

Bericht 842_4806

Max-von-Laue-Str. 23
30966 HEMMINGEN

Tel. +49 511 94370 - 0
Fax +49 511 94370 - 70
E-Mail ffi@fernwaerme.de
Internet www.fernwaerme.de

Erddruckprüfung in Anlehnung an EN 489:2003
mit speziellem „BETTUNGSSAND DIABAS 0/4“

bei normaler und sehr hoher (95%) Verdichtung

Auftrag von

Alpine Bau GmbH, Salzburg

vom 25.06.2008

Institutsleitung:

Dipl.-Ing. Thomas Grage

Projektleitung:

Michael Kersebaum

Hemmingen, 13.08.2008

Der Bericht enthält 14 Seiten.

Urheberrechtlich geschützt.

Inhalt

1	Vorgang und Aufgabenstellung	3
2	Ermittlung der bodenmechanischen Kennwerte	3
3	Erddruckprüfungen in Anlehnung an EN 489	5
3.1	Untersuchung mit praxisnaher Verdichtung vom „BETTUNGSSAND DIABAS 0/4“	6
3.2	Untersuchung mit sehr hoher Verdichtung vom „BETTUNGSSAND DIABAS 0/4“	11
4	Ergebnisse und zusammenfassende Beurteilung	14

1 Vorgang und Aufgabenstellung

Das Fernwärme-Forschungsinstitut in Hannover e.V. (FFI) wird im Auftrag der Alpine Bau GmbH von Hartsteinwerk Kitzbühel GesmbH beauftragt, den „BETTUNGSSAND DIABAS 0/4“ hinsichtlich des Einsatzes als Bettungsmaterial bei der unterirdischen Verlegung von Fernwärmeleitungen aus Kunststoffmantelrohren (KMR) zu untersuchen. Dabei sind

- die bodenmechanischen Kennwerte zu ermitteln und mit den Anforderungen im Regelwerk der Fernwärme zu vergleichen,
- zwei Erddruckprüfungen in Anlehnung an die europäische Norm EN 489:2003 mit dem „BETTUNGSSAND DIABAS 0/4“ als Bettungsmaterial bei üblicher und sehr hoher Verdichtung durchzuführen und
- die minimalen und maximalen Verschiebekräfte während der Sandkastenprüfung zu messen und mit Verschiebekräften in Sandbettung zu vergleichen.

2 Ermittlung der bodenmechanischen Kennwerte

Die Ermittlung der bodenmechanischen Kennwerte vom „BETTUNGSSAND DIABAS 0/4“ zur Auswertung in Relation zum empfohlenen Bettungsmaterial nach AGFW Richtlinie FW 401 bzw. nach EN 489 erstreckt sich auf die Messungen der Scharfkantigkeit, Körnung (Sieblinie), Proctordichte, Verdichtungen und Feuchtegehalte:

Der „BETTUNGSSAND DIABAS 0/4“ ist ein Brechsand. Nach AGFW Richtlinie FW 401 wird Natursand 0/2 mit Rundkorn empfohlen.

Durch Trockensiebung (Trocknung bei 105°C über 24 h) ist die Sieblinie gemessen worden. Die Korngröße erstreckt sich von 0,1 mm bis 5,0 mm (**Bild 1**). Die Sieblinie hat eine überwiegende Übereinstimmung mit dem in der EN 489 für Muffenprüfungen angegebenen Korngrößenspektrum.

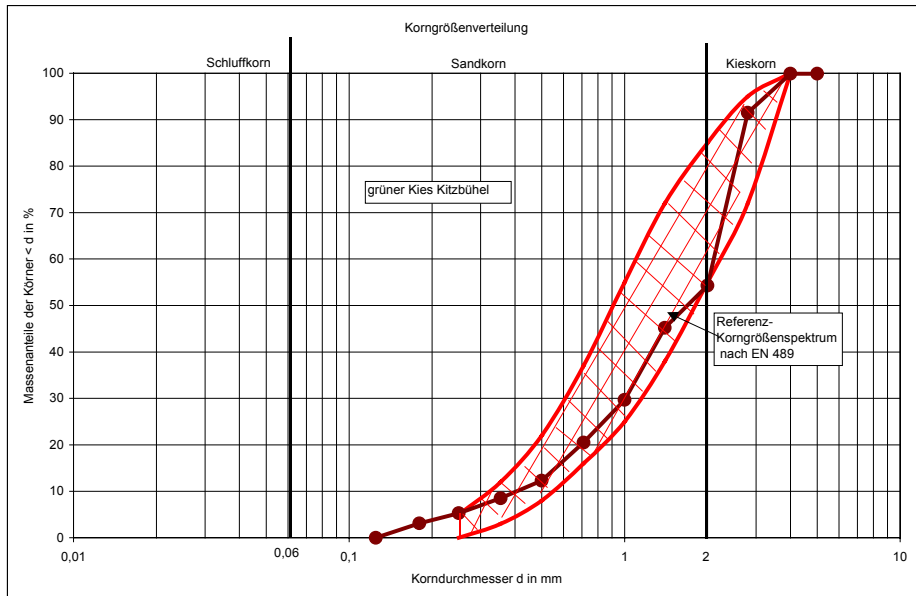


Bild 1: Korngrößenverteilung

Die gemessene Proctordichte beträgt $2,347 \text{ g/cm}^3$ bei einem optimalen Wassergehalt von $8,1 \%$. Zum Erreichen eines Verdichtungsgrades von 95% ist ein min. Wassergehalt von 6% erforderlich (**Bild 2**).

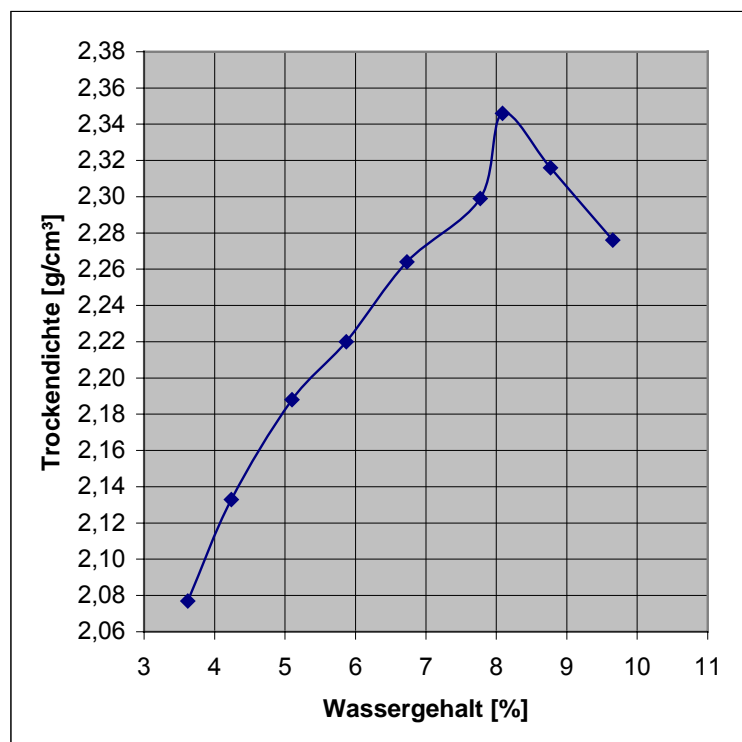


Bild 2: Proctorkurve

3 Erddruckprüfungen in Anlehnung an EN 489

Eine Erddruckprüfung besteht aus einer Sandkastenprüfung und einer sich daran anschließenden Wasserraumprüfung. Es sind zwei Untersuchungen, die sich in der Art der Verdichtung vom „BETTUNGSSAND DIABAS 0/4“ unterscheiden, mit jeweils folgendem Versuchsablauf durchgeführt worden:

1. Einbau eines 3 m langen KMR mit Muffenverbindung mit PE-X-Schrumpfmaterialeien der Superseal Familie von Canusa-CPS (WTD) der Normgröße DN 150/250 in den Sandkasten mit verdichtetem „BETTUNGSSAND DIABAS 0/4“ mit Dokumentation „Vor Einbau“
2. Messung der Verdichtung und des Feuchtegehalts
3. Aufheizen des Mediumrohres auf 120°C und 24 h Durchwärmung mit Messung der Kräfte an dem Rohrende, das mit der Verschiebeeinrichtung verbunden ist.
4. Durchführung des Verschiebeversuchs gemäß EN 489 mit verdichtetem „BETTUNGSSAND DIABAS 0/4“ und mit 200 statt 100 Zyklen, dabei Messung von Verschiebeweg und Verschiebekraft.

Bei der Sandkastenprüfung wird das KMR mit mittig montierter Muffe entsprechend der Norm EN 489:2003 um einen Verschiebeweg von 2x 75 mm hin- und hergeschoben. Es gelten folgende Randbedingungen:

- Überdeckung (1,1±0,03) m verdichtet (≥18 kN/m²)
- Vorwärmtemperatur des Mediumrohres 120 °C ± 1 K
- Vorwärmdauer (vor Verschiebung) 24 h
- Betriebstemperatur während der Prüfung 120 °C ± 1 K
- Verschiebeweg (75 ± 0,5) mm
- Verschiebegeschwindigkeit
 - in Vorschub- bzw. Druckrichtung (10 ± 1) mm/min
 - in Rückführungs- bzw. Zugrichtung (50 ± 1) mm/min
- Anzahl der Verschiebezyklen 200

5. Freilegung des KMR und optische Begutachtung (Dichtheit der Muffe, Riefen etc.) mit Dokumentation „Nach Sandkasten“.

6. Wasserundurchlässigkeitsprüfung gemäß EN 489

Nach der Sandkastenprüfung wird die Muffenverbindung mit gefärbtem Wasser unter folgenden Parametern umspült:

- Wassertemperatur 30 °C
- Wasserdruck 30 kPa
- Versuchsdauer 24 h

Nach der Wasserundurchlässigkeitsprüfung werden die beiden Muffenverbindungen durch selektives Öffnen zerstörend auf Wassereinbruch geprüft.

3.1 Untersuchung mit praxisnaher Verdichtung vom „BETTUNGSSAND DIABAS 0/4“

Es ist der in Kapitel 3 beschriebene Versuchsablauf mit dem in **Bild 3 – 5** vor Prüfbeginn abgebildeten Prüfling durchgeführt worden.

Bild 3: KMR 2355 im Anlieferungszustand





Bild 4: Muffenbereich von KMR 2355 in 12-Uhrlage vor der Prüfung



Bild 5: Muffenbereich von KMR 2355 in 12-Uhrlage im Sandkasten vor der Prüfung

Der „BETTUNGSSAND DIABAS 0/4“ wurde im angelieferten Zustand - so wie im Mai 2008 beim Fernwärmebau verbaut - in den Sandkasten direkt um das KMR eingebaut. Der Wassergehalt betrug 3,7% bis 4,2%. Mit einer lagenweisen Verdichtung wurde ein Verdichtungsgrad von 80% erreicht.

Die maximalen Kräfte zum Halten des KMR während des Aufheizens betrugen 2,6 kN/m.

Während der Sandkastenprüfung haben sich Medium- und Mantelrohr kontinuierlich um den Verschiebeweg ($75 \pm 0,5$) mm bei Kräften zwischen 9,1 kN/m und 2,9 kN/m bewegt.

Die Auswirkungen auf Mantelrohr und Muffe sind in den **Bildern 6 - 8** dargestellt. Es haben sich keine Riefen ins Mantelrohr gekratzt; lediglich in 6-Uhr Lage auf der Druckseite ist ein Lösen der Manschette eingetreten. Die anschließende Wasserundurchlässigkeitsprüfung hat ergeben, dass das Rohrsystem weiterhin dicht ist (**Bild 9**). Damit gilt die Erddruckprüfung als bestanden.



Bild 6: KMR 2355 nach Sandkastenprüfung



Bild 7: KMR 2355 nach Sandkastenprüfung: Keine Riefen im Mantelrohr
(D = Druckseite, Z = Zugseite)



Bild 8: KMR 2355 nach Sandkastenprüfung: Lediglich in 6-Uhr Lage Druckseite ein geringes Lösen der Manschette.



Bild 9: KMR nach Wasserundurchlässigkeitsprüfung: Die Muffe ist dicht.

3.2 Untersuchung mit sehr hoher Verdichtung vom „BETTUNGSSAND DIABAS 0/4“

Es ist der in Kapitel 3 beschriebene Versuchsablauf mit dem in **Bild 10 – 11** vor Prüfbeginn abgebildeten Prüfling durchgeführt worden.



Bild 10: KMR 2401 im Anlieferungszustand Muffenbereich in 12-Uhrlage vor der Prüfung; Schäumlochstopfen ohne Patches



Bild 11: Muffenbereich „B“ von KMR 2401 in 12-Uhrlage vor der Prüfung

Der „BETTUNGSSAND DIABAS 0/4“ wurde im angelieferten Zustand mit möglichst hoher Verdichtung in den Sandkasten direkt um das KMR eingebaut. Der Wassergehalt betrug 6,2%. Mit einer lagenweisen Verdichtung wurde ein Verdichtungsgrad von 95% erreicht.

Die maximalen Kräfte zum Halten des KMR während des Aufheizens betragen 4,3 kN/m.

Während der Sandkastenprüfung haben sich Medium- und Mantelrohr kontinuierlich um den Verschiebeweg ($75 \pm 0,5$) mm bei Kräften zwischen 42,5 kN/m und 14,3 kN/m bewegt.

Die Auswirkungen auf Mantelrohr und Muffe sind in den **Bildern 12 - 13** dargestellt. Es haben sich keine Riefen ins Mantelrohr gekratzt; auf der Druck- und Zugseite ist ein Lösen der Manschetten vom Mantelrohr eingetreten. Die anschließende Wasserundurchlässigkeitsprüfung hat ergeben, dass das Rohrsystem weiterhin dicht ist (**Bild 14**). Damit gilt die Erddruckprüfung als bestanden.

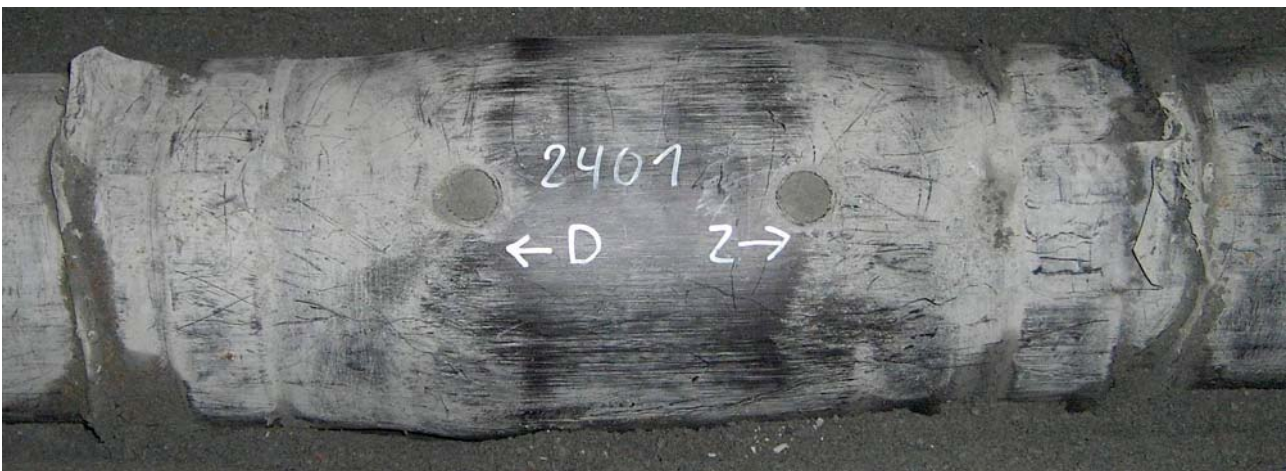


Bild 12: KMR 2401 nach Sandkastenprüfung: Partielles Ablösen der Manschetten auf beiden Seiten (D = Druckseite, Z = Zugseite)



Bild 13: KMR 2401 nach Sandkastenprüfung, Druckseite: Keine Riefen im Mantelrohr



Bild 14: KMR 2401 nach Wasserundurchlässigkeitsprüfung: Die Muffe ist dicht.

4 Ergebnisse und zusammenfassende Beurteilung

Die Prüfungen haben dargelegt, dass

- die Einsatzfähigkeit vom „BETTUNGSSAND DIABAS 0/4“ für die Verlegung von erdverlegten Kunststoffmantelverbundrohren (KMR) und im speziellen Fall
- für Muffenverbindungen mit PE-X-Schrumpfmaterialeien der Superseal Familie von Canusa-CPS

gegeben ist.

	Minimale Verschiebekraft [kN/m]	Maximale Verschiebekraft [kN/m]
„BETTUNGSSAND DIABAS 0/4“ D _{pr} 80%	2,9	9,1
„BETTUNGSSAND DIABAS 0/4“ D _{pr} 95%	14,3	42,5
Sandbettung Natursand 0/2 gemäß FW 401	2,5	13,5

Tabelle 1: Vergleich minimaler und maximaler Verschiebekräfte

Das Niveau der Reibkräfte ist von „BETTUNGSSAND DIABAS 0/4“ bei praxisnaher Verdichtung (80%) und Sandbettung ähnlich. Der „BETTUNGSSAND DIABAS 0/4“ bei hoher Verdichtung (95%) bewirkt gegenüber der Sandbettung deutlich höhere Reibkräfte und fördert somit die gewünschte behinderte Dehnung; dabei ist hinsichtlich der Verbundeigenschaft des KMR von mindestens 0,12 MPa noch eine 2fache Sicherheit gegeben.