

Stand der Technik:

Statt Regelung eine analoge Steuerung der Raumtemperatur bei Fußbodenheizung.

Gefordert: intelligente, energiesparende Regelung.

Der heutige „Stand der Technik“ bei Fußbodenheizung ist die vor vierzig Jahren von der Heizkörperheizung übernommene Drossel-Regelung. Diese Regelung ist für Fußbodenheizung nicht geeignet!

Aus der Perspektive der Energieeffizienz-Steigerung muss ein völlig neues Regelsystem mit der neuesten digitalen Technik und KI ausgestattet werden. Hier ist ein Riesenpotential, durch Energie-Einsparung den fossilen Energieverbrauch im Gebäudebereich signifikant zu senken [G]. Das erfordert Mut in einer sehr konservativen Branche.

Ist da niemand in den Fachverbänden, Hochschulen oder beim VDI, dem auffällt, dass wir seit Jahren keine EnEV-konforme Regelung haben. Die Steuerung, die uns als Regelung verkauft wird, verursacht wegen der chronischen, systembedingten Überversorgung eine Energievergeudung von über 30% [E].

Hier sind nicht nur politische Entscheidungsträger, -die Funktionäre- gefragt, sondern Ingenieure, die technische Lösungen suchen und realisieren.

In den folgenden Kapiteln erfahren Sie, warum der jetzige „Stand der Technik“ als Regelung für Fußbodenheizung nicht geeignet ist.

- A.) Angebotsheizung vs. Bedarfsheizung – Begriffe.
- B.) Vergleich verschiedener Heizungssysteme.
- C.) System - Unterschiede. Fazit.
- D.) Forderungen an intelligente Regelung für Fußbodenheizung.
- E.) Die derzeitige Drossel-Regelung ist nicht EnEV-Konform.
- F.) Gründe der Überversorgung.
- G.) Energie-Einsparpotentiale.
- H.) Energieeinsparung und CO²-Reduktion in Deutschland + Europa.
- I.) Nachhaltigkeit und Wohnungswirtschaft.
- J.) Kosteneinsparung für Nutzer pro Wohnung und Jahr.
- K.) Arbeitsplätze für Deutschland.
- L.) Vorteile durch das neue Regelsystem.
- M.) Stückzahlen, Bedarf, Umsatzzahlen.

- N.) Vergleich Energie-Einsparung vs. regenerative Energie-Formen.
- O.) Quantitative und Qualitative Untersuchung ist Voraussetzung.
- P.) Fachbeiträge zu diesem Thema.

A.) ANGEBOTSHHEIZUNG vs. BEDARFSHEIZUNG:

Begriffe, für Heizkörper- und Fußbodenheizung gilt:

- **Wärme wird dem Heizkörper angeboten.** Bei der **Angebotsheizung** wird das Heizwasser mit dem Wärmeinhalt des errechneten Wärmebedarfs aller Räume des Hauses über das Rohrnetz zu den Heizkörpern/Heizflächen gepumpt. Jedem Heizkörper/Heizfläche wird mit Hilfe des hydraulischen Abgleichs die Wassermenge zugeführt, die der errechneten Raumheizlast entspricht. Die Raumtemperatur-Regelung sollen die Raumthermostate übernehmen.
Voraussetzung für die richtige Funktion:
Korrekte Berechnung und Auslegung, exakte Anpassung der Heizfläche an die errechnete Raumheizlast, perfekter hydraulischer Abgleich, richtige mit Auslegungstemperatur eingestellte Heizungskennlinie der witterungsgeführten Regelung, schnell reagierende Raumtemperatur-Regler und eine minimale Speicherfähigkeit der Heizfläche.
Eine genaue Messbarkeit der Wassermenge (kg/h) sowie Vor- und Rücklauf-Temperatur (°C) ist bei der Drossel-Regelung (Stand der Technik) nicht möglich.
Die Fußbodenheizung erfüllt die meisten dieser Voraussetzungen nicht.
- **Wärme wird vom Heizkörper angefordert.** Die **Bedarfsheizung** führt jedem einzelnen Raum über das Heizwasser nur die Wärmemenge zu, die tatsächlich gebraucht und angefordert wird.
Jeder Raum ist ein eigener Regelkreis mit Mischventil und Minipumpe. Das garantiert eine reaktionsschnelle, stetige Regelung mit geschlossenem Wirkungskreis (DIN 19226).
Dank der genauen Messbarkeit der Wassermenge (kg/h) sowie Vor- und Rücklauf-Temperatur jeden Heizkreises ist eine genaue Regelung möglich.
Statt den Räumen laufend Wärme über das Heizwasser zuzuführen, wird dem Wärmeverteilnetz des Gebäudes bei Bedarf einzelner Räume Wärme entnommen.
Nicht mehr notwendig sind systembedingt die exakte Berechnung und Auslegung der Fußbodenheizung, der hydraulische Abgleich und die witterungsgeführte Regelung für das Gebäude.
Die genaue, energiesparende Regelung der Bedarfsheizung setzt die genaue Messbarkeit der Wassermenge (kg/h) sowie Vor- und Rücklauf-Temperatur (°C) jeden Heizkreises voraus.

B.) VERGLEICH REGELUNG VERSCHIEDENER HEIZUNGSSYSTEME:

a.) Heizkörper – Heizung mit Drossel-Regelung – Angebotsheizung alt

b.) Fußboden-Heizung mit Drossel-Regelung - Angebotsheizung alt

c.) Fußboden-Heizung mit Beimisch-Regelung – Bedarfsheizung neu

1.) Wärmetransport - Unterschied zwischen Heizkörper- und Fußboden-Heizung.

Zwei Heizungssysteme, gleiche GEG2023 §61 und §63. Im Folgenden werden systembedingte Unterschiede zwischen Heizkörper- und Fußbodenheizung dargestellt.

Stufen des Wärmetransports aus dem Heizwasser an den Raum.

1a.) Heizkörperheizung:

Der Heizkörper gibt die Wärme überwiegend über **Konvektion** an die Raumluft ab.

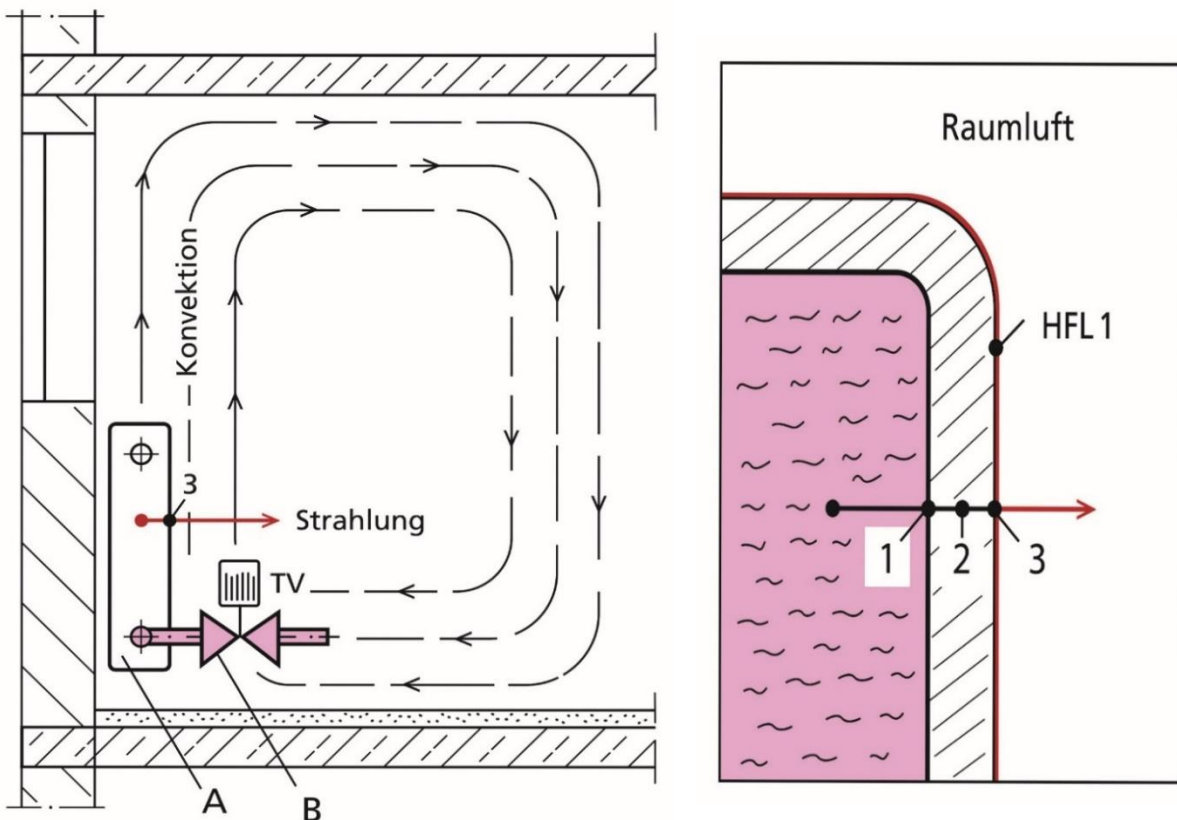


BILD 1. Schema Heizkörperheizung

Bild 2. Schnitt durch Heizkörper

1. Stufe: Übergang Heizwasser → Blech

2. Stufe: Leitung Blech

3. Stufe: Übergang Blech → Raumluft= **Heizfläche (HFL 1)** (Konvektion 80%)

Die hauptsächlich konvektiv aufgeheizte Raumluft (80%) beeinflusst das Thermostatventil (TV). Hier ist eine garantierte Luftbewegung im Raum zu erwarten, das Thermostatventil, ein Stetigregler, ist immer im Luftstrom.

Die **Heizkörperheizung** als Drossel-Regelung entspricht einer echten Regelung nach DIN 19226, mit geschlossenem Wirkkreis und Rückmeldung.

1b.) Fußbodenheizung:

Bei Fußbodenheizung gibt die Bodenfläche (nicht Heizfläche) die Wärme des „warmen Körpers Heizestrich“ hauptsächlich über **elektromagnetische Strahlung** (80%) an die angestrahlte Umgebung ab.

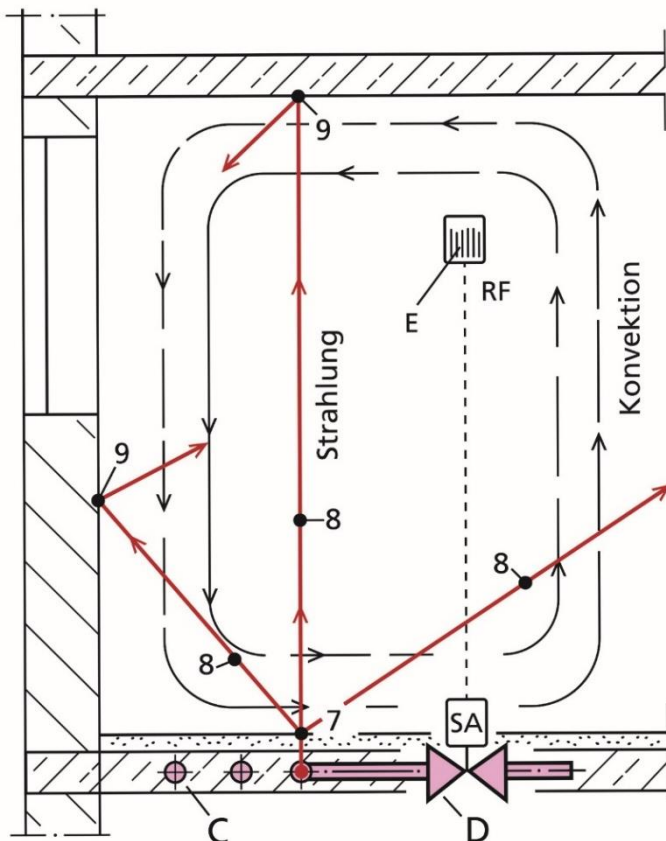


BILD 3. Schema Fußbodenheizung

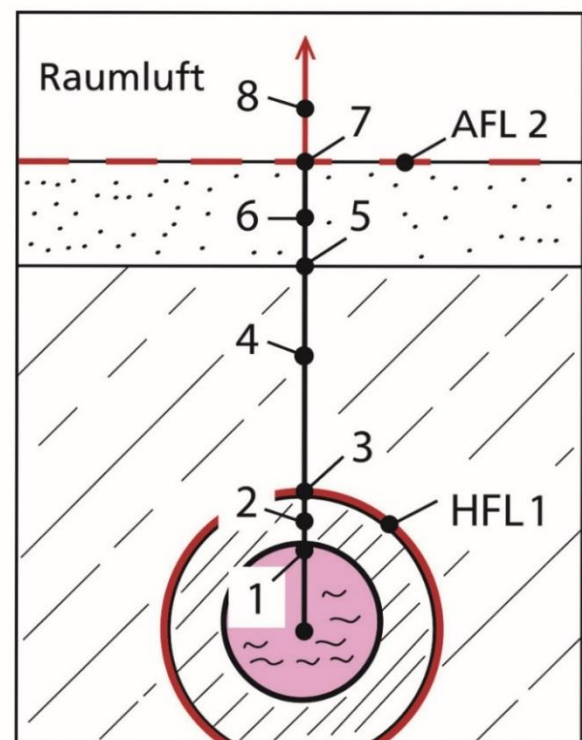


Bild 4. Schnitt durch Fußboden

1. **Stufe:** Übergang Heizwasser → Kunststoffrohr
2. **Stufe:** Leitung Rohrwandung
3. **Stufe:** Übergang Rohroberfläche → Estrich = **Heizfläche (HFL 1)**
4. **Stufe:** Leitung Estrich
5. **Stufe:** Übergang Estrich → Oberboden / Bodenbelag
6. **Stufe:** Leitung Bodenbelag
Bodenoberfläche = Abstrahlfläche (**AFL 2**) **nicht Heizfläche !**
7. **Stufe:** Übergang Bodenoberfläche → Abstrahlung
(undefiniert - Quantenmechanik)
8. **Stufe:** Emission der Strahlung von der Oberfläche der Abstrahlfläche (**AFL 2**) an die Raumumschließungsflächen
(undefiniert – Quantenmechanik).
9. **Stufe:** Absorption der Strahlung an den Umschließungsflächen des Raumes
(undefiniert – Quantenmechanik).
10. **Stufe:** Übergang Oberfläche der Umschließungsflächen → Raumluft durch senkrechte und waagerechte Konvektion. Diese aufgeheizte Raumluft (etwa 20%) sollte vom Raumfühler (RF) gemessen werden.

Die Drossel-Regelung der **Fußbodenheizung** ist keine Regelung, sondern eine 2-Punkt-Steuerung. Diese Raumtemperatur-Regelung entspricht weder der DIN 19226 noch der GEG2020 §63. Es ist kein geschlossener Wirkkreis, die vermeintliche Regelgröße ist die örtliche Luft-Temperatur im Raum (20%) nicht die nach GEG geforderte Raumtemperatur.

Tabelle: Boden-Oberflächentemperaturen bei Außentemperaturen im Bereich zwischen -16°C und +20°C (Beispiel 52 W/m²).

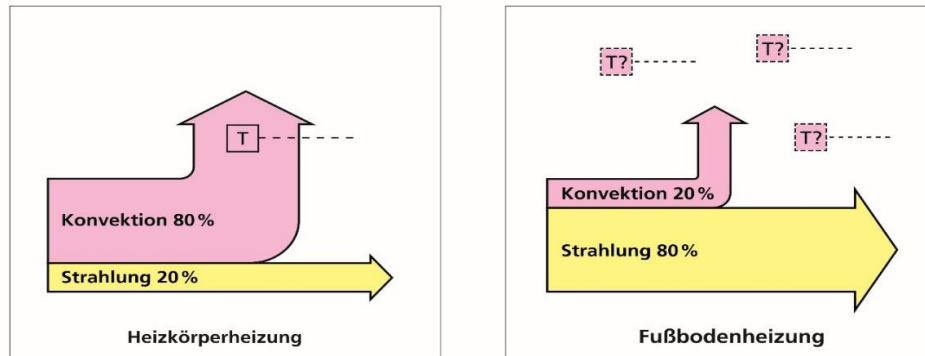
Bei Temperaturen (ta min) während der Heizperiode zwischen der mittleren Außentemperatur von +5,1°C während der Heizperiode und +20°C am Ende der Heizperiode und den dazugehörigen Boden-Oberflächentemperaturen (t Of1) von +22,2°C zu +20°C geht der Konvektionsanteil gegen 0% (Bild 2).

Bild 2. Raumbeispiel Temperaturen zwischen -16°C und +20°C

Annahmen: Heizlast 780 W, Fläche 15.0 qm, ta=-16oC, ti=20oC
Delta T=10K, Fussboden: R1=0,10, Rohr17x2, RA20cm

tm	tv / tr	Delta t	W/qm	Watt	kg/h	t Of1	ta min	
20	20.00 / 20.00	0.00	0.0	0	67.0	20.0	20.0	A
21	21.29 / 20.70	0.58	3.0	46	67.0	20.3	17.8	
22	22.58 / 21.41	1.17	6.1	92	67.0	20.7	15.7	
23	23.88 / 22.11	1.76	9.1	138	67.0	21.0	13.6	
24	25.17 / 22.82	2.35	12.2	184	67.0	21.3	11.5	
25	26.47 / 23.52	2.94	15.3	230	67.0	21.6	9.4	
26	27.76 / 24.23	3.52	18.3	275	67.0	21.9	7.2	
27	29.05 / 24.94	4.11	21.4	321	67.0	22.2	5.1	B
28	30.35 / 25.64	4.70	24.4	367	67.0	22.5	3.0	
29	31.64 / 26.35	5.29	27.5	413	67.0	22.7	0.9	
30	32.94 / 27.05	5.88	30.6	459	67.0	23.0	-1.1	
31	34.23 / 27.76	6.47	33.6	505	67.0	23.3	-3.2	
32	35.52 / 28.47	7.05	36.7	551	67.0	23.6	-5.4	
33	36.82 / 29.17	7.64	39.7	597	67.0	23.9	-7.5	
34	38.11 / 29.88	8.23	42.8	643	67.0	24.1	-9.6	
35	39.41 / 30.58	8.82	45.9	689	67.0	24.4	-11.7	
36	40.70 / 31.29	9.41	48.9	734	67.0	24.7	-13.8	
37	42.00 / 32.00	10.00	52.0	780	67.0	24.9	-16.0	C

Die **Energiefluss-Diagramme** zeigen überschlägig die Art der Wärmeabgabe einer Fußbodenheizung an den Raum.



Beim Heizkörper wird die Raumluft, die den Hauptteil der Wärmeabgabe (Konvektion etwa 80%) entspricht, direkt neben dem Heizkörper immer an der gleichen Stelle gemessen.

Bei der Fußbodenheizung wird nur ein geringer Teil der Wärmeabgabe über Konvektion an die Raumluft (etwa 20%) über den Raumthermostaten gemessen. Diese etwa 20% können keine Regelgröße darstellen. Der Hauptteil der Wärmeabgabe an den Raum über elektromagnetische Strahlung (etwa 80%). diese kann nicht erfasst und geregelt werden.

Der Raumfühler liegt oft nicht oder nur teilweise im Luftstrom der sich konvektiv aufgeheizten „bewegenden Luftwalze“, sofern überhaupt vorhanden.

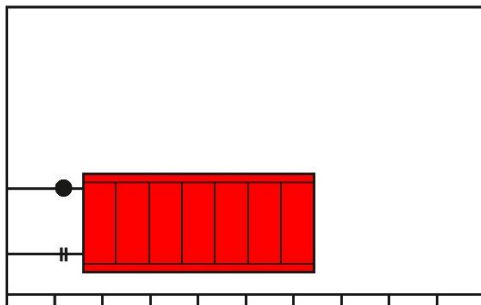
Die örtlich gemessene Raum-Luft (20%-0%) ist keine Regelgröße und entspricht somit der GEG §63 nicht.

2.) Anpassen der Heizfläche an die Raumheizlast.

2a.) Die Heizkörper aller Räume werden der Größe nach exakt auf die nach DIN berechnete Heizlast ausgelegt. Alle Heizkörper des Gebäudes werden mit der gleichen systembedingten Vorlauf-Temperatur versorgt.

Unterschiedliche spezifische Raumheizlast (W/m^2) zweier Räume:

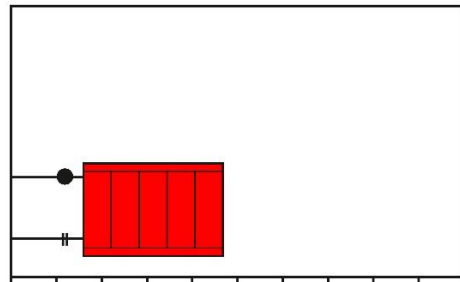
Masterraum 70 W/m^2



Heizkörper 100 %

70 W/m^2

Nebenraum 30 W/m^2



Heizkörper 100 %

30 W/m^2

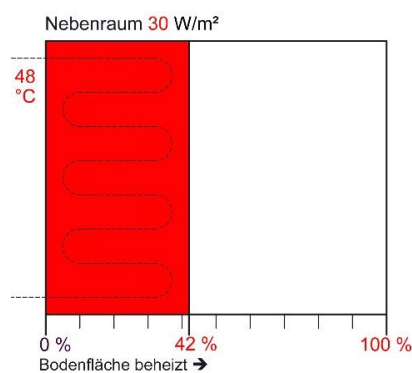
2b.) Bei Fußbodenheizung mit Drossel-Regelung (Steuerung) kann die wärmeabgebende Bodenfläche des Raumes der errechneten Raumheizlast nicht angepasst werden.

Alle Heizkreise des Gebäudes werden systembedingt mit der gleichen Vorlauftemperatur versorgt. Die angebotenen Verlegeabstände reichen nicht aus

Unterschiedliche spezifische Raumheizlast (W/m^2) zweier Räume:



70 W/m^2



30 W/m^2

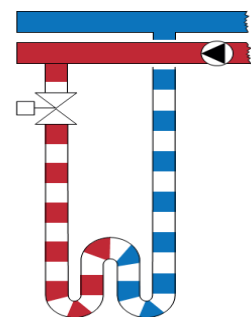


Tabelle: Überversorgung der Fußbodenkreise aller Räume einer Etage bei gleicher Vorlauftemperatur für alle Kreise:

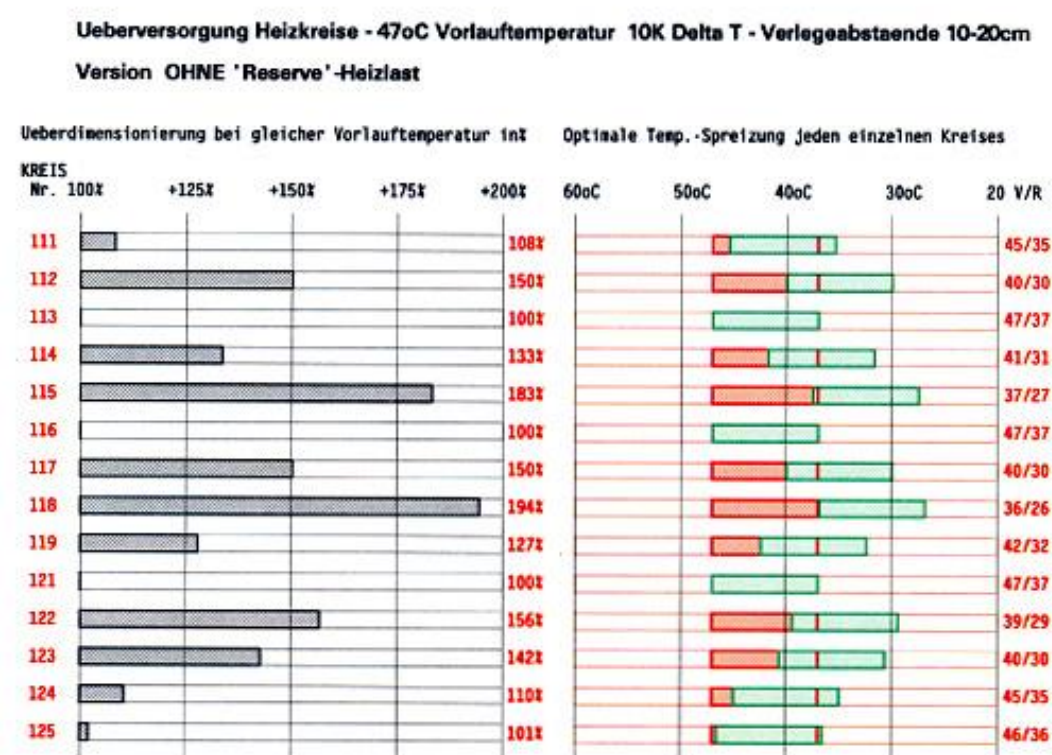


Bild. Überversorgung der Fußbodenheizung wegen gleicher Vorlauftemperatur aller Räume, der Norm entsprechend.

Linker Teil:

Die grauen Balgen der einzelnen Räume zeigen das Maß der Überdimensionierung in Prozent. Die Räume 113 und 121 (Bäder) mit der größten spezifischen Raumheizlast (W/m^2) geben die Auslegungstemperatur von 47°C Vorlauf für alle Räume vor.

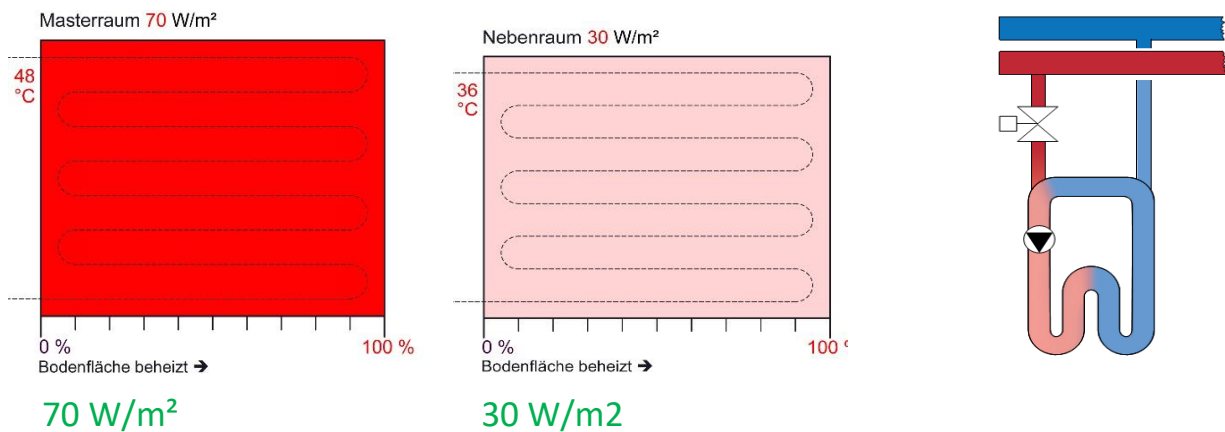
Rechter Teil:

Roter Balken, alle Räume sind mit 47°C/37°C ausgelegt. Die grünen Balken zeigen die Heizwassertemperaturen die der errechneten Raum-Heizlast bei einem System mit variablen Vorlauftemperaturen entsprechen würden.

Rechts am Rand stehen die dazugehörigen Heizwassertemperaturen.

2c.) Bei Fußbodenheizung mit Beimisch-Regelung wird raumweise statt der Bodenfläche, die nicht veränderbar ist, die Heizwassertemperatur verändert und der Raumheizlast angepasst. Alle Räume werden hier systembedingt mit unterschiedlichen, bedarfsgerechten Vorlauftemperaturen versorgt.

Unterschiedliche spezifische Heizlast (W/m^2) zweier Räume:



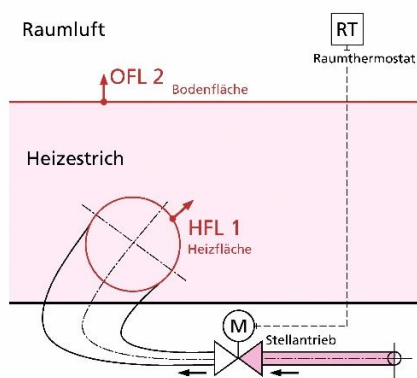
3.) Thermostatische Regelung.

3a.) Das Thermostatventil am Heizkörper regelt den Wasserdurchfluss durch den Heizkörper. Der Stetigregler dieser Drossel-Regelung ist sowohl Steuerung als auch Regelung in einer Armatur. Die Drossel-Regelung ist hier eine echte Regelung nach DIN 19226 mit geschlossenem Wirkkreis. Die Regelgröße Raum-Luft-Temperatur statt Raum-Temperatur kann mit etwa 80% Konvektionsanteil als ausreichend genau angenommen werden.

3b.) Der Raumthermostat erfasst bei der Fußbodenheizung nur etwa 20% der über Konvektion an die Raumluft abgegebenen Wärmemenge. Die GEG §63 fordert die Raum-Temperatur als Regelgröße. Nur die örtlich Luft-Temperatur (20%) kann gemessen werden. Die Raum-Temperatur beinhaltet auch die über die Temperatur der über Strahlung (80%) abgegebene Wärme an die Raumumschließungsflächen. Diese Wärme kann nicht gemessen und in den Regelprozess mit eingebunden werden.

Nur die örtlich gemessene Luft-Temperatur des Raumes (20%-0%) steuert die Auf-/Zu-Steuerung und damit den Wasserdurchfluss durch den Heizkreis.

Diese Drossel-Regelung ist eine „Angebots-Heizung“, es ist keine Regelung nach DIN 19226 mit geschlossenem Wirkkreis und Rückmeldung, sondern um eine einfache Auf-/Zu-Steuerung als offener Wirkkreis.



3c.) Die über Raumthermostat gemessene örtliche Lufttemperatur (20%-0%) ist keine geeignete Regelgröße. Die über Strahlung an den Raum abgegebene Wärme (80%) kann nicht gemessen werden.

Die einzige zuverlässige Regelgröße ist die nach DIN 12831 ermittelte Raumheizlast die in dem Steuermodul für jeden Raum hinterlegt ist. Diese entspricht exakt der vom Raum über Transmission und Lüftung zur kälteren Umgebung abfließenden Wärme.

Die raumweise aus der Raumheizlast errechneten Heizwassertemperatur wird geregelt.

Da sich die Raumheizlast in Abhängigkeit der Außentemperatur ändert, wird die Außentemperatur in die Raumtemperatur-Regelung mit einbezogen. Dadurch kann die zentrale außentemperaturgeführte Gebäuderegung (GEG §61) entfallen.

Die sich durch die neue Regelgröße „Raumheizlast“ ergebende „Heizkennlinie 1“ als Basis-Kennlinie dient als Vergleichsgröße zur individuell vom Nutzer angenommenen „Heizkennlinie 2“ der Komfort-Kennlinie. Diese entspricht dem subjektiven Nutzerempfinden, dem „Raumklima“ das sich aus der Lufttemperatur im Raum, der Temperatur der angestrahlten Umschließungsflächen, aus der Luftfeuchte und der Luftbewegung im Raum ergibt.

Selbstverständlich können alle zusätzlichen Komponenten einer „intelligenten Regelung“ mit eingeschlossen werden die zur Perfektion der Regelung beitragen.

Zu Bild Raumkennlinien:

Ein psychologischer Energiespareffekt ist die Tatsache, dass die beiden Kennlinien 1 und 2 laufend verglichen werden, der absolute Heizverbrauch der Raumheizlast entsprechend und der vergleichsweise Mehrverbrauch werden dem Nutzer für diesen Raum angezeigt.

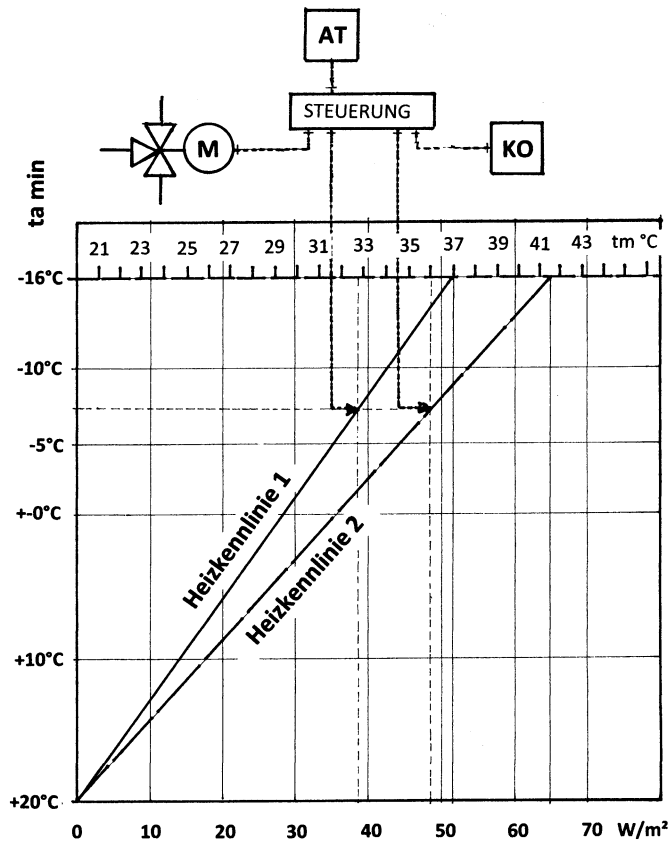


Bild. Die Raumkennlinien der „Input-Regelung“ mit Außentemperatur (AT) und Raumklima (KO) zusätzlich zu den Heizwasser-Messwerten.

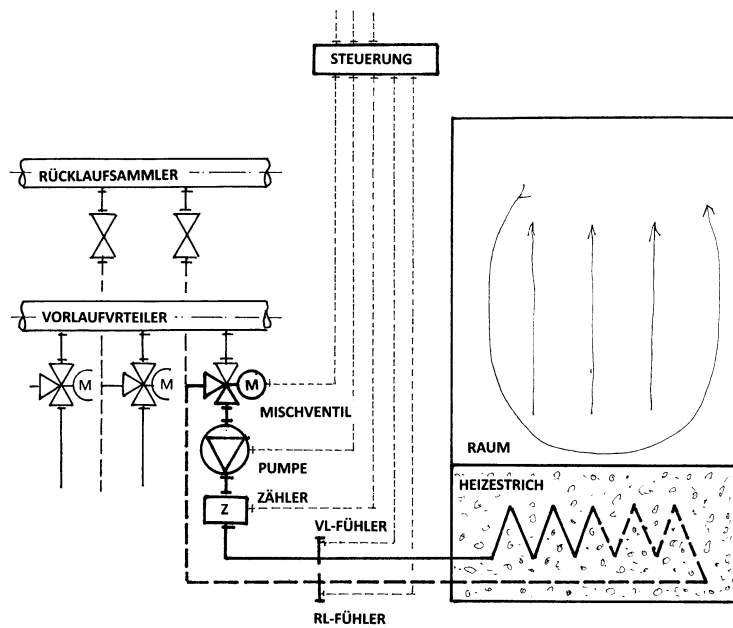


Bild. Die Raumweise „Input-Regelung“.

Die „Input-Regelung“ regelt die der berechneten Raum-Heizlast entsprechende Wärmemenge im Heizwasser direkt in Abhängigkeit der Außentemperatur, bevor das Heizwasser in den Fußbodenheizkreis des Raumes geschickt wird.

Eine genaue laufende Messung der Kreiswassermenge und der Heizwassertemperaturen sind Voraussetzung für einen energiesparenden Betrieb.

Somit ist die Art wie die Wärmeabgabe durch Strahlung/Konvektion und unter Berücksichtigung der Möblierung usw. an den Raum abgegeben wird, nicht relevant. Eventuelle Einschränkungen in der Wärmeabgabe des Bodens an den Raum werden vom Nutzer mit der Raumklima-/Komfort-Einstellung, Kennlinie 2 kompensiert.

Die „Input-Regelung“ mit der Raumheizlast als Regelgröße entspricht voll umfänglich der GEG §61 und GEG§63.

Dieses System ist eine „Bedarfsheizung“ die keine zusätzlichen Einregulier-Arbeiten erfordert.

4.) Systembedingte Trägheit.

4a.) Der Heizkörper schließt das Thermostatventil nach Erreichen des eingestellten Sollwertes und gibt nach einigen Minuten keine Wärme mehr ab. Die aufgeheizte Masse ist minimal und kühlt schnell aus.

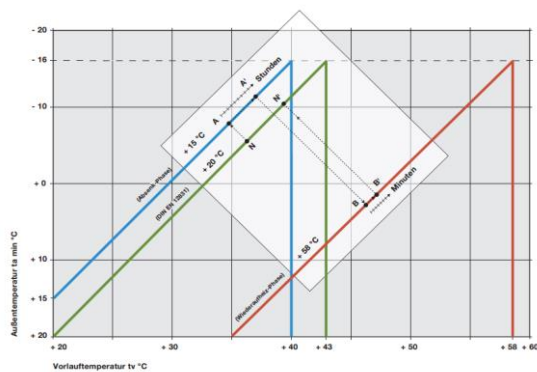
4b.) Nach Schließen des Regelventiles dauert es über 6 Stunden, bis der träge Boden die gespeicherte Wärme an den Raum abgegeben hat.

Diese Steuerung, die uns seit Jahren als „Regelung“ verkauft wird, bei der zwischen Actio und Reactio Stunden vergehen, ist im digitalen Zeitalter nicht mehr vertretbar. Die daraus resultierende Überversorgung - der „Eigenwärmeeintrag“ - wird ein Problem für Energieeffizienz und Komfort.

4c.) Die Input-Regelung der raumweisen Beimisch-Regelung als Bedarfsheizung wird die Heizwassertemperatur stetig dem von der Außentemperatur geforderten Wert auf der Raumkennlinie anpassen.

Eine Forderung an die „intelligente Regelung“ ist eine energiesparende, temporäre Absenkung der Raumheizung. Ein Schnellaufheizen danach erfolgt durch kurzfristiges anheben der Heizwassertemperatur (pushen). Das macht auch die raumweise Abwesenheitskennung energiepolitisch interessanter.

Schnellaufheizen durch kurzfristiges Anheben der Vorlauftemperatur:

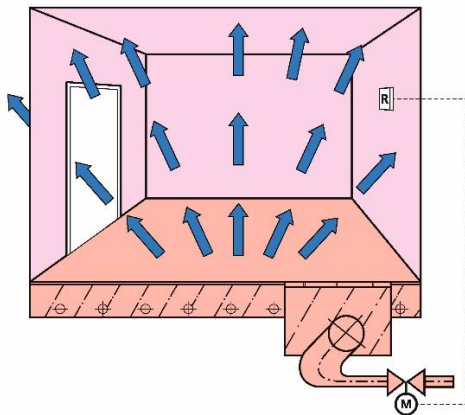


5.) Formen der Wärmeabgabe.

5a.) Der Heizkörper gibt die Wärme überwiegend über Konvektion an die Raumluft ab.

5b.) Die Bodenfläche (nicht Heizfläche) gibt die Wärme des „warmen Körpers Heizstrich“ hauptsächlich über elektromagnetische Strahlung an die angestrahlte Umgebung ab.

5c.) Gleiche Wärmeabgabe wie 5b.)



6.) Aufgabe des Raumthermostaten.

6a.) Der Heizkörper-Thermostat misst die Luft-Temperatur des Raumes und regelt die Wärmeabgabe am Heizkörper ohne Verzögerung.

6b.) Die Raum-Luft ist keine Regelgröße der Drossel-Regelung (Stand der Technik) für eine Strahlungsheizung. Bei der Fußbodenheizung wird nur ein geringer Teil der Wärme über Konvektion (20%) an die Raumluft abgegeben. Unter 30°C Vorlauftemperatur ist die Boden-Oberflächentemperatur mit 22°C kaum noch in der Lage die Luft konvektiv aufzuheizen. Die Drossel-Regelung dieser Angebotsheizung ist eine Zwiipunkt-Steuerung und keine Regelung mit geschlossenem Wirkkreis nach DIN 19226. Bei einer Regelung werden Regelgröße und Messgröße laufend verglichen und aneinander angepasst. Das ist bei einer Speicherheizung nicht möglich. Diese Regelung entspricht der GEG §63 nicht.

6c.) Die Raum-Luft-Temperatur, nicht Raum-Temperatur, kann für eine exakte Regelung nicht als Regelgröße herangezogen werden. Das Mischventil greift auf die individuelle Raumheizkurve 2 zurück, die der nach DIN 12831 errechneten Raumheizlast entspricht. Die Heizwassertemperatur wird stetig in Abhängigkeit der sich verändernden Außentemperatur geregelt. Die Beimisch-Regelung als Input-Regelung ist eine echte Regelung nach DIN 19226 mit geschlossenem Wirkkreis und Rückmeldung. Sie entspricht der GEG §61 und §63.

Einen Raumthermostaten gibt es nicht.

7.) Gründe für die Trägheit.

7a.) Der Heizkörper hat wenig Trägheit, da die Masse und der Wasserinhalt gering sind (0,5-1 Stunde).

7b.) Der Heizestrich hat viel Masse und ist dadurch extrem träge. Aufgrund der Auf-/Zu-Regelung wirkt sich die hohe Trägheit in vollem Umfang aus (6-10 h).

7c.) Die Masse des Estrichs bleibt, die Trägheit kommt wegen der, in Abhängigkeit der Außentemperatur gleitenden Heizwasser-Temperatur kaum zur Wirkung. Das ist der witterungsgeführten, stetigeregelten Beimisch-Regelung geschuldet. Nach der Nachtabsenkung einzelner Räume kann durch „pushen“ der Vorlauftemperatur, der Normalzustand schnell wieder erreicht werden. Kleine, kurze Störfälle kann der Selbstregel-Effekt lösen.

8.) Funktion der Regelkreise.

8a.) Diese Drossel-Regelung ist ein perfekt funktionierender geschlossener Regelkreis der Heizkörper-Heizung.

8b.) Die Drossel-Regelung funktioniert bei Fußbodenheizung nicht.

Es handelt sich um eine Zweipunkt-Steuerung mit offenem Wirkkreis, nicht um eine Regelung! Beim Über- oder Unterschreiten der Soll-Temperatur am Raumluftfühler reagiert das Regulierventil sofort und schließt die Heizwasser-Zufuhr in den Heizkreis. Der aufgeheizte Estrich gibt die gespeicherte Wärme noch Stunden ungehindert weiter an den Raum ab. Der Soll- und Ist-Wert kann dadurch nicht laufend verglichen werden, um den Soll-Wert anzupassen. Das ist keine Regelung!

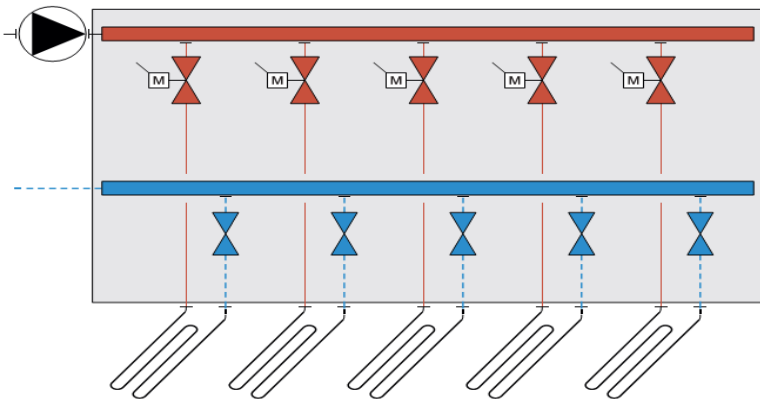


Bild: Verteiler einer Drossel-Regelung (Stand der Technik).

8c.) Bei der Beimisch-Regelung der Fußbodenheizung ist jeder Raum ein eigenständiger geschlossener Regelkreis nach DIN 19226 mit individueller, der Raumheizlast entsprechender Vorlauftemperatur. Diese witterungsgeführte Stetigregelung minimiert die Trägheit des Estrichs und vermeidet die unerwünschte Temperatur-Welligkeit des Bodens wegen der sofortigen Anpassung der Wärmezufuhr an die Außentemperatur.

BEIMISCH-REGELUNG ZENTRAL

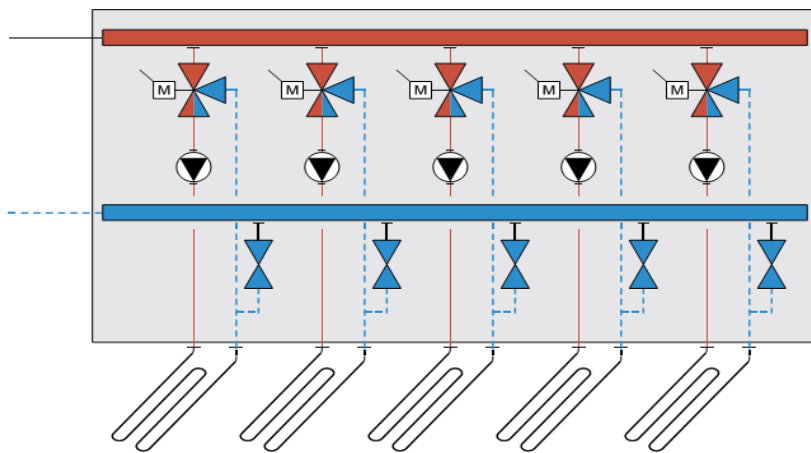


Bild. Verteiler mit Beimisch-Regelung.

Einregulierarbeiten – mögliche Fehler.

9a.) Der hydraulische Abgleich ist auch nach VOB verpflichtend. Auch die zu Grunde liegende System-Temperatur muss an der witterungsgeführten Regelung genau eingestellt werden.

Das große Problem sind häufig ungenaue Voreinstellwerte wegen nicht angepasster DIN-Vorgaben und Unvermögen beim Planer und Handwerker. Alle Folgeberechnungen der nach DIN 12831 gerechnete Heizlast mit inneren Wärmeverlusten zur Nebenwohnung (Reserve) ergeben falsche Ergebnisse sowohl bei der Auslegung der Fußbodenheizung als auch bei der Rohrnetzrechnung zur Ermittlung der Voreinstellwerte

Die Heizungsanlage ist erst fertig, wenn alle notwendigen Einstell-Arbeiten durchgeführt wurden.

9b.) Alle Einstellungen, wie der hydraulische Abgleich, die Heizkurve für die witterungsgeführte Regelung in der Heizzentrale, sind hier extrem wichtig. Nur dadurch kann ein geringer Teil der Überversorgung durch die Drossel-Regelung menschliches (Steuerung) vermieden werden.

Das große Problem sind häufig ungenaue Voreinstellwerte wegen nicht angepasster DIN-Vorgaben und Unvermögen beim Planer und Handwerker. Alle Folgeberechnungen der nach DIN 12831 gerechnete Heizlast mit inneren Wärmeverlusten zur Nebenwohnung (Reserve) ergeben falsche Ergebnisse sowohl bei der Auslegung der Fußbodenheizung als auch bei der Rohrnetzrechnung zur Ermittlung der Voreinstellwerte

9c.) Bei der Beimisch-Regelung sind keine Berechnungen, keine Einstellungen und kein hydraulischer Abgleich notwendig.

Die Übernahme der nach DIN 12831 gerechneten „bereinigten“ Raumheizlast, ohne innere Verluste durch Wohnungstrennwände, ist für die Regelgröße auf einer Raum-Heizkurve zur Steuerung der Input-Regelung zielführend. Die errechnete Raumheizlast entspricht exakt der vom Raum über Transmission und Lüftung an die kältere Umgebung abfließenden Wärme. Dadurch wird eine Überversorgung vermieden.

Die Beimisch-Regelung ist das einzig aus der Fachpresse bekannte Regel-System der Fußbodenheizung zur Sanierung des Wohnungsbestandes, dass zur Energieeinsparung eingesetzt werden kann. Es sind keine zusätzlichen Berechnungen und Einregulierarbeiten und kein hydraulischer Abgleich erforderlich.

Alle im Laufe des Gebäude-Lebenszyklus durchgeführten bauphysikalischen Veränderungen oder der Nutzung werden über eine neue Heizlastberechnung an den neuen Zustand anpasst.

9.) Wärmeverbrauchsmessung.

10a.) Die Erfassung des Wärmeverbrauch über Heizkostenverteiler an jedem Heizkörper ist ungenau, aber zulässig. Jede bauphysikalische Gebäudeertüchtigung ändert die Raumheizlast und macht eine neue Bewertung der Heizkörper für die Verbrauchserfassung notwendig.

10b.) Die genaue Wärmeverbrauchs-Erfassung kann bestenfalls nur wohnungsweise über Wärmemengenzähler geschehen. In dieser erfassten Wärmemenge sind natürlich auch die Verluste der Überversorgung enthalten. Anlagen im Bestand sind teilweise aus technischen Gründen mit Wärmemengenzählern nicht nachrüstbar. Bei dezentraler Warmwasserbereitung wird Heizung und Warmwasser nur zusammen über einen gemeinsamen Zähler erfasst. Da im Sommer nur Warmwasser gebraucht wird, kann keine genaue Aussage zum tatsächlichen Heizungsverbrauch am Jahresende gemacht werden. Aus Kostengründen entfällt die Verpflichtung zur verbrauchsabhängigen Abrechnung bei Gebäuden unter 15 Wh/m²a.

10c.) Über die wohnungsweise Erfassung hinaus ist sogar die raumweise Erfassung des Heizverbrauchs ausschließlich bei diesem System, der Beimisch-Regelung, möglich. Der Nutzer informiert sich laufend über den rechnerischen Energieverbrauch nach DIN 12831 (Heizkurve 1) und den tatsächlichen Verbrauch entsprechend der individuellen Komfort-Kennlinie 2. Das ist die beste Voraussetzung für eine informative und transparente unterjährige Verbrauchsinformation („Submetering“) - ein Beitrag zur Energieeinsparung, da sowohl die Kreiswassermenge als auch die Heizwassertemperatur laufend gemessen werden.

Es kann auch raumweise die aktuelle Heizlast dargestellt werden, weil alle hierfür notwendigen Parameter in der Steuerung hinterlegt sind.

10.) Überversorgung.

11a.) Bei Heizkörpern ist die Gefahr der Überversorgung sehr gering. Die thermostatische Regelung funktioniert sehr gut. Auch falsche Berechnungen sowie fehlender hydraulischer Abgleich werden häufig vom Thermostatventil aufgefangen.

11b.) Das Problem ist die Angebotsheizung. Die systembedingte Überversorgung bei Fußbodenheizung als Strahlungsheizung hat zwar nur eine minimale Komforteinbuße zur Folge. Die überhöhte Temperatur der Abstrahlfläche „Boden“ verursacht nur eine geringe Erwärmung der Raumluft. Die Abstrahlleistung steigt in der vierten Potenz zur Oberflächentemperatur. Hier steht die Energieverschwendung vor der Komforteinbuße.

11c.) Die Beimisch-Regelung ist eine Bedarfsheizung, die dem Heizstrich stetig nur die Wärme zuführt, die gerade gebraucht wird. Hier entsteht keine energieverschwendende Überversorgung. Ein exzessives Nutzerverhalten kann eine geringe Überversorgung generieren.

11.) Sensorik:

12a.) Bei Heizkörpern, die die Wärme hauptsächlich über Konvektion abgeben, macht der Raumluft-Fühler im Thermostatkopf am Heizkörperventil Sinn.

12b.) Die Fußbodenheizung gibt die Wärme hauptsächlich über Strahlung ab. Der Raumthermostat misst aber die über Konvektion (20%) aufgewärmte Luft. Das

Aufheizen der Luft hängt von unterschiedlichen Faktoren ab. Kann sich im Raum über kalte Außenflächen eine Luftwalze entwickeln, die sich über den wärmeren Umschließungsflächen aufheizt? Ist der Raumfühler im Raum so positioniert, dass ihn diese aufgewärmte Luft auch erreicht. Trotzdem ist die Raum-Luft keine Regelgröße bei Fußbodenheizung. Unterhalb einer Vorlauf-Temperatur von 30°C wird kaum noch Konvektion entstehen. Die Raum-Temperatur soll geregelt werden, nicht die Luft-Temperatur im Raum.

12c.) Die über Strahlung abgegebene Wärme (80%) kann nicht gemessen und als Regelgröße verwandt werden. Nur die nach DIN 12831 errechnete Raumheizlast ist eine genaue Regelgröße. Die Input-Regelung ist eine „intelligente Regelung“ die die der Raumheizlast entsprechende Wärmeabgabe des Bodens in Abhängigkeit der Außentemperatur regelt. Eine echte Regelung nach DIN 19226 mit geschlossenem Wirkkreis und Rückmeldung.

C.) SYSTEM – UNTERSCHIEDE – FAZIT:

Das gleiche System - die Drossel-Regelung - wurde vor Jahrzehnten von der Heizkörper-Heizung für Fußbodenheizung übernommen obwohl sich die beiden Systeme regeltechnisch absolut entgegengesetzt verhalten.

Die Drossel-Regelung funktioniert bei Fußbodenheizung nicht, wird aber aus Mangel an Alternativen bis heute eingebaut!

Diese Drossel-Regelung der Fußbodenheizung ist von der Definition her keine „**Regelung**“ nach DIN 19226 mit geschlossenem Wirkkreis, sondern eine „Steuerung“. Das entspricht seit Jahren nicht der GEG §63, die eine „Regelung“ fordert.

In der GEG §63 wird zusätzlich die „**Raum-Temperatur**“ als Führungsgröße gefordert. Gemessen wird nur die örtliche **Luft**-Temperatur (20%-0%). Das macht keinen Sinn, weil die Fußbodenheizung eine Strahlungsheizung mit geringer konvektiver Lufterwärmung ist.

Diese Fußbodenheizung mit Drossel-Regelung ist wörtlich eine „Bodentemperierung mit Raum-Luft-Temperatur-Begrenzung“.

Die „Energieeffizienzstrategie Gebäude“ des BMWi fordert, dass Gebäude in Zukunft mit nachhaltigen, **intelligent geregelten Systemen** ausgerüstet werden

sollen, um den Energieverbrauch und somit die CO²-Emission so zu reduzieren, dass das Ziel eines „klimaneutralen Gebäudebestands“ bis 2050 erreicht wird.

Gefordert werden Energieeinsparung und Ressourcenschonung bei hohem thermischen Komfort, sowie selbstlernende, adaptive, bedarfsorientierte Regelungen mit Vernetzung und „Smart-Home“- Funktionen als Bausteine eines zukunftsfähigen Energiemanagements.

Die neue Beimisch-Regelung erfüllt alle diese Voraussetzungen der Forderung des BMWI nach intelligenter Regelung, die alte Drosselregelung (Steuerung) für Fußbodenheizung erfüllt keine dieser Voraussetzungen!

D.) FORDERUNGEN AN INTELLIGENTE REGELUNG FÜR FUSSBODENHEIZUNG:

Um alle folgenden Forderungen an eine intelligente Regelung zu erfüllen, sind für jeden Raum die genaue Definition, Messung und Bereitstellung von Kreiswassermenge, Vor- und Rücklauf-Temperatur Voraussetzung.

Diese Forderungen erfüllt nur die neue Beimisch-Regelung.

1.) Regelung ist ein geschlossener Wirkungsablauf. Die GEG §63 fordert eine Regelung mit geschlossenem Wirkungsablauf mit Rückmeldung nach DIN 19226 sein, keine Steuerung wie die jetzige Drossel-Regelung (Stand der Technik) (Forderung GEG §63).

Die Voraussetzung für eine echte Raumtemperatur-Regelung bzw. Regelung der Wärmeabgabe an den Raum entsprechend der Raumheizlast nach DIN 12831 sind die Vorgabe-/Mess-Werte. Für jeden Heizkreis müssen Wassermenge (kg/h), Vor- und Rücklauf-Temperatur (°C), mess- und darstellbar sein.

2.) Unterschiedliche Vorlauftemperatur für jeden Raum. Jeder Raum (Heizkreis) soll entsprechend seiner spezifischen Heizlast (W/m²) mit einer individuellen, unterschiedlichen Vorlauf-Temperatur beheizt werden.

3.) Raumtemperatur- nicht Lufttemperatur messen. Der Fühler für die Raumtemperatur-Messung muss hauptsächlich die Strahlung (80%) der Strahlungsheizung messen können. Die örtliche Luft-Temperatur des Raumes ist sekundär (Forderung GEG §63).

4.) Raumheizlast nach DIN 12831 soll Regelgröße sein. Der Heizbedarf muss raumweise nach DIN 12831 ermittelt werden. Alle einschlägigen Parameter des Raumes werden automatisch bei der Bedarfsermittlung berücksichtigt. „Reserven“ wie innere Heizlast zu fremden Nebenräumen darf nicht mitgerechnet werden.

5.) Raumweise eingeschränkte Beheizung. Diese energiesparende eingeschränkte Beheizung muss raumweise möglich sein. Hier muss die Absenk-Zeit, Absenk-Dauer und Absenk-Temperatur raumweise individuell eingestellt werden können.

6.) Schnellaufheiz-Funktion des Raumes nach eingeschränkter Beheizung. Die energiesparende, eingeschränkte Beheizung einzelner Räume der Wohnung macht nur Sinn, wenn eine Schnellaufheiz- / Boost-Funktion möglich ist.

7.) Raumweise prädiktive Störgrößen. Über Wettervorhersage sollen prädiktive Störgrößen raumweise geregelt werden können. Bei Sonneneinstrahlung z.B. werden nicht alle Räume des Hauses gleichzeitig, gleichlang oder überhaupt beeinträchtigt.

8.) Intelligente Regelung muss menschliches Versagen ersetzen. Alle Berechnungen und Einregulierarbeiten müssen, um menschliche Unzulänglichkeiten auszuschließen, ersetzt werden. Bei Bedarfs-Heizungen gibt es keine systembedingt zwingende Rohrnetzrechnung und keine Einregulierarbeiten.

9.) 50 Jahre automatische Anpassung des Raumheizbedarfs. Es soll gewährleistet sein, dass während des gesamten Lebenszyklus des Gebäudes (50 Jahre) alle Änderungen (bauphysikalische Ertüchtigung, Nutzerverhalten, Möblierung usw.), die die Raumheizlast (Regelgröße) beeinflussen können, raumweise automatisch in die Steuerung eingelesen werden können.

10.) Bestandssanierung geht nur mit einer Beimisch-Regelung. Bei der Sanierung der Fußbodenheizung aller 6 Millionen Bestandswohnungen muss die neue bedarfsorientierte Beimisch-Regelung – als „Input-Regelung“ nach neuester Berechnung der Raumheizlast ohne zusätzliche Berechnungs- und Einstellarbeiten - die alte Drossel-Regelung (Steuerung) direkt ersetzen kann.

11.) Trägheit durch raumweise witterungsgeführte Stetig-Regelung eliminieren. Die Trägheit des Heizstrichs wird durch regeltechnische Maßnahmen, stetige Anpassung an die Außentemperatur, nicht mehr zu Komfort- und Energie- und Komfort-Verlusten führen.

12.) Die Außentemperatur wird in die „Input-Regelung“ mit einbezogen. Die Regelgröße ist die sich laufend, in Abhängigkeit der Außentemperatur, ändernde Raumheizlast nach DIN 12831 (Forderung GEG §61).

12.) Genaue raumweise Heizverbrauchs-Erfassung von min. 92% möglich. Für die raumweise Bedarfsheizung ist die Erfassung der exakten Wassermenge, Vor- und Rücklauf-Temperatur eine Funktionsvoraussetzung. Der dadurch genau definierte Heizverbrauch wird der **transparenten Verbraucherinformation** zugeführt. Dadurch kann teilweise auf eine teure Heizkostenabrechnung verzichtet werden. Damit ist auch bei Gebäuden ohne Heizungs-Abrechnungspflicht (bei geringem spezifischen Heizbedarf) die Verbrauchsinformation möglich. Die Verbrauchsinformation verhindert den energieverschwendenden „Rebound-Effekt“.

13.) Nur dem Bedarf entsprechende Verbrauchswerte der Regelung sollen in die Gebäudeautomation. Nur die Verbrauchswerte einer bedarfsorientierten Beimisch-Regelung sollen raumweise in die Gebäudeautomation eingebunden werden. Verbrauchswerte inklusive der Verluste durch Überversorgung (derzeitiger Stand der Technik) führen zu keiner Effizienzsteigerung.

14.) Mindest-Energieeinsparung von 30% durch die bedarfsorientierte Beimisch-Regelung ist Voraussetzung. Diese Mindest-Energieeinsparung ist durch die bedarfsorientierte Beimisch-Regelung mit geschlossenem Wirkkreis nach DIN 19226 durch Vermeidung der Überversorgung möglich. Die 30%-Vorgabe ist eine Empfehlung, sie war auch bei der Validierung durch SPRIND eine Forderung an eine disruptive Innovation.

15.) Unterschiedliche Regelung zweier Heizkreise in einem Raum Voraussetzung. Zwei Heizkreise (Zonen) in einem großen Raum, sollen unterschiedlich geregelt werden können. Alle Funktionen, wie Höhe der spezifischen Wärmeabgabe (W/m^2) durch unterschiedliche Vorlauftemperatur, eingeschränkte Beheizung, prädiktive Regelung usw. müssen unabhängig voneinander geregelt werden können.

16.) Dezentrale, variable Bedarfs-Anforderung einzelner Räume. Besonders in der Übergangszeit bei Außentemperaturen um $+20^{\circ}C$ werden viele Räume

keine Wärme mehr anfordern, die Heizkreis-Pumpen schalten automatisch ab. Einzelne Räume wie z.B. Hobbyraum im Untergeschoss (ungünstige Lage mit Wärmeverlusten an das Erdreich und zu kalten Kellerräumen) müssen noch Wärme anfordern und in Betrieb bleiben.

17.) Genaue aktuelle Abfrage des individuell eingestellten Verbrauchs. Die Basiskennlinie entsprechend der errechneten Raumheizlast wird mit der individuellen Nutzerkennlinie (Komfort-Kennlinie) permanent verglichen und angezeigt.

18.) Mindestvolumenstrom im Heizwasser-Kreislauf ist Voraussetzung für gleichmäßigen störungsfreien Betrieb von Wärmepumpen.

Ein Mindestvolumenstrom verhindert Funktionsstörungen wie zu viele Start/Stop-Zyklen, unvollständige Abtauung und unnötige Alarmer.

Insbesondere bei der Zweipunkt-Steuerung der Drossel-Regelung, wenn alle Kreisventile gleichzeitig geschlossen sind.

Da während der Heizperiode immer Wärme aus dem Raum an die kältere Umgebung abfließt, ist das Mischventil der Regelung nie ganz geschlossen.

Dadurch wird die Forderung nach einem permanent offenen gebäudeseitigen Heizwasser-Kreislauf erfüllt.

19.) Prädiktive Regelung der Raumtemperatur als Reaktion auf Sperrzeiten.

Sperrzeit für Wärmepumpen sind in geregelt. Die Sperrzeiten in der Bundestarifordnung Elektrizität §7 BTOEl machen Sinn. Der Verbraucher kann mit Sondertarifen bei Akzeptanz der Sperrzeiten etwa 10-20% Stromkosten sparen.

Der §7 sieht vor, die Stromversorgung bei Wärmepumpenbetrieb in bivalent-alternativ betriebenen Heizungsanlagen (z.B. Heizkessel / Wärmepumpe) für 960 Stunden im Jahr zu unterbrechen. Bei monovalentem Betrieb kann der Strom innerhalb von 24 Stunden für 6 Stunden, maximal 2 Stunden im Stück, unterbrochen werden.

Nur eine stetige Regelung kann einen permanenten „vollen“ Ladezustand des Estrichs garantieren.

Sinnvollerweise, um Sperrzeiten durch den Verbraucher einkalkulieren zu können, geben manche Versorger die Unterbrechungen mit genauer Uhrzeit vor.

Hier wird raumweise in Abhängigkeit der Nutzung entweder prädiktiv „vorgeheizt“ oder nach der Betriebsunterbrechung über die raumweise Schnellaufheiz-Funktion das Komfortniveau schnell wieder erreicht.

20.) Optimale Auslegung der Wärmepumpe.

Optimale Größe der Wärmepumpe ist für einen späteren effizienten Betrieb, speziell für monovalenten Betrieb wichtig. Die Gebäudeheizlast nach DIN EN 12831, weist nur den Transmissions- und Lüftungswärmebedarf, ohne innere Wärmeverluste aus. Der Zuschlag für Brauchwarmwassererwärmung kann entfallen, wenn eine Warmwasser-Vorrangschaltung eingebaut ist.

21.) Optimale Vorlauftemperatur kann nur eine raumweise Bedarfsheizung garantieren. Bei Wärmepumpen wird die Arbeitszahl von der geforderten Vorlauftemperatur bestimmt.

Diese raumweise Bedarfsheizung gibt für jeden Raum die erforderliche Vorlauftemperatur in Abhängigkeit der Außentemperatur vor. Diese kann je nach Nutzung und Anforderung an das Raumklima raumweise variieren. Der Raum mit der momentan höchsten Vorlauftemperatur, mit der größten angeforderten Wärme bestimmt dann die maximale Vorlauftemperatur für die Wärmepumpe.

E.) DIE DROSSEL-REGELUNG FÜR FUSSBODENHEIZUNG ENTSPRICHT DER GEG2023 §61 und §63 NICHT:

Die GEG, seit 1976 (EnEG, EnEV) bis heute gültig, unterscheidet nicht zwischen Heizkörperheizungen und Fußbodenheizungen. Beide Systeme sind in Bezug auf die Wärmeabgabe absolut unterschiedlich und verhalten sich speziell im Kontext mit Energieeinsparung absolut konträr.

- I.) Die derzeit nach der GEG §61 und §63 gebauten Fußbodenheizungen sind nicht GEG-konform und müssen als geduldeter Ersatz eingestuft werden. Der Gesetzgeber muss auf die strikte Einhaltung der Gesetze bestehen.

Gesetzestext GEG §63:

GEG 2020 §63 Raumweise Regelung der Raumtemperatur.

*„Wird eine heiztechnische Anlage mit Wasser als Wärmeträger in ein Gebäude eingebaut, hat der Bauherr oder Eigentümer dafür Sorge zu tragen, dass die heiztechnische Anlage mit einer selbsttätig wirkenden Einrichtung zur raumweisen **Regelung** der **Raumtemperatur** ausgestattet ist“.*

Die jetzige Drossel-Regelung der Fußbodenheizung (Stand der Technik) ist weder eine **Regelung** noch kann die **Raumtemperatur** als Regelgröße gemessen und angewandt werden.

Die jetzige „Drossel-Regelung“ der Fußbodenheizung ist eine Zweipunkt-Steuerung und keine Regelung nach DIN 19226 mit geschlossenem Wirkkreis und Rückmeldung.

Die jetzige „Drossel-Regelung“ der Fußbodenheizung kann mit dem Raumfühler nur die örtliche **Luft-Temperatur** (20%) und nicht die geforderte **Raum-Temperatur** messen.

Maximal 20% der Wärme gibt die Fußbodenheizung über Konvektion an die Raum-Luft ab, das ist keine Regelgröße.

Der wesentliche Anteil der Wärmeabgabe erfolgt über elektromagnetische Strahlung (80%) an die Raumumschließungsflächen. Diese über Strahlung abgegebene Wärme kann mit dem Raumfühler nicht gemessen und in den Regelvorgang einbezogen werden. Es gibt praktisch keine Regelgröße.

Die jetzige „Drossel-Regelung“ der Fußbodenheizung entspricht nicht der Definition der DIN 19226:

Text DIN 19226:

*„Das Regeln, die **Regelung**, ist ein Vorgang, bei dem fortlaufend eine Größe, die Regelgröße (die zu regelnde Größe), erfasst und mit einer anderen Größe, der Führungsgröße, verglichen und im Sinne einer Angleichung an die Führungsgröße beeinflusst wird.*

Kennzeichen für das Regeln ist der geschlossene Wirkungsablauf, bei dem die Regelgröße im Wirkungskreis des Regelkreises fortlaufend sich selbst beeinflusst“.

*„Das Steuern, die **Steuerung**, ist ein Vorgang in einem System, bei dem eine oder mehrere Größen als Eingangsgrößen andere Größen als Ausgangsgrößen auf Grund der dem System eigentümlichen Gesetzmäßigkeiten beeinflussen.*

Kennzeichen für das Steuern ist der offene Wirkungsweg oder ein geschlossener Wirkungsweg, bei dem die durch die Eingangsgrößen beeinflussten Ausgangsgrößen nicht fortlaufend und nicht wieder über dieselben Eingangsgrößen auf sich selbst wirken“.

Die jetzige Drossel-Regelung misst die Luft-Temperatur und nicht die Raum-Temperatur. Das ist keine anwendbare Regelgröße einer Strahlungsheizung.

*„Die **Raumtemperatur** oder Innentemperatur, ist eine zusammenfassende Temperaturgröße aus der örtlichen Lufttemperatur und den Strahlungstemperaturen der einzelnen Umgebungsflächen“.*

Systembedingt misst der Raumthermostat der geforderten raumweisen Regelung nur die örtliche Luft-Temperatur des Raumes. Das ist nur für Heizkörperheizung richtig.

Der Raumfühler kann aber nur die Raumluft-Temperatur (20%) messen, ist daher für Fußbodenheizung als Strahlungs-Heizung (80%) nicht einsetzbar.

F.) GRÜNDE DER ÜBERVERSORGUNG:

Alle bei der Berechnung, Auslegung, Montage und Einregulierung der Heizungsanlage angenommenen Werte und durchgeführten Arbeiten führen zwangsläufig zu extremen Fehlfunktionen, die aber bei einer Strahlungsheizung hauptsächlich die Überversorgung, den „Eigenwärmeeintrag“, beeinflussen.

Die folgend aufgeführten Fehler, die alle durch menschliche Unzulänglichkeiten entstehen. Der Mensch muss hier durch „künstliche Intelligenz“ ersetzt werden:

Folgende prozentuale Abweichungen der rechnerischen Wärmeabgabe an den Raum sind den Auslegungstabellen für Fußbodenheizung entnommen.

Annahmen:

Auslegungs-Außentemperatur, 20°C Raumtemperatur, Bodenbelag Parket 0,10 m²K/W, Vorlauftemperatur 42°C, Spreizung 10K.

1.) Abweichende Verlegeabstände: Die Mehrleistung oder Überversorgung verschiedener Rohrabstände im Vergleich.

+ 12 % - RA 10 cm gibt mehr Wärme als **RA 20 cm** ab.

+ 31 % - RA 10 cm gibt mehr Wärme als **RA 30 cm** ab (Bestand).

2.) Abweichende Bodenbeläge: Mehr- oder Minderleistung unterschiedlicher Bodenbeläge.

- + 0 % - Parkett ($RI=0,10 \text{ m}^2\text{K/W}$) Planungsvorgabe DIN 1264.
- + 22 % - Fliesen/Keramik ($RI=0,05 \text{ m}^2\text{K/W}$) **mehr** Wärmeabgabe.
- 16 % - Teppich-Belag ($RI=0,15 \text{ m}^2\text{K/W}$) gibt **weniger** Wärmeabgabe.

3.) Fehlender hydraulischer Abgleich: Mehr- oder Minderleistung bei **von 10K abweichender Spreizung** (geplant) in Folge fehlendem hydraulischen Abgleich.

- + 0 % - bei **10K Spreizung** (Planungsvorgabe).
- + 18 % - **mehr Wärmeabgabe bei 5K Spreizung, zu viel** Heizwasser.
- 21 % - **weniger Wärmeabgabe bei 15K Spreizung, zu wenig** Heizwasser.

4.) Fehlende / falsche Einstellung der witterungsgeführten Regelung.

Vorlauf-Temperatur (GEG2023 §61) Auslegungstemperatur der Fußbodenheizung) muss exakt eingestellt werden. Folgende Überversorgung entsteht bei von + 42°C (Rechenbeispiel) abweichender Auslegungstemperatur.

- +0 % bei 42°C - Auslegungs-Temperatur (Beispiel oben).
- 19 % bei 39°C - **Vorlauf** (3 grd unter Auslegungstemperatur +42°C).
- + 18 % bei 45°C - **Vorlauf** (3 grd über 42°C)
- + 49 % bei 50°C - **Vorlauf** (8 grd über 42°C)
- + 98 % (!) bei 58°C – **Vorlauf** (16 grd über 42°C) entspricht unregelmäßigem Heizkreis für Frischwasserstation.

5.) Fehler in der DIN EN 12831 – Heizlastberechnung.

Die Heizlastberechnung nach DIN 12831 mit Wärmeverlusten durch Wohnungstrennwände zur Nebenwohnung mit abgesenkter Betriebsweise (aus Rechenbeispiel).

- +0 % - **ohne** Wohnungstrennwände (nicht DIN).
- + 72 % - **mit Wohnungs-Trennwänden (DIN).**
(Bild siehe unten und Fachbeiträge Heizungsjournal).

Bei Berechnung der Heizlast im Mehrfamilienhaus nach DIN 12831 ist diese Norm für die Berechnung der Fußbodenheizung, wegen der „Reserve-Heizlast“ der Wohnungstrennwände, bei Drossel-Regelung nicht geeignet. Bei der Auslegung der Fußbodenheizung ergibt sich – für alle Räume – ein totales Chaos. Allein dieser Raum trägt dazu bei, dass alle restlichen Räume im Gebäude falsch ausgelegt, einreguliert und gewaltig überdimensioniert sind.

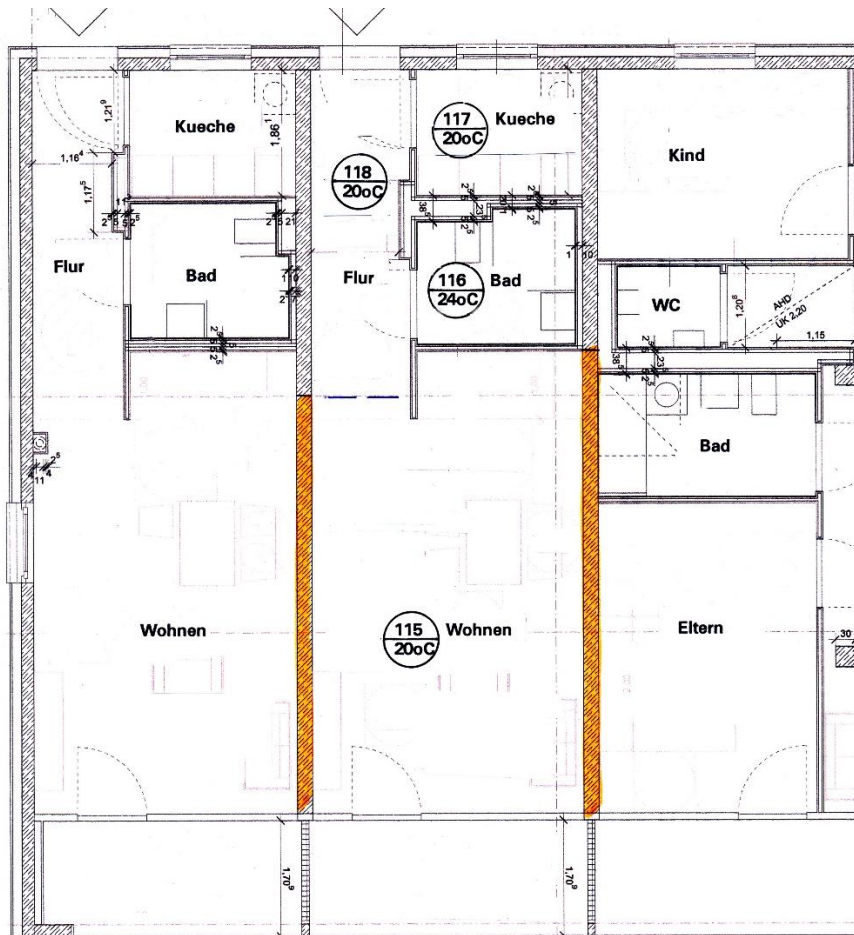


Bild. Raum 115 mit Wohnungstrennwänden (orange) zur eingeschränkt beheizten Nebenwohnung.

Auch die Auslegungstemperatur wird durch die höhere Schein-Raumheizlast angehoben, die Heizkurve ist falsch eingestellt und verursacht dadurch Energieverluste wie unter Punkt 4 beschrieben.

G.) ENERGIE - EINSARPOTENTIALE:

Es liegen (2020) noch keine konkreten Untersuchungen zu dem Energieeinsparpotential der Bedarfsheizung für die Fußbodenheizung vor, die die Drosselregelung als Angebotsheizung ersetzen soll.

Aus Simulationsstudien und Untersuchungen namhafter Institute kann man anhand der Eigenschaften dieser Regelungsart Werte zur Energieeinsparung – trotz jeweils unterschiedlicher Randbedingungen – vorsichtig ableiten.

- 1.) **15 %** - spart man durch den hydraulischen Abgleich (1.Optimus - Projekt (2006) und CO²online (2024)).
- 2.) **12,8 %** - Keine Überversorgung mit Heizwärme (bedarfsorientiert/adaptiv (Energiemanagement-System- Mitteilung 523 Fraunhofer-Institut IBP).
- 3.) **24 %** - Abgesenkter Betrieb auch tagsüber, dezentral mit Schnellaufheizen und Abwesenheitskennung (Mitteilung 527 Fraunhofer IBP/ VDI-Fachbereich TGA/Honeywell).
- 4.) **21 %** - System mit dezentralen Heizungsumwälzpumpen (Mitteilung 508 IBP-Fraunhofer).
- 5.) **5 %** - Dezentrale Verteilung Wohnungsflur/ keine Unkontrollierte Wärmeabgabe.
- 6.) **10 %** - Laufende Verbrauchsinformation / Submetering (Studie Ista / Dena).
- 7.) **10-20%** - Vermeidung des „Rebound-Effektes“ durch intelligente Regelung (Metrona-Sudie/OpEEr-Studie Hochschule für Technik Rapperswil CH).

Die hier genannten einzelnen energiesparenden Eigenschaften können bei verschiedenen Gebäudearten und Anlagentypen in unterschiedlichen Kombinationen auftreten.

Seit Februar 2023 liegen gesicherte Werte vor. Siehe Validierung der Beimisch-Regelung durch SPRIND - Bundesagentur für Sprunginnovationen vor:

<https://www.sprind.org/de/artikel/beimisch-regelung-fussbodenheizung/>

H.) ENERGIEEINSPARUNG UND CO²-REDUKTION IN DEUTSCHLAND + EUROPA:

Mögliche Energie-Einsparung im Gebäudebereich bei Neu- und Bestandsbauten durch eine innovative „intelligente Regelung“ der Fußbodenheizung.

Quelle: FfE - Forschungsstelle für Energiewirtschaft GmbH
Auszug aus der Validierung durch SPRIND, Bundesagentur für
Sprunginnovationen.

Die Umrechnung der **eingesparten Heizenergie** durch eine „intelligente Regelung“ der Fußbodenheizung auf **eingesparte elektrische Energie** erfolgt anhand der Nutzung von **Wärmepumpen** mit einer angenommenen **Jahresarbeitszahl (JAZ) von 3,0**.

Bei Elektro-Direktheizung, die vom BVF propagiert wird, benötigt die dreifache PV-Fläche und die dreifache Stückzahl Windenergieanlagen um die durch die jetzige Drossel-Regelung verschwendete Heizenergie zu erzeugen.

Umrechnungsfaktoren **Photovoltaik:**

Flächenspezifische Leistung: 50W/m²
1.025 Vollbenutzungsstunden / Jahr

Umrechnungsfaktoren **Windenergieanlagen (WEA):**

Gewählte Leistungsklasse WEA: 2,5 MW
1.886 Vollbenutzungsstunden / Jahr

EINSPARPOTENTIAL:

NEUBAUWOHNUNGEN die im Jahr 2020 gebaut wurden:

Nur die im **Jahr 2020** gebauten **275.760 Neubauwohnungen** mit Fußbodenheizung hätten folgendes Einsparpotential bei Einsatz einer „intelligenten Regelung“:

- Einsparung Endenergie: **549.138 MWh/a** möglich.
- Einsparung CO²e-Emission: **110.304 Tonnen/a** möglich
- Eingesparte Fläche Photovoltaik: **357 ha PV-Fläche/a**
- Eingesparte Windkraftanlagen: **39 Stück WEA/a**

BESTANDSWOHNUNGEN die von 1977 bis 2020 gebaut wurden:

Die in den Jahren **1977 bis 2020** gebauten **5.620.000 Bestands-Wohnungen** mit Fußbodenheizung hätten jedes Jahr etwa folgendes **Einsparpotential** bei Einsatz einer „intelligenten Regelung“:

- Einsparung Endenergie: **11.240.000 MWh/a.**
(2 MWh/a pro Wohnung).
- Einsparung CO²e-Emission: **5.620.000 Tonnen/a.**
(0,4 t/a CO²e Reduktion pro Wohnung)
- Eingesparte Fläche Photovoltaik: **7.304 ha PV-Fläche/a**
(357 x 20,46 = 7.304 – im Verhältnis zu 2020)
- Eingesparte Windkraftanlagen: **797 Stück WEA/a**
(39 x 20,46 = 797 – im Verhältnis zu 2020)

Bei Bestands-Wohnungen birgt die Nachrüstung der Fußbodenheizungs-Regelung ein **Riesenpotenzial an Energieeinsparung** von über 30%. Geringe Kosten für den Austausch der Regelung amortisieren sich innerhalb von zwei Jahren. Es wird kein Fachpersonal gebunden.

I.) NACHHALTIGKEIT UND WOHNUNGSWIRTSCHAFT:

Was ist Nachhaltigkeit:

Ein nachhaltiges Gebäude zeichnet sich durch hohe ökologische, ökonomische und sozio-kulturelle Qualitäten über den gesamten Lebenszyklus (50 Jahre) des Gebäudes aus.

Die **ökologische Qualität** beinhaltet Ressourcenschonung, Umweltschutz und Reduzierung des Gesamt-Energiebedarfs des Gebäudes.

Die **ökonomische Qualität**. Die Wirtschaftlichkeit des Gebäudes wird in allen Phasen des Lebenszyklus ökonomisch bewertet. Es sind nicht nur die Anschaffungs- und Baukosten, sondern hauptsächlich die Betriebskosten über 50 Jahre Lebenszyklus.

Die **soziale Qualität** dokumentiert hauptsächlich die Reduzierung des Energieverbrauchs und somit der Heizkosten um über 30%.

Nachhaltige Gebäude sind wirtschaftlich effizient, umweltfreundlich und sparen Ressourcen. Damit behalten nachhaltige Gebäude langfristig ihren hohen Wert für Investoren, Eigentümer und Nutzer.

J.) KOSTENEINSPARUNG FÜR NUTZER PRO WOHNUNG UND JAHR:

Werte in Euro/Jahr sind derzeit von den sich laufend geänderten Energiepreisen, CO²-Abgabe usw. seriös nicht darstellbar.

K.) ARBEITSPLÄTZE FÜR DEUTSCHLAND:

Durch mehrere Patente und Gebrauchsmuster geschützte Beimisch-Regelung als Input-Regelung einer Bedarfsheizung mit der Raumheizlast als Regelgröße kann der **Export von Anlagen / Systemen** zum Klimaschutz aus Deutschland nach Europa möglich.

L.) VORTEILE DURCH DAS NEUE REGELSYSTEM:

Es geht bei der Entscheidung zur Einführung des neuen Regel-Systems nicht um „kann“ oder „soll“, sondern um „muss“, weil es zu diesen Argumenten eigentlich keine Alternative gibt.

Die über 40 Jahre alte Drossel-Regelung (Stand der Technik), erfüllt weder die Forderungen der GEG2023 §61 und §63 entspricht, vergeudet über 30 % Energie und erfüllt in keinem Punkt die Forderungen an eine „intelligente Regelung“ (D.).

Außerdem steht ein gewaltiger Beitrag zum Klimaschutz im Vordergrund, die Reduzierung von CO² im Gebäudebereich in der Anlagentechnik.

Eventuelle Mehrkosten liegen beim Neubau unter € 1.500.-, im Bestand bei etwa € 2.500.-. Beim Neubau kann die zentrale Gebäuderegulung (GEG §61) wegfallen.

Bei der Montage / Austausch müssen keine Fachkräfte gebunden werden.

Gegenrechnung:

Bei Neubauten mit dezentraler Warmwasserbereitung über Frischwasserstationen, entfällt die zentrale außentemperaturgeführte Gebäuderegulierung für Fußbodenheizung. Die Wohnungsverteiler werden an dem ungeregelten Heizkreis für die Frischwasserstationen angeschlossen. Zu den hierfür eingesparten Material- und Montagekosten kommen noch weitere Einsparungen hinzu.

Der Installationsschacht in jeder Wohnung verkleinert sich um ca. 0,16 m². Bei € 8.000.-pro m² Wohnfläche ist das eine zusätzliche Einsparung von € 1.280.- pro Wohnung.

Ob energiesparende Maßnahmen momentan bezuschusst werden, hängt von der derzeitigen Politik ab.

ALLE BETEILIGTEN HABEN NUR VORTEILE:

MIETER: Spart etwa 30% Heizkosten und CO²-Abgabe.

INVESTOR: Steigert den Wert der Immobilie durch hohe Nachhaltigkeit und bessere Vermietbarkeit.

HERSTELLER: Erhöhen durch den Bau der neuen Regelung den Umsatz. Gleichzeitig werden neue Arbeitsplätze geschaffen (Export von Klimaschutz).

HEIZUNGSBAUER: Macht mehr Umsatz, hat keine Probleme mehr mit Berechnungen und Einregulier-Arbeiten.

PLANER: Hat weniger Arbeit mit Berechnungen und Planungsdetails. Die Bedarfsheizung erfordert nur die Raumheizlast nach DIN 12831. Der Planer hat auch keine Bauleitungs-Probleme mit Einregulier-Fehlern der Heizungsbauer.

BAUTRÄGER: Bekommt eine eventuell geringfügig teurere Heizungsanlage. Die Mehrkosten gibt er an den Käufer weiter. Er hat keine Probleme mehr mit Reklamationen nicht funktionierender Heizungen.

Alle möglichen Mehrkosten werden durch staatliche Subventionen zum Klimaschutz reduziert oder aufgehoben.

M.) STÜCKZAHLEN, BEDARF, UMSATZZAHLEN, KOSTEN:

- **275.760 NEUBAU – Zugebaute Wohnungen (WOE) Deutschland (2020):**

275.760 WOE/Jahr x 6 Heizkreise = **1.654.560 Heizkreise/Jahr**

- **5,8 Millionen zu sanierende BESTANDS – Wohnungen (WOE) Deutschland:**

5,8 Millionen WOE x 6 Heizkreise = **34,8 Millionen Heizkreise** stehen zur Sanierung an.

- **MÖGLICHE UMSATZZAHLEN HERSTELLER:**

Annahme:

Bei € 165.- Kosten pro Heizkreis für Armaturen, Ventile, Minipumpe und anteilige Steuerungselektronik.

165 Euro x 6 Heizkreise pro Wohnung = **Euro 990.-/Wohnung.**

- **NEUBAU Deutschland / Jahr:**

233.750 Wohnungen / Jahr x Euro 990.- = **231,41 Millionen Euro / Jahr.**

- **Sanierungsbedürftige BESTANDS-Wohnungen Deutschland:**

5,8 Millionen Wohnungen x Euro 990.- = **5.742,00 Millionen Euro.**

N.) STAATLICHE SUBVENTIONEN IN ZUKUNFT GESPART:

Zuschüsse für energiesparende Maßnahmen (Symptombekämpfung) die auf die ungeeignete Drossel-Regelung der Fußbodenheizung zurückzuführen sind.

O.) VERGLEICH ENERGIE-EINSPARUNG vs. REGENERATIVE ENERGIE-FORMEN:

Quelle: fFE - Forschungsstelle für Energiewirtschaft GmbH
Auszug aus der **Validierung durch SPRIND**, Bundesagentur für Sprunginnovationen.

Die Umrechnung der **eingesparten Heizenergie** durch eine „intelligente Regelung“ der Fußbodenheizung auf **eingesparte elektrische Energie** erfolgt anhand der Nutzung von **Wärmepumpen** mit einer angenommenen **Jahresarbeitszahl (JAZ) von 3,0**.

Die Strom-Direktheizung, die vom BMWK als „technologische Vielfalt“ eingestuft wurde, benötigt die dreifache PV-Fläche und die dreifache Stückzahl Windenergieanlagen, um die durch die jetzige Drossel-Regelung verschwendete Heizenergie zu erzeugen.

Umrechnungsfaktoren Photovoltaik angenommen:

Flächenspezifische Leistung: 50W/m², 1.025 Vollbenutzungstunden / Jahr

Umrechnungsfaktoren Windenergieanlagen (WEA):

Leistungsklasse WEA: 2,5 MW, 1.886 Vollbenutzungstunden / Jahr

EINSPARPOTENTIAL:

Die im **Jahr 2020** zugebauten **275.760 Neubauwohnungen** mit Fußbodenheizung hätten mit „intelligenten Regelung“ folgendes Einsparpotential:

- Einsparung Endenergie: **549.138 MWh/a**
- Einsparung CO²e-Emission: **110.304 Tonnen/a**
- Eingesparte Fläche Photovoltaik: **357 ha PV-Fläche/a**
- Eingesparte Windkraftanlagen: **39 Stück WEA/a**

Die von **1977 bis 2020** gebauten **5.620.000 Bestandswohnungen** mit Fußbodenheizung hätten nach einer Sanierung mit einer „intelligenten Regelung“, jedes Jahr etwa folgendes Einsparpotential:

- Einsparung Endenergie: **11.240.000 MWh/a.**
- Einsparung CO²e-Emission: **5.620.000 Tonnen/a.**
- Eingesparte Fläche Photovoltaik: **7.304 ha PV-Fläche/a**
- Eingesparte Windkraftanlagen: **797 Stück WEA/a**

Bei Bestands-Wohnungen birgt die Nachrüstung der Fußbodenheizungs-Regelung ein **Riesenpotenzial an Energieeinsparung** von über 30%. Geringe Kosten für den Austausch der Regelung amortisieren sich innerhalb von zwei Jahren. Es wird kein Fachpersonal gebunden.

P.) QUALITATIVE UND QUANTITATIVE UNTERSUCHUNG DIESER AUSSAGEN IST VORAUSSETZUNG:

Alle o.a. Angaben müssten von zwei unabhängigen Instituten und Hochschulen qualitativ und quantitativ mit den entsprechenden Verfahren und Simulationen untersucht werden. Nur damit kann der Wert und die Wertigkeit dieser Erfindung dargestellt werden.

Dadurch können innovative Technologien der Praxis zugeführt werden.

Deutschland sind über Jahrzehnte bis heute nur Strategien und Ziele zum Erreichen des Klimaschutzes entwickelt worden.

Jetzt gibt es eine Lösung mit dieser Innovation einen konkreten Beitrag zum Klimaschutz - durch Energieeinsparung im Gebäudebereich - zu leisten.

Q.) FACHBEITRÄGE ZU DIESEM THEMA:

Seit Februar 2023 ist die Validierung der patentierten Beimisch-Regelung durch SPRIND - Bundesagentur für Sprunginnovationen veröffentlicht und unter folgendem Link abrufbar:

<https://www.sprind.org/de/artikel/beimisch-regelung-fussbodenheizung/>

Zu diesem Thema sind im heizungsjournal – Fachmagazin für technologieoffene Energiesysteme und Erneuerbare Energien, folgende Beiträge erschienen:

- Fußbodenheizungen bedarfsorientiert regeln – Teil 1: Mit der Norm am Bedarf vorbei (Ausgabe 12/2017), <https://tga.li/HDu>
- Fußbodenheizungen bedarfsorientiert regeln – Teil 2: Beimischen statt (er)drosseln (Ausgabe 1-2/2018), <https://tga.li/3aO>
- Zeit zu handeln- Performance von Fußbodenheizungen verbessern (Ausgabe 3/2019), <https://tga.li/nLm>
- Der Markt ist reif für Veränderung – Bedarfsheizung, Teil 1: Analyse des Regel- und Wirkkreises „Fußbodenheizung“ (Ausgabe 7-8/2020), <https://tga.li/kfm>

- (K)Eine Lösung für Kunden von heute – Bedarfsheizung, Teil2: Überversorgte Fußbodenheizungen als „Effizienzkiller“ (Ausgabe 9/2020), <https://tga.li/e2W>
- Weitere

Wird fortgeschrieben (Stand 14.2.2024)