

Entwicklung eines Fußbodenheizsystems aus gegossenen Segmenten

Guss-Klima-System GKS®* **

Abschlussbericht über ein Entwicklungsprojekt,
gefördert unter dem Az: 17791 von der
Deutschen Bundesstiftung Umwelt



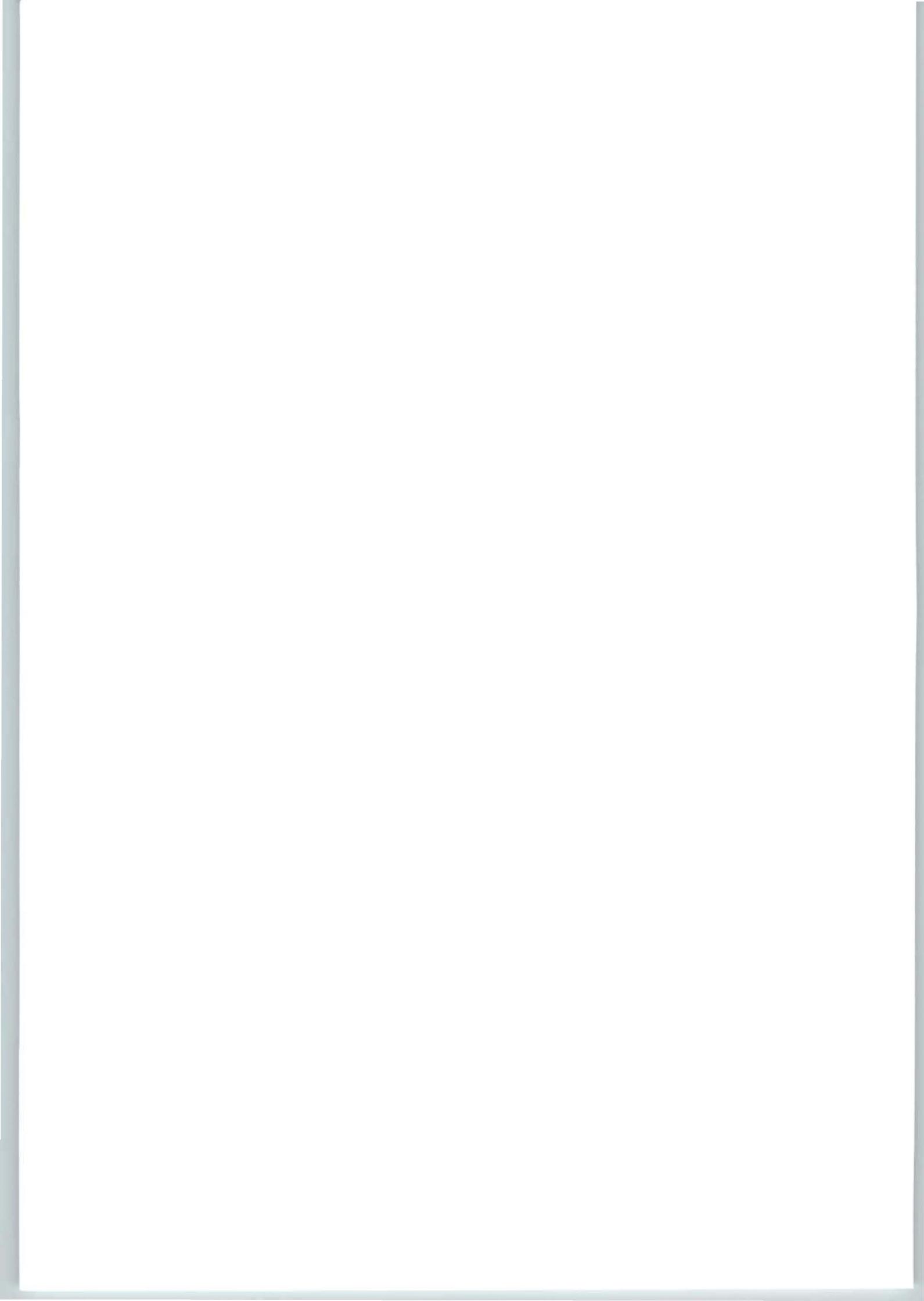
von

Dipl.-Ing. Claus Mildner

Freiberg, 24. März 2004

* Ein Patent der Firma ACTech Freiberg

** Eine Marke der Firma ACTech Freiberg



Projektkennblatt
der
Deutschen Bundesstiftung Umwelt



Az	17791	Referat	21/0	Fördersumme	62.505,43 €
Antragstitel	Entwicklung eines Fußbodenheizsystems aus gegossenen Segmenten				
Stichworte	Energie; Gebäude; Heizung; Recycling				
Laufzeit	Projektbeginn	Projektende	Projektphase(n)		
17 Monate	12/00	05/02	keine		
Zwischenberichte:	alle 6 Monate Kurzbericht				
Bewilligungsempfänger	Ingenieurbüro Mildner Am St. Niclas Schacht 13 09599 Freiberg			Tel	03731/781114
				Fax	03731/212905
				Projektleitung Herr Dipl.-Ing. Mildner	
				Bearbeiter	
Kooperationspartner					

Zielsetzung und Anlass des Vorhabens

Das von der Firma ACTech Freiberg erfundene und zum Patent angemeldete Raumheizsystem mit der Bezeichnung „Aus gegossenen Segmenten bestehender Raumheizkörper für den versenkten Einbau in Fußböden, Wänden und Decken für Warmwasserheizung“ stellt eine sehr interessante neue Alternative zur Lösung von speziellen Problemfällen bei Fußbodenheizungen im Industriebau dar. Mit dem Patentlizenzvertrag und Markenvertrag vom 18.04.2000 übernahm Herr Dipl.-Ing. Claus Mildner die ausschließlichen Rechte an der weltweiten Nutzung der in der Patent- und Markenmeldung beschriebenen Entwicklung. Die Lizenz umfasst die Herstellung, den Gebrauch und den Vertrieb eines zukünftigen marktfähigen GKS Heizsystems. Zu diesem Zeitpunkt war das System noch nicht marktfähig und es bestanden noch keine Dimensionierungsgrundlagen und keine Verlegungstechnologie.

Das FuE-Vorhaben diente der Entwicklung eines neuartigen Fußbodenheizungssystems aus gegossenen Platten, das neue Einsatzgebiete im Gewerbe- und Industriebau und bei der Sanierung denkmalgeschützter Objekte eröffnet.

Darstellung der Arbeitsschritte und der angewandten Methoden

Die notwendigen Entwicklungs- und Arbeitsschritte wurden nach Arbeitspaketen gegliedert.

In diesen Arbeitspaketen wurden:

- Gussplatten und Verbindungselemente konstruktiv optimiert und die Gusstechnologie verändert,
- die notwendigen Eigenschaften des Untergrunds definiert,
- eine praktikable und kostengünstige Verlegungstechnologie erarbeitet,
- Dichtheitsprobleme des Fußbodenaufbaus technisch praktikabel gelöst,
- verschiedene Oberflächengestaltungen und Einbauvarianten getestet und erfolgreich umgesetzt,
- die Eignung für Heizung und Kühlung nachgewiesen und Auslegungskriterien erarbeitet,
- der mögliche Einsatz regenerativer niederkalorischer Energien nachgewiesen,
- Berechnungs- und Auslegungsparameter für die Dimensionierung und Kalkulation erarbeitet,
- die Einsatzbereiche für das neue GKS[®] -Heizsystem definiert und erfolgreich beim Neubau der Firma ACTech GmbH in der Praxis umgesetzt.

Ergebnisse und Diskussion

Das neuartige Fußbodenheizungssystem GKS® -Heizungssystem besteht aus:

- Heizplatten aus Grauguss GGL 15, mit 5,2 kg/Platte, mit 57,8 kg/m²
- Heizrohre 14 x 2 mm, Material PE-Xa, sauerstoffdiffusionsdicht
- Eckverbinder aus PA6-GF30
- Unterlagen PE-Trennfolie, 0,2 mm, unbesandete Bitumenpappe, 1,5 mm und Aluminium-Grobkornfolie

Die Verlegung stellt eine einfache Verlegungstechnologie dar, die ohne aufwändige Hilfsmittel erfolgen kann. Die Randplatten werden mit Trennschleifmaschine zugeschnitten. Die Heizkreise müssen exakt im voraus geplant sein, der Montagebeginn erfolgt mit der letzten Platte, wobei Vor- und Rücklaufleitung jeweils in einer Gussplatte untergebracht werden.

Die GKS® -Platten eignen sich für

- Überdeckung mit Teppichboden, Laminatboden,
- Beschichtung als Fläche mit verschiedenen farbigen Epoxidharzsystemen,
- Verlegung einzeln beschichteter Platten und sichtbare Verfugung und weitere
- vielfältige Gestaltungsmöglichkeiten

Die mechanische Belastbarkeit ergibt eine Eignung für Verkehrslasten bis 300 kN/m² nach DIN 1050.

Heiz- und Kühlleistung

Es ergaben sich aus Tests und aus den eingeholten Gutachten sehr gute und praxisnahe Heizleistungen. Zusätzlich konnte eine gute Eignung für den Betrieb als Kühlung festgestellt werden. Diese Ergebnisse konnten bei der Referenzinstallation in der Firma ACTech alle bestätigt werden.

Einsatzbereiche

Das Produkt GKS® -Fußbodenheizungssystem ist marktfähig und sofort einsatzfähig im Industriebau, im Gesellschaftsbau und auch teilweise im privaten Wohnungsbau, vor allem, wenn sich dort eine Nachrüstung erforderlich macht. Dann ist die extrem geringe Aufbauhöhe von 20 mm bei einer hohen Belastbarkeit von besonderem Vorteil.

Preiskalkulation

Das GKS® -Fußbodenheizungssystem ist teurer als herkömmliche Fußbodenheizungssysteme. Allerdings muss beachtet werden, dass es für die genannten Einsatzbereiche derzeit kein nachrüstbares System gibt. Deshalb sind Vergleiche nur mit bauseitig von der Planung her im normalen Bauablauf errichtete Fußbodenheizungen möglich. Wird eine Nachrüstung notwendig, hat der Preis kaum eine abschließende Bedeutung.

Projektlauf

Das Projekt konnte anfangs ohne Probleme bearbeitet werden. Vor allem parallel zur Referenzinstallation bei ACTech konnte sehr zeitnah eine gute Baubegleitung gesichert werden.

Durch den Ausstieg der Schweizer ASKLI-Gruppe aus dem Unternehmen BALNEOTEC, Gesellschaft für medizinische Badetechnik Freiberg, die vom Autor dieses Projektes (IngenieurBüro Mildner) exklusiv betreut wurde, mussten dringend dort wichtige Arbeiten (weltweiter Service an medizinischen Anlagen, Sicherung aller Materialien, Einrichtungen und unersetzlichem technischem Knowhow) übernommen werden. Weiterhin waren große Anstrengungen notwendig, für eine Neugründung und damit für den Erhalt der Arbeitsplätze neue Partner zu finden. Dies ist inzwischen gelungen und das Unternehmen hat unter der Leitung des Autors mit seinen Produkten derzeit eine Spitzenstellung in der Welt erreicht.

Diese besonderen Aktivitäten und die damit verbundene enorme Belastung hat zeitweilig eine planmäßige Realisierung dieses Projektes GKS® verzögert.

Öffentlichkeitsarbeit und Präsentation

Am 02.02.2002 wurde in einem Vortrag anlässlich der Tagung zur Nachhaltigkeit der AGENDA 20 in Freiberg das neue Heizungssystem vorgestellt, die Vorzüge und die energetischen Aspekte wurden diskutiert und der Prototypeinbau in der Betriebsstätte der ACTech in Freiberg konnte vorgestellt werden. Mehrere Presseinformationen wurden geschaltet. Video-Aufnahmen wurden in allen Bauphasen für eine Info-DVD gemacht. Eine Fachtagung zur Vorstellung des neuen System für Heizungsspezialisten steht noch aus, inhaltlich ist diese aber mit Video, Folien, usw. bereits vorbereitet.

Fazit

Wenn im nachträglichen Einbau Fußbodenheizungssysteme zur Anwendung kommen sollen, sind geringe Aufbauhöhen und einfache Montage gefragt. Hier bietet das System eine technische Lösung durch minimale Aufbauhöhe verbunden mit großem Lastaufnahmevermögen. In Verbindung mit Wärmepumpen und Nutzung von Prozessabwärmern stellt das System eine sinnvolle weil energie- und umweltschonende Alternative dar. [Anhang 7]

3.0. Inhaltsverzeichnis

Seite:

1.0	Titelblatt	1
2.0	Projektkennblatt	2
3.0	Inhaltsverzeichnis	4
4.0	Verzeichnis von Bildern, Zeichnungen, Grafiken, Tabellen und Normen	5
5.0	Verzeichnis von Begriffen, Abkürzungen und Definitionen	8
6.0	Zusammenfassung	9
7.0	Einleitung	10
8.0	Hauptteil	13
8.0.1.	Projektvorgeschichte	13
8.0.2.	Weiterführung des Projektes	14
8.0.3.	Projekthalt	14
8.0.4.	Allgemeine Beschreibung von Fußbodenheizungssystemen	14
8.1.	Beschreibung des Fußboden-Heizungssystems GKS®	16
8.1.1.	Die Gussheizplatte	16
8.1.2.	Konstruktion der Gussplatte	17
8.1.3.	Gießereitechnische Probleme	17
8.1.4.	Verbindung der Platten	18
8.1.5.	Anforderungen an den Untergrund	19
8.1.6.	Darstellung des Systemaufbaus	19
8.1.7.	Darstellung des Aufbaus in der Montagereihenfolge	20
8.2.	Montagetechnologie des Fußbodenheizungssystems GKS®	24
8.2.1.	Plattenverlegung	24
8.2.2.	Fugenausbildung, Fugenabdichtung	27
8.2.3.	Dehnungsverhalten der Graugussplatten	29
8.2.4.	Sonderbeispiel Wandheizung aus Al-Platten	30
8.3.	Beschichtung und Bedeckung der Plattenoberfläche	33
8.3.1.	Allgemeine Probleme Beschichtung und Bedeckung	33
8.3.2.	Beschichtung der GKS® -Plattenoberflächen	34
8.3.3.	Verlegung von Laminatfußböden auf dem GKS® - Fußbodenheizungssystem	36
8.4.	Wärmetechnische Auslegungskriterien für das GKS® Heizungssystem	37
8.4.1.	Allgemeine Erläuterungen	37
8.4.2.	Vorgehensweise wärmetechnische Prüfung	37
8.4.3.	Annahmen und Voruntersuchungen für Realisierung ACTech	38
8.4.4.	Zusammenstellung der wärmetechnischen Ergebnisse	41
8.4.4.1.	Heizung	41
8.4.4.2.	Kühlung	41
8.4.4.3.	Kopplung mit regenerativen Energien	43
8.4.5.	Bewertung des GKS® -Systems an Hand der vorhandenen Referenzflächen	44
8.5.	Beurteilung der elektrischen Sicherheit	46
8.5.1.	Allgemeines	46
8.5.2.	Prüffeld für Messungen	46
8.5.3.	Ergebnisse	48
8.6.	Kostenkalkulation des Fußboden-Heizungssystems GKS®	49
8.6.1.	Allgemeine Voraussetzungen	49
8.6.2.	Kostenzusammenstellung GKS® -Heizsystems	49
9.0	Fazit	50
10.0	Literaturverzeichnis	51
11.0	Anhänge	ab 52

4.0 Verzeichnis von Bildern, Zeichnungen, Grafiken und Tabellen

Verzeichnis Bilder:

Bild 1	GKS® -Platte, Ansicht von unten
Bild 2	GKS® -Platte mit Eckverbindern, von oben
Bild 3	GKS® -Platte mit Eckverbindern und Kunststoffrohrleitung, von unten
Bild 4	Definierte Fugenausbildung
Bild 5	Neues gestaltetes Modell für Sandguss aus Kunststoff
Bild 6	Plattenverbinder, Ansicht von oben
Bild 7	Plattenverbinder, Ansicht von unten
Bild 8	Verlegung der Trennfolie
Bild 9	Verlegung der unbesandeten Bitumenpappe
Bild 10	Verlegung Alu-Grobkornfolie
Bild 11	Plattenverlegung
Bild 12	vorläufiges Aussparen von Hindernissen 1
Bild 13	vorläufiges Aussparen von Hindernissen 2
Bild 14	Verlegen einer Achse, Auslassen der Säulen
Bild 15	nahezu fertige Fläche in einem großen Raum
Bild 16	Situation an einer komplizierten Stelle
Bild 17	Anpassung nach Plattenzuschnitt
Bild 18	Randsituation
Bild 19	Situation Anschluss Verteiler
Bild 20	Situation Anschluss Verteiler Nebenraum
Bild 21	Beispiel Baustelle
Bild 22	Vorstrecken der Rohre
Bild 23	Plattenverlegung
Bild 24	Vorbereitung Rohrumlenkung 1
Bild 25	Vorbereitung Rohrumlenkung 2
Bild 26	Vorbereitung Rohrumlenkung 3
Bild 27	Vorbereitung Rohrumlenkung 4
Bild 28	Rohrumlenkung 1
Bild 29	Rohrumlenkung 2
Bild 30	Lücke für Restplatte
Bild 31	Verspachtelte Fugen und Randzonen
Bild 32	Verspachtelte Fugen und Fehlstellen
Bild 33	Versatzstellen, Fehlstellen
Bild 34	Verspachtelte Fugen und Flächen, überschliffen
Bild 35	Armierung mit Glasvlies 1
Bild 36	Armierung mit Glasvlies 2
Bild 37	Fertige Armierung mit Glasvlies
Bild 38	Beschichtung mit Epoxidharz 1
Bild 39	Beschichtung mit Epoxidharz 2
Bild 40	Beschichtung mit Epoxidharz 3
Bild 41	Beschichtung mit Epoxidharz 4
Bild 42	Rutschhemmung
Bild 43	Sockelleisten
Bild 44	Laminatverlegung 1
Bild 45	Laminatverlegung 2
Bild 46	Fertige Laminatverlegung
Bild 47	Prüffläche, Rohrteilungen
Bild 48	Aufbau Prüffläche
Bild 49	Oberflächenfertige Prüffläche
Bild 50	Detail Aluplatten und Verschraubung
Bild 51	Verlegung der Alu-Platten
Bild 52	Probeverlegung, noch nicht verfugt
Bild 53	Fertige Alu-Installation
Bild 54	Testmontage Rohrumlenkung 1
Bild 55	Testmontage Rohrumlenkung 2
Bild 56	Testmontage Rohrumlenkung 3
Bild 57	Einzelplattenverlegung
Bild 58	Gestaltung mit Logo

Verzeichnis Zeichnungen

Zeichnung 1	Schichtaufbau GKS-Fußbodenheizungssystem
Zeichnung 2	Verlegeplatte (ZSB) Fußbodenheizung, Blatt 1
Zeichnung 3	Verlegeplatte (ZSB) Fußbodenheizung, Blatt 2
Zeichnung 4	Verlegeplatte Fußbodenheizung, Blatt 1
Zeichnung 5	Verlegeplatte Fußbodenheizung, Blatt
Zeichnung 6	Eckverbinder Fußbodenheizung, Blatt 1

Verzeichnis Grafiken

Grafik 1	Oberflächentemperaturverteilung Testfläche 35 °C
Grafik 2	Oberflächentemperaturverteilung Testfläche 50 °C
Grafik 3	Messwerte Testfläche, ohne Beschichtung
Grafik 4	Messwerte Testfläche, mit Beschichtung

Verzeichnis Tabellen

Tabelle 1	Bedarf an Verbindungsstücken (VS) für Fußbodenheizung
Tabelle 2	Ausdehnung Grauguss-Platten für Fußbodenheizung
Tabelle 3	Kostenzusammenstellung
Tabelle 4	Zusammenstellung wärmetechnische Parameter (Heizung)
Tabelle 5	Zusammenstellung wärmetechnische Parameter (Kühlung)

Übersicht über Normen für Projekt GKS® -Fußbodenheizung

Konstruktive und Thermische Auslegung des Heizungssystems

DIN EN 1264-1	Fußboden-Heizung; Systeme und Komponenten; Definition und Symbole
DIN EN 1264-2	Fußboden-Heizung; Systeme und Komponenten; Bestimmung der Wärmeleistung
DIN EN 1264-3	Fußboden-Heizung; Systeme und Komponenten; Auslegung
DIN 4725, Teil 1	Warmwasser-Fußbodenheizungen; Begriffe; Allgemeine Formelzeichen
DIN 4725, Teil 2	Warmwasser-Fußbodenheizungen; Wärmetechnische Prüfungen
DIN 4725, Teil 3	Warmwasser-Fußbodenheizungen; Heizleistung und Auslegung
DIN 4725, Teil 4	Warmwasser-Fußbodenheizungen; Aufbau und Konstruktion
	Heizungsanlagen-Verordnung (HeizAnV); vom 22.03.1994
	Verordnung über einen energiesparenden Wärmeschutz bei Gebäuden (WärmeschutzV)
DIN 4108-1	Wärmeschutz im Hochbau; Größen und Einheiten
DIN 4108-2	Wärmeschutz im Hochbau; Wärmedämmung und Wärmespeicherung; Anforderungen und Hinweise für Planung und Ausführung
DIN 4108-3	Wärmeschutz im Hochbau; Klimabedingter Feuchteschutz; Anforderungen und Hinweise für Planung und Ausführung
DIN 4108-4	Wärmeschutz im Hochbau; Wärme- und feuchteschutztechnische Kennwerte
DIN 4108-5	Wärmeschutz im Hochbau; Berechnungsverfahren
DIN 4108	Wärmeschutz im Hochbau; Inhaltsverzeichnisse; Stichwortverzeichnis
Beiblatt 1	

Bauphysik

Schallschutz

DIN 4109	Schallschutz im Hochbau; Anforderungen und Nachweise
DIN 4109	Schallschutz im Hochbau; Ausführungsbeispiele und Rechenverfahren
Beiblatt 1	
DIN 4109	Schallschutz im Hochbau; Hinweise für Planung und Ausführung; Vorschläge für einen erhöhten Schallschutz; Empfehlungen für den Schallschutz im eigenen Wohn- und Arbeitsbereich
Beiblatt 2	
DIN 4109	
Berichtigungsblatt 1	

Unterkonstruktionen

- DIN 18560, Teil 1 Estriche im Bauwesen; Begriffe, Allgemeine Anforderungen, Prüfung
- DIN 18560, Teil 2 Estriche im Bauwesen; Estriche und Heizestriche auf Dämmschichten (schwimmende Estriche)
- DIN 18560, Teil 3 Estriche im Bauwesen; Verbundestriche
- DIN 18560, Teil 4 Estriche im Bauwesen; Estriche auf Trennschicht
- DIN 18202 Toleranzen im Hochbau; Bauwerke
- DIN 18195-1 Bauwerksabdichtungen; Allgemeine Begriffe
- DIN 18195-4 Bauwerksabdichtungen; Abdichtungen gegen Bodenfeuchtigkeit; Bemessung und Ausführung
- DIN 18195-5 Bauwerksabdichtungen; Abdichtungen gegen nichtdrückendes Wasser; Bemessung und Ausführung
- DIN 18195-9 Bauwerksabdichtungen; Durchdringungen, Übergänge, Abschlüsse

Belastungsfähigkeit

- DIN 1055, Blatt 3 Lastannahmen für Bauten; Verkehrslasten

5.0 Verzeichnis von Begriffen, Abkürzungen und Definitionen

GKS®		Guss-Klima-System
	K	Kelvin
α_H	W/m ²	Wärmeübergangskoeffizient am Fußboden im Heizungsfall
α_K	W/m ²	Wärmeübergangskoeffizient am Fußboden im Kühlfall
Δl	m, mm	Längenzunahme Gussplatte bei Temperaturzunahme
ΔR_α	m ² K/W	Zusätzlicher Wärmeleitwiderstand am Fußboden
Δt	K	Temperaturzunahme in K
Δt_G	K	Grenzheizmittelübertemperatur
Δt_K	K	Grenzkühlmitteluntertemperatur
K_H	W/m ² K	Äquivalenter Wärmedurchgangskoeffizient
$K_{H,0}$		Steigung der Kennlinie für $R_{\lambda,B}$
l_0	m, mm	Gussplattenlänge im kalten Zustand
q	W/m ²	Wärmestromdichte an der Fußbodenoberfläche
q	W/m ²	Kühlleistung
q_G	W/m ²	Grenzwärmestromdichte
q_N	W/m ²	Norm-Wärmestromdichte
$R_{\lambda,B}$	m ² K/W	Wärmeleitwiderstand des Fußbodenbelages
R_0		Wärmedurchgangswiderstand ohne Fußbodenbelag
$t_{F,m}$	°C	Mittlere Oberflächentemperatur = mittlere Fußbodentemperatur
$t_{F,m} - t_i$	°C	Mittlere Fußbodenübertemperatur
$t_{F,max}$	°C	Maximale Fußbodenoberflächentemperatur
t_j	°C	Kühlplattentemperatur (Messaufbau)
t_i	°C	Rauminnentemperatur
t_m	°C	Mittlere Heizmitteltemperatur
t_{nutz}	°C	Nutzungstemperatur = Oberflächentemperatur der Gussplatten bei Heizbetrieb
t_R	°C	Rücklauftemperatur des Heizmittels
t_V	°C	Vorlauftemperatur des Heizmittels
t_{ver}	°C	Verlegetemperatur der Gusseisenplatten

6.0 Zusammenfassung

Die wichtigsten technischen Daten des neuartigen Fußbodenheizungssystem GKS® in Kurzfassung

GKS® -Heizungssystem, bestehend aus:

- Heizplatten aus Grauguss GGL 15
mit 5,2 kg/Platte
mit 57,8 kg/m²
- Heizrohre
14 x 2 mm, Material PE-Xa, sauerstoffdiffusionsdicht
- Eckverbinder
aus PA6-GF30
- Unterlagen
PE-Trennfolie, 0,2 mm
unbesandete Bitumenpappe, 1,5 mm
Aluminium-Grobkornfolie

Verlegungstechnologie

- Einfache Verlegung, ohne Hilfsmittel
- Randplatten werden mit Trennschleifmaschine zugeschnitten
- Heizkreise müssen exakt im voraus geplant sein, Montagebeginn mit letzter Platte, Vor- und Rücklaufleitung jeweils in einer Gussplatte, Teilung 150 mm

Oberfläche / Überdeckung

- Überdeckung mit Teppichboden, Laminatboden
- Beschichtung als Fläche mit verschiedenen farbigen Epoxidharzsystemen
- Verlegung einzeln beschichteter Platten und sichtbare Verfugung
- Vielfältige Gestaltungsmöglichkeiten

Mechanische Belastbarkeit

- Eignung für Verkehrslasten bis 300 kN/m² nach DIN 1050

Heizleistung

Teilung 150 mm

$q_N = 89,9 \text{ W/m}^2$	ohne Fußbodenbelag	$q_G = 90,8 \text{ W/m}^2$	mit Fußbodenbelag
$q_G = 89,9 \text{ W/m}^2$	im Aufenthaltsbereich	$q_G = 90,2 - 90,9 \text{ W/m}^2$	im Aufenthaltsbereich
$q_G = 157,7 \text{ W/m}^2$	in der Randzone	$q_G = 158,3 - 159,4 \text{ W/m}^2$	in der Randzone

Teilung 300 mm

$q_N = 77,5 \text{ W/m}^2$	ohne Fußbodenbelag	$q_G = 80,6 \text{ W/m}^2$	mit Fußbodenbelag
$q_G = 77,5 \text{ W/m}^2$	im Aufenthaltsbereich	$q_G = 78,6 - 80,8 \text{ W/m}^2$	im Aufenthaltsbereich
$q_G = 136 \text{ W/m}^2$	in der Randzone	$q_G = 137,8 - 141,7 \text{ W/m}^2$	in der Randzone

Kühlleistung

Teilung 150 mm

$q_K = 3,94 * \Delta t_K \text{ W/m}^2$	ohne Fußbodenbelag	$q_K = 3,29 - 2,47 * \Delta t_K \text{ W/m}^2$	mit Fußbodenbelag
---	--------------------	--	-------------------

Teilung 300 mm

$q_K = 2,59 * \Delta t_K \text{ W/m}^2$	ohne Fußbodenbelag	$q_K = 2,23 - 1,75 * \Delta t_K \text{ W/m}^2$	mit Fußbodenbelag
---	--------------------	--	-------------------

Projektförderung

Das vorliegende Projekt wurde unter dem Az: 17791 von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt gefördert.

7.0 Einleitung

Das Projekt zur Entwicklung des marktfähigen Fußbodenheizungssystems GKS® wurde in Arbeitspaketen unterteilt und organisiert.

Zusammenstellung der Arbeitspakete zur Projektbearbeitung GKS® -Fußbodenheizung

- AP 1 Aktualisierung der Literatur- und Patentrecherche
 - Nochmalige Durchführung einer Patentrecherche
 - Vergleich mit weiteren Entwicklungen im Bereich Fußbodenheizung und weiteren Entwicklungen bei Niedertemperaturheizsystemen
- AP 2 Analyse der Einsatzfelder für das GKS Heizsystem
 - Untersuchungen über mögliche Einsatzbereiche für das GKS® -Heizsystem
 - Konkurrenzprodukte, Marktanalyse im Bereich Fußbodenheizung
 - Abgrenzung des GKS® -Heizsystems gegenüber den im Markt vorhandenen Fußbodenheizungssystemen, Durchführung Stärken/Schwächen-Analyse
 - Analyse der geltenden Normen
 - Schwerpunkt: Anforderungsprofil für den Industrie- und Gesellschaftsbau
 - Bauteilheizungen in Gebäuden
 - Kostenvergleich zu herkömmlichen Fußbodenheizsystemen
- AP 3 Erarbeitung Pflichtenheft Projekt GKS Heizsystem
 - Definition der Entwicklungsziele des Projektes GKS Heizsystem
 - Festlegung der Entwicklungsparameter auf Grundlage des Anforderungsprofils
 - Festlegung der notwendigen externen Prüfungen
 - Festlegung der Kooperationen
 - Organisation des Projektes
- AP 4 Optimierung der Rohrführung in der Platte
 - Veränderung und Optimierung der Rohrführung
 - Anpassung der Platte für Standardrohr für Fußbodenheizung
 - Verringerung des Gewichtes der Platte
 - Optimierung der Platte unter Berücksichtigung der Montageverfahren
 - Prüfung der Einarbeitung einer Sollbruchstelle als Trennmöglichkeit der Platte
 - Verbesserung der Gussqualität
 - Verbesserung der Maßhaltigkeit der Platte
 - Minimierung der Herstellungskosten der Platte
 - Variantenuntersuchung der Oberflächengestaltung im Guss (eingegossene Muster, Logos, etc.)
- AP 5 Optimierung der Verbindung zwischen den Platten
 - Untersuchung der Notwendigkeit eines separaten Verbindungselements
 - Untersuchung der Möglichkeiten, die Platten in geeigneter Form direkt zu verbinden
 - Erhöhung der Funktionalität des Verbinders
 - Berücksichtigung der Verlegungstechnologie bei der Konzeption der Verbindung
 - Kostenvergleich der untersuchten Varianten
- AP 6 Konstruktion Randabschlussplatten und Anschlusssysteme
 - Untersuchung der Notwendigkeit der Produktion von Randplatten,
 - Suche nach Alternativen für den Randabschluss und für die Anpassung an die Gebäudeabmessungen
 - Kostenvergleich der untersuchten Varianten und Festlegungen zur Lösung
- AP 7 Musterfertigung Platten
 - Auswahl des Gussmaterials
 - Untersuchungen zur optimalen Gusstechnologie
 - Suche und Auswahl des Herstellers
 - Anfertigung von Probegüssen
 - Kostenvergleiche zu anderen qualitativ gleichwertigen Herstellern (Gießereien)
 - Endgültige Festlegung zum Hersteller
- AP 8 Untersuchungen, Berechnungen, Prüfungen Bauphysik (Trittschall)
 - Vergleich der bisher üblichen Konstruktion von Fußbodenheizungssystemen mit dem GKS® -System
 - Konstruktive Festlegungen für die Trittschalldämmung
 - Erarbeitung von Vorgaben für Bauausführung der Unterkonstruktion
 - Untersuchung der Normenkonformität
 - Überprüfung der Eigenschaften im Prüffeld
- AP 9 Untersuchungen, Berechnungen, Prüfungen Bauphysik (Statik)
 - Vergleich der bisher üblichen Konstruktion von Fußbodenheizungssystemen mit dem GKS® -System
 - Konstruktive Festlegungen für die Sicherung der Belastbarkeit des Heizungssystems

- Bei Bedarf Anpassung des GKS® -Systems an Forderungen der Statik für die bauseitige Unterkonstruktion
- Prüfung einer Testfläche auf Belastbarkeit
- AP 10 Untersuchungen, Berechnungen, Prüfungen Bauphysik (Wärmetechnik)
 - Messungen der Temperaturverteilung und der Wärmeabgabe auf Prüffeld
 - Aufbau und Messung der Wärmeleistung einer Testfläche im zertifizierten Prüflabor
 - Ableitung wärmetechnischer Berechnungsgrundlagen für das GKS® -System
- AP 11 Untersuchungen zur Problematik Dichtheit (Staub, Hygiene)
 - Konstruktive Lösung zur Verhinderung des Eindringens von Staub und Feuchtigkeit in den Plattenbelag und damit unter die Platten (Fugenausbildung, Fugenabdichtung) bei einzeln endbeschichteten Platten
 - Montagetechnologie der Abdichtung
 - Ausbildung der Dehnungsfugen
- AP 12 Untersuchungen, Prüfungen EMV
 - Durch Normenvergleich und Gutachten Klärung der Notwendigkeit der EMV-Prüfung
 - Klärung der Notwendigkeit des Berücksichtigung der Belange des Blitzschutzes
 - Entsprechend Ergebnis Voruntersuchung Prüfung einer Testfläche in Prüflabor
- AP 13 Untersuchung der Umweltverträglichkeit, Recyclingfähigkeit
 - Prüfung und Erarbeitung von Unterlagen zur Recyclingfähigkeit der Platten, der Beschichtungen, der Materialien der Unterkonstruktionen, der Heizrohre
 - Darstellung der Umweltverträglichkeit des Gesamtsystems
 - Entwicklung und Überprüfung eines ökologischen GKS® -Gesamtkonzeptes (Einsatzfelder, Plattenherstellung, Verlegung, Beschichtung, Recycling)
- AP 14 Entwicklung des Untergrundaufbaus für die Plattenverlegung
 - Untersuchung verschiedener Varianten für Verlegematten (Pappen, PUR-Schaumplatten, Feinestriche)
 - Variantenuntersuchung eventueller Verlegeschemen, Bedrucken von Unterlagepappen, etc.
- AP 15 Entwicklung der Verlegetechnik
 - Auf Testflächen untersuchen verschiedener Technologien zur Plattenverlegung
 - Entwicklung von Verlegehilfsmitteln und -werkzeugen und deren Tests
 - Arbeitszeitdokumentation
 - Testverlegung bei geeigneten Anwendern
 - Weiterentwicklung mit Fachfirmen der Heizungsbranche
- AP 16 Untersuchung und Festlegung der Beschichtung von Einzelplatten
 - Variantenuntersuchungen zu Plattenbeschichtung (Kunstharzbeschichtungen, PUR-Beschichtungen, Emaillieren)
 - Maßnahmen zur Rutschfestigkeit durch verschiedene Zuschlagstoffe und Besandungen
 - Anwendungsmöglichkeit unbeschichteter Platten
- AP 17 Flächenversiegelung bei unbeschichteten Platten als Gesamtbeschichtung
 - Industriebodenbeschichtung (z.B. aus Acrylharz, mit Harz-Sand-Gemisch, mit Natursteineinmischung)
 - schleiffähige Beschichtungen
 - Ermittlung optimaler Schichtdicken
 - Kostenvergleiche
 - konstruktive Lösung von Ausdehnungsfugen
- AP 18 Prüffeldaufbau
 - Aufbau eines Prüffeldes für unterschiedliche Varianten
 - Variantenuntersuchungen
 - Eignungsbeurteilungen verschiedener Verlege- und Beschichtungsvarianten
- AP 19 Aktualisierung der Patentrechte
 - nach Bedarf Aktualisierung der vorhandenen Patentanmeldung oder Neueinreichung schutzwürdiger Entwicklungen
 - Prüfung Anmeldung neuer Marke
- AP 20 Anpassungsentwicklungen, Prüfungen
 - Überarbeitung von Arbeitsergebnissen zeitlich vorangegangener Entwicklungsschritte
 - Anpassungen an neue Erkenntnisse
 - ggf. Neuprüfungen bei Bedarf
- AP 21 Messtechnische Erfassung
 - im eigenen Prüffeld Erarbeitung von Messreihen zur Unterstützung von Labormessdaten unter praxisnahen Bedingungen
 - Bestätigung der Ansatzdaten durch Messungen
 - Wärmebildaufnahmen

- AP 22 Dokumentation der Prüfergebnisse, Erarbeitung von Anwendungsempfehlungen und Auslegungskriterien
- technische konstruktive Dokumentationen zum System
 - Dokumentation der Prüfergebnisse
 - Festlegungen zu den unterschiedlichen Einsatzbereichen des GKS Heizsystems
 - Zusammenstellung der anzuwendenden Normen
 - Aufarbeitung und Zusammenstellung aller untersuchten Varianten (Konstruktion, Verlegung, Beschichtung, Systemaufbau, Anwendungsfälle)
 - Erarbeitung einer Dokumentation für den künftigen Anwender (Anwenderempfehlungen, Auswahlkriterien, Berechnungsunterlagen, Angebote für Beschichtungen, Videodokumentation Verlegetechnologie für Anwender)
- AP 23 Fachtagungen, Verbreitung der Erkenntnisse und der Unterlagen
- Besuch von Messen und Fachtagungen Heizungstechnik, Beschichtungstechnik
 - Ausrichtung von Informationsveranstaltungen mit Architekten, Bauingenieuren, Heizungsplanern, Erfahrungsaustausch zu Problemen der Fußbodenheizung
 - Besuch Fachmessen und Symposien mit Informationspostern (Poster-Kurzreferate) und mit neuem Produkt

Bei der Bearbeitung der Arbeitspakete wurden Prioritäten entsprechend des Baufortschritts bei der ersten großen Referenzinstallation bei der Firma ACTech Freiberg gesetzt.

Viele Bearbeitungsschritte mussten mit dem Baugeschehen Schritt halten.

- Vor allem die Entwicklung der neuen Gusstechnologie, die sich aus den konstruktiven Veränderungen an der Gussplatte notwendig machten,
- die erforderlichen Qualitätskriterien, die bei den Prototypplatten nicht ausreichend vorgefunden wurden,
- die Entwicklung der verschiedenen Verlegungstechnologien für sehr unterschiedliche Verlegungsbedingungen,
- die noch unerprobten verschiedenartigen Bedeckungen und Beschichtungen des GKS® -Systems, welche der Architekt des Auftraggebers ACTech GmbH vorgesehen hatte,
- die Untersuchung der elektrischen Sicherheit,
- die neuen, ohne vorhandene Erfahrungswerte zu entwickelnden Beschichtungsverfahren und
- noch nicht gesicherte Heizleistungen und Planungsparameter.

Bei allen wichtigen Projektschritten gab es eine intensive und die Ingenieurarbeit gegenseitig herausfordernde Zusammenarbeit mit dem den Bau ausführenden Ingenieurbüro Groß in Freiberg. An dieser Stelle einen ganz besonderen Dank an Herrn Dipl.-Ing. Groß für Hilfe und Verständnis.

Das Projekt kann mit dem vorliegenden Abschlussbericht als erfolgreich bearbeitet gelten. Es konnte bewiesen werden, dass es sich um ein praktikables, technisch entwickeltes und hervorragend funktionierendes neues Fußbodenheizungssystem handelt.

Jetzt sind noch Arbeiten zur öffentlichen Popularisierung dieses neuartigen Heizungssystems notwendig und für die nächsten Monate geplant.

Während der gesamten Entwicklungs- und Bauphase wurden ausreichend Video- und Fotoaufnahmen vorgenommen. Diese werden in den nächsten Monaten zu präsentablen Werbe- und Informationsmaterialien verarbeitet. Dabei wird vor allem bei der Verlegungstechnologie Wert darauf gelegt, diese darzustellen.

Die Erstellung von Arbeitsblättern, Prospektmaterial und veröffentlichungsfähige Kalkulationen ist jetzt möglich und in den nächsten Wochen geplant.

8.0. Hauptteil

8.0.1. Projektvorgeschichte

Das Hauptgeschäftsfeld der Firma ACTech GmbH Freiberg ist die schnelle Herstellung von Gussteilprototypen, hauptsächlich aus den Bereichen Automobilbau, Maschinenbau, Aggregate- und Armaturenbau. Dabei sind neue innovative Ideen und Verfahren zur Verbesserung des Herstellungsprozesses von größter Bedeutung. Aus diesem Grund befasst sich die ACTech GmbH auch selbst mit der Entwicklung und Anwendung von neuen fortschrittlichen Gusstechnologien.

Im Zuge der verschiedenen Entwicklungsarbeiten wurde ein neues innovatives System zusätzlich zu den bereits bekannten Fußbodenheizungssystemen entworfen. Das System beruht auf einer speziellen Gussplatte, die zusammen mit handelsüblichen Kunststoffheizungsrohren als Heizelement dient.

Für dieses neue System wurden folgende Entwicklungsschritte ausgeführt:

- Im Rahmen von Recherchen konnten Fachleute und Meinungsbildner befragt werden.
- Im Januar 1998 wurde mit einer ersten konstruktiven Gestaltung der Gussplatten begonnen. Nach Auswertung der verschiedenen Gestaltungsmöglichkeiten hat man sich für die Herstellung von einer Vorzugsvariante entschieden. Erste Prototypen wurden abgegossen und bemustert, anschließend erfolgte die Herstellung einer Kleinserie.
- Im Zuge der Entwicklung der Fußbodenheizung wurde ein Kooperationsvertrag mit dem Freiburger Ingenieurbüro Groß geschlossen. Ihm oblag die Beschaffung und Installation der notwendigen Messtechnik, sowie die anschließende Erfassung und Auswertung der messtechnischen Daten. Des Weiteren die Installation der ersten Prototypanlage im Herbst 1998 in einem von der Firma ACTech bereitgestellten Raum. Hierbei wurden schon einige praktische Erfahrungen zur Verlegungstechnologie gesammelt. Die damit möglich gewordene messtechnische Untersuchung führte zu einer ersten Beurteilung des Systems.
- Da das neue System der Fußbodenheizung nicht nur für Heizungszwecke, sondern auch für Kühlzwecke verwendet werden sollte, wurde im Sommer 1999 eine zweite Variante der Prototypanlage in einem weiteren Raum der ACTech GmbH installiert und ca. eine Woche lang mit dem Kühlmedium Wasser betrieben. Erste entscheidende positive Daten wurden gewonnen.
- Die grundlegenden Aufgaben für die Entwicklung wurden formuliert. Das heißt, im Rahmen einer vorwettbewerblichen Entwicklung sollte dieses innovative System zur Marktreife weiterentwickelt werden.
- Im Jahr 1994 hat die Firma ACTech, vertreten durch den Geschäftsführer Herrn Dr.-Ing. F. Wendt, das oben beschriebene Grundprinzip des Heizsystems bereits zum Patent angemeldet.
- Das Heizungs- und Kühlungssystem GKS[®] wurde geschützt:
Deutsche Patentanmeldung P 44 46 543.3-16
Aus gegossenen Segmenten bestehender Raumheizkörper für den versenkten Einbau in Fußböden, Wänden und Decken für Warmwasserheizung
Angemeldet beim Deutschen Patentamt am 23.12.1994
Deutsche Markenmeldung 398 74 767.9/06 Guss-Klima-System vom 29.12.1998
- Zur Beurteilung der Patentfähigkeit wurde zum damaligen Zeitpunkt eine Patentrecherche über die in Betracht zu ziehenden Druckschriften mit dem Ergebnis durchgeführt, dass es in bezug auf Warmwasserfußbodenheizungen eine Reihe von Patentanmeldungen gibt, aber keine in ihrem Wesen beschriebene Erfindung mit der hier im Entwicklungsvorhaben befindlichen identifizierbar ist.
- Nach Besuch einschlägiger Fachmessen lautete die Feststellung, dass es zur Zeit kein gleichwertiges Heizungssystem auf dem Markt gibt. Diese Art der Fußbodenheizung wurde erstmalig im September 1999 in einem Presseartikel und auf einem Symposium zur Gebäudeklimatik der Öffentlichkeit vorgestellt. Die Resonanz konnte als sehr positiv gewertet werden.

8.0.2. Weiterführung des Projektes

Mit dem ausschließlichen Patentlizenzvertrag und Markenvertrag vom 18.04.2000 übernahm mit sofortiger Wirkung Herr Dipl.-Ing. Claus Mildner die ausschließlichen Rechte an der weltweiten Nutzung der in der Patent- und Markenmeldung beschriebenen Entwicklung. Die Lizenz umfasst die Herstellung, den Gebrauch und den Vertrieb eines zukünftigen GKS® - Heizsystems.

8.0.3. Projektinhalt

Gegenstand des vorliegenden FuE-Vorhabens ist die Entwicklung einer Fußbodenheizung als Komplettsystem aus optimierten Gusselementen, insbesondere für den Einsatz niederkalorischer Energiequellen mit dem Einsatzschwerpunkt im Gewerbe- und Industriebau und möglicherweise auch im repräsentativen Gesellschaftsbau. Ziel des Vorhabens ist die Schaffung eines marktfähigen Produkts, des GKS® -Heizsystems, zukünftig auch der Aufbau eines Unternehmens zur Produktion des neuartigen Heizsystems, der Vermarktung und Installation beim Kunden oder die Kooperation mit Unternehmungen im Bereich der Heizungstechnik.

Das System garantiert eine nachhaltige Energieeinsparung (Niedertemperaturverfahren), erlaubt die Kopplung mit alternativen Energieträgern und die Kombinierbarkeit von Heizung und Kühlung. Die Umweltverträglichkeit und Recyclingfähigkeit aller beim GKS Heizsystem verwendeter Komponenten war ein vorrangiges Entwicklungsziel.

Eine geringe Aufbauhöhe, die Nachrüstbarkeit in vorhandener Gebäudesubstanz, eine einfache rückstands-freie Demontierbarkeit und ein oberflächenfertiges Produkt zur einfachen Montage ohne Nacharbeit anderer Gewerke sind wesentliche Vorteile gegenüber einer konventionellen Fußbodenheizung. Das neue Heizsystem wird Einsatzgebiete im Gewerbe- und Industriebau und bei der Sanierung denkmalgeschützter Objekte finden können.

8.0.4. Beschreibung von Fußbodenheizungssystemen

Die Entwicklung der Heizungstechnik ist gekennzeichnet durch fortschreitende Energieverknappung, Energieverteuerung und die Notwendigkeit, Umweltbelastungen drastisch zu verringern. Energiespar- und Immissionsschutzgesetze zielen genau in diese Richtung. Technisch wird dies in der Praxis vor allem durch verbesserte Wärmedämmung von Gebäuden, Anwendung automatischer Regelungen, Verbesserung der Ausnutzung der Brennstoffe, Verbesserung der Abgasreinigung und schadstoffarme Verbrennung, Ausbau von Fernwärmeheizungen, zunehmender Einsatz von Wärmepumpen und alternativen Energien umgesetzt.

Die Wissenschaft hat die physiologischen Grundlagen für moderne Heizsysteme untersucht. Niedrigere Raumtemperaturen und geringe Oberflächentemperaturen von Heizflächen sind grundlegende, gesicherte Erkenntnisse. Aus diesen vorstehenden Gründen ergeben sich zunehmende Einsatzmöglichkeiten und die Errichtung von Heizungen mit geringen Heizwassertemperaturen. Die Fußbodenheizung hat in den vergangenen Jahren als echtes Niedertemperatur-Heizungssystem sehr stark an Bedeutung gewonnen.

Die Fußbodenheizung hat in den vergangenen Jahren als echtes Niedertemperatur-Heizungssystem sehr stark an Bedeutung gewonnen.

- Durch die Großflächen-Strahlungsheizung treten keine hohen Oberflächentemperaturen auf, wodurch das Behaglichkeitsempfinden der Person verbessert wird.
- Die Warmluftverteilung im Raum kommt der einer idealen Heizung am nächsten.
- Staubaufwirbelungen, hervorgerufen durch starke Konvektion, wie bei anderen Heizungssystemen werden vermieden, was aus hygienischer Sicht sehr vorteilhaft ist.
- Ebenso gibt es keine Staubverschmelzungen an heißen Heizflächen.
- Ein sehr gewichtiger Vorteil ist die Energieeffizienz von Fußbodenheizungen durch die Absenkung der Raumtemperaturen bis zu 3 °K bei gleichem physiologischen Wärmeempfinden
- Die Nutzung von regenerativen Energiequellen mit niedrigen Temperaturen ist wegen der geringeren Oberflächentemperatur eine optimale Voraussetzung bei Fußbodenheizungen.

Gegenwärtig gibt es verschiedene Verlegungsarten (Nass- und Trockenverlegung), das Prinzip der Wärmeübertragung aber ist immer gleich.

- Die Wärme wird mit dem Medium "Wasser" in Heizungsrohren transportiert und anschließend durch Wärmeübergang an den Fußboden abgegeben.
- Hierbei treten im Fußboden hohe Verluste, hervorgerufen durch schlechte Wärmeleitung des Fußbodenmaterials, auf.
- Diese Heizungen benötigen eine lange Vorwärmzeit und der Speichereffekt des Bodens ist aus wirtschaftlicher Sicht als negativ einzustufen.
- Der Einfluss der Fußbodenmaterialien wird noch größer, wenn eine höhere Belastbarkeit verlangt wird. Im Industriebau und Gesellschaftsbau müssen dann starke Überdeckungen eingebaut werden. Meist sind dies Beton- und Estrichüberdeckungen mit schlechter Wärmeleitung. Diese Systeme werden sehr träge.

Eine Übersicht der gängigen Fußbodenheizungssysteme zeigt die Übersicht Fußbodenheizungen [Anhang 15].

8.1. Beschreibung des Fußboden-Heizungssystems GKS®

8.1.1. Die Gussheizplatte

Der Hauptbestandteil des GKS® -Fußbodenheizungssystem besteht aus Graugussplatten mit den Abmessungen 300 x 300 mm und einer Plattendicke von 18 mm. Auf der Unterseite sind die Platten stark strukturiert gestaltet.

Material und Gewicht der Platte:

GGL 15, 5,2 kg

Es wurden Kanäle mit einem Radius von 7,25 mm eingeformt, um die Kunststoffheizungsrohre für Fußbodenheizungen aufnehmen können.

Dabei laufen jeweils 3 Kanäle im Abstand von 75 mm parallel zum Plattenrand und weitere 3 Kanäle senkrecht dazu. Weiterhin verlaufen noch je 4 Kanäle 45 ° und 4 Kanäle 135 ° versetzt. In der Mitte und an allen 4 Ecken wurden kreisförmige Kanäle mit einem Biegeradius von 75 mm angeordnet, um innerhalb der Platte Rohrbiegungen und Rohrumlenkungen zu ermöglichen. Der Biegeradius wurde entsprechend der einsetzbaren Rohrtypen gewählt.

Die Konstruktionszeichnungen der Gussplatte siehe Zeichnungen, [Anhang 1-4]

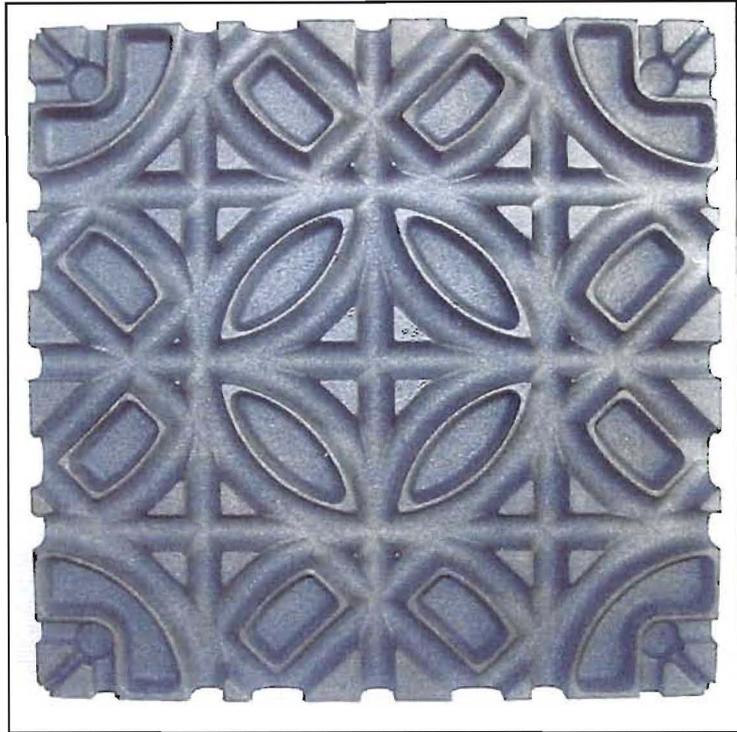


Bild 1: GKS® -Platte, Ansicht von unten

Die Zwischenflächen dienen als Auflagefläche der Heizungsplatte. Diese wurden entsprechend ausgeformt, um eine Gewichtseinsparung zu erreichen.

Die Kanten wurden aus gießtechnischen und verlegungstechnischen Gründen abgeschrägt.

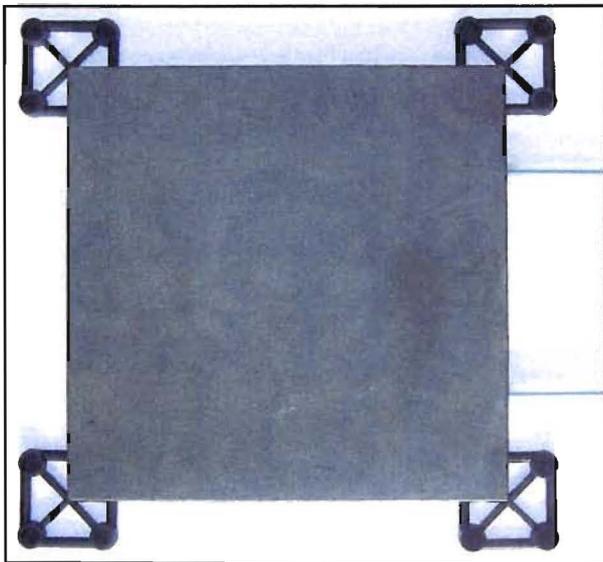


Bild 2: GKS® -Platte mit Eckverbindern, von oben

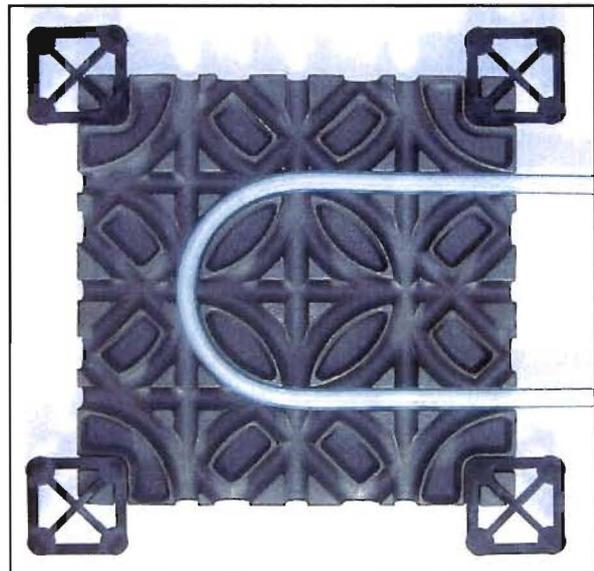


Bild 3: GKS® -Platte mit Eckverbindern und Kunststoffrohrleitung, von unten

Die Verbindung der Graugussplatten wird mit Eckverbindern aus Kunststoff gesichert. Mit diesen Eckverbindern werden die Platten ausgerichtet und fest zusammengehalten.

Es ist keine Befestigung der Platten auf dem Untergrund notwendig. Die Graugussplatten liegen durch Eigengewicht fest auf der Unterlage.

Die Konstruktionszeichnung des Verbinders siehe Zeichnung [Anhang 5].

8.1.2. Konstruktion der Gussplatte

Die vorgefundene Geometrie, besonders auf der Unterseite der Platten musste hinsichtlich der Passgenauigkeit der Rohrkanäle überarbeitet werden. Die Rohrkanäle sind für die im Fußbodenheizungsbau gängige Rohrdimensionen mit 14 x 2 mm Rohraußendurchmesser (Material PE-Xa) dimensioniert. Gleichzeitig machte sich eine Optimierung der Geometrie in Bezug auf eine Verringerung des Gesamtgewichtes der Platten notwendig.

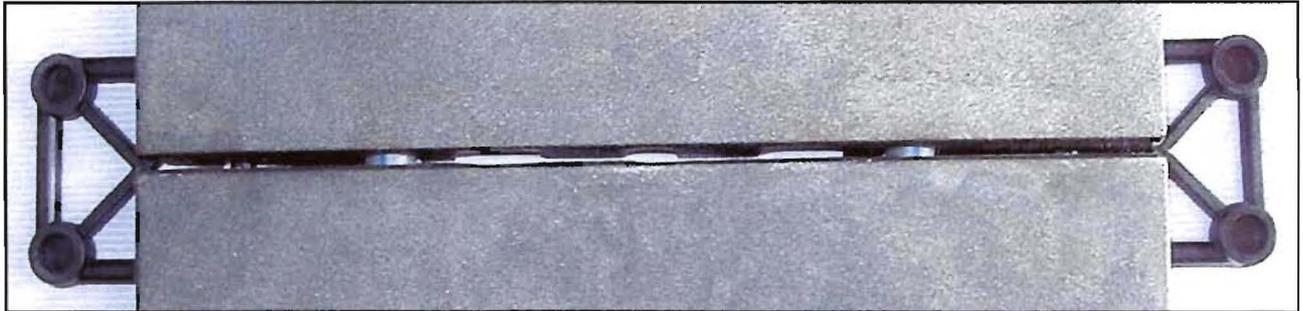


Bild 4: Definierte Fugenausbildung

Die Platten konnten weiterhin auch auf die Probleme der Verlegung und Verfugung hin optimiert werden. Die Platten stoßen im unteren Auflagebereich aneinander. Noch oben hin bildet sich eine V-förmige Fuge. Diese ergibt bei einer Verlegung mit einzeln beschichteten Platten ein architektonisch schönes Fugenbild und eine Armierung des gesamten Verlegesystems

8.1.3. Gießereitechnische Probleme

Die vorgefundene Prototypen der Gussplatten wurden von einem Modell abgeformt und im normalen Sandgussverfahren abgegossen. Hierbei traten jedoch sehr starke Qualitätsmängel an einer Vielzahl Platten auf. Die Platten waren unsauber gegossen, hatten starke Verzerrungen an Ober- und Unterseite, ungenügende Maßhaltigkeit, keine ebene Grund- und Deckfläche (gekrümmt oder gewölbt). Die Probleme ergaben sich mit der stark strukturierten Unterseite und der ebenen Oberseite. Bei der Abkühlung verzogen sich nahezu alle Platten.

Diese Mängel konnten durch eine andere Gießtechnologie vollständig beseitigt werden. Oberstes Ziel war es hierbei in jeder Projektphase, die Gussqualität der Platten so zu optimieren, dass sich selbst die mechanische Bearbeitung komplett erübrigt. Nach dem Guss mussten die Platten lediglich auf Schleifmaschinen geputzt. Nachträgliche Fräsarbeiten waren nicht notwendig.

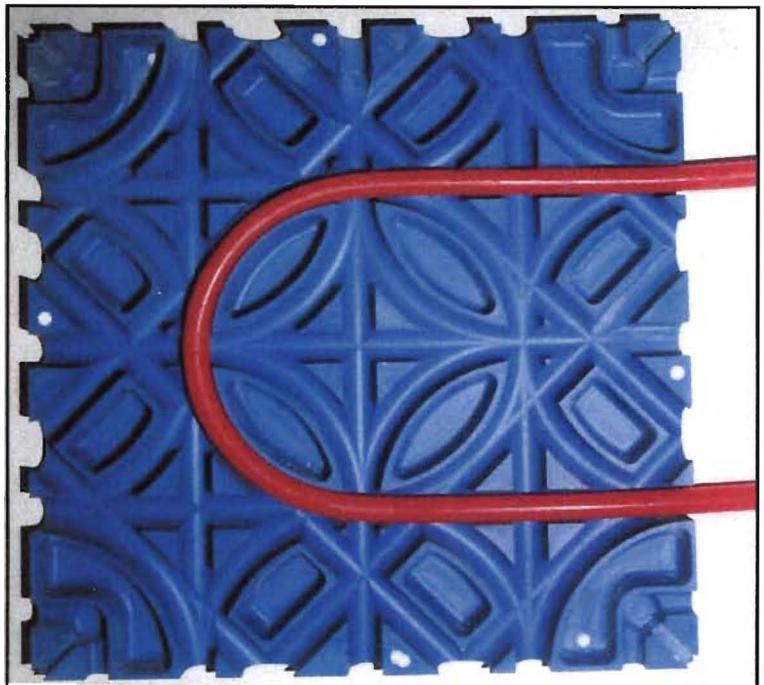


Bild 5: Neues überarbeitetes Modell für Sandguss aus Kunststoff

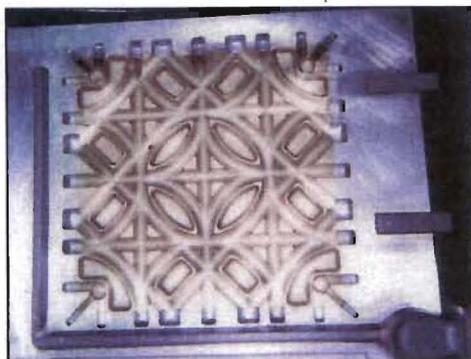


Bild 54: Messinggussform

Durch Wegfall der mechanischen Bearbeitung könnte sich eine deutliche Kostensenkung, ausgehend von der Prototypanlage, ergeben. Die Ausschussrate beim neuen Guss betrug ca. 3 von 1000 Platten. Diese hervorragende Qualität wurde von den Gießereifachleuten der Firma ACTech anerkannt und erleichterte später die exakte Verlegung des Systems und ist eine Grundlage für den Erfolg des Projektes. Durch die Mitarbeit der Firma Kunz Engineering wurde per CAD-Technik eine neue Modellplatte aus einem speziellen Werkstoff auf Kunstharzbasis gefräst. Danach fertigte die Gießerei Olsberg Hermann Everken GmbH auf Grund der übertragenen CAD-Daten 2 Messingmodelle mit allen notwendigen Angüssen und Steigern.

Der Guss der Platten erfolgt auf einer hochautomatisierten Gießmaschine. Nach dem Guss und den üblichen Putzarbeiten waren die Platten einbaufertig. Der Wegfall von nachträglichen Fräsarbeiten hat die Kosten für die GKS®-Fußbodenheizplatte deutlich gesenkt.

8.1.4. Verbindung der Platten

Für die Verbindung der Platten untereinander ist ein Kunststoffverbinder zuständig.

Dieser Verbinder verhindert ein Auseinanderdriften der Platten im verlegten Zustand.

Bei der konstruktiven Überarbeitung der Gussplatten musste auch die Funktion des Verbinders neu überdacht werden. Die Untersuchungen ergaben aber, dass diese Teile perfekt funktionierten und es keinen Anlass gab, die Konstruktion dieses Spritzteils grundlegend zu verändern.

Lediglich wurden die Maße so angepasst, dass der Verbinder durch seine konischen Eck-Ronden die Platten zusammenzieht. Somit liegen die Gussplatten unten aneinander und ergeben nach oben eine definierte Fuge.



Bild 6: Plattenverbinder, Ansicht von oben

Eine kostengünstige Variante für eine Plattenverbindung konnte nicht gefunden werden. Erst recht wurde keine Möglichkeit gesehen, ohne ein spezielles Verbindungsteil zu arbeiten.

Die erzielte Selbstarretierung der Platten erleichtert die Verlegung des GKS®-Systems auch bei großen Flächen.

In Tabelle 1 ist eine Übersicht über den Verbrauch an Verbindungsstücken dargestellt.

Außer bei Kleinflächen kann von einem

- **Faktor 1,2 x Anzahl der Gussplatten ausgegangen werden.**
- **Berechnungsgrundlage für den Plattenverbrauch: 11,2 Platten / m².**

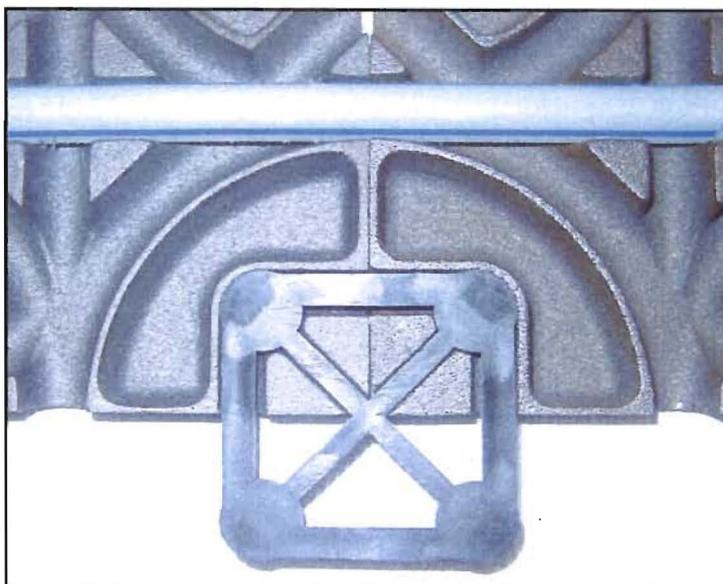


Bild 7: Plattenverbinder, Ansicht von unten

Tabelle 1: Bedarf an Verbindungsstücken (VS) für Fußbodenheizung

kleine einzelne Flächen ca. 2 - 20 m ²						mittelgroße Flächen ca. 20 - 70 m ²						große Flächen ca. 70 - 145 m ²		
Platten	VS	Faktor	Platten	VS	Faktor	Platten	VS	Faktor	Platten	VS	Faktor	Platten	VS	Faktor
25	36	1,4	115	144	1,3	240	294	1,2	420	510	1,2	780	942	1,2
30	42	1,4	120	150	1,3	250	306	1,2	440	534	1,2	800	966	1,2
35	48	1,4	125	156	1,2	260	318	1,2	460	558	1,2	850	1026	1,2
40	54	1,4	130	162	1,2	270	330	1,2	480	582	1,2	900	1086	1,2
45	60	1,3	135	168	1,2	280	342	1,2	500	606	1,2	950	1146	1,2
50	66	1,3	140	174	1,2	290	354	1,2	520	630	1,2	1000	1206	1,2
55	72	1,3	145	180	1,2	300	366	1,2	540	654	1,2	1050	1266	1,2
60	78	1,3	150	186	1,2	310	378	1,2	560	678	1,2	1100	1326	1,2
65	84	1,3	155	192	1,2	320	390	1,2	580	702	1,2	1150	1386	1,2
70	90	1,3	160	198	1,2	330	402	1,2	600	726	1,2	1200	1446	1,2
75	96	1,3	165	204	1,2	340	414	1,2	620	750	1,2	1250	1506	1,2
80	102	1,3	170	210	1,2	350	426	1,2	640	774	1,2	1300	1566	1,2
85	108	1,3	180	222	1,2	360	438	1,2	660	798	1,2	1350	1626	1,2
90	114	1,3	190	234	1,2	370	450	1,2	680	822	1,2	1400	1686	1,2
95	120	1,3	200	246	1,2	380	462	1,2	700	846	1,2	1450	1746	1,2
100	126	1,3	210	258	1,2	390	474	1,2	720	870	1,2	1500	1806	1,2
105	132	1,3	220	270	1,2	400	486	1,2	740	894	1,2	1550	1866	1,2
110	138	1,3	230	282	1,2	410	498	1,2	760	918	1,2	1600	1926	1,2

8.1.5. Anforderungen an den Untergrund

Der Untergrund muss folgende Eigenschaften aufweisen:

- völlig trocken, keine aufsteigende Nässe, einwandfreie funktionierende Isolation
- für die geplante Nutzung ausreichend tragfähig
- Beton, Betonestrich
- Ebene Flächen, die eine gute Planlage der Heizplatten sicherstellen

Unebenheit max. 1 mm/m

Es sind keine Vorarbeiten notwendig. Das GKS[®]-System kann direkt aufgebracht werden.

Unebenheit max. 3 mm/m

Bei Unebenheiten in dieser Größenordnung müssen erhabene Bereiche abgeschliffen und/oder Senken ausgespachtelt werden. Danach ist der Boden noch einmal zu überschleifen.

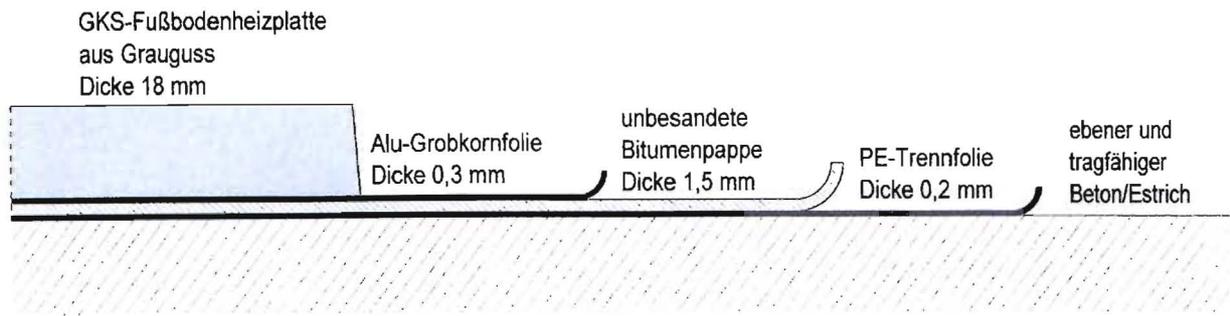
Unebenheiten über 3 mm/m

Diese Unebenheiten lassen sich nicht kostengünstig und nicht in ausreichender Qualität beseitigen. Das Einbringen einer zusätzlichen tragfähigen Estrichschicht ist notwendig.

- Alle gesetzlich vorgeschriebenen Wärme- und Schallisierungen müssen bauseitig vorhanden sein. Eine Kombination der Wärme- und Schallisierung mit dem GKS[®]-System ist nicht wirtschaftlich ausführbar und stellt für das System ein technisches Problem dar.

8.1.6. Darstellung des Systemaufbaus

Zeichnung 1 zeigt den prinzipiellen Schichtaufbau des GKS[®]-Systems. Die Gesamtdicke des Systems ist damit genau 20 mm. Das System stellt sich also als das (auch nachträglich einzubauende) Fußbodenheizungssystem mit der geringsten Aufbauhöhe dar. In dieser geringen Aufbauhöhe, verbunden mit der hohen Verkehrslast und der problemlosen Demontierbarkeit ist es ein einzigartiges Angebot für bestimmte Problemfälle in Industrie und Gesellschaftsbau und in kleinen Teilbereichen des privaten Wohnungsbaus.



Zeichnung 1: Schichtaufbau GKS-Fußbodenheizungssystem

8.1.7. Darstellung des Aufbaus in der Montagereihenfolge

Die folgenden Bilder zeigen die praktische Umsetzung des Systemaufbaus.



Bild 8: Verlegung der Trennfolie

Nachdem der vorhandene Fußboden auf die notwendige Ebenheit geprüft wurde und bei eventuellen Mängeln gegebenenfalls noch einer Nachbehandlung in Form von

- zusätzlichem Spachteln und
- anschließendem Schleifen
- oder zusätzlichem Aufbringen eines Glattestrichs

unterzogen wurde, ist noch eine gründliche Säuberung notwendig. Dabei wird nicht nur Kehren, sondern Staubsaugen dringend empfohlen.



Bild 9: Verlegung der unbesandeten Bitumenpappe

Die PE-Trennfolie (oder PVC) wird einlagig auf den Betonfußboden mit einer Überlappung von ca. 10 cm als Trenn- und Gleitschicht verlegt. Damit wird eine Korrosion der Platten durch aufsteigende Feuchtigkeit aus dem Trägersystem (Estrich, Unterbeton, Dämmung) verhindert und die Voraussetzung der Wärmeausdehnung (schwimmende Verlegung) geschaffen.

Anschließend wird eine Lage unbesandete Bitumenpappe zum Ausgleich kleiner Bodenunebenheiten und geringer Plattentoleranzen ohne Überlappung, also Stoß an Stoß verlegt. Ränder und Hindernisse werden ausgeschnitten.

Bei der anschließenden Verlegung der Aluminium-Grob-kornfolie als Potentialausgleich ist auf eine Überdeckung von mindestens 10 cm zu achten. An den Anschlussstellen des Potentialausgleichs lässt man die Folie ca. 10 – 15 cm an der Wand überstehen. Es müssen gezielt Punkte so ausgeführt werden, um das Heizungssystem an den Potentialausgleich der Heizungsverteiler anzuschließen.

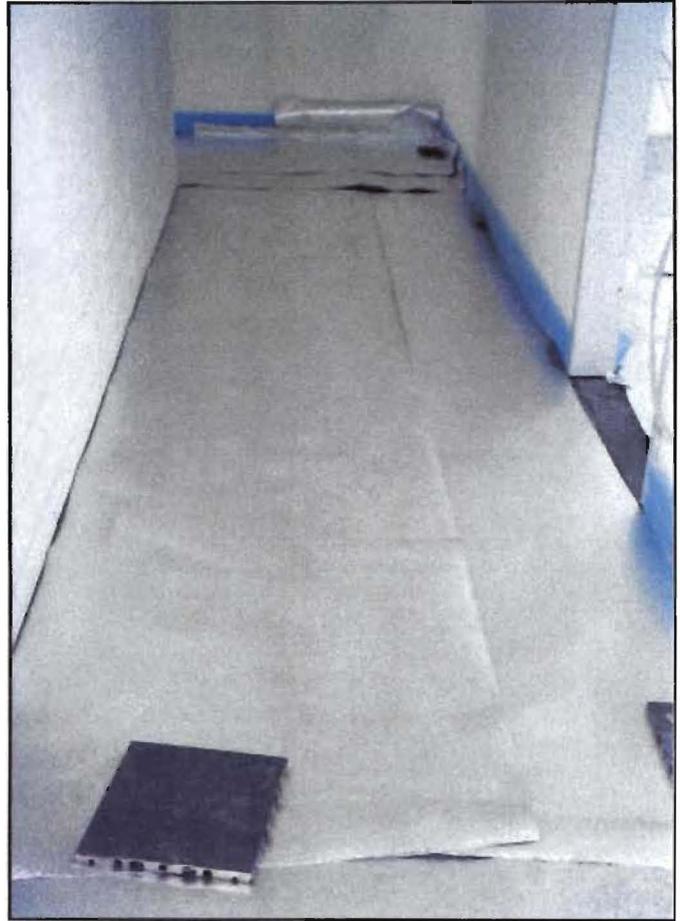


Bild 10: Verlegung Alu-Grobkornfolie

So vorbereitet kann die Verlegung der GKS® - Graugussplatten beginnen.

Wichtig: Zuerst werden Orientierungsachsen an geraden Wänden entlang ausgelegt. Man lässt Hindernisse konsequent aus. Diese werden später nachbearbeitet.

Durch die Verbinder ergibt sich schon von Haus aus eine gute Rechtwinkligkeit. Es ist aber trotzdem erforderlich, regelmäßig die exakte Lage nachzumessen.

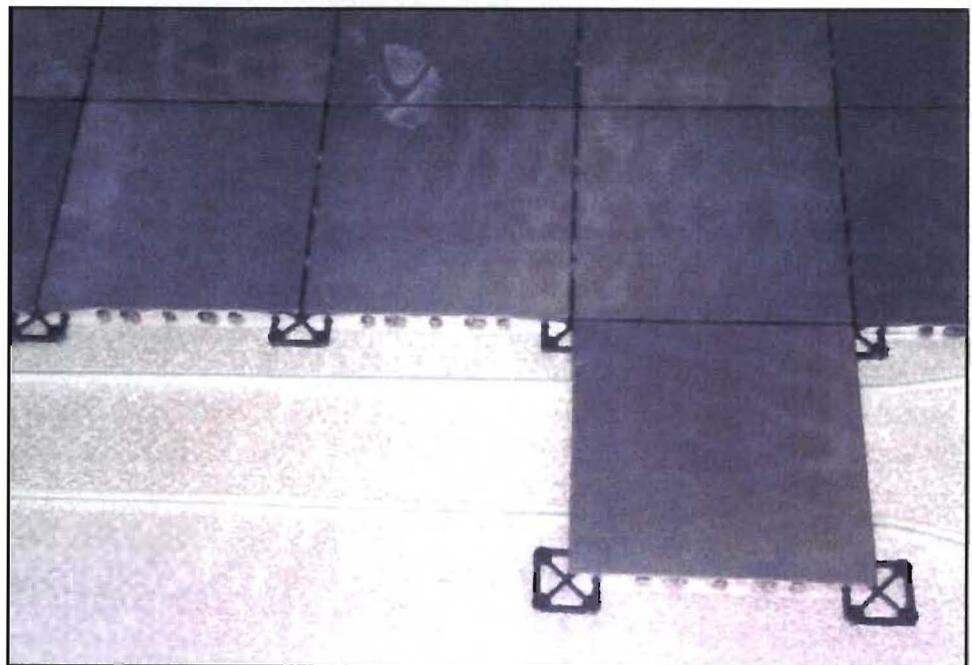


Bild 11: Plattenverlegung



Bild 12: vorläufiges Aussparen von Hindernissen 1

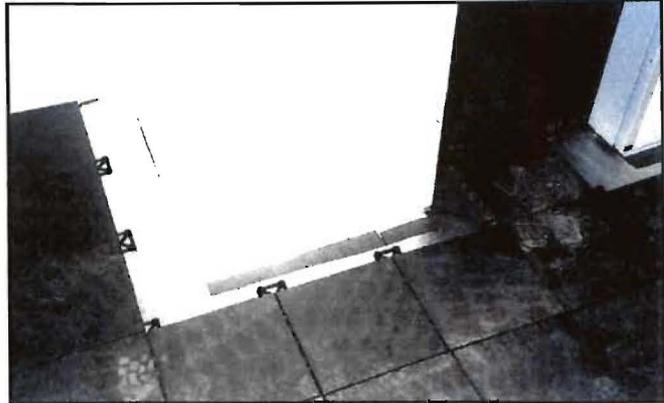


Bild 13: vorläufiges Aussparen von Hindernissen 2



Bild 14: Verlegen einer Achse, Auslassen der Säulen



Bild 15: nahezu fertige Fläche in einem großen Raum

Die Anschlüsse an die Heizungsverteiler liegen noch frei. Die Kabel für die Potentialausgleichsleitungen können in den nicht genutzten Rohrkanälen der Platten bis zum nächsten Potentialausgleich geführt werden.

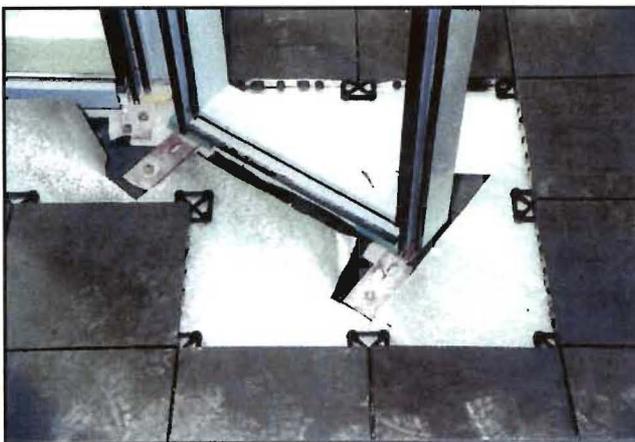


Bild 16: Situation an einer komplizierten Stelle



Bild 17: Anpassung nach Plattenzuschnitt

Nach der Verlegung der Flächen ohne Zuschnitt von Platten ist der nächste separate Arbeitsgang die Anpassung an die genaue Raumkontur. Dabei werden die Platten mittels eines Handtrennschleifers zugeschnitten. Diese Arbeiten sollten wegen der Schmutz- und Lärmentwicklung beim Trennen an einem etwas abgetrennten Ort in der Nähe verrichtet werden. Für diese Randzuschnitte können praktisch fast alle Reste aufgebraucht werden.

Da im Anschluss an diese Arbeiten später ohnehin noch Spachtelarbeiten durchgeführt werden, ist keine große Passgenauigkeit notwendig. An Wandanschlussbereichen genügt meist ein Trennen der Platten in den Rohrkanälen. Dies erleichtert deutlich die Trennschleifarbeiten.



Bild 18: Randsituation

An den Rändern wird ein überstehender Rest der Alu-Grobkornfolie nach oben gebogen und 2 x zu einem festen Rand gefaltet. Dieser Rand ist stabil genug, um mit Schrauben das Potentialausgleichskabel anzuschließen.

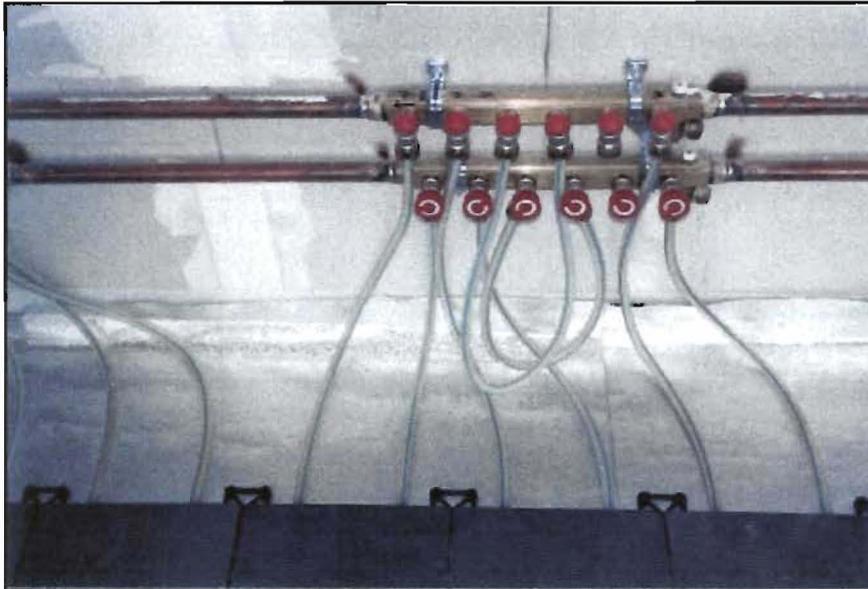


Bild 19: Situation Anschluss Verteiler

Die Anschlüsse an die Verteiler sollten zuletzt bearbeitet werden. Die Biegeradien der PE-Heizungsrohre müssen eingehalten werden.

Deshalb erfolgt hier der Plattenzuschnitt so, dass ein ca. 75 mm breiter Streifen frei bleibt. Es werden demnach nur noch Plattenstreifen eingelegt.

Die Verteilerverkleidung deckt diese Stelle dann später ab. Die Heizkreisverteiler wurden mit Zwischenrohren auseinander gezogen, damit die einzelnen Heizkreise problemlos angeschlossen werden können. Im Bereich der Verteiler stehen in den Platten ansonsten nicht genügend Kanäle zur Verfügung.



Bild 20: Situation Anschluss Verteiler Nebenraum

Diese Anschlusssituation – der Heizungsverteiler liegt hinter der Wand auf dem Flur – ist sehr günstig. Die Wanddicke kann für die Biegeradien der Heizungsrohre genutzt werden.

Wichtig: Heizrohre mit Schutz- und Gleithülse innerhalb der Wand verlegen.

Die Wanddurchbrüche können dann anschließend zugeputzt werden.

Es wird diffusionsdichtes Polypropylen-Rohr verwendet.

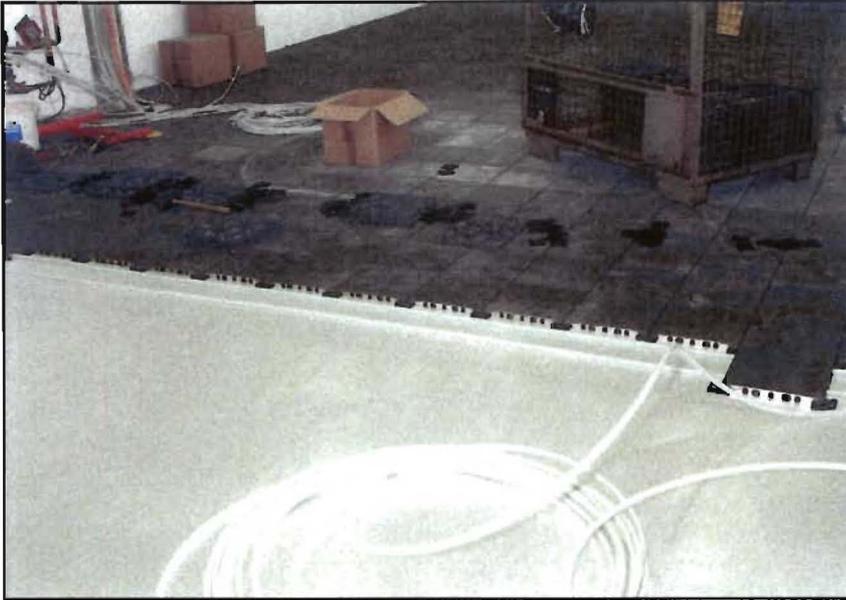


Bild 21: Beispiel Baustelle

Hier ist an einem Baustellenbeispiel die Situation der Montage des GKS®-Heizungssystems zu erkennen.

- Die Gussplatten werden in Normgitterboxen mit einem Maximalgewicht insg. von 1 t angeliefert.
- Die Baustelle sollte für diese logistischen Anforderungen ausgerüstet sein.
- Ansonsten ist ein hoher Aufwand an Handtransport zu betreiben.
- Die Verbinder werden in Kartons angeliefert.
- Die Rohre werden direkt vom Bund verlegt.

8.2. Montagetechnologie des GKS®

8.2.1. Plattenverlegung

Im Folgenden wird die Montagetechnologie beschrieben. Diese gestaltet sich deutlich abweichend von den Technologien aller anderen Fußbodenheizungssysteme.

Der Einbau des GKS®-Systems erfolgt praktisch als eines der letzten Gewerke auf der Baustelle. Die zu beheizende Fläche wird durch Gussplatten der Größe 300 x 300 mm und einer Systemdicke von 20 mm abgedeckt. In der unterseitigen Profilierung der Gusseisenplatten liegen PE-X-Heizrohre der Dimension 14 x 2 mm. Die Platten sind durch entsprechende Verbinder untereinander fixiert. In Randbereichen müssen die Platten geschnitten werden. Durch die Systemplatten wird eine Rohrteilung von 150 mm realisiert, wobei die Rohrführung mit einfachen Wendeschleifen erfolgt und Vorlauf und Rücklauf jeweils in einer Platte geführt wird.

Die Montagetechnologie wird in dieser Beschreibung an Hand einer Beispielfläche mit einzeln beschichteten Platten demonstriert.



Bild 22: Vorstrecken der Rohre

Zuerst werden die Rohre vorgestreckt und arretiert (mit einer Platte).



Bild 23: Plattenverlegung

Ein Mitarbeiter richtet die Heizungsrohre und steckt jeweils die nächsten beiden Eckverbinder in die Vertiefungen der Platte. Dann wird die Platte aufgelegt und mit dem Gummihammer festgeklopft.

Die Anordnung der Heizkreise erfordert eine gründliche Planung aller Heizkreisläufe und ihrer räumlichen Einordnung.

Planungshinweis

Im Unterschied zu anderen Fußbodenheizungssystemen ist bei der Planung der Heizkreise folgendes zu beachten:

- Die Heizkreise sollten maximal ca. 75 m Rohrlänge umfassen. Da keine Variation mit unterschiedlichen Rohrdurchmessern möglich ist, bestimmt der Druckverlust in den Heizrohren die Heizkreislänge.
- Die Plattenverlegung muss am Endpunkt des Heizkreises beginnen.
- Die letzte Platte des Heizkreises entspricht demnach der ersten zu verlegenden Platte.
- In dieser Platte wird die Umlenkung Heizkreisvorlauf zu Heizkreisrücklauf realisiert.
- Eine sorgfältige Planung der Plattenverlegung am PC oder Reißbrett ist notwendig. Man muss alle entsprechende Verlegeflächen mit dem 300 x 300 mm – Raster überziehen. Dabei sind sofort die Hauptachsen für den Verlegung der Platten und die Seiten, an denen die Platten geschnitten werden sollen, festgelegt werden.
- Da sich Rohrleitungen nicht kreuzen können und in der Nähe der Heizungsverteiler nur eine begrenzte Anzahl von Rohrkanälen in den Gussplatten zur Verfügung stehen, ist die vorausschauende Definition zeichnerisch erforderlich.
- Weiterhin muss im Voraus die genaue Lage der Heizungsverteiler und eventuell das Auseinanderziehen der Heizungsverteiler konstruktiv geplant werden.
- Ebenfalls im Unterschied zur herkömmlichen Fußbodenheizung ist beim GKS® -System ein fertiger Fußbodenaufbau mit normgerechter Wärme- und Trittschalldämmung und Feinstrichabschluss die Voraussetzung. Es besteht keine wirtschaftlich und technologisch durchführbare Möglichkeit
- Die Fußbodenheizung GKS® ist die letzte einzubringende Schicht im Bauwerk. Sollen auf die Heizplatten weitere Beläge aufgebracht werden, so hat dies in Abstimmung mit dem Heizungssystem zu erfolgen.



Bild 24: Vorbereitung Rohrumlenkung 1

Eine Rohrrichtungsänderung muss in der vorhergehenden Platte vorbereitet werden.



Bild 25: Vorbereitung Rohrumlenkung 2

Dazu wird eine Platte oder eine Lehre in exakter Plattengröße (leichtere Handhabung) statt der vorletzten Platte aufgelegt und die Begrenzung (Abstandsmarkierung) an den Rohren angezeichnet.



Bild 26: Vorbereitung Rohrumlenkung 3

Auf einer Arbeitsplatte mit Rädern wird die übernächste Platte oder die beiden übernächsten Platten mit der Unterseite nach oben gelegt und die Eckverbinder eingedrückt.



Bild 27: Vorbereitung Rohrumlenkung 4

Die Rohre werden nach oben gebogen und beginnend mit der Abstandsmarkierung in die Platte oder Platten mit dem Gummihammer eingedrückt.

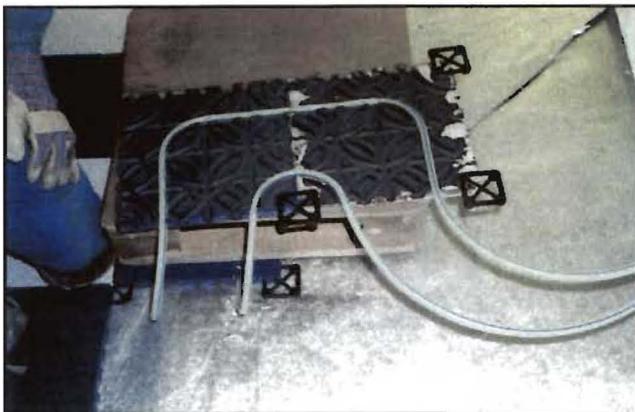


Bild 28: Rohrumlenkung 1

Hier die fertig vorbereiteten Platten.



Bild 29: Rohrumlenkung 2

Dann werden die Platten (bei 2 Platten von 2 Personen gefasst, umgedreht und in die verbleibende Lücke eingelegt.

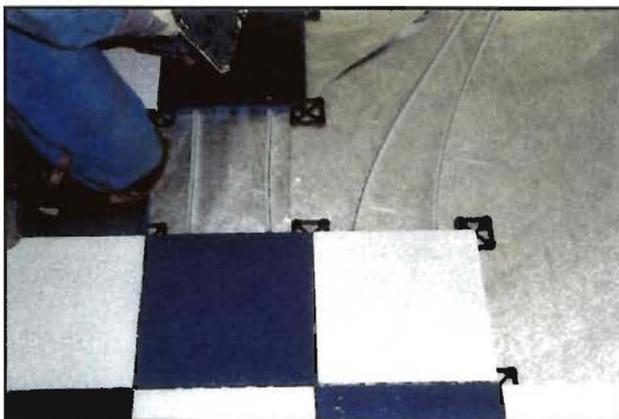


Abbildung 30: Lücke für Restplatte

In diese Lücke wird nun die Restplatte eingelegt und mit dem Gummihammer festgeklopft.

Das Montagesystem erfordert keine aufwändigen Spezialvorrichtungen. Im Gegenteil, es werden nur wenige, selbst zu fertigende Hilfsmittel, wie eine Lehre als Abstandsmaß und eine rollfähige Platte für die Bewerkstellung der Rohrumlenkung, benötigt. Die Montagetechnologie weicht aber grundlegend von den in der Praxis üblichen Methoden ab. Es wurde deshalb besonderer Augenmerk auf eine praktikable und kostengünstige Technologie gelegt. Der Anteil an körperlicher Arbeit ist dabei eindeutig höher. Die schlägt sich selbstverständlich in den Verlegungskosten nieder.

Die weiteren Aufnahmen zeigen noch einmal bei einer anderen Verlegung (Testmontage) die Herstellung einer Rohrumlenkung.

- Wieder muss der Abstand der vorläufig ausgelassenen Platte an den Rohren angezeichnet werden,
- dann wird von dieser Markierung beginnend die Richtungsumlenkung der Rohre in der Unterseite (Profilseite) der GKS® -Platte vorgenommen,
- die Platte gedreht und hingelegt.
- Dann wird die übersprungene Platte montiert.



Bild 54: Testmontage Rohrumlenkung 1



Bild 55: Testmontage Rohrumlenkung 2



Bild 55: Testmontage Rohrumlenkung 3

8.2.2. *Fugenausbildung, Fugenabdichtung*

Durch die Geometrie der Gussplatte entsteht bei der Verlegung eine definierte Fuge zwischen den Platten. Diese Fuge hat folgende Aufgaben:

- die Abdichtung des gesamten Systems nach unten gegen eindringende Feuchtigkeit und Schmutz,
- zur zusätzlichen Sicherung einer festen, tragfähigen Verbindung zwischen den Platten,
- zur Armierung des Gesamtsystem,
- zur Aufnahme der ohnehin bei Gusseisen nur sehr niedrigen Wärmedehnung.

Bei der Überdeckung des Heizungssystems mit Laminat, Holz oder anderen Belägen ist keine Fugenabdichtung notwendig. Diese wird ohnehin nur im Trockenbereich verlegt und es macht sich dabei der für das jeweilige Material spezifische Systemaufbau notwendig.



Bild 31: Verspachtelte Fugen und Randzonen

Nach der Plattenverlegung wird noch einmal die gesamte Fläche mit Gummihammer oder Walze verfestigt.

Die Verfüllung von Fugen wird mit einem Spachtel vorgenommen, der aus normalem Quarzsand, welcher mit Epoxidharz und Härter zu einer spachtelfähigen Masse vermengt wird.

Die geschnittenen Randstreifen werden vor dem Verspachteln mit Keilen in ihrer Lage gesichert und befestigt.

Leicht abgesenkte Plattenbereiche, die durch kleine Mängel im Untergrund entstehen können, werden ebenfalls mit der Spachtelmasse verfüllt. Die Haftung von Epoxidharz auf Grauguss ist hervorragend.



Bild 32: Verspachtelte Fugen und Fehlstellen

Beispiel der Verfüllung einer Fehlstelle, wie sie sich aus dem Versatz der Plattenverlegung z. B. aus dem Nebenraum ergeben können.

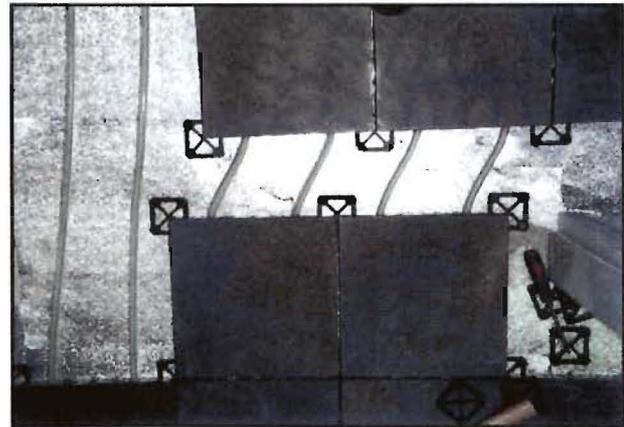


Bild 33: Versatzstellen, Fehlstellen

Beispiel für eine nebenstehend genannte Fehlstelle. Die einfache Verfüllung mit dem Kunstharzspachtel ist die einfachste praktikable Möglichkeit.

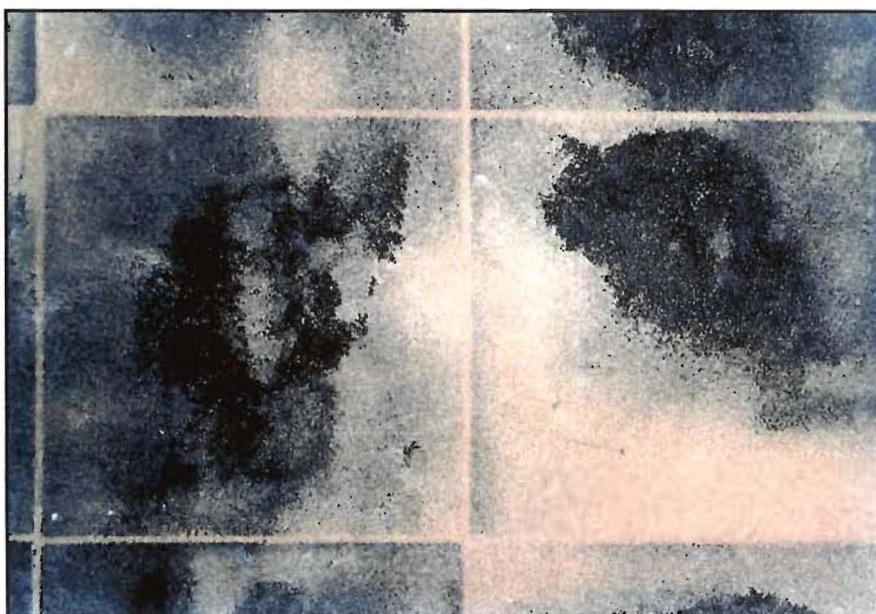


Bild 34: Verspachtelte Fugen und Flächen, überschliffen

Nach dem Aushärten des Füllspachtels wird die gesamte Fläche maschinell überschliffen.

Danach wird über die gesamte Fläche mit einem Roller zur Homogenisierung der Fläche und zur Erzielung einer gleichmäßigen Deckkraft bei späterer Beschichtung eine Grundierung aus Epoxidharz aufgebracht.

Diese Fläche ist somit fertig zur Beschichtung, eben und tragfähig.

Bei stark befahrenen Bereichen (Palettenhubwagen, Gabelstapler) kann die Fläche noch zusätzlich mit Glasvlies und Epoxidharz laminiert werden. Je nach Belastung lassen sich 1 oder mehrere Schichten einbringen.



Bild 35: Armierung mit Glasvlies 1



Bild 36: Armierung mit Glasvlies 2



Bild 37: Fertige Armierung mit Glasvlies

Diese Art der Armierung hat sich hervorragend bewährt. Nach inzwischen jahrelangem Gebrauch zeigen sich immer noch keine Verschleißspuren oder Risse. Als Deckschicht wurde später eine Epoxidharzmasse aufgetragen.

8.2.3. *Dehnungsverhalten der Graugussplatten*

Die zu erwartende Ausdehnung des GKS® -Systems musste wegen der Frage nach der Notwendigkeit von Ausdehnungsfugen beurteilt werden. Tabelle 2 zeigt die entsprechenden Werte. Weiterhin sollten Zusammenhänge zwischen der Längendehnung der Platten und der Einbautemperatur geklärt werden.

1. Fall: $t_{\text{ver}} \cong t_{\text{nutz}}$

Verlegetemperatur und spätere Nutzungstemperatur sind gleich, bzw. die Verlegetemperatur ist höher. In diesem Fall ergeben sich nahezu optimale Bedingungen für die Verlegung. Die Materialien (Gussplatte und PE-Rohr) haben die gleiche Temperatur und das Biegeverhalten des Rohres ist günstiger. Die verlegte Gesamtfläche dehnt sich im Betriebsfall nur geringfügig aus.

Fall 2: $t_{\text{ver}} \ll t_{\text{nutz}}$

Diese Rohr- und Plattenverlegung ist schwierig, da die Rohrelastizität mit abnehmender Temperatur wesentlich geringer wird. Die Plattenausdehnung wird naturgemäß größer. Es lassen sich systembedingt nur unter bestimmten Voraussetzungen Dehnungsfugen anordnen. Dehnungsfugen setzen immer neue voneinander getrennte Heizflächen mit einem entsprechend höheren Rohrleitungsaufwand und gesonderte Vor- und Rücklaufleitungen zu den Heizungsverteilern voraus.

Es wurden folgende Festlegungen getroffen:

- Dehnungsfugen (Schaumstoff-Fugenband) werden nur umlaufend an den Wänden angeordnet.
- **Die Verlegetemperatur wird auf mindestens $t_{ver} = 15 \text{ °C}$ festgelegt.** Die Verlegung kann nur bei entsprechenden Temperaturen oder auf einer beheizbaren Baustelle durchgeführt werden.
- Es wurde eine ca. 60 m² große Testfläche komplett verlegt und die Ergebnisse qualitativ beurteilt.

Ergebnis:

Das System wurde provisorisch an eine Baustellenheizung angeschlossen und die Längenausdehnung gemessen. Es ergaben sich keine messbaren Längenausdehnungen. Daraus folgt, dass die geringe Ausdehnung vom System selbst von den Fugen und Verbindern aufgenommen wird.

Tabelle 2: Ausdehnung Grauguss-Platten für Fußheizung

l_0 [m]	Δl [m]	Δl [mm]	α [1/K]	Δt [K]	l_0 [m]	Δl [m]	Δl [mm]	α [1/K]	Δt [K]	
1	0,000416	0,416	0,0000104	40	1	0,000312	0,312	0,0000104	30	
2	0,00084	0,84		40	2	0,00063	0,63		30	
3	0,00126	1,26		40	3	0,000945	0,945		30	
4	0,00168	1,68		40	4	0,00126	1,26		30	
5	0,0021	2,1		40	5	0,001575	1,575		30	
6	0,00252	2,52		40	6	0,00189	1,89		30	
7	0,00294	2,94		40	7	0,002205	2,205		30	
8	0,00336	3,36		40	8	0,00252	2,52		30	
9	0,00378	3,78		40	9	0,002835	2,835		30	
10	0,0042	4,2		40	10	0,00315	3,15		30	
11	0,00462	4,62		40	11	0,003465	3,465		30	
12	0,00504	5,04		40	12	0,00378	3,78		30	
1	0,00052	0,52	0,0000104	50						
2	0,00105	1,05		50						
3	0,001575	1,575		50						
4	0,0021	2,1		50						
5	0,002625	2,625		50						
6	0,00315	3,15		50						
7	0,003675	3,675		50						
8	0,0042	4,2		50						
9	0,004725	4,725		50						
10	0,00525	5,25		50						
11	0,005775	5,775		50						
12	0,0063	6,3		50						

l_0 [m] Länge Kaltzustand in m
 Δl [m] Längenzunahme in mm
 Δl [mm] Längenzunahme in m
 α [1/K] Längen-Ausdehnungskoeffizient
 Δt [K] Temperaturzunahme in K

8.2.4. Sonderbeispiel Wandheizung aus Aluminium-Platten

In den Sanitärräumen des Kellergeschosses wurde eine Wandheizung aus GKS[®]-Aluminium-Platten geplant montiert.

Da durch die bauphysikalischen Gegebenheiten in den Nassräumen im Kellergeschoss mit Schwitzwasser- und Schimmelbildung gerechnet wurde, wurde das GKS[®]-System als Wandheizung eingesetzt. Der Bauherr ACTech gab dem IngenieurBüro Mildner die Möglichkeit, auch diese Variante für das Projekt zu testen.

Die Aluminium-Gussplatte hat exakt die gleichen Abmessungen und die gleiche Geometrie, es werden Heizungsrohre der gleichen Qualität mit den gleichen Abmessungen eingesetzt. Die Platten wurden alle flächig überfräst. Eine Beschichtung erfolgte bewusst nicht.

Diese Platte war ursprünglich auch im Bereich Fußbodenheizung vorgesehen. Dies musste sich aber als ein nicht weiter gangbarer Weg erweisen.

- Diese Platten haben ein erheblich geringeres Gewicht.
- Dadurch ist keine feste Auflage auf dem Untergrund gegeben.
- Es hätte einer völlig anderen Montagetechnologie bedurft
- Die Kosten für eine GKS[®]-Platte aus Aluminium (Umschmelzlegierung) sind deutlich höher als bei Grauguss.
- Im Wandheizungsbereich stehen andere Systeme auf dem Markt bereit. Nach speziellen Sonderfällen müsste noch gesucht werden.

Vor die eigentliche Wandkonstruktion Beton-/Ziegelwand ist eine Trockenbauvorsatzschale vorgeblendet, zum einen, um eine ebene Verlegefläche zu schaffen und zum anderen um die Plattenbefestigung passgenau ausführen zu können.

Für die ausgeführte Wandheizung wurde folgendes Montagesystem gewählt:

- 1 vorhandenes Mauerwerk, Außen- und Innenwand, Beton- und Ziegelausführung
- 2 Hinterlüftung 50 mm Luftspalt, um eventuell eindringende Außenfeuchte abzuführen
- 3 Isolierung innerhalb der Trockenbauständer 75/50 mm
- 4 Innere Trockenbauplatte (Gipskarton 12,5 mm)
- 5 Verzinktes Blech 0,5 mm zur Aufnahme der Befestigungsschrauben für die Alu-Platten
- 6 Äußere Trockenbauplatte (Gipskarton 12,5 mm)
- 7 PVC – Feuchtesperre 0,3 mm
- 8 Alu-Grobkornfolie 0,5 mm, Potentialausgleich
- 9 Alu-GKS[®]-Platte mit innenliegendem Heizrohr

Die Regelung erfolgte analog zum Fußbodenheizungssystem. Gleiches gilt für das Verteilersystem. Es wurden getrennte Verteiler für das Wandheizungssystem Dusche und Garderobe Frauen und Männer eingesetzt.

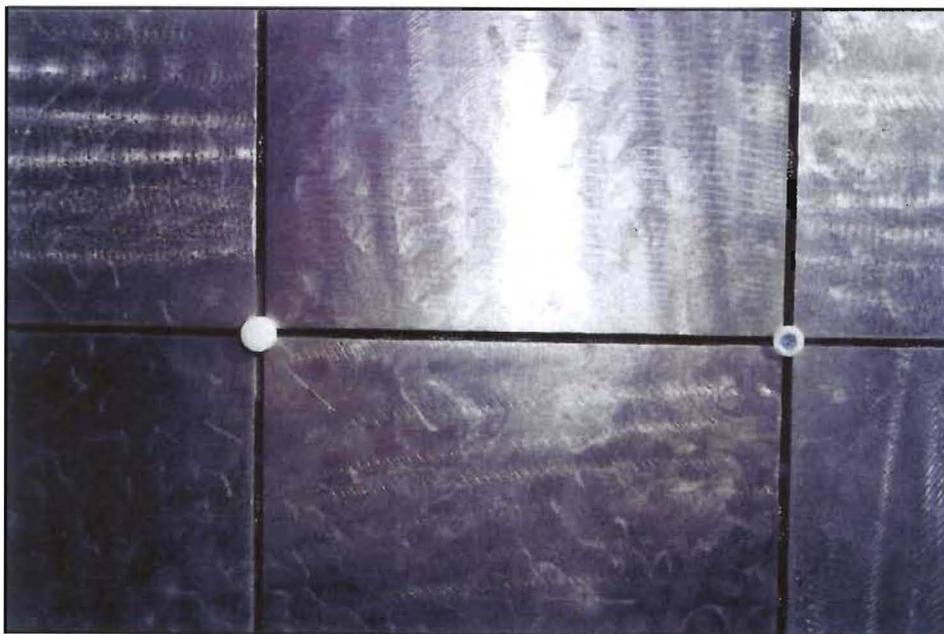


Bild 50: Detail Aluplatten und Verschraubung

Die Aluminiumfläche blieb metallisch, d. h. sie wurde nicht beschichtet. Die natürliche Alterung der Aluminiumoberfläche sollte ein Gestaltungsmittel (Einbauort ist eine Gießerei) sein. Bei der Plattenverlegung sind jeweils 4 Platten an den Eckpunkten mittels einer Senkkopfschraube mit Abdeckkappe (fehlt rechts noch) fixiert. Anschließend werden die Fugen mit einer flexiblen Fugenmasse verschlossen. In diesem Falle wurde handelsübliches Sanitär-Acryl verwendet.



Bild 51: Montage der Aluplatten



Bild 52: Probeverlegung, noch nicht verfugt

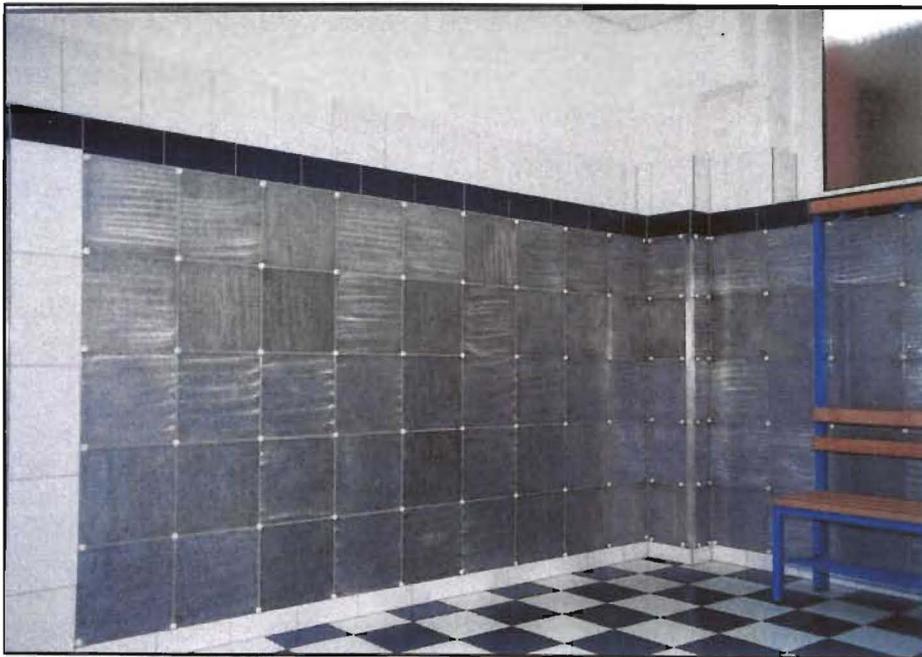


Bild 53: fertige Alu-Installation

Merkmale des Systems:

- Die Wandheizung nach dem GKS[®]-System hat ihre Funktionalität voll demonstriert.
- Die Strahlungsheizung wirkt physiologisch sehr angenehm.
- Die architektonische Wirkung in einem Industriebau ist ansprechend.
- Die Gestaltung der Gussplatten für den Wandeinsatz lässt noch viel Spielraum zu. Die Platte könnte mit eingegossenen Flachreliefs gestaltet werden.
- Nachteilig ist der geringere Anteil Strahlungswärme gegenüber schwarzem Gusseisen. Dies war aber bei diesem Einsatzfall nicht relevant.

8.3. Beschichtung und Bedeckung der Plattenoberfläche

8.3.1. Allgemeine Probleme Beschichtung und Bedeckung

Die fertig verlegte GKS® -Fußbodenheizung muss noch mit geeigneten Überdeckungen an die architektonischen und nutzungsspezifischen Anforderungen ausgestattet werden. So wie die Verlegung bisher beschrieben wurde, ist das System betriebsfähig, der Fußbodenaufbau ist dicht. Zur Beschichtung der Plattenoberfläche wurden eine Reihe von Versuchen mit Erfolg durchgeführt.

Für die aufzubringenden Verschleißschichten ergeben sich bisher folgende Möglichkeiten:

- Die einfachste Variante wäre eine normale Farblackierung mit für Fußböden geeigneten Farbstrichsystemen.
- Weitaus besser, verschleißbeständiger und ästhetischer sind gieß- und rollfähige 2-Komponenten Epoxidharzbeschichtungen. Diese haben stärkere Schichtdicken, eine sehr gute Beständigkeit gegen chemische Stoffe, sind hochgradig kratzfest und lassen sich jederzeit wieder auffrischen oder können nach Anschleifen neu beschichtet werden. Bei diesen Systemen gibt es eine nahezu freie Gestaltungsmöglichkeit. Es können eine ständig wachsende Zahl von Flittern, Sanden, Chips u. a. in die Oberflächen eingearbeitet werden, um gestalterische oder funktionale Ansprüche (z. B. Rutschfestigkeit) zu erfüllen.
- Im Industriebereich bietet sich die großflächige Beschichtung der Platten im verlegten Zustand an. Gemeint sind hier Industrie- und Werkhallen, Lager- und Arbeitsräume, Feuchträume, etc..
- Ein Sondereinsatzfall war in den bisherigen Untersuchungen die Einzelplattenbeschichtung. Dabei gibt es eine Reihe von Möglichkeiten. Einfach zu realisieren sind 2-Komponenten-Einbrennlackierungen und Pulverbeschichtungen. Denkbar sind aber auch dekorative Emaillierungen, die in vielfältigen Designs hergestellt werden könnten.
- Im Zuge der gestalterischen Freiheiten, die gerade für Architekten sehr interessant sind, ist für bestimmte Einsatzfälle eine individuelle Einzelbeschichtung der Platten erstrebenswert (z.B. für Büros, Gesellschaftsbauten, Foyers, Sozialräume und -gänge). Dies konnte in einem begrenzten Bereich auch bei der Verlegung bei ACTech realisiert werden. Die Abbildungen zur Montagetechnologie zeigen diese Variante.
- Denkbar sind selbstverständlich auch eingegossene Firmenlogos, entweder reliefartig direkt in die Gussplatte oder in die Beschichtung. In letzterem Fall konnte ebenfalls bei ACTech ein Beispiel geschaffen werden.
- Ein Einsatz, z. B. in denkmalgeschützten Objekten, wie Kirchen, ist eventuell möglich, da eine dem Gebäude adäquate Gestaltung ohne größere bauliche Eingriffe in die Gebäudesubstanz gegeben wäre. Dafür müssten Untersuchungen zur keramischen Beschichtung der Gussplatten gemacht werden. In diesem Zusammenhang ist es aber absolut denkbar, eine Fußbodenheizungsplatte mit exakt der gleichen Geometrie und mit den gleichen Verlegeeigenschaften aus Keramik herzustellen. Diese Platten könnten oberflächenfertig sein und höchsten architektonischen Ansprüchen genügen. Eine solche Entwicklung stellt aber ein völlig neues Produkt dar und es müssten sogleich patentrechtliche Prüfungen gemacht werden.
- Die GKS® -Fußbodenheizung lässt sich weiterhin mit einer Reihe von Belägen überdecken. Dazu gehören für Fußbodenheizungen geeignete textile Beläge, ebensolche Kunststoffbeläge und Laminatböden. Die Eignung für Fußbodenheizung gibt jeder Hersteller in seinen Produktinformationen an. Ebenso sind wärmetechnische Angaben dazu zu erhalten. Beim Bau der Büroräume der ACTech konnten sehr gute Erfahrungen mit Laminat gemacht werden. Dabei konnte wegen der hervorragenden und festen Planlage auf Fugen und Randzonenverspachtelungen verzichtet werden. Damit hat das System auch seine Eignung im Gesellschaftsbau nachgewiesen.
- Eine kleine Referenzfläche konnte in einem Sanitärbereich im privaten Wohnungsbau mit Fußbodenfliesen überdeckt werden.

8.3.2. Beschichtung der GKS®-Plattenoberflächen



Bild 38: Beschichtung mit Epoxidharz 1



Bild 39: Beschichtung mit Epoxidharz 2

Die aufgegossene Harzmasse ist fließfähig und wird mit Roller und Kelle verteilt und geglättet.



Bild 40: Beschichtung mit Epoxidharz 3

Die Verarbeitung dieser Beschichtungen ist normaler Stand im Handwerk. Die Verarbeitungsrichtlinien sind bekannt und werden von jedem Hersteller mitgeliefert. In diesem Falle wurden Produkte der Firma ISPO verwendet. Die fachliche Betreuung durch Berater der Firma war im Vorfeld und auf der Baustelle sehr kooperativ, stellte doch dieses Projekt auch für einen renommierten Lieferanten ein neues Einsatzfeld und eine weitere Marktchance dar.



Bild 41: Beschichtung mit Epoxidharz 4

Dieser ca. 60 m² große Raum wurde in einem Stück mit dem GKS® - System und der Beschichtung ausgestattet. Dehnfugen waren nicht notwendig. Nachträglich wurden flexible Trennwände eingebaut. Die Gesamtfläche zeigt bisher keine Risse und andere Beschädigungen.



Bild 42: Rutschhemmung

Zur Rutschhemmung wurde in den noch nicht abgeordneten Belag feine Glaskügelchen mit einer Größe von 0,2 mm eingesprüht.



Bild 43: Sockelleisten

Zum Abschluss wurden handelsübliche Sockelleisten montiert. Teilweise wurden diese Sockelleisten für Vor- und Rücklaufleitungen für die Fußbodenheizung verwendet.

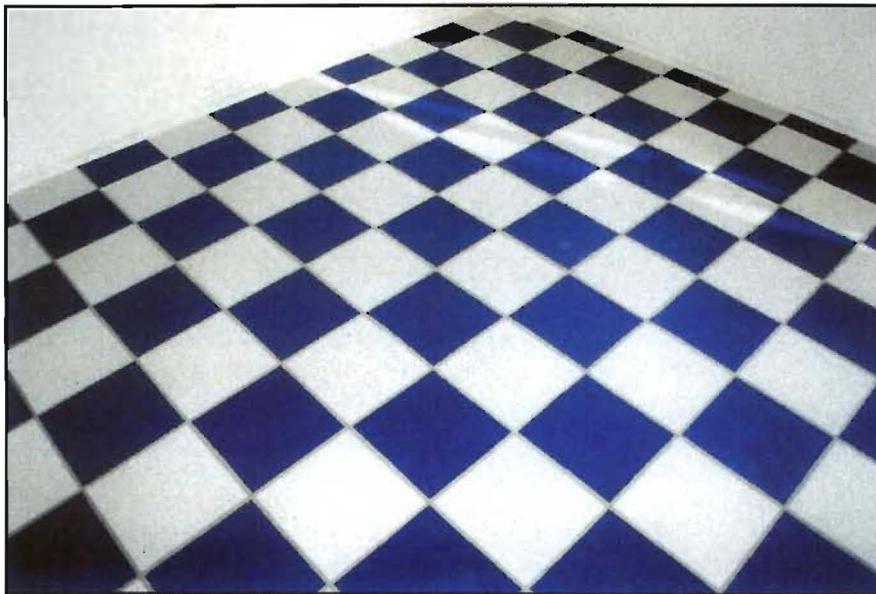


Bild 57: Einzelplattenverlegung

Besonderheit:

Einzel beschichtete GKS® - Heizplatten können mit sichtbarer Fuge verlegt werden.

- Die Gestaltung entspricht optisch einem keramischen System.
- Diese Verlegungsmethode ist einfach auszuführen, durch den höheren Aufwand bei der Beschichtung der Platten aber kostenintensiver.
- Beschichtungsmöglichkeiten neben Epoxidharzsystemen können auch Emailierungen und Pulverbeschichtungen sein.



Bild 58: Gestaltung mit Logo

Eine besonders attraktive Gestaltung einer Eingangszone zeigt die nebenstehende Aufnahme.

- Die Gesamtfläche wurde zuerst gegossen und geglättet.
- Dabei wurde eine Schablone des Logos eingelegt.
- Nach dem Aushärten wurde die Schablone entfernt und die entsprechende Fläche andersfarbig ausgegossen.
- Eine Deckbeschichtung (Rutschhemmung) wurde anschließend auf die Gesamtfläche aufgetragen.

8.3.3. Verlegung von Laminatfußböden auf dem GKS®-Fußbodenheizungssystem



Bild 44: Laminatverlegung 1

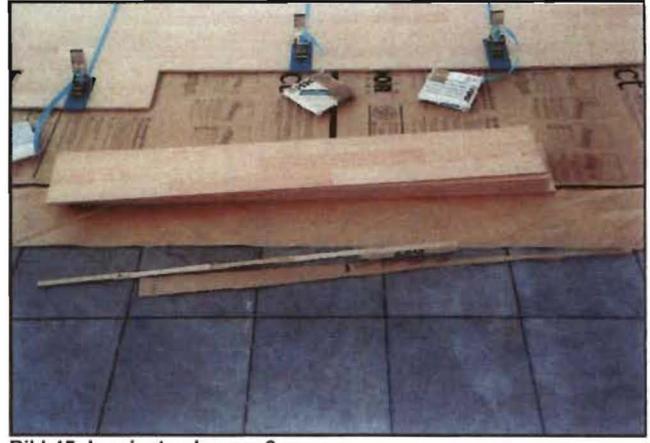


Bild 45: Laminatverlegung 2



Bild 46: Fertige Laminatverlegung

Die Laminatverlegung auf dem GKS®-System hat sich sehr einfach ausführen lassen.

- Auf eine Ausspachteln der Fugen konnte komplett verzichtet werden.
- Es wurde Laminat der Firma PARADOR verwendet. Der Lieferant hatte bereits bei Vorbesprechungen die Eignung bedenkenlos bestätigt.
- Zur Trittschalldämmung wurde die mit im Paket erhältliche Systempappe verwendet.
- Auf die Gussplatten wurde eine erste Trennschicht aus Spezialpapier und dann die Trittschalldämmplatte aufgelegt.
- Das Laminat hatte eine ausgezeichnete Planlage.
- Die Nutzungseigenschaften können auch nach nun schon längerem Betrieb aus hervorragend bezeichnet werden.
- In Abbildung 44 sind die Kästen der Heizkreisverteiler zu sehen, die für die Räume der gesamten Etage dort angeordnet wurden. Dadurch konnte in den Zimmern die Stellfläche an den Wänden erhalten werden.

8.4. Wärmetechnische Auslegungskriterien für das GKS® Heizungssystem

8.4.1. Allgemeine Erläuterungen

Zitat: Herr Dr. Konzelmann, WTP Berlin

„Das System erscheint mir eine interessante Alternative, spezielle Problemfälle zu lösen.

Verlegbar ist das System auf praktisch jedem fertigen tragfähigen Untergrund.

Die notwendige Wärme- sowie Trittschalldämmung muss im fertigen Fußboden bereits vorhanden sein.“

Ein wesentlicher Vorteil des Systems liegt in den Wärmeleiteigenschaften des Materials Gusseisen. Der geringe Wärmedurchlasswiderstand des Systems und die damit verbundenen sehr geringen Anforderungen an das Vorlauf-temperaturniveau prädestiniert das System für die Nutzung von Abwärme verschiedener bisher kaum nutzbarer Quellen. Auch für den Einsatz von Wärmepumpen ergeben sich durch die geringe Vorlaufanforderung des Systems besonders günstige Einsatzbedingungen.

Gleichermaßen wie für die Heizung geringere Heizpotentiale nutzbar sind, können für die Kühlung schon geringe Untertemperaturen genutzt werden. [Anhang 7]

8.4.2. Vorgehensweise wärmetechnische Prüfung

Um dem Planer, Heizungsbauer und Architekten in Zukunft den Einsatz des GKS® - Fußbodenheizungssystems zu ermöglichen, müssen verlässliche wärmetechnische Angaben zur Verfügung gestellt werden. Es wurden mehrere Wege zur Bestimmung dieser Daten beschriftet.

- Eine „Näherungsberechnung der zu erwartenden spez. Wärmeleistung q in W/m^2 des Gussplatten-Fußbodenheizungssystem als Trockensystem auf der Basis der Norm EN 1264-1 bis 3“ (Autor: P. Wegwerth) [Anhang 7]
- Ein umfangreiches Gutachten der Wärmetechnischen Prüfgesellschaft mbH WTP Berlin mit dem Titel:
„Warmwasser-Fußbodenheizung Experimentelle Prüfung der Wärmestromdichte für Sonderkonstruktionen WTP, Prüfbericht-Nr. 02111150“ und der
 - „Anlage 1 zum Prüfbericht-Nr. 02111150, WTP, Aufheizkurve GKS mit 150 mm Rohrabstand“ [Anhang 8]
- „Warmwasser-Fußbodenheizung Experimentelle Prüfung der Wärmestromdichte für Sonderkonstruktionen WTP, Prüfbericht-Nr. 02111300 [Anhang 9]
- Ermittlung der Kühlleistung des Fußbodenheizungs- Systems GKS WTP, Bericht-Nr. K02111 [Anlage 10]
- Berechnung der Kühlleistung von Fußboden- Heizungssystemen, Anlage-Nr. K021111150 [Anhang 11]
- Berechnung der Kühlleistung von Fußboden- Heizungssystemen, Anlage-Nr. K021111300 [Anhang 12]



Bild 47: Prüffläche, Rohrteilungen

Für die Wärmetechnischen Gutachten der WTP Berlin wurde eine spezielle Prüffläche gebaut und nach Berlin transportiert. Diese Fläche wurde exakt nach dem in der Praxis ausgeführten Verlegungsschema hergestellt.

Um Messungen mit einer 150 mm - und 300 mm - Rohrteilung an einer Prüffläche durchführen zu können, wurden 2 getrennte Kreisläufe installiert.

Fall 150 mm – Teilung

Jede Platte enthält zugleich Vor- und Rücklaufleitung.

Fall 300 mm – Teilung

Jede Platte wird nur von einem Rohr beheizt.

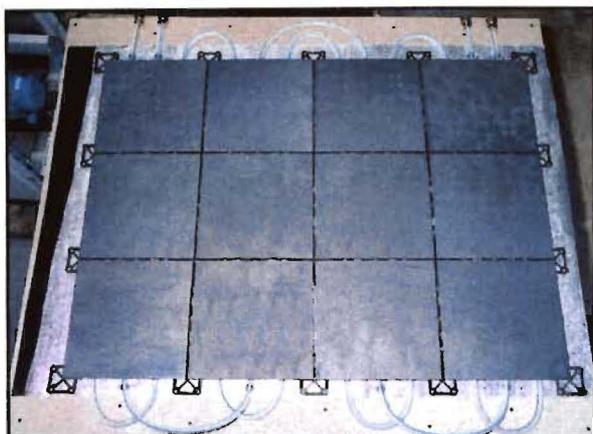


Bild 48: Aufbau Prüffläche

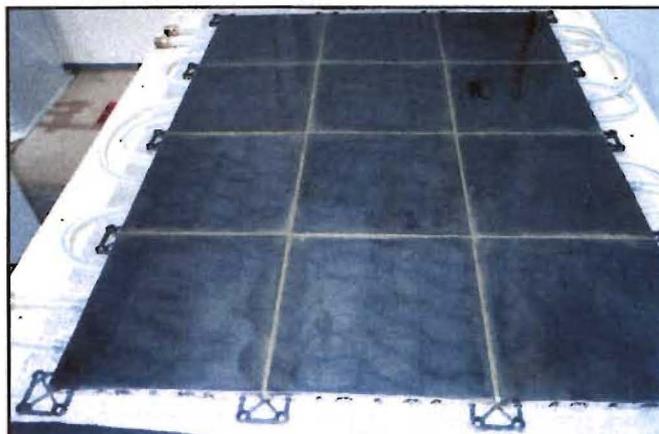


Bild 49: oberflächenfertige Prüffläche

Der Aufbau erfolgte auf einer 24 mm Bauspanplatte. Die Fugen wurden gespachtelt und die Gesamtfläche mit Epoxidharz 1 x grundiert.

8.4.3. Annahmen und Voruntersuchungen für Realisierung ACTech

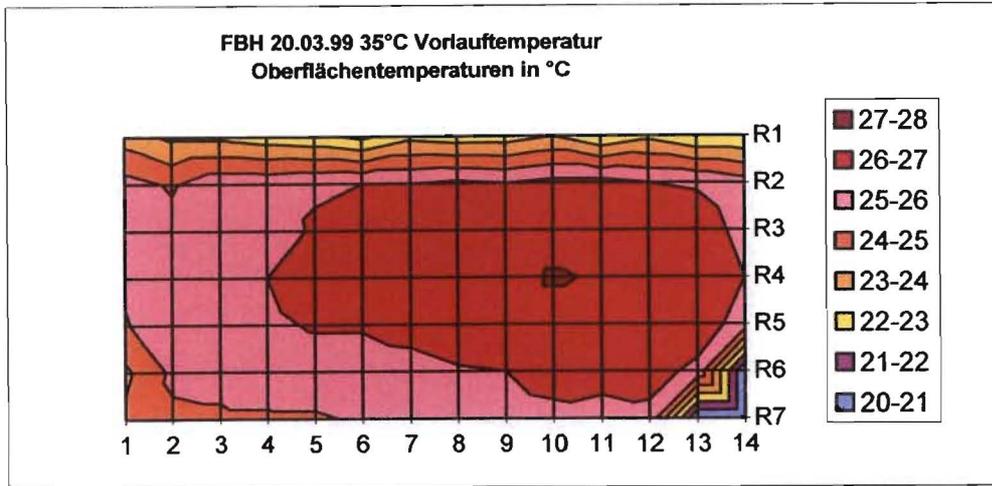
Da die Realisierung der GKS[®] -Fußbodenheizung bei der Firma ACTech zeitnah mit den ersten Projektbearbeitungsmonaten begann, mussten Überschlagsrechnungen angestellt werden, die dem ausführenden Betrieb einige Planungssicherheit geben konnten. Dazu konnten Dimensionierungsgrundlagen festgesetzt werden, die der Überschlagsrechnung [Anhang 7] und mehreren eigenen Messungen an speziell dafür aufgebauten Prüfflächen entsprechen.

Messdurchführung:

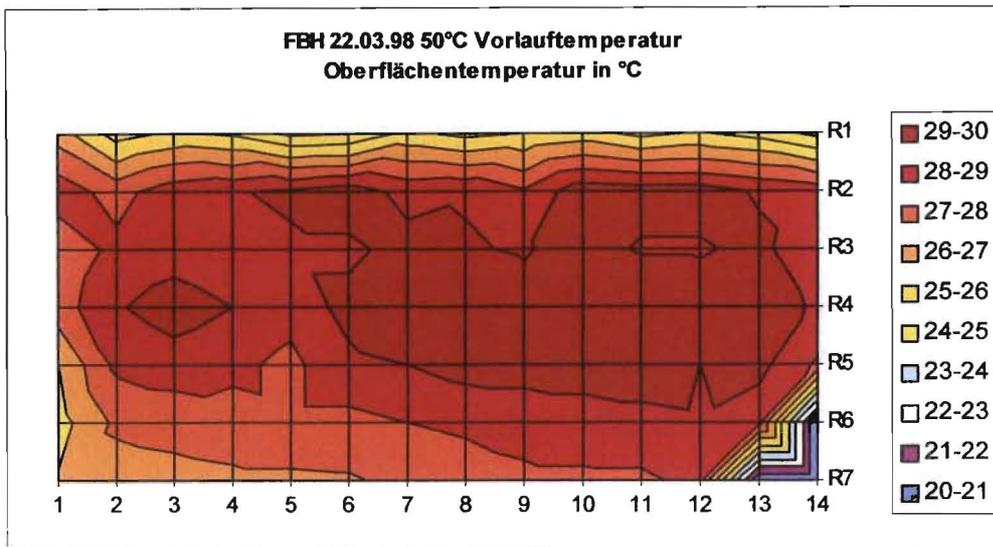
Die Messfläche wurde beheizt, in dem über einen üblichen Heizkreismischer entsprechend der witterungsgeführten Regelung die zwangsläufigen Schwankungen der Heizungsvorlaufemperatur abgeglichen wurden, so dass die Vorlaufemperatur relativ konstant zwischen 35 °C und 45 °C lag.

An der Oberfläche der Platten ergab sich dann das in Grafik 1 gezeichnete Temperaturprofil.

Generell übersteigt an keiner Stelle die Temperatur den Grenzwert von 29 °C, der als Maximalwert für Oberflächentemperaturen einer Fußbodenheizung für Wohnräume angesetzt wird.

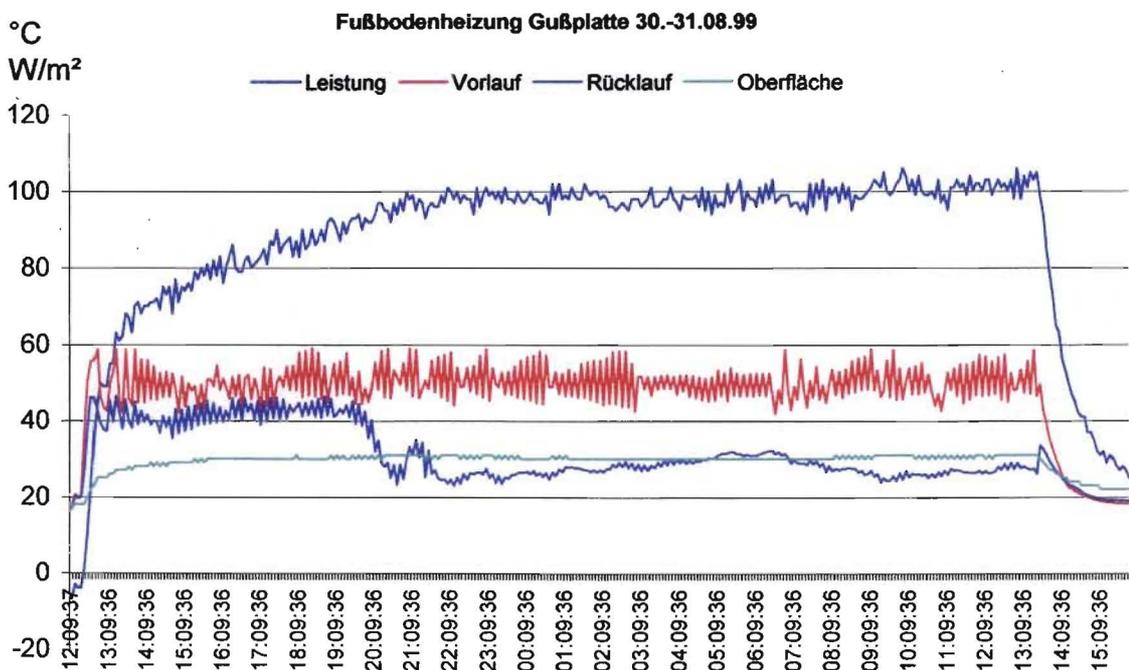


Grafik 1: Oberflächentemperaturverteilung Testfläche 35 °C

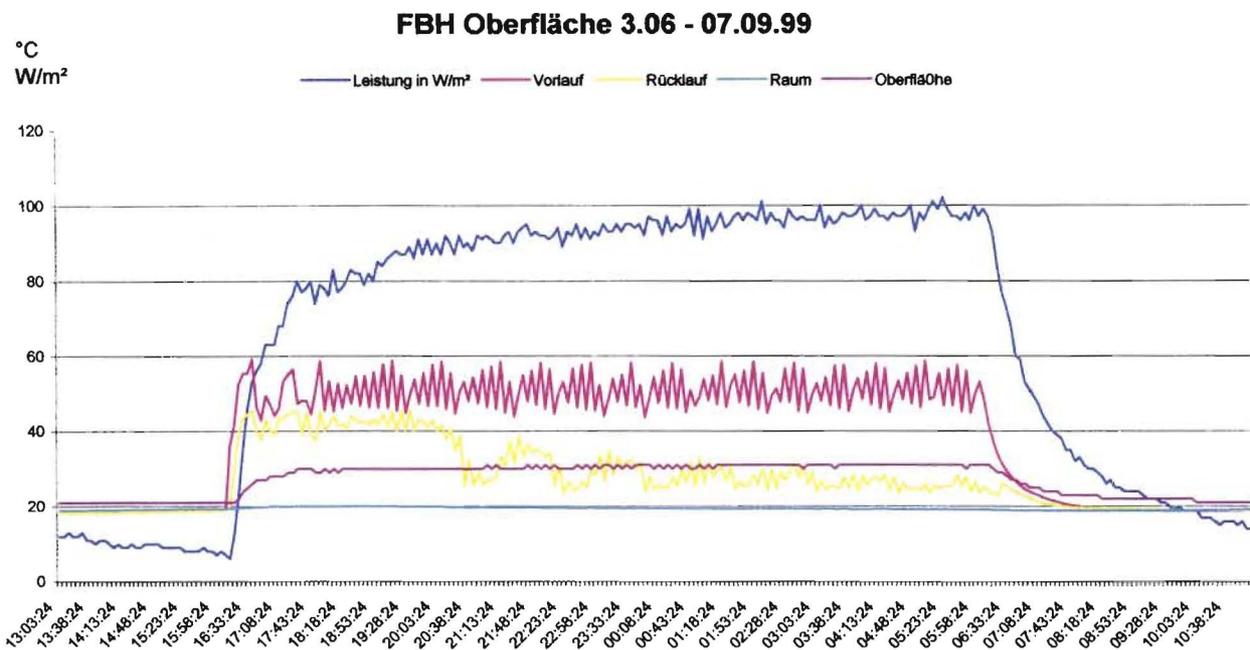


Grafik 2: Oberflächentemperaturverteilung Testfläche 50 °C

Eine Prüffläche wurde in einer Halle des Freiburger Gründer- und Innovationszentrums aufgebaut. Die beiden nebenstehenden Grafiken konnten erste Erkenntnisse über die relativ gleichmäßigen Temperaturverteilungen und die auftretenden Randeinflüsse gewonnen werden. Die Randeinflüsse der Außenwand sind zu erkennen.



Grafik 3: Messwerte Testfläche, ohne Beschichtung



Grafik 4: Messwerte Testfläche, mit Beschichtung

Weiterhin wurden die Aufheizzeiten, der Verlauf der Vor- und Rücklauftemperaturen des Heizkreises gemessen und die Wärmeleistung bestimmt.

Die prinzipiellen Kurvenverläufe dokumentieren die Temperaturen der Oberfläche und die Wärmeleistung.

Die Werte haben eine schnelle Aufheiz- und eine kurze Auskühlzeit gezeigt. Die Oberflächentemperatur der Heizfläche blieb dabei sehr konstant und hat nie die 25 °C überschritten.

Diese Messungen ergaben bei gleichen Vor- und Rücklauftemperaturen eine geringfügig kleinere Heizleistung.

Festlegungen:

- Das GKS® -System kann auf Grund seiner Geometrie mit einer Rohrteilung von 150 mm oder 300 mm verwendet werden. Die Messungen bei der WTP wurden mit beiden Teilungen vorgenommen. Praktisch wurde generell eine Rohrteilung von 150 mm realisiert.
- Aufheizzeit der Graugussplatten 30 – 40 Minuten
- Oberflächentemperatur 29/30 °C
- Wärmestromdichte 40 – 100 W/m² (abhängig von der Raumtemperatur), Berechnung entsprechend Vorgaben von Herstellern herkömmlicher Fußbodenheizungen (VELTA, Polytherm)
- Werden die Platten mit einer Beschichtung versehen, sinkt die Oberflächentemperatur geringfügig um 1 – 2 °C und die Wärmestromdichte wird etwas geringer. Wird dieser Temperaturabfall reglerseitig kompensiert und die Oberflächentemperatur wieder ausgeglichen, so wurden für beschichtete Platten ca. 5% höhere Wärmestromdichten gemessen.

8.4.4. Zusammenstellung der wärmetechnischen Ergebnisse

8.4.4.1. Heizung

Im Folgenden werden die wichtigsten Ergebnisse des Originalprüfberichtes der Wärmetechnischen Prüfgesellschaft WTP [Anhang 7 – 10] in einer Übersicht zusammengestellt.

Alle für die weiteren Arbeiten mit dem GKS®-System relevanten Daten lassen sich direkt aus den Diagrammen „Wärmestromdichte der Fußbodenheizung“ entnehmen.

- Aufheizkurve GKS mit 150 mm Rohrabstand [Anhang 8]
- Wärmestromdichte der Fußbodenheizung mit Rohrabstand 150 mm [Anhang 7, Seite 3]
- Wärmestromdichte der Fußbodenheizung mit Rohrabstand 300 mm [Anhang 9, Seite 3]

Tabelle 4: Zusammenstellung wärmetechnische Parameter (Heizung)

Rohrteilung 150 mm				
Berechnete Wärmestromdichte nach DIN EN 1264, Basiskennlinie				
$R_{\lambda,B} = 0,00 \text{ m}^2\text{K/W}$	$(t_{F,m}-t_i)_N = 8,17 \text{ K}$	$q_N = 89,9 \text{ W/m}^2$	$\Delta t_n = 17,30 \text{ K}$	
$R_{\lambda,B} = 0,145 \text{ m}^2\text{K/W}$	$(t_{F,m}-t_i)_{G'} = 8,25 \text{ K}$	$q_{G'} = 90,8 \text{ W/m}^2$	$\Delta t_{G'} = 30,68 \text{ K}$	
Kennlinien der Fußbodenheizung				
$R_{\lambda,B}$	0,00 m ² K/W	0,05 m ² K/W	0,10 m ² K/W	0,15 m ² K/W
K_H	5,199 W/m ² K	4,124	3,418	2,918
Grenz-Wärmestrom für den Aufenthaltsbereich				
$R_{\lambda,B}$	0,00 m ² K/W	0,05 m ² K/W	0,10 m ² K/W	0,15 m ² K/W
q_G	89,9 W/m ²	90,2 W/m ²	90,6 W/m ²	90,9 W/m ²
Δt_G	17,30 K	21,88 K	26,50 K	31,15 K
Grenz-Wärmestrom für die Randzone				
$R_{\lambda,B}$	0,00 m ² K/W	0,05 m ² K/W	0,10 m ² K/W	0,15 m ² K/W
q_G	157,7 W/m ²	158,3 W/m ²	158,8 W/m ²	159,4 W/m ²
Δt_G	30,34 K	38,38 K	46,48 K	54,63 K
Rohrteilung 300 mm				
Berechnete Wärmestromdichte nach DIN EN 1264, Basiskennlinie				
$R_{\lambda,B} = 0,00 \text{ m}^2\text{K/W}$	$(t_{F,m}-t_i)_N = 7,14 \text{ K}$	$q_N = 77,5 \text{ W/m}^2$	$\Delta t_n = 24,00 \text{ K}$	
$R_{\lambda,B} = 0,145 \text{ m}^2\text{K/W}$	$(t_{F,m}-t_i)_{G'} = 7,40 \text{ K}$	$q_{G'} = 80,6 \text{ W/m}^2$	$\Delta t_{G'} = 39,51 \text{ K}$	
Kennlinien der Fußbodenheizung				
$R_{\lambda,B}$	0,00 m ² K/W	0,05 m ² K/W	0,10 m ² K/W	0,15 m ² K/W
K_H	3,230 W/m ² K	2,690 W/m ² K	2,304 W/m ² K	2,016 W/m ² K
Grenz-Wärmestrom für den Aufenthaltsbereich				
$R_{\lambda,B}$	0,00 m ² K/W	0,05 m ² K/W	0,10 m ² K/W	0,15 m ² K/W
q_G	77,5 W/m ²	78,6 W/m ²	79,6 W/m ²	80,8 W/m ²
Δt_G	24,00 K	29,21 K	34,56 K	40,07 K
Grenz-Wärmestrom für die Randzone				
$R_{\lambda,B}$	0,00 m ² K/W	0,05 m ² K/W	0,10 m ² K/W	0,15 m ² K/W
q_G	136,0 W/m ²	137,8 W/m ²	139,7 W/m ²	141,7 W/m ²
Δt_G	42,09 K	51,23 K	60,62 K	70,28 K

8.4.4.2. Kühlung

Nachdem bei den Testflächen im Freiburger Gründer- und Innovationszentrum erfolgversprechende Versuche, die GKS®-Fläche zur Kühlung zu verwenden, durchgeführt wurden, war es naheliegend, bei der Wärmetechnischen Prüfgesellschaft in Berlin auch noch die Kühlleistung des Systems bestimmen zu lassen. [Anhang 11, 12]

Ausgehend von der Tatsache, dass eine Fußbodenheizung eine große im Raum integrierte Wärmeübertragungsfläche darstellt, ist es naheliegend, diese auch zur Kühlung zu nutzen.

Nachdem die Wärmeleistungsdaten für die Heizung bestimmt wurden. Konnten diese auf den Kühlfall übertragen werden.

Die Basiskennlinie im Heizungsfall beschreibt den Wärmeübergang am Boden.
Nach DIN EN 1264 beträgt der Wärmeübergangskoeffizient für den

- Heizungsfall am Fußboden $\alpha_H = 10,8 \text{ W/m}^2$ und im
- Kühlfall $\alpha_H = 6,5 \text{ W/m}^2$

Und ist damit wegen des viel kleineren konvektiven Anteils deutlich geringer.

Für den Kühlfall muss diese Minderung als zusätzlicher Wärmeleitwiderstand $\Delta R_\alpha = 0,0613 \text{ m}^2\text{K/W}$ berücksichtigt werden.

Tabelle 4: Zusammenstellung wärmetechnische Parameter (Kühlung)

Kennlinien für Fußbodenkühlung				
Rohrteilung 150 mm				
$R_{\lambda,B}$	0,00 m ² K/W	0,05 m ² K/W	0,10 m ² K/W	0,15 m ² K/W
$\Delta R_\alpha = 1/\alpha_K - 1/\alpha_H$	0,0613 W/m ² K			
$R_K = R_{\lambda,B} + \Delta R_\alpha$	0,0613 W/m ² K	0,1113 W/m ² K	0,1613 W/m ² K	0,2113 W/m ² K
$y = f(R_K)$	0,0025	0,0024	0,0022	0,0020
K_K	3,940 W/m ² K	3,290 W/m ² K	2,825 W/m ² K	2,475 W/m ² K
Kennlinie	$q = 3,94 \cdot \Delta t$	$q = 3,29 \cdot \Delta t$	$q = 2,82 \cdot \Delta t$	$q = 2,47 \cdot \Delta t$
Rohrteilung 300 mm				
$R_{\lambda,B}$	0,00 m ² K/W	0,05 m ² K/W	0,10 m ² K/W	0,15 m ² K/W
$\Delta R_\alpha = 1/\alpha_K - 1/\alpha_H$	0,0613 W/m ² K			
$R_K = R_{\lambda,B} + \Delta R_\alpha$	0,0613 W/m ² K	0,1113 W/m ² K	0,1613 W/m ² K	0,2113 W/m ² K
$y = f(R_K)$	0,1958	0,1957	0,1957	0,1957
K_K	2,592 W/m ² K	2,232 W/m ² K	1,960 W/m ² K	1,747 W/m ² K
Kennlinie	$q = 2,59 \cdot \Delta t$	$q = 2,23 \cdot \Delta t$	$q = 1,96 \cdot \Delta t$	$q = 1,75 \cdot \Delta t$

Alle für die weiteren Arbeiten mit dem GKS® -System relevanten Kühlleistungsdaten lassen sich direkt aus den Kennlinien:

- Kühlleistung der Fußbodenheizung mit Rohrabstand 150 mm [Anhang 11] und
- Kühlleistung der Fußbodenheizung mit Rohrabstand 300 mm [Anhang 12]

entnehmen.

Es ergibt sich für eine Raumtemperatur $t_i = 26 \text{ °C}$ und $q = 35 \text{ W/m}^2$ z. B. eine mittlere Fußbodentemperatur von $t_{F,M} = 20,6 \text{ °C}$.

Die unmittelbare Möglichkeit, das GKS® -Fußbodenheizungssystem, sowohl als Heizung, als auch für die Kühlung eines Raumes zu verwenden, hat einen wirtschaftlich bedeutsamen Aspekt. Durch diese Möglichkeit können oft viel aufwändigere Klimatisierungen eingespart werden. Dies ist auch ein echter Umweltschutzbeitrag. In mitteleuropäischen Breiten sind klimatisch nur wenige Tage im Jahr kritisch. Da ist die viel kostengünstigere Nutzung dieser Systeme zur „Softklimatisierung“ sehr vorteilhaft.

Das System eignet sich deshalb für Büros, Hallen, aber auch Messwarten und Computerräume.

8.4.4.3. *Kopplung mit regenerativen Energien*

Die neueste Entwicklung der Heizungstechnik ist gekennzeichnet durch fortschreitende Energieverknappung, Energieverteuerung und die Notwendigkeit, Umweltbelastungen drastisch zu verringern. Energiespar- und Immissionsschutzgesetze zielen genau in diese Richtung.

Technisch wird dies in der Praxis vor allem durch verbesserte Wärmedämmung von Gebäuden, Anwendung automatischer Regelungen, Verbesserung der Ausnutzung der Brennstoffe, Verbesserung der Abgasreinigung und schadstoffarme Verbrennung, Ausbau von Fernwärmeheizungen, zunehmender Einsatz von Wärmepumpen und alternativen Energien umgesetzt.

Die Wissenschaft hat die physiologischen Grundlagen für moderne Heizsysteme untersucht. Niedrigere Raumtemperaturen und geringe Oberflächentemperaturen von Heizflächen sind grundlegende, gesicherte Erkenntnisse.

Aus diesen vorstehenden Gründen ergibt sich der zunehmende Einsatz und die Errichtung von Heizungen mit geringen Heizwassertemperaturen.

- Das GKS[®]-Heizungssystem kann sehr gut mit regenerativen Energiequellen betrieben werden. So besteht eine Möglichkeit der Nutzung der Abwärme über Wärmetauscher aus bestimmten technologischen Prozessen, wie Gießerei, Schmiede, Härtereie etc..
- Da bei der GKS[®]-Fußbodenheizung keine hohen Vorlauftemperaturen notwendig sind, könnte man auch durch Sonnenkollektoren (z.B. auf dem Dach) die nötige Vorlauftemperatur des Heizungswasser erzeugen. Der Einsatz von Wärmepumpen ist eine besonders praktikable Lösung.
- Im Sinne einer Kühlung von Räumen wäre die Nutzung der Erdkühle zu untersuchen. Diesbezüglich laufen bei ACTech Freiberg entsprechende Untersuchungen.
- Durch die schnelle Regelbarkeit und der sehr schnellen Reaktionsfähigkeit, die Hauptvorteile dieses GKS[®]-Heizungssystems, ist eine Umkehrfunktion im Sinne einer Kühlung auch problemlos möglich.
- Beispielsweise erfordern Räume mit einer starken Sonneneinstrahlung (große Glasflächen, Südseite) eine gute Regelbarkeit des Heizungssystems mit möglichst kurzen Reaktionszeiten. Die Grenzen eines üblichen Heizungssystems sind dabei sehr schnell erreicht. So kann nun gesichert auch dieses System für eine einfache Variante der Gebäude-, bzw. Raumklimatisierung sehr gut nutzen, ohne dabei zusätzliche klimatechnische Anlagen zu installieren. Die erreichbaren positiven Effekte könnten in vielen Einsatzfällen bereits eine deutlich kostenintensivere Klimaanlage unnötig machen.

Dem Einsatz des GKS[®]-Fußbodenheizungssystems, einschließlich der Nutzung für die Kühlung von Räumen, sollte generell eine Optimierung der energetischen Bilanz des jeweiligen Unternehmens vorausgehen. Hierbei ist jede Fragestellung denkbar, um energetische Effekte zu erzielen, müssen gewohnte Schemen verlassen werden. Während der Bauzeit in der ACTech wurden vom Ingenieurbüro Mildner folgende Anregungen gegeben.

1. Energetische Optimierung der technologischen Prozesse
 - Zumeist ist aber auch eine organisatorische Optimierung (zeitliche Abläufe) notwendig
 - Optimierung der Heizsysteme durch Verbesserung der Reglereinstellungen und der Betriebsweise
 - Schulung, Information und Einbeziehung der Mitarbeiter, Erziehung
2. Nutzung von natürlichen Energiesenken für die Kühlung
 - Untersuchung, was ist effektiver: Nutzung der Erdmassen und Wiesenflächen für die Kühlung des Fußbodens mit dem GKS[®]-Systeme oder anderer Baukörper im Rahmen der Bauteilaktivierung oder Aufstellung eines Kälteaggregates,
 - Kühlung durch Grundwasser oder Grubenwasser,

3. Ermittlung aller Energiequellen im Gebäude, wie
 - Nutzung der Prozessabwärme der Öfen (Schmelz- und Wärmebehandlungsöfen),
 - Wärmerückgewinnung aus Lüftungs- und Absauganlagen,
 - Nutzung der Abwärme von Kompressoren,
 - Wärmerückgewinnung aus Sanitärabwasser

4. Möglichkeiten zusätzlicher Gewinnung von Solarstrom für den
 - Betrieb von Kühlanlagen,
 - für Lüftungsanlagen

5. Lohnt eventuell ein Blockheizwerk zur
 - Wärmeerzeugung?
 - Stromerzeugung?

6. Lohnt sich die Nutzung von ohnehin anfallender Abwärme für die
 - Heizung des Straßeneinfahrtbereiches im Winter als Schutz vor Glatteis und Schnee?
 - oder ist gar die Errichtung eines Gewächshauses sinnvoll?

Bei dem neuen System werden diese Verluste durch Wahl eines anderen, sehr gut wärmeleitfähigen Materials (Grauguss oder Aluminium) minimiert. Bedeutendster Vorteil ist die kurze Wärmeregelzeit dieses Heizungssystems. Durch die Trockenverlegung kann sie jederzeit und komplikationslos nachgerüstet, bzw. auch wieder demontiert, werden. Die Heizung wird in Form von einzelnen Gussplatten zusammen mit den Heizungsrohren auf den vorhandenen fertigen Fußboden aufgelegt und montiert. Als positiv ist dabei die sehr geringe Aufbauhöhe von ca. 20 mm zu werten. Es ist vorteilhaft, die Plattenoberfläche aus Gründen des Korrosionsschutzes mit einem Belag (z.B. Farb-, Epoxidharz- oder anderen herkömmlichen Bodenbelag) zu versehen.

Nicht zuletzt ist die vollständige Recyclingfähigkeit aller Komponenten des neuen Systems wichtig. Die Bearbeitung und die daraus resultierenden Ergebnisse erbrachten eine hohe Wirtschaftlichkeit des Systems, hervorgerufen durch die schnelle Wärmeregelbarkeit und die geringen Wärmeverluste in der Platte. Gleichfalls spiegelt die öffentliche Präsentation ein reges Interesse an der neuen Fußbodenheizung wieder.

Um die Entwicklung des Heizungssystems zur vollen Marktreife zu unterstützen und zu beschleunigen, ergab sich beim Neubau der Betriebsstätte der ACTech GmbH eine hervorragende Gelegenheit, auf großen Flächen mit unterschiedlichen Nutzungsformen und Beschichtungen das System praktisch zu testen und somit eine sehr aussagefähige erste großtechnische Nutzung für weitere Interessenten als Referenz zur Verfügung zu haben. Hierfür an dieser Stelle ein besonderer Dank an Herrn Dr. Wendt. Das beim ersten Einsatz eingegangene Risiko hat sich gelohnt, das System hat alle Anforderungen und Erwartungen erfüllt.

Weiterhin wurden bei der Altbausanierung im privaten Wohnungsbereich kleinere Objekte realisiert und damit die Eignung, z. B. für Feuchträume mit Fliesenüberdeckung, nachgewiesen.

8.4.5. Bewertung des GKS[®]-Systems an Hand der vorhandenen Referenzflächen

Die verlegten Referenzflächen in den Räumen der Firma ACTech wurden in 2 Messzeiträumen noch einmal nach folgenden Kriterien überprüft:

- Optische Kontrolle der Oberflächen auf Verschleiß und Risse
- Kontrolle der Oberflächen- und Raumtemperaturen im laufenden, unbeeinflussten Betrieb
- Schlussfolgerungen für Auslegung und Technologie

Die Ergebnisse wurden in den Tabellen /: Kontrollmessungen ACTech [Anhang 14] dokumentiert.

Ergebnisse:

- Das installierte Gussplattenheizungssystem GKS[®] bringt die konzipierten Leistungsparameter
- In den messtechnisch erfassten Räumen und in den anderen mit dem GKS[®]-System ausgestatteten Räumen war die Tendenz zu verzeichnen, dass die Raumtemperatur in der Regel höher war, als entsprechende Normative festlegen. Als wesentliche Ursache ist hier zu sehen, dass wenige Nutzer die Regelung so einstellten, dass sich normgerechte Raumtemperaturen ergaben.
- Für 2 erfasste Räume war eine Raumtemperaturbeeinflussung über die Reglereinstellungen nur bedingt möglich. Dies waren der Tagungsraum und der Gangbereich im 2. Obergeschoss. In beiden Räumen wurden Deckentemperaturen von 28 – 29 °C gemessen. Die Raumdecke ist dort gleichzeitig Fußboden des Heizraumes, so dass die Decke als Strahlungsheizung wirkt.
- Analoge Verhältnisse treten im Gangbereich des 3. Obergeschosses auf. Hier wirken die Wände des Heizraumes mit 25 – 27 °C als Wandheizung für den Gangbereich.
- Die Fußbodenoberflächentemperaturen übersteigen nur bei einzelnen Messungen den Wert von 26 °C. Im Mittel liegen die Werte bei < 25 °C.
- Für die Wandheizung ergaben sich ca. $\Delta t = 5 \text{ K}$ höhere Werte.
- Zusammenfassend lässt sich feststellen, mit der GKS[®]-Fußbodenheizung lässt sich eine gute Raumtemperierung erreichen.
- Günstig wirkt sich die kurze Aufheizzeit aus und dass relativ geringe Oberflächentemperaturen ausreichend sind.
- Die erarbeiteten und vorgegebenen Verlegungsrichtlinien wirkten sich positiv auf die Oberflächenbeschichtung aus. Es sind in der Messphase und auch die Zeit hinterher keine Rissbildungen der Beschichtung erkennbar.
- Mit dem GKS[®]-Fußbodenheizungssystem ist ein thermisch sehr gutes und technisch anspruchsvolles Heizsystem mit effektiven Nutzungseigenschaften verfügbar.

8.5. Beurteilung der elektrischen Sicherheit

8.5.1. Allgemeines

Nach DIN VDE 0113 / EN 60204 - Durchgehende Verbindung des Schutzleitersystems –müssen alle elektrisch leitfähigen Teile des Baukörpers und stationäre Einrichtungen elektrisch leitend mit einem Potentialausgleichssystem verbunden sein. Im herkömmlichen Heizungsbau sind dies Heizkörper, die über die Metallrohre mit der Heizzentrale und dort mit dem Potentialausgleich verbunden sind.

Beim Fußbodenheizungssystem GKS[®] gibt es in dieser Beziehung eine Besonderheit. Der Fußboden wird mit Graugussplatten ausgelegt, sie werden aber mit einem Kunststoffverbinder verbunden und mit Kunststoffrohren mit dem Wärmemedium versorgt. Es galt, eine sichere, preiswerte und leicht montagefähige Verbindung zu schaffen.

8.5.2. Prüffeld für Messungen

In den Räumen des Ingenieurbüros Groß wurden verschiedene Testflächen zur Messung der elektrischen Verbindung der Platten gebaut.

Eine Reihe von Varianten für eine feste leitfähige Plattenverbindung wurde diskutiert:

- Der bisherige Kunststoffverbinder wird aus Metall gefertigt
- dieser soll aber elastisch sein und sich in die Halterung formschlüssig eindrücken lassen
- Der Kunststoffverbinder wird aus elektrisch leitfähigem Kunststoff gefertigt
- schwierig und teuer
- Der Kunststoffverbinder erhält eingelegte Metallstreifen, die sich in die Vertiefung der Platte eindrücken und verformen
- schwierig und teuer
- Eine Federkonstruktion wird wie ein Schnapper unter die zu verbindenden Platten gelegt und verbindet dann die Platte
- technisch schwer zu lösen, anfällig und unsicher
- Eine Drahtspirale mit einem etwas größeren Durchmesser als die Heizrohre wird durchgehend in freie, nicht durch Heizrohre benutzte Plattenkanäle gelegt. Durch das Gewicht der Platten drückt sich die Spirale in den Rohrkanal und verformt sich dabei etwas
- überlegenswerte Lösung, aber aufwändig, welches Material ist geeignet?
- Eine untergelegte, elektrisch leitfähige Folie verbindet die Platten unter der normalen Auflagekraft.
- Dies ist die geeignetste Methode und wurde in die weiteren Erprobungen einbezogen.
- Eventuell kann man auch einen elektrisch leitfähigen Belag auf die Platten gießen. Dies kann noch untersucht werden, z.B. stehen diese Beläge für Computerzentralen, Chipfertigungsräume, u.ä. zur Verfügung.
- Kupferrohrstücke werden in freie Rohrkanäle eingedrückt
- wurde in die weiteren Tests einbezogen
- Weitere Versuche setzten immer eine völlig neue Konstruktion der Gussplatte voraus, für die aber noch lange keine Lösung vorlag. Feste, schraubbare Verbindungen haben wegen der schwierigen Montagebedingungen keine Chance, ebenso Kerbstifte oder Kerbscheiben, die in spezielle, noch zu schaffende Nuten und Schlitze eingeschlagen werden sollten. Dies hätte das System an der Montage-technologie scheitern lassen.

Eingesetztes Messgerät: Messung mit **BEHA Unitest Maschinentester**,

Messdurchführung: Dipl.-Ing. G. Freitag, verantw. Werkstattmeister, **BALNEOTEC[®]**,
zertifiziert nach ISI 9001, CE nach Medizinproduktegesetz MPG

1. Unterlage aus Bitumenpappe, unbesandet und Aluminium-Grobkorn-Folie

Einschätzung:

- eine ganz hervorragende Lösung
- sehr solide Auflage der GG-Platten
- gleicht durch die Noppen kleine Unebenheiten des Untergrunds aus, die Platte drückt sich formschlüssig ein
- sehr leichte Verlegung

Messung:

0,06 bis 0,07 Ω , bei 10 A Strom



Bild 54: Testmontage Rohrumlenkung 1

2. Unterlage aus Bitumenpappe, unbesandet und Metall-Insektengaze (verzinkt)

Einschätzung:

- ähnlich gut und leicht in der Verlegung
- geringerer Ausgleich der Unebenheiten des Untergrunds
- geringere Wirksamkeit, nicht ausreichender Ableitwiderstand

Messung:

0,10 bis 0,12 Ω , bei 10 A

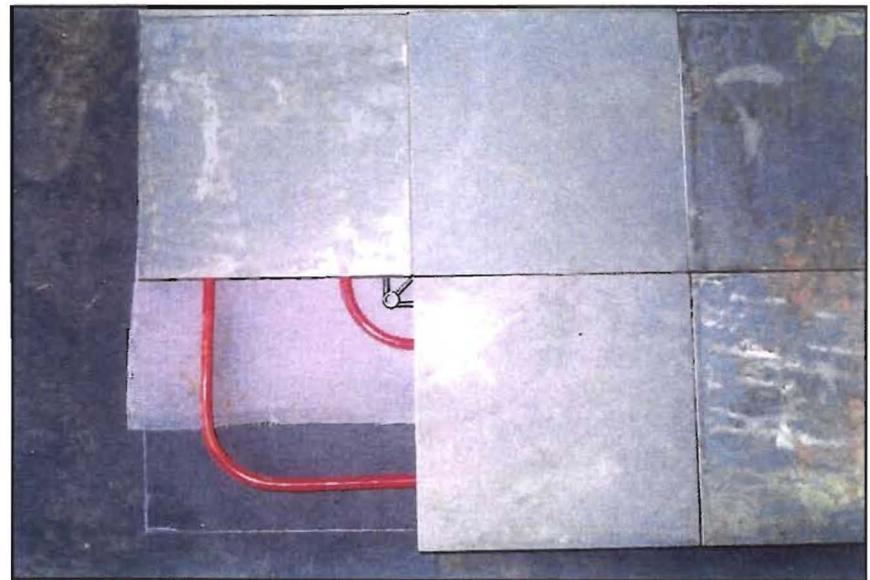


Bild 55: Testmontage Rohrumlenkung 2

3. Unterlage aus Bitumenpappe, unbesandet und 6 cm lange Kupferrohrstücke

Einschätzung:

- leichte Verlegung
- billigste Version
- es gibt kein passendes Rohr in Cu für die für Kunststoffrohr vorgesehene Rohrkanäle, Rohr mit einem geringeren Durchmesser musste etwas gedrückt werden, damit es klemmt, sicher nicht in jeder praktischen Situation genau definiert, keine sichere Lösung
- messtechnisch mit der Gaze vergleichbar

Messung:

0,09 bis 0,12 Ω , bei 10 A

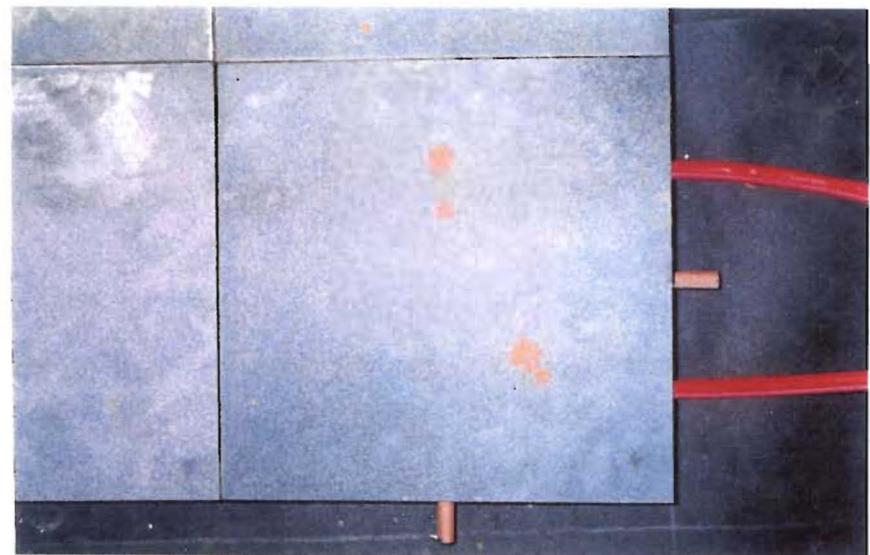


Bild 56: Testmontage Rohrumlenkung 3

Die Messungen wurde jeweils zwischen benachbarten Platten und zwischen den entferntesten Platten vorgenommen.

8.5.3. Ergebnisse

Bei diesen Versuchen konnte man die Alufolie favorisieren.

Eine einwandfreie Plattenaufgabe der GKS[®]-Platten, guter Ausgleich kleiner Bodenunebenheiten, sichere elektrische Verbindung, hervorragende Montage bestimmen diese Lösung.

Die Werte lagen deutlich unter dem maximal zulässigen Ableitwiderstand von $0,1 \Omega$

Weiterhin wurden Messungen auf den bei ACTech montierten fertigen Flächen durchgeführt. Alle Messungen brachten die gleichen Werte.

8.6. *Kostenkalkulation des Fußboden-Heizungssystems GKS®*

8.6.1. *Allgemeine Voraussetzungen*

Die Kalkulation der kompletten GKS® Verlegesystems konnte exakt nach der Verlegung bei ACTech vorgenommen werden. Dabei wurden seitens des Auftraggebers in Zusammenarbeit mit dem Ingenieurbüro Mildner für die Auswahl von Lieferanten und Ausführungsunternehmen folgende Kriterien festgelegt:

- Eignung und Interesse an Ausführung von Sonderaufgaben
- Die Fachgewerke überschreitende Erfahrungen
- Bereitschaft an der Umsetzung neuer Technologien
- Partnerschaftliche Preisgestaltung
- Möglichkeiten weiterer Zusammenarbeit bei späteren Projekten

Alle Arbeiten bei der Verlegung des GKS® -Systems und der weiteren Fußbodenbedeckungen und Fußbodenbeschichtungen wurden in einwandfreier Qualität ausgeführt. Die Funktionalität ist bis heute einwandfrei. Die ausführlichen Leistungsbeschreibungen sind im Anhang, in der Tabelle 6: Vollständige Kostenzusammenstellung dargestellt.

Die nachfolgenden Preise sind als Grundlage für Kalkulationen geeignet und bestimmen das derzeitige Preissystem GKS®. Bei der Produktion größerer Stückzahlen und der Verlegung größerer zusammenhängender Flächen sind in Zukunft günstigere Konditionen denkbar.

8.6.2. *Kostenzusammenstellung GKS® -Heizsystem*

Tabelle 3: Kostenzusammenstellung

	Leistung	Einzelpreis [€/m²]	Systempreis [€/m²]
	Fußbodenheizungsplatte GKS®		
1	Fußbodenheizungsplatte GKS aus Grauguss	64,10 €	
2	Zusatzmaterialien für Fußbodenheizungssystem GKS®	18,20 €	
3	Verlegung / Einbau Fußbodenheizungssystem GKS®	15,00 €	97,30 €
	Epoxidharz-Fußbodenaufbau		
4	Variante I (Unebenheiten bis 3 mm)	41,05 €	41,05 €
5	Variante II (Unebenheiten bis 1 mm)	50,11 €	50,11 €
6	Variante III (planebene Verlegung)	62,74 €	62,74 €
7	Zusatzleistung Armierung mit Glasfasermatten	25,60 €	25,60 €
8	Zusatzleistung Deckversiegelung für hohe Abriebfestigkeit	1,25 €	1,25 €
9	Zusatzleistung Einstreuung für hohe Rutschfestigkeit	1,45 €	1,45 €
	Wandheizungsplatte GKS		
10	Wandheizungsplatte GKS aus Aluminium	18,74 €	
11	Zusatzmaterialien / Unterkonstruktion für Wandheizungssystem GKS®	27,60 €	
12	Verlegung / Einbau Wandheizungssystem GKS®	13,80 €	60,14 €
	Laminatverlegung		
13	Laminatverlegung auf GKS®-Fußbodenheizung, Material einschließlich Verlegung	41,88 €	41,88 €
	Platteneinzelbeschichtung		
14	Es wurden nur Tests und eine entspr. Kalkulation durchgeführt. Beispielbeschichtungssystem System Pavex	je Platte 6,84 €	75,24 €

(Alle Preise netto)

9.0. **Fazit**

Gründe für den Einbau des neuartigen Fußbodenheizungssystems GKS®

Feststellung 1: Hohe mechanische Belastbarkeit

Kein Fußbodenheizungssystem (Trockensystem gemäß DIN EN 1264 Typ B) im Markt ist in der Lage, Verkehrslasten von $> 1,5 \text{ kN/m}^2$ aufzunehmen.

Das GKS®-System ist für alle nach DIN 1050 aufgeführten Verkehrslasten bis 300 kN/m^2 geeignet.

Feststellung 2: Hohe wärmetechnische Effizienz, geringe Heizmitteltemperaturen

Dies eröffnet im Rahmen der Energieeinsparverordnung EnEV den Sanierungsmarkt im Industriebereich. Da im Industriebereich der spezifische Wärmebedarf bei $60 - 70 \text{ W/m}^2$ beträgt, mit dem System aber bis zu 100 W/m^2 erreichbar sind, erfordert dies Heizmitteltemperaturen von nur $26 - 28 \text{ °C}$ im Gegensatz zu sonst üblichen $35 / 28 \text{ °C}$. Damit ist die in vielen Betrieben vorhandene Prozessabwärme sinnvoll zu nutzen. In Verbindung mit Wärmepumpen und Nutzung von Prozessabwärmern stellt das System eine sinnvolle, weil energie- und umweltschonende Alternative dar. Die wärmetechnischen Daten haben die Erwartungen bestätigt.

Feststellung 3: Günstigstes System bei Nachrüstungen im Industriebereich

Dieses System ist ökologisch und ökonomisch allen Fußbodenheizungssystemen in der Nachrüstung im Industriebereich überlegen. Das GKS®-System stellt eine ökologisch/ökonomische Innovation für die Nachrüstung im Industriebereich dar.

Feststellung 4: Schnell montierbar, sofort nutzbar

Durch die Art der Verlegung ist das System schnell einzubauen und es ist nach der Druckprobe sofort betriebsfähig. Wenn im nachträglichen Einbau Fußbodenheizungssysteme zur Anwendung kommen sollen, sind geringe Aufbauhöhen und einfache Montage gefragt. Hier bietet dieses System eine technische Lösung durch minimale Aufbauhöhe verbunden mit großem Lastaufnahmevermögen. Es ist durch seine Art der Verlegung ohne Estricheinbettung einfach und schnell einbaubar und sofort mechanisch und thermisch belastbar.

Feststellung 5: Geringste Aufbauhöhe bei höchster Belastbarkeit

Mit 18 mm Dicke für die GKS®-Platte mit Heizrohr und einem entsprechenden Bodenbelag hat das System eine extrem geringe Aufbauhöhe bei großem Lastaufnahmevermögen, damit bietet es sich für den nachträglichen Einbau z.B. bei der Altbausanierung mit großen Anforderungen an die Fußbodenbelastbarkeit an.

Feststellung 6: Wärme- und Trittschalldämmung

Notwendige Wärme- sowie gegebenenfalls Trittschalldämmung muss im fertigen Boden bereits vorhanden sein. Vorrangig ist als Anwendung der Industriebereich zu sehen.

Feststellung 7: Recyclingfähigkeit

Das System ist einfach und rückstandsfrei wieder aus den Räumen zu entfernen und nach Komponenten getrennt vollständig recyclebar. Bei den GKS®-Platten ist eine Wiederverwendbarkeit gegeben, alle anderen Materialien sind vollkommen recyclingfähig.

Feststellung 8: Neuartiges Wandheizungssystem aus GKS®-Aluminiumplatten

Dieses Plattenheizungssystem funktioniert einwandfrei, ist wärmetechnisch effektiv, aber teuer. Die Platten wirken mit ihrer natürlichen Oberfläche dekorativ und die Schwitzwasserbildung in den Sanitärräumen im Keller der ACTech wird zuverlässig verhindert.

Feststellung 9: Schnelle Reaktionszeit des Heizsystems

Das Trägheitspotential der Gussplatten ist etwa die Hälfte kleiner als bei Estrichverlegung anderer Fußbodenheizungssysteme.

Feststellung 10: Markfähigkeit

GKS® ist ein einsatzbereites und vermarktungsfähiges Produkt, welches in einem geordneten Markt für Fußbodenheizungen seine reelle Chance hat.

10.0. *Literaturverzeichnis*

Literaturzusammenstellung Projekt GKS® -Heizsysteme

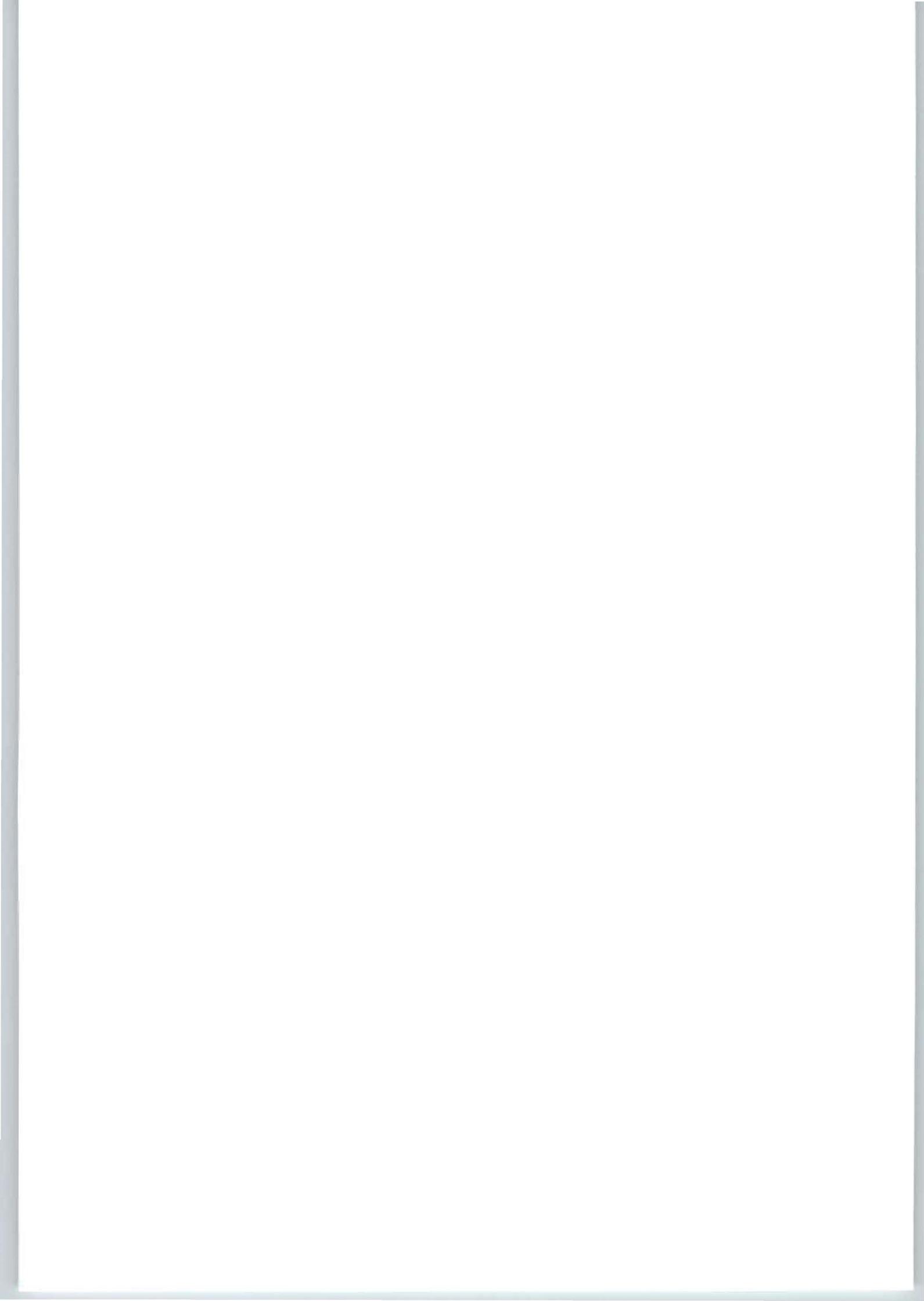
- | | |
|--------------------------------------|---|
| Bjarne W. Olesen | Energieverbrauch und Thermischer Komfort in einem durch unterschiedliche Methoden erwärmten Raum.
(VELTA Kongreß 1980, St. Christoph, Tirol) |
| Bjarne W. Olesen | Thermische Behaglichkeit, ihre Grenzen und daraus resultierende Erkenntnisse für Raumheizflächen
(VELTA Kongreß 1984, St. Christoph, Tirol) |
| Bjarne W. Olesen | Eine experimentelle Untersuchung des Energieeinsatzes bei Radiatorheizung und Fußbodenheizung unter dynamischen Bedingungen
(VELTA Kongreß 1986, St. Christoph, Tirol) |
| Bjarne W. Olesen /
Günter Zöllner | Experimentelle Untersuchung zum Energieverbrauch unterschiedlicher Heizsysteme bei untereinander vergleichbarer thermischer Behaglichkeit
(VELTA Kongreß 1987, St. Christoph, Tirol) |
| Bjarne W. Olesen | Heizsysteme – Komfort und Energieverbrauch
(Heizungsjournal, November 1998) |
| Christoph Kochendörfer | Wärme direkt aus der Wand, eine Alternative nicht nur für Ökos?
(HLH Bd. 50, 1999, Nr. 2 – Februar) |
| J. Bohle, W. Kast, H. Klan | Systemstudien an instationär betriebenen Flächenheizungen/-kühlungen
(HLH Bd. 50, 1999, Nr. 3 – März) |
| Christoph Kochendörfer | Marktübersicht 2000
Warmwasserfußbodenheizungen
(Wärmetechnik . Versorgungstechnik 3/2000) |
| Fritz Steimle | Entwicklung der Wärmepumpentechnik
Der Fußboden als Heiz- und Kühlfläche
(VELTA Kongreß 1987, St. Christoph, Tirol) |
| Recknagel, Sprenger, Schramek | Taschenbuch für Heizung und Klimatechnik
(Oldenburg Industrieverlag München) |
| C. Ihle, R. Bader, M. Golla | Tabellenbuch Sanitär – Heizung – Lüftung
Bildungsverlag EINS - Gehlen |
| W. Burkhardt, R. Kraus | Projektierung von Warmwasserheizungen
6. Auflage
Oldenburg Industrieverlag München |

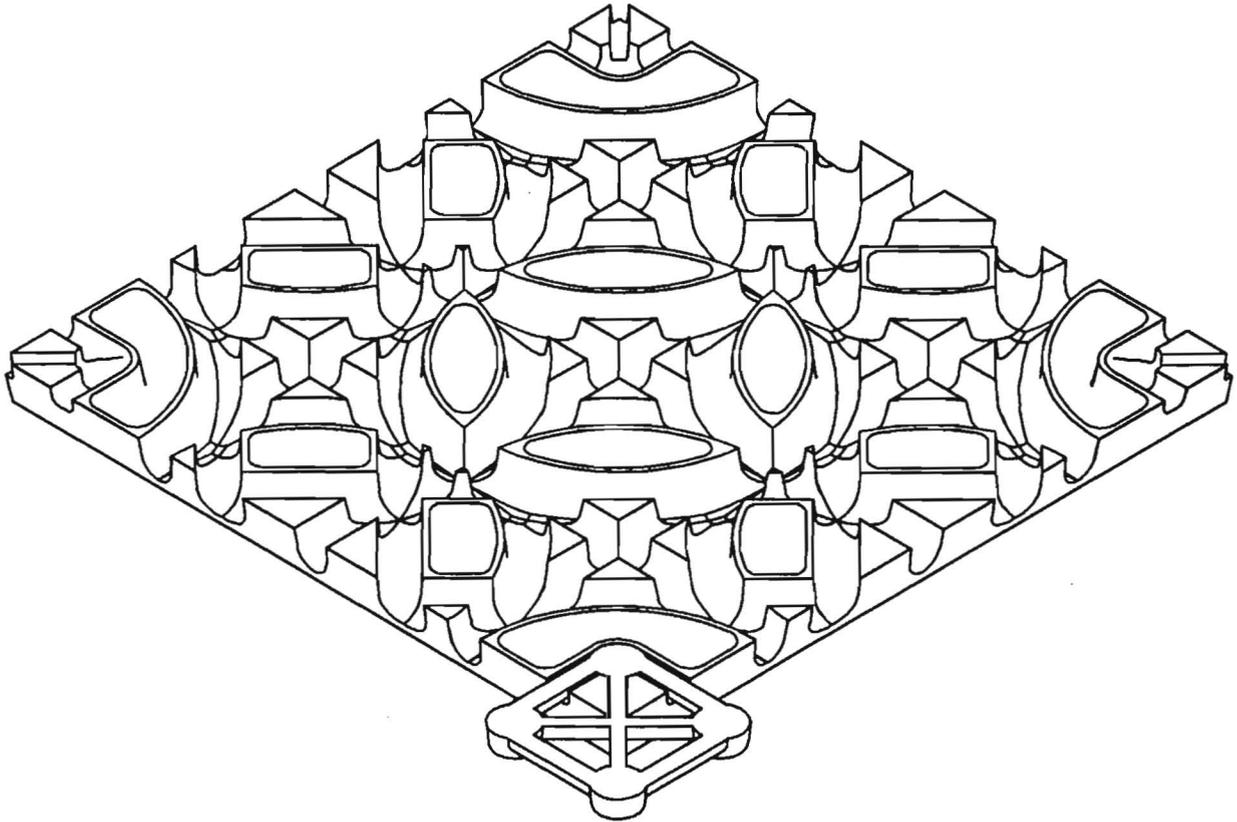
11.0. Anhänge

Verzeichnis Anhänge

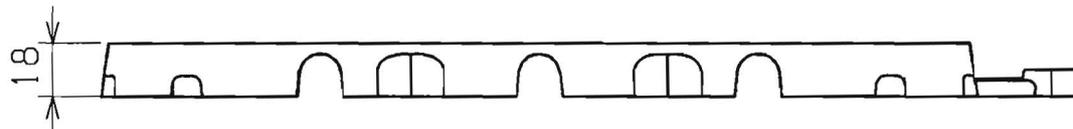
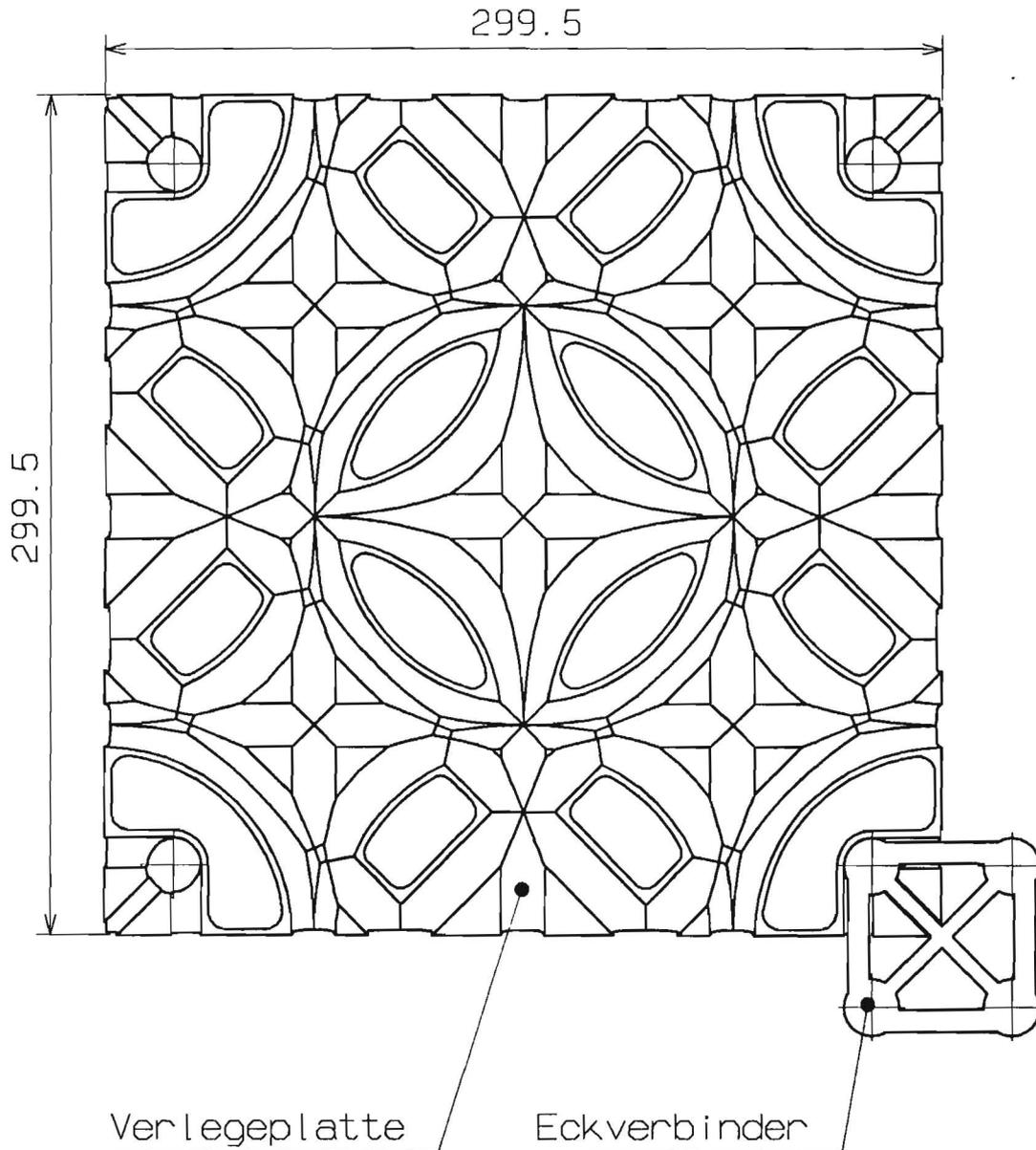
52

			Anzahl Seiten	Seite
Anhang 1	Zeichnung	Verlegeplatte (ZSB) Fußbodenheizung, Blatt 1	1	53
Anhang 2	Zeichnung	Verlegeplatte (ZSB) Fußbodenheizung, Blatt 2	1	54
Anhang 3	Zeichnung	Verlegeplatte Fußbodenheizung, Blatt 1	1	55
Anhang 4	Zeichnung	Verlegeplatte Fußbodenheizung, Blatt 2	1	56
Anhang 5	Zeichnung	Eckverbinder Fußbodenheizung, Blatt 1	1	57
Anhang 6	Gutachten	Näherungsberechnung der zu erwartenden spez. Wärmeleistung q in W/m^2 des Gussplatten-Fußbodenheizungssystem als Trockensystem auf der Basis der Norm EN 1264-1 bis 3 (Autor: P. Wegwerth)	3	58
Anhang 7	Gutachten	Warmwasser-Fußbodenheizung, Experimentelle Prüfung der Wärmestromdichte für Sonderkonstruktionen, WTP, Prüfbericht-Nr. 02111150	4	61
Anhang 8	Gutachten	Anlage 1 zum Prüfbericht-Nr. 0211150, WTP Aufheizkurve GKS mit 150 mm Rohrabstand	1	65
Anhang 9	Gutachten	Warmwasser-Fußbodenheizung Experimentelle Prüfung der Wärmestromdichte für Sonderkonstruktionen WTP, Prüfbericht-Nr. 02111300	4	66
Anlage 10	Gutachten	Berechnung der Kühlleistung von Fußboden-Heizungssystemen, Anlage-Nr. K021111150	2	70
Anlage 11	Gutachten	Berechnung der Kühlleistung von Fußboden-Heizungssystemen, Anlage-Nr. K021111300	2	72
Anlage 12	Gutachten	Ermittlung der Kühlleistung des Fußbodenheizungs-Systems GKS, WTP, Bericht-Nr. K02111	5	74
Anhang 13	Tabellen	Vollständige Kostenzusammenstellung	5	79
Anhang 14	Tabellen	Kontrollmessungen ACTech	8	84
Anhang 15	Tabellen	Marktübersicht Fußbodenheizungen (Nasssysteme)	2	92
Anhang 16	Tabellen	Marktübersicht Fußbodenheizungen (Trockensysteme)	2	94
Anhang 17	Tabellen	Marktübersicht Fußbodenheizungen (Flachsysteme)	2	96
Anhang 18	Tabellen	Marktübersicht Fußbodenheizungen (Industrieböden)	2	98





(Verwendungsbereich)		(zul. Abw.)		(Oberfl.)		Masstab 1:2,5	(Gewicht)
						(Werkstoff, Halbzeug)	
						(Rohteil-Nr.)	
						(Modell oder Gesenk-Nr.)	
		2002	Datum	Name	(Benennung)		
		Bearb.	10.04.	ACT/KBR	Verlegeplatte (ZSB) Fußbodenheizung		
		Gepr.					
		Norm					
		ACTech GmbH		IngenieurBüro Mildner		Blatt	
		Halsbrücker Str.51				2	
		D-09599 Freiberg/Sa.				2 Bl.	
Zust.	Änderung	Datum	Name	(Urspr.)	(Ers. f. :)	(Ers. d. :)	

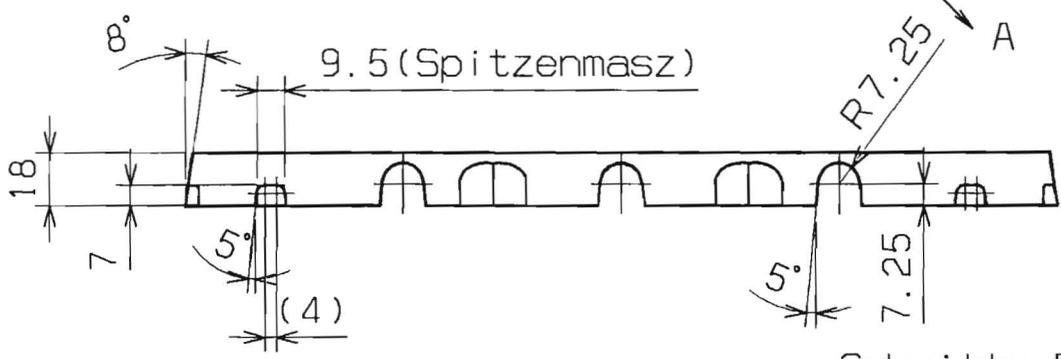
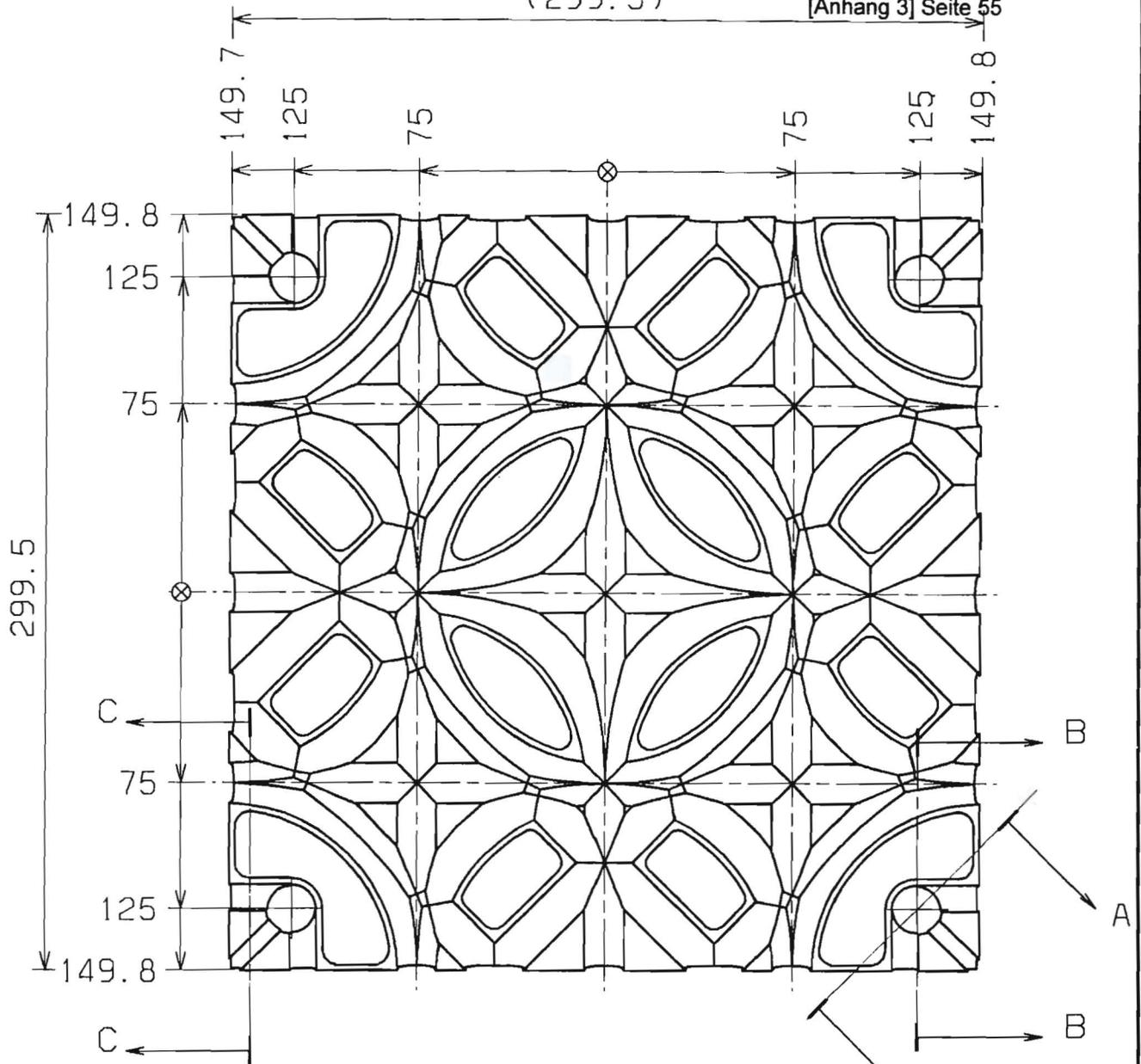


ISO-Ansicht Blatt 2

(Verwendungsbereich)		(zul. Abw.)		(Oberfl.)	Masstab 1:2,5	(Gewicht)
					(Werkstoff, Halbzeug)	
					(Rohteil-Nr.)	
					(Modell oder Gesenk-Nr.)	
		2002	Datum	Name	(Benennung)	
		Bearb.	10. 04.	ACT/KBR	Verlegeplatte (ZSB) Fußbodenheizung	
		Gepr.				
		Norm				
		ACTech GmbH Halsbrücker Str. 51 D-09599 Freiberg/Sa.			IngenieurBüro Mildner	
					Blatt 1 2 Bl.	
Zust.	Aenderung	Datum	Name	(Urspr.)	(Ers. f. :)	(Ers. d. :)

(299.5)

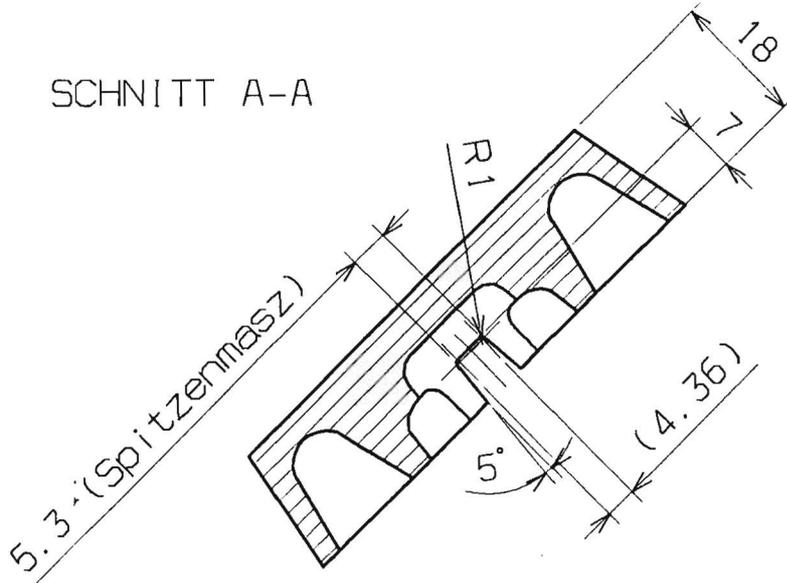
[Anhang 3] Seite 55



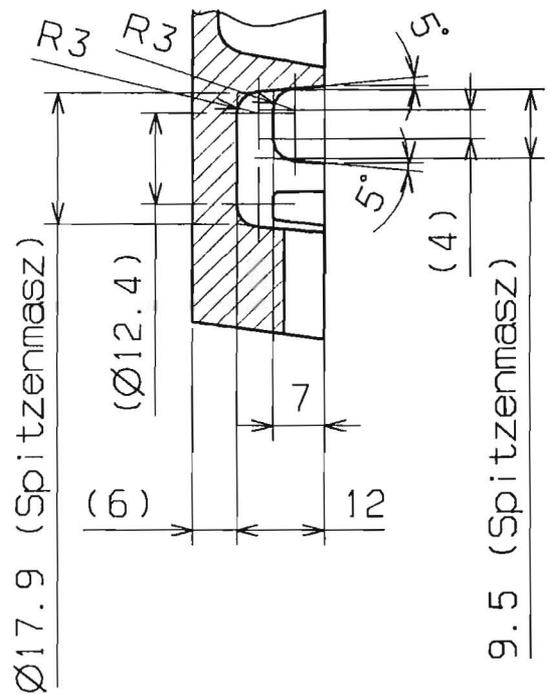
Schnitte Blatt2

(Verwendungsbereich)	(zul. Abw.)	(Oberfl.)	Maszstab 1:2,5		(Gewicht)
			(Werkstoff, Halbzeug)		GGL15
			(Rohteil-Nr.)		
			(Modell oder Gesenk-Nr.)		
	2002	Datum	Name	(Benennung)	
	Bearb.	10.04.	ACT/KBR	<h2 style="text-align: center;">Verlegeplatte</h2> <h3 style="text-align: center;">Fußbodenheizung</h3>	
	Gepr.				
	Norm				
	ACTech GmbH Halsbrücker Str. 51 D-09599 Freiberg/Sa.			IngenieurBüro Mildner	Blatt 1
Zust	Aenderung	Datum	Name (Urspr.)	(Ers. f. :)	(Ers. d. :)
					2 Bl.

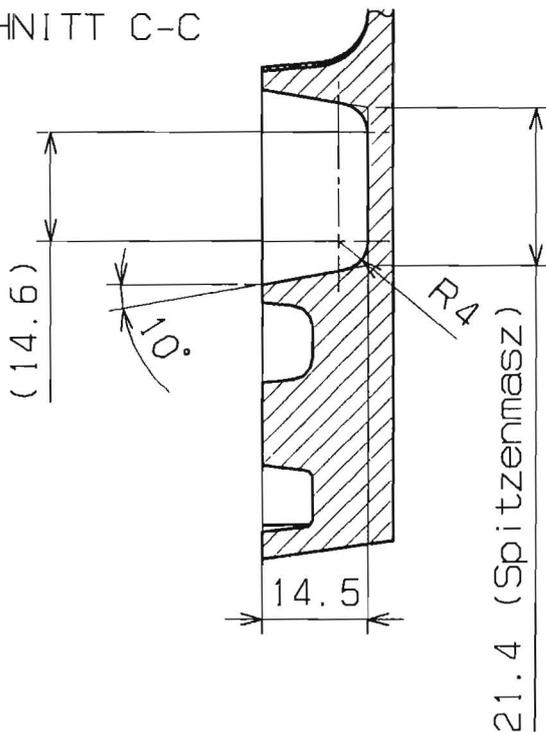
SCHNITT A-A



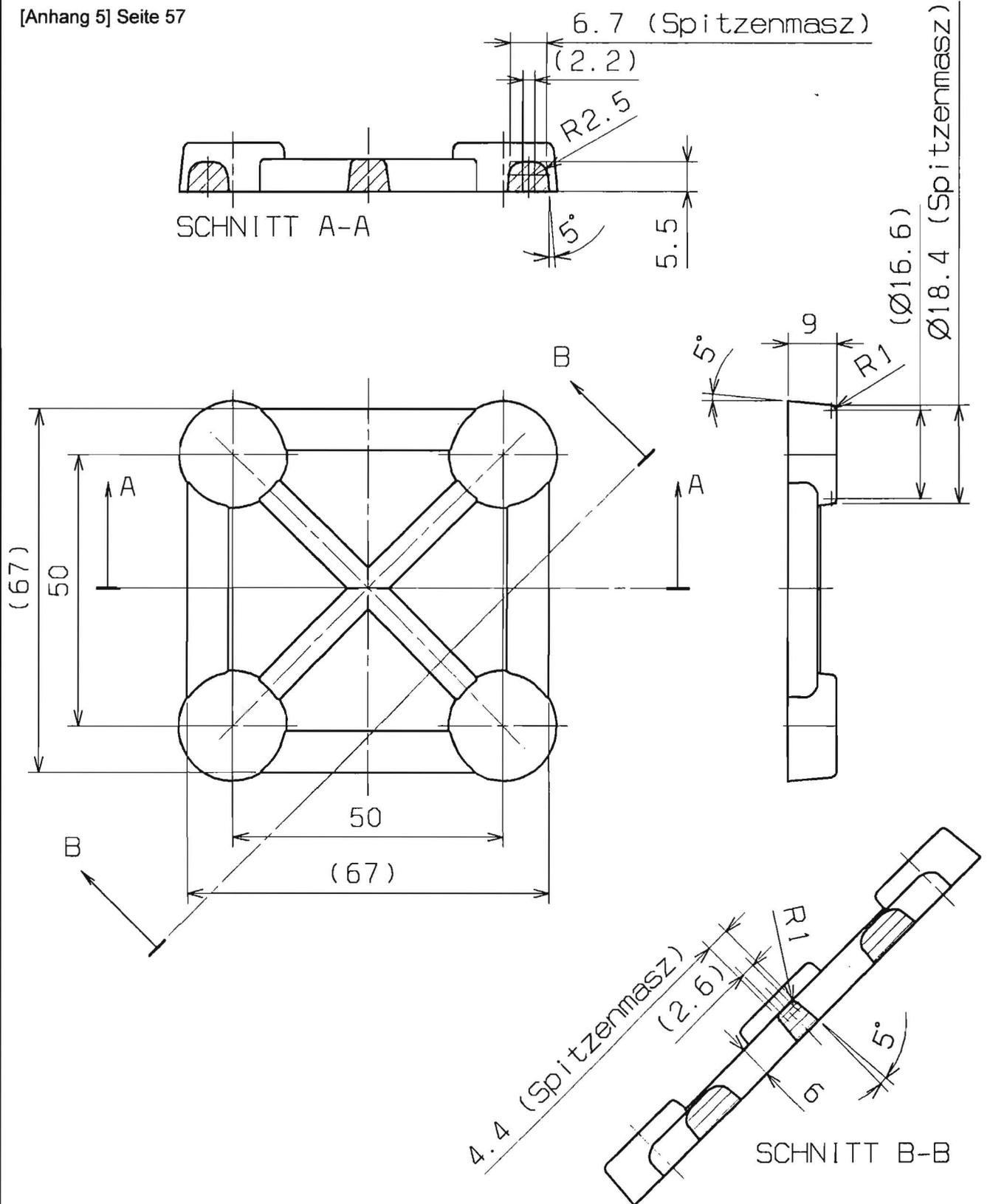
SCHNITT B-B



SCHNITT C-C



(Verwendungsbereich)		(zul. Abw.)		(Oberfl.)	Masstab 1:1	(Gewicht)
					(Werkstoff, Halbzeug)	GGL15
					(Rohteil-Nr.)	
					(Modell oder Gesenk-Nr.)	
		2002	Datum	Name	(Benennung)	
		Bearb.	10.04.	ACT/KBR	<p style="text-align: center; font-size: 1.2em;">Verlegeplatte Fußbodenheizung</p>	
		Gepr.				
		Norm				
		ACTech GmbH Halsbrücker Str.51 D-09599 Freiberg/Sa.			IngenieurBüro Mildner	Blatt 2
Zust.	Aenderung	Datum	Name	(Urspr.)	(Ers. f. :)	(Ers. d. :)
						2 Bl.



(Verwendungsbereich)	(zul. Abw.)	(Oberfl.)	Masstab 1:1	(Gewicht)
			(Werkstoff, Halbzeug)	PA6-GS30
			(Rohteil-Nr.)	
			(Modell oder Gesenk-Nr.)	
	2002	Datum	Name	(Benennung)
	Bearb.	10.04.	ACT/KBR	Eckverbinder Fußbodenheizung
	Gepr.			
	Norm			
			ACTech GmbH Halsbrücker Str. 51 D-09599 Freiberg/Sa.	IngenieurBüro Mildner
Zust. Änderung	Datum	Name	(Urspr.)	(Ers. f. :)
				(Ers. d. :)
				Blatt 1 1 Bl.

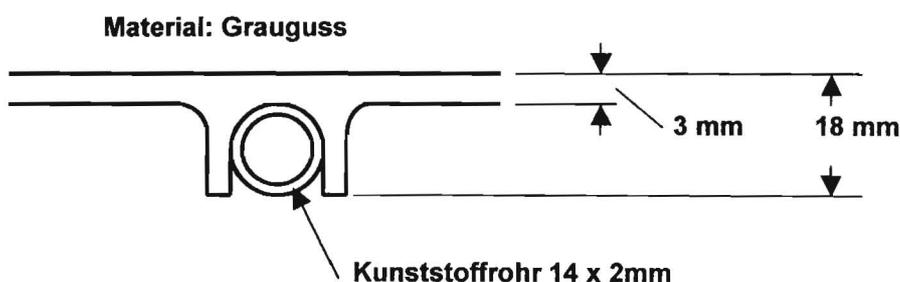
Näherungsberechnung

der zu erwartenden spez. Wärmeleistung q in W/m^2 des Gußplatten- Fußbodenheizungs-System als Trockensystem auf der Basis der Norm EN 1264 – 1 bis 3 :

Grundlage:

Als Grundlage gelten die Gleichungen im Teil 2 unter Ziff. 6.3 „mit Rohren unter dem Estrich“. Das System ist in der Art der Wärmeübertragung dem Norm-System Typ B weitgehend gleichzusetzen, lediglich der Korrekturfaktor a_K für den Kontakt der Wärmeübergabe zur Wärmeleit-einrichtung (Gussplatte) und der Algorithmus für die Überdeckung $a_U = f(s_U / \lambda_E)$ ist entspre-chend zu modifizieren. Das Verhältnis s_U / λ_E aus der Lastverteilschicht wird zu einem dimensi-onslosen Faktor 1, da bei diesem Fußbodenheizungssystem eine zusätzliche Lastverteilschicht nicht erforderlich ist. Der Korrekturfaktor a_K wird auf die Kontaktfläche zwischen Heizrohr und Wärmeleit-einrichtung umgerechnet. Die Oberfläche der Heizelemente ist gleichzeitig Lastauf-nahmeschicht, die direkt mit einem Bodenbelag versehen wird. Bei der Berechnung wird von einem Bodenbelag mit $R_{\lambda B}$ $0,02 \text{ m}^2 \cdot K / W$ (Steinzeug bzw. Kunstharzbeschichtung) ausgegangen.

Systemquerschnitt:



Berechnung gem. EN 1264 – 2, Ziff. 6.3, Typ B:

Rohrabstand T (m) 0,15

$$\text{Basis-Gleichung 8} \quad q = B \cdot a_B \cdot a_T^{m_T} \cdot a_U \cdot a_{WL} \cdot a_K \cdot \Delta\theta_H = K_H \cdot \Delta\theta_H$$

K_H = Äquivalenter Wärmedurchgangskoeffizient $W/(m^2 \cdot K)$

$B = B_0 = 6,5 \text{ W}/(m^2 \cdot K)$

a_B = Fußbodenbelagfaktor (Gleichung 11)

$a_T = 1,0$ da s_U / λ_E durch fehlende Überdeckung nicht wirksam ist

m_T = nicht wirksam, da $a_T = 1,0$

$a_U = 1,0$ da s_U / λ_E durch fehlende Überdeckung nicht wirksam ist

a_K = Korrekturfaktor für den wärmetechnischen Kontakt, Tab. A.11, umgerechnet von 0,95 bei $2/3$ Umfangsfläche bei Typ B, auf 0.89 bei $1/2$ Umfangsfläche bei der Gussplatte.

$\Delta\theta_H$ = Heizmittelübertemperatur (mittlere Heizwassertemperatur abz. Raumtemperatur)

a_{WL} = Wärmeleitfaktor aus K_{WL} Tab. A.10

b_U = Abhängigkeit von der Rohrteilung Tab. A.9

K_{WL} = Kennwert (gem. Gleichung 9). Die Dicke der Wärmeleiteinrichtung wird aufgrund der Profilierung der Gussplatte mit 5 mm statt 3 mm eingesetzt.

s_U = Dicke Wärmeleiteinrichtung in m

λ_{WL} = Wärmeleitfähigkeit der Wärmeleiteinrichtung

$R_{\lambda,B}$ = Wärmeleitwiderstand des Bodenbelages

$f(T)$ = Korrekturfaktor für den Kontakt nach Tab. A.11

$$= 1 + 0,44 \sqrt{T} = 1 + 0,44 \cdot \sqrt{0,15} = 1 + 0,44 \cdot 0,3873 = 1,17$$

Berechnung Kennwert K_{WL} und daraus a_{WL} gem. Tab. A.10, f)

$$K_{WL} = \frac{S_{WL} \cdot \lambda_{WL} + b_U \cdot s_U \cdot \lambda_E}{0,125} = \frac{0,005 \cdot 60 + 0,7 \cdot 1 \cdot 1}{0,125} = 8,0 \text{ daraus } a_{WL} 1,04$$

Berechnung Fußbodenbelagfaktor a_B aus Gleichung 11

$$a_B = 1 / (1 + B \cdot a_U \cdot a_T^{mT} \cdot a_{WL} \cdot a_K \cdot R_{\lambda,B} \cdot f(T))$$

$$= 1 / (1 + 6,5 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,04 \cdot 0,89 \cdot 0,02 \cdot 1,17) = 0,88$$

$$K_H = B \cdot a_B \cdot a_T^{mT} \cdot a_U \cdot a_{WL} \cdot a_K = 6,5 \cdot 0,88 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,04 \cdot 0,89 = 5,29$$

$$q = K_H \cdot \Delta\theta_H = 5,59 \cdot 15 \text{ K} = 79,4 \text{ W/m}^2$$

Anmerkung zur Wärmeleistung auf die verlegte Fläche:

Die Algorithmen der Norm EN 1264 beim Standard-Trockensystem Typ B berücksichtigen die geringere Wärmeleistung im Bereich der Wendeschleifen, in dem keine Wärmeleitbleche verlegt werden können. Bei der Gussplatten-Fußbodenheizung ist auch in diesem Bereich die Wärmeleiteinrichtung voll wirksam. Somit ist bei Ansatz der Gleichungen aus der Norm davon auszugehen, dass die Wärmeleistung über die verlegte Gesamtfläche einer Gussplatten-Fußbodenheizung, je nach Raumgeometrie einen weiteren wärmetechnischen Vorteil aufweist. Vergleicht man die Masseverhältnisse so ergibt sich folgendes Bild:

Bei einem Gussplattenmaß von 0,3 m · 0,3 m mit einem Plattengewicht von 5,2 kg ergibt sich ein Flächengewicht von 57,7 kg/m². Die spezifische Wärmekapazität bei Gusseisen beträgt 0,55 kJ/kg·K, somit ist die Speicherfähigkeit 32 kJ/m² · K.

Eine Estrichplatte von 45 mm Dicke hat ein Flächengewicht von 90 kg/m². Bei der spezifischen Wärmekapazität von 1,0 kJ/kg·K somit eine Speicherfähigkeit von 90 kJ/m² · K.

Das Trägheitspotenzial der Gussplatten ist also fast um die Hälfte kleiner.

Allgemeine Beurteilung:

Keines der am Markt angebotenen Trockensystemen gem. EN 1264 Typ B, mit Rohren unter dem Estrich bzw. der Lastverteilerschicht ist in der Lage Verkehrslasten von $> 1,5 \text{ kN} / \text{m}^2$ aufzunehmen. Das Guss-System ist für alle der in der DIN 1050 aufgeführten Verkehrslasten bis $300 \text{ kN} / \text{m}^2$ geeignet. Dies eröffnet den Sanierungsmarkt im Industriebereich im Rahmen der zukünftigen EnEV. Bei den überwiegend erforderlichen Raumtemperaturen im Industriebereich sind mit den in der EnEV vorgesehenen Systemtemperaturen von $35 / 28 \text{ }^\circ\text{C}$ Wärmeleistungen von ca. $92 \text{ W} / \text{m}^2$ zu erreichen. Der spezifische Wärmebedarf liegt jedoch im Bereich von 60 bis $70 \text{ W} / \text{m}^2$. Dies würde bei der Industriebereich üblichen erforderlichen Raumtemperatur von $15 \text{ }^\circ\text{C}$ eine Heizmitteltemperatur von 26 bis $28 \text{ }^\circ\text{C}$ erfordern, die in vielen Betrieben mit der Prozess-Abwärme bewerkstelligt werden könnte. Dieses System ist ökologisch wie ökonomisch allen Fußbodenheizungs-Systemen in der Nachrüstung im Industriebereich überlegen. Der Konstruktionsaufbau beträgt 18 mm plus Bodenbelag, der i. d. R. als Beschichtung nur wenige Millimeter erfordert. Die Gussplatten werden mit den Rohren in einem Arbeitsgang verlegt, so dass unmittelbar nach der dann durchzuführenden Druckprobe der Nutzbelag eingebracht werden kann. Es entstehen keine Wartezeiten durch den bei allen anderen Fußbodenheizungen erforderlichen Einbau von Estrichen als Nutzschicht. Das Gussplatten-Fußbodensystem stellt also eine ökologisch/ökonomische Innovation für die Nachrüstung im Industriebereich dar.

1. Prüfstelle: WTP Wärmetechnische Prüfgesellschaft mbH
Oranienstraße 161 10969 Berlin
Tel. (030) 616 943-0, FAX (030) 614 80 52

2. Auftragsgeber: Ingenieurbüro Mildner
Am St. Niclas Schacht 13
09599 Freiberg

3. Hersteller: Ingenieurbüro Mildner
Am St. Niclas Schacht 13
09599 Freiberg

4. Angaben zum Fußbodenheizungssystem:

Bezeichnung: GKS
Systembeschreibung: Trockenaufbau mit Gußeisen-Platten
Systemaufbau: siehe Bild Seite 4
Estrich: Gußeisen-Platten
Rohr: PE-Xc 14x2 mm ($\lambda_R = 0,35 \text{ W/mK}$)
Einbauten: unter der Rohrebene Aluminiumfolie
Überdeckung: 4 mm
Teilung: 150 mm
Sonstiges:

5. Angaben zum Prüfling: siehe Bild Seite 4 Angeliefert: 06.03.2002

6. Angaben zum Prüfstand: Plattenapparat nach DIN EN 1264-2:1997
Abmessungen: 1,2m x 1m
 $1/\alpha = s/\lambda = 0,090 \text{ m}^2/\text{KW}$

8. Messwerte:

	Messung ohne Fußbodenbelag		Messung mit Fußbodenbelag	
	$R_{\lambda,B} = 0$		$R_{\lambda,B} = 0,145 \text{ m}^2/\text{KW}$	
t_V	36,36 °C	40,19 °C	49,66 °C	52,24 °C
t_R	36,02 °C	39,76 °C	49,18 °C	51,70 °C
t_i	20,08 °C	20,15 °C	20,03 °C	20,07 °C
$\Delta t = t_m - t_i$	16,10 K	19,82 K	29,39 K	31,90 K
$t_{F,Mst28}$	28,00 °C	29,66 °C	28,54 °C	29,32 °C
$t_{F,Mst29}$	28,15 °C	29,85 °C	28,62 °C	29,42 °C
$t_{F,Mst30}$	28,53 °C	30,33 °C	28,63 °C	29,42 °C
$t_{F,Mst31}$	28,05 °C	29,76 °C	27,91 °C	28,64 °C
$t_{F,Mst32}$	27,74 °C	29,36 °C	27,51 °C	28,19 °C
$t_{F,Mst33}$	27,74 °C	29,39 °C	27,72 °C	28,43 °C
$t_{F,Mst34}$	27,65 °C	29,11 °C	28,21 °C	28,97 °C
$t_{F,Mst35}$	27,39 °C	28,96 °C	27,77 °C	28,49 °C
$t_{F,Mst40}$	27,11 °C	28,61 °C	27,34 °C	28,01 °C
$t_{F,Mst36}$	27,87 °C	29,51 °C	28,28 °C	29,05 °C
$t_{F,Mst37}$	28,00 °C	29,67 °C	28,65 °C	29,44 °C
$t_{F,Mst39}$	28,15 °C	29,85 °C	28,40 °C	29,17 °C
$t_{F,Mst38}$	27,82 °C	29,45 °C	27,33 °C	28,00 °C
$t_{F,Mst03}$	27,53 °C	29,11 °C	27,45 °C	28,13 °C
$t_{F,Mst04}$	27,52 °C	29,10 °C	27,74 °C	28,45 °C
$t_{F,Mst24}$	27,64 °C	29,26 °C	27,81 °C	28,54 °C
$t_{F,Mst27}$	27,20 °C	28,73 °C	27,43 °C	28,12 °C
$t_{F,Mst13}$	27,05 °C	28,61 °C	27,09 °C	27,75 °C
$t_{F,m}$	27,76 °C	29,38 °C	27,93 °C	28,66 °C
$t_{F,max}$	28,53 °C	30,33 °C	28,65 °C	29,44 °C
$t_{F,m} - t_i$	7,67 K	9,23 K	7,89 K	8,58 K
$t_{F,max} - t_i$	8,45 K	10,17 K	8,61 K	9,36 K

7. Prüfablauf:

Der Fußboden-Oberflächentemperaturverlauf über eine ausgewählte Teilfläche des Prüflings wird gemessen und dabei die mittlere Heizmitteltemperatur t_m bei konstanter Kühlplattentemperatur $t_i = 20^\circ\text{C}$ der Kühlplatten so eingestellt, dass eine maximale Fußbodenoberflächentemperatur $t_{f,\max} = 29^\circ\text{C}$ erreicht wird. Ist der Über-temperaturwert $(t_{f,\max} - t_i) = 9\text{ K}$ nicht exakt einzustellen, ist ein Wert knapp unterhalb von 9 K und knapp oberhalb 9 K zu messen. Aus der bei $(t_{f,\max} - t_i) = 9\text{ K}$ ermittelten mittleren Fußbodenüber-temperatur $(t_{f,m} - t_i)$ ergibt sich nach Basis-Kennlinie $q = 8,92 \cdot (t_{f,m} - t_i)^{1,1}$ die Norm-Wärmestromdichte bei der Messung ohne Fußbodenbelag bzw. die Grenz-Wärmestromdichte bei der Messung mit Fußbodenbelag.

9. Aus Basis-Kennlinie der DIN EN 1264 errechnete Wärmestromdichte:

$R_{\lambda,B} = 0\text{ m}^2\text{K/W}$
$(t_{f,m} - t_i)_N = 8,17\text{ K}$
$q_N = 89,9\text{ W/m}^2$
$\Delta t_N = 17,30\text{ K}$

$R_{\lambda,B} = 0,145\text{ m}^2\text{K/W}$
$(t_{f,m} - t_i)_G = 8,25\text{ K}$
$q_G = 90,8\text{ W/m}^2$
$\Delta t_G = 30,68\text{ K}$

10. Ergebnisse der wärmetechnischen Prüfung

10.1 Kennlinien der Fußbodenheizung

Kennlinien des Systems $q = K_H \cdot \Delta t$				
$R_{\lambda,B}$	0,00 m ² K/W	0,05 m ² K/W	0,10 m ² K/W	0,15 m ² K/W
K_H	5,199 W/m ² K	4,124 W/m ² K	3,418 W/m ² K	2,918 W/m ² K

10.2 Grenz-Wärmestromdichte für den Aufenthaltsbereich

Grenz-Wärmestromdichte für den Aufenthaltszone $t_{f,\max} - t_i = 9\text{ K}$				
$R_{\lambda,B}$	0,00 m ² K/W	0,05 m ² K/W	0,10 m ² K/W	0,15 m ² K/W
q_G	89,9 W/m ²	90,2 W/m ²	90,6 W/m ²	90,9 W/m ²
Δt_G	17,30 K	21,88 K	26,50 K	31,15 K

10.3 Grenz-Wärmestromdichte für die Randzone

Grenz-Wärmestromdichte für die Randzone $t_{f,\max} - t_i = 15\text{ K}$				
$R_{\lambda,B}$	0,00 m ² K/W	0,05 m ² K/W	0,10 m ² K/W	0,15 m ² K/W
q_G in W/m ²	157,7 W/m ²	158,3 W/m ²	158,8 W/m ²	159,4 W/m ²
Δt_G in K	30,34 K	38,38 K	46,48 K	54,63 K

Berlin, 20.03.2002

Prüfer:
Mock



Prüfstellenleiter: Dr.-Ing. M. Konzelmann

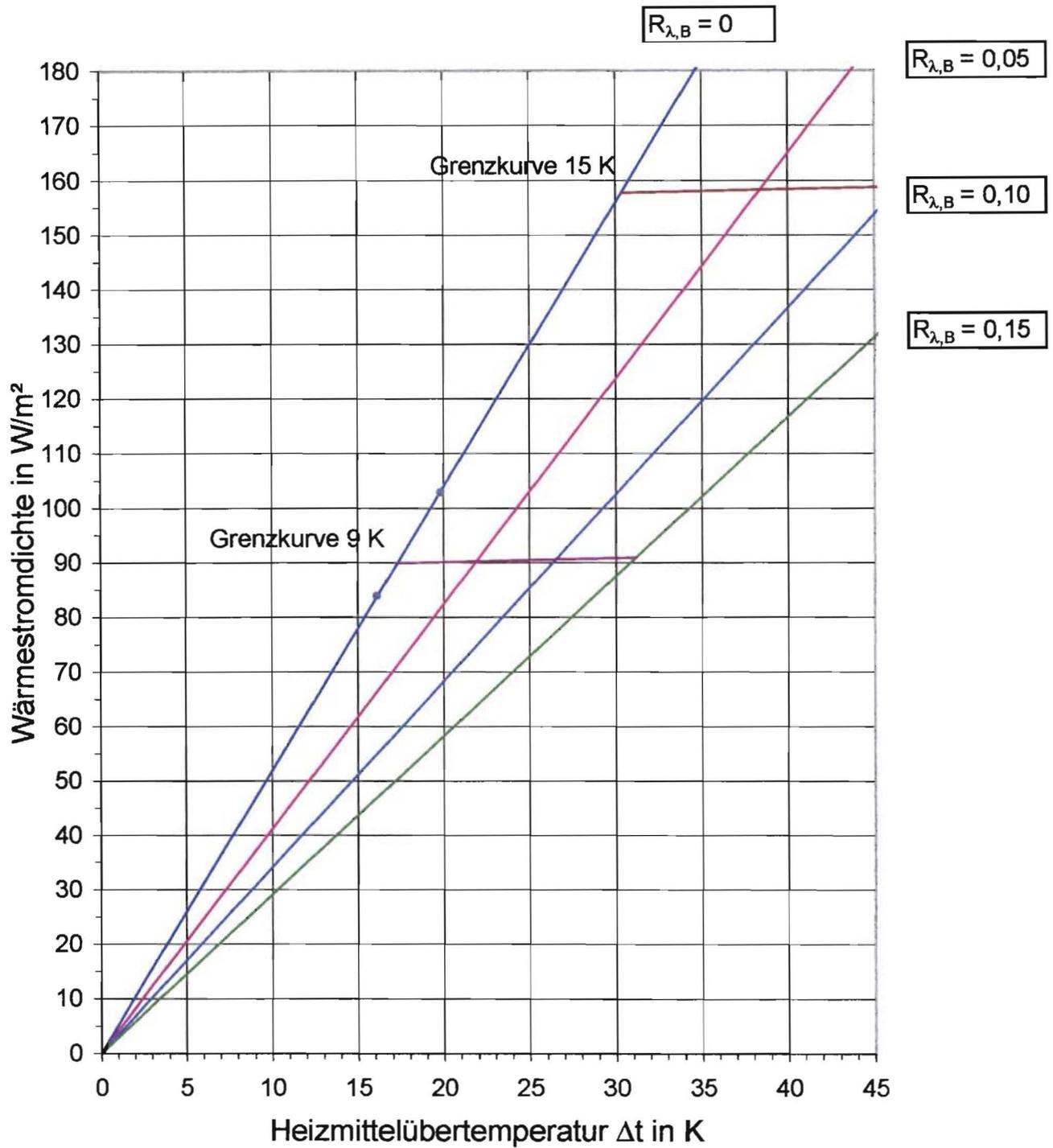
Meßunsicherheit der Temperaturmessung <0,1K

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die Prüfgegenstände.

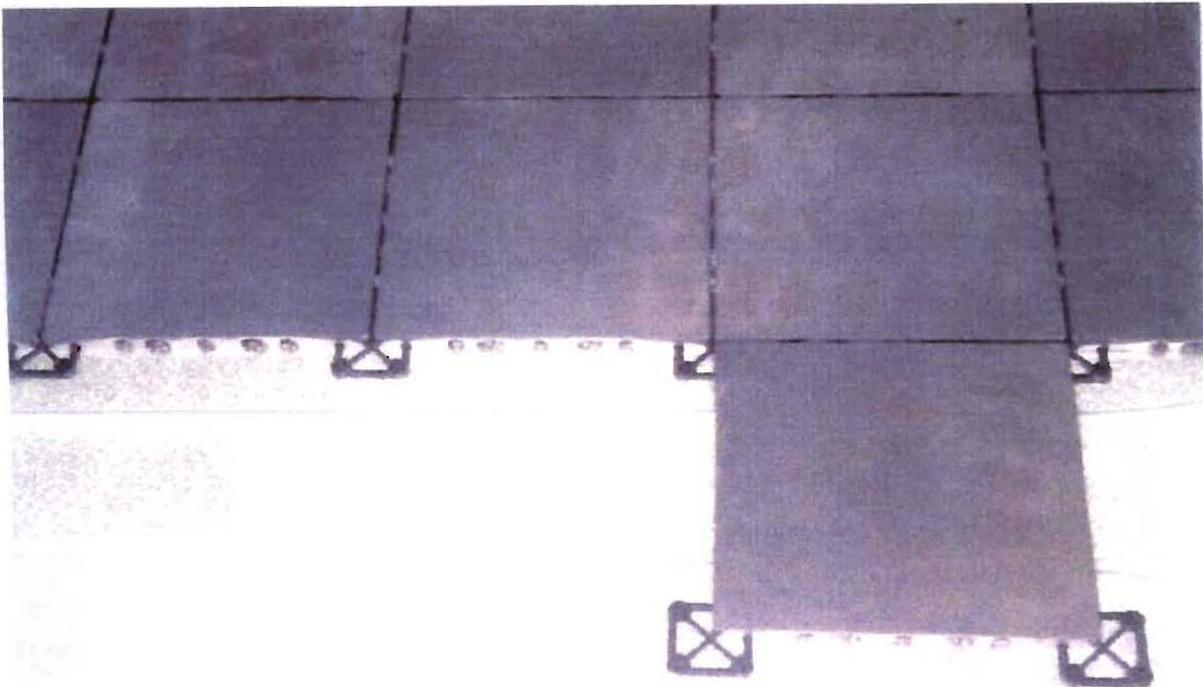
Ohne schriftliche Genehmigung des Prüflaboratoriums darf der Bericht nicht auszugsweise vervielfältigt werden.

Wärmestromdichte der Fußbodenheizung

Systembezeichnung: GKS
Estrich: Gußeisen-Platten
Systemrohr: PE-Xc 14x2 mm
Rohrteilung: 150 mm



Systemaufbau GKS- Platten



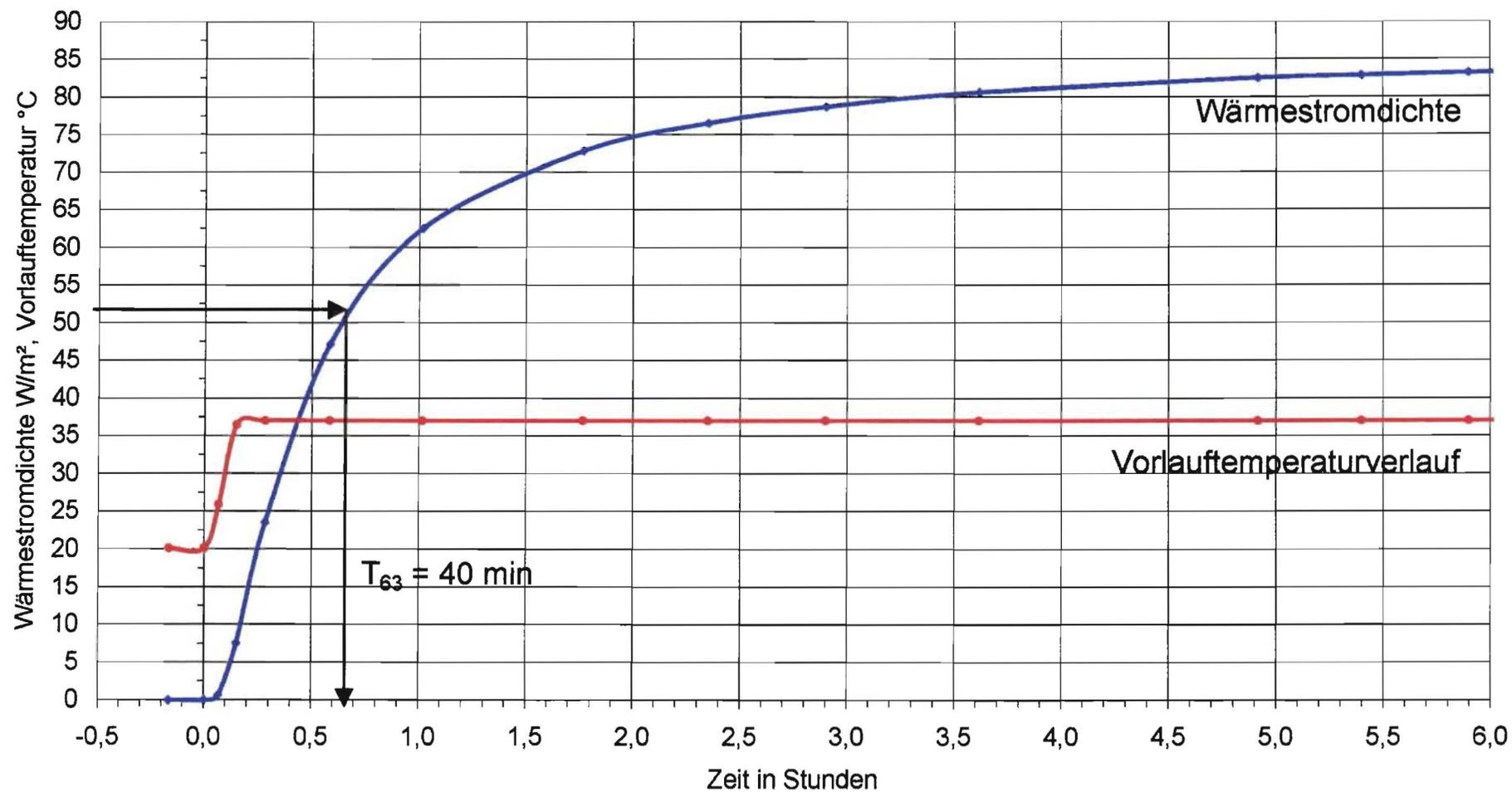
11 Aufnahme der Aufheizkurve

Zur Aufnahme der Aufheizkurve wurde die Vorlauftemperatur von 20 °C auf 37 °C erhöht und der zeitliche Verlauf der Wärmestromdichte am Fußboden aufgenommen. Siehe Anlage 1

Durch die Verwendung der nur 2 cm dicken Gusseisen-Elemente als Estrich weist das System (Flächengewicht ca. 51 kg/m²) gegenüber Standard-Zement-Estrichsystemen eine um den Faktor 2,5 bis 3,5 geringere Wärmespeicherkapazität des Estrichs auf.

Dies spiegelt sich in der gegenüber Standard-Estrich-Fußbodenheizungssystemen schnellen Reaktionszeit des GKS-Platten-Systems wieder (Siehe Anlage 1). Zur Quantifizierung des dynamischen Verhaltens wurde aus der aufgenommenen Aufheizkurve die Zeitkonstante T_{63} bestimmt. Die Zeitkonstante T_{63} ist der Zeitwert, bei dem sich 63 % der durch den Temperatursprung hervorgerufenen Leistungsänderung einstellt. Wie aus dem Diagramm zu entnehmen ist, ergibt sich bei dem Versuch eine Zeitkonstante $T_{63} = 40$ min.

Aufheizkurve GKS mit 150 mm Rohrabstand, $R_{\lambda,B} = 0$



1. Prüfstelle: WTP Wärmetechnische Prüfgesellschaft mbH
Oranienstraße 161 10969 Berlin
Tel. (030) 616 943-0, FAX (030) 614 80 52

2. Auftragsgeber: Ingenieurbüro Mildner
Am St. Niclas Schacht 13
09599 Freiberg

3. Hersteller: Ingenieurbüro Mildner
Am St. Niclas Schacht 13
09599 Freiberg

4. Angaben zum Fußbodenheizungssystem:

Bezeichnung: GKS
Systembeschreibung: Trockenaufbau mit Gußeisen-Platten
Systemaufbau: siehe Bild Seite 4
Estrich: Gusseisen-Platten
Rohr: PE-Xc 14x2 mm ($\lambda_R = 0,35 \text{ W/mK}$)
Einbauten: unter der Rohrebene Aluminiumfolie
Überdeckung: 4 mm
Teilung: 300 mm
Sonstiges:

5. Angaben zum Prüfling: siehe Bild Seite 4 Angeliefert: 06.03.2002

6. Angaben zum Prüfstand: Plattenapparat nach DIN EN 1264-2:1997
Abmessungen: 1,2m x 1m
 $1/\alpha = s/\lambda = 0,090 \text{ m}^2\text{KW}$

8. Messwerte:

	Messung ohne Fußbodenbelag		Messung mit Fußbodenbelag	
	$R_{\lambda,B} = 0$		$R_{\lambda,B} = 0,145 \text{ m}^2/\text{KW}$	
t_V	43,22 °C	45,32 °C	58,03 °C	59,97 °C
t_R	42,90 °C	44,97 °C	57,56 °C	59,46 °C
t_i	20,08 °C	20,12 °C	20,03 °C	20,05 °C
$\Delta t = t_m - t_i$	22,98 K	25,02 K	37,76 K	39,67 K
$t_{F,Mst28}$	28,53 °C	29,40 °C	28,78 °C	29,05 °C
$t_{F,Mst29}$	27,75 °C	28,56 °C	28,44 °C	28,67 °C
$t_{F,Mst30}$	26,85 °C	27,58 °C	27,65 °C	27,83 °C
$t_{F,Mst31}$	26,31 °C	26,99 °C	26,73 °C	26,83 °C
$t_{F,Mst32}$	26,06 °C	26,72 °C	26,45 °C	26,61 °C
$t_{F,Mst33}$	26,01 °C	26,66 °C	26,62 °C	26,78 °C
$t_{F,Mst34}$	25,76 °C	26,36 °C	27,10 °C	27,26 °C
$t_{F,Mst35}$	26,98 °C	27,72 °C	27,26 °C	27,45 °C
$t_{F,Mst40}$	26,98 °C	27,72 °C	27,26 °C	27,45 °C
$t_{F,Mst36}$	28,65 °C	29,56 °C	28,76 °C	29,07 °C
$t_{F,Mst37}$	28,12 °C	28,96 °C	28,55 °C	28,76 °C
$t_{F,Mst39}$	27,01 °C	27,75 °C	27,54 °C	27,68 °C
$t_{F,Mst38}$	26,28 °C	26,96 °C	26,38 °C	26,55 °C
$t_{F,Mst03}$	25,92 °C	26,58 °C	26,50 °C	26,69 °C
$t_{F,Mst04}$	25,92 °C	26,58 °C	26,70 °C	26,84 °C
$t_{F,Mst24}$	28,01 °C	28,60 °C	27,34 °C	27,60 °C
$t_{F,Mst27}$	27,17 °C	27,92 °C	27,07 °C	27,25 °C
$t_{F,Mst13}$	28,01 °C	28,60 °C	27,34 °C	27,60 °C
$t_{F,m}$	26,89 °C	27,60 °C	27,28 °C	27,46 °C
$t_{F,max}$	28,65 °C	29,56 °C	28,78 °C	29,07 °C
$t_{F,m} - t_i$	6,81 K	7,47 K	7,24 K	7,42 K
$t_{F,max} - t_i$	8,57 K	9,43 K	8,75 K	9,02 K

7. Prüfablauf: Der Fußboden-Oberflächentemperaturverlauf über eine ausgewählte Teilfläche des Prüflings wird gemessen und dabei die mittlere Heizmitteltemperatur t_m bei konstanter Kühlplattentemperatur $t_k = 20\text{ °C}$ der Kühlplatten so eingestellt, dass eine maximale Fußbodenoberflächentemperatur $t_{f,max} = 29\text{ °C}$ erreicht wird. Ist der Über-temperaturwert $(t_{f,max} - t_k) = 9\text{ K}$ nicht exakt einzustellen, ist ein Wert knapp unterhalb von 9 K und knapp oberhalb 9 K zu messen. Aus der bei $(t_{f,max} - t_k) = 9\text{ K}$ ermittelten mittleren Fußbodenüber-temperatur $(t_{f,m} - t_k)$ ergibt sich nach Basis-Kennlinie $q = 8,92 \cdot (t_{f,m} - t_k)^{1,1}$ die Norm-Wärmestromdichte bei der Messung ohne Fußbodenbelag bzw. die Grenz-Wärmestromdichte bei der Messung mit Fußbodenbelag.

9. Aus Basis-Kennlinie der DIN EN 1264 errechnete Wärmestromdichte:

$R_{\lambda,B} = 0\text{ m}^2\text{K/W}$
$(t_{f,m} - t_k)_N = 7,14\text{ K}$
$q_N = 77,5\text{ W/m}^2$
$\Delta t_N = 24,00\text{ K}$

$R_{\lambda,B} = 0,145\text{ m}^2\text{K/W}$
$(t_{f,m} - t_k)_{G'} = 7,40\text{ K}$
$q_{G'} = 80,6\text{ W/m}^2$
$\Delta t_{G'} = 39,51\text{ K}$

10. Ergebnisse der wärmetechnischen Prüfung

10.1 Kennlinien der Fußbodenheizung

Kennlinien des Systems $q = K_H \cdot \Delta t$				
$R_{\lambda,B}$	0,00 m ² K/W	0,05 m ² K/W	0,10 m ² K/W	0,15 m ² K/W
K_H	3,230 W/m ² K	2,690 W/m ² K	2,304 W/m ² K	2,016 W/m ² K

10.2 Grenz-Wärmestromdichte für den Aufenthaltsbereich

Grenz-Wärmestromdichte für den Aufenthaltszone $t_{f,max} - t_k = 9\text{ K}$				
$R_{\lambda,B}$	0,00 m ² K/W	0,05 m ² K/W	0,10 m ² K/W	0,15 m ² K/W
q_G	77,5 W/m ²	78,6 W/m ²	79,6 W/m ²	80,8 W/m ²
Δt_G	24,00 K	29,21 K	34,56 K	40,07 K

10.3 Grenz-Wärmestromdichte für die Randzone

Grenz-Wärmestromdichte für die Randzone $t_{f,max} - t_k = 15\text{ K}$				
$R_{\lambda,B}$	0,00 m ² K/W	0,05 m ² K/W	0,10 m ² K/W	0,15 m ² K/W
q_G in W/m ²	136,0 W/m ²	137,8 W/m ²	139,7 W/m ²	141,7 W/m ²
Δt_G in K	42,09 K	51,23 K	60,62 K	70,28 K

Berlin, 20.03.2002

Prüfer:
Mock



Prüfstellenleiter: Dr.-Ing. M. Konzelmann

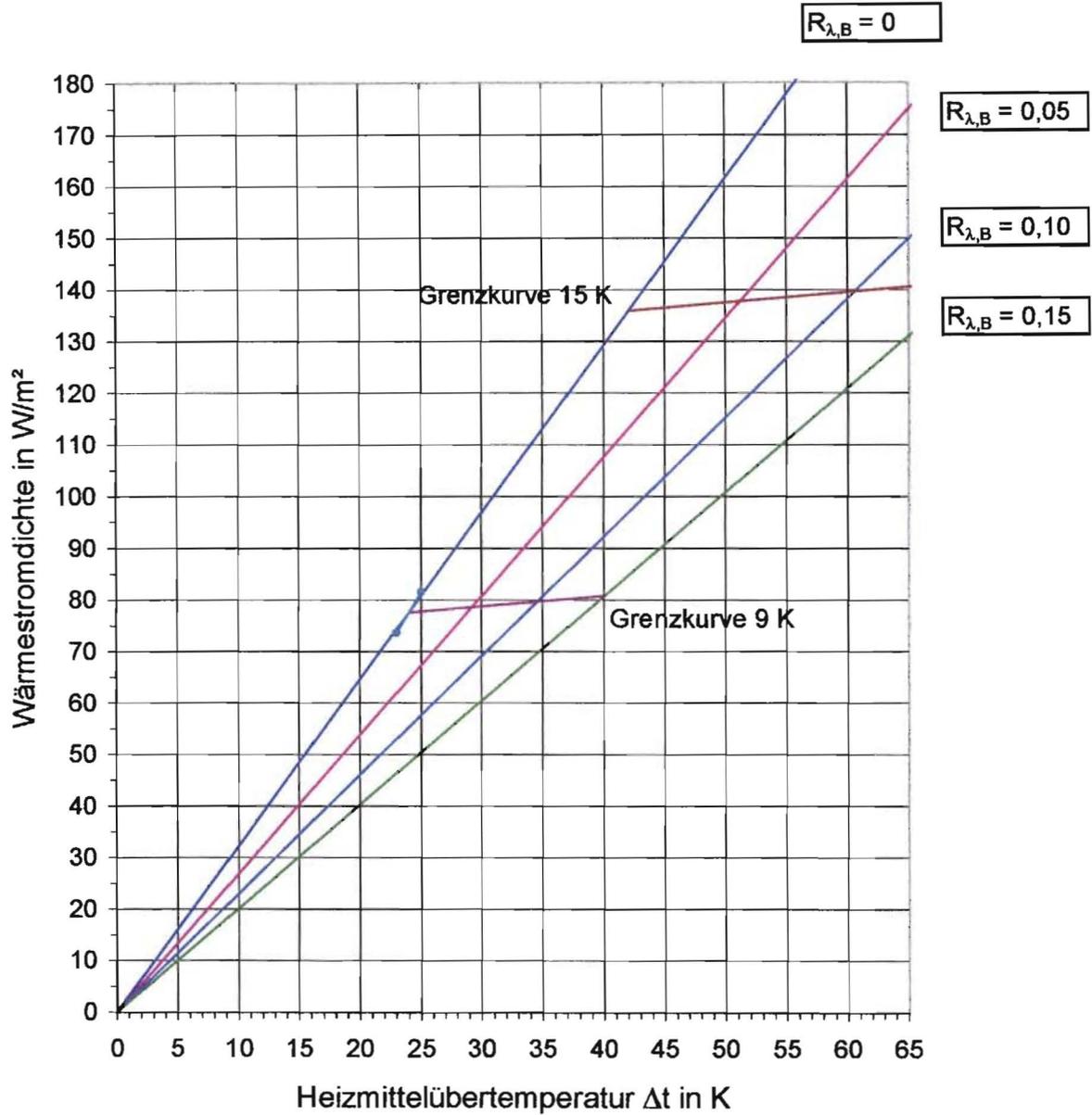
Meßunsicherheit der Temperaturmessung <0,1K

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die Prüfgegenstände.

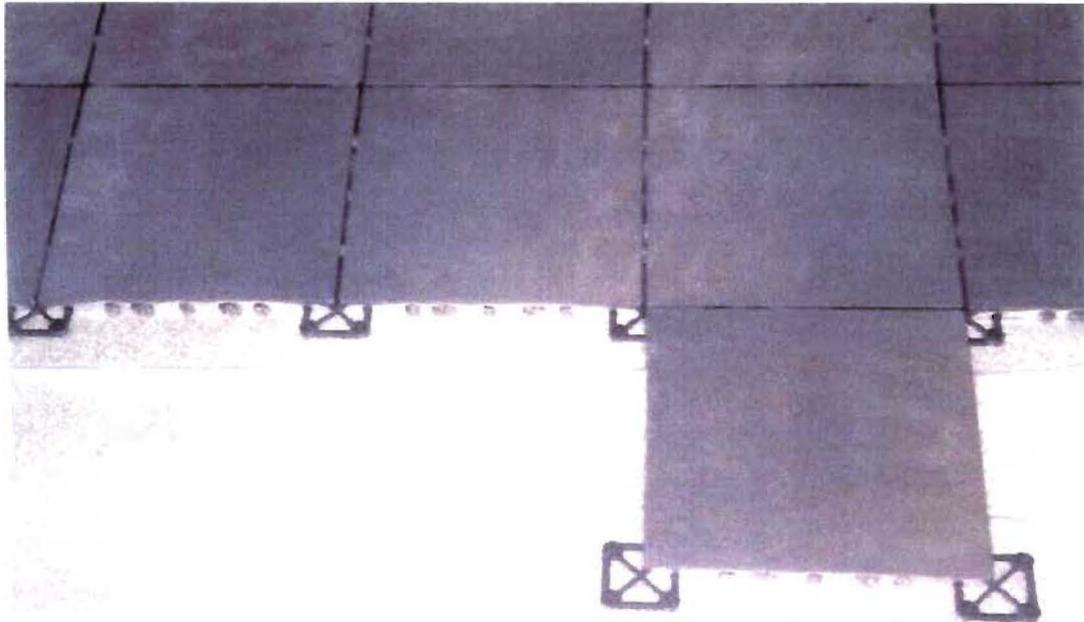
Ohne schriftliche Genehmigung des Prüflaboratoriums darf der Bericht nicht auszugsweise vervielfältigt werden.

Wärmestromdichte der Fußbodenheizung

Systembezeichnung: GKS
Estrich: Gusseisen-Platten
Systemrohr: PE-Xc 12x2 mm
Rohrteilung: 300



Systemaufbau GKS- Platten



Berechnung der Kühlleistung von Fußbodenheizungssystemen

Fußbodenheizungssystem: GKS Systemrohr: PE-X 14x2mm
Estrichüberdeckung: 4 mm Rohrteilung: 150 mm
Estrich: Gußeisen

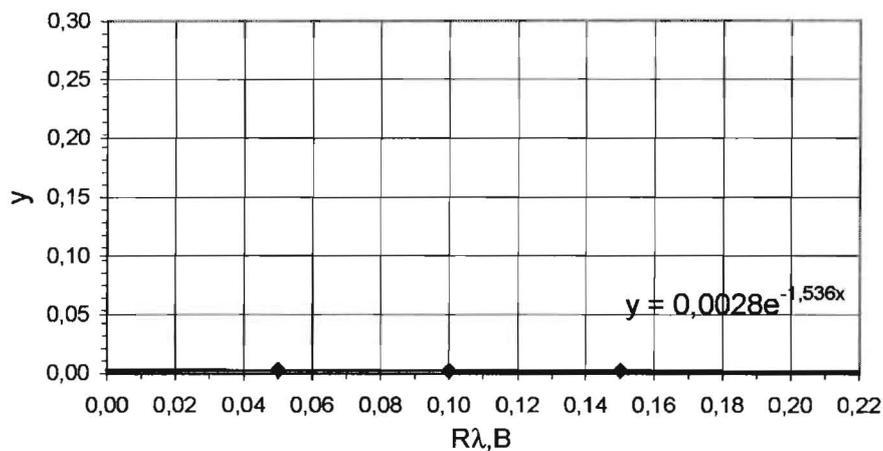
Kennlinienwerte aus Prüfung nach DIN EN 1264-2

Prüfnummer: 02111150

$R_{\lambda,B}$ m ² K/W	K_H ^{*)} W/m ² K	Korrekturfaktor y	$y = f(R_{\lambda,B})$	K_H (Berechnet) W/m ² K
0,00	5,199		0,0028	5,199
0,05	4,124	0,00276	0,0026	4,124
0,10	3,418	0,00224	0,0024	3,418
0,15	2,918	0,00237	0,0022	2,918
0,22			0,0020	2,423

*) Steigung der Kennlinien aus Prüfung nach DIN EN 1264

Korrekturfaktor y



Berechnung der Kennlinien für Fußbodenkühlung

$R_{\lambda,B}$ m ² K/W	$\Delta R_{\alpha} = 1/\alpha_K - 1/\alpha_H$ m ² K/W	$R_K = R_{\lambda,B} + \Delta R_{\alpha}$ m ² K/W	$y = f(R_K)$	K_K W/m ² K	Kennlinien für Fußboden- Kühlung
0,00	0,0613	0,0613	0,0025	3,940	$q = 3,94 \cdot \Delta t$
0,05	0,0613	0,1113	0,0024	3,290	$q = 3,29 \cdot \Delta t$
0,10	0,0613	0,1613	0,0022	2,825	$q = 2,82 \cdot \Delta t$
0,15	0,0613	0,2113	0,0020	2,475	$q = 2,47 \cdot \Delta t$

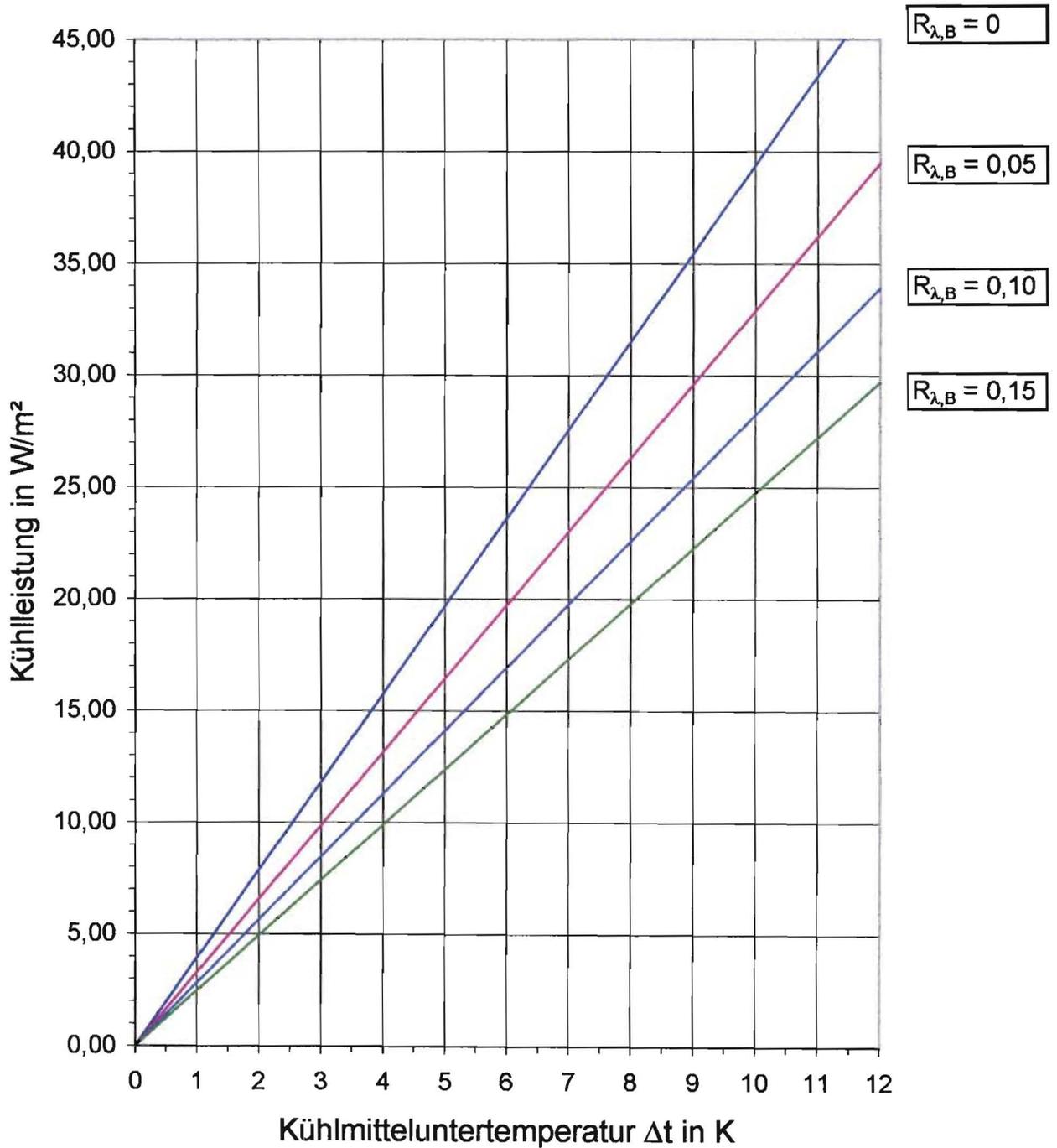
Berlin, 22.03.2002

M. Kowal

Stempel / Unterschrift

Kühlleistung der Fußbodenheizung

Systembezeichnung: GKS
Estrich: Gußeisenplatten
Systemrohr: PE-X 14x2mm
Rohrteilung: 150 mm



Berechnung der Kühlleistung von Fußbodenheizungssystemen

Fußbodenheizungssystem: GKS Systemrohr: PE-X 14x2mm
Estrichüberdeckung: 4 mm Rohrteilung: 300 mm
Estrich: Gußeisen

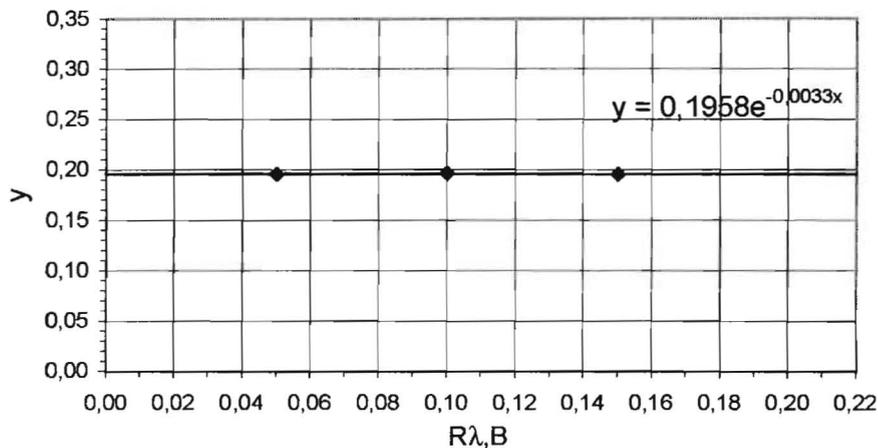
Kennlinienwerte aus Prüfung nach DIN EN 1264-2

Prüfnummer: 02111300

$R_{\lambda,B}$ m ² K/W	K_H^{-1} W/m ² K	Korrekturfaktor y	$y = f(R_{\lambda,B})$	K_H (Berechnet) W/m ² K
0,00	3,230		0,1958	3,230
0,05	2,690	0,19549	0,1958	2,690
0,10	2,304	0,19634	0,1957	2,304
0,15	2,016	0,19543	0,1957	2,016
0,22			0,1957	1,715

*) Steigung der Kennlinien aus Prüfung nach DIN EN 1264

Korrekturfaktor y



a = 0,1958
b = -0,0033

Berechnung der Kennlinien für Fußbodenkühlung

$R_{\lambda,B}$ m ² K/W	$\Delta R_{\alpha} = 1/\alpha_K - 1/\alpha_H$ m ² K/W	$R_K = R_{\lambda,B} + \Delta R_{\alpha}$ m ² K/W	$y = f(R_K)$	K_K W/m ² K	Kennlinien für Fußboden- Kühlung
0,00	0,0613	0,0613	0,1958	2,592	$q = 2,59 \cdot \Delta t$
0,05	0,0613	0,1113	0,1957	2,232	$q = 2,23 \cdot \Delta t$
0,10	0,0613	0,1613	0,1957	1,960	$q = 1,96 \cdot \Delta t$
0,15	0,0613	0,2113	0,1957	1,747	$q = 1,75 \cdot \Delta t$

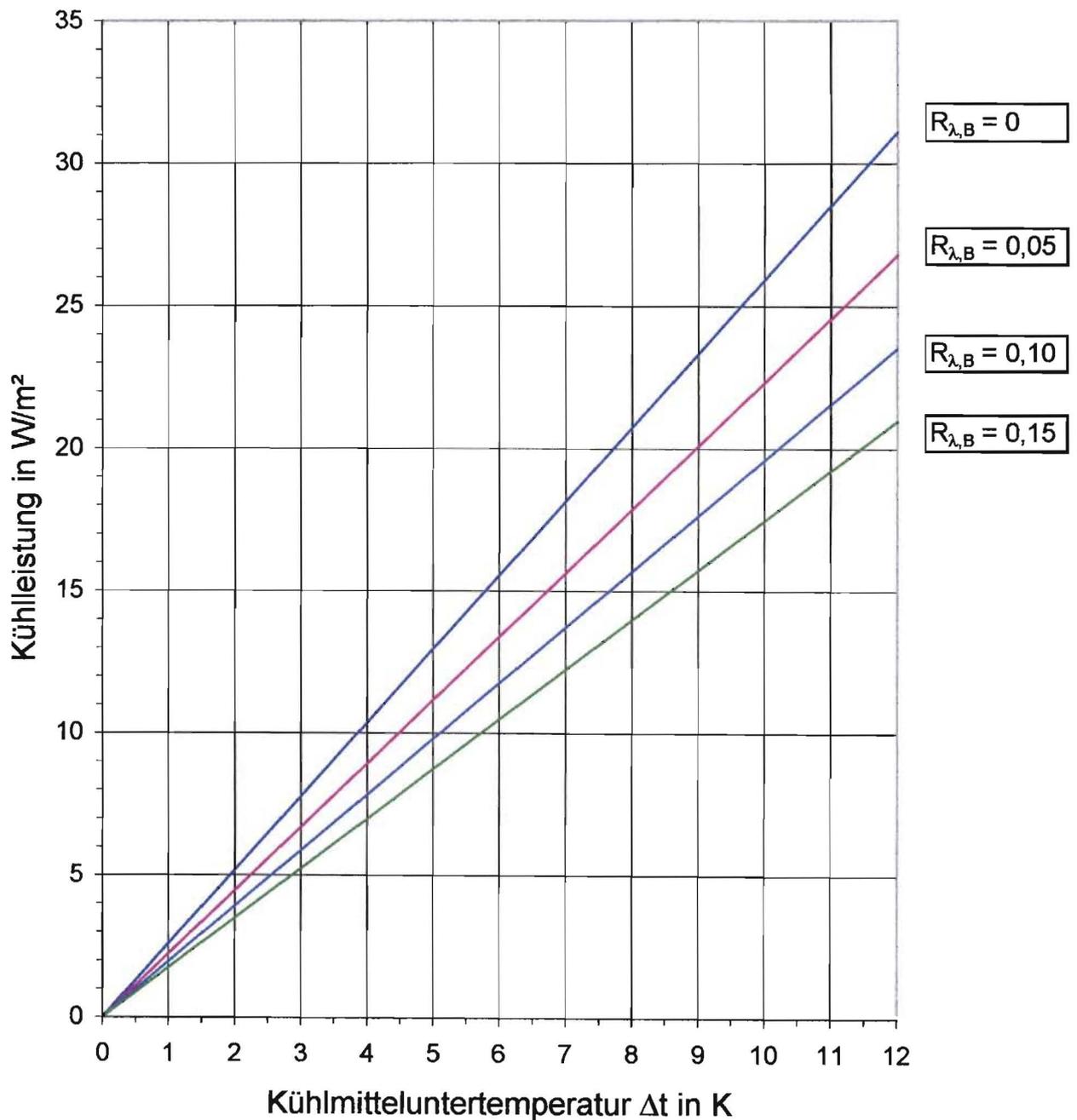
Berlin, 22.03.2002

M. Konzel

Stempel / Unterschrift

Kühlleistung der Fußbodenheizung

Systembezeichnung: GKS
Estrich: Gußeisen-Platten
Systemrohr: PE-X 14x2mm
Rohrteilung: 300 mm



Berlin, 08.04.2002

**Ermittlung
der Kühlleistung des Fußbodenheizungssystems
GKS**

Bericht-Nr. K02111

Der Bericht umfaßt ohne Anlagen 5 Seiten

1. Ausfertigung

Auftraggeber:
Ingenieurbüro Mildner
Am St. Niclas Schacht 13
09599 Freiberg

Die Ergebnisse beziehen sich ausschließlich auf den Prüfgegenstand.
Der Bericht darf ohne schriftliche Genehmigung der Prüfstelle nicht auszugsweise vervielfältigt werden.

WTP GmbH
Oranienstraße 161
10969 Berlin
☎ (030) 616 943-0
FAX (030) 614 80 52

Bankverbindung
Deutsche Bank 24
Konto 7643679
BLZ 100 700 24

Amtsgericht Berlin -
Charlottenburg HRB 30572
Geschäftsführer
Dr.-Ing. M. Konzelmann

Nach DIN EN 45001 durch die
DAP Deutsches Akkreditie-
rungssystem Prüfwesen
GmbH akkreditiertes
Prüflaboratorium



DAP-P-03.118-00-97-00

[Anhang 12] Seite 74

1. Angabenstellung

Die Fußbodenheizung ist als eine große im Raum integrierte Wärmeübertragungsfläche zu sehen, die sowohl der Beheizung als auch der Kühlung des Raums dienen kann. Sind für den Heizungsfall die Wärmeleistungsdaten für ein Fußbodenheizungssystem bekannt lassen sich diese Daten auf den Kühlfall übertragen, indem der bei der Fußbodenkühlung vorliegende größere Wärmeübergangswiderstand berücksichtigt wird.

2. Wärmeübergang am Fußboden

Der Wärmeübergang am Fußboden wird im Heizungsfall durch die Basis-Kennlinie beschrieben. So berücksichtigt die Berechnung nach DIN EN 1264 einen Wärmeübergangskoeffizienten am Fußboden von $\alpha_H = 10,8 \text{ W/m}^2$. Der Wärmeübergang am Fußboden im Kühlfall ist mit $\alpha_K = 6,5 \text{ W/m}^2$ deutlich geringer. Dies erklärt sich aus einer starken Reduzierung des konvektiven Anteils im Kühlfall.

3. Berücksichtigung des unterschiedlichen Wärmeübergangs

Der kleinere Wärmeübergangskoeffizient am Fußboden wirkt sich auf die Systemleistung wie ein zusätzlicher Wärmeleitwiderstand auf dem Fußboden aus. Der im Kühlfall zu berücksichtigende zusätzliche Widerstand ΔR_α ist

$$\Delta R_\alpha = 1/\alpha_K - 1/\alpha_H = 1/6,5 - 1/10,8 = 0,0613 \text{ m}^2\text{K/W}.$$

4. Grundlagen für die Bestimmung der Kühlleistung

Die Berechnung der Fußbodenheizung nach DIN EN 1264 liefert Leistungskennlinien für die unterschiedlichen Wärmeleitwiderstände $R_{\lambda,B}$ des Fußbodenbelags.

$R_{\lambda,B} = 0$	$q_0 = K_{H,0} * \Delta t$
$R_{\lambda,B} = 0,05 \text{ m}^2\text{K/W}$	$q_{05} = K_{H,05} * \Delta t$
$R_{\lambda,B} = 0,10 \text{ m}^2\text{K/W}$	$q_{10} = K_{H,10} * \Delta t$

$$R_{\lambda,B} = 0,15 \text{ m}^2\text{K/W} \quad q_{15} = K_{H,15} * \Delta t$$

$K_{H,0}$: Steigung der Kennlinie für $R_{\lambda,B} = 0$

Für $\Delta t = \text{konstant}$ lässt sich die Wärmestromdichte als Funktion des Wärmeleitwiderstandes des Fußbodenbelags wie folgt schreiben.

$$q(R_{\lambda,B}) = q_0 \cdot \frac{R_0}{R_0 + R_{\lambda,B}/(1-y)} \quad (1)$$

R_0 : Wärmedurchgangswiderstand ohne Fußbodenbelag

y : Korrekturwert, der den nicht eindimensionalen Wärmestrom beschreibt, für eindimensionalen Wärmestrom ist $y = 0$.

Mit $R_0 = \Delta t / q_0 = 1 / K_{H,0}$ ergibt sich eine Gleichung für die Steigung K_H als Funktion des Wärmeleitwiderstands auf dem Estrich $R_{\lambda,B}$

$$K_H(R_{\lambda,B}) = \frac{K_{H,0}}{1 + K_{H,0} * R_{\lambda,B}/(1-y)} \quad (2)$$

$K_{H,0}$ ist Steigung der Kennlinie für $R_{\lambda,B} = 0$

Durch Umformen der Gleichung (2) erhält man die Bestimmungsgleichung für den Korrekturwert y .

$$y = 1 - \frac{R_{\lambda,B}}{1/K_H(R_{\lambda,B}) - 1/K_{H,0}} \quad (4)$$

Mit Gleichung (4) lassen sich nun aus den Prüfergebnisse nach DIN EN 1264 Stützwerte für den Verlauf der Funktion $y = f(R_{\lambda,B})$ berechnen und die Konstanten a und b der Ausgleichsfunktion ermitteln

$$y = a \cdot e^{b \cdot R_{\lambda,B}}$$

Die Steigungen der Kennlinien $K_K = f(R_{\lambda,B})$ für den Kühlfall errechnet ergibt sich mit

$$y = a \cdot e^{b \cdot (R_{\lambda,B} + \Delta R_{\alpha})} \quad (5)$$

nach Gleichung (6)

$$K_K(R_{\lambda,B}) = \frac{K_{H,0}}{1 + K_{H,0} \cdot (R_{\lambda,B} + \Delta R_{\alpha}) / (1 - y)} \quad (6)$$

5. Ermittlung der Kühlleistungskennlinien

Die Ermittlung der Kühlleistungskennlinien für das Fußbodenheizungssystem GKS ist für die zum System gehörende Rohrteilungen 150 und 300mm den Anlagen K02111150 und K02111300 zu entnehmen.

6. Fußbodentemperatur im Kühlfall

Die mittlere Fußbodentemperatur $t_{F,m}$ lässt sich für den Kühlfall nach Gleichung (7)

$$t_{F,m} = t_i - q / \alpha_K = t_i - q / 6,5 \quad (7)$$

berechnen.

t_i : Rauminnentemperatur in °C

q : Kühlleistung in W/m²

Für eine Raumtemperatur $t_i = 26^\circ\text{C}$ und $q = 35 \text{ W/m}^2$ ergibt z.B. eine mittlere Fußbodentemperatur von $t_{F,m} = 20,6^\circ\text{C}$

WTP GmbH



(Dr.-Ing. M. Konzelmann)

Tabelle 6: Vollständige Kostenzusammenstellung

	Leistungsbeschreibung / Material	Einheit/Menge					Einzelpreis	Gesamt- preis	Endpreis für
		m	m ²	Stück	kg	Std.	[€]	[€/m ²]	Kalku- lation
GKS-Platte (Grauguss)	Materialkosten								
	Grauguss GG 15,			1	4,6		5,55		
	- Zeichn.-Nr. W 001,								
	- Modell-Nr. W 0001,								
	- sauber gegossen, gestrahlt, geputzt, B7								
	- sonst unbearbeitet,								
	- keine umlaufende Fräskante,								
	- Ebenheitstoleranzen der durchgehenden Oberfläche +0,5/- 0,3 mm,								
	Kalkulationsmenge 10.000 Stück								
	Messingmodell,			2			8.516,00	0,85	
	- für Guss von 10.000 Stück,								
	- Preis muss auf Gesamtproduktionsmenge umgelegt werden								
	- Transportkosten für Guss- platten, ab Gießerei bis Bau- stelle / Baustellenzwischenlager, Transport in Gitterboxpaletten, Gewicht brutto mit Box			2000	10050		0,20	2,20	
1 m² Verlegefläche			11	50,6			61,05	64,10	
	Zusatzmaterialien								
	- Kunststoffverbinder für Platten aus PA6-GF30, exakte Bestimmung der notwendigen Menge je m ² laut gesonderter Tabelle, mittlerer Verbrauch 12 Stück/m ²			1			1,10	13,20	
	- Randdämmstreifen, umlau- fende Länge kalkulieren!	1					1,00	2,00	
	- Trennfolie, als erste Unterlage auf Estrich		1				1,00	1,00	
	- Dachpappe, 500er, unbe- sandet, als Ausgleichsschicht		1				1,00	1,00	
	- Aluminium-Grobkornfolie, als elektrischer Potentialausgleich		1				1,00	1,00	18,20
	Verlegung / Einbau								
	Verlegehinweis: 1 Stunde Monta- gearbeiten nur im Verlegeteam, (= 2 Monteure notwendig),		5			2	60,00	12,00	
	Leistung beinhaltet:								
	- Verlegung Trennfolie								
	- Verlegung Bitumenbahnen								
	- Verlegung Potentialausgleich Aluminium-Grobkornfolie								
- Randdämmstreifen									

- Verlegung auf bauseitig übergebenen besenreinen Fußboden							
- Anbindung der Heizrohre an Verteiler und Plattentransport bis 30 m pro Etage mittels Palette und Hubwagen							
- GG-Plattenzuschnitt mit Anpassung der Platte, an zentralem Zuschnittort (Umkreis ca. 20 m), Kalkulationsgrundlage: 10 m ² Fläche = 3,6 m Durchmesser	4			1	30,00	3,00	
							15,00

Achtung: Platten liegen "satt" auf dem

Beschichtung (Kunstharz)	Beschichtungssystem, komplett							
	Beschichtung Variante I, Unebenheiten bis 3 mm:							
	1. - Kratzspachtelung zum Ausgleich der Unebenheiten und Füllen der Plattenfugen, mit einem lösemittelfreien, hoch verseifungsbeständigen, nicht pigmentierten, zweikomponentigen Epoxid-harzmörtel, anschließend Schleifen zur Erreichung einer absatzfreien und gleichmäßigen Beschichtungsoberfläche		1			15,28		
	2. Option: Einlaminieren von 2 Fiberglasmatten a 225g/m ² Flächengewicht mit lösemittelfreiem, zweikomponentigem Epoxidharz als Verstärkung bei zu erwartender sehr hoher Belastung, Abschleifen hochstehender Glasfasern		1			25,60		25,60
	3. - GGB18 Grundierung mit einem lösemittelfreien, hoch verseifungsbeständigen, nicht pigmentierten, zweikomponentigen Epoxidharz, wie ispo Concretin 452 EP Uni Grund, Abstreuen mit feuergetrocknetem Quarzsand 0,3-0,8 mm							
Verbrauch Grund ca. 200-400 g/m ²								
Verbrauch Quarzsand, ca. 0,8 kg/m ²								
4. - glatte Deckbeschichtung BB-OS 1:0,8 als Verlaufsbeschichtung mit elastifiziertem Epoxidharz, Schichtdicke 2 mm, bestehend aus: 1,0 Gew.-Teile eines lösemittelfreien, pigmentierten, zweikomponentigen Epoxid-harz, wie ispo Concretin BB-OS,								

0,8 Gew.-Teile feuergetrockneter Quarzsand 0,1-0,4 mm, Standardfarbtöne, Verbrauch ca. 1,0 kg/m ² und mm Schichtdicke							
5. - Einstreuung von Abstreuchips (PVA) in die noch frische Oberfläche des Materials der vorhergehenden Position, Verbrauch ca. 30-50 g/m ²							
Preise 3. - 5.		1			25,77		
6. - Deckversiegelung, bestehend aus:							
Aufbringen eines lösemittelfreien, pigmentierten, zweikomponentigen Polyurethanacrylats, wie ispo Concretin PAC farblos matt, Verbrauch ca. 200 g/m ²		1			1,25		1,25
7. - Einstreuen von einer Polyolifineinstabstreuung, wie IC Mattierungsmittel in die noch frische Oberfläche der vorhergehenden Position, Verbrauch ca. 5-10 g/m ²							
Kosten System Variante I, einschließlich							41,05
Beschichtung Variante II, (Unebenheiten bis 3 mm):							
1.-5. - Ausführung wie Variante I							
8. Rutschhemmende Deckversiegelung mit EP-Dicksiegel Aufbringen einer lösemittelfreien, nicht pigmentierten, rutschhemmenden, zweikomponentigen Deckversiegelung auf Epoxidharzbasis, bestehend aus:							
- 1,0 Gew.-Teile Ispo Convretin							
- 0,3 Gew.-Teile Glasperlen Ø 180-300 µm oder Ø 250-425 µm von Fa. Potters-Ballotini, 67292 Kirchheim/ Bolanden							
Deckversiegelung mit Glättkelle scharf aufziehen und mit grober Molloprenrolle im Kreuzgang nachrollen. Verbrauch ca. 200 g/m ²							
Preise 3. - 5. und 8.		1			34,83		
6. Option: Deckversiegelung mit PAC farblos, matt, Aufbringen eines lösemittelfreien, nicht pigmentierten, zweikomponentigen Polyurethanacrylats, wie Ispo Concretin PAC farblos matt, Verbrauch ca. 200 g/m ²		1			1,25		1,25
Kosten System Variante II,							50,11
Beschichtung Variante III, planebene Verlegung :							

	- Verlegung Bitumenbahnen							
	- Verlegung Potentialausgleich Aluminium-Grobkornfolie							
	- Anbindung der Heizrohre an Verteiler und Plattentransport bis 30 m pro Etage mittels Palette und Hubwagen							
	- Al-Plattenzuschnitt mit Anpassung der Platte, an zentralem Zuschnittort (Umkreis ca. 20 m), Kalkulationsgrundlage: 10 m ² Fläche = 4,5 m Durchmesser	3	1		1	30,00 €	1,80 €	13,80 €
Laminat	Verlegung Laminat auf GKS							
	Verlegung von Laminat Profistep, Ahorn Schiffboden, 3-Stab, auf dem Fußbodenheizungssystem GKS der Fa. PARADOR,		1			17,90 €		
	PARADOR Unterboden Duo-Protect als Trittschalldämmung		1			2,79 €		
	Reinigung vorhandener GKS-		1			0,31 €		
	Unterlage Duo-Protect mit		1			0,82 €		
	Laminat, schwimmend verlegt		1			13,30 €		
	Laminatleisten, liefern und mit Baukleber befestigen, entspr. ca. 10 m	1				3,70 €		
	Laminatschienen mit Unterprofil, an Türen, liefern und befestigen	1				1,42 €		
Fugenabdichtung mit Acryl,	1				1,64 €		41,88 €	

	1.-4. -Ausführung wie Variante I o. II							
	9. - Dekorative Multilayer-Beschichtung mit EP-Dicksiegel							
	Aufbringen einer mehrlagigen, mit Colorquarz abgestreuten, rutschhemmenden Beschichtung mit einem lösemittelfreien, nicht pigmentierten Epoxidharz, wie Ispo Concretin EP-Dicksiegel							
	Preise 3.-5. und 9.		1			47,46		
	6. Option: Deckversiegelung mit PAC farblos, matt, Aufbringen eines lösemittelfreien, nicht pigmentierten, zweikomponentigen Polyurethanacrylats, wie Ispo		1			1,25		1,25
	Kosten System Variante III, einschließlich							62,74
GKS Platte (Aluminium)	Material							
	GKS-Aluminium-Platte (für Wandheizung), incl. Gusskosten, durch Schleifen wird umlaufende Toleranz von +/-0,5 mm erreicht, keine Fräsbearbeitung, Material: Umschmelzlegierung USX			1	1,85		16,84	
	Plattenaufbau in Gießerei, einmalige Kosten je Gussauftrag, auf 1000 Platten kalkuliert			1			981,68	0,98
	Modellkosten, Kunststoff			1			920,00	0,92
	Zusatzmaterialien							
	- Kunststoffverbinder für Platten aus PA6-GF30, exakte Bestimmung der notwendigen Menge je m ² laut gesonderter Tabelle, mittlerer Verbrauch 12 Stück/m ² , auf Unterkonstruktion verschraubt			1			1,10	13,20
	Aufbau Unterkonstruktion: Gipskartonwandbeplankung , 2-lagig, a 12 mm, mit zwischenliegender Blechlage, verzinktes Feinblech, 0,8 mm, auf Trägerprofilkonstruktion geschraubt mit Halbrundkopfschrauben		1				12,00	
	Verfugen mit Silikon, Abdeckkappen für Schraubenköpfe		1				2,40	
	Kosten Unterkonstruktion und							27,60
	Verlegung / Einbau							
	Verlegehinweis:1 Stunde Montagearbeiten nur im Verlegeteam, (= 2 Monteure notwendig),		5		2	60,00	12,00	
	Leistung beinhaltet:							
	- Verlegung Trennfolie							

Messort:

Kellergeschoss

Garderobe Damen

Parameter	Datum	24.01.2002	31.01.2002	07.02.2002	15.02.2002	21.02.2002	08.03.2002	15.03.2002	22.03.2002	12.04.2002	22.04.2002
Fußboden-Temperatur											
t_{FB} [°C]											
Messpunkt 1		24,6	25,6	22,5	23,0	22,9	23,5	24,6	25,0	21,6	22,2
Messpunkt 2		25,3	23,3	22,9	23,8	22,8	23,2	24,7	25,6	23,6	21,8
Messpunkt 3		26,4	23,9	23,0	24,1	23,4	23,1	25,2	26,5	23,7	22,4
Wandtemperatur t_w [° C]											
Wandtemp. 4.1		24,5	24,5	24,0	22,9	29,6	29,6	25,7	26,7	25,9	23,2
Wandtemp. 4.2		25,1	23,6	20,5	24,7	25,5	29,4	23,6	30,5	24,6	22,3
Raum-, Heizungs-, Außentemperatur											
Raumtemp. T_R [°C]		23,6	23,4	22,8	23,6	23,9	24,5	23,6	23,3	21,8	21,9
Reglervorgabe [° C]		20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0
Außentemp. T_A [° C]		9,0	10,5	8,0	-2,0	-2,0 / 0	4,0	1,0	3,5	6,0	9,0
Heizungsvorl. t_{VL} [° C]		26,2	26,1	23,5	28,4	31,5	29,5	53,8	50,6	39,1	34,7
Heizungsrückl. t_{RL} [° C]		25,8	25,1	22,8	28,1	31,5	29,5	44,2	43,5	34,3	34,6
rel. Feuchte ϕ [%]		37	33	33	31,5	32	31	33	35	41	42
Befindlichkeit											
kühl											
normal		x	x		x			x	x	x	
warm		x			x	x	x	x	x		
zu warm											
Witterung											
Sonne		x	x	x	x		x				
bewölkt		x	x	x		xx		xx	xx	xx	xx
Regen								x	xx	x	
Schneefall						x					
Wind		xx	x	x	x	x	xx	xx	x	x	x
Beschichtung											
		i.O.									

Messort:

Kellergeschoss

Garderobe Herren

Datum	24.01.2002	31.01.2002	07.02.2002	15.02.2002	21.02.2002	08.03.2002	15.03.2002	22.03.2002	12.04.2002	22.04.2002
Parameter										
Fußboden-Temperatur										
t_{FB} [°C]										
Messpunkt 1	23,5	23,9	22,7	22,6	22,0	22,9	33,8	35,5	23,4	23,0
Messpunkt 2	23,9	24,2	29,1	23,0	22,3	23,0	29,2	37,4	25,8	23,2
Messpunkt 3	27,5	28,0	30,8	24,5	31,5	22,6	34,8	20,7	22,6	22,0
Wandtemperatur t_w [° C]										
Wandtemp. 4.1	22,5	32,0	22,7	33,8	22,2	27,5	23,4	30,5	25,7	22,7
Wandtemp. 4.2	23,5	32,6	24,0	32,0	22,1	25,5	24,9	29,9	25,2	22,1
Raum-, Heizungs-, Außentemperatur										
Raumtemp. T_R [°C]	22,9	23,9	24,1	24,2	23,0	24,3	24,0	22,6	22,4	22,2
Reglervorgabe [° C]	9,0	10,5	8,0	-2,0	20,0	18,0	22,0	25,0	13,0	9,0
Außentemp. T_A [° C]	20,0	20,0	20,0	20,0	-2,0 / 0	4,0	1,0	3,5	6,0	21,8
Heizungsvorl. t_{VL} [° C]	32,5	39,4	36,7	40,8	41,4	26,2	41,8	46,8	28,6	21,8
Heizungsrückl. t_{RL} [° C]	28,5	33,1	34,7	33,4	36,0	26,8	40,5	44,0	28,3	40,0
rel. Feuchte ϕ [%]	33	31	30	30	30	31	32	31	39	
Befindlichkeit										
kühl										
normal	x	x			x				x	x
warm		x	x	x		x	x	x		
zu warm										
Witterung										
Sonne	x		x	x		x				
bewölkt	x	xx	x		xx		xx	xx		xx
Regen							x	x		
Schneefall					x					
Wind	xx	x	x	x	x	x	xx	xx	xx	x
Beschichtung										
	i.O.									

Messort:

Erdgeschoss

Beratungsraum Vertrieb

Datum	24.01.2002	31.01.2002	07.02.2002	15.02.2002	21.02.2002	08.03.2002	15.03.2002	22.03.2002	12.04.2002	22.04.2002
Parameter										
Fußboden-Temperatur										
t_{FB} [°C]										
Messpunkt 1	25,8	25,7	26,8	28,3	24,4	27,8	25,6	22,7	21,4	21,6
Messpunkt 2	26,1	26,0	26,7	28,3	22,5	27,3	25,3	22,1	21,9	21,6
Messpunkt 3	25,8	25,2	26,8	26,3	23,0	28,4	22,5	22,1	20,9	21,4
Messpunkt 4	25,4	24,6	24,7	27,2	26,7	28,8		22,2	20,6	21,3
Raum-, Heizungs-, Außentemperatur										
Raumtemp. T_R [°C]	23,6	22,0	24,0	21,9	20,8	27,9	19,5	21,0	23,3	20,8
Reglervorgabe [° C]	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	5,0	17,0
Außentemp. T_A [° C]	9,0	10,5	8,0	-2,0	-2,0 / 0	4,0	1,0	3,5	6,0	9,0
Heizungsvorl. t_{VL} [° C]	28,4	30,7	37,0	37,4	44,5	32,6	39,5	35,5	29,8	26,5
Heizungsrückl. t_{RL} [° C]	27,2	30,1	32,0	36,8	33,4	32,0	34,8	35,6	30,2	26,5
rel. Feuchte ϕ [%]	32	32		32	33	27	33	35	32	40
Befindlichkeit										
kühl										
normal				x	x		x			x
warm	x	x						x	x	
zu warm			x			x				
Witterung										
Sonne	x	x	x			xx				
bewölkt	x	x	x	xx	xx	x	xx	xx	xx	xx
Regen							x	x		
Schneefall				x	x					
Wind	xx	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Beschichtung	i.O.									

IngenieurBüro Mildner

Messort: **1. Obergeschoss Büro Leiter Gießerei**

Parameter	Datum	24.01.2002	31.01.2002	07.02.2002	15.02.2002	21.02.2002	08.03.2002	15.03.2002	22.03.2002	12.04.2002	22.04.2002
Fußboden-Temperatur											
t_{FB} [°C]											
Messpunkt 1		23,8	21,5	22,0	20,7	21,4	21,1	21,8	21,8	21,6	22,1
Messpunkt 2		24,0	22,2	22,0	22,6	22,4	22,4	22,0	22,3	22,1	22,6
Messpunkt 3		22,7	22,0	23,5	22,3	23,0	23,0	24,1	22,9	22,6	22,8
Messpunkt 4		23,1	21,1	23,5	22,8	24,6	24,6	24,3	23,1	22,9	22,6
Raum-, Heizungs-, Außentemperatur											
Raumtemp. T_R [°C]		24,1	22,0	23,4	22,4	22,0	24,3	22,3	21,6	22,8	23,1
Reglervorgabe [°C]		20,0	17,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	18,0	5,0	20,0
Außentemp. T_A [°C]		9,0	10,5	8,0	-2,0	-2,0 / 0	4,0	1,0	3,5	6,0	9,0
Heizungsvorl. t_{VL} [°C]		45,0	36,2	33,5	46,8	49,5	36,0	46,8	48,8	32,1	31,8
Heizungsrückl. t_{RL} [°C]		37,0	27,4	32,5	40,3	41,0	32,0	40,0	41,5	31,5	28,8
rel. Feuchte ϕ [%]		34	34	34	33	32	30	31	33	32	36
Befindlichkeit											
kühl											
normal			x	x	x	x		x	x		
warm		x					x				x
zu warm											
Witterung											
Sonne		x	x	x	x		x				
bewölkt		x	x	x		xx			xx	xx	xx
Regen									xx		
Schneefall						x					
Wind		xx	x	x	x	x	xx		x	xx	x
Beschichtung											
		i.O.									

Messort: **2. Obergeschoss Tagungsraum**

Datum	24.01.2002	31.01.2002	07.02.2002	15.02.2002	21.02.2002	08.03.2002	15.03.2002	22.03.2002	12.04.2002	22.04.2002
Parameter										
Fußboden-Temperatur										
t_{FB} [°C]										
Messpunkt 1	24,9	25,4	27,0	24,3	23,4	25,6	25,2	25,6	24,1	26,5
Messpunkt 2	24,3	29,8	29,4	22,5	23,9	23,4	23,7	23,8	24,5	26,1
Messpunkt 3	24,5	24,5	25,5	22,1	22,8	23,9	24,3	24,3	23,7	26,0
Messpunkt 4	24,3	24,3	27,1	24,5	22,4	25,6	25,0	25,6	24,5	26,4
Raum-, Heizungs-, Außentemperatur					Fenster offen			Fenster offen	Fenster offen	
Raumtemp. T_R [°C]	23,9	23,9	24,8	23,3	20,7	24,3	22,7	23,0	22,5	24,7
Reglervorgabe [°C]	15,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Außentemp. T_A [°C]	9,0	10,5	8,0	-2,0	-2,0 / 0	4,0	1,0	3,5	6,0	9,0
Heizungsvorl. t_{VL} [°C]	30,3	27,5	26,5	25,1	23,8	25,6	47,0	25,2	24,6	29,6
Heizungsrückl. t_{RL} [°C]	28,8	27,6	24,8	25,1	23,0	25,4	31,5	25,3	25,0	29,7
rel. Feuchte ϕ [%]	32	32	32	30	31	30	31	36	32	36
Befindlichkeit										
kühl										
normal					x					
warm				x			x			
zu warm	x	x	x			x		x	x	x
Witterung										
Sonne	x	x	x	x		x				
bewölkt	x	x	x		xx		xx	xx	xx	xx
Regen							xx	x	x	
Schneefall					x					
Wind	xx	x	x	x	x	xx	x	x	x	x
Beschichtung	i.O.	i.O.	i.O.	i.O.	i.O.	i.O.	i.O.	i.O.	i.O.	i.O.

Bemerkungen: Temperatur der Decke (Beton) 28,1 - 28,9 °C
 wirkt als Strahlungsdecke
 Decke = Fußboden Heizraum

Messort: **3. Obergeschoss Gangbereich**

Datum	24.01.2002	31.01.2002	07.02.2002	15.02.2002	21.02.2002	08.03.2002	15.03.2002	22.03.2002	12.04.2002	22.04.2002
Parameter										
Fußboden-Temperatur										
t_{FB} [°C]										
Messpunkt 1	24,4	24,4	24,6	23,6	24,5	23,6	24,0	22,5	22,6	24,0
Messpunkt 2	24,5	24,3	24,5	23,7	23,6	23,5	24,1	22,6	22,9	24,3
Messpunkt 3	25,4	25,1	25,4	23,3	22,0	22,0	22,4	22,5	23,9	24,3
Messpunkt 4	27,6	27,0			22,0	20,8	21,0	19,7	22,0	22,8
Raum-, Heizungs-, Außentemperatur										Fenster offen
Raumtemp. T_R [°C]	24,5	24,0	24,6	25,7	25,6	23,9	23,3	21,5	23,0	23,6
Reglervorgabe [° C]	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	13,0
Außentemp. T_A [° C]	9,0	10,5	8,0	-2,0	-2,0 / 0	4,0	1,0	3,5	6,0	9,0
Heizungsvorl. t_{VL} [° C]	31,5	30,5		39,6	39,1	42,0	33,8	44,8	40,6	25,0
Heizungsrückl. t_{RL} [° C]	30,4	24,8		37,1	36,2	32,0	29,3	31,1	35,1	25,0
rel. Feuchte ϕ [%]	32	32	32	29	30	30	30	31	38	34
Befindlichkeit										
kühl										
normal										
warm								x		
zu warm	x	x	x	x	x	x		x	x	x
Witterung										
Sonne	x	x	x	x		x				
bewölkt	x	x	x		xx		xx	xx	xx	xx
Regen							xx	xx	x	
Schneefall					x					
Wind	xx	x	x	x	x	xx	xx	x	x	x
Beschichtung	i.O.									

IngenieurBüro Mildner

Messort: **Kellergeschoss** **Dusche Frauen** **Wandheizung Alu-Gussplatten, nicht beschichtet**

Parameter	Datum	24.01.2002	31.01.2002	07.02.2002	15.02.2002	21.02.2002	08.03.2002	15.03.2002	22.03.2002	12.04.2002	22.04.2002
Fußboden-Temperatur											
t_{FB} [°C]											
Messpunkt 1		24,0	24,1	23,9	24,0	29,4	32,0	25,0	24,1	24,1	24,3
Messpunkt 2		23,8	23,8	24,3	25,0	30,6	33,0	32,8	23,6	21,6	22,1
Messpunkt 3		23,8	23,2		20,0	29,6	32,0	24,5	21,4	20,8	21,3
Messpunkt 4		24,0	21,6		21,5	29,4	33,0	22,5	22,9	19,8	20,1
Raum-, Heizungs-, Außentemperatur											
Raumtemp. T_R [°C]		24,1	22,7	23,0	24,2	22,7	27,4	22,6	22,5	21,8	21,6
Reglervorgabe [°C]		20,0	20,0	20,0	20,0	30,0	30,0	20,0	20,0	15,0	20,0
Außentemp. T_A [°C]		8,0	10,5	8,0	-2,0	-2,0 / 0	4,0	1,0	3,5	6,0	9,0
Heizungsvorl. t_{VL} [°C]		31,1	45,3	48,0	38,5	53,8	37,5	28,4	25,8	43,8	21,3
Heizungsrückl. t_{RL} [°C]		29,2	37,1	38,2	38,4	42,0	36,5	29,5	25,7	28,2	21,3
rel. Feuchte ϕ [%]		38	36	36	30	34	29	36	37	36	42
Befindlichkeit											
kühl											
normal			x	x		x		x	x	x	x
warm		x			x						
zu warm							x				
Witterung											
Sonne		x	x	x	x		x				
bewölkt		x	x	x		xx		xx	xx	xx	xx
Regen								x	xx	x	
Schneefall						x					
Wind		xx	x	x	x	x	xx	xx	x	x	x
Beschichtung											

IngenieurBüro Mildner

Messort: **Kellergeschoss** **Dusche Männer** **Wandheizung Alu-Gussplatten, nicht beschichtet**

Parameter	Datum	24.01.2002	31.01.2002	07.02.2002	15.02.2002	21.02.2002	08.03.2002	15.03.2002	22.03.2002	12.04.2002	22.04.2002
Fußboden-Temperatur											
t_{FB} [°C]											
Messpunkt 1		31,0	23,8	26,9	25,0	23,1	30,7	26,5	33,1	27,6	26,0
Messpunkt 2		29,5	24,3	24,3	26,0	23,4	30,6	27,5	32,5	27,4	26,6
Messpunkt 3		n.g.	n.g.	28,0	26,0	26,6	29,8	24,3	29,2	27,0	24,3
Wandtemp. 4.2		n.g.	n.g.	27,0	24,5	24,6	29,4	25,2	28,8	26,4	23,8
Raum-, Heizungs-, Außentemperatur											
Raumtemp. T_R [°C]		23,4	23,1	22,6	25,2	23,2	25,2	23,9	22,4	22,2	22,0
Reglervorgabe [°C]		20,0	20,0	20,0	22,0	20,0	28,0	22,0	25,0	20,0	15,0
Außentemp. T_A [°C]		9,0	10,5	8,0	-2,0	-2,0 / 0	4,0	1,0	3,5	6,0	9,0
Heizungsvorl. t_{VL} [°C]		26,5	45,3	48,0	38,5	53,8	37,5	28,4	25,8	43,8	21,3
Heizungsrückl. t_{RL} [°C]		25,0	37,1	38,2	38,4	42,0	36,5	29,5	25,7	38,2	21,3
rel. Feuchte ϕ [%]		32	36	37	29	31	31	32	30	38	41
Befindlichkeit											
kühl											
normal		x	x	x		x		x	x	x	x
warm											
zu warm					x		x				
Witterung											
Sonne		x	x	x	x		x				
bewölkt		x	x	x		xx		xx	xx	xx	xx
Regen								x	xx	x	
Schneefall						x					
Wind		xx	x	x	x	x	xx	xx	x	x	x
Beschichtung											

IngenieurBüro Mildner

		neuartiges GKS-System (Zielvorgaben)	Fa. D.F.Liedelt "VELTA"	Fa. D.F.Liedelt "VELTA"	Fa. D.F.Liedelt "VELTA"	Fa. Polytherm
Naßsysteme						
Systembeschreibung		GKS	classic	tecto	siccus	Polycomfort
Systemaufbau	Mindestbauhöhe (Rohdecke/OK Estrich in mm)	20	83-170	79 - 170	55 - 115	84-94
	Verlegeabstände (Min/Max)	jeweils 75	100-300	100 - 300	150 - 300	55-330
Verlegeart	Mäanderförmig (mf) / Ringförmig (rf)	mf	mf/rf	mf/mr	mf	rf
	Rohrbefestigung	nicht speziell notwendig, Rohre werden durch Gußplatte gesichert	Trägermatte + Klippse,	Systemplatte (Noppen-platte)	Verlegeplatte mit Lamelle	Systemplatte
	Untergrund / Unterlage	Rohdecke, Trittschall- und Wärmedämmung bauseitig nach Vorschrift, Feinestrich, Dachpappe, unbesandet und Alu- Grobkornfolie	Rohdecke, evtl. zusätzl. Trittschall- und Wärme- dämmung bauseitig nach Vorschrift			
Rohr	Rohrmaterial	PE-Xa und andere	PE-Xa	PE-Xa	PE-Xa	PE-X
	Abmessungen	14,0 x 2,0	17,6 x 2,3	14,0 x 2,0	14,0 x 2,0	14 x 2,0
	kleinster Biegeradius	75	5 x da 85	70	70	5 x da
Estrich / Lastverteilung	Mindestmaß für Estrichüberdeckung in mm	entfällt	30 - 45	31 - 45	30	35 (AE) 45 (ZE)
Auslegung der Aufenthaltszone	Vorlauftemperatur bei 80 W/m² und 5 K Spreizung in °C (ohne Belag)	50, bei 15 K Spreizung	37,8	38,7	35,9	45

IngenieurBüro Mildner

	Verlegeabstand in mm	150	150	150	150	165
	Heizleistung in W/m ²	bis 120	90	90	90	95
	Wärmestromdichte in W/m ² bei Fußbodenübertemperatur 5 K, Raumtemperatur 24 °C	80	60	60	60	60
	Wärmestromdichte in W/m ² bei Fußbodenübertemperatur 5 K, Raumtemperatur 20 °C, mit Belag Stein/Keramik	80	50	50	50	50
	Beschichtung mit Laminat	75	45	45	45	45
	Beschichtung mit Acryl	78	48	48	48	48
Besonderheiten	Verlegung auf dem oberflächenfertigen Fußboden, sehr viel besserer Wärmeübergang im System					

		neuartiges GKS-System (Zielvorgaben)	Fa. D.F.Liedelt "VELTA"	Fa. Polytherm
Trockensysteme				
Systembeschreibung		GKS	siccus	Polypanel
Systemaufbau	Mindestbauhöhe (Rohdecke/OK Estrich in mm)	20 (System ist ein Trocken-system!)	50	12 + Dämmung
	Verlegeabstände (Min/Max)	jeweils 75	150 - 300	175
Verlegeart	Wärmeleitlamellen notwendig	nein, ideale Wärmeverteilung	ja	ja
Wärmedämmung	Systemplatten Größe in mm x mm	bauseitig	1197 x 1050	bauseitig
	Untergrund / Unterlage	Rohdecke, Trittschall- und Wärmedämmung bauseitig nach Vorschrift, Feinestrich, Dachpappe, unbesandet und Alu-Grobkornfolie	Rohdecke, evtl. zusätzl. Trittschall- und Wärmedämmung bauseitig nach Vorschrift	Rohdecke, evtl. zusätzl. Trittschall- und Wärmedämmung bauseitig nach Vorschrift
Rohr	Rohrmaterial	PE-Xa und andere	PE-Xa	PE-X
	Abmessungen	14,0 x 2,0	14,0 x 2,0	10,0 x 1,25
	kleinster Biegeradius	75	70	5 x da
Estrich / Lastverteilung	Mindestmaß für Estrichüberdeckung in mm	kein Estrich notwendig	25 Trockenestrich	25
Auslegung der Aufenthaltszone	Vorlauftemperatur bei 80 W/m ² und 5 K Spreizung in °C (ohne Belag)	50, bei 15 K Spreizung	42,7	ca. 50
	Verlegeabstand in mm	150	150	175
	Heizleistung in W/m ²	bis 120	75	80
	Wärmestromdichte in W/m ² bei Fußbodenoberoberfläche 5 K, Raumtemperatur 24 °C	80	55	60

IngenieurBüro Mildner

	Beschichtung mit Laminat	75	50	55
	Beschichtung mit Acryl	78	53	58
Besonderheiten	Verlegung auf dem oberflächenfertigen Fußboden, sehr viel besserer Wärmeübergang im System, GKS ist ein "echtes" Trockensystem			ebenfalls geringe Aufbauhöhe

		neuartiges GKS-System (Zielvorgaben)	Fa. D.F.Liedelt "VELTA"	Fa. Polytherm
Flachsysteme zur Altbausanierung				
Systembeschreibung		GKS	siccus	Polydynamic
Systemaufbau	Mindestbauhöhe (Rohdecke/OK Estrich in mm)	20 (System ist ein Flachsystem!)	50 - 110	55
	Bauhöhe der wasserführenden Elemente in mm	18 (Gesamthöhe der Elemente)	25	10,5
	max. Druckbelastung kN/m ²	Druckbelastung von Gußeisen ist um Größenordnungen höher, nur vom Untergrund abhängig	1,5	2
	Verlegeabstände (Min/Max)	jeweils 75	150 - 300	175
Verlegeart	Rohrverlegung Mäanderförmig / Ringförmig	mf	mf	rf
Wärmedämmung	Systemplatten Größe in mm x mm	bauseitige Dämmung	1197 x 1050	1500 x 837
	Untergrund / Unterlage	Rohdecke, Trittschall- und Wärmedämmung bauseitig nach Vorschrift, Feinestrich, Dachpappe, unbesandet und Alu-Grobkornfolie	Rohdecke, evtl. zusätzl. Trittschall- und Wärmedämmung bauseitig nach Vorschrift	Rohdecke, evtl. zusätzl. Trittschall- und Wärmedämmung bauseitig nach Vorschrift
Rohr	Rohrmaterial	PE-Xa und andere	PE-Xa	PE-X
	Abmessungen	14,0 x 2,0	14,0 x 2,0	10,0 x 1,25
	kleinster Biegeradius	75	70	5 x da
Estrich / Lastverteilung	Mindestmaß für Estrichüberdeckung in mm	kein Estrich notwendig	25 Trockenestrich	25
Auslegung der Aufenthaltszone	Vorlauftemperatur bei 80 W/m ² und 5 K Spreizung in °C (ohne Belag)	50, bei 15 K Spreizung	41,5	ca. 45
	Verlegeabstand in mm	150	300	160

IngenieurBüro Mildner

	Heizleistung in W/m ²	bis 120	85	90
	Wärmestromdichte in W/m ² bei Fußbodenübertemperatur 5 K, Raumtemperatur 24 °C	80	55	60
	Wärmestromdichte in W/m ² bei Fußbodenübertemperatur 5 K, Raumtemperatur 20 °C, mit Belag Stein/Keramik	80	55	60
	Beschichtung mit Laminat	75	50	55
	Beschichtung mit Acryl	78	53	58
Besonderheiten	Verlegung auf dem oberflächenfertigen Fußboden, sehr viel besserer Wärmeübergang im System, GKS ist ein "echtes" flaches Trockensystem			

IngenieurBüro Mildner

		neuartiges GKS-System (Zielvorgaben)	Fa. D.F.Liedelt "VELTA"	Fa. Polytherm
beheizbare Industrieböden				
Systembeschreibung		GKS	Industrie-Flächenheizung	Polyconstrukt (< 8t/m ²)
Systemaufbau	Mindestbauhöhe (Rohdecke/OK Estrich in mm)	20	300, je nach Verkehrslast	75, je nach Verkehrslast
	Lage des Rohrregisters in bezug auf Bewehrungsebenen	in belasteter Platte integriert	Standard: unten	unten auf der Dämmung
	empfohl. Verlegeabstand in mm	je nach Heizlast	300	je nach Heizlast
	Abstand Rohr - Fußbodenoberfläche in mm	4 - 5	125	entspr. Belastung
	Belastbarkeit des Bodens in N/mm ²	sehr hoch, abhängig vom Untergrund	entspr. statischer Belastung erfolgt konstruktive Auslegung.	bis 8t/m ²
bei System für Freiflächen	Verlegung auf Beton/Erdreich möglich	auf Beton	beides möglich	objektbezogen
	empfohl. Verlegeabstand in mm	je nach Heizlast	300	je nach Heizlast
	empfohl. Vorlauftemperatur in °C	je nach Heizlast	50	je nach Heizlast
Rohr	Rohrmaterial	PE-Xa und andere	PE-Xa	PE-X
	Abmessungen	14,0 x 2,0	14,0 x 2,0	10,0 x 1,25
	kleinster Biegeradius	75	70	5 x da
Auslegung der Aufenthaltszone	Vorlauftemperatur bei 80 W/m ² und 5 K Spreizung in °C (ohne Belag)	50, bei 15 K Spreizung	41,5	ca. 45
	Verlegeabstand in mm	150	300	160
	Heizleistung in W/m ²	bis 120	60	60

IngenieurBüro Mildner

	Wärmestromdichte in W/m ² bei Fußbodenübertemperatur 5 K, Raumtemperatur 20 °C, mit Belag Stein/Keramik	80	50	50
Besonderheiten	Verlegung auf dem oberflächenfertigen Betonboden, sehr viel besserer Wärmeübergang im System, GKS ist als Industrieboden besonders geeignet			