

Laborvergleichstest zur Ermittlung der Eignung des Daphnientests zur Untersuchung von Eluaten aus Bauprodukten gemäß "DIBT-Merkblatt zur Bewertung der Auswirkung von Bauprodukten auf Boden und Grundwasser"

T 3021

T 3021

Dieser Forschungsbericht wurde mit modernsten Hochleistungskopierern auf Einzelanfrage hergestellt.

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.

Im Originalmanuskript enthaltene Farbvorlagen, wie z.B. Farbfotos, können nur in Grautönen wiedergegeben werden. Liegen dem Fraunhofer IRB Verlag die Originalabbildungen vor, können gegen Berechnung Farbkopien angefertigt werden. Richten Sie Ihre Anfrage bitte an die untenstehende Adresse.

© by Fraunhofer IRB Verlag

2003, ISBN 3-8167-6525-4

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.fhg.de

www.IRBbuch.de



Endbericht

Laborvergleichstest zur Ermittlung der Eignung des Daphnientests zur Untersuchung von Eluaten aus Bauprodukten gemäß "DIBt-Merkblatt zur Bewertung der Auswirkung von Bauprodukten auf Boden und Grundwasser"

Fraunhofer-Institut für Molekularbiologie
und Angewandte Oekologie (Fh-IME)
Bereich: Angewandte Oekologie
57392 Schmallenberg

Institutsleitung	Prof. Dr. R. Fischer
Stellvertretung und Bereichsleitung	Prof. Dr. A. Schäffer
Projektleitung	Dr. K. Hund-Rinke Telefon: 0 29 72 – 3 02-2 66 Telefax: 0 29 72 – 302 319 email: hund-rinke@ime.fraunhofer.de
Auftraggeber	Deutsches Institut für Bautechnik 10792 Berlin

Schmallenberg 03.07.2003

Inhaltsverzeichnis

1	HINTERGRUND.....	4
2	ZIELSETZUNG	4
3	TEILNEHMER.....	4
4	PRINZIPIELLE VORGEHENSWEISE.....	5
5	PRODUKTE:.....	5
6	TESTDURCHFÜHRUNG.....	6
6.1	Beschichtung der Glasplatten mit den Bauprodukten.....	7
6.2	Eluatherstellung	7
6.3	Daphnientest	8
6.4	Verwendete Daphnien.....	9
6.5	Zeitplan	10
7	ERGEBNISSE.....	11
7.1	Eluatcharakterisierung	11
7.2	Daphnientest	12
8	ZUSAMMENFASSUNG UND SCHLUSSFOLGERUNG	18
9	BETEILIGUNG AN PROJEKTKONZEPTION UND -BETREUUNG	20
10	VERWENDETE RICHTLINIE	20
	ANHANG:	21

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Kenndaten der Eluate (von den Partnern erhoben)	11
Tabelle 2: Validitätskriterien in einzelnen Richtlinien zum Daphnientest.....	12
Tabelle 3: Zeitablauf der Eluatherstellung und –testung bei den einzelnen Partnern	17
Tabelle 4: Beurteilung der Eluate (Prädikat "toxisch" bei $G > 6$; Basis für die Beurteilung: maximal 10 % immobilisierte Tiere)	17
Tabelle 5: Partner 1 - Ergebnisprotokoll zur Referenzsubstanz $K_2Cr_2O_7$	22
Tabelle 6: Partner 2 - Ergebnisprotokoll zur Referenzsubstanz $K_2Cr_2O_7$	22
Tabelle 7: Partner 3 - Ergebnisprotokoll zur Referenzsubstanz $K_2Cr_2O_7$	23
Tabelle 8: Partner 4 - Ergebnisprotokoll zur Referenzsubstanz $K_2Cr_2O_7$	23
Tabelle 9: Eluat von Bauprodukt 1, zentral hergestellt - pH-Werte und O_2 -Gehalte	24
Tabelle 10: Eluat von Bauprodukt 1, selbst hergestellt - pH-Werte und O_2 -Gehalte	25
Tabelle 11: Eluat von Bauprodukt 3, zentral hergestellt - pH-Werte und O_2 -Gehalte	26
Tabelle 12: Eluat von Bauprodukt 3, selbst hergestellt - pH-Werte und O_2 -Gehalte	27
Tabelle 13: Eluat von Bauprodukt 1: zentral hergestellt - immobilisierte Tiere (Absolutwerte) in den Testansätzen aller Partner	28
Tabelle 14: Eluat von Bauprodukt 1: zentral hergestellt - immobilisierte Tiere (Prozent) in den Testansätzen aller Partner	28
Tabelle 15: Eluat von Bauprodukt 1: selbst hergestellt - immobilisierte Tiere (Absolutwerte) in den Testansätzen aller Partner	29
Tabelle 16: Eluat von Bauprodukt 1: selbst hergestellt - immobilisierte Tiere (Prozent) in den Testansätzen aller Partner	29
Tabelle 17: Eluat von Bauprodukt 3: zentral hergestellt - immobilisierte Tiere (Absolutwerte) in den Testansätzen aller Partner	30
Tabelle 18: Eluat von Bauprodukt 3: zentral hergestellt - immobilisierte Tiere (Prozent) in den Testansätzen aller Partner	30
Tabelle 19: Eluat von Bauprodukt 3: selbst hergestellt - immobilisierte Tiere (Absolutwerte) in den Testansätzen aller Partner	31
Tabelle 20: Eluat von Bauprodukt 3: selbst hergestellt - immobilisierte Tiere (Prozent) in den Testansätzen aller Partner	31

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Zentral hergestelltes Eluat von Bauprodukt 1 - Immobilisation der Daphnien	14
Abbildung 2: Selbst hergestelltes Eluat von Bauprodukt 1 - Immobilisation der Daphnien.	15
Abbildung 3: Zentral hergestelltes Eluat von Bauprodukt 3 - Immobilisation der Daphnien	15
Abbildung 4: Selbst hergestelltes Eluat von Bauprodukt 3 - Immobilisation der Daphnien.	16

1 Hintergrund

Gemäß DIBt-Merkblatt zur Bewertung der Auswirkungen von Bauprodukten auf Boden und Grundwasser ist die Anwendung von ökotoxikologischen Testsystemen bei entsprechenden Voraussetzungen vorgesehen. In einem Modellvorhaben, das vom Verband der Deutschen Bauchemie in den Jahren 2001/2002 initiiert und finanziert wurde, wurden die aufgeführten Testsysteme für Eluate von vier Bauprodukten (aquatische Tests) bzw. für zwei Bauprodukte (terrestrische Tests) exemplarisch erprobt. Während für die Testsysteme mit Leuchtbakterien, Algen, Kompostwürmern, Pflanzen sowie mit der Bodenmikroflora plausible Resultate erzielt wurden, ergaben sich inkonsistente Ergebnisse im Test mit Daphnien, deren Ursache im Rahmen des Projektes nicht geklärt werden konnte.

2 Zielsetzung

Ziel des Vorhabens war die Überprüfung bzw. Validierung des Daphnientests zur Prüfung von Eluaten aus erdberührten Bauteilen mittels eines Laborvergleichstests.

3 Teilnehmer

(in alphabetischer Reihenfolge; zur Anonymisierung ist diese Reihenfolge nicht mit derjenigen bei der Ergebnispräsentation identisch)

- Fraunhofer-Institut für Molekularbiologie und Angewandte Oekologie (Fh-IME)
Auf dem Aberg 1
57392 Schmallenberg
- Hygiene-Institut des Ruhrgebiets
Rotthausen Straße 19
45879 Gelsenkirchen
- LAUS GmbH
Mandelring 47
67433 Neustadt/Weinstraße
- Ruhrverband Essen
Kronprinzenstr. 37
45128 Essen

4 Prinzipielle Vorgehensweise

Glasplatten wurden von den jeweiligen Herstellern einseitig mit zwei Bauprodukten beschichtet. Nach einer Lagerung von 4 Wochen wurde von diesen zum einen ein zentral hergestelltes Eluat eingesetzt und versandt. Zum anderen wurden Platten verschickt, die von den Teilnehmern mit einer identischen, zur Verfügung gestellten Ausrüstung, eluiert wurden. Zentral und selbst hergestellte Eluate wurden im akuten Daphnientest untersucht und alle Ergebnisse an das Fraunhofer-Institut übergeben.

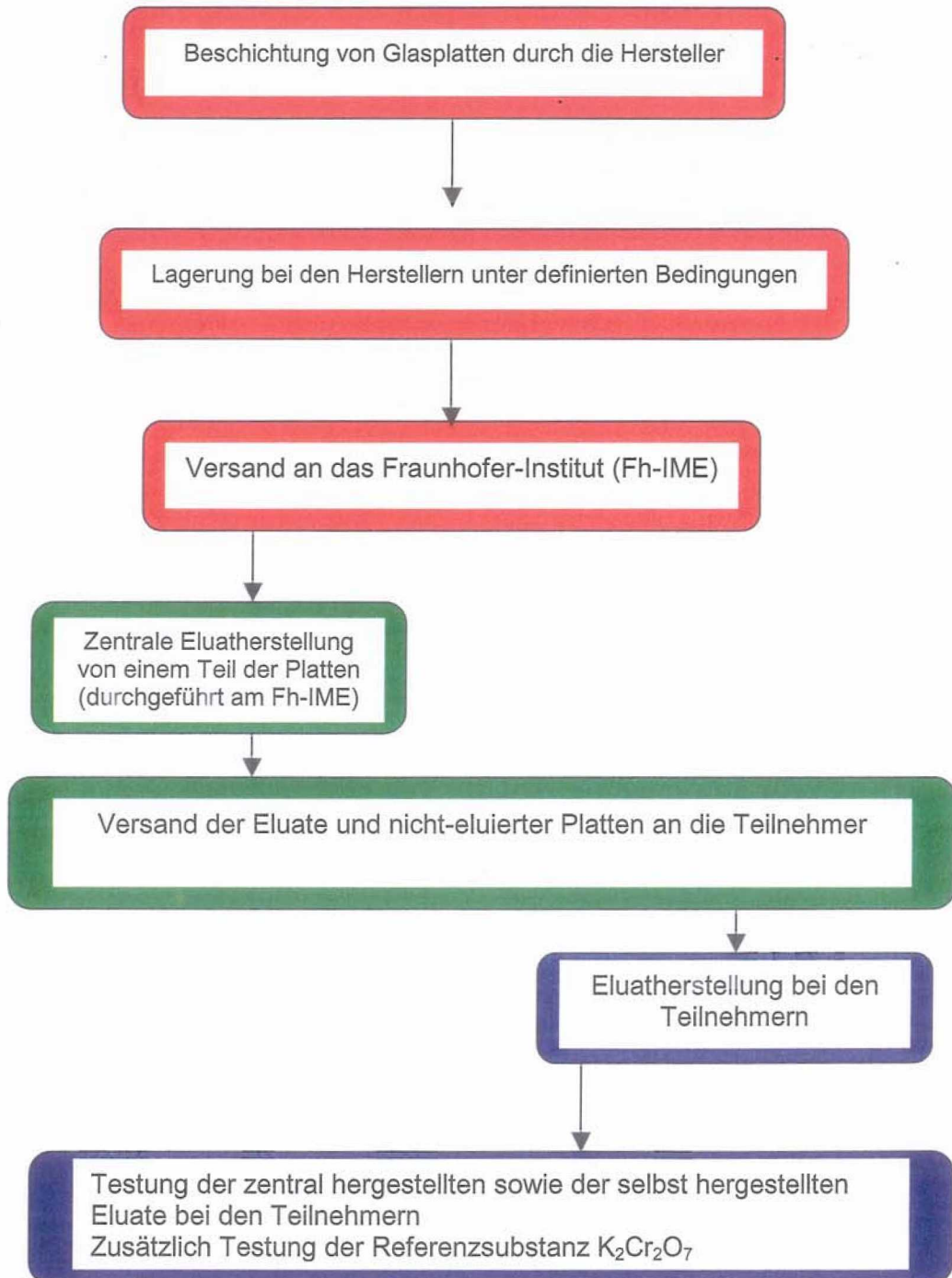
5 Produkte

Auf der Basis der Ergebnisse des von der Deutschen Bauchemie finanzierten Vorgängerprojektes wurden zwei der dort eingesetzten Produkte ausgewählt. Die Wahl fiel auf folgende Produkte (Nomenklatur entspricht derjenigen im Vorgängerprojekt):

- Produkt 1
Bitumendickbeschichtung (anionisch), Einkomponentenprodukt
- Produkt 3
Dichtungsschlämme (zementgebunden), Zweikomponentensystem, flexibel

6 Testdurchführung

Im Folgenden ist die Vorgehensweise schematisch dargestellt:



6.1 Beschichtung der Glasplatten mit den Bauprodukten

Die Glasplatten wurden von den Herstellern einseitig beschichtet.

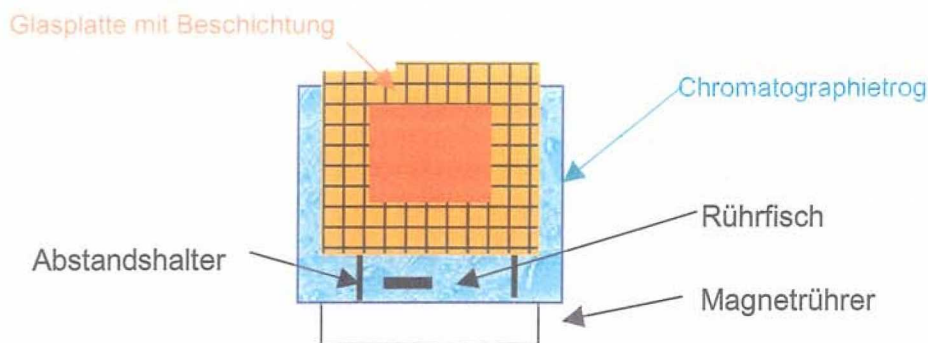
Plattengröße:	20 cm * 20 cm
Beschichtungsfläche:	14 cm * 14 cm; zentral auf den Platten angeordnet
Plattenanzahl:	jeweils 15 Stück
Produkt 1:	Chargennummer: 02.04.04.03 Lufttemperatur bei der Beschichtung: 22 °C Luftfeuchtigkeit: 48 % Schichtdicke: 5,2 mm Feuchtmasse pro Platte: 100,29 ± 1,73 g Feststoffgehalt: 71 %
Produkt 3:	Chargennummer: Pulver 243087100049743; Dispersion 311005100056096 Lufttemperatur bei der Beschichtung: 21,8 °C Luftfeuchtigkeit: 49,8 % Schichtdicke: 3 mm Verbrauch: 5 kg/m ²

Lagerung der Platten bei den Herstellern:
Vorgabe 23 °C; 50 % rel. Feuchte

6.2 Eluatherstellung

Alle Gerätschaften für die Elution wurden vom Fraunhofer-Institut zur Verfügung gestellt.

Versuchsaufbau:



In einem Chromatographietrog wurden jeweils zwei Platten pro Produkt mit "Daphnienwasser" (für den Test verwendetes Wasser, Zusammensetzung s. unten) bei 20 ± 2 °C unter Rühren für 24 h eluiert. Das Verhältnis von Oberfläche zu Volumen betrug 1 : 8, so dass sich bei der Beschichtungsfläche von zwei mal 196 cm^2 3136 mL ergaben. Die einzustellende Rührgeschwindigkeit war auf den Rührern markiert. Die Geschwindigkeit sollte somit vergleichbar sein. Nach 24 h wurden die Platten entfernt und das Eluat für die Testung verwendet (Lagerung bis zur Testung: im Kühlschrank in Glasflaschen).

Zusammensetzung der Elutionslösung sowie des Verdünnungswassers:

Für die Elution sowie als Verdünnungswasser war synthetisches Wasser gemäß Richtlinie zu verwenden. Es wurde aus folgenden Lösungen und Reinstwasser bereitet.

- (a) $\text{CaCl}_2 \cdot 6 \text{ H}_2\text{O}$: 17,52 g/L
- (b) $\text{MgSO}_4 \cdot 7 \text{ H}_2\text{O}$: 4,93 g/L
- (c) NaHCO_3 : 2,52 g/L
- (d) KCl: 0,22 g/L

Lösungen a – d je 25 mL/L synth. Wasser

6.3 Daphnientest

Mit einem Aliquot des Eluats wurde der Daphnientest gemäß Richtlinie DIN 38412-30 (1989-03-00) angesetzt. Aufgrund der besonderen Beobachtungen bei den Vorversuchen waren einige geringfügige Modifikationen vorgesehen, um mögliche Effekte deutlicher sichtbar werden zu lassen:

- Verdünnungsstufen: G1, G2, G3, G4, G8, G16 (Eluat)
- Referenzsubstanz: Kaliumdichromat; geeignete Stammlösung gemäß Erfahrungswert zur Errechnung eines EC_{50}
- Anzahl an Organismen: 10 pro Verdünnungsstufe (für die Kontrolle 20)
- Inkubationszeit: Eluat 48 h; Referenzsubstanz 24 h
- Auswertungszeitpunkte: nach 24 und 48 h (für die Referenzsubstanz nur ein einmaliger Auswertungszeitpunkt nach 24 h)

- Physikalisch-chemische Messungen:
O₂ und pH-Wert zu Beginn und am Testende;
DOC-Gehalt und Leitfähigkeit in den Eluaten
zum Zeitpunkt des Testansatzes
- Kontrolle der Tiere: Vor Testbeginn sowie am Testende wurden exemplarisch einige Tiere unter dem Mikroskop auf ihren „Gesundheitszustand“ überprüft.

6.4 Verwendete Daphnien

Partner 1: *Daphnia magna* STRAUS Clone 5, am 12.10.2001 vom WaBoLu, Berlin, erhalten; Zucht in 2 L-Bechergläsern, 30 - 40 Alttiere/Glas kupferfreiem Leitungswasser, 3-mal wöchentlich Mediumswechsel, 3-mal wöchentlich Absieben der Jungtiere, 3-mal wöchentlich Fütterung mit Grünalgen (*Desmodesmus supspicatus*)

Partner 2: *Daphnia magna* STRAUS, Stamm Berlin; am 30.03.2003 vom Umweltbundesamt erhalten (ca. einmal jährlich neue Charge vom UBA); Zucht in 2 L-Bechergläsern, ca. 15 Alttiere/Glas in M4-Medium, 2-mal wöchentlich Mediumswechsel, tägl. Absieben der Jungtiere, tägl. Fütterung mit Grünalgen und/oder Fischfuttersuspension

Partner 3: *Daphnia magna* STRAUS, am 27.02.2003 vom Umweltbundesamt erhalten; Zucht in 2 L-Bechergläsern, ca. 20 Alttiere/Glas in synthetischem Wasser nach DIN, 3-mal wöchentlich Mediumswechsel, 3-mal wöchentlich Absieben der Jungtiere, tägliche Fütterung (2 mL Algensuspension mit einer Zelldichte von ca. $5 \cdot 10^6$ Zellen/mL) mit Grünalgen (*Desmodesmus supspicatus*)

Partner 4: *Daphnia magna* STRAUS Clone 5 aus Sheffield; seit 9/90 eigene Nachzucht im Labor (Bechergläser 1 L, gefüllt mit 700 mL M4); ca. 15 Alttiere/Glas in M4-Medium nach Elendt-Schneider, einmal wöchentlich Mediumswechsel, werktägl. Absieben der Jungtiere, werktägl. Fütterung mit mit frischen *Desmodesmus subspicatus*, entspr. 0,1 mg C/(Daphnie x Tag)

6.5 Zeitplan

Beschichtung der Platten durch die Hersteller:	07.04.2003
Lagerung der Platten bei den Herstellern:	07.04.2003 – 17. KW
Verschickung der Platten an das Fh-IME:	Produkt 1: 23.04.2003 Produkt 3: 22.04.2003
Ankunft der Platten beim Fh-IME:	Produkt 1: 29.04.2003 Produkt 3: 23.04.2003
Versand eines Teils der Platten an die Teilnehmer:	29.04.2003
Ankunft der Platten bei den Teilnehmern:	30.04.2003
Eluatherstellung beim Fh-IME:	04. – 05.2003
Eluatversand an die Teilnehmer:	05.05.2003
Eluatherstellung bei den Teilnehmern:	05. – 06.05.2003
Durchführung des Tests:	07. – 09.05.2003-05-23

7 Ergebnisse

7.1 Eluatcharakterisierung

Die Kenndaten der Eluate, die von den einzelnen Partnern erhoben wurden, sind aus Tabelle 1 ersichtlich. Die Ergebnisse für die Eluate, die zentral bzw. bei den einzelnen Partnern hergestellt wurden, entsprechen einander weitgehend. Nur beim Eluat von Bauprodukt 3, das von Partner 3 hergestellt wurde, ergaben sich ein deutlich niedrigerer pH-Wert sowie eine deutlich geringere elektrische Leitfähigkeit.

Tabelle 1: Kenndaten der Eluate (von den Partnern erhoben)

	Partner 1	Partner 2	Partner 3	Partner 4
Eluat von Bauprodukt 1, zentral hergestellt				
pH-Wert	8,7	8,4	8,0	8,3
El. Leitfähigkeit [µS/cm]	662	705	683	676
TOC [mg/L]	25	27	21	25
Eluat von Bauprodukt 1, selbst hergestellt				
pH-Wert	8,8	7,7	7,8	8,2
El. Leitfähigkeit [µS/cm]	680	730	438	701
TOC [mg/L]	26	28	20	25
Eluat von Bauprodukt 3, zentral hergestellt				
pH-Wert	11,3	11,2	11,2	10,8
El. Leitfähigkeit [µS/cm]	704	712	720	702
TOC [mg/L]	11	12	13	12
Eluat von Bauprodukt 3, selbst hergestellt				
pH-Wert	11,4	10,7	8,1	10,8
El. Leitfähigkeit [µS/cm]	799	738	394	717
TOC [mg/L]	10	14	12	13

7.2 Daphnientest

Validitätskriterien:

Um die Validität von Testergebnissen zu beurteilen, sind in den einzelnen Richtlinien zum Daphnientest, die sich bezüglich der Durchführung nicht deutlich unterscheiden, verschiedene Kriterien aufgeführt. Diese betreffen die Testung einer Referenzsubstanz sowie Angaben zum O₂-Gehalt und zur Immobilisierungsrate in den Kontrollansätzen. Die Kriterien sind in Tabelle 2 aufgeführt.

Tabelle 2: Validitätskriterien in einzelnen Richtlinien zum Daphnientest

Richtlinie	Referenzsubstanz K ₂ Cr ₂ O ₇ EC ₅₀ [mg/L]	Immobilisierung in den Kontrollansätzen	O ₂ -Gehalt am Testende
DIN 38412-30	---	≤ 10 % (bei Verwendung von 10 Tieren pro Ansatz)	---
DIN 38412-11	0,9 bis 1,9	< 10 % (mind. 20 Tiere pro Ansatz)	---
EN ISO 6341	0,6 – 1,7	≤ 10 %	≥ 2 mg/L
DIN EN ISO 6341	0,6 – 2,4	≤ 10 %	≥ 2 mg/L
OECD 202	---	≤ 10 %	≥ 60 % O ₂ -Sättigung bei der Testtemperatur

Neben diesen Parametern wurde im Rahmen des Laborvergleichstests zusätzlich der pH-Wert erfasst. Im Folgenden sollen zunächst die Einhaltung der Validitätskriterien bei den einzelnen Partnern vorgestellt werden.

Referenzsubstanz

Die Testung der Referenzsubstanz K₂Cr₂O₇ führte bei allen Partnern zu Dosis-Wirkungsbeziehungen, aus denen sich folgende EC₅₀-Werte berechnen lassen:

Partner 1:	1,25 mg/L
Partner 2:	1,1 mg/L
Partner 3:	0,16 mg/L
Partner 4:	1,56 mg/L

Die Einzelwerte können dem Anhang (Tabelle 5 - Tabelle 8) entnommen werden. Auf der Basis der Validitätswerte (Tabelle 2) liegen die Partner 1, 2 und 4 innerhalb der angegebenen Spannen. Die Tiere von Partner 3 reagierten sehr empfindlich auf die Referenzsubstanz.

pH-Wert, O₂-Gehalte und Immobilisierung in den Kontrollansätzen

Bei keinem der Partner zeigten sich bei den Parametern pH-Wert, O₂-Gehalt und Immobilisierung in den Kontrollansätzen Auffälligkeiten. Die pH-Werte lagen zwischen 6,9 und 8,3, die O₂-Gehalte über 8 mg/L. Die Immobilisierung in den Kontrollansätzen überstieg nie 10 %.

Die Einzelwerte können dem Anhang (Tabelle 9 - Tabelle 12) entnommen werden.

Auf der Basis der verschiedenen Validitätskriterien sind die nachfolgend vorgestellten Ergebnisse zu den Eluaten von den Bauprodukten für die Partner 1, 2 und 4 uneingeschränkt als gültig zu werten. Bei Partner 3 muss bei der Interpretation die starke Sensitivität der Tiere berücksichtigt werden.

Eluate von Bauprodukten

Die Elution von Bauprodukt 3 führte teilweise zu einem deutlichen weißen Niederschlag in den Elutionsgefäßen. Beobachtet bzw. berichtet wurde dies zumindest bei den selbst hergestellten Eluaten von Bauprodukt 3 der Partner 1 und 2.

Die Ergebnisse der Tests sind in Abbildung 1 - Abbildung 4 aufgeführt. Dargestellt ist jeweils der Prozentanteil der immobilisierten Tiere in den einzelnen Konzentrationsstufen der Versuchsansätze. Die Einzelwerte können Tabelle 13 - Tabelle 20 aus dem Anhang entnommen werden. Die Ergebnisse ergaben ein sehr uneinheitliches Bild. Zwischen den einzelnen Partnern konnten die Resultate für ein Eluat von 0 % Immobilisation bis zu 100 % Immobilisation reichen. Auffallend ist, dass die Unterschiede in den Ergebnissen zwischen den Partnern größer sind als zwischen den Eluatvarianten (selbst bzw. zentral hergestellt). Die mikroskopischen Untersuchungen vor und nach dem Test ergaben bei keinem der Partner Auffälligkeiten. Folgende Charakteristika lassen sich erkennen:

Bei Partner 1 wurden bei der Testung der Eluate im Gegensatz zur Testung der Referenzsubstanz keine Dosis-Wirkungsbeziehung erhalten. Ohne Beziehung zur Eluatkonzentration wechselten bei einigen Versuchsansätzen toxische Effekte (bis zu 100 %) mit untoxischen Effekten ab. Ein Zusammenhang von zentral hergestelltem bzw. selbst hergestelltem Eluat und den jeweiligen Ergebnissen kann nicht zweifelsfrei hergestellt werden. Die Ansätze wurden zur Absicherung mit den bereits vorlie-

genden Eluaten wiederholt, wobei sich tendenziell ein vergleichbares Bild ergab. Bis zur Wiederholung waren die Eluate bei 4 °C gelagert worden. Werden die Gültigkeitskriterien "maximale Immobilisierung im Kontrollansatz" und "EC-Wert der Referenzsubstanz" zu Grunde gelegt, sind alle Wiederholungstests analog zu dem ersten Versuchsansatz als gültig zu werten (EC₅₀ der Referenzsubstanz bei den Wiederholungsansätzen: 1,02 mg/L; Immobilisierung in der Kontrolle: 0 %).

Bei Partner 2 war die Hemmwirkung durch die Eluate schwach ausgeprägt. Maximal wurde nach 48 h 20 % Hemmung erzielt. Auffallend war, dass bei drei der vier Versuchsreihen mit Produkteluaten nach 24 h eine höhere Anzahl an Tieren ermittelt wurde, die an der Oberfläche immobilisiert vorlagen, als nach 48 h. Nach 48 h lagen sie teilweise wieder frei schwimmend vor.

Bei Partner 3 wurden Dosis-Wirkungsbeziehungen erhalten. Die Immobilisierungsraten waren vergleichsweise hoch, was jedoch auch für die Referenzsubstanz zutraf. Möglicherweise würden zu einem anderen Zeitpunkt, bei dem die hauseigene Zucht eine geringere Sensitivität aufzeigt, auch geringere Immobilisationsraten bei den Eluaten erzielt.

Bei Partner 4 war nur bei dem zentral hergestellten Eluat von Bauprodukt 3 eine deutliche Hemmung zu beobachten. Bei allen anderen Eluaten trat keine Immobilisierung auf.

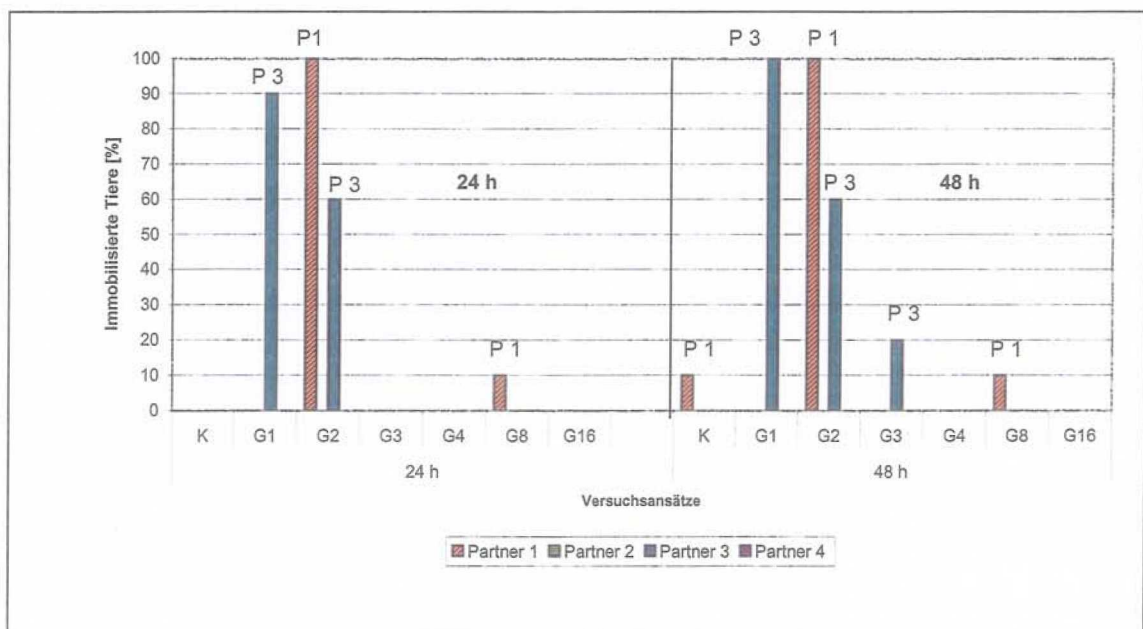


Abbildung 1: Zentral hergestelltes Eluat von Bauprodukt 1 - Immobilisation der Daphnien (P = Partner)

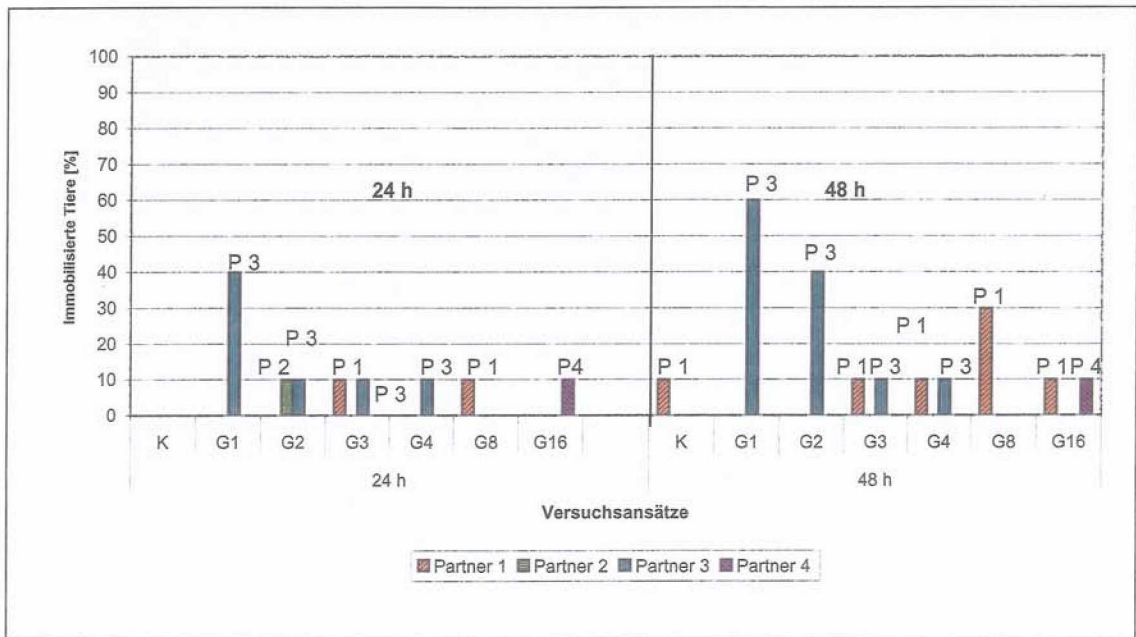


Abbildung 2: Selbst hergestelltes Eluat von Bauprodukt 1 - Immobilisation der Daphnien (P = Partner)

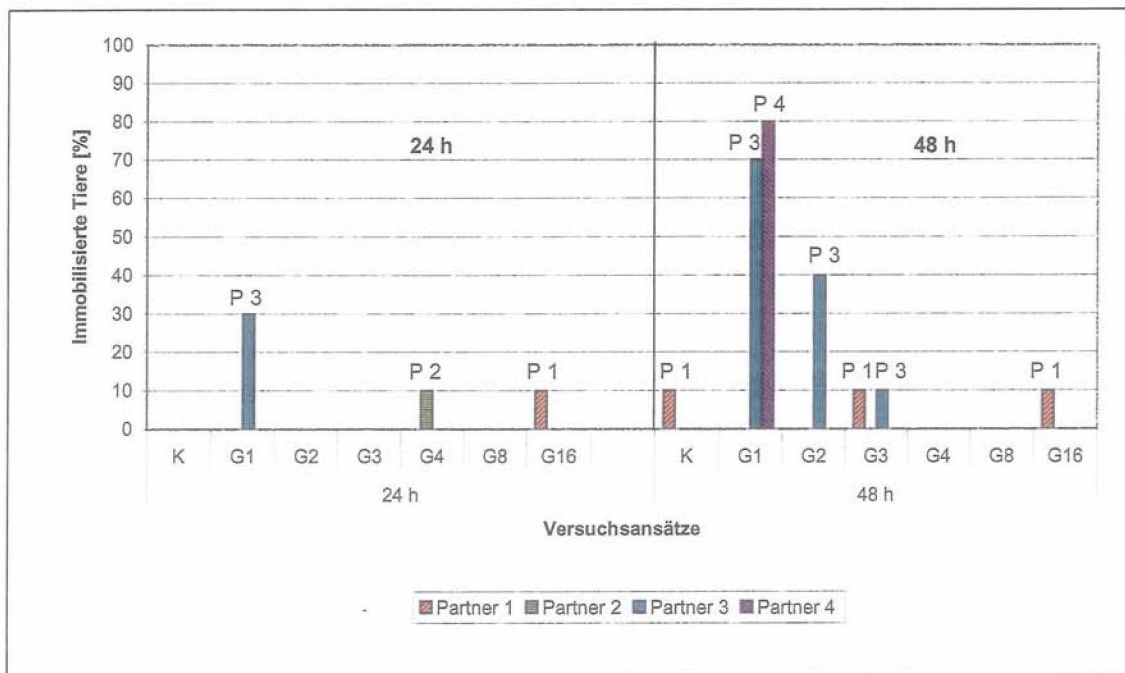


Abbildung 3: Zentral hergestelltes Eluat von Bauprodukt 3 - Immobilisation der Daphnien (P = Partner)

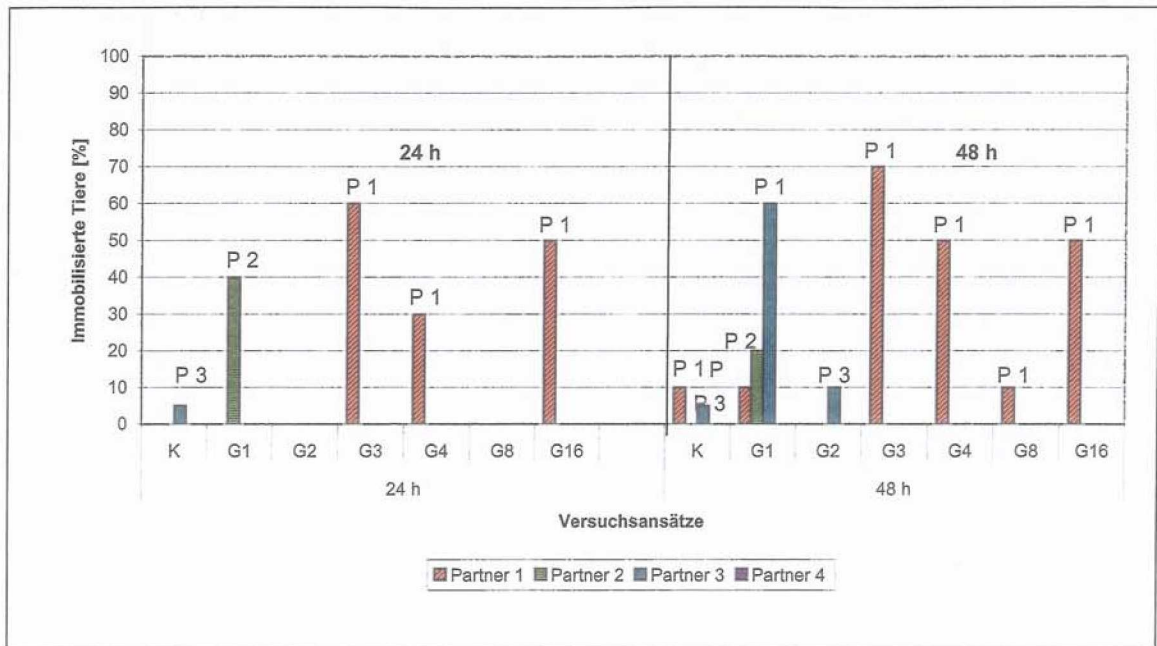


Abbildung 4: Selbst hergestelltes Eluat von Bauprodukt 3 - Immobilisation der Daphnien (P = Partner)

Die problemlose Durchführung der Untersuchung mit Referenzsubstanz legt den Schluss nahe, dass die Variabilität in den Ergebnissen bei den Produkteluaten zwischen den Partnern spezifisch für Bauprodukte ist. Die Variabilität kann bislang keiner Ursache zugeordnet werden. So war der Prozess der Elution einschließlich des zu verwendenden Verdünnungswassers vorgeschrieben worden. Alle Partner hatten die identische Elutionsausstattung erhalten, die Rührgeschwindigkeit war abgeglichen worden. Die Zeitabläufe waren nahezu identisch (Tabelle 3). Alle Partner waren geübt in Daphnientests. Unterschiede ergaben sich nur bei den Testtieren, da jeder seine eigene Zucht verwendete. Bei allen Organismen handelte es sich jedoch um *Daphnia magna* STRAUS. Mit Ausnahme von Partner 3 reagierten die Tiere auf die Referenzsubstanz in vergleichbarer Weise.

Zusatzuntersuchungen ergaben, dass der weiße Niederschlag im Eluat von Produkt 3 weder durch Temperaturerhöhung (bis ca. 80 °C) noch durch heftiges Rühren auflösen war. Die Toxizität, die von Partner 1 beobachtet worden war, ging mit längerer Lagerdauer zurück (Beleg durch wiederholte Testdurchführung über einen Zeitraum von ca. 4 Wochen).

Tabelle 3: Zeitablauf der Eluatherstellung und -testung bei den einzelnen Partnern

	Partner 1	Partner 2	Partner 3	Partner 4
Eluatherstellung:				
Datum:	5.5. – 6.5.	5.5. – 6.5.	5.5. – 6.5.	5.5. – 6.5.
Uhrzeit:	16.00 Uhr	16.30 Uhr	14.30 Uhr	15.00 Uhr
Testansatz				
Datum:	7.5.	7.5.	7.5.	7.5.
Uhrzeit:	13.45 Uhr	11.30 Uhr (Eluate) 12.30 Uhr (Referenz)	13.30 Uhr	11.00 Uhr
Testende				
Datum:	9.5.	9.5.	9.5.	9.5.
Uhrzeit:	13.45 Uhr	11.40 Uhr (Eluate) 12.30 Uhr (Referenz)	14.00 Uhr	11.00 Uhr

Gemäß DIBt-Merkblatt ist ein Eluat als toxisch zu werten, wenn der G-Wert > 6 ist. Dem G-Wert liegt gemäß DIN 38412-30 diejenige Verdünnungsstufe zugrunde, bei der mindestens 90 % der Daphnien ihre Schwimmfähigkeit behalten haben. Werden die Ergebnisse entsprechend gewertet, ergibt sich das in Tabelle 4 aufgeführte Bild. Das "?" gibt an, dass nach untoxischen Verdünnungsstufen nochmals Verdünnungsstufen mit immobilisierten Tieren vorlagen, was eine Beurteilung erschwert. Als Bewertungszeitraum wurden 48 h zu Grunde gelegt.

Tabelle 4: Beurteilung der Eluate (Prädikat "toxisch" bei $G > 6$; Basis für die Beurteilung: maximal 10 % immobilisierte Tiere; Inkubationsdauer: 48 h)

	Partner 1	Partner 2	Partner 3	Partner 4
Eluat von BP 1, zentral hergestellt	? (G1: 0 %; G2: 100 %; G3: 0 %; G8: 10 %)	untoxisch	untoxisch	untoxisch
Eluat von BP 1, selbst hergestellt	? (z.B.: G1: 0 %; G3: 10 %; G8: 30 %)	untoxisch	untoxisch	untoxisch
Eluat von BP 3, zentral hergestellt	untoxisch	untoxisch	untoxisch	untoxisch
Eluat von BP 3, selbst hergestellt	? (z.B.: G1: 10 %; G3: 70 %; G8: 10 %; G 16: 50 %)	untoxisch	untoxisch	untoxisch

"?": nach untoxischen Verdünnungsstufen nochmals Verdünnungsstufen mit immobilisierten Tieren und somit keine Beurteilung möglich

8 Zusammenfassung und Schlussfolgerung

Ziel dieses Vorhabens war die Überprüfung der Eignung des Daphnientests für die Untersuchung von Eluaten von erdberührten Bauteilen.

Die Anwendung dieses Tests ist im DIBt-Merkblatt zur Bewertung der Auswirkungen von Bauprodukten auf Boden und Grundwasser bei entsprechenden Voraussetzungen vorgesehen. In einem Modellvorhaben, das vom Verband der Deutschen Bauchemie in den Jahren 2001/2002 initiiert und finanziert wurde, wurden die im Merkblatt aufgeführten Testsysteme exemplarisch erprobt. Dabei ergaben sich inkonsistente Ergebnisse im Test mit Daphnien, deren Ursache im Rahmen des Projektes nicht geklärt werden konnte.

Um festzustellen, ob der Daphnientest generell für die Untersuchung von Bauprodukteluaten geeignet ist, wurde daher ein Laborvergleichstest mit vier Teilnehmern durchgeführt.

Auf der Basis der Ergebnisse des von der Deutschen Bauchemie finanzierten Vorgängerprojektes wurden zwei der dort eingesetzten Produkte ausgewählt. Die Wahl fiel auf folgende Produkte (Nomenklatur entspricht derjenigen im Vorgängerprojekt):

- Produkt 1
Bitumendickbeschichtung (anionisch), Einkomponentenprodukt
- Produkt 3
Dichtungsschlämme (zementgebunden), Zweikomponentensystem, flexibel

Folgende Vorgehensweise wurde gewählt:

1. Beschichtung von Glasplatten (einseitig) mit den Produkten durch die Hersteller
2. Alterung der Beschichtung für 4 Wochen unter definierten Bedingungen
3. Zentrale Elution im Trogversuch von einigen Platten durch das Fraunhofer-Institut und Versand der Eluate an die Partner
4. Elution von jeweils zwei Platten durch die Partner
5. Untersuchung der versandten und zugeschickten Eluate in verschiedenen Verdünnungsstufen sowie einer Referenzsubstanz ($K_2Cr_2O_7$) im Daphnientest

Die Ergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen:

Validitätskriterien

Die Gültigkeitskriterien O₂-Gehalt und Immobilisationsrate in den Kontrollansätzen, die in vergleichbaren Testvorschriften aufgeführt sind, wurden von allen Partnern eingehalten. Der EC₅₀, der für die Referenzsubstanz errechnet wurde, lag bei drei der Partner innerhalb der in vergleichbaren Testvorschriften angegebenen Spannen. Die Tiere eines Partners waren deutlich empfindlicher.

Eluatentestung

Die Ergebnisse zwischen den Partnern differierten bei der Testung der Eluate deutlich. Auffallend war, dass partnerspezifische Besonderheiten auftraten:

Partner 1: Toxizität ohne Dosis-Wirkungsbeziehungen

Partner 2: An der Oberfläche immobilisierte Daphnien nach 24 h, die nach 48 h wieder frei schwimmend vorlagen

Partner 3: Dosis-Wirkungs-Beziehungen; dabei ist zu berücksichtigen, dass die eingesetzten Tiere generell eine hohe Sensitivität aufwiesen (s. Testung der Referenzsubstanz)

Partner 4: nur in einer Konzentration bei einem Eluat toxische Effekte, sonst kein Effekt.

Generell lässt sich feststellen, dass die Besonderheiten nur bei der Testung der Eluate auftraten, nie bei der Testung der Referenzsubstanz.

Gemäß Richtlinie ist eine gewisse Toxizität in den Eluaten tolerabel. Eluate gelten erst als toxisch, wenn der G-Wert über 6 liegt. Auf dieser Basis sind die Eluate schwerpunktmäßig als untoxisch zu beurteilen.

Die starke Variabilität zwischen den Partnern, die immer noch keiner Ursache zugeordnet werden kann, legt den Schluss nahe, dass der Test in der jetzigen Form für Bauprodukte nicht uneingeschränkt zu empfehlen ist. Wird der Test weiter im Merkblatt aufgeführt, sollte zumindest darauf hingewiesen werden, dass eine Wertung der Ergebnisse nur möglich ist, wenn die Ergebnisse logisch interpretiert werden können. Logische Interpretationen stellen beispielsweise dar:

- **Erkennbare Dosis-Wirkungsbeziehung**
- **Alle untersuchten Konzentrationen 100 % Immobilisierung bei gleichzeitigem EC₅₀ der Referenzsubstanz im erwarteten Bereich**

- **Alle untersuchten Konzentrationen unter dem Schwellenwert, der eine Toxizität anzeigt, bei gleichzeitigem EC₅₀ der Referenzsubstanz im erwarteten Bereich**

9 Beteiligung an Projektkonzeption und -betreuung

An der Projektkonzeption und –betreuung waren des Weiteren maßgeblich beteiligt:

- Dr. H. Th. Grunder (Ökotoxikologische Bewertung von Bauprodukten, Berlin)
- Prof. Dr. G. Röderer (Wacker Chemie GmbH, Burghausen)

10 Verwendete Richtlinie

DIN 38412-30 (1989-03-00): Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung; Testverfahren mit Wasserorganismen (Gruppe L); Bestimmung der nicht akut giftigen Wirkung von Abwasser gegenüber Daphnien über Verdünnungsstufen (L 30)

Anhang:

Tabellarische Zusammenstellung aller Daten

Tabelle 5: Partner 1 - Ergebnisprotokoll zur Referenzsubstanz $K_2Cr_2O_7$

Konzentration [mg/L]	Schwimmunfähige Daphnien nach 24 h			pH-Wert		O ₂ -Gehalt [mg/L]	
	Parallele 1	Parallele 2	Summe in [%]	0 h	24 h	0 h	24 h
Kontrolle *)	0	0	0	8,2	8,2	8,6	8,9
Kontrolle *)	0	0	-	-	-	-	-
3,04	5	5	100	8,1	8,2	8,9	8,3
2,03	4	4	80	8,2	8,2	8,9	8,3
1,35	3	2	50	8,2	8,2	9,1	8,3
0,9	2	2	40	8,2	8,2	9,0	8,4
0,6	0	0	0	8,2	8,2	9,2	8,6

*) die Kontrolle wurde in vier Parallelen angesetzt

Tabelle 6: Partner 2 - Ergebnisprotokoll zur Referenzsubstanz $K_2Cr_2O_7$

Konzentration [mg/L]	Schwimmunfähige Daphnien nach 24 h					pH-Wert		O ₂ -Gehalt [mg/L]	
	Parallele 1	Parallele 2	Parallele 3	Parallele 4	Summe in [%]	0 h	24 h	0 h	24 h
Kontrolle	0	0	0	0	0	7,8	8,0	8,6	8,6
3,0	5	5	5	5	100	7,7	7,8	8,8	8,6
2,5	5	5	5	5	100	7,7	7,8	8,8	8,6
2,0	5	5	5	5	100	7,7	7,8	8,9	8,5
1,5	5	5	5	4	95	7,8	7,8	8,8	8,7
1,25	2	4	0	4	50	7,8	7,8	8,8	8,6
1,0	0	0	3	5	40	7,8	7,7	8,7	8,8
0,625	0	0	0	1	5	7,8	7,7	8,5	8,8

Tabelle 7: Partner 3 - Ergebnisprotokoll zur Referenzsubstanz $K_2Cr_2O_7$

Konzentration [mg/L]	Schwimmunfähige Daphnien nach 24 h			pH-Wert		O ₂ -Gehalt [mg/L]	
	Parallele 1	Parallele 2	Summe in [%]	0 h	24 h	0 h	24 h
Kontrolle *)	0	0	5	7,1	8,0	8,7	8,9
Kontrolle *)	0	1	-	-	-	-	-
2,0	10	10	100	7,1	8,0	8,5	8,5
1,0	10	10	100	7,0	7,9	8,5	8,5
0,5	10	10	100	7,2	8,0	8,8	8,7
0,25	10	10	100	7,1	8,1	8,5	8,8
0,125	2	2	20	7,0	8,1	8,8	8,7

*) : die Kontrolle wurde in vier Parallelen angesetzt

Tabelle 8: Partner 4 - Ergebnisprotokoll zur Referenzsubstanz $K_2Cr_2O_7$

Konzentration [mg/L]	Schwimmunfähige Daphnien nach 24 h			pH-Wert		O ₂ -Gehalt [mg/L]	
	Parallele 1	Parallele 2	Summe in [%]	0 h	24 h	0 h	24 h
Kontrolle	0	0	0	7,9	8,0	8,5	8,4
3,00	10	9	95	7,7	8,0	8,6	8,6
2,75	9	10	95	7,7	8,0	8,7	8,6
2,50	9	9	90	7,7	8,0	8,7	8,5
2,25	8	8	80	7,7	8,0	8,7	8,6
2,00	9	8	85	7,7	8,0	8,7	8,6
1,75	5	4	45	7,8	8,0	8,7	8,6
1,50	3	4	35	7,8	8,0	8,6	8,5
1,25	4	5	45	7,8	8,1	8,7	8,5
1,00	2	1	15	7,8	8,0	8,7	8,5
0,75	0	0	0	7,8	8,0	8,7	8,5

Tabelle 9: Eluat von Bauprodukt 1, zentral hergestellt - pH-Werte und O₂-Gehalte

	Partner 1		Partner 2		Partner 3		Partner 4	
	0 h	48 h	0 h	48 h	0 h	48 h	0 h	48 h
pH-Werte								
Kontrolle	8,2	8,2	7,8	7,5	7,1	8,0	7,9	8,1
G1	7,6	8,2	7,2	7,7	7,1	8,1	7,1	7,9
G2	7,9	8,2	7,5	7,7	7,1	8,2	7,6	8,0
G3	8,1	8,3	n.b.	n.b.	7,1	8,2	7,7	8,0
G4	8,7	8,3	7,7	7,7	7,2	8,2	7,8	8,0
G8	8,1	8,3	7,7	7,7	7,2	8,1	7,9	8,0
G16	8,1	8,2	7,8	7,7	7,2	8,2	7,9	8,0
O ₂ -Gehalt [mg/L]								
Kontrolle	8,6	9,1	8,6	8,3	8,0	8,9	8,5	8,9
G1	8,9	7,9	9,7	8,4	8,1	8,8	9,0	8,3
G2	8,8	7,7	9,0	8,3	8,2	8,8	8,9	8,5
G3	8,8	8,2	n.b.	n.b.	8,2	8,8	8,8	8,6
G4	8,9	8,1	8,9	8,4	8,2	8,9	8,7	8,6
G8	8,8	8,3	8,8	8,3	8,1	8,7	8,7	8,6
G16	8,7	8,3	8,9	8,2	8,2	8,8	8,6	8,6

n.b. = nicht bestimmt

Tabelle 10: Eluat von Bauprodukt 1, selbst hergestellt - pH-Werte und O₂-Gehalte

	Partner 1		Partner 2		Partner 3		Partner 4	
	0 h	48 h	0 h	48 h	0 h	48 h	0 h	48 h
pH-Werte								
Kontrolle	8,2	8,2	7,8	7,5	7,1	8,0	7,9	8,1
G1	7,5	8,2	7,0	7,8	7,2	8,2	7,1	7,9
G2	7,8	8,2	7,3	7,8	7,1	8,2	7,5	8,0
G3	8,0	8,3	n.b.	n.b.	7,1	8,2	7,6	8,0
G4	8,0	8,3	7,7	7,7	7,0	8,1	7,8	8,0
G8	8,1	8,3	7,7	7,7	7,2	8,1	7,9	8,0
G16	8,1	8,2	7,5	7,6	7,0	7,9	7,9	8,1
O ₂ -Gehalt [mg/L]								
Kontrolle	8,6	9,1	8,6	8,3	8,7	8,9	8,5	8,9
G1	9,3	7,8	9,4	8,5	9,0	8,9	9,0	8,6
G2	9,0	7,8	8,9	8,5	8,9	9,0	8,8	8,6
G3	8,8	7,9	n.b.	n.b.	8,9	9,1	8,8	8,5
G4	8,7	7,9	9,0	8,5	8,8	9,0	8,7	8,6
G8	8,8	8,1	8,8	8,4	8,7	8,9	8,8	8,6
G16	8,7	8,0	8,8	8,4	8,7	8,9	8,9	8,6

n.b. = nicht bestimmt

Tabelle 11: Eluat von Bauprodukt 3, zentral hergestellt - pH-Werte und O₂-Gehalte

	Partner 1		Partner 2		Partner 3		Partner 4	
	0 h	48 h	0 h	48 h	0 h	48 h	0 h	48 h
pH-Werte								
Kontrolle	8,2	8,2	7,8	7,5	7,1	8,0	7,9	8,1
G1	7,4	7,5	7,2	7,3	7,2	8,2	7,0	7,4
G2	8,1	8,1	7,7	7,6	7,0	8,1	7,3	7,8
G3	8,1	8,2	n.b.	n.b.	7,2	8,2	7,8	7,8
G4	8,2	8,2	7,6	7,7	7,1	8,1	7,9	7,9
G8	8,2	8,2	7,5	7,7	7,0	8,1	7,9	8,0
G16	8,2	8,2	7,5	7,7	7,1	8,2	7,9	8,0
O ₂ -Gehalt [mg/L]								
Kontrolle	8,6	9,1	8,6	8,3	8,7	8,9	8,5	8,9
G1	9,2	8,0	9,6	8,4	8,3	8,7	8,9	8,7
G2	8,8	8,1	9,1	8,4	8,9	8,5	8,7	8,7
G3	8,8	8,2	n.b.	n.b.	8,8	9,1	8,8	8,4
G4	8,9	8,3	8,8	8,4	8,8	8,8	8,8	8,5
G8	9,0	8,3	8,9	8,4	8,8	8,9	8,7	8,6
G16	8,8	8,3	8,9	8,5	8,7	8,8	8,5	8,7

n.b. = nicht bestimmt

Tabelle 12: Eluat von Bauprodukt 3, selbst hergestellt - pH-Werte und O₂-Gehalte

	Partner 1		Partner 2		Partner 3		Partner 4	
	0 h	48 h	0 h	48 h	0 h	48 h	0 h	48 h
pH-Werte								
Kontrolle	8,2	8,2	7,8	7,5	7,1	8,0	7,9	8,1
G1	7,3	7,6	7,0	7,3	6,9	7,9	7,0	7,4
G2	8,0	8,2	7,3	7,6	7,1	7,8	7,2	7,7
G3	8,1	8,2	n.b.	n.b.	7,2	7,8	7,4	7,8
G4	8,1	8,3	7,7	7,7	7,2	7,7	7,6	7,9
G8	8,2	8,3	7,7	7,7	7,2	7,5	7,8	7,9
G16	8,2	8,3	7,7	7,7	7,0	7,4	7,9	8,0
O ₂ -Gehalt [mg/L]								
Kontrolle	8,6	9,1	8,6	8,3	8,7	8,9	8,5	8,9
G1	9,2	8,0	9,4	8,4	8,8	8,9	9,0	8,6
G2	8,9	8,0	9,1	8,4	8,8	8,8	8,9	8,5
G3	8,8	8,0	n.b.	n.b.	8,7	8,8	8,9	8,7
G4	8,8	8,0	9,0	8,4	8,6	8,7	9,0	8,6
G8	8,7	8,1	8,9	8,5	8,5	8,7	8,8	8,6
G16	8,6	7,9	8,9	8,4	8,6	8,9	8,7	8,6

n.b. = nicht bestimmt

Tabelle 13: Eluat von Bauprodukt 1: zentral hergestellt - immobilisierte Tiere (Absolutwerte) in den Testansätzen aller Partner

	Partner 1		Partner 2		Partner 3		Partner 4	
	Parallele 1	Parallele 2	Parallele 1	Parallele 2	Parallele 1	Parallele 2	Parallele 1	Parallele 2
24 h								
Kontrolle *)	0	0	0	0	0	0	0	0
Kontrolle *)	0	0	0	0	0	0	0	0
G1	0	0	0	0	4	5	0	0
G2	5	5	0	0	3	3	0	0
G3	0	0	n.b.	n.b.	0	0	0	0
G4	0	0	0	0	0	0	0	0
G8	1	0	0	0	0	0	0	0
G16	0	0	0	0	0	0	0	0
48 h								
Kontrolle *)	1	0	0	0	0	0	0	0
Kontrolle *)	1	0	0	0	0	0	0	0
G1	0	0	0	0	5	5	0	0
G2	5	5	0	0	3	3	0	0
G3	0	0	n.b.	n.b.	1	1	0	0
G4	0	0	0	0	0	0	0	0
G8	1	0	0	0	0	0	0	0
G16	0	0	0	0	0	0	0	0

*) : die Kontrolle wurde in vier Parallelen angesetzt; n.b. = nicht bestimmt

Tabelle 14: Eluat von Bauprodukt 1: zentral hergestellt - immobilisierte Tiere (Prozent) in den Testansätzen aller Partner

	Partner 1		Partner 2		Partner 3		Partner 4	
	24 h	48 h	24 h	48 h	24 h	48 h	24 h	48 h
Kontrolle	0	10	0	0	0	0	0	0
G1	0	0	0	0	90	100	0	0
G2	100	100	0	0	60	60	0	0
G3	0	0	n.b.	n.b.	0	20	0	0
G4	0	0	0	0	0	0	0	0
G8	10	10	0	0	0	0	0	0
G16	0	0	0	0	0	0	0	0

n.b. = nicht bestimmt

Tabelle 15: Eluat von Bauprodukt 1: selbst hergestellt - immobilisierte Tiere (Absolutwerte) in den Testansätzen aller Partner

	Partner 1		Partner 2		Partner 3		Partner 4	
	Parallele 1	Parallele 2	Parallele 1	Parallele 2	Parallele 1	Parallele 2	Parallele 1	Parallele 2
24 h								
Kontrolle *)	0	0	0	0	0	0	0	0
Kontrolle *)	0	0	0	0	0	0	0	0
G1	0	0	0	0	3	1	0	0
G2	0	0	1 **)	0	1	0	0	0
G3	0	1	n.b.	n.b.	0	1	0	0
G4	0	0	0	0	1	0	0	0
G8	0	1	0	0	0	0	0	0
G16	0	0	0	0	0	0	1	0
48 h								
Kontrolle *)	1	0	0	0	0	0	0	0
Kontrolle *)	1	0	0	0	0	0	0	0
G1	0	0	0	0	3	3	0	0
G2	0	0	0 **)	0	3	1	0	0
G3	0	1	n.b.	n.b.	0	1	0	0
G4	0	1	0	0	1	0	0	0
G8	0	3	0	0	0	0	0	0
G16	1	0	0	0	0	0	1	0

*) : die Kontrolle wurde in vier Parallelen angesetzt; **) : eine Daphnie in G2 nach 24 h an der Oberfläche immobilisiert, nach 48 h jedoch wieder frei schwimmend n.b. = nicht bestimmt

Tabelle 16: Eluat von Bauprodukt 1: selbst hergestellt - immobilisierte Tiere (Prozent) in den Testansätzen aller Partner

	Partner 1		Partner 2		Partner 3		Partner 4	
	24 h	48 h	24 h	48 h	24 h	48 h	24 h	48 h
Kontrolle	0	10	0	0	0	0	0	0
G1	0	0	0	0	40	60	0	0
G2	0	0	10	0	10	40	0	0
G3	10	10	n.b.	n.b.	10	10	0	0
G4	0	10	0	0	10	10	0	0
G8	10	30	0	0	0	0	0	0
G16	0	10	0	0	0	0	10	10

n.b. = nicht bestimmt

Tabelle 17: Eluat von Bauprodukt 3: zentral hergestellt - immobilisierte Tiere (Absolutwerte) in den Testansätzen aller Partner

	Partner 1		Partner 2		Partner 3		Partner 4	
	Parallele 1	Parallele 2	Parallele 1	Parallele 2	Parallele 1	Parallele 2	Parallele 1	Parallele 2
24 h								
Kontrolle *)	0	0	0	0	0	0	0	0
Kontrolle *)	0	0	0	0	0	0	0	0
G1	0	0	0	0	2	1	0	0
G2	0	0	0	0	0	0	0	0
G3	0	0	-	-	0	0	0	0
G4	0	0	0	1 **)	0	0	0	0
G8	0	0	0	0	0	0	0	0
G16	0	1	0	0	0	0	0	0
48 h								
Kontrolle *)	1	0	0	0	0	0	0	0
Kontrolle *)	1	0	0	0	0	0	0	0
G1	0	0	0	0	4	3	3	5
G2	0	0	0	0	2	2	0	0
G3	0	1	n.b.	n.b.	1	0	0	0
G4	0	0	0	0 **)	0	0	0	0
G8	0	0	0	0	0	0	0	0
G16	0	1	0	0	0	0	0	0

*) die Kontrolle wurde in vier Parallelen angesetzt; **): Daphnie in G4 nach 24 h an der Oberfläche immobilisiert, nach 48 h jedoch wieder frei schwimmend; n.b. = nicht bestimmt

Tabelle 18: Eluat von Bauprodukt 3: zentral hergestellt - immobilisierte Tiere (Prozent) in den Testansätzen aller Partner

	Partner 1		Partner 2		Partner 3		Partner 4	
	24 h	48 h	24 h	48 h	24 h	48 h	24 h	48 h
Kontrolle	0	10	0	0	0	0	0	0
G1	0	0	0	0	30	70	0	80
G2	0	0	0	0	0	40	0	0
G3	0	10	n.b.	n.b.	0	10	0	0
G4	0	0	10	0	0	0	0	0
G8	0	0	0	0	0	0	0	0
G16	10	10	0	0	0	0	0	0

n.b. = nicht bestimmt

Tabelle 19: Eluat von Bauprodukt 3: selbst hergestellt - immobilisierte Tiere (Absolutwerte) in den Testansätzen aller Partner

	Partner 1		Partner 2		Partner 3		Partner 4	
	Parallele 1	Parallele 2	Parallele 1	Parallele 2	Parallele 1	Parallele 2	Parallele 1	Parallele 2
24 h								
Kontrolle *)	0	0	0	0	0	0	0	0
Kontrolle *)	0	0	0	0	1	0	0	0
G1	0	0	3 **)	1 **)	0	0	0	0
G2	0	0	0	0	0	0	0	0
G3	2	4	n.b.	n.b.	0	0	0	0
G4	0	3	0	0	0	0	0	0
G8	0	0	0	0	0	0	0	0
G16	5	5	0	0	0	0	0	0
48 h								
Kontrolle *)	1	0	0	0	0	0	0	0
Kontrolle *)	1	0	0	0	1	0	0	0
G1	1	0	2 **)	0 **)	3	3	0	0
G2	0	0	0	0	1	0	0	0
G3	3	4	n.b.	n.b.	0	0	0	0
G4	0	5	0	0	0	0	0	0
G8	1	0	0	0	0	0	0	0
G16	5	0	0	0	0	0	0	0

*) : die Kontrolle wurde in vier Parallelen angesetzt; **) : zwei Daphnien in G1 nach 24 h an der Oberfläche immobilisiert, nach 48 h jedoch wieder frei schwimmend n.b. = nicht bestimmt

Tabelle 20: Eluat von Bauprodukt 3: selbst hergestellt - immobilisierte Tiere (Prozent) in den Testansätzen aller Partner

	Partner 1		Partner 2		Partner 3		Partner 4	
	24 h	48 h	24 h	48 h	24 h	48 h	24 h	48 h
Kontrolle	0	10	0	0	5	5	0	0
G1	0	10	40	20	0	60	0	0
G2	0	0	0	0	0	10	0	0
G3	60	70	n.b.	n.b.	0	0	0	0
G4	30	50	0	0	0	0	0	0
G8	0	10	0	0	0	0	0	0
G16	50	50	0	0	0	0	0	0

n.b. = nicht bestimmt