

On Nov 19, 2011, at 9:36 AM, Dr. Susanne C. Meyer wrote:
[Pufferspeicher – er will ihn lassen wg. unterschiedlicher Steuerung der Räume](#)

Liebe Frau Meyer,

es hat sich seit 4 Jahrzehnten eine Regel für mich herausgestellt: Ich bin da am wirkungsvollsten, wo ich es garnicht beabsichtigt habe. Diese Regel bewahrheitet sich offensichtlich gerade mal wieder.

Wunderschön, wie Sie sich von mir in die Karten schauen lassen! Ich kann davon lernen. Übrigens funktioniert die Verantwortungsübernahme auch in anderen Situationen: Wir haben damit unsere Ärzte dazu bekommen, ganz frei und offen mit uns zu diskutieren und zu handeln. Sie hatten nur die Position der fachlichen Ratgeber, nicht der juristisch belangbaren Handelnden.

Ihr Jochen Gruber

===== ANHANG =====

Pufferspeicher zur Steuerung

Zusammenfassung:

Ich habe keine Erfahrung mit der Stabilität von Heizungssteuerungen, und daher kann ich nicht bewerten, ob die Zusatzausgabe von etwa 1000 Euro für den Pufferspeicher als Regelungshilfe sinnvoll ist.

Im Gegenteil: Ich habe die gesamte Steuerung unserer Heizung außer Funktion gesetzt bis auf die Anpassung der Leistung der Therme an die Außentemperatur (über die sog. "Heizkurve").
<http://de.wikipedia.org/wiki/Heizkurve>

Wir haben also

- (*) keine Stellmotoren an der Fußbodenheizung: Die Fußbodenheizkreise stelle ich per Hand entweder an oder aus.
- (*) keine Raumluftthermostaten: Die Fußleistenheizungen sind entweder an oder aus und bleiben auch so.
- (*) Die Temperatur im ganzen Haus regeln wir einheitlich über die Temperatur, welche die Therme abgibt ("Vorlauftemperatur").

Im Detail: die "Vorlauftemperatur" wird angehoben, wenn die Außenlufttemperatur sinkt. Um wieviel Grad Celsius die "Vorlauftemperatur" pro Grad Celsius Außenlufttemperatur ansteigt, kann man durch Veränderung der "Heizkurve" einstellen.

Warum wir das so primitiv machen? Als Physiker weiß ich, wie schwer sich eine träge Fußbodenheizung regeln läßt. Ein Vergleich zur Verdeutlichung: Die Heizungsregelungen erscheinen mir wie blitzschnelle Fighterpiloten und die Fußbodenheizungen wie träge Jumbo-Jets. Es treten bei beiden Systemen durch Überreaktionen leicht Regelschwingungen auf.

Mariannes Schwager hat auf meine Frage zur Verwendung von Pufferspeichern -wie in der letzten Email beschrieben- ausgeschlossen, daß sie zur Steuerung verwendet werden.

Wenn Sie dem Pufferspeicher zustimmen, achten Sie darauf, daß er **Anschlüsse hat für externe Wärmequellen**, also Feststoffkessel oder Solarpaneele. Diese Anschlüsse führen in Wärmetauscher im Pufferspeicher. Das warme Wasser aus den externen Wärmequellen erwärmt dann über die Wärmetauscher das Wasser im Pufferspeicher.

Trennung des Wassers in den Fußbodenheizschlangen vom Wasser im Pufferspeicher

Zusammenfassung:

Denken Sie daran, daß das Wasser aus den Fußbodenheizschlangen nicht in den Pufferspeicher gelangen darf (es sei denn, es wird elektrolytisch von Sauerstoff befreit). Es würde -wie gesagt- den innen nicht rostisolierten Speicher angreifen.

(*) Ein Folgefehler davon wäre, daß das Heizungswasser den entstehenden Rost transportiert und der Rost sich überall festsetzt, beispielsweise in den Durchflußanzeigern: die haben Glasfenster, durch welche man -mittels eines Kolbens- den Durchfluß angezeigt bekommt. Man kann vor lauter Rost dann nicht mehr durch die Glasfenster schauen.

(*) Aber auch die Gasbrennwerttherme darf nicht mit Rost in Kontakt kommen.

+++++

Liebe Frau Meyer,

weil ich Ihre Frage nicht quantitativ beantwortet hatte, habe ich bei uns nachgemessen:

Zusammenfassung:

Unser Fußboden ist bei der zurzeit herrschenden Außentemperatur von 5 Grad Celsius um $\Delta t = 1$ Grad Celsius wärmer als die Zimmerluft.
Bei -10 Grad Celsius Außentemperatur wird bei uns Δt nahe bei 2 Grad Celsius sein.

Folgende Abhängigkeiten gibt es für Δt :

(1) Je mehr Wärme aus dem Zimmer (durch Fenster, Wände, Decke) verloren geht, desto größer ist Δt . Wärmeverlust und Δt sind proportional, d.h. steigt der Wärmeverlust um 10 %, so steigt Δt auch um 10 %.

Der Wärmeverlust steigt proportional ...

(a) ... mit der Differenz zwischen Innen- und Außentemperatur, ist also im tiefen Winter größer als in der Übergangsjahreszeit.

Rechenbeispiel:

Übergangsjahreszeit: 20 Grad Celsius Innentemperatur - 5 Grad Celsius Außentemperatur = 15 Grad Celsius Differenztemperatur.

tiefer Winter: (20 Grad Celsius Innentemperatur - (-10 Grad Celsius Außentemperatur) = 30 Grad Celsius Differenztemperatur.

Damit ist Δt im tiefen Winter doppelt so hoch wie in der Übergangsjahreszeit. In unserem Fall steigt im tiefen Winter Δt in die Nähe von 2 Grad Celsius.

(b) ... mit abnehmender Wärmedämmung.

Unsere 3-fach verglasten Fenster reduzieren unsere Fußbodentemperatur, weil sie einen großen Teil unserer Wandfläche einnehmen.

(2) Je dichter die Heizschlangen im Fußboden verlegt werden, desto geringer ist Δt .

Man kann das so verstehen: Bei großen Abständen zwischen den Heizschlangen fällt die Fußbodentemperatur zwischen den Heizschlangen stark ab, d.h. die wärmende Fußbodenfläche ist klein. Die wenigen warmen Stellen des Fußbodens müssen dann einen großen Teil der Heizleistung erbringen, also wärmer sein, als wenn alle Heizschlangen gleichmäßig diese Leistung erbrächten. Im Extremfall ist die heizende Fußbodenfläche so klein wie die früher an der Wand befestigten Heizkörper, und die müssen 60 Grad heiß sein.

Vernebelte Grüße vom Lande

Jochen Gruber

Dr. Joachim Gruber
Bartningallee 7, 10557 Berlin, Tel.: (030) 394 80 171

Liebe Frau Meyer,

Mariannes Schwager Hermann Loxen macht -wie ich schon sagte- die Wartung aller Heizungen des Betriebs im Emsland, bei dem er angestellt ist.

Mein Interview mit ihm heute Abend habe ich im Anhang zusammengefaßt. Hurra(!), denn mit seinen Werten können Sie jetzt Ihre eigenen Kontrollrechnungen machen und die notwendigen Entscheidungen treffen.

Zusammenfassung

Die Firma Düwel hat eine gute Gasbrennwerttherme vorgeschlagen, aber die Heizleistung um 25 % zu hoch angesetzt, wenn Sie Decken und Fußböden isolieren. Letzteres tun Sie ja, wenn Sie Fußbodenheizung auf einer 5 - 10 cm dicken Unterbetonplatte einbauen. Zwischen Unterbeton und Heizschlangen liegt dann eine mindestens 10 cm dicke Isolierung der Qualität 0.04 Watt / (m2 Kelvin) (bitte diesen Fußbodenaufbau verifizieren, weil es auch andere, energetisch ungünstigere Lösungen gibt).

Noch eine Anmerkung zu "2. Heizkreis":

Das in der Gasbrennwerttherme erhitzte Wasser muß auf eine Reihe von Versorgungsleitungen verteilt werden, z.B. die für die Fußleistenheizungen und die für die Fußbodenheizungen. Wenn es sich statt um Wasser um elektrischen Strom handeln würde, würde man diese Verteilung über Vielfachsteckdosen machen.

Man könnte sich die Vielfachsteckdosen aber auch selbst basteln, indem man elektrische Kabel entsprechend zusammenlötet. Ebenso kann man die aus der Gastherme kommende Leitung in einem selbstgebautes System von Kupferrohren ("manifold") in verschiedene Leitungsstränge aufteilen.

Ich finde das Wort Heizkreisverteiler ähnlich irreführend wie das Wort Kindernahrung (wo es sich auch nicht um Nahrung aus Kindern handelt): Heizkreisverteiler sind in diesem Vergleich Vielfachsteckdosen, bei denen jede Einzelsteckdose einen Dimmer eingebaut hat. Das bedeutet: Heizkreisverteiler erlauben, mit einer elektronisch gesteuerten Regelung des Wasserdurchflusses die Wassertemperaturen in den verschiedenen Heizkreisen nach Belieben einzustellen.

Wenn man die Option der getrennt einstellbaren Wassertemperaturen nicht braucht, sind Heizkreisverteiler trotzdem kostengünstiger, wenn die Lohnkosten des Installateurs hoch sind, der das manifold bauen würde.

Herzliche Grüße,

Ihr Jochen Gruber

===== ANHANG =====

(1) Weishaupt

Die Firma Weishaupt gehört zu den guten Firmen. Da Hermann Loxens Betrieb Weishaupt-Gasthermen nur als Ersatz für zu ersetzende Ölheizungen einbaut, hat er erst wenig eigene, aber gute Erfahrung mit Weishaupt gemacht.

(2) Leistungsauslegung der Gastherme

Das Gesetz

Von gesetzlichen Vorschriften für die Mindestisolierung eines Gebäudes bei Einbau einer neuen Heizung hat Hermann Loxen nichts erfahren. Es kann sein, daß er das nicht weiß, weil er eben nur Wartung macht.

Wärmebedarf

Wenn der Kunde vom Installateur keine *Wärmebedarfsrechnung* anfordert -und bezahlt-, geht ein Installateur von *Schätzwerten* aus:

(*) alte Bausubstanz, keine Isolierung von Decken und Fußböden: 100 W/m2 (m2 = Quadratmeter),

(*) Isolierter Altbau (normale Isolierung ist: 10 cm dicke handelsübliche Dämmung der Qualität 0.04 W/(m2 K) von Wänden, Decken und Fußböden): 80 W/m2,

(*) Normaler Neubau (Qualität KW 60): 60 W/m2,

(*) Sehr gut isolierter Neubau, der wegen dieser vollkommenen Isolierung Zwangsbelüftung braucht, um ausreichend Feuchte abzuführen (KW 40): 40 W/m2.

Diese Schätzwerte basieren darauf, daß bei einer Außentemperatur von -12 Celsius in allen Räumen eine Innenraumlufttemperatur von 21 Celsius erreicht werden muß (Ausnahme: Bad braucht 25 Celsius).

Heizleistungsbereich von Gasthermen

Unsere Therme variiert ihre Leistung zwischen 3 und 11 kW, d.h. 30 % und 100% der herstellungsbedingten Maximalleistung (11 kW, ich nenne sie im Folgenden "nominale Maximalleistung"). Moderne Gasthermen arbeiten dagegen in einem breiteren Leistungsbereich, d.h. sie schalten bei geringer Wärmeanforderung nicht so früh ab wie unsere Therme.

(*) Einfachgeräte (ohne Brauchwasserbereitung): Variation zwischen etwa 7 % und 99 % der nominalen Maximalleistung.

(*) Kombigeräte

Sie kombinieren Heizung mit Brauchwassererwärmung. Ihr Brenner wird Kompaktbrenner genannt. Kompaktbrenner heizen das Brauchwasser in einem Durchlauferhitzer (auch Wärmetauscher genannt) auf. Die Kombigeräte tragen z.B. die Bezeichnung VCW, W für Wärmetauscher.

Details der Leistungssteuerung

(-) Leistung des Brenners bei Warmwasserbereitung: nominale Maximalleistung (diesen Punkt muß man im Einzelfall durch Fragen verifizieren). Manche Geräte halten Warmwasser in einem Vorratsbehälter, z.B. von 150 ... 160 Litern Fassungsvermögen, vor.

(-) Leistungsbereich bei Heizbetrieb: Minimalleistung (also die oben erwähnten 7 % der nominalen Maximalleistung) bis zu 99 % einer einstellbaren Leistung, welche unterhalb der nominalen Maximalleistung liegt. Diese Einstellung nimmt der Servicetechniker vor, wenn sichergestellt ist, daß die nominale Maximalleistung im Heizbetrieb nie angefordert werden wird.

(3) Pufferspeicher (Kostenvorschlag-Position 4)

Solche Speicher werden nur verwendet, um eine zweite Heizquelle (z.B. Feststoffofen, Solaranlage) in die Heizung einzubeziehen.

Begin forwarded message:

From: Jochen Gruber <jochen.gruber@acamedia.info>

Date: October 31, 2011 10:33:29 AM GMT+01:00

To: "Klaus J. Bade" <k.j.bade@t-online.de>

Subject: Heizungsdimensionierung

Liebe Frau Meyer, lieber Herr Bade,

bei meiner letzten Email hatte ich noch nicht angegeben, wie unsere Heizung im Vergleich zum Haus dimensioniert ist. Das versuche ich jetzt hier nachzuholen.

Ich melde mich gleich telefonisch bei Ihnen.

Ihr Jochen Gruber

=====

Ingesamt bewohnte und beheizte Fläche

190 qm

Hauswände

Material: Ziegelsteine, die innen drei 2.5 cm weite Löcher haben.

Wandstärke ohne Putz:

(*) vordere, früher bewohnte Hälfte des Hauses: (21 + 14 + 6) cm. Von den 6 cm sind 5 cm unbelüfteter, nach außen abgeschlossener Hohlraum, der 14 cm hinter der äußeren Ziegelsteinoberfläche liegt.

(*) hintere Hälfte des Hauses, die erst in den 80er Jahren von Stall- in Wohnfläche umgewandelt wurden: 21 cm.

Dämmung der Wände

ungedämmte Ziegelsteine,

die Hälfte der 190 qm wie Wohnküche,

die andere Hälfte: 21 cm dicke Ziegelsteinmauer (ehemaliger Stallbereich)



http://acamedia.info/photos/haus_2006/hauss.htm

Das Haus ist mit seiner Breitseite nach SSW ausgerichtet.



Auf seiner Westseite liegt der ungedämmte Stallbereich.

http://acamedia.info/photos/haus_2006/wgiebel_2006.htm



Nordwand (Bilder 1b, c) und Ostgiebel (Bild 6, Bilder 1a und 1b)

http://acamedia.info/photos/haus_2006/hausn.htm

Glasflächenanteil an Wandfläche



Bild 1a, b



Bild 1c

Wohnraum,

oben links: 3-fach-Fenster, $K = 0.9 \text{ W/(qm K)}$; $3/4$ der Außenwandfläche,

oben rechts (6 kleine Quadrate, davon nur 4 sichtbar): 2-fach-Glasscheiben $K = 1.4 \text{ W/(qm K)}$, ohne Rahmen Mauerwerk eingeklebt

unten: 2-fach-Glasscheiben $K = 1.4 \text{ W/(qm K)}$, ohne Rahmen Mauerwerk eingeklebt

http://acamedia.info/photos/haus_2006/flw-27_5_2006-4.htm

http://acamedia.info/photos/haus_2006/flw-27_5_2006-2.htm



Bild 2:

Wohnraum, 2-fach, $K = 1.4 \text{ W/(qm K)}$

http://acamedia.info/photos/haus_2006/flw-triplettQ.htm



Bild 3:

Arbeitsraum 2, 3-fach verglast, $K = 0.9 \text{ W/(qm K)}$, Glasfläche = $3 \text{ m} \times 2.5 \text{ m}$ von $4 \text{ m} \times 2.5 \text{ m}$ Außenwandfläche. Das Gleiche gilt für Arbeitsraum 1.

http://acamedia.info/photos/haus_2006/ziiv-1_2007.jpg



Bild 4:

Bad, 2-fach-Glasscheiben $K = 1.4 \text{ W/(qm K)}$, ohne Rahmen Mauerwerk eingeklebt

http://acamedia.info/photos/haus_2006/bad2001.htm

Dämmung des Fußbodens und der Decke (zum ungedämmten Dachboden)

Fußboden: in Küche 8 cm, im Flur 18 cm, Rest der Wohnfläche 10 cm, Material: Dow Roofmate SL-A. Darauf liegt die Fußbodenheizung mit Schlangenabstand: 15 - 17 cm.

Decke (gegen nicht ausgebautes Dachgeschoß, von außen nach innen aufgezählt): 4 cm begehbare Holzfläche (Nut und Feder) + 18 cm Dow Roofmate SL-A + 5 cm Luftspalt + 5 cm Lehm (Flur: 38 cm Dow Roofmate SL-A).

Kritischer Raum ist die Wohnküche

Grundfläche: $4 \text{ m} \times 8 \text{ m}$.

Außenwandfläche: $4 \text{ m} \times 2.5 \text{ m} + 8 \text{ m} \times 2.5 \text{ m}$,

davon 3-fach verglaste Fensterfläche, K-Wert 0.9 W/(K qm) : $3 \text{ m} \times 2.5 \text{ m}$ (Bild 5) + $2.3 \text{ m} \times 2.5 \text{ m}$ (Bild 6)



Bild 5
http://acamedia.info/photos/haus_2006/matisseK1-23_11_2006.jpg



Bild 6
http://acamedia.info/photos/haus_2006/living.htm

Die Wohnküche wird zur Zeit nur durch die Fußbodenheizung erwärmt, die Wandheizungen haben wir noch nicht angebracht. Raumtemperatur an den kältesten Wintertagen ohne Sonne (-10 Celsius): 18 Celsius.

Heizung

Gasbrennwerttherme, Hersteller: Paradigma, Leistung: 3 - 11 kW (modulierend) mit 800 L Pufferspeicher Optima, welcher das Heizungswasser enthält (Ankopplung der Fußbodenheizschlangen an Optima über einen Wärmetauscher, um Sauerstoffeintrag aus den Fußbodenheizschlangen in Optima zu unterbinden).

Die Therme läuft in den Monaten Oktober - April ohne Unterbrechung, d.h. sie stellt ihre Leistung zwischen 3 und 11 kW so ein, daß sie genau den Wärmebedarf deckt, ohne abschalten zu müssen.

Heizenergieverbrauch (d.h. Warmwasserbereitung nicht eingeschlossen. Die läuft über einen getrennten Gasdurchlauferhitzer)

Minimum: Jahr 2007: 70 kWh/(qm Jahr) (wir erwarten diesen Verbrauch solange, bis das Glashaus Wärme liefert)

Details:

Jahr 2002: 97 kWh/(qm Jahr)
Jahr 2004: 112 kWh/(qm Jahr) (baubedingt zum Dachboden offener Flur)
Jahr 2006: 175 kWh/(qm Jahr) (baubedingt nach außen offene Südseite)
Jahr 2007: 77 kWh/(qm Jahr)
Jahr 2008: 85 kWh/(qm Jahr)
Jahr 2009: 103 kWh/(qm Jahr)
Jahr 2010: 75 kWh/(qm Jahr)

http://acamedia.info/sciences/J_G/Bartningallee_7_D_10557_Berlin

Liebe Frau Meyer,

im Anhang 1 finden Sie die Ergebnisse von 3 Berechnungen des Tauwasseranfalls auf der Innenseite eines Ziegelmauerwerks, das wohnraumseitig eine 10 cm dicke Wärmedämmung erhalten hat.

Annahmen

- (*) Innentemperatur ist 20 Celsius,
- (*) Außentemperatur ist -12 Celsius,
- (*) relative Luftfeuchte innen: 50%, außen 80%.
- (*) An der Innenwand ist keine Luftbewegung, entlang der Außenwand weht ein mittelstarker Wind.

In allen Rechnungen

- (*) liegt innen auf der Mauer eine 2 cm dicke Schicht Kalkzementputz,
- (*) liegt außen eine 2 cm dicke Schicht Zementputz,
- (*) ist das Ziegelmauerwerk 36 cm dick.
- (*) strahlen 10 Quadratmeter der Wand etwa 100 Watt nach außen ab, wenn die Außentemperatur 12 Celsius und die Innentemperatur 20 Celsius ist.

Die Rechnungen unterscheiden sich im Aufbau der Wärmedämmung:

(Bild 1) 2KZPutz-10Perlite-36 VollZ-2ZPutz:

Wärmedämmung besteht aus 10 cm dicken Platten TecTem Insulation Board Indoor von Knauf-Perlite (wasserdampfdurchlässig, aber mit viel Kapillarrohraum zum Aufsaugen der anfallenden Feuchte). Die Firma Knauf empfiehlt diesen Aufbau (s. Anhang 2).

(Bild 2) 2KZPutz-10XPS-36 VollZ-2ZPutz:

Wärmedämmung besteht aus 10 cm dicken Platten aus extrudiertem Polystyrolhartschaum von Dow Chemical (sehr gering wasserdampfdurchlässig).

(Bild 3) 2KZPutz-2XPS-10Perlite-36 VollZ-2ZPutz:

Wärmedämmung kombiniert die positiven Eigenschaften der vorhergehenden Rechnungen: Sie besteht aus 2 cm Polystyrolschaumplatte (als Wasserdampfdiffusionsbremse) und 10 cm TecTem Insulation Board Indoor. Man sperrt mit XPS den Luftzutritt und verteilt die Restfeuchte, welche an Sperrfahlfstellen in die Konstruktion eintritt, im Kapillarovolumen der TecTem-Platten.

Ergebnisse

Die schwarze Linie ist der Temperaturverlauf in der gedämmten Wand.

Die blaue Linie gibt den Verlauf der Taupunkttemperatur an, was bedeutet: Wenn schwarze und blaue Linie sich treffen, entsteht Tauwasser.

Zusammenfassung

In erster Näherung ist in den Rechnungen Ihr Fall dargestellt, wenn Sie zwischen der Wandheizung und der Ziegelmauer eine Wärmedämmung anbringen.

Die Rechnungen sollen verdeutlichen, wieviel technische Erfahrung nötig ist, um den gravierenden Fehler einer dauerhaften Mauerdurchfeuchtung zu vermeiden. Ein Problem ist z.B. die luftdichte Befestigung der Wandheizschlangen auf der Ziegelwand mit Ankern (z.B. Schrauben) durch die Wärmedämmung hindurch. Luft, welche an diesen Stellen bis zum kalten Ziegelmauerwerk gelangen würde, trüge Tauwasser dorthin. (mehr in Verarbeitungshinweisen für TecTem Insulation Board in Anhang 2)

Einige Fragen zum Angebot der Firma Düwel

- (1) Was bedeutet "2. Heizkreis"? Enthält er das Wasser des Pufferspeichers, oder ist sein Wasser über einen Wärmetauscher getrennt vom Speicher? (s. Frage 7)
- (2) Hersteller der Fußleistenheizung ist nicht spezifiziert, daher ist ihre Ausführung und Qualität unklar.
- (3) Wie werden die Fußleistenheizungen hydraulisch geschaltet: hintereinander oder -wie bei einer elektrischen Vielfachsteckdose- parallel?
- (4) Wo werden die 50 m Fußleistenheizung angebracht?
- (5) Position 10 ist wegen fehlerhafter Formulierung unklar.
- (6) Auf wieviel Jahre gibt der Hersteller des Fußbodenheizrohrs Garantie, auf welche Maßnahmen hat man wie lange Anspruch, wenn das verlegte Rohr leck wird?
- (7) Wie wird vermieden, daß der Pufferspeicher (Pos. 4) rostet: Trennung der Fußbodenheizschlangen vom Speicher über Wärmetauscher oder Verwendung

eines elektrolytischen Verfahrens zur Sauerstoffextraktion aus dem Wasser in den Heizschlangen?

(8) Pos. 12: Sind in jedem Fußbodenheizkreis Durchflußanzeiger vorgesehen? Man braucht die für den hydraulischen Abgleich, d.h. um alle Heizkreise mit gleicher Leistung zu versorgen.

(9) Wie werden Regelschwingungen bei der Kombination Fußbodenheizung-Fußleistenheizung vermieden?

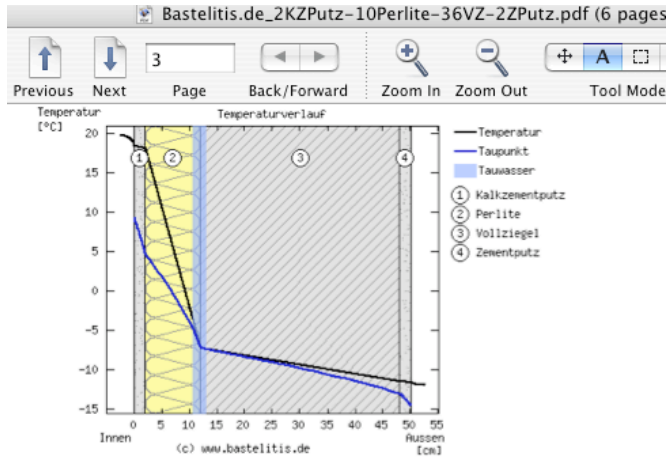
(10) Werden als Fußbodenheizkreispumpen Hocheffizienzpumpen eingesetzt? Wie arbeiten die mit den Stellmotoren (welche den Wasserdurchfluß durch die Heizschlangen drosseln) zusammen, um Regelschwingungen zu vermeiden?

(11) Wie geschieht die Brauchwassererwärmung?

Mit herbstlichen fernen Grüßen aus Rumpshagen,

Jochen Gruber

===== ANHANG 1: Berechnung von Tauwasseranfall =====



Details

Oberflächentemperatur innen: 18.5 °C
Oberflächentemperatur außen: -11.5 °C

#	Material	λ [W/mK]	Temp. [°C] innen / außen	sd-Wert [m]	Gewicht kg/m ²	
1	2 cm Kalkzementputz	1.000	18.5 / 18.3	0.3	36.0	
2	10 cm Perlite	0.045	18.3 / -7.1	0.5	9.0	
3	36 cm Vollziegel	0.960	-7.1 / -11.4	3.6	720.0	
4	2 cm Zementputz	1.400	-11.4 / -11.5	0.7	40.0	
50 cm Summe					5.1	805.0

Wärmeübergangswiderstand innen: 0.13 m²K/W
Wärmeübergangswiderstand außen: 0.04 m²K/W

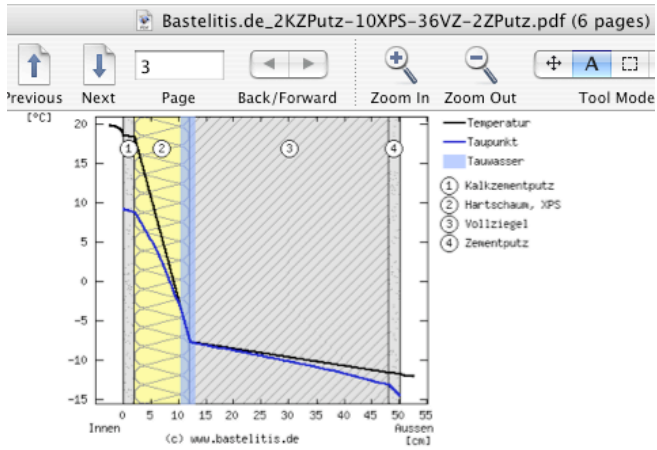
<http://www.bastelitis.de/u-wert-rechner/#ergebnis>

Bastelitis.de - U-Wert Rechner

Feuchteschutz

Bei dieser Konstruktion entsteht Tauwasser an der Innenseite von Schicht 3. Während einer Tauperiode von 60 Tagen fallen dort 0.967 kg Tauwasser pro Quadratmeter an. Im Sommer verdunsten (davon) bis zu 0.899 kg/m² (Verdunstung über 90 Tage bei 12°C und einer relativen Luftfeuchtigkeit von 70% - innen wie außen).

Die Konstruktion kann in der warmen Jahreszeit nicht vollständig austrocknen!



Details

Oberflächentemperatur innen: 18.6 °C

Oberflächentemperatur außen: -11.6 °C

#	Material	λ [W/mK]	Temp. [°C] innen / außen	sd-Wert [m]	Gewicht kg/m ²
1	2 cm Kalkzementputz	1.000	18.6 / 18.4	0.3	36.0
2	10 cm Hartschaum, XPS	0.040	18.4 / -7.5	8.0	3.5
3	36 cm Vollziegel	0.960	-7.5 / -11.4	3.6	720.0
4	2 cm Zementputz	1.400	-11.4 / -11.6	0.7	40.0
50 cm Summe				12.6	799.5

Wärmeübergangswiderstand innen: 0.13 m²K/W

Wärmeübergangswiderstand außen: 0.04 m²K/W

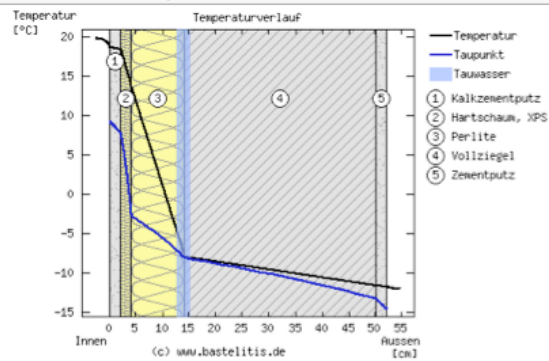
<http://www.bastelitis.de/u-wert-rechner/#ergebnis>

Bastelitis.de » U-Wert Rechner

Feuchteschutz

Bei dieser Konstruktion entsteht Taufwasser in den Schichten 2 - 3. Die Taufwasserzone liegt im Bereich 11.6 cm - 13.4 cm von der Innenseite aus gerechnet. Während einer Tauperiode von 60 Tagen fallen dort 0.066 kg Taufwasser pro Quadratmeter an. Im Sommer verdunsten (davon) bis zu 0.210 kg/m² (Verdunstung über 90 Tage bei 12°C und einer relativen Luftfeuchtigkeit von 70% - innen wie außen).

Demnach kann die Konstruktion in der warmen Jahreszeit wieder austrocknen. Das anfallende



Details

Oberflächentemperatur innen: 18.7 °C
 Oberflächentemperatur außen: -11.6 °C

#	Material	λ [W/mK]	Temp. [°C] innen / außen	sd-Wert [m]	Gewicht kg/m ²	
1	2 cm Kalkzementputz	1.000	18.7 / 18.5	0.3	36.0	
2	2 cm Hartschaum, XPS	0.040	18.5 / 13.7	1.6	0.7	
3	10 cm Perlite	0.045	13.7 / -7.8	0.5	9.0	
4	36 cm Vollziegel	0.960	-7.8 / -11.5	3.6	720.0	
5	2 cm Zementputz	1.400	-11.5 / -11.6	0.7	40.0	
52 cm Summe					6.7	805.7

Wärmeübergangswiderstand innen: 0.13 m²K/W
 Wärmeübergangswiderstand außen: 0.04 m²K/W

<http://www.bastelitis.de/u-wert-rechner/#ergebnis>

Bastelitis.de » U-Wert Rechner

Feuchteschutz

Bei dieser Konstruktion entsteht Tauwasser an der Innenseite von Schicht 4. Während einer Tauperiode von 60 Tagen fallen dort 0.313 kg Tauwasser pro Quadratmeter an. Im Sommer verdunsten (davon) bis zu 0.394 kg/m² (Verdunstung über 90 Tage bei 12°C und einer relativen Luftfeuchtigkeit von 70% - innen wie außen).

===== ANHANG 2: TecTem Insultaion Board Indoor von Perlite =====

TecTem Insulation Board Indoor
<http://www.perlite.de/produkte/tectem.html#daten>

TecTem® Insulation Board Indoor Broschüre
http://www.perlite.de/PDF/TecTem_syst_brochure.pdf

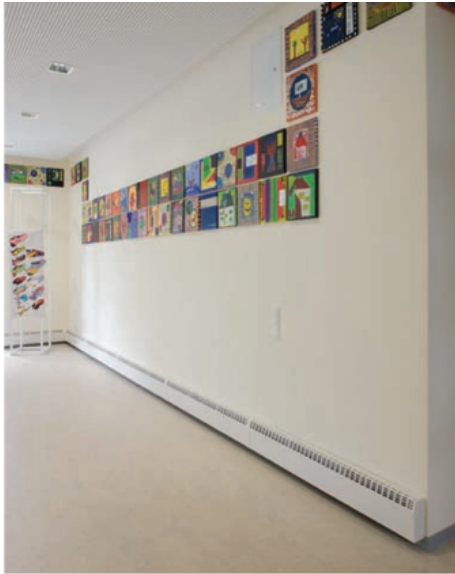
Liebe Frau Meyer,

hier ist eine Liste von Herstellern von Fußleisten-/Randleistenheizungen, Sockelheizleisten, Heizleisten (das sind verschiedene Namen für dieselbe Sache). Ich würde die Firma Variotherm wählen, weil deren Heizleisten den unsrigen am ähnlichsten sind.

Ihr Jochen Gruber

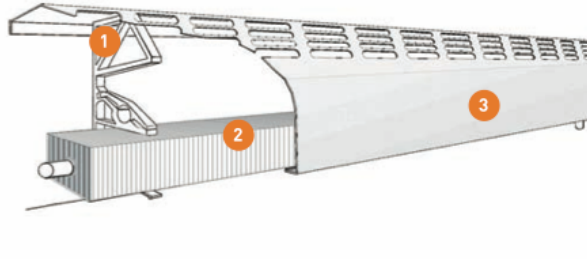
Variotherm

Diese gleichen unseren Paradigma-Heizleisten.



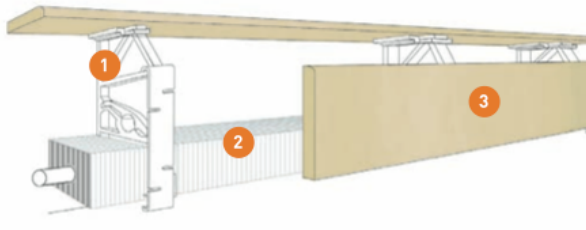
Heizleiste Delta

- 1 Halter
- 2 Heizelement
- 3 Metall-Verkleidung



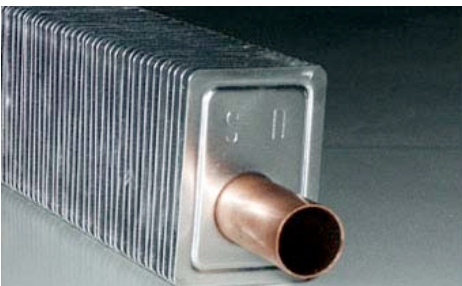
Heizleiste Classic

- 1 Halter
- 2 Heizelement
- 3 z.B. Holzverkleidung



<http://www.variotherm.at/home/produkte/heizleisten.html>
http://www.variotherm.at/fileadmin/user_upload/Folder/Uebersichtsfolder_dt_kl.pdf
<http://www.variotherm.at/home/service/faqs-variotherm-heizsysteme-gmbh.html>

Sandomus

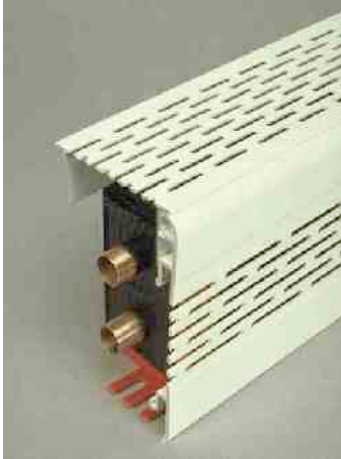


Heizregister von Sandomus
<http://www.sandomus-gmbh.de/einbauanleitung.html>
<http://www.sandomus-gmbh.de/heizleisten.html>

=====

Cuprotec

Ich finde hier problematisch, daß zwei Heizregister übereinander angeordnet sind. Das obere behindert die Wärmeabgabe des unteren



http://www.cuprotec.de/produkte_randleiste.htm
http://www.cuprotec.de/technische_daten.htm

Prinzip der Fußleistenheizung

<http://www.bosy-online.de/Hypokaustenheizung/WandW%E4rme-Systeme.pdf>

Parallel- und Hintereinanderschaltung



http://www.architektur-denkmalpflege.eu/plan_projekte.php?id=24

Fußleistenheizung-Heizregister: Paradigma-Netzrohre, d.h. Fußleistenheizung ohne Verkleidung. So sehen unsere Fußleistenheizkörper aus, wenn wir die Verkleidung abnehmen.

Achtung:

(*) Hier sind die Heizregister hintereinander geschaltet, d.h. das warme Wasser in Register 2 fließt erst durch Register 1.

(*) Bei paralleler Schaltung wird jeder Heizregister einzeln von der Brennwärthequelle versorgt.

Konvektoren und Fußleistenheizungen

Liebe Frau Meyer,

bei weiterem Nachdenken ist mir noch Wichtiges zum Betrieb der Fußleistenheizung eingefallen, wie sie das Ingenieurbüro Reinhard vorsieht.

Zusammenfassung

Die Heizleisten werden im Zimmer Staub aufwirbeln, wenn Sie sie bei den vorgesehenen Vorlauftemperaturen betreiben. Die zu erwartende Staubbewegung ist ähnlich der in unserer Bartningallee 7.

Herzliche Grüße aus der Pampa,

Ihr Jochen Gruber

===== ANHANG =====

Physik

Heizleisten geben ihre Wärme an die Luft ab, und das tun sie umso wirksamer, je mehr Luft an ihnen vorbeistreicht. Ohne Ventilatorunterstützung ist ihre Leistung daher proportional zu

- (a) ihrer Länge und
- (b) ihrer Übertemperatur (Temperaturdifferenz zur Zimmerluft).

Konvektoren

Ihre hohe Leistung (60% der Gesamtleistung) im Entwurf von Herrn Reinhard erreichen die Fußleistenheizungen mit recht hohen (55 Celsius) Vorlauftemperaturen, also über Weg (b). Ihre Fußleisten werden als Konvektoren betrieben, nicht als Erzeuger eines Warmluftschleiers vor der Wand (s.u.).

Erfahrungen damit machte man in der Mitte des vorigen Jahrhunderts, wo sie bei modernen Architekten sehr beliebt waren. In den typischen 50er-Jahre-Wohnungsdesigns hatte man die Luftkonvektion -um Heizkosten zu sparen- dadurch verstärkt, daß man die Konvektoren hinter (0.5 - 1 m hohen) Blenden

anbrachte. Daran erinnern Sie sich vielleicht.

Die starke Luftbewegung und die damit einhergehende Staubverwirbelung ist in etwa vergleichbar mit der Luftbewegung in unserem zwangsbelüfteten Hochhaus Bartningallee 7 (es ist eben auch ein 50er-Jahre-Bau).

Wenn Sie damit zufrieden sind, brauchen Sie nicht weiterzulesen, vorausgesetzt daß Sie in allen Räumen die Fußbodenheizschlangen so dicht verlegen lassen, wie es das Plastikrohrmaterial verträgt (starke Hocheffizienzpumpe, Rohr und Verteiler sind vergleichsweise billig). Dann können die Fußböden bei so niedrigen Temperaturen -fast über die gesamte Heizperiode- die notwendige Wärme ins Haus bringen, daß Sie sich wohlfühlen.

Alternative Heizkörper

Ende der 1950er Jahre hat man wegen der unerwünschten konvektorbedingten Luftbewegung andere Heizkörper entwickelt, welche die Wärme über eine Kombination von Strahlung (wie ein Kachelofen) und Luftbewegung abgeben:

<http://www.heiz-tipp.de/ratgeber-437.html>

Fußleistenheizung - Warmluftschleier

Eine Renaissance erlebte die Fußleistenheizung beim Ökobau. Dabei ging man vom Behaglichkeitsdiagramm aus:

Dessen Quintessenz: Unabhängig von der Zimmerlufttemperatur fühlt man sich behaglich, wenn die Umgebungflächen wärmer sind als die mittlere Zimmerlufttemperatur.

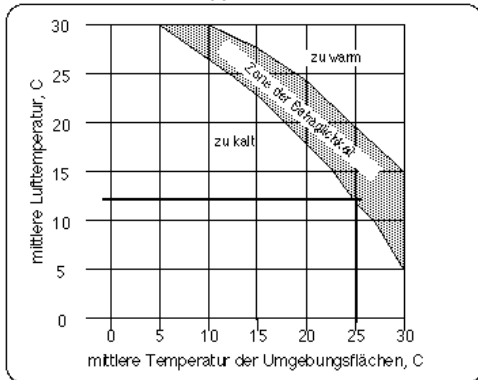


Abb. 3.4: Behaglichkeitsdiagramm nach Ihle, Bader, Golla [S. 227 in 3].

(in Jochen Gruber, "Heizung durch einen Wintergarten", <http://acamedia.info/sciences/residence/glassText.htm#abb3.4>)

Bei 20 Celsius Zimmerlufttemperatur braucht man nach dem Diagramm bei Wänden und Fußboden ebenfalls 20 Celsius. 25 Celsius in diesen Flächen wird schon als zu warm empfunden.

Damit konnte man die Fußleistenheizungen mit niedrigen Vorlauftemperaturen betreiben. Von der 20 - 23 Celsius warmen Heizleiste steigt ein sanfter Warmluftschleier die Wand hinauf, sodaß sie 20 Celsius erreicht. Wegen ihrer sehr geringen Übertemperatur kann die Heizleiste also keine Konvektion der gesamten Raumluft in Gang setzen, wie es der Konvektor tut.