

Bei EnEV-gerechten Dämmschichtdicken ergibt sich für ein 2-Leiter-System ein Wärmeverlust von $\dot{Q}_{i,\Sigma,l,w} = 4,24 \text{ kW}$, davon $\dot{Q}_{i,r,l,w} = 3,19 \text{ kW}$ in beheizbaren Räumen.

Dies führt zu einer sommerlichen Aufheizung um $\Delta\theta_{i,r,l,w} = 1,4 \text{ K}$, so dass eine gerade noch akzeptable Innenraumtemperatur von $\theta_{i,c,max} = 26 \text{ °C}$ bereits bei einer Außenlufttemperatur unter $\theta_{e,c,max} = 24,6 \text{ °C}$ erreicht wird.

$$\Delta\theta_{i,r,l,w} = 3,19 \text{ kW} * (20 \text{ °C} - -15 \text{ °C}) / 80 \text{ kW} = 1,4 \text{ K}.$$

Die Einhaltung der +1-Kelvin-Regel erfordert bei einem herkömmlichen 2-Leiter-System mit einem Rohrdurchmesser von 28 mm und einer Wärmeleitfähigkeit von $\lambda = 0,035 \text{ W/(m·K)}$ eine einheitlich angenommene Wärmedämmschichtdicke von 55 mm, womit die Vor- und Rücklaufleitungen im Steigschacht bereits eine Gesamtbreite von 277 mm einnehmen (Nullabstand vorausgesetzt), was wenig praktikabel erscheint, insbesondere wenn im Bestand ehemalige Schornsteinzüge für die Rohrverlegung genutzt werden sollen. Zu den 114 mm EnEV-gerechter Dämmung sind 52 mm für den Heizungsvorlauf und 52 mm für den Heizungsrücklauf hinzuzuaddieren, so dass sich insgesamt 218 mm ergeben. Das 2-Rohrsystem würde damit 59 mm breiter bauen.

Vorschlag mit 2-Rohrsystem		aufwärts VL	abwärts RL	Keller VL	Keller RL	gesamt
Warmwasserrohr - Außendurchmesser	mm	28	28	42	42	
Dicke der Wärmedämmung	mm	55	55	39	39	
Außendurchmesser der Wärmedämmung	mm	138	138	120	120	277
Wärmeleitfähigkeit der Wärmedämmung	W/(mK)	0,035	0,035	0,035	0,035	
Wärmedurchgangskoeffizient an der Außenseite	W/(m²K)	8	8	8	8	
längenbezogener Gesamtwärmeübergangskoeffizient	W/(mK)	0,138	0,138	0,209	0,209	
Zuschlag für Zusatzaufwand durch Rohraufhängungen	-	1,15	1,15	1,15	1,15	
korr. längenbezogener Gesamtwärmeübergangskoeffizient	W/(mK)	0,158	0,158	0,241	0,241	
mittlere Warmwassertemperatur	°C	69,89	46,99	69,96	46,95	
mittlere Lufttemperatur - Schacht	°C	25	25	15	15	
mittlerer spezifischer Wärmestrom	W/m	7,1	3,5	13,2	7,7	6,3
mittlere Länge Rohrleitungen	m	216	216	50	50	532
mittlerer Wärmestrom	W	1.534	752	662	385	3.333
		46%	23%	20%	12%	100%

Selbst bei hocheffizienten Wohnungsstationen, die auf eine Vorlauftemperatur von $\theta_{VL,max} = 50 \text{ °C}$ ausgelegt sind, genügt eine EnEV-gerechte Wärmedämmung nicht, um die +1-Kelvin-Regel zu erfüllen. Der Wärmeverlust allein der hier größeren Rohrleitungen in die beheizbaren Räume beträgt $\dot{Q}_{i,r,l,w} = 2,47 \text{ kW}$. Der gesamte Wärmeverlust liegt bei $\dot{Q}_{i,\Sigma,l,w} = 3,26 \text{ kW}$.

2-Rohrsystem mit abgesenktem Temperaturniveau		aufwärts VL	abwärts RL	Keller VL	Keller RL	gesamt
Warmwasserrohr - Außendurchmesser	mm	35	35	54	54	
Dicke der Wärmedämmung	mm	32	32	51	51	
Außendurchmesser der Wärmedämmung	mm	99	99	156	156	198
Wärmeleitfähigkeit der Wärmedämmung	W/(mK)	0,035	0,035	0,035	0,035	
Wärmedurchgangskoeffizient an der Außenseite	W/(m²K)	8	8	8	8	
längenbezogener Gesamtwärmeübergangskoeffizient	W/(mK)	0,211	0,211	0,207	0,207	
Zuschlag für Zusatzaufwand durch Rohraufhängungen	-	1,15	1,15	1,15	1,15	
korr. längenbezogener Gesamtwärmeübergangskoeffizient	W/(mK)	0,243	0,243	0,238	0,238	
mittlere Warmwassertemperatur	°C	49,95	46,99	49,98	46,96	
mittlere Lufttemperatur - Schacht	°C	25	25	15	15	
mittlerer spezifischer Wärmestrom	W/m	6,1	5,3	8,3	7,6	6,1
mittlere Länge Rohrleitungen	m	216	216	50	50	532
mittlerer Wärmestrom	W	1.311	1.155	417	381	3.264
		40%	35%	13%	12%	100%

Zu berücksichtigen ist jedoch zusätzlich auch der Wärmeverlust der Wohnungsstationen selbst, die oft völlig ohne oder nur mit einer Wärmedämmung der Wärmeübertrager ausgeliefert werden.

Ein herkömmliches 2-Leitersystem erfüllt somit die +1-Kelvin-Regel noch nicht. Hier bedarf es Verbesserungen an der Wärmedämmung der Rohrleitungen und der Wohnungsstationen selbst.

5. 2+1-Leitersystem – Zirkulationsatellit

Beim Zirkulationsatelliten werden die Warmwasser- und die Heizungsvorlaufleitung unter einer gemeinsamen Wärmedämmung geführt und befinden sich im thermischen Kontakt [www.thermointegral.de]. Das Warmwasser selbst wird nicht zirkuliert. In der Heizsaison zirkuliert das Heizungswasser mit Warmwassertemperatur und erhält die Warmwassertemperatur im parallelen Rohr automatisch in den zulässigen Grenzen. Außerhalb der Heizsaison kann mit dem System eine gezielte Badtemperierung oder Handtuchtrocknung erfolgen. Ist dies nicht der Fall, erfolgt eine Zirkulation des Heizungswassers.

Berechnet wird ein Zirkulationsatellit in Anlehnung an die VDI 2067 Blatt 22 über den äquivalenten Durchmesser aus Warmwasser- und Heizungsvorlaufleitung:

$$d_{\text{äq}} = (d_{\text{WW}}^2 + d_{\text{HZVL}}^2)^{1/2}.$$

Die gemeinsame Dämmung der Warmwasser- und Heizungsvorlaufleitung im Steigstrang hat einen Außendurchmesser von 118 mm und eine Wärmeleitfähigkeit von $\lambda = 0,029 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$. Die Heizungsrücklaufleitung ist gemäß EnEV mit 20 mm Wärmedämmung mit einer Wärmeleitfähigkeit von $\lambda = 0,035 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ gedämmt. Betrachtet wird der sommerliche „Zirkulationsbetrieb“ des Heizungswassers bei einer Überströmtemperatur von $\theta_{w,\text{ü,max}} = 50 \text{ °C}$. Da das Warmwasser nicht zirkuliert, ist eine Hygieneschaltung nicht erforderlich. Vielmehr ist eine Absenkung der Warmwassertemperaturen bis auf $\theta_w = 50 \text{ °C}$ möglich (nach DIN CEN/TR 16355).

2+1-Rohrsystem - ZISat		aufwärts WW/VL	abwärts RL	Keller WW/VL	Keller RL	gesamt
Warmwasserrohr - Außendurchmesser	mm	äquiv. 25,1	12	äquiv. 39,6	28	
Dicke der Wärmedämmung	mm	46,5	20	43,1	30	
Außendurchmesser der Wärmedämmung	mm	118	52	126	88	170
Wärmeleitfähigkeit der Wärmedämmung	W/(mK)	0,029	0,035	0,029	0,035	
Wärmedurchgangskoeffizient an der Außenseite	W/(m²K)	8	8	8	8	
längenbezogener Gesamtwärmeübergangskoeffizient	W/(mK)	0,118	0,150	0,158	0,192	
Zuschlag für Zusatzaufwand durch Rohraufhängungen	-	1	1,15	1	1,15	
korr. längenbezogener Gesamtwärmeübergangskoeffizient	W/(mK)	0,118	0,172	0,158	0,221	
mittlere Warmwassertemperatur	°C	59,95	49,83	59,99	48,58	
mittlere Lufttemperatur - Schacht	°C	25	25	15	15	
mittlerer spezifischer Wärmestrom	W/m	4,1	4,3	7,1	7,4	4,8
mittlere Länge Rohrleitungen	m	216	216	50	50	532
mittlerer Wärmestrom	W	888	925	355	371	2.538
		35%	36%	14%	15%	100%

Der Wärmeverlust in den Steigschächten reduziert sich auf $\dot{Q}_{i,rl,w} = 1,81 \text{ kW}$, der Wärmeverlust insgesamt auf $\dot{Q}_{i,\Sigma,w} = 2,54 \text{ kW}$. Damit reduziert sich die sommerliche Aufheizung der beheizbaren Räume auf $\Delta\theta_{i,rl,w} \approx 0,79 \text{ Kelvin}$. Die beheizbaren Räume nehmen damit etwa dieselbe Temperatur wie in den Schächten angenommen an:

$$\Delta\theta_{i,rl,w} = 1,81 \text{ kW} * (20 \text{ °C} - -15 \text{ °C}) / 80 \text{ kW} \approx 0,79 \text{ K}.$$

Bei einer Überströmtemperatur von $\theta_{w,\text{ü,max}} = 55 \text{ °C}$ wären es entsprechend $\dot{Q}_{i,rl,w} = 1,98 \text{ kW}$, $\dot{Q}_{i,\Sigma,w} = 2,76 \text{ kW}$ und $\Delta\theta_{i,rl,w} \approx 0,9 \text{ K}$.

Die 2+1 Leitungen nehmen im Steigschacht eine Breite von 170 mm ein. Davon sind 52 mm dem Heizungsvorlauf zuzurechnen, und 52 mm dem Heizungsrücklauf. Damit nimmt die Warmwasserleitung, Nullabstand vorausgesetzt, eine Breite von 66 mm ein. Gegenüber den 114 mm einer EnEV-gerechten Dämmung baut ein Zirkulationsatellit somit um 48 mm schmaler.

Fazit

Im derzeitigen Entwurf des GEG ist eine pauschale Vorgabe für den spezifischen Wärmeverlust von Wärmeverteilungs- und Warmwasserleitungen vorgesehen. Diese Vorgabe führt insbesondere bei kleineren Rohrdimensionen bereits zu einem um $\Delta\dot{Q}_{i,\Sigma,w} = 25\%$ höheren Wärmeverlust, als bei Verwendung der in der derzeitigen EnEV vorgegebenen Dämmschichtdicken.

Beide Vorgaben berücksichtigen jedoch das Problem des sommerlichen Wärmeschutzes in hochgedämmten Niedrigstenergiegebäuden nicht. Durch den unkontrollierten Wärmeeintrag aus dem Zirkulationskreislauf besteht die Gefahr der Aufheizung der beheizbaren Räume um etwa $\Delta\theta_{i,rl,w} = 1,5$ Kelvin. D.h. die gerade noch zulässige Innenraumtemperatur von $\theta_{i,c,max} = 26\text{ °C}$ wird bereits bei einer mittleren Außenlufttemperatur von $\theta_{e,c,max} = 24,5\text{ °C}$ erreicht. Ein hoher Wärmeverlust der Warmwasserleitungen führt auch zu einer unkontrollierten Aufheizung der benachbart verlegten Kaltwasserleitungen, was die Legionellenbildung auch in diesem System begünstigt.

Es wird deshalb vorgeschlagen, den Wärmeverlust aus allen ganzjährig warmgehenden Rohrleitungen eines Gebäudes zusammen soweit zu begrenzen, dass dieser zu einer maximalen Aufheizung aller beheizbaren Räume um $\Delta\theta_{i,rl,w,max} = 1\text{ K}$ führt. Dabei sind jeweils die ungünstigsten Betriebszustände zu berücksichtigen, wie etwa eine thermische Desinfektion im Warmwasserzirkulationssystem und ein kontinuierlicher Betrieb der Zirkulationspumpe.

Erfüllt werden kann diese Anforderung derzeit mit folgenden marktgängigen Systemen:

- verstärkten Dämmschichtdicken
- Wärmedämmung mit vermindertem Wärmeleitwert
- Inrohrzirkulation
- Zirkulationssatelliten.

Für das angeführte Beispiel eines Mehrfamilienhauses ergeben sich damit folgende Parameter:

System der Rohrdämmung	Breite bei Nullabst.	Temperaturen	Wärmeverlust Steigstränge	Wärmeverlust insgesamt	Q _{EnEV}	mittl. spez. Wärmestrom
Praxis	114 mm	62/58 °C	4,30 kW	5,60 kW	144 %	10,5 W/m
GEG-Wärmeverlust	96 mm	65/55 °C	3,76 kW	4,87 kW	125 %	9,2 W/m
EnEV-Dämmung	114 mm	65/55 °C	2,99 kW	3,89 kW	100 %	7,3 W/m
verstärkte Dämmung	189 mm	65/55 °C	2,29 kW	2,93 kW	75 %	5,5 W/m
verring. Leitfähigkeit	114 mm	65/55 °C	2,29 kW	2,96 kW	76 %	5,6 W/m
Inrohrzirkulation	88 mm	65/60 °C	1,82 kW	2,89 kW	74 %	9,2 W/m
Zirkulationssatellit	66 mm	60/48 °C	1,81 kW	2,54 kW	65 %	4,8 W/m

Besonders praxistauglich erscheint der Zirkulationssatellit, der zugleich am einfachsten und schmalsten baut und den geringsten Wärmeverlust insgesamt ermöglicht. So baut er gegenüber einer EnEV-gerechten Wärmedämmung um 48 mm schmalere und spart 1/3 Energie. Dabei noch unberücksichtigt ist der verminderte Wärmeverlust des Heizungsvorlaufs durch die wesentlich bessere und dickere Wärmedämmung. Hinzu kommt der besonders positive Effekt der um $\Delta\theta_{RL} = -7\text{ K} \div -12\text{ K}$ niedrigeren Rücklauftemperaturen am Wärmeerzeuger, die in der Heizsaison durch die serielle Auskühlung des Heizungsvorlaufs in den Raumheizkörpern noch wesentlich tiefer sinken. Und nicht zuletzt gibt es hygienische Vorteile durch die fehlende Kettenkontamination, wie sie bei Zirkulationssystemen, insbesondere bei Systemen mit Warmwasserspeichern vorkommt.