

# **Erarbeitung einer ZTV für reaktionsharz- gebundene Dünnbeläge auf Stahl**

**Berichte der  
Bundesanstalt für Straßenwesen**

**Brücken- und Ingenieurbau Heft B 24**

**bast**

# **Erarbeitung einer ZTV für reaktionsharz- gebundene Dünnbeläge auf Stahl**

**Untersuchungen zur  
Empfindlichkeit der verschiedenen  
RHD-Belagsysteme unter  
ungünstigen Einbaubedingungen**

von

Manfred Eilers  
Gottfried Stoll

**Berichte der  
Bundesanstalt für Straßenwesen**

Brücken- und Ingenieurbau Heft B 24

**bast**

Die Bundesanstalt für Straßenwesen veröffentlicht ihre Arbeits- und Forschungsergebnisse in der Schriftenreihe **Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen**. Die Reihe besteht aus folgenden Unterreihen:

A - Allgemeines  
B - Brücken- und Ingenieurbau  
F - Fahrzeugtechnik  
M- Mensch und Sicherheit  
S - Straßenbau  
V - Verkehrstechnik

Es wird darauf hingewiesen, daß die unter dem Namen der Verfasser veröffentlichten Berichte nicht in jedem Fall die Ansicht des Herausgebers wiedergeben.

Nachdruck und photomechanische Wiedergabe, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung der Bundesanstalt für Straßenwesen, Referat Öffentlichkeitsarbeit.

Die Hefte der Schriftenreihe **Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen** können direkt beim Wirtschaftsverlag NW, Verlag für neue Wissenschaft GmbH, Bgm.-Smidt-Str. 74-76, D-27568 Bremerhaven, Telefon (04 71) 9 45 44 - 0, bezogen werden.

Über die Forschungsergebnisse und ihre Veröffentlichungen wird in Kurzform im Informationsdienst **BAST-Info** berichtet. Dieser Dienst wird kostenlos abgegeben; Interessenten wenden sich bitte an die Bundesanstalt für Straßenwesen, Referat Öffentlichkeitsarbeit.

#### **Impressum**

**Bericht zum Forschungsprojekt 89211:**  
Erarbeitung einer ZTV für reaktionsharzgebundene Dünobeläge auf Stahl  
- Untersuchungen zur Empfindlichkeit der verschiedenen RHD-Belagsysteme unter ungünstigen Einbaubedingungen

#### **Herausgeber:**

Bundesanstalt für Straßenwesen  
Brüderstraße 53, D-51427 Bergisch Gladbach  
Telefon (0 22 04) 43 - 0  
Telefax (0 22 04) 43 - 674

#### **Redaktion:**

Referat Öffentlichkeitsarbeit

#### **Druck und Verlag:**

Wirtschaftsverlag NW  
Verlag für neue Wissenschaft GmbH  
Postfach 10 11 10, D-27511 Bremerhaven  
Telefon (04 71) 9 45 44 - 0  
Telefax (04 71) 9 45 44 77

ISSN 0943-9293

ISBN 3-89701-309-6

Bergisch Gladbach, März 1999

## Kurzfassung - Abstract

### Erarbeitung einer ZTV für reaktionsharzgebundene Dünnbeläge auf Stahl

Reaktionsharzgebundene Dünnbeläge (RHD-Beläge) gemäß dem Merkblatt für reaktionsharzgebundene Dünnbeläge auf Stahl (Februar 1984) werden als Beläge bis zu einer Dicke von 15 mm auf stählernen Fahrbahnplatten und Dienstweg-, Geh- und Radwegflächen angewendet. Auf Grund der als Bindemittel verwendeten Reaktionsharze sind die meisten dieser Belagsysteme während der Aushärtung empfindlich gegen niedrige Temperaturen und eine hohe Luftfeuchte. Da sich aber auf der Baustelle diese ungünstigen Witterungsbedingungen nicht immer mit Sicherheit ausschließen lassen, sollen zukünftig nur solche Belagsysteme zugelassen werden, die ein Mindestmaß an Unempfindlichkeit gegenüber diesen Witterungsbedingungen zeigen.

Basierend auf den Ergebnissen der durchgeführten Untersuchungen wurde ein Prüfungskonzept zur „Prüfung der Empfindlichkeit der verschiedenen Belagsysteme unter ungünstigen Einbaubedingungen“ formuliert. Die Mindesteinbautemperatur der verschiedenen Materialien wurde ermittelt. Die Empfindlichkeit der Reaktionsharze gegenüber feuchten Zuschlägen wurde nachgewiesen und daraus Anforderungen an die Mineralstoffe und deren Lagerung auf der Baustelle abgeleitet.

Es wurden die baustellenbedingten Nachteile eines zweilagigen Belagsaufbaus untersucht und aufgezeigt.

Die durch die Untersuchungen gewonnenen Erkenntnisse sind durch die Bearbeitergruppe „RHD-Beläge“ im Arbeitskreis 7.10.2 „Beläge auf Stahlbrücken“ der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV) bei der zur Zeit laufenden Überarbeitung des Merkblattes zu Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für die Herstellung von reaktionsharzgebundenen Dünnbelägen auf Stahl (ZTV-RHD-ST) eingearbeitet worden.

Das vorgeschlagene Prüfungskonzept für die „Prüfung der Empfindlichkeit der verschiedenen Belagsysteme unter ungünstigen Einbaubedingungen“ wurde in die Technischen Prüfvorschriften für die Prüfung der reaktionsharzgebundenen Dünnbeläge auf Stahl (TP-RHD-ST) aufgenommen.

### Elaboration of additional technical contract stipulations for reaction resin-bonded thin deck pavements for use on steel

Reaction resin-bonded thin deck pavements (RHD pavements) as defined in the Recommendations for Reaction Resin-Bonded Thin Deck Pavements for Use on Steel (February 1984) are applied as pavements on steel carriageway slabs and servicing cat-walk, footpath and cycle path surfaces in a thickness of up to 15 mm. Due to the reaction resin which is used as a binder, most of these surfacing systems are sensitive to low temperatures and high humidity during the hardening process. As these unfavourable climatic conditions cannot always definitely be excluded at the work site, only surfacing systems which demonstrate a minimum level of resistance to these climatic conditions will be approved in future.

A test concept to "test the sensitivity of various surfacing systems under unfavourable laying conditions" was developed based on the results of the investigations carried out. The minimum laying temperature of the various materials was ascertained. The sensitivity of the reaction resins to damp aggregates was demonstrated and requirements deduced from this regarding the aggregates and their storage.

The work-site related disadvantages of using a two-layer surface structure were investigated and recorded.

The "Reaction Resin-Bonded Pavements" work group in working subcommittee 7.10.2 "Pavements on Steel Bridges" of the Road and Transport Research Association (FGSV) included the results of the tests in the revision of the Guidelines for the Additional Technical Contract Stipulations and Codes of Practice for the Manufacture of Reaction Resin-Bonded Thin Deck Pavements for Use on Steel (ZTV-RHD-ST) which is currently in progress.

The suggested test concept for the "examination of the sensitivity of various surfacing systems under unfavourable laying conditions" was adopted in the Technical Provisions for the Examination of Reaction Resin-Bonded Thin Deck Pavements for Use on Steel (TP-RHD-ST).



---

## Inhalt

<b>1</b>	<b>Aufgabenstellung</b> .....	7
<b>2</b>	<b>Beschreibung der untersuchten Belagsysteme, Belagsaufbau</b> .....	8
2.1	Epoxydharzsysteme .....	8
2.2	Epoxydharz/Polyurethan-Systeme .....	8
2.3	Polyurethansysteme .....	9
2.4	PMMA-Systeme .....	9
<b>3</b>	<b>Versuchsaufbau und Probekörper, Versuchsbedingungen</b> .....	9
3.1	Versuchsaufbau und Probekörper .....	9
3.2	Versuchsbedingungen .....	9
<b>4</b>	<b>Ergebnisse</b> .....	13
4.1	Epoxydharzsystem .....	13
4.2	Epoxydharz/Polyurethansysteme .....	13
4.3	Polyurethansysteme .....	14
4.4	PMMA-Systeme .....	15
4.5	Zusammenfassung .....	15
<b>5</b>	<b>Prüfungskonzept</b> .....	15
<b>6</b>	<b>Untersuchungen mit den festgelegten Prüfbedingungen</b> .....	16
<b>7</b>	<b>Untersuchungen mit feuchten Zuschlägen</b> .....	17
<b>8</b>	<b>Aushärtung des PMMA-Systems bei - 10 °C</b> .....	20
<b>9</b>	<b>Untersuchungen an zweilagigen Belagsystemen</b> .....	20
9.1	Einfluß unterschiedlicher Abstreueung der ersten Lage der Deckschicht auf die Abreißfestigkeit des Belagsystems .....	20
9.2	Einfluß des zweilagigen Belagsaufbaus auf die Abreißfestigkeit bei längeren Arbeitsunterbrechungen vor dem Aufbringen der zweiten Lage .....	21
<b>10</b>	<b>Schlußfolgerung</b> .....	22



## 1 Aufgabenstellung

Reaktionsharzgebundene Dünnbeläge (RHD-Beläge) gemäß dem Merkblatt für reaktionsharzgebundene Dünnbeläge auf Stahl (Februar 1984) werden als Beläge bis zu einer Dicke von 15 mm auf stählernen Fahrbahnplatten und Dienststeg-, Geh- und Radwegflächen angewendet. Sie schützen die Stahloberfläche und verbessern die Griffigkeit. Ihr bevorzugter Anwendungsbereich sind bewegliche Brücken (z. B. Klappbrücken), Festbrückengerät, Fußgängerbrücken und Nebenbereiche von Brücken (z. B. Geh- und Radwege, Dienststege und Schrammborde).

Auf Grund der als Bindemittel verwendeten Reaktionsharze sind die meisten dieser Belagsysteme während der Aushärtung empfindlich gegen niedrige Temperaturen und eine hohe Luftfeuchte. Da sich aber auf der Baustelle diese ungünstigen Witterungsbedingungen nicht immer mit Sicherheit ausschließen lassen, sollen nur solche Belagsysteme zugelassen werden, die ein Mindestmaß an Unempfindlichkeit gegenüber diesen Witterungsbedingungen zeigen. Als Maßstab hierfür sollen die Belagsysteme dienen, die sich in der Vergangenheit bewährt haben.

Bei der zur Zeit laufenden Überarbeitung des Merkblattes für reaktionsharzgebundene Dünnbeläge auf Stahl (Februar 1984) zu „Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für die Herstellung von reaktionsharzgebundenen Dünnbelägen auf Stahl“ (ZTV-RHD-ST) ist daher vorgesehen, den Nachweis der Praxistauglichkeit der verschiedenen Belagsysteme durch eine „Prüfung der Empfindlichkeit der Belagsysteme unter ungünstigen Einbaubedingungen“ zu führen. Da zur Formulierung einer solchen Prüfung und der Festlegung der einzuhaltenden Soll- bzw. Mindestwerte keine fundierten Kenntnisse vorlagen, wurden hierzu im Rahmen dieses Projektes umfangreiche Untersuchungen an den bewährten Belagsystemen durchgeführt.

Desweiteren sollte im Rahmen dieser Untersuchungen die Empfindlichkeit der verschiedenen Bindemittelarten (Epoxydharz, Epoxydharz/Polyurethan, Polyurethan und PVC-modifiziertes-Methacrylatharz (PMMA)) auf Feuchtigkeit in den beizumischenden Mineralstoffen untersucht werden, um daraus entsprechende Anforderungen an die zu verwendenden Mineralstoffe abzuleiten.

Das in der Zusammenstellung der geprüften Dünnbeläge aufgeführte Belagsystem mit PMMA als Bindemittel härtet nach Herstellerangaben auch bei

niedrigen Temperaturen und auch bei Temperaturen unter dem Gefrierpunkt aus. Mit diesem System könnten daher Belagsarbeiten, die in der ungünstigen Jahreszeit durchgeführt werden müssen (z. B. kurzfristig durchzuführende Reparaturarbeiten), ohne aufwendige Schutzmaßnahmen ausgeführt werden. Da dieses System sehr schnell durchhärtet, wird auch die Dauer einer notwendigen Verkehrssperrung minimiert. Es sollte daher im Rahmen dieser Untersuchungen geklärt werden, ob das Material unter diesen ungünstigen Bedingungen ausreichend aushärtet.

Einerseits wäre es grundsätzlich wünschenswert, befahrene RHD-Beläge immer zweilagig einzubauen. Es würde so verhindert, daß kleinere Fehlstellen durch den gesamten Belag gehen und somit die Gefahr der Korrosion der Fahrbahnplatte vermindert. Außerdem ist der Ausgleich von Unebenheiten der Fahrbahnplatte bei einem zweilagigen Aufbau wesentlich einfacher. Andererseits bedeutet der zweilagige Aufbau eine zusätzliche Fehlerquelle. Der Verbund der zweiten Lage der Deckschicht zur ersten Lage der Deckschicht kann, z. B. durch Verschmutzung der Oberfläche der ersten Lage, vermindert werden. Durch Untersuchungen an ausgelagerten Probekörpern sollte festgestellt werden, welche Größenordnung die hieraus resultierende Verminderung der Abreißfestigkeit bei den verschiedenen Belagsystemen annehmen kann.

## 2 Beschreibung der untersuchten Belagsysteme, Belagsaufbau

Untersucht wurden 6 der insgesamt 8 geprüften Belagsysteme, die in der Zusammenstellung der geprüften Dünnbeläge entsprechend dem Merkblatt für reaktionsharzgebundene Dünnbeläge auf Stahl (Februar 1984) für die Anwendung an Bauwerken und Bauteilen der Bundesverkehrswege aufgeführt sind (Tabelle 1). Ein in der Tabelle aufgeführtes System, welches im Bindemittel Teer enthält (Teer-Epoxydharz) wird zur Zeit nicht hergestellt. Ein weiteres in der Tabelle aufgeführtes Teer-Epoxydharz-System wurde trotz mehrfacher Nachfrage von der herstellenden Firma nicht geliefert und konnte daher nicht in die Untersuchungen einbezogen werden.

Die Probepplatten wurden mit einem 5 mm dicken Belag nach den Herstellerangaben beschichtet. Auf eine Abstreuerung wurde verzichtet, um die anschließende Durchführung der Abreißversuche zu erleichtern.

### 2.1 Epoxydharzsysteme

Reine Epoxydharzsysteme sind zur Zeit nicht auf dem Markt. In der Zusammenstellung der geprüften Dünnbeläge entsprechend dem Merkblatt für reaktionsharzgebundene Dünnbeläge auf Stahl werden zwei Systeme mit einem Teer-Epoxydharz als Bindemittel geführt. Aus den oben genannten Gründen konnten beide Systeme nicht in die Untersuchungen einbezogen werden, so daß die Bindemittelart Epoxydharz nicht untersucht werden konnte.

### 2.2 Epoxydharz/Polyurethan-Systeme

Alle drei in der Tabelle der geprüften Dünnbeläge aufgeführten Epoxydharz/Polyurethan-Systeme konnten in die Untersuchungen aufgenommen werden und werden im folgenden mit S1 - S3 bezeichnet. Zwei dieser Systeme (S1 und S2) haben als Bindemittel ein Teer-Epoxydharz/Polyurethan. Da Systeme mit Teeranteil zukünftig wahrscheinlich nicht mehr konkurrenzfähig sein werden (der Teeranteil im Bindemittel verursacht, da er krebserregend ist, bei späteren Sanierungen oder bei der späteren kompletten Entfernung des Belages aus Gründen des Arbeitsschutzes einen unverhältnismäßig hohen Aufwand), wurde von einer Firma ein neu konzipiertes System ohne Teeranteil zur Verfügung gestellt, das unter S4 in die Untersuchungen aufgenommen wurde. Das dritte System (S3)

ist eine Epoxydharz/Polyurethan-Kombination ohne Teeranteil.

Der weiter unten beschriebene Belagsaufbau der einzelnen Systeme ist in Tabelle 2 zusammengefaßt.

Der Belag S1 besteht aus einer zweilagigen Epoxydharz-Grundierungsschicht mit Zinkphosphat und Zinkoxyd. Die Auftragsmenge der ersten Lage beträgt  $250 \text{ g/m}^2$  und die daraus resultierende Schichtdicke  $80 \mu\text{m}$ . Die Auftragsmenge der zweiten Lage beträgt  $250 \text{ g/m}^2$  und die daraus resultierende Naßschichtdicke  $120 \mu\text{m}$ . Diese zweite Lage der Grundierungsschicht wird mit  $200 \text{ g/m}^2$  Quarzsand der Körnung 0,1 - 0,5 mm abgestreut.

Die Deckschicht besteht aus Teer-Epoxydharz/Polyurethan-Bindemittel welches im Verhältnis 1 : 0,5 : 0,5 mit feuergetrocknetem Quarzsand 0,3 - 0,8 mm und Chromerzschlacke 1 - 2 mm gemischt wird.

Der Belag S2 besteht aus einer einlagigen Epoxydharz-Grundierungsschicht mit Zinkchromat und Eisenoxyd. Die Auftragsmenge beträgt ca.  $250 \text{ g/m}^2$  und die daraus resultierende Schichtdicke ca.  $70 \mu\text{m}$ . Die Grundierung wird nicht abgestreut.

Die Deckschicht besteht aus Teer-Epoxydharz/Polyurethan-Bindemittel welches im Verhältnis 1 : 1 mit feuergetrocknetem Quarzsand 0,2 - 0,7 mm gemischt wird.

Der Belag S3 besteht aus einer einlagigen Epoxydharz-Grundierungsschicht mit Zinkphosphat. Die Auftragsmenge beträgt  $270 \text{ g/m}^2$  und die daraus resultierende Schichtdicke ca.  $80 \mu\text{m}$ . Die Grundierung wird nicht abgestreut.

Die Deckschicht besteht aus Epoxydharz/Polyurethan-Bindemittel welches im Verhältnis 1 : 1 mit feuergetrocknetem Quarzsand 0,2 - 0,8 mm gemischt wird.

Der Belag S4 besteht aus einer zweilagigen Epoxydharz-Grundierungsschicht. Die Auftragsmenge der ersten Lage beträgt  $250 \text{ g/m}^2$  und die daraus resultierende Schichtdicke  $80 \mu\text{m}$ . Die Auftragsmenge der zweiten Lage beträgt  $250 \text{ g/m}^2$  und die daraus resultierende Naßschichtdicke  $120 \mu\text{m}$ . Diese zweite Lage der Grundierungsschicht wird mit  $200 \text{ g/m}^2$  Quarzsand der Körnung 0,1 - 0,5 mm abgestreut.

Die Deckschicht besteht aus Epoxydharz/Polyurethan-Bindemittel welches im Verhältnis

1 : 0,4 : 0,4 mit feuergetrocknetem Quarzsand 0,3 - 0,8 mm und Chromerzschlacke 1 - 2 mm gemischt wird.

## 2.3 Polyurethansysteme

Beide in der Tabelle der geprüften Dünnbeläge aufgeführten Polyurethansysteme wurden in die Untersuchungen aufgenommen und werden im folgenden mit S5 und S6 bezeichnet.

Der Belag S5 besteht aus einer einlagigen Polyurethan-Grundierungsschicht mit Eisenoxyd. Die Auftragsmenge beträgt 175 g/m<sup>2</sup> und die daraus resultierende Schichtdicke ca. 50 µm. Die Grundierung wird mit ca. 300 g/m<sup>2</sup> Quarzsand 0,06 - 0,3 mm abgestreut.

Die Deckschicht besteht aus Polyurethan-Bindemittel welches im Verhältnis 1 : 1 mit feuergetrocknetem Quarzsand 0,06 - 1,2 mm gemischt wird.

Der Belag S6 besteht aus einer einlagigen Polyurethan-Grundierungsschicht mit Zinkphosphat. Die Auftragsmenge beträgt ca. 405 g/m<sup>2</sup> und die daraus resultierende Schichtdicke ca. 125 µm. Die Grundierung wird mit ca. 667 g/m<sup>2</sup> Quarzsand 0,06 - 0,2 mm abgestreut.

Die Deckschicht besteht aus Polyurethan-Bindemittel welches im Verhältnis 1 : 0,75 : 0,75 mit feuergetrocknetem Quarzsand 0,06 - 0,2 mm und 0,7 - 1,2 mm gemischt wird.

## 2.4 PMMA-Systeme

In der Tabelle der geprüften Dünnbeläge ist ein System mit PMMA als Bindemittel aufgeführt. Dieses System wurde als S7 in die Untersuchungen einbezogen. Zusätzlich wurde ein weiteres neu entwickeltes System mit PMMA als Bindemittel, welches erst nach Einführung des neuen Regelwerkes auf den Markt gebracht werden soll, als S8 in die Untersuchungen einbezogen.

Der Belag S7 besteht aus einer einlagigen PVC-Copolymerisat-Grundierungsschicht mit Aluminium-Zinkphosphathydrat. Die Auftragsmenge beträgt ca. 200 g/m<sup>2</sup> und die daraus resultierende Schichtdicke ca. 70 µm. Die Grundierung wird nicht abgestreut.

Die Deckschicht besteht aus PVC-modifiziertem Methacrylatharz als Bindemittel welches im Verhältnis 1 : 1 mit feuergetrocknetem Quarzsand 0 - 1 mm gemischt wird.

Der Belag S8 besteht aus einer einlagigen Grundierungsschicht mit Zinkphosphat. Die Auftragsmenge beträgt ca. 200 g/m<sup>2</sup> und die daraus resultierende Schichtdicke ca. 70 µm. Die Grundierung wird nicht abgestreut.

Die Deckschicht besteht aus polymerisiertem Methylmethacrylat als Bindemittel welches im Verhältnis 1 : 5 mit dem mitgelieferten Füllstoff gemischt wird.

## 3 Versuchsaufbau und Probekörper, Versuchsbedingungen

### 3.1 Versuchsaufbau und Probekörper

Die Probekörper bestehen aus Stahlblechen (St 37) der Abmessungen 250 \* 250 \* 3 mm, auf denen auf einer Fläche von 200 \* 200 mm die oben beschriebenen reaktionsharzgebundenen Dünnbeläge, entsprechend der Herstellerangaben, in einer Dicke von 5 mm aufgebracht wurden. Nach 14tägiger Aushärtung der Beläge wurden Abreißversuche mittels Haftzugprüfgerät EASY M der Firma Josef Freundl durchgeführt. Das Gerät besteht aus einem Motorantrieb mit Schneckengetriebe und digitaler Anzeige. Es ist auf einem Dreifuß montiert. Die Zugvorrichtung ist pendelnd gelagert. Das Gerät wurde mittels eines Kraftaufnehmers und Meßverstärkers DK 37 geprüft. Die dabei festgestellte maximale Abweichung eines Meßwertes betrug 0,3 % des Meßwertes.

### 3.2 Versuchsbedingungen

Als Grundlage der Untersuchungen und als Nullmessung wurden von allen Materialien zunächst je zwei Probekörper unter Raumtemperatur (ca. 23 °C und 50 % Luftfeuchte) hergestellt und Abreißversuche nach 14 Tagen durchgeführt.

Im zweiten Schritt wurden von allen Materialien Probekörper in einer Klimakammer bei einer Temperatur von + 8 °C und einer relativen Luftfeuchte von 80 % hergestellt. Die verwendeten Materialien wurden bei allen Untersuchungen, vor Herstellung der Probekörper, solange in der Klimakammer bei den entsprechenden Temperaturen gelagert, bis sich eine konstante, gleichmäßige Temperatur eingestellt hatte.

Danach wurden von den Materialien, die unter den Aushärtebedingungen von + 8 °C und 80 % relativer Luftfeuchte einen erkennbaren Abfall der Ab-

**Zusammenstellung der geprüften Dünnbeläge entsprechend dem Merkblatt  
für reaktionsharzgebundene Dünnbeläge auf Stahl (Februar 1984)  
für  
die Anwendung an Bauwerken und Bauteilen der Bundesverkehrswege  
Stand 1. April 1997**

Diese Tabelle gilt bis zur Einführung der sich zur Zeit in Arbeit befindenden ZTV-RHD-ST.  
Die Identität der eingesetzten Stoffe mit den bei der Grundprüfung verwendeten Stoffen ist nachzuweisen.

Nr.	Hersteller	Aufbau	Anwendungsbereich	Datum des gültigen Prüfungszeugnisses	Ablaufdatum
1	RELIUS COATINGS GmbH & CO Donnerschweerstr. 372 26123 Oldenburg Tel.: 0441/3402-300	Grundierungsschicht: OLDODUR PUR Grund Deckschicht: BÜFADUR	Dienststege, Vorborde* Geh- und Radwege Fahrbahnen	15.06.1989	mit Einführung der ZTV-RHD-ST
2	ispo GmbH Gutenbergstraße 6 65830 Kriftel Tel.: 06192/401-0	Grundierungsschicht: CONCRETIN ZNP Deckschicht: CONCRETIN TEP	Dienststege, Vorborde* Geh- und Radwege Fahrbahnen	18.02.1986 (Verl. vom 20.06.1988)	mit Einführung der ZTV-RHD-ST
3	Krämer Chemie GmbH Theodor-Heuss-Str. 11-15 66130 Saarbrücken-Güdingen Tel.: 0681/98829-0	Grundierungsschicht: Orthoflex ST 1116/PR Deckschicht: Orthoflex N/132	Dienststege, Vorborde* Geh- und Radwege	23.01.87	mit Einführung der ZTV-RHD-ST
4	Hans Tiefenbach GmbH Oberflächenschutz Theodor-Heuss-Straße 34 47167 Duisburg-Neumühl Tel.: 0203/99569-0	Grundierungsschicht: POLYVIA AE Deckschicht: POLYVIA AE	Dienststege, Vorborde* Geh- und Radwege Fahrbahnen	20.02.1985	mit Einführung der ZTV-RHD-ST
5	Roadcoat GmbH Dreieichstraße 9 64546 Mörfelden Tel.: 06105/93090	Grundierungsschicht: Roadcoat 100 Deckschicht: Roadcoat 100	Dienststege, Vorborde* Geh- und Radwege Fahrbahnen	17.12.1986	mit Einführung der ZTV-RHD-ST
6	Sika Chemie GmbH Kornwestheimer Straße 107 70439 Stuttgart Tel.: 0711/8009-0	Grundierungsschicht: Icosit EG-Phosphat Deckschicht: Icosit Elastomastic TF	Dienststege, Vorborde* Geh- und Radwege Fahrbahnen	24.10.1990	mit Einführung der ZTV-RHD-ST
7	Teerbau - Gesellschaft für Straßenwesen Rheinbabenstraße 75 46240 Bottrop Tel.: 02041/993-0	Grundierungsschicht: Korohaft-Aktivgrund Deckschicht: Korohaft SF-E	Dienststege, Vorborde* Geh- und Radwege	30.11.1987	mit Einführung der ZTV-RHD-ST
8	Weserland - Bautenschutz GmbH Hansastraße 9 30419 Hannover Tel.: 0511/27985-0	Grundierungsschicht: Superdur K Grund EG Deckschicht: BETONOL TE 120	Dienststege, Vorborde* Geh- und Radwege Fahrbahnen	20.08.1991	mit Einführung der ZTV-RHD-ST

\* Dienststege und Vorborde können auch mit einem System nach ZTV - KOR 92, Beiblatt 1, Bauteilnr. 3.5.3 beschichtet werden

Tab. 1: Zusammenstellung der geprüften Dünnbeläge entsprechend dem Merkblatt für reaktionsharzgebundene Dünnbeläge auf Stahl

		Belagsystem S1	Belagsystem S2	Belagsystem S3	Belagsystem S4
Grundierung  1. Lage	Bindemittel Pigmente	Epoxydharz Zinkphosphat, Zinkoxyd	Epoxydharz Zinkchromat, Eisenoxyd	Epoxydharz Zinkphosphat	Epoxydharz Zinkphosphat, Zinkoxyd
	Auftragsmenge [g/m <sup>2</sup> ]	250	250	270	250
	Schichtdicke [µm]	80	70	80	80
	Abstreumaterial	nicht abgestreut	nicht abgestreut	nicht abgestreut	nicht abgestreut
	Abstreumenge [g/m <sup>2</sup> ]	-	-	-	-
Grundierung  2. Lage	Bindemittel Pigmente	Epoxydharz Zinkphosphat, Zinkoxyd	-	-	Epoxydharz Zinkphosphat, Zinkoxyd
	Auftragsmenge [g/m <sup>2</sup> ]	250	-	-	250
	Schichtdicke [µm]	120 (Naßschichtdicke)	-	-	120 (Naßschichtdicke)
	Abstreumaterial	Quarzsand 0,1 - 0,5 mm	-	-	Quarzsand 0,1 - 0,5 mm
	Abstreumenge [g/m <sup>2</sup> ]	200	-	-	200
Deckschicht	Bindemittel	Teer-Epoxydharz/ Polyurethan	Teer-Epoxydharz/ Polyurethan	Epoxydharz/ Polyurethan	Epoxydharz/ Polyurethan
	Zuschlag 1	Quarzsand 0,3 - 0,8 mm	Quarzsand 0,2 - 0,7 mm	Quarzsand 0,2 - 0,8 mm	Quarzsand 0,3 - 0,8 mm
	Zuschlag 2	Chromerzschlacke 1 - 2 mm	-	-	Chromerzschlacke 1 - 2 mm
	Mischungs- verhältnis	1 : 0,5 : 0,5	1 : 1	1 : 1	1 : 0,4 : 0,4

Tab. 2: Übersicht über die Belagsaufbauten, Seite 1

		Belagsystem S5	Belagsystem S6	Belagsystem S7	Belagsystem S8
Grundierung 1. Lage	Bindemittel	Polyurethan Eisenoxyd	Polyurethan Zinkphosphat	PVC-Copolymeris. Aluminium-Zinkph.	? Zinkphosphat
	Auftragsmenge [g/m <sup>2</sup> ]	175	405	200	200
	Schichtdicke [μm]	50	125	70	70
	Abstreumaterial	Quarzsand 0,06 - 0,3 mm	Quarzsand 0,06 - 0,2 mm	nicht abgestreut	nicht abgestreut
	Abstreumenge [g/m <sup>2</sup> ]	300	667	-	-
	Bindemittel	-	-	-	-
Grundierung	Auftragsmenge [g/m <sup>2</sup> ]	-	-	-	-
2. Lage	Schichtdicke [μm]	-	-	-	-
	Abstreumaterial	-	-	-	-
	Abstreumenge [g/m <sup>2</sup> ]	-	-	-	-
Deckschicht	Bindemittel	Polyurethan	Polyurethan	PVC-modifiziertes Methacrylatharz	polymerisiertes Methylmethacrylat
	Zuschlag 1	Quarzsand 0,06 - 1,2 mm	Quarzsand 0,06 - 0,2 mm	Quarzsand 0 - 1 mm	mitgelieferter Füllstoff
	Zuschlag 2	-	Quarzsand 0,7 - 1,2 mm	-	-
	Mischungs- verhältnis	1 : 1	1 : 0,75 : 0,75	1 : 1	1 : 5

Tab. 2: Übersicht über die Belagsaufbauten, Seite 2

Belags- aufbau	Belagsystem Versuch	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8
		einlagiger Belags- aufbau	23 °C / 50 % rel. Feuchte	X	X	X	X	X	X
8 °C / 80 % rel. Feuchte	X		X	X	X	X	X	X	X
6 °C / 80 % rel. Feuchte	X		X		X				
5,5 °C / 80 % rel. Feuchte						X	X		
7,5 °C / 92 % rel. Feuchte						X	X		
ohne Grundierung				X					X
neue Grundierung				X					
8 °C / ) 90 % rel. Feuchte (nach Festlegung)			X		X		X	X	
feuchte Zuschläge (Auslagerung)			X		X	X			
feuchte Zuschläge (0,1 % Feuchte)			X		X	X			
zwei- lagiger Belags- aufbau	- 10 °C							X	
	Einfluß der Abstreung der 1. Lage		X				X	X	
	Einfluß einer Arbeitsunter- brechung (Auslagerung)		X				X	X	

Tab. 3: Übersicht über die durchgeführten Untersuchungen

reißfestigkeit gezeigt hatten Probekörper bei + 6 °C und 80 % relativer Luftfeuchte sowie + 8 °C und 90 % relativer Luftfeuchte hergestellt und die Abreißfestigkeiten ermittelt.

Zusätzlich wurde von dem PMMA-System, wie im Abschnitt 8 beschrieben, ein Probekörper bei - 10 °C und 80 % relativer Luftfeuchte hergestellt. Eine Übersicht über die durchgeführten Untersuchungen zeigt Tabelle 3.

## 4 Ergebnisse

### 4.1 Epoxydharzsysteme

Aus den unter Abschnitt 2.1 genannten Gründen konnte die Bindemittelart Epoxydharz nicht in die Untersuchungen einbezogen werden.

### 4.2 Epoxydharz/Polyurethansysteme

Das System S1 erreichte bei den unter Raumtemperatur hergestellten Proben eine mittlere Abreißfestigkeit von  $\beta_{HZ} = 4,16 \text{ N/mm}^2$  (100 % Kohäsionsbruch in der Deckschicht). Die bei + 8 °C und 80 % relativer Luftfeuchte hergestellten Proben erreichten eine mittlere Abreißfestigkeit von  $\beta_{HZ} = 4,10 \text{ N/mm}^2$  (90 % Kohäsionsbruch in der Deckschicht, 10 % Adhäsionsbruch zwischen Grundierung und Deckschicht). Die bei + 6 °C und 80 % relativer Luftfeuchte hergestellten Proben erreichten eine mittlere Abreißfestigkeit von  $\beta_{HZ} = 2,66 \text{ N/mm}^2$  (100 % Adhäsionsbruch zwischen Grundierung und Deckschicht).

Das System S2 erreichte bei den unter Raumtemperatur hergestellten Proben eine mittlere Abrei-

festigkeit von  $\beta_{\text{HZ}} = 3,68 \text{ N/mm}^2$  (100 % Kohäsionsbruch in der Deckschicht). Die bei + 8 °C und 80 % relativer Luftfeuchte hergestellten Proben erreichten eine mittlere Abreißfestigkeit von  $\beta_{\text{HZ}} = 3,28 \text{ N/mm}^2$  (90 % Kohäsionsbruch in der Deckschicht, 10 % Adhäsionsbruch zwischen Grundierung und Deckschicht). Die bei + 6 °C und 80 % relativer Luftfeuchte hergestellten Proben erreichten eine mittlere Abreißfestigkeit von  $\beta_{\text{HZ}} = 3,00 \text{ N/mm}^2$  (100 % Kohäsionsbruch in der Deckschicht).

Das System S3 wurde mit einer mangelhaften Grundierung geliefert, so daß die Abreißversuche an unter Raumtemperatur hergestellten Proben eine Abreißfestigkeit von  $\beta_{\text{HZ}} < 1,9 \text{ N/mm}^2$  ergaben. Der Bruch erfolgte hierbei immer als Kohäsionsbruch der Grundierungsschicht. Auch eine Untersuchung dieses Systems bei + 8 °C und 80 % relativer Luftfeuchte ergab Abreißwerte von  $\beta_{\text{HZ}} < 1,9 \text{ N/mm}^2$  (100 % Kohäsionsbruch in der Grundierung). Da aufgrund der mangelhaften Grundierung keine gesicherten Aussagen getroffen werden konnten, wurde auf eine weitere Untersuchung dieses Systems mit der gelieferten Grundierung verzichtet.

Bei einem ohne Grundierung unter Raumklima hergestellten Probekörper ergab sich für dieses System eine mittlere Abreißfestigkeit von  $\beta_{\text{HZ}} = 4,39 \text{ N/mm}^2$  (100 % Kohäsionsbruch in der Deckschicht). Von der Firma wurde später eine neue Grundierung nachgeliefert. Die mit der neuen Grundierung unter Raumtemperatur hergestellten Probekörper ergaben eine mittlere Abreißfestigkeit von  $\beta_{\text{HZ}} > 3,40 \text{ N/mm}^2$  (100 % Adhäsionsbruch zwischen der Deckschicht und dem Kleber).

Das System S4 erreichte bei den unter Raumtemperatur hergestellten Proben eine mittlere Abreißfestigkeit von  $\beta_{\text{HZ}} = 3,72 \text{ N/mm}^2$  (100 % Kohäsionsbruch in der Deckschicht). Die bei + 8 °C und 80 % relativer Luftfeuchte hergestellten Proben erreichten eine mittlere Abreißfestigkeit von  $\beta_{\text{HZ}} > 3,64 \text{ N/mm}^2$  (80 % Kohäsionsbruch in der Deckschicht, 20 % Adhäsionsbruch zwischen Deckschicht und Kleber). Die bei + 6 °C und 80 % relativer Luftfeuchte hergestellten Proben erreichten eine mittlere Abreißfestigkeit von  $\beta_{\text{HZ}} = 2,38 \text{ N/mm}^2$  (100 % Kohäsionsbruch in der Deckschicht).

Die hier untersuchten reaktionsharzgebundenen Dünnbeläge mit Epoxydharz/Polyurethan als Bindemittel zeigten keine oder nur eine sehr geringe Abnahme der Abreißfestigkeit bei der niedrigen Einbautemperatur von + 8 °C und der relativen

Luftfeuchte von 80 %. Erst bei den bei + 6 °C und einer relativen Luftfeuchte von 80 % hergestellten Probekörpern zeigte sich eine deutliche Abnahme der Abreißfestigkeiten. Die Absolutwerte der festgestellten Abreißfestigkeiten lagen aber auch hier noch über der nach Abschluß der Untersuchungen festgelegten Mindestabreißfestigkeit für diese Prüfung. Da sich die reinen Polyurethansysteme, wie unter 4.3 gezeigt wird, wesentlich empfindlicher gegen niedrige Temperaturen und hohe relative Luftfeuchte zeigten, wurde hier auf eine weitere Untersuchung der Epoxydharz/Polyurethan-Systeme bei unterschiedlichen Temperaturen und relativen Luftfeuchten verzichtet und für die Entwicklung der „Prüfung der Empfindlichkeit der verschiedenen Belagsysteme unter ungünstigen Einbaubedingungen“ die weitergehenden Untersuchungen an den Polyurethansystemen herangezogen.

Dieses Vorgehen wird zusätzlich bestätigt durch die vorliegenden Praxiserfahrungen. In den letzten Jahren wurden frühzeitige Belagsschäden auf Bauwerken in hohem Maße an Belagsystemen mit Polyurethan als Bindemittel beobachtet.

Zum Abschluß der Untersuchungen wurden auch mit diesen Systemen Probekörper unter den für die Prüfung der Empfindlichkeit der Belagsysteme festgelegten Bedingungen (+ 8 °C und 90 % relative Luftfeuchte) hergestellt und untersucht. (siehe Abschnitt 6)

### 4.3 Polyurethansysteme

Das System S5 erreichte bei den unter Raumtemperatur hergestellten Proben eine mittlere Abreißfestigkeit von  $\beta_{\text{HZ}} > 4,04 \text{ N/mm}^2$  (50 % Kohäsionsbruch in der Deckschicht, 50 % Adhäsionsbruch zwischen Deckschicht und Kleber bzw. Kohäsionsbruch im Kleber). Die bei + 8 °C und 80 % relativer Luftfeuchte hergestellten Proben erreichten eine mittlere Abreißfestigkeit von  $\beta_{\text{HZ}} = 2,54 \text{ N/mm}^2$  (90 % Kohäsionsbruch in der Deckschicht, 10 % Adhäsionsbruch zwischen Deckschicht und Kleber). Da bei diesem System, wie zu erwarten, eine deutliche Abnahme der Abreißfestigkeit bei Einbau und Aushärtung unter + 8 °C und 80 % relativer Luftfeuchtigkeit festzustellen war, wurden zusätzlich Probekörper bei einer Temperatur von + 5,5 °C und 80 % relativer Luftfeuchte sowie + 7,5 °C und 92 % relativer Luftfeuchte hergestellt. Für die 5,5/80er Proben ergab sich eine mittlere Abreißfestigkeit von  $\beta_{\text{HZ}} = 2,42 \text{ N/mm}^2$  (90 % Kohäsionsbruch in der Deckschicht, 10 % Adhäsionsbruch zwischen Deckschicht und Kleber) und für die 7,5/92er Proben von  $\beta_{\text{HZ}} = 2,36 \text{ N/mm}^2$  (90 % Ko-

häsionsbruch in der Deckschicht, 10 % Adhäsionsbruch zwischen Deckschicht und Kleber).

Das System S6 erreichte bei den unter Raumtemperatur hergestellten Proben eine mittlere Abreißfestigkeit von  $\beta_{HZ} = 2,86 \text{ N/mm}^2$  (100 % Kohäsionsbruch in der Deckschicht). Die bei + 8 °C und 80 % relativer Luftfeuchte hergestellten Proben erreichten eine mittlere Abreißfestigkeit von  $\beta_{HZ} = 2,12 \text{ N/mm}^2$  (100 % Kohäsionsbruch in der Deckschicht). Da auch bei diesem System, wie zu erwarten, eine deutliche Abnahme der Abreißfestigkeit bei Einbau und Aushärtung unter + 8 °C und 80 % relativer Luftfeuchtigkeit festzustellen war, wurden zusätzlich Probekörper bei einer Temperatur von + 5,5 °C und 80 % relativer Luftfeuchte sowie + 7,5 °C und 92 % relativer Luftfeuchte hergestellt. Für die 5,5/80er Proben ergab sich eine mittlere Abreißfestigkeit von  $\beta_{HZ} = 0,54 \text{ N/mm}^2$  (100 % Kohäsionsbruch in der Deckschicht) und für die 7,5/92er Proben von  $\beta_{HZ} = 0,40 \text{ N/mm}^2$  (100 % Kohäsionsbruch in der Deckschicht). Das System erreicht bei einer Temperatur von unter + 8 °C und einer hohen relativen Luftfeuchte einen Punkt, an dem es nicht mehr zu einer Aushärtung kommt.

Dies entspricht auch den Erfahrungen in der Praxis. Es wurden bei diesem an sich guten System mehrfach Schäden festgestellt, die darauf beruhten, daß der Belag ohne zusätzliche Schutzmaßnahmen bei ungünstigen Witterungsbedingungen eingebaut wurde.

Wie auch im Vergleich mit den in Abschnitt 6 aufgeführten Ergebnissen zu sehen ist, können schon kleine Temperatur- und Feuchteschwankungen in diesem Temperatur- und Feuchtebereich zu einer mangelhaften Aushärtung des Belages führen. Der Bearbeitergruppe „RHD-Beläge“ wurde daher vorgeschlagen, die minimale Verarbeitungstemperatur auf der Baustelle in der ZTV-RHD-ST mit + 12 °C festzulegen.

Ist schon bei der Vergabe von Belagsarbeiten mit RHD-Belägen abzusehen, daß die Arbeiten in diesem kritischen Temperaturbereich durchgeführt werden müssen, so sind in jedem Fall geeignete Schutzmaßnahmen (z. B. ein beheiztes Zelt) vorzusehen und im Zweifelsfall eines der weniger empfindlichen Systeme vorzuziehen.

#### 4.4 PMMA-Systeme

Das System S7 erreichte bei den unter Raumtemperatur hergestellten Proben eine mittlere Abreißfestigkeit von  $\beta_{HZ} > 3,34 \text{ N/mm}^2$  (100 % Adhäsionsbruch zwischen der Deckschicht und dem Kleber).

Die bei + 8 °C und 80 % relativer Luftfeuchte hergestellten Proben erreichten eine mittlere Abreißfestigkeit von  $\beta_{HZ} > 3,28 \text{ N/mm}^2$  (100 % Adhäsionsbruch zwischen der Deckschicht und dem Kleber).

Bei dem neu entwickelten System S8 war die Verträglichkeit der Grundierung mit der Deckbeschichtung nicht ausreichend gegeben. Das System erreichte bei den unter Raumtemperatur hergestellten Proben eine mittlere Abreißfestigkeit von nur  $\beta_{HZ} = 2,24 \text{ N/mm}^2$ . Der Bruch lag dabei jeweils an der Trennfläche zwischen Grundierung und Deckbeschichtung. Bei einem unter + 8 °C und 80 % relativer Luftfeuchte mit Grundierung hergestellten Probekörper lag die mittlere Abreißfestigkeit bei  $\beta_{HZ} = 1,96 \text{ N/mm}^2$ . Auch hier erfolgte der Bruch jeweils in der Grenzschicht zwischen Grundierung und Deckschicht. Aus diesem Grund wurde bei diesem System von weitergehenden Untersuchungen abgesehen.

Versuchsweise wurde die Deckbeschichtung ohne Grundierung direkt auf die gestrahlte Stahloberfläche aufgebracht. Hierbei lag die mittlere Abreißfestigkeit bei  $\beta_{HZ} > 3,20 \text{ N/mm}^2$  (100 % Adhäsionsbruch zwischen der Deckschicht und dem Kleber).

#### 4.5 Zusammenfassung

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß die bisher bewährten Systeme beim Einbau unter Raumklima durchweg eine Abreißfestigkeit von  $\beta_{HZ} > 3 \text{ N/mm}^2$  erreichen. Die meisten der Systeme liegen deutlich darüber. Die Systeme mit Epoxydharz/Polyurethan oder PMMA als Bindemittel zeigen auch beim Einbau bei + 8 °C und 80 % relativer Luftfeuchte eine nur geringfügig verringerte hohe Abreißfestigkeit. Lediglich die reinen Polyurethansysteme verlieren unter diesen Aushärtebedingungen deutlich an Abreißfestigkeit.

Bei Einbautemperaturen von unter + 8 °C bei einer relativen Luftfeuchte von über 90 % kann es bei reinen Polyurethansystemen zu einer mangelnden Aushärtung des Belages kommen.

### 5 Prüfungskonzept

Basierend auf den oben gewonnenen Ergebnissen wurde folgendes Prüfungskonzept zur „Prüfung der Empfindlichkeit der verschiedenen Belagsysteme unter ungünstigen Einbaubedingungen“ entwickelt:

Prüfung der Empfindlichkeit unter Baustellenbedingungen

(1) Für die Prüfung der Empfindlichkeit unter Baustellenbedingungen werden zwei Stahlplatten mit den Abmessungen 300 mm \* 300 mm \* 10 mm nach Herstellerangaben in der vorgegebenen Dicke (6 mm oder 10 mm) im Originalaufbau einschließlich der Abstreuerung beschichtet.

(2) Die Applikations- und Verarbeitungstemperatur beträgt  $+ 8 \text{ °C} \pm 0,5 \text{ K}$  bei einer relativen Luftfeuchte von  $90 \% \pm 3 \%$ . Die zu verwendenden Materialien sowie die Probepplatten sind vorher einen Tag unter diesen Bedingungen zu lagern.

(3) Die einzelnen Lagen/Schichten sind 48 Stunden bei  $+ 8 \text{ °C} \pm 0,5 \text{ K}$  und einer relativen Luftfeuchte von  $90 \% \pm 3 \%$  auszuhärten. Nach Aufbringen der letzten Lage/Schicht ist der Probekörper drei Tage bei  $+ 8 \text{ °C} \pm 0,5 \text{ K}$  und einer relativen Luftfeuchte von  $90 \% \pm 3 \%$  und anschließend elf Tage bei Normalklima (23/50 - 2) zu lagern.

(4) Danach werden sofort je Probekörper fünf Abreißversuche gemäß Abschnitt 4.3 durchgeführt. Der kleinste Wert entfällt. Die anderen Werte müssen  $\beta_{\text{HZ}} \geq 2,0 \text{ N/mm}^2$  betragen. Bei Kleberbruch  $\geq 30 \%$  und bei einer Abreißfestigkeit  $\beta_{\text{HZ}} < 2,0 \text{ N/mm}^2$  ist der Versuch zu wiederholen.

Dieser Vorschlag für eine in die TP-RHD-ST für die Grundprüfung aufzunehmende Prüfung wurde der Bearbeitergruppe „RHD-Beläge“ im Arbeitskreis 7.10.2 „Beläge auf Stahlbrücken“ vorgelegt und von dieser bestätigt.

Als niedrigste zulässige Regeleinbautemperatur wird in die ZTV-RHD-ST eine Temperatur von  $+ 12 \text{ °C}$  festgelegt, um einen Sicherheitsabstand zur überprüften Einbautemperatur zu gewährleisten.

## 6 Untersuchungen mit den festgelegten Prüfbedingungen

Als Abschluß der Untersuchungen zur Entwicklung einer „Prüfung der Empfindlichkeit der Belagsysteme

unter ungünstigen Einbaubedingungen“ wurden von den Systemen S2 und S4 (Epoxydharz/Polyurethan-Systeme), S6 (Polyurethansystem) und S7 (PMMA-System) Probekörper unter den im Prüfungskonzept festgelegten Bedingungen hergestellt und die Abreißfestigkeiten ermittelt, um dieses Prüfungskonzept an den bewährten Systemen zu testen. Nach der Durchführung erster Abreißversuche nach 14tägiger Aushärtung wurden die Probekörper 7 Tage bei  $+ 70 \text{ °C}$  gealtert, um festzustellen, inwieweit die verschiedenen Materialien beim späteren Eintreten hoher Belagtemperaturen nachhärten.

Das System S2 (Bild 1) erreichte unter diesen Bedingungen eine Abreißfestigkeit von  $\beta_{\text{HZ}} = 2,54 \text{ N/mm}^2$  (100 % Kohäsionsbruch in der Deckschicht), nach der Alterung stieg die Abreißfestigkeit auf  $\beta_{\text{HZ}} = 2,87 \text{ N/mm}^2$  (100 % Kohäsionsbruch in der Deckschicht).



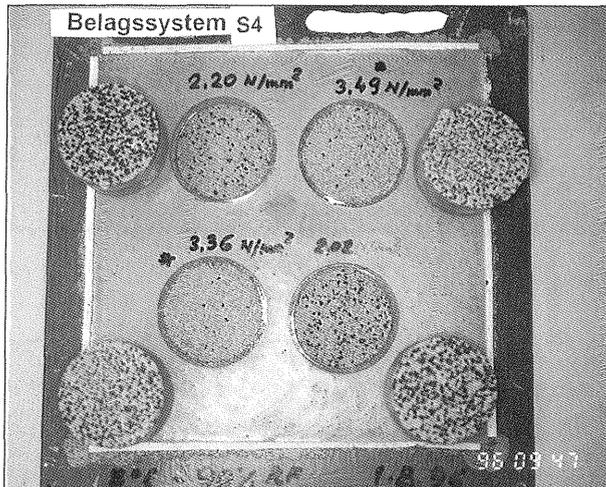
**Bild 1:** Probekörper Belagssystem S2 bei  $8 \text{ °C}$  und  $90 \%$  rel. Luftfeuchte

Das System S4 (Bild 2) erreichte eine Abreißfestigkeit von  $\beta_{\text{HZ}} = 2,11 \text{ N/mm}^2$  (100 % Kohäsionsbruch in der Deckschicht), nach der Alterung stieg die Abreißfestigkeit auf  $\beta_{\text{HZ}} = 3,42 \text{ N/mm}^2$  (100 % Kohäsionsbruch in der Deckschicht).

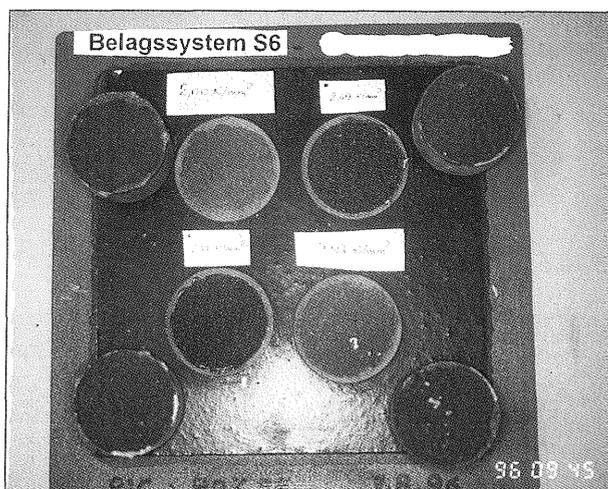
Das System S6 (Bild 3) erreichte eine Abreißfestigkeit von  $\beta_{\text{HZ}} = 2,02 \text{ N/mm}^2$  (100 % Kohäsionsbruch in der Deckschicht), nach der Alterung stieg die Abreißfestigkeit auf  $\beta_{\text{HZ}} = 2,48 \text{ N/mm}^2$  (100 % Kohäsionsbruch in der Deckschicht).

Das System S7 (Bild 4) erreichte eine Abreißfestigkeit von  $\beta_{\text{HZ}} > 2,74 \text{ N/mm}^2$  (In einem Fall Adhäsionsbruch Blech/Grundierung mit einer Abreißfestigkeit von  $\beta_{\text{HZ}} = 2,78 \text{ N/mm}^2$  sonst 100 % Adhäsionsbruch zwischen der Deckschicht und dem Kle-

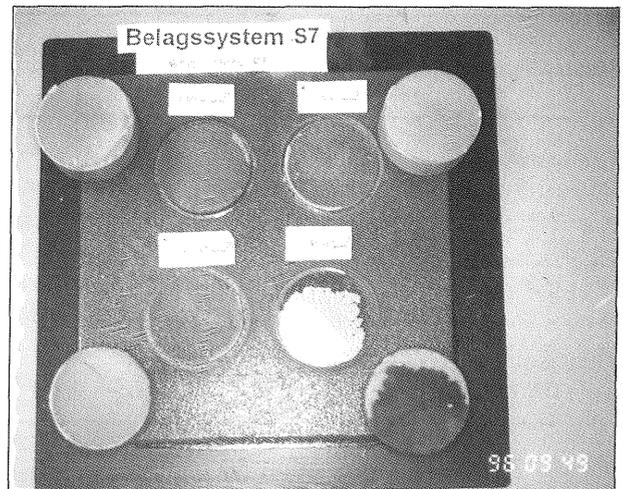
ber). Die durch die Alterung der Probekörper verursachte Steigerung der Abreißfestigkeit konnte bei diesem System aufgrund der mangelnden Haftung des Klebers auf der Oberfläche der Deckschicht nicht festgestellt werden. Da dieses System, wie im Abschnitt 8 beschrieben, selbst bei Temperaturen von  $-10\text{ °C}$  ausreichend aushärtet wurde hier aber auf eine weitere Untersuchung verzichtet.



**Bild 2:** Probekörper Belagssystem S4 bei  $8\text{ °C}$  und 90 % rel. Luftfeuchte



**Bild 3:** Probekörper Belagssystem S6 bei  $8\text{ °C}$  und 90 % rel. Luftfeuchte



**Bild 4:** Probekörper Belagssystem S7 bei  $8\text{ °C}$  und 90 % rel. Luftfeuchte

Die Ergebnisse dieser abschließenden Untersuchungen bestätigten die im Prüfkonzept festgelegten Versuchsbedingungen und Sollwerte.

Die Untersuchungen an den gealterten Proben zeigten, daß eine teilweise nachträgliche Aushärtung bei verschiedenen Belagssystemen gegeben ist.

## 7 Untersuchungen mit feuchten Zuschlägen

Im Rahmen dieser Untersuchungen wurde auch festgestellt, wie empfindlich die einzelnen Systeme auf feuchte Zuschläge reagieren, wobei als Zuschläge nur Quarzsand, Korund und Chromerzschlacke, die zukünftig als alleinige Zuschlags- und Abstreumaterialien zugelassen werden, verwendet wurden.

Hierzu wurden in einer ersten Untersuchung feuergetrocknete Mineralstoffe eine Woche, vor direkten Niederschlägen geschützt, unter feuchtkalten Bedingungen ausgelagert. Anschließend wurde die Feuchtigkeit der Materialien durch Auswiegen und Trocknen bestimmt (siehe Tabelle 4).

Material	Gewicht feuchter Zuschlag	Gewicht getrockneter Zuschlag	Differenz	prozentualer Feuchteanteil
Quarzsand 0,06 - 1,2 mm	30,0585	30,0516	0,0069	0,02 %
Quarzsand 0,4 - 0,8 mm	30,0991	30,0919	0,0072	0,02%
Quarzsand 0,3 - 0,8 mm	30,0040	29,9968	0,0072	0,02 %
Chromerzschlacke 1 - 2 mm	30,1231	30,1178	0,0053	0,02 %

Tab. 4: Prozentualer Feuchteanteil der ausgelagerten Zuschläge

Es zeigt sich deutlich, daß die Feuchtigkeitsaufnahme der zukünftig vorgeschriebenen Mineralstoffe (Quarzsand und Chromerzschlacke) sehr gering ist. Bei trockener Lagerung und möglichst kurzer Lagerungsdauer auf der Baustelle ist daher nicht mit einer übermäßigen und zu Schäden führenden Feuchtigkeitsaufnahme der Zuschläge und Abstreumaterialien zu rechnen.

Mit diesen, über den Zeitraum von einer Woche ausgelagerten Zuschlägen wurden Probekörper der Belagssysteme S2 und S4 (Epoxydharz/ Polyurethansysteme) und S5 (Polyurethansystem) unter Raumklima hergestellt. Das System S2 (Bild 5) erreichte eine mittlere Abreißfestigkeit von  $\beta_{HZ} = 3,60 \text{ N/mm}^2$  (100 % Kohäsionsbruch in der Deckschicht) gegenüber der Abreißfestigkeit von  $\beta_{HZ} = 3,49 \text{ N/mm}^2$  bei den Probekörpern, die mit den trockenen Zuschlägen hergestellt wurden. Das System S4 (Bild 6) erreichte eine mittlere Abreißfestigkeit von  $\beta_{HZ} > 3,55 \text{ N/mm}^2$  (80 % Kohäsionsbruch in der Deckschicht, 20 % Adhäsionsbruch zwischen Deckschicht und Kleber) gegenüber der Abreißfestigkeit von  $\beta_{HZ} = 3,72 \text{ N/mm}^2$  bei den Probekörpern, die mit den trockenen Zuschlägen hergestellt wurden und das System S5 (Bild 7) erreichte  $\beta_{HZ} = 2,89 \text{ N/mm}^2$  (100 % Kohäsionsbruch in der Deckschicht) gegenüber  $\beta_{HZ} = 4,04 \text{ N/mm}^2$  bei den Probekörpern, die mit den trockenen Zuschlägen hergestellt wurden, d.h. die Abnahme der Abreißfestigkeit beträgt  $1,15 \text{ N/mm}^2$ .

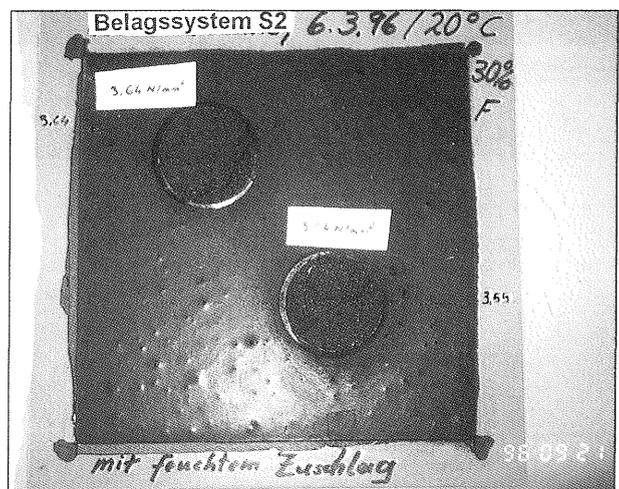


Bild 5: Belagssystem S2 mit feuchten Zuschlägen

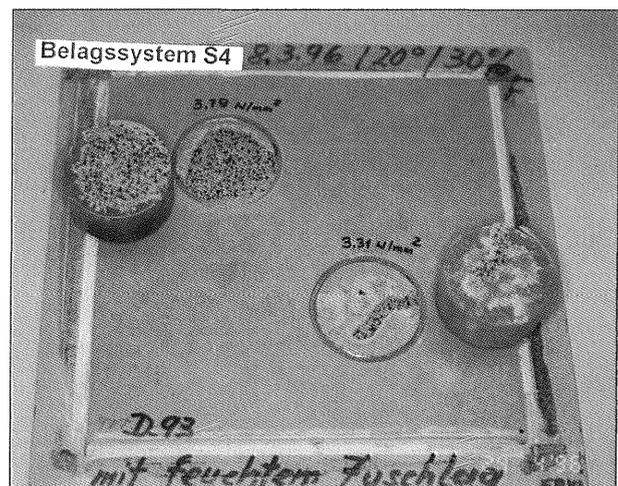


Bild 6: Belagssystem S4 mit feuchten Zuschlägen



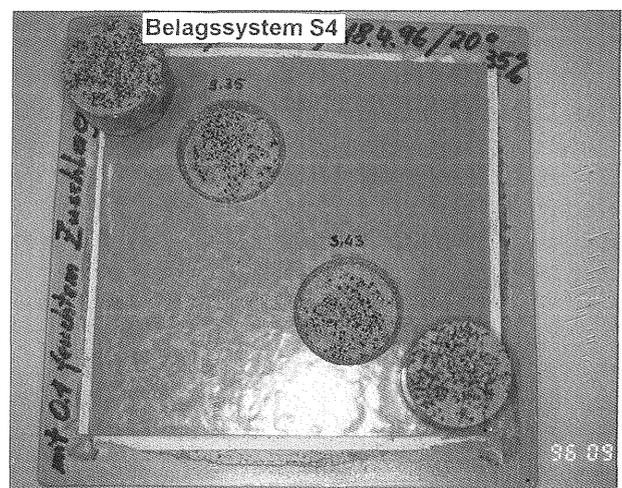
**Bild 7:** Belagssystem S5 mit feuchten Zuschlägen

In einem zweiten Versuch wurden die feuergetrockneten Zuschläge mittels Pumpsprayer so lange mit Wasser besprüht, bis die Gewichtszunahme 0,1 % betrug. Mit diesen leicht feuchten Zuschlägen wurden sofort Probekörper der gleichen Belagssysteme S2, S4 und S5 hergestellt. Das System S2 (Bild 8) erreichte eine Abreißfestigkeit von  $\beta_{\text{HZ}} = 3,20 \text{ N/mm}^2$  (100 % Kohäsionsbruch in der Deckschicht) gegenüber  $\beta_{\text{HZ}} = 3,49 \text{ N/mm}^2$  bei mit trockenen Zuschlägen hergestellten Probekörpern, das System S4 (Bild 9) erreichte eine Abreißfestigkeit von  $\beta_{\text{HZ}} = 3,39 \text{ N/mm}^2$  (70 % Kohäsionsbruch in der Deckschicht, 30 % Adhäsionsbruch zwischen Grundierung und Deckschicht) gegenüber  $\beta_{\text{HZ}} = 3,72 \text{ N/mm}^2$  bei mit trockenen Zuschlägen hergestellten Probekörpern und das System S5 (Bild 10) erreichte eine Abreißfestigkeit von  $\beta_{\text{HZ}} = 2,97 \text{ N/mm}^2$  (100 % Kohäsionsbruch in der Deckschicht) gegenüber  $\beta_{\text{HZ}} = 4,04 \text{ N/mm}^2$  bei mit trockenen Zuschlägen hergestellten Probekörpern. Während bei den Epoxydharz/Polyurethansystemen nur eine geringe Abnahme der Abreißfestigkeit festzustellen ist, zeigt das reine Polyurethansystem auch bei dieser Untersuchung eine deutliche Abnahme der Abreißfestigkeit um  $1,07 \text{ N/mm}^2$ .

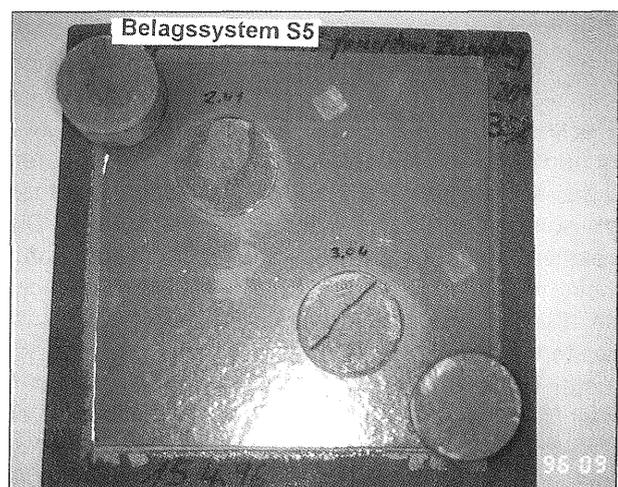
Die oben aufgeführten Ergebnisse zeigen deutlich, daß sich die Epoxydharz/Polyurethansysteme relativ gutmütig gegenüber einer geringen Feuchtigkeit in den Zuschlägen oder Abstreumaterialien verhalten, während die reinen Polyurethansysteme schon auf geringste Feuchtigkeitsanteile sehr empfindlich reagieren.



**Bild 8:** Belagssystem S2 mit 0,1 % feuchten Zuschlägen



**Bild 9:** Belagssystem S4 mit 0,1 % feuchten Zuschlägen



**Bild 10:** Belagssystem S5 mit 0,1 % feuchten Zuschlägen

Grundsätzlich sollten, wie diese Untersuchungen gezeigt haben, bei der Herstellung von reaktionsharzgebundenen Dünnbelägen zukünftig nur noch feuergetrocknete Zuschläge und Abstreumaterialien zugelassen werden. Ein entsprechender Hinweis wurde in den Entwurf der ZTV-RHD-ST aufgenommen. Außerdem ist auf der Baustelle sorgfältig darauf zu achten, daß die Materialien sachgerecht gelagert sind, um zu verhindern, daß die Zuschläge und Abstreumaterialien bei der Lagerung auf der Baustelle Feuchtigkeit aufnehmen. Hierbei ist es nicht ausreichend, die Materialien mittels Plane vor Niederschlägen zu schützen, sondern es ist eine luftdichte Verpackung (z.B. in Spannringfässern) anzustreben. Ein entsprechender Hinweis soll in die ZTV-RHD-ST aufgenommen werden.

## 8 Aushärtung eines PMMA-Systems bei - 10 °C

Das DünnBelagsystem mit PMMA als Bindemittel härtet nach Herstellerangaben, in Abhängigkeit von der zugegebenen Menge des Härterers, auch bei niedrigen Temperaturen und sogar bei Minusgraden aus. Um diese Aussage zu überprüfen, wurde das Material und das gestrahlte Probeblech bei - 10 °C so lange gelagert, bis das Material diese Temperatur angenommen hatte. Anschließend wurde das Material gemischt, auf das Probeblech aufgebracht und sofort wieder bei - 10 °C aushärten gelassen. Es wurden sowohl die Grundierung als auch die Deckschicht bei - 10 °C aufgebracht. Zwei Tage nach Aufbringen der Deckschicht wurde der Probekörper der Tiefkühltruhe entnommen und sofort Abreißversuche durchgeführt (Bild 11). Die Abreißfestigkeit nach zweitägiger Aushärtung bei - 10 °C betrug im Mittel  $\beta_{HZ} > 3,02 \text{ N/mm}^2$ . Bei einem Abreißversuch mit  $\beta_{HZ} = 3,23 \text{ N/mm}^2$  geschah der Abriß zu 80 % als Kohäsionsbruch in der Deckschicht und zu 20 % als Adhäsionsbruch zwischen Deckschicht und dem Kleber, alle anderen Abrisse geschahen zu 100 % als Adhäsionsbruch zwischen der Deckschicht und dem Kleber. Die relative Luftfeuchte spielt bei dieser Temperatur keine Rolle, da selbst bei hoher relativer Luftfeuchte die absolute Luftfeuchte sehr gering ist. Nach weiterer 12tägiger Aushärtung der Probekörper unter Normalklima betrug die mittlere Abreißfestigkeit  $\beta_{HZ} > 2,93 \text{ N/mm}^2$  (100 % Adhäsionsbruch zwischen der Deckschicht und dem Kleber). Aus diesen Ergebnissen kann man schließen, daß der Einbau dieses Systems unter niedrigen Temperaturen grundsätzlich möglich ist, wobei aber darauf zu achten ist, daß der zu beschichtende Untergrund trocken und eisfrei ist.



Bild 11: Belagsystem S7 bei einer Applikations- und Aushärtetemperatur von - 10 °C

## 9 Untersuchungen an zweilagigen Belagsystemen

In einem weiteren Versuch wurde die Empfindlichkeit eines zweilagigen Belagsaufbaus hinsichtlich unterschiedlicher Abstreuerung der ersten Lage und einer Verschmutzung der Oberfläche der ersten Lage bei längeren Arbeitsunterbrechungen untersucht.

Die Abstreuerung der ersten Lage ist bei einem zweilagigen Aufbau der Deckschicht obligatorisch. Sie dient der Aufnahme der bei dynamischer Belastung auftretenden Scherkräfte zwischen den einzelnen Lagen des Belages.

### 9.1 Einfluß unterschiedlicher Abstreuerung der ersten Lage der Deckschicht auf die Abreißfestigkeit des Belagsystems

Hierzu wurden auf den unter 3.1 beschriebenen Probekörpern die Grundierung und die erste, 5 mm dicke Lage der Deckschicht aufgebracht. Diese wurde einmal leicht und einmal im Überschuß abgestreut. Nach zweitägiger Aushärtung unter Normalklima wurde die zweite Lage ebenfalls in einer Dicke von 5 mm aufgebracht und 14 Tage unter Normalklima ausgehärtet. Anschließend wurden die Abreißversuche durchgeführt.

Das Epoxydharz/Polyurethansystem S2 erreichte bei den leicht abgestreuten Proben eine mittlere Abreißfestigkeit von  $\beta_{HZ} = 3,31 \text{ N/mm}^2$  gegenüber  $\beta_{HZ} = 3,49 \text{ N/mm}^2$  bei den einlagigen Probekörpern. Bei den im Überschuß abgestreuten Proben

betrug die mittlere Abreißfestigkeit  $\beta_{\text{HZ}} = 3,08 \text{ N/mm}^2$  gegenüber  $\beta_{\text{HZ}} = 3,49 \text{ N/mm}^2$  bei den einlagigen Probekörpern. Die Ablösung geschah bei allen Abreißversuchen zwischen der ersten und der zweiten Lage. Diese Ergebnisse zeigen eine nur geringe Abnahme der Abreißfestigkeit verursacht durch die Zweilagigkeit und/oder die Abstreuerung der ersten Lage. Bei sachgemäß durchgeführter Abstreuerung ist daher keine oder nur eine vernachlässigbar geringe Abnahme der Abreißfestigkeit zu erwarten, wobei die Abreißwerte absolut mit  $\beta_{\text{HZ}} > 3,0 \text{ N/mm}^2$  ausreichend hoch sind. Sie liegen auch deutlich höher als die Abreißwerte der beiden anderen untersuchten Systeme.

Bei dem Polyurethansystem S6 geschah die Ablösung bei allen Abreißversuchen an der Unterkante der ersten Lage (d. h. die Trennung erfolgte nicht zwischen der Grundierung und der ersten Lage der Deckschicht sondern in der ersten Lage der Deckschicht, dort aber am unteren Rand, unmittelbar über der Grundierung). Die mittlere Abreißfestigkeit betrug  $\beta_{\text{HZ}} = 2,51 \text{ N/mm}^2$  gegenüber einer Abreißfestigkeit von  $\beta_{\text{HZ}} = 2,86 \text{ N/mm}^2$  bei den einlagigen Probekörpern. Die Adhäsionshaftung zwischen der ersten und der zweiten Lage der Deckschicht ist höher als die Kohäsionshaftung des Materials. Der zweilagige Aufbau mit Zwischenabstreuerung hat, bedingt durch die niedrige Abreißfestigkeit des Materials, keinen Einfluß auf die Abreißfestigkeit des Belagsystems.

Das PMMA-System S7 erreichte bei den leicht abgestreuten Probe eine mittlere Abreißfestigkeit von  $\beta_{\text{HZ}} > 2,96 \text{ N/mm}^2$  gegenüber  $\beta_{\text{HZ}} = 3,34 \text{ N/mm}^2$  bei den einlagigen Probekörpern. Bei den im Überschuß abgestreuten Proben betrug die mittlere Abreißfestigkeit  $\beta_{\text{HZ}} > 2,92 \text{ N/mm}^2$  gegenüber  $\beta_{\text{HZ}} = 3,34 \text{ N/mm}^2$  bei den einlagigen Probekörpern. Nur in einem Fall, bei einem Probekörper mit leichter Zwischenabstreuerung, erfolgte die Ablösung zwischen der ersten und der zweiten Lage. Bei allen anderen Abreißversuchen erfolgte die Ablösung zwischen der Grundierung und der ersten Lage der Deckschicht oder zwischen der zweiten Lage der Deckschicht und dem Kleber. Diese Ergebnisse zeigen keine oder eine nur geringe Abnahme der Abreißfestigkeit verursacht durch die Abstreuerung der ersten Lage. Bei sachgemäß durchgeführter Abstreuerung ist daher keine oder nur eine vernachlässigbar geringe Abnahme der Abreißfestigkeit zu erwarten, wobei die Abreißwerte absolut mit  $\beta_{\text{HZ}} > 2,9 \text{ N/mm}^2$  ausreichend hoch sind.

Allgemein ist bei einem sachgemäß aufgetragenen zweilagigen Belagsaufbau keine oder nur eine

geringfügig verringerte Abreißfestigkeit festzustellen, so daß bei einem sachgemäß, unter guten meteorologischen Bedingungen aufgetragenen zweilagigen RHD-Belag die Vorteile des zweilagigen Aufbaus (keine durchgehenden Fehlstellen, besserer Ausgleich der Unebenheiten der Unterlage) überwiegen.

## 9.2 Einfluß des zweilagigen Belagsaufbaus auf die Abreißfestigkeit bei längeren Arbeitsunterbrechungen vor dem Aufbringen der zweiten Lage.

In der Praxis wird bei einem zweilagigen Belagsaufbau des öfteren zwischen dem Aufbringen der ersten Lage und der zweiten Lage eine längere Arbeitsunterbrechung durch das Wochenende und/oder schlechte Witterungsbedingungen vorkommen. Sind nicht schon von vornherein Schutzmaßnahmen (wie z. B. ein Schutzzelt) vorgesehen, so ist eine Unterbrechung von ein bis zwei Wochen nicht auszuschließen. Da in der Regel nur eine Fahrbahnhälfte bearbeitet wird und auf der anderen Fahrbahnhälfte der Verkehr weiter fließt, wird die Oberfläche der ersten Lage sehr stark verschmutzt. Bedingt durch die Abstreuerung der ersten Lage ist es kaum möglich, diesen festsetzenden Schmutz restlos zu entfernen.

Um den Einfluß dieser Verschmutzungen der Oberfläche der ersten Lage der Deckschicht auf den Haftverbund der zweiten Lage der Deckschicht zu untersuchen, wurden von den Systemen S2, S6 und S7 auf den unter 3.1 beschriebenen Probekörpern die Grundierung und die erste Lage der Deckschicht einschließlich der Abstreuerung aufgebracht. Diese Probekörper wurden zwei Tage unter Normalklima im Labor aushärten gelassen. Anschließend wurden die Probekörper 14 Tage auf dem Mittelstreifen einer Autobahn (A 4 zwischen den Ausfahrten Bergisch Gladbach - Moitzfeld und Bergisch Gladbach - Bensberg) ausgelagert. Die Auslagerung erfolgte in den ersten beiden Juniwochen. Die Witterungsbedingungen waren wechselhaft und regnerisch und spiegeln daher die Witterungsbedingungen während einer längeren Arbeitsunterbrechung gut wider.

Nach der Auslagerung wurden die Probekörper mit einer groben Bürste abgebürstet und sofort die zweite Lage der Deckbeschichtung aufgebracht. Es wurde hier bewußt keine weitergehende Vorbehandlung der Unterlage (Oberfläche der ersten Lage der Deckschicht) vorgenommen, da auf der Baustelle in der Regel auch keine weitergehende

Vorbehandlung durchgeführt wird. Die Probekörper wurden anschließend 14 Tage unter Normalklima ausgehärtet.

Das Epoxydharz/Polyurethansystem S2 erreichte eine mittlere Abreißfestigkeit von  $\beta_{\text{HZ}} = 2,21 \text{ N/mm}^2$  gegenüber  $\beta_{\text{HZ}} = 3,49 \text{ N/mm}^2$  bei den einlagigen Probekörpern. Die Ablösung erfolgte bei allen Abreißversuchen zwischen der ersten und der zweiten Lage. Diese Ergebnisse zeigen eine deutliche Abnahme der Abreißfestigkeit verursacht durch die Verschmutzung der ersten Lage.

Bei dem Polyurethansystem S6 geschah die Ablösung etwa zu 50 % zwischen der ersten und der zweiten Lage und zu 50 % an der Unterkante der ersten Lage der Deckschicht. Die mittlere Abreißfestigkeit betrug  $\beta_{\text{HZ}} = 2,14 \text{ N/mm}^2$  gegenüber einer Abreißfestigkeit von  $\beta_{\text{HZ}} = 2,86 \text{ N/mm}^2$  bei den einlagigen Probekörpern. Auch hier zeigte sich eine deutliche Abnahme der Abreißfestigkeit durch die Verschmutzung der ersten Lage.

Das PMMA-System S7 erreichte eine mittlere Abreißfestigkeit von  $\beta_{\text{HZ}} = 2,39 \text{ N/mm}^2$  gegenüber  $\beta_{\text{HZ}} = 3,34 \text{ N/mm}^2$  bei den einlagigen Probekörpern. Die Ablösung erfolgte bei allen Abreißversuchen zwischen der ersten und der zweiten Lage der Deckschicht.

Bei allen untersuchten Systemen zeigte sich eine deutliche Abnahme der Abreißfestigkeit durch die Verschmutzung der Oberfläche der ersten Lage der Deckschicht. Bei zwei Systemen erfolgte die Ablösung zu 100 % zwischen der ersten und der zweiten Lage, bei dem dritten System erfolgte die Ablösung zu 50 % zwischen der ersten und der zweiten Lage. Diese Untersuchungen zeigten deutlich, daß eine durch eine längere Arbeitsunterbrechung bedingte Verschmutzung der Oberfläche der ersten Lage der Deckschicht die Abreißfestigkeit und damit die Qualität des Belages deutlich vermindert. Unter Baustellenbedingungen ist daher der zweilagige Einbau der Deckschicht nicht immer gleichbedeutend mit einer Verbesserung der Belagsqualität. Entscheidend ist hierbei, daß das Aufbringen der zweiten Lage möglichst bald nach dem Aushärten der ersten Lage erfolgt, um die Verschmutzung der Oberfläche der ersten Lage zu minimieren. Läßt sich diese Bedingung nicht einhalten, so ist eine gründliche Reinigung der Oberfläche der ersten Lage unmittelbar vor dem Aufbringen der zweiten Lage notwendig. Hierbei reicht eine mechanische Reinigung der Oberfläche aufgrund der Abstreuerung nicht aus. Die Oberfläche muß sehr gründlich mit trockener Preßluft abgeblasen werden.

## 10 Schlußfolgerung

Die oben aufgeführten Ergebnisse zeigen deutlich, daß die untere Einbaugrenze der meisten reaktionsharzgebundenen Belagsysteme bei ca.  $+8 \text{ °C}$  und einer relativen Luftfeuchte von 90 % liegt. Bei niedrigeren Temperaturen ist eine ausreichende Aushärtung einzelner Belagsysteme nicht mehr gegeben, vor allem die Belagsysteme mit Polyurethan als Bindemittel stoßen unterhalb dieser Temperatur an ihre Grenzen. Andere Belagsysteme mit einem Bindemittel auf der Basis von PMMA sind durchaus in der Lage bei geringeren Temperaturen hinsichtlich der Abreißfestigkeit ausreichend durchzuhärten. Offen bleibt allerdings die Frage, ob dieses Material bei Aushärtung unter niedrigen Temperaturen die Dauerschwellbiegeprüfung besteht. Hierzu sollen Untersuchungen im Rahmen des Projektes 97 221 durchgeführt werden.

Auf der Grundlage der in diesem Projekt durchgeführten Untersuchungen wurde eine „Prüfung der Empfindlichkeit der verschiedenen Belagsysteme unter ungünstigen Einbaubedingungen“ entwickelt

Bei den Untersuchungen bezüglich der Empfindlichkeit der Bindemittel der RHD-Beläge gegenüber feuchten Zuschlägen zeigten sich deutlich verminderte Abreißfestigkeiten.

Während sich bei der Verwendung einwöchig offen, aber regengeschützt gelagerter Zuschlagsstoffe (und einem dadurch bedingtem Feuchtegehalt der Zuschlagstoffe von 0,02 %) bei den untersuchten Epoxydharz/Polyurethansystemen keine Verringerung der Abreißfestigkeit zeigte, verminderte sich die Abreißfestigkeit des untersuchten Polyurethansystems um  $1,1 \text{ N/mm}^2$ .

Bei der Verwendung von künstlich auf 0,1 % Feuchtegehalt befeuchteten Zuschlägen verringerte sich die Abreißfestigkeit der Epoxydharz/Polyurethansysteme um ca.  $0,3 \text{ N/mm}^2$  während sich die Abreißfestigkeit des Polyurethansystems wiederum um  $1,1 \text{ N/mm}^2$  verringerte.

Diese Ergebnisse zeigen deutlich die Empfindlichkeit dieser Belagsysteme, vor allem der Polyurethansysteme gegenüber feuchten Zuschlägen und Abstreumaterialien. Zur Verarbeitung dürfen daher nur feuergetrocknete Mineralstoffe zugelassen werden. Eine offene Lagerung der Mineralstoffe auf der Baustelle darf nicht zugelassen werden. Im Regelfall werden die Mineralstoffe bei kleineren Baumaßnahmen in Plastiksäcken oder in Papiersäcken mit Plastikeinlage auf die Baustelle geliefert. Es kann nicht mit ausreichender Sicherheit

davon ausgegangen werden, daß diese Säcke unbeschädigt und luftdicht sind, so daß bei offener Lagerung dieser Säcke oder bei einer Lagerung unter einer Plastikplane örtliche Feuchtigkeitsansammlungen in den Mineralstoffen entstehen können, die zu Schadstellen im Belag führen. Für die Lagerung der Mineralstoffe auf der Baustelle sind daher dicht schließende Behältnisse, wie z. B. Spannringfässer oder Materialcontainer zu verwenden.

Grundsätzlich ist es wünschenswert, befahrene Dünnbeläge zweilagig aufzubringen. Auf diese Weise wird ausgeschlossen, daß Fehlstellen durch den gesamten Belag gehen und der Schutz der Fahrbahntafel ist mit großer Sicherheit gewährleistet. Auch lassen sich die Unebenheiten des Fahrbahnbleches in zwei Lagen besser ausgleichen als in einer Lage.

Dem steht gegenüber, daß bei einem zweilagigen Belagsaufbau die Dauer des Einbaus deutlich verlängert wird. Dies wird in der Praxis, z. B. bei der Beschichtung einer Klappbrücke, bei der der Schiffsverkehr für die Dauer der Belagsarbeiten gesperrt werden muß, nicht immer möglich sein. Auch wird durch den zweilagigen Aufbau die Gefahr einer witterungsbedingten, eventuell auch längerfristigen Arbeitsunterbrechung vergrößert. Durch jede längerfristige Arbeitsunterbrechung besteht die Gefahr einer starken Verschmutzung der Oberfläche der Unterlage. Dies wird bei zweilagigem Aufbau in der Regel die abgestreute Oberfläche der ersten Lage der Deckschicht sein. Wird diese Oberfläche nicht sehr gründlich gereinigt, so wird die Haftung zwischen der ersten und der zweiten Lage der Deckschicht deutlich vermindert. Zur Reinigung der abgestreuten Oberfläche der ersten Lage der Deckschicht reicht aufgrund der Abstreuerung in der Regel eine mechanische Reinigung durch z. B. Abkehren nicht aus. Vielmehr ist die Oberfläche z. B. mittels ölfreier, trockener Druckluft gründlich zu reinigen.

Die durch diese Untersuchungen gewonnenen Ergebnisse sind durch die Bearbeitergruppe „RHD-Beläge“ im Arbeitskreis 7.10.2 „Beläge auf Stahlbrücken“ der FGSV in die ZTV-RHD-ST eingearbeitet worden.

Das unter Punkt 5 vorgeschlagene Prüfungskonzept für die „Prüfung der Empfindlichkeit der verschiedenen Belagsysteme unter ungünstigen Einbaubedingungen“ wurde in die TP-RHD-ST aufgenommen.



---

**B 22: Algorithmen zur Zustandsbewertung von  
Ingenieurbauwerken**

P. Haardt

42 Seiten, 1999

DM 22,50

**B 23: Bewertung und Oberflächenvorbereitung  
schwieriger Untergründe**

Instandhaltung des Korrosionsschutzes durch Teil-  
erneuerung

M. Schröder, S. Sczyslo

31 Seiten, 1999

DM 21,00

**B 24: Erarbeitung einer ZTV für reaktionsharz-  
gebundene Dünnbeläge auf Stahl**

Untersuchungen zur Empfindlichkeit der verschie-  
denen RHD-Belagsysteme unter ungünstigen Ein-  
baubedingungen

M. Eilers, G. Stoll

25 Seiten, 1999

DM 21,00

---

**Zu beziehen durch:**

Wirtschaftsverlag NW

Verlag für neue Wissenschaft GmbH

Postfach 10 11 10

D-27511 Bremerhaven

Telefon (04 71) 9 45 44 - 0, Telefax (04 71) 9 45 44 88