

# Ökotoxikologische Bewertung reaktiver Brandschutzbeschichtungen

**T 3342**

T 3342

Dieser Forschungsbericht wurde mit modernsten Hochleistungskopierern auf Einzelanfrage hergestellt.

Die in dieser Forschungsarbeit enthaltenen Darstellungen und Empfehlungen geben die fachlichen Auffassungen der Verfasser wieder. Diese werden hier unverändert wiedergegeben, sie geben nicht unbedingt die Meinung des Zuwendungsgebers oder des Herausgebers wieder.

Die Originalmanuskripte wurden reprotechnisch, jedoch nicht inhaltlich überarbeitet. Die Druckqualität hängt von der reprotechnischen Eignung des Originalmanuskriptes ab, das uns vom Autor bzw. von der Forschungsstelle zur Verfügung gestellt wurde.

© by Fraunhofer IRB Verlag

2016

ISBN 978-3-8167-9836-1

Vervielfältigung, auch auszugsweise,  
nur mit ausdrücklicher Zustimmung des Verlages.

**Fraunhofer IRB Verlag**

Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau

Postfach 80 04 69

70504 Stuttgart

Nobelstraße 12

70569 Stuttgart

Telefon (07 11) 9 70 - 25 00

Telefax (07 11) 9 70 - 25 08

E-Mail [irb@irb.fraunhofer.de](mailto:irb@irb.fraunhofer.de)

[www.baufachinformation.de](http://www.baufachinformation.de)



## **Abschlussbericht:**

# **Ökotoxikologische Bewertung reaktiver Brandschutzbeschichtungen**

Dr. Ines Heisterkamp  
Dr. Stefan Gartiser  
Hydrotox GmbH, Freiburg

Dr. Ute Kalbe  
Dr. Nicole Bandow  
BAM Bundesanstalt für Materialforschung und –prüfung, Berlin

Projektbetreuung  
André Gloßmann  
Deutsches Institut für Bautechnik  
Referat II6 - Umweltschutz, Nachhaltigkeit  
Kolonnenstr. 30 B  
10829 Berlin

Geschäftszeichen: P 52-5- 20.87-1476t15

Freiburg, den 27.7.2016

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Aufgabenstellung</b> .....	<b>7</b>
<b>2</b>	<b>Literaturstudie</b> .....	<b>8</b>
<b>3</b>	<b>Auswahl und Herstellung der Prüfkörper</b> .....	<b>11</b>
<b>4</b>	<b>Methoden</b> .....	<b>13</b>
4.1	Auslaugprüfungen .....	13
4.1.1	Horizontale dynamische Oberflächenauslaugprüfung (DSLIT) .....	13
4.1.2	Freisetzung bei intermittierendem Wasserkontakt .....	14
4.2	Analytik anorganischer und organischer Inhaltsstoffe der Eluate.....	16
4.2.1	Aufteilung und Konservierung Eluate .....	16
4.2.2	Messung der Grundparameter .....	17
4.2.3	Messung der Anionen .....	18
4.2.4	Messung der Kationen .....	18
4.2.5	Screening auf organische Substanzen.....	19
4.3	Durchführung der Ökotoxizitätstests mit Eluaten (Hydrotox).....	21
4.3.1	Auswahl der Fraktionen und der Biotests.....	21
4.3.2	Algentest ISO 8692 (2012).....	23
4.3.3	Daphnientest DIN EN ISO 6341 (2013).....	24
4.3.4	Leuchtbakterientest DIN EN ISO 11348-2 (2009) .....	25
4.3.5	Fischeitertest DIN EN ISO 15088 (2009).....	25
4.3.6	umu-Test ISO 13829 (2000).....	26
4.3.7	Biologische Abbaubarkeit im Respirometertest OECD 301 F .....	27
<b>5</b>	<b>Versuchsergebnisse</b> .....	<b>28</b>
5.1	Chemische Analytik.....	28
5.1.1	Messungen der Grundparameter und der Kationen .....	28
5.1.2	Organisches Screening .....	41
5.2	Ökotoxizität der Eluate .....	44
5.3	Abbaubarkeit der Eluate.....	46

---

<b>6</b>	<b>Bewertung der Ergebnisse.....</b>	<b>46</b>
6.1	Elutionsverhalten von Brandschutzbeschichtungen im DSLT .....	46
6.2	Ökotoxizität der Eluate .....	47
6.3	Vergleichbarkeit der Algentests nach DIN und ISO.....	48
6.4	Elutionsverhalten mit intermittierenden Wasserkontakt.....	50
<b>7</b>	<b>Vorschlag für ein Untersuchungskonzept .....</b>	<b>51</b>
<b>8</b>	<b>Zusammenfassung.....</b>	<b>54</b>
<b>9</b>	<b>Quellenachweis .....</b>	<b>59</b>
<b>10</b>	<b>Anhang I: Dokumentation Grundparameter der Elutionstests.....</b>	<b>62</b>
10.1	Übersicht durchgeführte Versuche und Codierung .....	62
10.2	Aufteilung der Proben für die Analytik (schematische Darstellung).....	63
10.2.1	Aufteilung der Proben für den DSLT (CEN TS 16637-2).....	63
10.2.2	Aufteilung der Proben für den intermittierenden Tauchtest (EN 16105).....	64
<b>11</b>	<b>Anhang II: Dokumentation anorganische Parameter der Elutionstests.....</b>	<b>65</b>
11.1	DSLTS (CEN TS 16637-2), einseitig beschichtete Platten, Hersteller1 ..	65
11.1.1	DSLTS einseitig H1, Messwerte Grundparameter und Anionen.....	65
11.1.2	DSLTS einseitig H1, Konzentration und spezifische kumulative Freisetzung Anionen .....	66
11.1.3	DSLTS einseitig H1, Messwerte Hauptelemente .....	67
11.1.4	DSLTS einseitig H1, Konzentration und spezifische kumulative Freisetzung Hauptelemente .....	68
11.1.5	DSLTS einseitig H1, Messwerte Spurenelemente .....	69
11.1.6	DSLTS einseitig H1, Konzentration und spezifische kumulative Freisetzung Spurenelemente .....	70
11.2	DSLTS (CEN TS 16637-2), einseitig beschichtete Platten, Hersteller2..	71
11.2.1	DSLTS einseitig H2, Messwerte Grundparameter und Anionen.....	71

---

11.2.2	DSLIT einseitig H2, Konzentration und spezifische kumulative Freisetzung Anionen .....	72
11.2.3	DSLIT einseitig H2, Messwerte Hauptelemente .....	73
11.2.4	DSLIT einseitig H2, Konzentration und spezifische kumulative Freisetzung Hauptelemente .....	74
11.2.5	DSLIT einseitig H2, Messwerte Spurenelemente .....	75
11.2.6	DSLIT einseitig H2, Konzentration und spezifische kumulative Freisetzung Spurenelemente .....	76
11.3	DSLIT (CEN TS 16637-2), einseitig beschichtete Platten, Hersteller3..	77
11.3.1	DSLIT einseitig H3, Messwerte Grundparameter und Anionen.....	77
11.3.2	DSLIT einseitig H3, Konzentration und spezifische kumulative Freisetzung Anionen .....	78
11.3.3	DSLIT einseitig H3, Messwerte Hauptelemente .....	79
11.3.4	DSLIT einseitig H3, Konzentration und spezifische kumulative Freisetzung Hauptelemente .....	80
11.3.5	DSLIT einseitig H3, Messwerte Spurenelemente .....	81
11.3.6	DSLIT einseitig H3, Konzentration und spezifische kumulative Freisetzung Spurenelemente .....	82
11.4	DSLIT (CEN TS 16637-2), beidseitig beschichtete Platten, Hersteller1	83
11.4.1	DSLIT beidseitig H1, Messwerte Grundparameter und Anionen.....	83
11.4.2	DSLIT beidseitig H1, Konzentration und spezifische kumulative Freisetzung Anionen .....	84
11.4.3	DSLIT beidseitig H1, Messwerte Hauptelemente .....	85
11.4.4	DSLIT beidseitig H1, Konzentration und spezifische kumulative Freisetzung Hauptelemente .....	86
11.4.5	DSLIT beidseitig H1, Messwerte Spurenelemente.....	87
11.4.6	DSLIT beidseitig H1, Konzentration und spezifische kumulative Freisetzung Spurenelemente .....	88
11.5	DSLIT (CEN TS 16637-2), beidseitig beschichtete Platten, Hersteller2	89
11.5.1	DSLIT beidseitig H2, Messwerte Grundparameter und Anionen.....	89
11.5.2	DSLIT beidseitig H2, Konzentration und spezifische kumulative Freisetzung Anionen .....	90
11.5.3	DSLIT beidseitig H2, Messwerte Hauptelemente .....	91
11.5.4	DSLIT beidseitig H2, Konzentration und spezifische kumulative Freisetzung Hauptelemente .....	92

---

11.5.5	DSLIT beidseitig H2, Messwerte Spurenelemente.....	93
11.5.6	DSLIT beidseitig H2, Konzentration und spezifische kumulative Freisetzung Spurenelemente .....	94
11.6	DSLIT (CEN TS 16637-2), beidseitig beschichtete Platten, Hersteller3	95
11.6.1	DSLIT beidseitig H3, Messwerte Grundparameter und Anionen.....	95
11.6.2	DSLIT beidseitig H3, Konzentration und spezifische kumulative Freisetzung Anionen .....	96
11.6.3	DSLIT beidseitig H3, Messwerte Hauptelemente .....	97
11.6.4	DSLIT beidseitig H3, Konzentration und spezifische kumulative Freisetzung Hauptelemente .....	98
11.6.5	DSLIT beidseitig H3, Messwerte Spurenelemente.....	99
11.6.6	DSLIT beidseitig H3, Konzentration und spezifische kumulative Freisetzung Spurenelemente .....	100
11.7	Intermittierender Tauchtest nach EN 16105, beidseitig beschichtete Platten, Hersteller1 .....	101
11.7.1	EN 16105, beidseitig H1, Messwerte Grundparameter und Anionen .	101
11.7.2	EN 16105 beidseitig H1, Konzentration und spezifische kumulative Freisetzung Anionen .....	102
11.7.3	EN 16105 beidseitig H1, Messwerte Hauptelemente .....	104
11.7.4	EN 16105 beidseitig H1, Konzentration und spezifische kumulative Freisetzung Hauptelemente .....	105
11.7.5	EN 16105 beidseitig H1, Messwerte Spurenelemente .....	107
11.7.6	EN 16105 beidseitig H1, Konzentration und spezifische kumulative Freisetzung Spurenelemente .....	108
11.8	Intermittierender Tauchtest nach EN 16105, beidseitig beschichtete Platten, Hersteller2.....	110
11.8.1	EN 16105, beidseitig H2, Messwerte Grundparameter und Anionen....	110
11.8.2	EN 16105 beidseitig H2, Konzentration und spezifische kumulative Freisetzung Anionen .....	111
11.8.3	EN 16105 beidseitig H2, Messwerte Hauptelemente .....	113
11.8.4	EN 16105 beidseitig H2, Konzentration und spezifische kumulative Freisetzung Hauptelemente .....	114
11.8.5	EN 16105 beidseitig H2, Messwerte Spurenelemente .....	116
11.8.6	EN 16105 beidseitig H2, Konzentration und spezifische kumulative Freisetzung Spurenelemente .....	117

---

11.9	Intermittierender Tauchtest nach EN 16105, beidseitig beschichtete Platten, Hersteller3.....	119
11.9.1	EN 16105, beidseitig H3, Messwerte Grundparameter und Anionen .	119
11.9.2	EN 16105 beidseitig H1, Konzentration und spezifische kumulative Freisetzung Anionen .....	120
11.9.3	EN 16105 beidseitig H3, Messwerte Hauptelemente .....	122
11.9.4	EN 16105 beidseitig H3, Konzentration und spezifische kumulative Freisetzung Hauptelemente .....	123
11.9.5	EN 16105 beidseitig H3, Messwerte Spurenelemente .....	125
11.9.6	EN 16105 beidseitig H3, Konzentration und spezifische kumulative Freisetzung Spurenelemente .....	126
<b>12</b>	<b>Anhang III: Dokumentation Ökotoxizitätstests.....</b>	<b>128</b>
12.1	Ergebnisse Algentest .....	128
12.2	Ergebnisse Daphnientest.....	136
12.3	Ergebnisse Fischei-Test.....	140
12.4	Ergebnisse Leuchtbakterientest .....	143
12.5	Ergebnisse umu-Test .....	146
<b>13</b>	<b>Anhang IV: Dokumentation Abbautests.....</b>	<b>150</b>
13.1	Hersteller 1, Fraktion 7 .....	150
13.2	Hersteller 2, Fraktion 7 .....	151
13.3	Hersteller 3, Fraktion 7 .....	152