

Betondecken leisten Beitrag zur Kohlendioxidreduzierung im Straßengüterverkehr



**Bis zu 6 % KRAFTSTOFFEINSPARUNGEN
bei Lastkraftwagen auf Betondecken.
Das kann bereits heute Wirkung zeigen!**

Vorwort	3
Allgemeines	4
Die Ökobilanz und die Rolle des Kraftstoffverbrauchs	5
Einflussfaktoren auf den Kraftstoffverbrauch	5
Kanada - National Research Council (NRC)	6
GB - Transport Research Laboratory (TRL)	6
Schweden – Lund-Universität - FWD-Tests	6
Schweden – Staatliches schwedisches Verkehrsforschungsinstitut (VTI)	7
Japan – Nippon Expressway Research Institute	8
Texas – University of Texas in Arlington - Stadtfahrten	8
Massachusetts Institute of Technology – Concrete Sustainability Hub	8
Kleinigkeiten summieren sich!	9
• Einsparungen pro Straße	9
• Einsparungen pro Transportunternehmen	10
• Fallstudie – Die Ringstraße von Antwerpen	11
• Fallstudie – Straßengüterverkehr in Europa	12
Allgemeine Schlussfolgerungen	13
Referenzen	15

Vorwort

Nachhaltiges Bauen, Verkehrsentlastung und Kraftstoffverbrauch sind Themen, die in den Zielsetzungen unserer Vereinigung EUPAVE erwähnt werden. Ein nachhaltigeres Netzwerk an Transportinfrastruktur quer durch Europa aufzubauen und dem Klimawandel durch CO₂-Reduktion entgegen zu wirken, ist andererseits eine der Vorgaben der EU. Diese Broschüre ist den gemeinsamen Aspekten dieser beiden Ziele gewidmet und zeigt, wie Betondecken dazu ihren Beitrag leisten können.

Die Langlebigkeit und Haltbarkeit von Betonkonstruktionen sind allseits bekannt. Genau wie die Tatsache, dass Betondecken kaum Instandhaltungsbedarf haben, wodurch es weniger Verkehrsstörungen gibt und Verkehrsstaus vermieden werden. Aber wer weiß schon, dass Betonstraßen zur CO₂-Reduzierung beitragen können, selbst wenn oft das Gegenteil behauptet wird? Es gibt mehrere direkte positive Betoneigenschaften, die sich über die gesamte Lebenszeit der Straßendecke auswirken: die Aufnahme von CO₂ im erhärteten Beton, die Lichtreflexion an der Betonoberfläche, die zur Kühlung unseres Planeten beiträgt, und nicht zuletzt der geringere Kraftstoffbedarf von Lastkraftwagen, die auf einer nicht verformbaren Decke fahren. Mit diesem dritten Aspekt befasst sich die vorliegende Publikation, die auf einer Reihe von internationalen Studien und Forschungsarbeiten basiert. Wir ermutigen zu jeder zusätzlichen Forschung, vorzugsweise auf europäischer Ebene, um diese Ergebnisse zu bestätigen, die alle den Betondecken Vorteile zuschreiben.

Wir sind überzeugt davon, dass dies nützliche Informationen im Entscheidungsprozess für eine nachhaltige Straßeninfrastruktur sind, und hoffen, dass sie eines Tages Teil der Evaluierungsverfahren bei einer umweltgerechten, öffentlichen Auftragsvergabe sein können.

Aniceto Zaragoza
Präsident von EUPAVE



Betondecken leisten Beitrag zur Kohlendioxidreduzierung im Straßengüterverkehr

ALLGEMEINES

Auf der Webseite der Generaldirektion Klimapolitik („DG CLIMA“) der Europäischen Kommission finden wir folgende Aussage:

„Der Straßenverkehr verursacht ca. ein Fünftel der gesamten Emissionen der EU an Kohlendioxid (CO₂), dem vorrangigen Treibhausgas. Während die Emissionen anderer Sektoren allgemein zurückgehen, steigen jene aus dem Straßenverkehr seit 1990 ständig weiter an. Im Bestreben gegen den Klimawandel aktiv zu werden hat die Europäische Kommission eine umfassende Strategie entworfen, die der EU helfen soll, bis 2012 das bereits länger festgelegte Ziel einer Beschränkung der durchschnittlichen CO₂-Emissionen neuer Fahrzeuge auf 120 Gramm/km zu erreichen“ [4].

Die meisten dieser von der Europäischen Kommission ergriffenen Maßnahmen befassen sich mit Personenkraftwagen, wie „umweltfreundliche Autos“, „Elektroautos“...

Der Straßengüterverkehr erzeugt jedoch in Europa ca. 40 % des CO₂ im Straßenverkehr. Aus diesem Grund muss das Thema CO₂ durch Schwerverkehr (z. B. Lastkraftwagen, Busse usw.) ebenfalls angesprochen werden. Studien und Forschungsarbeiten auf dem Gebiet der Fahrzeugtechnologie, einschließlich Hybrid- und Elektrofahrzeuge, Kleinmotoren usw. schreiten voran.

Während aber hinsichtlich dieser potenziellen Langzeitlösungen große Anstrengungen unternommen werden, belegen verschiedene, weltweit durchgeführte Studien, dass bei Konstruktion und Bau von Straßendecken ein offensichtliches Potenzial an CO₂-Reduktion gegeben ist, das bereits heute Wirkung zeigen kann. Alle Studien und Forschungsarbeiten zu diesem Thema machen deutlich, dass steife und starre Straßendecken, solche wie Betonstraßen, im Vergleich zu flexiblen Decken den Kraftstoffverbrauch merklich reduzieren. Die Ergebnisse dieser Studien und Forschungsarbeiten zeigen wesentliche Kraftstoffeinsparungen – bis zu 6% – für den Schwerverkehr auf Betondecken auf. Kurzfassungen dieser Studien werden nachfolgend dargestellt.

Diese Ergebnisse stimmen mit dem physikalischen Grundsatz überein, dass der Rollwiderstand zwischen einem Rad und einer tragenden Oberfläche mit der Steifigkeit und Härte beider, des Rads und der Oberfläche, abnimmt.



Der bekannt geringste technische Rollwiderstand ist jener der Stahlräder eines Zuges, der auf Stahlschienen fährt.

Wenn auch die Einzelergebnisse der vorgeannten Studien und Forschungsarbeiten schon ganz gut eine endgültige Bewertung der durchschnittlichen Einsparungen an Kraftstoff und CO₂ ermöglichen, so wird durch die Zusammenfassung der Ergebnisse ein Einsparungseffekt klar belegt. Dies sollte eine starke Motivation für alle betroffenen Behörden und Regierungen in Europa sein, sich hier auf weitere Untersuchungen zu konzentrieren, um zu einer endgültigen Erkenntnis zu gelangen.

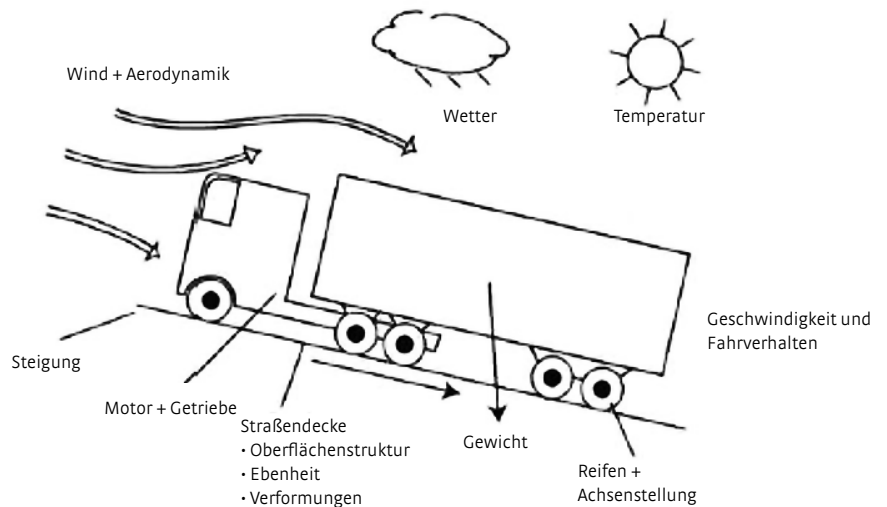
DIE ÖKOILANZ UND DIE ROLLE DES KRAFTSTOFFVERBRAUCHS [8; 13]

Die Ökobilanz (Life Cycle Assessment – LCA) ist die Untersuchung und Bewertung der Umweltwirkungen eines bestimmten Produkts, Prozesses oder Dienstes. Bei einer Straße kann der Lebenszyklus unterteilt werden in:

- Gewinnung und Herstellung des Materials;
- Anfängliche Bauphase;
- Instandhaltung und -setzung;
- Nutzungsphase;
- Abbauphase.

Bei Straßenbauprojekten steht typischerweise oft die Bewertung des ökologischen Fußabdrucks des Produktionsprozesses der verschiedenen Deckenmaterialien und der anfänglichen Bauphase im Brennpunkt. Eine Schlüsselerkenntnis diverser Studien ist jedoch, dass eine solche Nachhaltigkeitsbewertung sowohl die Instandhaltungsarbeiten wie auch die Verkehrsemissionen während der Nutzungsphase in Betracht ziehen muss. Wenn man von 20 bis 50 Jahren geplanter Lebensdauer ausgeht, die für Straßen typisch ist, und von den jährlich gefahrenen Distanzen, so wird der Einfluss des Verkehrs die Einflusswerte der Materialproduktion oder der Bauphase klein erscheinen lassen. Je nach Verkehrsaufkommen

Bild 1: Einflussfaktoren auf den Kraftstoffverbrauch



kann hier der Einfluss von etwa zehn bis hin zu hundert Mal größer sein als der aller anderen Phasen in der Lebenszeit der Straße. Maßnahmen, die den Kraftstoffverbrauch senken können, sind deshalb von größter Wichtigkeit. Nicht nur der Kraftstoff und die Fahrzeugtechnologie (Motor, Reifen, ...), sondern auch die Art der Straßendecke und die Qualität der Oberfläche können einen wesentlichen Einfluss auf das Endergebnis haben.

EINFLUSSFAKTOREN AUF DEN KRAFTSTOFFVERBRAUCH

Es gibt viele Faktoren, die den Kraftstoffverbrauch eines Fahrzeugs beeinflussen. Einige davon beziehen sich auf das Fahrzeug und seinen Motor oder auf den Luftwiderstand des Fahrzeugs oder die Neigung der Fahrbahn. Der eine Faktor, bei dem die Straßendecke selbst eine Rolle spielt, ist der Rollwiderstand, wobei die Interaktion zwischen Reifen und Straßendecke von größter Bedeutung ist.

In verschiedenen Studien wurde der Einfluss der „Qualität“ der Straßenoberfläche auf den Rollwiderstand und somit auf den Kraftstoffverbrauch nachgewiesen. Die Qualität umfasst die Ebenheit der Straße ohne Welligkeit, Unebenheiten,

Spurrinnen, Schlaglöcher oder abgenutzte Fugen. Dieser Parameter wird oftmals durch den internationalen Rauigkeitsindex (International Roughness Index – IRI) ausgedrückt. [1].

Schließlich spielt auch die Art der Straßendecke eine Rolle, insbesondere die Starrheit der Straßendecke. Die Verformung einer flexiblen Straßendecke – Asphalt mit viskoelastischen Eigenschaften – vergrößert den Rollwiderstand und somit den



Kraftstoffverbrauch von darauf fahrenden Lastkraftwagen. Dies ist bei starren Betondecken nicht der Fall. Die Kraftstoffeffizienz von Beton – gegenüber Asphaltdecken – wurde in verschiedenen Untersuchungen und Studien nachgewiesen.

KANADA – NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC) [11]

Die bekannteste Studie wurde in Kanada vom National Research Council (NRC) durchgeführt. Dabei handelte es sich um eine Serie von vier Untersuchungen, die stufenweise durch zusätzliche Tests mit verschiedenen Straßen- und Fahrzeugarten zu verschiedenen Jahreszeiten erweitert wurden, wobei diverse statistische Modelle zum Einsatz kamen. In allen Phasen wurde für Betondecken im Vergleich zu flexiblen Schwarzdecken ein geringerer Kraftstoffverbrauch durch Lastkraftwagen beobachtet. Die letzte Phase, die außerdem die umfassendste war und für eine Reihe von Straßen mit verschiedenen Ebenheitsgraden zu allen Jahreszeiten durchgeführt wurde, zeigte allerdings die geringsten Unterschiede, wobei man jedoch trotz allem zu dem Schluss kam, dass die **„Kraftstoffeinsparung auf Betonstraßen im Vergleich zu Asphaltstraßen sowohl für einen leeren als auch einen vollen Sattelschlepper bei 0,8 bis 3,9 % lag, was mit statistisch signifikanten Ergebnissen in einem Vertrauensbereich von 95 % festgestellt wurde.“** Eine durchschnittliche Kraftstoffeinsparung von 2,35 % ist sicherlich nicht unwesentlich und würde über die Lebenszeit einer viel befahrenen Straße einen enormen Unterschied im Gesamtkraftstoffverbrauch und bei den Emissionen umweltschädlicher Gase ausmachen.

GB – TRANSPORT RESEARCH LABORATORY (TRL) [3]

Eine von den TRL (Transport Research Laboratories) in Großbritannien durchgeführte und von der Highways Agency in Auftrag gegebene Laboruntersuchung erfolgte zur Bestimmung der Auswirkung der Starrheit der Straßendecke auf den Kraftstoffverbrauch.

Die geringere Verformung einer Betondecke führt zu einer Reduktion des Rollwiderstands im Ausmaß von 5,7%, was einer Kraftstoffeinsparung von 1,14 % entspricht.

Dieser Unterschied stellte sich jedoch als statistisch vernachlässigbar heraus. Auf der anderen Seite hätte der Unterschied größer sein können, da die in den Tests verwendete Betonplatte unter Laborbedingungen hergestellt wurde.

SCHWEDEN – LUND-UNIVERSITÄT – FWD TESTS [7]

Die schwedischen Forscher haben ein Deckentestgerät, das Fallgewichtseinkungsmessgerät (Falling Weight Deflectometer – FWD), verwendet, um die Energie-dämpfungsverluste in der Decke und im Boden zu bewerten. In einem FWD-Test wird eine dynamische Last durch das Fallen eines großen Gewichts (50 kN) auf die Decke aufgebracht, und die Deckensenkungen werden in bestimmten Abständen vom Aufprallpunkt gemessen. Als Testgelände diente die Autobahn Nr. 4 ca. 40 km nördlich von Uppsala, Schweden.



Abbildung 2a stellt das Last-Verschiebungs-Diagramm einer typischen Asphaltstraße dar. Dieses Diagramm zeigt eine Hystereseschleife, das heißt, dass ein Teil der Energie auf Grund des viskoelastischen Verhaltens der Konstruktion in dieselbe abgeleitet wurde.

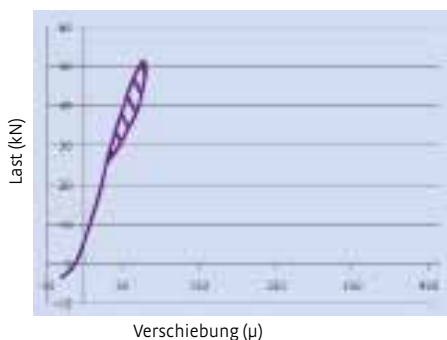
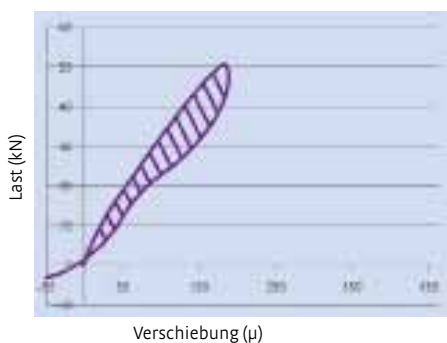


Die Höhe des Energieverlustes wird durch die Größe der Fläche innerhalb der Schleife dargestellt. Bild 2b zeigt ein ähnliches Diagramm für eine Betonstraße, und hier ist die Fläche viel kleiner, bedingt durch die Steifigkeit der Decke.

Der Energieverlust ist bei der Asphaltdecke ca. viermal größer als bei einer Betondecke.

Dies belegt, dass es einiges an Potenzial gibt, durch die Wahl einer entsprechenden Decke für den Lastverkehr Kraftstoff einzusparen.

Bild 2: Hysteresekurven der Falling Weight Deflectometer Tests, 2a für Asphalt, 2b für Beton



SCHWEDEN – STAATLICHES SCHWEDISCHES VERKEHRSFORSCHUNGSINSTITUT (SWEDISH NATIONAL ROAD AND TRANSPORT INSTITUTE - VTI) [6]

Das staatliche schwedische Verkehrsforschungsinstitut (VTI) hat ebenfalls den Einfluss der Deckenart auf den Kraftstoffverbrauch durch Messungen auf einer Schnellstraße nördlich von Uppsala, Schweden, untersucht, wo es in einem Schnellstraßenabschnitt sowohl Asphalt- als auch Betondecken gibt.

Für einen PKW – Volvo 940 – ergaben die Messungen einen um 1,1% geringeren Kraftstoffverbrauch auf der Betondecke im Vergleich zur Asphaltdecke.

Die Ergebnisse wurden für statistisch signifikant befunden. Die Differenz ist hauptsächlich den **Unterschieden in der Oberflächenstruktur** (Splittmastixasphalt gegenüber ausgebürstetem Beton, beide mit Korngrößen von 16 mm) zuzuschreiben. Es ergab sich eine gute Übereinstimmung mit den Ergebnissen eines Berechnungsmodells mit der Bezeichnung VETO.

Die Messungen mit einem Lastkraftwagen – einem vierachsigen Scania R500 mit dreiaxsigem Anhänger, Gesamtgewicht 60 Tonnen, Geschwindigkeit 80 km/h – ergaben einen Durchschnitt von 6,7% weniger Kraftstoffverbrauch auf der Betondecke im Vergleich zur Asphaltdecke.

Der Unterschied wird auf den geringeren Rollwiderstand zurückgeführt, teilweise bedingt durch die Makrostruktur des Betons, **teilweise durch seine Steifigkeit**.

JAPAN – NIPPON EXPRESSWAY RESEARCH INSTITUTE [12]

In dieser Studie wurde der Laufwiderstand – die Summe aus Luftwiderstand und Rollwiderstand – durch Ausrolltests gemäß den japanischen Industrienormen (JIS) D1012 gemessen. Bei diesen Tests wird ein Lastkraftwagen auf eine Geschwindigkeit (z. B. 55 km/h) beschleunigt, in den Leerlauf geschaltet und kann dann frei auf eine Geschwindigkeit von 5 km/h ausrollen. Aus dem Geschwindigkeits-Zeit-Bezug kann der Laufwiderstand berechnet werden. Durch die Wiederholung des Tests mit anderen Geschwindigkeiten kann der Rollwiderstand bestimmt werden. Es wurden Testgelände aus Asphalt und Beton ausgewählt, mit besonderem Augenmerk auf die Länge und Neigung der Abschnitte. Von den Unterschieden im Rollwiderstand wurden die Unterschiede im Kraftstoffverbrauch abgeleitet. **Für Stadtfahrten bei**

Für Überlandfahrten mit 80 km/h betrug der Gewinn 1,4 bis 4,8 %.

relativ geringer Geschwindigkeit war der Kraftstoffverbrauch für die Asphaltdecke 0,8 bis 3,4 % höher als für die Betondecke.

TEXAS – UNIVERSITY OF TEXAS IN ARLINGTON – STADTFAHRTEN [2]

Das Hauptziel dieser Studie bestand darin, mögliche Unterschiede im Kraftstoffverbrauch und in den CO₂-Emissionen bei Stadtfahrten eines Fahrzeugs auf einer Asphaltstraße gegenüber einer Zementbetondecke zu untersuchen. Zwei Straßenpaare (2 x Asphalt – 2 x Beton) wurden in Arlington, Texas, ausgewählt. Jedes Paar Asphalt / Beton verfügte über ähnliche Gradienten und Rauigkeitsindexe. Die Straßen waren in etwa parallel, um die Auswirkungen von Windrichtung und -geschwindigkeit während der Messungsverläufe gering zu halten. In den Testläufen wurden zwei verschiedene Fahrweisen eingesetzt: eine Fahrt bei konstanter Reisegeschwindigkeit von ca. 50 km/h und eine Beschleunigungsfahrt von 0 auf 50 km/h in 10 Sekunden. Das Testfahrzeug war ein **Chevy Astro Van mit ca. 1.360 kg.**

Es wurde festgestellt, dass der Kraftstoffverbrauch je Einheitsdistanz auf den Betonabschnitten durchwegs geringer war, unabhängig von Testbereich, Fahrweise und Oberflächenbedingung (trocken oder nass). In allen Fällen wurden die Unterschiede als statistisch aussagekräftig erachtet, mit einem Signifikanzniveau von 10 %. **Der Vergleich zwischen einer Straße mit durchgehend bewehrter Betondecke und einer mit Asphaltdecke zeigte Einsparungen zwischen 3 und 8,5 % zugunsten des Betons.** Es sollte erwähnt werden, dass in einem zweiten Fall sogar noch größere Unterschiede aufgezeichnet wurden, aber unter Berücksichtigung der begrenzten Masse des Testfahrzeugs waren sie höchstwahrscheinlich durch die Oberflächeneigenschaften wie Textur und Querebenheit bedingt.

MASSACHUSETTS INSTITUTE OF TECHNOLOGY – CONCRETE SUSTAINABILITY HUB [10]

Aus einer kürzlich vom CSHub@MIT (Zentrum für Nachhaltigkeit von Beton an der technischen Hochschule von Massachusetts) durchgeführten Studie wurde ein quantitatives, mechanisches Modell für die Interaktion Straßendecke – Fahrzeug (PVI) abgeleitet, um den Kraftstoffverbrauch zu Baukonstruktionsparametern wie der Straßendeckendicke und Materialeigenschaften wie Steifigkeit, Viskosität, Festigkeit der Deckschicht und des Unterbaus in Bezug zu setzen. Das Modell wird kalibriert und validiert. **Eine Schlüsselerkenntnis des Modells besteht darin, dass bei insgesamt gleichen Parametern die Asphaltdecken 25 bis 60 % dicker sein müssen, um denselben Kraftstoffverbrauch wie Beton zu erreichen.** Die abgeleiteten funktionalen Beziehungen zwischen Kraftstoffverbrauch, Baukonstruktion und Materialparametern werden als nützlich angesehen, um Straßenbauingenieuren und Entscheidungsträgern ein Konstruktionswerkzeug zur Optimierung des Straßendeckenbestandes hinsichtlich der Effizienz von Hochleistungskraftstoff und Treibhausgasemissionen zur Verfügung zu stellen.



Kleinigkeiten summieren sich!

Die potenzielle Umweltauswirkung der Verkehrslast kann bis zu hundertmal größer sein als für Bau und Erhaltung zusammen. Somit ist in dieser Phase die größte und effizienteste Reduzierung der Umweltauswirkungen möglich. Selbst bei kleinen Unterschieden in der Kraftstoffeinsparung zwischen den Straßendeckentypen ist der Gesamtunterschied wesentlich.

Kraftstoffeinsparungen bei Lastkraftwagen (starre gegenüber flexiblen Straßendecken - beladen und unbeladen - 60 bis 100 km/h - unterschiedliche Jahreszeiten) variieren zwischen 1 und 6%. In Bezug auf die eingesparten Liter Diesel werden die Daten der Studie des National Research Council von Kanada herangezogen, welche die umfassendste und am besten dokumentierte ist. Der durchschnittliche Wert der gemessenen Unterschiede lag bei einer Einsparung von 0,45 l auf 100 km, was unter Einbeziehung aller vorhandenen Erkenntnisse ein ziemlich vernünftiger Ansatz ist.

EINSPARUNGEN PRO STRASSE

Betrachtet man eine Straße von 100 km Länge mit einem täglichen Verkehr von 5.000 bis 15.000 Lastkraftwagen pro Richtungsfahrbahn, so führt das zu folgenden Ergebnissen:

Einige Zahlenbeispiele und Fallstudien werden dies verdeutlichen. Die Frage ist, wie sich diese relativ geringen Prozentsätze bei den Kraftstoffeinsparungen als Gesamtmenge auswirken. Wie viel Kraftstoff, Geld und Emissionen können eingespart werden?

Für eine umfassende Quantifizierung werden die folgenden Annahmen getroffen, basierend auf aktuell vorliegenden Daten:

- Kraftstoffpreis (Diesel) von 1,50 Euro/l;
- Kraftstoff-Emissions-Umrechnungsfaktoren (Emissionen je Liter Diesel)

• Stickoxide NO _x	25 bis 28 g/l
• Feinstaubpartikel PM	0,2 bis 0,4 g/l
• Kohlenwasserstoffe HC	0,4 bis 1 g/l
• Kohlenmonoxid CO	1 bis 7 g/l
• Kohlendioxid CO ₂	2.700 g/l
• Schwefel S	0,1 g/l



STRASSE

			Kraftstoff- einsparung	Dieselpreis	CO ₂
Straßen- kilometer	Anzahl Lastkraft- wagen pro Tag	Richtungen	l/100 km	€/l	kg/l
100	5.000	2	0,45	1,5	2,7
100	10.000	2	0,45	1,5	2,7
100	15.000	2	0,45	1,5	2,7

EINSPARUNGEN PRO TAG

Liter Diesel	Kosten (€)	CO ₂ (kg)
4.500	6.750	12.150
9.000	13.500	24.300
13.500	20.250	36.450

EINSPARUNGEN PRO JAHR

Liter Diesel	Kosten (€)	CO ₂ (kg)
1.642.500	2.463.750	4.434.750
3.285.000	4.927.500	8.869.500
4.927.500	7.391.250	13.304.250

EINSPARUNGEN ÜBER EINE 30JÄHRIGE LEBENSZEIT DER STRASSE

Liter Diesel	Kosten (€)	CO ₂ (kg)
49.275.000	73.912.500	133.042.500
98.550.000	147.825.000	266.085.000
147.825.000	221.737.500	399.127.500

Mit anderen Worten: jeder km Betonstraße anstelle einer flexiblen Straßendecke kann die CO₂-Emission auf Grund des Kraftstoffverbrauchs über die 30-jährige Lebenszeit um 1.000 bis 4.000 Tonnen verringern!

EINSPARUNGEN PRO TRANSPORTUNTERNEHMEN

Man kann dies auch aus der Sicht eines nationalen oder internationalen Transportunternehmens betrachten. Unter Berücksichtigung der Tatsache, dass Lastkraftwagen zu mindestens 80 % auf flexiblen Straßendecken fahren, zeigt die folgende Tabelle das Einsparpotenzial für Unternehmen mit 1 bis 1.000 betriebenen Lastkraftwagen auf.



TRANSPORTUNTERNEHMEN

Anzahl LKW	km/Jahr/ LKW	gesamt km/ Jahr	Kraftstoffein- sparung l/100 km	Dieselpreis €/l	CO ₂ kg/l	EINSPARUNGEN PRO JAHR		
						Liter Diesel	Kosten (€)	CO ₂ (kg)
1	100.000	100.000	0,45	1,5	2,7	450	675	1.215
10	100.000	1.000.000	0,45	1,5	2,7	4.500	6.750	12.150
20	100.000	2.000.000	0,45	1,5	2,7	9.000	13.500	24.300
50	100.000	5.000.000	0,45	1,5	2,7	22.500	33.750	60.750
100	100.000	10.000.000	0,45	1,5	2,7	45.000	67.500	121.500
200	100.000	20.000.000	0,45	1,5	2,7	90.000	135.000	243.000
500	100.000	50.000.000	0,45	1,5	2,7	225.000	337.500	607.500
1.000	100.000	100.000.000	0,45	1,5	2,7	450.000	675.000	1.215.000

FALLSTUDIE – DIE RINGSTRASSE VON ANTWERPEN

Die Ringstraße um Antwerpen (Belgien) wurde zwischen 2004 und 2005 saniert. Nach einem Lebenszyklus-Kostenvergleich und einer Analyse mit mehreren Kriterien wurde beschlossen, den größten Teil in Beton auszuführen, was 4 bis 7 Fahrspuren je Richtungsfahrbahn über ca. 12 km umfasste. Die Straßenbehörden suchten nach einer langlebigen Straßendecke mit minimalem Erhaltungsbedarf, wussten zu dem Zeitpunkt jedoch noch nicht, dass diese Wahl der Gesellschaft Kraftstoff, Geld und Umweltemissionen ersparen würde.

Das durchschnittliche, tägliche Aufkommen an Schwerverkehr liegt bei 14.000 LKW/Tag je Richtungsfahrbahn. Dieser Durchschnittswert wurde an 32 Verkehrszählungspunkten erfasst und beinhaltet Wochenenden und Urlaubszeiten (Daten von 2010). Nur die Lastkraftwagen mit einer Länge von über 6,9 m werden berücksichtigt, um Personenkraftwagen, Kleinlaster und Vans auszuschließen. Diese Lastkraftwagen gehören in der Tat zu einem Szenario, in dem die Verformung der Straßendecke den größten Unterschied im Kraftstoffverbrauch ausmacht.

RINGSTRASSE VON ANTWERPEN

Straßen- kilometer	Anzahl LKW pro Tag	Richtungen	Kraftstoffein- sparung l/100 km	Dieselpreis €/l	CO ₂ kg/l
EINSPARUNGEN PRO TAG					
Liter Diesel	Kosten (€)	CO ₂ (kg)	NO _x (kg)	PM (kg)	HC (kg)
1.512	2.268	4.082	40	0	1
CO(kg)	SO ₂ (kg)				
6	0				
EINSPARUNGEN PRO JAHR					
Liter Diesel	Kosten (€)	CO ₂ (kg)	NO _x (kg)	PM (kg)	HC (kg)
551.880	827.820	1.490.076	14.625	166	386
CO(kg)	SO ₂ (kg)				
2.208	55				
EINSPARUNGEN ÜBER DIE 30-JÄHRIGE LEBENSZEIT DER STRASSE					
Liter Diesel	Kosten (€)	CO ₂ (kg)	NO _x (kg)	PM (kg)	HC (kg)
16.556.400	24.834.600	44.702.280	438.745	4.967	11.589
CO (kg)	SO ₂ (kg)				
66.226	1.656				

Selbst über die geringe Länge von 12 km sind die Einsparungen beträchtlich, wenn man den sehr starken Schwerverkehrsstrom berücksichtigt. Nicht nur CO₂, sondern auch andere schädliche Emissionen wie Stickoxide und Feinstaubpartikel werden wesentlich reduziert.

FALLSTUDIE – STRASSENGÜTERVERKEHR IN EUROPA

Der nationale und internationale Straßen-
güterverkehr in ganz Europa macht ca.
1.878 Milliarden Tonnenkilometer aus
(2006). [9] Nimmt man eine durchschnitt-
liche Fracht von 10 Tonnen an, so beträgt
die Entfernung, die von Lastkraftwagen
abgedeckt wird, 188 Milliarden Kilometern.

Entsprechend den Erkenntnissen
der vorgenannten kanadischen
Forschungsarbeit [11] führt die
Einsparung von 0,45 Liter
Diesel / 100 km zu folgenden
Einsparungen:

- 846 Millionen Liter Diesel
pro Jahr
- 1.269 Millionen Euro pro Jahr
- 2,28 Millionen Tonnen CO₂
pro Jahr

Selbst die kleinsten Unterschiede
im Kraftstoffverbrauch von
0,2 Litern / 100 km führen zu
großen Einsparungen wie folgt:

- 376 Millionen Liter Diesel
pro Jahr
- 564 Millionen Euro pro Jahr
- 1 Million Tonnen CO₂ pro Jahr



Allgemeine Schlussfolgerungen

Der Kraftstoffverbrauch von Personen- und Lastkraftwagen wurde auf der Grundlage verschiedener Parameter untersucht. Von diesen den Kraftstoffverbrauch beeinflussenden Parametern wurde der Straßendeckentyp, insbesondere die Starrheit der Straßendecke, in Forschungsprojekten untersucht.

- Die Studie des National Research Council von Kanada zeigt, dass die Kraftstoffeinsparung auf Betonstraßen verglichen mit Asphaltstraßen bei 0,8 bis 3,9% liegt.
- Bei den Transport Research Laboratories fand man heraus, dass die geringere Verformung der Betondecke zu einer Kraftstoffeinsparung von 1,1% führte.
- Schwedische Forscher zeigten auf, dass es ein großes Potenzial für die Einsparung von Kraftstoff gibt, indem der entsprechende Straßendeckentyp für den Schwerverkehr gewählt wird, wobei der Energieverlust in einer Betondecke vier Mal geringer ist als in einer Asphaltdecke, auf Grund des viskoelastischen Verhaltens dieser Konstruktion.
- Die Forschung des Swedish National Road and Transport Institute wies einen 1,1 bis 6,7% geringeren Kraftstoffverbrauch auf einer Betondecke verglichen mit einer Asphaltdecke auf, was auf die Steifigkeit von Beton zurückzuführen ist.





- Japanische Forscher zeigten für verschiedene, betrachtete Fahrbereiche auf, dass der Kraftstoffverbrauch bei Asphaltdecken 0,8 bis 4,8 % höher ist als bei Betondecken.

- Eine in den USA durchgeführte Untersuchung zeigte, dass die Kraftstoffverbräuche je Entfernungseinheit in Betonabschnitten durchgängig geringer waren (3 bis 17 %), ungeachtet des Testabschnitts, der Fahrweise und der Oberflächenbedingung (trocken oder nass).

- Das Massachusetts Institute of Technology entwickelte ein Modell für die Interaktion Straßendecke – Fahrzeug und zeigte damit auf, dass Asphaltdecken 25 bis 60 % dicker sein müssen, um dieselben Werte im Kraftstoffverbrauch zu erreichen wie Beton.

Alle Studien und Forschungsarbeiten in Bezug auf den Schwerlastverkehr führen zu der Schlussfolgerung, dass der Kraftstoffverbrauch auf Betondecken verglichen mit Asphaltdecken ca. 1 bis 6 % geringer ist.

Ebene Betondecken sind nicht nur die günstigste Option in Bezug auf die Lebenszykluskosten. Sie stellen außerdem eine einfache und effiziente Lösung für die Kohlendioxidreduzierung im Straßengüterverkehr dar.



Referenzen

1. AMOS D. Pavement smoothness and fuel efficiency: an analysis of the economic dimensions of the Missouri Smooth Road Initiative. Prepared for the Missouri Department of Transportation, Dezember 2006
2. ARDEKANI S.A., SUMITSAWAN P. Effect of pavement type on fuel consumption and emissions in city driving. Final research report submitted to the Ready Mixed Concrete Research & Education Foundation by the University of Texas, Arlington, März 2010
3. BENBOW E., IAQUINTA J., LODGE R., WRIGHT A. Investigation of the effects of pavement stiffness on fuel consumption. – Published project report PPR253, Transport Research Laboratory Limited, U.K., Juli 2007
4. European Commission, Climate Action, <http://ec.europa.eu/clima/policies/transport/vehicles>
5. European Road Statistics 2010, European Union Road Federation, Brüssel, 2010
6. HULTQVIST B.-A. Measurements of fuel consumption on an asphalt pavement and a concrete pavement in Sweden, 11th International Symposium on Concrete Roads, Sevilla, Spanien, 2010
7. LENGRENN C.A., FALDNER L. Fuel cost considerations regarding truck rolling resistance on different pavement types, 11. Internationales Symposium zu Betonstraßen, Sevilla, Spanien, 2010
8. MILACHOWSKI C., STENGELT., GEHLEN C. Life cycle assessment for road construction and use, 11th International Symposium on Concrete Roads, Sevilla, Spanien, 2010
9. Road Freight Transport Vademecum, European Commission, Directorate General Energy and Transport, März 2009
10. SANTERO N., LOIJOS A., AKBARIAN M., OCHSENDORF J. Methods, Impacts and Opportunities in the Concrete Pavement Life Cycle, Concrete Sustainability Hub, Massachusetts Institute of Technology, August 2011
11. TAYLOR G.W., FARREL P., WOODSIDE A. Effects of pavement structure on vehicle fuel consumption. Phase III – prepared for Natural Resources Canada Action Plan 2000 on Climate Change and Cement Association of Canada by the National Research Council of Canada, Januar 2006
12. YOSHIMOTO T., KAZATO T., HAYAKAWA I. Effect of pavement type on rolling resistance and fuel consumption of heavy-duty vehicles, 11th International Symposium on Concrete Roads, Sevilla, Spanien, 2010
13. WATHNE L. Sustainability opportunities with pavements: are we focusing on the right stuff?, 11th International Symposium on Concrete Roads, Sevilla, Spanien, 2010



Betonstraßen für eine zuverlässige, nachhaltige und klimaverträgliche Infrastruktur

Veröffentlicht von

EUPAVE
European Concrete Paving Association
Vorstlaan 68 Boulevard du Souverain
1170 Brüssel

T +32 2 790 42 06
F +32 2 640 06 70
info@eupave.eu
www.eupave.eu

Dezember 2011

Alle Fotos von L. Rens,
sofern nicht anders angegeben
Titelbild von W. Kramer

Impressum

Übersetzung für den deutschsprachigen Raum BetonMarketing Süd und Betonmarketing Österreich
Fachliche Überarbeitung: DI Otmar Hersel (Deutschland), DI Rolf Werner (BEVBE, Schweiz),
DI Dr. Johannes Steigenberger (VÖZfi, Österreich)

Grafische Bearbeitung: Atelier Simma; Druck: Druckerei Walla Ges.m.b.H

Herausgeber: Zement+Beton Handels- und Werbeges.m.b.H., Reisnerstraße 53, 1030 Wien

April 2012