

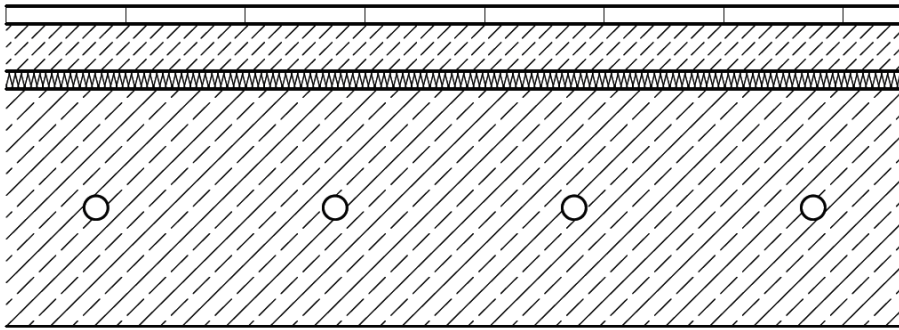


Potenzial und Einsatzgrenzen der Bauteilaktivierung im Wohnungsbau

(Gefördert mit Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie,
Förderkennzeichen: 0327413A).



Definition: Bauteilaktivierung:

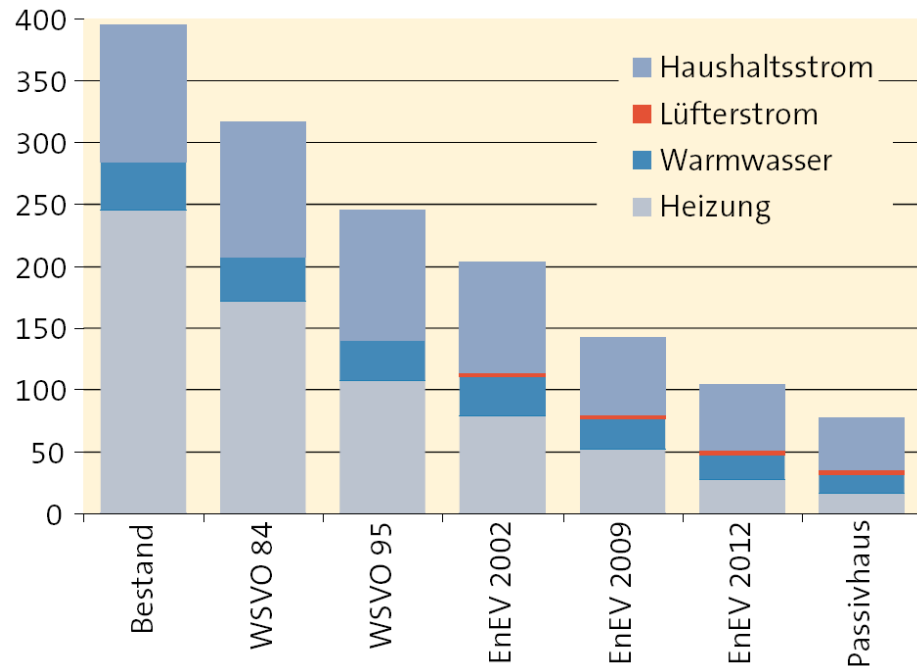


- Einbetonierte, wasserführende Rohrleitungen in der neutralen Zone
- Einsatzbereiche: Kühlen und Heizen
- Realisierung nur im Neubau möglich



Potenzial

kWh/(m²a)



Entwicklung der Gebäudeenergiestandards:

- Verbesserung des Dämmstandards
- Trend: Abnehmender Energieverbrauch
- Niedrigere Betriebstemperaturen für Raumheizung mit großen Heizflächen
- Steigendes LowEx-Potenzial

	WSVO [kWh/(m ² a)]	EnEV 2002 [kWh/(m ² a)]	EnEV 2009* [kWh/(m ² a)]	EnEV 2012** [kWh/(m ² a)]	Passivhaus [kWh/(m ² a)]
Wände	0,4–0,6	0,25–0,5	0,24	0,15–0,22	< 0,16
Dach	0,3–0,5	0,20–0,4	0,20	0,10–0,20	< 0,16
Grund	0,4–0,5	0,25–0,4	0,30	0,15–0,25	< 0,16
Fenster	1,3–1,8	1,3–1,6	1,0	0,8–1,0	< 0,80
Lüftung	1	1, (2/3)	2, (3)	3	3

Lüftung: freie Lüftung (1), ventilatorgestützte Abluftanlage (2), Zu-/Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung (3)

* Kennwerte des Referenzgebäudes gemäß EnEV 2009

** hochgerechnete Werte auf Basis der Annahme von 30% Reduktion



Potenzial

Allgemeine Zusammenhänge:

- Je größer die übertragende Heizfläche, desto geringer die Betriebstemperaturen
- Je niedriger die Betriebstemperaturen, desto höher das LowEx-Nutzungspotenzial
- Kostengünstiger Umweltenergieeinsatz
- Ressourcenschonung, Umweltschutz

Heizsystem	Übliche Systemauslegungstemperaturen
Heizkörper	75 / 55 °C bis 60 / 40 °C
Fußbodenheizung	40 / 30 °C bis 35 / 30 °C
Bauteilaktivierung	30 / 28 °C bis 28 / 25 °C

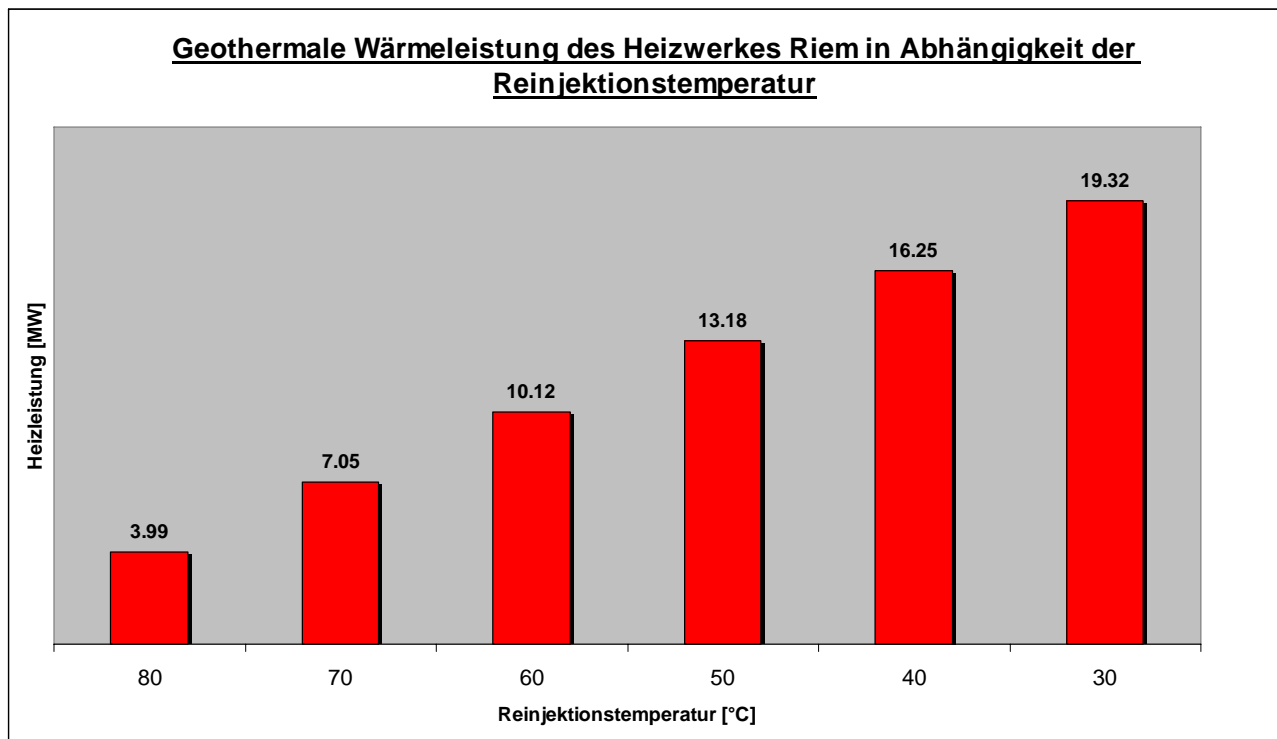


Potenzial: Geothermie

Beispiel: Geothermie-Heizwerk München-Riem

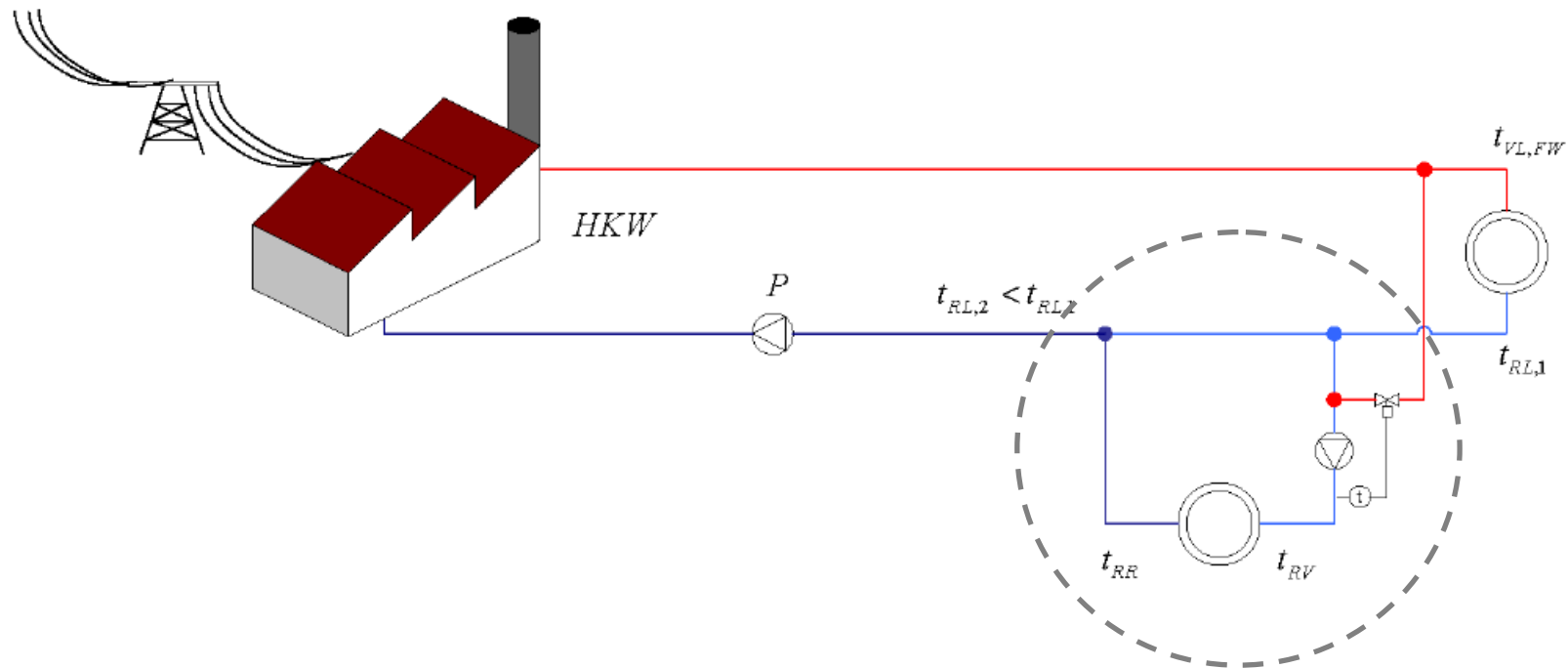
Schüttung 75 l/s; Thermalwassertemperatur ca. 93 °C

→ Die Netzurücklauftemperatur bestimmt die geothermale Wärmeleistung



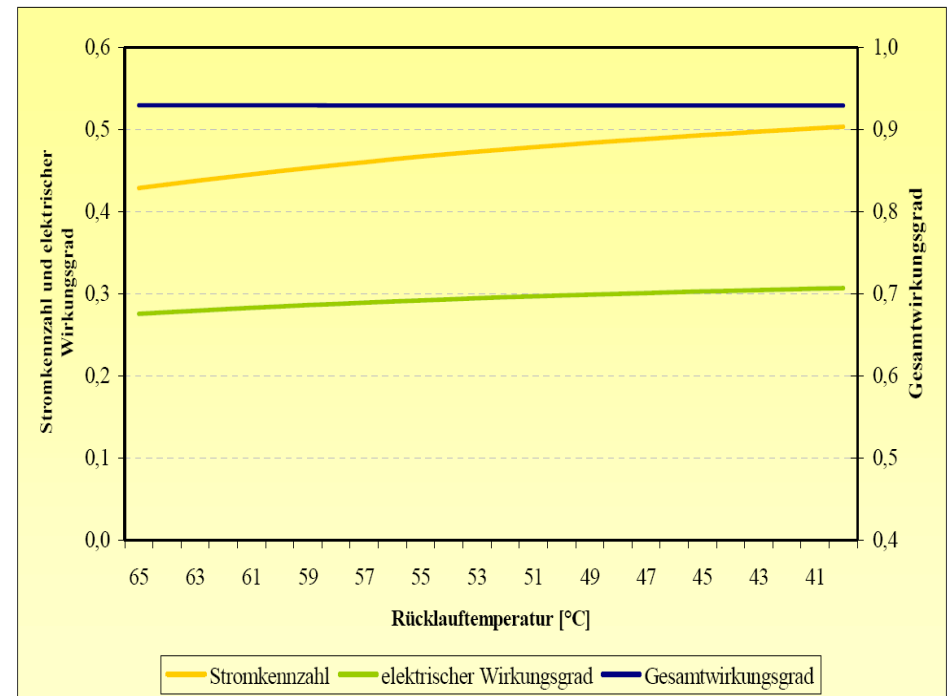
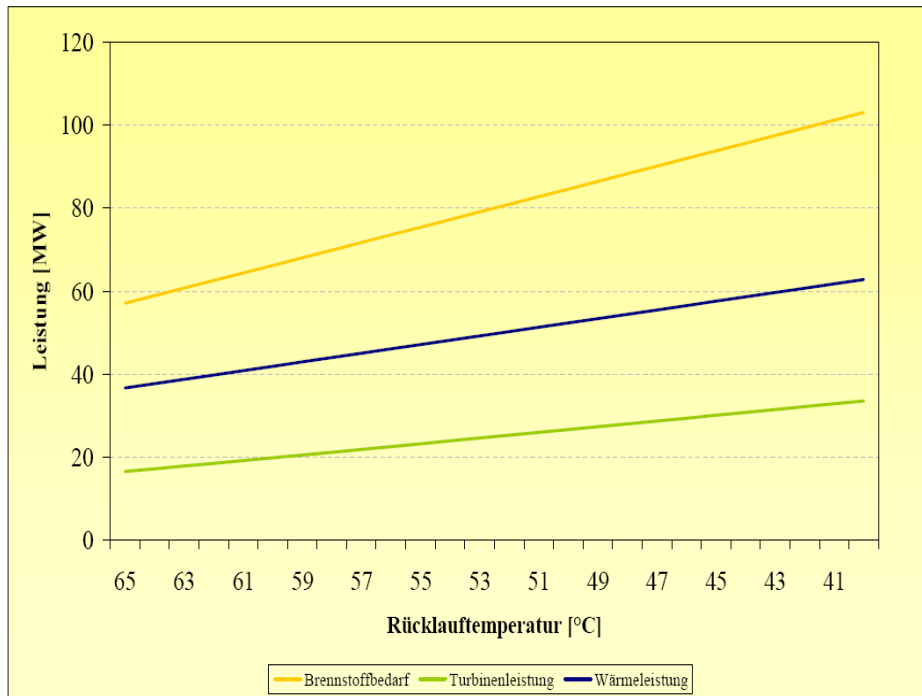
Potenzial: Fernwärme

Fernwärmerücklaufauskühlung über einen erweiterten Anschluss von Gebäuden mit Bauteilaktivierung



Potenzial: Fernwärme

Beispiel: Entnahme-Gegendruckturbine mit Vorlauftemperatur 100 °C



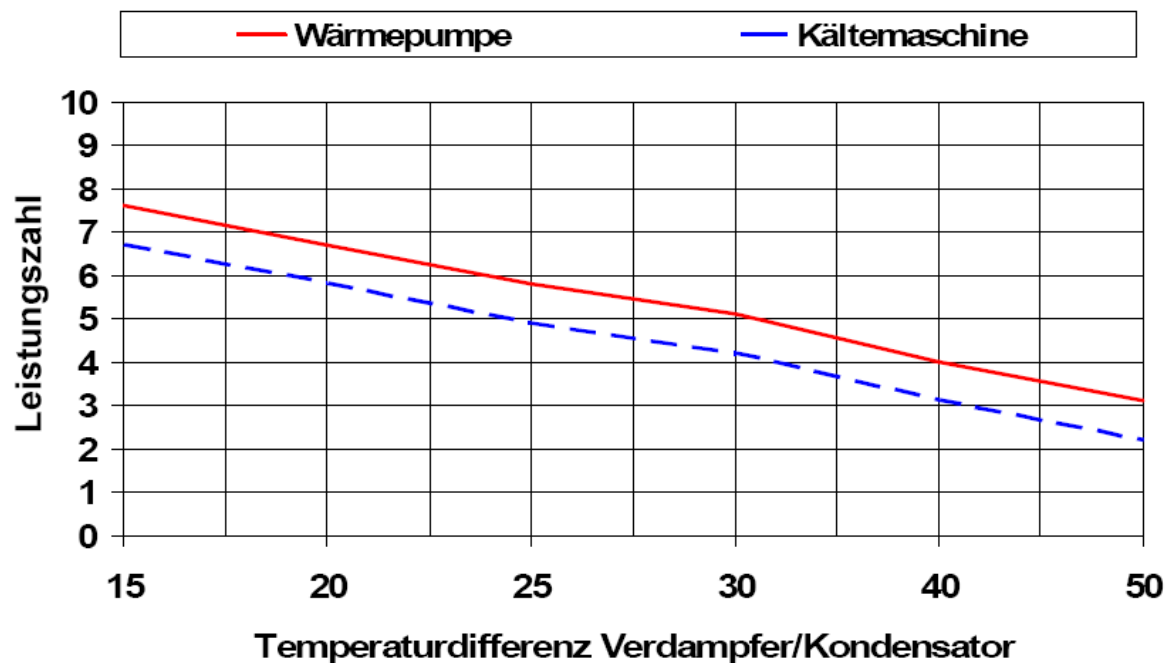
- Wegen Fernwärmerücklauftemperaturauskühlung fällt der Gegendruck in der Anlage
- Turbine erzielt höhere Stromausbeute
- Durch zusätzliche Anschlüsse steigt Brennstoffbedarf → höhere Stromauskopplung



Potenzial: Wärmepumpe

Der COP (*coefficient of performance*) einer Wärmepumpe ist umso höher, je niedriger die Vorlauftemperatur ist.

→ ~3,5% elektrischer Leistungsmehraufwand je Kelvin Vorlauftemperaturerhöhung



NT Heizkörper (Vorlauftemperatur: 55 °C):
COP-Wert ~ 3,5

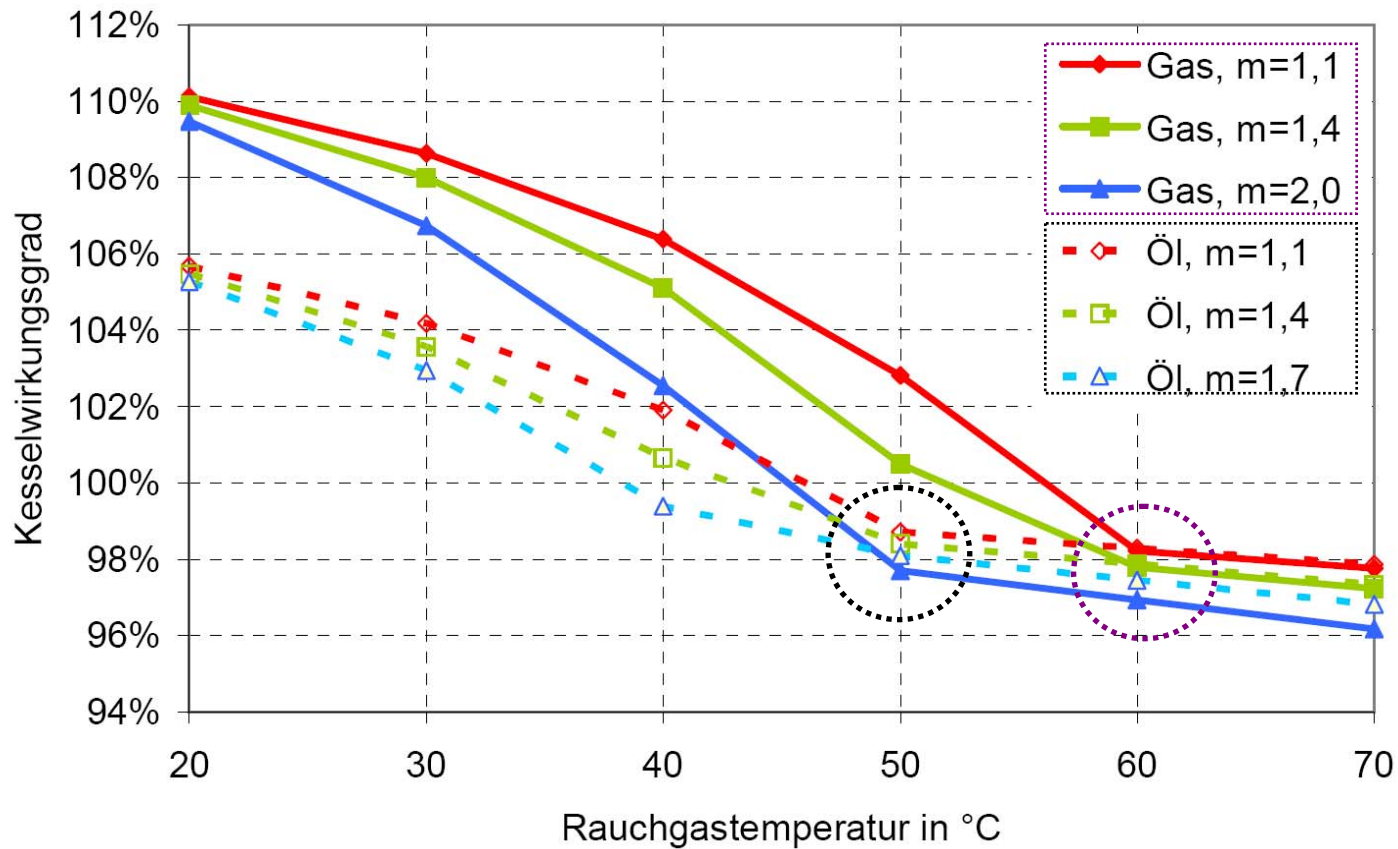
Fußbodenheizung (Vorlauftemperatur: 35 °C):
COP-Wert ~ 5,8

Bauteilaktivierung (Vorlauftemperatur: 30°C):
COP-Wert ~ 6,7



Potenzial: Brennwerttechnik

Wirkungsgradsteigerung durch Nutzung der latenten Wärmeenergie



Legende:
m = Luftüberschusszahl



Potenzial: Solarenergienutzung

Je niedriger die Anforderung an die benötigte Vorlauftemperatur ist, desto effektiver kann eine thermische Solarenergienutzung für die Raumheizung genutzt werden.

Ab einer Solarkollektortemperatur von $\sim 30^\circ\text{C}$ kann die Bauteilaktivierung im Auslegungsfall von -16°C für die Raumheizung Raumtemperaturen von 20°C sicher stellen.

Potenzial: In Kombination mit Trinkwassererwärmung

Die Einhaltung der Trinkwasserhygiene erfordert in Großanlagen nach DVGW-Arbeitsblatt W 551 eine Zirkulationsanlage.

Der Rücklauf der Zirkulationsleitung kann als Vorlauf für die Bauteilaktivierung verwendet werden.



Potenzial: Gegenüberstellung

	Bauteilaktivierung	Fußbodenheizung
Verfügbare aktivierte Fläche:	größer	kleiner
Erforderliche Vorlauftemperatur:	geringer	höher
Einsatz Umweltwärme:	höher	geringer
Flexibilität / Möblierung:	günstig	ungünstig
Bauablauf / Vorfertigung:	möglich	nicht möglich
Boden- / Deckenaufbau:	geringer	höher
Monoenergetischer Einsatz:	bedingt möglich	möglich
Erzeugereffizienz:	sehr hoch	hoch
Installationskosten:	günstig	hoch

Wegen den unterschiedlichen Raumtemperaturempfehlungen nach DIN EN 12831 ist ein monoenergetischer Einsatz bedingt möglich.



Einsatzgrenzen: Gegenüberstellung

Im Büro- und Verwaltungsbau hat sich bis dato die Bauteilaktivierung etabliert.




	Büro- Verwaltungsgebäude	Wohngebäude
Fensterflächenanteil:	hoch	klein (< 30 %)
Interne Lasten: (Personen, Beleuchtung, Geräte)	hoch	gering
Anforderung an Kühlung:	ja	nein
Anforderung an Trittschall:	bedingt	gegeben
Raumtemperatur:	konstant	unterschiedlich
Nutzungsverhalten:	statisch	dynamisch
Speichermasse:	mittel	hoch



Einsatzgrenzen: Trittschallanforderung

DIN 4109: Schallschutz im Hochbau

➤ Drei unterschiedliche Boden-/Deckenkonstruktionen:

- Steinwolle  „Konventionelle Methode“
- Vakuumisulationspaneel  „Schlecht leitend“
- Eisenwollmatte  „Gut leitend“



Einsatzgrenzen: Trittschallanforderung

- Die untersuchten Trittschalldämmmaterialien sind:

Konventioneller Aufbau (Steinwolle)

- + : Kostengünstig und einfache Verlegung
- : Individuelle Einzelraumregelung nur bedingt möglich

Vakuumisolationspaneele (mit Vlies)

- + : Individuelle Einzelraumtemperaturregelung möglich bei geringer Dämmstärke
- : Kostenintensiv und höherer Verlegeaufwand

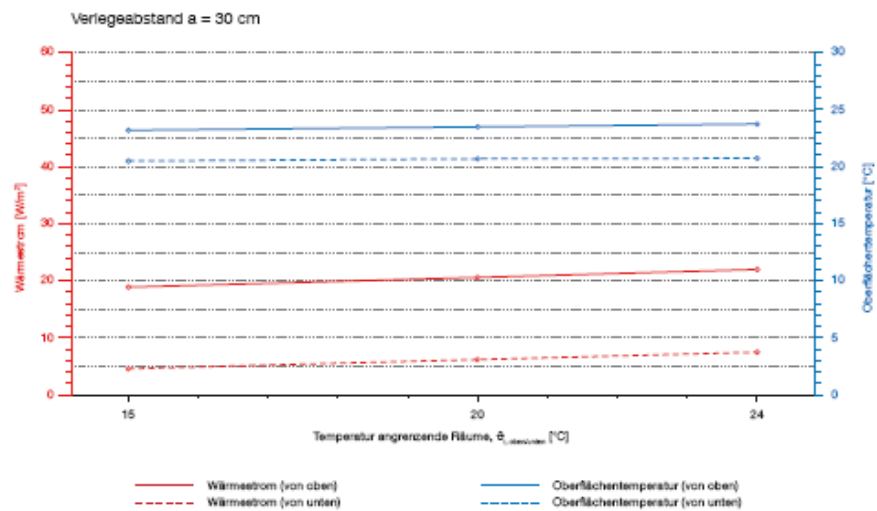
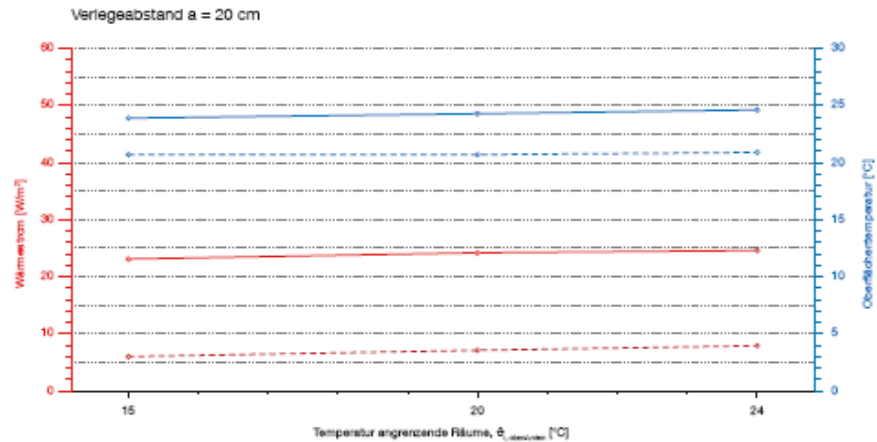
Eisenwollmatte: Setzungs- / Kriechvermögen



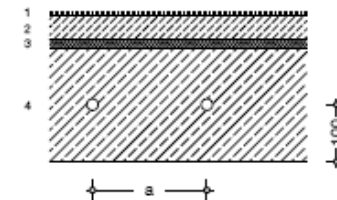
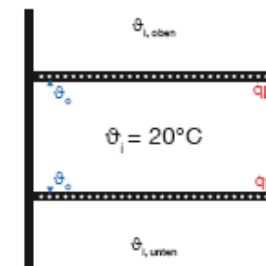
Einsatzgrenzen: Wärmestromkatalog

- Auslegung der Bauteilaktivierung in Abhängigkeit:
 - Verlegeabstand
 - Betriebstemperaturen
 - Angrenzende Raumtemperaturen
 - Für unterschiedliche Boden-/Deckenkonstruktionen

Einsatzgrenzen: Wärmestromkatalog



Bezugsraumtemperatur: 20 °C
 Betriebstemperatur: 28/25 °C
 Bodenbelag: Teppich



Bodenaufbau	Stärke s [mm]	Wärmeleitfähigkeit λ [W/mK]	Dichte ρ [kg/m³]	spez. Wärmekapazität c_p [J/kgK]
1 Teppich	8	0,08	200	1.300
2 Estrich	40	1,4	2.000	1.130
3 Trittschalldämmung	15	0,035	100	1.030
4 Stahlbetondecke	200	2,3	2.300	1.000



Einsatzgrenzen: Wärmestromkatalog

Betriebstemperatur: 28-25°C
Bodenbelag: Teppich
Verlegeabstand $a = 20$ cm



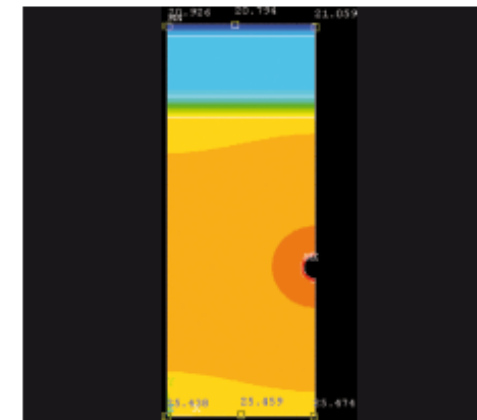
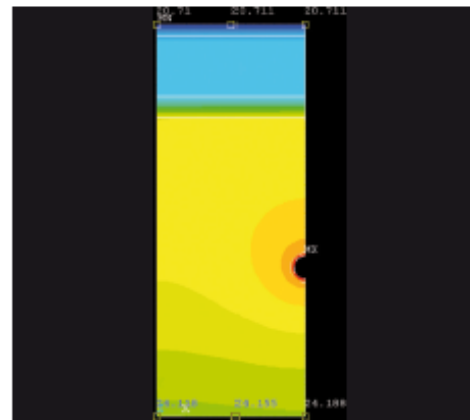
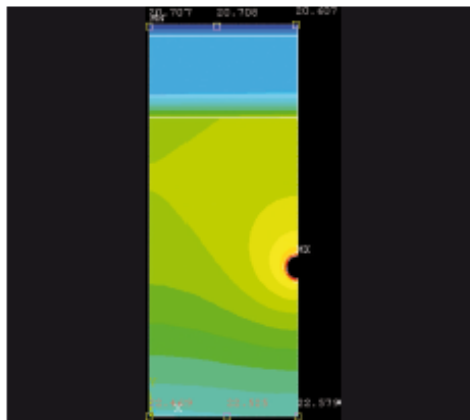
Bezugsraumtemperatur [°C]

20 (oben) / 15 (unten)

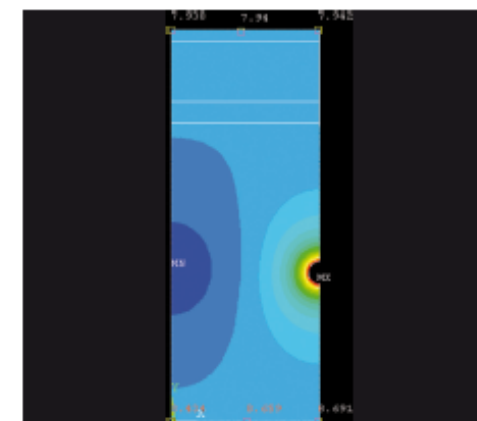
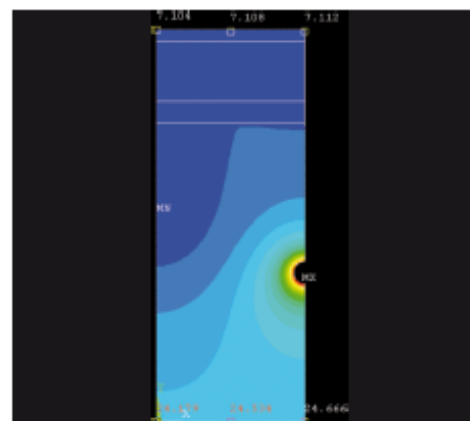
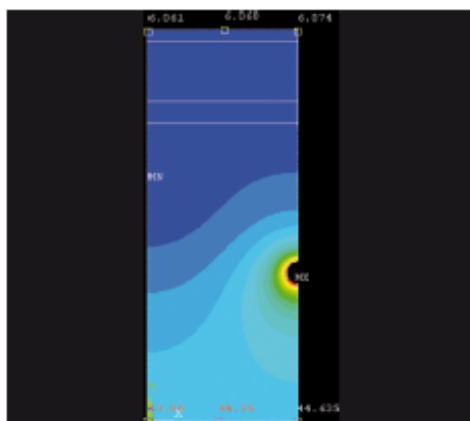
20 (oben) / 20 (unten)

20 (oben) / 24 (unten)

Oberflächen-
temperatur
[°C]



Wärmestrom
[W/m²]





Einsatzgrenzen: Wärmestromkatalog

Bauteilaktivierung						
Temperatur des darüberliegenden Raumes:				T_{oben}	20,00 °C	
Temperatur des darunterliegenden Raumes:				T_{unten}	20,00 °C	
				T_{VL}	28,00 °C	
Angestrebte Rücklauftemperatur:				T_{RL}	25,00 °C	
Wärmeübergangswiderstände:				α_{oben}	10,00 W/m ² K	
				α_{unten}	5,88 W/m ² K	
Dicke und Wärmeleitfähigkeit der Schichten (ab Rohrmittle)						
			obere Bauteilhälfte		untere Bauteilhälfte	
Schicht 1	d_1	0,100 m	λ_1	2,300 W/mK	d_1	0,100 m λ_{Beton} 2,30 W/mK
Schicht 2	d_2	0,015 m	λ_2	0,035 W/mK	d_2	λ_2
Schicht 3	d_3	0,040 m	λ_3	1,400 W/mK	d_3	λ_3
Schicht 4	d_4	0,015 m	λ_4	1,300 W/mK	d_4	λ_4
U-Werte		U_{oben}	1,63 W/m ² K		U_{unten}	4,68 W/m ² K
Rohraußendurchmesser				δ	0,0200 m	
Rohrwandstärke				d_r	0,0023 m	
Rohrabstand				d_x	0,20 m	
Rohrlänge				l	32,50 m	
Wärmeleitfähigkeit Rohr				λ_r	0,35 W/mK	
Spezifische Wärmekapazität (Wasser)				c	1,163 Wh/kgK	
Spezifischer Wassermassenstrom				m'_{sp}	10,25 kg/hm ²	



Einsatzgrenzen: Wärmestromkatalog

Mittlere Kerntemperatur:	$T_{K,m}$	=	24,73 °C
Wärmestrom über den Fußboden:	q_{oben}	=	7,02 W/m ²
Wärmestrom von der Decke:	q_{unten}	=	20,12 W/m ²
Oberflächentemperatur Fußboden:	$T_{O,\rho}$	=	20,70 °C
Oberflächentemperatur Decke:	$T_{O,\mu}$	=	23,42 °C



Einsatzgrenzen: Zusatzsysteme

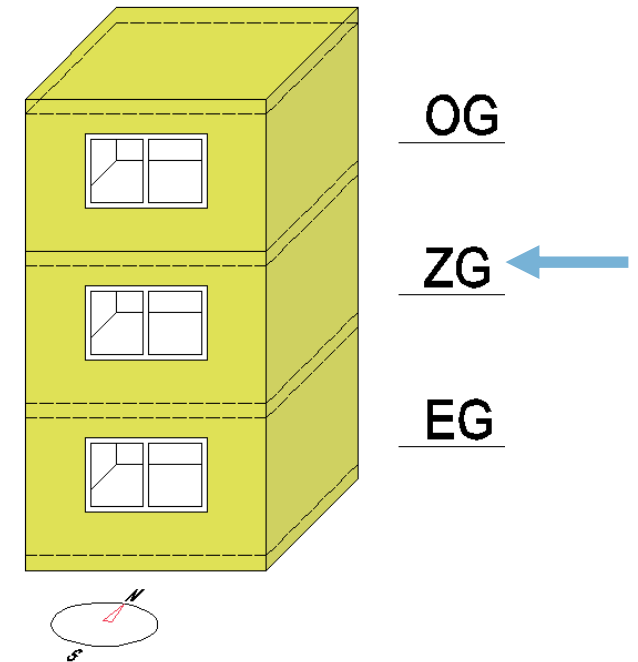
Bauteilaktivierung mit:

- Wasserführenden Zusatzsystemen:
 - Dünnbett-Fußbodenheizung
 - Deckenstrahlplatte in Kombination mit einer Fußbodenheizung
 - Wandheizungssysteme
-
- Elektrischen Zusatzsystemen:
 - Heizlüfter
 - Infrarot-Heizstrahler
 - Elektrische Wandfliesenheizung
 - Bad-Heizkörper mit Heizpatrone

Einsatzgrenzen: Energetischer Vergleich

Randbedingungen:

- Raum im ZG mit 18,05 m²
- Raumhöhe 2,45 m
- U-Werte nach EnEV 2009
- Luftwechsel 0,5 1/h
- Zeitraum: 01.09. – 31.05.
- Wetterdatensatz TRY 13
- Raumluft-Solltemperatur 20°C
- Konventioneller Bodenaufbau mit Teppich



Grundwasser-Wärmepumpe:

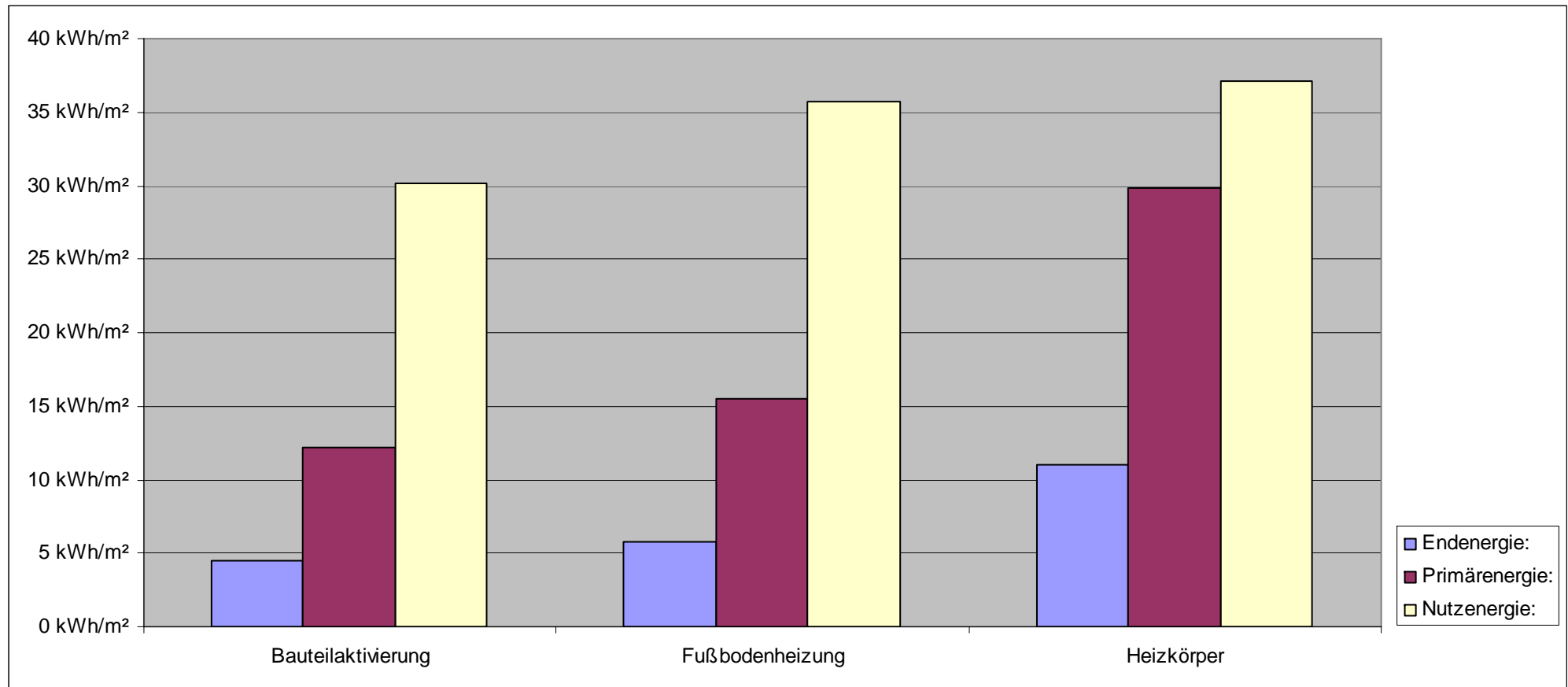
Betriebstemperaturen: Bauteilaktivierung
28/25°C

Fußbodenheizung
40/30°C

Heizkörper
60/40°C



Einsatzgrenzen: Energetischer Vergleich



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

