

2 Gibt es die perfekte Fahrbahndecke? Technologische Chancen und Grenzen

1 Einleitung

Die Straßenkonstruktion wird nach oben hin durch die Fahrbahnoberfläche abgegrenzt. Eigenschaften und Zustand der Deckschichte beeinflussen dabei in hohem Maß die Verkehrssicherheit und den Fahrkomfort der Straßenbenutzer sowie die Umweltbelastung und den Energieverbrauch der Kraftfahrzeuge beim Befahren einer Straße.

Zur sicheren Fortbewegung auf der Straße benötigt ein Fahrzeug einen ausreichenden Kraftschluss zwischen Reifen und Fahrbahn. Über die Radauflandsfläche werden dabei alle Antriebs-, Brems- und Seitenkräfte übertragen. Die Eigenschaften und der Zustand der Oberfläche der Fahrbahndecke sind dabei entscheidend für das Kraftschlussvermögen und damit ein wesentlicher Aspekt für die Verkehrssicherheit der Straße.

Zum Fahrkomfort gehört, dass der Straßenbenutzer keinen unzumutbaren Beschleunigungen und Ruckerscheinungen ausgesetzt wird, wobei hier eine Systemwirkung zwischen der generellen Fahrweise, der gewählten Geschwindigkeit und der geometrischen Linienführung der Straße besteht. Ein Beitrag der Fahrbahndecke zum „komfortablen Fahren“ besteht somit vor allem im Vermeiden von Unebenheiten.

Die Qualität der Oberflächeneigenschaften wird u. a. durch die für die Deckschichte gewählten Baustoffe und Bauverfahren sowie durch die im Betrieb gewählten Erhaltungsmaßnahmen bestimmt. Die Deckeneigenschaften von Straßen sind dabei nicht gleich bleibend (konstant), sondern vielmehr ständigen Veränderungen

durch Einwirkungen aus Verkehr, Klima und Winterdienst unterworfen.

Im Folgenden wird nach einer kurzen Begriffsbestimmung auf jene Oberflächeneigenschaften von Fahrbahndecken eingegangen, die über die Wahl der Baustoffe und Bauweisen beeinflussbar sind. Anschließend werden technologische Chancen, aber auch Grenzen im Hinblick auf eine Optimierung der Oberflächeneigenschaften über baustoff- und bautechnologische Maßnahmen diskutiert.

2 Eigenschaften und Verhalten der Fahrbahnoberfläche

Die Definition der Fahrbahnoberfläche leitet sich aus dem Straßenentwurf ab. Ungewollte und gewollte Gestaltabweichungen von der dabei vorgegebenen geometrisch idealen Fläche werden als Unebenheit und Rauheit bezeichnet. Diese bilden mit der Helligkeit die deckenspezifischen Oberflächeneigenschaften. Aus diesen drei Grundeigenschaften können Eigenschaften wie Griffbarkeit, Befahrbarkeit, Drainagevermögen

sowie lärm- und lichttechnische Eigenschaften abgeleitet werden. Diese abgeleiteten Eigenschaften sind immer im Zusammenhang mit den äußeren Einflüssen wie der Geometrie der Fahrbahnoberfläche, den klimatischen Verhältnissen, den Fahrzeugeigenschaften und der Beleuchtung zu sehen und unterliegen daher einer ständigen Veränderung (Abb. 1).

Aus bautechnologischer Sicht lassen sich die einzelnen Oberflächeneigenschaften jeweils für sich in einen bestmöglichen Zustand bringen, also maximieren oder minimieren. Dabei kann der Fall eintreten, dass ein anderes Zustandsmerkmal ebenfalls verbessert, aber möglicherweise auch verschlechtert wird. So führt beispielsweise die Maximierung der Rauheit zu einer Verbesserung der Griffbarkeit und der Reflexionseigenschaften mit günstigen Auswirkungen insbesondere auf die Verkehrssicherheit. Gleichzeitig resultiert daraus im Allgemeinen eine Zunahme von Rollgeräusch und Rollwiderstand, d. h. eine Verschlechterung der lärm- und fahrtechnischen Eigenschaften, wo-

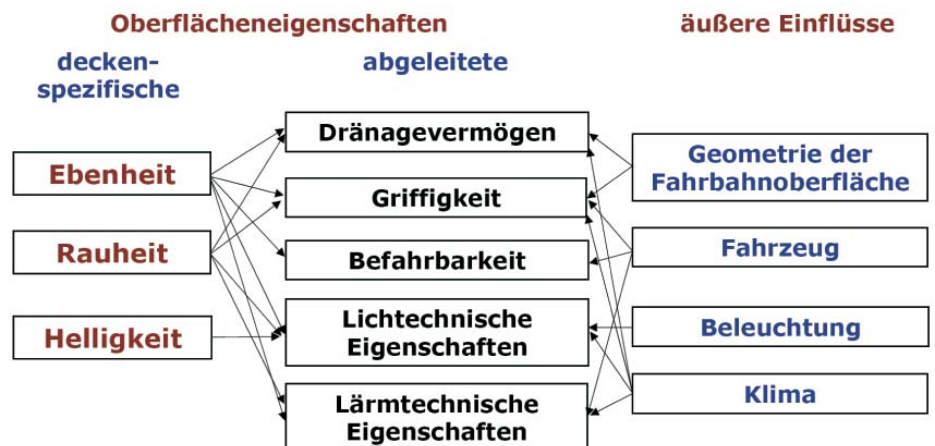


Abb. 1: Zusammenhang zwischen Oberflächeneigenschaften von Straßendecken und äußeren Einflüssen (nach [1])

durch die ökologischen und ökonomischen Aspekte negativ beeinflusst werden.

Daraus folgt, dass die einzelnen Oberflächeneigenschaften einer Fahrbahndecke nicht für sich maximiert oder minimiert werden dürfen, sondern ein unter Beachtung aller Zielgrößen, das sind die Verkehrssicherheit, der Fahrkomfort sowie die Umwelt- und Fahrzeugschonung, günstiger Kompromiss zu finden ist. Dabei sind Gewichtungen der einzelnen Zielgrößen nicht allein aus technischer, sondern v. a. aus gesellschaftspolitischer und volkswirtschaftlicher Sicht vorzunehmen. Aus der so durchgeführte (Be-)Wertung der einzelnen Zielgrößen definiert sich letztlich der „perfekte“, d. h. optimale Zustand einer Straßendecke.

3 Bautechnologisch bedingte Eigenschaften von Fahrbahndecken

Fahrbahndecken befestigter Straßen werden in der Regel entweder aus Beton oder Asphalt hergestellt. Abb. 2 zeigt den Anteil von Beton- und Asphaltstraßendecken auf dem hochrangigen österreichischen Straßennetz (A+S Straßen, Stand 2004).

Mit der Baustoffwahl sind wesentliche Eigenschaften der Fahrbahndecke verbunden, da diese im engen Zusammenhang mit den jeweiligen, sehr unterschiedlichen Stoffeigenschaften stehen. Direkt beeinflusst werden durch die Baustoffwahl das thermische Verhalten und die Reflexions- und Verschleißeigenschaften der Deckschichte. Letztlich entscheidet die Wahl des Baustoffes auch über die möglichen Bau- und Herstellungs-

Fahrbahndecken im österreichischen A + S Netz
Gesamtlänge (Richtungsfahrbahnen): 4.034.5 km

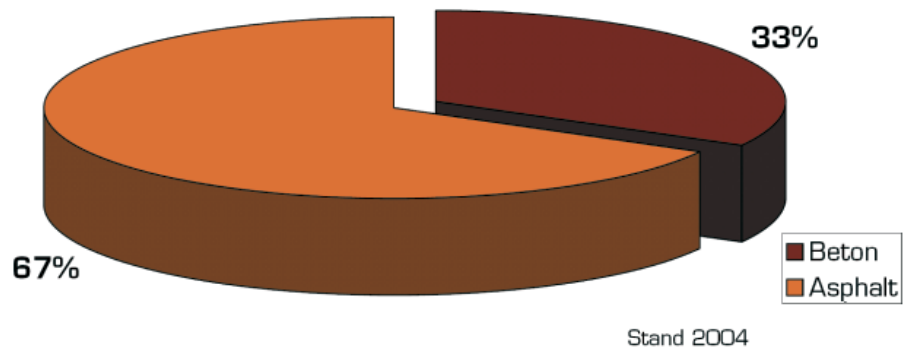


Abb. 2: Anteil an Asphalt- und Betondecken auf Österreichs hochrangigem Straßennetz (Stand 2004)

technologien. Diese beeinflussen wiederum wesentliche Eigenschaften der Straßenoberfläche im Hinblick auf die Fahrbahngeometrie, die Ebenheit und Griffigkeit, das Drainageverhalten sowie die lärmtechnischen Eigenschaften (Abb. 3).

3.1 Asphaltdecken

Asphalt ist als Gemisch aus Gesteinskörnungen, Erdölbitumen und eventuell beigefügten Additiven aus Kunststoffen ein stark thermoviskoser

Baustoff und weist als solcher ein temperatur- und belastungsdauerabhängiges Materialverhalten auf. Ein technologischer Vorteil des viskoelastischen Materialverhaltens von Asphalt im Hinblick auf die Oberflächeneigenschaften liegt in der fugenlosen Bauweise. Ungünstig wirkt sich das Materialverhalten hinsichtlich der Oberflächeneigenschaften dagegen durch die Anfälligkeit auf Ausbildung von thermischen Verformungen (Spurrinnenbildung) und Rissen aus.

Abb. 3: Einfluss der Baustoffauswahl auf die Eigenschaften der Fahrbahndecken

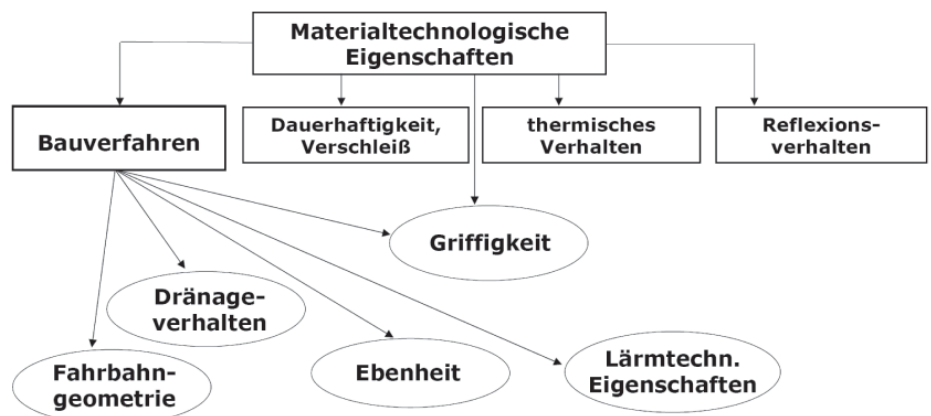




Abb. 4: Bewährte Asphalte für Fahrbahndeckschichten (Beispiele, Fotos ISTU)

Die Zusammensetzung von technischen Asphalten für Deckschichten im Straßenbau ist sehr unterschiedlich und reicht von hohlraumfreiem Gussasphalt bis zum Dränasphalt mit einem Hohlraumgehalt von 18 bis 25 %. Abhängig vom gewählten Asphalttyp lassen sich dadurch sehr verschiedene Oberflächeneigenschaften erzielen. Abb. 4 gibt einen Überblick über bewährte bituminöse Deckschichtarten.

3.2 Betondecken

Betondecken zeichnen sich durch gleich bleibende Festigkeitseigenschaften aus. Betone, die im Straßenbau verwendet werden, müssen eine hohe Verformungs- und Verschleißfestigkeit aufweisen. Dies ermöglicht eine lange Gebrauchsdauer. Die Baustoffeigenschaften des jungen Betons erfordern allerdings die Anordnung von Längs- und Quertiefen, welche die Oberflächeneigenschaften in Bezug auf die Ebenheit und das lärmtechnische Verhalten beeinflussen.

Bei der Herstellung von Betondecken entsteht an der Oberfläche durch das vibrierende Verdichten beim Einbau eine Mörtelschicht, die einen hohen

Mehlkornanteil, bestehend aus Zement und Feinstoffen des Zuschlages, aufweist (Abb. 5).

Im unbehandelten Zustand bestimmt der Oberflächenmörtel die Rauheit der Decke und wirkt sich so u. a. ungünstig auf die Griffigkeit aus. Deshalb wird die frische Betondecke zur Herstellung einer Oberflächentextur üblicherweise nachbehandelt. Dies kann durch Abziehen der geglätteten Betonoberfläche mit einem Jutetuch oder einem Stahlbesen erfolgen. Häufig wird der Oberflächenmörtel durch geeignete Verfahren ausgebürstet, wobei die groben Zuschläge in der oberflächennahen Zone freigelegt werden und eine so genannte Waschbetonoberfläche entsteht. Abb. 6 gibt einen Überblick über bewährte Oberflächenausbildungen von Betondecken.

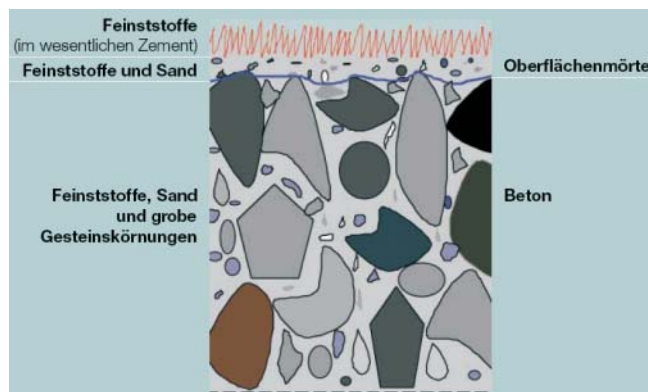


Abb. 5: Die oberflächennahen Zonen der Betondecke nach der Herstellung (nach [8])



Abb. 6: Oberflächenausbildungen von Betondecken (Fotos ISTU)

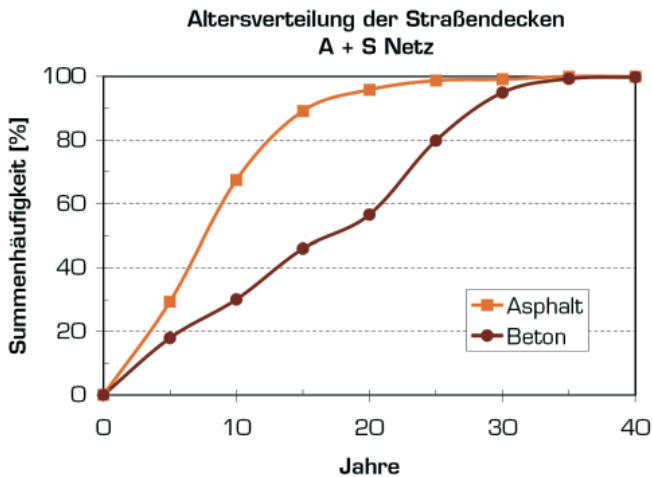


Abb. 7: Altersverteilung (Summenhäufigkeit) der Straßendecken im österreichischen A+S Straßennetz (Datenstand 2004)

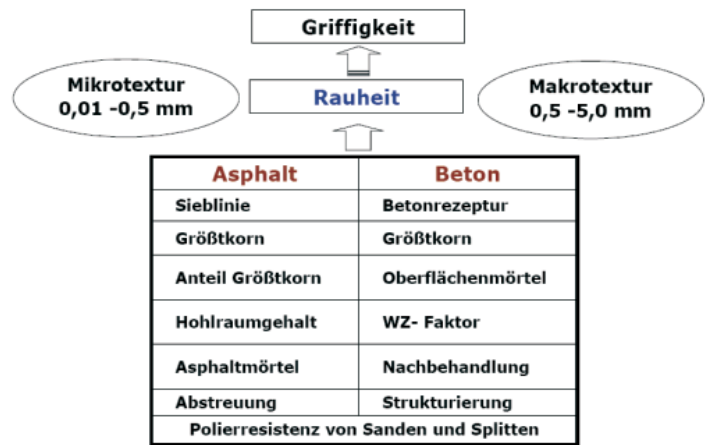


Abb. 8: Material- und bautechnische Einflüsse auf die Griffigkeit von Fahrbahndecken (nach [1])

3.3 Baustoff- und herstellungsbedingte Unterschiede zwischen Beton- u. Asphaltdeckschichten

3.3.1 Lebensdauer

Aufgrund der Baustoffeigenschaften von Beton weisen Betondecken speziell bei hoher Verkehrsbelastung eine längere Lebensdauer als Asphaltbefestigungen auf. Diesem Umstand wird auch bei der Dimensionierung der Straßenbefestigungen Rechnung getragen. Betondecken werden auf eine theoretische Lebensdauer von 30 Jahren bemessen. Bei Asphaltkonstruktionen geht man in Hinblick auf deren strukturelle Lebensdauer in der Regel von einem 20-jährigen Bemessungszeitraum aus. Innerhalb dieser Lebensdauer treten bei Asphaltstraßen bei hohen Verkehrsbelastungen häufig Spurrinnenbildungen auf, die innerhalb des Bemessungszeitraums eine Deckensanierung notwendig machen.

Dieser Umstand spiegelt sich auch sehr deutlich in der Altersverteilung der Fahrbahndeckschichten am österreichischen hochrangigen A+S Straßennetz wider. Abb. 8 zeigt die

Altersverteilung der Straßendecken als Summenhäufigkeit. Im Mittel liegt das Alter der Betondecken beim A+S Straßennetz bei 16,7 Jahren und ist somit fast doppelt so hoch wie das mittlere Alter der Asphaltdeckschichten von 8,7 Jahren.

3.3.2 Griffigkeit

Für die Griffigkeit als für die Verkehrssicherheit wesentliche Eigenschaft der Fahrbahnoberfläche sind die Mikro- und Makrotexture von entscheidender Bedeutung. Die material- und bautechnischen Einflüsse auf die Griffigkeit von Beton- und Asphaltdecken

sind in der Abb. 8 dargestellt. Demnach lassen sich griffigkeitsrelevante Oberflächeneigenschaften durch eine Vielzahl von material- und bautechnischen Maßnahmen sowohl bei Beton- als auch bei Asphaltdeckschichten erzielen.

In Österreich erfolgt die Griffigkeitsmessung mit dem Stuttgarter Reibungsmesser (System RoadSTAR) [2]. Die kennzeichnende Größe für die Fahrbahngriffigkeit ist dabei der Reibungsbeiwert μ , der bei ange-nässter Oberfläche in der Radspur gemessen wird. Abb. 9 zeigt die Verteilung der 90 %-Fraktilewerte der

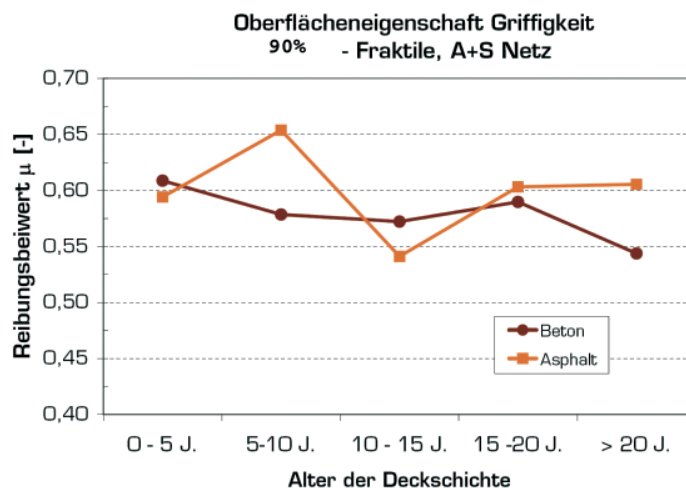


Abb. 9: 90%-Fraktilewerte der gemessenen Reibungsbeiwerte in Abhängigkeit vom Alter der Deckschichte im österreichischen A+S Straßennetz (Messkampagne 2004)

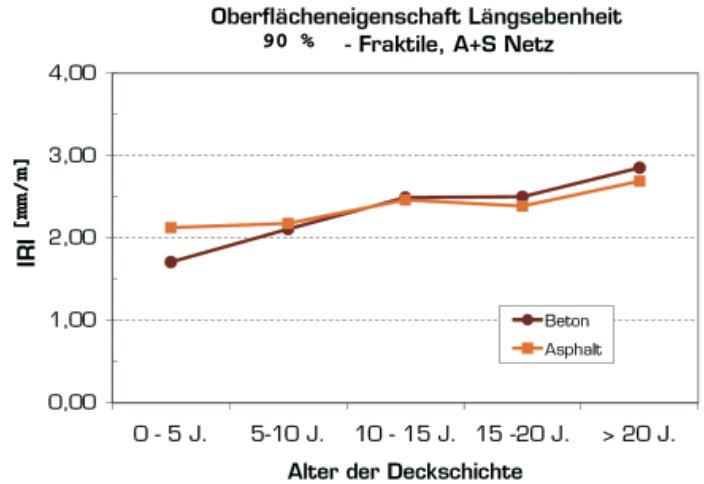
am österreichischen A+S Straßennetz gemessenen Reibungsbeiwerte für Asphalt- und Betondecken in Abhängigkeit von deren Alter (Messkampagne 2004).

Die Auswertung der Griffigkeitsverläufe bei Beton- und Asphaltdecken zeigt ein sehr ähnliches Mindestniveau der Anfangsgriffigkeit in den ersten fünf Jahren der Liegedauer. Dann kommt es bei Asphaltdecken zu einem signifikanten Anstieg der 90%-Fraktile der Griffigkeitswerte bis zu einer Liegedauer von 10 Jahren mit einem ebenso starken Abfall bei Decken mit einem Alter von 10 bis 15 Jahren. Die wenigen über 15 Jahre alten Asphaltdeckschichten weisen insgesamt jedoch wieder ein deutlich besseres (Mindest-)Griffigkeitsniveau auf. Bei Betondecken sinkt das untere Griffigkeitsniveau nach den ersten fünf Jahren etwas und bleibt dann aber sehr konstant bzw. steigt bei älteren Decken sogar leicht wieder an. Bei Decken mit Liegdauern über 20 Jahren, die mit keiner modernen Oberflächentextur ausgeführt wurden und bei welchen die Beanspruchung mit Spikereifen noch von Bedeutung war, ist die Griffigkeit dann deutlich niedriger.

3.3.3 Ebenheit

Hinsichtlich der Ebenheit von Straßendecken ist zwischen Längs- und Querebenheit zu unterscheiden. Die Entstehung von Unebenheiten an der Fahrbahnoberfläche hängt von der Qualität bei der Herstellung und vom durch die Baustoffwahl bedingten unterschiedlichen Verformungsverhalten der Fahrbahndecken ab. Plastische Verformungen in Längs- und Querebenheit treten bei neuen Straßen-

Abb. 10: 90%-Fraktilenwerte der gemessenen IRI-Werte in Abhängigkeit vom Alter der Deckschichte im österreichischen A+S Straßennetz (Messkampagne 2004)



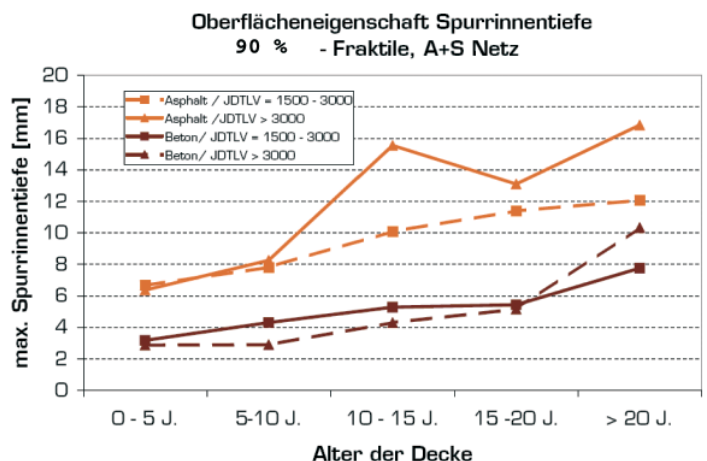
decken wegen des viskoelastischen Baustoffverhaltens nur bei bituminösen Straßenkonstruktionen in Erscheinung. Bei starren Betondecken zeigen sich Unebenheiten hingegen in Form von Hebungen, Senkungen oder Brüchen einzelner Platten.

Als Beurteilungsgröße für die Längsebenheit eines Straßenabschnittes kann aus der in Österreich mit dem System RoadSTAR durchgeführten messtechnischen Straßenzustandserfassung [2] der so genannte IRI- (International Roughness Index)-Wert ermittelt werden. Dieser errechnet sich aus der Reaktion eines schwingenden, mechanisch idealisierten Fahrzeug-Masse-Systems beim

Überfahren der gemessenen Längsebenheiten. Je niedriger der IRI-Wert liegt, umso fahrzeug- und oberbauschonender ist die Fahrbahnoberfläche. Abb. 10 zeigt die Häufigkeitsverteilung (Summenhäufigkeit) der im österreichischen A+S Straßennetz gemessenen IRI-Werte (Messkampagne 2004) für Asphalt- und Betondecken in Abhängigkeit von der Liegedauer.

Für Asphaltdecken liegt die 90%-Fraktile der gemessenen IRI-Werte anfänglich etwas über jenen von Betondecken. Für Decken mit mehr als fünf Jahren Liegedauer ist der Verlauf der 90%-Fraktilenwerte bei Beton- und Asphaltfahrbahnen dann annähernd gleich. Anzumerken ist dabei,

Abb. 11: 90%-Fraktilenwerte der gemessenen maximalen Spurrinnentiefen in Abhängigkeit vom Alter der Deckschichte und der Verkehrsstärke im A+S Straßennetz (Messkampagne 2004)



dass beim IRI-Wert die bei Betondecken aufgrund der Querfugen auftretenden regelmäßigen Unebenheiten nicht maßgeblich einfließen.

Die Fahrbahnunebenheiten im Querprofil werden in Österreich mit dem System RoadSTAR messtechnisch erfasst. Dabei werden die Abweichungen unter einer 2-m-Messlatte ausgewertet und jeweils über einen Abschnitt von 50 m gemittelt [2]. Aus der maximalen Abweichung von der Messlatte ergibt sich die maßgebliche Spurrinnentiefe. Die 90%-Fraktilewerte der im österreichischen A+S Straßennetz gemessenen Spurrinnentiefen (Messkampagne 2004) werden getrennt für Asphalt- und Betondecken in der Abb. 11 in Abhängigkeit von der Liegedauer und der Verkehrsbelastung dargestellt.

Die Entwicklung der Spurrinnen an der Fahrbahnoberfläche zeigt deutlich die Auswirkungen der unterschiedlichen Baustoffeigenschaften. Bei Fahrbahndecken aus Asphalt liegt die 90 %-Fraktile der gemessenen Spurrinnentiefen bei Decken unter fünf Jahren relativ unabhängig von der Verkehrsbelastung bereits bei 6,5 mm und entwickelt sich dann verkehrsstärkenabhängig für Decken zwischen 5 bis 10 Jahren auf über 15 mm bei Streckenabschnitten mit einem JDTLV von über 3.000 Lkw/24h. Zu diesem Zeitpunkt muss meist eine Erneuerung jener Asphaltdecken erfolgen, bei denen sich zu starke plastische Verformungen im Querprofil entwickelt haben.

Auch Betondecken unterliegen einem Verschleiß, weshalb es trotz der hohen Festigkeiten des Betons zu einer mit dem Alter der Decke einhergehenden Zunahme der gemessenen

Spurrinnentiefen kommt. Die Werte liegen aber deutlich unter jenen von Asphaltdeckschichten. Weiters zeigte sich bei Betondecken bei den Auswertungen keine so signifikante Abhängigkeit der Spurrinnentiefe von der Verkehrsstärke.

3.3.4 Lärmtechnische Eigenschaften

Lärmbelästigung infolge von Schallimmission durch den Straßenverkehr zählt zu den größten Beschwerdeträgern in der Bevölkerung. Dementsprechende Bedeutung kommt den lärmtechnischen Eigenschaften einer Straßenoberfläche zu. Diese kann durch Rollgeräuschmessungen über den LMA-Wert ermittelt werden, wobei die Schallemission eines auf der Fahrbahn abrollenden Rades unter standardisierten Bedingungen messtechnisch erfasst wird.

Im Rahmen eines am Institut durchgeführten EU-Projektes [3] wurden im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie (BMVIT) u. a. Rollgeräuschmessungen an verschiedenen Fahrbahndecken unterschiedlichen Alters durchgeführt. Die Messergebnisse sind in der Abb. 12 zusammenfassend dargestellt.

Die lärmtechnischen Messungen bestätigen die günstigen, lärmindernden Eigenschaften von Asphalttypen mit Monokorngerüst (LDDH 8, DA 11), die aber beim Dränasphalt als Folge der Verstopfung der Hohlräume mit der Liegedauer rasch abnehmen. Bei Betondecken mit Waschbetonoberflächen zeigen sich dagegen über die Jahre gleich bleibend günstige LMA-Pegelverläufe.

3.3.5 Thermophysikalische Eigenschaften und optisches Reflexionsverhalten

Die Oberflächentemperatur einer Straße ist eine wichtige Einflussgröße auf die Flächeneigenschaften. Die Erwärmung der Straßenoberfläche wird durch das Reflexionsvermögen oder Albedo der jeweiligen Deckschicht maßgeblich mitbestimmt. Nach [4] sind die Albedowerte von Beton- und Asphaltdecken sehr unterschiedlich, siehe dazu Tab. 1. Weil helle Oberflächen einen größeren Anteil an kurzweiliger Strahlung reflektieren als dunkle, heizen sie sich auch weniger auf. So ergeben sich z. B. bei hellen Betonoberflächen geringere thermisch bedingte Spannungen als bei dunklen.

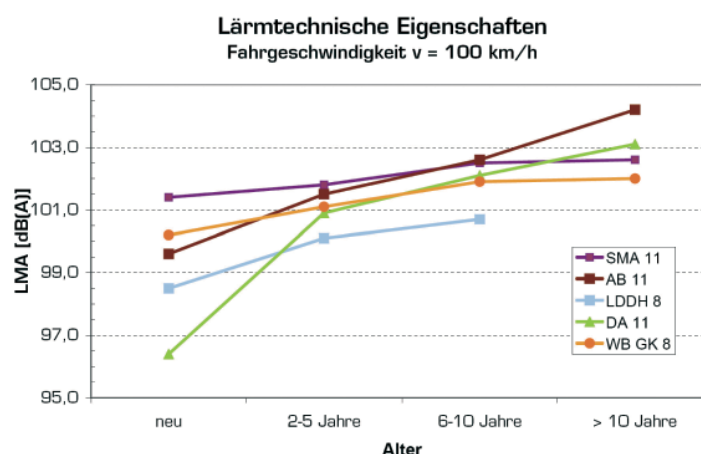


Abb. 12: Ergebnisse der Rollgeräuschmessungen an Straßen-deckschichten mit unterschiedlichem Alter (nach [3])

Tab. 1: Albedowerte unterschiedlicher Fahrbahndecken (nach [4])

Deckentype	Albedowert	
	Min.	Max.
Asphalt, neu	6,8 %	11,6 %
Asphalt, alt	13,1 %	25,3 %
Beton	17,2 %	30,2 %

Straßendecken aus Beton und Asphalt können weiters sehr unterschiedliche Leuchtdichten aufweisen, dies aber nicht nur aufgrund der unterschiedlichen materialspezifischen Eigenschaften. Hier spielen auch die klimatischen und verkehrlichen Randbedingungen eine wesentliche Rolle. Typische Leuchtdichtewerte sind daher auch nur schwer anzugeben [5]. Neben der Art der Straßendeckenschicht sind jedenfalls auch der Alterszustand und der Befahrenheitsgrad maßgeblich für die Sichtbedingungen bei unterschiedlichen Witterungsverhältnissen.

4 Optimierungsmöglichkeiten und technologische Chancen

4.1 Gewichtung der Zielgrößen

Im Maßnahmenkatalog des österreichischen Verkehrssicherheitsprogramms 2005-2010 [6] sind die messtechnische Erfassung und die Definition von Qualitätsanforderungen an die Oberflächeneigenschaften von Fahrbahnbelägen enthalten. Damit wird die Verkehrssicherheit als primäre Zielgröße der Optimierung festgeschrieben. Des Weiteren wurden bereits in einer Dienstanweisung des damaligen Bundesministeriums für wirtschaftliche Angelegenheiten aus 1999 [7] Immissionsgrenzwerte an

hochrangigen Straßen für die zulässige Lärmbelastigung der Bevölkerung festgelegt. Ein Bundesumgebungs-lärmschutzgesetz zur Planung von Lärminderungsmaßnahmen als nationale Umsetzung der europäischen Richtlinie 2002/49/EK über die Bewertung und Bekämpfung von Umgebungslärm ist mit Juli 2005 in Kraft getreten. Damit steht die Optimierung der lärmtechnischen Eigenschaften von Fahrbahndecken als weitere Zielgröße im Vordergrund.

Die Aufgabe, eine angemessene Griffigkeit bei Nässe als Beitrag zu einer hohen Verkehrssicherheit und gleichzeitig eine möglichst geringe Emission infolge von Reifen-Fahrbahn-Geräuschen zu erzielen, läuft auf eine Optimierung der Textur hinaus.

4.2 Optimierungsmöglichkeiten

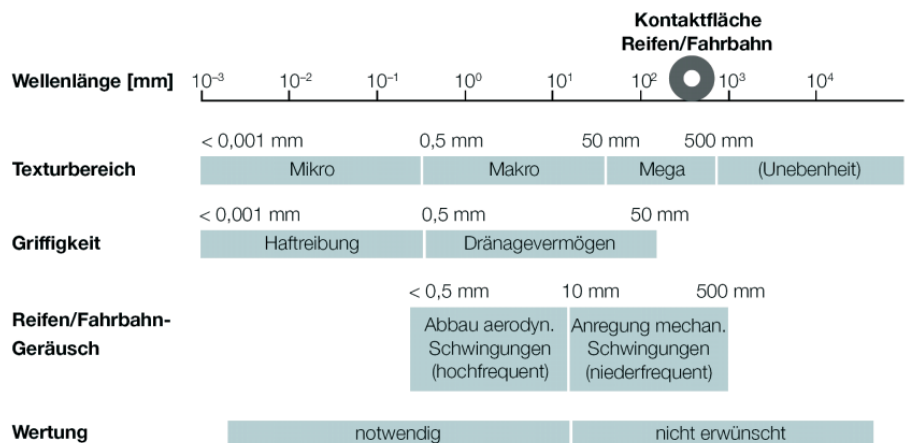
Die Fahrbahnoberfläche weist in Längsrichtung Abweichungen von der idealen Geraden auf, die als Wellen unterschiedlicher Länge und Amplitude betrachtet werden können. Das entsprechende Wellenlängen-

spektrum umfasst dabei neun Dekaden (Abb. 13). Die Auswirkungen der verschiedenen Wellenlängenbereiche auf die Oberflächeneigenschaften der Fahrbahndecke sind daher sehr unterschiedlich.

Zum Erreichen einer guten Griffigkeit ist ein ausgewogenes Verhältnis von Makro- zu Mikrotextrur erforderlich. Die Makrotextrur kommt insbesondere bei höheren Fahrgeschwindigkeiten zur Wirkung, indem sie das Reifenprofil beim Abführen des Wassers aus der Kontaktfläche Reifen-Fahrbahn unterstützt. Die Mikrotextrur ermöglicht es dem Reifen, den dünnen Wasserfilm, der nach dem Verdrängen der Hauptmenge des Oberflächenwassers verbleibt, zu durchbrechen. Dabei entstehen in den Berührungsfächen mit dem Reifen quasi trockene Oberflächenelemente, die die Antriebs-, Brems- und Seitenführungskräfte des Fahrzeugs aufnehmen können.

Die Zusammenhänge zwischen der Oberflächentextur und der Reifenkonstruktion einerseits und dem Reifen-

Abb. 13: Wellenlängenspektrum der Straßenoberfläche (nach [8])



Fahrbahn-Geräusch andererseits sind sehr komplex und noch nicht vollständig erforscht. Folgende Grundsätze für geräuscharme Fahrbahnen mit guter Griffigkeit lassen sich bisher ableiten [9]:

- Etwa im Wellenlängenbereich von 10 mm bis 500 mm nimmt mit wachsender Amplitude das Rollgeräusch, vornehmlich im Frequenzbereich unter 1000 Hz, infolge mechanischer Schallanregung am Reifen erheblich zu. Die Textur darf deshalb in diesem Bereich nur so gering wie möglich ausgeprägt sein.
- Etwa im Wellenlängenbereich von 0,5 mm bis 10 mm nimmt das Rollgeräusch, vornehmlich bei hohen Frequenzen (> 1.000 Hz), mit der Amplitude ab, da aerodynamische Schallanregungen infolge besserer Entlüftung des Reifenprofils reduziert werden.
- Im Mikrotexturbereich (Wellenlänge < 0,5 mm) nimmt bei sehr glatten/polierten Oberflächen die Adhäsion zwischen Reifen und Fahrbahn zu. Dabei entstehen hochfrequente Geräusche.

Dies bedeutet für die moderne Deckenbautechnik, dass Oberflächen mit geringer Makro- und Megatextur anzustreben sind. Dabei muss allerdings das Luftdränagevermögen ausreichend groß sein, damit aerodynamische Schallemissionen in der Kontaktfläche möglichst vermieden werden. 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



Abb. 14: Beispiel für eine stark lärmindernde Dränbetonoberfläche

„Spitzen und Tälern“ [9]. Daher müssen dichte Betondecken einer neuen „leiseren“ Generation derartig ausgeführt werden, dass die Gesteinskörner eine planebene Oberfläche ohne herausragende Spitzen bilden.

4.3 Bautechnologische Ansätze

Grundsätzlich stehen verschiedene Möglichkeiten zur Verfügung, „dichte“ Betondecken mit einer anforderungsgerechten Textur zu versehen.

Vor dem Erhärten durch:

- Strukturieren des Oberflächenmörtels
- Entfernen des Oberflächenmörtels
- Herstellen einer Waschbetonoberfläche.

Nach Erhärtung durch:

- Schleifen oder Fräsen
- Beschichten.

In der Regel erhält die Betondecke im frischen Zustand durch Strukturierung des Oberflächenmörtels z. B. mittels Besenstrich oder Jutetuch eine geeignete Textur. Die anfangs vorhandene Struktur nutzt sich je nach Festigkeit des Zementsteins und der Verkehrsbeanspruchung ab. Der Sand des Oberflächenmörtels gewinnt entsprechend an Einfluss auf die Griffigkeit. Daher

sind im Oberbeton polierresistente Sande für eine gute Griffigkeit in dieser Phase erforderlich. Erst wenn der Oberflächenmörtel abgefahren bzw. abgewittert ist, wird die eigentliche Betonzusammensetzung mit den groben Gesteinskörnungen maßgebend für die Textur und damit für die Griffigkeit und die Geräuschemission. Da dieser Oberflächenzustand über die weitere Gebrauchsdauer maßgeblich bleibt, sollten die groben Gesteinskörnungen neben einer hohen Oberflächenrauheit eine hohe Polierresistenz aufweisen.

Beim Waschbeton wird die Makrotextur durch die erzielte Ausbürsttiefe bestimmt, die Mikrotextur muss am Anfang und langfristig durch die Schärfe und die Polierresistenz des freigelegten Splittkorns gewährleistet werden.

Verfahren nach dem Aushärten des Betons wie Schleifen oder Fräsen können die Griffigkeit einer Betondecke verbessern und Welligkeiten, die mechanische Schallanregungen an Reifen hervorrufen, reduzieren.

Günstige lärmtechnische Eigenschaften von befahrenen Oberflächen können speziell durch Dränbetone erzielt werden. Abb. 14 zeigt eine typische Dränbetonoberfläche.

Mithilfe von geeigneten Betonrezepturen soll es möglich werden, Hohl-

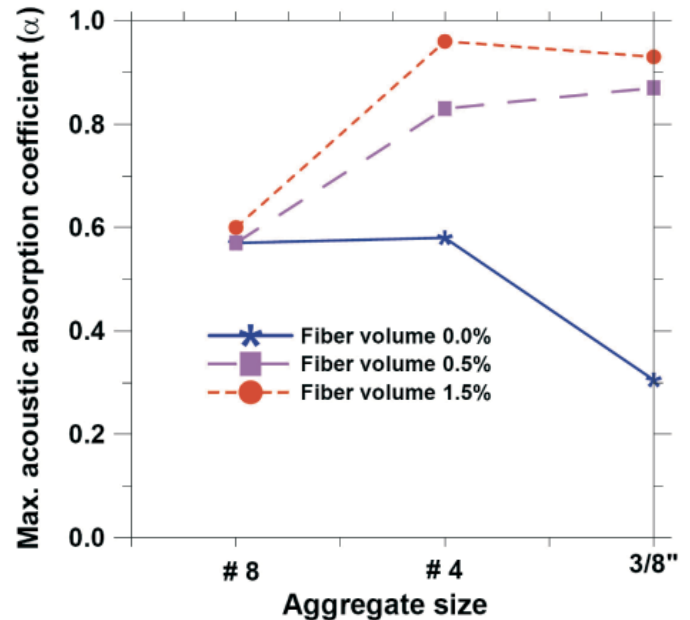
raumgehalte von 25 bis 30 % und damit noch günstigere lärmindernde Eigenschaften als bei offenporigen Asphalten zu erreichen. Durch Zugabe von geeigneten Additiven wie z. B. Polypropylenfasern kann eine Steigerung der Duktilität und der Verarbeitbarkeit von Dränbetonen bei gleichzeitig höherer Festigkeit erzielt werden. Zusätzlich konnte in jüngsten Untersuchungen nachgewiesen werden, dass sich durch die Zugabe von Fasern das akustische Absorptionsvermögen des Dränbetons deutlich verbessert lässt [10] (siehe Abb. 15).

4.4 Innovative Bauweisen

Neben den bewährten Standardbauweisen mit dichten Betondecken, bei denen vor allem die Schaffung einer dauerhaften, hinsichtlich Lärminderung und Griffigkeit optimierten Oberflächentextur im Vordergrund steht, sind derzeit innovative Bauweisen mit offenporigen Betondecken im Entwicklungs- und Versuchsstadium. Erste Teststrecken mit Dränbetondeckschichten gibt es in Deutschland, den Niederlanden, Frankreich und den USA.

Der Dränbeton wird in der Regel als Oberbeton einer zweilagigen Betondecke aufgebracht. Es wird nicht frisch auf frisch eingebaut, der Verbund der Lagen wird durch Applikation einer Haftbrücke erzielt. Fugen werden nur im Unterbeton geschnitten. Die Fugen müssen mit einer geeigneten Vergussmasse verschlossen werden, damit die Haftbrücke nicht in den Schnitt einfließen kann. Der Dränbeton selbst darf nicht geschnitten werden, da dabei die Gefahr des Ausbrechens von Zuschlagskörnern am Fugenrand besteht. Zu erwarten

Abb. 15: Akustischer Absorptionskoeffizient, Mischung #8: Korngrößen 2,36-4,75 mm, Mischung #4: Korngrößen 4,75-9,5 mm und Mischung 3/8": Korngrößen 9,5-12,5 mm [10]



ist deshalb ein Durchschlagen der Fugen in der Dränbetondeckschichte unter Ausbildung kleiner querverlaufender Risse. Abb. 16 zeigt schematisch die Ausbildung einer zweilagigen Betondecke mit Dränbeton.

Es wird erwartet, dass die Verschmutzung von Dränbetonen während der Betriebsphase ein geringeres Problem als bei Dränasphalten darstellt. Hier liegen aber noch keine Langzeiterfahrungen vor. Wie bei allen offenporigen Deckenbauweisen muss aber

auch beim Dränbeton mit erhöhtem Aufwand beim Winterdienst gerechnet werden.

5 Zusammenfassung und Resümee

Die verkehrlichen, ökologischen und volkswirtschaftlichen Auswirkungen der aktuellen Oberflächeneigenschaften von Straßen sind erheblich und stellen daher eine wesentliche Eingangs- und Steuergröße bei der Wahl

Dränbeton

Haftbrücke

Unterbeton



Abb. 16: Zweilagige Betondecke mit Dränbetondeckschichte (Schema) [11]

der Fahrbahndecke und beim Management der Straßenerhaltung dar. Bautechnologisch lassen sich nicht alle maßgeblichen Oberflächeneigenschaften, wie Griffigkeit, Ebenheit und lärmtechnische Eigenschaften, gleichermaßen optimieren. Aufgrund von gesellschaftspolitischen und volkswirtschaftlichen Ansätzen stehen dabei als Zielgrößen eine Maximierung der Verkehrssicherheit und die Minimierung der Lärmemissionen im Vordergrund. Unter diesen Vorgaben hat die bautechnologische Optimierung und Auswahl der für die jeweiligen verkehrlichen und klimatischen Rahmenbedingungen wirtschaftlichsten Fahrbahnkonstruktion zu erfolgen.

Zur Auswahl stehen unterschiedliche Deckentypen aus Beton oder Asphalt. Mit der Wahl des Baustoffes und des Deckentyps sind dabei wesentliche herstellungstechnische Erfordernisse und betriebliche Eigenschaften der Fahrbahndecke verbunden. Diese beziehen sich vor allem auf die technische Gebrauchsdauer wie auch auf die Griffigkeits- und Ebenheitsentwicklung über die Gebrauchsdauer. Die unterschiedlichen Eigenschaften und das Langzeitverhalten können dabei anhand von Maßzahlen konkret quantifiziert werden.

Als Beitrag zu einer hohen Verkehrssicherheit durch eine verbesserte Griffigkeit bei möglichst günstigen lärmtechnischen Eigenschaften für möglichst geringe Emissionen werden aus bautechnologischer Sicht die zukünftigen Entwicklungsschwerpunkte bei dichten Fahrbahndecken aus Beton bei der weiteren Verbesserung des maschinellen Einbaus, der Erhöhung der Wirksamkeit und Stabilität der Textur sowie der Optimierung der

Waschbetonoberfläche liegen. Des Weiteren sind innovative Bauweisen mit offenporigen Betondecken im Entwicklungs- und Erprobungsstadium. Hier liegen die zukünftigen technologischen Herausforderungen in der Erstellung entsprechender Betonrezepturen und auch in der Entwicklung des Einbaus auf erhärteten Beton- oder eventuell auch Asphaltsschichten.

Danksagung

Die Zustands- und Oberbaudaten des österreichischen hochrangigen A+S Straßennetzes wurden dankenswerterweise von der österreichischen ASFINAG zur Verfügung gestellt. Die lärmtechnischen Messungen an unterschiedlichen Fahrbahndecken wurden vom Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie aus Mitteln der Straßenforschung finanziert.

Literatur

- [1] Hiersche, E.-U.: Optimierung von Oberflächeneigenschaften von Straßen. Straße und Autobahn, Heft 5/1985, pp. 186–193.
- [2] Österreichische Forschungsgesellschaft Straße und Verkehr RVS 11.066/Mkbl.: Prüfverfahren, Feldprüfungen (2004).
- [3] Litzka, J. und Haberl, J.: Bewertung der Nahfeld-Geräuschemission österreichischer Fahrbahndeckschichten. Straßenforschung, Projekt Nr. 3.292 im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie, Schlussbericht, Institut für Straßenbau und Straßenerhaltung der TU Wien, 2005.
- [4] Nefzger, H. und Karpot, A.: Einfluss von Strahlung und Mikroklima auf Straßenwetterprognosen. Schriftenreihe Straßenforschung, Heft 466, Bundesministerium für wirtschaftliche Angelegenheiten, Wien, 1997.
- [5] Wördenweber, B.: Mensch im Verkehr, Einführung in die Lichttechnik. Seminarunterlagen, Universität Paderborn, 2004
- [6] Österreichisches Verkehrssicherheitsprogramm 2002-2010. Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, Stand 2004.
- [7] Bundesministerium für wirtschaftliche Angelegenheiten: Dienstanweisung Lärmschutz an Bundesstraßen, Zahl 890.040/2-VI/14a/99, Dezember 1999.
- [8] Huschek, S.: Zur Optimierung der Oberflächeneigenschaften von Betonfahrbahnen. Straße und Autobahn, Heft 1/1990, pp. 22-27.
- [9] Beckenbauer, T und Spiegler, P.: Einfluss der Fahrbahntextur auf das Reifen-Fahrbahn-Geräusch. Forschungsbericht 3.293, Bundesministerium für Verkehr, Bonn, 2001.
- [10] Marolf, A.; Neithalath, N.; Sell, E.; Weiss, J and Olek, J.: (2003), "Influence of aggregate size and gradation on the acoustic absorption of enhanced porosity concrete", ACI Mat. J. (accepted for publication).
- [11] Lärmarme Reifen und geräuschkindernde Fahrbahnbeläge. Landesanstalt für Umweltschutz, Baden-Württemberg, Referat 33, Karlsruhe, 2004.