

GRIFFIG

Aktuelles über Verkehrsflächen aus Beton

Griffig im neuen Erscheinungsbild

Nach über einem Jahrzehnt GRIFFIG haben wir uns dazu entschlossen, den Auftritt unseres Periodikums zu verjüngen. Wir hoffen, dass Ihnen das GRIFFIG auch im neuem Erscheinungsbild gefällt und Sie uns als Leser die Treue halten. Für Ihr bisheriges Interesse möchten wir uns herzlich bedanken und wünschen Ihnen auch mit dieser Ausgabe ein interessantes Leseerlebnis.

Die neue Gestaltung des GRIFFIG soll den Lesern einen angenehmen und leicht verständlichen Einblick in die aktuelle Situation der Verkehrsflächen aus Beton bieten.

Die neue Gestaltung des GRIFFIG soll den Lesern einen angenehmen und leicht verständlichen Einblick in die aktuelle Situation der Verkehrsflächen aus Beton bieten.

Die neue Gestaltung des GRIFFIG soll den Lesern einen angenehmen und leicht verständlichen Einblick in die aktuelle Situation der Verkehrsflächen aus Beton bieten.

Die neue Gestaltung des GRIFFIG soll den Lesern einen angenehmen und leicht verständlichen Einblick in die aktuelle Situation der Verkehrsflächen aus Beton bieten.

Die neue Gestaltung des GRIFFIG soll den Lesern einen angenehmen und leicht verständlichen Einblick in die aktuelle Situation der Verkehrsflächen aus Beton bieten.

Die neue Gestaltung des GRIFFIG soll den Lesern einen angenehmen und leicht verständlichen Einblick in die aktuelle Situation der Verkehrsflächen aus Beton bieten.

Die neue Gestaltung des GRIFFIG soll den Lesern einen angenehmen und leicht verständlichen Einblick in die aktuelle Situation der Verkehrsflächen aus Beton bieten.

Die neue Gestaltung des GRIFFIG soll den Lesern einen angenehmen und leicht verständlichen Einblick in die aktuelle Situation der Verkehrsflächen aus Beton bieten.

Die neue Gestaltung des GRIFFIG soll den Lesern einen angenehmen und leicht verständlichen Einblick in die aktuelle Situation der Verkehrsflächen aus Beton bieten.

Die neue Gestaltung des GRIFFIG soll den Lesern einen angenehmen und leicht verständlichen Einblick in die aktuelle Situation der Verkehrsflächen aus Beton bieten.

Die neue Gestaltung des GRIFFIG soll den Lesern einen angenehmen und leicht verständlichen Einblick in die aktuelle Situation der Verkehrsflächen aus Beton bieten.

Die neue Gestaltung des GRIFFIG soll den Lesern einen angenehmen und leicht verständlichen Einblick in die aktuelle Situation der Verkehrsflächen aus Beton bieten.

Die neue Gestaltung des GRIFFIG soll den Lesern einen angenehmen und leicht verständlichen Einblick in die aktuelle Situation der Verkehrsflächen aus Beton bieten.

Die neue Gestaltung des GRIFFIG soll den Lesern einen angenehmen und leicht verständlichen Einblick in die aktuelle Situation der Verkehrsflächen aus Beton bieten.

Die neue Gestaltung des GRIFFIG soll den Lesern einen angenehmen und leicht verständlichen Einblick in die aktuelle Situation der Verkehrsflächen aus Beton bieten.

Die neue Gestaltung des GRIFFIG soll den Lesern einen angenehmen und leicht verständlichen Einblick in die aktuelle Situation der Verkehrsflächen aus Beton bieten.

Die neue Gestaltung des GRIFFIG soll den Lesern einen angenehmen und leicht verständlichen Einblick in die aktuelle Situation der Verkehrsflächen aus Beton bieten.

Die neue Gestaltung des GRIFFIG soll den Lesern einen angenehmen und leicht verständlichen Einblick in die aktuelle Situation der Verkehrsflächen aus Beton bieten.

Die neue Gestaltung des GRIFFIG soll den Lesern einen angenehmen und leicht verständlichen Einblick in die aktuelle Situation der Verkehrsflächen aus Beton bieten.

Die neue Gestaltung des GRIFFIG soll den Lesern einen angenehmen und leicht verständlichen Einblick in die aktuelle Situation der Verkehrsflächen aus Beton bieten.

Die neue Gestaltung des GRIFFIG soll den Lesern einen angenehmen und leicht verständlichen Einblick in die aktuelle Situation der Verkehrsflächen aus Beton bieten.

Die neue Gestaltung des GRIFFIG soll den Lesern einen angenehmen und leicht verständlichen Einblick in die aktuelle Situation der Verkehrsflächen aus Beton bieten.

Die neue Gestaltung des GRIFFIG soll den Lesern einen angenehmen und leicht verständlichen Einblick in die aktuelle Situation der Verkehrsflächen aus Beton bieten.

Die neue Gestaltung des GRIFFIG soll den Lesern einen angenehmen und leicht verständlichen Einblick in die aktuelle Situation der Verkehrsflächen aus Beton bieten.

Die neue Gestaltung des GRIFFIG soll den Lesern einen angenehmen und leicht verständlichen Einblick in die aktuelle Situation der Verkehrsflächen aus Beton bieten.

Die neue Gestaltung des GRIFFIG soll den Lesern einen angenehmen und leicht verständlichen Einblick in die aktuelle Situation der Verkehrsflächen aus Beton bieten.

Die neue Gestaltung des GRIFFIG soll den Lesern einen angenehmen und leicht verständlichen Einblick in die aktuelle Situation der Verkehrsflächen aus Beton bieten.

Die neue Gestaltung des GRIFFIG soll den Lesern einen angenehmen und leicht verständlichen Einblick in die aktuelle Situation der Verkehrsflächen aus Beton bieten.

Die neue Gestaltung des GRIFFIG soll den Lesern einen angenehmen und leicht verständlichen Einblick in die aktuelle Situation der Verkehrsflächen aus Beton bieten.

Die neue Gestaltung des GRIFFIG soll den Lesern einen angenehmen und leicht verständlichen Einblick in die aktuelle Situation der Verkehrsflächen aus Beton bieten.



Vorstandswechsel in der Gütegemeinschaft

Mit der zurückliegenden Mitgliederversammlung der Gütegemeinschaft am 27. Februar 2024 in Kassel wurde auch ein Wechsel im Vorstand vollzogen.

Thomas Wolf trat aus persönlichen Gründen nicht mehr für ein Vorstandsamt an. Als Vorstand wiedergewählt wurde Christoph Hofmeister vom Mitgliedsunternehmen Max Bögel in Neumarkt. Als neues Mitglied wurde Martin Langer, STRABAG Großprojekte GmbH in München, in den Vorstand gewählt. In der nachfolgenden Wahl des Vorstandsvorsitzenden übernahm Christoph Hofmeister das Ehrenamt von Thomas Wolf.

Thomas Wolf scheidet damit als langjähriges Vorstandsmitglied und als Vorsitzender aus dem Vorstand aus. Als

gleichzeitig langjähriger Leiter des Lenkungsausschuss der Arbeitsgruppe 8 „Betonbauweisen“ in der Forschungsgesellschaft war er ein fester Garant für eine innige Verschränkung der Gütegemeinschaft mit den Aktivitäten der FGSV auf dem Gebiet des Betonstraßenbaus und darüber hinaus. Da er als Leiter des Lenkungsausschuss satzungsgemäß sowohl an den Sitzungen des Vorstands wie auch an den Mitgliederversammlungen teilnehmen wird, bleiben uns sein Rat und seine Expertise auch nach seinem Austritt aus dem Vorstand erhalten.

Die Mitgliederversammlung dankte Thomas Wolf für seinen langen, sehr engagierten Einsatz für den Verein und für die Bauweise und wünschte den Neugewählten Glück und einen guten Start in die neuen Ehrenämter.

INHALT

Griffig im neuen Erscheinungsbild

Vorstandswechsel in der Gütegemeinschaft

KOMMENTAR Unsichere Dauerhaftigkeit

Rollwiderstand auf realen Fahrbahnen –
Wirkmechanismen, Einflussfaktoren und
Optimierungspotenziale

Zerstörungsfreie Dübellagenmessung als Werkzeug
zur Qualitätssteigerung von Fahrbahnen

Schwerverkehrskontrollzentrum Giornico Tessin

Weiterbildung 2024 in Kassel

Termine

2/2024 KOMMENTAR

Dipl.-Ing. Martin Peck
Gütegemeinschaft Verkehrs-
flächen aus Beton e.V.



Die Aktivitäten zur Ermittlung der Nachhaltigkeitskriterien für die Hauptbauweisen im Straßenbau schreiten voran. In den Gremien der Forschungsgesellschaft beschäftigt sich derzeit vor allem der Arbeitsausschuss 4.6 „Nachhaltigkeit im Straßenbau“ damit, belastbare Grundlagen zur Nachhaltigkeitsbeurteilung zu schaffen. Aktuell stehen derzeit vor allem die Baustoffe im Fokus: erste Zielsetzung ist die Erstellung sogenannter „Environmental Product Declaration(s)“ (EPD) für die verwendeten Hauptbaustoffe Asphalt und Beton.

Die Erstellung dieser EPD ist europäisch standardisiert. Das maßgebende Regelwerk ist die DIN EN 15643 „Nachhaltigkeit von Bauwerken – Allgemeine Rahmenbedingungen zur Bewertung von Gebäuden und Ingenieurbauwerken“ in der Fassung von 2021. Die Norm formuliert eine „von der Wiege bis zur Bahre“ – Betrachtung und definiert die Lebenszyklusphasen eines Bauwerks (Bild 1, S. 18).

- Phase A: Herstellung der Baustoffe, Errichtung des Bauwerks,
- Phase B: Nutzungsphase und
- Phase C: Rückbau und Entsorgung.

Die oben genannten Hauptphasen sind in kleinere Phasenpakete aufgeteilt, was die Abgrenzung der einzelnen Phasen zueinander verdeutlicht und erleichtert. In einer weiteren Phase D können den Bilanzergebnissen aus den Phasen A bis C Gutschriften bzw. Lasten, zum Beispiel aus Entsorgung oder Recycling, hinzugefügt werden.

Dauerhaftigkeitsprognose – Vergangenheit oder Zukunft?

Bereits zur Erstellung der EPD des Baustoffs Beton im Lebenszyklus sind für die CO₂-Gutschrift durch Carbonatisierung Dauerhaftigkeitsannahmen zu treffen. Letztlich ist die Dauerhaftigkeit für die gesamte Lebenszyklusbetrachtung unverzichtbar. Die Abschätzung oder Festlegung der Länge eines Lebenszyklus stellt allerdings für beide Hauptbauweisen ein Problem dar, da es belastbare empirische Aussagen oder Schätzungen zu den Lebens- oder Nutzungsdauern von Oberbaukonstruktionen nicht gibt.

Fortsetzung auf Seite 16

Rollwiderstand auf realen Fahrbahnen – Wirkmechanismen, Einflussfaktoren und Optimierungspotenziale

Dr.-Ing. Christian Bachmann – fka GmbH, Aachen

Einleitung und Motivation

Der Straßengüterverkehr ist eine wesentliche Basis der modernen Wirtschaft und spielt eine zentrale Rolle im globalen Handel. Prognosen gehen davon aus, dass der Straßenverkehr in den kommenden Jahren weiter zunehmen wird. Im Straßenverkehr kommt der Energieeffizienz eine immer größere Bedeutung zu, insbesondere angesichts steigender Umweltaforderungen und des Ziels, den CO₂-Ausstoß zu reduzieren.

Ein wesentlicher Faktor für den Energiebedarf von Fahrzeugen ist (neben Fahrzeugmasse und -aerodynamik) der Rollwiderstand. Der Rollwiderstand ist dabei die Kraft, die einem rollenden Reifen entgegenwirkt und somit Energie benötigt, die nicht zur Fortbewegung genutzt werden kann. Er entsteht hauptsächlich durch die Verformung des Reifens beim Abrollen und der auf Grund innerer Reibung verbundenen Wärmeentwicklung, wird somit in geringerem Rahmen auch durch die Beschaffenheit der Oberfläche beeinflusst, auf der das Rad rollt. Ein hoher Rollwiderstand führt zu einem höheren Kraftstoffverbrauch und damit zu höheren CO₂-Emissionen. Daher ist die Reduzierung des Rollwiderstands ein wichtiger Ansatzpunkt zur Steigerung der Energieeffizienz von Fahrzeugen.

So wird seitens der Fahrzeug- und Reifenhersteller kontinuierlich nach Verbesserungsmaßnahmen geforscht, die allerdings oft zunächst isoliert auf Bauteil- oder Systemebene stattfinden, da nur bestimmte technische Eigenschaften geändert werden können. Eine ganzheitliche volkswirtschaftliche Betrachtung des Zusammenspiels zwischen Reifen und Fahrbahn findet oft nur in vereinzelten Forschungsprojekten statt und dann meist auch nur in Bezug auf einzelne spezifische Merkmale (z.B. Abrollgeräusch, Abrieb, Griffigkeit, etc.).

Wirkmechanismen und Entstehung des Rollwiderstands

Historische Betrachtungen

Die Forschung zum Rollwiderstand von Reifen hat eine lange Historie. Bereits im 19. Jahrhundert wurden Untersuchungen zur Reduzierung des Fahrwiderstands durch-

geführt. Die Erfindung des Luftreifens durch den Schotten John Boyd Dunlop im Jahr 1888 war ein bedeutender Meilenstein, da luftgefüllte Reifen einen deutlich geringeren Rollwiderstand aufwiesen als die damals üblichen starren Holzräder.

Moderne Reifen sind komplexe Konstruktionen, die aus verschiedenen Materialien und Schichten bestehen. Sie müssen eine Vielzahl von Anforderungen erfüllen, darunter Fahrkomfort, Sicherheit, Energieeffizienz und Langlebigkeit. Der Rollwiderstand im Reifen entsteht hauptsächlich durch die Verformung beim Abrollen. Diese Verformung führt zu einer Erwärmung des Reifens, da die Energie, die zur Verformung benötigt wird, durch innere Reibung (visko-elastische Hystereseeffekte) in Wärme umgewandelt wird. Diese Wärme kann nicht zur Fortbewegung genutzt werden und stellt somit einen parasitären Energieverlust dar.

Rollwiderstand am Reifen

Ein Reifen kann idealisiert, als Feder-Dämpfer-Element betrachtet werden. Bei Belastung mit einem anteiligen Fahrzeuggewicht federt der flexible Reifen entsprechend seiner Federsteifigkeit ein und passt sich der Fahrbahnoberfläche an. Die entstehende Aufstandsfläche („Latschfläche“, „Reifenlatsch“) ist proportional zur Radlast und dem Kontaktdruck. Beim Abrollen eines Luftreifens wird kontinuierlich ein Teil des Laufstreifens im Reifenlatsch gestaucht, um aus der ursprünglich runden eine der Fahrbahn angepasste, abgeflachte Kontur zu erzeugen. Bei dieser fortlaufenden Formänderung treten auf Grund der visko-elastischen Gummieigenschaften thermo-mechanische Energiewandlungen durch die Verformung der Reifenstruktur und durch Mikroschlupf im Latsch auf, welche zu einer Erwärmung des rollenden Reifens führen. Diese Erwärmung hält so lange an, bis der Reifen unter stetigem Wärmeaustausch durch Fahrbahnkontakt und Luftumströmung ein thermisches Gleichgewicht erreicht hat. Gleichzeitig nimmt die Wärmeentstehung im Gummimaterial mit zunehmender Reifentemperatur ab und der Innendruck steigt, so dass sich der Rollwiderstand bei Konstantfahrt asymptotisch einem Beharrungszustand annähert. Ein kalter Reifen hat somit einen hohen und ein warmer Reifen hat einen niedrigeren Rollwiderstand – gleiches gilt sinngemäß

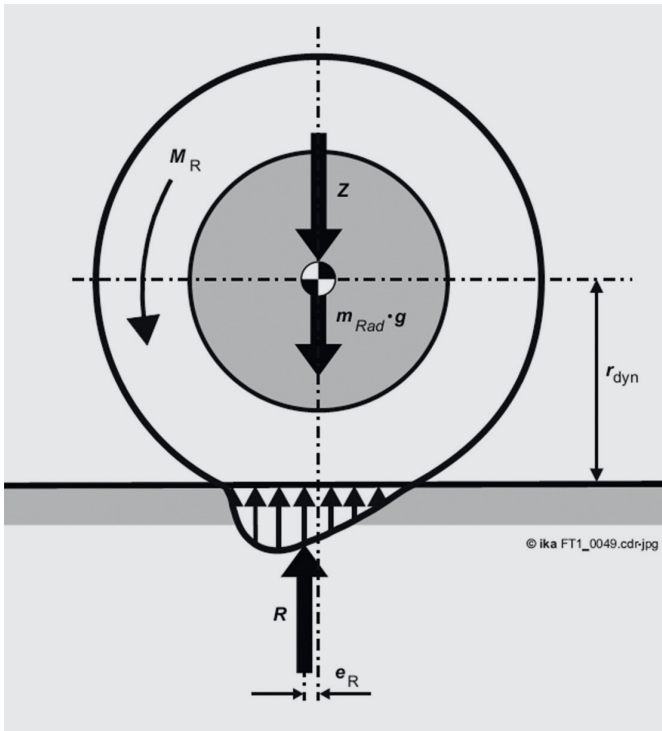


Bild 1 Druckverteilung eines rollenden Reifens und resultierende Normalkraft im Reifenlatsch [1]

für die Fahrbahn, die jedoch je nach Beschaffenheit weit weniger verformt wird.

Die aus dem Reifen dissipierende Wärmeenergie wird durch den Fahrzeugantrieb geliefert, kann jedoch nicht zum Vortrieb genutzt werden und wird daher als „Verlust“ betrachtet.

Durch die mechanische Stauchung der Reifenstruktur prägt sich am Einlauf in den Latsch eine Überhöhung der Bodendruckverteilung aus. Bildet man das Integral über diese Druckverteilung, so zeigt sich, dass die resultierende Normalkraft nicht in der Radmittelebene angreift, sondern in Rollrichtung exzentrisch leicht nach vorne verlagert ist. Hierdurch ergibt sich aus dem Kräftepaar der Vertikalkräfte und dem Hebelarm ein Moment, welches der Rollbewegung entgegenwirkt (Bild 1).

Neben der oben beschriebenen Darstellung der Rollwiderstandskraft, hat sich im wissenschaftlichen Diskurs mittlerweile eine rein energetische Bilanzbetrachtung durchgesetzt. Hierbei wird der Rollwiderstand als jene Energie betrachtet, die zum Zurücklegen einer gewissen Wegstrecke aufgewendet werden muss. Darin sind definitionsgemäß auch Effekte enthalten, die an oder in der Fahrbahn stattfinden, z.B. Reibungsschlupf oder Deformation (Bild 2).

Der Rollwiderstand im realen Verkehr ist keine konstante Größe. Vielmehr ergibt sich für die jeweilige Paarung Reifen-Fahrbahn ein fortlaufend wechselnder Widerstandswert basierend auf der aktuellen Fahrsituation und den tagesaktuellen Umgebungsbedingungen.

Dabei tragen die folgenden Reifeneigenschaften maßgeblich zum Rollwiderstand bei.

Reifenkonstruktion

Die Dimension des Reifens, die Gummimischung, die Profilgestaltung und die Profiltiefe, die Struktur und Form der Seitenflanke sowie die Reifenmasse sind entscheidende Faktoren, die den Rollwiderstand beeinflussen. Ein Reifen mit einer härteren Gummimischung und geringer Profiltiefe hat in der Regel einen niedrigeren Rollwiderstand, da weniger Energie durch die Verformung des Reifens dissipiert.

Reifenbetrieb

Weitere wichtige Einflussfaktoren sind die Radlast, der Fülldruck, der Schlupfzustand (angetrieben, frei rollend oder gebremst), die Reifenlaufleistung und die Fahrzeitdauer. Ein höherer Fülldruck reduziert den Rollwiderstand, da der Reifen weniger verformt wird. Allerdings beeinträchtigt ein deutlich zu hoher Fülldruck die Fahr-sicherheit und den Fahrkomfort.

Umweltrandbedingungen

Die Temperaturbedingungen (Reifen, Fahrbahn, Umgebung), die Fahrbahnsteifigkeit und -festigkeit, die Fahrbahnrauigkeit und Ebenheit sowie die Fahrbahnneigung und Feuchtigkeit spielen ebenfalls eine wichtige Rolle. Eine höhere Umgebungstemperatur führt zu einer Erwärmung des Reifens und durch den damit verbundenen Druckanstieg zu einer niedrigeren Verformung und so zu einem niedrigen Rollwiderstand. Eine raue Fahrbahnoberfläche erhöht den Rollwiderstand, da der Reifen punktuell stärker verformt wird.

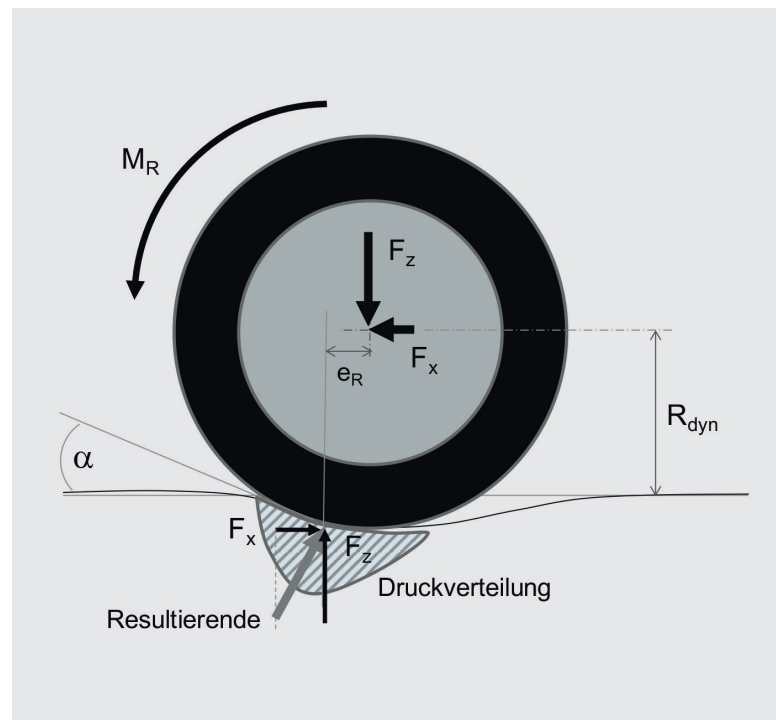


Bild 2 Erhöhter Rollwiderstand durch nachgiebige Fahrbahn [2]

Ebenso gibt es wesentliche Einflussfaktoren aus der Fahrbahn

Fahrbahnsteifigkeit und -festigkeit

Auch die Steifigkeit und Festigkeit der Fahrbahn kann den Rollwiderstand erheblich beeinflussen. Eine steifere Fahrbahn führt zu einem niedrigeren Rollwiderstand, da weniger Energie für die Verformung der Fahrbahn aufgewendet werden muss. Eine sich unter der Last des Rades verformende Fahrbahn hingegen erhöht den Rollwiderstand, da zusätzlich Energie für die Verformung der Fahrbahnoberfläche aufgewendet werden muss. Dieser Effekt wirkt sich um so stärker aus, je höher die anliegende Radlast ist – also bei LKW deutlich mehr als bei PKW.

Fahrbahnrauigkeit und Ebenheit

Die Rauigkeit und Ebenheit der Fahrbahnoberfläche sind ebenfalls entscheidende Faktoren. Eine glatte und ebene Fahrbahnoberfläche reduziert den Rollwiderstand, da der Reifen weniger verformt wird. Eine raue und unebene Fahrbahnoberfläche hingegen erhöht den Rollwiderstand, da der Reifen stärker verformt wird und mehr Energie für die Überwindung der Unebenheiten aufgewendet werden muss.

Fahrbahnneigung und Feuchtigkeit

Die Neigung der Fahrbahn beeinflusst den Rollwiderstand ebenfalls. Eine geneigte Fahrbahn erhöht den Rollwiderstand, da der Reifen mehr Energie für die Überwindung der Steigung bzw. Beibehaltung der Spur aufwenden muss. Der Einfluss von Feuchtigkeit auf der Fahrbahnoberfläche auf den Rollwiderstand ist abhängig von der Menge und Verteilung der Feuchtigkeit. Bereits eine dünne Wasserschicht kann den Rollwiderstand erhöhen, indem sie einen kühlenden Einfluss auf das Gummi auswirkt und so die Hysterereibung steigt, auch wenn sie ggf. die Reibung zwischen Reifen und Fahrbahn reduziert. Eine dicke Wasserschicht wird den Rollwiderstand erheblich erhöhen, da der Reifen mehr Energie für die Verdrängung des Wassers aufwenden muss.

Optionen zur Minimierung des Reifen-Fahrbahn-Rollwiderstands

Optimierung der Reifenkonstruktion

Die Optimierung der Reifenkonstruktion ist eine der effektivsten Maßnahmen zur Reduzierung des Rollwiderstands. Dies umfasst die Auswahl geeigneter Gummimischungen, die Gestaltung des Reifenprofils und die Anpassung der Reifenabmessungen. Allerdings sind hierbei gestalterisch Grenzen gesetzt, da beim Reifen auch immer andere Eigenschaften erfüllt sein müssen. So kann eine härtere Gummimischung und eine geringere Profiltiefe den Rollwiderstand reduzieren, allerdings nicht beliebig und nicht ohne die Fahrsicherheit oder den Fahrkomfort zu beeinträchtigen.

Anpassung des Reifenbetriebs

Die Anpassung des Reifenbetriebs, wie die Erhöhung des Fülldrucks und die regelmäßige Überprüfung der Achseinstellung, kann ebenfalls zur Reduzierung des Rollwiderstands beitragen. Ein höherer Fülldruck reduziert die Verformung des Reifens und damit den Rollwiderstand. Allerdings sollte der Fülldruck innerhalb der vom Hersteller empfohlenen Grenzen liegen, um die Fahrsicherheit nicht zu beeinträchtigen und keinen übermäßigen Reifenverschleiß zu provozieren.

Optimierung der Fahrbahnoberfläche

Die Fahrbahnoberfläche kann durch regelmäßige Wartung und Instandhaltung ebenfalls zur Reduzierung des Rollwiderstands beitragen. Eine glatte und ebene Fahrbahnoberfläche reduziert die Verformung des Reifens und damit den Rollwiderstand. Die Verwendung von Materialien mit hoher Steifigkeit und Festigkeit kann ebenfalls den Rollwiderstand reduzieren.

Beispiele von Messkampagnen und Messmethoden

Messmethoden

Es gibt verschiedene Methoden und Normen zur Messung des Rollwiderstands, die je nach Situation unterschiedliche Vorteile bieten.

Diese Normen (z.B. ISO 28580 („Reifenlabel“), ISO 18164, SAE J1269 und SAE J2452) sehen Messungen auf Trommelprüfständen vor, bei denen die Fahrbahn durch eine ideal glatte, unnachgiebige Stahltrommel simuliert wird. Ziel der Messungen ist dabei vorrangig die Ermittlung der reinen Reifeneigenschaften für einen direkten Vergleich. Mit Hilfe bewusster Vereinfachungen bzw. Vermeidung etwaiger Fahrbahn- oder Umwelteinflüsse werden so hochreproduzierbare und genaue Ergebnisse erzielt, die weltweit vergleichbar sind.

So wird ein Reifen unter konkret festgelegten Temperatur-, Fülldruck-, Last- und Geschwindigkeitsbedingungen gemessen. Die dabei auftretenden Widerstandskräfte sind im Vergleich zu den wirkenden Radlasten klein. Für eine Vergleichbarkeit der Reifen wird der Quotient aus Widerstandskraft und Radlast genutzt (Rollwiderstandsbeiwert), welcher sich üblicherweise im Promillebereich bewegt.

Die folgenden Mess-Methoden haben sich dabei etabliert, wobei die Momentenmethode die gängigste Labormethode und die Kraftmethode die gängigste Fahrbahnmethode ist:

- Kraft-Methode: Bei dieser Methode wird die Rollwiderstandskraft direkt als in der Radmitte wirkende Längskraft gemessen. Die gemessene Kraft enthält

jedoch auch parasitäre Nebenverluste, wie die Lagerreibung der Radlagerung oder Ventilationseffekte. Diese Verluste werden durch eine zusätzliche Messung bei minimaler Radlast (Skim-Test) ermittelt und von der ersten Messung abgezogen.

- **Momenten-Methode:** Hier wird das Drehmoment im Trommelantrieb gemessen, das notwendig ist, um die Trommel und das belastete Messrad mit konstanter Drehzahl rotieren zu lassen. Auch hier werden parasitäre Verluste durch einen Skim-Test ermittelt und vom gemessenen Drehmoment abgezogen.
- **Leistungs-Methode:** Bei dieser Methode wird die vom Trommelantrieb aufgenommene elektrische Leistung gemessen, die notwendig ist, um die Trommel und das belastete Messrad mit konstanter Geschwindigkeit rotieren zu lassen. Die gemessene Leistung wird um die parasitären Verluste bereinigt und in eine äquivalente Widerstandskraft umgerechnet.
- **Verzögerungs-Methode:** Hier wird der Reifen zunächst auf eine konstante Geschwindigkeit beschleunigt. Anschließend wird der Trommelantrieb ausgekuppelt und das Rad kann frei ausrollen. Die Zeit, die für das Durchlaufen eines bestimmten Geschwindigkeitsbandes benötigt wird, wird gemessen und zur Berechnung der Rollwiderstandskraft verwendet.

Weitergehender Forschungsansatz

Mittlerweile existieren einige Messfahrzeuge und Anhänger zur Erfassung des Rollwiderstands auch auf realen Fahrbahnen (Bild 3). Auf Grund der aufwendigen Messdurchführung und der Streuung der Ergebnisse durch die wechselnden realen Umgebungsbedingungen, sind diese Systeme aber nicht massentauglich und werden eher in Forschungsprojekten eingesetzt.

An der RWTH Aachen wurde ein mobiler Reifenprüfstand konzipiert, der in einen Lkw-Auflieger integriert ist, und mit dem vergleichende Messungen auf einer Trommel und auf realen Fahrbahnen in Anlehnung an die ISO 28580 möglich sind. Er ist mit einer aktiven Radlast- und Schräglaufwinkelregelung ausgestattet, so dass das Messrad unabhängig vom Trägerfahrzeug auf der Fahrbahn geführt werden kann.



Bild 3 Mobiler Reifenprüfstand des ika der RWTH Aachen University [2]

Ein wesentlicher Vorteil des mobilen Prüfstands besteht darin, dass er unverändert sowohl im Labor auf einer Trommel als auch auf realen Fahrbahnen eingesetzt werden kann. Dies ermöglicht eine direkte Vergleichbarkeit der Messergebnisse und eliminiert Unsicherheiten, die durch den Einsatz unterschiedlicher Messsysteme entstehen könnten. Der mobile Prüfstand ist mit einer hochsensiblen Rollwiderstandsmessnabe ausgestattet, die eine präzise Erfassung der Rollwiderstandskraft ermöglicht. Zur Kompensation von Übersprecheffekten, die durch die hohe Radlast und die Bewegung des Prüfstands entstehen, werden Lasersensoren und eine Kreiselplattform eingesetzt, welche die Ausrichtung der Messnabe auch während der Fahrt präzise erfassen.

Beispielmessungen

Mit dem mobilen Reifenprüfstand wurden mittlerweile mehrere Messkampagnen durchgeführt, bei denen Messungen im Labor auf einer Prüfstandstrommel (Bild 4) und auf realen Fahrbahnen (z.B. dem Ovalrundkurs auf dem ATP Prüfgelände in Papenburg oder öffentlichen BAB Strecken) stattfanden (Bild 5). Die Ergebnisse zeigten deutliche Abweichungen zwischen den Labor- und Fahrbahnmessungen, was auf verschiedene Einflussfaktoren zurückgeführt wurde, darunter die Fahrbahnsteifigkeit, Ebenheit und Textur sowie die unterschiedlichen Temperaturbedingungen (Fahrtwind). Zukünftige Forschungen können dazu beitragen, die Messmethoden weiter zu verbessern und das Verständnis für eine bessere Übertragbarkeit der Laborergebnisse auf reale Fahrbahnen zu erhöhen.

Vergleich der Rollwiderstandseigenschaften auf unterschiedlichen Oberbauten

Auch bei diesen Versuchen zeigte der Vergleich der gemessenen Rollwiderstandseigenschaften auf Asphalt und Betondeckschichten, dass bei Betonfahrbahnen ein niedriger Rollwiderstand gemessen wurde, insbesondere bei LKW-typischen, hohen Radlasten. Eine höhere Steifigkeit der Fahrbahn, welche die Verformung und Walkarbeit in der Fahrbahnoberfläche reduziert, sowie die glattere Textur der Fahrbahnoberfläche beeinflussen den Rollwiderstand positiv. Diese Effekte lassen sich jedoch nicht ohne weitere Zusatzmessungen getrennt untersuchen.

Fazit

Die Reduzierung des Rollwiderstands ist ein wichtiger Ansatzpunkt zur Steigerung der Energieeffizienz von Fahrzeugen und zur Reduzierung der CO₂-Emissionen im Straßenverkehr. Die stetige Verbesserung der Reifenkonstruktion, die Anpassung der Reifenbetriebszustände und die Optimierung der Fahrbahnoberflächen sind effektive Maßnahmen zur Minimierung des Rollwiderstands – insbesondere, wenn sie aufeinander abgestimmt sind.



Bild 4 Konfiguration auf der Trommel [2]

Messkampagnen und Messmethoden, wie die von der RWTH Aachen durchgeführten Studien, liefern wertvolle Erkenntnisse über die Rollwiderstandseigenschaften von Reifen auf realen Fahrbahnen. Der Vergleich der Rollwiderstandseigenschaften von Asphalt und Beton zeigt, dass Beton in der Regel einen niedrigeren Rollwiderstand bietet, insbesondere bei hohen Radlasten im Güterverkehr. Zukünftige Forschungen sollten sich auf die Entwicklung neuer Normen und Referenzfahrbahnen konzentrieren, um die Rollwiderstandsmessungen weiter zu verbessern und die Energieeffizienz im Straßenverkehr zu steigern.

Die bisherigen Erkenntnisse legen nahe, dass die Betrachtung der Steifigkeit eines Fahrbahnoberbaus aus Sicht der Einsparung von CO₂ durchaus interessant sein kann, da sich die derzeitigen Hauptbauweisen gerade in diesem Aspekt erheblich unterscheiden können. Vor allem bei den hohen Radlasten des Schwerverkehrs können



Bild 5 Konfiguration auf realer Fahrbahn

sich Bauweisen mit einer hohen, temperaturunabhängigen Steifigkeit des Fahrbahnoberbaus besonders günstig auswirken. Hierzu sollten aus den vielen vorhandenen Möglichkeiten aus der Forschung am Reifen rasch aussagefähige Messverfahren identifiziert werden, die eine belastbare Aussage über den Einfluss der Fahrbahnbeschaffenheit erlauben. Im Sinne der derzeitigen Bemühungen, den CO₂-Ausstoß im Straßenverkehr zu verringern und die Nachhaltigkeit unserer Infrastruktur zu verbessern, kann der fahrbahnbezogene Rollwiderstand ein wertvoller Baustein sein.

- [1] ECKSTEIN, L. – Längsdynamik von Kraftfahrzeugen – Vorlesungsumdruck
Forschungsgesellschaft Kraftfahrwesen mbH Aachen (fka), Aachen, 2010
- [2] BACHMANN, C. – Vergleichende Rollwiderstandsmessungen an Lkw-Reifen – Dissertation
Institut für Kraftfahrzeuge der RWTH Aachen University (ika), Aachen, 2017

Zerstörungsfreie Dübellagenmessung als Werkzeug zur Qualitätssteigerung von Fahrbahnen

Dipl.-Math. Dirk Anke, MiT Mess- und Prüftechnik GmbH, Dresden

Nachhaltigkeit hat sich zu einem zentralen Aspekt für Zielsetzungen und Maßstabsfestlegungen im Verkehrswegebau entwickelt. Die Sicherstellung der Dauerhaftigkeit von Straßen trägt zu Nachhaltigkeit bei, da eingesetzte Ressourcen möglichst lange genutzt werden. Zwei Faktoren, welche sich auf die Dauerhaftigkeit von Betonstraßen auswirken – die Positionen von Dübeln in Querscheinfugen und die Dicke der Betondecke – können mit Messgeräten aus Dresden genau geprüft werden.

Grundlagen der zerstörungsfreien Dübellagenmessung

Zerstörungsfreie Messverfahren spielen im Straßenbau immer dort eine Rolle, wo zu prüfende Merkmale unter

der Straßenoberfläche nicht zugänglich sind. Die Puls-Induktionsmethode ist ein Verfahren, bei dem in metallischen Körpern durch gepulste Magnetfelder Wirbelströme induziert werden. Bei deren Abklingen entstehen sogenannte Antwortmagnetfelder. Stahldübel in Quer-

scheinfugen sind beispielsweise solche Metallobjekte. Das physikalische Prinzip eignet sich, um Körper unter der Straßenoberfläche zu lokalisieren, da ihre Positionen die Form und Stärke der Magnetfelder bestimmen. Bei Prüfungen im Betonstraßenbau ist ein großer Vorteil des Puls-Induktionsverfahrens, dass Magnetfelder nicht von dem Medium, in dem sie sich ausbreiten, abhängig sind. Deswegen werden die Messungen weder vom Aushärtungszustand des Betons noch von Witterungsbedingungen beeinflusst.

Das Puls-Induktionsverfahren wird seit Anfang der 2000er Jahre für die zerstörungsfreie Dübellagenmessung eingesetzt. In diesen zwanzig Jahren ist die Technologie gereift und wird weltweit dort angewendet, wo Betonstraßen in Plattenbauweise mit verdübelten Querscheinfugen gebaut werden. In Deutschland betrifft dies ungefähr ein Viertel der aktuell etwa 13.000 Autobahnkilometer.

Bei der Plattenbauweise sind vor allem die Fugenzone kritische Bereiche für die Dauerhaftigkeit der Konstruktion. Fugen müssen die thermischen und hygrischen Verformungen angrenzender Fahrbahnplatten zulassen und sind gleichzeitig der Belastung des Verkehrs und der Witterung ausgesetzt. Die in der Fuge eingesetzten Dübel können die Belastungen durch Plattenverformung und Verkehr aufnehmen und Niveauunterschiede zwischen benachbarten Betonplatten verhindern. Die Ideallage der Dübel zur Erfüllung dieser Funktionen ist in vertikaler Richtung die Mittellage in der Fahrbahndecke. Zudem sollen Dübel mittig unter dem Fugenschnitt und senkrecht zur Fugenschnittebene eingebaut sein.

Für die Beschreibung der Abweichung von einer solchen Ideallage haben sich bestimmte Parameter etabliert:

- die Seitverschiebung (Translation quer zur Fugenrichtung),
- die Tiefe (Abstand der Dübelmitte von der Fahrbahnoberfläche) sowie
- die horizontale und vertikale Schräglage (bezüglich der Ausrichtung der Dübel senkrecht zum Fugenschnitt).

Die Schräglagen werden nicht als Winkel angegeben, sondern als Differenzen zwischen den Positionen der Dübelenden. Auch horizontale Verschiebungen von Dübeln in Richtung der Fuge sind abweichende Lagen. Solche Abweichungen von den geplanten Positionen in einem festen Raster sind im Allgemeinen unkritisch für die Intaktheit der Betonstraße. Deshalb werden sie üblicherweise nicht überprüft.

Die korrekte Position und Ausrichtung der Dübel in der Fuge sind maßgeblich für ein langfristiges Funktionieren

der Fuge. Allerdings bestehen derzeit keine eindeutigen Erkenntnisse über die Zusammenhänge zwischen Dübelfehllagen und resultierenden Schäden bzw. einer eingeschränkten Dauerhaftigkeit der Straßenkonstruktion. Deshalb werden die Anforderungen an Dübellagen weltweit recht unterschiedlich definiert. Noch in den 2000er Jahren waren die erlaubten Toleranzen für Fehllagen in verschiedenen Ländern sehr eng gefasst. Einige US-Staaten forderten beispielsweise für die Schräglage der Dübel die Einhaltung einer maximalen Abweichung von 6 mm. Im letzten Jahrzehnt trugen dann umfangreiche Feldstudien in den USA mit Hilfe der zerstörungsfreien Messtechnik aus Deutschland dazu bei, reale Dübellagen in größerer Zahl zu dokumentieren und das Verständnis für angemessene Einbautoleranzen zu erweitern. Die in Deutschland gültigen Toleranzen für Dübellagen wurden 2007 in der ZTVBeton StB 07 festgeschrieben und seitdem nicht verändert. Sie betragen ± 20 mm für die Tiefenabweichung und die Schräglagen sowie ± 50 mm für die Seitverschiebung. Der derzeitige Entwurf zur Neufassung der ZTV Beton-StB hat diese Toleranzen prinzipiell bestätigt.

Flächendeckende Bestimmung von Dübellagen

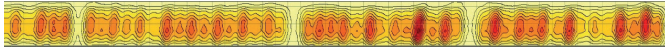
Seit es möglich ist, die tatsächliche Dübellage zerstörungsfrei zu prüfen, hat sich die Qualität ihres Einbaus – auch durch die zunehmende Mechanisierung – stark verbessert. Das wird deutlich, wenn man die Positionen von Dübeln vergleicht, die in der vergangenen Dekade eingebaut und gemessen wurden.

Millimetergenaue Messungen mit dem Puls-Induktionsverfahren vermitteln ein umfassendes Bild von Dübellagen über beliebig viele Fugen eines Bauabschnitts hinweg. Sie ermöglichen Rückschlüsse auf Faktoren im Einbauprozess, die Fehllagen verursachen können. Die Stablagen werden nicht allein durch die Einstellungen der automatischen Dübelsetzer bestimmt, sondern auch durch die Qualität der Ausführung manueller Verfahrensteile, durch die Zusammensetzung und Konsistenz des Betons und durch Prozesse, die dem Einsetzen der Dübel nachfolgen, wie das Verdichten des Betons. Das zeigt sich auch in einzelnen Fallbeispielen von Dübellagenmessungen, die im Folgenden durch farbige 2D-Karten des Messsignals veranschaulicht werden. Diese erscheinen als Ansicht von oben auf die Fuge, bei der Rotfärbungen das Vorhandensein von Dübeln anzeigen. Stärkere Färbungen weisen auf ein stärkeres Messsignal und somit eine größere Nähe des Dübels zum Sensor hin. Farbkarten ermöglichen somit ein intuitives visuelles Erfassen der Dübellagen.

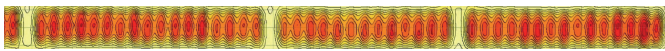
Fallbeispiel 1:

Erfolgreiche Korrektur des Dübeleinbaus

Eine Baufirma war von den Ergebnissen ihrer Eigenkontrollmessungen überrascht. Diese wiesen von den Sollpositionen abweichende, vor allem zu tiefe, Dübellagen auf. Aufgrund der Dübelsetzeinstellungen hatte die Firma flachere und regelmäßiger Stabpositionen erwartet. Das Messsignal ist in der untenstehenden Farbkarte dargestellt.



Die Dübel der gemessenen Fuge wurden zur genauen Prüfung freigelegt und manuell vermessen. Dabei wurden die mit dem zerstörungsfreien Verfahren bestimmten Dübellagen bestätigt. Daraufhin analysierte die Baufirma ihren Einbauprozess. Etwa drei Monate später wurden bei weiteren Messungen im selben Bauabschnitt folgende Dübellagen erfasst.

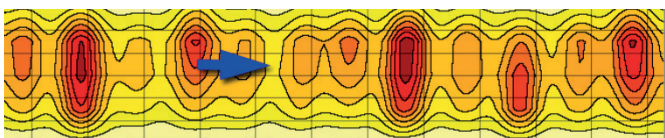
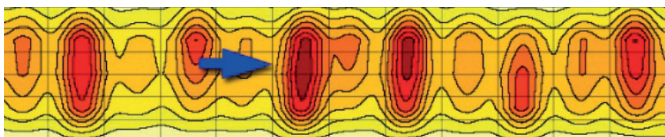


Die Dübel lagen nun flacher und deutlich geordneter. Die Überprüfung der Dübellagen führte in diesem Fall zur Analyse und Korrektur des Einbauprozesses und in der Folge zu einer besseren Qualität der Stabpositionen.

Fallbeispiel 2:

Erkenntnisse aus Messungen im Frischbeton

Ein weiteres Fallbeispiel zeigt ein Experiment, das durchgeführt wurde, um Möglichkeiten der Messung von Stabpositionen im Frischbeton zu prüfen. Dabei wurde eine schienengeführte Variante des Dübellagen-Messgeräts vorsichtig von der Nachbehandlungsbühne auf den frischen Beton gelegt. Die Messung zeigte das Signalbild in der untenstehenden linken Farbkarte. Sechs Stunden später wurde die markierte Stelle auf der dann ausgehärteten und schon begehbaren Betondecke noch einmal gemessen. Bei der Betrachtung der entsprechenden Farbkarte (unteres Bild) fiel auf, dass ein Dübel im Messbereich deutlich tiefer lag als bei der ersten Messung.



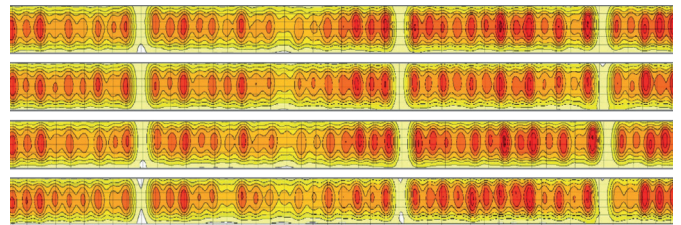
| | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------|----|----|----|----|----|----|----|-----|----|----|----|----|----|----|
| Tiefe | -1 | -1 | 0 | -1 | -2 | -1 | -1 | -34 | -2 | -2 | -2 | -2 | -3 | -3 |
| Vertikale Schräglage | -1 | -1 | -1 | 0 | -1 | 0 | -1 | -19 | 0 | 0 | -1 | -1 | -2 | -1 |

Die Differenz der Ergebnisse beider Messungen bestätigte, dass dieser Dübel tatsächlich tiefer lag und auf der linken Seite stärker abgesunken war als auf der rechten. Diese Beobachtung zeigte, dass sich Stablagen auch nach dem Verlegen der Dübel und dem Verdichten noch verändern können. Die Messung lieferte somit Informationen für die Identifizierung möglicher Fehlerquellen wie das Vorhandensein von weniger steifem Beton unterhalb eines Dübels.

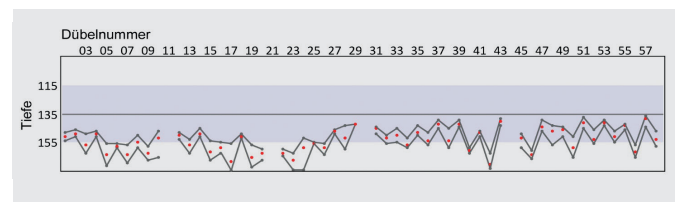
Fallbeispiel 3:

Erkennen systematischer Einbaufehler

In diesem Fall wurden zehn aufeinanderfolgende Fugen überprüft. Die Messungen zeigten überaus ähnliche Dübellagenmuster. Das bedeutet, dass die Einbautechnologie sehr stabil war.



Allerdings wiederholten sich auch die Muster von Fehllagen. Vor allem war ein Zickzack-Verlauf der allgemein zu großen Tiefen zu beobachten. Statistische Betrachtungen verdeutlichten die Systematik der Abweichungen.

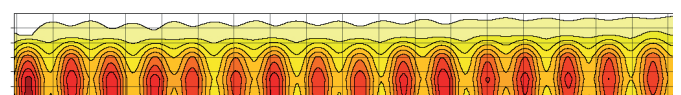


Für jeden Dübel wurden Minimum, Maximum und Mittelwert über alle zehn Messungen bestimmt. Der parallele Verlauf der Kurven und ihr enger Abstand belegen die Fortpflanzung der Fehllagen von Fuge zu Fuge. Anhand derartiger statistischer Betrachtungen zerstörungsfreier Messungen lassen sich systematische Probleme im Einbauprozess erkennen. Das hier dargestellte Zickzack-Muster ist beispielsweise ein häufig beobachtetes Phänomen.

Fallbeispiel 4:

Abweichende Fugenschnitte

Zerstörungsfreie Dübellagemessungen können auch konstante und deutliche Seitverschiebungen der Einbaulagen über die gesamte Länge der Fuge offenbaren. Diese deuten auf einen abweichend positionierten Fugenschnitt hin.



Die Fallbeispiele zeigen, wie die Informationen der Dübel-lagenmessung dazu beitragen können, Einbauprozesse zu reflektieren und zu verbessern.

Forschungen zur Auswirkung von Dübelfehllagen

Man mag sich fragen, welche Belege es für die Auswirkung von Dübelfehllagen auf die Intaktheit der Straße gibt. Die Zusammenhänge zwischen Dübelposition und Betonoberfläche werden deutlich, wenn Dübel im Zuge von Sanierungsmaßnahmen freigelegt werden. Bei starken Fehllagen können im Einbaubereich der Dübel Risse, Ausbrüche oder Verwerfungen im Bereich von Fugen festgestellt werden.

Die naheliegende Frage, wie groß Fehllagen dann sein müssen, um sich auf die Straßenoberfläche auszuwirken, war seit Mitte der 2000er Jahre Gegenstand verschiedener Forschungen vor allem in den USA, aber auch in Deutschland. Die Untersuchungen erstreckten sich über drei Bereiche: die Messungen realer Fugen auf Autobahnen, gezielte Versuche im Labor sowie Berechnungen anhand theoretischer Modelle.

Im Rahmen umfangreicher Studien nationaler Behörden und Forschungszentren in 17 Bundesstaaten der USA wurden etwa 2.300 Fugen auf Autobahnen unterschiedlichen Alters mit dem Puls-Induktionsverfahren gemessen. Bei Untersuchungen der TU München wurden zerstörungsfreie Messungen an knapp 1.000 Fugen ausgewertet. Die amerikanischen und deutschen Analysen kommen zu ähnlichen Ergebnissen.

Die Qualität von Dübelpositionen kann in verschiedenen Bauabschnitten deutlich variieren. Die Mehrheit der gemessenen Dübelpositionen erfüllt die aktuell gültigen deutschen Einbauvorgaben. Bei den Untersuchungen der TU München wurden allerdings auch Abschnitte mit deutlichen Abweichungen zur Soll-Lage erfasst. Hierbei wurden jedoch kaum Auswirkungen von Dübelschräglagen auf die Straßenkonstruktion festgestellt, während deutliche Seitverschiebungen < 190 mm sich auf die Dauerhaftigkeit im Fugenbereich auswirken können. Die Auswirkungen bestanden weniger in Rissbildung als in verringerter Effektivität der Querkraftübertragung. Zum Teil konnte eine Systematik der Fehllagen erkannt

und einzelnen Verfahren des baubetrieblichen Ablaufs – etwa der Positionierung des Fugenschnitts oder dem Energieeintrag durch die Rüttelflaschen – zugeordnet werden.

In Laboruntersuchungen wurden Zug- und Scherversuche an Dübeln in Betonblöcken durchgeführt. Während Zugversuche die Minderung der Plattenlänge durch Schwinden oder durch die saisonale Abkühlung simulierten, wurde in den Scherversuchen die Belastungen durch Verkehrslasten nachgestellt. Da die Dübellagen und die wirkenden Kräfte gezielt bis in Extrembereiche hinein variiert wurden, konnten aus den Versuchsergebnissen wichtige Erkenntnisse zu den Auswirkungen von Fehllagen abgeleitet werden. Bei Zugversuchen konnten bei einer deutlichen Überschreitung der Größenordnung der deutschen Toleranzvorgaben Risse und Brüche im Betongefüge beobachtet werden.

Theoretische Untersuchungen fanden im Wesentlichen unter Verwendung von 3D-Finite Elemente Modellen statt, mit denen mechanische Spannungen im Beton in bestimmten Einbausituationen modelliert wurden. Die Ergebnisse solcher Analysen bestätigten im Wesentlichen die Aussagen der Laboruntersuchungen.

Die Untersuchungen bestätigen die derzeitigen Anforderungen und zeigen deutlich, dass diese Anforderungen an Dübellagen mit den aktuellen Einbautechnologien weitgehend erfüllt werden. Die in Deutschland gültigen Toleranzen stellen sicher, dass Dübelfehllagen keine Schäden an der Straßenoberfläche verursachen. Aus den Untersuchungen wurde ersichtlich, dass einige dieser Toleranzen erweitert werden könnten.

Fazit

Die zerstörungsfreie elektromagnetische Messung ist ein wirkungsvolles Instrument für die umfassende Bestimmung von Dübelpositionen. Da sie die zügige Messung beliebig vieler Dübel eines Straßenabschnitts erlaubt, ist sie sowohl für die Kontrolle von Einbauprozessen als auch für Forschungsaktivitäten nützlich. Systematisch auftretende Fehllagen werden erkannt, so dass Rückschlüsse auf den Einbauprozess gezogen werden können. Damit trägt die Dübellagenmessung zur höheren Lebensdauer von Betonstraßen bei.

Schwerverkehrskontrollzentrum Giornico Tessin

Martin Schneider, Sorens/Schweiz

Im Auftrag des schweizerischen Bundesamts für Strassen (ASTRA), Filiale Bellinzona, wurde auf dem Gelände der 1995 stillgelegten Monteforno-Stahlwerke bei Giornico (TI) ein Schwerverkehrskontrollzentrum (SVKZ) für die südliche Zufahrt zum Gotthard-Strassentunnel gebaut. Von dort aus sind es noch rd. 30 Minuten bis zum Südportal. Nach der Fertigstellung wurde das SVKZ an den Kanton Tessin übergeben, der es mit der Kantonspolizei verwalten wird. Das Projekt umfasst eine Raststätte für Fernfahrende, Lkw-Park- und Ruheplätze sowie einen neuen Autobahnanschluss mit dem Giornico an das Nationalstrassennetz (A2) angebunden wird. Jährlich verkehren rd. 600.000 Lkw auf der Nord-Südroute. Das neue Zentrum ist notwendig, um die Sicherheitsstandards von Fernfahrenden im internationalen Transitverkehr zu gewährleisten und die Einhaltung der Fahr- und Ladungskonformität zu kontrollieren. Im Falle von Strassensperren und Nachtfahrverboten wird ein Parkfeld für die Unterbringung von Schwerlastwagen zur Verfügung stehen. Das Schwerverkehrszentrum in Giornico ist das zweitgrösste Verkehrszentrum in der Schweiz und ermöglicht die Kontrolle von 1.800 Fahrzeugen täglich. Das Investitionsvolumen beträgt insgesamt 250 Mio. CHF.

Von der Planung bis zur Realisation

Um der starken Beanspruchung der Standplätze durch die Lkw und den in dieser Region stark wechselnden Witterungsbedingungen standhalten zu können, wurde die Fläche von rd. 70.000 m² mit einer Betondecke geplant. Eine Betondecke ist dauerhafter und damit nachhaltiger als eine Asphaltkonstruktion, insbesondere in dieser Region, da im Sommer hohe Temperaturen zu erwarten sind und die Beanspruchung durch die Achs- und Radlasten sehr gross sein wird.

Als Unterlage für die Betonplatte wurde ein Kieskofer (ungebundenes Gemisch 0/45 mm) unter einer Tragschicht aus Asphalt erstellt. Um Unterschiede in den Niveautoleranzen zwischen der Tragkonstruktion und der Betondecke auszugleichen, variierte die Einbaudicke der Betondecke zwischen 24 cm und 26 cm.

Die Herstellung der Betondecke im maschinellen Einbau wurde an die Firma Specogna Bau AG aus Kloten vergeben. Durch ihre Erfahrung und ihr Know-how von mehr als 30 Jahren bei der Ausführung von Projekten von hochbelasteten Strassen und Standplätzen sowie ihrem grossen Anteil an den Um- und Ausbauten auf dem Flughafen Zürich gehört das Unternehmen zu den Spezialisten der Branche in der Schweiz.

Insgesamt wurden bei einer Einbauleistung von 350 m³/d bis 400 m³/d mehr als 17.000 m³ Beton mit einem Gleitschalungsfertiger eingebaut (Bild 1). Um etwaigen Span-

nungen durch Schwinden entgegenzuwirken, wurden die Betonbahnen alternierend eingebaut. Das heisst, es wurde zunächst eine Bahn mit einer Breite von 5 m betoniert (Bild 3), dann eine 5 m breite Lücke offengelassen und anschließend die nächste 5 m breite Betonbahn eingebaut (Bild 5).

Der Beton wurde mittels Grossdumpern vor den Gleitschalungsfertiger gekippt und dann von einem Bagger auf die Einbaubreite von 5 m verteilt. Die Verteilerschnecke breitete das Material gleichmässig auf der ganzen Einbaubreite aus (Bild 2). Die Form- und Verdichtungseinheit des Gleitschalungsfertigers stellte beim Überfahren die Betondecke her. In den noch frischen, verdichteten Beton wurden im Abstand von 50 cm automatisch Dübel eingesetzt.

Abschliessend sorgten Quer- und Längsglätter für eine ebene, gleichmässige Oberfläche (Masstoleranz von < 4 mm auf 5 mm). Als Oberflächenabschluss für die Griffigkeit wurde von Hand ein Besenstrich aufgebracht (Bild 6).

Unmittelbar nach der Fertigstellung der Betonoberfläche erfolgte die Nachbehandlung mit einem flüssigen Nachbehandlungsmittel. Später wurde die Betonoberfläche durch Auflegen einer Isoliermatte vor intensiver Sonneneinstrahlung geschützt (Bild 4). Am Folgetag wurden im Abstand von 5 m Querfugen geschnitten und die Flächen wiederum für die nächsten 7 d mittels Matten abgedeckt. Die Betonarbeiten hatten im April 2022 begonnen und dauerten insgesamt etwa sechs Monate.



Bild 1 Gleitschalungsfertiger in alpiner Landschaft

Um für den Einbau des Betons eine möglichst grosse Unabhängigkeit zu erlangen, wurde festgelegt, dass der Beton auf einer mobilen Betonanlage direkt vor Ort produziert werden sollte. In Zusammenarbeit mit der Firma Liebherr wurde für die gestellten Anforderung an die Produktionsleistung eine mobile Mischanlage vom Typ Betonmix 2,5 mit einem Doppelwellenmischer und einer Mischgrösse von 2,5 m³ gefunden. Die Anlage verfügte über drei Zementsilos mit einer Lagerkapazität von ins-



Bild 2 Verdichtungseinheit am Gleitschalungsfertiger

gesamt 150 t Zement. Für die Gesteinskörnungen standen insgesamt vier Reihensilo mit einer Kapazität von jeweils 50 m³ zur Verfügung. Die vor Ort vorgehaltenen Gesteinskörnungen wurden in offenen Boxen gelagert, wobei der Sand zum Schutz vor Regen überdacht wurde. Die Gesteinskörnung für die Betonproduktion wurde durch den Schweizerischen Überwachungsverband für Gesteinsbaustoffe (SÜGB) gemäss SN EN 12620 zertifiziert.



Bild 3 Fertiger Fahrbahnstreifen mit Dübeln zum Anschluss der Nachbarplatte

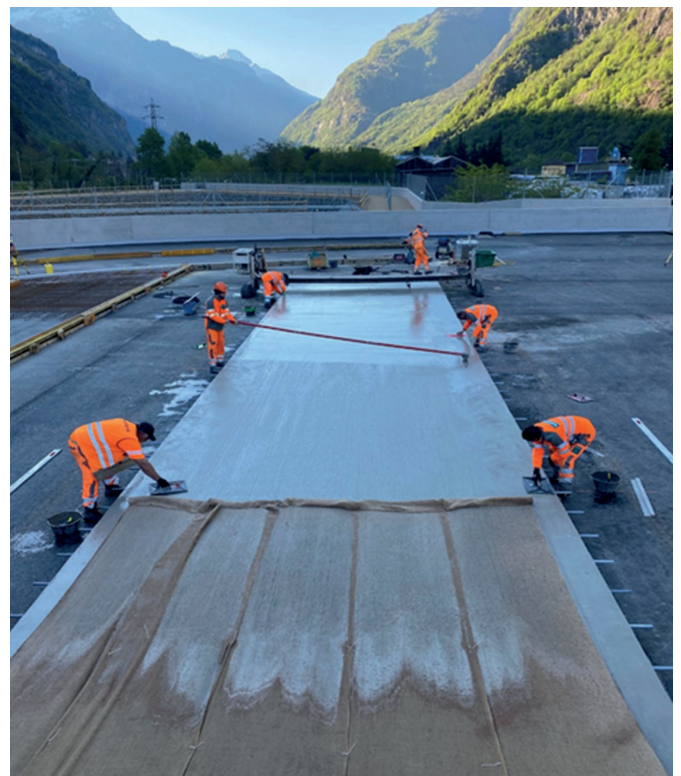


Bild 4 Herstellung des Oberflächenabschluss

Ausgangsstoffe für die Betonherstellung

Zement

Da die Betonarbeiten im Tessin grösstenteils in die Sommermonate fielen und mit Umgebungstemperaturen von 30 °C und mehr zu rechnen war, wurde ein Zement mit niedriger Hydratationswärmeentwicklung verwendet. Um einen möglichst große Sicherheit gegen eine schädigende AKR zu erreichen, sollte der Zement selbst ein möglichst niedrigen Alkalibeitrag leisten. Die Wahl fiel daher auf einen CEM III/B 42,5 N-LH/SR.

Gesteinskörnung

Als Lieferant für die groben Gesteinskörnungsfractionen (8/16 mm und 16/32 mm) wurde die lokale Firma PTM SA aus Biasca mit dem Steinbruch Cresciano beauftragt. Für die



Bild 5 Herstellung einer Ergänzungsbahn zwischen zwei fertigen Fahrbahnstreifen

Fraktion 0/4 mm und 4/8 mm wurden Gesteinskörnungen der Firma Weiacher Kies AG aus Weiach verwendet. Diese Gesteinskörnungen wurden per Güterverkehr bis Bodio geliefert, da die Schiene einen emissionsarmen und pünktlichen Transport ermöglichte. Die letzte Etappe bis zur Betonanlage in Giornico wurde per Lkw absolviert. Sämtliche Gesteinskörnungen waren gemäss SN EN 12620 zertifiziert.

Zusatzmittel

Für die Herstellung des Betons wurde ein Fließmittel auf Basis modifizierter Acrylate sowie ein Luftporenbildner auf Tensidbasis eingesetzt.

Anforderungen an den Beton

Frischbeton

Das theoretische Verdichtungsmass nach Walz wurde festgelegt mit 1,30 (C1) für den maschinellen Einbau (rd. 95 % des einzubauenden Betonvolumens) und 1,15 (C2) für den Handeinbau (rd. 5 % des einzubauenden Betonvolumens). Der Luftgehalt im Beton sollte ≥ 3 Vol.-% betragen, der Zementgehalt bei ≥ 320 kg/m³ und der w/z-Wert bei $\leq 0,45$ liegen.



Bild 6 Besenstrichtextur auf der fertigen Betonoberfläche

Festbeton

Der Festbeton sollte folgende Eigenschaften aufweisen:

- Druckfestigkeitsklasse: C30/37
- Frost-Tausalz-Widerstand: XF4 (nach SIA 262/1, Anhang C)
- Chloridgehaltsklasse: Cl 0,20
- Biegezugfestigkeit: $\geq 5,5$ N/mm² nach 28 d
- AAR-Beständigkeit: Betonperformance-Prüfung gemäss SIA Merkblatt 2042

Betonzusammensetzung

Um die geeignete Betonzusammensetzung zu finden, wurden bereits im Mai 2021 mit den gewählten Gesteinskörnungen aus dem Steinbruch Cresciano und der Weiacher Kies AG durchgeführt. Zum Entwurf eines nach den vorstehenden Vorgaben geeigneten Betons wurden weitere Vor- und Eignungsversuche durchgeführt. Nachdem die Zusammensetzung des Betons definiert war, wurde ein Probeeinbau im Werkhof der Firma Specogna Oberglatt durchgeführt. Die Ziele des Probeeinbaus waren folgende:

- Absicherung des großtechnischen Vorgehens, da bisher nur kleine Mischungen mit einem Labormischer hergestellt und geprüft wurden
- Prüfung des Oberflächenschlusses und der Verarbeitbarkeit sowohl im maschinellen Einbau wie auch beim Einbau von Hand

| Zementart und -gehalt | - kg/m ³ | CEM III/B 42.5 N-LH/SR 350 |
|---|------------------------|----------------------------------|
| Gesteinskörnung, Anteil an der Gesamtmenge | | |
| 0/4 mm (Weiach) | % | 48 |
| 4/8 mm (Weiach) | % | 10 |
| 8/16 mm (Cresciano) | % | 24 |
| 16/32 mm (Cresciano) | % | 18 |
| Fließmittelart und -gehalt | M.-% v.z | DYNAMON EASY 428 (FM) 0,6 |
| Luftporenbildnerart und -gehalt | M.-% v.z | MAPEAIR AE 205 (LP) 1,4 |

Tafel 1 Zusammensetzung des verwendeten Betons

- Vergleich der Ergebnisse der Frisch- und Festbetonprüfungen aus dem Probeeinbau mit denen der Eignungsversuche

Tafel 1 zeigt die gewählte Betonzusammensetzung, Tafel 2 die erzielten Betoneigenschaften. Laut Aussagen der Teams des Probeeinbaus war der Beton sowohl manuell als auch maschinell hervorragend zu verarbeiten und die Oberfläche konnte sauber geschlossen werden. Der Beton verhielt sich wie es aus dem Eignungsversuch zu erwarten war. Er erfüllte alle Anforderungen an die Frisch- und Festbetoneigenschaften und konnte für den Einbau beim Schwerverkehrszentrum verwendet werden. Im Eignungsversuch konnte zudem gezeigt werden, dass ein Beton mit einer Mischung aus Gesteinskörnungen von Weiach und von Biasca sämtliche gestellten Anforderungen erfüllte. Das hatte den Vorteil, dass für mehr als 40 % der Gesteinskörnungen kein langer Transportweg nötig war.

Die Qualitätskontrolle vor Ort beim Betoneinbau wurde durch die beiden Prüflabore IMM Istituto Meccanica dei Materiali SA und NUOVOLab SA vorgenommen. Auch während des gesamten Betoneinbaus wurden periodische Frisch- und Festbetonprüfungen durchgeführt.

| | | |
|---|-------------------|---------|
| Druckfestigkeit nach 28 d | N/mm ² | > 50 |
| Biegezugfestigkeit nach 28 d | N/mm ² | > 7 |
| Luftporengehalt | Vol.-% | 4,0 |
| Verdichtungsmaß nach Walz | - | 1,38 |
| w/z-Wert | - | 0,44 |
| Frischbetonrohichte | kg/m ³ | 2350 |
| Frost-Tausalz-Widerstand nach SIA 262/1, Anhang C | - | hoch |
| BE I FT | - | erfüllt |

Tafel 2 Eigenschaften des verwendeten Betons

Schlussbemerkung

Einmal mehr hat sich gezeigt, dass das gemeinsame Vorgehen aller Beteiligten rasch zu den gewünschten Ergebnissen führt. In den Vorversuchen sollten in jedem Fall Aspekte der ökologischen und ökonomischen Faktoren berücksichtigt werden. Beton ist ein Baustoff, der nach Möglichkeiten mit möglichst lokalen Ressourcen hergestellt werden sollte. Die fertigen Flächen konnten dem Bauherrn ohne Beanstandungen für eine dauerhafte Nutzung übergeben werden.

Weiterbildung 2024 in Kassel

Am 27. und 28. Februar 2024 fand im H4-Hotel in Kassel die Weiterbildungsveranstaltung 2024 der Gütergemeinschaft Verkehrsflächen aus Beton e. V. statt. Eingefunden hatten sich etwa 140 geladene Gäste aus den Mitgliedsunternehmen, aus Reihen der öffentlichen Auftraggeber

inklusive der Autobahn GmbH sowie aus der Forschung und aus freien Planungsbüros (Bild 1).

Die Einführung in das Programm war wie üblich vorgesehen durch den Vorstandsvorsitzenden Thomas Wolf



Bild 1 Blick ins Plenum



Bild 2 Abschiedsvortrag von Thomas Wolf

und den Geschäftsführenden Vorstand Martin Peck. Da Thomas Wolf mit der unmittelbar vorhergegangenen Mitgliederversammlung den Vorstand auf eigenen Wunsch verlassen hatte, übernahm Christoph Hoffmeister die Begrüßung und stellte sich den anwesenden Teilnehmer als neugewählter Vorsitzender des Vorstands vor.

Anschließend gab Thomas Wolf in seinem Abschiedsvortrag einen Rückblick auf die zurückliegenden Weiterbildungsveranstaltungen seit dem Jahr 2014 (Bild 2). Er ging dabei auf die nach dem Auszug aus den Räumen des VDZ in Düsseldorf zunächst wechselnden Veranstaltungsorte ein. Anschließend gab er eine Übersicht über den sehr breiten Themenspiegel in zehn Jahren Weiterbildung. Nach einem Blick auf den großen und fachlich breiten Referentenpool und einem Streifzug durch die Highlights der zurückliegenden Veranstaltungen schloss er mit einem Dank an die Teilnehmer für ihre vieljährige Treue zur Gütegemeinschaft und zur Weiterbildungsveranstaltung.

Im Anschluss gab Martin Peck einen Einblick in die Aufgaben und in die Organisation der Gütegemeinschaft.

Den ersten Fachbeitrag hielt Herr Dr.-Ing. Oliver Mielich von der Universität Stuttgart. Er berichtete über die laufende Forschung, RC-Material aus rückgebauten Betondecken im Neubau als Gesteinskörnung im Unterbeton zu verwenden. Er zeigte erste Ergebnisse und erklärte, dass die Forschungen noch nicht abgeschlossen sind. Auch die bereits vorhandenen Ergebnisse geben Anlass, die Problematik dieser Art der Wiederverwendung noch weiter zu untersuchen.

Herr Dr.-Ing. Werner Remarque aus dem Haus Dyckerhoff Zement in Lengerich berichtete zu Stoffkreisläufen aus Sicht der Zementindustrie. In seinem Vortrag zeigte er die laufenden Umstellungen der Zementindustrie auf weniger CO₂-intensive Zemente und die damit verbundenen Materialbedarfe und Stoffströme. Die laufenden Produktionsumstellungen auf neue, nachhaltigere Zemente wirken sich auf den Betonstraßenbau aus. Dies hat auch



Bild 3 Dr.-Ing. Christian Bachmann

Einfluss auf die Regelungen zur Zementanwendung in der bevorstehenden Neufassung der TL Beton-StB.

Herr Martin Langer von der STRABAG Großprojekte GmbH, München, berichtete zum Stand der Nachhaltigkeitsbewertungen im Straßenbau mit besonderem Blick auf den Betonstraßenbau. Im Rahmen der Gremienarbeit der FGSV befassen sich derzeit drei Gremien mit Themen rund um die Nachhaltigkeitsbewertung der Straßenbauweisen. Herr Langer gab seiner Hoffnung Ausdruck, dass die hohe, wartungsarmen Dauerhaftigkeit der Betonbauweise in diesen Diskussionen als wichtiges Nachhaltigkeitskriterium erkannt und entsprechend bewertet wird.

Frau Janin Kuhnsch von der BAST in Bergisch-Gladbach berichtete zu Möglichkeiten des Einsatzes klinkerreduzierter, und damit CO₂-ärmerer Zemente im Zusammenhang mit der Verwendung von RC-Material im Straßendeckenbeton. Die Bast als öffentliche Instanz des Straßenbaus leistet bei den Nachhaltigkeitsentwicklungen im Betonstraßenbau wertvolle Unterstützung und beschäftigt sich intensiv mit der Anwendung neuer Zemente und der Verwendung von RC-Material als Ersatz für natürliche Gesteinskörnungen.

Zum Abschluss des ersten Veranstaltungstages gab Herr Thomas Sturm von der STRABAG Großprojekte GmbH in München einen Projektbericht zur Erweiterung des Terminal 1 am Flughafen München. Die Durchführung der Arbeiten bei laufendem Flugbetrieb stellte besondere Anforderungen an die Organisation und Logistik der Baustelle. Da es sich um die Herstellung neuer Flächen in einem umgebenden Bestand handelte, waren im Zuge des baulichen Anschlusses an die Bestandsflächen neue, zum Teil innovative Lösungen gefordert.

Der erste Veranstaltungstag endete mit einem gemeinsamen Abendessen der Teilnehmer und der Referenten im Restaurant des Veranstaltungshotels.

Der zweite Veranstaltungstag eröffnete mit einem Vortrag von Herrn Dr.-Ing. Christian Bachmann von der fka GmbH in Aachen (Bild 3). Das Institut beschäftigt sich

seit Jahren mit dem Thema des Rollwiderstand, bisher jedoch vor allem mit Bezug auf die Fahrzeugbereifung. Bei Praxisversuchen auf Autobahnen wurde deutlich, dass offensichtlich auch die Art und vor allem die Steifigkeit der Fahrbahndecke einen erkennbaren Einfluss auf den Rollwiderstand, und damit auf den Energieverbrauch der Fahrzeuge haben kann. Aus den bisherigen Ergebnissen lässt sich schließen, dass die Betonbauweise bezüglich des fahrbahnbezogenen Rollwiderstand möglicherweise Vorteile bietet, die in den nächsten Jahren versuchs-technisch belegt werden sollen. Herr Dr.-Ing. Christian Bachmann erläuterte die physikalischen Hintergründe des fahrbahnbezogenen Rollwiderstands und gab einen Ausblick auf mögliche Forschungsansätze.

Tim Alte-Teigeler von der Otto Alte-Teigeler GmbH in Oberpfraammern berichtete zu Ergebnissen aus Versuchen zum horizontalen Schleifen von Waschbetonoberflächen. Bereits bei früheren Versuchen wurde festgestellt, dass die lärmindernde Wirkung einer Waschbetonoberfläche durch einen horizontalen Schliff der Profilsitzen deutlich verbessert werden kann. Aus diesen Erkenntnissen heraus wurde ein Versuchsprogramm entworfen, in welchem die mögliche Bandbreite verstellbarer Texturen und die dafür möglichen Verfahren untersucht wurden.

Herr Dirk Anke vom MIT in Dresden berichtete zu Möglichkeiten der zerstörungsfreien Bestimmung von Dübel- und Ankerlagen in fertiggestellten Betonfahrbahndecken. Das MIT Dresden hat in Verbindung mit der mechanischen Sensorik eine Software zur lagegenauen Erfassung von

metallischen Einbauteilen in ihrer Endlage entwickelt. Herr Anke stellt in seinem Vortrag die Möglichkeiten des Systems anhand praktischer Messungen vor. Je nach Bedarf kann dieses System mit wenigen Modifikationen auch zur Messung der Deckendicke herangezogen werden.

Die Stadt Hamburg hatte beim Neubau einer Teilstrecke für die U5 einen neuartigen Planungsweg beschritten. Hierbei wurde bereits bei Planung der Maßnahme die Nachhaltigkeit zum obersten Merkmal für die Entscheidung der Trassenführung, der Konstruktion sowie der verwendeten Baumaterialien und Bauverfahren erhoben. Der Neubau der Hochbahn U5 in Hamburg ist damit das erste und bisher einzige Infrastrukturprojekt, in welchem Nachhaltigkeitsbetrachtungen mit erster Priorität eingeflossen sind und realisiert wurden. Herr Frank Plöger von der Hochbahn U5 Projekt GmbH, Hamburg, erklärt in seinem Vortrag „Klimaschonender U-Bahn-Bau am Beispiel der Planung für die U5 in Hamburg“ die praktischen Aspekte der Planung und Umsetzung des Projekts.

Im letzten Vortrag der Veranstaltung gab Herr Tobias Riedl von der DGs GmbH in Berlin einen Einblick in den Stand der kommenden ZTV/TL Beton-StB, die voraussichtlich im Jahr 2025 erscheinen soll. Herr Riedl gab einen synoptischen Überblick über die neuen im Gegensatz zu den bisherigen Inhalten der beiden Regelwerke.

Die Veranstaltung endet nach einem Dank an die Referenten und an die Teilnehmer mit einem gemeinsamen Mittagessen.

KOMMENTAR

In Ermangelung besseren Datenmaterials wird bei der Frage zum Dauerhaftigkeitspotenzial von Bauweisen noch immer auf die RPE-Stra 01, Anhang 10, Tabelle A 10.1, zurückgegriffen. Die Ansprache dieser Daten erfolgt nahezu immer mit dem stirnrundelnden Hinweis, dass die Daten in den 80er und 90er Jahren des letzten Jahrhunderts erhoben wurden, was dann aber meist mit einem schulterzuckenden „man habe nun mal nichts anderes“ abgetan wird.

Zudem erscheinen die in der RPE-Stra 01 aufgeführten Dauerhaftigkeitszeiträume auch den Vertretern beider Bauweisen in der aktuellen Erfahrungslage wenig plausibel, aber leider ist die „aktuelle Erfahrungslage“ nicht datenmäßig belegt. Mit Blick auf die Betonbauweise kann nicht ausgeschlossen werden, dass die in den 1990er Jahren vermehrt aufgetretenen AKR-Schäden in die Dauer-

Fortsetzung von Seite 2

haftigkeitsaussage der RPE-Stra 01 eingeflossen sind, was die Angaben weiter verzerren würde.

Die Erstellung von Nachhaltigkeitskriterien für die beiden Hauptbauweise steht hier an einem äußerst kritischen Punkt. Das Normverfahren nach DIN EN15643 erlaubt die Berechnung und Bilanzierung von Umweltdaten mit relativ großer Genauigkeit. Demgegenüber kommt durch das Fehlen belastbarer Dauerhaftigkeitsdaten eine nicht bekannte und auch nicht vertretbare Ungenauigkeit, fast Beliebigkeit in die Bilanzierungsrechnung, was auch die Vergleichbarkeit zwischen den Hauptbauweisen erheblich belastet.

Die Verwendung von Vergangenheits- (Erfahrungs-)daten ist bei der Ermittlung statistischer Werte üblich und technisch naheliegend. Aufgrund des Mangels jüngerer Daten auf veraltete Daten zurückzugreifen, deren Entste-

hensumstände heute kaum noch nachvollziehbar sind, ist sicherlich kein gangbarer Weg.

Was die Betonbauweise betrifft, gibt es zwar auch keine jüngere Datenlage, jedoch existiert eine große Anzahl an hinweisenden Erkenntnissen, die bei zusammenfassender Betrachtung geeignet sind, eine recht genaue Prognose über das Dauerhaftigkeitspotenzial zumindest aus den in den letzten 15 Jahren hergestellten Betonfahrbahndecken abzuleiten, wobei die sehr große Spreizung des Lastkollektivs der Belastungsklasse Bk100 die Genauigkeit solcher Prognosen sicherlich beschränkt.

Rechnerische Dimensionierungsmodelle sind für Betondecken spätestens seit den 1980er Jahren verfügbar. Auch nach der Veröffentlichung der ersten RDO Beton-StB 09 wurde das Verfahren fortlaufend verbessert. Neue Ansätze wurden in der aktuellen Ausgabe der RDO Beton-StB 24 fortgeschrieben.

Hierbei ist unstrittig, dass die Dauerhaftigkeitsprognose eines Oberbaus mit Betondecke aufgrund der wenig komplexen stofflichen Ausgangssituation nachweislich sehr belastbare Aussagen liefert. Das Verfahren ist aufgrund der stofflichen Eindeutigkeit des Betons auch erheblich unkomplizierter, als bei einer mehrschichtigen Bauweise, die neben dem unterschiedlichen Verhalten mehrerer Materialschichten auch den schwer einzuschätzenden Faktor des real entstandenen Schichtenverbunds abschätzen muss.

Die rechnerische Dimensionierung einer Betondecke in Plattenbauweise basiert lediglich auf den folgenden Hauptfaktoren:

- die erwartete Schwerverkehrsbelastung (B-Zahl),
- die gewünschte Nutzungsdauer,
- die bekannte (oder festgelegte) Plattenabmessung (Länge, Breite),
- die Zugfestigkeit des Betons, ausgedrückt und nachgewiesen als Spaltzugfestigkeit im 5%-Quantilwert.

Alle diese Faktoren sind entweder bekannt oder hinreichend genau ermittelbar. Als Ergebnis der Dimensionierung ergibt sich eine Mindestdeckendicke. Anders als bei den Asphaltbauweisen ist das Dauerhaftigkeitspotenzial einer Betondecke direkt von der Deckendicke abhängig und kann zumindest in Grenzen allein über die Erhöhung der Deckendicke gesteigert werden. Da die Hauptfaktoren Spaltzugfestigkeit und Deckendicke direkt messbar sind, liegt das Dimensionierungsergebnis weit auf der sicheren Seite.

Auch der Nachweis der Richtigkeit dieser Dauerhaftigkeitsprognose ist im Grunde geführt, da bereits in der ersten Dekade dieses Jahrtausends rechnerisch dimensio-

nierte Betonstrecken z. B. im Rahmen sogenannter ÖPP- bzw. PPP-Strecken auf Autobahnen hergestellt wurden. Ein großer Teil dieser Strecken ist inzwischen 10 bis 20 Jahre alt und gibt Hinweis, dass die rechnerischen Dauerhaftigkeitsprognosen an diesen Strecken weitgehend erfüllt werden. Dies wird durch den Umstand unterstützt, dass der Beton als maßgebender Hauptbaustoff in seinen technischen Eigenschaften langsam und in weitgehend bekannter Entwicklung degradiert.

Die aktuelle Erkenntnislage aus gut 20 Jahren rechnerischer Dimensionierung und nachfolgender Substanzbewertungen macht deutlich, dass die entwickelten Prognosen des Dauerhaftigkeitspotenzials bei der Betonbauweise als gültig anzusehen sind. Sie sind damit insbesondere geeignet, die bisher aufgrund mangelnder Datenlage herangezogenen Angaben der RPE-Stra 01 zu ersetzen.

Im Fachpublikum der Straßenbauer hat sich für den Bereich der Autobahnen eine Nutzungsspanne von 30 Jahren als Dauerhaftigkeitsrichtwert etabliert. Das Verfahren der rechnerischen Dimensionierung ist diesbezüglich aber durchaus flexibel. Da die Nutzungsdauer ein variabler Faktor der rechnerischen Dimensionierung ist, sind natürlich auch höhere Nutzungsdauern berechen- und prognostizierbar, wobei nach dem derzeitigen Stand der Erkenntnisse eine Zielgrenze von maximal 60 Jahren gelten sollte.

Zur Formulierung von Nachhaltigkeitsaussagen über die beiden Hauptbauweisen hat die Dauerhaftigkeit als empirischer Wert oder als Prognose besondere Bedeutung. Die Möglichkeit, bei der Betonbauweise rechnerisch auch längere Dauerhaftigkeitsziele setzen zu können, macht den Blick auf eine rigide Nutzungsbetrachtung über ~30 Jahre weitgehend uninteressant: Hierdurch würden die technische Potenziale der Bauweise ignoriert, weil man sie in der gebauten Vergangenheit nicht gezielt realisiert hat.

Die Nachhaltigkeit in der Nutzung ist dominierend

In der derzeitigen Phase der Nachhaltigkeitsbeurteilung sind die Einflüsse der Nutzung gemäß Phase B des Normmodells noch immer völlig ausgeklammert. Die Hereinnahme von Nachhaltigkeitsfaktoren aus der Nutzungsphase wird aller Voraussicht nach deutlich komplexer als die Abschätzung der Einflüsse durch den Baustoff und durch die Prozesse der Bauphase.

Aus dem Hochbau wissen wir, dass bei Bauwerken üblicher Dauerhaftigkeitsansätze von 50-80 Jahren die Einflüsse der Nutzung und des Betriebes die Einflüsse aus Baustoffen und Erstellung auf die Nachhaltigkeitsbilanz

nach spätestens 20 Jahren, meist schon früher, überwiegen. Es lohnt sich also im Sinne der Lebenszyklusbilanz in der Bauphase zunächst ungünstigere Ansätze zu wählen, wenn diese sich bei der Nutzung und im Betrieb des Gebäudes gesamtbilanziell positiv auswirken. Im Hochbau betreffen solche Überlegungen vor allem den privaten Sektor und wirken z. B. über wirtschaftliche Steuerungselemente, wie zum Beispiel staatlich Zuschüsse zum nachhaltigen Bauen und über die Aspekte einer langfristigen Energieeinsparung und Ressourcensicherheit.

Es steht damit zu erwarten, dass auch die Nachhaltigkeitskriterien aus Nutzung und Betrieb unserer Verkehrswege in der Gesamtbilanz bei weitem überwiegen werden.

Der Straßenbau hat national nahezu keine privatwirtschaftliche Ausprägung, sondern unterliegt volkswirtschaftlichen Kriterien. Die Qualität und vor allem die Verfügbarkeit unserer Verkehrswege sind in unserer mobilen Gesellschaft unmittelbare wirtschaftliche und gesellschaftliche Leistungs- und Fortschrittskriterien. Die in den letzten Jahren deutlich gewordenen Auswirkungen einer in Qualität und Quantität rückschrittlichen Infrastruktur in Straße und Schiene haben uns deutlich vor Augen geführt, welche Bedeutung unsere Verkehrswege für die Wirtschaft und eine mobile Gesellschaft haben.

Bei Anwendung des Normmodells von DIN EN 15643 beginnt man bei „ordentlicher Abarbeitung“ der Normvorgaben bei der Phase A und arbeitet sich anschließend

durch die weiteren Phasen (Bild 1). Mit Blick auf die Erfahrungen aus dem Hochbau ist es möglicherweise zielführender, zunächst die Nutzungsphase B zu betrachten, mit der wahrscheinlichen Erkenntnis, dass das Bilanzgewicht der Herstellungs- und Errichtungsphase eher gering ist.

Natürlich benötigt man auch hierzu eine belastbare Abschätzung der möglichen oder wahrscheinlichen Nutzungszeiträume. Da wir Nachhaltigkeit aber in der Zukunft denken, ergibt es hier noch weniger Sinn, auf uniforme Vergangenheitsmuster zu blicken mit dem Versuch, Dauerhaftigkeitspotenziale zu extrahieren. Die Idee muss sein, die realen Dauerhaftigkeitspotenziale der einzelnen Bauweisen möglichst exakt zu beschreiben, sie zu heben und auszuschöpfen und in eine Nachhaltigkeitsbetrachtung einzubeziehen.

Nachhaltigkeit ist volkswirtschaftlicher Auftrag

Es wird deutlich, dass die Nutzungsphase B nicht zuvorderst auf technischen Aspekten beruht, sondern, wie jede Nachhaltigkeitsbetrachtung, einen volkswirtschaftlichen Auftrag beinhaltet und in volkswirtschaftlichen Termen zu denken ist.

Wenn die technische Dauerhaftigkeit als Erfahrungswert oder reales Potenzial mit den Aspekten der Wartungsarmut kombiniert wird, ergibt sich die Verfügbarkeit als Aussage darüber, wie lange ein Verkehrsweg ein störungsfrei und sicher genutzt werden kann. Die technische Dauerhaftigkeit ist im Sinne der Verfügbarkeit keine unmittelbare Beurteilungsgröße, sondern ledig-

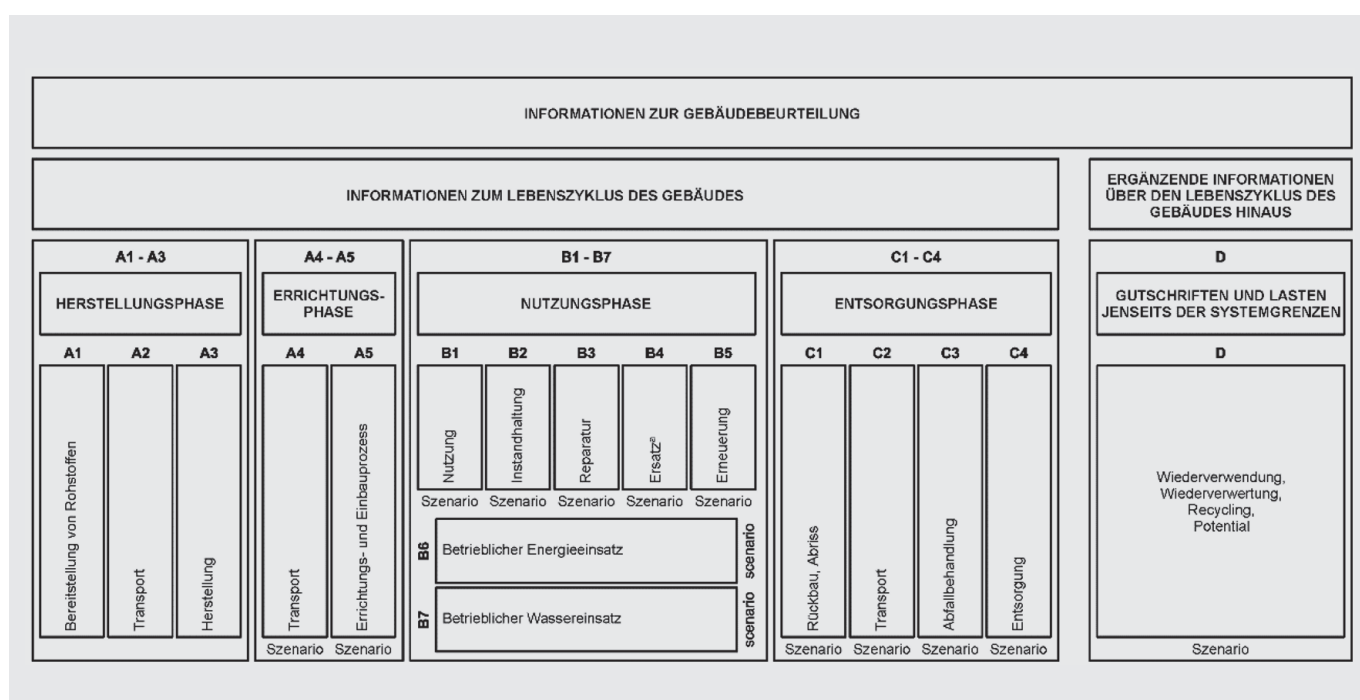


Bild 1 Lebenszyklusphasen nach DIN EN 15643

lich ein Eingangsparameter. Eine Dauerhaftigkeitsaus-
sage, die ihre Grenzwerte z.B. allein über das Potenzial
der Tragschicht definiert, ist hierzu schlichtweg nicht
sinnvoll heranziehbar.

Eine Störung der Verfügbarkeit hat, wie wir alle in per-
sönlichen Situationen erleben, vielfältige Auswirkungen,
die in die Nachhaltigkeitsbetrachtungen eingehen müs-
sen. Die Verlängerung von Wegezeiten, eine zunehmend
unsichere Terminbildung, der Verlust an Reisequalität,
der Verlust an Arbeits- und Lebenszeit, die Störung von
Lieferketten, eine erhöhte Unfallgefahr in Stau- und Be-
hinderungssituationen und ein deutlicher Mehrausstoß
an CO₂ im behinderten Verkehr sind nur einige negative
Nachhaltigkeitseffekte einer eingeschränkten Verfügbar-
keit unserer Verkehrswege.

Die Betonbauweise bietet heute das Potenzial, den bis-
herigen Standardansatz der Dauerhaftigkeit z.B. einer
Autobahn nahezu zu verdoppeln und damit ein neues
Zukunftskonzept für eine sichere und besonders lange
störungsfrei verfügbare Infrastruktur zu erreichen. Mit
weiteren Entwicklungen, wie z. B. dem Grinding von Ober-
flächen, sind zudem gute Lärminderungen und ein al-
leinstehender Fahrkomfort erreichbar. Insgesamt bietet
die Betonbauweise damit ein besonders Potenzial an
harten und weicheren Nachhaltigkeitsfaktoren.

TERMINE

6.2.2025/7.2.2025

Forschungskolloquium Betonstraßenbau,
Maritim Hotel, Stuttgart

12.2.2025/13.2.2025

Weiterbildungsveranstaltung der
Gütegemeinschaft Verkehrsflächen aus Beton e.V.,
Hotel La Strada, Kassel

17.9.2025/18.9.2025,

FGSV-Betonstraßentagung, Lübeck

Termine B-StB-Schein 2025:

17.02. bis 28.02.2025,

Bau Bildung Sachsen e.V., ÜAZ Dresden

24.02. bis 07.03.2025,

ABZ Mellendorf

10.03. bis 21.03.2025,

Bayerische BauAkademie, Feuchtangenen

INFO

An welchen Themen sind Sie
besonders interessiert?
Oder möchten Sie die kostenlose
Zeitschrift GRIFFIG bestellen?

Bitte senden Sie uns Ihre Vorschläge
oder Bestellung per E-Mail an:
sandra.cirillo@guetegemeinschaft-beton.de

**Praxisnah.
Kompetent.
Zielsicher.**



**Ausbildung
zum Fachmann / zur Fachfrau
für den Betonstraßenbau
„B-StB Schein“
2025**

Trägerverbände



MITGLIEDER DER GÜTEGEMEINSCHAFT VERKEHRSFLÄCHEN AUS BETON E.V.

BAUINDUSTRIE



IMPRESSUM

Aufgaben der Gütegemeinschaft

Die Gütegemeinschaft Verkehrsflächen aus Beton e.V. hat die Aufgabe, die Qualität von Straßen und sonstigen hochbelasteten Verkehrsflächen aus Beton zu fördern und zu sichern. Dabei sind insbesondere die Anforderungen der Belastbarkeit, der Wirtschaftlichkeit, der Ökologie und der Sicherheit an derartige Verkehrsflächen maßgebend. Gleichzeitig hat die Gütegemeinschaft die Aufgabe, diese Qualitätsmerkmale gegenüber Dritten, insbesondere den zuständigen Behörden, zu vermitteln.

Dazu werden

- alle technologischen Erkenntnisse aus Wissenschaft und Forschung sowie die Erfahrungen aus dem Verkehrswegebau mit Beton ausgewertet und umgesetzt,
- der Erfahrungsaustausch zwischen den für den Verkehrswegebau zuständigen Behörden und Ministerien, den bauausführenden Unternehmen und der Forschung gefördert und
- die Einhaltung der durch die Gütegemeinschaft von ihren Mitgliedern geforderten Qualitätsstandards kontrolliert.

Herausgeber

Gütegemeinschaft Verkehrsflächen
aus Beton e.V.
Gerhard-Koch-Straße 2+4, 73760 Ostfildern
Telefon: 0711/32732-208
Telefax: 0711/32732-201
sandra.cirillo@guetegemeinschaft-beton.de
martin.peck@guetegemeinschaft-beton.de
www.guetegemeinschaft-beton.de

Produktion: concrete content UG (hb), Schermbeck 2024
Druck: Silber Druck GmbH & Co. KG

Nachdruck, auch auszugsweise, mit Quellenangabe und Genehmigung des Herausgebers gestattet.

