

Nachhaltiger Asphalteinbau am Beispiel schwedischer Flughafenprojekte

# Langzeitstudie zur Wirkung von Haftverbesserern

Alfred Nehrings, Düren



Bild 1: Vorbereitung zur Entnahme der Bohrkerne im Jahre 2008 nach 16 Jahren Liegezeit

Das Thema „Haftung zwischen Bitumen und Gestein“ ist hinlänglich bekannt und es ist vielfach beschrieben bzw. dazu berichtet worden [1]. Ein Ende der Diskussion ist vorerst nicht abzusehen, denn der Einsatz von Haftverbesserern auf Straßen mit höherer Verkehrsbelastung wird in Deutschland immer häufiger gefordert, hat sich jedoch noch nicht allgemein durchgesetzt.

Hauptsächlich in Thüringen wird wegen der bekannten Affinitätsprobleme zwischen Gestein und Bitumen der Zusatz eines Haftverbesserers für Asphalttrag-, Asphaltbinder- und Asphaltdeckschichten (in Abhängigkeit der Ergebnisse des Rolling Bottle Testes) verbindlich vorgeschrieben.

Qualitätsprobleme waren und sind jedoch nicht nur auf den Raum Thüringen beschränkt und auch nicht immer zwangsläufig ausschließlich auf Affinitätsprobleme zurückzuführen: Hans Schmidt [2] hat im Februar 2010 in Berchtesgaden im Rahmen seines Berichtes aus der Ar-

beitsgruppe Asphalttechnik über Qualitätsprobleme bezüglich der Dauerhaftigkeit von Asphaltbefestigungen berichtet: bereits nach kurzen Nutzungsdauern sind auf verschiedenen Strecken (Bauzeiten zwischen 1999 und 2007 mit Schwerpunkt 2001 bis 2005) ähnliche Schadensbilder festgestellt worden. Risse, Ausmagerungen und Kornausbrüche. Prof. Steinhoff wurde als unabhängiger Sachverständiger mit der Untersuchung der Schäden beauftragt. Während der DAV-Regionalversammlung NRW in Haltern hat Dr. Christoph Dröge (Landesbetrieb Straßenbau Nordrhein-Westfalen, Straßen.NRW) ebenfalls über „außergewöhnliche Mängel in der Gewährleistungszeit“ berichtet [3]. Als Folge von festgestellten Affinitäts- bzw. Haftungsproblemen ist eine zunehmende Forderung der Auftraggeber nach Haftverbesserern bei Verwendung haftkritischen Gesteins zu erkennen [2].

Diese Forderungen werden künftig sicher verstärkt festzustellen sein, denn Haftschäden zeigen sich bevorzugt, wenn haftkritisches Gestein verwendet wird und die Asphaltsschichten bei

hinreichendem Hohlraumgehalt längere Zeit der Einwirkung von Wasser in Verbindung mit Frost-Tau-Wechseln ausgesetzt sind. Der Winterverlauf der Jahre 2009/2010 und 2010/2011 hat zu entsprechenden Schadensbildern beigetragen. Haftverbesserer wurden und werden durch den Hersteller jedoch so konzipiert, dass durch eine Stärkung der „Bindung Bitumen-Gestein“ dem Angriff des Wassers Grenzen gesetzt werden. Der folgende Beitrag soll anhand einer Langzeitstudie [4] aus Schweden zeigen, dass durch Einsatz eines Haftverbesserers die Dauerhaftigkeit, also die Nutzungsdauer einer Asphaltbefestigung deutlich erhöht werden kann.

## Das Jönköping Airport Projekt

Die Deckschicht einer 18 Jahre alten Start- und Landebahn des Flughafens Jönköping in Schweden sollte 1992 erneuert werden. Die Dimensionierung der Deckschicht sollte in einer gemeinsamen Untersuchung der Firma NCC und dem schwedischen National Road and Transport

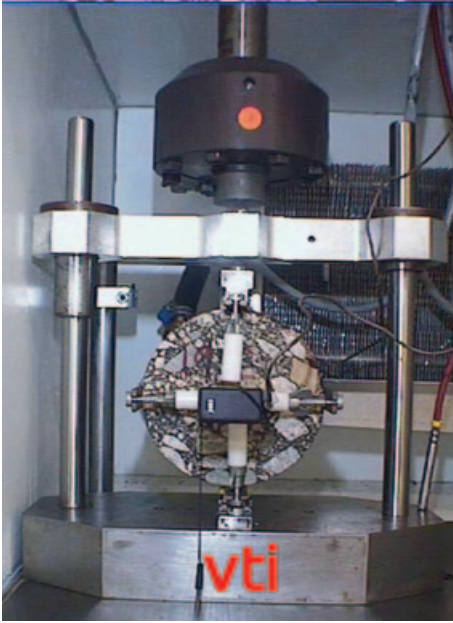


Bild 2: Messeinrichtung für den Spaltzug-schwellversuch

Research Institute (VTI) ermittelt werden. Die Firma NCC ist ein schwedischer, international tätiger Baukonzern und VTI ein unabhängiges, international bekanntes Forschungsinstitut mit großer Kompetenz.

LinLab (Labor der NCC) hat die Asphaltprobekörper hergestellt, die zur Untersuchung der Adhäsion im National Road and Transport Institute genutzt wurden. Unter dem Arbeitstitel „LFV Axamo“ wurden elastische Steifigkeitsmoduln trocken, mit Wassersättigung (im Vakuum) und nachfolgenden Frost-Tau-Wechseln und nach Lagerung in Wasser bei 60 °C ermittelt. NCC hat anschließend die neue Asphaltdeckschicht eingebaut. Im Jahr 2008 wurden die Messungen zur Adhäsion an Bohrkernen (Bild

	Probennummer	S-Modul MPA trocken	S-Modul MPA Frost/Tau	Stabilitätsfaktor SF-FTW	S-Modul MPA Wasserlagerung 60 °C	Stabilitätsfaktor SF-WL	Hohlraumgehalt %	Wasseraufnahme
A nur Eigenfüller	1a	12.510	12.510		11.740		4,4	1,0
	1b	13.790	11.310		10.670		4,9	1,9
	1c	13.840	12.070		10.130		4,7	1,6
	1d	12.340	12.340		14.740		4,4	1,3
	<b>Mittelwert</b>	<b>13.120</b>	<b>12.060</b>	<b>92</b>	<b>10.820</b>	<b>82</b>	<b>4,6</b>	<b>1,5</b>
B Kalksteinfüller + Eigenfüller	2a	12.590	10.490		8.990		4,8	1,9
	2b	12.650	10.540		8.890		4,7	1,9
	2c	11.220	9.510		8.380		4,6	2,0
	2d	12.910	11.140		10.330		4,2	1,5
	<b>Mittelwert</b>	<b>12.340</b>	<b>10.420</b>	<b>84</b>	<b>9.150</b>	<b>74</b>	<b>4,6</b>	<b>1,8</b>
C Wetfix + Eigenfüller	3a	12.850	12.320		11.820		3,2	0,9
	3b	13.140	12.570		11.800		3,6	1,1
	3c	13.930	13.960		13.330		3,3	1,0
	3d	12.420	11.670		11.440		3,6	0,8
	<b>Mittelwert</b>	<b>13.090</b>	<b>12.670</b>	<b>96</b>	<b>12.100</b>	<b>92</b>	<b>3,4</b>	<b>1,0</b>

Tabelle 1: Abnahme des Steifigkeitsmoduls

	SF-FTW Frost/Tau	SF-WL Frost/Tau + Wasserlagerung	Wasseraufnahme %	Hohlraumgehalt %
A ohne Haftverbesserer	92	82	1,5	4,6
B mit 4 % Kalksteinfüller	84	74	1,8	4,6
C mit 0,25 % Wetfix	96	92	1,0	3,4

Tabelle 2: Zusammenfassung der Laborergebnisse zum Steifigkeitsabfall

1) wiederholt, um den Zustand der Rollbahn zu überwachen.

Ziel des Projektes war festzulegen, ob zur Verbesserung der Nutzungsdauer ein Haftverbesserer eingesetzt werden sollte und welche Art eines

Haftverbesserers Verwendung finden sollte. Die Untersuchung wurde vorgenommen an „HAB 16T“ (Asphaltbeton AC16 mit Straßenbaubitumen 80 pen), mit 7 % Eigenfüller und 5,4 % Bindemittelgehalt. Es wurden drei Mischungen untersucht: Mischung A ohne Haftverbesserer (7 % Eigenfüller), Mischung B mit 4 % Kalksteinfüller und nur 3 % Eigenfüller und Mischung C mit 0,25 % des Haftverbesserers Wetfix (bezogen auf den Bindemittelgehalt) und 7 % Eigenfüller.

**Die Versuchsanordnung**

Um die Anzahl der benötigten Marshall-Probekörper gering zu halten, wurden zerstörungsfrei im Spaltzugschwellversuch elastische Steifigkeitsmoduln aus der Querverschiebung ermittelt. Dazu wurde der Marshall-Probekörper vertikal periodisch belastet (Frequenz 0,3 Hz, Pulsdauer 0,1 s) und die horizontale Deformation (Bild 2) gemessen. Aus diesem Wert wurde anschließend das elastische Steifigkeitsmodul berechnet.

Die Marshall-Probekörper (MPK) wurden mehrfach vermessen:

- trocken und ohne weitere Behandlung,
- nach Wasseraufnahme im Vakuum und nachfolgenden 10 Frost-Tau-Wechsel (bei -20 / + 20 °C) und zusätzlich

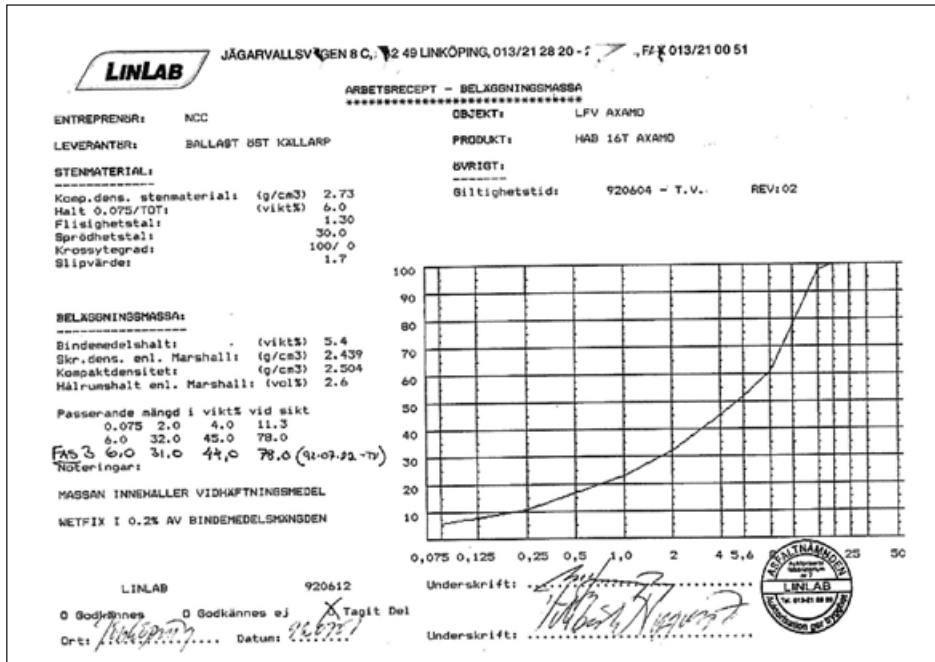


Abbildung 1: Original der „Mischgutrezeptur“

Bohrkernnummer	S-Modul MPA trocken	S-Modul MPA Frost/Tau	Wasseraufnahme FTW %	Stabilitätsfaktor SF-FTW	S-Modul MPA Wasserlagerung 60 °C	Wasseraufnahme %	Stabilitätsfaktor SF-WL	Hohlraumgehalt %	Raumdicthe g/cm <sup>3</sup>
J1	7.201	6.817	1,14		6.433	1,22		1,4	2,455
J3	6.573	6.808	1,15		6.306	1,24		1,8	2,455
J4	6.981	6.666	1,24		6.172	1,33		1,5	2,484
J6	6.602	6.490	1,13		6.120	1,24		1,5	2,476
J7	7.285	7.195	1,22		6.906	1,26		1,6	2,473
J10	7.039	5.308	1,37		5.007	1,46		1,7	2,459
J12	6.105	6.797	0,76		7.335	0,82		1,2	2,469
J15	6.266	6.702	1,11		6.644	1,16		1,5	2,432
<b>Mittelwert</b>	<b>6.757</b>	<b>6.598</b>	<b>1,1</b>	<b>98</b>	<b>6.365</b>	<b>1,2</b>	<b>94</b>	<b>1,5</b>	<b>2,463</b>

Tabelle 3: Abnahme des Steifigkeitsmoduls an Bohrkernen

	SF-FTW Frost/Tau	SF-WL Frost/Tau + Wasserlagerung	Wasseraufnahme %	Hohlraumgehalt %
Marshallprobekörper mit Wetfix	96	92	1,0	3,4
Bohrkern mit Wetfix	98	94	1,2	1,5

Tabelle 4: Vergleich der Messungen an Marshallprobekörpern und Bohrkernen

■ nach Wasserlagerung über 5 Tage bei 60 °C. Speziell die Stabilität des Asphaltprobekörpers (MPK) vor und nach Wasserlagerung und mit bzw. ohne Zugabe eines Haftverbessers sollte einen eindeutigen Rückschluss auf die Wirkung der Haftverbesserer zulassen. Zusätzlich wurden die Raumdicthe, der Hohlraumgehalt und die Wasseraufnahme ermittelt.

Der Tabelle 1 kann entnommen werden, dass nach Wasseraufnahme und Frost-Tau-Wechseln eine Abnahme des Steifigkeitsmoduls stattfindet. Eine weitere Abnahme ist nach anschließender Wasserlagerung der Probekörper bei 60 °C festzustellen. Diese Abnahme war zu erwarten, da speziell die Wasserlagerung eine hohe Belastung für das Asphaltmischgut darstellt.

Um die Auswirkung der Haftverbesserer auf die Stabilität der Marshall-Probekörper zu bewerten und somit in ihrer Wirkung zu vergleichen, wird jeweils der ermittelte S-Modul nach einer „Behandlung“ durch den S-Modul des trockenen, unbehandelten Probekörpers dividiert und der so erhaltene Quotient mit 100 multipliziert. Die resultierende dimensionslose Zahl repräsentiert die Abnahme des Steifigkeitsmoduls und könnte als Stabilitätsfaktor SF-FTW oder auch als „Frostbeständigkeits-Faktor“ bezeichnet werden, während der Stabilitätsfaktor SF-WL (also nach Frost-Tau-Wechseln sowie zusätzlich einer anschließenden 5tägigen Wasserlagerung bei 60 °C) den Widerstand des Asphaltmischgutes gegen Frost-Tau- und Wassereinwirkung, also gegen „klimatischen Stress“ repräsentiert. Je mehr sich der Steifigkeitsfaktor dem Wert 100 nähert, desto geringer der Steifigkeitsabfall und desto stabiler der Asphalt.

Die Tabelle 2 zeigt zusammenfassend die Ergebnisse: der positive Einfluss des Wetfix-Haftverbessers ist eindeutig zu erkennen. Die Marshall-Probekörper, die diesen Haftverbesserer enthalten, zeigen den geringsten Abfall des

Steifigkeitsmoduls nach Wasserlagerung. Von Vorteil sollte auch der geringere Hohlraumgehalt derjenigen Probekörper sein, die mit diesem Haftverbesserer hergestellt wurden.

Diese Laborergebnisse führten zu der Entscheidung, Wetfix für die Erneuerung der Asphaltdeckschicht einzusetzen. Die Kennzahlen des Mischgutes (HAB 16 T, Asphaltbeton AC 16) lauteten: 5,4 % Bindemittelgehalt, Raumdicthe des Marshall-Probekörpers 2,439 g/cm<sup>3</sup> (theoretisch max. 2,504 g/cm<sup>3</sup>) und Hohlraumgehalt mit 2,6 %. Abbildung 1 zeigt ein Originaldokument aus 1992.

### Bohrkernuntersuchungen 2008

Im Jahr 2008 wurden nach jahrelanger Nutzung aus dieser Start- und Landebahn gleichmäßig verteilt Bohrkern entnommen und dem gleichen Untersuchungsprogramm unterworfen. Zu diesem Zweck wurden die Bohrkern dem schwedischen National Road and Transport Institute (VTI) übermittelt, zersägt und wie vorher die Marshall-Probekörper untersucht. Es wurden die Raumdicthe ermittelt, nach Wasseraufnahme im Vakuum wiederum 10 Frost-Tau-Wechsel (-20 / + 20 °C) durchgeführt und die elastischen Steifigkeitsmoduln (bei 10 °C) ermittelt. Auch die Bohrkern wurden anschließend über fünf Tage bei 60 °C im Wasser gelagert und Steifigkeitsmoduln wie auch der Hohlraumgehalt ermittelt. Anschließend wurden wiederum Stabilitätsfaktoren berechnet. Die Ergebnisse sind in Tabelle 3 zusammengefasst.

Die Ergebnisse, die durch Messungen an Bohrkernen nach langjähriger Nutzung der Rollbahn im Jahr 2008 erhalten wurden, sind denen am Marshall-Probekörper aus 1992 vergleichbar, sie sind sogar geringfügig besser (Tabelle 4). Die Stabilitätsfaktoren betragen 97,7 statt 96 und

94,2 statt 92. Die Wasseraufnahme war vergleichbar, der Hohlraumgehalt der Bohrkern war allerdings deutlich niedriger.

### Ergebnis der Studie

Dank der sorgfältigen Dokumentation der Daten, die zur Festlegung der Mischgutzusammensetzung gedient hatten, war diese Studie überhaupt erst möglich. Die Ergebnisse zeigen, dass die Asphaltdeckschicht nach 16 Jahren Nutzung noch immer in gutem Zustand ist. Die Stabilitätsfaktoren sind während der Nutzungsdauer und durch die klimatischen Belastungen der Asphaltdeckschicht nicht gesunken, also stabil geblieben. Da die Adhäsion zwischen Bitumen und Gestein einen wesentlichen Beitrag für die Beständigkeit des Asphaltes liefert, führen wir diese Stabilität (Nachhaltigkeit) auf die Zugabe und die Wirkung von Wetfix zurück.

### Flughafenprojekt Malmö, 1988

Im Jahre 1988 wurden an einer Start- und Landebahn (Alter 20 Jahre) des Flughafens Malmö Bohrungen vorgenommen. Die Bohrkern zerfielen total und zeigten sehr anschaulich, dass sowohl Asphaltdeck- als auch Asphalttragschicht in einem schlechten Zustand waren. Das Asphaltmischgut hatte bisher keinerlei Haftverbesserer enthalten.

Die Rollbahn wurde 1988 erneuert. In allen Schichten wurde Wetfix eingesetzt. Labordaten liegen leider nicht vor. Im Jahr 2008, also 20 Jahre später, zeigten die nun genommenen Bohrkern, dass die Rollbahn noch immer in einem guten Zustand war (Bilder 3, 4 und 5).

LFV Engineering, die technische Abteilung des staatlichen, schwedischen Unternehmens LFV (Luftfartsverket), das bis April 2010 für den Betrieb der 14 staatlicher Flughäfen in Schweden zuständig war, hatte es für erforderlich gehalten, dass Asphalte für schwedische Flughäfen mit Haftverbesserern herzustellen sind. In den Spezifikationen für das Asphaltmischgut war festgelegt worden, dass die Adhäsion jeweils mit und ohne Haftverbesserer zu prüfen war (Abbildung 2). Seit Beginn der 1990er Jahre war Wetfix der AkzoNobel der meist verwendete Haftverbes-



Bild 3: Bohrkern aus Malmö aus dem Jahre 1988



Bild 4: Bohrkern aus Malmö aus dem Jahre 2008

serer. LFV verfügt inzwischen über positive Erfahrungen mit organischen Haftverbesserern aus mehr als 20 Jahren.

### Schlussfolgerung

Speziell die Ergebnisse des Jönköping-Projektes belegen, dass der organische Haftverbesserer Wetfix auch nach langjähriger Nutzung des Asphaltes noch immer aktiv ist, die Haftung zwischen Gestein und Bitumen verstärkt und somit wesentlich zur Beständigkeit des Asphalts beiträgt. Indirekt zeigt diese Langzeitstudie, dass organische Haftverbesserer weder während der Nutzung der Deckschicht noch bei der Wasserlagerung der Bohrkern bei 60 °C eluiert werden. Ein Eintrag und eine schädliche Belastung der Umwelt durch Verwendung des Haftverbesserers sind also nicht zu befürchten.

### Literatur

- [1] an dieser Stelle wird nur auf eine Auswahl aus jüngster Vergangenheit hingewiesen, weil die vollständige Literatur nicht zitiert werden kann:
- Prof. Dr.-Ing. Peter Renken, „Haftung zwischen Bitumen und Gesteinskörnungen – ein Statusbericht“, Bitumen 1/03
- Wilfried Schellenberger, „Haftung zwischen Bitumen und Mineralstoff“, asphalt 08/2004
- Prof. Dr.-Ing. K.-W. Damm, Haftung von Bitumen an Gestein – Theorie und Erfahrungen“, Vortrag DAV-DAI-Asphaltseminar Willingen 2007
- Steffi Sander, „Haftung zwischen Gestein und Bitumen“, asphalt 07/2007
- Katrin Hunstock, „Kontaktwinkel – ein Maß für das Haftverhalten?“, Vortrag DAV-DAI-Asphaltseminar Willingen 2009
- Prof. Dr. techn. M. P. Wistuba, „Haftverhalten Bitumen – Gestein“, Vortrag DAV-DAI-Asphaltseminar Willingen 2009
- Alfred Nehrings – Lösungsansatz: Einsatz von Haftmittlern – asphalt 04/2009
- Stellungnahme der Arbeitsgruppe Asphalttechnik des DAV – Verwendung von Haftmitteln im Asphaltstraßenbau – asphalt 07/2009

Wolfgang Münch und Wilfried Schellenberger, Wirkung auf die Bitumen- und Mischguteigenschaften: Einflüsse von Haft- und Lösungsmitteln – asphalt 03/2010

Prof. Dr.-Ing. Peter Renken, „Adhäsion – Gibt es objektive Bewertungskriterien?“ Vortrag FGSV Asphaltstraßentagung 2011, Nürnberg Mai 2011

[2] Dipl.-Ing Dipl.-Wirtsch. Ing. Hans Schmidt, Bericht aus der Arbeitsgruppe Asphalttechnik, 3.-5. Februar 2010 in Berchtesgaden

[3] Dr.-Ing. Christoph Dröge, Straßen-NRW, Vortrag „Statements zum Straßenbau in NRW“, DAV-Regionalversammlung NRW, Haltern, September 2010

[4] Die Daten für diesen Beitrag wurden von der Akzo-Nobel zur Verfügung gestellt (AkzoNobel Surface Chemistry AB, 444 85 Stenungsund, Sweden, www.akzonobel.com/sc).

### Anschrift des Verfassers:

Diplom-Chemiker Dr. Alfred Nehrings  
 Julius Hoesch GmbH & Co. KG  
 Birkesdorfer Str. 5  
 52353 Düren  
 a.nehrings@julius-hoesch.de

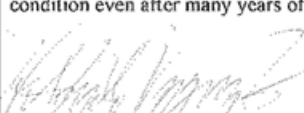
**AIRFIELD PAVEMENTS, ADHESION AGENT IN ASPHALT MIX**

To whom it may concern

By experience LFV Engineering has found it necessary to use adhesion agent in asphalt pavements for Swedish Airports. LFV Engineering is the technical department in the LFV Group, the main operator of civil airports in Sweden.

In the technical specifications for asphalt paving on Swedish airports it is stated "The proposed mix design shall be tested for adhesion in accordance with EN 12697-12. The test shall be evaluated with and without adhesion agent in the mix.."

Since the beginning of 1990 Wetfix from AKZO Nobel has been the most commonly used adhesion agent and with good success in the infrastructure and maintenance paving projects. By experience the pavements have been in good condition even after many years of service and under heavy traffic.

  
 Nils-Erik Nyqvist  
 Senior Airfield Consultant  
 LFV Engineering

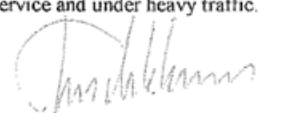
  
 Jan-Erik Larsson  
 Senior Airfield Consultant  
 LFV Engineering

Abbildung 2: LFV-Stellungnahme zu Wetfix



Bild 5: Bohrkern aus Malmö aus dem Jahre 2008