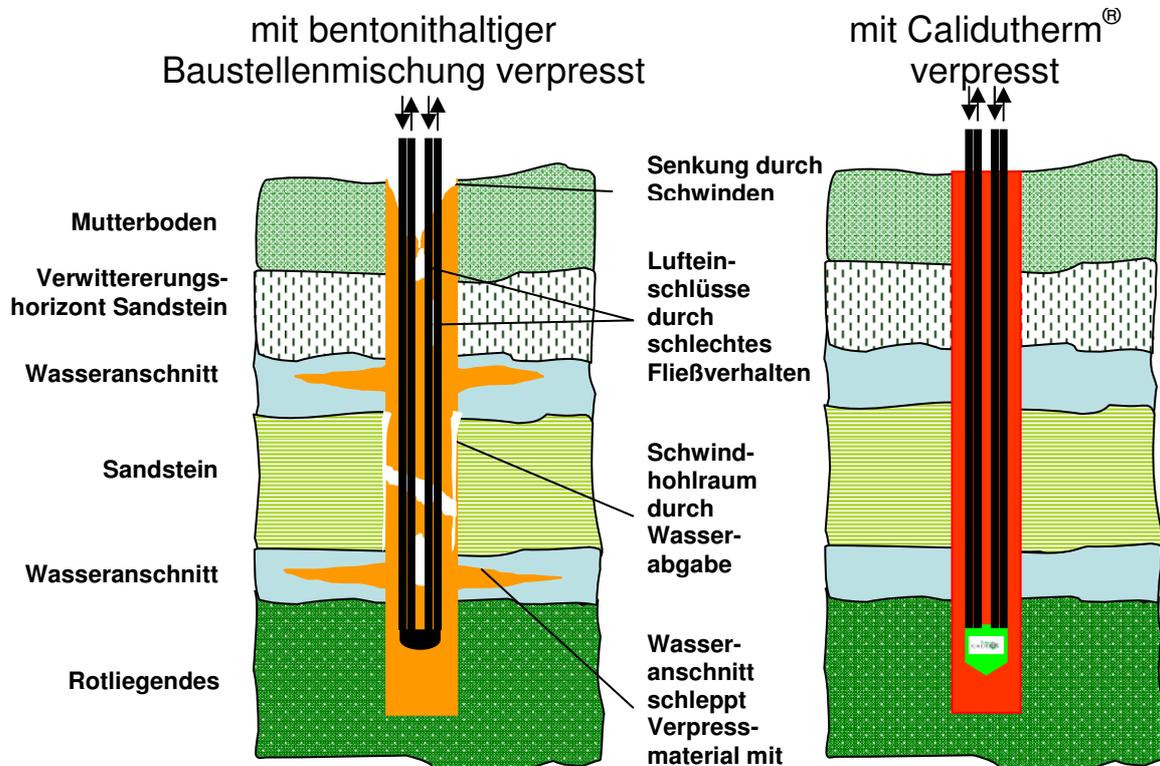


Calidutherm[®]

chromatfreies Verpressmaterial für
Erdwärmesonden nach VDI 4640



TERRA
CALIDUS^{GmbH}

dornburger
zement

GWE
pumpenboese
SBF-HAGUSTA

Terra Calidus GmbH
Siemensstr. 37
07546 Gera
Tel.: 0365 / 55 28 901
info@terra-calidus.de

dornburger zement GmbH & Co. KG
In der Oberaue
07778 Dorndorf-Stednitz
Tel.: 036427 / 861 0

pumpenboese GmbH & Co. KG
Moorbeerenweg 1
31228 Peine
Tel.: 05171 / 294 0
kontakt@gwe-gruppe.de

Inhaltsverzeichnis

1. Datenblatt
2. Materialeigenschaften
 - Bestandteile
 - Kornzusammensetzung
3. Verarbeitung
 - Verhältnis Wasser / Bindemittel
 - Suspensionsdichte
 - Marsh-Zeit
 - Verarbeitungsdauer
 - Wasserabsetzen
 - Ergiebigkeit
4. physikalisch-mechanische Eigenschaften
 - einaxiale Druckfestigkeit nach 28d
 - Dichte im erhärteten Zustand
5. Dauerhaftigkeit
 - Durchlässigkeitsbeiwert k_f
 - Frost-Tauwechsel-Beständigkeit
 - Sulfatbeständigkeit
 - Dichtungseigenschaften
6. Thermische Eigenschaften
 - reale Wärmeleitfähigkeit/Thermischer Bohrlochwiderstand
7. Umwelt
 - Umweltunbedenklichkeit
8. Anlagen
 - Sicherheitsdatenblatt
 - Prüfzeugnisse
 - einaxiale Druckfestigkeit
 - Durchlässigkeitsbeiwert k_f
 - Frost-Tauwechsel-Beständigkeit
 - Umweltunbedenklichkeit

1. Datenblatt

Materialkenndaten im Überblick

Verhältnis Wasser / Bindemittel		0,6
Suspensionsdichte		1,65 kg/dm ³
Marsh-Zeit		40-50 sek
Verarbeitungsdauer		5 h
Wasserabsetzen		< 0,5 %
Mengenanteile pro m ³	Wasser	619 kg
	Calidutherm®	1032 kg
Einaxiale Druckfestigkeit nach 28d		2,5 N/mm ²
Dichte im erhärteten Zustand		1,63 kg/dm ³
k _f -Wert		≤ 2 x 10 ⁻¹⁰ m/s
Abwitterung nach 10 Frost-Tau-Wechseln		0,0 g
Frostbeständigkeit		- 15 °C
Sulfatbeständigkeit		sulfatbeständig nach DIN 1164, T.10

2. Materialeigenschaften

Calidutherm® ist ein vorgemischtes Trockenprodukt zur Herstellung von Verpresssuspensionen für Erdwärmesonden nach VDI 4640/Blatt 2.

Calidutherm® wird aus natürlichen Tonmineralien, Hochofenzement und Quarzmehl hergestellt und in verarbeitungsgerechten Ventildapiersäcken zu 25 kg bereitgestellt. Calidutherm® ist trocken zu lagern.

Die Korngröße der Quarzmehlkomponente beträgt < 0,5 mm und ist feindispers verteilt.

3. Verarbeitung

Calidutherm® wird bis zum vollständigen Aufschluss in einem Zwangsmischer angemischt. Ein Kolloidmischer ist nicht zwingend erforderlich. Dabei wird dem vordosierten Wasser bei laufendem Mischer die entsprechende Menge Calidutherm® hinzugefügt.

Die genaue Wassermenge richtet sich nach dem Härtegrad des verwendeten Wassers. 25kg Calidutherm® können mit einer Zugabemenge von 11 – 17 Liter Wasser angemischt werden. Eine optimal verarbeitbare Suspension wird bei einer Zugabemenge von 15 Liter Wasser pro 25 kg Calidutherm® erreicht. So angemischt ergeben sich folgende Kennwerte der Suspension:

- Suspensionsdichte	1,65 kg/dm ³
- Marsh-Zeit	40-50 sek
- Verarbeitungsdauer	5 h
- Wasserabsetzen	< 0,5%
- Einsatzmenge pro m ³ - Wasser	619 kg
- Calidutherm [®]	1032 kg

Bei Bedarf, z.B. stark klüftiger Geologie, können auch geringere Wassermengen verwendet werden. Dafür bildet die verwendete Verpresstechnik (Verpressdruck) die Grenze.

4. physikalisch-mechanische Eigenschaften

Calidutherm[®] hat nach einem Prüfalter von 28d eine einaxiale Druckfestigkeit von 2,5 N/mm².

Damit ermöglicht Calidutherm[®] eine gute statische Einbettung der Sonde, kann jedoch auch leichte Bewegungen der Geologie abfedern.

Die Dichte im erhärteten Zustand beträgt 1,63 kg/dm³.

5. Dauerhaftigkeit

Die Fließeigenschaften von Calidutherm[®] sind derart optimiert, dass eine hohlraumfreie Verpressung des Ringraumes der Erdwärmesonde erreicht wird. Eine Hohlrumbildung durch zeitversetzte Wasserabgabe oder Quellen ist ausgeschlossen. Mittels Calidutherm[®] lassen sich vollständig ummantelte dauerhafte Erdwärmesonden erstellen.

Calidutherm[®] erhärtet schneller als herkömmliche Verpressmaterialien. Kommt die Suspension nach dem Verpressen im Bohrloch zur Ruhe, sorgt die sich einstellende Thixotropie schnell zur Überbrückung von kleinen Hohlräumen. Damit wird der Verschleppung der Suspension durch Grundwasser entgegengewirkt. Eine negative Beeinflussung des Grundwassers wird somit vermieden. Beim Bohren durchfahrene Grundwasserstockwerke werden dadurch wieder schnell getrennt. Mit Calidutherm[®] können Erdwärmesonden dauerhaft wasserdicht verpresst werden. Calidutherm hat einen Durchlässigkeitsbeiwert von $k_f \leq 2 \times 10^{-10}$ m/s.

Der enthaltene Anteil an Hochofenzement CEM III/B 32,5 N LH/HS/NA macht Calidutherm[®] sulfatbeständig (nach DIN 1164,T.10) und frostbeständig bis ca. -15 °C und erfüllt damit eine wesentliche Forderung der überarbeiteten VDI 4640.

6. Thermische Eigenschaften

Calidutherm[®] hat aufgrund seiner sehr guten Ankopplung an die vorhandene Geologie eine herausragende Wärmeleitfähigkeit. Diese setzt sich zusammen aus der Wärmeleitfähigkeit des Verpressmaterials und der Qualität der Verpressung der Erdwärmesonde. Die Qualität der Verpressung mit Calidutherm[®] wird durch den sehr guten, homogenen Materialaufschluss im Mischer, die eingestellte Thixotropie im Bohrloch und die vollständig dauerhafte, hohlraumfreie Ankopplung der Sonde an die Geologie deutlich verbessert.

Im Labor wurde an Calidutherm® eine Wärmeleitfähigkeit von ca. 2,0 W/mK gemessen. Durch die sehr gute, hohlraumfreie und dauerhafte Ankopplung an die Geologie werden darüber hinaus sehr geringe thermische Bohrlochwiderstände erreicht, wie die folgenden Messwerte belegen:

Geologie	Wärmeleitfähigkeit des Untergrundes in W/mK	Thermischer Bohrlochwiderstand in mK/W
Flussskies / Muschelkalk / Sandstein	$\lambda = 1,9$	$R_b = 0,06$
Lehm / Kalkstein / Sandstein	$\lambda = 2,4$	$R_b = 0,08$
Kiesgeröll / Sandstein (porös)	$\lambda = 1,7$	$R_b = 0,09$
Tonstein	$\lambda = 2,0$	$R_b = 0,04$
Sandstein (wassergesättigt)	$\lambda = 4,7$	$R_b = 0,09$
Sandstein (wassergesättigt)	$\lambda = 4,66$	$R_b = 0,08$

7. Umwelt

Calidutherm® wurde einer Eluatuntersuchung (DIN 38414 T4) unterzogen. Die beigefügte gutachterliche Stellungnahme bewertet Calidutherm® hinsichtlich BBodSchG, BBodSchV, LAGA Boden, LAWA – Ableitung von Geringfügigkeitsschwellenwerten für das Grundwasser und TrinkWV als unbedenklich.

8. Anlagen

Anlage 1: Sicherheitsdatenblatt

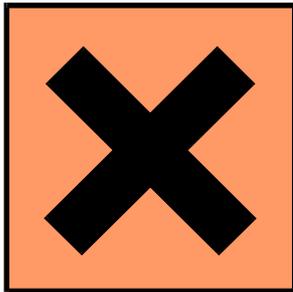
Anlage 2: Prüfzeugnisse

- einaxiale Druckfestigkeit
- Durchlässigkeitsbeiwert k_f
- Frost-Tauwechsel-Beständigkeit
- Umweltunbedenklichkeit

EG-Sicherheitsdatenblatt

Calidutherm[®]

Xi



Reizend

TERRA
CALIDUS GmbH

Hersteller:

dornburger zement
GmbH & Co KG
In der Oberaue
07778 Dorndorf-Steudnitz

Tel.: 036427 - 8 61-0
Fax.: 036427 - 22295

Gefahrenhinweise

- **R 38** Reizt die Haut
- **R 41** Gefahr ernster Augenschäden

Sicherheitsratschläge

- **S 2** Darf nicht in die Hände von Kindern gelangen
- **S 22** Staub nicht einatmen
- **S 24** Berührung mit der Haut vermeiden
- **S 26** Bei Berührungen mit den Augen sofort gründlich mit Wasser spülen und Arzt konsultieren
- **S 37/39** Bei der Arbeit geeignete Schutzhandschuhe und Schutzbrille / Gesichtschutz tragen
- **S 46** Bei Verschlucken sofort ärztlichen Rat einholen und Verpackung oder Etikett vorzeigen

1. Stoff-/Zubereitungs- und Firmenbezeichnung

1.1 Angaben zum Produkt

Bezeichnung: Calidutherm®

1.2 Verwendung der Zubereitung

Verpressmaterial für Erdwärmesonden nach VDI 4640

1.3 Angaben zum Hersteller/Lieferanten

Hersteller: dornburger zement GmbH & Co. KG
Straße: In der Oberaue
PLZ / Ort: 07778 Dorndorf-Steudnitz
Telefon: 036427 – 8610
Telefax: 036427 – 22295
Auskunftsgebender Bereich: Qualitätssicherung
Telefon: 036427 – 861140

1.4 Notfallauskunft

Giftinformation Universitätsklinikum Mainz
Telefon: 06131 – 19 24 0

2. Zusammensetzung/Angaben zu Bestandteilen

2.1 Chemische Charakterisierung der Zubereitung

Gemisch aus:
- Aluminiumsilikate natürlich gemahlener Ton
- Hochofenzement nach EN 197-1 CEM III/B 32,5 N LH
(Mischung aus Portlandzementklinker, Hüttensand, Sulfatträger)
- Quarzmehl

2.2 Gefährliche Inhaltsstoffe

Bezeichnung	CAS- Nummer	EINECS- Nummer	Gehalt	Kenn- buchstabe	R-Sätze
Portlandzementklinker	65997-15-1	266-043-4	1 - 20 M. %	Xi reizend	R38; R41 (siehe unten)

3. Mögliche Gefahren

3.1 Gefahrenbezeichnung:

X_i reizend

3.2 Besondere Gefahrenhinweise für Menschen:

R38 Reizt die Haut
R41 Gefahr ernster Augenschäden

3.3 Zusätzliche Hinweise für Mensch und Umwelt:

Das mit Wasser versetzte Material kann bei längerem Kontakt infolge der Alkalität ernste Hautschäden hervorrufen.
Produkt enthält bei pulvriger Konsistenz Quarzfeinstaub (Staubentwicklung vermeiden) Längerfristiges Einatmen bei erhöhten Konzentrationen kann zu Gesundheitsschädigungen der Atemwege führen.

3.4 Weiter Angaben:

Das Material ist chromatarm, da der Gehalt an sensibilisierendem Chrom (VI) im Zementanteil kleiner 2 ppm ist.

4. Erste – Hilfe – Maßnahmen

4.1 Nach Einatmen:

Für Frischluft sorgen. Bei Beschwerden Arzt konsultieren.

4.2 Nach Hautkontakt:

Durchtränkte Kleidung entfernen. Haut sofort mit viel Wasser und Seife abspülen. Bei Beschwerden Arzt konsultieren.

- 4.3 Nach Augenkontakt:** Auge sofort bei geöffnetem Lidspalt unter fließendem Wasser spülen (ca. 10 Minuten). Augen nicht trocken ausreiben, weil durch mechanische Beanspruchung zusätzliche Hornhautschäden möglich sind. Immer Augenarzt konsultieren.
- 4.4 Nach Verschlucken:** Bei Bewusstsein Mund ausspülen und reichlich Wasser trinken. Kein Erbrechen herbeiführen. Arzt konsultieren.

5. Maßnahmen zur Brandbekämpfung

Das Produkt ist weder im Lieferzustand noch im verarbeitungsfertig angemischten Zustand brennbar. Löschmittel und Brandbekämpfungsmaßnahmen sind auf Umgebungsbrand abzustimmen.

6. Maßnahmen bei unbeabsichtigter Freisetzung

- 6.1 Personenbezogene Maßnahmen:** Hinweise zum sicheren Umgang gemäß Punkt 7.1 beachten. Gegebenfalls Leckage mit Planen gegen Verwehung schützen.
- 6.2 Umweltschutzmaßnahmen:** wie WGK 1
- 6.3 Verfahren zur Reinigung/Aufnahme:** Pulver mechanisch (trocken) aufnehmen, ggf. Windrichtung beachten und Fallhöhe beim Umschichten gering halten. Reste nicht trocken kehren. Angerührten Mörtel mechanisch aufnehmen, auf Folienunterlage oder in einem Gefäß erhitzen lassen und gemäß Punkt 13 entsorgen.

7. Handhabung und Lagerung

- 7.1 Handhabung**
Hinweise zum Sicheren Umgang: Vermeiden von Staubentwicklung. Kontakt mit Haut und Augen vermeiden. Bei Verarbeitung des mit Wasser versetzten Materials Hautkontakt durch Verwendung von Schutzkleidung vermeiden.
- Brandschutz und Explosionshinweis: Nicht zutreffend.
- 7.2 Lagerung**
Anforderung an Lagerräume und Behälter: Vor Feuchtigkeit geschützt in geschlossenen Behältern, Räumen; Entstaubung gemäß BImSchG bzw. TA Luft.
- Zusammenlagerungshinweise: Nicht zutreffend.
- Weitere Angaben zu Lagerung: Nicht zutreffend.
- Lagerklasse: Nicht zutreffend.

8. Expositionsbegrenzung und persönliche Schutzausrüstung

8.1 Expositionsgrenzwerte

CAS-Nr.	Bezeichnung	Art des Grenzwertes	Wert	Einheit
14808-60-7	Quarz (Staub)	MAK	0,15	mg/m ³ (A)
65997-15-1	Portlandzement (Staub)	MAK	5	mg/m ³ (E)
-	allgemein Staub	allg. Staubgrenzwert	3	mg/m ³ (A)
			10	mg/m ³ (E)

Die angegebenen Werte sind den jeweils gültigen Listen (z.B. TRGS 900) entnommen. (E): Einatembare Fraktion
(A): Alveolengängige Fraktion

Diese Angaben beziehen sich auf die aktuell gültige MAK Liste. In Ländern außerhalb von Deutschland sind die dort gültigen Vorschriften hinsichtlich arbeitsplatzbezogener Grenzwerte anzuwenden.

8.2 Persönliche Schutzausrüstung

Allgemeine Schutz- und Hygienemaßnahmen:

Berührung mit den Augen und der Haut vermeiden. Durchtränkte Kleidung wechseln. Bei der Arbeit nicht essen, trinken, rauchen. Vor den Pausen und bei Arbeitseende Hände waschen.

Atemschutz:

Bei Überschreitung der Expositionsgrenzwerte (z.B. beim Anmachen möglich), partikelfiltrierende Halbmaske FFP1 (weiß) verwenden (siehe Merkblatt BRG 190²).

Handschutz:

Nitrilgetränkte Baumwollhandschuhe mit CE-Zeichen verwenden (siehe Merkblatt BGR 195²). Maximale Tragedauer beachten. Lederhandschuhe sind auf Grund ihrer Wasserdurchlässigkeit nicht geeignet.

Augenschutz:

Bei Staubentwicklung oder Spritzgefahr dichtschießende Schutzbrille verwenden.

Hautschutz:

Hautschutz durch Hautschutzplan nach BGR 197² verwenden. Insbesondere nach den Arbeiten Hautpflegemittel verwenden.

Körperschutz:

Geschlossene langärmelige Schutzkleidung und dichtes Schuhwerk tragen.

8.3 Begrenzung und Überwachung der Umweltexposition

Erfolgt nach dem Stand der Technik.

9. Physikalische und chemische Eigenschaften

9.1 Allgemeine Angaben

Form: pulverförmig
Farbe: grau
Geruch: geruchlos

9.2 Sicherheitsrelevante Daten

	Wert / Bereich	Einheit / Bemerkung
pH-Wert (T=20°C)	11,0 – 12,7	In angemischter Form bei bestimmungsgemäßer Verwendung
Siedepunkt / Siedebereich	nicht anwendbar	
Flammpunkt	nicht anwendbar	Feststoff nicht entzündlich
Explosionsgefahr	nicht explosionsgefährlich	
Brandfördernde Eigenschaften	keine	
Dichte (T=20°C)	2,5 – 3,0	g/cm ³

Auf weitere Angaben zu den pc-Eigenschaften nach RL 91/155/EWG wurde verzichtet, da nicht zutreffend.

10. Stabilität und Reaktivität

Alle Angaben setzen die bestimmungsgemäße Verwendung voraus.

10.1 zu vermeidende Bedingungen: Feuchtigkeitszutritt

10.2 zu vermeidende Stoffe: Nicht zutreffend.

10.3 Gefährliche Zersetzungsprodukte: Nicht zutreffend.

11. Angaben zur Toxikologie

11.1 Toxikologische Prüfungen

Akute Toxizität:

Tierexperimentelle In-Vivo- und In-Vitro-Untersuchungen ergaben keine akute dermale Toxizität.

Spezifische Symptome im Tierversuch:

Nicht zutreffend.

Reiz- / Ätzwirkung:

Es besteht eine haut- und schleimhautreizende Wirkung. Stark augenreizend, Gefahr ernster Augenschäden.

11.2 Erfahrungen aus der Praxis

Sonstige Beobachtungen:

Das mit Wasser versetzte Produkt kann bei längerem Kontakt ernste Hautschäden hervorrufen. Gleichzeitige mechanische Beanspruchung der Haut kann solche Auswirkungen verstärken.

Sensibilisierende Wirkung:

Das Material ist chromatarm, da der Gehalt an sensibilisierendem Chrom (VI) im Zementanteil kleiner 2 ppm ist.

12. Angaben zur Ökologie

12.1 Ökotoxische Wirkungen

Nicht bekannt.

12.2 Mobilität

Nicht zutreffend, da anorganischer mineralischer Baustoff.

12.3 Persistenz und Abbaubarkeit

Nicht zutreffend, da anorganischer mineralischer Baustoff.

12.4 Bioakkumulation

Nicht zutreffend, da anorganischer mineralischer Baustoff.

12.5 andere schädliche Wirkungen

Nicht bekannt.

13. Hinweise zur Entsorgung

13.1 Produkt (ungebrauchte Restmenge)

Empfehlung

Trocken aufnehmen. Behälter kennzeichnen, gegebenenfalls weiterverwenden (Haltbarkeitsdatum beachten). Im Falle der Entsorgung mit Wasser aushärten lassen und Entsorgung wie unter Punkt 13.2.

13.2 Produkt (nach Zutritt von Wasser, ausgehärtet)

Empfehlung

Unter Beachtung der örtlichen behördlichen Bestimmungen entsorgen. Entsorgung des ausgehärteten Produkts wie Betonabfälle und Betonschlämme.

EWC-Abfallschlüssel

nach AVV: 101314 (Betonabfälle oder Betonschlämme) oder 170101 (Beton)

13.3 Ungereinigte Verpackungen

Empfehlung

Verpackung vollständig entleeren und dem Recycling zuführen. Zum sicheren Umgang, siehe Punkte 7.1 und 8.2.

14. Transportvorschriften

Das Produkt ist kein Gefahrgut im Sinne der Transportvorschriften.

15. Vorschriften

15.1 Kennzeichnung

(nach §5 GefStoffV in Verbindung mit den EU Richtlinien 1999/45/EG und 67/548/EWG¹)

Kennbuchstabe und Gefahrenbezeichnung:	X _i	reizend
R – Sätze:	R38 R41	Reizt die Haut Gefahr ernster Augenschäden
S – Sätze:	S22 S24 S26 S37/ S39	Staub nicht einatmen Berührung mit der Haut vermeiden Bei Berührung mit den Augen sofort gründlich mit Wasser abspülen und Arzt konsultieren Bei der Arbeit geeignete Schutzhandschuhe und Schutzbrille / Gesichtsschutz tragen
Ist das Produkt für jedermann erhältlich zusätzlich:	S2 S46	Darf nicht in die Hände von Kindern gelangen Bei Verschlucken sofort ärztlichen Rat einholen und Verpackung oder Etikett vorzeigen
sonstiges	GISCODE: ZP1	(zementhaltige Produkte, chromatarm)

15.2 Nationale Vorschriften

Beschäftigungsbeschränkung	keine
Wassergefährdungsklasse	WGK 1 nach Selbsteinstufung gemäß VwVwS vom 17.05.1999 (aufgrund des Portlandzementklinkeranteils im Hüttensandzement)
Sonstige Vorschriften, Beschränkungen und Verbotsverordnungen:	Gefahrstoffverordnung (GefStoffV) ¹ Chemikalienverbotsverordnung (ChemVerbotsV) Technische Regeln für Gefahrstoffe ¹ : TRGS 613: Ersatzstoffe, Ersatzverfahren und Verwendungsbeschränkungen für chromathaltige Zemente chromathaltige zementhaltige Zubereitungen
Lagerklasse:	VCI- Lagerklasse 13 (nicht brennbare Feststoffe)

16. Sonstige Angaben

Quellen

- ¹ <http://www.baua.de/prax/>
² <http://www.hvbg.de/d/pages/praev/vorschr/index.html> oder
<http://www.carl-heymanns-verlag.de/servlet/PB/menu/-1/index.html>

Die bevorstehenden Angaben stützen sich auf den heutigen Stand unserer Kenntnisse, sie stellen jedoch keine Zusicherung von Produkteigenschaften dar und begründen kein vertragliches Rechtsverhältnis. Weitere Informationen finden Sie im technischen Datenblatt zum Produkt. Datenblatt ausstellender Bereich: siehe Punkt 1.3.

dornburger zement GmbH & Co. KG
In der Oberaue
07778 Dorndorf- Steudnitz

Druckfestigkeit Calidutherm®

- Prüfbericht zu Laboruntersuchungen - durchgeführt im August 2007

1. Aufgabenstellung:

Ermittlung der Zylinderdruckfestigkeit nach DIN 18136 des o.g. Verpressmaterials für Erdwärmesonden gemäß VDI 4640.

2. Zusammensetzung des Materials

Gemahlener Ton, Hochofenzement nach DIN 197-1 und 1164, Quarzmehl

3. Probekörper und Vorbereitung zur Prüfung

Es wurden zylindrische Probekörper in Anlehnung an DIN EN 196 -Teil 1- mit den unten aufgeführten Maßen hergestellt und nach Aushärtung bei Raumtemperatur nach 28 Tagen durch die Prüfpresse bis zum Bruch belastet. Bis zur Versuchsdurchführung wurde das Material unter Wasser gelagert.

4. Messergebnis

Zylinderabmessungen: $d = 103 \text{ mm}$ $h = 120 \text{ mm}$ $A = 8332 \text{ mm}^2$

Versuch Nr.	Bruchlast [N]	Einaxiale Druckfestigkeit [N/mm ²]
1	21615	2,594
2	20749	2,490

Tabelle 1: Gemessene Bruchlasten und Druckfestigkeiten

Der Höchstwert der einaxialen Druckspannung wurde in den beiden untersuchten Probekörpern bei etwas über 20000 N/mm² erreicht (s.Tabelle1 und Abb. 1 und 2). Die für das Produkt Calidutherm® ermittelte einaxiale Druckfestigkeit liegt bei 2,5 N/mm².

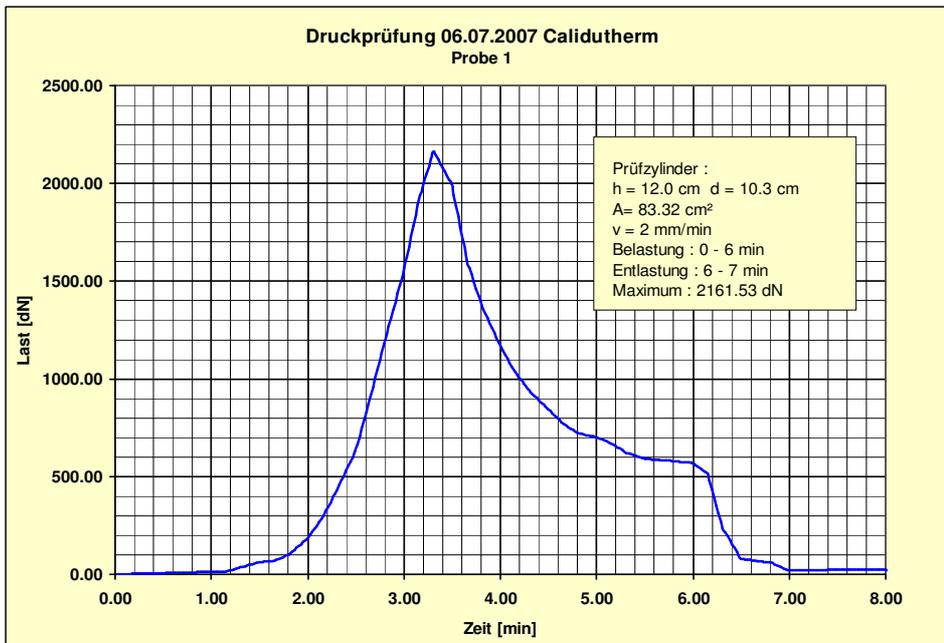


Abb. 1: Belastungsdiagramm Calidutherm® Probe 1

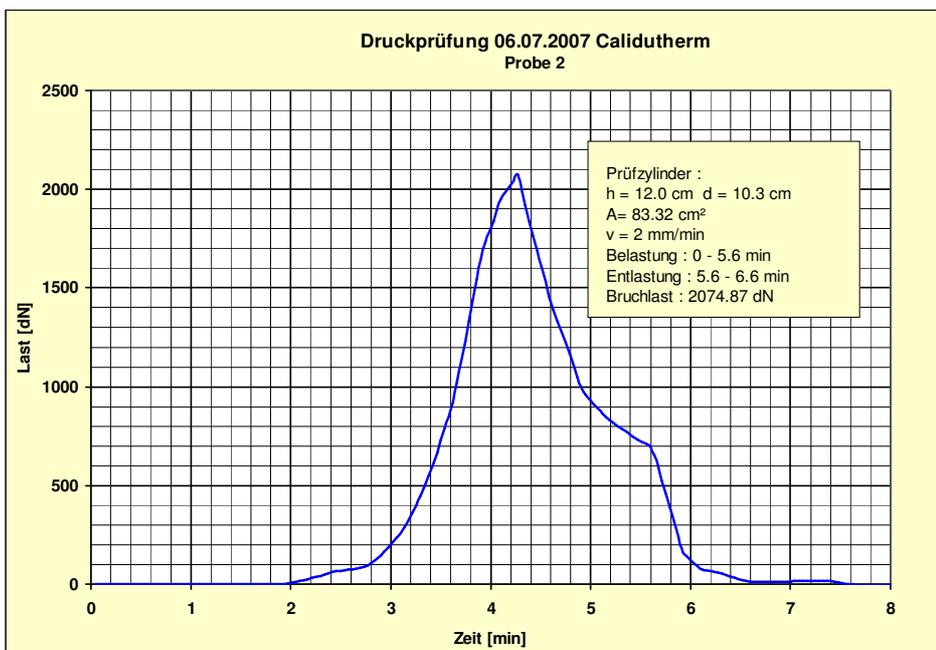


Abb. 2: Belastungsdiagramm Calidutherm® Probe 2

Höxter, den 03.09.2007

D. Loy
Dipl.-Ing. D. Loy

L. Müller
Prof. Dr. L. Müller

dornburger zement GmbH & Co. KG
In der Oberaue
07778 Dorndorf- Steudnitz

Wasserdurchlässigkeit Calidutherm®

- Prüfbericht zu Laboruntersuchungen - durchgeführt im Juli/ August 2007

1. Aufgabenstellung:

Ermittlung des Wasserdurchlässigkeitsbeiwertes k_f nach DIN 18130 Teil 1, für das o.g. Verpressmaterial für Erdwärmesonden

2. Zusammensetzung des Materials:

Gemahlener Ton, Hochofenzement nach DIN 197-1 und 1164, Quarzmehl

3. Probekörper und Vorbereitung zur Prüfung

Es wurden zylindrische Probekörper in Anlehnung an DIN EN 196 -Teil 1- mit den Maßen $d= 103 \text{ mm}$ und $h = 120 \text{ mm}$ hergestellt und nach 28 Tagen Aushärtung bei Raumtemperatur in die Versuchseinrichtung nach DIN 18130 - Teil 1- eingebaut (s. Abb1).

4. Prüfung

Die Untersuchung erstreckte sich über einen Zeitraum von knapp 8 Wochen (vom 06.07.2007 bis zum 28.08.2007). Es wurden parallel 3 Probekörper untersucht.



Abb. 1 : Versuchsanlage zur Durchlässigkeitsuntersuchung Calidutherm®

5. Ergebnisse

Die auf eine Referenztemperatur von 10°C umgerechneten Messwerte der Durchlässigkeitsuntersuchung sind in Tab. 1 zusammengestellt. Die detaillierten Beiwerte sind aus dem ausgewerteten - hier nicht beigefügten - Messprotokoll ersichtlich.

Datum, Uhrzeit	Probe 1	Probe 2	Probe 3
	$k_{f,T10}$	$k_{f,T10}$	$k_{f,T10}$
	$\cdot 10^{-10}$ m/s	$\cdot 10^{-10}$ m/s	$\cdot 10^{-10}$ m/s
9.7.07 16:04	2,45	19,20	24,40
11.7.07 11:22	2,18	12,70	16,60
17.7.07 10:35	1,31	5,20	7,50
20.7.07 12:39	1,18	4,17	6,25
7.8.07 10:00	1,21	3,30	3,06
28.8.07 8:19	0,81		2,53

Tabelle 1 : Messwerte der Durchlässigkeitsuntersuchung

Die Messwerte zeigen eine Abnahme in Form einer Potenzfunktion mit negativem Exponenten (Abb. 2), sie nähern sich asymptotisch einem k_f -Wert von ca. $1,7 \cdot 10^{-10}$ m/s. Dies ist der Mittelwert der Proben 1 und 3 am 28.08.07. Die Probe 2, die sich sehr ähnlich wie Probe 3 verhielt, wurde nur bis zum 07.08.07 gemessen.

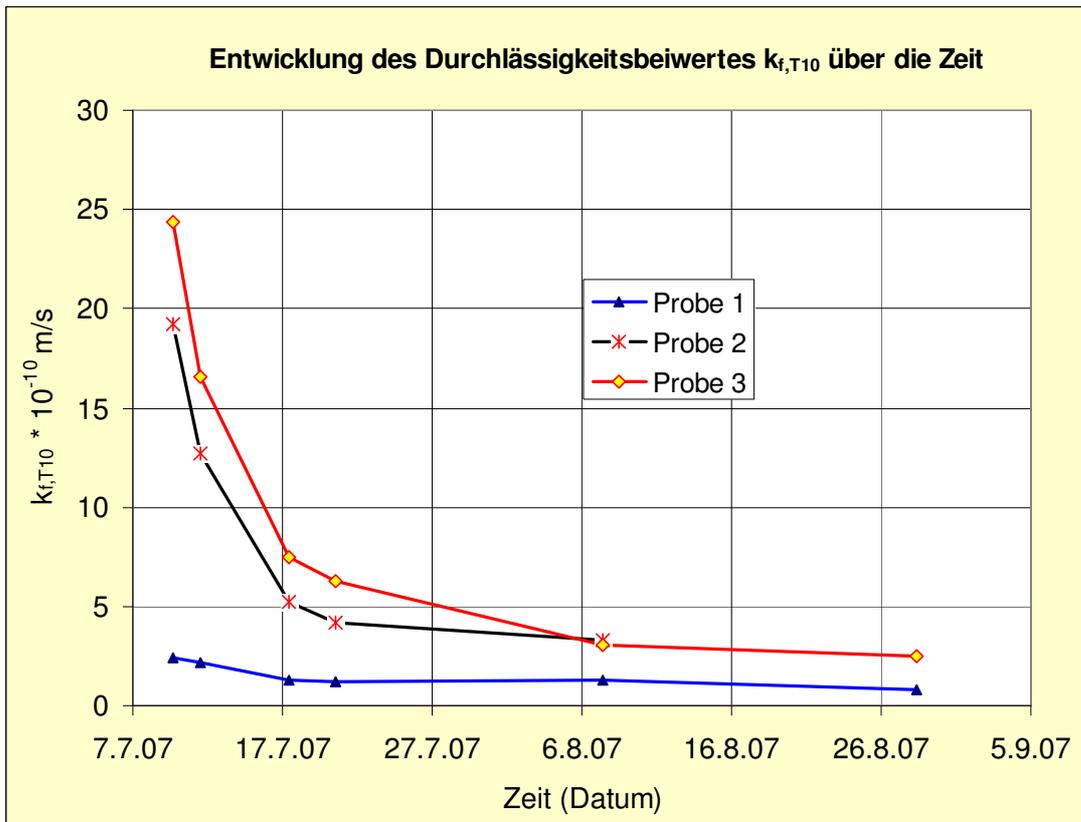


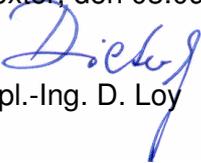
Abb. 2 : Zeitlicher Verlauf des $k_{f,T10}$ -Wertes

Die Probe 1 zeigte von Versuchsbeginn an eine geringere Durchlässigkeit als die beiden anderen Proben, jedoch ist auch hier eine Abnahme der Durchlässigkeit mit zunehmender Versuchsdauer zu verzeichnen.

Die Abnahme erklärt sich vermutlich daraus, dass zu Versuchsbeginn die Aushärtung der Proben noch nicht vollständig abgeschlossen war. Der 56-Tage-Wert (Endfestigkeit für Zement) war am 03.08.07 erreicht. Ab diesem Zeitpunkt ist die Durchlässigkeit quasi konstant.

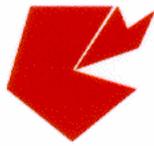
Insgesamt streuen die ermittelten k_f -Werte in einem sehr geringen Maß zwischen 0,8 und $3,3 \cdot 10^{-10}$ m/s bei Versuchsende. Damit weist der Erdwärmesondenverpressbaustoff Calidutherm[®] eine sehr geringe Durchlässigkeit auf, die im Mittel mit $2 \cdot 10^{-10}$ m/s angegeben werden kann.

Höxter, den 03.09.2007


Dipl.-Ing. D. Loy



Prof. Dr. L. Müller



dornburger zement GmbH & Co. KG
In der Oberaue
07778 Dorndorf- Steudnitz

Frost-Tauwechsel-Beständigkeit Calidutherm®

- Prüfbericht zu Laboruntersuchungen - durchgeführt im Juli/August 2007

1. Aufgabenstellung:

Durch Überlastung der Erdwärmesonde kann es zum Gefrieren der Hinterfüllung der Sonde und anschließend, verursacht durch den Wärmefluss der näheren Umgebung, zum Auftauen des Verpressmaterials kommen. Für die Langzeitsicherheit und Funktionstüchtigkeit von Erdwärmesondenanlagen ist daher die Beurteilung des Frost-Tau-Wechselverhaltens des eingesetzten Verpressbaustoffs von Bedeutung.

2. Zusammensetzung des Materials:

Gemahlener Ton, Hochofenzement nach DIN 197-1 und 1164, Quarzmehl

3. Probekörper und Vorbereitung zur Prüfung

Mit dem als Sackware angelieferten Verpressbaustoffs Calidutherm® wurde gemäß der Mischungsempfehlung des Herstellers im technischen Datenblatt eine Suspension hergestellt und in zylinderförmige Probebehälter gegossen. Nach einer Abbindezeit von 28 Tagen wurden die Prüfkörper mit den Maßen $d = 103 \text{ mm}$ und $h = 120 \text{ mm}$ Frost-Tau-Wechselbelastungen unterzogen. Zu Vergleichszwecken wurde parallel eine Mischung gemäß VDI 4640 aus Bentonit/Quarsand/HOZ/Wasser im Verhältnis 10%/30%/10%/50% untersucht.

4. Prüfung

Die Frost-Tauwechsel-Versuche erfolgten in Anlehnung an DIN 52104-A. Die Befrostung erfolgte bei $-20^\circ \text{C} \pm 2^\circ \text{C}$ für mindestens 4 Stunden. Im Anschluss an die Befrostung wurden die Prüfkörper eine Stunde in einem Wasserbad bei $+20^\circ \text{C} \pm 3^\circ \text{C}$ aufgetaut. Die eingesetzte Auftauwanne verfügt über eine Heizeinrichtung mit integrierter Umwälzung.

Zusätzlich zur DIN-Vorschrift wurden die Probekörper nach jedem einzelnen Frost-Tau-Zyklus optisch auf Rissbildungen und Abplatzungen untersucht und zur genauen Ermittlung des Massenverlustes gewogen.

5. Versuchsergebnisse

Als maßgebliches Kriterium für die Beurteilung der Frost-Tau-Wechsel-Beständigkeit wird der messbare Massenverlust herangezogen. Darüber hinaus sind auch Rissbildungen zu betrachten und nach Größe, Abstand, Öffnungsweite etc. zu beurteilen.

Die Calidutherm®-Prüfkörper zeigten nach der Befrostung insgesamt ein sehr gutes Ergebnis. Auch nach 10 Frost-Tau-Zyklen wiesen die Proben keinen messbaren Massenverlust auf. Die optische Begutachtung zeigte bei einigen Probekörpern lediglich sehr kleine Risse im Millimeterbereich, die hydraulisch nicht relevant sind.

Die Proben der Vergleichsmischung aus Bentonit/Quarzsand/HOZ zeigten unter gleichen Versuchsbedingungen bereits nach 3 Frost-Tau-Zyklen Massenverluste von über 70%. Weitere Befrostungen waren aufgrund des starken Zerfalls dieser Proben nicht mehr möglich. Die ermittelten Massenverluste sind in Abb. 1 dargestellt.

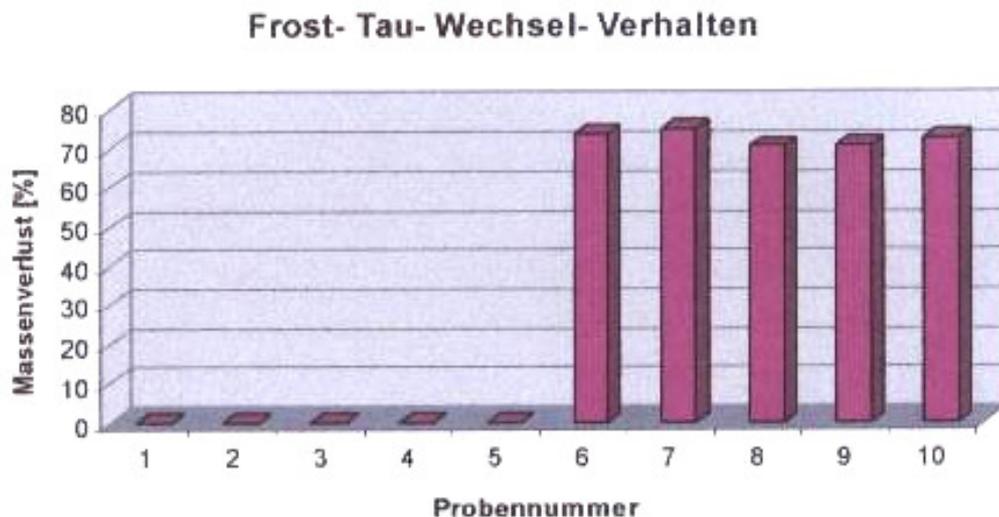


Abb. 1 : Massenverluste durch Befrostung für das Verpressmaterial Calidutherm® (Proben-Nr. 1-5) und für das Vergleichsmaterial (Proben-Nr. 6-10)

Insgesamt kann dem Verpressmaterial Calidutherm® nach den Versuchsergebnissen eine gute bis sehr gute Frost-Tau-Beständigkeit attestiert werden.

Höxter, 20. 9. 2007

Prof. Dr. L. Müller

R. Karl Tiefenbach 21; 07318 Saalfeld

Dornburger Zement GmbH & Co. KG
In der Oberaue

07778 Dorndorf-Stednitz

Beratung zu:
Baugrund
Böden
Baustoffen
Straßenbau
Betonüberwachung
Bauwerkssubstanz

Telefon 03671/35548
Fax: 03671/35548
Funktel.0179/7763618

Ihr Schreiben

Ihr Zeichen

Unser Zeichen
ka

Datum
07.07.2007/05.11.2007

Bericht Nr.: **D-02-03-2007** mit Ergänzung vom 05.11.2007

1. Aufgabenstellung

Wir wurden beauftragt, bereitgestellte Proben Verpressmaterial für Erdwärmesonden „Calidutherm®“ nach VDI 4640 hinsichtlich Umweltverträglichkeit zu bewerten. Die Proben wurden nach einer Erhärtungszeit von 7d bzw. 28d nach den Forderungen der LAGA- Boden, LAWA 2004, dem Bundes-Bodenschutzgesetz und der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung sowie nach der Trinkwasserverordnung TrinkwV2001 untersucht und bewertet.

2. Probekörperherstellung und Vorbereitung zur Prüfung

Für die Feststoffuntersuchung wurden Probekörper in Anlehnung an DIN EN 196 Teil 1 hergestellt (Prismen 40x40x160 [mm]³. Das Wasser: Bindemittelverhältnis wurde vereinbarungsgemäß auf 0,60 eingestellt und das Gemisch wurde in eine Form ohne Trennmittel gegossen. Die Erhärtung erfolgte bei Raumtemperatur. Damit war gewährleistet, dass keine Fremdstoffe wie Schalungsöl oder andere Trennmittel unkontrolliert in das Gemisch gelangten. Die Probekörper wurden nach 7d bzw. 28d Erhärtungszeit zerkleinert und für die weiteren Prüfungen vorbereitet.

Für das Auslaugungsverfahren durch Trogelution wurden nach dem gleichen Verfahren zylindrische Probekörper mit einem Durchmesser von 100 mm und einer Höhe von 100 mm hergestellt. Die Probekörper wurden nach 7d bzw. 28d Erhärtungszeit jeweils 24 Stunden nach dem Trogverfahren mit einem Feststoff: Wasser-Verhältnis von 1:10 eluiert.

3. Ergebnisse der Prüfung

3.1 Untersuchung am erhärteten Feststoff

Parameter	Dimen- sion	Vorschrift/ Bestimmungsgrenze		Prüf- methode	Prüfwert	Prüfwert
					Calidutherm® 7d erhärtet	Calidutherm® 28d erhärtet
Trockenrückstand	M.-%	DIN 38414-S2	0,5	nasschemisch	90,3	91,1
pH-Wert	-	DIN ISO 10390	1-14	pH-Messgerät	-	12,16
Halogenide EOX	mg/kg TS	DIN 38414-S17	1	n. Extraktion	-	< 1
Arsen	mg/kg TS	DIN ISO 11466	1	AAS Graphit- rohr	-	7,4
Blei	mg/kg TS	DIN ISO 11466	10	ICP	< 10	25
Cadmium	mg/kg TS	DIN ISO 11466	0,2	ICP	<0,2	<0,2
Chrom	mg/kg TS	DIN ISO 11466	10	ICP	21	22
Kupfer	mg/kg TS	DIN ISO 11466	5	ICP	42	43
Nickel	mg/kg TS	DIN ISO 11466	10	ICP	<10	<10
Quecksilber	mg/kg TS	DIN ISO 11466	0,05	AAS Hydrid	-	0,2
Antimon	mg/kg TS	DIN ISO 11466	1	AAS Hydrid	-	0,4
Selen	mg/kg TS	DIN ISO 11466	1	AAS Hydrid	-	2,0
Thallium	mg/kg TS	DIN ISO 20279	0,5	AAS Graphit- rohr	-	<0,5
Zink	mg/kg TS	DIN ISO 11466	2	ICP	62	63
Eisen	mg/kg TS		10	ICP	6170	6298
Mangan	mg/kg TS		10	AAS Flamme	75	79
Vanadium	mg/kg TS		10	ICP	16	17
Bor	mg/kg TS		1	ICP	26	26
Barium	mg/kg TS		1	ICP	65	129
Cobalt	mg/kg TS		0,5	ICP	2,7	2,7
Aluminium	mg/kg TS		50	ICP	9743	10276
Natrium	mg/kg TS		0,1	ICP	312	305
Kalium	mg/kg TS		10	ICP	1981	1923
Calcium	mg/kg TS		5	ICP	87685	86190
Magnesium	mg/kg TS		2	ICP	2630	2685
Cyanid, gesamt	mg/kg TS	DIN 38405-D13-1-3	0,05	photometrisch	-	0,79
					-	
Kohlenwasserstoffe in Böden nach Extraktion	mg/kg TS	ISO / TR 11 046	3	IR-Spek- troskopie nach Extraktion	-	< 3
BTX-Aromaten (LAKW) im Feststoff						
Benzol	mg/kg TS	DIN 38 407 – F9	0,5	GC / FID	-	<0,5
Toluol	mg/kg TS	DIN 38 407 – F9	0,5	GC / FID	-	<0,5
Ethylbenzol	mg/kg TS	DIN 38 407 – F9	0,5	GC / FID	-	<0,5
p- und m-Xylol	mg/kg TS	DIN 38 407 – F9	0,5	GC / FID	-	<0,5
c-Xylol	mg/kg TS	DIN 38 407 – F9	0,5	GC / FID	-	<0,5
Cumol	mg/kg TS	DIN 38 407 – F9	0,5	GC / FID	-	<0,5
Trimethylbenzol	mg/kg TS	DIN 38 407 – F9	0,5	GC / FID	-	<0,5
Summe BTX im Feststoff					-	n.n

Parameter	Dimension	Vorschrift/ Bestimmungsgrenze		Prüfmethode	Prüfwert Calidutherm® 7 d erhärtet	Prüfwert Calidutherm® 28 d erhärtet
LHKW im Feststoff						
Dichlormethan	mg/kg TS	DIN EN ISO 10301	0,02	GC / ECD	-	<0,02
1,2-trans-Dichlorethen	mg/kg TS	DIN EN ISO 10301	0,05	GC / ECD	-	<0,05
1,2-cis-Dichlorethen	mg/kg TS	DIN EN ISO 10301	0,05	GC / ECD	-	<0,05
Trichlormethan	mg/kg TS	DIN EN ISO 10301	0,001	GC / ECD	-	0,021
1,1,1- Trichlorethan	mg/kg TS	DIN EN ISO 10301	0,001	GC / ECD	-	<0,001
Tetrachlormethan	mg/kg TS	DIN EN ISO 10301	0,001	GC / ECD	-	<0,001
Trichlorethen (Tri)	mg/kg TS	DIN EN ISO 10301	0,001	GC / ECD	-	<0,001
Tetrachlorethen (Per)	mg/kg TS	DIN EN ISO 10301	0,001	GC / ECD	-	<0,001
Summe LHKW im Feststoff						0,021
PCP	mg/kg TS	DIN ISO 14154	0,01	GCMS	-	< 0,01
Lindan	mg/kg TS	DIN ISO 10382	0,01	GCMSD	-	< 0,01
2,4`-DDD	mg/kg	DIN ISO 10382	0,01		-	< 0,01
2,4`-DDT	mg/kg	DIN ISO 10382	0,01		-	< 0,01
2,4`-DDE	mg/kg	DIN ISO 10382	0,01		-	< 0,01
4,4`-DDD	mg/kg	DIN ISO 10382	0,01		-	< 0,01
4,4`-DDT	mg/kg	DIN ISO 10382	0,01		-	< 0,01
4,4`-DDE	mg/kg	DIN ISO 10382	0,01		-	< 0,01
PAK : 16PAK nach EPA im Feststoff						
Naphthalin	mg/kg TS	Hausvorschrift DIN ISO 13877	0,1	HPLC/UV		<0,1
Acanpthylen	mg/kg TS	Hausvorschrift DIN ISO 13877	0,1	HPLC/UV		<0,1
Summe PAK im Feststoff						0

Kursiv gedruckte Werte wurden vom Bericht D-02-09-2006 übernommen

3.2 Untersuchung am Trogeluat nach unterschiedlichen Erhärungszeiten

Parameter	Dimension	Vorschrift/ Bestimmungsgrenze		Prüfmethode	Prüfwert Calidutherm® 7d erhärtet	Prüfwert Calidutherm® 28d erhärtet
Trogeluat						
Färbung				Visuell	farblos	farblos
Geruch				visuell	geruchlos	geruchlos
pH-Wert in Wasser		DIN 38 404-C5	1-14	Ph-Messgerät	11,47	11,48
Leitfähigkeit	µS/cm	DIN EN 27 888		Leitfähigkeitsmessgerät	1085	1051
Säurekapazität ks 4,3	mmol/l	maßanalytisch	0,1		5,05	4,5
Säurekapazität ks 8,2	mmol/l	maßanalytisch	0,1		4,5	4,4
Abdampfdruckstand	mg/l	nasschemisch	0,01		280	260
Chlorid nach Mohr	mg/l	DIN38 405-D1-1	2	nasschemisch	< 2	< 2
Sulfat komplexometrisch	mg/l	DIN 38 405 D5	3	komplexom.	< 3	< 3
Phosphorverb. (Gesamtphosphat nach Aufschluss)	mg/l		0,005	photometrisch	14,7	15

Parameter	Dimension	Vorschrift/ Bestimmungsgrenze		Prüf- methode	Prüfwert	Prüfwert
					Calidutherm® 7d erhärtet	Calidutherm® 28d erhärtet
Nitrat	mg/l		0,5	photometrisch	1,2	1,1
Nitrit	mg/l		0,005	photometrisch	0,008	0,015
Fluorid	mg/l	DIN 38 405 D4-1	0,02	ionensensitive Elektrode	0,12	0,09
Cyanid gesamt	mg/l	DIN 38 405 D13-1-3	0,01	photometrisch	< 0,01	< 0,01
Cyanid leicht freisetzbar	mg/l	DIN 38 405 D13-1-3	0,01	photometrisch	< 0,01	< 0,01
Natrium	mg/l		0,01	AAS Flamme	10,5	9,04
Kalium	mg/l		0,2	AAS Flamme	39,5	36,7
Calcium	mg/l		0,1	komplexom.	72	65
Magnesium	mg/l		0,1	komplexom.	0,7	0,5
Ammonium	mg/l		0,03	photometrisch	0,2	0,19
Eisen	mg/l		0,02	AAS Flamme	0,059	0,053
Mangan	mg/l		0,005	AAS Graphit- rohr	< 0,005	< 0,005
Kupfer	mg/l	DIN 38 406 E7-2	0,01	AAS Graphit- rohr	< 0,01	< 0,01
Zink	mg/l	DIN 38-406-E8-1	0,02	AAS Flamme	< 0,02	< 0,02
Nickel	mg/l	DIN 38 406 E11-2	0,005	AAS Graphit- rohr	0,0068	< 0,005
Chrom	mg/l	DIN EN 1233	0,005	AAS Graphit- rohr	< 0,005	< 0,005
Chrom(VI)	mg/l	DIN EN 1233	0,02	photometrisch	< 0,02	< 0,02
Cadmium	mg/l	DIN EN ISO 5961	0,002	AAS Graphit- rohr	< 0,002	< 0,002
Quecksilber	mg/l	DIN EN 1483	0,0002	AAS Hydrid	< 0,0002	< 0,0002
Blei	mg/l	DIN 38 405- D 32	0,01	AAS Graphit- rohr	< 0,01	< 0,01
Arsen	mg/l	DIN 38 405 –D 32	0,001	AAS Graphit- rohr	0,0048	0,0048
Selen	mg/l	DIN 38 406-26	0,001	AAS Graphit- rohr	< 0,001	0,0011
Thallium	mg/l	DIN 38 406-26	0,001	AAS Graphit- rohr	< 0,001	< 0,001
Antimon	mg/l	DIN 38 406-26	0,005	AAS Graphit- rohr	< 0,005	< 0,005
Zinn	mg/l		0,01	AAS Graphit- rohr	< 0,01	< 0,01
Barium	mg/l		0,05	AAS Graphit- rohr	0,15	0,3
Beryllium	mg/l		0,002	AAS Graphit- rohr	< 0,002	< 0,002
Bor	mg/l		0,01	photometrisch	0,04	0,11
Cobalt	mg/l		0,005	AAS Graphit- rohr	< 0,005	< 0,005
Silber	mg/l		0,005	AAS Graphit- rohr	< 0,005	< 0,005
Vanadium	mg/l		0,01	AAS Graphit- rohr	< 0,01	< 0,01

Parameter	Dimension	Vorschrift/ Bestimmungsgrenze		Prüf- methode	Prüfwert	Prüfwert
					Calidutherm® 7d erhärtet	Calidutherm® 28d erhärtet
Chemischer Sauerstoffbedarf (CSB) Langzeitmethode	mg/l		15	Nasschemische r Aufschluss	50,1	48,2
TOC	mg/l		0,1		1,1	1,6
Phenol-Index nach Destillation und farbstoffextraktion/ Verfahren II	mg/l		0,01	photometrisch	< 0,01	< 0,01
Kohlenwasserstoffe (IR) in Wasser	mg/l		0,01	IR_Spektrosko pie	0,03	0,03
Halogenide EOX	mg/l		1	nach Extraktion	< 1	< 1
Halogenide AOX	mg/l		0,01	Maßanalytisch nach Verbrennung	0,03	0,04
PAK: 16 PAK nach EPA in Wasser					vom 06.08.07	
Naphthalin	µg/l		0,2	HPLC/UV/ Fluoreszenz	< 0,2	n.b.*
Acenaphthylen	µg/l		0,2	HPLC/UV/ Fluoreszenz	< 0,2	n.b.*
Acenaphthen	µg/l		0,2	HPLC/UV/ Fluoreszenz	< 0,2	n.b.*
Fluoren	µg/l		0,01	HPLC/UV/ Fluoreszenz	< 0,01	n.b.*
Penanthren	µg/l		0,01	HPLC/UV/ Fluoreszenz	< 0,01	n.b.*
Anthracen	µg/l		0,01	HPLC/UV/ Fluoreszenz	< 0,01	n.b.*
Fluoranthren	µg/l		0,01	HPLC/UV/ Fluoreszenz	< 0,01	n.b.*
Pyren	µg/l		0,01	HPLC/UV/ Fluoreszenz	< 0,01	n.b.*
Benzo-(a)-anthracen	µg/l		0,01	HPLC/UV/ Fluoreszenz	< 0,01	n.b.*
Chrysen	µg/l		0,01	HPLC/UV/ Fluoreszenz	< 0,01	n.b.*
Benzo-(b)-Fluoranthren	µg/l		0,01	HPLC/UV/ Fluoreszenz	< 0,01	n.b.*
Benzo-(k)-Fluoranthren	µg/l		0,01	HPLC/UV/ Fluoreszenz	< 0,01	n.b.*
Benzo-(a)-Pyren	µg/l		0,01	HPLC/UV/ Fluoreszenz	< 0,01	n.b.*
Dibenz-(ah)-Anthracen	µg/l		0,2	HPLC/UV/ Fluoreszenz	< 0,2	n.b.*
Benzo-(ghi)-Perylen	µg/l		0,01	HPLC/UV/ Fluoreszenz	< 0,01	n.b.*
Indeno-(1,2,3-cd)-Pyren	µg/l		0,01	HPLC/UV/ Fluoreszenz	< 0,01	n.b.*
Summe PAK in Wasser	µg/l				n.n.	n.b.*
Fischgiftigkeit	GF				1	1

* kleiner als Nachweisgrenze, bereits nach 7 Tagen Aushärtung nachgewiesen

Die Prüfungen erfolgten durch das akkreditierte Analytische Labor Pfeiffer GmbH, Neuhaus

4. Bewertung nach LAGA –Boden Tabellen II.1.2-2 und II.1.2-3

4.1 Calidutherm ® erhärtet LAGA-Boden, Tabelle II.1.2-2

Untersuchungsparameter	Dimension	Prüfwert nach		LAGA Zuordnungswert				Zuordnungs-Wert/Einstufung
		7 d	28 d	ZO	Z1.1	Z1.2	Z2	
pH-Wert	-	-	12,16	5,5-8	5,5-8	5-9	-	Stofflich bedingt
Kohlenwasserstoffe	mg/kg TS	-	<3	100	300	500	1000	Z0
EOX	mg/kg TS	-	<1	1	3	10	15	Z0
Cyanid ,gesamt	mg/kg TS	-	0,79	1	10	30	100	Z0
Arsen	mg/kg TS	-	7,4	20	30	50	150	Z0
Blei	mg/kg TS	<10	25	100	200	300	1000	Z0
Cadmium	mg/kg TS	<0,2	<0,2	0,6	1	3	10	Z0
Chrom	mg/kg TS	21	22	50	100	200	600	Z0
Kupfer	mg/kg TS	42	43	40	100	200	600	Z1.1, Eluat Z0
Nickel	mg/kg TS	<10	<10	40	100	200	600	Z0
Quecksilber	mg/kg TS	-	0,2	0,3	1	3	10	Z0
Zink	mg/kg TS	62	63	120	300	500	1500	Z0
Thallium	mg/kg TS	-	<0,5	0,5	1	3	10	Z0
Summe PCB	mg/kg TS	-	<0,01	0,02	0,1	0,5	1	Z0
Summe PAK	mg/kg TS	-	0	1	5	15	20	Z0
Summe BTEX	mg/kg TS	-	n.n.	<1	1	3	5	Z0
Summe LHKW	mg/kg TS	-	0,021	<1	1	3	5	Z0

Kursiv gedruckte Werte wurden vom Bericht D-02-09-2006 übernommen

4.2 Calidutherm ® erhärtet LAGA-Boden, Tabelle II.1.2-3

Untersuchungsparameter	Dimension	Prüfwert nach		LAGA Zuordnungswert				Zuordnungs-Wert/Einstufung
		7d	28d	ZO	Z1.1	Z1.2	Z2	
pH-Wert[22°C]	-	11,47	11,48	6,5-9	6,5-9	6-12	5,5-12	Stofflich bedingt
el. Leitf. [25°C]	µS/cm	1085	1051	500	500	1000	1500	Stofflich bedingt
Phenolindex [pH4]	µg/l	<10	<10	<10	10	50	100	Z0
Sulfat	mg/l	<3	<3	50	50	100	150	Z0
Chlorid	mg/l	<2	<2	10	10	20	30	Z0
Cyanid ,gesamt	µg/l	<10	<10	<10	10	50	100	Z0
Arsen	µg/l	4,8	4,8	10	10	40	60	Z0
Blei	µg/l	<10	<10	20	40	100	200	Z0
Cadmium	µg/l	<2	<2	2	2	5	10	Z0
Chrom	µg/l	<5	<5	15	30	75	150	Z0
Kupfer	µg/l	<10	<10	50	50	150	300	Z0
Nickel	µg/l	6,8	<5	40	50	150	200	Z0
Quecksilber	µg/l	<0,2	<0,2	0,2	0,2	1	2	Z0
Zink	µg/l	<20	<20	100	100	300	600	Z0
Thallium	µg/l	<1	<1	<1	1	3	5	Z0

5. Bewertung nach Bundes-Bodenschutzgesetz (BbodSchG) und Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BbodSchV)

5.1 Calidutherm ® erhärtet BbodSchV Anhang 2 Punkt 3 Wirkungspfad Boden-Grundwasser

Untersuchungsparameter	Dimension	Analysergebnis- Prüfwert		Prüfwert ¹⁾ zur Beurteilung des Wirkungspfad des Boden-Grundwasser	Bewertung
		7d	28 d		
Anorganische Stoffe					
Antimon	µg/l	< 5	< 5	10	Forderung erfüllt
Arsen	µg/l	4,8	4,8	10	Forderung erfüllt
Blei	µg/l	< 10	< 10	25	Forderung erfüllt
Cadmium	µg/l	< 2	< 2	5	Forderung erfüllt
Chrom gesamt	µg/l	< 5	< 5	50	Forderung erfüllt
Chromat	µg/l	< 2	< 2	8	Forderung erfüllt
Kobalt	µg/l	< 5	< 5	50	Forderung erfüllt
Kupfer	µg/l	< 10	< 10	50	Forderung erfüllt
Molybdän	µg/l		n.b.	50	
Nickel	µg/l	6,8	< 5	50	Forderung erfüllt
Quecksilber	µg/l	< 0,2	< 0,2	1	Forderung erfüllt
Selen	µg/l	< 1	1,1	10	Forderung erfüllt
Zink	µg/l	< 20	< 20	500	Forderung erfüllt
Zinn	µg/l	< 10	< 10	40	Forderung erfüllt
Cyanid, gesamt	µg/l	< 10	< 10	50	Forderung erfüllt
Cyanid, leicht freisetzbar	µg/l	< 10	< 10	10	Forderung erfüllt
Fluorid	µg/l	120	90	750	Forderung erfüllt
Organische Stoffe					
Mineralölkohlenwasserstoffe	µg/l	30	30	200	Forderung erfüllt
BTEX	µg/l		n.b.	20	
Benzol	µg/l		n.b.	1	
LHKW	µg/l		n.b.	10	
Aldrin	µg/l		n.b.	0,1	
DDT	µg/l		n.b.	0,1	
Phenole	µg/l	< 10	< 10	20	Forderung erfüllt
PCB gesamt	µg/l		< 0,1	0,05	
PAK gesamt	µg/l	n.n.	0,13	0,2	Forderung erfüllt
Naphthalin	µg/l	< 0,2	< 0,2	2	Forderung erfüllt

¹⁾ Die Prüfwerte gelten eigentlich für eine Vor Ort Probenahme in der ungesättigten Bodenzone
Kursiv gedruckte Werte wurden vom Bericht D-02-09-2006 übernommen

Die Beurteilung der Eluatwerte nach diesem Wirkungspfad sollen Anhaltswerte für den zu beurteilenden Baustoff darstellen.

5.2 Calidutherm ® erhärtet Vorsorgewerte für Böden BbodSchG § 8 Abs. 2 Nr. 1

Untersuchungsparameter	Dimension	Analyseergebnis-Prüfwert		Prüfwert (gewählt Bodenart Lehm)	Bewertung
		7 d	28 d		
Cadmium	mg/kg TS	< 0,2	< 0,2	1	Forderung erfüllt
Blei	mg/kg TS	< 10	25	70	Forderung erfüllt
Chrom	mg/kg TS	21	22	60	Forderung erfüllt
Kupfer	mg/kg TS	42	43	40	Forderung geringfügig überschritten, im Eluat erfüllt
Quecksilber	mg/kg TS		0,2	0,5	Forderung erfüllt
Nickel	mg/kg TS	< 10	< 10	50	Forderung erfüllt
Zink	mg/kg TS	62	63	150	Forderung erfüllt

Kursiv gedruckte Werte wurden vom Bericht D-02-09-2006 übernommen

6. Bewertung nach Trinkwasserverordnung TrinkwV 2001

Die Bewertung erfolgt im Rahmen der am Trogeluat bestimmten Parameter. Die am erhärteten Stoff bestimmten Feststoffgehalte sind unter Punkt 3.1 dargestellt und brauchen hier nicht gesondert bewertet werden.

6.1 Trinkwasserverordnung TrinkwV 2001 Anlage 2 Teil I und Teil II

Untersuchungsparameter	Dimension	Analyseergebnis-Prüfwert		Grenzwert nach TrinkwV 2001	Bewertung
		7d	28 d		
Teil I					
Acrylamid	mg/l	n.b	n.b	0,0001	
Benzol	mg/l	n.b	n.b	0,001	
Bor	mg/l	0,040	0,110	1	Forderung erfüllt
Bromat	mg/l	n.b	n.b	0,010	
Chrom	mg/l	< 0,005	< 0,005	0,050	Forderung erfüllt
Cyanid	mg/l	< 0,010	< 0,010	0,050	Forderung erfüllt
1,2-Dichlorethan	mg/l	n.b	n.b	0,003	
Fluorid	mg/l	0,120	0,090	1,5	Forderung erfüllt
Nitrat	mg/l	1,2	1,1	50	Forderung erfüllt
Nitrit	mg/l	0,008	0,015	*	Forderung erfüllt
Pflanzenschutzmittel und Biozidprodukte	mg/l	n.b	n.b	0,0001	
Pflanzenschutzmittel u. Biozidprodukte gesamt	mg/l	n.b.	n.b.	0,0005	
Quecksilber	mg/l	< 0,0002	< 0,0002	0,001	Forderung erfüllt
Selen	mg/l	< 0,001	0,0011	0,010	Forderung erfüllt
Tetrachlorethen und Trichlorethen	mg/l	-	-	0,010	

*Berechnung siehe TrinkwV 2001

Untersuchungsparameter	Dimension	Analyseergebnis- Prüfwert		Grenzwert nach TrinkwV 2001	Bewertung
		7d	28 d		
Teil II					
Antimon	mg/l	< 0,005	< 0,005	0,005	Forderung erfüllt
Arsen	mg/l	0,0048	0,0048	0,010	Forderung erfüllt
Benzo-(a)-pyren	mg/l	n.b.	n.b.	0,00001	
Blei	mg/l	< 0,010	< 0,010	0,010	Forderung erfüllt
Cadmium	mg/l	< 0,002	< 0,002	0,005	Forderung erfüllt
Epichlorhydrin	mg/l	n.b.	n.b.	0,0001	
Kupfer	mg/l	< 0,010	< 0,010	2,0	Forderung erfüllt
Nickel	mg/l	0,0068	< 0,005	0,020	Forderung erfüllt
Nitrit	mg/l	0,008	0,015	0,500	Forderung erfüllt*
Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe**	mg/l	n.n.	n.b.	0,0001	Forderung erfüllt
Trihalogenmethane	mg/l	n.b.	n.b.	0,050	
Vinylchlorid	mg/l	n.b.	n.b.	0,0005	

** Summe Benzo-(b)-Fluoranthen, Benzo-(k)-Fluoranthen, Benzo-(ghi)-Perylen und Indeno-(1,2,3-cd)-Pyren

6.2 Trinkwasserverordnung TrinkwV 2001 Anlage 3

Untersuchungsparameter	Dimension	Analyseergebnis- Prüfwert		Grenzwert nach TrinkwV 2001	Bewertung
		7d	28 d		
Aluminium	mg/l	n.b.	n.b.	0,2	
Ammonium	mg/l	0,2	0,19	0,5	Forderung erfüllt
Chlorid	mg/l	< 2	< 2	250	Forderung erfüllt
Clostridium perfringens	Anzahl /100ml	n.b.	n.b.	0	
Eisen	mg/l	0,059	0,053	0,2	Forderung erfüllt
Färbung	m-1	farblos	farblos	farblos	Forderung erfüllt
Geruchsschwellwert		geruchlos	geruchlos	*	
Geschmack		n.b.	n.b.	*	
Koloniezahl bei 22°C		n.b.	n.b.	*	
Koloniezahl bei 36°C		n.b.	n.b.	*	
Elektrische Leitfähigkeit	µS/cm	1085	1051	2500	Forderung erfüllt
Mangan	mg/l	< 0,005	< 0,005	0,05	Forderung erfüllt
Natrium	mg/l	10,5	9,04	200	Forderung erfüllt
TOC		1,1	1,6	*	
Oxidierbarkeit	mg/l	-	-	-	
Sulfat	mg/l	< 3	< 3	240	Forderung erfüllt
Trübung	NTU	keine	keine	1	Forderung erfüllt
pH-Wert	pH	11,47	11,48	≥6,5 ≤9,5	Stofflich bedingt
Tritium	Bq/l	n.b.	n.b.	100	
Gesamtrichtdosis	MSv/Jahr	n.b.	n.b.	0,1	

* Ohne anormale Veränderung

7. Bewertung nach Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) 2004;
Geringfügigkeitsschwellwerte zur Beurteilung von lokal begrenzten
Grundwasserverunreinigungen

7.1 Teil 1 anorganische Parameter

Untersuchungs- parameter	Di- men- sion	Analysenergebnis- Prüfwert		Geringfügig- keitsschwellen- wert	Bewertung
		7d	28 d		
Anorganische Stoffe					
Antimon	µg/l	< 5	< 5	5	Forderung erfüllt
Arsen	µg/l	4,8	4,8	10	Forderung erfüllt
Barium	µg/l	150	30	340	Forderung erfüllt
Blei	µg/l	< 10	< 10	7	Forderung erfüllt
Bor	µg/l	40	110	740	Forderung erfüllt
Cadmium	µg/l	< 2*	< 2*	0,5	Forderung erfüllt
Chrom gesamt	µg/l	< 5	< 5	7	Forderung erfüllt
Kobalt	µg/l	< 5	< 5	8	Forderung erfüllt
Kupfer	µg/l	< 10	< 10	14	Forderung erfüllt
Molybdän	µg/l	n.b.	n.b.	35	
Nickel	µg/l	6,8	< 5	14	Forderung erfüllt
Quecksilber	µg/l	< 0,2	< 0,2	0,2	Forderung erfüllt
Selen	µg/l	< 1	1,1	7	Forderung erfüllt
Thallium	µg/l	< 1	< 1	0,8	Forderung erfüllt
Vanadium	µg/l	< 0,1	< 0,1	4	Forderung erfüllt
Zink	µg/l	< 20	< 20	58	Forderung erfüllt
Chlorid	µg/l	< 2000	< 2000	250000	Forderung erfüllt
Cyanid	µg/l	< 10(< 10)	< 10(< 10)	5 (50)	Forderung erfüllt
<i>Fluorid</i>	µg/l	120	90	750	Forderung erfüllt
Sulfat	µg/l	< 3000	< 3000	240000	Forderung erfüllt

*Bestimmungsgrenze zu hoch

7.2 Teil 2 organische Parameter

Untersuchungs- parameter	Di- men- sion	Analyseergebnis- Prüfwert		Geringfügig- keitsschwellen- wert	Bewertung
		7d	28 d		
Summe PAK	µg/l	n.n.	n.b.	0,2	Forderung erfüllt
Anthracen	µg/l	< 0,01	n.b.	0,01	Forderung erfüllt
Benzo[a]pyren	µg/l	< 0,01	n.b.	0,01	Forderung erfüllt
Dibenz(a,h) Anthracen	µg/l	< 0,2*	n.b.	0,01	
Benzo{b}fluoranthen	µg/l	< 0,01	n.b.	0,025	Forderung erfüllt
Benzo{k}- fluoranthen	µg/l	< 0,01	n.b.	0,025	Forderung erfüllt
Benzo[ghi] perylen	µg/l	< 0,01	n.b.	0,025	Forderung erfüllt
Fluoranthen	µg/l	< 0,01	n.b.	0,025	Forderung erfüllt
Indeno(123-cd) pyren	µg/l	< 0,01	n.b.	0,025	Forderung erfüllt
SummeNaphthalin u. Methylnaphthaline	µg/l	< 0,2	n.b.	1	Forderung erfüllt
Summe LHKW	µg/l	n.b.	n.b.	20	
Summe Tri- und tetrachlorethen	µg/l	n.b.	n.b.	10	
1,2 Dichlorethan	µg/l	n.b.	n.b.	2	
Chlorethen (Vinylchlorid)	µg/l	n.b.	n.b.	0,5	
Summe PCB	µg/l	n.b.	n.b.	0,01	
Kohlenwasserstoffe	µg/l	30	30	100	erfüllt
Summe Alkylierte Benzole	µg/l	n.b.	n.b.	20	
Benzol	µg/l	n.b.	n.b.	1	
MTBE	µg/l	n.b.	n.b.	15	
Phenol	µg/l	< 10*	< 10*	8	(erfüllt)
Nonylphenol	µg/l	n.b.	n.b.	0,3	
Summe Chlorphenole	µg/l	n.b.	n.b.	1	
Hexachlorbenzol	µg/l	n.b.	n.b.	0,01	
Summe Chlorbenzole	µg/l	n.b.	n.b.	1	
Epychlorhydrin	µg/l	n.b.	n.b.	0,1	

*Bestimmungsgenauigkeit liegt unter dem Geringfügigkeitsschwellenwert

7.3 Teil 3 Pflanzenschutzmittel, biozide Wirkstoffe sowie Sprengstofftypische Verbindungen

Untersuchungs- parameter Pflanzenschutzmit- tel und biozide Wirkstoffe	Di- men- sion	Analysenergebnis- Prüfwert		Geringfügigkeit sschwellen wert	Bewertung
		7d	28 d		
Summe PSMBP	µg/l	n.b.	n.b.	0,5	
PSMBP Einzelstoff	µg/l	n.b.	n.b.	jeweils 0,1	
Aldrin	µg/l	n.b.	n.b.	0,01	
Azinphos-menthyl	µg/l	n.b.	n.b.	0,01	
Dichlorvos	µg/l	n.b.	n.b.	0,01	
Dieldrin	µg/l	n.b.	n.b.	0,01	
Endosulfan	µg/l	n.b.	n.b.	0,01	
Etrimfos	µg/l	n.b.	n.b.	0,01	
Fenitrothion	µg/l	n.b.	n.b.	0,01	
Fenthion	µg/l	n.b.	n.b.	0,01	
Parathion-ethyl	µg/l	n.b.	n.b.	0,01	
Chlordan	µg/l	n.b.	n.b.	0,003	
Disulfoton	µg/l	n.b.	n.b.	0,004	
Diuron	µg/l	n.b.	n.b.	0,05	
Hexazinon	µg/l	n.b.	n.b.	0,07	
Malathion	µg/l	n.b.	n.b.	0,02	
Parathion-methyl	µg/l	n.b.	n.b.	0,02	
Mevinphos	µg/l	n.b.	n.b.	0,0002	
Pentachlorphenol	µg/l	n.b.	n.b.	0,1	
Phoxim	µg/l	n.b.	n.b.	0,008	
Triazophos	µg/l	n.b.	n.b.	0,03	
Trifluralin	µg/l	n.b.	n.b.	0,03	
Heptachlor	µg/l	n.b.	n.b.	0,03	
Heptachlorepoxid	µg/l	n.b.	n.b.	0,03	
Tributylzinn	µg/l	n.b.	n.b.	0,0001	
Trichlorphon	µg/l	n.b.	n.b.	0,002	
Triphenylzinnverbind- ungen	µg/l	n.b.	n.b.	0,01	
Dibutylzinnverbind- ungen	µg/l	n.b.	n.b.	0,01	

Untersuchungs- parameter Sprengstofftypische Verbindungen	Di- men- sion	Analyseergebnis- Prüfwert		Geringfügig- keitsschwellen- wert	Bewertung
		7d	28 d		
Nitropenta (PETN)	µg/l	n.b.	n.b.	10	
2-Nitrotoluol	µg/l	n.b.	n.b.	1	
3-Nitrotoluol	µg/l	n.b.	n.b.	10	
4-Nitrotoluol	µg/l	n.b.	n.b.	3	
2-Amino-4,6- Dinitrotoluol	µg/l	n.b.	n.b.	0,2	
4-Amino-2,6- Dinitrotoluol	µg/l	n.b.	n.b.	0,2	
2,4-Dinitrotoluol	µg/l	n.b.	n.b.	0,05	
2,6-Dinitrotoluol	µg/l	n.b.	n.b.	0,05	
2,4,6-Trinitrotoluol	µg/l	n.b.	n.b.	0,2	
Hexogen	µg/l	n.b.	n.b.	1	
2,4,6-Trinitrophenol (Pikrinsäure)	µg/l	n.b.	n.b.	0,2	
Nitrobenzol	µg/l	n.b.	n.b.	0,7	
1,3,5- Trinitrobenzol	µg/l	n.b.	n.b.	100	
1,3-Dinitrobenzol	µg/l	n.b.	n.b.	0,3	
Hexanitrodipheny- lamin (Hexyl)	µg/l	n.b.	n.b.	2	
Tetryl	µg/l	n.b.	n.b.	5	
Octogen	µg/l	n.b.	n.b.	175	

8. Bewertung

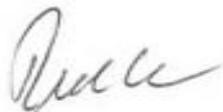
Das untersuchte Produkt Calidutherm® weist als erhärteter Stoff in den untersuchten Parametern Gehalte auf, die den Forderungen der LAGA für Boden mit unspezifischem Verdacht der Zuordnungsklasse ZO entsprechen. Dabei ist der pH-Wert stofflich bedingt und nicht umweltschädigend. Die Beurteilung der Einhaltung der Forderungen der Bundes Bodenschutz- und Altlastenverordnung erfolgte sowohl an Feststoffgehaltsprüfungen als auch am Trogeluat des Produktes und damit an einer intensiveren Auslaugung als es in der Praxis des Einsatzes dieses Produktes vorkommt. Für die Vorsorgewerte wurde die Bodenart *Lehm* gewählt, weil dieser dem Produkt von der Wasserdurchlässigkeit und der mechanischen Beanspruchung als Boden als vergleichbar erscheint.

Die untersuchten Parameter der Trinkwasserverordnung TrinkwV 2001 wurden bis auf den pH-Wert eingehalten. Der pH-Wert ist stofflich bedingt höher als es die TrinkwV 2001 zulässt. Die untersuchten Feststoffwerte zeigen keine Auffälligkeiten. Die ermittelten Säurekapazitäten zeigen sehr niedrige Werte, so dass im Grund- oder Schichtenwasser ein sehr schneller Ausgleich des pH-Wertes erfolgt.

In die Bewertung wurden auch Geringfügigkeitsschwellenwerte der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA), Dokument „Ableitung von Geringfügigkeitsschwellenwerten für das Grundwasser“ vom Dezember 2004 einbezogen. Die untersuchten anorganischen und organischen Parameter

Erfüllen die Forderungen der LAWA an die Geringfügigkeitsschwellenwerte. Die nicht untersuchten organischen Parameter und die in LAWA Anhang 2 Teil 3 enthaltenen Geringfügigkeitsschwellenwerte für Pflanzenschutzmittel, biozide Wirkstoffe sowie sprengstofftypische Verbindungen sind von der geogenen Herkunft, der Rohstoffgewinnung der technisch- technologischen Herstellung und der Verarbeitung her nicht relevant und wurden deshalb nicht untersucht..

Das Produkt kann aus unserer Sicht ohne Bedenken bezüglich Umweltschädigungen als Verpressmaterial für Erdwärmesonden nach VDI 4640 eingesetzt werden.



Dipl.-Ing. Karl

Dipl.-Ing. Karl
Sachverständige für Bauwesen
Tiefenbach 21 • 07318 Saalfeld
Tel.: 03671 • 35548