



# Innovation & Nachhaltigkeit im Betonstraßenbau

Publikation anlässlich der Festveranstaltung  
zum 75. Geburtstag von  
BR h. c. Prof. DI Dr. techn. Hermann Sommer

## Impressum

**Medieninhaber und Herausgeber:** Beton-Marketing Österreich | [www.beton-marketing.at](http://www.beton-marketing.at)

**Redaktion:** DI Dr. techn. Johannes Steigenberger, DI Dr. techn. Frank Huber, Mag. Ursula Malina

**Grafik:** SALT: Werbeagentur GmbH | A-1230 Wien | [www.wa-salt.at](http://www.wa-salt.at)  
Mag. Ursula Malina

**Hersteller, Ort:** Zement + Beton Handels- und Werbeges.m.b.H. | 1030 Wien | Reisnerstraße 56 | [www.zement.at](http://www.zement.at)

**Titelbild:** Österreichische Betondecken-ARGE

**Lektorat:** Korrektor – Mag. Gregor E. Jank, Mag. Ursula Jus

**Druck:** DIE DIGITAL DRUCKER, Klosterneuburg

Februar 2011

Die Informationen erfolgen nach bestem Wissen und Gewissen, jedoch ohne Gewähr.  
Eine Haftung ist ausgeschlossen.

# Inhalt

- 4 VD DI Alois Schedl  
**Laudatio –  
Professor Baurat h. c. DI Dr. techn. Hermann Sommer**
- 5 Luc Rens  
**Mit vereinten Kräften die Betonstraßen von morgen bauen  
Building the Concrete Road of Tomorrow with United Efforts**
- 6 Baurat h. c. Prof. DI Dr. techn. Hermann Sommer  
**Entwicklung und Innovation im österreichischen Betonstraßenbau –  
Rückblick und Erwartungen**
- 8 Univ.-Prof. DI Dr. techn. Ronald Blab  
**Betonstraßen der Zukunft –  
Visionäre Konzepte & Forschungsstrategien**
- 9 DI Dr. techn. Johannes Steigenberger  
**Internationale Trends und Entwicklungen –  
Nachhaltige Betonstraßen**
- 10 Franz Lecker  
**Österreichischer Betondeckenbau-Know-How-  
Transfer USA/Spanien/Deutschland/Ungarn**
- 11 DI Michael Steiner  
**Modernes QS – Management –  
Unabdingbare Voraussetzung  
für eine nachhaltige Betondeckenbauweise**
- 12 DI Manfred Haider  
**Lärmarme Betonstraßen –  
Internationale Trends und Entwicklungen –  
Visionäre Oberflächen der Zukunft**
- 13 DI Dr. Ameneh Schneider, DI Johannes Böhm, Univ.-Prof. DI Dr. Friedrich Franek  
**Innovative Methoden in der Analyse von Betonoberflächen  
aus Sicht der Tribologie**
- 14 DI Martin Peyerl, Mag. (FH) DI Dr. techn. Stefan Krispel  
**Erwärmung städtischer Straßennetze  
bei sommerlichen Hitzewellen**
- 15 DI Dr. techn. Michael Wagner  
**Ökobilanz eines Autobahnabschnittes –  
Carbon Footprint**



Laudatio

## **Professor Baurat h. c. DI Dr. techn. Hermann Sommer**

Professor Baurat h. c. DI Dr. techn. Hermann Sommer erhält heute für sein jahrzehntelanges herausragendes Wirken in der Forschungsgesellschaft und für die Forschungsgesellschaft die FSV-Ehrennadel.

Prof. Sommer kam 1936 in Linz zur Welt. 1943, im Alter von sieben Jahren, übersiedelte er nach Wien. Nach der Matura in der Albertgasse in Wien-Josefstadt begann er an der Technischen Hochschule Wien das Studium des Bauingenieurwesens und gestaltete seine Lehrjahre sehr vielfältig. So war er – nebenbei – Erzieher in der französischen Schweiz, Lehrer auf einer amerikanischen Sommerschule in Wien und Fremdenführer. Seinem Hang zur beruflichen Praxis entsprechend arbeitete er auf Straßenbaustellen und war gegen Ende seines Studiums als wissenschaftlicher Praktikant am Forschungsinstitut der Zementindustrie in Düsseldorf tätig.

Nach Abschluss des Studiums begann er bei der Bauunternehmung Kallinger als Bauleiter. Er baute dort auch ein Erdbaulabor und die Abteilung für Bodenstabilisierung auf. 1968 wechselte er zum Forschungsinstitut des Vereins der österreichischen Zementfabrikanten, zuständig für Zementstabilisierung und Betonfahrbahndecken. Bald wurde er Leiter der betontechnischen Abteilung.

In dieser Zeit arbeitete er an seiner Dissertation zum Thema „Mikroskopische Ermittlung der Luftporenkennwerte am erhärteten Straßenbeton“ und wurde 1978 zum Leiter des Forschungsinstitutes ernannt.

Es folgte eine Zeit reger und fruchtbarer Arbeit für den Einsatz von Zement im Straßenbau. Prof. Sommer war in zahlreichen nationalen Ausschüssen und internationalen Komitees als aktives Mitglied oder Arbeitsgruppenleiter tätig:

- FSV
- Normungsinstitut
- Verein für Materialtechnik
- Vereinigung der kooperativen Forschungsinstitute der österr. Wirtschaft
- Weltstraßenverband: PIARC
- Internationale Vereinigung von Labors und Experten von Baumaterialien, -systemen und -strukturen: RILEM

Seine ausgezeichnete internationale Vernetzung war die Basis für seine Forschungsarbeiten, deren Relevanz nicht

zuletzt durch die Zusammenarbeit mit diesen Kollegen gegeben war. Er veröffentlichte über 200 Publikationen zu zahlreichen Themen, die hochaktuell waren oder es noch werden sollten: Gesteinskörnungen, Anforderungen an die Griffigkeit, lärmindernde Beläge und die Wiederverwendung von Straßenbeton, um nur einige zu nennen.

Praxisrelevante, angewandte und anwendbare Forschung wird oft gefordert. Nicht vielen ist es gelungen, sie so eindrucksvoll vorzuleben wie Hermann Sommer. Für sein engagiertes Wirken erhielt er hohe Auszeichnungen:

- 1984 Goldenes Ehrenzeichen für Verdienste um die Republik Österreich
- 1985 Ehrennadel der (alten) Forschungsgesellschaft für das Verkehrs- und Straßenwesen
- 1990 Titel Baurat h. c.
- 1995 Titel Professor
- 2007 Ehrenmitglied der Internationalen Gesellschaft für Betonstraßen

Mit seiner internationalen Vernetzung und dem mehrsprachigen Wissens- und Erfahrungsaustausch war er in einer akademischen Welt ohne organisierte Studentenaustauschprogramme seiner Zeit voraus. Umso bemerkenswerter ist die Bescheidenheit, die er sich erhalten hat.

Sein Einsatz war nicht nur auf internationaler, sondern auch auf nationaler Ebene bemerkenswert. Für seine Verdienste um die österreichische Forschungsgesellschaft Straße, Schiene und Verkehr wird ihm die FSV-Ehrennadel verliehen.



## Mit vereinten Kräften die Betonstraßen von morgen bauen Building the Concrete Road of Tomorrow with United Efforts

The first thoughts about creating an international European association related to concrete road infrastructure go back to some 10 years ago.

The initiative came from the UK where Britpave, a national platform which regroups material and equipment suppliers, contractors, design bureaus and other professionals from the concrete paving sector, was already active. Together with the Belgian Cement Association FEBEL-CEM, they felt there was a need for a representation at European level in the field of concrete pavements and barriers. However, it took till the 10<sup>th</sup> International Symposium on Concrete Roads, held in Brussels in 2006 where the issue was discussed again and other partners were contacted. Soon, interested associations and companies from other countries joined and EUPAVE officially started in December 2007 as a non-for-profit organisation under Belgian law, with at that moment 12 founder members from 6 countries. Today, EUPAVE counts 24 members from 13 countries what means the number has doubled in 3 years time. National and international associations as well as companies related to cement and concrete production, road and barrier construction, soil stabilisation and construction equipment are represented.

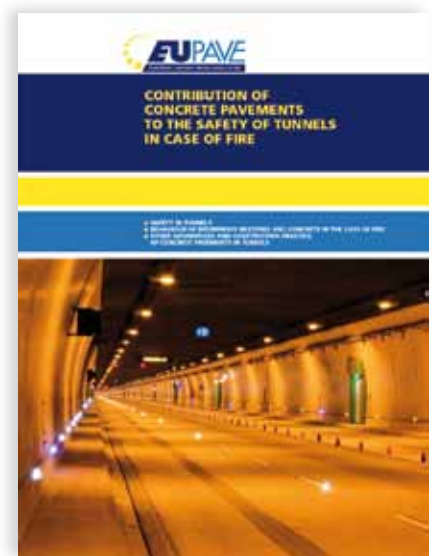
EUPAVE's main objective, as described in the by-laws of the association, is the study and promotion of all aspects of cement and concrete contributions to transport infrastructure and related areas, with particular interest for important issues such as road safety, fuel consumption, congestion and other aspects of sustainable construction. This covers a wide range of applications as all types of concrete pavements are considered

such as roads, airfields, bus lanes and railways, industrial floors and public spaces in urban areas. Other important activity areas concern the use of hydraulic binders in soil treatment, base and sub-base layers and in situ pavement recycling. Also precast concrete elements can be included and all types of concrete road equipment, in particular the concrete safety barriers which are a most valuable solution for road restraint systems.

Why EUPAVE? For the advocacy of our industry sector, it is absolutely necessary to have a representation near the EU decision making institutions in Brussels. National legislations are taken over by the EU and funding for infrastructure and research programmes also issue from the EU. EUPAVE also aims for a greater involvement in strategic documents such as the White Paper for Transport.

Also from a technical viewpoint, EUPAVE offers opportunities. There are a lot of experiences to be shared, not only the technical ones but also in terms of marketing and communication. The goal is to increase the number of concrete pavements in each of the countries by spreading a positive message about the modern concrete road. The activities include work site visits and technical seminars as well as the spreading of technical publications. EUPAVE is also involved in research projects.

With the creation of EUPAVE, CEMBU-REAU has given over the rights on the organisation of the International Sympo-



The newest technical publication deals with the benefits of concrete pavements in tunnels.

sium on Concrete Roads. The 11<sup>th</sup> edition, held in Seville in October 2010, was undoubtedly a great success and created once again a meeting place for all enthusiastic experts from the concrete pavement sector. Now, it is clear that the future of this Symposium is guaranteed.

Obviously, EUPAVE is in a growing mood and hopefully will soon be in a winning mood. Decision makers must become aware of the extremely valuable alternative that concrete offers. With united efforts, we'll all help building the concrete road of tomorrow.

# Entwicklung und Innovation im österreichischen Betonstraßenbau – Rückblick und Erwartungen

Eine beeindruckende Entwicklung liegt hinter uns.  
Neue Entwicklungen sind dennoch unerlässlich!

## 1. Rückblick in Stichworten

**Beginn des österreichischen Autobahnbaues:** 1956 auf der A1 mit 10 m langen bewehrten Feldern auf einer Sandausgleichsschicht und Raumfugen alle 30 m.

**Gestaltung der Betondecke:** Seit 1967 kurze (damals 6 m lange) unbewehrte Felder und Raumfugen nur mehr bei Brücken; Biegezugfestigkeit nach 28 Tagen 5,5 N/mm<sup>2</sup>. – Ab 1970 meist schmale offene Scheinfugen, wegen der aufgetretenen Nachteile ab 1990 zunehmend wieder Verschluss aller Fugen, seit Jahren bei den Lastklassen II bis S verbindlich vorgeschrieben. – Nach der Ostöffnung 1989 starke Verkehrszunahme: Deckendicke 25 cm statt 22 cm, Feldlänge 5,5 m (statt 6 m), bei den Lastklassen I und S schließlich 5,0 m.

**Die Asphaltunterlage:** Auf der A1 Ersatz des ursprünglichen Sandausgleichs durch einen teergebundenen Baumischbelag und dann durch einen Heißmischbelag: Bautype 5 der RVS 03.08.63. – Auf dem steirischen Packanstieg der A2 Herstellung einer mit Zement stabilisierten Tragschicht (ST-Z) aus dem Gesteinsausbruch der Tunnel und Abdeckung mit 5 cm Asphalt zum Schutz vor Tausalzlösung: Bautype 6. – Entwässerung der Asphaltunterlage durch Flachdrains unter den Querfugen auf der tieferen Seite des Querschnitts.

**Betontechnische Entwicklungen:** Hoher Verschleißwiderstand durch hohe Betonfestigkeit und ein Maximum an verschleißfestem Grobkorn durch Ausfallkörnung. – Entfall der Arbeits- und Schutzzelte durch neue Nachbehandlungsmittel (auf noch feuchten Beton aufsprühbar, mit hoher Sperrwirkung bzw. einen festen Film bildend als Regenschutz). – Frühzeitige Verkehrsfreigabe:

Bei normalem Deckenbeton nach 1 bis 3 Tagen (statt wie früher nach 21 Tagen), bei Beton mit sehr niedrigem W/Z-Wert nach 12 Stunden, bei sehr spezieller Zusammensetzung noch früher – Straßenbeton mit Fließmittel: einfache Reparatur, schnelle Befahrbarkeit und Qualität auch kleiner, unregelmäßiger Flächen.

**Maschinen und Anlagen:** Statt bis zu 12 Geräten auf Schalungsschienen Gleit- schalungsfertiger mit Dübelsetzvorrichtung – Misch- und Aufbereitungsanlagen (Brechen des Altbetons, Sieben und Waschen des Brechgutes), die mobil, schnell umsetzbar und sehr leistungsfähig sind.

**Die Generalerneuerung:** 1990 Entwicklung des seitdem bei Generalerneuerungen angewendeten Recyclingkonzepts: Das aus der alten Betondecke gewonnene Brechgut > 4 mm kommt nach Aufbereitung in den neuen Unterbeton, das Brechgut < 4 mm auf die Frostschuttschicht, ebenso der aufgefärbte alte Baumischbelag; Stabilisierung des Frostschutz/Brechsand/Baumischbelag-Gemisches. – Entwicklung spezieller Schadstoffbinder zur schadlosen Einbindung der organischen Kontaminationen des Baumischbelags.

**Waschbeton GK8:** Ebenfalls 1990 Entwicklung des rollgeräuscharmen Waschbetons als Oberfläche mit einem kleinen Profilsitzenabstand. – Entwicklung spezieller Oberflächenverzögerer und damit verträglicher Nachbehandlungsmittel bzw. eines Kombinationsmittels.

## 2. Vorschläge zur derzeitigen Praxis

**Endfelder vierteln:** Endfelder (auch die Felder links und rechts von unverdübelten Raumfugen oder eines Asphaltstrei-

fens) tragen weniger, weil der mittragende Nachbar fehlt. Zum Ausgleich annähernd quadratisch machen und durch je eine verankerte Längs- und Querscheinfuge in vier Teile unterteilen.

**Seitliche Ausleitung der Flachdrains dauerhaft sichern:** Die Flachdrains funktionieren erstaunlich lang, ihre seitliche Ausleitung allerdings nicht, wenn das Bankett durch Verschlammung, Bewuchs oder öfteres Befahren seine Durchlässigkeit verliert. Vorzeitige Deckenschäden sind die Folge. Seitliche Ausleitung so ausbilden, dass sie Bestand hat!

**Bei Reparaturen schadhafte Platten- teile herausheben, nicht zertrümmern:** Bei Reparaturen werden immer kürzere Erhärtungszeiten verlangt (und mit immer komplizierteren und empfindlicheren Betonen auch erreicht). Stattdessen oder zusätzlich die Hydraulikmeißel beim Ausbau des schadhafte Altbetons verbieten und in der Nacht vor den eigentlichen Reparaturarbeiten die auszubauenden Teile durch geeignete (z. T. leicht schräge) Schnitte vom übrigen Beton trennen und für das Herausheben vorbereiten. Dies vermeidet unnötige Schäden und spart Zeit.

**Festigkeit des Deckenbetons um 10 % erhöhen:** Die geforderte Biegezugfestigkeit nach 28 Tagen wurde vor rund einem halben Jahrhundert mit 5,5 N/mm<sup>2</sup> festgelegt, weil sie damals gerade noch verlässlich erreichbar war. Diese (bzw. die ihr entsprechende Spaltzugfestigkeit) gilt für den Unterbeton noch heute, die Mischanlagen und Zusatzmittel sind aber viel besser. Eine Anhebung der Festigkeit um bescheidene 10 % würde wenig kosten und die Verarbeitbarkeit nicht wesentlich erschweren.

### 3. Anregungen für Entwicklungsvorhaben

**Verbesserung der Waschbetonoberfläche:** Im Jahr 2008 wurde in den USA auf der Interstate 70 in Kansas ein Waschbetonabschnitt nach österreichischem Muster gebaut [1], jedoch mit einem Gleitschalungsfertiger ohne Abziehbohle und ohne Längsglätter. Die Oberfläche war ähnlich unserem Waschbeton GK11, aber um etwa 2 dB(A) leiser als unser GK8. Die Splittkörner lagen nicht mit ihren Spitzen, sondern mit ihren Bruchflächen in der Fahrbahnoberfläche. – Auch wir sollten den Einbau (z. B. durch Weglassen der Abziehbohle, des Längsglätters, höhere Füllung des Fertigerkastens und höhere Lage der Rüttler) so ändern, dass die Splittkörner mit ihren Bruchflächen in der Fahrbahnoberfläche liegen. Um bis zu 2 dB(A) leisere Oberflächen sind möglich.

**Fertiger für Oberbeton:** Der dünne Oberbeton wird mit einem Gleitschalungsfertiger des gleichen Typs eingebaut wie der dicke Unterbeton. Schon beim Einbau des konventionellen Oberbetons GK22 gab es des Öfteren Entmischungen in den Rüttelgassen. Um dies beim Waschbeton zu vermeiden, muss der Oberbeton dicker als nötig eingebaut und der Fertiger mit besonderer Sorgfalt bedient werden.

Die Firma Wirtgen erzeugte Anfang der 90er-Jahre einen Fertiger speziell für den Waschbeton, der an den Fertiger für den Unterbeton angebaut wurde. Dieser war mehrere Jahre im Einsatz und lieferte stets eine sehr gleichmäßige Oberflächentextur und eine ebenso gleichmäßige Oberbetondicke. Dieser Doppeldeckfertiger war sehr schwer und hatte auch andere Nachteile. Das Anbaugerät hätte man aber nicht verschrotten, sondern zu einem eigenen Fertiger umbauen sollen.

Mit einem solchen Fertiger könnte man den teuren Oberbeton dünner einbauen und die Erzielung gleichmäßiger Oberflächen erleichtern.

**Neue, noch lärmärmere Oberfläche:** Nach der heutigen Theorie ergibt bei geschlossenen Oberflächen nicht ein kleiner Profilsitzenabstand, sondern eine Ebene mit (den richtigen) Schluchten das niedrigste Rollgeräusch. Hierzu wurde

auf einem Abschnitt der Interstate 70 in Kansas der erhärtete Beton zweimal geschliffen: das erste Mal, um die ideale ebene Oberfläche, das zweite Mal um Längsrillen herzustellen [2]. Das Rollgeräusch war (bei 96 km/h) um 4 dB(A) geringer als der Waschbeton daneben und somit um 6 dB(A) leiser als unser Waschbeton GK8.

Bei Neuherstellungen muss eine sehr ebene Oberfläche auch ohne Schleifen (und die entsprechenden Kosten) zu erreichen sein. Normalbeton GK22 empfiehlt sich nicht. Der Verkehr würde ja den Mörtel zwischen den groben Körnern tiefer herausarbeiten und die Oberfläche lauter machen. Der Beton müsste feinkörnig (GK4?) sein, mithilfe geeigneter Zusätze einen hohen Verschleißwiderstand erhalten, ausreichend fest und griffig sein und bleiben. Neben den auf Straßen bisher ausgeführten Längsrillen gibt es nach Laborversuchen [2] auch andere lärmtechnisch noch günstigere Muster (z. B. kreuzweise diagonal).

**ST-Z unter einer Asphaltdecke:** Der Oberbau mit einer mit Zement stabilisierten Tragschicht (ST-Z) unter einer Asphaltdecke ist besonders kostengünstig, wegen der Reflexionsrissproblematik aber in Verruf geraten. Sie lässt sich lösen.

**a) Mit Kerbfugen in der ST-Z**  
Die Kerbfugen (im Quadratmuster der Fahrstreifenbreite) sind in der RVS

08.17.01 vorgesehen, aber in Österreich unter einer Asphaltdecke noch nicht ausgeführt worden. Dies sollte endlich geschehen – unter Berücksichtigung der umfangreichen Erfahrungen z. B. in Spanien.

#### b) Durch Stabilisierung von Asphaltgranulat

Asphaltgranulat kostet etwa gleich viel wie Kiessand. Bei Erneuerungen fällt es unter Umständen auf der Baustelle an. Stabilisiert man es (mit Sandzusatz) mit Zement, ist die Reißneigung viel geringer als bei Kiessand. Wahrscheinlich kann man ähnlich wie bei einer mit Zement und Bitumen stabilisierten Tragschicht auf die Kerbfugen verzichten. Nach Eignungsprüfung, Ermittlung der Reißneigung und der bemessungsrelevanten Kennwerte im Labor sollte die Erprobung z. B. auf einem Bundesstraßen-Umfahrungslösung erfolgen.

#### Literaturhinweise

[1] R. Rasmussen, S. Garber, H. Sommer, E. Cackler, A. Gisi, G. Fick: Exposed aggregate concrete design, construction, and functional performance: a comparison of European and US experiences. 11<sup>th</sup> International Symposium on Concrete Roads, Sevilla 13-15 October 2010; theme 2

[2] L. Scofield, R. Bernhard, P. Donovan: Development of the Next Generation Concrete Surface(s). 11<sup>th</sup> International Symposium on Concrete Roads, Sevilla 13-15 October 2010; theme 2



## Betonstraßen der Zukunft – Visionäre Konzepte & Forschungsstrategien

Um nachhaltige Konzepte und Strategien für die Zukunft im (Beton-)Straßenbau zu entwickeln, sind zunächst die allgemeinen Entwicklungstendenzen im Verkehrswesen abzuschätzen.



Um nachhaltige Konzepte und Strategien für die Zukunft im (Beton-)Straßenbau zu entwickeln, sind zunächst die allgemeinen Entwicklungstendenzen im Verkehrswesen abzuschätzen. Ein notwendiger Wandel resultiert aus zukünftigen ökologischen, energiepolitischen und demografischen Rahmenbedingungen und erfordert eine entschlossene Schwerpunktbildung bei der Errichtung neuer und der Erhaltung der bestehenden Straßeninfrastruktur sowie in der wissenschaftlichen Straßenforschung.

Für Betonstraßen bedeutet dies die Entwicklung von einer „simplen“ Verkehrsfläche zu einem multifunktionalen Bauwerk: Straßenkonstruktionen der Zukunft sollen neben ihrer heutigen primären Funktion, nämlich die anfallenden Verkehrslasten über eine ausreichend raue Textur dauerhaft aufzunehmen, auch zur Verminderung von schädlichen Immissionen, zur Entwicklung eines kommunal verträglichen Mikro- und Makro-

klimas sowie zur Produktion von erneuerbarer thermischer und elektrischer Energie beitragen.

Lärmbelästigung infolge von Schallimmission durch den Straßenverkehr zählt bereits aktuell zu den größten Beschwerdeträgern in der Bevölkerung. Dementsprechende Bedeutung kommt den lärmtechnischen Eigenschaften einer Straßenoberfläche zu. Dies bedeutet für die modernen Deckenbauweisen, dass Oberflächen mit geringer Makro- und Megatextur anzustreben sind. Neueste Forschungsergebnisse zeigen des Weiteren, dass isotrope, d. h. „dichte“ Oberflächen, die zugleich quasi ein „Plateau mit Schluchten“ aufweisen, ein höheres Lärminderungspotenzial aufweisen als Oberflächen mit unterschiedlichen „Spitzen und Tälern“. Daher müssen dichte Betondecken einer neuen „leiseren“ Generation derartig ausgeführt werden, dass die Gesteinskörner eine planebene Oberfläche ohne herausragende Spitze bilden.

Dies erfordert neben der konsequenten Weiterentwicklung der Waschbetontechnologie gegebenenfalls auch das Beschreiten neuer Wege bei Nachbehandlungstechnologien der Betondeckenoberfläche. Neben verbesserten, dauerhaften Beschichtungsmethoden scheint hierbei die Entwicklung geeigneter Schleiftechnologien als besonders erfolgversprechend. Dadurch sollten sich in Verbindung mit hochfesten Deckenbetonen sowohl lärmtechnisch als auch hinsichtlich der Griffigkeit optimierte Oberflächenentexturen erzeugen lassen. Zusätzlich ermöglicht der gezielte Einsatz von Zusätzen im Oberbeton den katalytischen Abbau von Stickoxiden oder ähnlichen Luftschadstoffen.

Derartige immissionsoptimierte Oberflächen erfordern höchste Anforderungen an die Ausführungsqualität und sind gegebenenfalls unter Baustellenbedingungen nicht mehr produzierbar. Daher werden in ersten internationalen Projekten erstmals auch Fertigteilelemente für die Betondeckenherstellung herangezogen. Die Entwicklung einer derartigen Bauweise samt Methoden zur Herstellung eines dauerhaften Verbunds der Platten werden speziell für hoch beanspruchte städtische Straßeninfrastrukturen wegen der vergleichsweise kurzen Bauzeiten mit deutlich reduzierter Dauer der Verkehrsbehinderungen auch wirtschaftlich immer interessanter.

Zur Aufrechterhaltung des umfangreichen ländlichen Straßennetzes ist hingegen die Renaissance von hydraulischen Stabilisierungen im Baumischverfahren unter Einmischung des Asphaltfräsguts als Low-Cost-Bauweise mit guter Tragfähigkeit und geringer Frostempfindlichkeit zu erwarten.

Ausgehend von einmal bewährten Fertigteilkonstruktionen lassen sich in die Betondecke langfristig Elemente zur oberflächennahen Geothermie zum Heizen und Kühlen von umgebenden Gebäuden sowie – wenn auch derzeit eher als kühne Vision – Fotovoltaikzellen integrieren. Betondecken als starre Oberbaukonstruktionen sind dazu aufgrund der Baustoff- und Gebrauchseigenschaften von Beton hervorragend geeignet. Die Straßenverwaltung als lokales Versorgungsunternehmen und der Autobahnbetreiber als Produzent von erneuerbarem Solarstrom sind neue, gesellschaftlich positiv besetzte Geschäftsfelder mit einem enormen Entwicklungspotenzial.



## Internationale Trends und Entwicklungen – Nachhaltige Betonstraßen

Mehr denn je müssen Überlegungen in puncto Nachhaltigkeit in den Entscheidungsfindungsprozess bei Infrastrukturbauten einfließen.

Eine intensive und kritische Auseinandersetzung mit dem Thema Nachhaltigkeit im Bereich des Betonstraßenbaus hat in den letzten Jahren entscheidend dazu beigetragen, ein breiteres Verständnis von Nachhaltigkeit zu entwickeln. In Österreich werden seit über 20 Jahren Entwicklungen (Recycling, zweischichtiger Einbau, lärmarme Oberflächen etc.) vorangetrieben, die sich nicht nur in Europa, sondern weltweit immer stärker zu den wesentlichen Faktoren im Bereich nachhaltiger Bauweisen entwickeln.

Beim 11. Internationalen Betonstraßensymposium in Sevilla (Oktober 2010) wurden internationale Trends und Entwicklungen als mögliche Antworten in Hinblick auf die neuen Herausforderungen unserer Zeit aufgezeigt. Dem Themenblock „Nachhaltige Bauweisen“ war ein eigener Schwerpunkt gewidmet. Mit über 30 Beiträgen aus 16 Nationen wurde die Wichtigkeit der nachhaltigen Betonbauweisen betont. Neben Grundlagen

für nachhaltige Bauweisen im Allgemeinen beschäftigten sich viele Beiträge vor allem mit Umwelteinflüssen, mit den Bereichen Recycling und Schonung natürlicher Ressourcen, Reduktion von Treibstoff- und Energieverbrauch, aber auch mit Oberflächenoptimierung und Straßensicherheit.

### Die wesentlichsten Erkenntnisse sind:

- Die Betonbauweise kann sich zukünftig zu der nachhaltigen Bauweise entwickeln. Wichtige Voraussetzungen sind die Schaffung neuer Anforderungen, insbesondere für den Entscheidungsfindungsprozess unter Einbeziehung der Betriebsphase und der sozialen Aspekten (Straßensicherheit, Nutzerkomfort etc.) innerhalb des Dreisäulen-Modells der Nachhaltigkeit.
- Der volkswirtschaftliche Druck wird in diese Richtung stark ansteigen. Wir benötigen neue Konzepte für die Sicherstellung der Qualität.



# Österreichischer Betondeckenbau-Know-How-Transfer USA/Spainien/Deutschland/Ungarn

## Know-how-Transfer im Allgemeinen und Know-how-Transfer der Österreichischen Betondeckenbauweise mit seiner Waschbetonoberfläche im Speziellen

Nun ist ja unser Know-How nicht gerade jung; aber es ist eine 20 Jahre alte bewährte Baumethode, die seitdem von der Grundidee im Wesentlichen nicht mehr geändert werden musste.

Nach fast 2 Jahrzehnten steigen unsere Nachbarländer auf den Zug dieser Entwicklung auf. Dabei zeigen uns aber auch unsere Erfahrungen, es bedarf bei Know-how-Transfer nicht nur des Wissens auf der einen Seite, sondern auch des Willens und des Mutes eine neue Bauweise zu probieren und einzuführen auf der anderen Seite. Die Durchführung eines Know-how-Transfers bedeutet ein Abweichen vom normierten Weg.

Dies reicht vom Willen zur Änderung der Bauausführung, zur Umsetzung der rahmenvertraglichen und normativen Umstände bis zur Durchführung und zum bautechnischen Know-how-Transfer am Beispiel der österreichischen Waschbetondecke.

### USA

Im Zuge einer durch eine hochrangige Delegation aus den USA durchgeführten Europe Long-Life Concrete Pavements

Study Tour im Jahr 2005 wurde der Startschuss für die erste zweischichtige Waschbetondecke in den USA gegeben. Diese wurde mit Unterstützung durch Hrn. Dr. Sommer im Jahr 2008 erfolgreich hergestellt.

### Spanien

Aufgrund des steigenden Bitumenpreises gab es einen Bedarf an einer „neuen“ Straßenbauweise in Spanien. Als Ergebnis wurde eine Teststrecke mit der ersten Waschbetondecke in Spanien im Rahmen eines PPP-Projektes (ca. 80 km nördlich von Barcelona) errichtet. Ein wesentlicher Punkt für den erfolgreichen Know-how-Transfer dieser Betondecke war unser gültiges Regelwerk, die „RVS 08.17.02“.

### Deutschland

Mit dem allgemeinen Rundschreiben Straßenbau Nr. 5/2006 des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung wurde auch in Deutschland der Startschuss für die Betondecken mit Waschbetonoberfläche gegeben. Seit 2008 ist auch in Deutschland die Waschbetonoberfläche Standardbauweise.

### Ungarn

Seit fast 30 Jahren wurde in Ungarn keine Betondecke für das hochrangige Straßennetz mehr gebaut. Sich an den europäischen Standard anpassend und aufgrund der langen Nutzungsdauer und der geringen Wartung ist auch der ungarische Staat dazu übergegangen Betondecken als oberste Deckschicht für den Straßenbau zu verwenden. So wurden in den Jahren 2005–2007 ca. 35 km

Stadtautobahn der M0 um Budapest als Betondecke durch österreichische Firmen ausgeführt und die Betondecke in Ungarn wieder salonfähig gemacht. Seitdem sind bereits 200.000 m<sup>2</sup> Waschbetondecken mit österreichischem Know-how gebaut worden.

### Österreich

Auch in Österreich besteht Bedarf an Know-how-Transfer. So für die Sanierung von bestehenden Betondecken mit frühesten beschleunigten Betonen, so wie White Topping.

Dieses Know-how und die Erfahrung sind bereits im eigenen Land vorhanden, jedoch nicht in Normativen verankert. Für die Einführung als standardisierte Bauweise ist die Umsetzung in Normen sicherlich unbedingt erforderlich.

So konnten bereits erfolgreich Betondeckenfelder mit einer beschleunigten Erhärtungszeit hergestellt werden, die eine frühzeitige Verkehrsfreigabe ermöglichen. Damit ist der Nachweis erbracht, dass hochfrequentierte Betonfahrbahnen zeitgerecht und wirtschaftlich saniert werden können.

Eine weitere wirtschaftliche Baumethode wurde erfolgreich mit White-Topping-Testflächen durchgeführt.

Zusammenfassend ist anerkennend zu sagen, dass aus einer von Hrn. Dr. Sommer ausgearbeiteten Bauweise eine europaweit anerkannte Baumethode wurde, deren Know-how-Transfer von Österreich aus erfolgte. Die Gründe dafür sind ihre Lärmreduktion, Griffigkeitsverbesserung, Langlebigkeit, Nachhaltigkeit und life cycle costs.



## Modernes QS-Management – Unabdingbare Voraussetzung für eine nachhaltige Betondeckenbauweise

Fahrbahndecken aus Beton werden vorrangig im hochrangigen Verkehrsnetz und bei sehr hohen Verkehrslasten eingesetzt.

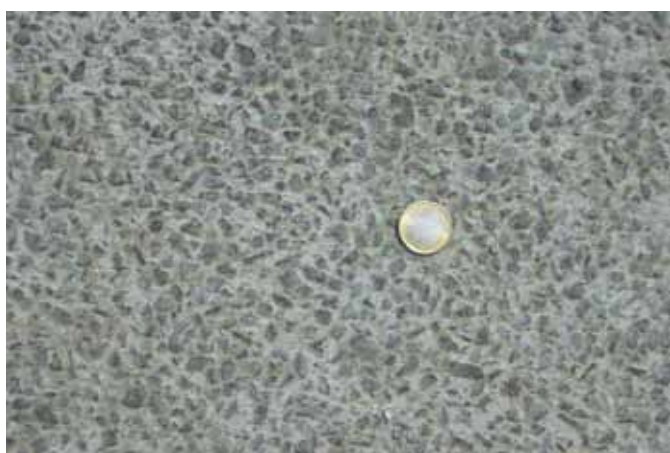


Abb. 1: Betondecke mit hochwertiger Waschbetonstruktur



Abb. 2: Betondecke mit fehlerhafter Waschbetonstruktur

Fahrbahndecken aus Beton werden vorwiegend im hochrangigen Verkehrsnetz und bei sehr hohen Verkehrslasten eingesetzt. Damit sie den erwarteten Einwirkungen widerstehen und die an sie gestellten Anforderungen dauerhaft erfüllen, müssen sie in einer entsprechend hohen Qualität ausgeführt werden. Abbildung 1 zeigt die Oberfläche einer Betondecke mit Waschbetonstruktur mit gleichmäßigem Grobkorngerüst und optimaler Rautiefe im Vergleich zu einer Betondecke mit mangelhaften Oberflächeneigenschaften in Abbildung 2. Die Herstellung der Betondecke ist ein komplexer Prozess mit vielen aufeinander abgestimmten Arbeitsschritten. Selbst kleine Ausführungsfehler im Bauablauf wirken sich negativ auf die Qualität und die Lebensdauer der Betondecke aus.

Um die Qualität von Betonfahrbahndecken auf einem hohen Niveau zu halten,

wurde in enger Zusammenarbeit zwischen dem Forschungsinstitut der Vereinigung der Zementindustrie (VÖZFI) und der ASFINAG ein Konzept erarbeitet, wie die Abläufe der gesamten Prozesskette verbessert und systematisch kontrolliert werden können.

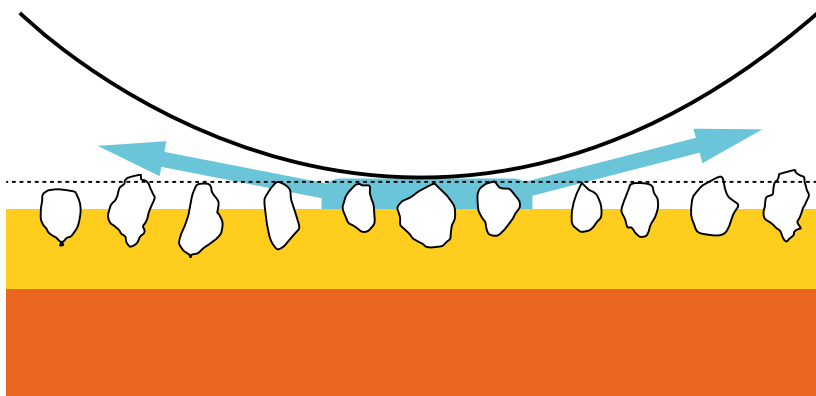
Im ersten Schritt erfolgte auch im Erfahrungsaustausch mit Experten die Analyse von Schwachstellen anhand von bereits abgeschlossenen Bauvorhaben. Aufbauend auf diese Informationen und Daten wurde der gesamte Herstellungsprozess von Betondecken betrachtet und die wesentlichen erfolgskritischen Eckpunkte wurden herausgearbeitet. Es folgten die Gliederung der wesentlichen Punkte und die Darstellung in einem ersten Entwurf einer „Checkliste“ zur Qualitätssicherung bei der Herstellung von Betondecken – als Grundlage für die Ersterprobung an Bauvorhaben. Basierend

auf der erfolgreichen Anwendung bei ausgewählten Baustellen erfolgte nach Einarbeitung von Anregungen seitens des involvierten Personenkreises die endgültige Erstellung des ASFINAG-Leitfadens „Checkliste zur Qualitätssicherung bei der Herstellung von Betondecken“.

Der Leitfaden „Checkliste zur Qualitätssicherung bei der Herstellung von Betondecken“ fasst alle wesentlichen bei der Ausführung zu beachtenden Punkte der Betondeckenherstellung von der Vorbereitung über die Bauausführung bis zur Abnahme übersichtlich zusammen. Er soll als Grundlage und für die Koordination und laufende Kontrolle zur Gewährleistung einer hohen Qualität bei der Herstellung von Betondecken dienen und setzt ein hohes Maß an Qualifikation und Erfahrung der mit der Überwachung betrauten Personen voraus.

## Lärmarme Betonstraßen – Internationale Trends und Entwicklungen – Visionäre Oberflächen der Zukunft

Die lärmtechnischen Eigenschaften von Fahrbahndecken gewinnen mit den steigenden Anforderungen an die Umweltverträglichkeit von Straßen immer mehr an Bedeutung.



Mechanismus der Reduktion der Luftkompressionsgeräusche (air pumping) durch Waschbetonfahrbahndecken

Neben der Errichtung von Lärmschutzwänden stellen lärmarme Fahrbahndecken eine weitere wichtige und wirksame Maßnahme zur Verringerung des Straßenverkehrslärms dar. Der besondere Vorteil liegt dabei in der Reduktion des Reifen-Fahrbahn-Geräusches direkt an der Quelle, wodurch die Geometrie der Schallausbreitung bis zum Anrainer keine Rolle spielt.

Auf europäischer Ebene hat besonders die Umgebungslärmrichtlinie 2002/49/EG zur Bewusstseinsbildung und Forderung nach effektiven Lärmschutzmaßnahmen beigetragen. Darin findet sich die Verpflichtung zur Erstellung von strategischen Lärmkarten für Ballungsräume und Hauptverkehrslinien sowie von darauf aufbauenden Aktionsplänen zur Lärmreduktion. Eine der wesentlichen zur Ver-

fügung stehenden Optionen ist dabei der Einsatz lärmarmen Fahrbahndecken. Der Einsatz von Betonfahrbahndecken hat in Österreich, aber auch in anderen europäischen Ländern, sowie den USA eine lange Tradition. Wichtige Gründe für den Einsatz sind gute Langzeitstabilität und gute erzielbare Griffigkeit.

In jüngerer Zeit sind aber auch die charakteristischen Lärmemissionen ein wichtiges Kriterium geworden, wobei besonders die Waschbeton-Bauweise Vorteile gegenüber älteren Verfahren zur Oberflächenstrukturierung zeigt. Die Waschbeton-Oberfläche mit Größtkorn 8 und 11 mm ist in Österreich in den RVS 08.17.02 und RVS 04.02.11 explizit als lärmmindernde Fahrbahndecke ausgewiesen. Daher werden diesbezügliche Abnahmeprüfungen durchgeführt und es

ist möglich, die charakteristischen Emissionen in der Lärmschutzplanung zu berücksichtigen. Aufgrund der hohen Bedeutung der Betonfahrbahndecken für das hochrangige Straßennetz wurden in den vergangenen Jahren mehrere österreichische Forschungsprojekte in Bezug auf ihre lärmtechnischen Eigenschaften durchgeführt. Gleichzeitig gibt es auch international interessante Ergebnisse und Entwicklungen in diesem Bereich, beispielsweise in den USA und Deutschland.

Betonfahrbahndecken und ihre Oberflächengestaltung werden daher auch in der Zukunft einen wesentlichen Beitrag zur Lärmreduktion leisten.



# Innovative Methoden in der Analyse von Betonoberflächen aus Sicht der Tribologie

Werden die aus der massiven Präsenz eines Zwischenstoffes (Regen, Schnee, Matsch) resultierenden – im Wesentlichen rheologischen – Einflüsse auf die Reibungsverhältnisse einer Fahrbahnoberfläche zunächst nicht betrachtet, so lässt sich die Fahrbahngriffigkeit in einem vereinfachten Ansatz auf 2 Hauptursachen zurückführen (siehe Abb. 1):

- Kontakt- bzw. tribomechanische Wechselwirkungen aus dem Kontakt Fahrbahn(struktur) – Reifen(profil), wesentlich bestimmt durch verschleißbedingte Glättungseffekte sowie inhärente (Mikro-)Aufrauung („Selbstschärfung“) der eingesetzten mineralischen Stoffe.
- (Tribo-)chemische Wechselwirkungen der aktuell beteiligten (Werk-)Stoffe von Fahrbahnoberfläche und Reifen (unter Einbeziehung von zeitlichen Veränderungen durch Verschmutzung etc.)

Die Untersuchung bzw. Charakterisierung der Fahrbahngriffigkeit als „Output“ eines Tribosystems kann drei Wirkungsbereichen bzw. Domänen zugeordnet werden:

## A) Direkte Untersuchung von Reibungseffekten der betreffenden Materialkombination (Makrobereich)

Bei AC<sup>2</sup>T können diese Einflussfaktoren z. B. mithilfe eines Tribometers (TOG – Simulation translatorisch-oszillierender Relativbewegung) untersucht werden.

## B) Strukturanalysen der Oberfläche (Mikrobereich)

Für Untersuchungen der Fahrbahnoberflächen im Hinblick auf mikrokontaktmechanische Effekte stehen bei AC<sup>2</sup>T folgende Analysesysteme zur Verfügung:

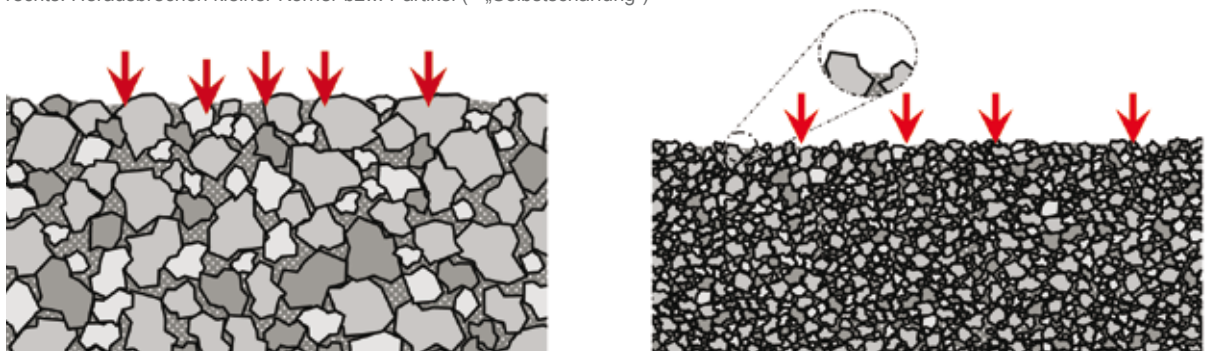
- optische Mikroskopie
- Topografie Vermessungen der Oberfläche – optisch ( $\mu$ -Surf)
- Rasterelektronenmikroskopie (REM)

## C) Chemische Untersuchungen (Nanobereich)

Kontaminationen der Fahrbahnoberfläche entsprechen im weitesten Sinne dem Zwischenstoff, im Tribosystem. Abgesehen von der temporären Anwesenheit größerer Mengen eines „Zwischenstoffes“ (z. B. Regenwasser, Schneematsch), spielen in der Wechselwirkung Reifen – Fahrbahn insbesondere Eigenschaften der Grenzflächen (zuweilen auch als „dritter Körper“ bezeichnet) eine Rolle. Allenfalls vorhandene Substanzen, die diese Grenzflächeneigenschaften (in Form von Mikro- oder gar Nanofilmen) bestimmen, können mittels hochsensibler analytischer Methoden, die z. B. bei AC<sup>2</sup>T zur Verfügung stehen, untersucht werden.

Bei der Beurteilung der Einflussfaktoren auf die Griffigkeit aus tribologischer Sicht werden alle systemrelevanten Analysen im Kontext betrachtet. Die Interdisziplinarität der tribologischen Systembetrachtung sowie die Einbeziehung von Effekten auf unterschiedlichen Skalen sind entscheidend für eine funktionsorientierte Analyse des Themenbereiches „Griffigkeit“.

Abb. 1: Links: Glättung (Verrundung) größerer Körner, beeinflusst die lokale Pressungsverteilung im Kontakt Reifen – Fahrbahnoberfläche (begünstigt im Übrigen bei Wasseranwesenheit die Bildung eines Gleitfilms („Mikro-Aqua-Planing“); rechts: Herausbrechen kleiner Körner bzw. Partikel (> „Selbstschärfung“)



## Erwärmung städtischer Straßennetze bei sommerlichen Hitzewellen

Die Klimaerwärmung und die Reduktion von Treibhausgasemissionen sind ein sehr brisantes und für zukünftige Generationen wichtiges Thema.

Österreich hat sich im Kyoto-Abkommen verpflichtet, den Ausstoß von Kohlendioxid bis 2012 auf den um 13 % verringerten Wert des Jahres 1990 zu reduzieren. Dieses Ziel wird wohl auch unter großen Anstrengungen sowohl der Industrie als auch der öffentlichen und privaten Haushalte nicht erreicht werden können.

Die Kohlendioxidkonzentration in der Atmosphäre, verursacht durch die Nutzung fossiler Rohstoffe, nimmt durchaus bedenkliche Werte an und führt in der Folge wiederum zu einer stetigen Erwärmung unseres Planeten. Gleichzeitig

nimmt der Mensch immer mehr Flächen für Wohnraum und Industrie in Anspruch, was sich deutlich am stetigen Wachstum der Ballungsräume abzeichnet.

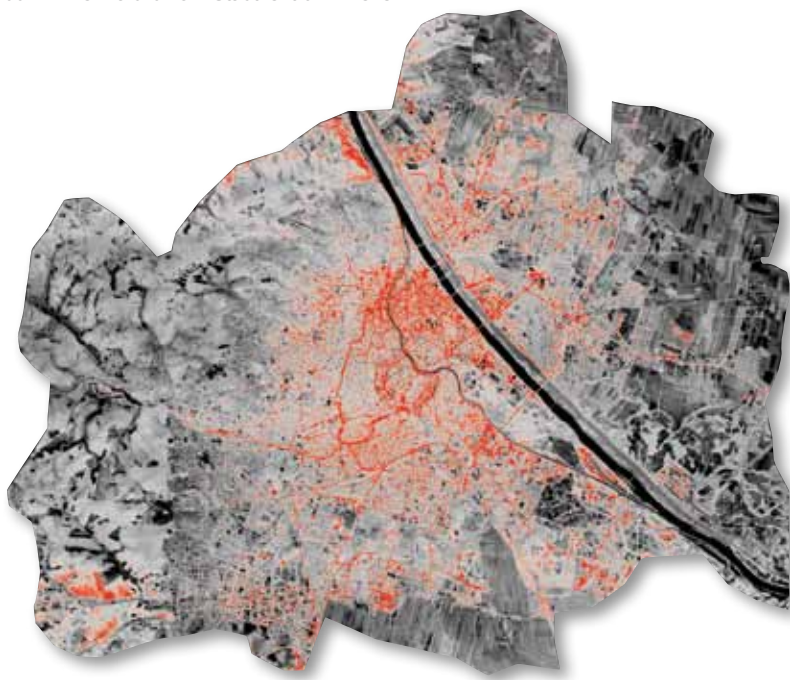
Eines der wichtigsten Phänomene der Stadtklimatologie ist die Ausprägung eines zusätzlichen Treibhauseffektes in Städten, sogenannter urbaner Wärmeinseln (Heat-Islands). Dies bedeutet, dass sich das Klima eines urbanen Bereiches deutlich von den großräumig bedingten Werten abhebt. Dieser Effekt ist auf eine Vielzahl von Faktoren, wie Siedlungsstruktur, Bebauungsgeometrie und dar-

aus resultierende Strömungshindernisse, Luftverunreinigung und Wärmeemissionen von Gebäuden wie auch die verwendeten Baumaterialien, zurückzuführen.

Üblicherweise nehmen Straßenoberflächen bzw. sonstige befestigte Flächen etwa 30 bis 45 Prozent von Stadtfächen in Anspruch und haben daher einen großen Einfluss auf die Ausprägung von urbanen Wärmeinseln. Eine optische Darstellung von Oberflächentemperaturen ist mit Thermalbildern möglich. Abbildung 1 zeigt eine Abendthermalaufnahme von Wien mit einer Auflösung von 1 Kelvin. Es ist deutlich zu erkennen, dass sich Straßenflächen durch die höheren Oberflächentemperaturen deutlich von den restlichen Flächen und besonders von Grünflächen abheben.

Um den Einfluss von unterschiedlichen im Straßenbau eingesetzten Materialien auf das Erwärmungsverhalten zu untersuchen, wurden am Forschungsinstitut der Vereinigung der Österreichischen Zementindustrie (VÖZFI) Feldversuche mit üblichen Straßenbaumaterialien durchgeführt. Diese Untersuchungen zeigten, dass sich die Oberflächentemperaturen von Beton- im Vergleich zu Asphaltoberflächen mit einer Differenz um bis zu 6 K deutlich unterscheiden. Dadurch wurde bestätigt, dass durch die Anwendung von hellen Materialien im Verkehrsflächenbau sowohl die Oberflächentemperaturen als auch als Konsequenz daraus die empfundenen Temperaturen eindeutig reduziert werden können.

Abb. 1: Thermalbild vom Stadtzentrum Wiens



# Ökobilanz eines Autobahnabschnittes – Carbon Footprint

Weltweit rückt der Klimaschutz immer mehr in den Fokus der Politik. Dabei geht es vor allem um die Verminderung des Ausstoßes von Treibhausgasen (THG).

Ein erster Schritt in diese Richtung stellt das im Jahr 1997 beschlossene Kyoto-Protokoll dar. Im Zuge dessen verpflichtet sich die EU, die Treibhausgasemissionen im Zeitraum 2008–12 im Vergleich zum Kyoto-Basisjahr 1990 um 8 % zu senken. Für Österreich gilt ein Reduktionsziel von 13 % [Umweltbundesamt, 2009].

Im Jahr 2007 betrug die Treibhausgasemissionen Österreichs 86,6 Mio. Tonnen Kohlendioxid-Äquivalente (CO<sub>2</sub>-Äquivalente) und lagen dadurch rechnerisch um 17,9 Mio. Tonnen über dem jährlichen Durchschnittswert des festgelegten Kyoto-Ziels. Unter Berücksichtigung des Emissionshandels sowie der Bilanz aus Neubewaldung und Entwaldung beträgt die Zielabweichung allerdings noch immer rund 6,9 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalente. Die größten Verursacher sind die Sektoren Industrie bzw. produzierendes Gewerbe (30,5 %) und Verkehr (26,1 %).

In diesem Zusammenhang ist auch die Bauindustrie bemüht einen Beitrag zu leisten und den CO<sub>2</sub>-Ausstoß zu senken.

In einer deutschen Studie [Milachowski, 2010] werden die potenziellen Umweltauswirkungen, die während der Herstellung und Nutzung eines 1 km langen Autobahnabschnitts mit vier unterschiedlichen Oberbauvarianten (verschiedene Betondecken und Asphaltdecken) entstehen, in einer Ökobilanz miteinander verglichen. Dabei wurden über eine Nutzungsdauer von 30 Jahren alle stofflichen und energetischen Beiträge der einzelnen Prozesse hinsichtlich des Treibhauspotenzials bilanziert.

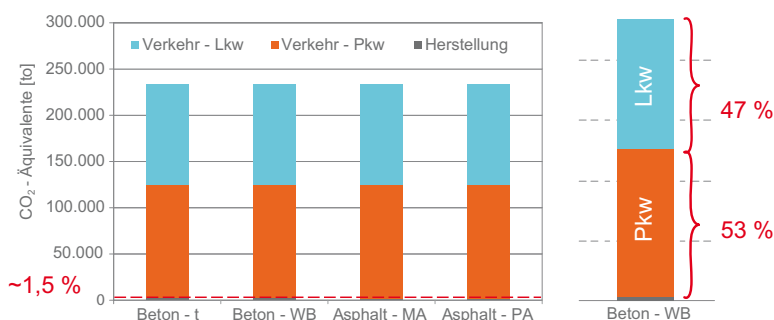


Abb. 1: CO<sub>2</sub>-Emission während der Herstellungs- und Nutzungsphase der untersuchten Bauweisen [Milachowski, 2010]

Hierbei zeigte sich, dass die Betonbauweise bei der Herstellung deutlich größere CO<sub>2</sub>-Emissionen aufweist als vergleichbare Asphaltbauweisen. Dies ist auf die energieintensive Herstellung des Zements zurückzuführen. Betrachtet man allerdings den Herstellungs- und Erhaltungsaufwand der beiden Bauweisen, dann besteht hinsichtlich Treibhausgasemission kein signifikanter Unterschied. Dies ist wiederum auf die wartungsarme Betonbauweise zurückzuführen.

Das größte Einsparungspotenzial liegt aber in der Reduktion des Treibstoffverbrauchs, da ungefähr 98,5 % der CO<sub>2</sub>-Emissionen aus der 30-jährigen Verkehrsbelastung resultieren. Weiters ist auffällig, dass der Schwerlastverkehr nur ca. ein Sechstel der Verkehrsbelastung ausmacht, aber für 47 % der potenziellen Umweltauswirkungen verantwortlich ist. (Abb. 1). Der Treibstoffverbrauch hängt von unterschiedlichen Faktoren ab, wie den Oberflächeneigenschaften der Fahrbahndecke, Fahrzeugparametern und dem Fahrverhalten der Fahrzeuglenker. In den letzten Jahren wurden zahlreiche Studien über den Einfluss der Oberflächeneigen-

schaften (Rollwiderstand, Unebenheit und Steifigkeit) von Straßenbelägen veröffentlicht. Zuzugabe dieser Studien können diese Parameter der Fahrbahn den Treibstoffverbrauch mit 5 bis 10 % beeinflussen.

Legt man diese Erkenntnisse auf die gegenständliche Ökobilanz um, würde eine 2%ige Reduktion der gesamten Verkehrsemission (Pkw und Lkw) die Emissionen, verursacht durch Herstellung und Erhaltung, aufwiegen. Ähnliche Reduktionen können durch eine 3%ige Reduktion der Emissionen, verursacht durch den Schwerlastverkehr (Lkw-Anteil), erzielt werden. Basierend auf diesen Erkenntnissen besteht nicht nur in der Automobil und Reifen erzeugenden Industrie, sondern auch im Straßenbau ein enormes Optimierungspotenzial.

Demnach kommt einer „treibstoffsparenden“ Bauweise eine deutlich größere Bedeutung zu als bisher angenommen und wir sollten den Fokus der Nachhaltigkeitsforschung neben der Herstellungsphase vermehrt auf die Potenziale der Nutzungsphase lenken. So würden die hochgesteckten Kyoto-Ziele auch näher rücken.

