

WHITEPAPER 2 / 2022

Verfasser: Peter Gabanyi Dipl.Ing.(FH)

Energie und Versorgungstechnik

thermocon@t-online.de 8.06.2022

Die GEG muss den systemspezifischen Eigenschaften der Fußbodenheizung mit Drossel-Regelung (Stand der Technik) angepasst werden – oder umgekehrt.

I. Zusammenfassung.

1. Das Ziel der GEG, Energie zu sparen wird bei Fußbodenheizungs-Anlagen massiv verfehlt.

Die EnEV bzw. die GEG2020 unterscheiden nicht zwischen Heizkörper- und Fußbodenheizung. Diese beiden Heizungs-Systeme (Stand der Technik) haben völlig unterschiedliche Eigenschaften.

Bei der Fußbodenheizung fördert die GEG sogar eine massive Energievergeudung.

§61: Die „zentrale selbsttätig wirkende Einrichtung zur Verringerung und Abschaltung der Wärmezufuhr“ **muss** für Fußbodenheizung ausschließlich über Außentemperatur als Führungsgröße erfolgen.

§63: Die heiztechnische Anlage muss „mit einer selbsttätig wirkenden Einrichtung zur raumweisen Regelung der Raumtemperatur ausgestattet sein“.

Der derzeit eingesetzte Zwei-Punkt-Regler für Fußbodenheizung (Stand der Technik) ist keine Regelung nach DIN 19226 [1], sondern eine vierzig Jahre alte Steuerung [2]. Derzeit gibt es keine Raumtemperatur-

Regelung für Fußbodenheizung auf dem Markt, die der DIN 19226 (geschlossener Wirkkreis) entspricht und die Forderungen an eine „intelligente Regelung“ [6] erfüllt.

§63: In Zukunft muss, um Energie zu sparen, keine Steuerung, sondern eine echte Regelung der Raumtemperatur mit geschlossenem Wirkkreis, eine „intelligente Regelung“ vom Gesetzgeber vorgeschrieben werden. Die intelligente Regelung ist ein neues Regelsystem eine „Bedarfsheizung“, keine Weiterentwicklung der Drossel-Regelung.

II. Inhaltsverzeichnis:

I. Zusammenfassung

1. Das Ziel der GEG, Energie zu sparen wird bei Fußbodenheizungs-Anlagen massiv verfehlt.

II. Inhaltsverzeichnis

1. Drossel-Regelung / Allgemeiner Wissensstand über Fußbodenheizung.

III. Einleitung

1. Geschichtlicher Hintergrund zur GEG 2020

IV. Hauptteil

1. Geschichtlicher Hintergrund zur GEG 2020.
2. Zusammenfassung der einschlägigen Paragraphen.
3. Worauf es bei der Regelung noch ankommt.
4. Wärmetransport - Unterschied zwischen Heizkörper- und Fußboden-Heizung.
5. Die Raum-Luft-Temperatur ist kein Maß für die Wärmeabgabe des Bodens bei Fußbodenheizung.
6. Die Wärmeabgabe des Bodens ist nicht proportional zur Oberflächentemperatur der Abstrahlfläche.
7. Das Problem der Angebotsheizung [1]:
8. Gründe der Überversorgung:
9. Die Lösung, eine echte Regelung für Fußbodenheizung:
10. Kaskaden-Regelung der Beimisch-Regelung als Bedarfsheizung [2].
11. Die Forderungen an eine „intelligente Regelung“ [6] für Fußbodenheizung:

V. Fazit

VII. Anhang

III. Einleitung

1. Drossel-Regelung / Allgemeiner Wissensstand über Fußbodenheizung.

Nach jahrelangen Prognosen, Zielen und Strategien der Politik und der Funktionäre, sind jetzt die Ingenieure gefordert praktikable Lösungen zu liefern.

Der TGA-Ingenieur muss bei jeder Planung den Satz: „...die Anlage ist nach dem neuesten Stand der Technik, unter Einbeziehung aller einschlägigen DIN-Normen und Vorschriften ausgeführt“ unterschreiben.

Da beginnt das Problem: Die DIN-Normen und Vorschriften sind mit dem „Stand der Technik“ nicht kompatibel. Wer ist schuld, wer macht und überwacht diese Normen und Vorschriften?

Oder passt die alte Technik nichtmehr zu den DIN-Normen?

Die Lösung, die Energieeffizienzsteigerung in dem Gebäudebereich zu steigern, ist in der mittelalterlichen Regelung der Fußbodenheizung zu suchen.

Heizkörper- und Fußbodenheizungen mit der gleichen Regelung aussatten ist fachlich grotesk, weil beide Systeme völlig unterschiedliche Eigenschaften haben.

Allgemeiner Wissensstand verhindert diese Lösung zu erkennen.

Eine frühe allgemeine Aussage zum Unterschied zwischen beiden Heizungssystemen war: „Die Fußbodenheizung hat im Vergleich zum Heizkörper eine größere Heizfläche und kommt deswegen mit einer niedrigeren Heizwassertemperatur aus. Das verbessert den Wirkungsgrad des Wärmeerzeugers“.

Das ist falsch, trotzdem ist diese Meinung, die über Jahrzehnten weiter kolportiert wurde, bis heute auch bei TGA-Fachleuten und Hütern der Normen und Vorschriften, häufig allgemeiner Wissensstand.

Warum soll über Verbesserungen nachgedacht werden, die Fußbodenheizung ist immer warm geworden, der Bauherr war zufrieden.

Scheinbar ist alles gut.

Der Grund für die chronisch unkontrollierte Überversorgung der Fußbodenheizung mit Drossel-Regelung (Stand der Technik) als Energiekiller, wird nicht verstanden

oder ignoriert. Das Thema ist bekannt, in vielen Fachbeiträgen der letzten vier Jahre wurde immer wieder auf diese Problematik hingewiesen.

Zuständige Ministerien, Verbände und Politiker haben auf direkte, schriftliche Hinweise zu diesem Missstand gar nicht reagiert.

Nichts ist gut,

im Gegenteil, das Thema muss auf den Tisch und darf nicht mehr ignoriert oder totgeschwiegen werden, wir können uns die Energiekosten nicht leisten. Von den Protagonisten ist natürlich mit Widerstand zu rechnen, weil jede mögliche neue Lösung, Veränderung bedeutet die nicht erwünscht ist.

Die Wirklichkeit sieht ganz anders aus:

Diese systematischen Unterschiede, die völlig unterschiedlichen Eigenschaften beider Systeme sind bisher auch niemandem unserer „behördlichen Energiesparverwalter“ und deren externe Berater aufgefallen.

IV. Hauptteil

1. Geschichtlicher Hintergrund zur GEG 2020

Die Heizungsanlagen-Verordnung 1978 bis zur GEG 2020 nimmt auf die unterschiedlichen systembedingten Eigenschaften der Fußboden-Heizung keine Rücksicht.

Für Heizkörperheizungen funktioniert die Drossel-Regelung perfekt, für Fußbodenheizung ist sie ein Garant für Energievergeudung durch gesetzlich reglementierte und tolerierte Überversorgung.

Heizungsanlagenverordnung von 1978 - Text-Auszug

§ 7

Einrichtungen zur Steuerung und Regelung

- (1) Zentralheizungen sind mit **zentralen selbsttätig wirkenden Einrichtungen** zur Beeinflussung der Wärmezufuhr in Abhängigkeit **von einem Zeitprogramm und der Witterung** auszustatten. Bei Zentralheizungen für nicht mehr als zwei Wohnungen sind zur Vorlauf-Temperaturregelung Handsteuerungen oder selbsttätig wirkende Einrichtungen, die von einer anderen Führungsgröße als der Witterung gesteuert werden, zulässig.
- (2) Heizungstechnische Anlagen sind mit **Einrichtungen zur thermostatischen Einzelraumregelung** auszustatten; für Raumgruppen gleicher Art und Nutzung in Nichtwohnbauten ist Gruppenregelung zulässig. Dies gilt nicht für Einzelheizgeräte, die zum Betrieb mit festen oder flüssigen Brennstoffen eingerichtet sind, für Einzelräume mit einer Fläche von weniger als 8 m² sowie für Fußbodenheizungen.
- (3) Zentralheizungen sind mit Einrichtungen zur raumweisen Anpassung der Wärmeleistung an den Wärmebedarf auszustatten.

42 Jahre und 12 Auflagen später, keine Veränderung.

Die einschlägigen Paragraphen der 1.Heizungsanlagenverordnung von 1978 sind nach 42 Jahren und 12 neuen Auflagen in der GEG2020 sinngemäß unverändert geblieben.

Die Heizungsanlagenverordnung wurde 1982, 1989, 1994, 1998 und die Folgeverordnung EnEV wurde 2002, 2004, 2007, 2009, 2014, 2019 durch die GEG2020 ersetzt.

GEG 2020 - 42 Jahre später- Auch im folgenden Text gibt es keine Anpassung an die systemspezifischen Eigenschaften der Fußbodenheizung.

§ 61

Verringerung und Abschaltung der Wärmezufuhr sowie Ein- und Ausschaltung elektrischer Antriebe

- (1) Wird eine Zentralheizung in ein Gebäude eingebaut, hat der Bauherr oder der Eigentümer dafür Sorge zu tragen, **dass die Zentralheizung mit zentralen selbsttätig wirkenden Einrichtungen zur Verringerung und Abschaltung der Wärmezufuhr** sowie zur Ein- und Ausschaltung elektrischer Antriebe ausgestattet ist. Die Regelung der Wärmezufuhr sowie der elektrischen Antriebe im Sinne von Satz 1 erfolgt in Abhängigkeit von
1. **der Außentemperatur oder einer anderen geeigneten Führungsgröße und**
 2. **der Zeit.**

§ 63

Raumweise Regelung der Raumtemperatur

- (1) Wird eine heizungstechnische Anlage mit Wasser als Wärmeträger in ein Gebäude eingebaut, hat der Bauherr oder der Eigentümer dafür Sorge zu tragen, **dass die heizungstechnische Anlage mit einer selbsttätig wirkenden Einrichtung zur raumweisen Regelung der Raumtemperatur** ausgestattet ist. Satz 1 ist nicht anzuwenden auf
1. eine Fußbodenheizung in Räumen mit weniger als sechs Quadratmetern Nutzfläche oder
 2. ein Einzelheizgerät, das zum Betrieb mit festen oder flüssigen Brennstoffen eingerichtet ist.

2. Zusammenfassung der einschlägigen Paragraphen:

§61 Zentrale Gebäuderegelung.

Hier ist eine „zentrale selbsttätig wirkende Einrichtung zur Verringerung oder Abschaltung der Wärmezufuhr über Außentemperatur oder einer anderen geeigneten Führungsgröße“ oder „über Zeit“ gefordert.

Diese Begriffe sind auf die Heizkörperheizung bezogen, auch schon 1978. Damals gab es die Fußbodenheizung als Vollheizung noch nicht, weil die damaligen Raumheizlasten von 150 W/m^2 noch nicht gedeckt werden konnten.

- **§61**, hier muss die zentrale Außentemperatur-Regelung alternativlos verpflichtend sein. Das ist die einzige Möglichkeit um die Überversorgung durch die ungenügende, raumweise Temperatur-Regelung einigermaßen zu kontrollieren.
- **§61**, Eine Regelung der Fußbodenheizung „über Zeit“ mit notwendiger Festwerteinstellung ist purer Unsinn **[7]**
- **§61**, hier geht auch die Referenzraumlösung nicht, da die systembedingt ungenaue Messung im Referenzraum für die nachgeschalteten Räume noch ungenauer wird.

§63 Raumweise Temperaturregelung.

- **§63**, hier wird eine „selbsttätig wirkende Einrichtung zur raumweisen Regelung der Raumtemperatur“ gefordert.

- **§63**, Die jetzige Drossel-Regelung der Fußbodenheizung (Stand der Technik) ist eine 2-Punkt-Steuerung mit offenem Wirkkreis, keine Regelung.

Siehe Definition / Begriff „Regelung / Steuerung“ [1] und [2] im Anhang.

- **§63**, Die Raumtemperatur [3] kann mit dem Raumthermostaten / Fühler nicht ausreichend genau gemessen werden. Dieser erfasst nur die Temperatur der Raum-Luft (20% Konvektion).

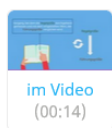
Siehe Definition / Begriff „Raumtemperatur“ [5]

Sie entspricht nicht einer Regelung [3] nach DIN 19226

3. Worauf es bei der Regelung noch ankommt:

Wie in der anschließenden Ausführung von „studyflix“ beschrieben, hat nur die Regelung im Vergleich zur Steuerung u.a. eine **„Rückkopplung“**.

Diese unterscheidet nicht nur die „Steuerung“ von der „Regelung“, sondern ist die entscheidende Voraussetzung für eine „intelligente Regelung“.



Regelkreis Definition

Bevor wir uns den Aufbau eines Regelkreises näher ansehen, müssen wir erstmal wissen was „Regeln“ bedeutet. Laut Definition handelt es sich um einen Vorgang, bei dem unsere **Regelgröße** durchgehend gemessen und mit unserem eingestellten Wert, der **Führungsgröße**, verglichen wird. Im Anschluss wird die Regelgröße an die Führungsgröße angepasst. Die Regelgröße beschreibt dabei jene Größe, die wir durch die Regelung gezielt konstant oder veränderlich halten wollen.

Die Regelungsgröße bei einem Tempomat eines Autos ist beispielsweise die Geschwindigkeit.

Schauen wir uns nun an, was es mit dem Regelkreis auf sich hat.

Merke

Die DIN19226 besagt: „Das wesentliche Merkmal des Regelkreises ist die **Rückkopplung** von Informationen.“ Der Unterschied zur Steuerung ist also, dass wir dem System bei der Regelung eine Rückmeldung durch die Rückkopplung geben.

Auszug „Regelkreis: Definition, Blockschaltbild & Beispiel“ – studyflix.de

Laut §63 wird eine Raumtemperatur-Regelung gefordert. Wie soll die „Regelgröße“, die die Raumtemperatur bei einer Verzugszeit der trägen Fußbodenheizung von über 6 Stunden fortlaufend erfasst, mit der „Führungsgröße“ verglichen und angepasst werden. Hier findet keine „Rückkopplung“ statt, es ist kein geschlossener Wirkkreis, also keine Regelung, sondern eine Steuerung.

4. Wärmetransport - Unterschied zwischen Heizkörper- und / Fußboden-Heizung.

Zwei Heizungssysteme, gleiche GEG. Im Folgenden werden systembedingte Unterschiede zwischen Heizkörper- und Fußbodenheizung dargestellt.

Stufen des Wärmetransports aus dem Heizwasser an den Raum.

Heizkörper:

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

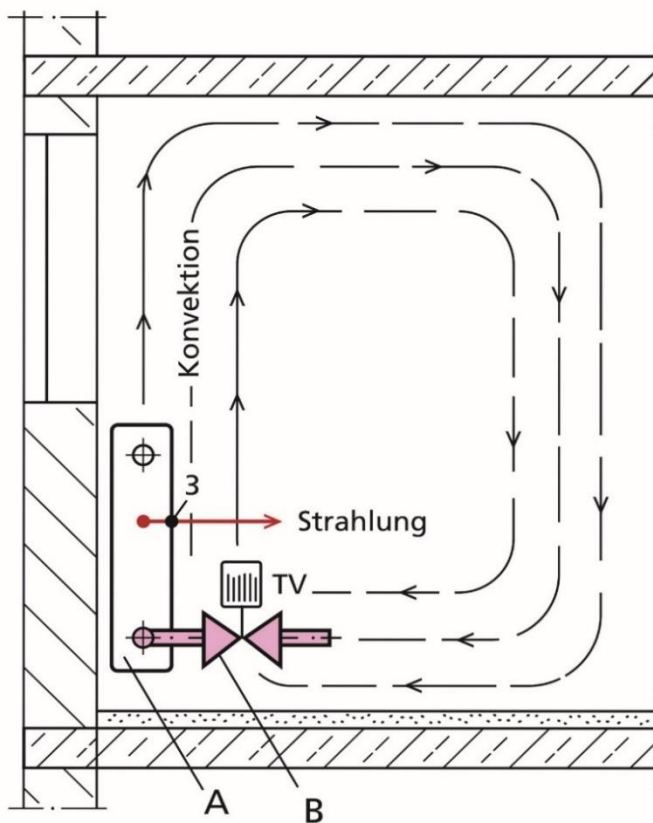


BILD 1 – Schema Heizkörperheizung

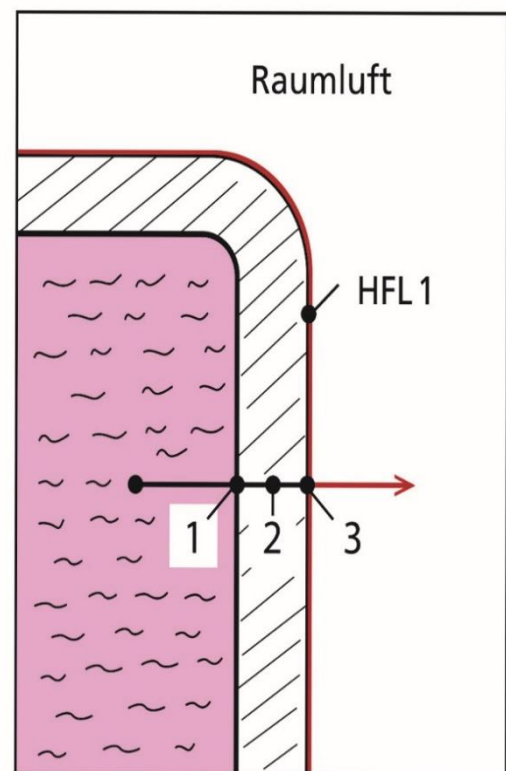


Bild 2 – Schnitt durch Heizkörper

1. Stufe: Übergang Heizwasser → Blech (definiert – Thermodynamik)
2. Stufe: Leitung Blech (definiert – Thermodynamik)

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

Die hauptsächlich konvektiv aufgeheizte Raumluft beeinflusst Thermostatventil (TV) Garantierte Luftbewegung im Raum, Thermostatventil immer im Luftstrom.

Bei **Heizkörperheizung** entspricht die Drossel-Regelung der DIN 19226, Regelsystem mit geschlossenem Wirkkreis.

Fußbodenheizung:

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

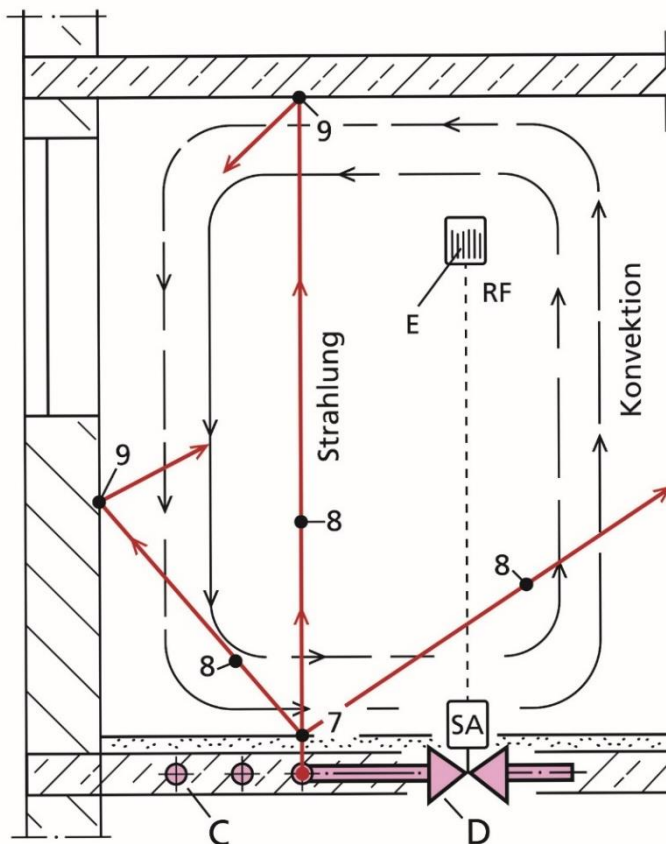


Bild 4 – Schnitt durch Fußboden

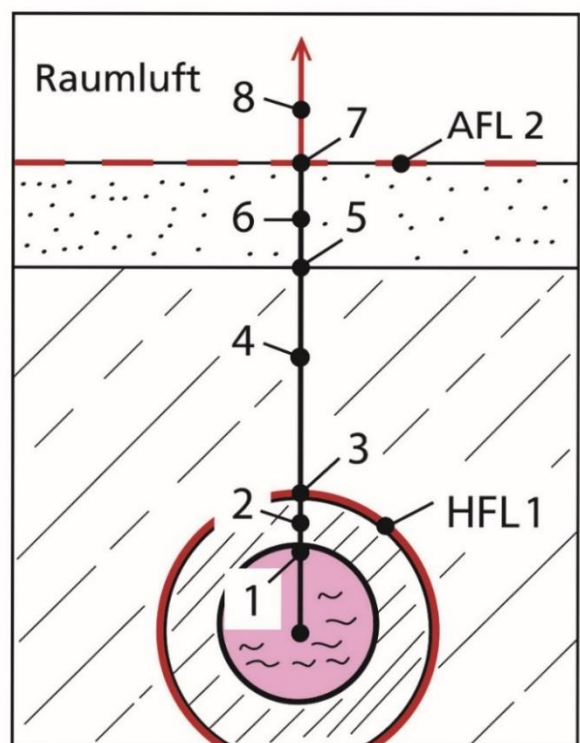


BILD 3 – Schema Fußbodenheizung

1. **Stufe:** Übergang Heizwasser → Kunststoffrohr (definiert - Thermodynamik)
2. **Stufe:** Leitung Rohrwandung (definiert – Thermodynamik)
3. **Stufe:** Übergang Rohroberfläche → Estrich = **Heizfläche (HFL 1)** (definiert – Thermodynamik)
4. **Stufe:** Leitung Estrich (definiert – Thermodynamik)
5. **Stufe:** Übergang Estrich → Oberboden / Bodenbelag (Problematisch / Undefiniert- Thermodynamik). Der Oberboden ist leider nicht immer mit dem Heizestrich fest verklebt.
6. **Stufe:** Leitung Bodenbelag (Undefiniert - Thermodynamik)
Vorgegebener Wärmedurchgangswiderstand, abweichend von 0,10 m²K/W (DIN EN 1264-3) ist nicht gewährleistet.

Bodenoberfläche = Abstrahlfläche (AFL 2) nicht Heizfläche !

7. **Stufe:** Übergang Bodenoberfläche → Abstrahlung (Undefiniert - Quantenmechanik)
8. **Stufe:** Emission der 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 soll von Raumfühler (RF) gemessen werden. (Undefiniert – Thermodynamik).

Bei **Fußbodenheizung** ist die Drossel-Regelung ist eine 2-Punkt-Steuerung, keine Regelung. Sie entspricht nicht einer Raumtemperatur-Regelung nach DIN 19226 und der GEG2020 §63. Kein geschlossener Wirkkreis.

5. Die Raum-Luft-Temperatur ist kein Maß für die Wärmeabgabe des Bodens bei Fußbodenheizung.

Nur etwa 20% der abgegebenen Wärme des Bodens wird über Konvektion an die Raum-Luft abgegeben. Da beginnt das Problem, die Raumluft als „Regelgröße“ anzunehmen.

Der Raumfühler:

Der Raumfühler misst die Luft-Temperatur, nicht die operative Raumtemperatur, die sich aus Luft-Temperatur und der Temperatur der Raumumschließungsflächen zusammensetzt.

Der Raumfühler liegt oft nicht oder nur teilweise im Luftstrom der sich konvektiv aufgeheizten „bewegenden Luftwalze“, sofern überhaupt vorhanden (Problem 3)

Aufheizen der Raumluft:

Das konvektive Aufheizen ist das nächste Problem. Die Raumluft, die zur „Luftwalze“ wird, ist auf unterschiedliche Raumzonen mit unterschiedlicher Temperatur und Dichte zurückzuführen. Durch Bewegung wird die Raumluft an wärmeren Raumumschließungsflächen konvektiv aufgeheizt.

Bei Fußbodenheizung liegt der Anteil der konvektiven Lufterwärmung bei etwa 20% der Wärmeabgabe an den Raum.

Die Hälfte der konvektiv aufgeheizten Raumluft wird das Opfer des geforderten 0,5-fachen Mindest-Luftwechsels. Jede Stunde wird das halbe Raumvolumen durch kalte Außenluft ersetzt.

Trotz unsicherer Messung soll die Temperatur der konvektiv aufgeheizten Raumluft die Regelgröße für die Drossel-Regelung der Fußbodenheizung sein. Der etwa 80%ige Strahlungsanteil wird direkt nicht berücksichtigt. Das ist paradox im Zeitalter der Digitaltechnik und künstlicher Intelligenz.

6. Die Wärmeabgabe des Bodens ist nicht proportional zur Oberflächentemperatur der Abstrahlfläche.

Das folgende Beispiel aus einem Sachverständigen-Gutachten bringt den Beweis:

Ein eklatantes Beispiel ist dieser Reklamationsbericht:

Reklamationsgrund:

Fußbodenheizung - das Badezimmer wird nicht warm.

Bestandsuntersuchung:

Einfamilienhaus bei München, Einfamilienhaus, gehobener Standard, Neubau, erste Heizperiode, Februar 1975. Bauweise: Außenwände 30 HLZ, Fenster Isolierglas $U=2,5 \text{ W/m}^2\text{K}$

Raum: Badezimmer, 11m^2 , Fliesenboden, Heizlast etwa 150 W/m^2 .

Gemessen: Außentemperatur etwa -15°C , Raumlufttemperatur etwa $+17^\circ\text{C}$, Boden kalt, Vorlauf Bad etwa 60°C , Rücklauf etwa 45°C . Beide Ventile, Vor- und Rücklauf waren komplett offen.

Das war der Beweis, dass der Heizkreis Wärme abgibt, trotzdem ist der Boden und die Raumluft kalt.

Analyse:

Alle Möglichkeiten wurden untersucht, keine Fehler an der Fußbodenheizungsanlage gefunden.

Auffällig war, dass nach ergebnisloser Suche der Messkoffer [2] des Gutachters, der auf dem Boden lag, an der Unterseite etwa 35°C warm war.

Das war der Beweis, dass der Boden Wärme abstrahlt. Auf die Spreizung bezogen sogar eine ganze Menge.

Der Grund lag daran, dass die Decke über dem Bad zum belüfteten Dachraum noch nicht isoliert war.

Wieso war der Boden kalt:

Die geflieste Bodenoberfläche [7] (Abstrahlfläche nicht Heizfläche) strahlt [8] die extrem kalte Decke (Absorptionsfläche) [9] (Quantenmechanik) an. Diese leitet die Wärme durch die Decke (Thermodynamik) direkt an die Außenluft im Dachraum ab.

Die Wärmeabgabe der Decke an den Dachraum war so stark, dass der Fußboden die Wärme gar nicht „nachliefern“ konnte. Deswegen ist der Boden kalt.

Aus Punkt 6. können folgende Thesen abgeleitet werden:

1. Die Bodenoberflächen-Temperatur ist kein Maß für die Wärmeabgabe des Bodens.
In dem Formelwerk zur Auslegung der Fußbodenheizung wird eine direkte Abhängigkeit zwischen Wärmeabgabe und Oberflächentemperatur aufgezeigt.
2. Die Temperatur der Raumlufte, die sich an den Raumumschließungs-Flächen konvektiv aufheizen soll, steht somit auch in keinem Verhältnis zur Wärmeabgabe an den Raum.
3. Der Raumfühler hat in diesem Fall gar keine Funktion. Der Stellantrieb ist immer offen.
4. Die Wärme wird im Raum gar nicht wirksam. Die Energievergeudung ist enorm groß.
5. Die Messung der Luft-Temperatur im Raum zur Regelung der Raumtemperatur einzusetzen ist bei Fußbodenheizung purer Unsinn.

Das was bei der Heizkörperheizung perfekt funktioniert, die Drossel-Regelung mit Raumthermostat, ist für die Fußbodenheizung nicht anwendbar. Vor 45 Jahren gab es keine technische Alternative. Heute stellt diese alte Lösung allen Fachleuten ein Armutszeugnis aus.

7. Das Problem der Angebotsheizung [1]:

Die Fußbodenheizung mit Drossel-Regelung ist eine Angebotsheizung
Hier wird, eine perfekte Berechnung und Auslegung sowie eine richtige Einstellung aller erforderlichen Parameter der Anlage vorausgesetzt.
Auch eine bauphysikalische Gebäudeertüchtigung oder z.B. neue Bodenbeläge/Teppiche erfordern eine neue Einregulierung der Anlage.

Eine neue Einregulierung passiert in der Praxis erfahrungsgemäß nicht. Die Folge ist eine systembedingte Überversorgung.

Die wegen der Überversorgung leicht überhöhte Oberflächen-Temperatur der Abstrahlfläche „Boden“ verursacht nur eine geringe „Komforteinbuße“, allerdings mit massiver Energievergeudung.

Die Abstrahlleistung steigt in der vierten Potenz zur Oberflächentemperatur.

8. 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.

In welchem Verhältnis die Werte der Überversorgung zu konkreten Verbrauchszahlen stehen ist auch aus der einschlägigen Lektüre nicht eindeutig beschrieben.

Die folgend aufgeführten Fehler, entstehen durch falsche/fehlende Berechnungen und fehlende Einregulierarbeiten.

Annahmen:

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

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

1.) Abweichende Verlegeabstände:

+ 12 % im Neubau – RA 10 statt RA 20 cm

+ 31 % im Bestand – RA 10 statt RA 30 cm

2.) Abweichende Bodenbeläge:

+ **22 %** bei Fliesen (0,05 m²K/W).

0 % bei Parkett (0,10 m²K/W).

- **16 %** bei Teppich (0,15 m²K/W).

3.) Fehlender hydraulischer Abgleich:

+ **18 %** bei zu viel Heizwasser – 5K Spreizung.

0 % bei errechneter Heizwassermenge – 10K Spreizung.

- **21 %** bei zu wenig Heizwasser - 15K Spreizung.

4.) Fehlende / falsche Einstellung der witterungsgeführten Regelung.

Vorlauf-Temperatur (Auslegungstemperatur der Fußbodenheizung) muss exakt eingestellt werden.

+ **98 % (!)** bei 58°C – **ungeregelter Vorlauf** Wohnungsstation WWB

+ **49 %** bei 50°C - Vorlauf

+ **18 %** bei 45°C - Vorlauf

0 % bei 42°C - Auslegungs-Temperatur (Beispiel oben).

- **19 %** bei 39°C - Vorlauf

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

Die Heizlastberechnung nach DIN mit Wohnungstrennwänden ist für die träge Fußbodenheizung mit Drossel-Regelung als Angebotsheizung nicht geeignet.

0 % Rechenbeispiel Heizlast ohne Wohnungstrennwände (nicht DIN).

+ **72 %** Rechenbeispiel Wohnzimmer mit Wohnungs-Trennwänden (DIN)

(Rechenbeispiel zu 5.) Siehe Fachbeitrag im „heizungsjournal" 9 / 2020).

Bemerkung:

Diese **Heizlastberechnung ist nach DIN EN 12831 (5)** richtig gerechnet.

Die DIN-Norm ist für die Drossel-Regelung der Fußbodenheizung – mit den Reserven - nicht geeignet. Die Reserven sind aber eine Forderung der „intelligenten Regelung“. Wegen der systembedingten gleichen Vorlauf-Temperatur für alle Räume ergibt sich ein hydraulisches Chaos. Allein dieser Raum

mit zwei Wohnungstrennwänden trägt dazu bei, dass alle restlichen Räume im Gebäude falsch ausgelegt, einreguliert und gewaltig überdimensioniert sind.

Bei wärmeren Außentemperaturen während der Heizperiode können noch größere prozentuale Abweichungen entstehen.

Es handelt sich bei allen Punkten um „menschliche Unzulänglichkeiten“, die durch künstliche Intelligenz ersetzt werden muss.

Der **hydraulische Abgleich (3)** ist, wie aus der Aufstellung mit 18% Überversorgung zu erkennen ist, vergleichsweise unwichtig. Trotzdem wird er von der Industrie gefördert, weil damit Geld zu verdienen ist.

9. Die Lösung, eine „echte Regelung“ für Fußbodenheizung:

Auf die Beimisch-Regelung [6] als Bedarfsheizung mit Kaskaden-Regelung nach DIN 19226 soll hier nicht näher eingegangen werden.

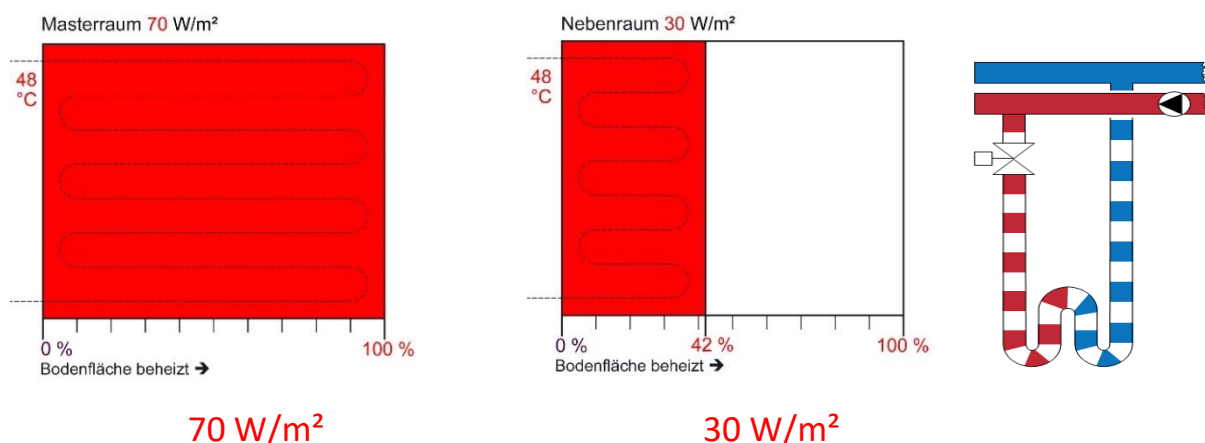
Das Prinzip ist schon in vielen Fachbeiträgen veröffentlicht worden.

Beimisch-Regelung ein innovatives System:

Bei Fußbodenheizung mit **Drossel-Regelung** (Steuerung) kann die Bodenfläche des Raumes wegen der starren Größe der errechneten Raumheizlast nicht angepasst werden.

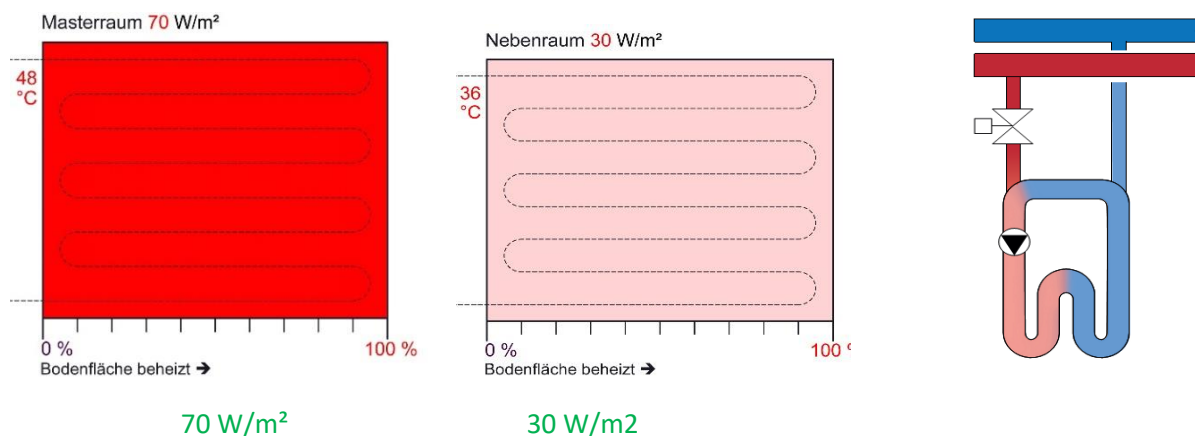
Alle Heizkreise des Gebäudes werden systembedingt mit der gleichen Vorlauftemperatur versorgt. In diesem Beispiel dürfte nur ein Teil des Bodens mit Fußbodenheizung belegt werden.

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



Bei Fußbodenheizung mit innovativer **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:



10. Kaskaden-Regelung der Beimisch-Regelung als Bedarfsheizung [2].

Die neue Beimisch-Regelung ist eine echte Regelung, eine Kaskaden-Regelung. Hier wird die Vorlauf-Temperatur des Heizkreises geregelt, nicht die Raum-Luft-Temperatur.

Über die Raumluft wird nur ein „Wohlfühlprofil“ adaptiv, in Abhängigkeit der Außentemperatur in Form einer individuellen Raumheizkennlinie erstellt.

Eine zweite „Kontroll-Heizkennlinie“ entspricht der spezifischen Raumheizlast in Abhängigkeit der Außentemperatur, dessen Auslegungswert z.B. der Gebäudeheizlast des obligatorischen Wärmeschutznachweises entnommen wird.

1. **Kaskade: Raumtemperatur beeinflusst Raumheizkennlinie.** Der Raumthermostat (Strahlung/Luft) dient ausschließlich zur adaptiven Ermittlung der tatsächlichen Raumheizlast in Abhängigkeit der Außentemperatur. Diese in bestimmten Zeitabständen ermittelten

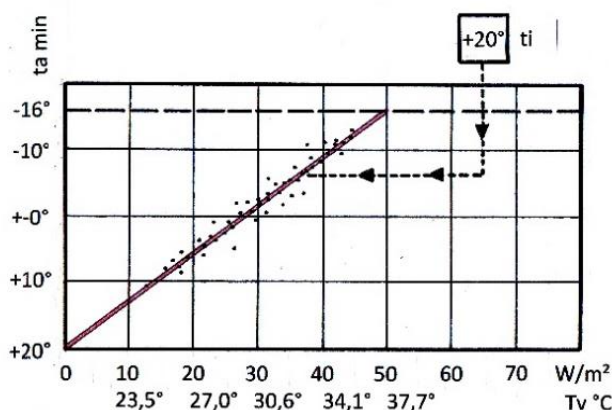
Raumtemperatur-Werte formen und überwachen eine Raumheizkennlinie unter Einbeziehung aller relevanten Raum-Parameter.

- 2. Kaskade: Heizkurve beeinflusst Mischventil.** Das Mischventil greift in Abhängigkeit der Außentemperatur auf die individuelle Raum-Heizkennlinie zurück und **regelt** die individuelle Vorlauf-Temperatur laufend für diesen Raum. Es steht in keiner direkten Verbindung zum Raumthermostaten. Es handelt sich hier um eine **Kaskadenregelung mit geschlossenem Wirkkreis**.

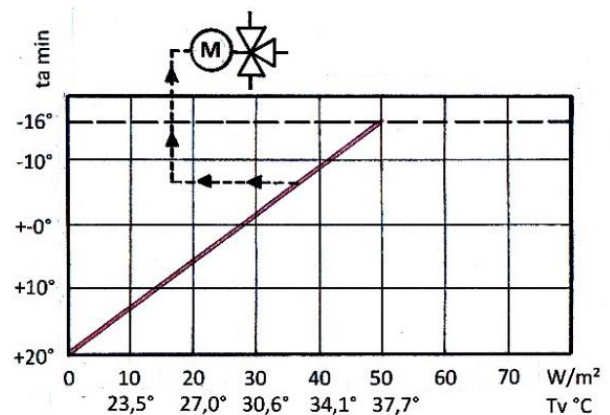
Der obere Wert der Heizkennlinie, die maximale Vorlauftemperatur, kann durch Eingabe der spezifischen Gebäudeheizlast (aus Wärmeschutznachweis) begrenzt werden („Kontroll-Heizkennlinie“).

Die **Vorlauftemperatur**, die in Abhängigkeit der Außentemperatur auf der Raumheizkennlinie dargestellt ist, ist die „Regelgröße“. Diese wird laufend mit der gemessenen „Führungsgröße“ verglichen und sofort angepasst.

Dieser Vorgang heißt „Rückkopplung“.



1. Raumfühler beeinflusst Heizkurve



2. Heizkurve beeinflusst Mischventil

Diese „intelligente Regelung“ – Beimisch-Regelung - bezieht die Außentemperatur in die Raumtemperatur-Regelung mit ein, dadurch dass die zu regelnde individuelle Vorlauftemperatur von der Außentemperatur abhängig ist.

Sie vereint beide Paragraphen §61 und §63 in einer Armatur. Somit kann auf die zentrale Gebäuderegelung §61 verzichtet werden.

Das ist auch im Zusammenhang mit der dezentralen Warmwasser-Bereitung über Wohnungsstationen wichtig. Die Station wird mit ungeregeltem Heizwasser (bis 58°C) versorgt. Die gleiche ungeregelte Wassertemperatur im Fußbodenheizungs-Verteiler versorgt auch die Heizkreise der raumweisen Beimisch-Regelung.

11. Die Forderungen an eine „intelligente Regelung“ [6] 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 Regelung muss ein geschlossener Wirkungsablauf sein (DIN 19 226), keine Steuerung wie die jetzige Drossel-Regelung (Stand der Technik).

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

3.) Raumtemperatur- nicht Lufttemperatur messen. Der Sensor für die Raumtemperatur-Messung muss hauptsächlich die Strahlung der Strahlungsheizung messen. Die Luft-Temperatur des Raumes ist sekundär.

4.) Heizbedarf nur adaptiv ermitteln. Der Heizbedarf muss raumweise adaptiv ermittelt werden. Alle einschlägigen Parameter des Raumes werden automatisch bei der Bedarfsermittlung berücksichtigt. Die Berechnung der Raum-Heizlast nach DIN EN 12831 ist zu ungenau.

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. Prädiktive Störgrößen müssen raumweise geregelt werden können. Bei Sonneneinstrahlung z.B. werden nicht alle Räume des Hauses gleichzeitig, gleichlang oder überhaupt beeinträchtigt.

8.) Künstliche Intelligenz gegen menschliches Versagen. Alle Berechnungen und Einregulierarbeiten müssen, um menschliche Unzulänglichkeiten auszuschließen, durch fehlerfreie künstliche Intelligenz ersetzt werden. Durch intelligente Regelung kann auf alle Berechnungen und Einregulierarbeiten verzichtet werden.

9.) 50 Jahre automatische Anpassung des Raumheizbedarfs. Es muss gewährleistet sein, dass während des gesamten Lebenszyklus des Gebäudes (50 Jahre) alle Änderungen (bauphysikalische Ertüchtigung, Nutzerverhalten, Möblierung usw.), die die Wärmeabgabe an den Raum beeinflussen können, raumweise automatisch adaptiv angepasst werden.

10.) Bestandssanierung geht nur mit neuer Beimisch-Regelung. Bei der Bestandssanierung der Fußbodenheizung muss die neue bedarfsorientierte Beimisch-Regelung - ohne zusätzliche Berechnungs- und Einstellarbeiten - die alte Drossel-Regelung (Steuerung) direkt ersetzen können. Die neue zu erbringende Heizlast der Räume wird adaptiv ermittelt.

11.) Trägheit durch raumweise witterungsgeführte Stetig-Regelung eliminieren. Die Trägheit des Heizestrichs soll durch regeltechnische Maßnahmen (Außentemperatur, stetig) nicht mehr zu Komfort- und Energie-Verlusten führen (unvermeidbar ist das einmalige Aufheizen zu Beginn der Heizperiode).

12.) Genaue raumweise Heizverbrauchs-Erfassung von min. 92% möglich. Der Heizverbrauch soll raumweise ermittelt und der transparenten Verbraucherinformation zugeführt werden. Dadurch kann auf eine teure Heizkostenabrechnung verzichtet werden. Damit ist auch bei Gebäuden ohne

Heizungs-Abrechnungspflicht (bei geringem spezifischen Heizbedarf) die Verbrauchsinformation möglich.

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 durch Vermeidung der Überversorgung möglich.

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 $+20^\circ\text{C}$ 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 der Raumheizlast möglich. Damit kann die adaptiv ermittelte Heizlast jederzeit mit der nach DIN EN 12831 oder dem Wärmeschutznachweis errechneten Heizlast verglichen werden.

V. Fazit:

Das Problem ist, dass die **Drossel-Regelung** bei Fußbodenheizung (Stand der Technik) als Angebotsheizung [1] weder mit der GEG2020 noch mit der DIN EN12831 und der DIN EN1264 kompatibel ist.

Eine innovative Bedarfsheizung [2] mit **Beimisch-Regelung**, die die Vorgaben einer „intelligenten Regelung“ erfüllt, löst alle Probleme gleichzeitig:

- Keine Energievergeudung durch Überversorgung.
- Keine zentrale Außentemperatur-Regelung.
- Keine ungenaue Raum-Luft als Führungsgröße, sondern die Vorlauftemperatur, die minütlich der Regelgröße angepasst wird.
- Die Raumtemperatur ist nur ein Korrektiv für die individuelle, adaptiv ermittelte Raum-Heizkurve im Vergleich mit der „Kontrollheizkurve“.
- Kein zweiter Gebäude-Regelkreis bei dezentraler Warmwasser-Bereitung mit Wohnungsstationen notwendig.
- Keine zentrale Außentemperatur-abhängige Regelung notwendig.
- Keine Berechnungen nach DIN EN12831 und DIN EN 1264 mehr.
- Keine Einregulierarbeiten mehr, auch während des gesamten Gebäudelebenszyklus.
- Automatische Reaktion auf Veränderungen bei Gebäudedämmung oder Raumnutzung durch adaptive Überprüfung der Ist-Situation in Phase eins der Kaskadenregelung.
- Mehr Komfort und Nachhaltigkeit.
- Geringere Brennstoffmengen und reduzierte Heizkosten.

Die jetzige Drossel-Regelung bei Fußbodenheizung (Stand der Technik) erfüllt keine einzige Forderung der „intelligenten Regelung“.

VI. Anhang:

Begriffe, Angebotsheizung und Bedarfsheizung:

[1] ANGEBOTSHEIZUNG: 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 soll mit Hilfe des hydraulischen Abgleichs die Wassermenge zugeführt werden, die der errechneten Raumheizlast entspricht. Die Raumtemperatur-Regelung sollen die Raumthermostate übernehmen.

Voraussetzung für die richtige Funktion sind richtige Berechnung und Auslegung, exakte Anpassung der Heizfläche an die errechnete Raumheizlast, perfekter hydraulischer Abgleich, richtige mit Auslegungstemperatur eingestellte Heizungskennlinie der witterungsgeführten Regelung. Zusätzlich erforderlich sind schnell reagierende Raumtemperatur-Regler und eine minimale Speicherfähigkeit der Heizfläche.

Im angestrebten Idealfall sind während des Heizbetriebes alle Heizkörperventile offen. Erst bei Fremdwärme-Eintrag (z.B. Sonne), drosseln die Heizkörperventile (Stetigregler) die Heizwasserzufuhr in den betroffenen Räumen.

Bei der Fußbodenheizung sind schon einmal die o.a. Voraussetzungen für eine richtige Funktion in Frage zu stellen [Siehe „F.) Gründe für die Überversorgung“].

Bei Fremdwärmeeintrag schließt der Auf/Zu-Stellantrieb, die Reaktion darauf, die Temperaturänderung, kommt erst nach Stunden im Raum an.

[2] BEDARFSHEIZUNG: Wärme wird vom Heizkörper angefordert.

Die Bedarfsheizung führt jedem einzelnen Raum über das Heizwasser nur die Wärmemenge zu, die tatsächlich gebraucht wird und vorher adaptiv ermittelt wurde. Jeder Raum ist ein eigener Regelkreis mit Mischventil und Minipumpe. Das garantiert eine reaktionsschnelle Regelung mit geschlossenem Wirkungskreis (DIN 19226). Dank witterungsgeführter Stetigregelung ist die Trägheit des Estrichs kaum spürbar.

Nicht mehr notwendig sind systembedingt eine exakte Berechnung und Auslegung der Fußbodenheizung. Der hydraulische Abgleich und die witterungsgeführte Regelung für das Gebäude sind nicht mehr nötig.

Menschliche Unzulänglichkeiten werden durch künstliche Intelligenz ersetzt.

Statt den Räumen laufend Wärme über das Heizwasser zuzuführen, wird dem Wärmeverteilnetz des Gebäudes nur bei Bedarf einzelner Räume Wärme entnommen.

Definitionen Regelung /Steuerung/ Raumtemperatur nach DIN 19226

Originaltext DIN 19226:

[3] „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“.

[4] „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“.

Ein weiterer Begriff:

[5] „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 Luft-Temperatur des Raumes. Das ist nur für Heizkörperheizung richtig.

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

Der wesentliche Anteil der Wärmeabgabe, die Strahlungswärme, kann nicht gemessen werden. Da es sich um eine Strahlungsheizung handelt, ist die über Strahlung abgegebene Wärme die eigentliche Regelgröße, nicht die Lufttemperatur.

[6] Die Beimisch-Regelung ist nicht Marktrelevant. Derzeit wird eine Validierung im Auftrag von SPRIND, Agentur für Sprunginnovation von drei namhaften Instituten durchgeführt.

[7] Darstellung der Überversorgung bei Festwerteinstellung der Heizwasser-Temperatur. Das ist der Fall, wenn nach GEG2020 §61 die Version „über Zeit“ statt Außentemperatur gewählt wird.

Beispiel: UEBERVERSORGUNG eines Raumes mit Fussbodenheizung.

Leistung Fussbodenheizung W/qm - Werte nach DIN EN 1264

RAUM: Raumheizlast 52W/qm(-16oC), ti=20oC, R1=0,10, Rohr17x2, RA20cm

tm	(tv/tr)	W/qm	t Oberfl	ueber % (1)		ueber % (2)	
26	(31/21)	18	21.9	284 %		498 %	
27	(32/22)	21	22.2	243 %	+5 grdC	427 %	ta mittel A
28	(33/23)	24	22.5	213 %		374 %	
29	(34/24)	27	22.7	189 %		332 %	
30	(35/25)	30	23.0	171 %		299 %	
31	(36/26)	33	23.3	155 %		272 %	
32	(37/27)	36	23.6	142 %		249 %	
33	(38/28)	39	23.9	131 %		230 %	
34	(39/29)	42	24.1	122 %		214 %	
35	(40/30)	46	24.4	114 %		199 %	
36	(41/31)	49	24.7	107 %		187 %	
37	(42/32)	52	24.9	100 %	-16 grdC	176 %	ta ausleg B
38	(43/33)	55	25.2			166 %	
39	(44/34)	58	25.5			157 %	
40	(45/35)	61	25.7			150 %	
41	(46/36)	64	26.0			142 %	
42	(47/37)	67	26.2			136 %	
43	(48/38)	70	26.5			130 %	
44	(49/39)	73	26.8			125 %	
45	(50/40)	76	27.0			120 %	
46	(51/41)	79	27.3			115 %	
47	(52/42)	82	27.5			111 %	
48	(53/43)	85	27.8			107 %	
49	(54/44)	88	28.0			103 %	
50	(55/45)	91	28.3	ungereg.		100 %	W-Station C
51	(56/46)	94	28.5				
52	(57/47)	98	28.8				

pg(F14)Tab01

Text zu Beispiel Tabelle [7] oben:

Unsinnigerweise kann die zentrale Gebäuderegulung nach GEG2020 §61 statt mit einer „Außentemperatur-abhängigen“ Regelung alternativ über „Zeit“ geregelt werden. Da wird kein Unterschied zwischen Heizkörper- und Fußbodenheizung gemacht.

Die Lösung über „Zeit“ ist praktisch eine eingeschränkte Beheizung, die für Fußbodenheizung nicht geeignet ist.

Die Heizwasser-Temperatur kann manuell als Festwert eingestellt werden.

In dem Beispiel Tabelle 7 wird demonstriert, wie eine fehlende Außentemperatur-abhängige Regelung (GEG2020 §61) bei Fußbodenheizung mit Drossel-Regelung, zu einer extremen Überversorgung führt.

In diesem Beispiel muss eine Raumheizlast von 52 W/m^2 mit einer mittleren Heizwasser-Temperatur von 37°C ($42/32^\circ\text{C}$) für den Auslegungsfall (-16°C Außen-Temperatur -B) gedeckt werden.

Wer stellt die Vorlauftemperatur (hier Festwert) ein? Bestenfalls wird der fachlich unkundige Betreiber nach Vorgabe des Planers, die Temperatur per Hand auf 42°C einstellen. Diese Einstellung wird im Normalfall über die ganze Heizperiode nicht verändert.

Bei -16°C Auslegungs-Temperatur beträgt die mittlere Außentemperatur während der Heizperiode $+5^\circ\text{C}$.

Im Mittel liegt die Wärmeabgabe des Bodens bei 21 W/m^2 und 27°C mittlere Heizwasser-Temperatur (t_a mittel A).

Während der ganzen Heizperiode wird der Fußbodenheizung dieses Raumes im Durchschnitt um 31 W/m^2 ($52-21$) also 143% überversorgt sein. Die Raumtemperatur-Regelung kann, wie beschrieben, das Problem nicht lösen.

Auch Anlagen werden heute gebaut, die direkt mit der Vorlauf-Temperatur der Wohnungsstation für dezentrale Brauchwasserbereitung beheizt werden. Bei mittlerer Heizwassertemperatur von 50°C (55/45°C) gibt der Boden 91W/m² ab (C). Die Überversorgung beträgt 70W/m² (91-21) also 327% auf die mittlere Außentemperatur der Heizperiode (+5°C) bezogen.