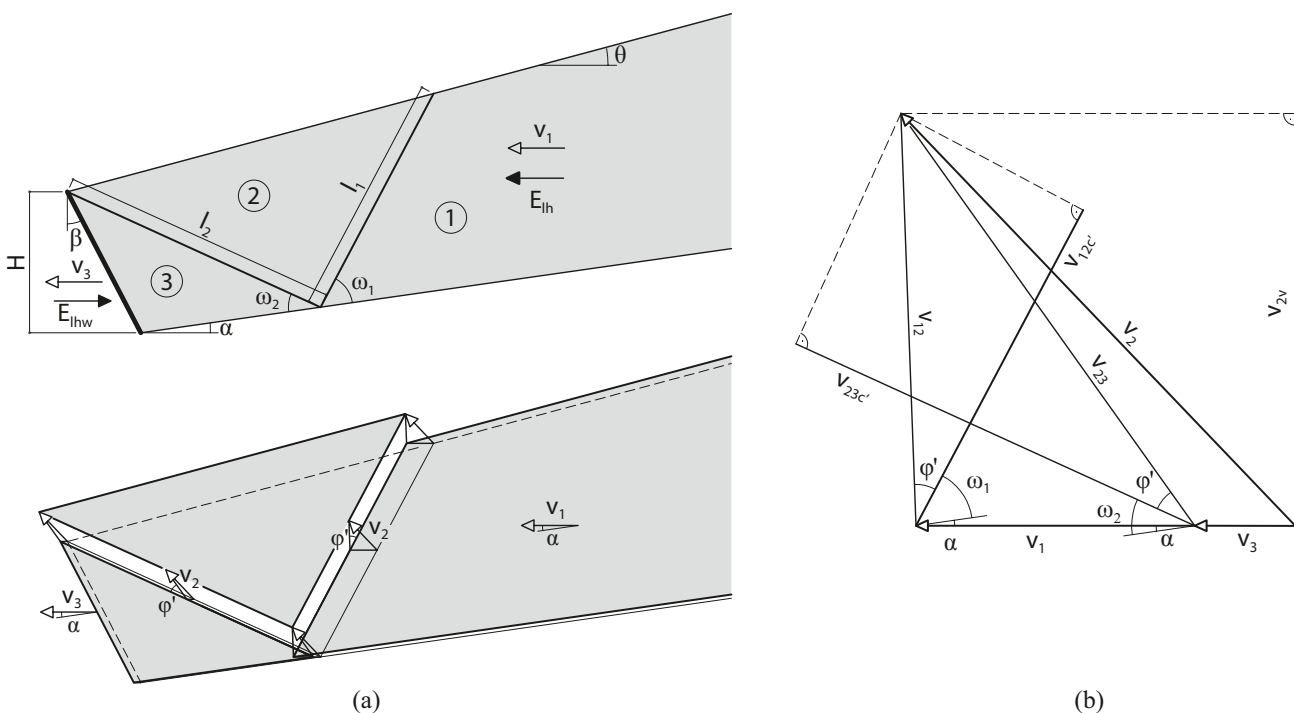
Kinematische Lösung, oberer Grenzwert

Für die Formulierung eines oberen Grenzwertes des Kriechdrucks wird ein kinematisch verträglicher Bruchmechanismus betrachtet (Bild 3a). An diesem Mechanismus werden mithilfe der relativen virtuellen Geschwindigkeiten gemäss dem Hodographen in Bild 3b die externen Arbeitsinkremente sowie die interne Dissipationsleistung berechnet. Man beachte, dass für allgemeinere Bedingungen der Fall $v_3 \neq 0$ zwar studiert wurde, im vorliegenden Beitrag jedoch von einem starren Hindernis mit $v_3 = 0$ ausgegangen wird. Durch Gleichsetzen der externen und internen Arbeitsinkremente kann die Arbeitsgleichung nach der Kriechdruckkraft E_{lh} im Hang aufgelöst werden, und aus Gleichgewichtsüberlegungen resultiert die gesuchte Kriechdruckkraft E_{lhw} auf das Stützbauwerk.

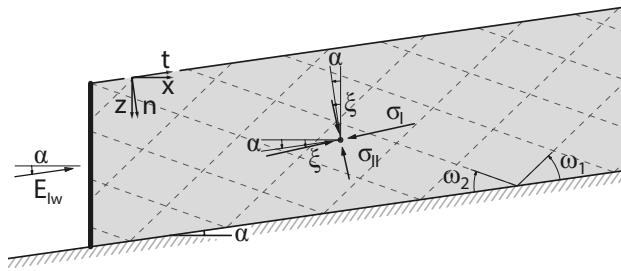
Zur Vereinfachung wird hier nur die Gleichung für den Spezialfall einer kohäsionslosen Rutschmasse, $c' = 0$, die auf einer hangparallelen Gleitschicht, $\alpha = \theta$, gegen eine vertikale Wand, $\beta = 0$, abgeleitet, dargestellt. Eine allgemeine Lösung kann in [2] gefunden werden.

$$E_{lhw} = \frac{H^2 \gamma \cos^2(\alpha)}{2} \cdot \frac{\sin(\omega_1 + \omega_2)}{\sin(\omega_2) \sin(\omega_1)} \cdot \frac{\sin(\varphi' + \omega_1 + \alpha) \sin(\varphi' + \omega_2 - \alpha)}{\sin(2\varphi' + \omega_1 + \omega_2)} \quad (1)$$

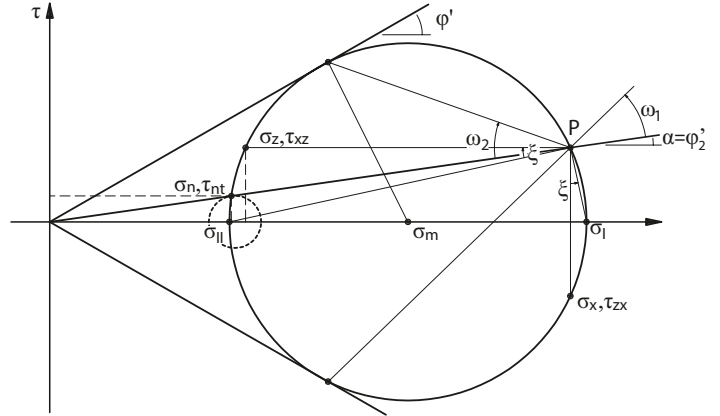
Diese Kriechdruckkraft ist von den Winkeln (ω_1, ω_2) der zwei Bruchflächen abhängig. Um den kleinsten (und somit massgebenden oberen Grenzwert) zu finden, muss Gleichung (1) minimiert werden.



3 | a) Kinematischer Bruchmechanismus und b) zugehöriger Hodograph.



(a)



(b)

4 | a) Spannungsfeld und b) zugehörige Mohr'sche Kreise für den Spannungszustand in der Rutschmasse (durchgezogener Kreis) sowie auf der Gleitschicht (gestrichelter kleiner Kreis).

Statische Lösung, unterer Grenzwert

Indem ein statisch zulässiges Spannungsfeld gefunden wird, das die Gleichgewichtsbedingungen sowohl innerhalb der Rutschmasse als auch auf ihren Rändern sowie in der Gleitschicht erfüllt und an keinem Punkt die Bruchbedingung verletzt, kann ein unterer Grenzwert für den Kriechdruck formuliert werden. Für den bereits eingeführten Spezialfall ($c' = 0$, $\alpha = \theta$, $\beta = 0$) existiert ein statisch zulässiges Spannungsfeld (Bild 4a), welches bezüglich der hangparallelen Koordinate t konstant ist und bezüglich der hangnormalen Koordinate n linear zunimmt. Mit geometrischen Überlegungen am Mohr'schen Kreis (Bild 4b) wird der untere Grenzwert für den horizontalen Kriechdruckkoeffizienten K_{lhw} hergeleitet. Für die vollständige Herleitung wird auf [2] verwiesen.

$$K_{lhw} = \frac{\sigma_x}{\gamma z} = \frac{2E_{lhw}}{\gamma H^2} = \frac{\cos^4 \alpha}{\cos^2 \varphi'} \cdot \left(1 + \sqrt{1 - \cos^2 \varphi' (1 + \tan^2 \alpha)}\right)^2 \quad (2)$$

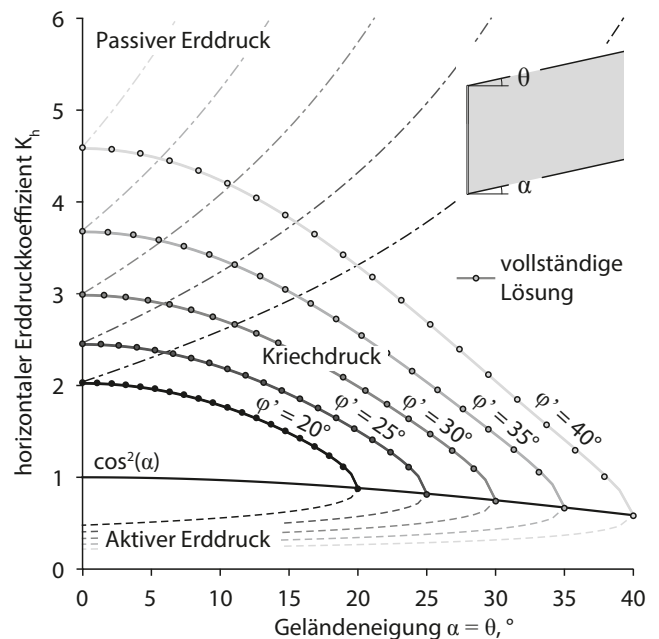
Interessanterweise entspricht diese Gleichung algebraisch, obwohl ursprünglich für ein anderes Problem formuliert, der klassischen passiven Erddrucklösung von Rankine^[6] für ebenes geneigtes Terrain und homogenen Boden. Bekanntermassen ergibt die Rankin'sche Lösung für grössere Hangneigungen im passiven Erddruckfall jedoch deutlich zu tiefe Erddrücke. Die passive Erddrucklösung nach Rankine wurde in [7] für die Berechnung des Widerstandes im Fussbereich des Brattas Kriechhangs in St. Moritz verwendet.

Vollständige Lösung der Plastizitätstheorie

Durch die Optimierung der Bruchwinkel in Gleichung (1) und Normalisierung der resultierenden Erddruckkraft mit $2/(\gamma H^2)$ kann der obere Grenzwert auf die Form der Gleichung (2) gebracht werden. Da der obere und der untere Grenzwert zusammenfallen, stellt (2) für den betrachteten Spezialfall ($c' = 0$, $\alpha = \theta$, $\beta = 0$) die vollständige Lösung der Plastizitätstheorie dar. In Bild 5 sind Kriechdruckkoeffizienten für fünf verschiedene Reibungswinkel φ' der Rutschmasse in Abhängigkeit der Geländeneigung θ dargestellt. Zum Vergleich sind zusätzlich die aktiven und passiven Erddruckkoeffizienten, unter Annahme einer ebenen Bruchfläche,

nach Coulomb^[1] resp. Müller-Breslau^[5] dargestellt. Während der aktive und der passive Erddruck mit zunehmender Geländeneigung ansteigen, nimmt der Kriechdruck ab. Obwohl von geringer praktischer Bedeutung, ist die Beobachtung interessant, dass der Kriechdruck für horizontales Gelände dem passiven Erddruck nach Coulomb (auch Rankin'scher Sonderfall genannt) entspricht und für den steilsten Extremfall, $\varphi' = \alpha$, äquivalent zum aktiven Coulomb'schen Erddruck, $K_{ah} (\varphi' = \alpha) = \cos^2 \alpha$, ist.

Für den interessierten Leser ist in [2] aufgezeigt, wie die vollständige Lösung auf beliebige Wandneigung sowie unterschiedliche Fließregeln des Bodens erweitert werden kann. Im Weiteren werden dort Fälle mit variabler Dicke der Rutschmasse, Kohäsion sowie die Wirkung der Wandreibung diskutiert.



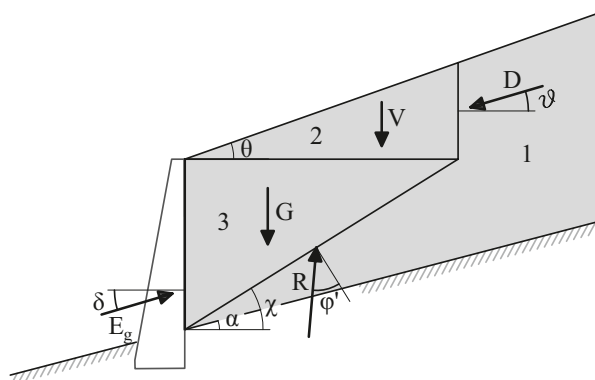
5 | Erddruckkoeffizient auf Stützbauwerke: durchgezogene Linien entsprechen der vollständigen Lösung für den Kriechdruck, zum Vergleich sind die passiven (strich-punktiert) sowie die aktiven (gestrichelt) Erddruckkoeffizienten ohne Wandreibung nach Coulomb^[1] bzw. Müller-Breslau^[5] dargestellt.

Vergleich mit bestehenden Lösungen und Fallbeispiele

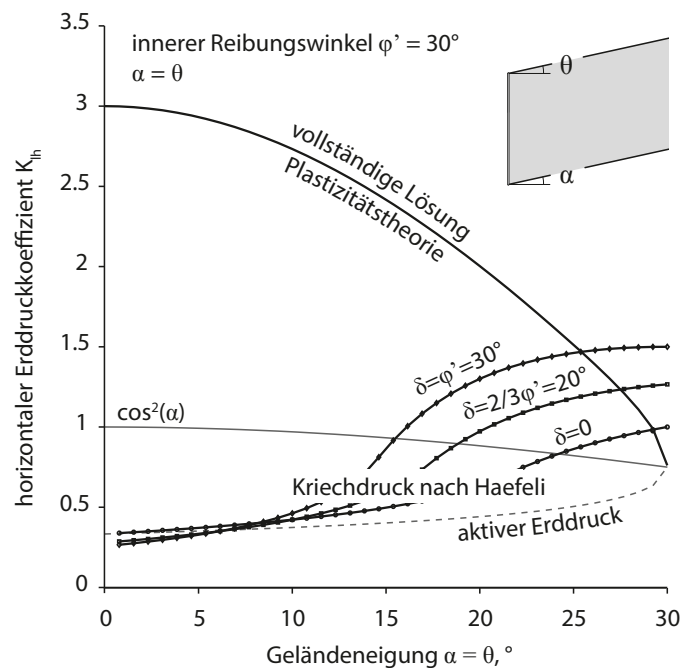
Vergleich mit bestehenden Lösungen

Die bekannte Lösung von Haefeli^[3] zum Kriechdruck basiert auf dem in Bild 6a dargestellten Grenzgleichgewichtsmodell, das aus zwei Bruchkörpern sowie der hangaufwärts liegenden Rutschmasse besteht. Grenzgleichgewichtslösungen sind im Allgemeinen weder untere noch obere Grenzwerte und entsprechen nur in Spezialfällen der vollständigen Lösung. Um das Grenzgleichgewicht zu formulieren, musste Haefeli verschiedene Annahmen treffen, u.a. musste er die Neigung für die Kraft auf das Stützbauwerk E_g , wie auch für die Kraft, welche die Rutschmasse auf den Block 2 ausübt, D , eine Neigung annehmen. Diese Kraftneigungen, die von

Haefeli vereinfachend gleichgesetzt wurden, bleiben als freie Parameter in der Lösung bestehen, weshalb in seiner Lösung der Kriechdruck von der Wandreibung δ abhängt. In Bild 6b wird exemplarisch für $\varphi' = 30^\circ$ die präsentierte vollständige Lösung der Plastizitätstheorie mit der Kriechdrucklösung nach Haefeli verglichen. Es zeigt sich, dass die Charakteristik der Lösung nach Haefeli eher einem modifizierten aktiven Erddruck entspricht, wie auch aus dem Grenzgleichgewichtsmodell ersichtlich ist. Der Kriechdruckkoeffizient zeigt daher gegenüber der hier präsentierten Lösung eine deutliche Diskrepanz. Während die Lösung nach Haefeli im Vergleich mit der Plastizitätslösung den Kriechdruck für flache Geländeneigungen stark unterschätzt, liegt sie für Geländeneigungen nahe am Reibungswinkel der Rutschmasse über der vollständigen Lösung.



(a)



(b)

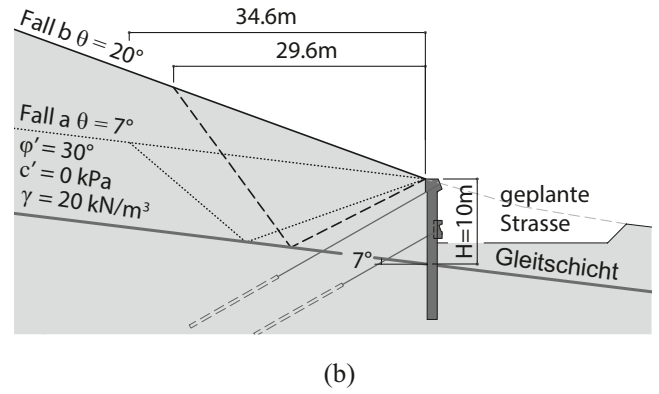
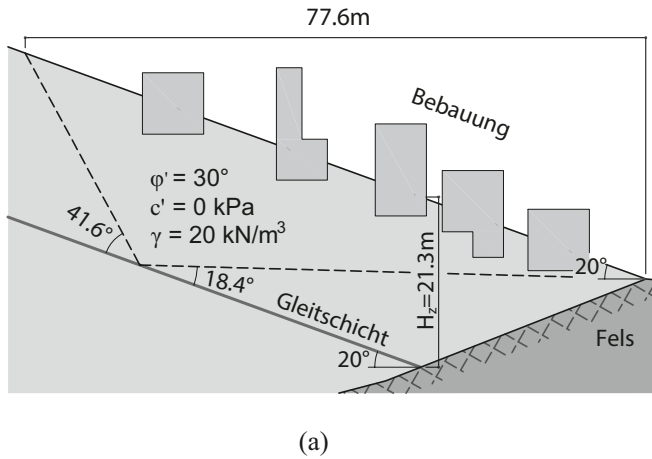
6 | a) Grenzgleichgewichtslösung für den Kriechdruck nach Haefeli (1944); b) Vergleich der Lösung nach Haefeli mit der vollständigen Lösung der Plastizitätstheorie.

FR

Pression de fluage – pression de la terre sur les ouvrages dans la pente de fluage

Pour mesurer plus efficacement les ouvrages de soutènement servant à stabiliser les glissements lents permanents (ce que l'on appelle les pentes de fluage), il est très important de calculer la pression de la terre agissant sur l'ouvrage. Contrairement à la pression classique de la terre où l'état de rupture dû à un déplacement de l'ouvrage de soutènement a lieu soit activement (extension du sol) soit passivement (compression du sol), pour la pression de fluage, un corps glissant se déplace en direction de l'ouvrage de soutènement (voir illustr. 1). En 1944, Robert Haefelli a reconnu pour la première fois cette cinématique

différente en se basant sur des observations faites sur des pare-avalanches et a formulé un modèle de calcul des pressions de terre qui apparaissaient. Ce modèle se base sur la méthode d'équilibre limite ainsi que sur quelques hypothèses de simplification et il est très appliqué dans la pratique par les ingénieurs pour déterminer la pression de fluage. Dans le présent exposé, ce problème connu est étudié à l'aide d'observations limitées de la théorie de la plasticité; des valeurs-limites supérieures et inférieures sont formulées et ensuite une comparaison des solutions a lieu.



7 | Fallbeispiele a) Endbereich eines natürlich blockierten Kriechhangs; b) Stützbauwerk für einen Hanganschnitt mit sehr flacher Gleitschicht.

Fallbeispiele

Die Anwendung der Kriechdruckberechnung wird in diesem Abschnitt anhand zweier Fallbeispiele erläutert. Dazu wird einerseits der Endbereich eines natürlich blockierten Kriechhangs (Bild 7a), (die Rutschung wird durch den Fels am unteren Ende stabilisiert) sowie andererseits ein Hanganschnitt mit einer Stützkonstruktion und einer sehr flach geneigten Gleitschicht (Bild 7b) diskutiert. Die vollständige Lösung ist gültig für einen Wandreibungswinkel $\delta \geq \alpha$ (es wird α mobilisiert). Man beachte, dass sich auch die Coulomb'schen Erddrücke durch Anpassung der Wandreibungswinkel in die Rankin'schen Erddrücke und somit den Kriechdruck überführen lassen.

Endbereich eines natürlich blockierten Kriechhangs

Im ersten Fall wird der Endbereich eines 20 m starken und um 20° geneigten Kriechhangs mit hangparalleler Gleitschicht betrachtet (Annahme einer genügend rauen Oberfläche zur Verhinderung eines Bruches entlang der Trennfläche, siehe [2]). Die kriechende Rutschmasse, $\varphi' = 30^\circ$, wird an ihrem Fuss durch einen auftauchenden Felshorizont blockiert. Bei ausreichend grosser Bewegung der Rutschung kommt es im Fussbereich zu einem Versagen der Rutschmasse, was für eine mögliche Bebauung grosse differentielle Verschiebungen bedeutet. In diesem Fall kann der Kriechdruckkoeffizient gemäss der vollständigen Lösung, Gleichung (2), zu $K_{th} = 2.0$ bestimmt werden. Der kritische Mechanismus ist in Bild 7a dargestellt, und seine Länge in horizontaler Richtung beträgt 77,6 m, was die Dicke der Rutschung um ein Vielfaches übersteigt und somit einen grossen Teil einer möglichen Bebauung betreffen könnte.

Stützbauwerk für einen Hanganschnitt mit sehr flacher Gleitschicht

In diesem zweiten Fallbeispiel wird ein Stützbauwerk für einen 10 m hohen Hanganschnitt mit sehr flacher Gleitschicht ($\alpha = 7^\circ$), betrachtet. Bei diesem Szenario besteht die Gleitschicht z.B. aus einem Bentonit, welcher eine sehr niedrige Restscherfestigkeit aufweisen kann.

Zuerst wird ein Fall mit konstanter Dicke der Rutschmasse betrachtet (Fall a in Bild 7). In diesem Fall resultiert der Kriechdruckkoeffizient aus der vollständigen Lösung zu $K_{thw} = 2.9$. Er ist aufgrund der niedrigeren Neigung höher als im Fallbeispiel 1.

Im zweiten Fall wird eine variable Dicke der Rutschmasse mit Geländeneigung von 20° betrachtet (Fall b in Bild 7). In diesem Fall ist die hier präsentierte vollständige Lösung nicht mehr gültig. Der Kriechdruck kann mit dem in [2] angegebenen oberen Grenzwert trotzdem abgeschätzt werden und vergrössert sich gegenüber Fall a auf $K_{thw} = 5.4$. Da in diesem Fall jedoch kein unterer Grenzwert zum Vergleich existiert, könnte dieser hohe Wert zu konservativ sein.

Vergleich

Die Kriechdruckkoeffizienten für die Fallbeispiele sind in Tabelle 1 zusammengestellt. Zum Vergleich sind die Kriechdruckkoeffizienten nach Haefeli^[3] sowie die aktiven und passiven Erddruckkoeffizienten nach Coulomb^[1] und Müller-Breslau^[5] auch aufgeführt.

Tabelle 1: Vergleich der Erddruckkoeffizienten in den Fallbeispielen

Wandreibung δ	Vollständige Lösung		Oberer Grenzwert	Haefeli $\theta = 20^\circ$	Aktiv $\theta = 20^\circ$	Passiv $\theta = 20^\circ$
	Fallbeispiel 1:	Fallbeispiel 2				
	$\alpha = \theta = 20^\circ$	Neigung a: $\alpha = 7^\circ, \theta = 7^\circ$	Neigung b: $\alpha = 7^\circ, \theta = 20^\circ$			
$\delta = \alpha$	2.0	2.9	5.4	-	-	2.0
$\delta = 0^\circ$	-	-	-	0.63	0.44	5.74
$\delta = 2/3\varphi' = 20^\circ$	-	-	-	0.97	0.39	-
$\delta = -2/3\varphi' = -20^\circ$	-	-	-	-	-	21.96

Schlussfolgerungen

Im vorliegenden Artikel wird eine plastizitätstheoretische Lösung für den Kriechdruck anhand von oberen und unteren Grenzwerten aufgezeigt. Diese Grenzwerte fallen unter bestimmten Bedingungen aufeinander und resultieren somit in der vollständigen Lösung. Für allgemeinere Randbedingungen (Rutschmasse mit nicht konstanter Dicke) kann nur ein oberer Grenzwert für den Kriechdruck angegeben werden (siehe [2]). Der Gebrauch dieser oberen Grenzwerte führt zu konservativen (zu grossen) Einwirkungen auf ein Stützbauprodukt und kann daher als Abschätzung benützt werden. Der Vergleich mit der bestehenden Grenzgleichgewichtslösung von Haefeli zeigt eine deutliche Diskrepanz, die insbesondere bei niedrigeren Geländeneigungen zu einer deutlichen Unterschätzung der Kriechdrücke führen kann. Es gilt im Weiteren zu bemerken, dass der hier vorgestellte Kriechdruck der maximal mögliche Erddruck im ebenen Dehnungszustand darstellt. Durch weitergehende Betrachtungen kann der Kriechdruck auf fallspezifische Gegebenheiten (z.B. Länge der Rutschung, Verhalten von Block 3) angepasst werden. Im Gegensatz zum aktiven Erddruck nimmt die Einwirkung auf die Wand mit Erhöhung des Reibungswinkels zu, was bei der Wahl des Reibungswinkels berücksichtigt werden muss.

Ausblick

Die präsentierte theoretische Lösung für den Kriechdruck muss hinsichtlich praktischer Anwendung auf allgemeinere Randbedingungen erweitert werden. Dazu gehören insbesondere dreidimensionale Fälle (Pfeiler im Kriechhang) sowie die Ermittlung der Kriechdrücke auf Bauwerke, die in der Rutschmasse eingebettet sind und sich mit dem Hang bewegen. Im Weiteren wären eine experimentelle und messtechnische Validierung im Feld wünschenswert.

Literatur

- [1] Coulomb CA (1776). Essai sur une application des règles de maximis & minimis à quelques problèmes de statique, relatifs à l'architecture. Mémoires Mathématique et de Physique présentés à l'Académie R des Sciences par Divers Savants 7, pp. 343–382.
- [2] Friedli B, Hauswirth D, Puzrin AM (2017). Lateral earth pressures in constrained landslides. Géotechnique doi:10.1680/jgeot.16.P.158.
- [3] Haefeli R (1944). Zur Erd- und Kriechdruck-Theorie. Schweizerische Bauzeitung 124, Nr. 20, pp. 256–260.
- [4] Kupper, W. (1967). Der plastische Grenz Zustand in der schiefen ebenen Erd- oder Schneeschicht. Zeitschrift für Angewandte Mathematik und Physik ZAMP 18, Nr. 5, pp. 705–736.
- [5] Müller-Breslau HFB (1906). Erddruck auf Stützmauern. Alfred Körner Verlag, Stuttgart.
- [6] Rankine WJM (1857). On the Stability of Loose Earth. Philosophical Transactions of the Royal Society of London 147, pp. 9–27. doi: 10.1098/rstl.1857.0003
- [7] Puzrin AM, Sterba I (2006). Inverse long-term stability analysis of a constrained landslide, Géotechnique 56, Nr. 7, pp. 483–489.
- [8] Szczepinski, W. (1972). On the motion of flat landslides and avalanches treated as a problem in plasticity. Archs Mech. 24, Nr. 5–6, pp. 919–930.

Bildquellen: alle Bilder abgeändert nach [2].

Les originaux de PCI

PCI Repafast[®] – réparation haut débit pour zones de circulation

Avec la famille PCI Repafast[®], nous vous proposons les bons produits pour une réparation rapide et sûre des zones de circulation ou pour la mise en place de regards même à basse température et conditions extrêmes. Résultat : de courtes durées de réparation, un haut degré de planification et une plus grande fenêtre d'intervention saisonnière.



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

Fachtagung «Stützmauern»

Weitere Referate in Kurzform

Nachfolgend finden Sie kurze Zusammenfassungen zu den weiteren Referaten an der Fachtagung «Stützmauern». Quelle ist der Sammelband mit Fachartikeln der Referenten, den Geotechnik Schweiz zusammengestellt hat (www.geotechnik-schweiz.ch).

Retour d'expériences à partir d'exemples réalisés par l'OFROU

Par Dr Frédéric Mayoraz, De Cerenville Géotechnique

L'évaluation de l'état, l'analyse des risques, puis les études et la réalisation de mesures d'intervention pour les ouvrages de soutènement sur l'A9 et l'A5 ont permis de tirer des enseignements instructifs, synthétisés dans des fiches techniques de l'OFROU. Cela a également permis d'identifier des besoins en recherches appliquées (AGB) qui permettront de mieux maîtriser les mécanismes de dégradation et de rupture – donc les durées de vie résiduelles – de ces ouvrages, ainsi que de proposer des moyens efficaces de les surveiller.

Bruchverhalten von Winkelstützmauern – Boden-Bauwerk-Interaktion bei Bewehrungskorrosion

Von David Perozzi, ETH Zürich

Die Zustandserfassung von bestehenden Winkelstützmauern ist in den letzten Jahren ein sehr wichtiges Thema geworden. Diese komplexe Aufgabe braucht mechanisch konsistente Modelle sowohl für die deformationsabhängige Entwicklung des Erddrucks als auch für die Quantifizierung des Rotationsvermögens korrodierter Strukturen. Anhand der Resultate einer Parameterstudie an einem vereinfachten Modell wurde der Entlastungsprozess des Bodens diskutiert. Eine korrekte Modellierung des elastisch-plastischen Entlastungsprozesses und der in der Hinterfüllung herrschenden initialen Spannungen sind unverzichtbar. Einflüsse von veränderlichen Einwirkungen wie Temperaturänderungen müssen weiter untersucht werden. Die günstigen Effekte der Spannungumlagerung im Boden und in der Struktur könnten die Tragsicherheit von korrodierten Winkelstützmauern günstig beeinflussen. Die erfolgreiche Beurteilung bestehender Winkelstützmauern bedingt ein tiefes Verständnis der Boden-Bauwerk-Interaktion. Das mechanische Modell soll Schritt für Schritt erweitert werden, um alle relevanten Einflüsse einzubeziehen. Die Stoffgesetze sollen verfeinert und angepasst werden und mit massstäblichen Versuchen validiert werden. Durch die Quantifizierung der 3D-Effekte und die Zusammenarbeit mit dem am IBK durchgeführten Partnerprojekt sollen Beurteilungsempfehlungen und -Kriterien erarbeitet werden.

FEM-Einsatz bei der Nachrechnung von Stützmauern

Von Dr. Jörg-Martin Hohberg, IUB Engineering AG

Stützmauern dienen der Abfangung eines Geländesprungs. Deshalb liegt es nahe, von der Versagensform des Geländebruchs auszugehen und sich für die bodenmechanischen Vorgänge im hinter der Stützmauer liegenden Hang, der aus Hinterfüllraum und «gewachsenem» Boden besteht, eingehender zu interessieren. Richtigerweise zählen Stützbauwerke zur Geotechnik und nicht zu den Kunstbauten. Die üblichen Bemessungsverfahren tragen dem jedoch wenig Rechnung – einschliesslich Finiter-Element-Modelle, die den Boden nur als nachdrückende Last und elastische Bettung abbilden. Die Sanierung einer bergseitigen Stützmauer mit ungewöhnlicher Geometrie wurde zum Anlass genommen, mehrere Studien zu Versagensformen an FEM-Scheibenmodellen durchzuführen. Die numerische Simulation von Stützbauwerken ist deutlich aufwendiger als die von Baugruben (Anschüttung statt Abgrabung), sodass sie nur in Ausnahmefällen zum Zug kommt. Bei der Überprüfung bestehender Stützbauwerke, deren Standsicherheit sich nicht mit herkömmlichen Verfahren nachweisen lässt, ist jedoch ein geotechnisches Scheibenmodell die einzige Möglichkeit, mutmassliche Reserven aus der Boden-Bauwerk-Wechselwirkung zu untersuchen und unter Beachtung der Vorschädigung Verstärkungsmassnahmen zu konzipieren. In den gezeigten Berechnungen wurde der Auszugwiderstand der Anker begrenzt, aber die Verpressstrecke so lang gewählt, dass Ankerversagen nicht massgeblich wird. Für die Überprüfung der inneren Tragsicherheit der Stützmauer wird eine Nachläuferberechnung mit elastisch ermittelten Schnittkräften empfohlen.

Die Bemessung stützender Bauelemente aus numerischen Berechnungen ist punkto Sicherheitsphilosophie weiter zu durchdenken. Zum Nachweis der inneren Tragsicherheit wäre u.U. zu überlegen, für möglichen Drainageausfall oder Starkregen den Nachweis eines partiellen Wasserdrucks im Hinterfüllraum zu führen, ohne gleich eine Zweiphasen-Berechnung mit Hangsickerwasser zu verlangen.

In der laufenden Diskussion um den Nachweis der Erdbbensicherheit von Stützbauwerken bietet das gezeigte numerisch-pseudostatische Verfahren einen eleganten Ausweg aus der Diskussion um die richtige Gleitkörpergrösse. Insbesondere eignet sich das Verfahren selbst für steile Hänge, für die die analytischen Formeln keine Lösung bieten, und verzichtet auf spekulative Abminderungen für asynchrone Anregung in ausgedehnten Gleitkörpern. Ein Vergleich mit Zeitverlaufsberechnungen würde nur dann nötig, wenn das pseudostatische Verfahren keine ausreichende Sicherheit aufzeigt.

Faseroptische Überwachungsmethoden für Stützmauern

Von Dr. Michael Iten, Marmota Engineering AG

Werden die vorhandenen Herausforderungen sorgfältig berücksichtigt, bieten die faseroptischen Sensoren eine gute Grundlage für ein erfolgreiches Stützmauern-Überwachungssystem. Die grosse Genauigkeit, der platzsparende Einbau, die hohen automatischen Ausleseraten sowie die grosse Anzahl Messpunkte bieten dem Anwender umfassende, hochaufgelöste Daten. Diese helfen einerseits beim Verständnis des Gesamtsystems als auch bei sehr detaillierter Einzelabschnitte und dem Erkennen von unvorhergesehenem Verhalten. Vor allem die verteilte faseroptische Sensorik bietet hier eine lückenlose Überwachung und vermindert das Risiko, dass Punktsensoren an ungünstigen (d.h. nicht relevanten) Orten platziert werden.

Natursteinmauern, Denkmal oder Risiko?

Von Dr. Philip Rück, Materialtechnik am Bau AG

In Anbetracht des hohen Wertes der Natursteinmauern ist zu wünschen, dass diese Mauern noch lange erhalten bleiben bzw. genutzt werden können. Im Sinne einer optimalen Risikoreduktion ist zu wünschen, dass alle Mauern entlang unserer Verkehrswege zu jeder Zeit standfest und gebrauchstauglich sind, auch im Fall von Unwettern. Betrachtet man alte Stützmauern, d.h. Stützmauern mit Baujahr 1800 und älter, dann zeigt sich, dass an den meisten dieser Bauwerke schon umfangreiche Reparatur- und Sicherungsarbeiten ausgeführt wurden bzw. erforderlich sind. Es ist nachzulesen, dass solche Mauern nach Einstürzen bzw. kurz davor vollständig neu errichtet werden mussten. Den Mauern entlang unserer Eisenbahnstrecken kommt entgegen, dass sie im Vergleich noch nicht so alt sind, dass bereits hydraulische Mörtel zum Einsatz kamen und die Ausführungsqualität dank strikter Vorgaben im Durchschnitt recht hoch war.

Aussicht auf eine unabsehbar lange Lebensdauer (z.B. 500 Jahre) haben Natursteinmauern, die in trockener, gut entwässernder Lage mit dauerhaften Mauersteinen und Mauer Mörtel errichtet wurden, sowie die seltenen Stützmauern aus sehr grossen, dauerhaften Quadersteinen. Das Gros der Natursteinmauern hingegen hat eine begrenzte Restlebensdauer, welche je nach örtlicher Feuchte- und Frostbelastung, notabene bei einem aktuell akzeptablen Zustand, zwischen 50 und 200 Jahren liegen dürfte. Grob geschätzt sind heute ca. 15 % der Natursteinmauern entlang von Verkehrswegen in einem schlechten, auffälligen Zustand. Bei weiteren 15 % ist ein Massnahmenbedarf absehbar. Bei Mauern im Privatbesitz dürfte der Anteil schadhafter Mauern höher liegen. Rein technisch betrachtet, sollten tendenziell nur Natursteinstützmauern langfristig erhalten werden, die heute noch vorwiegend intakt sind (z.B. Schaden auf Mauerkrone beschränkt) und die bezüglich ihrer Funktion und verkehrstechnischen Lage überhaupt Aussicht auf langfristigen Bestand haben. Mittelfristig generell zu ersetzen, wären stärker schadhafte Natursteinmauern sowie angeschlagene Natursteinmauern mit ausgereizter Geometrie (hoch und schlank). Mauern mit sehr hohem Folgeschadenrisiko im Versagensfall sollten bei nicht nachweisbaren Zuständen

generell präventiv gesichert oder ersetzt werden. Bei der Instandsetzung von Natursteinmauern ist mit dem Wissen und Können der Ingenieure und Baumeister aus der Erstellerzeit respektvoll umzugehen. Die Massnahmenrealisierung an traditionell erstelltem Natursteinmauerwerk verlangt von den Planern und Ausführenden einen besonderen Einsatz, da diese Bauweise heute kaum mehr praktiziert wird. Betriebe, die sich hierzu ein Know-how aufgebaut haben, sollten gepflegt und gefördert werden. Gleichzeitig sollten auch die Halter grosser Bestände solcher Bauten das Fachwissen in ihren eigenen Reihen pflegen und den Erhaltungszustand ihrer Mauern möglichst gut kennen. Nur so können Massnahmenbedarf und Mitteleinsatz unabhängig bestimmt werden.

Standsicherheit bestehender Gewichtsmauern aus Naturstein

Von Prof. Erwin Schwing, Hochschule Karlsruhe – Technik und Wissenschaft

Viele alte Gewichtsmauern aus Naturstein bedürfen der Sanierung. Überhänge, Beulen und Risse stechen ins Auge. Oft kommt es zu Einstürzen – auch (wohl falsch) sanierter Mauern – bei denen keine sichtbaren Spuren zu erkennen waren. Einer erforderlichen Sicherung (Therapie) muss wie in der Medizin eine umfassende Diagnose vorausgehen. Die Aufnahme der Bauwerksschäden und alte Aufzeichnungen – sofern sie vorhanden sind – leisten wertvolle Hilfe bei der Beurteilung (Anamnese). In der Regel muss aber in jedem Einzelfall ein massgeschneidertes Untersuchungsprogramm erarbeitet werden. Hinweise zur Vorgehensweise für Stützbauwerke findet man auch im «Leitfaden zu statischen Nachweisen an bestehenden Stützbauwerken» des ASTRA.

Die momentane Standsicherheit aus geotechnischer Sicht lässt sich am genauesten mit statistisch-probabilistischen Nachweisverfahren erklären. Ausreichende Daten müssen dazu vorliegen. Der Nachweis mit einem globalen – auf Kräfte bezogenen – Sicherheitsbeiwert ist in den meisten Fällen ungeeignet, die Standsicherheit genauer zu erklären und richtig zu beurteilen. Wenn Mauern gefährdet sind, ist eine Therapie erforderlich; sie sind zu sanieren. Zweck der Sicherung muss sein, das Versagen mit hinreichender Wahrscheinlichkeit auszuschliessen. Ein Verfahren zur Denkmal schonenden und kostengünstigen geotechnischen Sicherung ist die Vernagelung des Erdreichs hinter der Mauer. Damit gelingt es, das Sicherheitsniveau der alten Stützkonstruktion nach der Sanierung zu quantifizieren und dem von Neubauten anzugleichen. Voraussetzung dafür ist allerdings, dass die dazu erforderlichen Kennwerte vorliegen und alle beanspruchten Bauteile ausreichende Tragfähigkeit aufweisen. Leider ist dem nicht so beim Mauerwerk. Altes Mauerwerk lässt sich nicht in ein Norm-Korsett zwingen, was allerdings oft fälschlicherweise getan wird. Angaben über die Festigkeit sind nicht möglich, da eine Eignungsprüfung grundsätzlich nicht durchgeführt werden kann. Die Anwendung von Tabellenwerten ist nicht zulässig, da die dazu erforderlichen Voraussetzungen in keiner Weise eingehalten werden. Hinzu kommen zeitliche Veränderungen in der Zusammensetzung des Mörtels z.B. durch Wasserwirkung, Verwitterung der Steine selbst und Störungen im Gefüge durch die Wurzelbildung bei bewachsenen Mauern.

Gestion de l'entretien routier: Exemple de la commune de Val-de-Travers

Compte tenu de la pression croissante sur les budgets des collectivités publiques, les gestionnaires des infrastructures routières se doivent de garantir une utilisation optimale des ressources humaines et financières dont ils disposent. Afin d'y parvenir, la commune de Val-de-Travers a décidé en 2013 de mettre en place une approche pragmatique de la gestion de ses infrastructures routières. Mise au point en collaboration avec le bureau d'ingénieurs Nibuxs, cette approche se base sur la normalisation en vigueur pour proposer un relevé régulier de l'état des chaussées et une évaluation de l'impact de différentes stratégies budgétaires sur l'évolution de l'état du réseau. La méthodologie permet finalement d'établir un programme d'entretien pour une période de 4 à 5 ans.

La commune de Val-de-Travers est confrontée à de nombreux enjeux relatifs à la gestion de ses infrastructures routières. Créée en 2009 suite à la fusion de neuf villages, cette commune s'est retrouvée en charge d'un réseau routier d'environ 290 km dont l'état n'était alors pas (peu) connu. Afin de gérer cet important patrimoine, une

politique de maintenance proactive s'est imposée aux gestionnaires, ceci dans le but de mieux anticiper ses futures dépenses et évaluer les ressources financières nécessaires au maintien de son réseau dans un état satisfaisant.

Afin d'atteindre ses objectifs, la commune applique à la gestion de ses infrastructures routières une méthodologie développée depuis 2013 en collaboration avec le bureau d'ingénieurs Nibuxs (voir encadré page 29). Ce travail a nécessité un recensement préalable du réseau communal (analyse du cadastre foncier), puis la digitalisation de celui-ci afin de pouvoir le représenter dans un outil SIG.

Campagnes de relevé d'état

Pour pouvoir caractériser l'état du réseau communal, il a été proposé de mettre à profit et d'accroître l'expérience des voyers de la commune en les formant au relevé d'état des chaussées. La formation dispensée sur une demi-journée incluait ensuite un relevé test sur une sélection de tronçons pour lesquels le relevé des voyers était alors confronté à celui des ingénieurs spécialisés. La méthodologie mise en place permet aujourd'hui à la commune de Val-de-Travers



PAR
MARC DELABY
Chef de projet gestion
de l'entretien, Nibuxs Sàrl,
Ecublens VD



PAR
DR. NICOLAS BUECHE
directeur-associé,
Nibuxs Sàrl, Ecublens VD



PAR
YVES FATTON
Conseiller Communal,
dicastère des infrastructures,
Val-de-Travers NE



PAR
JEAN-MARIE METTRAUX
Voyer-chef, Travaux publics,
Val-de-Travers NE

de relever l'état de ses routes de manière autonome lorsqu'elle le souhaite. Les campagnes sont pour l'instant réalisées annuellement, campagnes lors desquelles trois voyers parcourent l'ensemble du réseau à pied (en localité) ou en voiture (hors localité) pour saisir les dégradations à l'aide d'une application spécifique (Illustration 1).

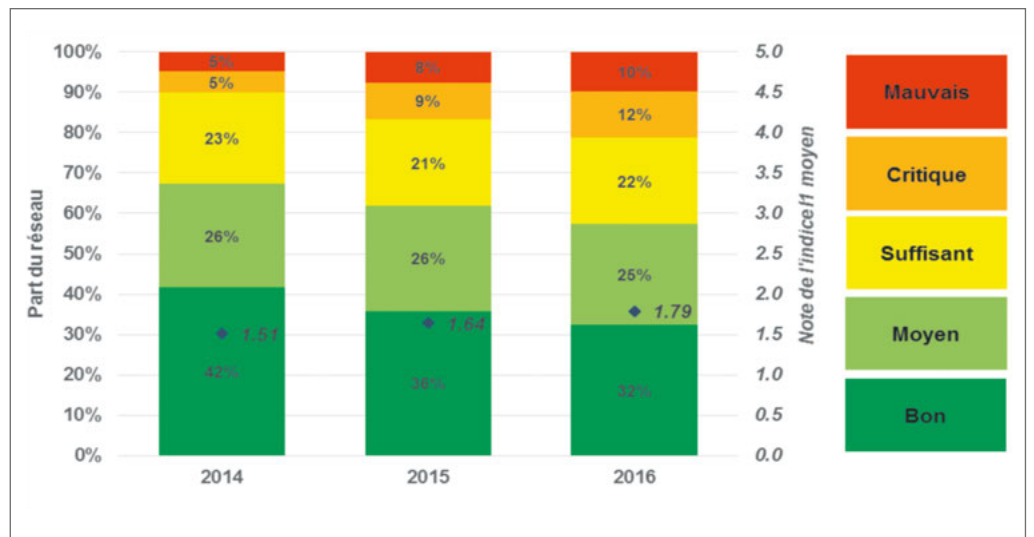
Etat actuel du réseau et évolution

Les campagnes de relevé annuelles ont ainsi permis de constater que l'état global du réseau se dégrade, sa note moyenne ayant passé de 1.51 en 2014 à 1.79 en 2016 (Illustration 2). De même, la part de chaussées en état «critique» ou «mauvais» s'est considérablement accrue (passant de 10% en 2014 à plus de 20% en 2016), soulignant la nécessité d'assainissement du réseau. Cette détérioration de l'état global du réseau signifie que les travaux d'entretien annuels effectués sont a priori insuffisants afin de maintenir l'état des infrastructures. Ce manque d'entretien risque par ailleurs à terme de se traduire par des travaux plus lourds et donc plus coûteux.

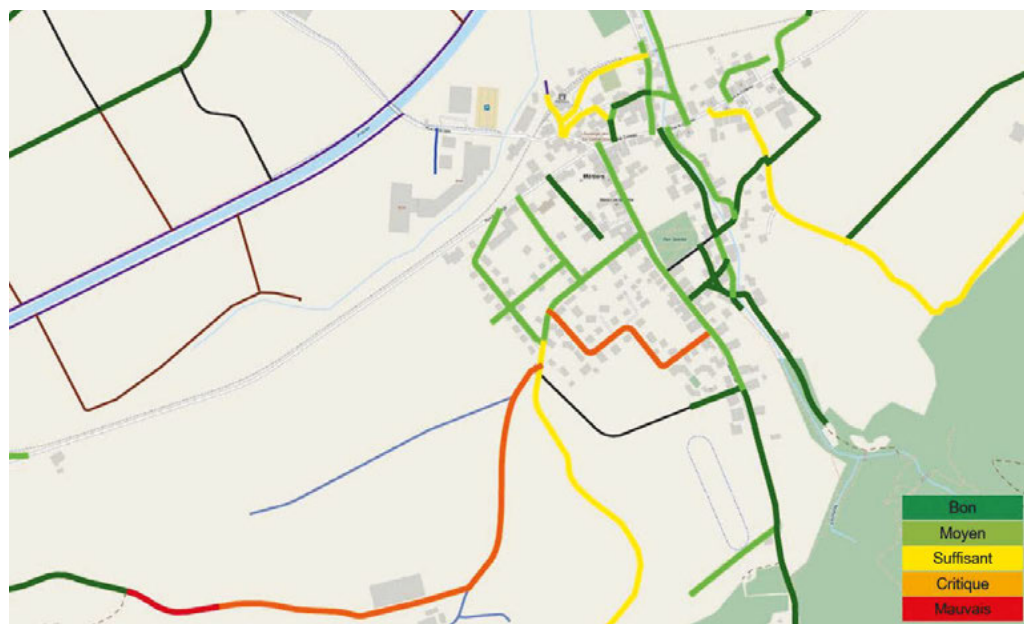
La représentation cartographique de l'état du réseau (Illustration 3) constitue un outil précieux permettant à la commune d'identifier les points faibles de son réseau. Un contrôle *in situ* des tronçons en état «mauvais» (en rouge sur la carte) peut ainsi être mené afin d'évaluer si des mesures d'entretien ponctuelles sont nécessaires à court terme. La cartographie des différents résultats est de plus un excellent moyen de communication auprès des décideurs.



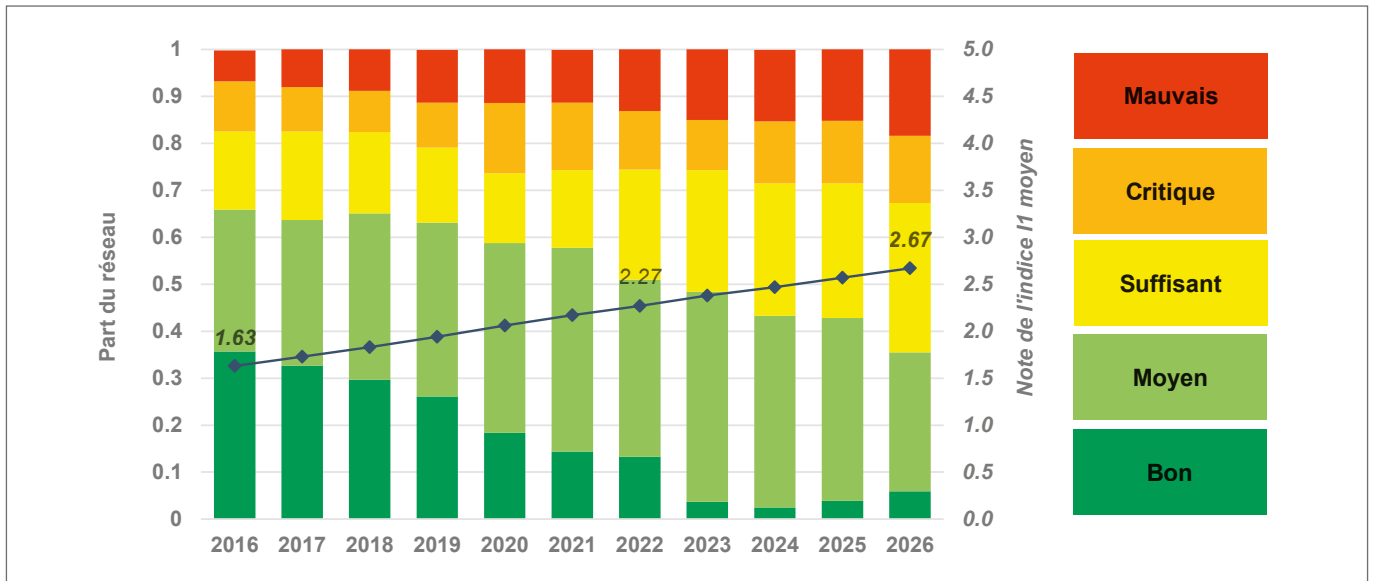
1 | Le voyer procède au relevé des dégradations en s'aidant d'une application.
 1 | Der Prüfer stellt mithilfe eines Anwendungsprogramms die Zustandsverschlechterungen fest.



2 | Evolution de l'état du réseau (part des catégories d'état (%) et note moyenne (indice I1) d'après les trois dernières campagnes de relevés.
 2 | Entwicklung des Zustands des Netzes (Anteil der Zustandskategorien (in %) und durchschnittliche Note (Index I1) gemäss den drei letzten Messkampagnen.



3 | Représentation de l'état actuel des chaussées (indice I1) dans un SIG (cas fictif).
 3 | Darstellung des aktuellen Zustands der Fahrbahnen (Index I1) in einem geografischen Informationssystem (fiktiver Fall).



4 | Evolution de l'état (indice I1) du sous-réseau de densité élevée pour le budget de référence de la commune.
4 | Entwicklung des Zustands (Index I1) des Unternetzes mit hoher Dichte für das Referenzbudget der Gemeinde.

Analyse de scénarios budgétaires

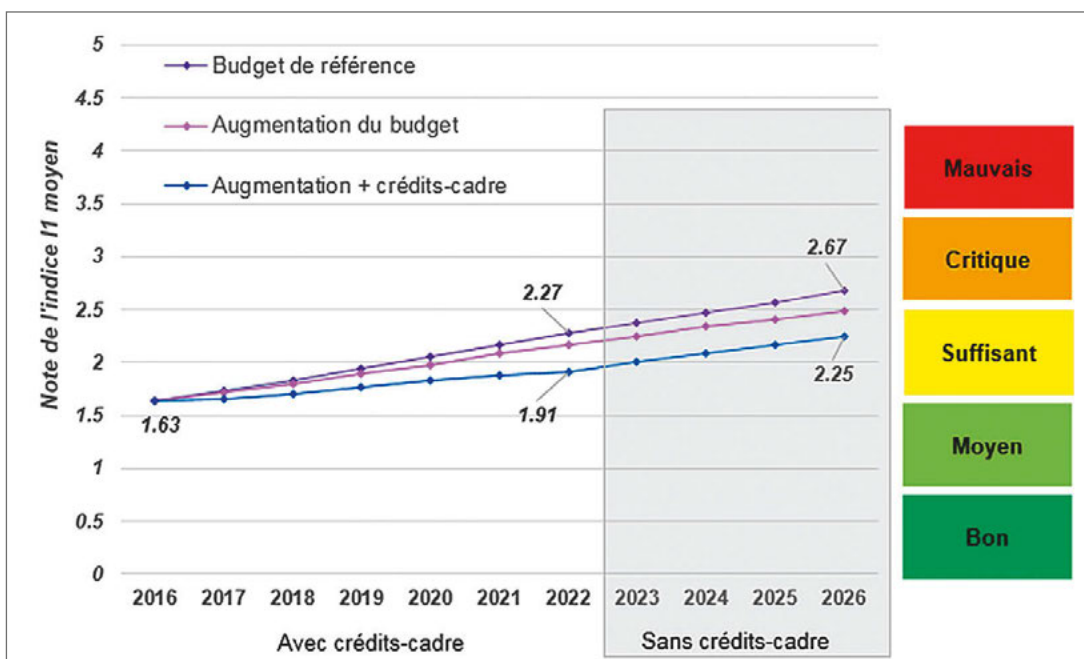
Pour faire face à l'évolution défavorable de l'état global du réseau observée au cours des campagnes de relevé d'état, les gestionnaires du réseau routier de Val-de-Travers souhaitent augmenter le budget annuel alloué à l'entretien routier tout en mettant en place une stratégie d'investissements (crédits-cadre sur 6 ans) alloués à des travaux lourds tels que la reconstruction de certaines chaussées. Pour cela, une analyse de l'impact de scénarios budgétaires sur l'état du réseau a été effectuée.

Au regard des ressources limitées qu'elle peut allouer à l'entretien routier, la grande étendue de son réseau routier constitue un problème majeur pour la commune qui ne dispose annuellement que d'environ 2100 CHF/km. Il a dès lors été proposé à la commune de procéder à des analyses par sous-réseaux qui se différencient par la densité des habita-

tions à proximité; chaque sous-réseau se voyant alors attribuer une proportion préalablement définie du budget.

L'évolution calculée de l'état du «sous-réseau de densité élevée» avec les financements actuels (Illustration 4) laisse supposer que, sur une période de 10 ans, l'indice I1 se dégradera de plus d'un point, passant d'une note moyenne de 1.63 (état «moyen») à 2.67 (état «suffisant»). Les parts des chaussées en état «bon» ou «moyen» diminueront au détriment de celles en état «mauvais», «critique» et «suffisant». Ces résultats sont conformes aux résultats obtenus lors des relevés (Illustration 2) et confirment que le budget actuel prévu pour l'entretien est *a priori* insuffisant.

L'augmentation du budget d'entretien atténuée légèrement la dégradation prévisible (note moyenne de l'indice I1) du «sous-réseau de densité élevée» (Illustration 5). Si on y ajoute des crédits-cadre d'assainissement pour les tronçons les plus



5 | Comparaison des scénarios - Evolution de l'état moyen (indice I1) du sous-réseau de densité élevée.

5 | Vergleich der Szenarien - Entwicklung des durchschnittlichen Zustands (Index I1) des Unternetzes mit hoher Dichte.

dégradés, l'atténuation de la dégradation globale est alors sensiblement plus marquée: à la fin des six années d'investissements (2022), l'état global du réseau serait alors maintenu dans la catégorie «moyen» ($I1 < 2.00$).

En plus de ces trois scénarios, le budget nécessaire au maintien du réseau dans son état actuel a également été calculé. Les résultats montrent que, comme le laissaient supposer l'illustration 5, un montant sensiblement plus important serait nécessaire soit la multiplication par 4 du budget de référence (budget actuel).

Programme des travaux d'entretien

Bien que l'évolution de l'état global du réseau amène des éléments pertinents, le gestionnaire souhaite généralement l'établissement d'un programme détaillé des travaux à réaliser. En se basant sur les données d'état des campagnes de relevé et les stratégies budgétaires de la commune, un programme des travaux pour une durée de 4-5 années peut être établi. Ce programme est élaboré à partir de l'approche développée par Nibux (voir encadré page 29), qui a par ail-

leurs été paramétrée en fonction des conditions propres à la commune.

Le programme des travaux (voir exemple Illustration 6) est construit en confrontant les interventions proposées pour chaque tronçon d'état homogène avec les contraintes budgétaires de la commune: selon le budget disponible, certaines interventions doivent être reportées ou avancées. La priorisation des travaux se fait alors selon l'état des chaussées (indice I1), mais aussi selon l'importance du tronçon (critères fonctionnels) au sein du réseau. Pour les aspects fonctionnels, la commune de Val-de-Travers a considéré la hiérarchie de la route dans le réseau, l'importance du trafic, la présence de transports publics et l'impact en cas de fermeture de la route.

Le programme étant établi principalement sur la base des relevés d'état, il doit encore être validé par des visites *in situ* et confronté avec l'expérience du voyer-chef. Ce dernier se base notamment sur l'état du réseau (mis à jour chaque automne grâce aux campagnes de relevés) et sur les remarques et les photos faites par les voyers lors du relevé. En plus de ce relevé, les voyers effectuent généralement un contrôle

Chantier							Mesure			Priorité
Axe	Nom	De [m]	A [m]	Longueur [m]	Largeur [m]	Surface [m ²]	Mesure	Coût unitaire [CHF/m ²]	Coût [CHF]	I1 * N_F
2016										
62	Rue A	0	212.4	212.4	5.4	1147.0	ROUL	40	45 881	14.09
75	Rue B	100	222.8	122.8	5.4	663.1	ROUL	40	26 523	12.73
63	Rue C	250	386.2	136.2	5.4	735.3	ENDUIT	12	8 824	11.58
69	Rue D	0	341.3	341.3	7.5	2560	RENF	135	345 596	9.37
									402 954	
2017										
85	Rue E	100	180.7	80.7	6	484.2	ROUL	40	19 368	11.78
6P	Rue F	0	169.9	169.9	5.75	976.9	RENF	135	131 845	11.29
752	Rue G	158	381	223	5.4	1204.0	ROUL	40	48 159	10.59
527	Rue H	0	30	192.4	5.4	1673.2	RENF	135	225 877	10.37
253	Rue I	0	208.8	208.8	5.4	1127.7	ENDUIT	12	13 533	10.03
									398 782	

6 | Exemple de programme des travaux (analyse PMS, données fictives).

6 | Beispiel für ein Arbeitsprogramm (PMS-Analyse, fiktive Daten).

Verwaltung der Strasseninstandhaltung am Beispiel der Gemeinde Val-de-Travers

In Anbetracht des zunehmenden Drucks auf die Budgets der Körperschaften des öffentlichen Rechts müssen die Verwalter der Strasseninfrastruktur eine optimale Nutzung der Human- und Finanzressourcen, über die sie verfügen, garantieren. Um dies zu erreichen, hat die Gemeinde Val-de-Travers im Jahr 2013 beschlossen, einen pragmatischen Ansatz für die Verwaltung ihrer Strasseninfrastruktur zur Anwendung zu bringen. Dieses Konzept, das in Zusammen-

arbeit mit dem Ingenieurbüro Nibux entwickelt wurde, basiert auf der geltenden Normierung, um eine regelmässige Bestandsaufnahme des Zustands der Fahrbahnen und eine Beurteilung der Auswirkungen unterschiedlicher Budgetstrategien auf die Entwicklung des Zustands des Netzes vorzuschlagen. Diese Verfahrensweise gestattet letztendlich die Erstellung eines Instandhaltungsprogramms für einen Zeitraum von 4 bis 5 Jahren.



7 | Photo avant/après entretien d'un axe où la commune a opté pour la pose d'un enrobé à froid

7 | Foto vor/nach Instandhaltungsmassnahmen an einer Verkehrsachse, bei denen die Gemeinde sich für den Einbau von Kaltmischgut entschieden hat.

complémentaire au printemps afin d'identifier d'éventuels dégâts hivernaux qui impliqueraient des mesures d'entretien urgentes.

Relevons qu'il peut arriver que la nature de la mesure jugée techniquement optimale selon le programme des travaux soit modifiée; ceci par exemple pour des raisons économiques ou afin d'évaluer des enrobés spécifiques. Une telle situation est présentée dans l'illustration 7 où, admettant que les sollicitations limitées sur le tronçon pouvaient justifier une intervention moins onéreuse, la commune a réalisé en 2015 une couche de roulement en enrobé à froid au lieu du remplacement total des couches bitumineuses tel que préconisé dans le programme des travaux.

Le programme des travaux sera donc finalement utilisé par le gestionnaire de la route comme un outil d'aide à la décision dans la planification d'interventions ainsi que pour la synchronisation avec d'autres services (remplacement de conduites, pose d'un réseau, etc.).

Synthèse

La méthodologie de relevé d'état et de gestion de l'entretien mise en place par la commune de Val-de-Travers en partenariat avec Nibuxs lui a permis de recenser son patrimoine routier et d'évaluer l'état global de ses chaussées. La réalisation de trois campagnes de relevé successives par les voyers de la commune indique toutefois que cet état global se dégrade continuellement; la commune ne pouvant pas réaliser suffisamment d'interventions d'entretien en raison de ressources financières limitées. Avec cette méthode, le gestionnaire dispose ainsi d'une connaissance actualisée de son réseau tout en gardant la maîtrise complète puisque le relevé d'état est réalisé de manière interne à la commune.

L'analyse de différents scénarios a confirmé qu'un budget sensiblement plus important serait nécessaire pour que la commune puisse maintenir l'état actuel de son réseau. Par l'analyse de différents scénarios budgétaires, la démarche appliquée met à disposition des arguments techniques et objectifs permettant alors de sensibiliser les politiques à la nécessité d'une augmentation des ressources à disposition ainsi qu'aux conséquences de différentes stratégies de financement sur l'état global du réseau des infrastructures de transport. Ces éléments doivent finalement permettre l'établissement d'une planification à moyen-long terme et la mise en place de budgets d'investissements pour l'assainissement des axes les plus dégradés.

Etablis annuellement, les programmes des travaux permettent à la commune d'optimiser ses dépenses pour les 4-5 prochaines années, même si elle doit parfois composer avec des travaux d'urgence. L'établissement de programmes des travaux améliore en outre considérablement la coordination entre les différents services devant intervenir au niveau des infrastructures de transport.

Références

- [1] SN 640925b, Gestion de l'entretien des chaussées (GEC), Relevé d'état et appréciation en valeur d'indice, Association suisses des professionnels de la route et des transports (VSS), 2003.
- [2] SN 640926, Gestion de l'entretien des chaussées (GEC), Relevé d'état visuel: indices individuels, Association suisses des professionnels de la route et des transports (VSS), 2005.
- [3] I. Scazziga. Processus de dégradation et lois d'évolution. Projet de recherche VSS-OFROU N° 1304.
- [4] Maintien de la valeur des routes. Guide à l'intention des communes et des praticiens. Association des communes de Suisse. 2007.
- [5] N. Bueche, M. Delaby, M. Ould-Henia, J. Perret, Réseaux routiers suisses – Approche pratique de la gestion de l'entretien, Revue RGRA n°940, Octobre-Novembre 2016.

Approche pragmatique pour la gestion de l'entretien routier



8 | Vue générale du processus de gestion de l'entretien des chaussées.

8 | Allgemeiner Überblick über den Vorgang der Verwaltung der Instandhaltung von Fahrbahnen.

L'approche proposée par Nibux a été progressivement développée en partenariat avec plusieurs communes (dont Val-de-Travers) avec le souci de proposer une approche pragmatique, flexible et transparente, schématisée dans l'illustration 8^[5].

Relevé et évaluation de l'état du réseau

Après avoir recensé avec la commune le réseau à entretenir et ses principales caractéristiques (étendue, type de revêtements, critères fonctionnels), il est nécessaire de disposer d'un relevé d'état des chaussées. Pour les réseaux communaux, on retient généralement l'indice visuel I1 selon la norme SN 640 925^[1] calculé à partir des indices individuels I_{Ai} selon la norme SN 640 926^[2].

La façon de procéder pour les relevés s'inspire largement des normes citées précédemment et consiste à évaluer visuellement les dégradations de surface de la chaussée selon leur étendue (A) et leur gravité (S). On aboutit ainsi à des notations allant de 0 à 5 pour chacune des dégradations à partir desquelles l'indice I1 est calculé. Le catalogue de la norme, qui comporte 22 dégradations, est cependant adapté pour chaque type de réseau de façon à homogénéiser les relevés d'état.

Ces relevés peuvent être réalisés à l'aide d'une application sur tablette (Illustration 9). Spécifiquement configurée pour chaque commune, ce support présente plusieurs avantages :

- Suivi facilité des axes à relever;
- Possibilité de documenter des éléments spécifiques (photos);
- Important gain de temps lors du dépouillement;
- Contrôles automatiques afin d'éliminer les erreurs de saisie.

Stratégie de maintenance et planification de l'entretien

La méthodologie consiste ensuite à évaluer différentes stratégies de maintenance selon une approche relativement simple et transparente. Un catalogue de mesures d'entretien, généralement limité à quatre familles de mesures (traitement de surface, renouvellement de la couche de roulement, renouvellement de l'ensemble de la structure bitumineuse et reconstruction totale de la structure) comprenant des seuils de déclenchement et des coûts est défini

en accord avec le gestionnaire, afin de pouvoir déterminer, pour chaque tronçon relevé du réseau, la mesure et l'«année optimale» d'application de la mesure. L'«année optimale» est définie en retardant l'intervention jusqu'à ce que l'état de la chaussée, que l'on dégrade dans le temps au moyen de lois d'évolution, engendre une intervention plus lourde, donc plus coûteuse. Pour le Val-de-Travers, la loi d'évolution considérée a été construite à partir de statistiques issues du relevé d'état (selon [3]) et admet une augmentation (détérioration) de l'indice I1 d'environ 0.15 points/an, ce qui est cohérent avec la dégradation observée entre les différentes campagnes de relevé d'état (Illustration 2).

Différentes stratégies peuvent être générées en fonction des budgets annuels disponibles. Ces stratégies permettent d'une part d'évaluer l'incidence des moyens financiers mis en œuvre sur l'évolution de l'état global du réseau et d'autre part de définir des programmes des travaux pour une période de 4–5 ans. Ce programme étant établi uniquement sur la base de relevés visuels de l'état de la surface des chaussées, il doit être ensuite validé par des visites *in situ* et confronté avec l'avis critique du gestionnaire qui participe à la définition exacte des travaux à entreprendre.

Relevé des dégradations de surface

Langueur tronçon homogène [m]:

92

Dégradations observées	Étendue A	Gravité A
Rebossage	<input type="radio"/> A1 <input type="radio"/> A2 <input type="radio"/> A3	<input type="radio"/> S1 <input type="radio"/> S2 <input type="radio"/> S3
Perte de gravillons	<input type="radio"/> A1 <input type="radio"/> A2 <input type="radio"/> A3	<input type="radio"/> S1 <input type="radio"/> S2 <input type="radio"/> S3
Nids de poule/pelage	<input type="radio"/> A1 <input type="radio"/> A2 <input type="radio"/> A3	<input type="radio"/> S1 <input type="radio"/> S2 <input type="radio"/> S3
Fissure de joint	<input type="radio"/> A1 <input type="radio"/> A2 <input type="radio"/> A3	<input type="radio"/> S1 <input type="radio"/> S2 <input type="radio"/> S3
Fissures diverses	<input type="radio"/> A1 <input type="radio"/> A2 <input type="radio"/> A3	<input type="radio"/> S1 <input type="radio"/> S2 <input type="radio"/> S3
	<input type="checkbox"/> Bord(s)	
	<input type="checkbox"/> Trace(s) de roue(s)	
	<input type="checkbox"/> Autre	
Ornières	<input type="radio"/> A1 <input type="radio"/> A2 <input type="radio"/> A3	<input type="radio"/> S1 <input type="radio"/> S2 <input type="radio"/> S3
Tôle ondulée	<input type="radio"/> A1 <input type="radio"/> A2 <input type="radio"/> A3	<input type="radio"/> S1 <input type="radio"/> S2 <input type="radio"/> S3
Affaissements	<input type="radio"/> A1 <input type="radio"/> A2 <input type="radio"/> A3	<input type="radio"/> S1 <input type="radio"/> S2 <input type="radio"/> S3
Réparations	<input type="radio"/> A1 <input type="radio"/> A2 <input type="radio"/> A3	<input type="radio"/> S1 <input type="radio"/> S2 <input type="radio"/> S3

Mesure proposée(votre application)

Ne rien faire

Intervention locale (fissures, nids de poule, ...)

Changement couche de roulement

Intervention lourde (plusieurs couches)

Interventions nécessaires

Pour les trottoirs

Pour les bordures

Pour les grilles et regards (évacuation des eaux)

Pour les capes et trappes (Services industriels)

Commentaires

9 | Application pour le relevé d'état des chaussées RoadState (extrait) 9 | Anwendungsprogramm RoadState (Auszug) zur Feststellung des Zustands von Fahrbahnen.

Dosieranlage auf der N1 Limmattal sorgt für besseren Verkehrsfluss

Das ASTRA realisierte dieses Jahr auf der Nationalstrasse N1 Limmattal zwei Dosieranlagen (DOS) gemäss der VSS-Norm SN 640 807 «Verkehrsbeeinflussung auf Autobahnen und Autostrassen – Rampenbewirtschaftung, Grundlagen». Dosieranlagen sind ein bewährtes Mittel um den Verkehr in hohen Auslastungszeiten gezielt zu beeinflussen. Mithilfe von Lichtsignalanlagen wird der Zufluss zur Autobahn temporär dosiert. Das ASTRA, Infrastrukturfiliale Zofingen, beauftragte dazu die Ingenieurgemeinschaft Sauber+Gisin Engineering AG und Hoerni+Partner AG als Projektverfasser und Bauleiter der Betriebs- und Sicherheitsausrüstungen (BSA) im Limmattal. Der Abschnitt besteht im Wesentlichen aus 12 Kilometer Autobahn mit je drei Fahrstreifen sowie einem Pannestreifen. Dieser Streckenabschnitt zählt zu den meist befahrensten Autobahnen und weist einen durchschnittlichen Tagesverkehr von ca. 125 000 Fahrzeugen auf. Vorgesehen war, den Bereich der Einfahrten und den Pannestreifen für die Realisierung der DOS zu benutzen, um eine maximale Rückstaulänge zu realisieren. Der Anschluss Wettingen Ost in Richtung Zürich wurde zurückgestellt, da sich die Verkehrsstörung in der Einfahrt A1 entlang der langen Einfahrt von alleine auflöst. Die Massnahmen wurden bei laufendem Betrieb und zum Teil in der Nacht umgesetzt.

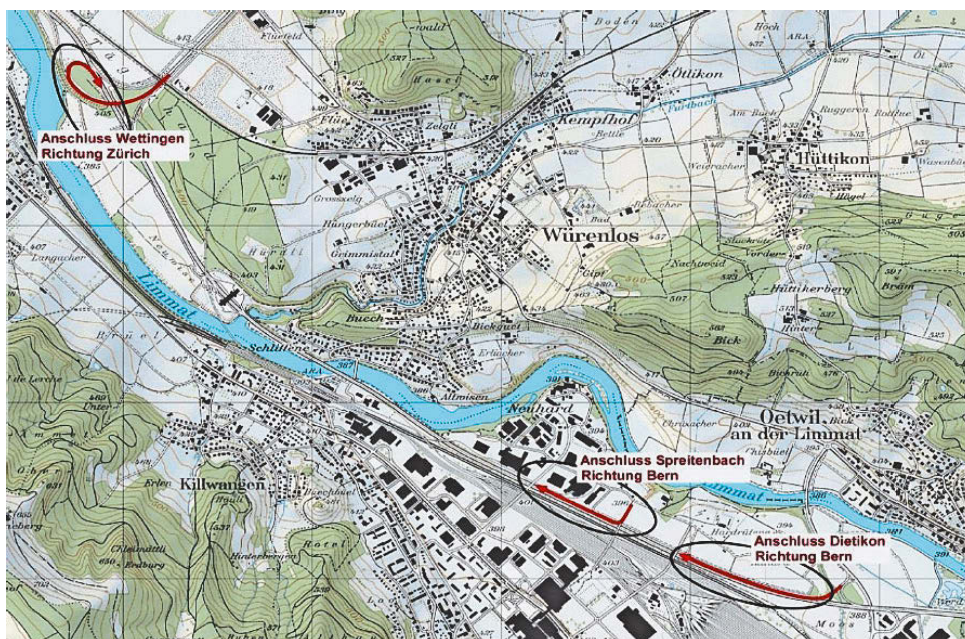
Im Limmattal bestehen auf der N1 sowie auf den angrenzenden Kantonsstrassen Kapazitätsengpässe. Aufgrund der bestehenden Verkehrsprognosen muss in Zukunft mit einer weiteren Verschlechterung der Verkehrssituation gerechnet werden. Mithilfe von bestimmten Massnahmen wird sichergestellt, dass der Verkehr auch zukünftig möglichst störungsfrei abgewickelt werden kann. Eine der Massnahmen ist die Einrichtung von Dosieranlagen (Rampenbewirtschaftung) an den Anschlüssen Spreitenbach und Dietikon in Richtung Bern und am Anschluss Wettingen Ost in Richtung Zürich.^[1]



VON
CYRIL BISCHOFBERGER
MSc BA und MAS Informatik,
Stv. Geschäftsleiter und
Projektleiter Sauber+Gisin
Engineering AG, Zürich

Die Rampenbewirtschaftungen dosieren mit einer Umnutzung des Pannestreifens den zufließenden Verkehr mit einer Lichtsignalanlage.

An baulichen Massnahmen wurden Lichtsignale, Warnsignale, Staudetektoren, Ergänzungen der bestehenden Kabelrohranlage sowie eine Ummarkierung der gesamten Fahrbahn auf einer Länge von ca. 950 m im Anschluss Dietikon und von ca. 800 m im Anschluss Spreitenbach notwendig. Die Massnahmen wurden bei laufendem Betrieb und zum Teil in der Nacht mit Verkehrseinschränkungen umgesetzt.



1 | Perimeter mit den Anschlüssen Wettingen Ost (56), Spreitenbach (57) und Dietikon (58) [Quelle: RPH der Ausführung^[2], 2017].

1 | Périmètres avec les jonctions de Wettingen Ost (56), Spreitenbach (57) et Dietikon (58).

BSA-Massnahmen	Bauliche Massnahmen
Installation von Dosier- und Warnsignalen	Erstellen der Signalfundamente für die Dosier- und Warnsignale
Ersetzen von Staudetektoren (Schlaufendetektoren) mit Kabinen und Einbringen der Messschlaufen in den Einfahrtsspuren	Erstellen von Schächten und Fundamenten für die Staudetektoren (Schlaufendetektoren)
Installation der Steuerkabine DOS beim Anschluss Spreitenbach	Erstellung eines Fundaments für die Steuerkabine DOS beim Anschluss Spreitenbach
Erschliessung der Signale, Steuerkabinen und Staudetektoren mit Strom- respektive Signalkabeln	Erstellen eines Fundaments für die NRS 104L am neuen Standort beim ESP Dietikon
Verschieben und Neuerschliessung der NRS 104L beim ESP Dietikon	Ummarkieren der Fahrspuren im Bereich der Einfahrten (Zufahrt und Stammlinie)
Installation, Einbau und Anschluss der Rampensteuerungen in der Steuerkabine resp. dem ESP Dietikon	Erstellen von Rohranlagen und Schächten zur Erschliessung der Fundamente und Standorte
Anbindung der Rampensteuerungen an die bestehenden Steuerungen der VDE-Streckenstationen (ASTRA-Verkehrszähler)	Bauliche Abtrennung des Stauraums auf der Einfahrtsspur gegenüber den Fahrbahnen
Anbindung der Rampensteuerungen an das UeLS AG und die VMZ CH in Emmen	Lieferung und Montage der Signalträger für die Dosiersignale
Inbetriebnahme und Test der Dosieranlagen	

2 | BSA- und Bau-Massnahmen auf dem Streckenabschnitt [Quelle: Detailprojekt DOS N01 Limmattal^[1], 2017].
2 | Mesures EES et de construction sur la section.

Aus Sicht der Betriebs- und Sicherheitsausrüstungen (BSA) mussten die entsprechenden Rampensteuerungen erstellt werden. Im Anschluss Spreitenbach war dazu eine neue Steuerkabine nötig, da der Elektrostützpunkt (ESP) Spreitenbach zu weit entfernt war, um die Vorort-Steuerung zu integrieren. Als Herz der Steuerung ist im ESP Spreitenbach die Anlagensteuerung ausgeführt worden. Diese Anlagensteuerung harmonisiert mit den bestehenden Verkehrsrechnern und den Störmeldesystemen. Im AS Dietikon konnte die Anlage im bestehenden ESP untergebracht werden. Die Rampensteuerungen funktionieren jeweils autonom. Das bestehende VLS wurde nicht tangiert. Um die Verkehrsdaten zu ermitteln, war jedoch eine Anbindung an die bestehende Verkehrszählung notwendig. Für die Rampe Wettingen Ost in Richtung Zürich wurde planerisch eine Rampenbewirtschaftung vorbereitet. Eine weitere Ausführung ist zurzeit

jedoch nicht geplant, da keine Störungen im Verkehrsfluss erkennbar sind.^[2] Abbildung 2 zeigt die BSA-Massnahmen, die in den folgenden Abschnitten genauer beschrieben werden.^[1]

Die IG Sauber+Gisin Engineering AG und Hoerni+Partner AG erarbeitete die SIA-Phasen 32 bis 53 von 2013 bis 2017 als Projektverfasser BSA und Bauleiter BSA für die ASTRA-Infrastrukturfiliale Zofingen. Dabei erstellte sie das Detailprojekt und ein Ausschreibungskonzept mitsamt Submissionsunterlagen. Für die Ausführung wurde ein Ausführungsprojekt mit Rückbaukonzepten, Detailplänen und Realisierungspflichtenheften erstellt. Bei den FAT (Factory Acceptance Test) wurde im Werk des Unternehmers die Dosieranlagen-Steuerung aufgestellt und zwei Wochen im Probetrieb getestet. Vor Ort konnten alle Verkehrsphasen simuliert werden. Die

FR

L'installation de dosage sur la N1 vallée de la Limmat permet d'améliorer le flux du trafic

Cette année, l'OFROU a placé sur la route nationale N1, vallée de la Limmat, deux installations de dosage conformément à la norme VSS SN 640 807 «Gestion du trafic sur autoroutes et semi-autoroutes et gestion des rampes, bases». Les installations de dosage sont un moyen éprouvé pour piloter de façon ciblée le trafic pendant les périodes de trafic important. Des feux de signalisation permettent de doser temporairement l'afflux du trafic vers l'autoroute. À cet effet, l'Office fédéral des routes, OFROU, filiale Zofingen, a mandaté le groupe d'ingénieurs Sauber+Gisin Engineering AG et Hoerni+Partner AG pour rédiger le projet et se charger de la direction de construction des équipements d'exploitation et de

sécurité (EES) dans la vallée de la Limmat. La section se compose essentiellement de 12 kilomètres d'autoroutes à respectivement trois voies ainsi qu'une bande d'arrêt d'urgence. Cette section compte parmi les autoroutes les plus fréquentées où l'on dénombre un trafic journalier moyen d'env. 125 000 véhicules. Il était prévu d'utiliser la zone des entrées et la bande d'arrêt d'urgence pour placer les installations de dosage pour créer une longueur maximale de file. La jonction de Wettingen Ost en direction de Zurich a été reportée car les problèmes de trafic à l'entrée A1 se résolvent d'eux-mêmes le long de la longue entrée. Les mesures ont été mises en œuvre pendant l'exploitation et en partie la nuit.



3 | Strecke N1 Limmattal
Anschluss Dietikon
(Sauber+Gisin
Engineering AG, 2017).
3 | Section N1 vallée
de la Limmat jonction
de Dietikon.

IG S+G/H+P stellte weiter die Bauleitung, überwachte die Kosten und nahm die Anlagen schlussendlich in Betrieb.

Sinn und Zweck einer Rampenbewirtschaftung

Eine Rampenbewirtschaftung soll den einfahrenden Verkehr dosiert auf die Stammlinie führen. Sie kann dadurch den Verkehrsfluss auf der Stammlinie durch homogenere Geschwindigkeiten stabilisieren, konflikträchtige Einfädelungsvorgänge minimieren, die Verkehrssicherheit erhöhen und keinen oder nur minimalen Verlagerungsverkehr auf dem untergeordneten Netz erzeugen. Die Zweckmässigkeit einer Rampenbewirtschaftung ist gegeben, wenn die festgestellte Störanfälligkeit und die Zahl der Unfälle deutlich reduziert werden.

Das VSS hat für die Verkehrsbeeinflussung auf Autobahnen und Autostrassen eine eigene Norm (SN 640 807). Die

Norm formuliert den Zweck von Rampenbewirtschaftung als ein Element eines Verkehrsbeeinflussungssystems, um auf einer Hochleistungsstrasse einen stabilen Verkehrsfluss auf einem möglichst hohen Leistungsniveau zu ermöglichen.^[3] Im Bereich Verkehrsfluss, Leistungsfähigkeit und Sicherheit von Hochleistungsstrassen soll gemäss dem VSS (SN 640 807) die Rampenbewirtschaftung folgende Ziele erreichen:

- Aufrechterhalten eines stabilen und staufreien Verkehrsablaufs im Bereich der optimalen Geschwindigkeit (bezüglich Verkehrsqualität siehe SN 640 018 «Leistungsfähigkeit, Verkehrsqualität, Belastbarkeit; Freie Strecken auf Autobahnen»);
- Verhindern oder Reduzieren von kurzfristigen Geschwindigkeitseinbrüchen;
- Vermindern von Verkehrsüberlastungen und den damit verbundenen Kapazitätseinbussen, die durch kurzfristige Spitzenbelastungen ausgelöst werden;

Anzeige

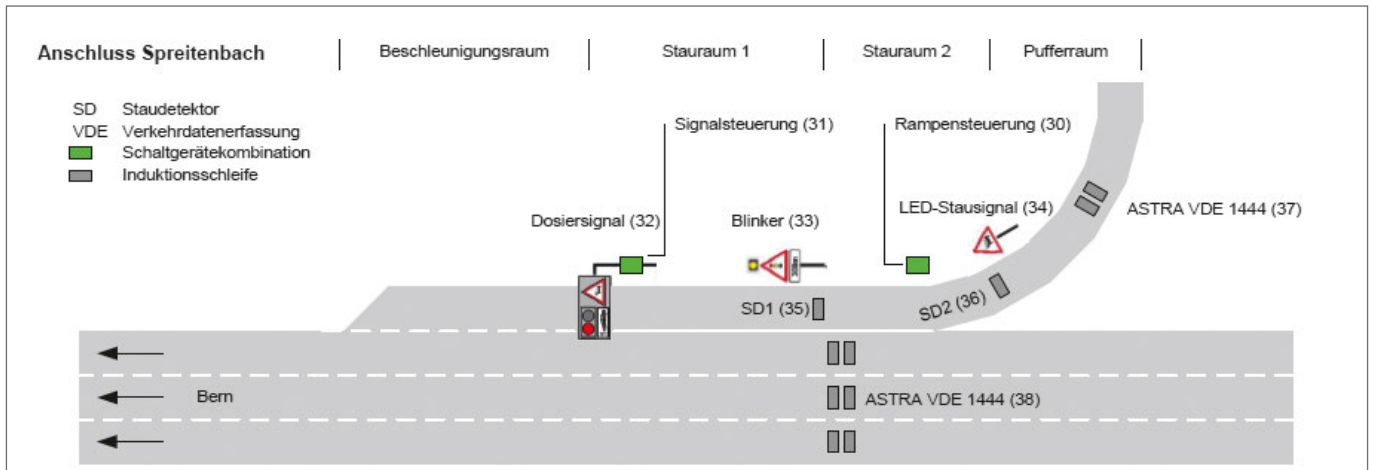
Fit für die Zukunft!

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

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

www.vss.ch/aus-und-weiterbildung





4 | Übersicht Dosieranlage Anschluss Spreitenbach
 [Quelle: RPH der Ausführung^[2], 2017].
 4 | Vue d'ensemble de l'installation de dosage jonction de Spreitenbach.



5 | Dosieranlage Anschluss Spreitenbach Richtung Bern [Saubert+Gisin Engineering AG, 2017]
 5 | Installation de dosage jonction de Spreitenbach en direction de Berne.

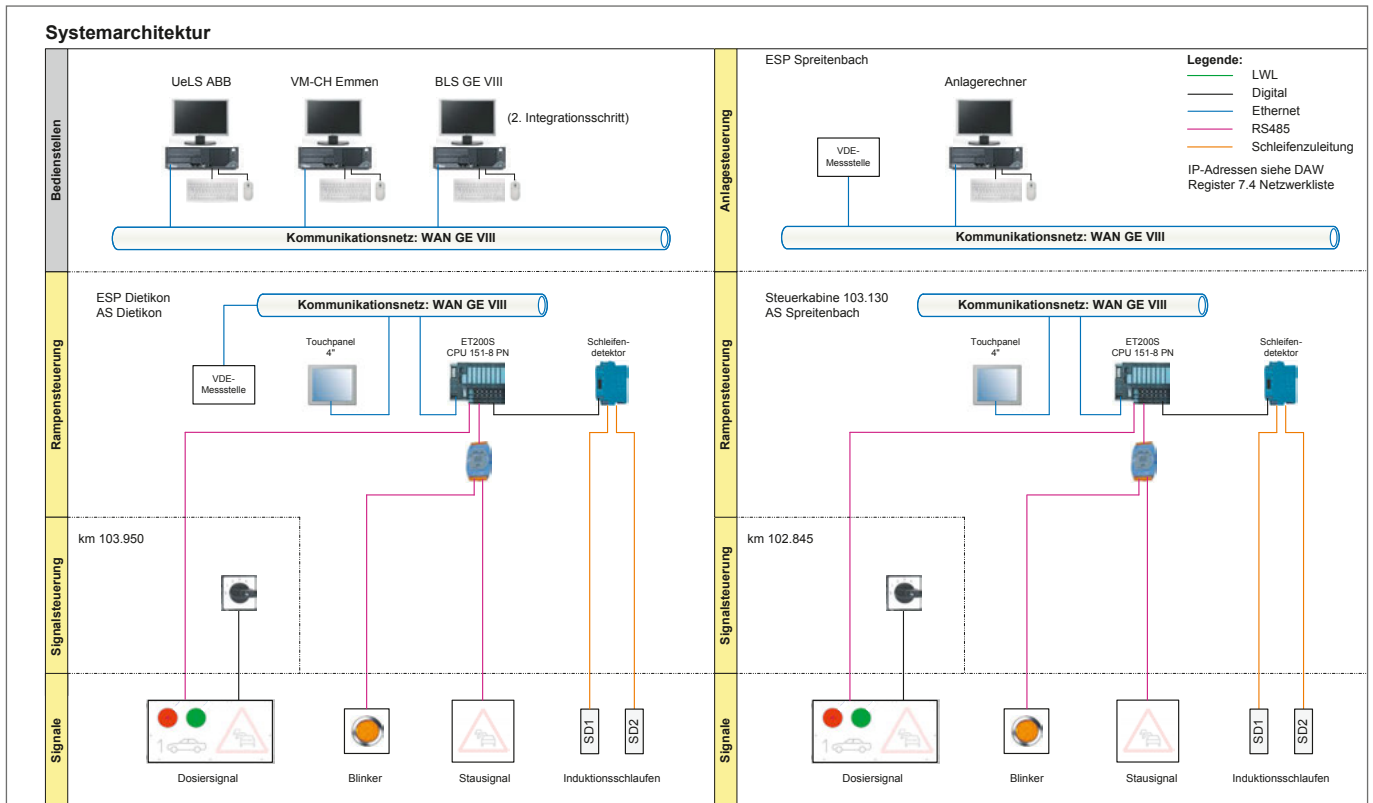
- Vermeiden von Verkehrsüberlastungen und konfliktträchtigen Einfädelungsvorgängen sowie Fahrstreifenwechseln.

Aufbau der Dosieranlagen

Der Aufbau der Dosieranlagen in den beiden Anschlüssen Dietikon und Spreitenbach ist im Wesentlichen identisch. Unterschiede sind lediglich in der räumlichen Anordnung der Rampensteuerungen respektive der Streckenstationen der Verkehrsdatenerfassung (VDE) zu verzeichnen. Besonders beachtet wurden die verschiedenen Schnittstellen zu bestehenden Anlagen: in das übergeordnete Leitsystem (UeLS) der Gebietseinheit GE VIII, in die Verkehrsmanagement-Zentrale (VMZ CH) Emmen und in Verkehrszähler. Voraussetzung für eine Dosieranlage ist gemäss SN 640 807^[3] ein ausreichender Stauraum in den Zufahrten, der physisch

von der Hauptfahrbahn getrennt sein muss. In Abbildung 3 sieht man die physische Abtrennung mittels durchgezogener Linie sowie den ausreichenden Stauraum in die Einfahrt der Nationalstrasse im Anschluss Dietikon. Abbildung 4 zeigt den Anschluss Spreitenbach mit allen Eckdaten. So hat der Anschluss eine Beschleunigungsstrecke von 375 m, zwei Stauräume von 300 m (Stauraum 1) und 190 m (Stauraum 2) und einem Pufferaum von 100 m.

Im Anschluss Spreitenbach befindet sich die VDE-Streckenstation aller relevanten bestehenden ASTRA-Zählanlagen im ESP Spreitenbach. Dieser ist etwas über einen Kilometer von der zu dosierenden Einfahrtsrampe entfernt. Aus diesem Grund wurde für diese Einfahrtsrampe eine Steuerkabine mit den Rampensteuerungen im Bereich der vorhandenen Niederspannungs-Verteilkabine vor Ort erstellt. Mit der Anbindung der Steuerkabine an das Ethernet im ESP Spreitenbach mittels einer LWL-Verbindung wurde zudem



6 | Systemarchitektur DOS-Limmattal (Quelle: RPH der Ausführung^[2], 2017).
6 | Architecture du système DOS-vallée de la Limmat.

die nötige Kommunikationsverbindung sichergestellt. Abbildung 5 zeigt das Lichtsignal der Dosieranlage im Anschluss Spreitenbach in Richtung Bern. Die Systemarchitektur der beiden Dosieranlagen ist in Abbildung 6 ersichtlich.

Steuerung und Signale

Bei den beiden Dosieranlagen handelt es sich um jeweils lokale autonome Rampenbewirtschaftungen mit Einzelfahrzeugsteuerung. Diese funktionieren auf Basis der vorliegenden Verkehrsdaten der bestehenden Staudetektoren auf der Beschleunigungsstrecke. Der Steueralgorithmus wurde gemäss den Vorgaben des Verkehrsingenieurs umgesetzt.

Einzelfahrzeugsteuerung

Bei der Einzelfahrzeugsteuerung erhalten gemäss der VSS-Norm SN 640 807^[3] die in der Zufahrt wartenden Fahrzeuge ihre Grünphase einzeln. Der Zufluss wird somit über die Länge der Rotphase gesteuert. Einfahrende Fahrzeuge gelangen einzeln auf den Beschleunigungsraum, und die Fahrzeuglenkenden können sich so auf den Einfädelungsvorgang konzentrieren, ohne auf vorausfahrende Fahrzeuge achten zu müssen. Dadurch werden gefährliche Einfahrmanöver und Auffahrunfälle vermindert. Die Einzelfahrzeugsteuerung ist mit einer Lichtsignalanlage im Bereich der Zufahrt ausgerüstet und enthält einen Signalgeber mit zwei Leuchtfeldern.

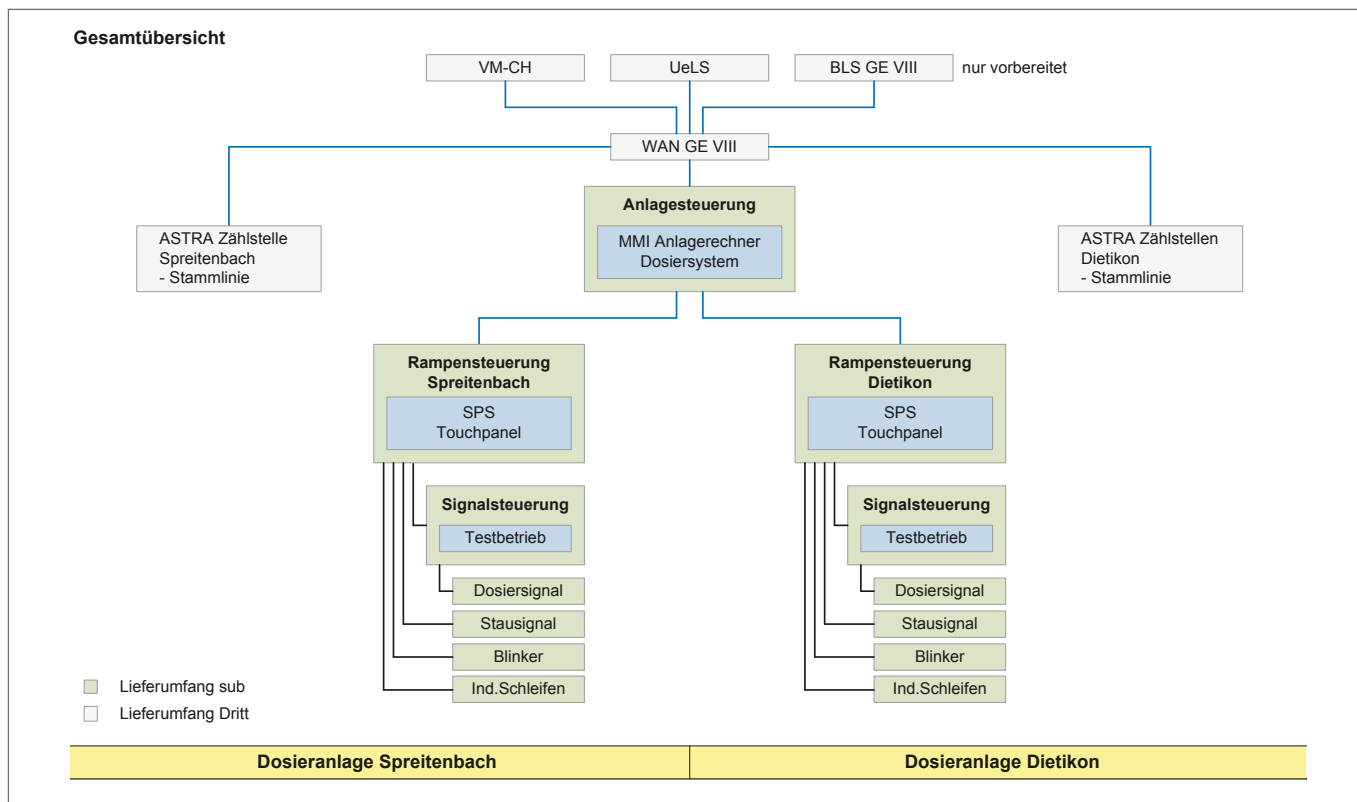
Pulksteuerung

Eine weitere mögliche Steuerung ist die Pulksteuerung, bei der die maximale Zuflussrate im Vergleich zur Einzelfahr-

zeugsteuerung grösser ist. Der Unterschied ist, dass bei der Pulksteuerung während der Grünphase mehrere Fahrzeuge auf die Hochleistungsstrasse einfahren können. Somit ist der Zufluss über die Länge der Grün- und Rotphasen gesteuert. Eine Lichtsignalanlage im angrenzenden Knoten steuert die Pulksteuerung und funktioniert mit einem Signalgeber mit drei Leuchtfeldern.

Aufbau der Steuerung

Abbildung 7 zeigt den Aufbau der Steuerung als Einzelfahrzeugsteuerung der beiden Dosieranlagen im Limmattal. Die Anlagensteuerung stellt das Bindeglied zwischen den einzelnen Rampensteuerungen und den Bedienstellen respektive dem UeLS dar. Die jeweiligen Rampensteuerungen funktionieren jedoch im Normalfall lokalautonom für sich – ohne Eingriff der Leitebene. Die Anlagensteuerung verfügt folglich über keine eigene Steuerungsfunktion. Die lokale Bedienung erfolgt über die im ESP Spreitenbach untergebrachte Anlagensteuerung und über den an das UeLS eingebundenen Objektrechner. Der Anschluss der Rampensteuerungen an die Anlagensteuerung erfolgt über das Wide Area Network (WAN) GE VIII. Zur Umsetzung der Funktionen und zur Ansteuerung der Signalisationsmittel wurden pro Anschluss eine Rampensteuerung mittels SPS (speicherprogrammierbare Steuerungen) realisiert. Die Dosieranlagen können somit bei der VMZ-CH in Emmen angezeigt werden. Gleichzeitig kann die mobile Einsatzpolizei (MEPO) Aargau den Betriebszustand anzeigen lassen. Die Gebietseinheit (GE VIII, NSNW) kann bei Störungsmeldungen in das Störungsmanagement eingreifen und die Parame-



7 | Aufbau der Steuerung der Dosieranlagen [Quelle: RPH der Ausführung^[2], 2017].
 7 | Structure du pilotage des installations de dosage.

ter der Steuerung anpassen. Die Rampebewirtschaftung an den beiden Anschlüssen Spreitenbach und Dietikon wurde, wie in den Bildern zuvor gezeigt, einstreifig ausgestaltet. Für die Verlängerung der Beschleunigungsstrecke wurde der Pannestreifen umgenutzt.

Bei einer Einzelfahrzeugsteuerung kommen Signalgeber mit rotem und mit grünem Licht zum Einsatz. Die Grünphase dauert in der Regel zwei Sekunden, und die Rotphase ist je nach Situation variabel. Um die Akzeptanz der Fahrzeuglenker zu verbessern, beträgt die maximale Rotzeit 18 Sekunden gemäss SN 640 807^[3]. Dies ermöglicht eine einfahrende Zuflussmenge von 180 Fahrzeugen pro Stunde. Im Limmattal lässt die Dosieranlage in einem festgelegten Zyklus einzelne Fahrzeuge auf die N1 einfahren. Bei normalem Verkehr ist die Dosieranlage ausgeschaltet.

Tritt nun auf der Nationalstrasse eine Störung (zu viel Verkehr) auf, so wird die Dosierung aktiviert und die Fahrzeuge werden einzeln im Abstand von vier Sekunden einfahren gelassen (Umlaufzeit acht Sekunden). Dadurch ergibt sich gemäss VSS^[3] eine einfahrende Zuflussmenge von 600 Fahrzeugen pro Stunde. Wenn sich nun auf der Einfahrt ein Rückstau bildet (SD 1 belegt, Abbildung 5), so wird die Fahrzeugmenge, die einfahren kann, erhöht. Dies geschieht durch Reduktion der Rotphase auf zwei Sekunden (Umlaufzeit vier Sekunden), womit sich die einfahrende Zuflussmenge auf 900 Fahrzeuge erhöht.^[3] Damit die Einfahrt nicht zu weit zurückstaut, wird die Dosierung ausgeschaltet, wenn die zweite Stauschleife SD2 (Abbildung 5) Stau erkennt. Wie in der SN 640 807^[3] beschrieben wurden zum Lichtsignalgeber zusätzlich zwei Wechselsignale angebracht, damit auf die spezielle Situation der Rampebewirtschaftung hingewiesen ist.

Akzeptanz ist deutlich spürbar

Die beiden Dosieranlagen im Limmattal sind nun seit April 2017 definitiv in Betrieb und können die Zuflussmenge des Verkehrs in den Stosszeiten steuern. Die Akzeptanz der beiden Anlagen ist deutlich spürbar. Die Automobilisten profitieren von einem besseren Verkehrsfluss und auch der Unterhalt steht den Rampebewirtschaftungen sehr positiv gegenüber. Wegen dieser positiven Erfahrungen im Limmattal werden in den nächsten Monaten weitere Anlagen auf den Nationalstrassen in Planung gehen.

Quellen:

- [1] Detailprojekt Dosieranlagen N01 Limmattal, D-4 Signalisation, Bericht Bau und BSA, von Sauber+Gisin Engineering AG.
- [2] Ausführungsprojekt Dosieranlagen N01 Limmattal, Steuerung und Signale, RPH der Ausführung, von stromundbit gmbh.
- [3] VSS-Norm SN 640 807, Verkehrsbeeinflussung auf Autobahnen und Autostrassen, vom 1. Februar 2005.

CAN: nouvelles publications Génie civil

CAN 187 Revêtements sportifs d'installations en plein air et en salle

Ce chapitre CAN remplace le chapitre 187 «Sols sportifs d'installations en plein air et en salle» publié en 2013. Comme la révision d'il y a cinq ans s'était contentée d'intégrer les conditions de rémunération et les règles de métré au *paragraphe 000*, une profonde révision de la structure et du contenu était nécessaire. Les normes et documents actuellement en vigueur pour les revêtements sportifs ont été pris en compte, tout particulièrement ceux de l'Office fédéral du sport.

Les conditions de rémunération et les règles de métré du *paragraphe 000* de 2013 ont été adaptées aux exigences du marché. De nouvelles exigences ont été définies dans ce *paragraphe* (par exemple concernant les constructions sans obstacle et la protection de l'environnement) ainsi que des conditions pour la pose et des conditions particulières.

Les *paragraphes 100 à 800* sont groupés différemment: les *paragraphes 100 à 400* contiennent exclusivement les revêtements sportifs pour installations en plein air, les *paragraphes 500 à 800* comprennent seulement les revêtements en salle.

Les *paragraphes 100 et 500* contiennent chacun les installations de chantier et les travaux préparatoires pour les constructions nouvelles mais aussi pour les réfections. L'élimination et la préparation des matériaux sont traités de manière beaucoup plus détaillée. Ils comprennent maintenant aussi les travaux en régie.

Les *paragraphes 200 et 600* décrivent les nouvelles constructions de revêtements pour les installations en plein air et en salle. Les articles ont été adaptés aux produits actuellement disponibles. Pour les installations en plein air, les revêtements antichocs courants ont été ajoutés aux revêtements sportifs et aux gazons artificiels. Pour les sols en salle, les sols «à souplesse mixte» remplacent les sols «à souplesse ponctuelle élargie».

Les *paragraphes 300 et 700* traitent de manière détaillée des travaux relatifs à la réfection de chaque type de revêtement, des travaux accessoires et des contrôles de qualité.

Les *paragraphes 400 et 800*, relatifs à l'entretien des revêtements sportifs, décrivent de manière exhaustive les travaux de nettoyage et d'entretien. On y trouve aussi de nouveaux articles pour le manuel d'entretien. Le remplissage du gazon synthétique a été ajouté pour les installations en plein air.

CAN 222 Bordures, pavages, dallages et escaliers

Ce nouveau chapitre remplace le CAN 222 «Pavages et bordures» avec année de parution 2010. Les innovations techniques et les nouveaux termes avaient rendu nécessaire une profonde refonte de contenu et de structure. On a également tenu compte des nouveaux produits et de leur exécution.

Dans le *paragraphe 000*, il y a quelques changements par rapport aux prestations comprises ou non ainsi que pour les règles de métré. Le nouvel article 033 contient les précisions terminologiques et les explications sur les classes de trafic. Dans les installations de chantier du *paragraphe 100*, les dispositifs de protection sont maintenant décrits.

Les contenus des *paragraphes* suivants ont été restructurés et subdivisés en trois domaines: bordures, pavages et dallages. Les *paragraphes 200 et 300* contiennent la fourniture de pierres et de

matériaux pour bordures, respectivement l'exécution de bordures en pierre naturelle ainsi qu'en béton, en pierre artificielle et, nouvellement, en feuillets d'acier. Les bordures de trottoir pour arrêt de bus ont aussi été ajoutées.

Aux *paragraphes 400 et 500* sont décrites les fournitures de pavés et l'exécution de pavages aussi bien en pierre naturelle qu'en béton ou en pierre artificielle. Ces deux *paragraphes* présentent un certain nombre de compléments. Le *paragraphe 600* décrit la fourniture de dalles en pierre naturelle et en béton, le *paragraphe 700* l'exécution des dallages correspondants. L'exécution des dallages a été adaptée à l'état actuel de la technique. Les travaux accessoires et les suppléments se trouvent en fin de chaque *paragraphe*.

Le *paragraphe 800* contient des éléments complémentaires tels les socles en béton, les dispositifs de couronnement et de fermeture, les armatures et les caniveaux. Y ont été ajoutés les escaliers ainsi que les éléments en équerre en béton et les travaux de remise en état.

Le *paragraphe 900* a été réduit aux travaux supplémentaires correspondant aux exécutions de travaux présentées dans ce chapitre CAN. Les travaux supplémentaires dépassant ce cadre doivent être décrits avec les chapitres CAN y relatifs.

L'annexe a été révisée. Elle montre schématiquement les façons de pose de bordures. Dans les articles descriptifs, la consommation de béton en découle. Les normes et les plans du maître d'ouvrage prévalent sur les schémas.

CAN 223 Chaussées et revêtements

Ce chapitre CAN remplace le chapitre 223 «Chaussées et revêtements» avec année de parution 2010. Une révision en profondeur du contenu et de la structure était nécessaire par la révision de plusieurs normes significatives: en particulier la norme de base relative aux enrobés bitumineux ainsi que les normes concernant les enrobés bitumineux compactés, les enrobés semi-denses et les couches de roulement, les revêtements en béton pour zones de circulation, les couches de fondation en enrobé bitumineux.

Le *paragraphe 100* décrit les installations pour les différentes catégories de travaux et les essais préliminaires.

Les travaux préparatoires ont été regroupés au *paragraphe 200*. Toutes les démolitions et déposes se trouvent désormais au sous-*paragraphe 210*. Les enduits superficiels, les membranes et les matériaux bitumineux coulés à froid du *paragraphe 300* ont été complétés et adaptés aux normes actuelles.

Les *paragraphes 400 et 500* «Enrobés bitumineux compactés» ont été restructurés et ont été complétés sur la base des normes actuelles. Les «systèmes d'armature d'asphalte» ont, entre autres, été ajoutés. Le sujet asphalte coulé routier a été considérablement développé dans le *paragraphe 600*. Pour chacun des types d'enrobés, un sous-*paragraphe* est dédié à sa description spécifique.

Au *paragraphe 700*, entre autres changements, un nouveau sous-*paragraphe* concernant les coffrages et les incorporés pour les revêtements en béton a été ajouté. Le *paragraphe 800* comprend comme auparavant la remise en état.

Informations:
Tel. +41 44 456 45 45, info@crb.ch oder crb.ch
Commande: webshop.crb.ch

NPK-Information 2018: Neuausgaben Tiefbau

NPK 187 Sportbeläge für Freianlagen und Hallen

Dieses NPK-Kapitel ersetzt das 2013 publizierte Kapitel 187 «Sportböden für Freianlagen und Hallen». Während bei der Bearbeitung vor fünf Jahren lediglich Vergütungsregelungen und Ausmassbestimmungen in den *Abschnitt 000* «Bedingungen» aufgenommen wurden, erfolgte nun eine grundlegende inhaltliche und strukturelle Überarbeitung. Dabei wurden sämtliche für Sportbeläge bedeutsamen Normen und Dokumente, insbesondere diejenigen des Bundesamts für Sport, in ihrer aktuellen Form berücksichtigt.

Die 2013 in den *Abschnitt 000* aufgenommenen Vergütungsregelungen und Ausmassbestimmungen wurden den Marktgegebenheiten angepasst. Neu können in diesem *Abschnitt* Anforderungen (z.B. in Bezug auf hindernisfreies Bauen und Umweltschutz) sowie Voraussetzungen für den Einbau und besondere Verhältnisse definiert werden.

Die *Abschnitte 100 bis 800* sind neu gruppiert: In den *Abschnitten 100 bis 400* sind ausschliesslich Sportbeläge auf Freianlagen, in den *Abschnitten 500 bis 800* nur Beläge in Sporthallen aufgeführt.

Die *Abschnitte 100 bzw. 500* enthalten jeweils die Baustelleneinrichtung und die Vorarbeiten sowohl für Neubau als auch für Sanierungen. Entsorgung und Materialaufbereitung werden nun ausführlicher behandelt. Neu sind auch Regiearbeiten enthalten. Die *Abschnitte 200 bzw. 600* beschreiben den Neubau von Belägen auf Freianlagen bzw. in Hallen. Die Positionen wurden den aktuell verfügbaren Produkten angepasst. Bei den Freianlagen sind zu den gängigen Sportbelägen und Kunststoffrasen die Fallschutzbeläge hinzugekommen. Bei den Hallenböden lösen die «mischelastischen» Böden die «kleinflächenelastischen» Böden ab. Die *Abschnitte 300 bzw. 700* gehen detaillierter auf die Arbeiten rund um die Sanierung der einzelnen Belagstypen samt Nebenarbeiten und Qualitätsprüfung ein.

In den *Abschnitten 400 bzw. 800* geht es um den Unterhalt der Sportbeläge. Sie beschreiben die Reinigungs- und sonstigen Unterhaltsarbeiten wesentlich genauer. Neu gibt es auch Positionen für eine Unterhaltsdokumentation. Bei den Freianlagen wurde die Granulierung von Kunststoffrasen hinzugefügt.

NPK 222 Abschlüsse, Pflasterungen, Plattendecken und Treppen

Das neue Kapitel ersetzt den NPK 222 «Pflasterungen und Abschlüsse» mit Ausgabejahr 2010. Technische Neuerungen und veränderte Begriffsbezeichnungen haben eine grundlegende inhaltliche und strukturelle Überarbeitung notwendig gemacht. Dabei wurden auch neue Produkte und Ausführungen berücksichtigt.

Im *Abschnitt 000* gibt es einzelne Ergänzungen und Änderungen bei den inbegriffenen und nicht inbegriffenen Leistungen sowie bei den Ausmassbestimmungen. In der neuen Position 033 sind Erläuterungen zur Terminologie und zu den Verkehrslastklassen aufgeführt.

Bei den Baustelleneinrichtungen im *Abschnitt 100* sind neu auch Schutzzeineinrichtungen beschrieben.

Die Inhalte der folgenden Abschnitte wurden neu strukturiert und in die drei Bereiche Abschlüsse, Pflasterungen und Plattendecken

eingeteilt. Die *Abschnitte 200 und 300* beinhalten die Materiallieferung bzw. das Erstellen von Abschlüssen aus Naturstein sowie aus Beton- und Kunststein und neu aus Stahlbändern. Bordsteine für Bushaltestellen wurden ebenfalls neu aufgenommen. In den *Abschnitten 400 und 500* sind die Lieferungen von Pflastersteinen und das Erstellen von Pflasterungen sowohl aus Naturstein als auch aus Beton- und Kunststein beschrieben. Beide Abschnitte weisen etliche Ergänzungen auf. *Abschnitt 600* beschreibt das Liefern von Naturstein- und Betonplatten, *Abschnitt 700* das Erstellen der zugehörigen Plattendecken. Die Ausführung der Plattendecken wurde dem aktuellen Stand der Technik angepasst. Nebenarbeiten und Mehrleistungen befinden sich jeweils am Schluss der einzelnen Abschnitte.

Im *Abschnitt 800* sind ergänzende Elemente wie Betonsockel, Aufsätze, Schachtabdeckungen, Armaturen und Entwässerungsrinnen aufgeführt. Neu hinzugekommen sind Treppen sowie Winkelelemente aus Beton und Instandsetzungsarbeiten. Im *Abschnitt 900* sind nur noch die für die Ausführung der Arbeiten in Kapitel 222 anfallenden Zusatzarbeiten vorhanden. Weitergehende Arbeiten sollen mit den entsprechenden NPK-Kapiteln beschrieben werden.

Der Anhang wurde überarbeitet und zeigt schematisch das Versetzen von Abschlüssen. Der Betonverbrauch in den Leistungspositionen wurde daraus abgeleitet. Die Normen oder Pläne des Bauherrn gehen den Schemata jedoch vor.

NPK 223 Belagsarbeiten

Dieses NPK-Kapitel ersetzt das Kapitel 223 «Belagsarbeiten» mit Ausgabejahr 2010. Eine grundlegende inhaltliche und strukturelle Überarbeitung war notwendig, da einige für das Kapitel bedeutsame Normen überarbeitet wurden: insbesondere die Grundnorm für Asphalt sowie Normen betreffend Walzasphalt, semidichtes Mischgut und Deckschichten, Betondecken für Verkehrsflächen, Foundationsschichten aus Asphaltbeton.

In *Abschnitt 100* werden die Einrichtungen für die verschiedenen Arbeitsgattungen sowie Vorversuche beschrieben. Die Vorarbeiten in *Abschnitt 200* wurden umgruppiert. Alle Abbrüche und Demontagen sind nun in Unterabschnitt 210 zu finden.

Die Oberflächenbehandlungen, Membranen und dünnen Asphaltdeckschichten in Kaltbauweise in *Abschnitt 300* wurden punktuell ergänzt und den aktuellen Normen angepasst.

Die *Abschnitte 400 und 500* «Walzasphalte» wurden neu strukturiert und anhand der aktuellen Normen ergänzt. Neu sind unter anderem die Asphaltbewehrungen.

Das Thema Gussasphalt in *Abschnitt 600* wurde umfassend erweitert. Die verschiedenen Mischguttypen sind nun in eigenen Unterabschnitten beschrieben.

Bei den Betonbelägen wurde in *Abschnitt 700* neben anderen Umstellungen ein neuer Unterabschnitt für Schalungen und Einlagen eingefügt. Der *Abschnitt 800* umfasst wie bisher die Instandsetzung.

Weitere Informationen zu den NPK-Kapiteln:
Tel. +41 44 456 45 45, info@crb.ch oder crb.ch
Bestellung: webshop.crb.ch

Zusammenfassungen der neu publizierten Forschungsberichte

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

Résumés des rapports de recherche nouvellement publiés

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

FR

RAPPORT DE RECHERCHE N° 1603

Vélos électriques – effets sur le système de transports

Transitec Ingénieurs-Conseils SA, Berne

ALINE RENARD, Ing. rur. dipl. EPFL SVI

JULIAN FLEURY, Ing. env. dipl. EPFL SVI

LAURA JUNOD, Ing. géom. dipl. HEIG-VD

Wyssavo, Berne

CHRISTIAN WYSS, Avocat

Ecoplan, Berne

RENÉ NEUENSCHWANDER, Lic. rer. pol.

HEIG-VD, Yverdon-les-Bains

YVES DELACRÉTAZ, Dr ès sciences techn.

Projet de recherche SVI 2014/003 sur demande de l'Association suisse des ingénieurs et experts en transports SVI

Avec le développement rapide des vélos à assistance électrique (VAE25 «lents»

et VAE45 «rapides» avec assistance au pédalage jusqu'à 25 km/h resp. 45 km/h), de nombreux conflits d'usage sont constatés dans l'espace routier, dont les raisons sont multiples (essor des VAE45, nouveaux utilisateurs, infrastructures inadaptées, situations de conflits, ...).

Le travail de recherche a permis d'identifier ces enjeux spécifiques, afin d'améliorer la prise en compte des VAE dans les projets de planification des transports et de permettre au planificateur de distinguer les exigences différentes liées aux deux types de VAE. Pour cela, les différents éléments du «système VAE», à savoir les usagers, les véhicules et leur équipement, les infrastructures et enfin le cadre juridique ont été étudiés d'abord séparément, puis les interactions au sein de ce système ont fait l'objet d'observations et analyses plus

détaillées au moyen d'enquêtes de terrain réalisées à Genève et à Berne.

Le plus grand potentiel du développement des VAE concerne les déplacements pendulaires d'une distance comprise entre 5 et 15 km. Le développement du VAE, en permettant un report modal depuis le trafic motorisé aux heures de pointe, contribue à soulager des infrastructures aujourd'hui surchargées et doit en ce sens être favorisé. L'augmentation du nombre de VAE, mais aussi du nombre de cycles en général, nécessite de prévoir des aménagements cyclables plus généreux, permettant les dépassements en toute sécurité. La mise en place d'infrastructures appropriées suppose une quantification des flux de VAE, qui est aujourd'hui quasiment inexistante et qui doit être développée, tant à l'échelle nationale que locale.

Le cadre juridique existant, et en particulier les règles relatives aux VAE45, posent de nombreux problèmes d'application et ne sont compréhensibles ni pour les utilisateurs ni pour les planificateurs. Une clarification de ce système juridique est indispensable, notamment concernant la catégorie «cyclomoteurs» auxquels sont rattachés les VAE45, l'obligation d'utilisation des pistes cyclables, les règles de cohabitation avec les piétons et les règles relatives au contrôle de la vitesse et à l'éclairage pour les VAE45. Enfin, partant du constat que les accidents les plus fréquents sont liés à des pertes de maîtrise et à une sous-estimation des vitesses de circulation des usagers, les mesures de formation, de sensibilisation et de communication doivent être renforcées, aussi bien auprès des usagers des VAE que des autres usagers de la route.

Forschungsangebote nur noch auf der Website des VSS

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

www.vss.ch/forschung/aktuelle-forschungsausschreibungen

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

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

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

FORSCHUNGSBERICHT NR. 1613

Einsatz von Asphaltbewehrungen im Erhaltungsmanagement von Trag- und Deckschichten

Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (Empa)

Dr. CHRISTIANE RAAB

Dr. MARTIN ARRAIGADA

Prof. Dr. MANFRED N. PARTL

Infrastructure Management Consultant (IMC) GmbH

Dr. FRANK SCHIFFMANN

Forschungsprojekt ASTRA 2011/011_OBF auf Antrag des Bundesamts für Strassen (ASTRA)

In der Schweiz wurden in den letzten Jahren im Rahmen von Erhaltungsmaßnahmen bitumenhaltiger Oberbaukonstruktionen von Strassen häufig Asphalteinlagen eingesetzt. Mit der Anwendung solcher Asphalteinlagen soll eine Verlängerung der Instandsetzungsintervalle der Strasse, d.h. der Lebensdauer des Belags, und eine Reduzierung der Aufwendungen für den Strassenunterhalt erreicht werden.

Eine von ETH und Empa durchgeführte Pilotstudie offenbarte fehlende Kenntnisse zur Anwendung und Erfahrung zur Wirksamkeit von Asphalteinlagen bei bitumenhaltigen Deck- und Tragschichten. Insbesondere wurde das Fehlen wissenschaftlicher Erkenntnisse bezüglich folgender Aspekte als besonders kritisch beurteilt:

- Langzeitverhalten der Asphalteinlage im Verbund mit den bitumenhaltigen Trag- und Deckschichten (Schichtenverbund)
- Wirkung in den verschiedenen Schichtenlagen
- Vermeidung von Rissen (Reflexionsrisse)

Im vorliegenden Forschungsprojekt sollten daher in einer objektbezogenen Forschung die Fragen des konkreten Einsatzbereichs und -zwecks von Asphaltbewehrungen untersucht werden.

In der ersten Phase wurden die zu prüfenden Materialien und Aufbauten festgelegt. Diese Festlegung erfolgte auf der Grundlage von Schichtenverbundprüfungen. Zudem wurden Versuchsfelder und -aufbauten in Zusammenarbeit mit Verantwortlichen von ASTRA und Kantonen bestimmt. In der zweiten Phase wurden Versuche an diesen Aufbauten im Labor unter simulierter Verkehrsbeanspruchung mit dem Modell Mobile Load Simulator (MMLS3) und in der dritten Phase auf Versuchsfeldern

in situ unter beschleunigter Verkehrsbelastung mit dem Mobile Load Simulator (MLS10) durchgeführt. Ergänzend wurden Laboruntersuchungen an aus den Laboraufbauten und in-situ-Versuchsstrecken entnommenen Probekörpern durchgeführt. Zusätzlich erfolgten FE-Berechnungen zur Modellierung der Wirkungsweise im Schichtensystem.

Sowohl Labor- als auch Feldversuche ergeben, dass Asphaltbewehrungen das Auftreten von Rissen verzögern und die Lebensdauer von Asphaltbelägen verlängern können. Asphaltbewehrungen ohne SAMI erweisen sich dabei als effektiver. Labor- und Feldversuche zeigen, dass Bewehrungseinlagen eine Trennschicht darstellen, die zu einer Beeinträchtigung des Schichtenverbunds führen kann. Aufgrund der Feldversuche lässt sich aber folgern, dass bei sorgfältiger Arbeitsweise den Normanforderungen entsprechende Schichthaftungswerte erreicht werden können. Die Belastung durch den Verkehrslast-simulator MLS10 führt selbst bei sehr steifem Untergrund in kanalisierter Fahrweise rasch zu einer Schwächung des Schichtenverbundes. Dies zeigt wiederum, dass dem Schichtenverbund hohe Bedeutung beige-messen werden muss. Die durchgeführten Finite Element Berechnungen FEM geben Hinweise auf die optimale Lage der Bewehrung und können als Dimensionierungsgrundlage verwendet werden.

FORSCHUNGSBERICHT NR. 1610

Swiss Contribution to Eureka Project Ecovehicle E!7219: Defining Road and Rail Vehicles with Low Environmental Footprint

Empa, Swiss Federal Laboratories for Materials Science and Technology

LILY D. POULIKAKOS, Dr. Sc. ETH

KURT HEUTSCHI, Dr. Sc. ETH

PATRIK SOLTIC, Dr. Sc. ETH

Quantis

ANDREA DEL DUCE, Dr. Sc. ETH

Forschungsprojekt ASTRA 2014/001 auf Antrag des Bundesamts für Strassen (ASTRA)

This project aimed to relate the environmental footprint of heavy duty vehicles to external costs incurred by such vehicles. To this end, the external costs of transport reported by the report from Swiss Federal office for Spatial Development (ARE) from

noise, gaseous emissions and dynamic load was used. This data was related to the individual impact of each vehicle using data collected from a Swiss monitoring site in Oberbuchsitzen between Zurich and Bern to estimate the external costs of individual vehicles. To this end, using a data set the cost of noise, emissions and damage to infrastructure was calculated for the Swiss heavy vehicle categories. The data shows that in each category there are vehicles with high impacts and therefore costs and those with low impacts demonstrating the potential for improvement in each vehicle category. Noise and emissions impacts were added using Eco-points (UBPs) to demonstrate the environmental effects of heavy vehicle categories.

Three noise emission models for highway speed regimes were developed and expanded to demonstrate the effect of using low noise tyres using the noise data obtained at the Oberbuchsitzen site in 2011 using the following parameters: vehicle classification, number of axles and maximum allowable weight. Furthermore, the noise model was expanded for an urban speed regime (<50 km/h).

One of the instruments in reducing traffic noise is the tyre and therefore the low noise tyres currently available are of particular interest for this project. The variance in noise emissions of the available tyres currently on the market (>3 dBA) shows that there is a great potential to lower traffic noise by using low noise tyres. Five scenarios were developed in order to introduce a noise bonus of 30% or 50% of the LSVA for 10% of the tonne-kilometers transported demonstrating the hypothetical gain or loss of revenue of maximum 5% in comparison to the status quo (01.01.2017). The current limited in-situ data indicates that more research needs to be carried out verifying the in-situ noise emissions of low noise tyres.

In a series of workshops with stakeholders, the major environmental impacts have been identified and reviewed: fuel consumption, carbon dioxide emissions, damage to the pavement or track, audible noise, and it is proposed to capture this vehicle information in an EU-type label. By bringing these impacts together it will enable the buyers to purchase a vehicle which meets their needs and is also environmentally friendly. It could also provide a basis for applying road usage or track access charges and for internalising some of the external costs currently carried by society.

FR

RAPPORT DE RECHERCHE N° 1606

Actualisation des facteurs d'équivalence de la norme SN 640 320

Nibuxs Sàrl

MARC-ANTOINE FÉNART, Ing. civil EPF

MEHDI OULD HENIA, Ing. civil, dr ès science EPF

MARC DELABY, Ing. civil EPF

Projet de recherche VSS 2015/411 sur demande de l'Association suisse des professionnels de la route et des transports (VSS)

Le dimensionnement de la structure des chaussées selon la norme SN 640 324 fait intervenir les charges de trafic au travers de la détermination du trafic pondéral équivalent décrite dans la norme SN 640 320.

Ce processus consiste à exprimer la multitude de charges de trafic et de véhicules lourds sous la forme d'une valeur globale, appelée «facteur d'équivalence», par le biais du concept de l'essieu standard équivalent (ESAL). Le facteur d'équivalence donne ainsi l'endommagement moyen engendré par le passage d'un véhicule ou d'une catégorie de véhicule exprimé en essieu standard ESAL soit, en Suisse, un essieu simple avec une charge de 8,16 tonnes.

Les facteurs d'équivalence de la normalisation actuelle sont basés sur des analyses menées dans les années 2000–2001 (Projet VSS 14/96). L'évolution du parc de véhicules lourds en termes de composition, de technologie, du taux du remplissage et donc des charges, de même que les modifications du cadre légal avec notamment l'abolition de la réglementation des contingents de courses de véhicules d'un poids total de 40 tonnes en 2005 ont une influence considérable sur les facteurs d'équivalence.

Ainsi, une étude sur l'évolution de ces facteurs d'équivalence s'imposait, de même qu'une éventuelle mise à jour de la normalisation correspondante. Le présent projet répond à ce besoin avec une recherche sur :

- L'analyse des données historiques et actuelles de 15 stations suisses de pesage en marche (Weigh-in-Motion, WIM) en service essentiellement sur les routes nationales.
- L'analyse des données de l'ensemble des stations du comptage suisse

automatique de la circulation routière (CSACR).

- Le calcul des facteurs d'équivalence selon les formules de la méthode AASHTO.

Les facteurs d'équivalences sont établis chaque année sur la période comprise entre 2000 à 2015. Ceci permet dans un premier temps la validation de la méthode de calcul par l'obtention de résultats sensiblement équivalents à ceux établis en 2001 (Projet VSS 14/96). La comparaison des facteurs d'équivalence actuels avec ceux établis en 2001 met en évidence des différences significatives qui justifie par conséquent la proposition d'adaptation de la norme SN 640 320.

Pour les chaussées souples, le facteur d'équivalence passe de 1,6 à 1,8 pour les routes à grand débit (RGD) – autoroutes de transit; de 1,4 à 1,6 pour les routes à grand débit (RGD) – autoroutes; de 1,3 à 1,5 pour les routes principales (RP); et enfin de 1,0 à 1,2 pour les routes de liaison (RL).

DE

FORSCHUNGSBERICHT NR. 1611

Reduktion des Prüfaufwandes zur Kontrolle der Frostempfindlichkeit von Gesteinskörnungen für ungebundene Gemische

VersuchsStollen Hagerbach AG

MAXIMILIAN WIETEK, Dipl.-Ing.

VOLKER WETZIG, Dipl.-Ing.

RONNY MEGLIN, M.Sc.

Forschungsauftrag VSS 2011/505 auf Antrag des Schweizerischen Verbandes der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS)

Im Rahmen dieser Forschungsarbeit wurden Daten gesammelt, um die Bewertung der Frostempfindlichkeit gemäss SN 670 119-NA zu überprüfen und zu optimieren. Dazu wurden aus der gesamten Schweiz Datensätze von ungebundenen Gemischen gesammelt und ausgewertet. Anschliessend sind ausgewählte, für die Schweiz repräsentative, ungebundene Gemische auf Frostempfindlichkeit mittels ausgewählter Laborprüfungen

überprüft und bewertet worden. Dabei wurde zuerst der Durchgang bei 0,063 mm mittels einer Siebanalyse ermittelt und mit der Normanforderung der SN 670 119-NA von 3 M.-% verglichen. Sollte dieser Grenzwert überschritten sein, wurde die Frostempfindlichkeit mittels CBR-Verfahren geprüft und bewertet. Von ausgewählten Proben wurde zudem anhand einer Schlämmanalyse das «alte» Kriterium der Frostempfindlichkeit überprüft, welches einen maximalen Durchgang von 3 M.-% bei einer Korngrösse von 0,02 mm vorgibt.

Basierend auf der Daten-Auswertung sowie den ergänzend durchgeführten Laboruntersuchungen konnte nachgewiesen werden, dass der Grenzwert der Feinanteile von 3 M.-% – ohne messbare Einbussen der Bewertungssicherheit der Frostempfindlichkeit – auf 5 M.-% angehoben werden kann. Durch die bestehenden Grenzen der Korngrößenverteilung gemäss SN 670 119-NA weisen die in der Schweiz produzierten und verkauften ungebundenen Gemische eine durchwegs hohe Qualität und ausreichende Frostsicherheit auf. Ein Anteil von 99 % der untersuchten ungebundenen Gemische erfüllte das Frostkriterium trotz teilweise erhöhter Feinanteile. Nur vier Proben mit einem Feinanteil von weniger als 5 % bestanden die Prüfung der Frostempfindlichkeit nicht, wobei die Gründe hierfür nicht abschliessend genannt werden können. Weiterhin zeigte sich, dass die Resultate der CBR-Versuche keine eindeutige Korrelation zum Durchgang bei verschiedenen Korngrößen haben, was eine erhöhte Toleranz bei der Bewertung von Korngrößenverteilungen rechtfertigt. Auch wurde die Annahme bestätigt, dass ein Durchgang von 3 M.-% bei 0,02 mm einem Durchgang von 5 M.-% bei 0,063 mm entspricht.

Im Projekt gemachte Beobachtungen legen eine Überprüfung der genormten Lagerbedingungen beim CBR-Verfahren und insbesondere beim CBRF-Wert nahe, da Hebungen und Senkungen während eines Frostzyklus möglichst realitätsnahe sein sollten. Zudem ist anzunehmen, dass schädliche Bestandteile (z.B. Glimmer) einen massgeblichen Anteil auf die Frostbeständigkeit eines Gemisches haben können. Dazu werden konkrete Optimierungen empfohlen.

FORSCHUNGSBERICHT NR. 1612

Multifunktionale kleine und mittlere Umschlaganlagen

Rapp AG

MARTIN RUESCH

STEFAN SCHNEIDER

ADRIANO DIOLAIUTI

KURT SÄNGER

Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme (IVT)

TOBIAS FUMASOLI

POOYA KHALIGH

Hochschule Rhein-Waal

DIRK BRUCKMANN

Forschungsprojekt VSS 2011/807 auf Antrag des

Schweizerischen Verbands der Strassen- und

Verkehrsfachleute (VSS)

Im Rahmen des Projektes wurden der Ist-Zustand, aktuelle Entwicklungen und Praktiken analysiert, eine Markt- und Bedürfnisanalyse durchgeführt, funktionale und nicht-funktionale Anforderungen hergeleitet, Grundsätze und Module für die Anlagenausgestaltung entwickelt, Musteranlagenlayouts erarbeitet und an drei Fallbeispielen angewendet, der Normierungsbedarf überprüft und aus den Erkenntnissen Empfehlungen abgeleitet. Gestützt auf die Bedürfnisse, Best Practices und Expertenwissen konnten bezüglich Umschlag- und Lagerbereich, Schienen- und Strassenanbindung, Logistik- und Betriebseinrichtungen und Kontroll-, Mess- und Sicherheitseinrichtungen funktionale Anforderungen hergeleitet werden. Nicht-funktionale Anforderungen betrafen insbesondere die Themen Effizienz, Qualität, Umwelt und Siedlungsverträglichkeit. Die Definition von kleinen/mittleren Umschlaganlagen konnte dahingehend konkretisiert werden, dass massgebende Zuglängen, Umschlaggleislängen, Zustellungen und Aufkommen von Bahnwagen, Umschläge und LKW-Aufkommen in den Grössenordnungen bestimmt wurden.

Als Baukasten für die Ausgestaltung von multifunktionalen kleinen und mittleren Umschlaganlagen wurden Umschlagmodule, Erschliessungsmodule, Servicemodule und Betriebsmodule entwickelt, welche sich mit einem grossen Freiheitsgrad kombinieren lassen. Für die Bemessung ausgewählter Module wurden die massgebenden Faktoren und Schätzformeln zusammengestellt.

Die drei Fallbeispiele für multifunktionale kleine und mittlere Umschlaganlagen zeigen, dass sich, gestützt auf die lokalen Anforderungen und Rahmenbedingungen, die Umschlag-, Erschliessungs-, Service- und Betriebsmodule festlegen lassen. Auf dieser Basis kann dann das Anlagenlayout mit dem Umschlag- und Lagerbereich sowie den Schienen- und Strassenzufahrten entwickelt werden.

Die Kosten- und Wirtschaftlichkeitsrechnungen (für den KV-Teil) zeigen, dass unter Berücksichtigung der Beiträge des Bundes an Umschlaganlagen auch kleine und mittlere Umschlaganlagen wirtschaftlich sein können. Solche Anlagen können auch einen positiven Beitrag zu einer effizienten, umweltfreundlichen und sicheren Abwicklung des Güterverkehrs leisten.

Multifunktionale Umschlaganlagen sind in der Verkehrs- und Raumplanung sowie bei der Anlagenprojektierung verstärkt zu berücksichtigen. Für die Umsetzung steht die Schaffung einer Planungs- und Projektierungshilfe für kleine und mittlere multifunktionale Umschlaganlagen im Vordergrund. Zudem kann eine Anpassung und Ergänzung bestehender und geplanter Normen zum KV-Umschlag ins Auge gefasst werden.

FORSCHUNGSBERICHT NR. 1615

Einfluss kanalisierter und nicht kanalisierter Belastung mit der Grossversuchsanlage MLS10 auf die Widerstandsfähigkeit eines T2-Norm-Belags

Empa, Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt

MARTIN ARRAIGADA, Dr., Dipl. Ing.

FABIO PIEMONTESE, M.Sc.

ANDREAS TREUHOLZ, M.Sc.

MANFRED N. PARTL, Prof. Dr., Dipl. Ing. ETH

Forschungsprojekt ASTRA 2013/006 auf Antrag des Bundesamtes für Strassen (ASTRA)

In dieser Arbeit wurden die Reaktionen eines Asphaltbelages auf kanalisierte und nicht kanalisierte Belastungen durch den Mobile Load Simulator MLS10 untersucht. Bisher wurde diese Maschine in der Schweiz nur im kanalisierten Be-

lastungsmodus betrieben. Bei dieser Art von Beanspruchung fährt das Lastrad der Maschine wiederholt die gleiche Spur ab. Da aber im Strassenverkehr aufeinanderfolgende Fahrzeuge seitlich abweichen, sind kanalisierte Verkehrssimulationen nur als Annäherungen an die realen Vorkommnisse zu verstehen. Eine realitätsgetreuere Verkehrssimulation sieht ein seitliches Driften der aufeinanderfolgenden Belastungsräder vor.

Um diese Wissenslücke zu schliessen, wurde eine für geringes Verkehrsaufkommen entwickelte Fahrbahn aufgebaut und an zwei Positionen kanalisiert und nicht kanalisiert belastet. Die letztgenannte Belastungsanordnung verlangte den erstmaligen Einsatz der seitlichen Wandervorrichtung des MLS10. An jeder dieser Positionen wurden 250 000 Zyklen mit Super Single Reifen und 65 kN Druckkraft appliziert.

Abgesehen von einigen oberflächlichen Randrissen in der kanalisierten Fahrspur ergaben Rissuntersuchungen an beiden Belastungsstrecken bis zum Ende der Prüfungen keine weiteren Befunde. Diese Ergebnisse weisen in beiden Fällen auf eine noch nicht erreichte Strukturermüdung auf. Dehn- und Beschleunigungsmessungen weisen auf keine eindeutige Tendenz für einen Strukturwandel hin. Im Gegensatz dazu zeigen Resultate von FWD-Messungen, dass in der kanalisierten Fahrspur eine stärkere Schädigung als in der nicht kanalisierten stattgefunden hat. Die Spurrinnen beider Belastungsanordnungen zeigen trotz der breiteren Form der nicht kanalisierten Fahrbahn ähnliche Tiefen. Volumetrische Labormessungen an entnommenem Bohrkern veranschaulichen, dass in der kanalisierten Belastungsanordnung eine höhere Nachverdichtung stattgefunden hat.

Vergleicht man die Schichthaftung beider Betriebsarten, ergaben Laboruntersuchungen eine niedrigere Schichthaftung in der kanalisierten Fahrspur, welche auf eine stärker lokalisierte Verformung hinweist. Anhand der Resultate beider Belastungsanordnungen kann zusammenfassend behauptet werden, dass hinsichtlich der Strukturermüdung die kanalisierte Belastung gute Resultate erzielt. Um aber oberflächliche Verschleisserscheinungen (Rissbildung, Kornausbrüche, Spurrinnengestaltung etc.) richtig simulieren zu können, ist eine nicht kanalisierte Anordnung unerlässlich.

Neu im Normenwerk des VSS – ab September 2017

An dieser Stelle veröffentlichen wir die Kurzübersicht zu neuen Schweizer SN-Normen, neuen Nationalen Vorworten und zurückgezogene Normen im Schweizer Normenwerk.

Nouveautés du recueil des normes VSS – dès septembre 2017

Ci-après nous publions les brefs aperçus des nouvelles normes suisses SN, des nouveaux avant-propos nationaux et des normes retirés du recueil des normes VSS.

SN-Nummer Numéro SN – 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 640 201 – 30.09.2017 – SN 20 Seiten	Geometrisches Normalprofil; Grundabmessungen und Lichtraumprofil Profil géométrique type; Dimensions de base et gabarit d'espace libre	Diese Norm ersetzt die SN 640 201:2017-06. Cette norme remplace la SN 640 201:2017-06.	Die Norm erfuh eine Änderung in Tabelle 3 auf Seite 6 und Tabelle 9 auf Seite 14. Ansonsten entspricht sie der Version vom Juni 2017. La norme a subi une modification dans le tableau 3 à la page 6 et le tableau 9 à la page 14. Autrement la version correspond à laquelle du juin 2017.
SN 640 303 – 30.09.2017 – SNG 121 Seiten d – SNG 121 Seiten f	Strassenprojektierung; Entwurf von Hauptverkehrsstrassen innerorts Projets routiers; Conception de routes principales à l'intérieur des localités	Der Leitfaden gilt für den Neu-, Aus-, Um- und Rückbau aller Strassen innerorts mit einer übergeordneten Verbindungsfunktion (Hauptverkehrs- und Verbindungsstrassen). Der Leitfaden ist eine Planungshilfe für Planer, Ingenieure und Behörden, die mit dem Entwurf von Hauptverkehrsstrassen innerorts beschäftigt sind. Le guide s'applique aux constructions nouvelles, aux aménagements, aux transformations, ainsi qu'aux déconstructions de toutes les routes ayant une fonction de liaison d'ordre supérieur (routes principales et routes de liaison). Le guide sert d'aide à la conception pour les concepteurs, les ingénieurs et les autorités qui s'occupent de la conception de routes principales dans les localités.	Die Schweizer Norm Guideline (SNG) ist eine neue Art von Norm in Form eines Leitfadens. Die SNG 640 303 definiert die Anforderungen und Grundsätze für den Entwurf von Hauptverkehrsstrassen innerorts, gibt Hinweise für den Prozess sowie das Vorgehen, erläutert die einzelnen Entwurfsthemen und gibt Hinweise zur Anwendung der bestehenden Normen. Im Anhang sind erprobte Querschnitte und umgesetzte Beispiele für unterschiedliche Entwurfs-situationen zusammengestellt, an denen sich der/die Entwurfsingenieur(in) orientieren kann. La Guidelines Suisse SNG est un nouveau genre de norme sous forme de guide. La SNG 640 303 définit les exigences et le principes de base concernant la conception de routes principales dans les localités. Elle donne des indications sur le processus et la démarche, explique les divers thèmes de conception. Elle contient également des consignes utiles pour l'application des normes existantes. Dans l'annexe, figurent des profils en travers testés et des exemples de mise en application pour diverses situations conceptionnelles. Ils servent d'aide aux conceptrices et concepteurs.
SN 641 825 – 30.09.2017 – SN 21 Seiten	Kosten-Nutzen-Analysen im Strassenverkehr; Bewertung der Zuverlässigkeit auf Nationalstrassen und Bemessungsempfehlungen für Nationalstrassen Analyses coûts/avantages du trafic routier; Evaluation de la fiabilité des routes nationales et recommandations de dimensionnement pour les routes nationales	Diese Norm stellt zum ersten Mal ein Verfahren zur Verfügung um die gesellschaftlichen Kosten der Verlässlichkeit von Strecken im Nationalstrassennetz zu beurteilen. Sie sollte in der Regel als Teil einer vollen Kostennutzenanalyse nach SN 641 820 angewendet werden. Par cette norme, pour la première fois, un processus est mis à disposition permettant d'évaluer les coûts sociétaux de la fiabilité de tronçons du réseau des routes nationales. Elle devrait en principe être appliquée comme élément d'une analyse coûts/avantages complète selon la SN 641 820.	Es ist aber möglich die Norm zur Bemessung einzelner Strecken zu verwenden, um hier den Effekt der Reisezeitveränderungen und der allfälligen Veränderung der Verlässlichkeit monetär zu bewerten. Il est toutefois possible d'utiliser la norme pour dimensionner des tronçons isolés, afin d'évaluer dans ce cas, sur le plan monétaire, l'effet de modifications du temps de trajet et de l'éventuelle variation de la fiabilité.

<p>SN 640482 – 30.09.2017 – SN 26 Seiten</p>	<p>Plattendecken; Konzeption, Oberbau- dimensionierung, Anforderungen und Ausführung</p> <p>Dallages; Conception, dimension- nement de la chaussée, exigences et exécution</p>	<p>Diese Norm gilt für Plattendecken auf Strassen, Wegen und Plätzen sowohl für Naturstein- wie für Beton- und Fezeugplatten. Die Norm enthält Anforderungen, Empfehlungen und Vorschriften über Konzeption, Oberbaudimensionierung, Baustoffe und Ausführung von Plattendecken mit den Schichten des Oberbaus einschliesslich deren Abschlüsse. Ziel der Norm ist, sichere und dauerhafte Plattendecken unter Berücksichtigung der Erfahrung aus Wissenschaft und Praxis sowie unter Einbezug in- und ausländischer Normen zu planen und auszuführen.</p> <p>Cette norme s'applique aux dallages de routes, de chemins et de places, aux dallages en pierre naturelle ainsi qu'en béton et en grès cérame. La norme présente les exigences, recommandations et prescriptions relatives à la conception, au dimensionnement de la chaussée, au choix des matériaux de construction et à l'exécution de dallages, y compris les couches constitutives de la chaussée et de ses bordures. Le but de la norme est de faciliter la réalisation de dallages sûrs et durables conformes à la science et à la pratique en tenant compte des normes nationales et étrangères concernant la planification et l'exécution des dallages.</p>	<p>Die Verkehrsbelastungen für Plattendecken wurde reduziert. Der Monokornbeton wurde auf Grobkornbeton umbenannt. Es wurden zusätzliche Angaben über Platten- grössen bei Anpassungsarbeiten definiert. Zusätzliche Angaben zu den ungebundenen Fugenfüllungen definiert. Zusätzliche Angaben zur Ausführung von Bewegungsfugen bei Hochpunkten definiert. Optimierung und Reduzierung der Plattendicken, Fugenbreiten und Belastungen. Zusätzliche Hinweise betreffend Plattenformate. Reduzierung der Fugenbreiten und zusätzliche Qualitätsangaben für die Praxis erstellt. Die Griffigkeitsanforderungswerte für ein zweites Messverfahren erstellt.</p> <p>La charge de trafic pour les dallages a été réduite. Le béton à granulats unique s'appelle maintenant béton à granulométrie discontinue. De nouvelles indications concernant les dimensions des dalles ont été définies pour les travaux d'adaptation. Des données supplémentaires relatives aux produits de garnissage des joints non liés ont été définies. Des données supplémentaires relatives aux joints de dilatation aux points hauts ont été définies. Optimisation et réduction des épaisseurs de dalles, ainsi que des largeurs de joints et des charges. Indications supplémentaires concernant les formats des dalles, réduction des largeurs de joints et relatives à la qualité dans la pratique. Les valeurs d'exigences relatives à la qualité ont été établies pour une deuxième méthode de mesure.</p>
---	--	---	--

Neues Nationales Vorwort Nouvel avant-propos national	
<p>12607-1:2014 EN</p>	<p>Bitumen und bitumenhaltige Bindemittel – Bestimmung der Beständigkeit gegen Verhärtung unter Einfluss von Wärme und Luft – Teil 1: RTFOT-Verfahren Bitumes et liants bitumineux – Détermination de la résistance au durcissement sous l'effet de la chaleur et de l'air – Partie 1: Méthode RTFOT</p>
<p>12607-2:2014 EN</p>	<p>Bitumen und bitumenhaltige Bindemittel – Bestimmung der Beständigkeit gegen Verhärtung unter Einfluss von Wärme und Luft – Teil 2: TFOT-Verfahren Bitumes et liants bitumineux – Détermination de la résistance au durcissement sous l'effet de la chaleur et de l'air – Partie 2: Méthode TFOT</p>
<p>12607-3:2014 EN</p>	<p>Bitumen und bitumenhaltige Bindemittel – Bestimmung der Beständigkeit gegen Verhärtung unter Einfluss von Wärme und Luft – Teil 3: RFT-Verfahren Bitumes et liants bitumineux – Détermination de la résistance au durcissement sous l'effet de la chaleur et de l'air – Partie 3: Méthode RFT</p>
<p>12697-50:2016 CEN/TS</p>	<p>Asphalt – Bestimmung des Brechverhaltens – Prüfverfahren – Teil 50: Widerstand gegen Oberflächenverschleiss Mélanges bitumineux – Méthodes d'essai – Partie 50: Résistance aux arrachements superficiels</p>

Wenn das Ihre Tour ist, ...



... dann ist das Ihr Truck:



Der Atego.

Schmale Gassen. Enge Kurven. Und trotzdem entspannt. Durch die tiefgezogenen Front- und Seitenscheiben und die äusserst präzise Schaltung hat der Fahrer stets die beste Sicht und kann durch engste Gassen manövrieren. Mehr Informationen auf www.mercedes-benz.com/atego

Mercedes-Benz

Trucks you can trust

