

# Untersuchungen zur Dauerhaftigkeit von permanenten Anti-Graffiti-Systemen

Berichte der  
Bundesanstalt für Straßenwesen

Brücken- und Ingenieurbau Heft B 72

The logo consists of the word "bast" in a bold, lowercase, green sans-serif font. The letters are slightly shadowed, giving it a 3D appearance. The logo is positioned in the bottom right corner of the page.



# Untersuchungen zur Dauerhaftigkeit von permanenten Anti-Graffiti-Systemen

von

Dieter von Weschpfennig  
Anika Kropf  
Nicole von Witzenhausen

**Berichte der  
Bundesanstalt für Straßenwesen**

Brücken- und Ingenieurbau Heft B 72

**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, Stabsstelle Presse und 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, Stabsstelle Presse und Öffentlichkeitsarbeit.

## Impressum

**Bericht zum Forschungsprojekt F1100.2106006 des Arbeitsprogramms der Bundesanstalt für Straßenwesen:**  
Untersuchungen zur Dauerhaftigkeit von permanenten Anti-Graffiti-Systemen

### Herausgeber

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

### Redaktion

Stabsstelle Presse und 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 978-3-86918-013-7

Bergisch Gladbach, Mai 2010

## Kurzfassung – Abstract

### Untersuchungen zur Dauerhaftigkeit von permanenten Anti-Graffiti-Systemen

Im Rahmen des AP-Projektes sollten Fragen zur Dauerhaftigkeit von permanenten AGS beantwortet werden. Für die dazu erforderlichen Untersuchungen wurden sechs permanente AGS aus dem Verzeichnis der geprüften AGS ausgewählt. Die Graffiti prophylaxen dieser AGS wurden auf Prüfkörpern aus Beton appliziert und der Freibewitterung ausgesetzt. Die farblichen Veränderungen der Prüfplatten im Zuge der Untersuchungen wurden messtechnisch erfasst. Die Applikationen der Graffiti prophylaxen auf die Prüfkörper lassen das Erscheinungsbild generell dunkler erscheinen. Die Bandbreite reicht von kaum wahrnehmbaren Verdunkelungen bis hin zu starken Verdunkelungen. Die Betrachtung der Ergebnisse nach fünfjähriger Freibewitterung zeigt kein einheitliches Bild. Bei drei AGS wurde eine weitere Verdunkelung der Graffiti prophylaxe festgestellt, während bei 2 AGS eine deutliche Aufhellung der Graffiti prophylaxe festgestellt wurde. Bei einem AGS traten großflächige Ablösungen auf, sodass eine Bewertung der farblichen Veränderungen entfällt. Als Folge der Freibewitterung hat sich lediglich bei einer Graffiti prophylaxe eine Tendenz zur Vergilbung gezeigt.

Die schichtbildenden Graffiti prophylaxen (5 AGS) wurden nach Ende der Freibewitterungszeit visuell hinsichtlich Ablösungen, Rissen und Blasen bewertet. Bei drei AGS lautet das Ergebnis keine Ablösungen, keine Risse, Blasengrad  $m_0/g_0$ . Bei einem AGS wurden Ablösungen und Risse festgestellt. Ein AGS zeigte großflächige Ablösungen.

Die Funktionalitätsprüfung, d. h. die Prüfung der Entfernbarkeit von aufgetragenen Farbmitteln, wurde im Abstand von 4 Monaten durchgeführt. Bei zwei AGS wurden nach fünfjähriger Freibewitterung und 15 Reinigungszyklen die Anforderungen an die Funktionalität sehr deutlich erfüllt. Ein weiteres AGS erfüllt die Funktionalität bis zum 15. Zyklus, lediglich bei der Betrachtung der Einzelfarbflächen kommt es beim 15. Zyklus zu einer geringfügigen Überschreitung des Grenzwertes. Zwei AGS zeigen zunächst sehr gute Ergebnisse, erfüllen dann aber nach 28 bzw. 40 Monaten plötzlich die Anforderungen an die Funktionalität nicht mehr. Bei einem AGS ist von Beginn an eine stetige Abnahme der Funktionalität festzustellen, wobei nach 36 Mona-

ten die Anforderung an die Funktionalität nicht mehr erfüllt wird.

Die Anforderungen an die Funktionalität werden von den untersuchten AGS also mindestens bis zu einer Freibewitterungszeit von 28 Monaten erfüllt. Somit wird die in den ZTV-ING, Abschnitt 3, Teil 2 festgelegte Verjährungsfrist für Mängelansprüche von 2 Jahren bestätigt. Die Ergebnisse zeigen, dass eine Verlängerung der Verjährungsfrist für Mängelansprüche auf 5 Jahre nicht generell möglich ist.

Zwei der untersuchten AGS zeigen auch nach 5 Jahren Freibewitterungszeit eine Funktionalität, die deutlich besser als der festgelegte Grenzwert ist. Bei dem AGS mit der filmbildenden Graffiti prophylaxe wurden Abreißuntersuchungen durchgeführt. Die ermittelten Abreißwerte liegen deutlich über den Werten, die ZTV-ING, Teil 3, Abschnitt 4 von Oberflächenschutzsystemen fordert.

Es konnte aufgezeigt werden, dass AGS auch nach fünfjähriger Freibewitterung und Funktionalitätsprüfungen zum einen die Anforderungen an AGS und zum anderen auch Anforderungen an OS erfüllen. Von vielen Straßenbauverwaltungen werden solche Systeme gefordert. Entsprechende Regelungen entstehen durch eine „Verknüpfung“ der jeweiligen Regelwerke für AGS und OS im Rahmen des Projektes F1100.21008 „Erarbeitung der TL/TP AGS – Oberflächenschutzsysteme und Mauerwerk“.

### Investigations into the durability of permanent anti-graffiti systems

Questions about the durability of permanent AGSs were to be answered within the framework of the AP project. Six permanent AGSs were selected from the list of approved AGSs to carry out the required tests. The graffiti prophylaxis for these AGSs was applied to concrete test specimens and exposed to an outdoor climate. The colour changes to the test plates were measured as part of the investigations. The application of graffiti prophylaxes to the test specimen results in a generally darker appearance. The range extends from a hardly perceptible darkening to severe

darkening. After five years of outdoor climate exposure, the results do not show a uniform picture. The graffiti prophylaxes of three of the AGSs were found to have darkened further, while in two cases they had clearly become lighter. One AGS resulted in large-scale flaking, thus making it impossible to evaluate the colour changes. A tendency towards yellowing as a result of outdoor exposure was only evident in one graffiti prophylaxis.

Graffiti prophylaxes (5 AGSs) of the film-forming type were visually evaluated at the end of the outdoor exposure time with regard to flaking, cracking and blistering. For three of these AGSs, the result included no flaking, no cracking and blistering of  $m_0/g_0$ . One AGS was found to show signs of flaking and cracking. Another AGS was found to have large-scale flaking.

The function test, i.e. testing the removability of the paint applied, was carried out at four-monthly intervals. After five years of outdoor climate exposure and 15 cleaning cycles, two AGSs still clearly fulfilled the functional requirements. Another AGS fulfilled the functional requirements up to the 15<sup>th</sup> cycle, with the limit value only being slightly exceeded after the 15<sup>th</sup> cycle when the individual colour surfaces were evaluated. Two AGSs initially showed very good results, but then suddenly no longer fulfilled the functional requirements after a period of 28 and 40 months respectively. One of the AGSs showed a steady decline in function from the very beginning, with the functional requirements no longer being fulfilled after a period of 36 months.

This means that the AGSs investigated all fulfilled the functional requirements at least up to an outdoor exposure time of 28 months. This confirms the limitation period for claims, which has been defined as 2 years in ZTV-ING, Section 3, Part 2. The results show that an extension of the limitation period for claims to 5 years is generally not possible.

Even after 5 years of outdoor climate exposure, two of the AGSs investigated had a clearly better function than the stipulated limit value. Separation tests were carried out on the AGSs with the film-forming graffiti prophylaxis. The separation values obtained are clearly above the values required for surface protection systems by ZTV-ING, Part 3, Section 4.

It was shown that AGSs still fulfill the requirements for both AGSs and surface protection systems after

a period of five years of outdoor climate exposure and functional tests. Such systems are required by many road-building offices. The corresponding regulations are the result of "linking" the various reference works for AGSs and surface protection systems as part of the F1100.21008 project called "Defining the TL/TP AGS – surface protection systems and masonry".

## Inhalt

<b>1</b>	<b>Einleitung</b> .....	7
<b>2</b>	<b>Grundlagen für die Untersuchungen</b> .....	7
2.1	Anti-Graffiti-Systeme .....	7
2.2	Prüfplatten .....	8
2.3	Farbmittel .....	8
2.4	Farbmessungen .....	8
2.5	Bewitterung der Prüfplatten .....	9
<b>3</b>	<b>Dauerhaftigkeit von AGS</b> .....	9
3.1	Allgemeines .....	9
3.2	Applikation der Graffiti-Prophylaxen .....	9
3.3	Freibewitterung .....	12
3.4	Funktionalität .....	14
3.4.1	Allgemeines .....	14
3.4.2	Auftrag der Farbmittel .....	14
3.4.3	Farbmittelentfernung .....	14
3.4.4	Bewertung der Reinigungsergebnisse bis August 2006 .....	14
3.4.5	Bewertung der Reinigungsergebnisse ab August 2006 .....	16
<b>4</b>	<b>AGS im Vergleich mit OS</b> .....	18
4.1	Allgemeines .....	18
4.2	Abreißfestigkeiten der Prophylaxeschichten .....	19
<b>5</b>	<b>Bewertung der Ergebnisse und Zusammenfassung</b> .....	21
<b>6</b>	<b>Literatur</b> .....	22



## 1 Einleitung

Nach den Zusätzlichen Technischen Vertragsbedingungen und Richtlinien für Ingenieurbauten (ZTV-ING) Teil 3, Abschnitt 2, Nr. 7.5 [1] dürfen für die Anwendung auf Betonflächen an Bauwerken und Bauteilen der Bundesverkehrswege nur Anti-Graffiti-Systeme (AGS) verwendet werden, die in dem „Verzeichnis der geprüften AGS für die Anwendung auf Betonoberflächen an Bauwerken und Bauteilen der Bundesverkehrswege“ geführt sind. Die Regelungen zum Nachweis der Eignung von AGS sind im Zuge des AP-Projektes 98 210 – Schutzmaßnahmen gegen Graffiti [2] erarbeitet worden. Wesentlicher Bestandteil für den Eignungsnachweis ist die Prüfung der AGS nach dem Regelwerk für die Bewertung von Verfahren, Technologien und Materialien zur Graffitientfernung und Graffitiprofylaxe [3]. Von der Unterarbeitsgruppe AGS (UAG AGS) der BAST-Arbeitsgruppe 2.3 „Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen“ wurden zwischenzeitlich die Technischen Lieferbedingungen (TL-AGS) [4] und die Technischen Prüfbestimmungen (TP-AGS) [5] für AGS zum Schutz von Betonflächen erarbeitet. [4] und [5] ersetzen nach der Einführung durch das BMVBS die Regelungen von [2] und [3].

Die Prüfung der Dauerhaftigkeit von AGS nach [3] bzw. zukünftig nach [5] ist eine Kombination aus den Prüfungen Freibewitterung und Funktionalität, d. h., nach einer Freibewitterung der Prüfkörper von bis zu einem Jahr werden die Farbentfernungsprüfungen durchgeführt.

Die Graffitiprofylaxeschichten von permanenten AGS haben im Gegensatz zu den Graffitiprofylaxeschichten der temporären und semipermanenten AGS eine wesentlich höhere Beständigkeit gegen chemische Einflüsse und Witterungseinflüsse. Deshalb wurde in den ZTV-ING, Teil 3, Abschnitt 2, Nr. 7.5 die Verjährungsfrist für Mängelansprüche der permanenten AGS auf zwei Jahre festgelegt. Bei den temporären und semipermanenten AGS entspricht die Verjährungsfrist für Mängelansprüche der Freibewitterungszeit im Rahmen der Zulassungsprüfungen von einem Jahr. Gesicherte Erkenntnisse zur Funktionalität von AGS über die genannten Zeiträume hinaus waren bisher nicht bekannt.

Im Rahmen des Projektes sollte die Dauerhaftigkeit von permanenten AGS an langfristig ausgelagerten Prüfplatten aus Beton beurteilt werden. Das

Projekt ist ein Folgeprojekt von AP-Projekt 03 213 „Untersuchungen zur Dauerhaftigkeit von permanenten Anti-Graffiti-Systemen“, bei dem die Dauerhaftigkeit an bis zu 22 Monaten ausgelagerten Prüfplatten beurteilt wurde. Das Folgeprojekt beinhaltet die Bewertungen der Dauerhaftigkeit an 5 Jahre ausgelagerten Prüfplatten. Die Untersuchungen sollten klären, ob höhere Dauerhaftigkeitsanforderungen für permanente AGS gestellt werden können. Ferner sollte damit die Frage beantwortet werden, ob eine Angleichung an die gemäß [1] üblichen 5 Jahre für die Verjährungsfrist für Mängelansprüche möglich ist.

[1] enthält in Teil 3, Abschnitt 4 Regelungen für Oberflächenschutzsysteme (OS) zum Schutz von Betonbauteilen. Für OS waren in der Vergangenheit die erforderlichen Prüfungen zum Nachweis der Dauerhaftigkeit in den Technischen Lieferbedingungen (TL OS) [6] und Technischen Prüfvorschriften für Oberflächenschutzsysteme (TP OS) [7] maßgebend. Diese Regelungen wurden zwischenzeitlich durch DIN EN 1504 [8] in Verbindung mit DIN V 18026 [9] und ZTV-ING [1], T3 A4 abgelöst.

Die Ergebnisse dieses Projektes fließen in das Projekt F1100.2106008 „Erarbeitung der TL/TP AGS – Oberflächenschutzsysteme und Mauerwerk“ ein.

Die auf der Grundlage eines Mandats der Europäischen Kommission erarbeitete Normenreihe EN 1504 „Produkte und Systeme für den Schutz und die Instandsetzung von Betontragwerken – Definitionen, Anforderungen, Qualitätsüberwachung und Beurteilung der Konformität“ regelt keine AGS, sodass nationale Regelungen weiterhin erforderlich sind.

## 2 Grundlagen für die Untersuchungen

### 2.1 Anti-Graffiti-Systeme

Die Untersuchungen zur Dauerhaftigkeit von permanenten AGS haben im Rahmen des Vorgängerprojektes AP 03213 im März 2003 begonnen. Alle fünf AGS, die zu diesem Zeitpunkt im „Verzeichnis der geprüften AGS für die Anwendung auf Betonflächen an Bauwerken und Bauteilen der Bundesverkehrswege“ geführt wurden, wurden in die Untersuchungen einbezogen.

Ergänzt wurden die fünf bereits zugelassenen Systeme durch ein AGS, welches sich beim Beginn der Untersuchungen im Zulassungsverfahren befand und im März 2004 in das Verzeichnis aufgenommen werden konnte.

In den TL AGS [5] gibt es anstelle der bisherigen Unterscheidung in temporäre, semipermanente und permanente AGS nur noch zwei AGS-Gruppen. Die permanenten AGS bilden die Gruppe AGS. Die temporären und semipermanenten AGS werden zur Gruppe AGS 2 zusammengefasst, da eine Unterscheidung für die Anwendung im Bundesfernstraßenbereich nicht notwendig ist.

Bei den permanenten AGS sind neben den klassischen schichtbildenden Prophylaxeschichten vermehrt nichtschichtbildende Prophylaxeschichten entwickelt worden. Um dieser Entwicklung gerecht zu werden, erfolgt in [5] eine Unterteilung der Gruppe AGS 1 in AGS 1-1 für Systeme, bei denen die applizierte Prophylaxe schichtbildend ist und in AGS 1-2 für Systeme, bei denen die applizierte Prophylaxe nicht schichtbildend ist.

Für die folgenden Betrachtungen sind die Hersteller bzw. die AGS verschlüsselt worden, d. h., es werden die Bezeichnungen AGS I bis AGS VI verwendet.

Die ausgesuchten AGS wurden der BAST von den Herstellern in Kleinstgebinden zur Verfügung gestellt.

## 2.2 Prüfplatten

Die Prüfplatten aus Beton mit den Maßen 30 cm x 30 cm x 8 cm wurden den Beständen der BAST entnommen. Diese Platten wurden im Zeitraum Mai/Juni 2001 aus Beton B 25 nach der damals gültigen ZTV-K [10] mit folgender Zusammensetzung bzw. folgenden Eigenschaften hergestellt:

- Zement 370 kg CEM III A 32,5,
- Zuschlag Sand und Kies, Sieblinie AB 32,
- Zusatzmittel 0,3 % BV,
- Wasserzementwert 0,47,
- Konsistenz KP.

Da nur ein begrenztes Kontingent dieser Platten zur Verfügung stand, wurden für ein AGS zusätzlich Gehwegplatten nach DIN 485 [11] mit den Abmessungen 30 cm x 30 cm x 4 cm verwendet (siehe Kapitel 3.2).

## 2.3 Farbmittel

Bei der Wahl der Farbmittel für die Untersuchungen wurde sich angelehnt an [3]. Die gängigen Bindemittelarten für Spraydosen-Farbmittel wie Acrylharze, Alkydharze und Nitrozellulose wurden durch die Auswahl abgedeckt. Damit diese Farbmittel in [5] auch als Prüffarbmittel verankert werden konnten, wurde zudem darauf geachtet, dass diese bundesweit beschafft werden können (z. B. Baumärkte, Autozubehör). Folgende Farbmittel wurden verwendet:

- Auto K Opel, Saphirblau (ATU), Nitrokombinationalack ((Alkydharz/Nitrozellulose),
- Classic Leuchteffektlack, Signalrot (OBI), Acrylharz,
- Sprühlack Bronze, Silber (Hagebau), Acrylharz,
- Sprühlack Seidenmatt, Feuerrot (Hagebau), Nitrokombinationalack (Alkydharz/Nitrozellulose),
- edding 800, Blau.

## 2.4 Farbmessungen

Im Rahmen der Untersuchungen sollte eine Erfassung der infolge der Applikation von Graffiti prophylaxen und der Bewitterung der Graffiti prophylaxen hervorgerufenen Farbänderungen erfolgen und bewertet werden. Farben können in dem von der Commission Internationale de l'Eclairage (CIE) entwickelten Farbraum (Bild 1) dargestellt werden. Der Farbraum ist durch die Helligkeit  $L^*$  und die Farbkordinaten  $a^*$  und  $b^*$  gekennzeichnet.

Die Werte  $L^*$ ,  $a^*$  und  $b^*$  können messtechnisch mit einem Spektrofotometer erfasst werden. Ein Spektrofotometer misst durch das Beleuchten der Messfläche über das gesamte Spektrum des sichtbaren Lichtes die Remissionswerte. Dadurch kann der genaue Farbort der Farbe definiert und Farbabweichungen von einem Messpunkt zum nächsten berechnet werden.

Die „graue“ Farbe des Betons wird den so genannten unbunten Körperfarben zugerechnet, für die nach DIN 6174 [12] eine Aufspaltung des Farbabstandes  $\Delta E^*_{ab}$  in  $\Delta a^*$  (Rot-Grün-Buntheit),  $\Delta b^*$  (Gelb-Blau-Buntheit) und  $\Delta L^*$  (Helligkeit) zur Erfassung der Farbänderung sinnvoll ist.

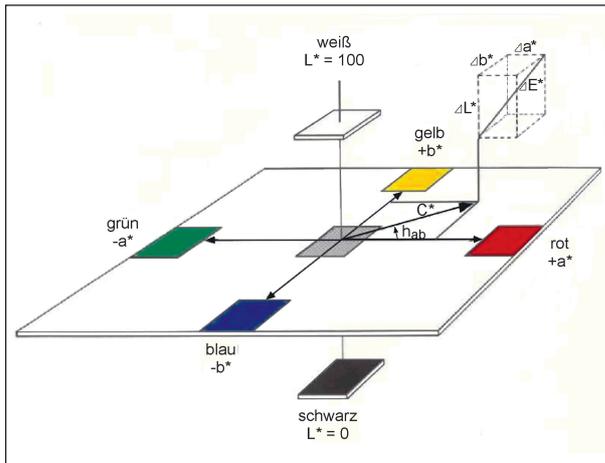


Bild 1: CIELAB-Farbenraum

Die Messungen wurden mit dem BAST-eigenen Messgerät MiniScan XE Plus des Herstellers HunterLab durchgeführt. Auf Tastendruck werden die Werte  $L^*$ ,  $a^*$  und  $b^*$  geliefert.

## 2.5 Bewitterung der Prüfplatten

Die Freibewitterung der mit den Graffiti prophylaxen behandelten Prüfplatten erfolgt nach DIN EN ISO 2810 [13]. Auf einem Gestell wurden die Prüfplatten in senkrechter Lage und nach Süden gerichtet auf dem Freigelände der BAST (Bild 2) ausgelagert.



Bild 2: Freibewitterungsstand

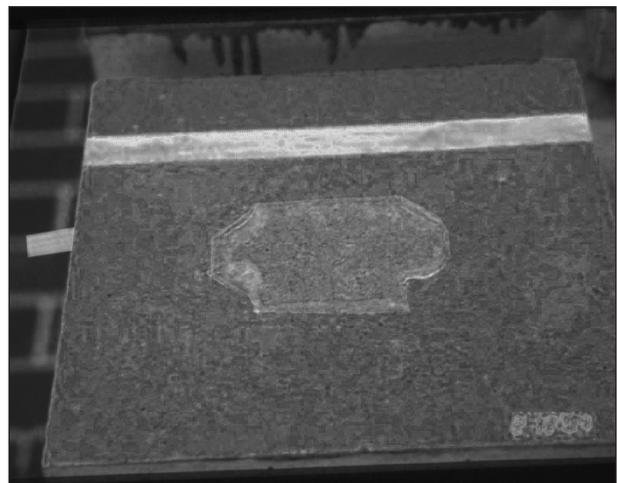


Bild 3: Probekörper mit applizierter Graffiti prophylaxe

## 3 Dauerhaftigkeit von AGS

### 3.1 Allgemeines

Die Prüfung der Dauerhaftigkeit von permanenten AGS ist eine kombinierte Prüfung aus der Freibewitterung und aus der Prüfung der Funktionalität. Für die Untersuchungen wurden je AGS 3 Prüfkörper aus Beton gem. Kapitel 2.2 verwendet.

### 3.2 Applikation der Graffiti-Prophylaxen

Die Applikation der Graffiti prophylaxen auf die Betonprüfplatten erfolgte unter Laborbedingungen, wobei sich die Prüfplatten in senkrechter Lage befanden. Vor Applikation der Graffiti prophylaxe wurden die zu behandelnden Flächen mit einer Bürste von losen Teilen gesäubert. Die Hersteller der untersuchten AGS geben Werte für die maximal zulässige Betonfeuchtigkeit vor Applikation der

Graffiti prophylaxe zwischen 3 und 5 % an. Zum Zeitpunkt der Applikation wiesen die Prüfplatten aus Beton eine Betonfeuchtigkeit von 1,2 % auf. Die Messungen erfolgten mit dem Feuchtigkeitsprüfer HM 530 der Firma Kett.

Entsprechend den Empfehlungen nach [2] kann der Graffiti schutz bei Bauwerken auf eine Höhe von ca. 3 m beschränkt werden. Der Übergang von einer gegen Graffiti geschützten Fläche zu einer ungeschützten Fläche wird bei den Prüfplatten aus Beton durch einen nicht behandelten Streifen von 8 cm Breite simuliert.

Die Angaben zur Applikation wurden der jeweiligen Arbeitsanweisung entnommen, wobei die Applikationsmenge der Grundierungen stark von der Oberflächendichte der Prüfplatten abhängig ist. Die Applikationen wurden mit Hilfe einer Schaumstoffrolle durchgeführt.

Die Auftragsmengen der nachfolgend aufgeführten Graffiti prophylaxeprodukte sind in Tabelle 1 aufgeführt.

AGS	Platte	Grundierung		hauptsächlicher Graffitischutz			
		Ist [g/m <sup>2</sup> ]	Soll [g/m <sup>2</sup> ]	1. Lage Ist [g/m <sup>2</sup> ]	2. Lage Ist [g/m <sup>2</sup> ]	Gesamt Ist [g/m <sup>2</sup> ]	Gesamt Soll [g/m <sup>2</sup> ]
I	1			251		251	100
	2			199		199	100
	3			210		210	100
II	1	982	800	244	241	485	450
	2	1.047	800	235	292	527	450
	3	909	800	243	283	526	450
III	1	821	580	426	530	956	615
	2	823	580	338	482	820	615
	3	868	580	371	453	824	615
IV	1	364	125		141	141	105
	2	333	125		142	142	105
	3	417	125		161	161	105
V	1	321	580	195	227	422	400
	2	297	580	242	188	430	400
	3	280	580	255	202	457	400
VI	1	–*	200	165	206	371	280
	2	–*	200	195	188	383	280
	3	–*	200	232	200	432	280

\* vorgesehene Grundierung nicht im Lieferumfang des Herstellers enthalten

Tab. 1: Applikationsmengen der Graffitiprofylaxen

- AGS I

Die Graffitiprofylaxe wurde durch die einmalige Applikation der mehrkomponentigen lösemittelfreien Siliconverbindung ohne Schichtbildung erreicht. Die Anlieferung der von dem AGS-Hersteller zur Verfügung gestellten Kleingebinde erfolgte in Paketform auf dem Postwege. Beim Öffnen des Paketes zeigte sich, dass das Gebinde einer Komponente eine Undichtigkeit aufwies, aber nur wenig Material ausgelaufen war. Obwohl das durch die Gebindeinhalte vorgegebene Mischungsverhältnis nicht mehr sichergestellt werden konnte, wurden die beiden Reste der beiden Komponenten gemischt und aufgetragen. Dadurch konnte eine Aussage zur Empfindlichkeit des AGS gegenüber Abweichungen des durch den Hersteller vorgesehenen Mischungsverhältnisses erwar-

tet werden (siehe Kapitel 3.4.4). Zusätzlich wurden nachgelieferte Materialien mit vorgesehener Mischungsverhältnis auf Gehwegplatten 30 cm x 30 cm x 4 cm appliziert. Die Gehwegplatten wurden gewählt, da der Vorrat an Betonprüfkörpern 30 cm x 30 cm x 8 cm aufgebraucht war. Gehwegplatten sind bereits in [3] als Probekörper vorgesehen. Eine Beeinflussung der Funktionalitätsprüfung ist dadurch nicht zu erwarten.

- AGS II

Zunächst wurde die Hydrophobierung aufgetragen. Nach einer Wartezeit von 2 Stunden erfolgte der Auftrag der 1. Lage des 2-komponentigen Silan-Siloxan-Produktes. Nach einer weiteren Wartezeit von 49 Stunden wurde die 2. Lage der Prophylaxeschicht aufgetragen.

AGS	Platte	Farbmesswerte vor Applikation			Farbmesswerte nach Applikation			Differenz		
		L*	a*	b*	L*	a*	b*	$\Delta L^*$	$\Delta a^*$	$\Delta b^*$
I	1	77,4	0,7	7,3	73,9	0,8	8,1	-3,5	0,1	0,8
	2	77,1	0,7	7,4	73,5	1,0	8,1	-3,6	0,3	0,7
	3	76,5	1,0	7,4	73,0	1,2	8,2	-3,5	0,2	0,8
II	1	74,0	0,8	7,7	64,6	2,0	9,2	-9,4	1,2	1,5
	2	75,2	0,8	7,6	65,6	2,0	10,3	-9,6	1,2	2,7
	3	74,8	1,0	8,2	65,6	2,1	10,6	-9,2	1,1	2,4
III	1	75,5	0,9	8,1	60,3	2,7	14,6	-15,2	1,8	6,5
	2	75,7	0,8	7,7	60,2	2,6	1,3	-15,5	1,8	-6,4
	3	74,5	1,0	8,0	56,7	3,3	15,1	-17,8	2,3	7,1
IV	1	63,2	-0,1	6,6	60,9	-0,1	7,3	-2,3	0,0	0,7
	2	62,7	0,1	6,7	60,0	0,0	7,3	-2,7	-0,1	0,6
	3	63,2	-0,2	5,9	61,2	0,3	5,6	-2,0	0,5	-0,3
V	1	62,3	-0,1	6,7	60,6	0,3	9,0	-1,7	0,4	2,3
	2	62,2	-0,1	7,0	60,6	0,3	9,1	-1,6	0,4	2,1
	3	62,6	0,1	7,5	61,02	0,1	9,0	-1,4	0,0	1,5
VI	1	62,8	0,1	7,1	32,1	0,8	7,5	-30,7	0,7	0,4
	2	62,5	-0,2	6,2	34,8	0,5	5,3	-27,7	0,7	-0,9
	3	62,1	0,1	7,4	32,5	0,7	6,7	-29,6	0,6	-0,7

Tab. 2: Farbmesswertdifferenzen infolge der Applikation der Graffiti prophylaxen

- AGS III

Die zuerst aufgetragene Grundierung besteht aus einem wässrigen Reinacrylat. Nach einer Wartezeit von 6 Stunden wurde die 1. Lage und nach einer weiteren Wartezeit von 48 Stunden die 2. Lage des lösemittelhaltigem 2K Polyurethans aufgetragen.

- AGS IV

Nach dem Auftrag der Grundierung aus einer lösemittelfreien Reinacrylat-/PTFE-/Siliconat-Emulsion, ist entsprechend dem Systemaufbau der Auftrag einer Zwischenschicht aus einem lösemittelfreien Polyurethan vorgesehen. Dieses Produkt wurde vom Hersteller nicht zur Verfügung gestellt, sodass nach einer Wartezeit von 4 Stunden das Produkt für die planmäßige dritte Schicht, einem 2K lösemittelbasierten Polyurethan, aufgetragen wurde.

- AGS V

Nach dem Auftrag des wasserbasierten Voranstrichs wurde nach einer Wartezeit von 5 Stunden die 1. Lage des lösemittelhaltigen 2K Polyurethans aufgetragen. Die 2. Lage wurde nach einer Wartezeit von weiteren 17 Stunden aufgetragen.

- AGS VI

Der als Grundierung vorgesehene PU-Primer war nicht im Lieferumfang des Herstellers enthalten. Damit dennoch Erfahrungen mit dem Verzicht von Grundierungen bei schichtbildenden Prophylaxeschichten gesammelt werden können, wurde die 1. Lage der lösemittelbasierten Polyurethanvariante ohne eine Grundierung auf die Prüfplatten aufgetragen. Die 2. Lage wurde nach einer Wartezeit von 25 Stunden aufgetragen.

Damit evtl. Auswirkungen auf die Prophylaxeschichten durch eine rückwärtige Durchfeuchtung während der Auslagerung der Prüfplatten vermieden werden kann, wurden die Seitenflächen sowie die Rückseite im Anschluss an das Auftragen der Prophylaxeschichten mit einem Epoxidharz beschichtet.

Zur Bestimmung der Farbänderung der Prüfplatten infolge der Applikation der Graffitiprophylaxen ist vor und nach der Applikation die messtechnische Farbbestimmung durchgeführt worden. In Tabelle 2 sind die Mittelwerte von 5 Messungen je Prüfplatte aufgeführt.

Aufgrund der Unbuntheit von Betonflächen und der Applikation von unpigmentierten Graffitiprophylaxen ist lediglich die Betrachtung der  $L^*$ -Werte als Maß für die Helligkeit sinnvoll.

Bei allen 6 AGS ist festzustellen, dass die Applikation der Graffitiprophylaxen eine Reduzierung der  $L^*$ -Werte nach sich zieht, d. h., dass nach der Applikation der Graffitiprophylaxen die Betonplatten dunkler erscheinen. Damit ein AGS in das „Verzeichnis der geprüften AGS“ aufgenommen werden kann, ist die Einhaltung eines Grenzwert von  $\Delta L^* = |20|$  erforderlich. Die AGS I bis AGS V erfüllen diese Anforderung. Bei den AGS I ( $\Delta L^* = -3,5$  bis  $-3,6$ ), AGS IV ( $\Delta L^* = -2,0$  bis  $-2,7$ ) und AGS V ( $\Delta L^* = -1,4$  bis  $-1,7$ ) fällt die Verdunkelung gering aus. Bei den AGS II ( $\Delta L^* = -9,2$  bis  $-9,6$ ) und AGS III ( $\Delta L^* = -15,2$  bis  $-17,8$ ) ist eine starke Verdunkelung festzustellen, die auch visuell sehr stark wahrnehmbar ist. Die überaus starke Verdunkelung bei AGS VI ( $\Delta L^* = -27,7$  bis  $-30,7$ ) ist auf die fehlende Grundierung zurückzuführen. Um dieses Phänomen auszuschließen, ist dieses AGS also, wie im Verzeichnis geführt, mit Grundierung auszuführen.

### 3.3 Freibewitterung

Nach der Applikation der Graffitiprophylaxen wurden die Prüfplatten der AGS I, II und III nach einer Trockenzeit von 10 Tagen sowie die Prüfplatten der AGS IV, V und VI nach einer Trockenzeit von 2 Tagen der Freibewitterung ausgesetzt.

Der Einfluss der Freibewitterung auf die „Farbe“ wurde durch eine Messung nach 1 Jahr und eine Messung nach 5 Jahren erfasst.

Die Differenzen zwischen den Farbmesswerten der bewitterten und der unbewitterten Prüfkörper dient als Bewertung für die „Farbstabilität“. Für diese Be-

AGS I	12. Dezember 2003
AGS II	12. Dezember 2003
AGS III	12. Dezember 2003
AGS IV	17. März 2004
AGS V	17. März 2004
AGS VI	17. März 2004

Tab. 3: Beginn der Freibewitterung

wertung wurde jeweils nur die Prüfplatte herangezogen, mit der keine Funktionalitätsprüfungen nach Kapitel 3.4 durchgeführt wurden.

Bei dem AGS I ist nach einjähriger Freibewitterung ein leichter Anstieg der Helligkeit ( $\Delta L^* = 0,3$ ) und nach fünfjähriger Freibewitterung eine Verdunkelung ( $\Delta L^* = -4,4$ ) im Vergleich zu der Helligkeit des unbewitterten Probekörpers festzustellen. AGS II zeigt ein gegensätzliches Verhalten und wird nach einjähriger Freibewitterung leicht dunkler ( $\Delta L^* = -0,3$ ) und nach fünfjähriger Freibewitterung zeigt sich ein Anstieg der Helligkeit ( $\Delta L^* = 5,5$ ). AGS III tendiert konstant zum leichten Verdunkeln ( $\Delta L^* = -0,9/\Delta L^* = -3,5$ ). Eine vergleichbare Tendenz weist AGS IV auf ( $\Delta L^* = -1,8/\Delta L^* = -3,0$ ). Bei dem AGS V ist gegenüber der unbewitterten Prüfplatte nach der einjährigen Freibewitterung eine weitere Verdunkelung von  $\Delta L^* = -4,1$  festzustellen. Die Messung nach fünfjähriger Bewitterung wurde nicht mehr durchgeführt, weil das System zwischenzeitlich Blasenbildungen/Abplatzungen aufgewiesen hat. AGS VI zeigt nach einem Jahr Freibewitterung eine Aufhellung ( $\Delta L^* = 6,8$ ). Diese verstärkt sich nach fünf Jahren Freibewitterung ( $\Delta L^* = 12,7$ ).

Die Differenzen der Farbmesswerte für die Rot-Grün-Buntheit  $\Delta a^*$  und Gelb-Blau-Buntheit  $\Delta b^*$  zeigten lediglich bei AGS IV Auffälligkeiten. Dort beträgt die Differenz  $\Delta b^* = 8,5$  nach einjähriger Freibewitterung und  $\Delta b^* = 2,2$  nach fünfjähriger Freibewitterung. Dies bedeutet eine Zunahme der Buntheit „Gelb“ bzw. ist als beginnende Vergilbung der Graffitiprophylaxeschicht zu werten.

Die visuelle Bewertung der Graffitiprophylaxe nach Freibewitterung erfolgte in Anlehnung an die Bewertung von OS gemäß [6], Tabelle 4. Die dort aufgeführten Anforderungen lauten:

- keine Ablösungen,
- keine Risse,
- Blasengrad nach DIN 53209:  $m_0/g_0$ .

AGS	Platte	nach Applikation			Farbmesswerte nach 12-monatiger Freibewitterung			Differenz		
		L*	a*	b*	L*(1)	a*(1)	b*(1)	$\Delta L^*$	a*	b*
I	1	73,9	0,8	8,1	74,2	0,9	7,9	0,3	0,1	-0,2
II	1	64,6	2,0	9,2	64,3	2,1	7,7	-0,3	0,1	-1,5
III	1	60,3	2,7	14,6	59,4	2,4	14,1	-0,9	-0,3	-0,5
IV	3	61,2	0,3	5,6	59,4	2,4	14,1	-1,8	2,1	8,5
V	1	60,6	0,3	9,0	56,5	1,2	10,2	-4,1	0,9	1,2
VI	2	34,8	0,5	5,3	41,6	0,6	6,8	6,8	0,1	1,5

Tab. 4: Differenzen der Farbmesswerte aufgrund einjähriger Freibewitterung

AGS	Platte	nach Applikation			Farbmesswerte nach 60-monatiger Freibewitterung			Differenz		
		L*	a*	b*	L*(1)	a*(1)	b*(1)	$\Delta L^*$	a*	b*
I	1	73,9	0,8	8,1	69,5	1	7,4	-4,4	0,2	-0,7
II	1	64,6	2,0	9,2	70,1	1,1	6,1	5,5	-0,9	-3,1
III	1	60,3	2,7	14,6	56,8	2,2	16,8	-3,5	-0,5	2,2
IV	3	61,2	0,3	5,6	58,2	0,1	7,8	-3,0	-0,2	2,2
V	1	60,6	0,3	9,0	Prophylaxeschicht abgelöst					
VI	2	34,8	0,5	5,3	47,5	0,4	7,9	12,7	-0,1	2,6

Tab. 5: Differenzen der Farbmesswerte aufgrund fünfjähriger Freibewitterung

Diese Bewertung wurde bei den schichtbildenden Graffiti-Phylaxen der AGS II bis VI durchgeführt. Die Graffiti-Phylaxe von AGS I bildet nach der Applikation auf der Prüfplatte keine Schicht aus, sodass diese Bewertung entfallen konnte.

AGS II, III und VI zeigten nach der fünfjährigen Freibewitterung keine Ablösungen, keine Risse und den geforderten Blasengrad  $m_0/g_0$ .

Bei AGS IV zeigte die Platte, bei der keine Funktionalität nach Kapitel 3.4 geprüft wurde, Ablösungen im Übergang vom beschichteten zum nicht beschichteten Bereich. Die Prüfplatten, bei denen die Prüfung der Funktionalität durchgeführt wurde, wiesen mehrere Ablösungen mit Einzelflächen bis zu 2 cm<sup>2</sup> auf. Weiterhin wurden dort mehrere Risse bis ca. 2 cm Länge in der Beschichtung festgestellt. Ursache dafür könnte die fehlende Zwischenbeschichtung sein (siehe Kapitel 3.2).

AGS V zeigt bereits nach 12 Monaten Ablösungen im Übergang vom beschichteten zum nicht beschichteten Bereich. Diese Ablösungen weiteten



Bild 4: Ablösungen AGS V

sich aus, sodass nach 28 Monaten die Funktionalitätsuntersuchungen aufgrund fehlender „Schutzschicht“ nicht weiter fortgeführt wurden.

Die Anforderungen an die Beschichtungen nach 5 Jahren Freibewitterung wurden somit von drei AGS erfüllt.

### 3.4 Funktionalität

#### 3.4.1 Allgemeines

Die Prüfung und Bewertung der Funktionalität erfolgten zunächst in Anlehnung an [3]. Nachdem die TL/TP AGS [4, 5] erarbeitet waren, wurden diese ab August 2006 für die Bewertung herangezogen. Die Zeitabstände zwischen den Reinigungszyklen sind auf vier Monate festgelegt worden. Die Prüfung der Funktionalität erfolgte am Ort der Freibewitterung und wurde an zwei Prüfplatten je AGS durchgeführt. Die dritte Prüfplatte wurde als Vergleichsplatte bei der Bewertung der Reinigungsergebnisse herangezogen. Es wurde die Funktionalität von Festfeldern und Wechselfeldern untersucht, d. h. Felder, bei denen die aufgebrauchte Farbe bei jedem Reinigungszyklus gleich bleibt, und Felder, bei denen die Farbe bei jedem Reinigungszyklus wechselt.

#### 3.4.2 Auftrag der Farbmittel

Die fünf Farbmittel gemäß Kapitel 2.3 wurden mit Hilfe von Schablonen aufgebracht (einfach deckend). Eine Vorbereitung/Reinigung der gegen Graffiti geschützten Flächen erfolgte vor dem Farbmittelauftrag nicht. Der Durchmesser der Farbfelder betrug jeweils 5 cm.

#### 3.4.3 Farbmittelentfernung

Die Farbmittelentfernung erfolgte jeweils 14 Tage nach dem Farbmittelauftrag. Bei den gelartigen Reinigern der AGS II, III, IV und VI erfolgte der Auftrag auf die Farbfelder mit einem Pinsel. Der Auftrag des flüssigen Reinigers von AGS I erfolgte mit einer Schaumstoffrolle. Der flüssige Reiniger des AGS V wurde in einer Sprühflasche geliefert und somit aufgesprüht. Nach einer Einwirkzeit von 10 Minuten wurden die Reiniger mit den gelösten Farben durch saugende Papiertücher entfernt. Diese Prozedur wurde ein zweites Mal durchgeführt. Daran anschließend wurde die Prüfplatte mit Wasser und einem Schwamm abgewaschen.

Bei der praktischen Durchführung von Graffitientfernungen werden häufig nicht systemzugehörige Reiniger verwendet. Um dieser Situation gerecht zu werden, wurde ab Dezember 2005 für alle AGS ein einheitlicher flüssiger Reiniger verwendet. Dieses Reinigungsprozedere wurde beibehalten.

#### 3.4.4 Bewertung der Reinigungsergebnisse bis August 2006

Die Reinigungsergebnisse wurden bis einschließlich des Reinigungszyklus im April/Mai 2006 in Anlehnung an [3] bewertet. Die Bewertung richtete sich dabei nach visuellen Gesichtspunkten, d. h., nach Inaugenscheinnahme erfolgte für jede Farbfeldfläche die Zuordnung der Kennzahlen (KZ) von 0 (vollständige Entfernung der Farbmittel) bis 5 (kein Reinigungserfolg) gemäß Tabelle 6. Im Gegensatz zu der Bewertung nach [3] wurde hier auf die Verwendung einer Lupe verzichtet und lediglich die Bewertung bei einem Leseabstand von etwa 30 cm vorgenommen.

Aus den einzelnen Kennzahlen ( $KZ_{\text{Farbe } i} = 1$  bis  $KZ_{\text{Farbe } i} = 5$ ) wurde der Funktionalitätsparameter C mit der Formel

$$C = 4 \times \sum (5 - KZ_{\text{Farbe } (i)})$$

bestimmt.

Der Funktionalitätsparameter kann maximal den Wert 100 erreichen. Dem ermittelten Funktionalitäts-

Kennzahl	Beschreibung der Reinigungsergebnisse
0	vollständige Entfernung der Farbmittel (100 %)
0,5	vereinzelt kleine punktförmige Farbrückstände
1	punktförmige Farbrückstände; bei Filzstiften blasser Schatten
1,5	einzelner flächenförmiger Farbrückstand (Reinigung > 90 %)
2	flächenförmiger Farbrückstand; bei Filzstiften umrissener Schatten
3	deutliche Erkennbarkeit der Farbmuster; farbiger Umriss deutlich erkennbar (Reinigung 30-70 %)
4	geringe Beeinflussung der Oberfläche durch den Reinigungsprozess (Reinigung < 30 %)
5	keine Reinigung

Tab. 6: Bewerten von Reinigungsergebnissen nach [3]

C	verbale Bewertung
< 70	nicht bestanden
≥ 70	bestanden
≥ 75	mit gutem Ergebnis bestanden
≥ 80	mit sehr gutem Ergebnis bestanden
≥ 90	mit ausgezeichnetem Ergebnis bestanden

Tab. 7: Verbale Bewertung der Funktionalität

AGS	Reinigungs- zyklen	Wechselfelder					C	Festfelder					C
		WF 1	WF 2	WF 3	WF 4	WF 5		FF 1	FF 2	FF 3	FF 4	FF 5	
I*	1	0,1	0,2	0,1	0	0,1	98	0,2	0	0	0,2	0,8	95,2
	2	0,2	0,1	0	0	0,1	98,4	0,2	0	0	0,2	0,8	95,2
	3	0,1	0	0	0,1	0,2	98	0,2	0	0	1,5	0,8	90
	4	0	0	0,1	0,2	0,1	98,4	0,2	0	0	0,3	0,8	94,8
	5	0	0,1	0,2	0,1	0	98,4	0,2	0	0	0,3	0,8	94,8
	6	0,2	0,2	0,2	0	0	98	0,3	0	0	0,5	0,2	96
II	1	0,5	1,5	1	1	1	80	1	1,5	1,5	0,5	0,5	80
	2	1,5	0,5	1	0,5	1	82	1,5	0	1,5	0,5	0	86
	3	1,5	0,5	1	1	1	80	1,5	1	1,5	1	0	86
	4	0,4	0,7	0,9	1,3	1,7	80	1,3	1,7	0,4	1,6	0,3	78,8
	5	0,5	1,1	1,1	0,8	0,9	82,4	1,5	0	0	1,5	0,3	86,8
	6	1	1,1	0,8	0,9	0,5	82,8	1,3	0	0	1,5	0,3	87,6
	7	1,5	1,3	1,5	1,3	1,5	71,6	1,8	1	1	1,8	1	74
III	1	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	100
	2	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	100
	3	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	100
	4	0,1	0,4	0	0,6	0,7	92,8	0,2	0	0,2	0,1	0,9	94,4
	5	0	0	0,1	0	0	99,6	0	0,1	0	0,1	0	99,2
	6	0	0,1	0,1	0	0,1	98,8	0,1	0	0	0	0	99,6
	7	0,2	0	0	0	0,2	98	0,2	0	0,2	0	0	98
IV	1	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	100
	2	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	100
	3	1,3	0,1	0,3	0,8	0	90	0,2	0,1	0,7	0,3	1,2	90
	4	1,3	1	1	1,3	0,6	79,2	1,3	1	1,1	1	1,2	77,6
	5	0	0	0	0	0,1	99,6	0	0	0	0	0	100
	6	0	0	0	0,2	0	99,2	0	0	0	0	0,2	99,2
V	1	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	100
	2	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	100
	3	0,5	0,4	1,2	0,3	0,6	88	0,8	0,9	0,6	0	0,3	90
	4	0	0	0	0,1	0	99,6	0	0	0	0	0	100
	5	0	0	0,1	0	0	99,6	0	0	0	0	0	100
	6	0	0,3	0	0,2	0	98	0,2	0,3	0	0	0	98
VI	1	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	100
	2	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	100
	3	0,3	1,4	0,1	0,2	0,3	91	0,3	0	0	0	0,3	98
	4	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	100
	5	0	0	0,2	0	0	99,2	0,3	0	0,2	0	0	98
	6	0	0	0	0,2	0	99	0	0,5	0,2	0	0	97

\* Gehwegplatte als Prüfkörper

Tab. 8: Funktionalitätsparameter der Reinigungszyklen bis August 2006 nach [3]

parameter C wird die verbale Bewertung analog [3] zugeordnet (siehe Tabelle 7).

In der Tabelle 8 sind die Funktionalitätsparameter der durchgeführten Reinigungszyklen aufgeführt. Die aufgeführten Kennzahlen sind die Mittelwerte aus den Ergebnissen von 2 Prüfplatten, die jeweils von mindestens 3 Personen bewertet wurden. Für die Aufnahme in das „Verzeichnis der geprüften AGS“ fordert [2] einen Parameter C > 70 bei 10 Reinigungszyklen, was der Verbalbewertung „mit gutem Ergebnis bestanden“ entspricht.

Für das AGS I konnte bei den Betonprüfkörpern schon beim 1. Reinigungszyklus kein nennenswertes Reinigungsergebnis festgestellt werden. Auf die Fortführung der Untersuchung der Funktionalität wurde deshalb verzichtet. Die Ursache wird in den angelieferten undichten Kleingebinden gesehen (Kapitel 3.2), wodurch die Einhaltung des Mischungsverhältnisses nicht mehr sichergestellt werden konnte. Bei den Gehwegplatten wurde der Funktionalitätsparameter C bei den 6 Zyklen sowohl bei den Festfeldern als auch bei den Wechselfeldern stets mit  $\geq 90$  ermittelt, was der Verbalbeschreibung „mit ausgezeichnetem Ergebnis bestanden“ entspricht.

Bei dem AGS II zeigen die Ergebnisse der ersten Reinigungszyklen bei den Wechsel- und Festfeldern einen Funktionalitätsparameter  $80 \leq C \leq 90$  (mit sehr gutem Ergebnis bestanden). Bis zum 7. Reinigungszyklus wurde ein Absinken des Parameters auf  $70 \leq C \leq 80$  mit der Verbalbewertung „bestanden“ festgestellt.

Die Funktionalitätsparameter bei den AGS III, IV, V und VI liegen bei den ersten Zyklen bei den Wechsel- und Festfelder bei dem Maximalwert C = 100 und sinken bis zum 6. bzw. 7. Zyklus nur unwesentlich ab, sodass diesem Ergebnis die Verbalbewertung „mit ausgezeichnetem Ergebnis bestanden“ zugeordnet werden kann.

Alle AGS erfüllen nach 6 bzw. 7 Reinigungszyklen – entsprechend einer Freibewitterungszeit von 24 bzw. 28 Monaten – die Anforderung C > 70 an den Funktionalitätsparameter. Wesentliche Unterschiede bei den Ergebnissen von Fest- und Wechselfeldern konnten nicht festgestellt werden.

### 3.4.5 Bewertung der Reinigungsergebnisse ab August 2006

Bei den Reinigungszyklen ab August 2006 erfolgte die Bewertung der Ergebnisse nach [5]. Auch dabei richtet sich das Bewertungssystem nach visuellen Gesichtspunkten und basiert auf DIN EN ISO 4628-1 [14]. Nach Inaugenscheinnahme erfolgt für jede Farbfläche die Zuordnung der Kennzahlen (KZ) von 0 (vollständige Entfernung der Farbmittle) bis 5 (kein Reinigungserfolg). Im Gegensatz zu dem Bewertungssystem nach [3] gibt es nur ganzzahlige Kennzahlen. Zur Unterstützung wurden beispielhafte Reinigungsergebnisse bildlich ergänzt (Bild 5). Auf eine Verbalbeschreibung der Bewertung, wie sie [3] beinhaltet, wurde verzichtet, weil damit dem Charakter einer TL/TP nicht entsprochen wird und wenig Aussagekraft damit verbunden ist.

Vielmehr fordert [4] jetzt für den Nachweis der Funktionalität die Einhaltung von 2 Kriterien. Zunächst muss bei jeder Farbfläche die Funktionalität  $F \leq 3$  sein und als weiteres Kriterium muss die Gesamtfunktionalität der verwendeten 5 Prüffarbmittle  $\sum F \leq 10$  sein.

Dieses Bewertungssystem ist das Ergebnis des „Ringversuches zur Festlegung von Bewertungskriterien für die Funktionalität von Anti-Graffiti-Systeme-

Kennwerte zum Bewerten der Ergebnisse von Farbmittelenentfernungen		
Kennwert	Ergebnis der Farbmittelenentfernung	
	<b>0</b>	keine erkennbaren Farbmittelenrückstände
	<b>1</b>	ausgeprägte Farbmittelenentfernung
	<b>2</b>	sehr deutlich wahrnehmbare Farbmittelenentfernung
	<b>3</b>	deutlich wahrnehmbare Farbmittelenentfernung
	<b>4</b>	gerade wahrnehmbare Farbmittelenentfernung
	<b>5</b>	keine wahrnehmbare Farbmittelenentfernung

Bild 5: Bewerten von Reinigungsergebnissen nach [5]

AGS	Reinigungs- zyklen	Funktionalität Wechselfeld Nr.					F	Funktionalität Festfeld Nr.					F
		1	2	3	4	5		1	2	3	4	5	
I*	7	0,2	0,2	0	0	0,2	0,6	0,3	0	0	0,5	0,8	1,6
	8	0,2	0	0	0,2	0,2	0,6	0,3	0	0	0,5	0,8	1,6
	9	0	0	0,2	0,2	0,2	0,6	0,2	0	0	0,5	0,5	1,2
	10	0,2	0,2	0,2	0,7	0	1,3	0,3	0	0,5	0,5	1,2	2,5
	11	0,7	1,7	2,7	1,3	0	6,4	0	0	2	1	2,8	5,8
	12	1	2,5	1,3	0	1	5,8	0	0	2,5	1	2,8	6,3
	13	2,3	1,3	0	1	1,4	6	0	0	2,9	1	2,5	6,4
	14	1,1	0	1,1	2,8	2,3	7,3	0	0	2	1	2	5
	15	0,5	1,8	1,3	0,2	0,5	4,3	0,5	1,2	0,8	0,5	1,2	4,2
II	8	1,3	1,5	1,3	1,5	1,5	7,1	2	1,2	1	1,8	1	7
	9	1,5	1,3	1,5	1,7	1,3	7,3	1,8	1	1	1,8	1,3	6,9
	10	1,3	1,7	1,5	2	1,5	8	1,8	1,5	1	1,8	1	7,1
	11	1,8	2,2	1,8	2	1,3	9,1	2,2	1	1	2,2	1,3	7,7
	12	2,3	3	2,7	3	2,3	13,3***	3	2	2	3	3	13***
	13	3	2,7	3	2,3	2,3	13,3***	3	2	2	3	3	13***
	14	4**	3,8**	3,9**	4,0**	3	18,7***	3,9**	2,3	2,8	4**	3	16***
	15	3,1**	3,5**	4**	3,5**	3,8**	17,9***	3,6**	2,8	3,6**	4**	3,3**	16***
III	8	0	0,3	0,3	0,3	0	0,9	0	0	0	0	0	0
	9	0	0	0	0,2	0	0,2	0,2	0	0	0,3	0	0,5
	10	0	0	0	0	0	0	0	0,3	0,2	0,2	0	0,7
	11	0	0,2	0,2	0	0,2	0,6	0	0	0	0,2	0	0,2
	12	0,2	0	0,2	0	0	0,4	0	0,3	0	0,2	0	0,5
	13	0	0,2	0	0	0,2	0,4	0	0,3	0	0,2	0	0,5
	14	0,4	0	0	0,3	0,3	1	0	0,4	0	0,4	0	0,8
	15	1,1	0	0,3	1,1	1,5	4	0	0,6	0,5	0,9	0,5	2,5
IV	7	0	0	0,2	0	0	0,2	0	0	0	0	0,2	0,2
	8	0	0,2	0	0	0	0,2	0	0	0	0	0,2	0,2
	9	1,2	1	1	1,3	1,2	5,7	1,2	1,2	1	1	0,8	5,2
	10	0	0	0	0	0,2	0,2	0	0	0	0	0,2	0,2
	11	0,5	0,8	1,5	1	0,5	4,3	1,5	0	1,8	0	0,5	3,8
	12	1,3	1,3	1,3	0,4	0,6	4,9	2	0,2	1,5	0	0,5	4,2
	13	1,7	1,4	0,6	0,8	1,4	5,9	1,8	0,3	1,5	0	0,5	4,1
	14	1,3	0	0	1,1	1,3	3,7	1,1	0,4	1,3	0	0,5	3,3
	15	0,8	0,7	0	1	0	2,5	3,2**	2,2	1,8	0,8	0	8
V	7	0,5	0	0,7	0,2	0	1,4	0,2	0,3	0	0	0	0,5
	8	großflächige Ablösung der Prophylaxeschicht						großflächige Ablösung der Prophylaxeschicht					
	9												
	10												
	11												
	12												
	13												
	14												
	15												
VI	7	0	0,3	0	0,3	0,3	0,9	0	0	0,2	0,3	0	0,5
	8	0,2	0,2	0	0,2	0	0,6	0,2	0,2	0,7	0	0,2	1,3
	9	0	0,2	0,3	0,7	0,5	1,7	0,2	0,3	0,2	0,3	0,2	1,2
	10	0,3	0,2	0,2	0,7	0,3	1,7	0,2	0,5	0,3	0,3	0,2	1,5
	11	2,5	1,8	3	2,5	0,8	10,6***	2,5	1,3	2	2,5	2	10,3***
	12	2	3,3**	2,5	1,3	2,8	11,9***	2,5	1	2,3	2,8	2	10,6***
	13	3	2,3	1,4	3	1,8	11,5***	2,8	1,4	2,3	2,4	2,3	11,2***
	14	1,5	0,3	2,3	0,5	2,3	6,9	1,9	0,6	1,3	1,5	1,8	7,1
	15	3,6**	3,6**	3	3	3,6	16,8***	3,3**	3,7**	2,2	3,7**	1,5	14,4***

\* Gehwegplatte als Prüfkörper

\*\* Einzelfarbfächenfunktionalität ≤ 3

\*\*\* Gesamtfunktionalität ≤ 10

Tab. 9: Funktionalität der Reinigungszyklen ab August 2006 nach [4]

men“ [15, 16, 17, 18] mit 4 Prüfinstituten. Insgesamt wurde eine größere Transparenz und Reproduzierbarkeit bei der Bewertung der Funktionalität im Vergleich zu dem System nach [3] erreicht.

In Tabelle 9 sind die Funktionalitäten zusammenfassend aufgeführt.

Bei dem AGS I liegt die Gesamtfunktionalität der Wechsel- und Festfelder von Zyklus 7 bis 15 immer deutlich unter dem Kriterium  $\sum F \leq 10$ . Auch das Kriterium der Einzelfarben  $F \leq 3$  wird eingehalten.

AGS II überschreitet das Kriterium  $\sum F \leq 10$  ab dem 12. Prüfzyklus (36 Monate Freibewitterung) jeweils bei der Betrachtung von Wechsel- und Festfeldern. Das Kriterium für Einzelfarben  $F \leq 3$  wird erstmals beim 14. Prüfzyklus (56 Monate Freibewitterung) bei 2 Fest- und 4 Wechselfeldern überschritten.

AGS III zeigt nach dem 15. Reinigungszyklus bei der Betrachtung der Wechselfelder die Funktionalität  $\sum F = 4$  und bei der Betrachtung der Festfelder die Funktionalität  $\sum F = 2,5$ . Das Kriterium für Einzelfarben  $F \leq 3$  wird ebenfalls deutlich unterschritten.

Beim AGS IV wird nach dem 15. Reinigungszyklus bei den Wechselfeldern  $\sum F = 2,5$  und bei den Festfeldern  $\sum F = 8$  erreicht und damit die Forderung  $\sum F \leq 10$  eingehalten. Bei Betrachtung der Einzelfelder bleibt festzustellen, dass beim 15. Reinigungszyklus ein Feld eine Funktionalität von  $F = 3,2$  aufweist und damit das Grenzkriterium  $F \leq 3$  überschreitet. Dieses Ergebnis wurde erreicht, obwohl die zum System gehörende Zwischenschicht nicht appliziert wurde (siehe Kapitel 3.2). Den Einfluss der fehlenden Zwischenschicht auf die Funktionalität kann hier nicht beurteilt werden.

AGS V zeigt nach beim 7. Reinigungszyklus (28 Monate Freibewitterung) eine Gesamtfunktionalität von  $\sum F = 1,4$  für die Wechselfelder und  $\sum F = 0,5$  für die Festfelder. Die Durchführung von weiteren Reinigungszyklen war nicht möglich, da sich die Prophylaxeschicht großflächig von der Betonplatte abgelöst hat.

Beim AGS VI zeigte sich bei den Prüfzyklen 6 bis 10 ein deutliches Unterschreiten des Grenzkriteriums  $\sum F \leq 10$  (10. Zyklus: Wechselfelder  $\sum F = 1,7$ ; Festfelder  $\sum F = 1,5$ ). Bei der Prüfung nach 44 Monaten Freibewitterung (11. Zyklus) zeigt sich ein starker Abfall der Funktionalität. Die Wechselfelder erreichen eine Funktionalität von  $\sum F = 10,6$  und die Festfelder eine Funktionalität  $\sum F = 10,3$ . Das

Grenzkriterium  $\sum F \leq 10$  wird also überschritten. Bei den Einzelfeldern ist erstmals beim 12. Reinigungszyklus die Überschreitung des Grenzkriteriums  $F \leq 3$  bei einem Wechselfeld ( $F = 3,3$ ) festzustellen. Weitere Überschreitungen sind danach erst beim 15. Reinigungszyklus bei jeweils 3 Fest- und Wechselfeldern ermittelt worden. Beachtet werden sollte, dass die Grundierung als Bestandteil der Prophylaxeschicht nicht appliziert werden konnte (siehe Kapitel 3.2). Der Einfluss der fehlenden Grundierung auf die Funktionalität kann hier nicht beurteilt werden.

Das Ziel, auch nach 5 Jahren Freibewitterung eine Funktionalität aufzuweisen, die den Anforderungen nach [4] entspricht, konnte also nur von 2 AGS erfüllt werden.

## 4 AGS im Vergleich mit OS

### 4.1 Allgemeines

Ausgangspunkt der nachfolgenden Betrachtungen ist der Wunsch von Straßenbauverwaltungen und AGS-Herstellern, die Systeme für den Graffitienschutz und den Oberflächenschutz gemäß ZTV-ING, Teil 3, Abschnitt 4 möglichst in einem System zu vereinen. Der Grund ist vor allem darin zu sehen, dass auf Betonflächen applizierte Oberflächenschutzsysteme einen „optimalen“ Untergrund für die Sprayer darstellen. Eine Entfernung der Graffiti dagegen kann ohne Schädigung des OS nicht sichergestellt werden.

Die Ergebnisse der Dauerhaftigkeitsuntersuchungen von 6 AGS haben aufgezeigt, dass AGS I und AGS III auch nach 15 Reinigungszyklen und nach einer Freibewitterungszeit von 5 Jahren eine sehr gute Funktionalität aufweisen. Diese beiden AGS genügen also den generell in ZTV-ING und damit auch für die OS festgelegten Anforderungen an die fünfjährige Verjährungsfrist für Mängelansprüche.

Die Unterarbeitsgruppe „TL/TP AGS“ der BAST-Arbeitsgruppe 2.3 „Schutz- und Instandsetzung von Betonbauteilen“ wurde mit der Erarbeitung von Regelungen zum Schutz von Oberflächenschutzsystemen nach ZTV-ING, Teil 3, Abschnitt 4 beauftragt. Es wird das Ziel verfolgt, die vorhandenen Regelungen für den Oberflächenschutz und den Graffitienschutz zu verknüpfen. Oberste Priorität hat dabei die Sicherstellung der Eigenschaften an OS. OS kommt eine wesentlich größere Bedeutung für die

Dauerhaftigkeit von Bauwerken zu als AGS. Dem zufolge sollten zunächst die Prüfungen zum Nachweis der Graffiti-schutz-Eigenschaften erfolgen, bevor die Prüfungen zum Nachweis der Oberflächenschutz-Eigenschaften durchgeführt werden.

DIN V 18026, Tabelle 3 und ZTV-ING, Teil 3, Abschnitt 4 führen Leistungsmerkmale mit den dazugehörigen Anforderungen auf. Die Anforderung  $s_D < 5$  m an das Leistungsmerkmal Wasserdampfdurchlässigkeit ist ebenfalls in der TL AGS verankert und wird von den untersuchten AGS erfüllt.

Weitere Leistungsmerkmale sind:

- die Gitterschnittprüfung,
- die CO<sub>2</sub>-Durchlässigkeit,
- die kapillare Wasseraufnahme und Wasserdurchlässigkeit,
- die Haftfestigkeit nach Prüfung auf Temperaturwechselverträglichkeit,
- der Abreißversuch,
- das Brandverhalten nach Aufbringung und

- die künstliche Bewitterung.

Prioritär waren im Zuge dieses Projektes Untersuchungen zur Dauerhaftigkeit von permanenten AGS durchzuführen. Die Prüfung der Abreißfestigkeiten der Prophylaxeschichten konnte aber nach Abschluss der Funktionalitätsprüfung durchgeführt werden, da die verwendeten Prüfkörper den Abmessungen der Prüfnorm DIN EN 1542 [19] entsprechen.

Fundierte Aussagen zu der Frage, ob AGS die Anforderungen für alle Leistungsmerkmale von OS-Systemen erfüllen, sind erst nach den entsprechenden Prüfungen möglich.

### 4.2 Abreißfestigkeiten der Prophylaxeschichten

Für die Untersuchung der Abreißfestigkeit von Prophylaxeschichten kommt lediglich AGS III, bei dem die Prophylaxeschicht filmbildend ist, infrage. Die Prophylaxeschicht des AGS I ist nichtfilmbildend und kann deshalb für die Untersuchungen nicht herangezogen werden.

Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen							ZTV-ING Teil 3, Abschnitt 4																			
Formblatt zur Bestimmung der Abreißfestigkeit							Blatt: 1																			
Bauwerk Nr.:	Baumaßnahme:		Bauabschnitt:		Bauteil:																					
zugeordnete Prüffläche	Angaben zum Prüfgerät		Prüfgut		Nr.	Manometeranzeige (bar)	Abreißkraft F (n)	Abreißfestigkeit $\beta$ HZ		Bruchart in % der Bruchfläche																
								Einzelwert (N/mm <sup>2</sup> )	Mittelwert (N/mm <sup>2</sup> )	Kohäsionsbrüche				Adhäsionsbrüche												
Platte 1 ohne Prüfung der Funktionalität	Geräte Typ-Nr. F10D- EASY M	unvorb. Betonunterlage vorb. Betonunterlage Betonersatzsystem Grundierung <sup>2)</sup> Versiegelung <sup>2)</sup> behandelte Betonunterlage Kratzspachtelung <sup>3)</sup> Oberflächenschutzsystem X Dichtungsschicht	1964 mm <sup>2</sup>	Prüfstempeldurchmesser 50 mm Prüfstempelfläche Prüfdurchführung Bohrtiefe (mm) Klebstoff MC Bau Lastanstieg (N/s) 100 <sup>1)</sup> 300 <sup>2)</sup>	1			3,23	3,89	B	BE	VK	D/O	ABE	AGVK	AO / AD	AK									
	2									4,22	100															
	3									4,15	100															
	4									4,23	100															
	5									3,63	100															
	6																									
	7																									
	8																									
	9																									
	10																									
	11																									
	12																									
	13																									
Prüfungsdatum: 26.06.2009	Name des Prüfgutes (Systembezeichnung) AGS III	Mit der Prüfung beauftragte(s) Firma oder Institut Bast/B1wi			14																					
Fertigstellungsdatum des Prüfgutes 2004					15																					
Temperatur des Prüfgutes Laborklima					16																					
					17																					
					18																					
					19																					
					20																					
					21																					
					22																					
					23																					
					24																					
					25																					
					26																					
Unterschriften:					Kohäsionsbrüche				Adhäsionsbrüche																	
					B im Beton				ABE zwischen BE und Betonunterlage																	
					BE im Betonersatz				AGVK zwischen Grundierung etc. und Betonunterlage																	
					VK in der Versiegelung				AOS zwischen OS-System und Unterlage																	
					OS im OS-System				AD zwischen Dichtungsschicht und Unterlage																	
					D in der Dichtungsschicht				AK in der Klebfuge																	

Bild 6a: Formblatt zur Bestimmung der Abreißfestigkeit

Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen										ZTV-ING Teil 3, Abschnitt 4									
Formblatt zur Bestimmung der Abreißfestigkeit										Blatt: 1									
Bauwerk Nr.:		Baumaßnahme:			Baubabschnitt:			Bauteil:											
zugeordnete Prüffläche	Angaben zum Prüfgerät		Prüfgut		Nr.	Manometeranzeige (bar)	Abreißkraft F (n)	Abreißfestigkeit & HZ		Bruchart in % der Bruchfläche									
	Geräte Typ-Nr.	Zugkolben Nr.						Einzelwert (N/mm²)	Mittelwert (N/mm²)	Kohäsionsbrüche				Adhäsionsbrüche					
Platte 1 ohne Prüfung der Funktionalität	F10D- EASY M		unvorb. Betonunterlage							B	BE	VK	D/O	ABE	AGVK	AO / AD	AK		
			vorb. Betonunterlage																
	Prüfstempeldurchmesser	50 mm	Betonersatzsystem		1			2,72			80					20			
	Prüfstempelfläche	1964 mm²	behandelte Betonunterlage Grundierung <sup>3)</sup> Versiegelung <sup>3)</sup> Kratzspachtelung <sup>3)</sup>		2			2,39			80					20			
	Prüfdurchführung				3			3,06			100								
	Bohrtiefe (mm)				4				2,41			90					10		
	Klebstoff	MC Bau			5				1,43			40					60		
	Lastanstieg (N/s)	100 <sup>1)</sup>				6													
		300 <sup>2)</sup>				7													
				Oberflächenschutzsystem X		8													
				Dichtungsschicht		9													
						10													
						11													
						12													
					13														
					14														
					15														
					16														
					17														
					18														
					19														
					20														
					21														
					22														
					23														
					24														
					25														
					26														
Prüfungsdatum: 26.06.2009					Name des Prüfgutes (Systembezeichnung): AGS III					Mit der Prüfung beauftragte(s) Firma oder Institut: Bast/B1 wi									
Fertigstellungsdatum des Prüfgutes: 2004																			
Temperatur des Prüfgutes Laborklima																			
Unterschriften:					Kohäsionsbrüche					Adhäsionsbrüche									
					B im Beton					ABE zwischen BE und Betonunterlage									
					BE im Betonersatz					AGVK zwischen Grundierung etc. und Betonunterlage									
					VK in der Versiegelung					AOS zwischen OS-System und Unterlage									
					OS im OS-System					AD zwischen Dichtungsschicht und Unterlage									
					D in der Dichtungsschicht					AK in der Klebefuge									

Bild 6b: Formblatt zur Bestimmung der Abreißfestigkeit

Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen										ZTV-ING Teil 3, Abschnitt 4									
Formblatt zur Bestimmung der Abreißfestigkeit										Blatt: 1									
Bauwerk Nr.:		Baumaßnahme:			Baubabschnitt:			Bauteil:											
zugeordnete Prüffläche	Angaben zum Prüfgerät		Prüfgut		Nr.	Manometeranzeige (bar)	Abreißkraft F (n)	Abreißfestigkeit & HZ		Bruchart in % der Bruchfläche									
	Geräte Typ-Nr.	Zugkolben Nr.						Einzelwert (N/mm²)	Mittelwert (N/mm²)	Kohäsionsbrüche				Adhäsionsbrüche					
Platte 1 ohne Prüfung der Funktionalität	F10D- EASY M		unvorb. Betonunterlage							B	BE	VK	D/O	ABE	AGVK	AO / AD	AK		
			vorb. Betonunterlage																
	Prüfstempeldurchmesser	50 mm	Betonersatzsystem		1			2,65			90					10			
	Prüfstempelfläche	1964 mm²	behandelte Betonunterlage Grundierung <sup>3)</sup> Versiegelung <sup>3)</sup> Kratzspachtelung <sup>3)</sup>		2			2,89			90					10			
	Prüfdurchführung				3			2,85			100								
	Bohrtiefe (mm)				4				1,85			100							
	Klebstoff	MC Bau			5				2,77			100							
	Lastanstieg (N/s)	100 <sup>1)</sup>				6													
		300 <sup>2)</sup>				7													
				Oberflächenschutzsystem X		8													
				Dichtungsschicht		9													
						10													
						11													
						12													
					13														
					14														
					15														
					16														
					17														
					18														
					19														
					20														
					21														
					22														
					23														
					24														
					25														
					26														
Prüfungsdatum: 26.06.2009					Name des Prüfgutes (Systembezeichnung): AGS III					Mit der Prüfung beauftragte(s) Firma oder Institut: Bast/B1 wi									
Fertigstellungsdatum des Prüfgutes: 2004																			
Temperatur des Prüfgutes Laborklima																			
Unterschriften:					Kohäsionsbrüche					Adhäsionsbrüche									
					B im Beton					ABE zwischen BE und Betonunterlage									
					BE im Betonersatz					AGVK zwischen Grundierung etc. und Betonunterlage									
					VK in der Versiegelung					AOS zwischen OS-System und Unterlage									
					OS im OS-System					AD zwischen Dichtungsschicht und Unterlage									
					D in der Dichtungsschicht					AK in der Klebefuge									

Bild 6c: Formblatt zur Bestimmung der Abreißfestigkeit

ZTV-ING, Teil 3, Abschnitt 4, Tabelle 3.4.8 fordert für OS-B bis OS-D für die Abreißfestigkeit folgende Mindestwerte:

Mittelwert:	0,8 N/mm <sup>2</sup>
Kleinster Einzelwert:	0,5 N/mm <sup>2</sup>

In Anlehnung an DIN EN 1542 [19] wurden an den 3 Probelplatten von AGS III die Abreißfestigkeit bestimmt (siehe Bilder 6a bis 6c).

Die Prüfung der Platte, bei der keine Funktionalitätsprüfungen durchgeführt wurden, ergab einen Mittelwert der Abreißfestigkeit von 3,89 N/mm<sup>2</sup>. Der kleinste Einzelwert beträgt 3,23 N/mm<sup>2</sup>. Die beiden Platten, bei denen Funktionalitätsprüfungen durchgeführt wurden, zeigen Mittelwerte von 2,60 N/mm<sup>2</sup> und 2,40 N/mm<sup>2</sup>. Der kleinste Einzelwert beträgt 1,85 N/mm<sup>2</sup> bzw. 1,43 N/mm<sup>2</sup>.

Mit den Ergebnissen werden die Anforderungen an die Abreißfestigkeiten von OS deutlich übertroffen.

## 5 Bewertung der Ergebnisse und Zusammenfassung

Im Rahmen des AP-Projektes sollten Fragen zur Dauerhaftigkeit von permanenten AGS beantwortet werden. Für die dazu erforderlichen Untersuchungen wurden sechs permanente AGS aus dem Verzeichnis der geprüften AGS ausgewählt. Die Graffiti prophylaxen dieser AGS wurden auf Prüfkörpern aus Beton appliziert und der Freibewitterung ausgesetzt. Die farblichen Veränderungen der Prüfplatten im Zuge der Untersuchungen wurden messtechnisch erfasst. Die Applikationen der Graffiti prophylaxen auf die Prüfkörper lassen das Erscheinungsbild generell dunkler erscheinen. Die Bandbreite reicht von kaum wahrnehmbaren Verdunkelungen bis hin zu starken Verdunkelungen. Die Betrachtung der Ergebnisse nach fünfjähriger Freibewitterung zeigt kein einheitliches Bild. Bei drei AGS wurde eine weitere Verdunkelung der Graffiti prophylaxe festgestellt, während bei 2 AGS eine deutliche Aufhellung der Graffiti prophylaxe festgestellt wurde. Bei einem AGS traten großflächige Ablösungen auf, sodass eine Bewertung der farblichen Veränderung entfällt. Als Folge der Freibewitterung hat sich lediglich bei einer Graffiti prophylaxe eine Tendenz zur Vergilbung gezeigt.

Die schichtbildenden Graffiti prophylaxen (5 AGS) wurden nach Ende der Freibewitterungszeit visuell

hinsichtlich Ablösungen, Rissen und Blasen bewertet. Bei drei AGS lautet das Ergebnis keine Ablösungen, keine Risse, Blasengrad  $m_0/g_0$ . Bei einem AGS wurden Ablösungen und Risse festgestellt. Ein AGS zeigte großflächige Ablösungen.

Die Funktionalitätsprüfung, d. h. die Prüfung der Entfernbarekeit von aufgetragenen Farbmitteln, wurde im Abstand von 4 Monaten durchgeführt. Bei zwei AGS wurden nach fünfjähriger Freibewitterung und 15 Reinigungszyklen die Anforderungen an die Funktionalität sehr deutlich erfüllt. Ein weiteres AGS erfüllt die Funktionalität bis zum 15. Zyklus, lediglich bei der Betrachtung der Einzelfarbfächen kommt es beim 15. Zyklus zu einer geringfügigen Überschreitung des Grenzwertes. Zwei AGS zeigen zunächst sehr gute Ergebnisse, erfüllen dann aber nach 28 bzw. 40 Monaten plötzlich die Anforderungen an die Funktionalität nicht mehr. Bei einem AGS ist von Beginn an eine stetige Abnahme der Funktionalität festzustellen, wobei nach 36 Monaten die Anforderung an die Funktionalität nicht mehr erfüllt wird.

Die Anforderungen an die Funktionalität werden von den untersuchten AGS also mindestens bis zu einer Freibewitterungszeit von 28 Monaten erfüllt. Somit wird die in den ZTV-ING, Abschnitt 3, Teil 2 festgelegte Verjährungsfrist für Mängelansprüche von 2 Jahren bestätigt. Die Ergebnisse zeigen, dass eine Verlängerung der Verjährungsfrist für Mängelansprüche auf 5 Jahre nicht generell möglich ist.

Zwei der untersuchten AGS zeigen auch nach 5 Jahren Freibewitterungszeit eine Funktionalität, die deutlich besser als der festgelegte Grenzwert ist. Bei dem AGS mit der filmbildenden Graffiti prophylaxe wurden Abreißuntersuchungen durchgeführt. Die ermittelten Abreißwerte liegen deutlich über den Werten, die ZTV-ING, Teil 3, Abschnitt 4 von Oberflächenschutzsystemen fordert.

Es konnte aufgezeigt werden, dass AGS auch nach fünfjähriger Freibewitterung und Funktionalitätsprüfungen zum einen die Anforderungen an AGS und zum anderen auch Anforderungen an OS erfüllen. Von vielen Straßenbauverwaltungen werden solche Systeme gefordert. Entsprechende Regelungen entstehen durch eine „Verknüpfung“ der jeweiligen Regelwerke für AGS und OS im Rahmen des Projektes F1100.21008 „Erarbeitung der TL/TP AGS – Oberflächenschutzsysteme und Mauerwerk“.

## 6 Literatur

- [1] Bundesanstalt für Straßenwesen: ZTV ING, Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Ingenieurbauten. Verkehrsblatt-Verlag
- [2] Bundesanstalt für Straßenwesen: Schutzmaßnahmen gegen Graffiti, Heft B 40. Wirtschaftsverlag NW
- [3] KUPFER, M.: Regelwerk für die Bewertung von Verfahren, Technologien und Materialien zur Graffiti-Entfernung und Graffiti-Prävention (ReGG). Gütegemeinschaft Anti-Graffiti e. V., 2000
- [4] Bundesanstalt für Straßenwesen: TL AGS – Beton, Technische Lieferbedingungen für Anti-Graffiti-Systeme, Entwurf 2006, nicht veröffentlicht
- [5] Bundesanstalt für Straßenwesen: TP AGS – Beton, Technische Prüfvorschriften für Anti-Graffiti-Systeme, Entwurf 2006, nicht veröffentlicht
- [6] Der Bundesminister für Verkehr, Abteilung Straßenbau: TL OS, Technische Lieferbedingungen für Oberflächenschutzsysteme. Verkehrsblatt-Verlag, Ausgabe 1996
- [7] Der Bundesminister für Verkehr, Abteilung Straßenbau: TP OS, Technische Prüfvorschriften für Oberflächenschutzsysteme. Verkehrsblatt-Verlag, Ausgabe 1996
- [8] DIN EN 1504 – 2: Produkte und Systeme für den Schutz und die Instandsetzung von Betontragwerken – Definitionen, Anforderungen, Qualitätsüberwachung und Beurteilung der Konformität – Teil 2: Oberflächenschutzsysteme für Beton. Ausgabe Januar 2005
- [9] DIN V 18026: Oberflächenschutzsysteme für Beton aus Produkten nach DIN EN 1504-2:2005-01. Ausgabe Juni 2006
- [10] Der Bundesminister für Verkehr, Abteilung Straßenbau: ZTV-K 96, Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen für Kunstbauten. Verkehrsblatt-Verlag, Ausgabe 1996
- [11] DIN 485: Gehwegplatten aus Beton. Ausgabe April 1987
- [12] DIN 6174: Farbmetrische Bestimmung von Farbabständen bei Körperfarben nach der CIELAB-Formel. Ausgabe Januar 1979
- [13] DIN EN ISO 2810: Beschichtungsstoffe – Freibewitterung von Beschichtungen – Bewitterung und Bewertung. Ausgabe Oktober 2004
- [14] DIN EN ISO 4628-1: Beschichtungsstoffe – Beurteilung von Beschichtungsschäden – Bewertung der Menge und der Größe von Schäden und der Intensität von gleichmäßigen Veränderungen im Aussehen 1 – Teil 1: Allgemeine Einführung und Bewertungssystem. Ausgabe 2004
- [15] Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung: Abschlussbericht zum FE 89.150/2004/AP Ringversuch zur Festlegung von Bewertungskriterien für die Funktionalität von Anti-Graffiti-Systemen, 2005, nicht veröffentlicht
- [16] Materialprüfanstalt für das Bauwesen, Braunschweig: Abschlussbericht zum FE 89.151/2004/AP Ringversuch zur Festlegung von Bewertungskriterien für die Funktionalität von Anti-Graffiti-Systemen, 2005, nicht veröffentlicht
- [17] RWTH Aachen, Institut für Bauforschung: Abschlussbericht zum FE 89.152/2004/AP Ringversuch zur Festlegung von Bewertungskriterien für die Funktionalität von Anti-Graffiti-Systemen, 2005, nicht veröffentlicht
- [18] Polymer-Institut, FLÖRSHEIM-WICKER: Abschlussbericht zum FE 89.153/2004/AP Ringversuch zur Festlegung von Bewertungskriterien für die Funktionalität von Anti-Graffiti-Systemen, 2005, nicht veröffentlicht
- [19] DIN EN 1542: Produkte und Systeme für den Schutz und die Instandsetzung von Betontragwerken – Prüfverfahren – Messung der Haftfestigkeit im Abreißversuch. Ausgabe Juli 1999

## Schriftenreihe

### Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen

#### Unterreihe „Brücken- und Ingenieurbau“

##### 1995

- B 6: Zur Berechnung von Platten mit schwacher Querbewehrung  
Kaschner € 11,50
- B 7: Erprobung von dichten lärmindernden Fahrbahnbelägen für Brücken  
Sczyslo € 12,50
- B 8: Untersuchungen am Brückenbelag einer orthotropen Fahrbahnplatte  
Krieger, Rath € 17,50
- B 9: Anwendung von zerstörungsfreien Prüfmethode bei Betonbrücken  
Krieger € 13,00
- B 10: Langzeituntersuchungen von Hydrophobierungsmitteln  
Maaß, Krieger € 12,50

##### 1996

- B 11: Fahrbahnbeläge auf Sohlen von Trogbauwerken  
Wruck € 12,00
- B 12: Temperaturmessungen bei der Verbreiterung der Rodenkirchener Brücke  
Goebel € 15,50
- B 13: Strukturanalyse von Beton  
Gatz, Gusia € 11,00

##### 1997

- B 14: Verhalten von Fahrbahnübergängen aus Asphalt infolge Horizontallasten  
Krieger, Rath € 16,00
- B 15: Temperaturbeanspruchung im Beton und Betonerersatz beim Einbau von Abdichtungen  
Großmann, Budnik, Maaß € 14,50
- B 16: Seilverfüllmittel – Mechanische Randbedingungen für Brückenseile  
Eilers, Hemmert-Halswick € 27,50
- B 17: Bohrverfahren zur Bestimmung der Karbonatisierungstiefe und des Chloridgehaltes von Beton  
Gatz, Gusia, Kuhl € 14,00

##### 1998

- B 18: Erprobung und Bewertung zerstörungsfreier Prüfmethode für Betonbrücken  
Krieger, Krause, Wiggerhauser € 16,50
- B 19: Untersuchung von unbelasteten und künstlich belasteten Beschichtungen  
Schröder € 11,00
- B 20: Reaktionsharzgebundene Dünnbeläge auf Stahl  
Eilers, Ritter € 12,50
- B 21: Windlasten für Brücken nach ENV 1991-3  
Krieger € 10,50

##### 1999

- B 22: Algorithmen zur Zustandsbewertung von Ingenieurbauwerken  
Haardt € 11,50

- B 23: Bewertung und Oberflächenvorbereitung schwieriger Untergründe  
Schröder, Sczyslo € 11,00
- B 24: Erarbeitung einer ZTV für reaktionsharzgebundene Dünnbeläge auf Stahl  
Eilers, Stoll € 11,00
- B 25: Konzeption eines Managementsystems zur Erhaltung von Brücken- und Ingenieurbauwerken  
Haardt € 12,50
- B 26: Einsatzmöglichkeiten von Kletterrobotern bei der Bauwerksprüfung  
Krieger, Rath, Berthold € 10,50
- B 27: Dynamische Untersuchungen an reaktionsharzgebundenen Dünnbelägen  
Eilers, Ritter, Stoll € 11,00

##### 2000

- B 28: Erfassung und Bewertung von reaktionsharzgebundenen Dünnbelägen auf Stahl  
Eilers € 11,00
- B 29: Ergänzende Untersuchungen zur Bestimmung der Karbonatisierungstiefe und des Chloridgehaltes von Beton  
Gatz, Quaas € 12,00
- B 30: Materialkonzepte, Herstellungs- und Prüfverfahren für elutionsarme Spritzbetone  
Heimbecher € 11,00
- B 31: Verträglichkeit von reaktionsharzgebundenen Dünnbelägen mit Abdichtungssystemen nach den ZTV-BEL-ST  
Eilers, Stoll € 10,50
- B 32: Das Programm ISOCORRAG: Ermittlung von Korrosivitätskategorien aus Massenverlusten  
Schröder € 11,50
- B 33: Bewehrung von Belägen auf Stahlbrücken mit orthotropen Fahrbahnplatten  
Eilers, Sczyslo € 17,00
- B 34: Neue reaktionsharzgebundene Dünnbeläge als Fahrbahnbeläge auf einem D-Brücken-Gerät  
Eilers, Ritter € 13,00

##### 2001

- B 35: Bewehrung von Brückenbelägen auf Betonbauwerken  
Wruck € 11,50
- B 36: Fahrbahnübergänge aus Asphalt  
Wruck € 11,00
- B 37: Messung der Hydrophobierungsqualität  
Hörner, von Witzhausen, Gatz € 11,00
- B 38: Materialtechnische Untersuchungen beim Abbruch der Talbrücke Haiger  
Krause, Wiggerhauser, Krieger € 17,00
- B 39: Bewegungen von Randfugen auf Brücken  
Eilers, Wruck, Quaas € 13,00

##### 2003

- B 40: Schutzmaßnahmen gegen Graffiti von Weschpfennig € 11,50
- B 41: Temperaturmessung an der Unterseite orthotroper Fahrbahnplatten beim Einbau der Gussasphalt-Schutzschicht  
Eilers, Kuchler, Quaas € 12,50
- B 42: Anwendung des Teilsicherheitskonzeptes im Tunnelbau  
Städling, Krocker € 12,00
- B 43: Entwicklung eines Bauwerks Management-Systems für das deutsche Fernstraßennetz – Stufen 1 und 2  
Haardt € 13,50
- B 44: Untersuchungen an Fahrbahnübergängen zur Lärminderung  
Hemmert-Halswick, Ullrich € 12,50

- B 45: Erfahrungssammlungen:  
**Stahlbrücken – Schäden – wetterfeste Stähle Seile**  
 Teil 1: Dokumentation über Schäden an Stahlbrücken  
 Teil 2: Dokumentation und Erfahrungssammlung mit Brücken aus wetterfesten Stählen  
 Teil 3: Erfahrungssammlung über die Dauerhaftigkeit von Brückenseilen und -kabeln  
 Hemmert-Halswick € 13,00

## 2004

- B 46: Einsatzbereiche endgültiger Spritzbetonkonstruktionen im Tunnelbau  
 Heimbecher, Decker, Faust € 12,50

## 2005

- B 47: Gussasphaltbeläge auf Stahlbrücken  
 Steinauer, Scharnigg € 13,50

## 2006

- B 48: Scannende Verfahren der zerstörungsfreien Prüfung von Brückenbauwerken  
 Holst, Streicher, Gardei, Kohl, Wöstmann, Wiggenseuser € 15,00  
 B 49: Einfluss der Betonoberflächenvorbereitung auf die Haftung von Epoxidharz  
 Raupach, Rößler € 13,50  
 B 50: Entwicklung eines Bauwerks-Management-Systems für das deutsche Fernstraßennetz, Stufe 3  
 Holst € 13,50  
 B 51: Hydrophobierungsqualität von flüssigen und pastösen Hydrophobierungsmitteln  
 Panzer, Hörner, Kropf € 12,50  
 B 52: Brückenseile mit Galfan-Überzug – Untersuchung der Haftfestigkeit von Grundbeschichtungen  
 Friedrich, Staeck € 14,50  
 B 53: Verwendung von selbstverdichtendem Beton (SVB) im Brücken- und Ingenieurbau an Bundesfernstraßen  
 Tauscher € 14,50  
 B 54: Nachweis des Erfolges von Injektionsmaßnahmen zur Mängelbeseitigung bei Minderdicken von Tunnelinnenschalen  
 Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann kostenpflichtig unter [www.nw-verlag.de](http://www.nw-verlag.de) heruntergeladen werden.  
 Rath, Berthold, Lähner € 12,50

## 2007

- B 55: Überprüfung des Georadarverfahrens in Kombination mit magnetischen Verfahren zur Zustandsbewertung von Brückenfahrbahnplatten aus Beton mit Belagsaufbau  
 Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann kostenpflichtig unter [www.nw-verlag.de](http://www.nw-verlag.de) heruntergeladen werden.  
 Krause, Rath, Sawade, Dumat € 14,50  
 B 56: Entwicklung eines Prüfverfahrens für Beton in der Expositions-kategorie XF2  
 Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann kostenpflichtig unter [www.nw-verlag.de](http://www.nw-verlag.de) heruntergeladen werden.  
 Setzer, Keck, Palecki, Schießl, Brandes € 19,50  
 B 57: Brandversuche in Straßentunneln – Vereinheitlichung der Durchführung und Auswertung  
 Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann kostenpflichtig unter [www.nw-verlag.de](http://www.nw-verlag.de) heruntergeladen werden.  
 Steinauer, Mayer, Kündig € 26,50  
 B 58: Quantitative Risikoanalysen für Straßentunnel  
 Sistenich € 14,50

## 2008

- B 59: Bandverzinkte Schutzplankenholme  
 Schröder € 12,50

- B 60: Instandhaltung des Korrosionsschutzes durch Teilerneuerung - Bewehrung  
 Schröder € 13,50  
 B 61: Untersuchung von Korrosion an Fußplatten von Schutzplankenpfosten  
 Schröder, Staeck € 13,00  
 B 62: Bewährungsnachweis von Fugenfüllungen ohne Unterfüllstoff  
 Eilers € 12,00  
 B 63: Selbstverdichtender Beton (SVB) im Straßentunnelbau  
 Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann kostenpflichtig unter [www.nw-verlag.de](http://www.nw-verlag.de) heruntergeladen werden.  
 Heunisch, Hoepfner, Pierson (†), Dehn, Orgass, Sint € 17,50  
 B 64: Tiefenabhängige Feuchte- und Temperaturmessung an einer Brückenkappe der Expositions-kategorie XF4  
 Brameshuber, Spörel, Warkus € 12,50

## 2009

- B 65: Zerstörungsfreie Untersuchungen am Brückenbauwerk A1 Hagen/Schwerte  
 Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann kostenpflichtig unter [www.nw-verlag.de](http://www.nw-verlag.de) heruntergeladen werden.  
 Friese, Taffe, Wöstmann, Zoega € 14,50  
 B 66: Bewertung der Sicherheit von Straßentunneln  
 Zulauf, Locher, Steinauer, Mayer, Zimmermann, Baltzer, Riepe, Kündig € 14,00  
 B 67: Brandkurven für den baulichen Brandschutz von Straßentunneln  
 Blossfeld € 17,50  
 B 68: Auswirkungen des Schwerlastverkehrs auf die Brücken der Bundesfernstraßen – Teile 1-4  
 Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann kostenpflichtig unter [www.nw-verlag.de](http://www.nw-verlag.de) heruntergeladen werden.  
 Kaschner, Buschmeyer, Schnellenbach-Held, Lubasch, Grünberg, Hansen, Liebig, Geißler € 29,50  
 B 69: Berücksichtigung der Belange behinderter Personen bei Ausstattung und Betrieb von Straßentunneln  
 Wagener, Grossmann, Hintzke, Sieger € 18,50  
 B 70: Frost-Tausalz-Widerstand von Beton in Brücken und Ingenieurbauwerken an Bundesfernstraßen  
 Tauscher € 14,50

## 2010

- B 71: Empfehlungen für geschweißte KK-Knoten im Straßentunnelbau  
 Kuhlmann, Euler € 22,50  
 B 72: Untersuchungen zur Dauerhaftigkeit von permanenten Anti-Graffiti-Systemen  
 von Weschpennig, Kropf, von Witzhausen € 13,50

Alle Berichte sind zu beziehen beim:

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)

Dort ist auch ein Kompletverzeichnis erhältlich.