

Gabanyi AP 1 + AP 2

AP 1: Untersuchung von alten Berechnungen typischer Bestandsanlagen von Fußbodenheizungen im Gebäudebereich.

Originaltext Validierungsauftrag:

Untersuchung von alten Berechnungen verschiedener Ing.Büro's von typischen Fußbodenheizungs-Bestandsanlagen in Wohnhäusern aus der Zeit von 2005 bis 2019. Besonderes Augenmerk soll auf die damaligen Vorgaben und Einbauten gerichtet werden. Für eine zukünftige Sanierung mit der neuen Beimisch-Regelung sind für jeden Heizkreis folgende Informationen je Heizkreis wichtig: Rohr-Länge, Rohr-Dimension, Wassermenge, Druckverlust, Vorlauf-Temperatur, Delta T, kv-Wert, Voreinstellzahl, Kreise pro Raum, Raumtemperatur, Bodenbelag, Raumfläche, Länge der Randzone usw.

Um bei einer bestehenden Fußbodenheizung die Energieeffizienz zu steigern, muss nur die Raumtemperatur-Regelung, die Drossel-Regelung gegen ein innovatives, neues Regel-System ausgetauscht werden. Mit der neuen innovativen Beimisch-Regelung als Bedarfsheizung, einer „intelligenten Regelung“, ist eine Energieeinsparung von mehr als 30% zu erwarten.

Die alte Drossel-Regelung (Stand der Technik) ist eine Zwei-Punkt-Regelung, die nach DIN 19226 eigentlich eine Steuerung ist. Bei der Zwei-Punkt-Regelung wird die Wärmeabgabe über das Verhältnis von Öffnungs- und Schließ-Zeit geregelt. Eine stetige Regelung ist nicht möglich. Als Raumtemperatur-Regelung wird von der EnEV bzw. GEG2020 §63 eine Regelung nach DIN 19226 mit geschlossenem Wirkkreis verlangt.

Die alte Drossel-Regelung ist eine „Angebotsheizung“. Alle Versuche, die Regeln der Thermodynamik durch Behandlung der Symptome zu ersetzen, lösen das Problem nicht.

Warum müssen alte Fußbodenheizungen saniert werden:

Bei bestehenden Fußbodenheizungs-Anlagen, die vor 30 Jahren bis heute gebaut wurden, stimmen die hydraulischen Voraussetzungen im Rohrnetz nicht mehr, die Fußbodenheizung ist überversorgt. Die Heizwassermengen, die für den Transport

der Wärme zu den einzelnen Räumen sorgt, steht in keinem Verhältnis mehr zum jetzigen Ist-Zustand.

Neue Berechnungen wären erforderlich.

Die Heizlastberechnung (Wärmebedarf) der einzelnen Räume stimmt nicht mehr. Die Gründe sind meistens neue Dämmung der Gebäude-Außenhülle mit Fenstern, neue Rechenverfahren für die Heizlast, früher DIN 4701, heute DIN EN 12831. Nicht zuletzt hat sich die Möblierung und Nutzung der Räume in der Wohnung geändert.

Über die Rohrnetzberechnung werden die Einstellwerte für den hydraulischen Abgleich ermittelt.

Da beginnt das Problem:

Spätestens jetzt fehlen Bestandswerte der früheren Auslegung der Fußbodenheizung, wie z.B. Rohrabstand im Estrich, die die Durchführung der Rohrnetzberechnung verhindern. Ebenso fehlt die damalige Auslegungstemperatur, mit der die Fußbodenheizung berechnet wurde. Diese ist für die Einstellung der gebäudezentralen witterungsgeführten Steuerung dringend erforderlich.

Spätestens hier wird der Versuch einer rechnerischen Anpassung des Heizsystems an den Ist-Zustand des Gebäudes scheitern.

Auch nach einer extrem kostenintensiven Neuplanung der Fußbodenheizung im Bestand würde das Ergebnis aus der Sicht der Energieeffizienzsteigerung noch ungenauer ausfallen wie der alte Urzustand.

Die Lösung, ein komplett neues Regelsystem:

Statt aufwendiger Berechnungen wird die Raumheizlast durch Einsatz künstlicher Intelligenz adaptiv durch die neue Beimisch-Regelung bestimmt.

Berechnungen und Einregulierarbeiten sind nicht mehr erforderlich.

Die Berechnung der Voreinstellwerte für den hydraulischen Abgleich entfällt, weil jeder Heizkreis (Raum) der neuen Beimisch-Regelung durch die kreiseigene Mini-Pumpe eine genau definierte Wassermenge hat.

Untersuchung von Heizkreisen aus alten Bestandsberechnungen.

Für die Bestimmung der maximalen Leistung der im Bestand einzusetzenden Mini-Pumpen mussten die Berechnungen einiger alter Projekte analysiert werden. Da

die Rohrlänge des Heizkreises in der Praxis unbekannt ist, wurde hier eine Simulation mit den Bestandsunterlagen durchgeführt. In der Praxis würde man vor Beginn einer Sanierung der Fußbodenheizungs-Regelung eine Bestandsaufnahme des Inhaltes des Verteilerkastens in jeder Wohnung durchführen. In diesem Zusammenhang kann auch der Wasserdurchsatz jedes Heizkreises bei geöffnetem Kreisventil mit einem berührungslosen Ultraschall-Durchflussmesser gemessen werden. Hier können Heizkreise ausgemacht werden, die aus unbekanntem Gründen außerhalb der vorgegebenen Toleranz liegen.

Die Leistung der Minipumpen ist durch die eingestellte Drehzahl definiert. Sinnvollerweise soll die Pumpe im unteren bis mittleren Drehzahlbereich laufen.

Die momentan einzige Minipumpe, die sich von den Größenabmessungen für die Sanierung im Bestand eignet, wurde mit den Vergleichswerten aus den Projekten überprüft.

Die Größe bezieht sich auf die Pumpen-Kennlinie, die sich aus dem Zusammenspiel zwischen Pumpendruck (Förderhöhe) und Wassermenge (Fördermenge) ergibt. Die Werte dürfen die Pumpenkennlinie nicht überschreiten. In seltenen Fällen waren Rohrlängen und Druckverluste über dem Limit. Das heißt, die Pumpenleistung könnte bei maximaler Drehzahl die geforderte Wassermenge nicht erreichen.

Die Kreiswassermenge wurde damals beim Neubau der Anlage aus der berechneten Raumheizlast ermittelt. Das entspricht natürlich nicht dem heutigen adaptiv ermittelten Bedarf, der deutlich niedriger liegen dürfte.

Bei der neuen Beimisch-Regelung wird für die Raumheizlast, unabhängig von der adaptiven Ermittlung, eine „Limit-Kennlinie“ in der Steuerung der Kaskaden-Regelung hinterlegt. Diese Kennlinie dient nur der Überwachung. Die kann z.B. der Gebäudeheizlast aus dem obligatorischen Wärmeschutznachweis entnommen werden.

Mit der daraus resultierenden Kreiswassermenge wird bei $\Delta T=10K$ die in der Steuerung hinterlegte adäquate Förderhöhe auf der Pumpenkennlinie abgefragt.

Bei Unterschreitung wird die Drehzahl der Pumpe angehoben. Liegt ein Wert über der Pumpenkennlinie, muss die Wassermenge im Heizkreis reduziert werden, indem das ΔT schrittweise bis zu einer Spreizung von 20K vergrößert wird. Bei 20K ist die Wassermenge halbiert. Und der Druckverlust nimmt entsprechend ab.

In diesem Fall wird die Beimisch-Regelung die Vorlauftemperatur geringfügig anheben.

Diese für jeden Raum einmal ermittelte Pumpendrehzahl mit der daraus resultierenden Kreiswassermenge bleibt über den gesamten Gebäudelebenszyklus bestehen.

In Abhängigkeit der Außentemperatur wird mit der individuellen Werten des Heizkreises, der Wassermenge, dem Delta T und der durch die Adaption bestimmten Vorlauftemperatur die individuelle Raumkennlinie generiert.

Die Beimisch-Regelung als Bedarfsheizung ist eine stetige, intelligente Kaskaden-Regelung.

Die von der GEG2020 §61 geforderte zentrale Regelung für das ganze Gebäude kann entfallen.

Die innovative Beimisch-Regelung als Kaskaden-Regelung erfüllt sowohl die Forderung des §61 nach zentraler witterungsgeführter Regelung als auch den § 63 nach einer Raumtemperatur-Regelung.

Veränderungen am adaptiv ermittelten Raumheizbedarf werden während des gesamten Gebäude-Lebenszyklus laufend in Abhängigkeit der Außentemperatur überprüft und in der Raumheizkurve hinterlegt.

Beimisch-Regelung im Neubau:

Im Neubau wird bei der Auslegung der Fußbodenheizung bereits auf die wirtschaftlichen Drehzahlen geachtet, um einen energiesparenden Betrieb der Pumpe zu gewährleisten.

Die maximale Rohrlänge der Heizkreise sind vorgegeben und sollen nicht überschritten werden.

Weitere Berechnungen, sowohl der Heizlast (DIN EN 12831) als auch der Auslegung der Fußbodenheizung (DIN EN 1264-3), entfallen.

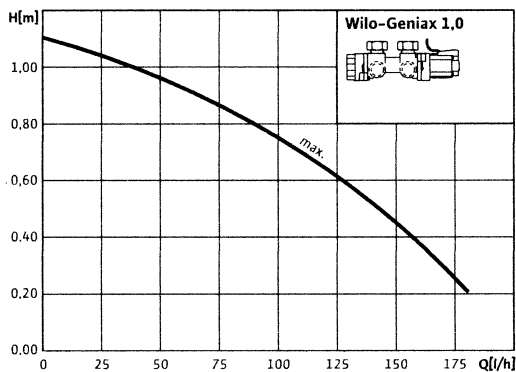
In Bild 6 wird dargelegt warum der Raum 203 für die folgende Untersuchung / Simulation ausgewählt wurde.

Bild 1. Pumpenkennlinie / Tabelle der gewählte Mini-Pumpe

Kennliniendaten am Beispiel der Wilo-GeniAx 1,0 - Pumpe

GeniAx Pumpenadapter H-Block Eck

Restförderhöhe inkl. im Pumpenadapter integriertem Rückflussverhinderer in Verbindung mit Dezentraler Pumpe Wilo-GeniAx 1,0



Wassermenge Q (l/h)	Druckverlust H (mbar)
1.0	172.8
6.0	131.6
11.0	120.0
16.0	113.4
21.0	108.8
26.0	105.3
31.0	102.5
36.0	100.2
41.0	98.3
46.0	96.6
51.0	95.1
56.0	93.7
61.0	92.5
66.0	91.4
71.0	90.4
76.0	89.4
81.0	86.1
86.0	83.2
91.0	80.4
96.0	78.0
101.0	75.7
106.0	73.5
111.0	71.6
116.0	69.8
121.0	68.0
126.0	65.7
131.0	62.3
136.0	59.2
141.0	56.3
146.0	53.7
151.0	49.5
156.0	46.2
161.0	43.3
166.0	40.6
171.0	38.2

Das ist das Verhältnis zwischen Förderhöhe H(m) und der Fördermenge Q(l/h) bei maximaler Drehzahl.

Bild 2. Musterraum 203 - Tabelle mit sich verändernden Werten zwischen 10K – 20K

KONTROLLAUSDRUCK: Korrigierte Waermeabgabe - ohne Waermeverlust zu Nebenwohnung (Wand,Decke darunter)

Neue Werte fuer ltr/h und mbar Kreis bei veraendertem Delta T (10K - 20K)

Raum Nr.	Flaechе m2	Heizlast W	-Decken - W	-WoTrenn - W	Heizlast = W	Rohr m	DELTA T(K)	ltr/h Kreis	Druckverlust mbar
203	11.6	795	- 174	- 0	= 621	89	10	53	99.4
203	11.6	795	- 174	- 0	= 621	89	11	48	96.4
203	11.6	795	- 174	- 0	= 621	89	12	44	94.1
203	11.6	795	- 174	- 0	= 621	89	13	41	92.3
203	11.6	795	- 174	- 0	= 621	89	14	38	90.8
203	11.6	795	- 174	- 0	= 621	89	15	35	89.5
203	11.6	795	- 174	- 0	= 621	89	16	33	88.5
203	11.6	795	- 174	- 0	= 621	89	17	31	87.7
203	11.6	795	- 174	- 0	= 621	89	18	29	86.9
203	11.6	795	- 174	- 0	= 621	89	19	28	86.3
203	11.6	795	- 174	- 0	= 621	89	20	26	85.8

In Bild 2 der Tabelle wird in der Simulation gezeigt, wie sich bei Raum 3 die beiden Werte der Fußbodenheizung, Wassermenge und Druckverlust verändern, wenn sich das Delta T von 10K auf 20K verändert.

Später wird diese Berechnung von der bedarfsgerechten Steuerung der Beimisch-Regelung im Hintergrund durchgeführt.

Die Minipumpen (4,5cm Durchmesser/Leistung 1-3 Watt) haben nur ein bestimmtes Leistungsbild, dass durch die Pumpenkennlinie dargestellt wird.

Bei der Neuberechnung / Auslegung der Fußbodenheizung wird diese technische Vorgabe berücksichtigt. Im Bestand sind weder Kreiswassermenge als auch Rohrlänge bzw. Druckverlust bekannt.

Bild 3. Musterraum 203 - Delta T = 10K

RAUM NUMMER	TEMP oC	HEIZLAST WATT	FLAECHE m2	VERTEILER NR.	BODENBELAG		BODENAUFBAU / DARUNTER IST					
203	20	795	11.6	2	TEPPICH 0,10		BEHEIZT					
	STATUS	TEMP VL - TEMP RL	DELTA T	T MITTEL	T UEBER	q RZ W/m2	Q RZ W	q IZ W/m2	Q IZ W	Q FB		
	BEI KOSTANT 10K	46.0 - 36.0	10.0	41.0	20.5	77	242	69	588	831		
	NACH HYDR. ABGLEICH	46.0 - 35.0	11.0	40.5	19.9	74	235	67	571	806		
	R A N D Z O N E				I N N E N Z O N E							
KREIS	M	QM	LA x RA	TB	QM	RA	TB	RL	Q FB	Q DE	Kg/h	mbar
1	3.7	3.1	8 x 10	26.9	8.4	15	26.3	89	806	174	76	129.1
1	TOTAL							806	174	76		

In Bild 3 entspricht der Raum 203 der Originalberechnung von 2014. So wurde er berechnet und eingebaut.

795 W Heizlast wurde bei 46°C Vorlauf (VL), 36°C Rücklauf (RL), 10K Spreizung (Delta T), mittlere Heizwassertemperatur 41°C (T MITTEL), eingebaut wurden 806W.

Wichtig: Die mittlere Heizwassertemperatur T MITTEL ist das Maß für die Wärmeabgabe.

Bild 4. Musterraum 203 – Delta T = 15K

RAUM NUMMER	TEMP °C	HEIZLAST WATT	FLAECHE m2	VERTEILER NR.	BODENBELAG	BODENAUFBAU / DARUNTER IST						
203	20	795	11.6	2	TEPPICH 0,10	BEHEIZT						
	STATUS	TEMP VL - TEMP RL	DELTA T	T MITTEL	T UEBER	q RZ W/m2	Q RZ W	q IZ W/m2	Q IZ W	Q FB		
	BEI KOSTANT 10K	48.0 - 33.0	15.0	40.5	19.5	73	230	73	619	849		
	NACH HYDR. ABGLEICH	48.0 - 32.0	16.0	40.0	18.8	70	222	70	598	820		
KREIS	R A N D Z O N E				I N N E N Z O N E							
	M	QM	LA x RA	TB	QM	RA	TB	RL	Q FB	Q DE	Kg/h	mbar
1	3.7	3.1	8 x 1 0	26.5	8.4	1 0	26.5	118	820	174	53	105.8
1	TOTAL							820	174	53		

In Bild 4 wird für den Raum 203 die Spreizung auf 15K vergrößert, um die Wassermenge zu verkleinern. Um jedoch die geforderte Raumheizlast von 795W zu decken, musste die Vorlauftemperatur angehoben werden. Die mittlere Heizwassertemperatur liegt jetzt bei 40,5K und liefert 820 W.

Bild 5. Musterraum 203 – Delta t = 20k

RAUM NUMMER	TEMP °C	HEIZLAST WATT	FLAECHE m2	VERTEILER NR.	BODENBELAG	BODENAUFBAU / DARUNTER IST						
203	20	795	11.6	2	TEPPICH 0,10	BEHEIZT						
	STATUS	TEMP VL - TEMP RL	DELTA T	T MITTEL	T UEBER	q RZ W/m2	Q RZ W	q IZ W/m2	Q IZ W	Q FB		
	BEI KOSTANT 10K	51.0 - 31.0	20.0	41.0	19.3	72	227	72	611	838		
	NACH HYDR. ABGLEICH	51.0 - 30.0	21.0	40.5	18.5	69	218	69	587	806		
KREIS	R A N D Z O N E				I N N E N Z O N E							
	M	QM	LA x RA	TB	QM	RA	TB	RL	Q FB	Q DE	Kg/h	mbar
1	3.7	3.1	8 x 1 0	26.4	8.4	1 0	26.4	118	806	174	40	95.6
1	TOTAL							806	174	40		

In Bild 5 wird für den Raum 203 die Spreizung auf 20K angehoben. Die Temperaturen 51°C/31°C = 20K delta T, 41°C mittlere Heizwassertemperatur bringt 806W Wärmeabgabe an den Raum.

Bild 6. Analyse der Räume – Abstand zur Pumpenkennlinie bei 10K

A - Analyse bestehender Fussboden-Heizkreise: Wassermenge / Druckverlust 10K

RAUM	KREIS NR.	VERT. NR.	ROHRL. m	mbar	ltr/h	mbar Pumpe	mbar differenz	Bemerkung
201	1	2	19	80.6	16	112.9	32.3	OK
202	1	2	70	100.5	54	94.1	-6.4	!! ausserhalb der Kennlinie
203	1	2	89	129.1	76	88.9	-40.1	!! ausserhalb der Kennlinie
204	1	2	65	91.3	41	98.3	6.9	OK
205	1	2	97	131.6	75	89.9	-41.7	!! ausserhalb der Kennlinie
205	2	2	105	144.8	81	85.7	-59.0	!! ausserhalb der Kennlinie
206	1	2	60	97.3	53	94.3	-2.9	!! ausserhalb der Kennlinie
206	2	2	66	117.0	77	88.7	-28.2	!! ausserhalb der Kennlinie
207	1	2	50	84.3	27	104.3	19.9	OK
208	1	1	50	84.3	27	104.3	19.9	OK
209	1	1	60	97.3	53	94.3	-2.9	!! ausserhalb der Kennlinie
209	2	1	66	117.0	77	88.7	-28.2	!! ausserhalb der Kennlinie
210	1	1	97	131.6	75	89.9	-41.7	!! ausserhalb der Kennlinie
210	2	1	105	144.8	81	85.7	-59.0	!! ausserhalb der Kennlinie
211	1	1	65	91.3	41	98.3	6.9	OK
212	1	1	89	129.1	76	88.9	-40.1	!! ausserhalb der Kennlinie
213	1	1	70	100.5	54	94.1	-6.4	!! ausserhalb der Kennlinie
214	1	1	19	80.6	16	112.9	32.3	OK

In Bild 6 werden alle Räume der Etage überprüft. So wurde die Fußbodenheizung 2014 berechnet, eingebaut und ist heute so in Betrieb. Die Standardberechnung wurde damals mit einer Spreizung von 10K ausgeführt. Die Vorlauftemperatur für das ganze Bauvorhaben betrug 46°C.

Es fällt auf, dass der Raum 203 weit außerhalb der Pumpen-Kennlinie liegt (mbar Differenz -40,1). Deswegen soll dieser Raum analysiert und simuliert werden.

Bild 7. Analyse der Räume – Abstand zur Pumpenkennlinie bei 15K

A - Analyse bestehender Fussboden-Heizkreise: Wassermenge / Druckverlust 15K

RAUM	KREIS NR.	VERT. NR.	ROHRL. m	mbar	ltr/h	mbar Pumpe	mbar differenz	Bemerkung
201	1	2	19	80.2	9	122.7	42.5	OK
202	1	2	70	85.6	30	103.0	17.4	OK
203	1	2	118	105.7	53	94.4	-11.3	!! ausserhalb der Kennlinie
204	1	2	65	88.9	41	98.3	9.3	OK
205	1	2	80	88.7	35	100.2	11.4	OK
205	2	2	121	108.1	55	93.9	-14.2	!! ausserhalb der Kennlinie
206	1	2	124	104.9	50	95.1	-9.8	!! ausserhalb der Kennlinie
206	2	2	92	91.2	37	99.4	8.2	OK
207	1	2	63	81.7	16	113.2	31.5	OK
208	1	1	63	81.7	16	113.2	31.5	OK
209	1	1	124	104.9	50	95.1	-9.8	!! ausserhalb der Kennlinie
209	2	1	92	91.2	37	99.4	8.2	OK
210	1	1	80	88.7	35	100.2	11.4	OK
210	2	1	121	108.1	55	93.9	-14.2	!! ausserhalb der Kennlinie
211	1	1	65	88.9	41	98.3	9.3	OK
212	1	1	118	105.7	53	94.4	-11.3	!! ausserhalb der Kennlinie
213	1	1	70	85.6	30	103.0	17.4	OK
214	1	1	19	80.2	9	122.7	42.5	OK

In Bild 7 wird die Simulation aller Räume durchgeführt. Neues Delta T=15K. Damit wird die Kreis-Wassermenge reduziert, gleichzeitig sinkt auch der Druckverlust in den Heizkreisen. Trotzdem liegen die Werte mit -11,3 mbar Differenz immer noch über der Pumpenkennlinie.

Auffällig ist, dass erheblich weniger Räume der Etage außerhalb der Pumpen-Kennlinie liegen.

In Bild 8 wird in der Simulation für die ganze Etage das Delta T auf 20K angehoben. Alle Räume liegen jetzt innerhalb der Pumpen-Kennlinie.

In der Praxis wird die intelligente Steuerung der Beimisch-Regelung das Delta T natürlich nur die Räume simulieren, deren Kreis-Wassermenge und Druckverlust außerhalb der Pumpenkennlinie liegen.

Bei der Vergrößerung des Delta T muss darauf geachtet werden, dass die mittlere Heizwassertemperatur, die das Maß für die Wärmeabgabe des Bodens ist, nicht verändert wird.

Bild 8. Analyse der Räume – Abstand zur Pumpenkennlinie bei 20K

A - Analyse bestehender Fussboden-Heizkreise: Wassermenge / Druckverlust 20K

RAUM	KREIS NR.	VERT. NR.	ROHRL. m	mbar	ltr/h	mbar Pumpe	mbar differenz	Bemerkung
201	1	2	19	80.0	5	132.2	52.2	OK
202	1	2	70	83.7	23	106.7	22.9	OK
203	1	2	118	91.0	32	101.6	10.5	OK
204	1	2	102	87.4	28	103.9	16.5	OK
205	1	2	80	83.7	22	107.9	24.1	OK
205	2	2	121	92.1	34	101.1	9.0	OK
206	1	2	124	92.7	34	100.8	8.1	OK
206	2	2	92	85.7	25	105.4	19.7	OK
207	1	2	63	84.1	26	104.7	20.5	OK
208	1	1	63	84.1	26	104.7	20.5	OK
209	1	1	124	92.7	34	100.8	8.1	OK
209	2	1	92	85.7	25	105.4	19.7	OK
210	1	1	80	83.7	22	107.9	24.1	OK
210	2	1	121	92.1	34	101.1	9.0	OK
211	1	1	102	87.4	28	103.9	16.5	OK
212	1	1	118	91.0	32	101.6	10.5	OK
213	1	1	70	83.7	23	106.7	22.9	OK
214	1	1	19	80.0	5	132.2	52.2	OK

Fazit:

Im Vorfeld dieser Untersuchung wurden mehrere Bauvorhaben analysiert, die alle ein ähnliches Verhältnis Wassermenge/Druckverlust in den Heizkreisen gezeigt haben. Viele Räume waren an der Grenze zur Pumpenkennlinie dieser ausgewählten Minipumpe.

Aus Sicherheitsgründen ist eine leistungsstärkere Pumpe zu empfehlen.

Es ist bekannt, dass viele Heizungsbauer auch aus Mangel an Fachkenntnissen, Fußbodenheizungen, vorwiegend in Einfamilienhäuser, ohne Berechnungen einbauen. Damit es „warm wird“ werden enge Rohrabstände (RA 15cm) in alle Räume eingebaut. Diese Rohrabstände generieren lange Heizkreise mit hohem Druckverlust.

Gabanyi AP 2:

Überversorgung durch nicht angepasste DIN-Normen.

Originaltext Validierungsauftrag:

Darstellung der These, dass die DIN-Normen für die Heizlast- und Auslegung für Fußbodenheizungs-Berechnung nicht geeignet sind. (DIN EN 12831, DIN EN 1264). In der Darstellung / Simulation wird die Fußbodenheizung eines mehrgeschoßigen Wohnhauses das 2017 in München gebaut wurde und entsprechend der Vorschrift nach der Vorgegebenen Norm berechnet wurde. Eine zweite Version wird mit der für die Fußbodenheizung geeigneten, abgespeckten DIN-Norm gerechnet. Es wird sich zeigen, dass die Bewohner dieses Hauses mit einer extremen Überversorgung leben müssen.

Wichtig: die abgespeckte DIN-Norm kann nur im Zusammenhang mit der neuen Beimisch-Regelung angewendet werden. Bei dieser neuen rechnerischen Darstellung wird es keine Überversorgung geben.

Fußbodenheizung mit Drossel-Regelung (Stand der Technik) kann mit DIN-gerechter Heizlast-Berechnung nicht energieeffizient betrieben werden. Weitere Abweichungen zwischen Auslegung nach DIN EN 1264-3 und späterem Betrieb sind unvermeidbar.

Gefordert: intelligente, energiesparende Regelung.

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

Das Regel-System muss geändert werden, die Fußbodenheizung muss von einer Angebotsheizung zu einer Bedarfsheizung werden.

Hier ist ein Riesenpotential, durch Energie-Einsparung den fossilen Energieverbrauch im Gebäudebereich signifikant zu senken.

Das erfordert Mut in einer sehr konservativen Branche.

Niemandem in den Fachverbänden, Hochschulen oder beim VDI fällt auf, dass wir seit Jahren keine EnEV-konforme Raumtemperatur-Regelung nach DIN 19226 haben. Die Steuerung, die uns als Regelung verkauft wird, verursacht wegen der chronischen, systembedingten Überversorgung eine Energievergeudung von über 30%.

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

Das Hauptproblem liegt in der „Art“ dieses Wärmeverteils-Systems Fußbodenheizung. Dieses System, die „Angebotsheizung“ gibt es seit 1958, seit Beginn der Pumpenheizung. Seit etwa 15 Jahren ist die Technik so weit, „intelligente Regelsysteme“ zu entwickeln, um die Energieeffizienz in der Gebäudetechnik zu steigern.

Die **Angebotsheizung**, die Wärmeverteilung für alle Heizungssysteme:

Wärme wird dem Heizkörper angeboten. Das Heizwasser mit dem Wärmeinhalt der errechneten Heizlast (Wärmebedarf) aller Räume des Hauses wird 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.

Die Funktion hängt im wesentlichen noch von schnell reagierenden Raumtemperatur-Reglern und einer minimalen Speicherfähigkeit der Heizfläche ab.

Da beginnt das Problem:

Die gleiche Drossel-Regelung wird für zwei Systeme - die Heizkörper- und Fußbodenheizung - mit absolut unterschiedlichen Eigenschaften eingebaut.

Für die Heizkörper-Heizung ist die Angebotsheizung in Ordnung. Das liegt daran, dass die thermostatische Regelung eine echte Regelung nach DIN 19226 mit geschlossenem Wirkkreis ist. Das ist nur möglich, weil der Heizkörper der Raumheizlast genau angepasst wird und nicht träge ist.

Alle Fehler bei der Berechnung, Auslegung und Einregulierung der Heizkörper-Heizung werden im wesentlichen allein durch die der DIN 19226 entsprechenden Regelung mit Thermostat-Ventilen relativiert. Die energievergeudende Überversorgung ist minimal, während der Komfort darunter leiden kann.

Bei der Fußbodenheizung sind diese Voraussetzungen für eine richtige Funktion der Raumtemperatur-Regelung nicht gegeben. Diese Regelung als Zwei-Punkt-Regelung ist keine Regelung nach DIN 19226 mit geschlossenem Wirkkreis sondern eine Steuerung. Dazu kommt die enorme Trägheit des speichernden Heizestrichs.

Die Überversorgung ist das Problem der Fußbodenheizung. Eine überhöhte Strahlung vergeudet Energie, wird aber vom Menschen im täglichen Betrieb nicht erkannt oder störend empfunden.

Fehler, die zur Überversorgung der Angebotsheizung führen:

1. Abweichende Rohrabstände im Estrich auf 10cm RA bezogen:

-12% bei 20cm RA

-31% bei 30cm RA

2. Von Parkett ($0,10\text{m}^2\text{K/W}$) (DIN EN1264) abweichende Bodenbeläge:

+22% bei Fliesen ($0,05\text{m}^2\text{K/W}$)

-16% bei Teppich ($0,15\text{m}^2\text{K/W}$)

3. Fehlender hydraulischer Abgleich auf 10K Spreizung bezogen:

+18% bei 5K Spreizung

-21% bei 15K Spreizung

4. Falsche Vorlauftemperatur, fehlende/falsche Einstellung der zentralen witterungsgeführten Regelung.

Verglichen mit Annahme 42°C Vorlauftemperatur.

-19% bei 39°C Vorlauf

0% bei 42°C Auslegungs- Temperatur

+18% bei 45°C Vorlauf

+49% bei 50°C Vorlauf

+98% bei 58°C Vorlauf !! z.B. ungeregelt, aus dezentraler Wohnungsstation.

5. Fehler, die im Zusammenhang mit der DIN EN 12831 –

Heizlastberechnung entstehen. Die Berechnung nach DIN mit inneren Wärmeverlusten durch Wohnungs-Trennwände.

0% ohne Wohnungstrennwände

+72% mit Wohnungstrennwänden (Rechenbeispiel)

I. Unkontrollierte Versorgung der Räume wegen Diskrepanzen zwischen Auslegungs-Vorgaben nach DIN EN 1264-3 und dem späteren Betrieb.

In der DIN EN 1264-3 werden Empfehlungen für die Auslegung der Fußbodenheizung vorgegeben.

Beispielsweise wird für die Berechnung festgelegt, dass alle Räume außer Bad und WC mit einem Wert von 0,10 m²K/W für den Bodenbelag zu rechnen sind. Das entspricht dem Wert für Parkett mittlerer Stärke und Güte.

Diese Vorgaben sind in der Planungsphase sinnvoll. Die Wärmedurchgangswiderstände (m²K/W), die insbesondere die Bodenbeläge/Oberböden betreffen, als Vorgaben für die anonyme Planung stimmen später durch individuelle Änderungen durch Wohnungskäufer während der Bauphase nicht mehr überein. Auch die spätere Möblierung mit Perserteppichen oder Möbel, die den Wärmedurchgang an den Raum behindern, verändern die Annahmen der ursprünglichen Planung komplett (Siehe Punkt 2.abweichende Bodenbeläge).

Dazu kommt, dass alle weiteren, auf die Auslegung aufbauenden Berechnungen der Planung, wie auch der damals berechnete hydraulische Abgleich nicht mehr stimmen. Eigentlich muss eine neue Rohrnetzberechnung auf den Istzustand durchgeführt werden, um die neuen Voreinstellwerte zu ermitteln.

II. Totale Überversorgung bei DIN-gerechter Berechnung der Heizlast nach DIN EN 12831 im Zusammenhang mit Fußbodenheizung als Angebots-Heizung (Stand der Technik).

Diese Heizlastberechnung ist DIN-konform und richtig gerechnet. Die DIN-Norm ist aber hier für Fußbodenheizung als Angebotsheizung – mit den Reserven - nicht geeignet. Durch die danach gerechnete Auslegung der Fußbodenheizung ergibt sich für alle Räume, hauptsächlich im mehrgeschossigen Wohnungsbau, ein totales Chaos. Allein dieser eine normativ richtig gerechnete Raum trägt dazu bei, dass alle restlichen Räume im Gebäude falsch ausgelegt, einreguliert und gewaltig überversorgt sind.

Das ist neben den vielen Fehlermöglichkeiten, die bei der Berechnung, Auslegung und Einregulierung der Fußbodenheizung gemacht werden können, ein typisches Beispiel dafür, dass die Fußbodenheizung als **Angebotsheizung** aus der Sicht der Energieeffizienzsteigerung nicht in den Griff zu bekommen ist. Die Alternative ist die **Bedarfsheizung** bei der alle oben aufgeführten Probleme und Fehlermöglichkeiten nicht vorkommen.

Das Thema eingeschränkte Beheizung wird im Wohnungsbau immer wichtiger. Die Energie wird immer teurer, die Heizkosten immer höher, die Leute sparen immer mehr. Eine der wenigen Möglichkeiten bei der Gebäudeheizung zu sparen, ist das Reduzieren der Raumtemperatur, insbesondere während der Abwesenheit. Studentenappartements und Ferienwohnungen sind teilweise während der Heizperiode nicht durchgehend bewohnt. Da bietet sich die „eingeschränkte Beheizung“ während der Abwesenheit an.

Die DIN-konforme Berechnung der Heizlast nach DIN EN 12831

Bei dem Rechenbeispiel handelt es sich um ein 2017 bei München gebautes Mehrfamilienhaus.

In der Heizlastberechnung nach DIN EN 12831 für den **Raum 115** (Bild 1+2) müssen Wohnungstrennwände (orange) in der Berechnung der Raumheizlast berücksichtigt werden.

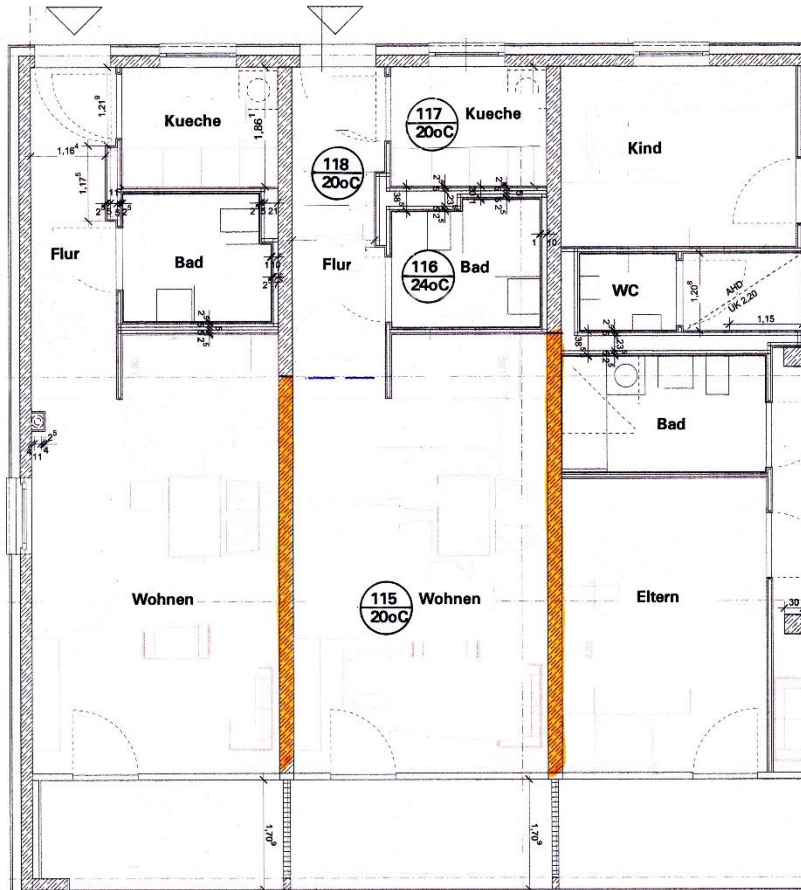


Bild 1. Grundriss 1.OG mit Raum 115

Die abgesenkte Temperatur in den Nebenwohnungen wurde in diesem Rechenbeispiel nach DIN EN 12831 NA Tab.5 mit $13,9^{\circ}\text{C}$ ($t_a = -16^{\circ}\text{C}$, $t_i = 20^{\circ}\text{C}$) berechnet. Die Wohnungstrennwände (orange) sind hier aus Beton mit einer U-Zahl von $2,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ vorgegeben.

Diese „Reserve-Heizlast“, die inneren Wärmeverluste durch die Wohnungstrennwände (orange) zu den Nebenwohnungen, werden nur benötigt, wenn die Heizung in den beiden angrenzenden Nachbarwohnungen bei längerer Abwesenheit gedrosselt wird, um Energie zu sparen.

Das ist eine mögliche, aber eher seltenere Betriebsweise der Nachbarwohnungen. Mit dieser normativ richtig gerechneten Raum-Heizlast wird die Fußbodenheizung inclusive Rohrnetz des gesamten Gebäudes ausgelegt.

Da das Gebäude aber überwiegend voll, ohne Einschränkung, beheizt wird, stimmen alle Berechnungen und Einstell-Werte, die auf der Basis der überhöhten Heizlastberechnung gemacht wurden, nicht mehr.

Alle Räume des Gebäudes sind überversorgt.

DIN EN 12831 - R3		Bauteil Haus B		SEITE 14											
Bauvorhaben		Proj.Datum 4.04.2017		Proj.Nr. 70401											
Planung Ing.Gesellschaft															
RAUM	115	WOHNEN	20°C	WOHNUNG 3	ETAGE 1										
RAUMDATEN:			LUEFTUNGSDATEN:												
LAENGE Raum	25.60 m	TR	Mindest-Luftwechsel	0.50 /h n min											
BREITE Raum	1.00 m	BR	Waende mit AT/VF (Mittel-/Eckraum)	1											
HÖHE Geschoss	2.95 m	HG	Luftwechselrate	3.00 /h n 50											
Deckendicke	0.20 m	D	Abschirm - Koeffizient	0.02 e											
Höhe Raum	2.75 m	HR	Höhe ueber Erdreich	2.9 m H											
FLAECHE Raum	25.60 m ²	AR	Höhenkorrekturfaktor	1.0 E											
VOLUMEN Raum	70.40 m ³	VR	(Interner Lueftungscode	1)											
TRANSMISSIONSWÄRMEVERLUST:															
Bauteil	Breit	Hoch	BxH	Abzg.	BxH	t ang	U-Wert	G	E	B	U	Ht	Qt		
	Mand + Innen + Mand	m	m ² br	m ²	m ² ne	°C	W/m ² K		ang r e n z e e e d			W/K	W		
VF 1	E	3.97	2.50	9.9	9.9	(-16.0)	1.20 k	-	1.00	-	-	11.91	428		
AW 5	E	0.10	3.97	0.10	2.95	12.3	-9.9	2.3	(-16.0)	0.37 k	-	1.00	-	0.87	31
IW 0	Bm	0.10	6.20	0.01	2.95	18.6	18.6	13.9	2.80	-	-	(0.16)	-	8.75	315
IW 1	Be	0.10	2.20	0.05	2.95	6.9	6.9	15.0	1.00	-	-	(0.13)	-	0.96	34
IW 0	Bm	0.05	6.82	0.10	2.95	20.5	20.5	13.9	2.80	-	-	(0.16)	-	9.67	348
TRANSMISSIONSWÄRMEVERLUST												Ht & Qt	32.18	1158	
LUEFTUNGSWÄRMEVERLUSTE:						Volstr	Lufttemp	Redfakt	VolstrRe	Volstr	Hv	Qv			
						m ³ /h	°C	r	m ³ /h Redu	m ³ /h	W/K	W			
MINDESTLUFTWECHSEL						Vmin				35.20					
Naturl.Infiltration						Vn inf			8.40						
Mechan.Infiltration (Abf.Bad/Kueche)						Vni x f ni			-						
Mechan. Zuluftvolumenstrom						Vsu x f su			-						
Abluft - Ueberschuss						Vai x f ai			-						
SUMME INFILTRATION & MECH.LUEFTUNG									8.40						
THERM.WIRKSAMER LUFTVOLUMENSTROM						Vtherm			-	35.20					
LUEFTUNGSWÄRMEVERLUST						Hv & Qv					11.96	430			
NETTO HEIZLAST			HL netto		62 W/m²	22 W/m³						1589 W			
ZUSATZHEIZUNG:															
Wiederaufheizzeit	0.0 h	t _{RM}	Innentemperatur - Abfa11.		0.0 K	d _{RM}									
Zeitkonstante	0.0 h	T	Wiederaufheizfaktor		0.0 W/m ²	T _{RM}									
Waermeverlustkoeff.	0.00 W/K	H _{0.95}													
ZUSATZ - AUFHEIZLEISTUNG			HL							0 W					
NORM - HEIZLAST			HL		62 W/m²	22 W/m³						1589 W			

166720 - (1) SOFTWARE & BERECHNUNG: THERMO - CONSULTING GmbH, tel.00105 8010, Fax.8019 - RECHENZENTRUM FUER ANGEWANDTE HEIZTECHNIK.

Bild 2 – Raumheizlast Raum 115 mit Wohnungstrennwänden.

Diese Räume mit der „Reserveheizlast“ haben häufig die größte spezifische Heizlast (W/m^2) und bestimmen somit die Auslegungstemperatur der Fußbodenheizung entsprechend der DIN 1264-3 für alle Räume des Gebäudes. In der Konsequenz sind alle Räume ungleichmäßig - in unterschiedlicher Höhe - falsch ausgelegt. Aus dieser falschen Vorlauftemperatur resultieren Überversorgung, falsche Wassermengen, Rohrabstände und Druckverluste. Mit den falsch berechneten Wassermengen wirkt auch ein exakt eingestellter hydraulischer Abgleich paradox.

Zum Berechnungsbeispiel:

Im der Heizlastberechnung für Raum 115 (Bild 2) ist für die beiden Wohnungstrennwände „IW0Bn“ (orange) eine innere Heizlast von 315W und 348W ausgewiesen.

Die Fußbodenheizung für Raum 115 (Bild 3) wird mit der kompletten Raumheizlast von 1589W ($62\text{W}/\text{m}^2$) inklusive „Reserveheizlast“ normativ richtig ausgelegt und eingebaut.

RAUM NUMMER	TEMP °C	HEIZLAST WATT	FLAECHE m2	VERTEILER NR.	BODENBELAG	BODENAUFBAU / DARUNTER IST							
115	20	1589	25.6	1	TEPPICH 0,10	BEHEIZT							
	STATUS	TEMP VL - TEMP RL	DELTA T	T MITTEL	T UEBER	q RZ W/m2	Q RZ W	q IZ W/m2	Q IZ W	Q FB			
	BEI KONSTANT 10K	42.0 - 32.0	10.0	37.0	16.4	0	0	61	1500	1500			
	NACH HYDR. ABGLEICH	42.0 - 32.0	10.0	37.0	16.4	0	0	61	1500	1500			
	R A N D Z O N E			I N N E N Z O N E									
KREIS	M	QM	LA x R A	TB	QM	R A	TB	RL	Q FB	Q DE	Kg/h	mbar	
1				8.5	10	25.8	95	526	127	56	102.8	
2				8.5	10	25.8	95	526	127	56	102.8	
3				8.5	10	25.8	95	526	127	56	102.8	
*** 3	TOTAL	***	B Watt RESTWAERME ***						1580	384	168		

**Bild 3 – Auslegung Fußbodenheizung DIN EN 1264 – Drossel-Regelung
Mit Raumheizlast Raum 115 mit Wohnungstrennwänden.**

Bei einer Vorlauf-Temperatur von 42°C kann die geforderte Raumheizlast dieses ungünstigsten Raumes gedeckt werden.

Es ergeben sich 3 Kreise mit Rohrabstand RA 10 cm bei Delta t = 10K. Die folgenden Werte von 3 x 56 Kg/h und 3 x 102,8 mbar gehen in die Berechnung des hydraulischen Abgleichs ein.

Wird die Heizlast nach DIN EN 12831 ohne die beiden Wohnungstrennwände (orange) gerechnet, ist das normativ falsch, entspricht aber eher dem tatsächlichen energieeffizienteren Betrieb der Anlage (diese Berechnungsform entspricht nicht der DIN!).

Bei Raum 115A (Bild 4), der zweiten Auslegungsvariante der Fußbodenheizung, wird mit der Raumheizlast abzüglich der „Reserveheizlast“ mit 926 W gerechnet. Das ist die Heizlast, die der wahrscheinlichen und somit energiesparenderen Betriebsweise entspricht.

Bei gleicher Vorlauftemperatur von 42°C ergeben sich jetzt 2 Heizkreise mit RA 20 cm. Bei einem Delta t = 16K entspricht die eingebaute Wärmeleistung der Fußbodenheizung der Raumheizlast von 926 W. Die Werte für den hydraulischen Abgleich für diesen Fall betragen 2 x 36 Kg/h und 2 x 88,2 mbar.

RAUM NUMMER	TEMP °C	HEIZLAST WATT	FLAECHE m2	VERTEILER NR.	BODENBELAG				BODENAUFBAU / DARUNTER IST			
115 A	20	926	25.6	1	TEPPICH 0,10				BEHEIZT			
	STATUS	TEMP VL - TEMP RL	DELTA T	T MITTEL	T UEBER	q RZ W/m2	Q RZ W	q LZ W/m2	Q LZ W	Q FB		
	BEI KONSTANT 10K	42.0 - 32.0	10.0	37.0	16.4	0	0	50	1294	1294		
	NACH HYDR. ABGLEICH	42.0 - 26.0	16.0	34.0	12.3	0	0	37	965	965		
	R A N D Z O N E				I N N E N Z O N E							
KREIS	N	QM	LA x RA	TB	QM	RA	TB	RL	Q FB	Q DE	Kg/h	mbar
1				12.8	20	23.7	74	482	192	36	88.2
2				12.8	20	23.7	74	482	192	36	88.2
2	TOTAL								965	384	72	

**Bild 4 – Auslegung Fußbodenheizung DIN EN 1264 – Drossel-Regelung
Mit Raumheizlast Raum 115A ohne Wohnungstrennwände.**

Diese Auslegungs-Variante für den Raum 115A (Bild4) wird im Falle einer Absenkung der Raumtemperatur der beiden Nebenwohnungen zum Problem. Die Wärmeabgabe des Bodens (926 W) kann die jetzt geforderte Heizlast von 1589W nicht decken.

Die Vorlauf-Temperatur der beiden Heizkreise mit Rohrabstand 20cm, muss von 42°C auf 46°C angehoben werden, um die geforderte Heizlast decken zu können.

RAUM NUMMER	TEMP °C	HEIZLAST WATT	FLAECHE m2	VERTEILER NR.	BODENBELAG	BODENAUFBAU / DARUNTER IST							
115 B	20	1589	25.6	1	TEPPICH 0,10	BEHEIZT							
	STATUS	TEMP VL - TEMP RL	DELTA T	T MITTEL	T UEBER	q RZ W/m2	Q RZ W	q LZ W/m2	Q LZ W	Q FB			
	BEI KOSTANT 10K	46.0 - 36.0	10.0	41.0	20.5	0	0	63	1615	1615			
	NACH HYDR. ABGLEICH	46.0 - 36.0	10.0	41.0	20.5	0	0	63	1615	1615			
KREIS	R A N D Z O N E				I N N E N Z O N E								
	M	QM	LA x RA	TB	QM	RA	TB	RL	Q FB	Q DE	Kg/h	mbar	
1				12.8	2 0	25.9	74	807	192	85	117.0	
2				12.8	2 0	25.9	74	807	192	85	117.0	
2	TOTAL								1615	384	171		

Bild 5 – Auslegung Fußbodenheizung DIN EN 1264 – Drossel-Regelung mit Raumheizlast Raum 115B mit Wohnungstrennwänden.

Diese Alternative, ohne „Reserveheizlast“ entspricht dem vorwiegenden Betriebszustand. Wird aus wirtschaftlichen Überlegungen diese Rechenvariante gewählt, muss man sich wegen der Nichteinhaltung der DIN-Konformität absichern.

Da beginnt das andere Problem: In diesem Fall sind alle anderen Räume des Gebäudes, die auf 42°C ausgelegt waren, jetzt überversorgt. Die Wärmeabgabe des Bodens und der hydraulische Abgleich aller anderen Räume stimmen nicht mehr. Das bedeutet Energievergeudung.

Fazit:

Die zwei Fehler, die in diesem Zusammenhang zur Überversorgung führen, sind falscher hydraulischer Abgleich und falsche Auslegungstemperatur.

Beide Fehler sind in diesem Fall auf die Auswirkungen beim normgerechten Einsatz der DIN EN 12831 und der DIN EN 1264-3 zurückzuführen. Die Normen können und müssen nicht geändert werden.

Das Problem sind nicht die DIN-Normen, sondern die Fußbodenheizung mit Drossel-Regelung als Angebotsheizung.

Eine Alternative ist die Beimisch-Regelung als Bedarfsheizung.

Die tatsächliche Raumheizlast wird von der Raumtemperatur-Regelung adaptiv ermittelt, die Wärmeabgabe des Bodens wird diesem Wert über eine Kaskaden-Regelung als Beimisch-Regelung einer Bedarfsheizung angepasst.

Jeder Raum wird bedarfsgerecht mit unterschiedlicher Vorlauf-Temperatur versorgt, damit kann die Wärmeleistung des Bodens individuell abgesenkt oder angehoben werden. Alle Berechnungen und der hydraulische Abgleich entfallen.