

thermo**sand**[®]
— KE KELIT

**... die Alternative
ohne Alternative**



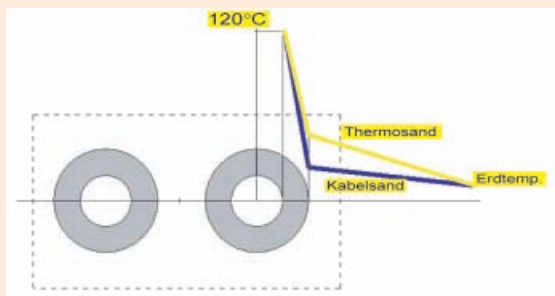
 **KE KELIT**[®]
INNOVATIVE PIPE SYSTEMS

Inhaltsverzeichnis

Stand der Technik	4
Problemstellung	5
Die Lösung	6
Was ist thermosand?	7
Kosten / Nutzen Analyse	8/9
Aufbau	10
Bodenmechanische Eignung	10
Herkunft	11
Funktionsnachweis im Feldversuch	13
FWW Messstrecke / Temperatur= verlauf am Hotspot	16/17
Vertretungen und Zentrale	18/19

Stand der Technik

KVM-Rohre (Fernwärmerohre) werden erdverlegt für FW-Netze bis 130°C Heißwassertemperatur eingesetzt. Im Rohrgraben werden sie in ein Sandbett verlegt, wobei sich als Folge des Wärmeverlustes ein Temperaturgefälle vom Rohr zum Künettenrand ergibt.



Die Übertragungsverluste (Wärmeverluste) sollen so gering wie möglich gehalten werden. Der Wärmeverlust wird also im Wesentlichen eine Funktion der PUR-Isolierstärke der Mediumrohre sein. Dementsprechend haben sich 3 Isolierstufen am Markt etabliert:

Dämmserie 1:	Mediumrohr DN 100,	Mantelrohr PE 200 mm
Dämmserie 2:	DN 100,	PE 225 mm
Dämmserie 3:	DN 100,	PE 250 mm

Die Mehrkosten der verstärkten Dämmung werden der ersparten Energie auf Basis der Wärmeerzeugerpreise gegenübergestellt.





Problemstellung

Verbesserte Dämmeigenschaften wurden bisher ausschließlich durch eine kostspielige Erhöhung der Isolierstärken erkaufte. Diese Erhöhung hat Folgekosten:

- Erhöhter Materialbedarf PUR-Schaum
- Größeres Mantelrohr
- Breitere Rohrgräben
- Höhere Transportkosten für Rohre, Aushubmaterial, Sand
- Im Straßenbereich: großer Rekonstruktionsaufwand

Die Aufgaben des Sandbettes

- Erfüllung der Rohrstatik laut EN 13941
- Verhinderung von undefinierten Hohlräumen durch Körnung 0,3 mm
- Aufnahme von Verkehrslasten durch kompakte Bettung
- Behinderung der Längsdehnung durch definierte Reibung
- Vermeidung von unzuverlässigen Erwärmungen des Mantelrohres, insbesondere im Muffenbereich (relativer Kühleffekt) durch Wärmeableitung
- Nach Berechnung der Wärmeverluste gemäß Ö-NORM EN 13941 Anhang „D“ darf der Einfluss des umgebenden Erdreiches nicht vernachlässigt werden

Stillschweigend wird akzeptiert, dass „Kabelsand“ die oben genannten Aufgaben zufriedenstellend erfüllt, jedoch dabei die materialspezifisch hohe Wärmeleitfähigkeit nicht beeinflussbar ist. Laut Literatur wird für den das Rohr umgebenden Bereich von ca. 200 mm daher mit einem Stoffwert λ für diesen feinkörnigen Kabelsand von 1,5 - 1,7 W/m²K gerechnet.

KE KELIT ging von folgender Fragestellung aus:
Gibt es ein preislich attraktives Material, das bei gleichen mechanischen Eigenschaften eine deutlich geringere Wärmeleitfähigkeit hat als Quarzsand?

Und **KE KELIT** ist fündig geworden:

Die Lösung

Abrammaterial aus den ehemaligen Kohlefördergebieten in der Steiermark hat sich durch thermische Umwandlung (autoklavische Pyrolyse) der Kohlereste im Laufe der Zeit zu einem einmaligen Material verwandelt, welches als „Naturklinker“ gebranntem Ton ähnlich ist.

Entsprechend vermahlen wird daraus **thermosand®** - ein Glücksfall für die gesamte FW-Branche.

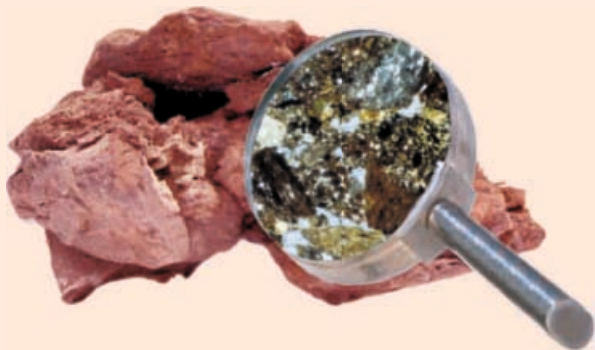
thermosand® von **KE KELIT** verfügt als sandähnliches Material über neue, spezielle Eigenschaften.

Dadurch wird der Gesamtwärmeverlust der Rohrzone drastisch gemindert, da es selbst nur ein Lambda von 0,177 (trocken) bis max. 0,88 (nass) W/m²K aufweist.

Lambda thermosand® = 0,33 (leicht feucht) W/m²K.



Lupenauschnitt:
 Dünnschliffaufnahme mit Polarisationsfilter
 Lupendurchmesser entspricht ~ 2 mm.
 Eisblaue Stellen kennzeichnen die
 Mikrohöhlräume, welche die be-
 sonderen Isoliereigenschaften
 des Minerals bewirken.



Was ist thermosand®?

Ein sedimentes Material mit besonderen Werten in:

- Zusammensetzung
- Porenanteil
- Wärmeleitfähigkeit

Was bewirkt thermosand®?

Im angeführten Beispiel wird der Nachweis erbracht, dass bei Verwendung von **thermosand®** und Rohren der Dämmserie 1 lediglich die gleichen Verluste entstehen wie beim Einsatz der Dämmserie 3 in herkömmlichem Kabelsand. Die eingesparten Mehrkosten zwischen Dämmserie 1 und 3 liegen für das Rohrmaterial bei etwa - 35%.

Bezogen auf die Gesamtinvestition immer noch bei mindestens 10%. Der wirtschaftliche Nutzen aus dem wesentlich verringerten Wärmeverlusten wird jedoch über die gesamte Lebensdauer lukriert. Die Mehrkosten des thermosandes® werden sich daher in wenigen Heizperioden amortisiert haben.

Die Berechnungsannahme für die folgenden Beispiele sind so praxisnah wie möglich, aber trotzdem frei gewählt.

Infolge großer regionaler Kostenunterschiede für

- Wärmeerzeugerpreis
- Transportkostenanteil im Therosandpreis
- Kabelsandpreis
- Dimensions- und Längenmix im Rohrnetz
- Dämmserie

muss jedes Bauvorhaben projektspezifisch berechnet werden. Unsere Planungsabteilung erstellt gerne für Ihr Projekt eine entsprechende **Kosten/Nutzen Analyse**.

Kosten/Nutzen Analyse:

Bauvorhaben: Musterbaustelle

Wirtschaftlichkeitsberechnung des thermosandes®

Vergleich Dämmserie 1 mit Therosand zu Dämmserie 1 mit Kabelsand				
Anzunehmende Faktoren:				
Wärmepreis Erzeuger [€/kWh]:	0,040000			
Mehrinvestition Rohrsystem ohne Verleg. in DS 1 zu DS 1 [€/Tr.m.]				
Mehrinvestition Rohrsystem ohne Verleg. in DS 1 zu DS 2 [€/Tr.m.]	8,50			
Mehrinvestition Rohrsystem ohne Verleg. in DS 1 zu DS 3 [€/Tr.m.]	16,00			
Therosand ab Baustellenlager ohne Hinterfüllg. [€/m³]:	30,00			
Kabelsand ab Baustellenlager ohne Hinterfüllg. [€/m³]:	14,00			
Jahresbetriebsstunden [h]:	8.760,00			
Vorlaufemperatur [°C]:	95,00			
Rücklaufemperatur [°C]:	55,00			
Erdtemperatur [°C]:	10,00			
Kreditzinssatz:	3,00%			
Errechnete Faktoren:				
☒-Therosandbedarf [m³/Tr.m.]	0,5102			
☒-Wärmeverlust Dämmserie 1 mit Therosand [W/Tr.m.]	19,04			
☒-Wärmeverlust Dämmserie 1 mit Kabelsand [W/Tr.m.]	27,05			
Therosand ab Baustellenlager ohne Hinterfüllung [€/Tr.m.]	15,30			
Kabelsand ab Baustellenlager ohne Hinterfüllung [€/Tr.m.]	7,14			
Differenz Wärmeverlust DS1 Therosand zu DS1 Kabelsand [W/m]:	8,01			
Wärmeverlustergat [€/Tr.m.+Jahr]	2,81			
Wärmeverlustergat [€/Trasse+Jahr]	22.738,52			
Differenz Rohrinvestition DS1 zu DS1 und Differenz Thermo- zu Kabelsand [€/Trm]:	-8,16			
Differenz Rohrinvestition DS1 zu DS1 und Differenz Thermo- zu Kabelsand [€/Trasse]:	-66.030,72			
Ertrag aus Wärmeverlust und Investition [€/Trassenmeter]	-5,35			
Ertrag aus Wärmeverlust und Investition [€/Trasse + Jahr]	-43.292,20			
Amortisationszeit [a]:	3,08			

DN	∅ Stahl	Rohrlänge [m]	Trassenlänge [m]
400	406,4		
350	355,6		
300	323,9		
250	273,0		
200	219,1		
150	168,3	24,00	12,00
125	139,7	3.160,00	1.580,00
100	114,3	890,00	440,00
80	88,9	1.500,00	750,00
65	76,1	1.120,00	560,00
50	60,3	980,00	490,00
40	48,3	620,00	310,00
32	42,4	1.600,00	800,00
25	33,7	2.100,00	1.050,00
20	26,9		
20	26,0	4.200,00	2.100,00
15	22,0		
Σ		8.092,00	8.092,00

Dämmserie 1: Mediumrohr DN 100, Mantelrohr PE 200 mm
 Dämmserie 2: DN 100, PE 225 mm
 Dämmserie 3: DN 100, PE 250 mm

Die Mehrkosten der verstärkten Dämmung werden der ersparten Energie auf Basis der Wärmeerzeugerpreise gegenübergestellt.

Vergleich Dämmserie 1 mit Therosand zu Dämmserie 1 mit Kabelsand		Vergleich Dämmserie 1 mit Therosand zu Dämmserie 2 mit Kabelsand		Vergleich Dämmserie 1 mit Therosand zu Dämmserie 3 mit Kabelsand	
Mehrinvestition Rohr- system ohne Verleg. in DS1 zu DS1 [€/Tr.m.]		Mehrinvestition Rohr- system ohne Verleg. in DS 1 zu DS 2 [€/Tr.m.]		Mehrinvestition Rohr- system ohne Verleg. in DS 1 zu DS 3 [€/Tr.m.]	
0,00		8,50		16,00	
Errechnete Faktoren:					
∅-Therosandbedarf [m ³ /Tr.m.]	0,5102	0,5102	0,5102	0,5102	0,5102
∅-Wärmeverlust Dämmserie mit Therosand [W/Tr.m.]	19,04	19,04	19,04	19,04	19,04
∅-Wärmeverlust Dämmserie 1 mit Kabelsand [W/Tr.m.]	27,05	23,51	23,51	21,05	21,05
Therosand ab Baustellenlager ohne Hinterfüllung [€/Tr.m.]:	15,30	15,30	15,30	15,30	15,30
Kabelsand ab Baustellenlager ohne Hinterfüllung [€/Tr.m.]:	7,14	7,14	7,14	7,14	7,14
Differenz Wärmeverlust Thermo- sand zu Kabelsand [W/m]:	8,01	4,46	4,46	2,01	2,01
Wärmeverlustertrag [€/Tr.m.+Jahr]	2,81	1,56	1,56	0,70	0,70
Wärmeverlustertrag [€/Trasse+Jahr]	22.738,52	12.623,52	12.623,52	5.664,40	5.664,40
Differenz Rohrinvestition und Differenz Thermo- zu Kabelsand [€/Trm]:	-8,16	0,34	0,34	7,84	7,84
Differenz Rohrinvestition und Differenz Thermo- zu Kabelsand [€/Trasse]:	-66.030,72	2.751,28	2.751,28	63.441,28	63.441,28
Ertrag aus Wärmeverlust und Investition [€/Trassenmeter]	-5,35	1,90	1,90	8,54	8,54
Ertrag aus Wärmeverlust und Investition [€/Trasse + Jahr]	-43.292,20	15.374,80	15.374,80	69.105,68	69.105,68
Amortisationszeit [a]:	3,08	SOFORT!	SOFORT!	SOFORT!	SOFORT!

Aufbau

Mechanische Fähigkeiten

- hoher Porenanteil gewährleistet deutlich bessere Dämmung (trocken und nass!!!)
- mechanisch stabil
- ausreichend verfügbar
- aus der „Mitte“ Österreichs

Natürlich gebranntes, rötliches Taubmaterial (Naturklinker) mit hoher Porenzahl, gemahlen und auf Korngröße 0/3 mm. Diese Hohlräume erreichen jedoch nur einen Wasser-Sättigungsgrad von max. 84% (durchschnittlich ca. 65%) Die verbleibenden Hohlräume sind mit Luft gefüllt und bewirken die guten Dämmeigenschaften.

Bodenmechanische Eignung

Nachweise

Die bodenmechanische Eignung wurde durch umfassende Prüfungen an der technischen Universität Graz (TUG) im Institut für Bodenmechanik und Grundbau ermittelt. (PrüfNr. 2045)

Auszugsweisende Merksätze

- zur Erreichung der nötigen Kohäsion (= Scherfestigkeit innerhalb des Sandgefüges) und der Gleitreibung zwischen Sandgefüge und KVM-Rohr ist beim Einbau auf den richtigen Wassergehalt von $w = 25\%$, entspricht einem Sättigungsgrad $>60\%$, zu achten.
- In diesem Bereich ist eine Verdichtung auf Proctorwert $PPR > 98\%$ leicht mit herkömmlichen Verdichtungsmethoden erreichbar. Damit wird optimale Scherfestigkeit gegenüber der KVM-Rohre gewährleistet.
- Der optimale Wassergehalt liegt laut TUG zur Erreichung der bodenmechanischen Festigkeiten bei $25,6\%$ und damit bemerkenswert nahe den beiden Sättigungskonstanten.
- Die Dichte trocken beträgt $1,2 \text{ t/m}^3$, steigt bei 68% Wasser-sättigung aber nur auf $1,46 \text{ kg/l}$. Die Korndichte (nur Feststoffanteil gewogen) beträgt dem gegenüber $2,78 \text{ kg/l}$. Der große Unterschied ist eine Folge poriger Kornstruktur, welche sich nicht vollständig mit Wasser füllen kann.

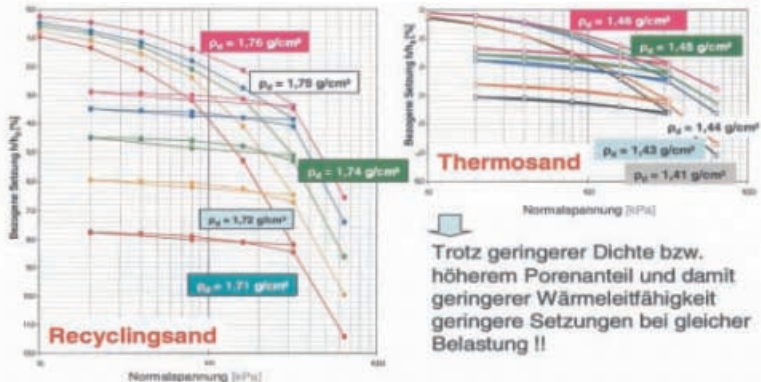
- **thermosand®** wird daher mit der festgelegten Masse von 1,2 t/m³ umgerechnet und in m³ verrechnet. Liegt der Wassergehalt bei der Anlieferung höher, ist das mehr an Wasser somit nicht zu bezahlen.
- Die Gleitreibung (Kohäsion) des Sandes ist dann immer höher als die Gleitreibung zwischen KVM und Sand.
- Die Elastizität von **KELIT - thermosand®** ist durch die mineralogische Zusammensetzung bei üblicher Korngröße / Größtkorn < 4 mm so hoch (Scherweg 3 - 4 mm), dass im Bereich der Rohr/Sandkohäsion keine innere Rissbildung des **thermosand®**bettes auftritt.
- **In einer vergleichenden Bewertung wurde die Eignung des thermosandes® als Hinterfüllmaterial, welches die nötigen Eigenschaften zur Erfüllung der rohrstatistischen Anforderungen nach ÖNORM EN 13941 haben muss, bestätigt.**

Herkunft

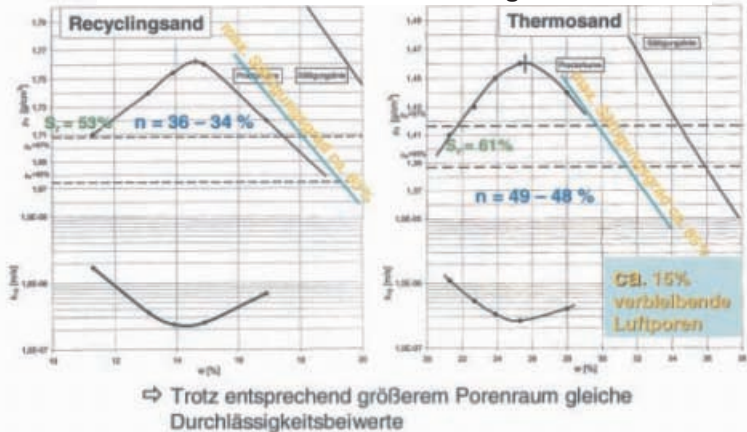
Das Material ist österreichischen Ursprungs. Für den **thermosand®** sind die exklusiven Vertriebsrechte über **KE KELIT** zu beachten, da der Einsatz an Fernwärmerohren patentrechtlich geschützt ist!



Streifenmoduli in Abh. v. d. Vertikalbelastung



Verdichtungsverhalten und korrelierende Durchlässigkeitswerte

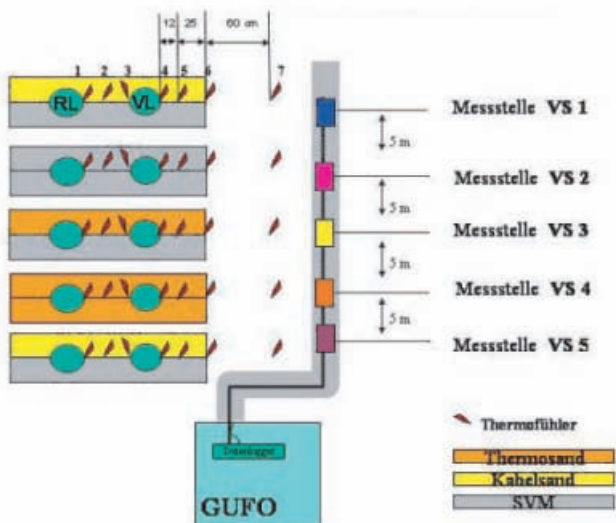


Funktionsnachweis im Feldversuch

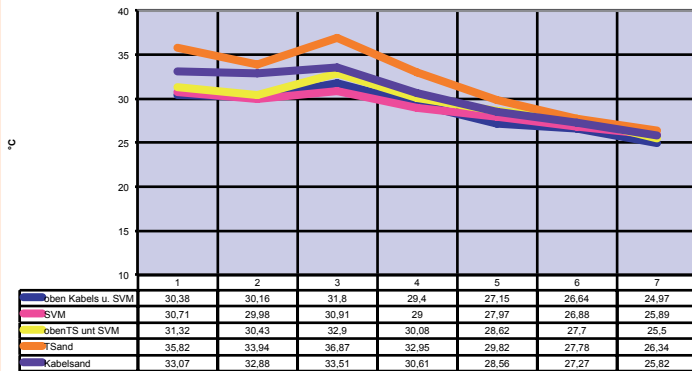
In zwei von einander unabhängigen Messreihen zuerst bei LINZ AG und Fermwärme Wien wurden unter realen Betriebsbedingungen Reihenmessungen vorgenommen. Dabei wird das Temperaturprofil im Rohrgraben quer zur Rohrachse von **thermosand®** im Vergleich mit üblichen Verfüllmaterialien ermittelt und verglichen. Wir danken den genannten Versorgungsunternehmen für ihr Entgegenkommen und ihre Mitarbeit.

Die folgende Grafik zeigt, dass mit Abstand zu allen anderen Varianten **thermosand®** die höchsten Temperaturen an der Mantelrohroberfläche aufweist und somit den besten Isoliereffekt haben muss.

Ein interessanter Nebeneffekt zeigte sich bei den anderen Materialien durch eine Umkehrung der Temperaturabläufe zwischen Sommer und Winter. Diese führen wir auf sich verändernde Dämmwert ein Abhängigkeit der Bodenfeuchte zurück. Durch eine lange Frostperiode bedingt kann im Jänner/Februar von sehr trockenem Boden in der Rohrzone ausgegangen werden. Zur Absicherung wurden von der TU-Graz Messungen im Labor mittels Halbraumsonde durchgeführt. Diese liegen in einem eigenen Gutachten vor.

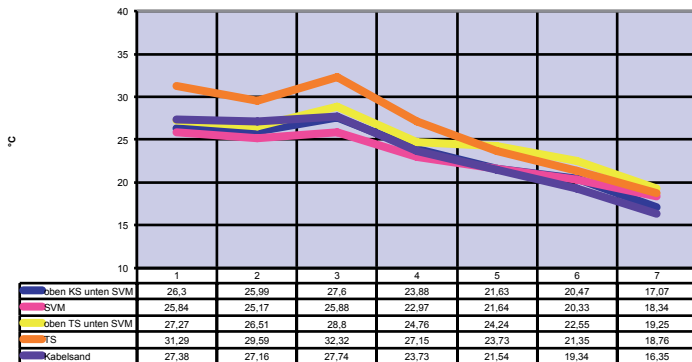


Sommer 2005



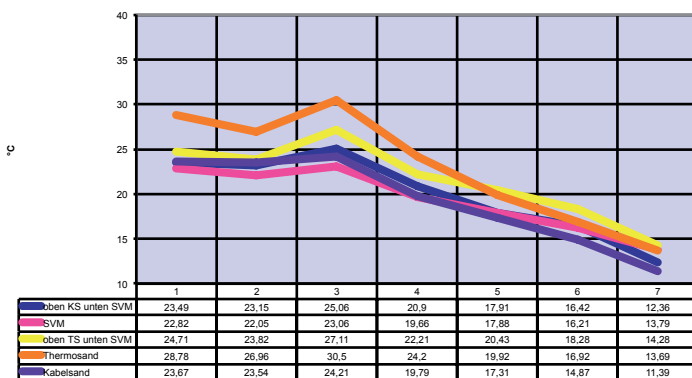
Fühler 1-7

Herbst 2005



Fühler 1-7

Winter 2005/6

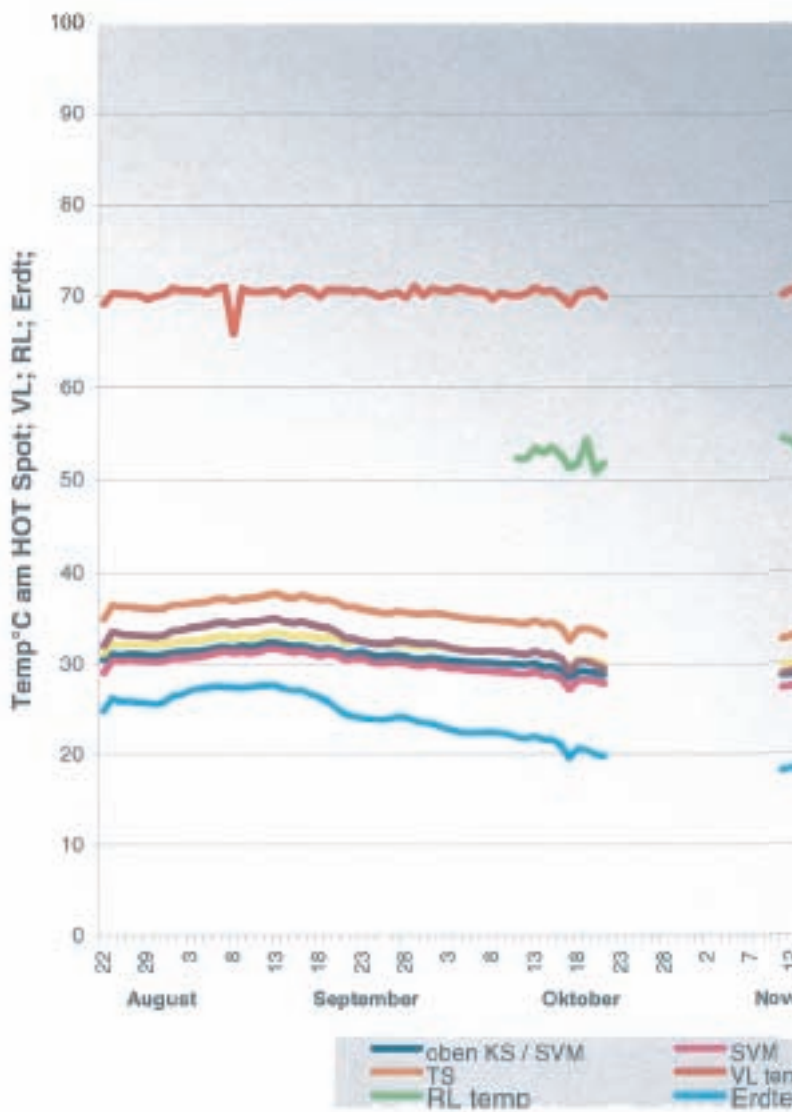


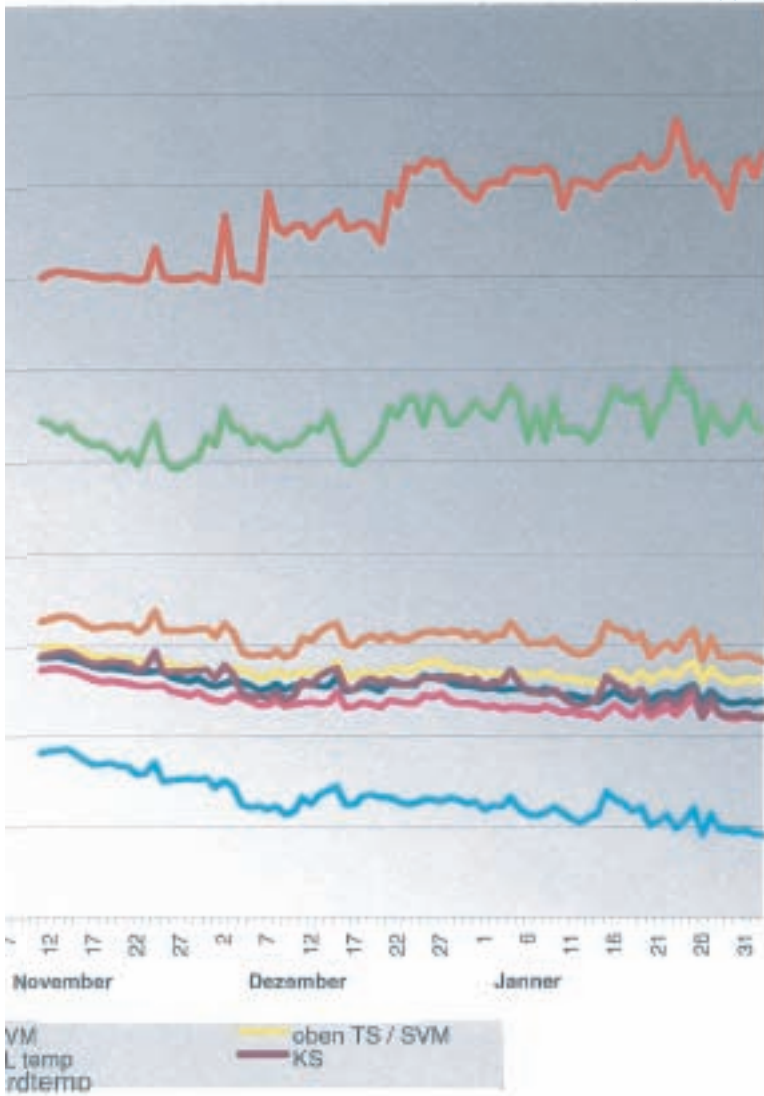
Fühler 1-7



FWW Messstrecke / Temperaturverlauf am Hotspot
(Fühler 3) + VL + RL + Erdtemperatur

Temperaturverlauf aus je 1 Tageswert





Vertretungen, Produktion und Zentrale:

Beratung über **thermosand®** wird in Österreich von allen **KE KELIT** Büros angeboten.



KE KELIT Zentrale und Vertretung für Oberösterreich



**KE KELIT Kunststoffwerk
Gesellschaft m.b.H.**

Ignaz-Mayer-Straße 17
4020 Linz, Postfach 36
Austria - Europe

Tel. +43(0)5 0779
Fax +43/(0)5 0779-118

e-mail: office@kekelit.com
www.kekelit.com

Diese technischen Unterlagen dienen zu Ihrer Information und Beratung. Eine Verbindlichkeit kann daraus nicht hergeleitet werden. Wir bitten, die Verarbeitung und Anwendung der Produkte den jeweiligen besonderen Verhältnissen anzupassen. Ständigem Fortschritt entsprechend behält sich **KE KELIT** die Änderungen technischer Details im Zuge von Produktverbesserungen vor. Druck- und Satzfehler vorbehalten.

Vertretung für Wien, Niederösterreich und Burgenland



KE KELIT Büro Ost
Campus 21
Liebermannstraße A02 405
A-2345 Brunn am Gebirge

Tel: +43(0)5 0779-710
Fax: +43(0)5 0779-729
wien@kekelit.com

Vertretung für Salzburg



KE KELIT Büro Salzburg
Maxglaner Hauptstraße 34
A-5020 Salzburg

Tel: +43(0)5 0779-750
Fax: +43(0)5 0779-759
sbg@kekelit.com

Vertretung für Steiermark



KE KELIT Büro Steiermark
Grazer Straße 10
A-8130 Frohnleiten

Tel: +43(0)5 0779-780
Fax: +43(0)5 0779-789
stmk@kekelit.com

Vertretung für Tirol und Vorarlberg



KE KELIT Büro Tirol
Bahnstraße 14a
A-6401 Inzing

Tel: +43(0)5 0779-760
Fax: +43(0)5 0779-769
tirol@kekelit.com

Vertretung für Kärnten



KE KELIT Büro Kärnten
Wirtschaftspark 11
A-9130 Poggendorf

Tel: +43(0)5 0779-790
Fax: +43(0)5 0779-799
kaernten@kekelit.com

thermo sand[®]



**Zertifiziertes Qualitätssicherungssystem
durch ÖQS
ÖNORM EN ISO 9001:2000
Reg.Nr.366/0**



**ÖSTERREICHISCHER
ARBEITSKREIS
KUNSTSTOFFROHR
RECYCLING**

ARA-LIZENZ NR. 9087



Kunststoffwerk GesmbH.

Ignaz-Mayer-Straße 17
A-4020 Linz
Austria - Europe

Tel. +43/(0)5 0779
Fax +43/(0)5 0779-118

office@kekelit.com
www.kekelit.com