

# **Temperaturen an der Unterseite orthotroper Fahrbahntafeln beim Einbau der Gussasphalt- Schutzschicht**

**Berichte der  
Bundesanstalt für Straßenwesen**

**Brücken- und Ingenieurbau Heft B 41**

**bast**



# Temperaturen an der Unterseite orthotroper Fahrbahntafeln beim Einbau der Gussasphalt- Schutzschicht

von

Manfred Eilers  
Eberhard Küchler  
Bert Quaas

Berichte der  
Bundesanstalt für Straßenwesen

Brücken- und Ingenieurbau Heft B 41

**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 99224:**  
Temperaturen an der Unterseite orthotroper  
Fahrbahntafeln beim Einbau der Gussasphalt-  
Schutzschicht

### 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  
Email: [vertrieb@nw-verlag.de](mailto:vertrieb@nw-verlag.de)  
Internet: [www.nw-verlag.de](http://www.nw-verlag.de)

ISSN 0943-9293

ISBN 3-89701-998-1

Bergisch Gladbach, Juli 2003

## Kurzfassung – Abstract

### Temperaturmessung an der Unterseite orthotroper Fahrbahntafeln beim Einbau der Gussasphalt-Schutzschicht

Zum Schutz gegen Korrosion und auch zur optischen Gestaltung erhalten Brückenteile aus Stahl Korrosionsschutzbeschichtungen. Bei dem im Regelfall erfolgenden Einbau einer Schutzschicht aus Gussasphalt auf den Deckblechoberseiten werden die Korrosionsschutzbeschichtungen der Deckblechunterseiten thermisch belastet. Eine Temperatur-Zeit-Kurve dieser thermischen Belastung wurde vor 25 Jahren an Brücken gemessen und ist in den Technischen Prüfvorschriften für die Prüfung der Dichtungsschichten und der Abdichtungssysteme für Brückenbeläge auf Stahl (TP-BEL-ST) dargestellt.

Korrosionsschutzbeschichtungssysteme, die gemäß Anhang A zur ZTV-KOR-Stahlbauten für Deckblechunterseiten vorgesehen sind, müssen im Rahmen dieses Temperatur-Zeit-Regimes wärmebeständig sein. Der Nachweis der Wärmebeständigkeit muss durch eine Prüfung unter Zugrundelegung des aktuellen Temperatur-Zeit-Regimes erfolgen.

Seit der erstmaligen Messung der Temperatur-Zeit-Kurve sind die Dichtungssysteme für Stahlbrücken weiterentwickelt worden und haben jetzt vermutlich auch wegen der größeren Dicken einen anderen Wärmedurchgang. Vor weiteren Bestimmungen der Wärmebeständigkeit der Korrosionsschutzbeschichtungssysteme muss daher das Temperatur-Zeit-Regime für die drei Dichtungsschichtregelsysteme gemäß TP-BEL-ST an geeigneten Brücken gemessen und eine neue Temperatur-Zeit-Kurve formuliert werden. Die Kurve wird weiterhin zur Abschätzung der zu erwartenden Wärmebelastung der Korrosionsschutzbeschichtungen für die Planung benötigt.

Die Messung der Temperaturen erfolgte an der Unterseite der orthotropen Fahrbahntafeln von neun Bauwerken. Fünf der untersuchten Bauwerke hatten eine Reaktionsharz-Dichtungsschicht, drei Bauwerke eine Bitumen-Dichtungsschicht und ein Bauwerk eine Reaktionsharz/Bitumen-Dichtungsschicht aus Bitumen-Schweißbahn.

Für die Temperaturmessungen wurden selbstklebende NiCr-Folienthermoelemente verwendet, die

auf die vorhandene Korrosionsschutzbeschichtung an der Unterseite der Fahrbahntafeln aufgeklebt wurden.

Die gemessenen Maximaltemperaturen lagen zwischen 90,6° C und 110,0° C, bei Ausgangstemperaturen des jeweiligen Deckbleches von 3,5° C bis 26,9° C. Diese Maximaltemperaturen wurden 20 bis 30 Minuten nach der Beaufschlagung des jeweiligen Flächenelementes mit heißem Gussasphalt erreicht. Es wurde festgestellt, dass die erreichten Maximaltemperaturen und die Wärmeeinwirkungsdauer nicht nur von der Einbautemperatur des Gussasphaltes und der Umgebungstemperatur abhängen, sondern auch bauwerksspezifisch sind.

Auf der Grundlage der hier erhaltenen sowie früherer Messergebnisse und deren Auswertungen wurde der Versuch unternommen, eine Berechnung der zu erwartenden Maximaltemperatur an der Unterseite der orthotropen Fahrbahntafeln beim Schutzschicht-Einbau vorzunehmen. Es wurde eine Gleichung für die näherungsweise Berechnung der zu erwartenden Maximaltemperatur aufgestellt.

Im Ergebnis der Temperaturmessungen an den Brücken wird für künftige Prüfungen der Wärmebeständigkeit von Korrosionsschutzsystemen eine modifizierte Temperatur-Zeit-Kurve empfohlen. Es wird vorgeschlagen, die Dauer der Wärmebeanspruchung auf 6 Stunden zu verlängern und die Temperatur-Zeit-Kurve anzupassen.

Abschließend werden Vorschläge zum Verringern der Wärmebelastung von wärmeempfindlichen Korrosionsschutzbeschichtungen während des Einbaus von Gussasphalt-Schutzschichten genannt.

### Temperature measurements on the underside of orthotropic carriageway decks during installations of protective mastic asphalt layers

Bridge components made of steel are furnished with coats providing protection against corrosion and serving as optical embellishment. During a standard installation of a protective mastic asphalt layer on top of a cover sheet, a thermal load is exerted on the corrosion protection layer on the

underside of the cover sheet. The temperature-time curve of this thermal load measured on bridges 25 years ago can be viewed in the Technical Test Regulations on sealing layers and systems for bridge coverings on steel.

Anti-corrosion coating systems provided for cover sheet undersides according to Appendix A to ZTV-KOR concerning steel structures need to be heat resistant as part of this temperature-time regime. Evidence of heat resistance must be provided through a test based on the current temperature-time regime.

Since the measurement of the first temperature-time curve, sealing systems for steel bridges have been advanced and now presumably possess different heat transfer properties due to the increased thicknesses involved. Before any further determinations of the heat resistance of anti-corrosion coating systems, it is therefore necessary to measure the time-temperature regime for the three standard sealing coats according to TP-BEL-ST on suitable bridges and formulate a new temperature-time curve. This curve is also needed by planners to estimate expected thermal loads on anti-corrosion layers.

Temperatures were measured on the underside of orthotropic carriageway decks of nine structures. Five of these investigated structures possessed a cold-curing resin sealing layer, three a bitumen sealing layer, and one a combination of these two layers (bituminous sheeting).

The temperature measurements made use of self-adhesive NiCr film thermocouples attached to the anti-corrosion coating on the underside of the carriageway decks.

The measured maximum temperatures lay between 90.6° C and 110.0° C, given initial temperatures of between 3.5° C and 26.9° C on the corresponding cover sheets. These maximum temperatures were attained 20 - 30 minutes after application of hot mastic asphalt on the involved surface element. It turned out that the attained maximum temperatures and heat action time depend not only on the installation temperature of the mastic asphalt and the ambient temperature, but also the related structure.

On the basis of these as well as previous measurement results and evaluations, an attempt was made to calculate the expected maximum temperature on the underside of orthotropic

carriageway decks during installations of protective layers. An equation was prepared for approximate calculations of this temperature.

The results of the temperature measurements on the bridges have led to a proposal for a modified temperature-time curve for future tests of the heat resistance of anti-corrosion systems. It is recommended to prolong the heat exposure period to 6 hours and adapt the temperature-time curve.

Finally, proposals for reducing the thermal exposure of heat-sensitive anti-corrosion layers during installations of protective mastic asphalt layers are mentioned.

## Inhalt

<b>1</b>	<b>Vorbemerkungen .....</b>	<b>7</b>
<b>2</b>	<b>Untersuchte Bauwerke.....</b>	<b>8</b>
2.1	Brücke Berlin-Lichtenberg .....	8
2.2	Havel Nordbrücke Berlin.....	8
2.3	Brücke Berlin-Südostallee .....	8
2.4	Dehmseebrücke.....	9
2.5	Haseltalbrücke .....	9
2.6	Rheinbrücke Ilverich .....	10
2.7	Dortmund/Ems-Kanalbrücke .....	10
2.8	Brücke Mainz-Weisenau.....	11
2.9	Werder Straßenbrücke .....	11
<b>3</b>	<b>Abdichtungssysteme .....</b>	<b>11</b>
<b>4</b>	<b>Korrosionsschutzsysteme.....</b>	<b>13</b>
<b>5</b>	<b>Messverfahren, Messgeräte .....</b>	<b>14</b>
<b>6</b>	<b>Messergebnisse.....</b>	<b>15</b>
6.1	Allgemeines .....	15
6.2	Brücke Berlin-Lichtenberg .....	15
6.3	Havel Nordbrücke Berlin.....	16
6.4	Brücke Berlin-Südostallee .....	16
6.5	Dehmseebrücke.....	17
6.6	Haseltalbrücke .....	17
6.7	Rheinbrücke Ilverich .....	18
6.8	Dortmund/Ems-Kanalbrücke .....	18
6.9	Brücke Mainz-Weisenau.....	19
6.10	Werder Straßenbrücke .....	20
6.11	Zusammenfassung der Messergebnisse ..	20
<b>7</b>	<b>Modell zur Abschätzung der voraussichtlichen Wärmebelastung .....</b>	<b>21</b>
<b>8</b>	<b>Prüfung der Korrosionsschutzbeschichtungen .....</b>	<b>22</b>
<b>9</b>	<b>Folgerungen und Ausblick .....</b>	<b>23</b>
<b>10</b>	<b>Ergänzende Diagramme.....</b>	<b>25</b>
<b>11</b>	<b>Literatur .....</b>	<b>25</b>



## 1 Vorbemerkungen

Zum Schutz gegen Korrosion und auch zur optischen Gestaltung erhalten Brückenteile aus Stahl Korrosionsschutzbeschichtungen. Diese Beschichtungen werden aus im Verarbeitungszustand flüssigen Beschichtungsstoffen hergestellt, die aus einem organischen (polymeren) Bindemittel, Korrosionsschutzpigmenten, farbgebenden Pigmenten, Füllstoffen, Additiven (Hilfsstoffen) und Lösungsmitteln bestehen. Die flüssigen Bindemittel bestimmen im wesentlichen die chemischen und die physikalischen Grundeigenschaften, wie z.B. die Wärmebeständigkeit der ausgehärteten Beschichtungsstoffe.

In der Vergangenheit wurden hauptsächlich natürliche Öle, Alkydharze und auch Polyvinylchlorid (PVC) als Bindemittel verwendet, während seit etwa 25 Jahren zunehmend Zweikomponentenstoffe auf der Basis von Epoxidharzen und Polyurethanen angewendet werden. Zugelassen für den Korrosionsschutz von Stahlbrücken sind heute weiterhin Beschichtungsstoffe auf der Basis von Einkomponenten-Polyurethanen, PVC-Copolymerisaten, Polyacrylaten, Epoxidharz/Polyurethan-Kombinationen und andere, die aber hinsichtlich der Häufigkeit ihrer Verwendung von geringerer Bedeutung sind.

Eine Betrachtung der Bindemittel ist insofern von Interesse, als sie als polymere Werkstoffe eine vergleichsweise eingeschränkte Temperaturbeständigkeit haben, die aber sowohl beim Brückenneubau als auch bei der Brückeninstandsetzung bei entsprechenden Bauabläufen in Anspruch genommen wird. Das ist z.B. der Fall, wenn auf Deckbleche, deren Unterseite bereits korrosionsschutzbeschichtet ist, höhere Temperaturen durch den Einbau der Abdichtung (Gussasphalt-Schutzschicht) oder auch durch Flammstrahlen einwirken.

Die sogenannte Thermostabilität polymerer Werkstoffe ist keine Kennzahl, wie beispielsweise der Siede- oder der Schmelzpunkt reiner (definierter) organischer Stoffe, sondern sie beschreibt immer einen Temperaturbereich. Die Ursache dafür ist darin begründet, dass polymere Werkstoffe jeweils aus einem Gemisch von Makromolekülen verschiedener Molmasse bestehen. Das konkrete thermische Verhalten eines polymeren Bindemittels, z.B. die Erweichung von Thermoplasten bzw. der Zersetzungsbeginn von Duroplasten, werden daher nicht nur von der Höhe der Einwirkungstemperatur, sondern auch von der spezifischen Stoffzusammensetzung, der Aufheizgeschwindigkeit und der Einwirkungsdauer der Wärme beeinflusst. Ein polymerer Werkstoff wird dann als thermostabil

für einen bestimmten Temperaturbereich bezeichnet, wenn er in diesem Temperaturbereich seine funktionellen Eigenschaften beibehält. Die wichtigste Komponente der Thermostabilität eines polymeren Werkstoffes ist die Bindungsenergie der Atome zueinander innerhalb des Moleküls. So ist beispielsweise die Bindungsenergie einer C-Cl-Bindung im Vergleich zu einer C-F-Bindung sehr niedrig, weshalb Polyvinylchlorid (PVC) eine niedrige und Polytetrafluoräthylen (Teflon) eine hohe Thermostabilität hat. Ein Maß für die Thermostabilität eines polymeren Werkstoffes ist der  $T_n$ -Wert, die sogenannte Halbwertstemperatur, die durch Thermoanalyse bestimmt wird [1]. Ein weiteres Maß ist die Wärmeformbeständigkeit nach DIN EN ISO 75, Teile 1-3: Kunststoffe - Bestimmung der Wärmeformbeständigkeitstemperatur.

Auf der Grundlage der vorstehenden Ausführungen werden für die wichtigsten Bindemittelstoffgruppen, die auf thermisch belasteten Deckblechunterseiten angewendet werden bzw. in der Vergangenheit angewendet wurden und in der Praxis noch angetroffen werden, folgende Kurzzeittemperaturbeständigkeiten genannt [2] und [3]:

- Epoxidharze:	ca. 130°C
- Polyurethanharz:	ca. 130°C
- Polyvinylchlorid-Copolymerisat	ca. 105 °C

Die Langzeittemperaturbeständigkeit der genannten Bindemittelstoffgruppen ist geringer. Obwohl sie natürlich mit der Kurzzeitbeständigkeit korrespondiert, spielt sie im Rahmen der hier beschriebenen Untersuchungen keine Rolle.

Die Korrosionsschutzbeschichtung der Deckblechunterseite von Stahlbrücken wird dann beim Einbau der Gussasphaltschutzschicht thermisch beansprucht, wenn die Fahrbahnabdichtung nach dem Korrosionsschutz eingebaut wird. Bei Instandsetzungen des Fahrbahnbelages ist das fast immer der Fall.

Die Einbautemperatur des Gussasphaltes beträgt zwar 220 – 260°C, infolge des Wärmeüberganges durch die Dichtungsschicht und der guten Wärmeleitfähigkeit des Stahlkörpers wird die eingebrachte Wärmemenge jedoch sehr schnell abgeführt, so dass die Erwärmung an der Deckblechunterseite deutlich geringer ist. Vor 25 Jahren wurden bei der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) Messungen zur Untersuchung des Temperatur-Zeit-Regimes beim Gussasphalteinbau durchgeführt. Auf dieser Grundlage wurde seinerzeit eine Temperatur-Zeit-Kurve für Abdichtungssysteme auf Stahlbrücken formuliert, wobei damals die Temperatur-

messungen auf der Deckblechoberseite erfolgten. Diese Kurve ist in den Technischen Prüfvorschriften für die Prüfung der Dichtungsschichten und der Abdichtungs-Systeme für Brückenbeläge auf Stahl (TP-BEL-ST) dargestellt [4].

Auf der Deckblechunterseite vorhandene Korrosionsschutzbeschichtungen müssen ebenfalls beim Einwirken eines entsprechenden Temperatur-Zeit-Regimes wärmebeständig sein. Der Nachweis der Wärmebeständigkeit von Korrosionsschutzbeschichtungen erfolgte bisher durch die Prüfung wie in [5] beschrieben.

Seit der o.g. Messung der Temperatur-Zeit-Kurve sind die Dichtungsschichten (Dichtungssysteme), auf die der Gussasphalt aufgebracht wird, weiterentwickelt worden und haben jetzt auch wegen der größeren Dicken vermutlich einen anderen Wärmedurchgang als die früheren Dichtungsschichten. Vor weiteren Bestimmungen der Wärmebeständigkeit von Korrosionsschutzsystemen muss daher die Temperatur-Zeit-Kurve an geeigneten Brücken für die neuen Dichtungsschichten gemäß [6] gemessen werden. Diese Kurve wird weiterhin zur Abschätzung der zu erwartenden Wärmebelastung der Korrosionsschutzbeschichtungen für die Planung benötigt.

## 2 Untersuchte Bauwerke

### 2.1 Brücke Berlin-Lichtenberg

Die Brücke Berlin-Lichtenberg (Bild 1) ist das Bauwerk Nr. 17004 im Zuge der B1/B5 über die Fernbahn- und S-Bahngleise am Bahnhof Berlin-Lichtenberg. Das Bauwerk ist eine Einfeldbrücke, bestehend aus zwei voneinander getrennten Überbauten, jeweils in der Bauart Hohlkasten mit orthotroper Fahrbahntafel. Das Bauwerk hat eine Länge von 137 m und eine Gesamtbreite von ca. 46 m. Die Dicke des Deckbleches beträgt 10 mm.

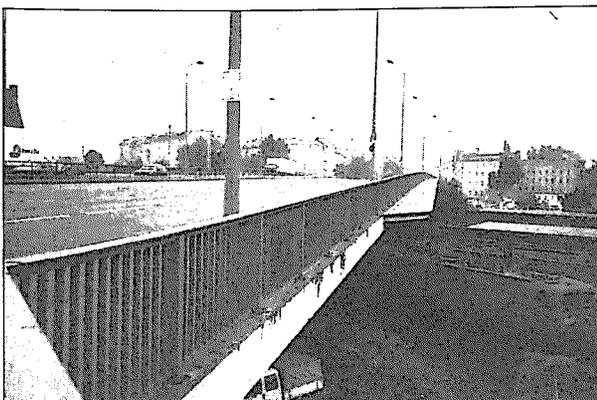


Bild 1: Brücke Berlin-Lichtenberg im Zuge der B1/B5

Die beiden Hohlkästen haben jeweils einen Querschnitt von 3 m x 2,50 m. Die Korrosionsschutzbeschichtung im Inneren des Hohlkastens ist noch die Erstbeschichtung aus dem Jahr 1972. Es ist ein Korrosionsschutzsystem auf PVC-Basis, das sich visuell noch in einem guten Zustand befindet. Die Brücke wurde 1972 dem Verkehr übergeben.

### 2.2 Havel Nordbrücke Berlin

Die Havel Nordbrücke (Bild 2) im Zuge der Rauchstraße überquert die Havel in fünf Feldern auf vier Stropfteilern nördlich der Altstadt von Berlin-Spandau. Sie besteht aus zwei parallelen Hohlkästen mit einer an den Gesimsen auskragenden orthotropen Fahrbahntafel mit Gelenkstützen. Die Hohlkästen haben jeweils eine Breite von 5,20 m bis 6,70 m und eine Höhe von 1,30 m bis 2,95 m. Die Länge des Bauwerkes beträgt 252 m und die Breite ca. 35 m. Das Deckblech hat im gemessenen Bereich über den Hohlkästen eine Dicke von 14 mm. Das Korrosionsschutzsystem im Inneren des Hohlkastens besteht aus einer Grundbeschichtung nach Blatt 87 (Bindemittel Epoxidharz) und einer Deckbeschichtung nach Blatt 94 (Bindemittel Polyurethan) der TL 918 300 der DB [7]. Die Brücke wurde Ende Dezember 2000 dem Verkehr übergeben.

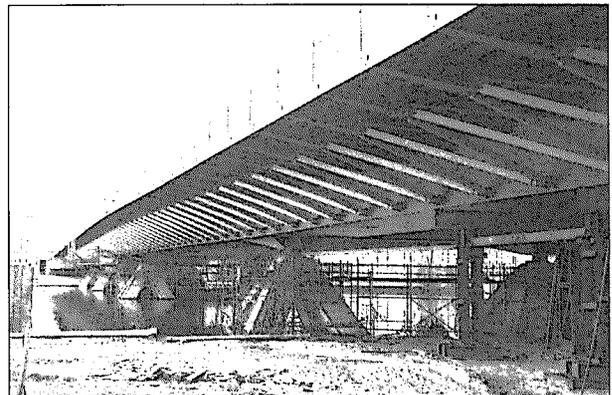
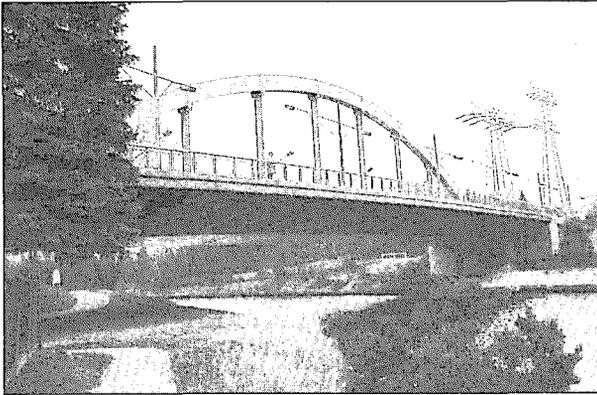


Bild 2: Havel Nordbrücke Berlin

### 2.3 Brücke Berlin-Südostallee

Die Brücke im Zuge der Südostallee (Bild 3) überquert den Britzer Verbindungskanal im Stadtbezirk Berlin-Treptow. Nach dem statischen System ist es eine Mittelträgerbogenbrücke mit einer Stützweite von 81 m und einer Gesamtlänge von 83 m. Die Gesamtbreite beträgt 24,60 m. Die Breite des zweizelligen Hohlkastens beträgt ca. 8 m, die Höhe ca. 2 m. Die Deckblechdicke der orthotropen Fahrbahntafel beträgt im gemessenen Bereich über dem Hohlkasten 14 mm. Das Korrosionsschutzsystem im Inneren des Hohlkastens besteht aus einer Beschichtung nach Blatt 87 (Bindemittel



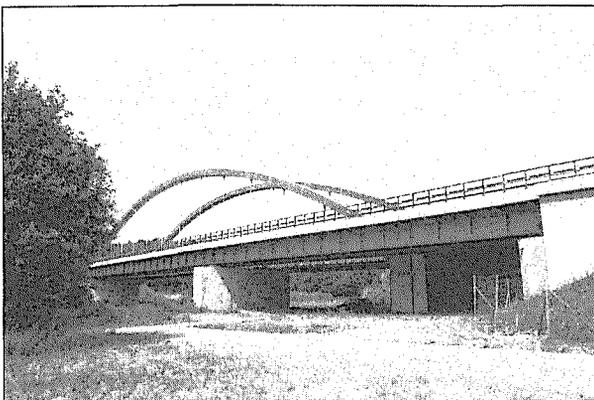
**Bild 3:** Brücke im Zuge der Südostallee über den Britzer Verbindungskanal in Berlin-Treptow

Epoxidharz/Polyurethan) der TL 918 300 der DB [7]. Die Brücke wurde 1999 dem Verkehr übergeben.

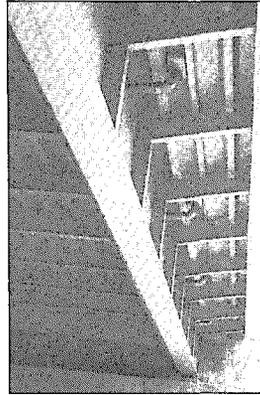
## 2.4 Dehmseebrücke

Die Dehmseebrücke (Bilder 4 und 5) ist das Bauwerk 13 im Zuge der BAB A 12 am Kilometer 29,07 in der Nähe von Fürstenwalde (Brandenburg). Die Brücke besteht aus zwei voneinander getrennten Überbauten. Der nördliche Überbau ist eine Stabbogenbrücke mit Stahlverbund, der südliche Überbau ist eine Vollwandbalken-Deckbrücke mit dreifeldriger orthotroper Fahrbahntafel. Der nördliche Überbau ist 120 m lang und ca. 16 m breit, der südliche Überbau ist 132 m lang und ca. 11 m breit. Die Deckblechdicke des südlichen Überbaues beträgt 12 mm. Er wurde 1989 dem Verkehr übergeben und 1999 durch Umbau verbreitert. Der nördliche Überbau wurde 1999 dem Verkehr übergeben.

Die Messungen fanden am südlichen Überbau im auskragenden Bereich der Fahrbahntafel (Bild 5) statt.



**Bild 4:** Dehmseebrücke im Zuge der BAB A 12

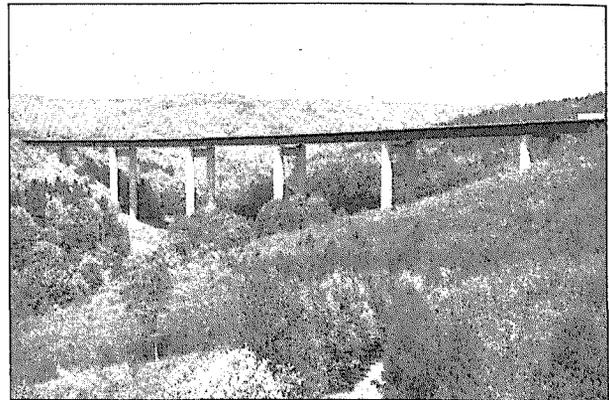


**Bild 5:** Dehmseebrücke, Gesims des südlichen Überbaues

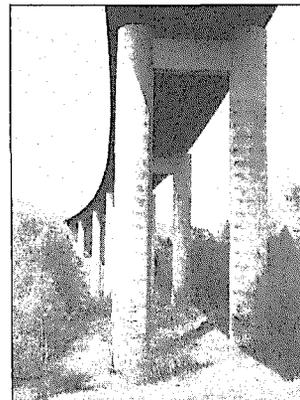
Die Temperaturmessung fand in dem auskragenden Bereich statt. Der Einbau des Gussasphaltes erfolgte hier per Hand.

## 2.5 Haseltalbrücke

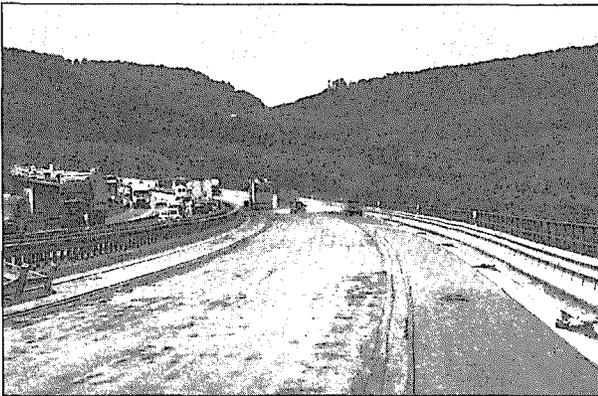
Die Haseltalbrücke (Bilder 6 – 8) ist das Bauwerk 241a im Zuge der BAB A 3 und überquert nahe der Anschlussstelle Rohrbrunn das Haseltal (Bayern). Das Bauwerk ist eine Vollwandbalken-Deckbrücke mit orthotroper Fahrbahntafel. Die Brücke hat eine Gesamtlänge von 660 m und eine Gesamtbreite von 29 m. Die Deckblechdicke beträgt 12 mm.



**Bild 6:** Haseltalbrücke im Zuge der BAB A 3



**Bild 7:** Haseltalbrücke im Zuge der BAB A 3



**Bild 8:** Haseltalbrücke im Zuge der BAB A 3  
Erneuerung der Abdichtung



**Bild 10:** Rheinbrücke Ilverich im Zuge der BAB A 44  
südliche Richtungsfahrbahn mit Pufferschicht

Eine Erneuerung des Korrosionsschutzes mit einem Beschichtungssystem nach Blatt 87 (Bindemittel Epoxidharz/Polyurethan) der TL 918 300 der DB [7] erfolgte 1996. Das Bauwerk wurde 1961 dem Verkehr übergeben.

## 2.6 Rheinbrücke Ilverich

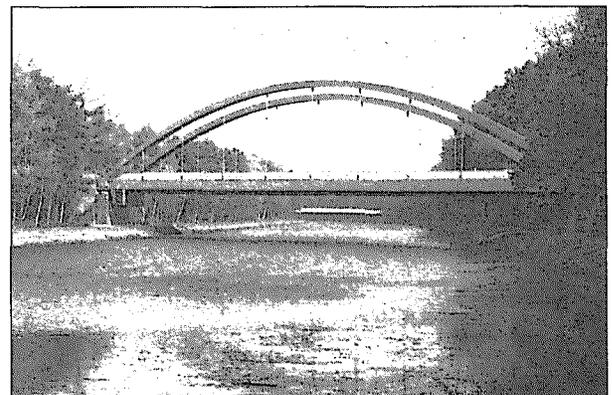
Die Rheinbrücke Ilverich (Bilder 9 und 10) überquert im Zuge der BAB A 44 den Rhein zwischen Düsseldorf und Meerbusch (NRW). Das Bauwerk ist eine Schrägseilbrücke mit dreizelligem Hohlkasten und orthotroper Fahrbahntafel. Die Breite des Hohlkastens beträgt 16,50 m, die Höhe 4 m und die Deckblechdicke 18 mm. Als Korrosionsschutzsystem befindet sich im Hohlkasten ein System nach Blatt 87 (Bindemittel Epoxidharz/Polyurethan) der TL 918 300 der DB [7]. Das Bauwerk hat einschließlich der Beton-Vorlandbrücken eine Gesamtlänge von 1287 m (290 m Stahl) und eine Gesamtbreite von 38 m. Die Verkehrsfreigabe erfolgte 2002.



**Bild 9:** Rheinbrücke Ilverich im Zuge der BAB A 44

## 2.7 Dortmund/Ems-Kanalbrücke

Die Dortmund/Ems-Kanalbrücke (Bilder 11 und 12) überquert im Zuge der B 70 bei Lingen den Dortmund/Ems-Kanal (Niedersachsen). Die Bauwerksnummer ist Bw 340952 (nach neuer Nomenklatur). Das Bauwerk ist eine Stabbogenbrücke mit orthotroper Fahrbahntafel. Die Brücke hat eine Länge von ca. 84 m, eine Breite von ca. 15 m und eine Deckblechdicke von 10 mm.



**Bild 11:** Brücke über den Dortmund/Ems-Kanal bei Lingen



**Bild 12:** Brücke über den Dortmund/Ems-Kanal bei Lingen  
Straßenansicht

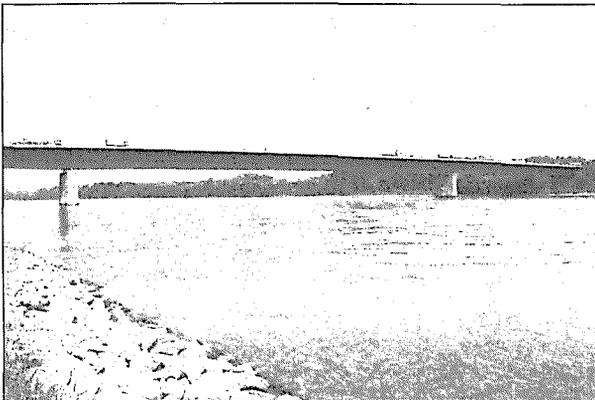
Zeichn.-Nr.	Zeichnung	Zeit der Ausführung	Abbildung v. Ausführung	Bestell-Nr.	Lieferfirma
Km 3	RD Wehls PSR 25	vom 2.8.91 bis 15.11.91	Karl Röllgers & m.b.h. Papenburg	687.02 687.06 687.12 687.79	Sika Chemie Stuttgart

**Bild 13:** Brücke über den Dortmund/Ems-Kanal bei Lingen  
Korrosionsschutztafel

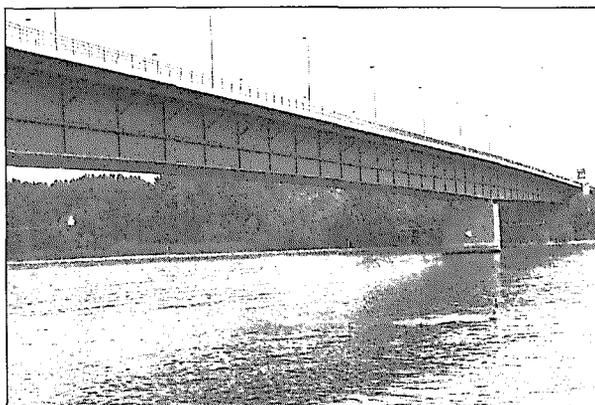
Den Korrosionsschutz gewährleistet ein Korrosionsschutzsystem nach Blatt 87 (Bindemittel Epoxidharz/Polyurethan) (Bild 13) der TL 918 300 der DB [7]. Die Verkehrsübergabe des Bauwerkes erfolgte 1980.

## 2.8 Brücke Mainz-Weisenau

Die Brücke Mainz - Weisenau (Rheinland-Pfalz) im Zuge der BAB A 60 überquert den Rhein (Bilder 14 und 15). Die Bauwerksnummer ist Mz 85/1 (Bw 6015580 B9 nach neuer Nomenklatur).



**Bild 14:** Rheinbrücke Mainz-Weisenau



**Bild 15:** Rheinbrücke Mainz-Weisenau

Das Bauwerk ist ein dreifeldriger Hohlkasten mit orthotroper Fahrbahntafel. Die Deckblechdicke beträgt 12 mm. Der Hohlkasten hat eine Breite von 11,70 m und eine Höhe von 6,80 m – 7,40 m. Die Überbaulänge beträgt 411 m bis zum Trennpfeiler bei einer Breite von ca. 26 m. Den Korrosionsschutz im Hohlkasten gewährleistet ein Korrosionsschutzsystem nach Blatt 87 (Bindemittel Epoxidharz/Polyurethan) der TL 918 300 der DB [7]. Die Verkehrsübergabe des Bauwerkes erfolgte 1962.

## 2.9 Werder Straßenbrücke

Die Werder Straßenbrücke (Bild 16) im Zuge der B 12 überquert den Elbe-Havel-Kanal bei Parey (Sachsen-Anhalt). Das Bauwerk ist eine einfeldrige Stabbogenbrücke mit orthotroper Fahrbahntafel. Die Überbaulänge beträgt 100 m, die Breite ca. 13 m und die Deckblechdicke 13 mm. Den Korrosionsschutz gewährleistet ein Korrosionsschutzsystem nach Blatt 87 (Bindemittel Epoxidharz/Polyurethan) der TL 918 300 der DB [7]. Die Verkehrsübergabe des Bauwerkes erfolgte 2001.



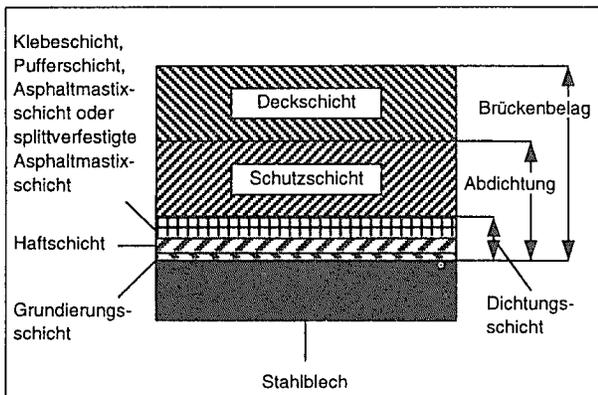
**Bild 16:** Werder Straßenbrücke bei Parey

## 3 Abdichtungssysteme

Der Brückenbelag einer Stahlbrücke entsprechend den „Zusätzlichen Technischen Vertragsbedingungen und Richtlinien für die Herstellung von Brückenbelägen auf Stahl“ (ZTV-BEL-ST) [6] besteht aus der Abdichtung und der Deckschicht (Bild 17). Die Abdichtung wiederum besteht aus der Dichtungsschicht und der Schutzschicht. Die Schutzschicht ist in der Regel eine ca. 3,5 cm dicke Gussasphaltschicht. Die Deckschicht kann aus Gussasphalt, aus Splittmastixasphalt oder aus Asphaltbeton bestehen.

Bei der Abdichtung werden drei verschiedene Bauarten unterschieden:

- Bauart 1 mit Reaktionsharz-Dichtungsschicht
- Bauart 2 mit Bitumen-Dichtungsschicht
- Bauart 3 mit Reaktionsharz/Bitumen-Dichtungsschicht



**Bild 17:** Aufbau des Brückenbelages auf einer stählernen Fahrbahntafel gemäß ZTV-BEL-ST

Die Reaktionsharz-Dichtungsschicht besteht aus einer Reaktionsharz-Grundierung und einer Reaktionsharz-Haftschrift. Auf diese Haftschrift wird zur besseren Verbindung mit der Schutzschicht entweder eine Klebeschicht (Bild 18) oder eine Abstreung und eine Pufferschicht (Bild 19) aufgebracht. Die Gesamtdicke der Dichtungsschicht mit Klebeschicht beträgt 2 – 3 mm, die der Dichtungsschicht mit Abstreung und Pufferschicht ca. 5 mm. Da zur Zeit keine Reaktionsharz-Dichtungsschicht mit Klebeschicht gelistet ist und auch in absehbarer Zeit kein Antrag auf Listung zu erwarten ist, wurde nur die Reaktionsharz-Dichtungsschicht mit Abstreung und Pufferschicht untersucht.

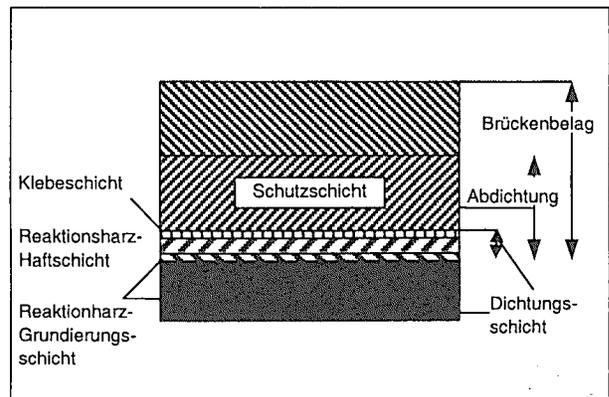
Die Bitumen-Dichtungsschicht besteht aus einer bitumenhaltigen Grundierung und einer bitumenhaltigen Haftschrift mit einer Gesamtdicke von ca. 3 mm (Bild 20) oder aus einer kombinierten bitumenhaltigen Haft- und Grundierungsschicht und einer splitthaltigen Asphaltmastixschicht mit einer Gesamtdicke von ca. 10 mm (Bild 21).

Die Reaktionsharz/Bitumen-Dichtungsschicht besteht aus einer Reaktionsharz-Grundierung und einer Bitumen-Schweißbahn (Bild 22) oder einer Bitumen-Haftschrift. Zur Zeit sind bei dieser Bauart nur Abdichtungssysteme mit Bitumen-Schweißbahn gelistet. Die Variante mit Bitumen-Haftschrift wurde daher nicht erfasst.

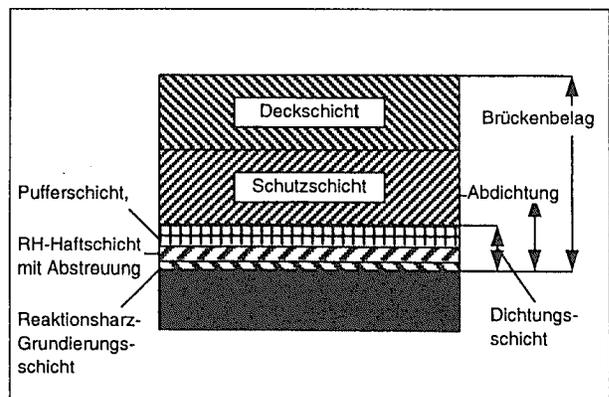
Da die Dicke der Dichtungsschicht, wie weiter unten gezeigt wird, einen Einfluss auf die Maximaltemperaturen an der Unterseite des Deckbleches hat, sind in Tabelle 1 die Dicken der einzelnen Dichtungsschichten tabellarisch aufgelistet.

**Tab. 1:** Dicken der Dichtungsschichten

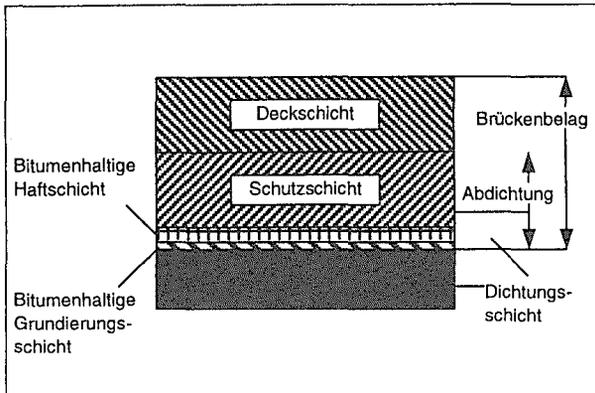
Dichtungsschicht	Dicke
Reaktionsharz-Dichtungsschicht	ca. 5 mm
Bitumen-Dichtungsschicht aus Grundierungsschicht und Haftschrift	ca. 3 mm
Bitumen-Dichtungsschicht aus kombinierter Grundierungs- und Haftschrift und splitthaltiger Asphaltmastixschicht	ca. 10 mm
Reaktionsharz/Bitumen-Dichtungsschicht mit Bitumen-Schweißbahn	ca. 5,5 mm



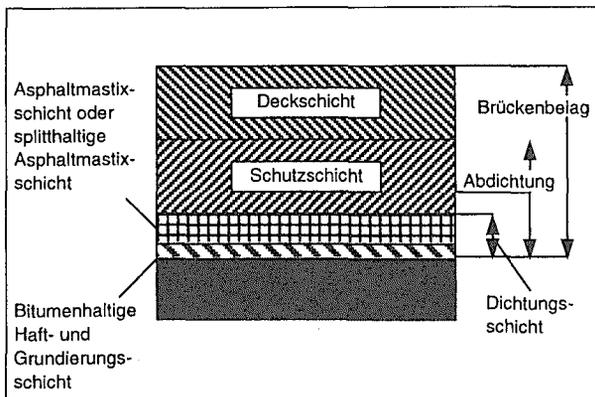
**Bild 18:** Abdichtung der Bauart 1 mit Reaktionsharz-Dichtungsschicht und Klebeschicht



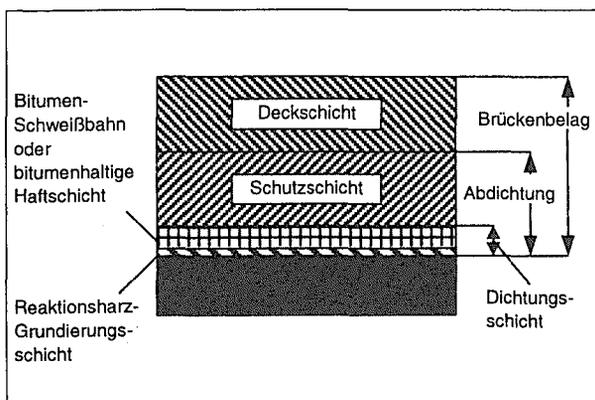
**Bild 19:** Abdichtung der Bauart 1 mit Reaktionsharz-Dichtungsschicht und Pufferschicht



**Bild 20:** Abdichtung der Bauart 2 mit Bitumen-Dichtungsschicht mit Grundierungsschicht und Haftschrift



**Bild 21:** Abdichtung der Bauart 2 mit Bitumen-Dichtungsschicht mit splitthaltiger Asphaltmastixschicht



**Bild 22:** Abdichtung der Bauart 3 mit Reaktionsharz/Bitumen-Dichtungsschicht

## 4 Korrosionsschutzsysteme

In den „Technischen Lieferbedingungen und Technischen Prüfvorschriften für Beschichtungssysteme für den Korrosionsschutz von Stahlbauten“, (TL/TP-KOR-Stahlbauten) [11], gültig seit 12/2002, sind die Zusammensetzung, die Anforderungen an die Eigenschaften und die Prüfungen der Korrosionsschutzsysteme für Stahlbauten im Zuständigkeitsbereich des Bundesministeriums für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen festgelegt. Mit dem Inkrafttreten der TL/TP-KOR-Stahlbauten ist deren Vorläufer, die TL 918 300 der DB [7], für diesen Zuständigkeitsbereich nicht mehr anzuwenden.

Die spezielle Dokumentation der Korrosionsschutzsysteme enthält der Anhang E der TL/TP-KOR-Stahlbauten in einzelnen sogenannten TL-Blättern. Jedes der bisher 14 TL-Blätter ist durch den jeweiligen Bindemitteltyp charakterisiert und wird nach ihm bezeichnet (siehe Tabelle 2: Korrosionsschutzsysteme nach TL/TP-KOR-Stahlbauten).

An den Brückenbauwerken sind derzeit aber auch noch Korrosionsschutzsysteme nach inzwischen zurückgezogenen Blättern der TL 918 300, Teil 2 vorhanden, die zur Vollständigkeit der Darstellung in der Tabelle 3 genannt sind.

Die Korrosionsschutzsysteme gemäß der Tabellen 2 und 3 haben eine unterschiedliche Wärmebeständigkeit (Thermostabilität) (siehe Abschnitt 1 „Vorbemerkung“). Im Weiteren sollen nur die Systeme betrachtet werden, die für den Korrosionsschutz der Deckblechunterseiten im Regelwerk vorgesehen sind und deren Thermostabilität bei einem entsprechenden Bauablauf in Anspruch genommen werden kann.

Die Zuordnung der einzelnen jeweils speziell geeigneten Korrosionsschutzsysteme zu den Bauteilen der Brücke ist im Anhang A der „Zusätzlichen Technischen Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Korrosionsschutz von Stahlbauten (ZTV-KOR-Stahlbauten)“ [10] geregelt. Vorher erfolgte die Zuordnung nach den „Zusätzlichen Technischen Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Korrosionsschutz von Stahlbauten (ZTV-KOR 92) [12], Beiblatt 1.

Nach den ZTV-KOR 92 [12], Beiblatt 1 wurden für die thermisch beanspruchten Bereiche bis zu einer Temperatur von 150°C Korrosionsschutzsysteme nach den TL-Blättern 76, 77, 86 und 87 empfohlen, wobei vorzugsweise die Systeme nach Blatt 87 (Reaktionsharze) verwendet werden sollten.

**Tab. 2:** Korrosionsschutzsysteme nach TL/TP-KOR-Stahlbauten

Nr. des TL-Blattes	Bezeichnung des TL-Blattes
Blatt 75	Beschichtungsstoffe auf PVC-Grundlage auf feuerverzinktem Stahl
Blatt 77	Beschichtungsstoffe auf PVC-Kombinationsgrundlage auch mit Grundbeschichtung für handentrostete Flächen
Blatt 81	Beschichtungsstoffe auf Epoxidharz-Kombinations-Grundlage
Blatt 84	Beschichtungsstoffe und Mörtel auf Epoxidharz-Grundlage für verschleißfeste Beschichtungen
Blatt 84 Anhang	Beschichtungsstoffe für verschleißfeste Beschichtungen: Dünnbeläge
Blatt 85	Beschichtungsstoffe für gleitfeste Verbindungen auf Alkalisilikat-Grundlage mit Zinkstaub
Blatt 86	Beschichtungsstoff auf Ethylsilikat-Grundlage mit Zinkstaub
Blatt 87	Beschichtungsstoffe auf Epoxidharz- und Polyurethangrundlage
Blatt 89	Beschichtungsstoffe auf Polyurethangrundlage luftfeuchtigkeitshärtend
Blatt 91	Wasserverdünnbare Beschichtungsstoffe auf Acrylat- oder Acryl-Copolymerisat-Grundlage für feuerverzinkten Stahl
Blatt 92	Wasserverdünnbare Beschichtungsstoffe auf Acrylat- oder Acryl-Copolymerisat-Grundlage
Blatt 93	1K-Beschichtungsstoffe polyvinyl- und polyvinylidenchloridfrei, lösemittelarm, auch zur Instandsetzung
Blatt 94	2K-Beschichtungsstoffe auf Epoxidharz-(niedermolekular) und Polyurethangrundlage, lösemittelarm, auch zur Instandsetzung
Blatt 95	2K-Beschichtungsstoffe auf Epoxidharz- und Polyurethangrundlage, lösemittelarm, auch zur Instandsetzung

**Tab. 3:** Ergänzende Korrosionsschutzsysteme nach TL 918 300 ( zurückgezogene Blätter)

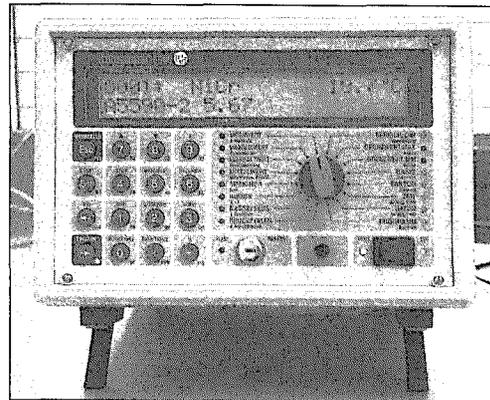
Nr. des TL-Blattes	Bezeichnung des TL-Blattes
Blatt 72	Beschichtungsmaterial auf Alkydharz-Grundlage
Blatt 73	Beschichtungsmaterial auf Bitumen-Grundlage
Blatt 74	Restrostverträgliche 1 K-Grundbeschichtungsmaterialien, blei- und chromatfrei, auf handentrosteten Flächen
Blatt 76	Beschichtungsmaterial auf Bitumen-Kombinations-Grundlage
Blatt 82	Beschichtungsmaterial auf Epoxidharz-Teerpech-Grundlage

Im neuen Regelwerk, den ZTV-KOR-Stahlbauten [10], werden im Anhang A für die thermisch beanspruchten Bereiche Korrosionsschutzsysteme nach den TL-Blättern 86, 87, 89, 94 und 95 empfohlen, die eine vergleichsweise hohe Thermostabilität aufweisen, wobei die Reaktionsharzsysteme der TL-Blätter 87, 94 und 95 zu bevorzugen sind.

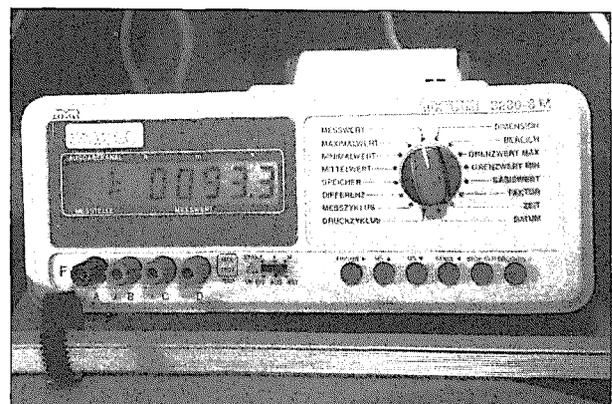
Allerdings haben bei der BASt durchgeführte Untersuchungen [5] gezeigt, dass die Systeme nach den Blättern 94 und 95 gegen eine frühe Wärmebelastung nach ihrer Applikation empfindlich sind (Blasenbildung in der Beschichtung). Diesem Untersuchungsergebnis wurde im Anhang A der ZTV-KOR-Stahlbauten entsprochen, indem eine Wärmebelastung dieser Systeme erst frühestens 14 Tage nach ihrer Applikation zugelassen wurde.

## 5 Messverfahren, Messgeräte

Für die Temperaturmessungen wurden selbstklebende Folienthermoelemente NiCr-Ni PR 6462 BK/02 der Firma THERMOCOAX verwendet, die auf die Beschichtung an der Unterseite der Fahrbahntafeln aufgeklebt wurden.



**Bild 23:** Temperaturmessgerät Typ ALMENO 5590



**Bild 24:** Temperaturmessgerät Typ Therm 3280-8 M

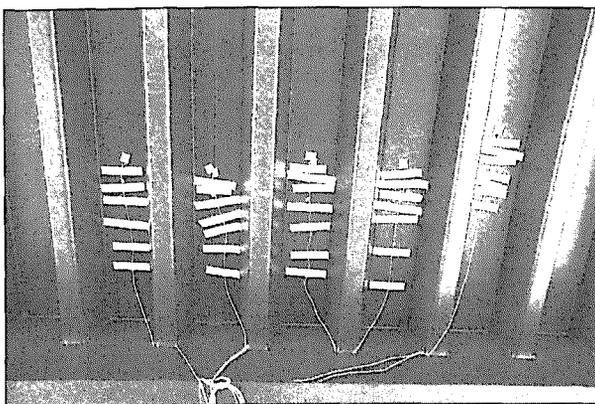
Für die Absoluttemperatur wird die Messgenauigkeit der Thermoelemente vom Hersteller mit  $\pm 1,5 \text{ }^\circ\text{C}$  angegeben (absolute Genauigkeit), für die Temperaturdifferenzen eines Aufnehmers mit  $\pm 0,1 \text{ K}$  (relative Genauigkeit). Wie Untersuchungen im Rahmen eines anderen Projektes [8] gezeigt haben, ist die tatsächliche Messgenauigkeit für die Absoluttemperatur mit  $\pm 0,4 \text{ }^\circ\text{C}$  deutlich höher als die Herstellerangabe.

Aufgezeichnet wurden die Messwerte mit dem Messsystem ALMEMO 5590 (Bild 23) der Firma Ahlborn Mess- und Regelungstechnik, Holzkirchen bzw. mit dem Messsystem THERM 3280-8 M (Bild 24) der selben Firma. Die Steuerung der Messgeräte und die Datenerfassung erfolgten mit der Steuer- und Erfassungssoftware AMR Data-Control 4.1. Die Auswertung und die Darstellung der Messergebnisse erfolgten mit Excel.

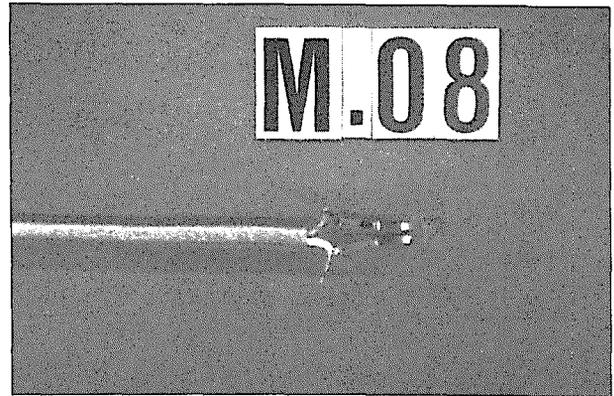
An der Rheinbrücke Ilverich wurde zusätzlich die Temperaturverteilung in Längs- und in Querrichtung mit einem Infrarot-Thermometer AMIR 7814-20 der Firma Ahlborn Mess- und Regelungstechnik erfasst.



**Bild 25:** Temperaturmessung im Hohlkasten der Havel Nordbrücke Berlin



**Bild 26:** Folienthermoelemente NiCr-Ni, an der Deckblechunterseite befestigt



**Bild 27:** Einzelnes, an der Deckblechunterseite befestigtes Thermoelement

## 6 Messergebnisse

### 6.1 Allgemeines

Die Messung der Temperaturen an der Unterseite der orthotropen Fahrbahntafeln (Bilder 25 – 27) erfolgte an neun verschiedenen Bauwerken. Fünf der untersuchten Bauwerke hatten eine Reaktionsharz-Dichtungsschicht (Havel Nordbrücke Berlin, Haseltalbrücke, Rheinbrücke Ilverich, Dortmund/Ems-Kanalbrücke und Brücke Mainz-Weisenau), drei Bauwerke eine Bitumen-Dichtungsschicht (Brücke Berlin Lichtenberg, Werder Straßenbrücke und Dehmseebrücke) und ein Bauwerk eine Reaktionharz/Bitumen-Dichtungsschicht aus Bitumen-Schweißbahn (Brücke Berlin-Südostallee).

Die graphische Darstellung der Messergebnisse befindet sich in Abschnitt 10.

### 6.2 Brücke Berlin-Lichtenberg

An der Brücke Berlin-Lichtenberg (Bitumen-Dichtungsschicht) wurden die Temperaturen an der Unterseite der orthotropen Fahrbahntafel im Hohlkasten in zwei Profilen quer zur Einbaurichtung mit je 5 Messstellen gemessen. Die Messungen erfolgten am 03. und 04. Juli 2001. Die Einbautemperatur des Gussasphaltes betrug  $240 - 245 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Der Temperaturverlauf beim Einbau der Gussasphalt-Schutzschicht wurde über einen Zeitraum von 24 Stunden gemessen (Bilder 35 und 36). Bei Ausgangstemperaturen zwischen  $26,3 \text{ }^\circ\text{C}$  und  $34,0 \text{ }^\circ\text{C}$  lagen die erreichten Maximaltemperaturen zwischen  $92,0 \text{ }^\circ\text{C}$  und  $103,8 \text{ }^\circ\text{C}$  (siehe auch Tabelle 5). Die Abkühlung auf die Ausgangstemperatur dauerte ca. 12 – 13 Stunden.

In den Bildern 37 und 38 sind die Temperaturverläufe für einen Zeitraum von 4 Stunden dargestellt. Die Einwirkungsdauer der verschiedenen Temperaturen stellt sich wie folgt dar (Tabelle 4).

**Tab. 4:** Einwirkungsdauer der verschiedenen Temperaturen

Temperatur [°C]	110	100	90	80	70
Dauer [h]	-	<0,5	0,5-1,0	0,8-1,3	1,3-2,0

In den Bildern 39 und 40 sind die Temperaturanstiege in höherer zeitlicher Auflösung dargestellt. Die Ausgangstemperaturen, die Maximaltemperaturen, die Temperaturdifferenzen und die Dauer bis zum Erreichen der Maximaltemperaturen sind in der Tabelle 5 dargestellt. Der Mittelwert der Temperaturanstiege durch den Einbau der Gussasphalt-Schutzschicht betrug 67,4 K, wobei die Einzelwerte zwischen 60,0 K und 76,9 K lagen. Die Maximaltemperatur wurde im Mittel nach 22 Minuten erreicht.

**Tab. 5:** Temperaturdifferenzen und Dauer bis zum Erreichen der Maximaltemperatur, Brücke Berlin-Lichtenberg

Messstelle	Ausgangstemperatur $T_A$ [°C]	Maximaltemperatur $T_{max}$ [°C]	Temperaturdifferenz [K]	Dauer bis Erreichen von $T_{max}$ [min]
1	26,6	94,9	68,3	21
2	27,3	101,0	73,7	21
3	27,0	97,8	70,8	24,5
4	26,9	103,8	76,9	24,5
5	26,3	92,4	66,1	25,5
6	-	-	-	-
7	34,0	96,0	62,0	21
8	32,0	93,9	61,9	18,5
9	32,0	92,0	60,0	21
10	32,0	99,3	67,3	19
Mittel	29,3	96,8	67,4	21,8

### 6.3 Havel Nordbrücke Berlin

An der Havel Nordbrücke Berlin (Reaktionsharz-Dichtungsschicht) wurden die Temperaturen an der Unterseite der orthotropen Fahrbahntafel im Hohlkasten in 4 Profilen quer zur Einbaurichtung mit je 2 Messstellen gemessen. Die Messungen erfolgten am 01. Dezember 2000. Die Einbautemperatur des Gussasphaltes betrug ca. 245 °C.

Der Temperaturverlauf beim Einbau der Gussasphalt-Schutzschicht wurde über einen Zeitraum von ca. 110 Minuten gemessen (Bild 41). Bei Ausgangstemperaturen zwischen 3,0 °C und 4,0 °C lagen die erreichten Maximaltemperaturen zwi-

**Tab. 6:** Einwirkungsdauer der verschiedenen Temperaturen

Temperatur [°C]	110	100	90	80	70
Dauer [h]	-	-	0-0,5	0,6-1,0	1,1-1,3

**Tab. 7:** Temperaturdifferenzen und Dauer bis zum Erreichen der Maximaltemperatur, Havel Nordbrücke Berlin

Messstelle	Ausgangstemperatur $T_A$ [°C]	Maximaltemperatur $T_{max}$ [°C]	Temperaturdifferenz [K]	Dauer bis Erreichen von $T_{max}$ [min]
1	3,5	96,1	92,6	24
2	3,5	94,3	90,8	27
3	3,3	94,5	91,2	27
4	3,5	90,6	87,1	24
5	4,0	93,6	89,6	26
6	3,7	95,0	91,3	22
7	3,0	95,3	92,3	28
8	3,6	94,4	90,8	22
Mittel	3,5	94,2	90,7	25,0

schen 90,6 °C und 96,1 °C (siehe auch Tabelle 7). Die Einwirkungsdauer der verschiedenen Temperaturen ist in Tabelle 6 dargestellt.

In den Bildern 42 und 43 sind die Temperaturanstiege in höherer zeitlicher Auflösung dargestellt. Die Ausgangstemperaturen, die Maximaltemperaturen, die Temperaturdifferenzen und die Dauer bis zum Erreichen der Maximaltemperaturen sind in Tabelle 7 dargestellt.

Der Mittelwert der Temperaturanstiege durch den Einbau der Gussasphalt-Schutzschicht betrug 90,7 K, wobei die Einzelwerte zwischen 87,1 K und 92,6 K lagen. Die Maximaltemperatur wurde im Mittel nach 25 Minuten erreicht.

### 6.4 Brücke Berlin-Südostallee

An der Brücke Berlin-Südostallee (Bitumen-Schweißbahn) wurden die Temperaturen an der Unterseite der orthotropen Fahrbahntafel im Hohlkasten an 3 Stellen durch Messungen mit einem Handthermometer über einen Zeitraum von ca. 2 Stunden erfasst (Bilder 44 – 46). Die Messungen erfolgten am 07. Juni 1999. Die Einbautemperatur des Gussasphaltes betrug 235 – 240 °C.

Bei einer Ausgangstemperatur von ca. 27 °C erreichten die Maximaltemperaturen Werte von 92,5 °C, 99,7 °C und 102,9 °C. Das entspricht

Temperaturanstiegen von 66,5 K, 72,7 K und 75,9 K.

## 6.5 Dehmseebrücke

An der Dehmseebrücke bei Fürstenwalde (Bitumen-Dichtungsschicht) wurden die Temperaturen an der Unterseite der orthotropen Fahrbahntafel an 7 Messstellen gemessen, die in Einbaurichtung hintereinander angeordnet waren. Die Messungen erfolgten am 24. November 1999. Die Einbautemperatur des Gussasphaltes betrug 230 – 245 °C.

Der Temperaturverlauf beim Einbau der Gussasphalt-Schutzschicht wurde über einen Zeitraum von ca. 2,5 Stunden gemessen (Bild 47). Bei Ausgangstemperaturen zwischen 3,6 °C und 14,1 °C lagen die erreichten Maximaltemperaturen zwischen 79,0 °C und 93,6 °C (siehe auch Tabelle 9). Die Einwirkungsdauer der verschiedenen Temperaturen ist in Tabelle 8 dargestellt.

Im Bild 48 sind die Temperaturanstiege in höherer zeitlicher Auflösung dargestellt. Die Ausgangstemperaturen, die Maximaltemperaturen, die Temperaturdifferenzen und die Dauer bis zum Erreichen der Maximaltemperaturen sind in Tabelle 9 aufgelistet.

Der Mittelwert der Temperaturanstiege durch den Einbau der Gussasphalt-Schutzschicht betrug

Tab. 8: Einwirkungsdauer der verschiedenen Temperaturen

Temperatur [°C]	110	100	90	80	70
Dauer [h]	-	-	< 0,2	0,3-0,5	0,5-0,8

Tab. 9: Temperaturdifferenzen und Dauer bis zum Erreichen der Maximaltemperatur, Dehmseebrücke

Messstelle	Ausgangstemperatur $T_A$ [°C]	Maximaltemperatur $T_{max}$ [°C]	Temperaturdifferenz [K]	Dauer bis Erreichen von $T_{max}$ [min]
1	9,8	89,9	80,1	22
2	4,0	79,0	75,0	22
3	7,5	91,6	84,1	20
4	14,1	92,5	78,4	28
5	5,0	89,6	84,6	20
6	3,6	89,6	86,0	18
7	4,2	93,6	89,4	18
Mittel	6,9	89,4	82,5	21,1

82,5 K, wobei die Einzelwerte zwischen 75,0 K und 89,4 K lagen. Die Maximaltemperatur wurde im Mittel nach 21 Minuten erreicht.

## 6.6 Haseltalbrücke

An der Haseltalbrücke (Reaktionsharz-Dichtungsschicht) wurden die Temperaturen an der Unterseite der orthotropen Fahrbahntafel in zwei Profilen mit 3 Messstellen und einem Profil mit 4 Messstellen quer zur Einbaurichtung über dem Pfeiler 3 gemessen. Die Messungen erfolgten am 04.07.2001. Die Einbautemperatur des Gussasphaltes betrug ca. 220 °C.

Der Temperaturverlauf beim Einbau der Gussasphalt-Schutzschicht wurde über einen Zeitraum von 3,5 Stunden gemessen (Bild 49). Bei Ausgangstemperaturen zwischen 22,5 °C und 31,3 °C lagen die erreichten Maximaltemperaturen zwischen 67,7 °C und 79,3 °C (siehe auch Tabelle 11). Die Einwirkungsdauer der verschiedenen Temperaturen ist in Tabelle 10 dargestellt.

Im Bild 50 sind die Temperaturanstiege in höherer zeitlicher Auflösung dargestellt. Die Ausgangstemperaturen, die Maximaltemperaturen, die Tempe-

Tab. 10: Einwirkungsdauer der verschiedenen Temperaturen

Temperatur [°C]	110	100	90	80	70
Dauer [h]	-	-	-	-	< 0,3

Tab. 11: Temperaturdifferenzen und Dauer bis zum Erreichen der Maximaltemperatur, Haseltalbrücke

Messstelle	Ausgangstemperatur $T_A$ [°C]	Maximaltemperatur $T_{max}$ [°C]	Temperaturdifferenz [K]	Dauer bis Erreichen von $T_{max}$ [min]
1	29,7	79,3	49,6	10
2	29,6	71,2	41,6	15
3	31,3	77,2	45,9	16
4	26,9	68,4	41,5	15
5	22,5	67,2	44,7	15
6	23,6	73,8	50,2	15
7	24,2	77,5	53,3	12
8	23,2	67,7	44,5	13
9	24,4	74,1	49,7	13
10	27,9	69,5	41,6	14
Mittel	26,3	72,6	46,3	13,8

raturdifferenzen und die Dauer bis zum Erreichen der Maximaltemperaturen sind in Tabelle 11 aufgelistet.

Der Mittelwert der Temperaturanstiege durch den Einbau der Gussasphalt-Schutzschicht betrug 46,3 K, wobei die Einzelwerte zwischen 41,5 K und 53,3 K lagen. Die Maximaltemperatur wurde im Mittel nach 14 Minuten erreicht.

Zusätzlich wurden über dem Pfeiler 4 die Temperaturen mit einem Handthermometer an 3 Messstellen gemessen. Die Maximaltemperaturen betragen 87,8 °C, 90,1 °C und 90,6 °C, wobei die Ursache dieser höheren Temperatur nicht festgestellt werden konnte. Möglicherweise wurde hier der Gussasphalt mit einer höheren Temperatur eingebaut.

Über dem Pfeiler 5 wurden die Temperaturen ebenfalls mit einem Handthermometer über einen Zeitraum von 62 Minuten an 2 Messstellen gemessen. Die Temperaturverläufe sind in Bild 51 dargestellt. Bei Ausgangstemperaturen von 31,1 °C und 31,9 °C betragen die erreichten Maximaltemperaturen 81,9 °C und 78,8 °C.

## 6.7 Rheinbrücke Ilverich

An der Rheinbrücke Ilverich (Reaktionsharz-Dichtungsschicht) wurden die Temperaturen an der Unterseite der orthotropen Fahrbahntafel im Hohlkasten in zwei Profilen quer zur Einbaurichtung mit je 5 Messstellen gemessen, wobei die beiden Profile einen Abstand von 2 m hatten. Die Messungen erfolgten am 04.04.2002. Die Einbautemperatur des Gussasphaltes betrug 240 – 250 °C.

Der Temperaturverlauf beim Einbau der Gussasphalt-Schutzschicht wurde über einen Zeitraum von 24 Stunden gemessen (Bild 52). Bei Ausgangstemperaturen zwischen 21,7 °C und 24,3 °C lagen die erreichten Maximaltemperaturen zwischen 85,9 °C und 105,4 °C (siehe auch Tabelle 13). Die Abkühlung auf die Ausgangstemperatur dauerte ca. 8 - 9 Stunden.

Im Bild 53 sind die Temperaturverläufe für einen Zeitraum von 4 Stunden dargestellt. Die Einwirkungsdauer der verschiedenen Temperaturen stellt sich wie in Tabelle 12 angegeben dar.

Im Bild 54 sind die Temperaturanstiege in höherer zeitlicher Auflösung dargestellt. Die Ausgangstemperaturen, die Maximaltemperaturen, die Temperaturdifferenzen und die Dauer bis zum Erreichen der Maximaltemperaturen sind in Tabelle 13 aufgelistet.

Der Mittelwert der Temperaturanstiege durch den Einbau der Gussasphalt-Schutzschicht betrug

Tab. 12: Einwirkungsdauer der verschiedenen Temperaturen

Temperatur [°C]	110	100	90	80	70
Dauer [h]	-	< 0,5	0-1,1	0,6-1,5	1,4-2,3

Tab. 13: Temperaturdifferenzen und Dauer bis zum Erreichen der Maximaltemperatur, Rheinbrücke Ilverich

Messstelle	Ausgangstemperatur $T_A$ [°C]	Maximaltemperatur $T_{max}$ [°C]	Temperaturdifferenz [K]	Dauer bis Erreichen von $T_{max}$ [min]
1	22,1	102,8	80,7	31
2	24,3	85,9	61,6	30
3	23,4	94,3	70,9	30
4	22,7	101,8	79,1	33
5	22,0	96,8	74,8	31
6	23,0	103,4	80,4	31
7	23,0	90,3	67,3	39
8	22,9	103,9	81,0	29
9	21,7	102,5	80,8	33
10	22,1	105,4	83,3	38
Mittel	22,7	98,7	76,0	32,5

76,0 K, wobei die Einzelwerte zwischen 61,6 K und 83,3 K lagen. Die Maximaltemperatur wurde im Mittel nach 32 Minuten erreicht.

An der Rheinbrücke Ilverich wurden die Temperaturen an der Unterseite der orthotropen Fahrbahntafel zusätzlich mit einem Infrarot-Thermometer linienförmig in Längs- und in Querrichtung abgetastet. Dabei konnten in Längsrichtung regelmäßige Schwankungen der Maximaltemperaturen von bis zu 12 °C festgestellt werden. Die maximalen Temperaturen traten immer da auf, wo aus dem Gussasphalt-Kocher Gussasphalt vor die Einbaubohle vorgelegt wurde. Da an dieser Stelle Gussasphalt längere Zeit in einer größeren Dicke liegt, wird das Deckblech stärker erwärmt. Derselbe Effekt war auch in Querrichtung zu erkennen. Hier nahmen die Maximaltemperaturen zu den Rändern hin ab, wobei dieser Effekt wahrscheinlich durch eine seitliche Ableitung der Wärme durch das Deckblech verstärkt wurde.

## 6.8 Dortmund/Ems-Kanalbrücke

An der Dortmund/Ems-Kanalbrücke (Reaktionsharz-Dichtungsschicht) wurden die Temperaturen an der Unterseite der orthotropen Fahrbahntafel in

5 Profilen quer zur Einbaurichtung mit je 2 Messstellen gemessen. Die Messungen erfolgten am 01. Oktober 1999. Die Einbautemperatur des Gussasphaltes betrug 250 – 260 °C.

Der Temperaturverlauf beim Einbau der Gussasphalt-Schutzschicht wurde, in Abhängigkeit von der Lage des Profils, über einen Zeitraum von 90 bis 140 Minuten gemessen (Bild 55). Bei Ausgangstemperaturen zwischen 9,4 °C und 16,6 °C lagen die erreichten Maximaltemperaturen zwischen 105,3 °C und 110,0 °C (siehe auch Tabelle 15). Die Einwirkungsdauer der verschiedenen Temperaturen ist in Tabelle 14 dargestellt.

In den Bildern 56 und 57 sind die Temperaturanstiege in höherer zeitlicher Auflösung dargestellt. Die Ausgangstemperaturen, die Maximaltemperaturen, die Temperaturdifferenzen und die Dauer bis zum Erreichen der Maximaltemperaturen sind in Tabelle 15 aufgelistet.

Der Mittelwert der Temperaturanstiege durch den Einbau der Gussasphalt-Schutzschicht betrug 94,0 K, wobei die Einzelwerte zwischen 92,2 K und 98,8 K lagen. Die Maximaltemperatur wurde im Mittel nach 26 Minuten erreicht.

Tab. 14: Einwirkungsdauer der verschiedenen Temperaturen

Temperatur [°C]	110	100	90	80	70
Dauer [h]	-	0,5-0,7	0,8-1,0	1,0-1,3	1,2-1,7

Tab. 15: Temperaturdifferenzen und Dauer bis zum Erreichen der Maximaltemperatur, Dortmund/Ems-Kanalbrücke

Messstelle	Ausgangstemperatur $T_A$ [°C]	Maximaltemperatur $T_{max}$ [°C]	Temperaturdifferenz [K]	Dauer bis Erreichen von $T_{max}$ [min]
1	15,8	108,7	92,9	22
2	16,6	110,0	93,4	26
3	15,3	107,6	92,3	32
4	12,4	105,3	92,9	25
5	15,0	107,2	92,2	32
6	11,4	106,3	94,9	23
7	9,4	108,2	98,8	25
8	11,2	106,9	95,7	19
9	16,0	109,0	93,0	30
Mittel	13,7	107,7	94,0	26

Tab. 16: Einwirkungsdauer der verschiedenen Temperaturen beim Einbau der Gussasphalt-Schutzschicht, Rheinbrücke Mainz-Weisenau

Temperatur [°C]	110	100	90	80	70
Dauer [h]	-	0-0,3	0,2-0,6	0,5-1,0	0,8-1,4

Tab. 17: Temperaturdifferenzen und Dauer bis zum Erreichen der Maximaltemperatur beim Einbau der Gussasphalt-Schutzschicht, Rheinbrücke Mainz-Weisenau

Messstelle	Ausgangstemperatur $T_A$ [°C]	Maximaltemperatur $T_{max}$ [°C]	Temperaturdifferenz [K]	Dauer bis Erreichen von $T_{max}$ [min]
1	-	97,6	-	-
2	-	94,5	-	-
3	-	96,5	-	-
4	-	97,1	-	-
5	-	99,8	-	-
6	-	97,6	-	-
7	-	97,1	-	-
8	-	100,7	-	-
9	-	103,0	-	-
10	-	104,0	-	-
Mittel	-	98,8	-	-

## 6.9 Brücke Mainz-Weisenau

An der Brücke Mainz-Weisenau (Reaktionsharz-Dichtungsschicht) wurden die Temperaturen an der Unterseite der orthotropen Fahrbahntafel im Hohlkasten an 10 Messstellen gemessen. Die Messungen erfolgten am 27./28. August 2002. Die Einbautemperatur des Gussasphaltes betrug ca. 250 °C.

Der Temperaturverlauf beim Einbau der Gussasphalt-Schutzschicht wurde über einen Zeitraum von 26 Stunden gemessen (Bild 58). Der Verlauf der Temperaturen wurde nicht erfasst, da die Messung durch einen Trigger automatisch gestartet wurde. Die erreichten Maximaltemperaturen lagen zwischen 94,5 °C und 104,0 °C (siehe auch Tabelle 17). Die Einwirkungsdauer der verschiedenen Temperaturen stellt sich wie folgt dar (Tabelle 16).

Im Bild 59 sind die Temperaturverläufe in höherer zeitlicher Auflösung dargestellt. Die Maximaltemperaturen sind in Tabelle 17 aufgelistet.

An der Brücke Mainz-Weisenau wurden die Tem-

**Tab. 18:** Einwirkungsdauer der verschiedenen Temperaturen beim Einbau der Gussasphalt-Deckschicht

Temperatur [°C]	110	100	90	80	70
Dauer [h]	-	-	-	0-0,8	1,0-2,0

**Tab. 19:** Temperaturdifferenzen und Dauer bis zum Erreichen der Maximaltemperatur beim Einbau der Gussasphalt-Deckschicht, Rheinbrücke Mainz-Weisenau

Messstelle	Ausgangstemperatur $T_A$ [°C]	Maximaltemperatur $T_{max}$ [°C]	Temperaturdifferenz [K]	Dauer bis Erreichen von $T_{max}$ [min]
1	23,0	75,7	52,7	40
2	20,9	84,7	63,8	40
3	20,8	85,7	64,9	42
4	21,1	85,0	63,9	44
5	21,6	82,0	60,4	47
6	20,8	75,3	54,5	46
7	20,3	75,7	55,4	47
8	20,2	76,8	56,6	48
9	20,1	75,3	55,2	48
10	20,6	73,9	53,3	59
Mittel	20,9	79,0	58,1	45

peraturen an der Unterseite der orthotropen Fahrbahnplatte auch beim Einbau der Gussasphalt-Deckschicht über einen Zeitraum von ca. 120 Minuten gemessen (Bild 60).

Bei Ausgangstemperaturen zwischen 20,1 °C und 23,0 °C lagen die erreichten Maximaltemperaturen zwischen 73,9 °C und 85,7 °C (siehe auch Tabelle 19). Die Einwirkungsdauer der verschiedenen Temperaturen stellt sich wie folgt dar (Tabelle 18). Die Ausgangstemperaturen, die Maximaltemperaturen, die Temperaturdifferenzen und die Dauer bis zum Erreichen der Maximaltemperaturen sind in Tabelle 19 aufgelistet.

Der Mittelwert der Temperaturanstiege durch den Einbau der Gussasphalt-Deckschicht betrug 58,1 K, wobei die Einzelwerte zwischen 52,7 K und 64,9 K lagen. Die Maximaltemperatur wurde im Mittel nach 45 Minuten erreicht.

## 6.10 Werder Straßenbrücke

An dieser Brücke bei Parey (Bitumen-Dichtungsschicht) wurden die Temperaturen an der Unterseite der orthotropen Fahrbahnplatte an 4 Messstel-

**Tab. 20:** Einwirkungsdauer der verschiedenen Temperaturen

Temperatur [°C]	110	100	90	80	70
Dauer [h]	-	0-0,2	0,2-0,7	0,7-1,2	1,4-1,9

**Tab. 21:** Temperaturdifferenzen und Dauer bis zum Erreichen der Maximaltemperatur, Werder Straßenbrücke

Messstelle	Ausgangstemperatur $T_A$ [°C]	Maximaltemperatur $T_{max}$ [°C]	Temperaturdifferenz [K]	Dauer bis Erreichen von $T_{max}$ [min]
1	24,3	101,2	76,9	26
2	23,6	93,0	69,4	24
3	23,8	103,7	79,9	20
4	23,9	96,6	72,7	25
Mittel	23,9	98,6	74,7	24

len gemessen. Die Messungen erfolgten am 14. und am 20./21. Juni 2002. Die Einbautemperatur des Gussasphaltes betrug 245 – 250 °C.

Der Temperaturverlauf beim Einbau der Gussasphalt-Schutzschicht wurde über einen Zeitraum von 260 Minuten gemessen (Bild 61). Bei Ausgangstemperaturen zwischen 23,6 °C und 24,3 °C lagen die erreichten Maximaltemperaturen zwischen 93,0 °C und 103,7 °C (siehe auch Tabelle 21). Die Einwirkungsdauer der verschiedenen Temperaturen ist in Tabelle 20 dargestellt.

Bild 62 zeigt die Temperaturanstiege in höherer zeitlicher Auflösung. Die Ausgangstemperaturen, die Maximaltemperaturen, die Temperaturdifferenzen und die Dauer bis zum Erreichen der Maximaltemperaturen sind in Tabelle 21 aufgelistet.

Der Mittelwert der Temperaturanstiege durch den Einbau der Gussasphalt-Schutzschicht betrug 74,7 K, wobei die Einzelwerte zwischen 69,4 K und 79,9 K lagen. Die Maximaltemperatur wurde im Mittel nach 24 Minuten erreicht.

## 6.11 Zusammenfassung der Messergebnisse

Die an den neun Brücken beim Einbau der Gussasphalt-Schutzschicht an der Unterseite der orthotropen Fahrbahnplatte gemessenen Maximaltemperaturen lagen in einem Bereich zwischen 90,6 °C und 110,0 °C, bei Ausgangstemperaturen (Deckblechtemperaturen) von 3,5 °C bis 26,9 °C (Tabelle 22). Die Maximaltemperaturen wurden 20 – 30 Minuten nach Einbau des Gussasphaltes erreicht. Nur an der Haseltalbrücke, bei Verwendung eines temperaturreduzierten Gussasphaltes, wur-

**Tab. 22:** Extremwerte der Maximaltemperaturen mit den zugehörigen Ausgangstemperaturen

Brücke	Ausgangstemperatur [°C]	Maximaltemperatur [°C]	Temperaturanstieg [K]
Berlin-Lichtenberg	26,9	103,8	76,9
Havel Nordbrücke Berlin	3,5	96,1	92,6
Berlin-Südostallee	27	102,9	75,9
Dehmseebrücke	4,2	93,6	89,4
Haseltalbrücke (Hand)	25	90,6	65,6
Rheinbrücke Ilverich	22,1	105,4	83,3
Dortmund/Ems-Kanalbrücke	16,6	110,0	93,4
Mainz-Weisenau	-	104,0	-
Werder Straßenbrücke	23,9	103,7	79,9

den die Maximaltemperaturen schon nach ca. 14 Minuten erreicht.

Die ermittelten Temperaturanstiege lagen in einem Bereich zwischen 65,6 °C an der Haseltalbrücke (Abschnitt 6.6 – Messungen mit dem Handthermometer) und 98,8 °C an der Dortmund/Ems-Kanalbrücke (Abschnitt 6.8, Tabelle 15). Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Einbautemperatur des Gussasphaltes an der Haseltalbrücke nur ca. 220 °C betrug, während der Gussasphalt an der Dortmund/Ems-Kanalbrücke mit einer Temperatur von 250 – 260 °C eingebaut wurde.

Die erreichten Maximaltemperaturen und damit auch die Einwirkungsdauer der verschiedenen Temperaturen waren sehr unterschiedlich. Die längsten Einwirkungsdauer der verschiedenen Temperaturstufen wurden an der Dortmund/Ems-Kanalbrücke und an der Rheinbrücke Ilverich erreicht. Eine Temperatur von 100 °C wurde über einen Zeitraum von 0,7 Stunden überschritten. Die Einwirkungsdauer von 90 °C betrug maximal 1,1 Stunden, die von 80 °C maximal 1,5 Stunden und die von 70 °C maximal 2,3 Stunden.

## 7 Modell zur Abschätzung der voraussichtlichen Wärmebelastung

Die tatsächliche Wärmebelastung der Korrosionsschutzbeschichtung an der Unterseite der orthotropen Fahrbahnplatte hängt von einer Reihe von Einflussfaktoren ab. Diese sind in der Hauptsache

- die Einbautemperatur des Gussasphaltes,

- die Ausgangstemperatur der Unterlage,
- die Dicke und das Material der zwischen der Schutzschicht und der orthotropen Fahrbahnplatte angeordneten Dichtungsschicht,
- die Dicke des Deckbleches der orthotropen Fahrbahnplatte,
- die Menge des vor die Einbaubohle vorgelegten Materials und
- die Einbaugeschwindigkeit.

Auf der Grundlage der hier vorliegenden und der in [9] dargestellten Messergebnisse und deren Auswertungen wurde der Versuch unternommen, eine Berechnung der zu erwartenden Maximaltemperatur an der Unterseite der orthotropen Fahrbahnplatte beim Schutzschicht-Einbau vorzunehmen. Die Dicke des Deckbleches wurde dabei mit 12 mm vorausgesetzt, da dies die Regeldicke ist. Die Einbaugeschwindigkeit und die Menge des vor die Einbaubohle vorgelegten Materials konnten nicht berücksichtigt werden, es ist davon auszugehen, dass die gefundenen Zusammenhänge für eine mittlere Einbaugeschwindigkeit und ein normales Vorlegen von Material vor die Einbaubohle gilt.

In die Auswertungen einbezogen wurden die Einbautemperatur und die Einbaudicke des Gussasphaltes, die Ausgangstemperatur der orthotropen Fahrbahnplatte und die Dicke der Dichtungsschicht.

Die zu erwartende Maximaltemperatur an der Unterseite der orthotropen Fahrbahnplatte errechnet sich dann zu:

$$T_{\max} = T_A + \beta \times (T_E - T_A).$$

mit:

$T_{\max}$  = Maximaltemperatur an der Unterseite der orthotropen Fahrbahnplatte

$T_A$  = Ausgangstemperatur der Unterlage

$T_E$  = Einbautemperatur des Gussasphaltes

$\beta$  = Multiplikationsfaktor aus Bild 28

Beispiel:

Eine 4 cm dicke Gussasphalt-Schutzschicht soll mit 240 °C bei einer Ausgangstemperatur der orthotropen Fahrbahnplatte von 30 °C bei einer 10 mm dicken Dichtungsschicht (Bitumen-Dichtungsschicht mit splitthaltigem Asphaltmastix) eingebaut werden.

Es sind:

$$T_A = 30 \text{ °C}$$

$$T_E = 240 \text{ °C}$$

$$\beta = 0,4 \text{ (aus Bild 28).}$$

Die zu erwartende Maximaltemperatur an der Unterseite der orthotropen Fahrbahntafel beträgt

$$T = 30 \text{ °C} + 0,4 \times (240 \text{ °C} - 30 \text{ °C}) = 114 \text{ °C.}$$

Mit Hilfe dieser Gleichung kann die unter den ungünstigsten Einbaubedingungen (hinsichtlich der Wärmebelastung) maximal zu erwartende Temperatur an der Unterseite der orthotropen Fahrbahntafel näherungsweise errechnet werden. Dies ist für die Festlegung der geforderten Wärmebeständigkeit der an der Unterseite von orthotropen Fahrbahntafeln angewendeten Korrosionsschutzbeschichtungen von Bedeutung sowie für die Temperatur-Zeit-Kurve von deren Prüfung.

Im ungünstigsten Fall wird eine ca. 5 cm dicke Gussasphalt-Schutzschicht mit einer Temperatur von 260 °C bei einer Ausgangstemperatur der orthotropen Fahrbahntafel von 50 °C bei einer 3 mm dicken Dichtungsschicht (Bitumen-Dichtungsschicht) eingebaut. Die Maximaltemperatur an der

Unterseite der orthotropen Fahrbahntafel errechnet sich dann zu:

$$T = 50 \text{ °C} + 0,49 \times (260 \text{ °C} - 50 \text{ °C}) = 153 \text{ °C.}$$

Die Maximaltemperatur an der Unterseite der orthotropen Fahrbahntafel beim Einbau der Gussasphalt-Schutzschicht kann also unter ungünstigen Bedingungen bis zu 153 °C betragen.

## 8 Prüfung der Korrosionsschutzbeschichtungen

In den „Zusätzlichen Technischen Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Korrosionsschutz von Stahlbauten (ZTV-KOR-Stahlbauten)“ [10], Anhang A ist eine Prüfung der Wärmebeständigkeit (Hitzebeständigkeit) der Korrosionsschutzbeschichtung als Bedarfsprüfung enthalten. Dieses Prüfverfahren ist in den „Technischen Lieferbedingungen und Technischen Prüfvorschriften für Beschichtungsstoffe für den Korrosionsschutz von Stahlbauten“, (TL/TP-KOR-Stahlbauten) [11], Anhang D beschrieben. Die Wärmebeanspruchung beim Einbau der Gussasphalt-Schutzschicht wird bei der Prüfung simuliert. Dazu werden Probenkörper verwendet, die mit einer geeigneten Prüfeinrichtung (Schema der Prüfeinrichtung siehe Bild 31) einer Wärmebeanspruchung gemäß einer Temperatur-Zeit-Kurve (Bild 30) ausgesetzt werden.

Zur Herstellung der Probenkörper werden Stahlbleche der Abmessung 250 x 250 mm und einer Dicke von 5 mm verwendet. Die Bleche werden bis zum Oberflächenvorbereitungsgrad von Sa 2½ gestrahlt und danach mit dem jeweiligen, zu prüfenden Korrosionsschutzbeschichtungssystem einseitig beschichtet und danach bei NK 23/50 (DIN EN 23 270) konditioniert.

Zum Nachstellen des Temperaturverlaufs gemäß der Temperatur-Zeit-Kurve (Bild 29 bzw. 30) sollte ein Infrarot-Hochleistungsstrahlermodul mit programmierbarer Leistungssteuerung (Bild 31) verwendet werden, wobei die Temperatur des Probenkörpers auf der Beschichtungsseite der Regelparameter ist.

Nach der Wärmebelastung werden die Probenkörper 24 Stunden bei NK 23/50 (DIN EN 23 270) konditioniert und danach bewertet. Bei der Bewertung werden die beschichteten und wärmebelasteten Flächen zunächst visuell beurteilt. Danach werden der Gitterschnitt-Wert (DIN EN ISO 2409) und der Abreißwert (DIN EN 24 642) bestimmt.

Wenn nach der Wärmebelastung Blasen oder andere sichtbare Veränderungen der Beschichtung zu bemerken sind und/oder der Gt-Wert > 2 ist, gilt die Prüfung als nicht bestanden. Der Abreißwert

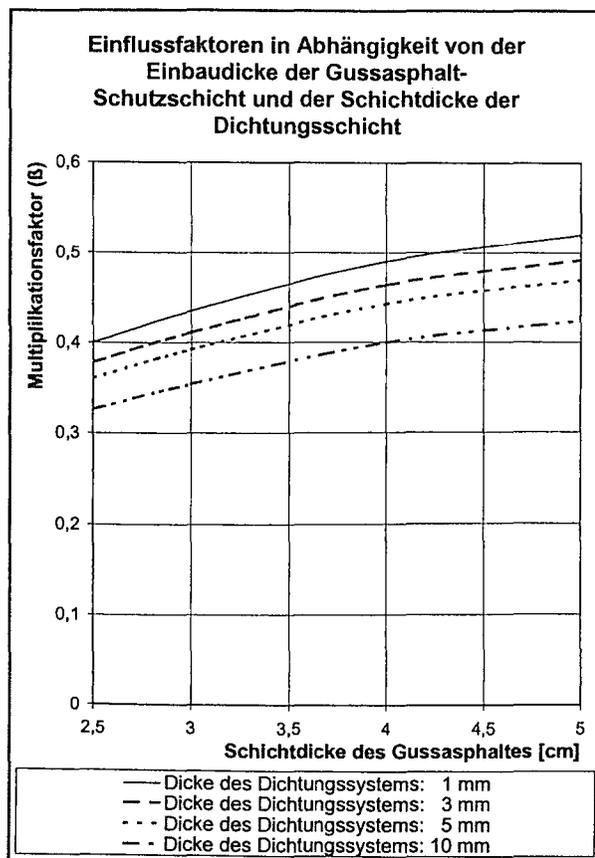
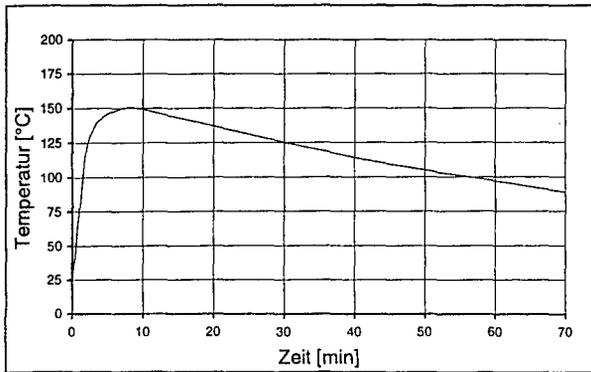
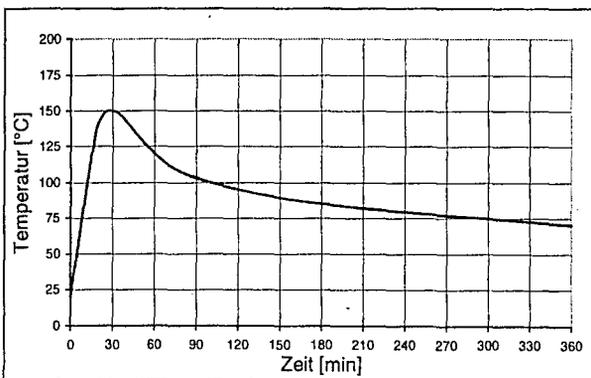


Bild 28: Multiplikationsfaktoren



**Bild 29:** Temperatur-Zeit-Kurve für die Wärmebelastung gemäß TL/TP-KOR-Stahlbauten, Anhang D



**Bild 30:** Empfohlene Temperatur-Zeit-Kurve für die Wärmebelastung von Korrosionsschutzbeschichtungen gemäß ZTV-KOR-Stahlbauten an Deckblechunterseiten

nach DIN EN 24 642 muss  $\geq 5$  MPa sein und darf maximal 5 % Adhäsionsbruch haben.

Dieses Prüfregime hat sich bewährt und sollte beibehalten werden. Im Ergebnis der durchgeführten, vorstehend beschriebenen Temperaturmessungen an den Brücken sowie der Betrachtungen zum ungünstigsten Fall wurde die Maximaltemperatur der Temperatur-Zeit-Kurve für die Wärmebelastung bestätigt. Es wird jedoch empfohlen, die Dauer der Wärmebeanspruchung bei der Prüfung auf 6 Stunden zu verlängern (bisher 70 Minuten, siehe Bild 29) und die Temperatur-Zeit-Kurve anzupassen (Bild 30).

## 9 Folgerungen und Ausblick

Temperaturempfindliche Beschichtungen an der Unterseite von orthotropen Fahrbahntafeln sind nur noch selten anzutreffen. Im Zweifelsfall kann die Wärmebeständigkeit der Beschichtung durch vorsichtiges Erwärmen mittels eines Heißluftgebläses bei gleichzeitiger Temperaturmessung festgestellt werden. Die Wärmebelastung solcher empfindlichen Korrosionsschutzbeschichtungen an der Unterseite der orthotropen Fahrbahntafel kann

durch die Einhaltung folgender Bedingungen minimiert werden.

- Der Einbau sollte bei einer möglichst geringen Ausgangstemperatur des Deckbleches erfolgen. Im Sommer muss der Einbau daher gegebenenfalls in der Nacht erfolgen.
- Zur Absenkung der Einbautemperatur des Gussasphaltes muss ein temperaturreduzierter Gussasphalt verwendet werden.
- Die Dicke der Schutzschicht ist, soweit möglich, zu reduzieren.

Bei Einbau eines temperaturreduzierten Gussasphaltes mit 220 °C Einbautemperatur und einer Einbaudicke von 3 cm bei einer Temperatur des Deckbleches von 15 °C kann die Wärmebelastung auch bei einer Reaktionsharz-Dichtungsschicht mit einer Dicke von 5 mm unter 95 °C gehalten werden. Wird zusätzlich möglichst wenig Gussasphalt vor die Einbaubohle vorgelegt (siehe 6.7 und Bilder 32 - 34) und eine schnelle Einbaugeschwindigkeit gewählt, so sind auch im Sommer Wärmebelastungen der Korrosionsschutzbeschichtung an der Unterseite von orthotropen Fahrbahntafeln von weniger als 90 °C erreichbar.

Das vordem angewendete Prüfregime für die Prüfung der Wärmebeständigkeit von Korrosionsschutzbeschichtungen nach den TL/TP-KOR-Stahlbauten hat sich bewährt und sollte deshalb beibehalten werden. Im Ergebnis der hier beschriebenen Untersuchungen sowie der Betrachtungen zum ungünstigsten Fall wurde die Maximaltemperatur der Temperatur-Zeit-Kurve für die Wärmebelastung bestätigt. Es wird jedoch empfohlen, die Dauer der Wärmebeanspruchung bei der Prüfung auf 6 Stunden zu verlängern und die Temperatur-Zeit-Kurve anzupassen



**Bild 31:** Einbau der Gussasphaltschutzschicht mit Fertiger



Bild 32: Handeinbau der Gussasphaltschutzschicht



Bild 33: Handeinbau der Gussasphaltschutzschicht

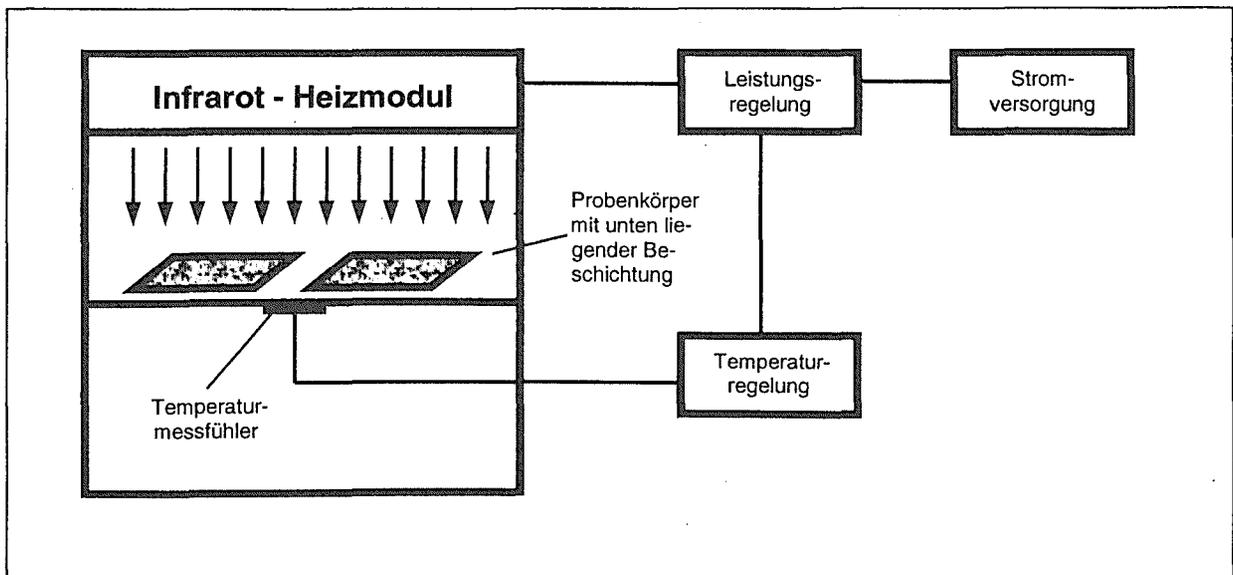


Bild 34: Schema der Prüfeinrichtung für die Wärmebelastung von Korrosionsschutzbeschichtungen gemäß ZTV-KOR-Stahlbauten an Deckblechunterseiten

---

## 10 Ergänzende Diagramme

<b>Bilder 35 – 38:</b>	Temperaturverlauf an der Brücke Berlin-Lichtenberg
<b>Bilder 39 – 40:</b>	Temperaturverlauf an der Brücke Berlin-Lichtenberg, Temperaturanstieg in höherer zeitlicher Auflösung
<b>Bild 41:</b>	Temperaturverlauf an der Havel Nordbrücke Berlin
<b>Bilder 42 – 43:</b>	Temperaturverlauf an der Havel Nordbrücke Berlin, Temperaturanstieg in höherer zeitlicher Auflösung
<b>Bilder 44 – 46:</b>	Temperaturverlauf an der Brücke Berlin-Südostallee
<b>Bild 47:</b>	Temperaturverlauf an der Dehmseebrücke
<b>Bild 48:</b>	Temperaturverlauf an der Dehmseebrücke, Temperaturanstieg in höherer zeitlicher Auflösung
<b>Bilder 49 und 51:</b>	Temperaturverlauf an der Haseltalbrücke
<b>Bild 50:</b>	Temperaturverlauf an der Haseltalbrücke, Temperaturanstieg in höherer zeitlicher Auflösung
<b>Bilder 52 – 53:</b>	Temperaturverlauf an der Rheinbrücke Ilverich
<b>Bild 54:</b>	Temperaturverlauf an der Rheinbrücke Ilverich, Temperaturanstieg in höherer zeitlicher Auflösung
<b>Bild 55:</b>	Temperaturverlauf an der Dortmund/Ems-Kanalbrücke
<b>Bild 56 – 57:</b>	Temperaturverlauf an der Dortmund/Ems-Kanalbrücke, Temperaturanstieg in höherer zeitlicher Auflösung
<b>Bilder 58 – 60:</b>	Temperaturverlauf an der Rheinbrücke Mainz-Weisenau
<b>Bild 61:</b>	Temperaturverlauf an der Werder Straßenbrücke
<b>Bild 62:</b>	Temperaturverlauf an der Werder Straßenbrücke, Temperaturanstieg in höherer zeitlicher Auflösung

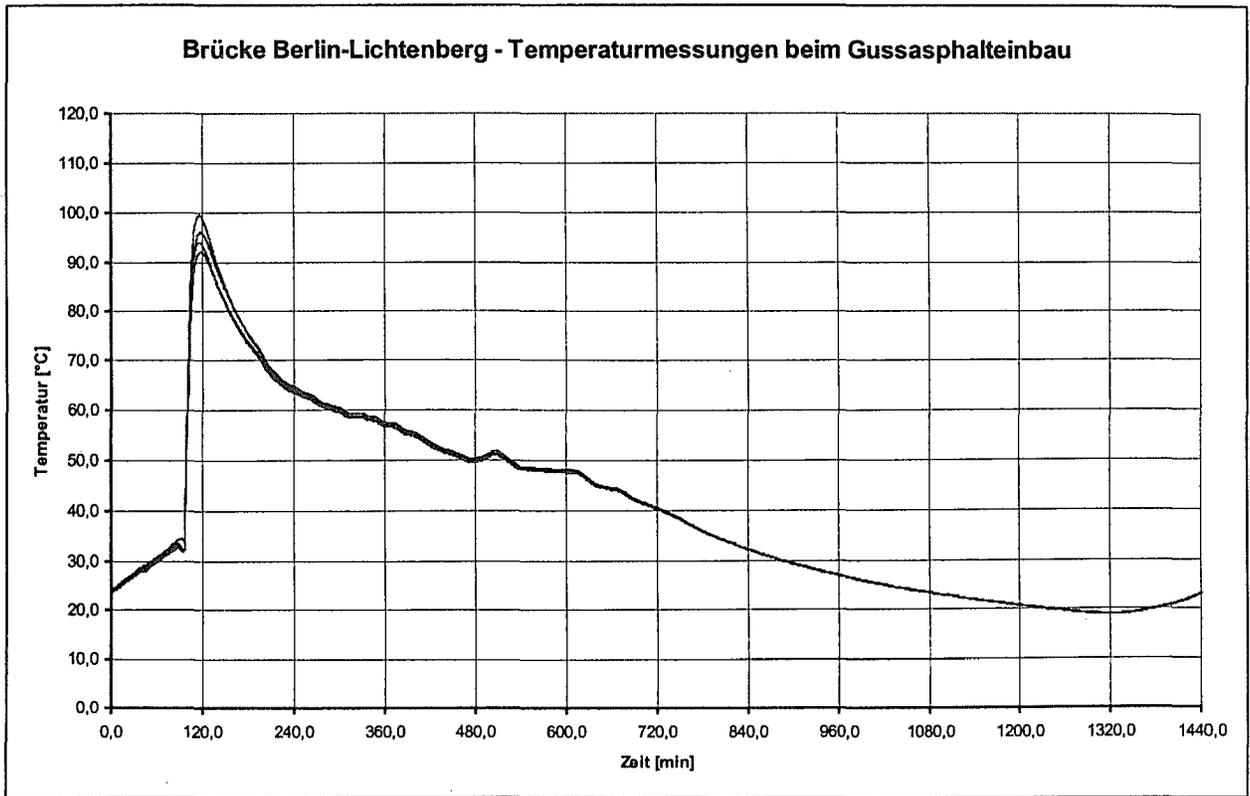


Bild 35: Temperaturverlauf an der Brücke Berlin-Lichtenberg (Messstellen 1 – 5)

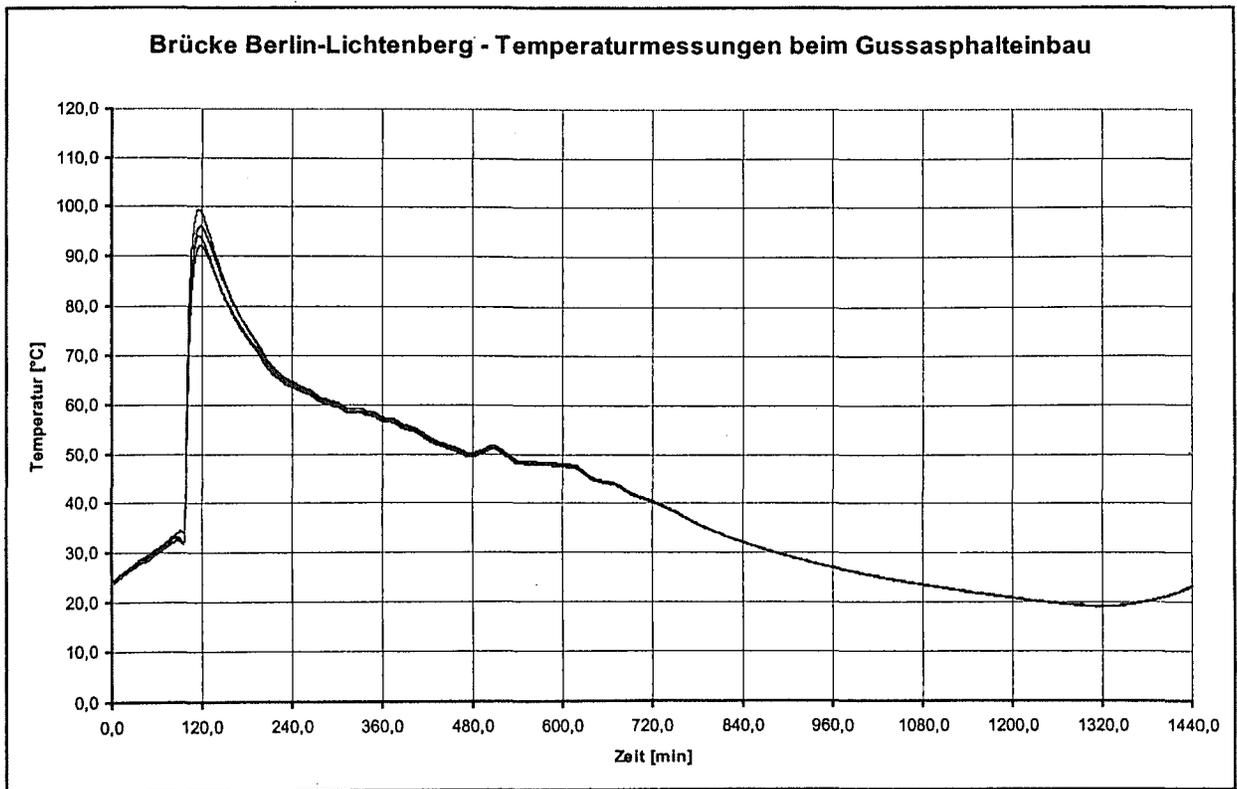
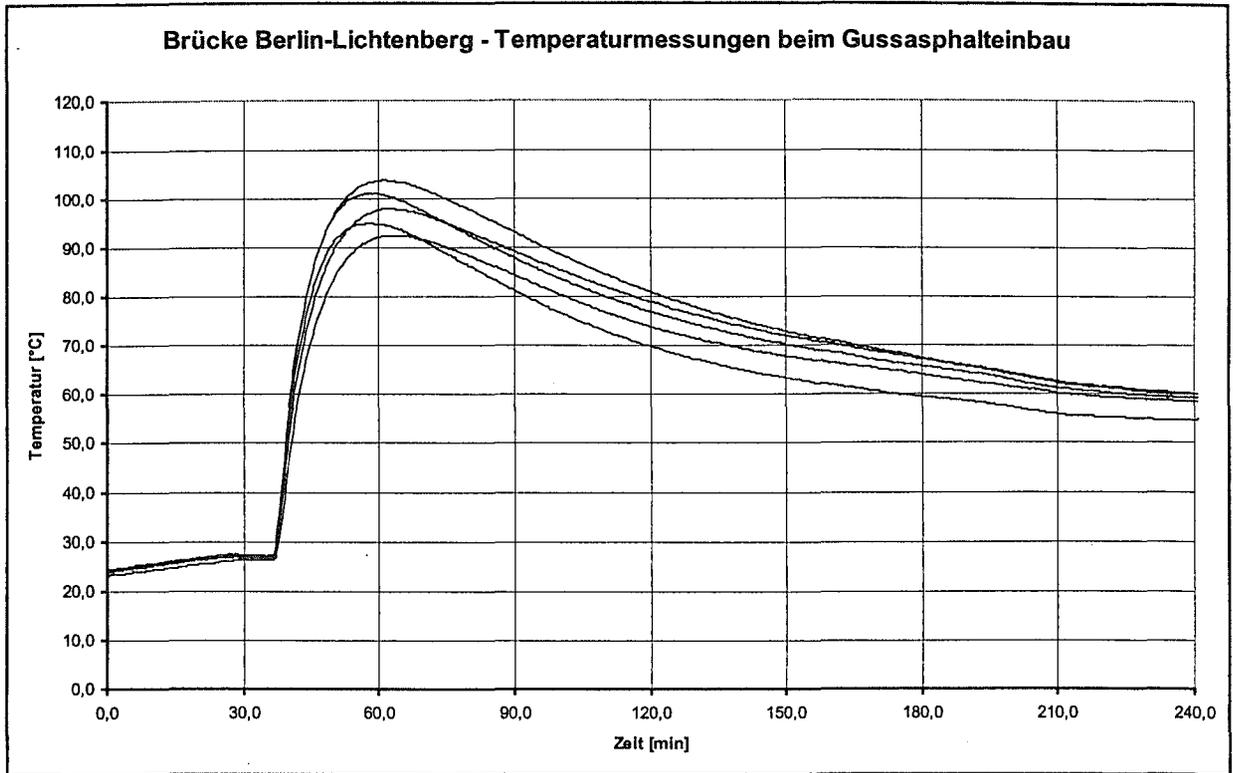
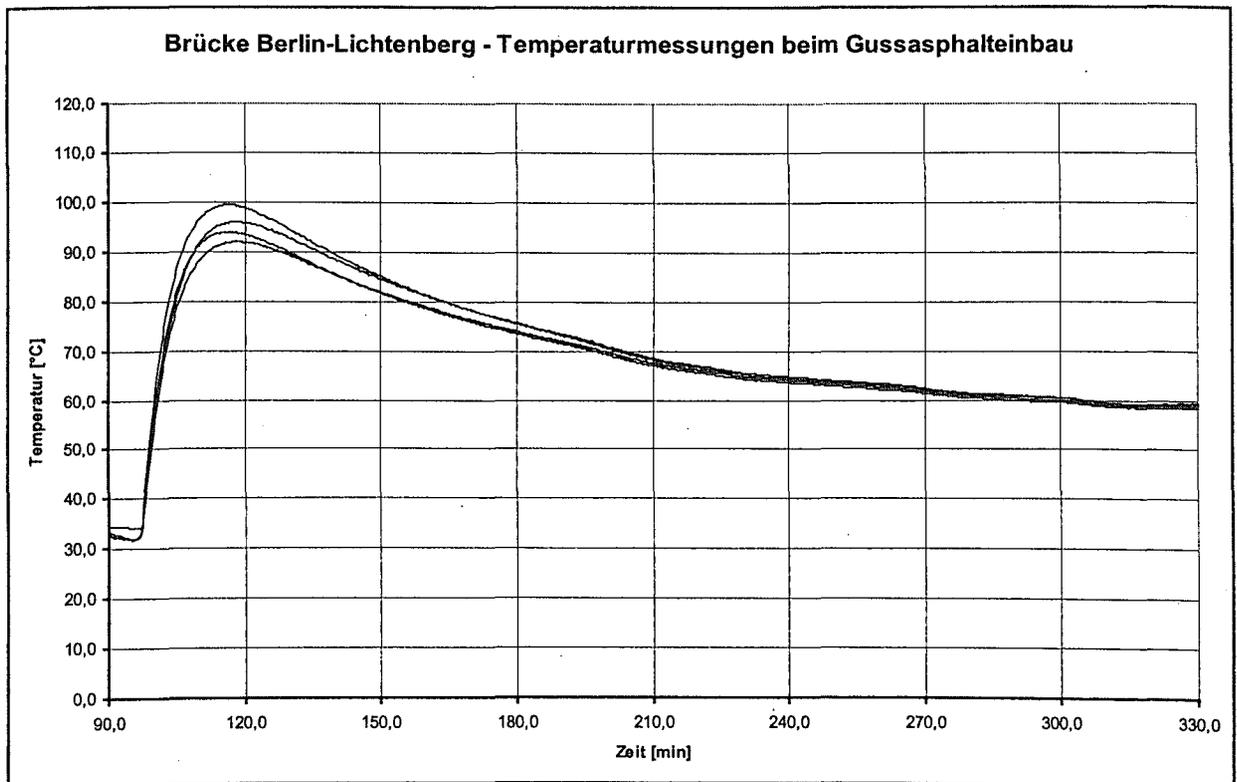


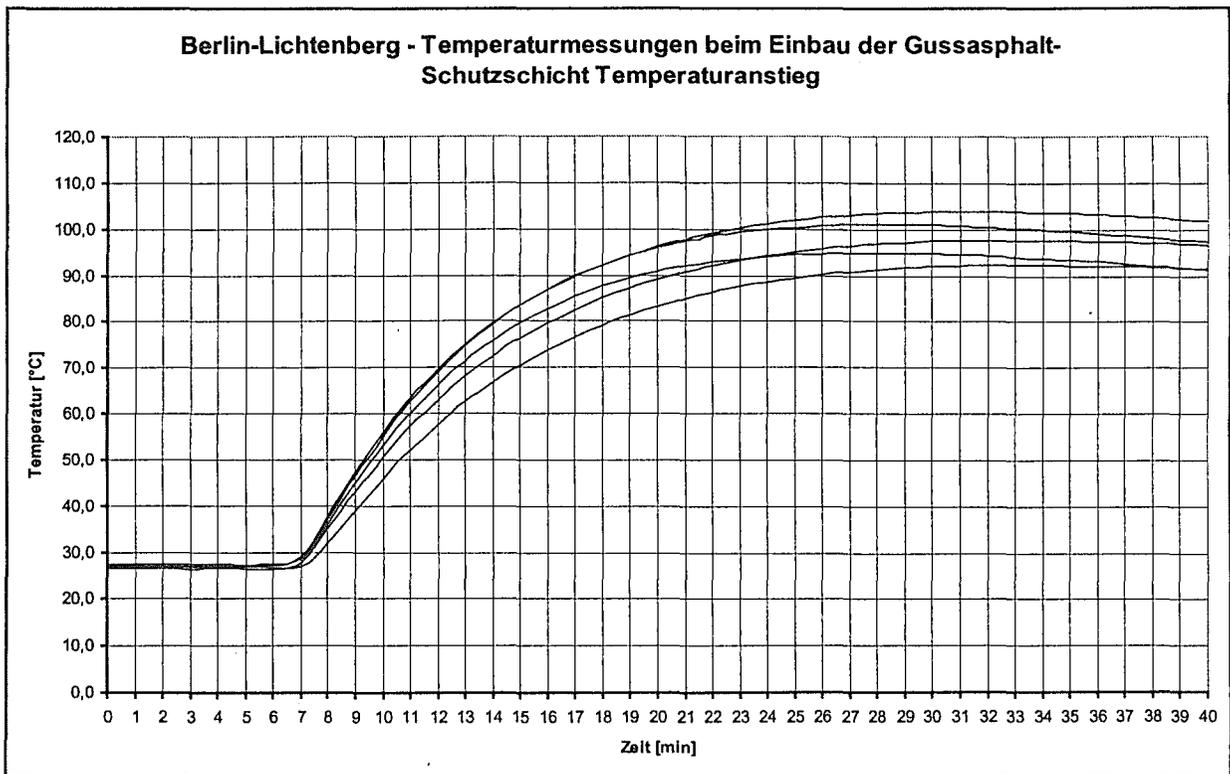
Bild 36: Temperaturverlauf an der Brücke Berlin-Lichtenberg (Messstellen 5 – 9)



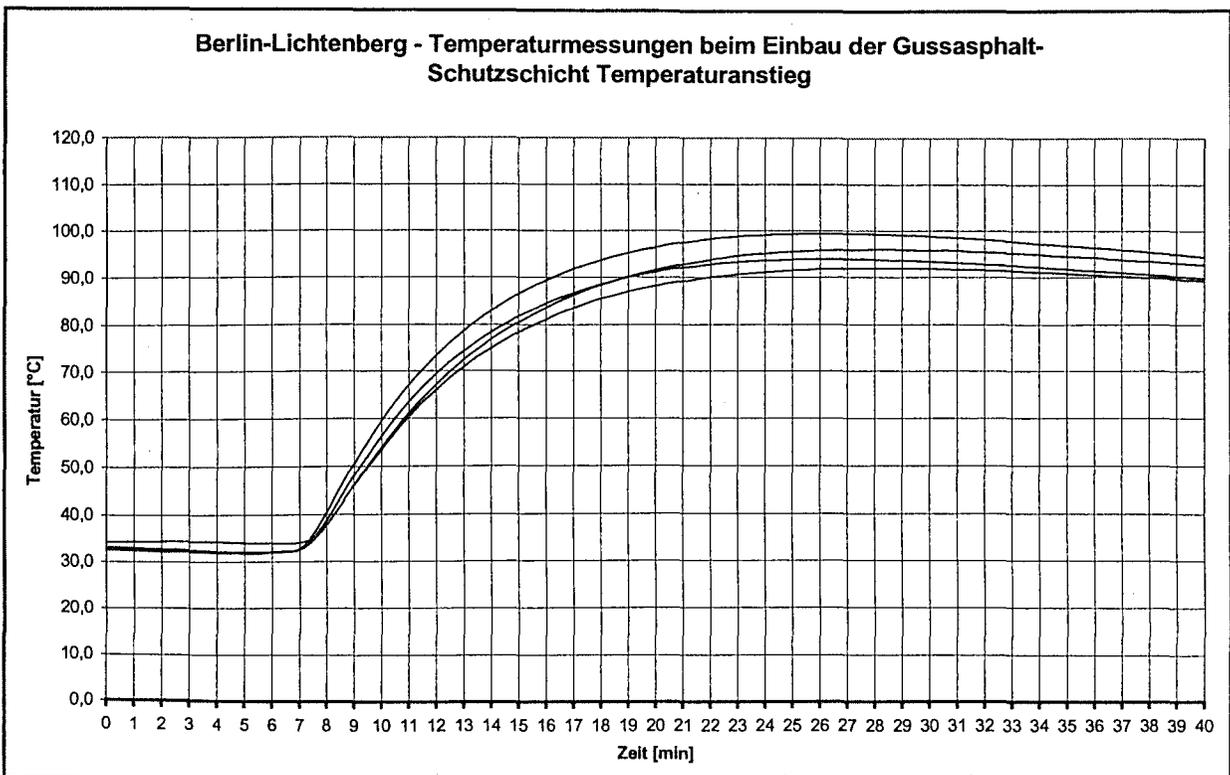
**Bild 37:** Temperaturverlauf an der Brücke Berlin-Lichtenberg (Messstellen 1 – 5), 4 Stunden



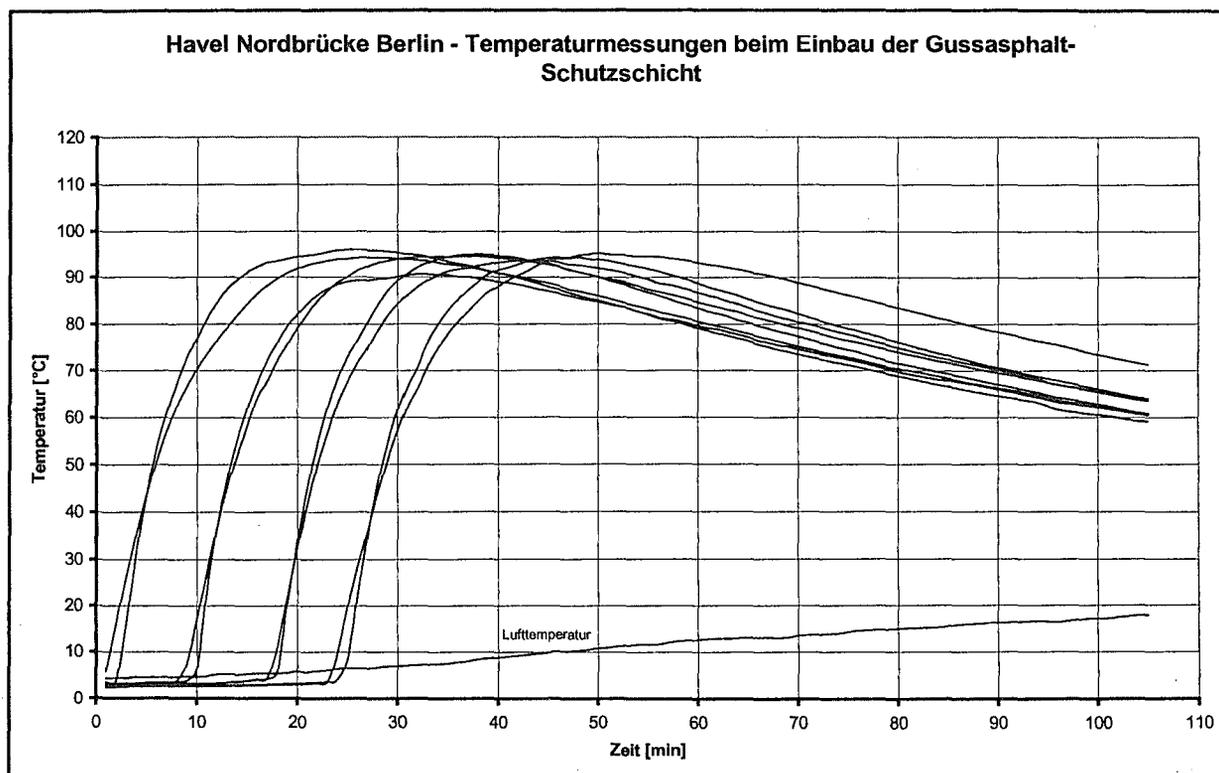
**Bild 38:** Temperaturverlauf an der Brücke Berlin-Lichtenberg (Messstellen 5 – 9), 4 Stunden



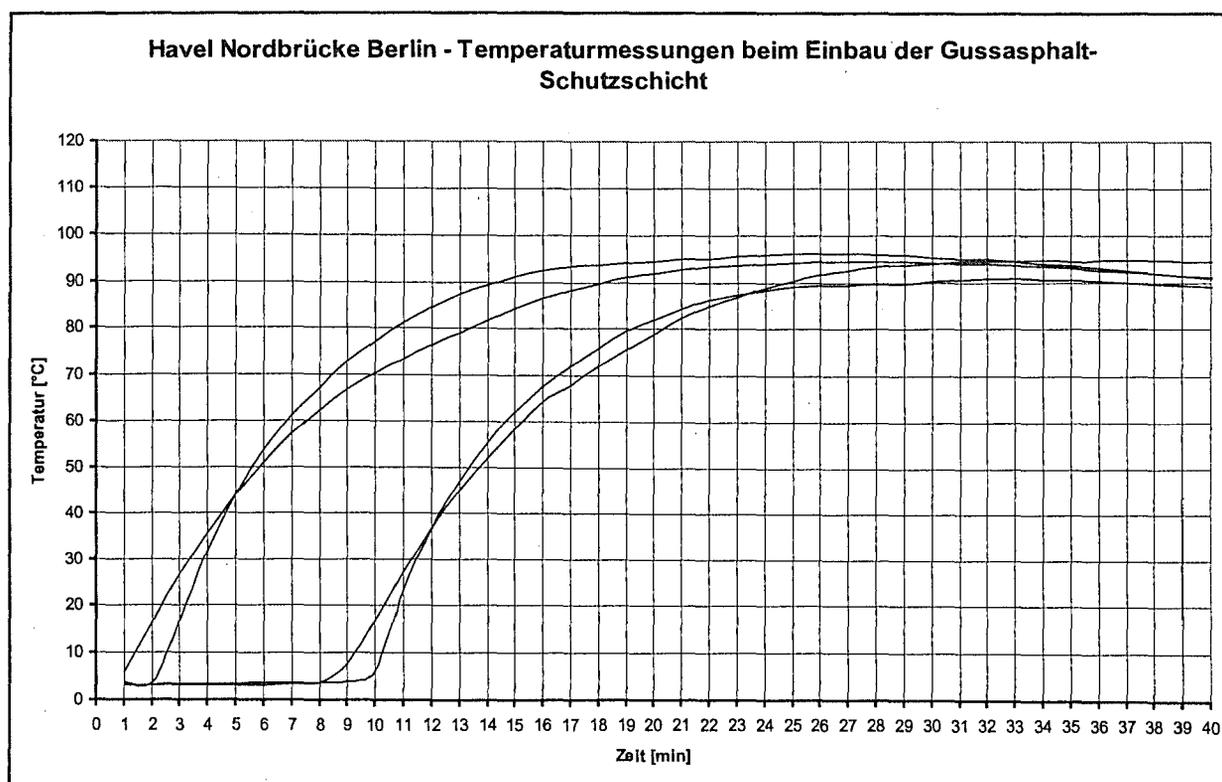
**Bild 39:** Temperaturverlauf an der Brücke Berlin-Lichtenberg (Messstellen 1 – 5), Temperaturanstieg in höherer zeitlicher Auflösung



**Bild 40:** Temperaturverlauf an der Brücke Berlin-Lichtenberg (Messstellen 5 – 9), Temperaturanstieg in höherer zeitlicher Auflösung



**Bild 41:** Temperaturverlauf an der Havel Nordbrücke Berlin



**Bild 42:** Temperaturverlauf an der Havel Nordbrücke Berlin (Messstellen 1 – 4), Temperaturanstieg in höherer zeitlicher Auflösung

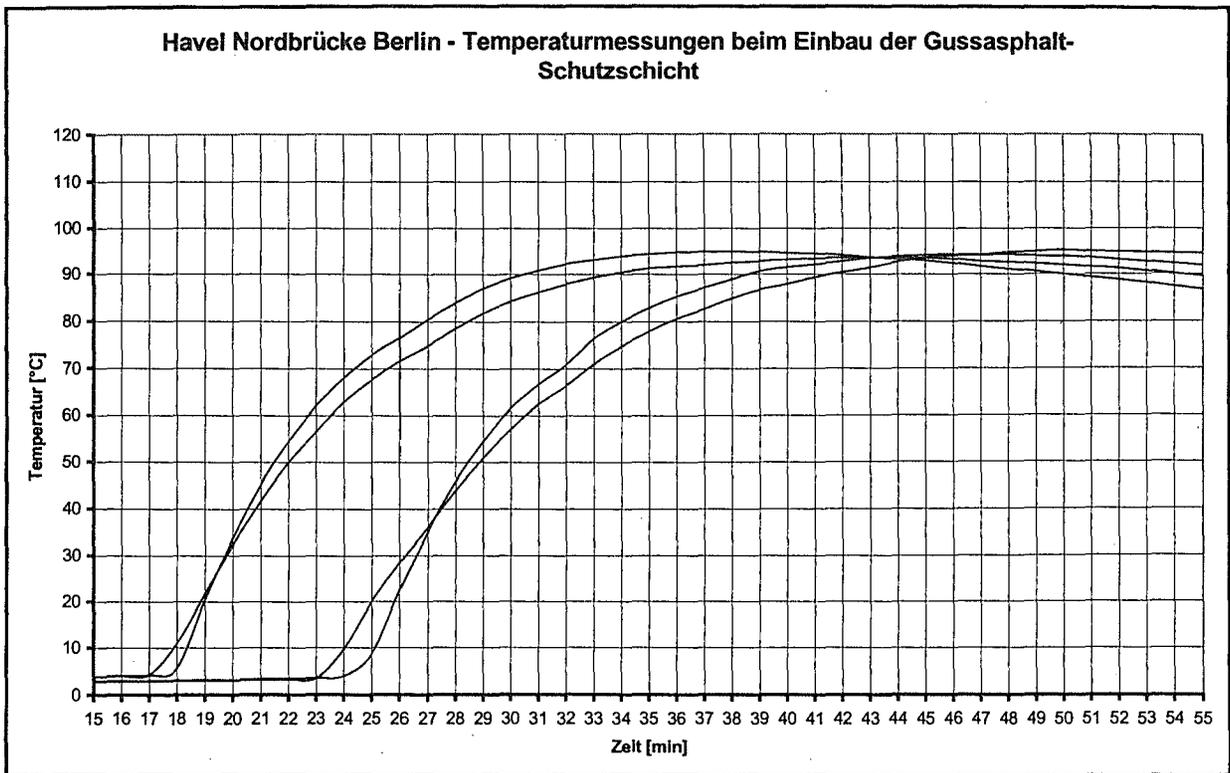


Bild 43: Temperaturverlauf an der Havel Nordbrücke Berlin (Messstellen 5 – 8), Temperaturanstieg in höherer zeitlicher Auflösung

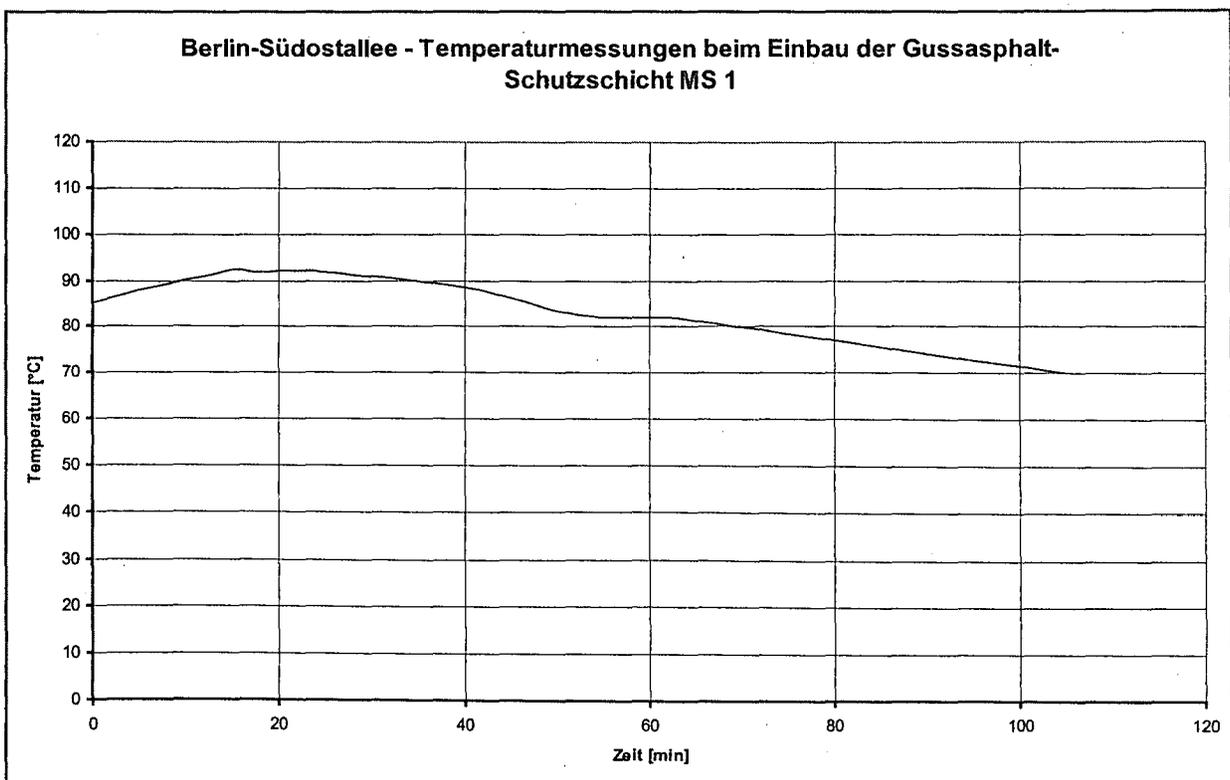
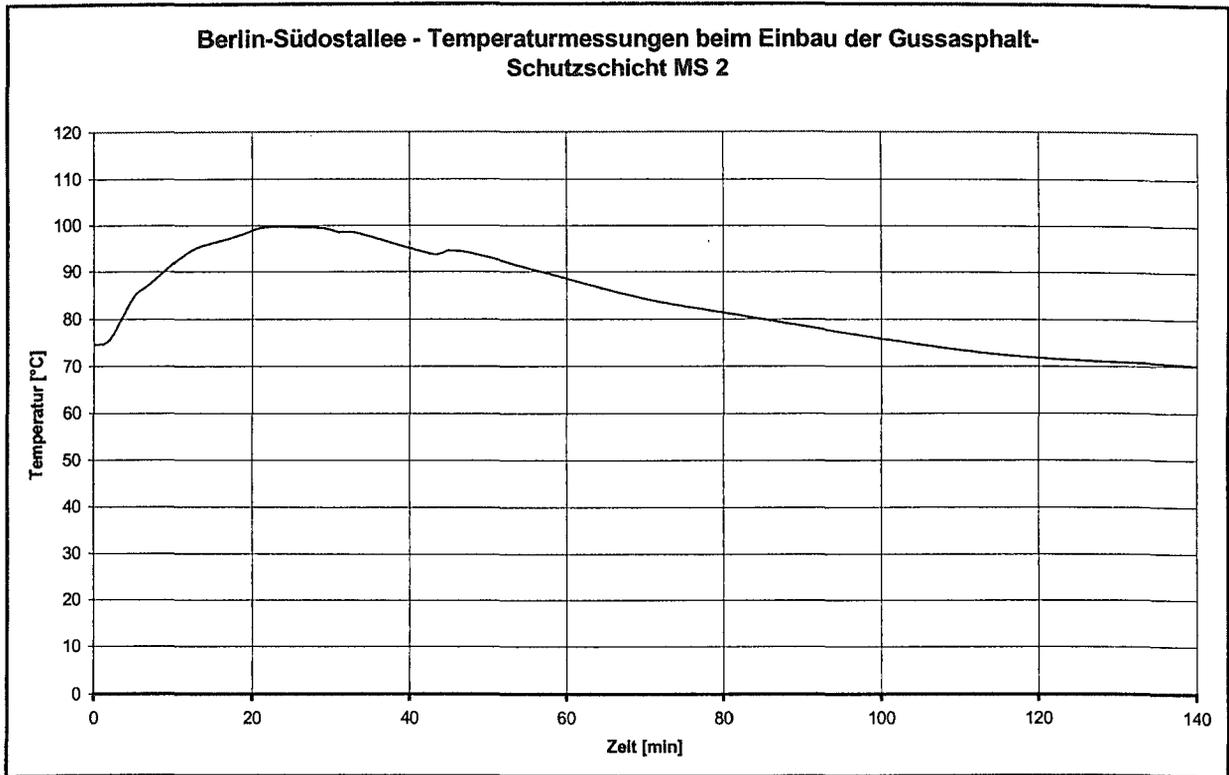
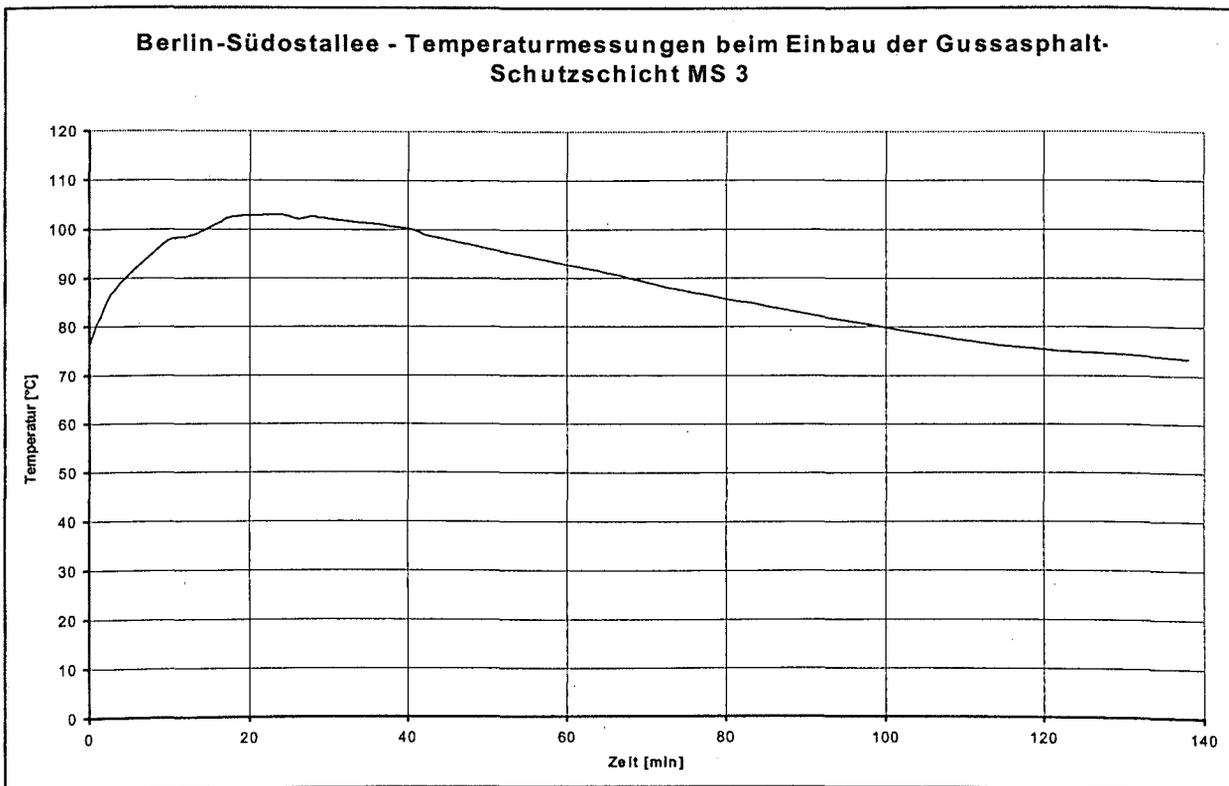


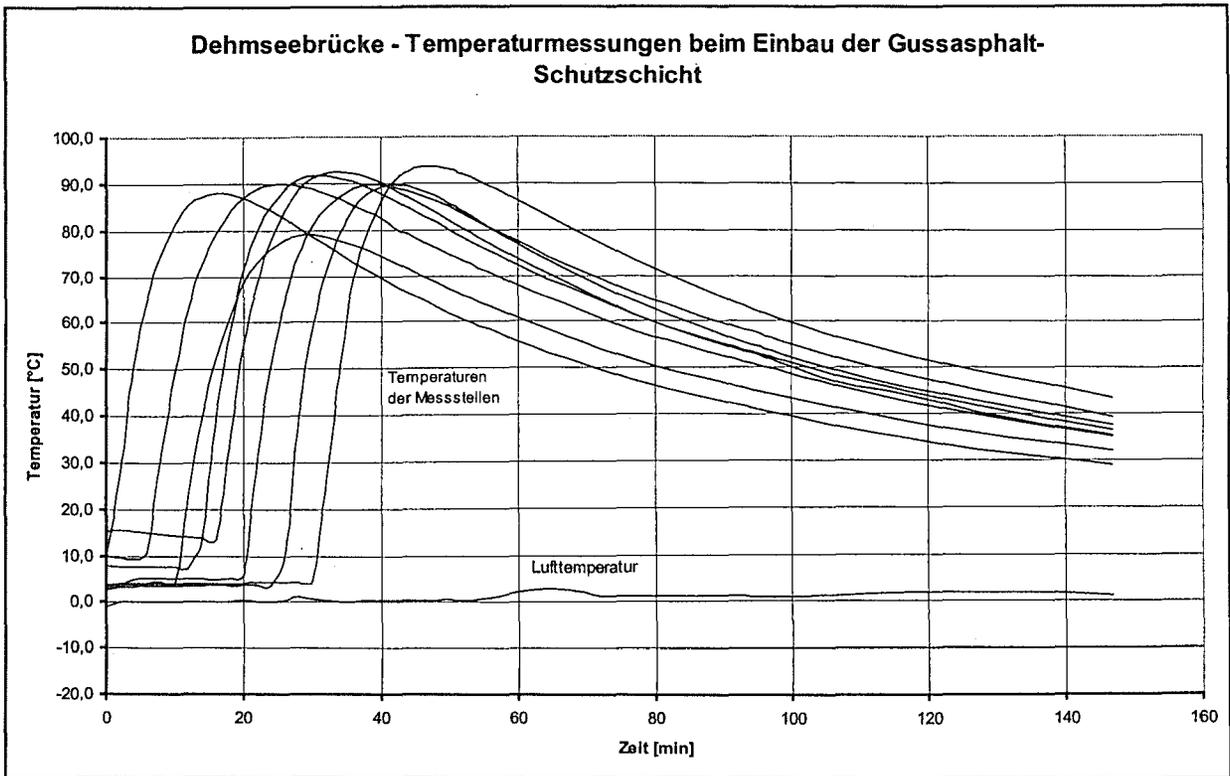
Bild 44: Temperaturverlauf an der Brücke Berlin-Südostallee, Messstelle 1



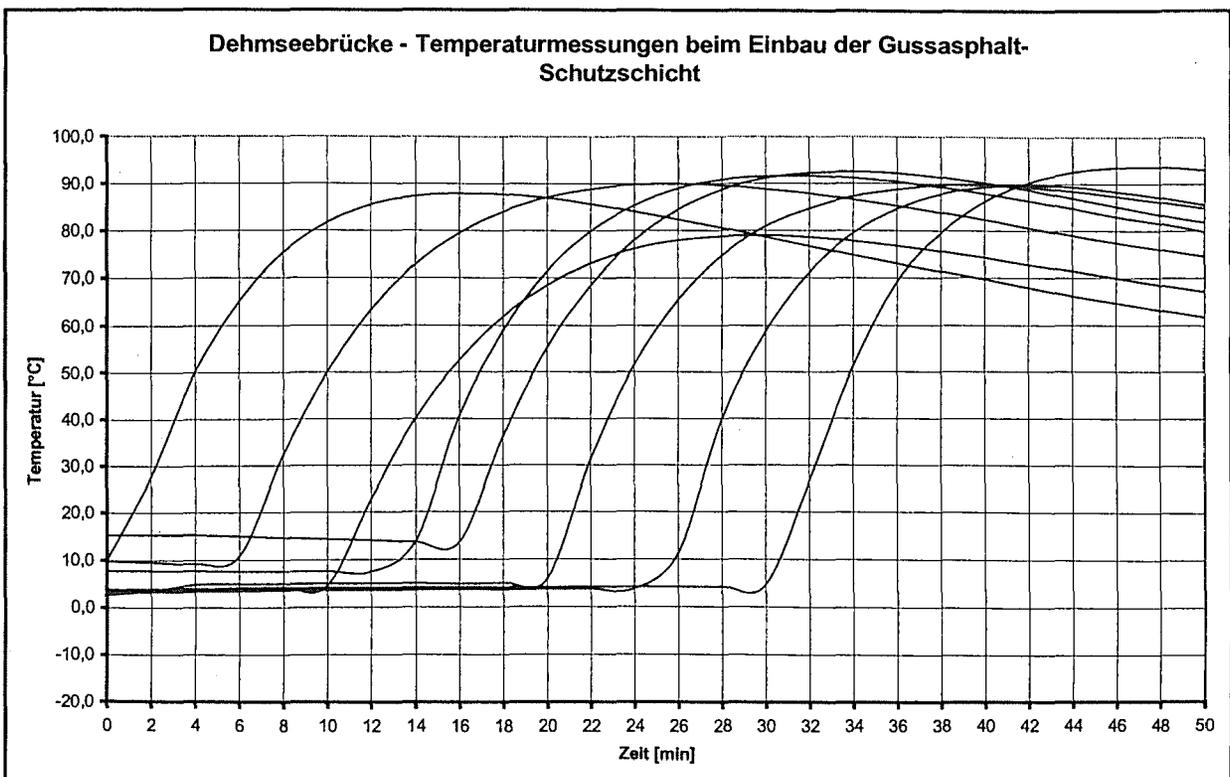
**Bild 45:** Temperaturverlauf an der Brücke Berlin-Südostallee, Messstelle 2



**Bild 46:** Temperaturverlauf an der Brücke Berlin-Südostallee, Messstelle 3



**Bild 47:** Temperaturverlauf an der Dehmseebrücke



**Bild 48:** Temperaturverlauf an der Dehmseebrücke, Temperaturanstieg in höherer zeitlicher Auflösung

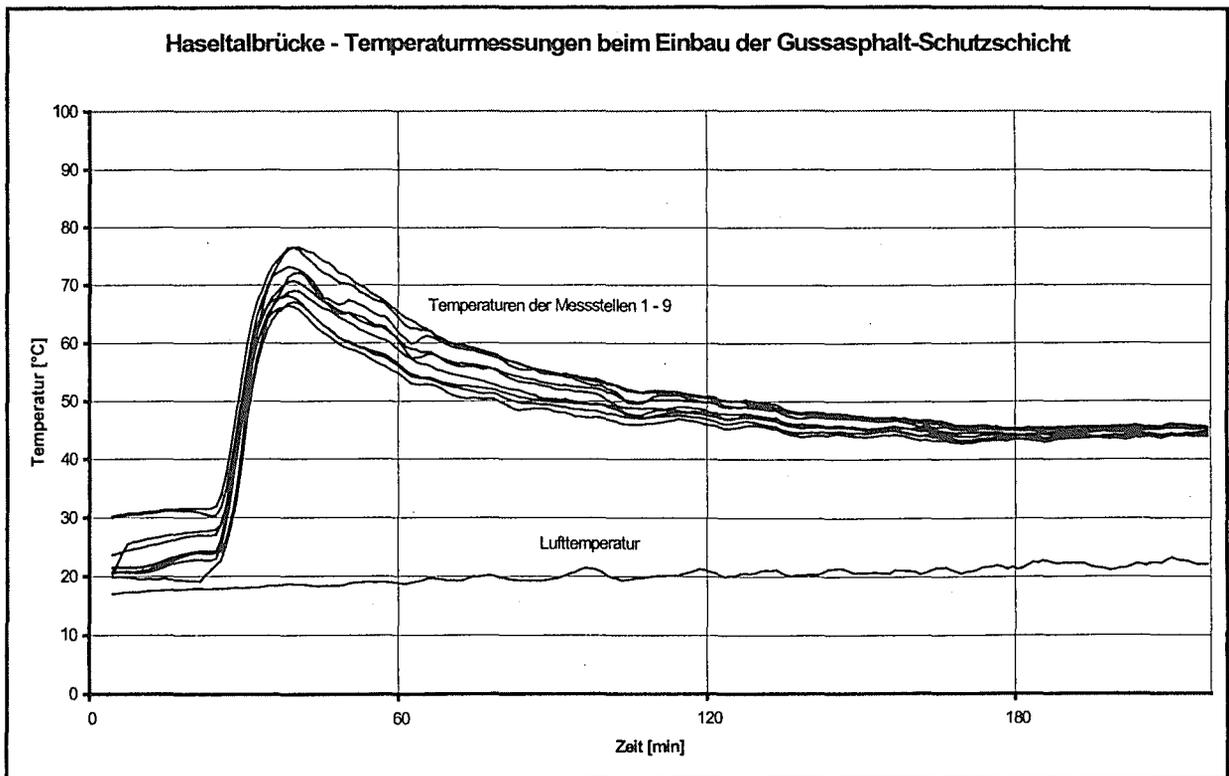


Bild 49: Temperaturverlauf an der Haseltalbrücke

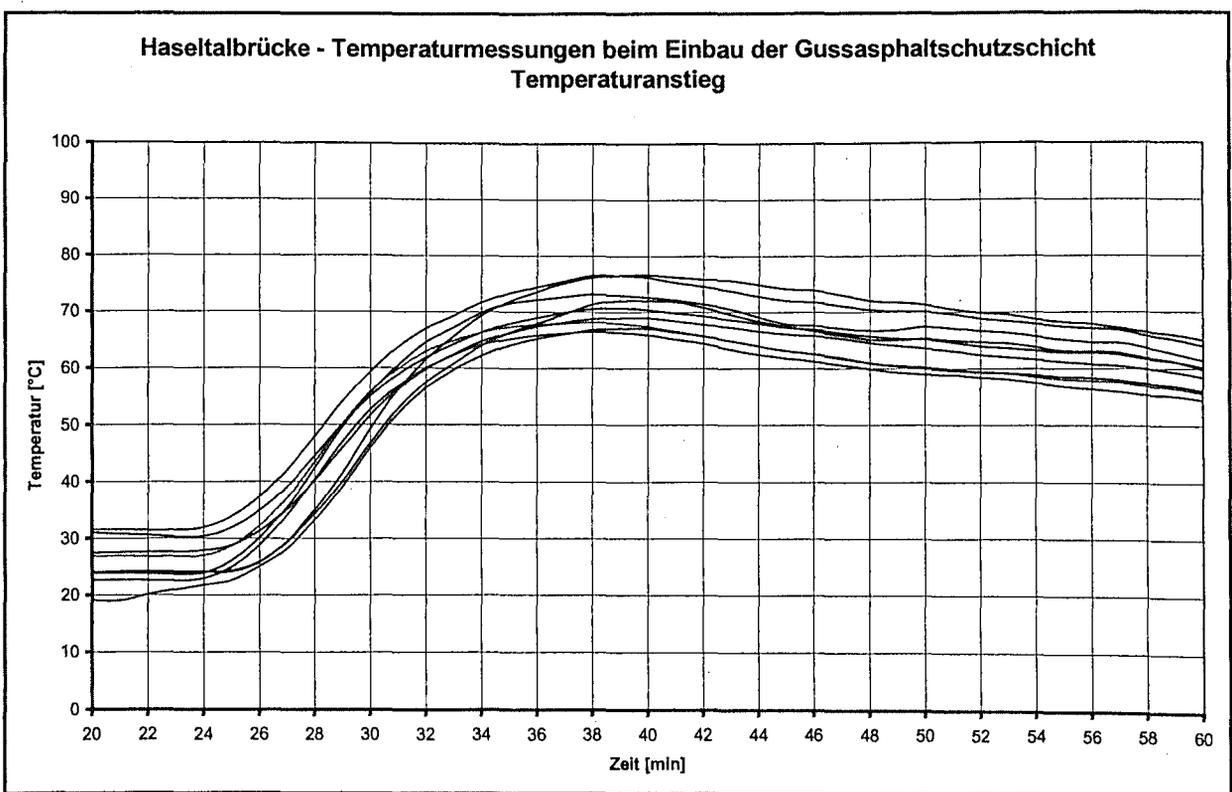


Bild 50: Temperaturverlauf an der Haseltalbrücke, Temperaturanstieg in höherer zeitlicher Auflösung

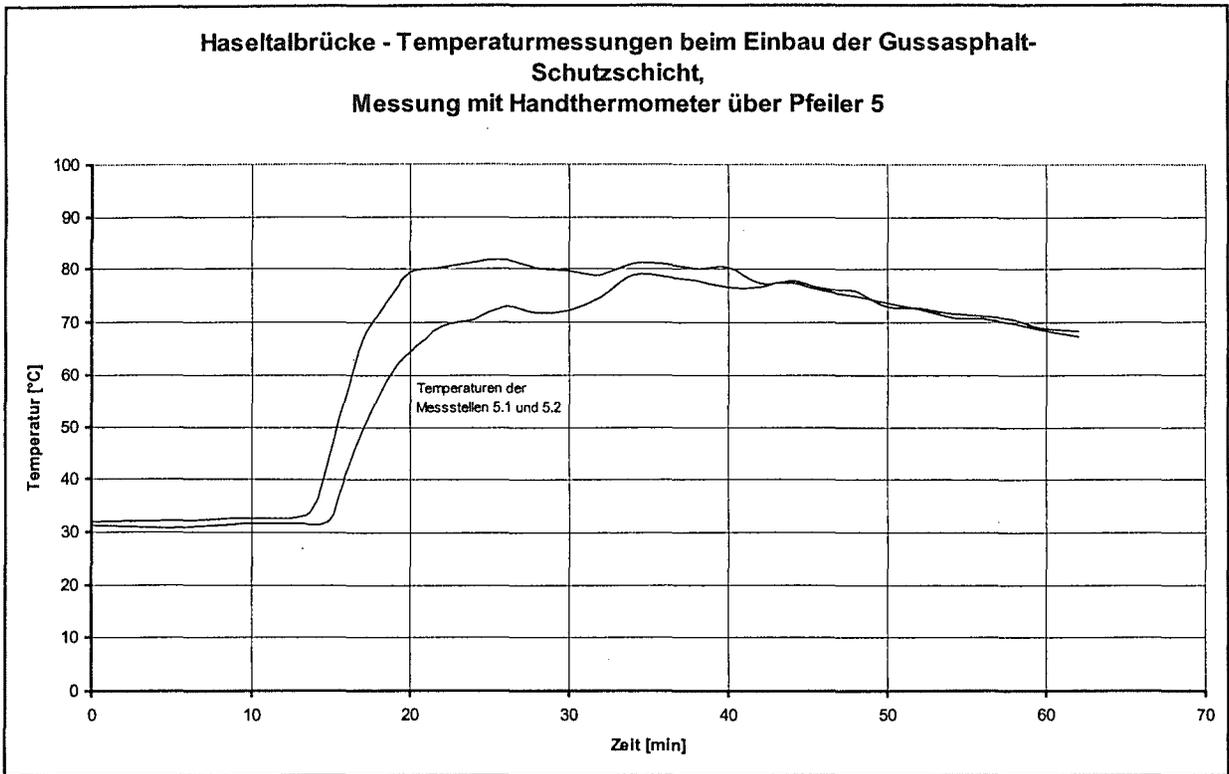


Bild 51: Temperaturverlauf an der Haseltalbrücke über Pfeiler 5 (Handthermometer)

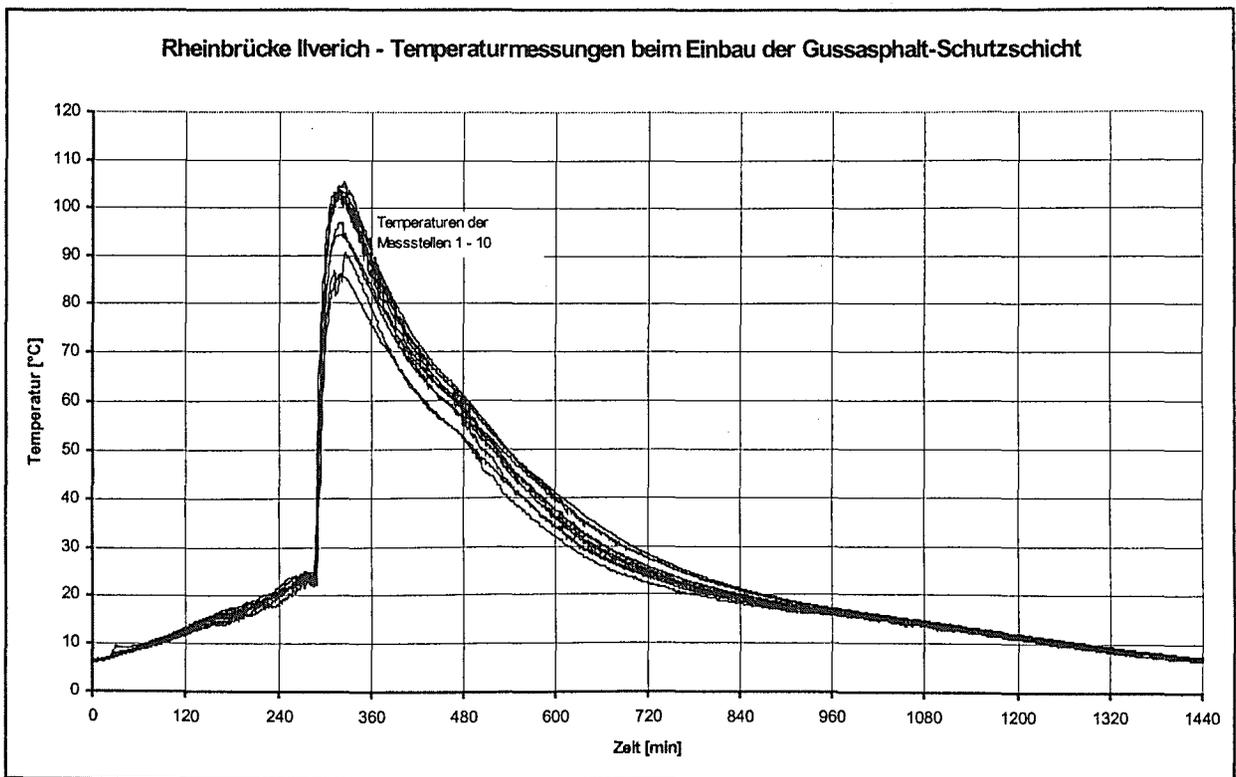
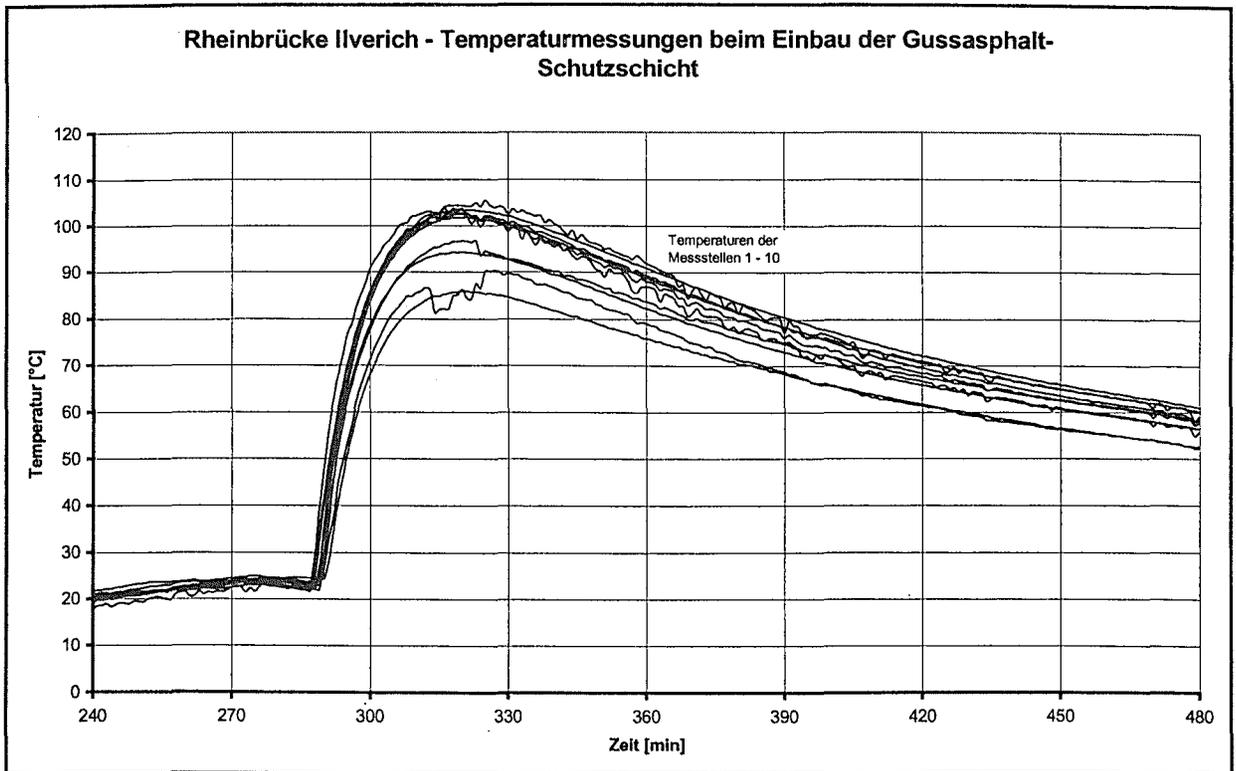
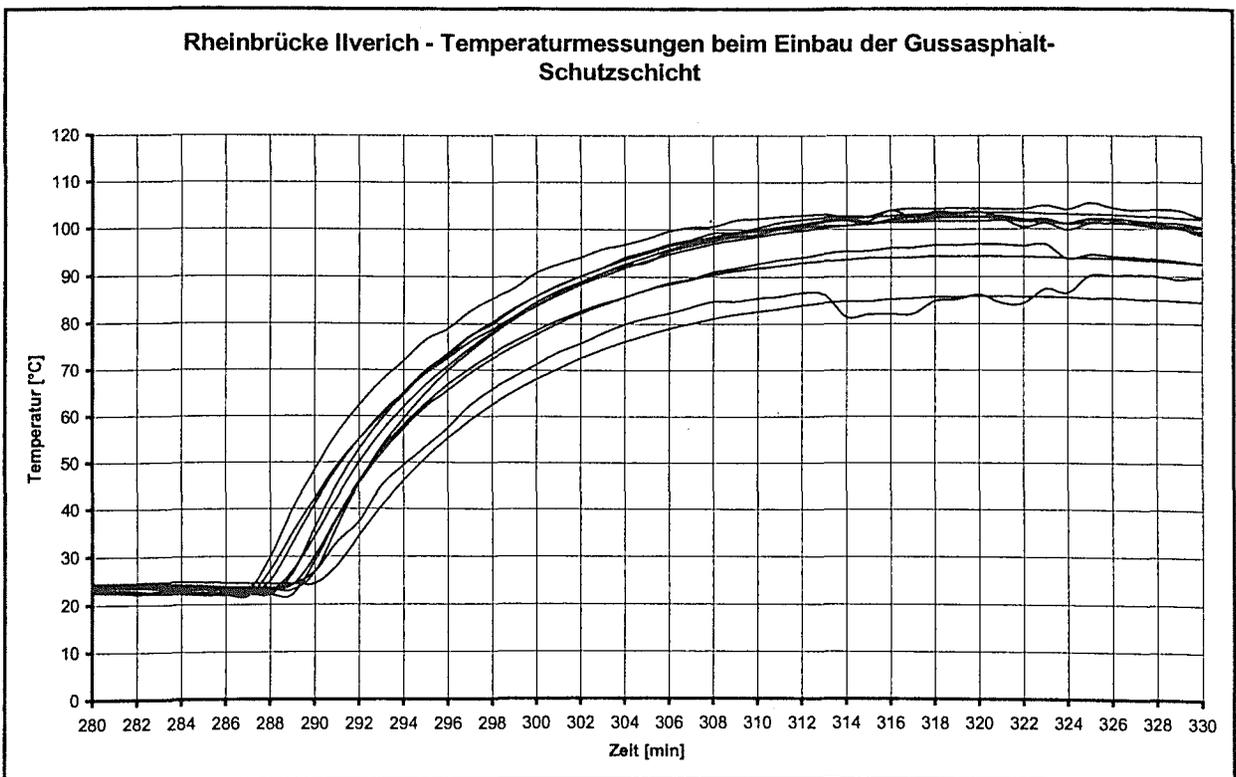


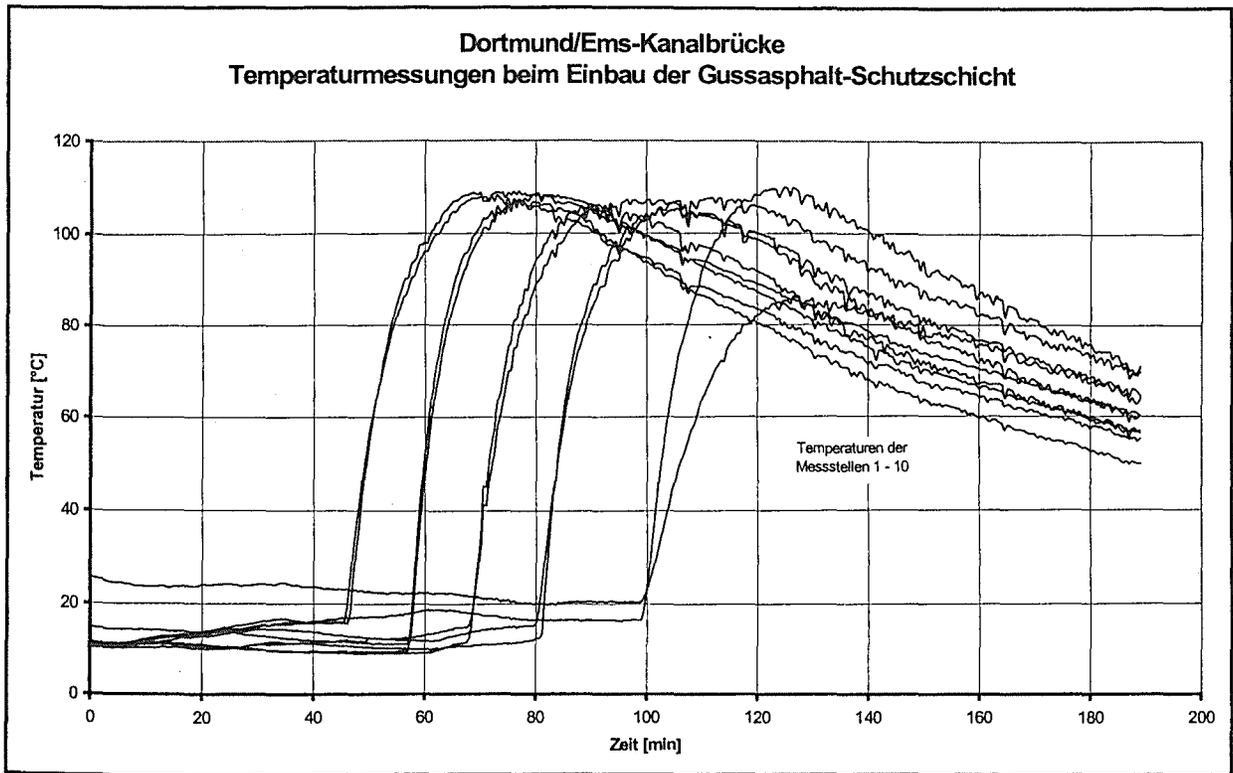
Bild 52: Temperaturverlauf an der Rheinbrücke Iiverich



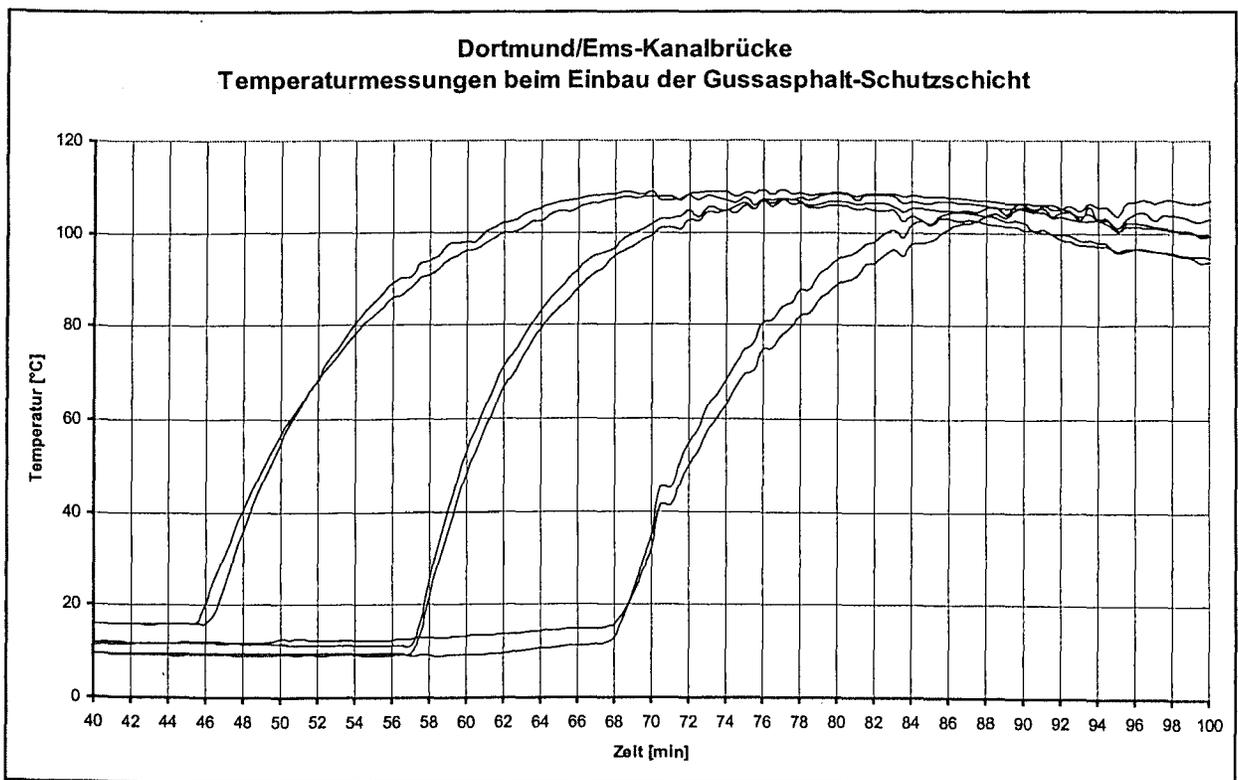
**Bild 53:** Temperaturverlauf an der Rheinbrücke Iiverich, 4 Stunden



**Bild 54:** Temperaturverlauf an der Rheinbrücke Iiverich, Temperaturanstieg in höherer zeitlicher Auflösung



**Bild 55:** Temperaturverlauf an der Dortmund/Ems-Kanalbrücke



**Bild 56:** Temperaturverlauf an der Dortmund/Ems-Kanalbrücke, Temperaturanstieg in höherer zeitlicher Auflösung

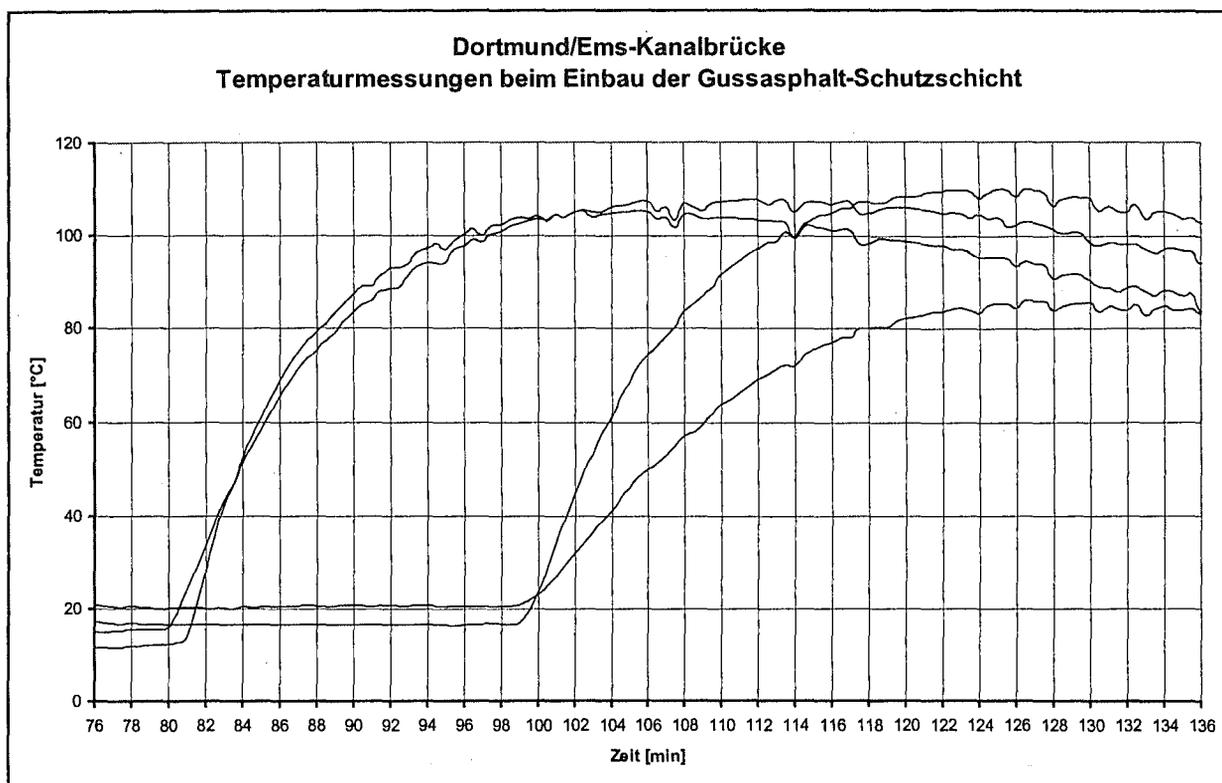


Bild 57: Temperaturverlauf an der Dortmund/Ems-Kanalbrücke, Temperaturanstieg in höherer zeitlicher Auflösung

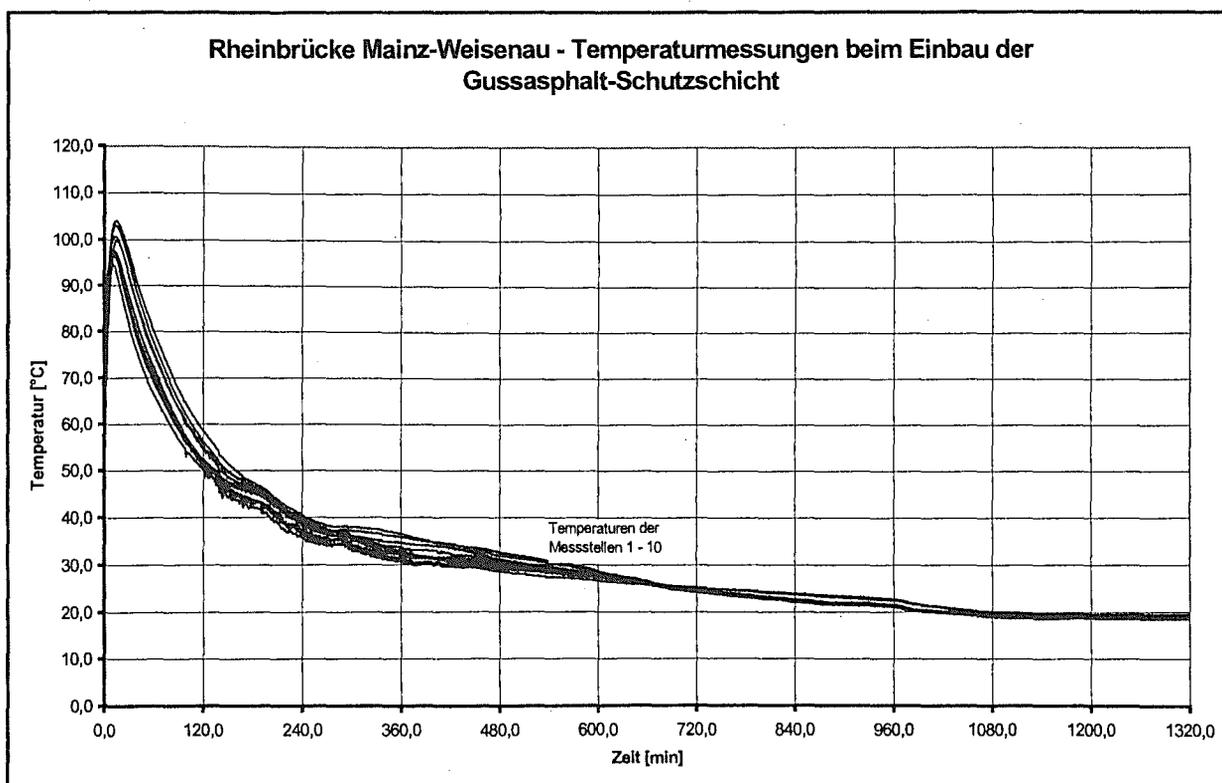
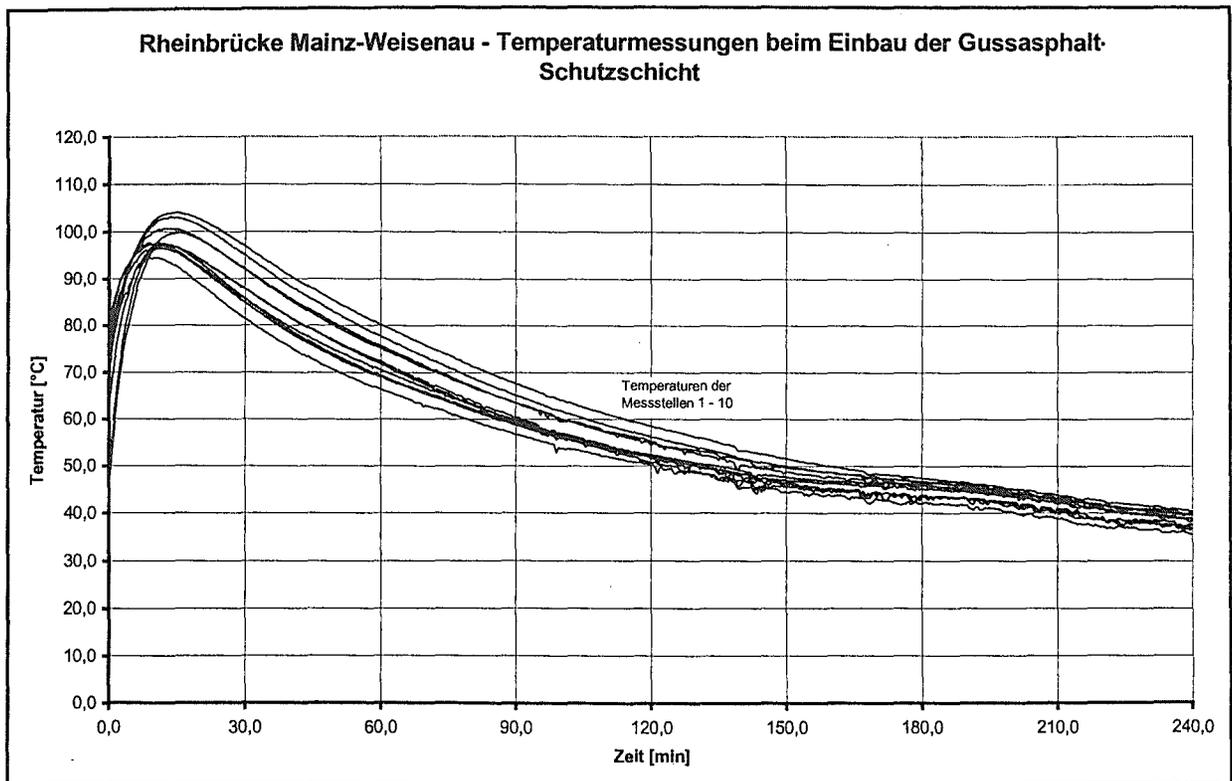
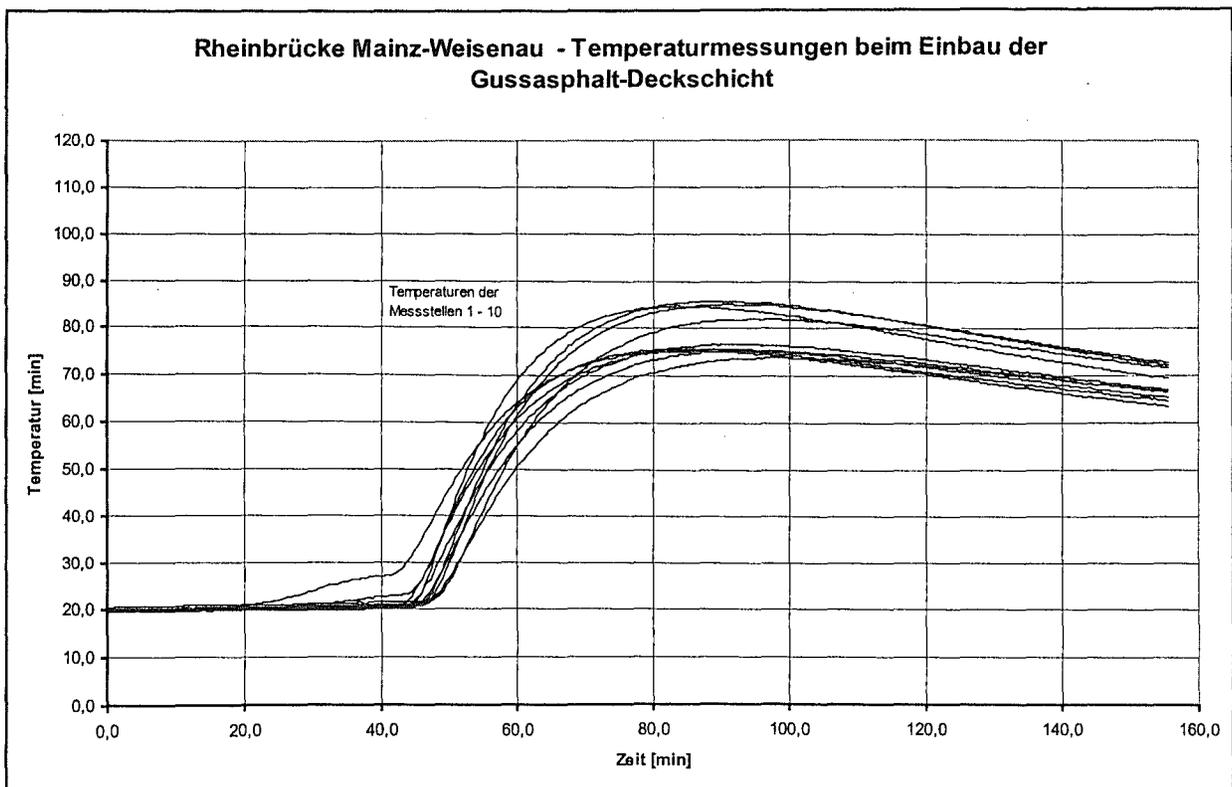


Bild 58: Temperaturverlauf an der Rheinbrücke Mainz-Weisenau



**Bild 59:** Temperaturverlauf an der Rheinbrücke Mainz-Weisenau, 4 Stunden



**Bild 60:** Temperaturverlauf an der Rheinbrücke Mainz-Weisenau beim Einbau der Deckschicht

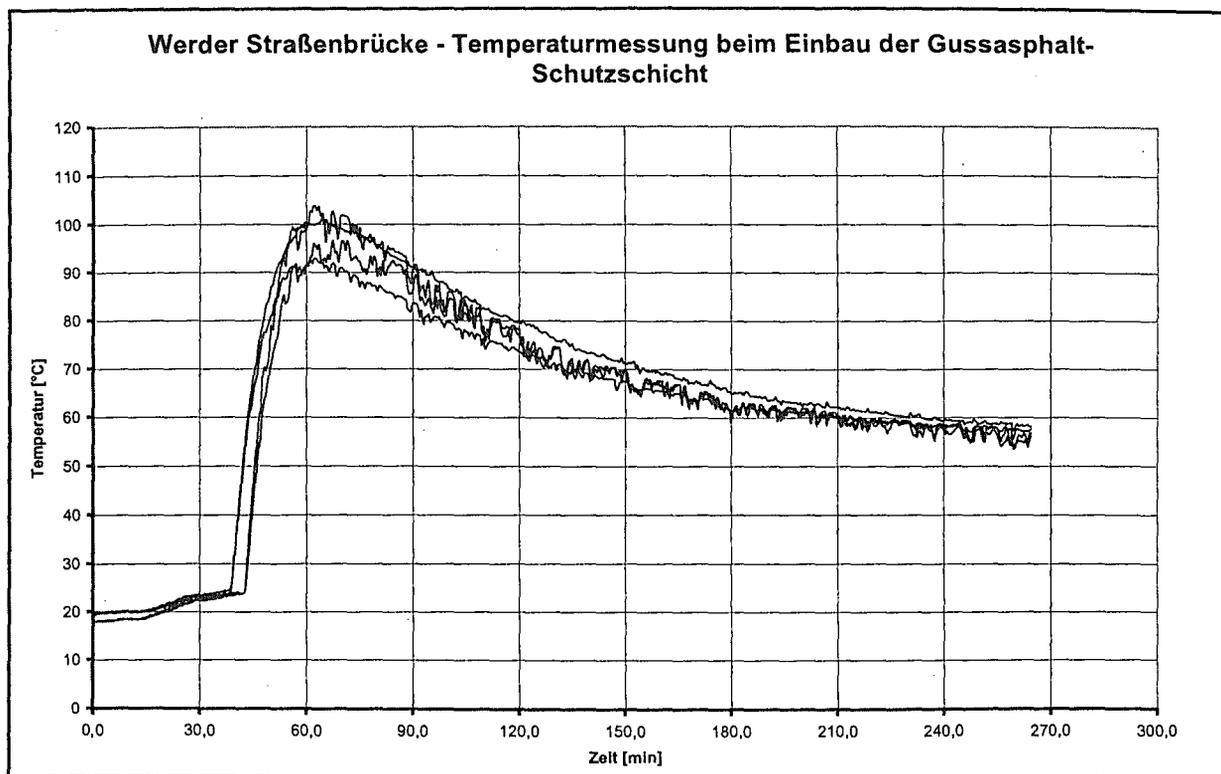


Bild 61: Temperaturverlauf an der Werder Straßenbrücke

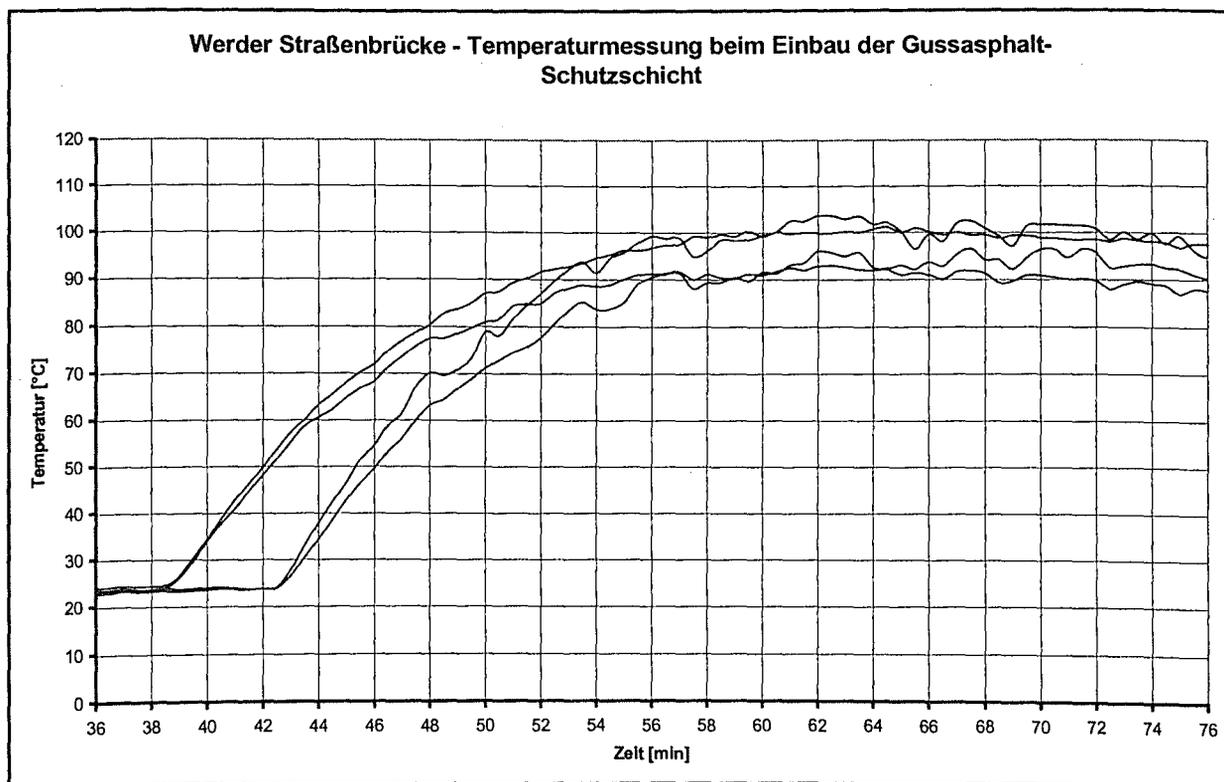


Bild 62: Temperaturverlauf an der Werder Straßenbrücke, Temperaturanstieg in höherer zeitlicher Auflösung

## 11 Literatur

- [1] RUF, J.: Organischer Metallschutz; Entwicklung und Anwendung von Beschichtungsstoffen, Vincentz Verlag, Hannover 1993
- [2] CARLOWITZ, B.: Kunststofftabellen, Carl Hanser Verlag, München, Wien 1986
- [3] HIMMLER, K.: Kunststoffe im Bauwesen, Werner Verlag, Düsseldorf 1981
- [4] Technische Prüfvorschriften für die Prüfung der Dichtungsschichten und der Abdichtungs-Systeme für Brückenbeläge auf Stahl (TP-BEL-ST), FGSV Verlag GmbH, Köln 1992
- [5] Vorschläge zur Auswahl von Prüfverfahren für Korrosionsschutz-Beschichtungsstoffe nach TL 918 300 Teil 2 und ZTV – KOR auf der Grundlage von DIN EN ISO-Normen; Untersuchungen zur Wärmebeständigkeit von High-Solid-Beschichtungen, Bericht zum Projekt Nr. 98 251-2/B2, Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt), Bergisch Gladbach 2000
- [6] Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für die Herstellung von Brückenbelägen auf Stahl (ZTV-BEL-ST 92), Ausgabe 1992, FGSV Verlag GmbH, Köln
- [7] TL 918 300, Teil 2 Technische Lieferbedingungen - Anstrich und ähnliches Beschichtungsmaterial vorwiegend für Stahlbauten, Deutsche Bahn AG, ZMW, Karlsruhe
- [8] EILERS, M.: Einbau von Reaktionsharzen in Abhängigkeit von den Witterungsbedingungen, Straße und Autobahn, Heft 4/2000
- [9] LEBEK, D. E.: Beitrag zur Ermittlung der Temperaturbelastungen von Stahlbrücken mit orthotroper Fahrbahnplatte und ihrer Korrosionsschutzsysteme beim Einbau von bituminösen Fahrbahnbelägen
- [10] Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Korrosionsschutz von Stahlbauten (ZTV-KOR-Stahlbauten), Verkehrsblatt-Verlag, Dortmund 2002
- [11] Technische Lieferbedingungen und Technische Prüfvorschriften für Beschichtungsstoffe für den Korrosionsschutz von Stahlbauten“, (TL/TP-KOR-Stahlbauten), Verkehrsblatt-Verlag, Dortmund 2002
- [12] Zusätzlichen Technischen Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Korrosionsschutz von Stahlbauten (ZTV-KOR 92), Verkehrsblatt-Verlag, Dortmund 1992

## Schriftenreihe

Berichte der Bundesanstalt  
für Straßenwesen

## Unterreihe „Brücken- und Ingenieurbau“

B 1: Realkalisierung karbonatisierter Beton-  
randzone

H. Budnik, T. Laakkonen, A. Maaß, F. Großmann  
28 Seiten, 1993 vergriffen

B 2: Untersuchungen an Fertigteilbrücken  
BT 70/ BT 700

H. Haser  
68 Seiten, 1993 kostenlos

## B 3: Temperaturunterschiede an Betonbrücken

H. Knabenschuh  
64 Seiten, 1993 vergriffen

B 4: Merkblatt zur Entnahme repräsentativer  
Strahlschuttproben MES-93

16 Seiten, 1993 € 9,00

B 5: Spezielle Probleme bei Brückenbauwerken  
in den neuen Bundesländern

H. Haser, R. Kaschner  
44 Seiten, 1994 € 11,50

B 6: Zur Berechnung von Platten mit schwacher  
Querbewehrung

R. Kaschner  
44 Seiten, 1995 € 11,50

B 7: Erprobung von dichten lärmindernden  
Fahrbahnbelägen für Brücken

S. Sczyslo  
56 Seiten, 1995 € 12,50

B 8: Untersuchungen am Brückenbelag einer  
orthotropen Fahrbahnplatte

J. Krieger, E. Rath  
140 Seiten, 1995 € 17,50

B 9: Anwendung von zerstörungsfreien Prüfme-  
thoden bei Betonbrücken

J. Krieger  
60 Seiten, 1995 € 13,00

B 10: Langzeituntersuchungen von Hydropho-  
bierungsmitteln

A. Maaß, B. Krieger  
60 Seiten, 1995 € 12,50

B 11: Fahrbahnbeläge auf Sohlen von Trogbau-  
werken

R. Wruck  
44 Seiten, 1996 € 12,00

B 12: Temperaturmessungen bei der Verbreite-  
rung der Rodenkirchener Brücke

W. Goebel  
96 Seiten, 1996 € 15,30

B 13: Strukturanalyse von Beton  
Entwicklung eines Verpreßverfahrens mit fluores-  
zierendem Harz

H.-P. Gatz, P. Gusia  
28 Seiten, 1996 € 11,00

B 14: Verhalten von Fahrbahnübergängen aus  
Asphalt infolge Horizontallasten

J. Krieger, E. Rath  
112 Seiten, 1997 € 16,00

B 15: Temperaturbeanspruchung im Beton und  
Betonersatz beim Einbau von Abdichtungen

F. Großmann, J. Budnik, A. Maaß  
88 Seiten, 1997 € 14,50

B 16: Seilverfüllmittel - Mechanische Randbedin-  
gungen für Brückenseile

M. Eilers, A. Hemmert-Halswick  
288 Seiten, 1997 € 27,50

B 17: Bohrverfahren zur Bestimmung der Karbo-  
natisierungstiefe und des Chloridgehaltes von  
Beton

H.-P. Gatz, P. Gusia, M. Kuhl  
48 Seiten, 1997 € 14,00

B 18: Erprobung und Bewertung zerstörungs-  
freier Prüfmethode für Betonbrücken

J. Krieger, M. Krause, H. Wiggenhauser  
143 Seiten, 1998 € 16,50

B 19: Untersuchung von unbelasteten und künst-  
lich belasteten Beschichtungen

Instandhaltung des Korrosionsschutzes durch Teil-  
erneuerung - Entwicklung eines Meßverfahrens

M. Schröder  
23 Seiten, 1998 € 11,00

B 20: Reaktionsharzgebundene Dünnbeläge auf  
Stahl

M. Eilers, W. Ritter  
46 Seiten, 1998 € 12,50

## B 21: Windlasten für Brücken nach ENV 1991-3

J. Krieger  
19 Seiten, 1998 € 10,50

- B 22: Algorithmen zur Zustandsbewertung von Ingenieurbauwerken**  
P. Haardt  
42 Seiten, 1999 € 11,50
- B 23: Bewertung und Oberflächenvorbereitung schwieriger Untergründe**  
Instandhaltung des Korrosionsschutzes durch Teil-erneuerung  
M. Schröder, S. Sczyslo  
31 Seiten, 1999 € 11,00
- B 24: Erarbeitung einer ZTV für reaktionsharzgebundene Dünnbeläge auf Stahl**  
Untersuchungen zur Empfindlichkeit der verschiedenen RHD-Belagsysteme unter ungünstigen Einbaubedingungen  
M. Eilers, G. Stoll  
25 Seiten, 1999 € 11,00
- B 25: Konzeption eines Managementsystems zur Erhaltung von Brücken- und Ingenieurbauwerken**  
P. Haardt  
52 Seiten, 1999 € 12,50
- B 26: Einsatzmöglichkeiten von Kletterrobotern bei der Bauwerksprüfung**  
J. Krieger, E. Rath, G. Berthold  
18 Seiten, 1999 € 10,50
- B 27: Dynamische Untersuchungen an reaktionsharzgebundenen Dünnbelägen**  
M. Eilers, W. Ritter, G. Stoll  
32 Seiten, 1999 € 11,00
- B 28: Erfassung und Bewertung von reaktionsharzgebundenen Dünnbelägen auf Stahl**  
M. Eilers  
28 Seiten, 2000 € 11,00
- B 29: Ergänzende Untersuchungen zur Bestimmung der Karbonatisierungstiefe und des Chloridgehaltes von Beton**  
H.-P. Gatz, B. Quaas  
36 Seiten, 2000 € 12,00
- B 30: Materialkonzepte, Herstellungs- und Prüfverfahren für elutionsarme Spritzbetone**  
F. Heimbecher  
33 Seiten, 2000 € 11,00
- B 31: Verträglichkeit von reaktionsharzgebundenen Dünnbelägen mit Abdichtungssystemen nach den ZTV-BEL-ST**  
M. Eilers, G. Stoll  
24 Seiten, 2000 € 10,50
- B 32: Das Programm ISOCORRAG: Ermittlung von Korrosivitätskategorien aus Massenverlust-raten**  
M. Schröder  
26 Seiten, 2000 € 11,50
- B 33: Bewährung von Belägen auf Stahlbrücken mit orthotropen Fahrbahnplatten**  
M. Eilers, S. Sczyslo  
115 Seiten, 2000 € 17,00
- B 34: Neue reaktionsharzgebundene Dünnbeläge als Fahrbahnbeläge auf einem D-Brücken-Gerät**  
M. Eilers, W. Ritter  
47 Seiten, 2000 € 13,00
- B 35: Bewährung von Brückenbelägen auf Betonbauwerken**  
R. Wruck  
28 Seiten, 2002 € 11,50
- B 36: Fahrbahnübergänge aus Asphalt**  
R. Wruck  
22 Seiten, 2002 € 11,00
- B 37: Messung der Hydrophobierungsqualität**  
H. J. Hörner, N. von Witzhausen, P. Gatz  
24 Seiten, 2002 € 11,00
- B 38: Materialtechnische Untersuchung beim Abbruch der Talbrücke Haiger**  
Durchführung von Ultraschall- und Impakt-Echo-Messungen  
M. Krause, H. Wiggenhauser, J. Krieger  
113 Seiten, 2002 € 17,00
- B 39: Bewegungen von Randfugen auf Brücken**  
M. Eilers, R. Wruck, B. Quaas  
48 Seiten, 2002 € 13,00
- B 40: Schutzmaßnahmen gegen Graffiti**  
D. v. Weschpfennig  
26 Seiten, 2003 € 11,50
- B 41: Temperaturen an der Unterseite orthotroper Fahrbahntafeln beim Einbau der Gussasphalt-Schutzschicht**  
M. Eilers, E. Küchler, B. Quaas  
42 Seiten, 2002 € 12,50
- 
- 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 77  
Email: vertrieb@nw-verlag.de  
Internet: www.nw-verlag.de



