

Optimierte Dämmung der Kühlwasserleitungen von Klimaanlage

Steigerung der Energieeffizienz von kältetechnischen Anlagen



Dipl.-Ing. Jarema Chmielarski, Technischer Manager

In diesem Artikel wird die Frage untersucht, ob durch eine optimierte Dämmung der Rohrleitungen von Kühl- und Klimaanlage Energieeinsparungen möglich sind und wenn ja, in welcher Größenordnung sich diese bewegen und inwiefern sich entsprechende Investitionen rentieren. Diese Frage ist heute von hoher Aktualität, da auch in der EU-Richtlinie 2002/91/EG (EU-Gebäuderichtlinie) über die gesamte Energieeffizienz von Gebäuden die

von Kühlsystemen effektiv verbrauchte Energie in die Gesamtenergiebilanz des Gebäudes eingeht. Im Folgenden wurde von einer typischen Anwendung ausgegangen: Kühlwassersysteme in klimatisierten Gebäuden, die gekühltes Wasser mit einer Nennvorlauftemperatur von $+7^{\circ}\text{C}$ zu den an verschiedenen Stellen im Gebäude angebrachten Gebläsekonvektoren transportieren.

Zu Zeiten hoher und weiter steigender Energiepreise, einer wachsenden Abhängigkeit von Energielieferanten und nicht zuletzt angesichts der sich verschärfenden Klimaproblematik müssen Energieeinsparpotenziale im Gebäudebereich stärker genutzt werden. Mit seiner CO_2 -Studie hat Armacell die enormen Energieeinsparpotenziale, die sich im Gebäudebestand durch die nachträgliche Dämmung von zugänglichen Heizungs- und Warmwasserleitungen realisieren lassen, belegt. Neben Heizung und Warmwasserbereitung müssen nach der EU-Richtlinie 2002/91/EG über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden erstmals auch

Kühlung, Lüftung und Beleuchtung zur Berechnung der Gesamtenergieeffizienz eines Gebäudes herangezogen werden. War die Gebäudeklimatisierung in der Vergangenheit ein eher selten anzutreffender Luxus, weist der europäische Markt für Klimaanlage heute jährliche Wachstumsraten von bis zu 10% auf.

Nicht nur in Südeuropa, auch in Mittel- und Nordeuropa ist Gebäudeklimatisierung – nicht zuletzt aufgrund der Klimaveränderungen, die zu heißeren Sommern in den gemäßigten klimatischen Regionen Europas führen – auf dem Vormarsch. Bei der Erzeugung des für Kälte- und Klimaanlage notwendigen Kaltmediums fallen

hohe Energiekosten an. Um die Anlagen so energieeffizient wie möglich zu betreiben, spielt die Dämmung eine wichtige Rolle im Gesamtkonzept. Sie sorgt dafür, dass die erforderliche Mediumtemperatur möglichst lange gehalten wird und die Kältemaschine seltener anlaufen muss. Wie die folgenden Ausführungen zeigen, lassen sich durch eine optimierte Dämmung der Kühlwasserleitungen wesentliche Einsparpotenziale realisieren. Bislang diente die Dämmung von kaltgehenden Leitungen vorrangig der Tauwasserverhinderung. Die Vermeidung von Energieverlusten aus Anlagenteilen sollte zukünftig ein primäres Ziel werden.

**ENERGIEEINSPARPOTENZIALE
DER KÜHLWASSERSYSTEME
VON KLIMAAANLAGEN**

Je nach Struktur des klimatisierten Gebäudes, seiner Grundfläche und Komplexität sowie der Anzahl der Stockwerke kann das Kühlwasserleitungssystem auf unterschiedliche Weise geplant und konstruiert werden. Im Allgemeinen wird es in einzelne Abschnitte für jede Gebläsekonvektorgruppe aufgeteilt, wobei in der Regel der Rohrdurchmesser umso größer ist, je mehr Konvektoren mit Kühlwasser versorgt werden müssen.

Generell lässt sich sagen, dass in einem Kühlwassersystem verschiedene Rohrleitungen mit unterschiedlichen Durchmesseranwendungen finden können. Da in dieser Untersuchung die Wärmegewinne aus der Umgebungsluft im Gebäude auf die Kühlwasserleitungen pro laufenden Meter berechnet werden, ist die Rohrleitungslänge in den einzelnen Abschnitten irrelevant.

Die angenommenen Rohrdurchmesser im Bereich von DN 32 bis DN 100 und die Dämmschichtdicke der betreffenden Rohre spielen jedoch eine Rolle.

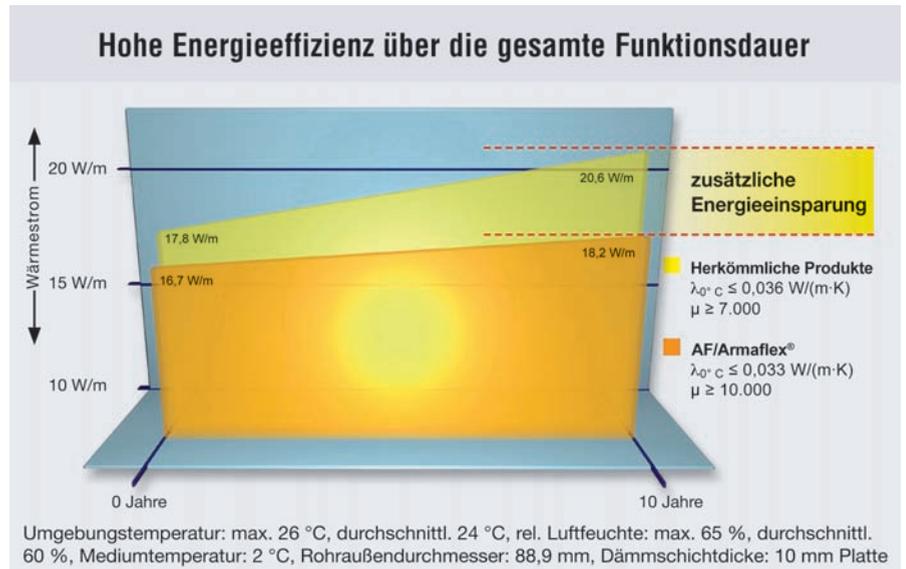


Abb. 1: Hohe Energieeffizienz über die gesamte Funktionsdauer

Das Energieeinsparpotenzial lässt sich am besten ermitteln, wenn mindestens zwei Lösungen für das gleiche System miteinander verglichen werden, von denen eine einen geringeren Energieverbrauch im Untersuchungszeitraum aufweist. Ein solcher Zeitraum kann eine Kühlperiode oder mehrere Jahre umfassen. Bei einer vorgegebenen Kühlwasserleitungsstruktur ist der die Energiebilanz beeinflussende Faktor die ther-

mische Qualität und Dicke der Dämmung. Für die Berechnungen wurden die technischen Daten des neuen, 2006 von Armacell eingeführten, AF Armaflex-Sortiments flexibler elastomerer Rohrdämmungen herangezogen. Mit den verbesserten technischen Eigenschaften von $\lambda_{0°C} \leq 0,033 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ und $\mu \geq 10.000$ besitzt AF/Armaflex eine bis zu 10% höhere Energieeffizienz als herkömmliche Elastomerdämmstoffe. Armacell gewährleistet die Einhaltung dieser technischen Spitzenwerte durch kontinuierliche Eigen- und Fremdüberwachung. Der Energieverlust kann beim AF/Armaflex zwar im Laufe der Betriebszeit auch leicht ansteigen, er ist aber nach zehn Jahren immer noch niedriger als der „trockene“ Anfangswert eines Dämmstoffs mit einer höheren Wärmeleitfähigkeit und niedrigem μ -Wert. Die Verbesserung des μ - und λ -Wertes hat also erhebliche Auswirkungen auf das Langzeitverhalten des Dämmsystems. Zur Vermeidung der Tauwassergefahr ist unter den in Abb.3 zusammengefassten Bedingungen eine Dämmung der Anlagenteile mit dem Dämmstoff AF/Armaflex AF-1 (7,0 - 10,0mm) ausreichend. Es sei an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass AF/Armaflex mit zunehmenden Dämmschichtdicken hergestellt wird. Damit für alle Rohrdurchmesser die Oberflächen-temperatur der Dämmung identisch ist, steigt die Dämmschichtdicke mit zunehmendem Rohrdurchmesser automatisch. Die berücksichtigten Rohrdurchmesser

Dämmschichtdickenbereich		AF-1	AF-2	AF-3	AF-4	AF-5	AF-6
		7,0 - 10,0 mm	9,5 - 16,0 mm	12,5 - 19,0 mm	15,5 - 25,0 mm	25,5 - 32,0 mm	32,0 - 45,0 mm
Wärmeleitfähigkeit bei 0 °C [W/m·K]		0,033	0,033	0,033	0,033	0,036	0,036
DN (Stahlrohre)	Rohraußendurchmesser [mm]	Zunehmende Dämmschichtdicke [mm]					
32	42,4	9,0	13,5	16,0	20,0	27,0	36,5
40	48,3	9,0	14,0	16,0	20,5	27,5	37,5
50	60,3	9,0	14,0	16,5	21,5	29,0	39,0
65	76,1	9,5	14,0	17,0	22,0	30,0	40,5
80	88,9	9,5	14,5	17,5	22,5	30,5	41,5
100	114,3	9,5	15,0	18,0	23,5	31,5	43,0

Abb.2: Berücksichtigte Rohrdurchmesser und die relevanten AF/Armaflex Dämmschichtdicken

Vorlauftemperatur der Kühlwasserleitungen (Θ_i)	$\geq +7 \text{ °C}$
Umgebungstemperatur (Θ_a)	$\leq +26 \text{ °C}$
Relative Luftfeuchte	$\leq 70 \text{ %}$
Kühlperiode	6 Monate
EER: energetischer Wirkungsgrad (angenommener Durchschnittswert)	2,6
CO₂-Emissionsfaktor (Strommix Deutschland)	0,683 kg CO ₂ /kWh
Stromkosten	0,20 € /kWh

Abb.3: Randbedingungen für die Berechnung

Dämmschichtdickenbereich		AF-1	AF-2	AF-3	AF-4	AF-5	AF-6
Dämmschichtdicke	mm	9,0	14,0	16,5	21,0	27,5	37,5
Linearer Wärmedurchgang	W/mK	0,501	0,389	0,353	0,306	0,281	0,235
Lineare Wärmegewinne	W/m	9,52	7,39	6,71	5,81	5,33	4,47
Einsparungen bei Wärmegewinnen	W/m		2,13	2,82	3,72	4,19	5,06
Wärmeenergieeinsparungen pro Saison	kWh/m		7,83	10,35	13,65	15,39	18,58
Stromeinsparungen pro Saison	kWh/m		3,01	3,98	5,25	5,92	7,14
Stromeinsparungen nach 10 Jahren	kWh/m		30,11	39,80	52,50	59,18	71,44
Stromeinsparungen nach 20 Jahren	kWh/m		60,22	79,60	105,01	118,37	142,89
Stromeinsparungen nach 30 Jahren	kWh/m		90,33	119,40	157,51	177,55	214,33
Reduzierung der CO ₂ -Emissionen pro Saison	kgCO ₂ /m		2,06	2,72	3,59	4,04	4,88
Reduzierung der CO ₂ -Emissionen nach 10 Jahren	kgCO ₂ /m		20,56	27,18	35,86	40,42	48,80
Reduzierung der CO ₂ -Emissionen nach 20 Jahren	kgCO ₂ /m		41,13	54,37	71,72	80,85	97,59
Reduzierung der CO ₂ -Emissionen nach 30 Jahren	kgCO ₂ /m		61,69	81,55	107,58	121,27	146,39

Abb.4: Energieeinsparungen für Kühlwasserrohrleitungen mit Durchmesser DN 40 (48,3 mm) pro laufendem Meter

und Dämmschichtdicken sind in Abb.2 aufgeführt. Nicht zuletzt aus Gründen der Übersichtlichkeit wird bei den folgenden Berechnungen auf eine Gegenüberstellung aller möglichen Dämmschichtdicken untereinander verzichtet. Verglichen wird jeweils die Mindestdämmung zur Verhinderung von Tauwasser (AF/Armaflex AF-1) mit den größeren Dämmschichtdicken (AF-2 bis AF-6). Bei einer relativen Luftfeuchte von bis zu 70% und unter Annahme einer Umgebungslufttemperatur von bis zu +26°C verhindert die AF-1-Range mit ihren Dämmschichtdicken von 9,0 bis 9,5 mm für die angegebenen Rohrleitungs-

durchmesser das Entstehen von Tauwasser. Die AF-1 Range wird im vorliegenden Fall als „Minstdämmung“ angenommen, die ihr Hauptziel – die Tauwasserverhinderung – erfüllt, ohne jedoch einen optimalen Energieeinspareffekt zu erreichen. In den Berechnungen werden die größeren Dämmschichtdicken (AF-2 bis AF-6) hinsichtlich ihrer Energieeffizienz und Wirtschaftlichkeit jeweils mit der AF-1 Dämmung verglichen.

BERECHNUNGSFOLGE

Für beliebige Rohrdurchmesser u. Dämmschichtdicken lassen sich die fortlaufenden

Wärmegewinne aus der Umgebungsluft im Gebäude pro laufenden Rohrleitungs-meter [in W/m] berechnen. Die Wärmegewinne haben einen leichten Temperaturanstieg des gekühlten Wassers zur Folge (zusätzlich zur größeren Erwärmung von 5 bis 6 K an den Gebläsekonvektoren), das möglichst energieeffizient in der zentralen Kühleinheit auf die ursprüngliche Temperatur von + 7°C zurückgeführt werden muss. Wenn der Temperaturanstieg durch Wärmegewinne selbst nach mehreren hundert Metern Rohrleitungen noch nicht sehr groß ist, summiert er sich nach vielen Durchläufen jedoch, so dass sich nach mehreren

Dämmschichtdickenbereich		AF-1	AF-2	AF-3	AF-4	AF-5	AF-6
Dämmschichtdicke	mm	9,5	14,5	18,0	22,5	30,5	41,5
Linearer Wärmedurchgang	W/mK	0,819	0,625	0,541	0,465	0,408	0,334
Lineare Wärmegewinne	W/m	15,56	11,87	10,28	8,84	7,76	6,34
Einsparungen bei Wärmegewinnen	W/m		3,69	5,28	6,72	7,80	9,22
Wärmeenergieeinsparungen pro Saison	kWh/m		13,54	19,39	24,67	28,64	33,86
Stromeinsparungen pro Saison	kWh/m		5,21	7,46	9,49	11,02	13,02
Stromeinsparungen nach 10 Jahren	kWh/m		52,09	74,59	94,90	110,15	130,22
Stromeinsparungen nach 20 Jahren	kWh/m		104,17	149,19	189,79	220,30	260,44
Stromeinsparungen nach 30 Jahren	kWh/m		156,26	223,78	284,69	330,45	390,66
Reduzierung der CO ₂ -Emissionen pro Saison	kgCO ₂ /m		3,56	5,09	6,48	7,52	8,89
Reduzierung der CO ₂ -Emissionen nach 10 Jahren	kgCO ₂ /m		35,58	50,95	64,81	75,23	88,94
Reduzierung der CO ₂ -Emissionen nach 20 Jahren	kgCO ₂ /m		71,15	101,89	129,63	150,47	177,88
Reduzierung der CO ₂ -Emissionen nach 30 Jahren	kgCO ₂ /m		106,73	152,84	194,44	225,70	266,82

Abb.5: Energieeinsparungen für Kühlwasserrohrleitungen mit Durchmesser DN 80 (88,9 mm) pro laufendem Meter

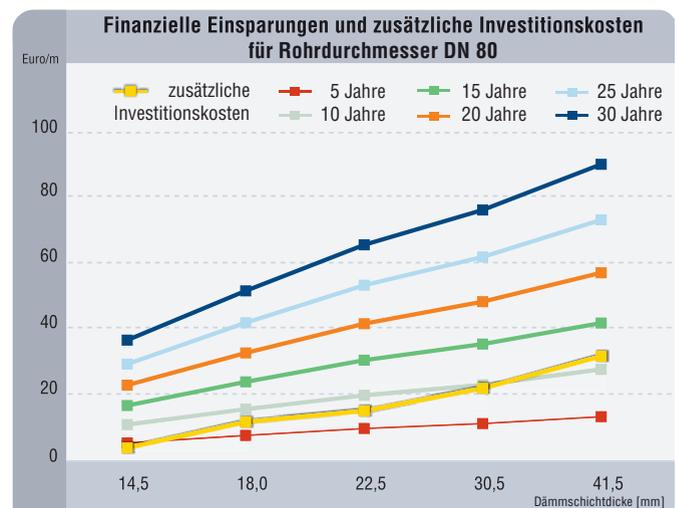
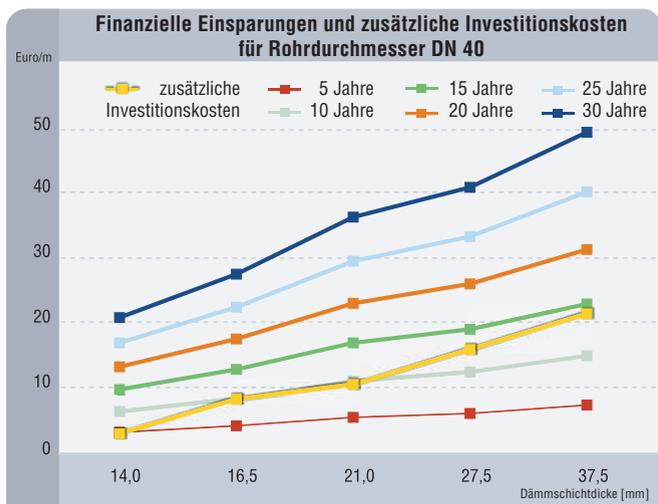


Abb.6 a+b: Gegenüberstellung der finanziellen Einsparungen nach 5, 10, 15, 20, 25 und 30 Jahren und der zusätzlichen Investitionskosten (gelbe Linie) im Vergleich zur Minstdämmung zur Verhinderung von Tauwasser (AF-1) für die Rohrdurchmesser DN 40 und DN 80

Kühlperioden beträchtliche Energieverluste ergeben. In typischen Anwendungen wird eher die Rücklauftemperatur von etwa +11 bis +12°C als die Vorlauftemperatur von +6 bis +7°C geregelt. Für die Energiebilanz ist es jedoch nicht sonderlich relevant, wie das System gesteuert wird. Wichtig ist nur, dass die Wärmegewinne der Kühlwasserleitungen in der zentralen Kühleinheit ausgeglichen werden müssen, was sich in einem höheren Energieverbrauch (in erster Linie des Kompressors) niederschlägt.

Wenn die Wärmegewinne [W/m] für die unterschiedlichen Dämmschichtdicken bekannt sind, kann der Unterschied zu den höheren Wärmegewinnen der AF-1 Range berechnet werden, woraus sich die Einsparungen [W/m] gegenüber der kleinsten Dämmschichtdicke (Mindestanforderung zur Tauwasser-Verhinderung) ergeben. Des Weiteren lassen sich die Wärmeeinsparungen [kWh/m] für einen bestimmten Zeitraum (z.B. eine oder mehrere Kühlperioden) durch Multiplikation der Einsparungen bei den Wärmegewinnen mit der entsprechenden Zeitperiode berechnen. Die vorliegenden Berechnungen basieren auf der Annahme einer 6-monatigen Kühlperiode.

Was bei Klimaanlage letztlich zählt, sind die potenziellen Einsparungen bei der von der zentralen Kühleinheit über die jeweilige Zeitdauer verbrauchten elektrischen Energie. Diese Einsparungen können mit Hilfe des energetischen Wirkungsgrads (EER) berechnet werden, der Kompressoren, Lüfter und Steuergeräte mit einbezieht.

Der Wirkungsgrad EER hängt von den Betriebsbedingungen der Kühleinheit ab: der Umgebungstemperatur und der Temperatur des die Einheit verlassenden gekühlten Wassers (Vorlauftemperatur). Er kann in einem Bereich von etwa 1,7 bis 3,0 liegen. Bei den

$$\text{Energieeinsparung} = \frac{\text{Wärmeeinsparungen}}{\text{EER}} \text{ [kWh]}$$

vorliegenden Berechnungen wird für die gesamte Kühlperiode ein energetischer Wirkungsgrad von 2,6 angenommen. Wenn die Einsparungen elektrischer Energie bekannt sind, kann auch die Reduzierung der CO₂-Emissionen berechnet werden.

Ein- und Aufbauthermostate Typenreihe heatTHERM



- hohe Prozesssicherheit durch serienmäßige Umgebungstemperaturkompensation
- effizienter elektrischer Anschluss durch „Push-In“-Klemmtechnik
- nach DIN EN 14 597 zugelassen

JUMO

<http://A138.jumo.info>
 E-Mail: mail@jumo.net
 Telefon: +49 661 6003-9748

60.006-4-1.1.1.

„Push-In“-Klemmtechnik: patentierte Anschluss-technik der Wedmüller GmbH & Co. KG, Dairnold.

$$\text{Reduzierung der CO}_2\text{-Emissionen} = \text{CO}_2\text{-Emissionsfaktor} \times \text{Stromeinsparungen [kg CO}_2\text{]}$$

Der CO₂-Emissionsfaktor hängt vom Strommix im jeweiligen Land ab, der den Verbrauch verschiedener Brennstoffe (Gas, Öl, Kohle, Kernbrennstoff) in Kraftwerken widerspiegelt und damit auch die Freisetzung von CO₂ bei der Produktion elektrischer

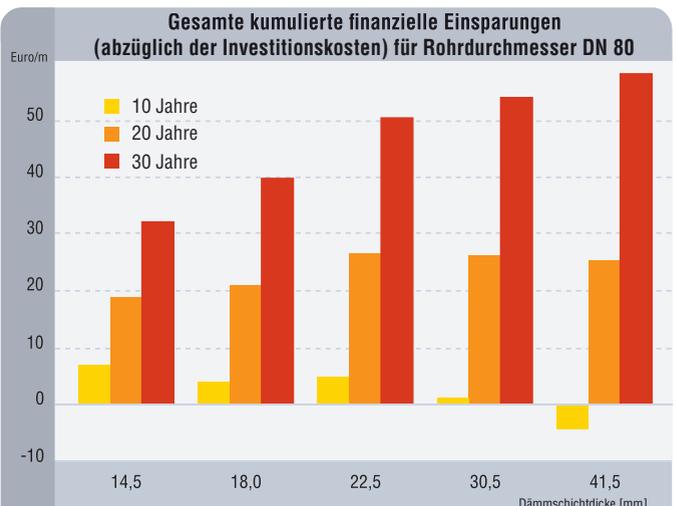
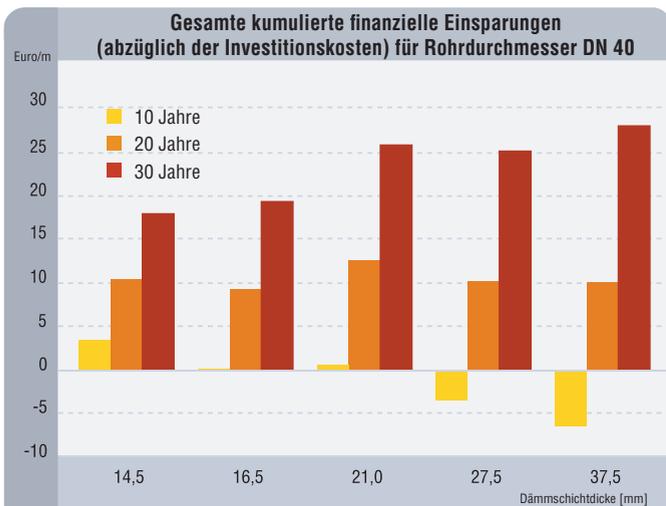


Abb.7 a+b: Gegenüberstellung der Gesamteinsparungen nach 10, 20 und 30 Jahren im Vergleich zur Mindestdämmung zur Verhinderung von Tauwasser (AF-1) für die Rohrdurchmesser DN 40 und DN 80

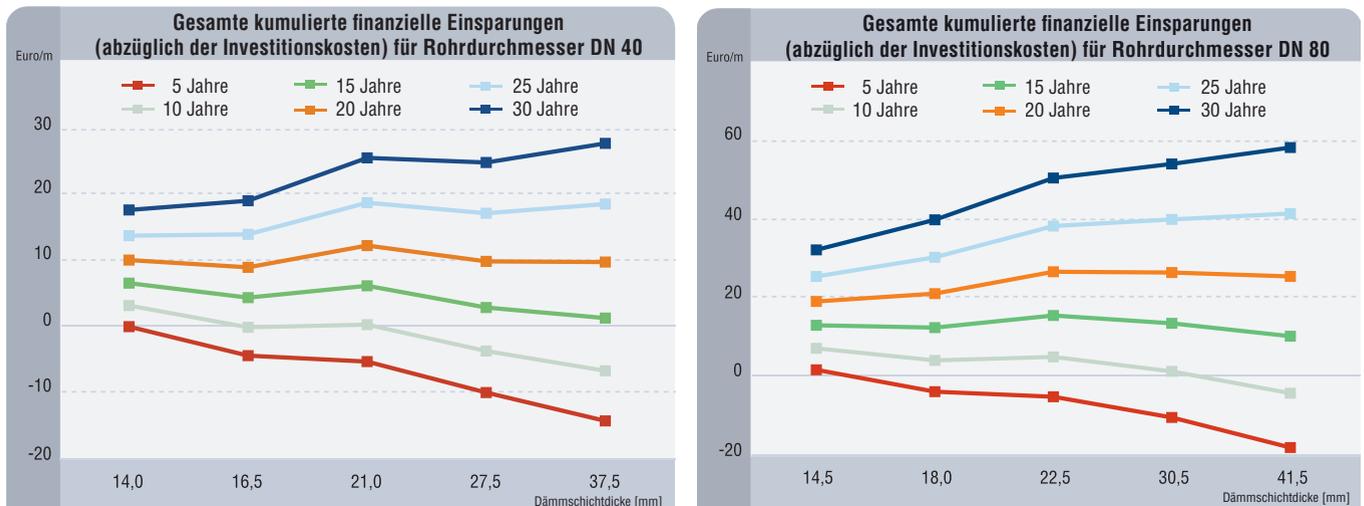


Abb.8 a+b: Gegenüberstellung der kumulierten Geldeinsparungen nach 5, 10, 15, 20, 25 und 30 Jahren im Vergleich zur Minstdämmung zur Verhinderung von Tauwasser (AF-1) für die Rohrdurchmesser DN 40 und DN 80

Energie. In Deutschland beläuft sich der Faktor auf 0,683 kg CO₂/kWh. Die Ergebnisse der energetischen Berechnung sind in Abb. 4 und 5 für Rohrleitungen mit Rohrdurchmessern von DN 40 (48,3 mm) und DN 80 (88,9 mm) bezogen auf den laufenden Meter dargestellt.

WIRTSCHAFTLICHKEITSBERECHNUNGEN

Die in den Abb. 4 u. 5 dargestellten Ergebnisse, so interessant sie auch sein mögen, haben für sich genommen keinen großen Aussagewert. Es ist unmittelbar nachzuvollziehen, dass bei größeren Dämmschichtdicken die Wärmegewinne geringer werden und dadurch sowohl Wärmeenergie und Strom gespart als auch die CO₂-Emissionen reduziert werden. Bisher nicht berücksichtigt wurden die Investitionen für die Dämmarbeiten. Die Anfangsinves-

itionen für größere Dämmschichtdicken sind etwas höher als für die Minstdämmung zur Tauwasservermeidung, während die Montagekosten in jedem Fall anfallen und unberücksichtigt bleiben können. Es stellt sich also die Frage, ob die höheren Kosten durch noch höhere Energieeinsparungen kompensiert werden, sich also letztlich bezahlt machen. Bei solchen Berechnungen muss der monetäre Wert der Stromersparnis für jedes Folgejahr auf der Grundlage eines angenommenen jährlichen Anstiegs der Energiepreise bestimmt und dann auf den aktuellen Wert unter Einbeziehung eines angenommenen realistischen Zinssatzes umgerechnet werden. Dies ist erforderlich, um künftige Ersparnisse mit aktuellen Investitionen zu vergleichen. Die angenommenen Werte für den jährlichen Energiepreisanstieg und den Zinssatz belaufen

sich auf 5% bzw. 4%. Es wird ein aktueller Strompreis von 0,20 €/kWh zugrunde gelegt. Die finanziellen Einsparungen und Investitionskosten (Nettopreis der Dämmung für den Investor) sind in Abb. 6 für die Rohrleitungen mit Durchmessern von DN 40 (48,3 mm) und DN 80 (88,9 mm) dargestellt. Die erzielten Einsparungen liegen bei der Rohrleitung DN 40 nach fünf und sogar nach zehn Jahren noch unter der Investitionskostenlinie, sie sind also negativ. Ist nach etwa zehn Jahren jedoch die Rentabilitätsschwelle erreicht, sind reale Einsparungen möglich. Um diese zu bewerten, müssen die Investitionskosten (gelbe Linie) von den Energieeinsparungen abgezogen werden, so dass sich die Gesamteinsparungen ergeben. Diese sind in Abb. 7 und 8 – wiederum für die Rohrleitungen DN 40 (48,3 mm) und DN 80 (88,9 mm) – dargestellt.

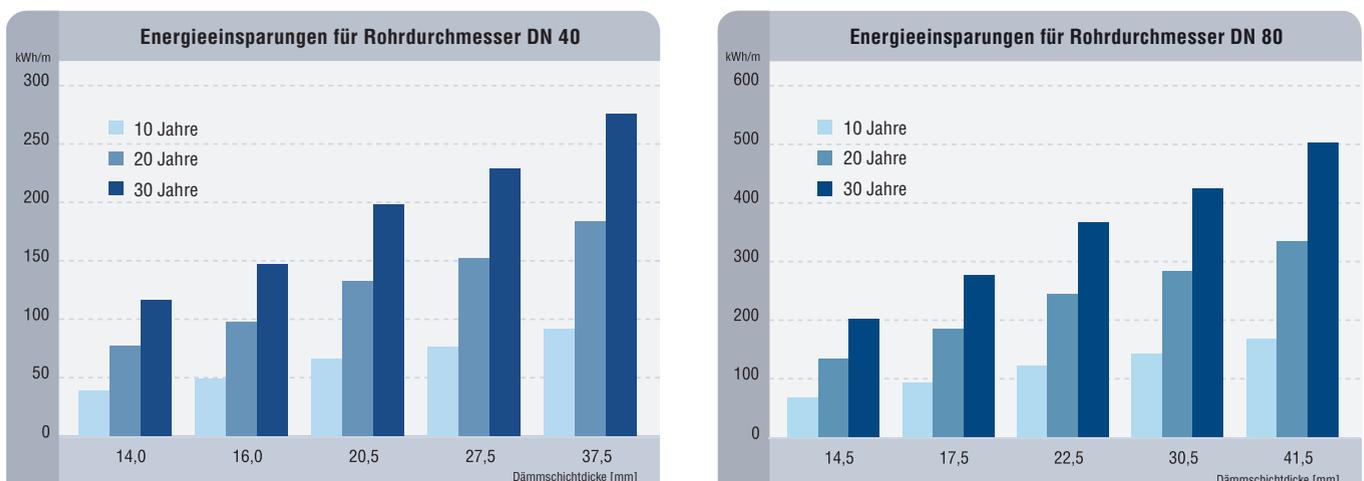


Abb.9 a+b: Einsparung elektrischer Energie nach 10, 20 und 30 Jahren für die Rohrdurchmesser DN 40 und DN 80

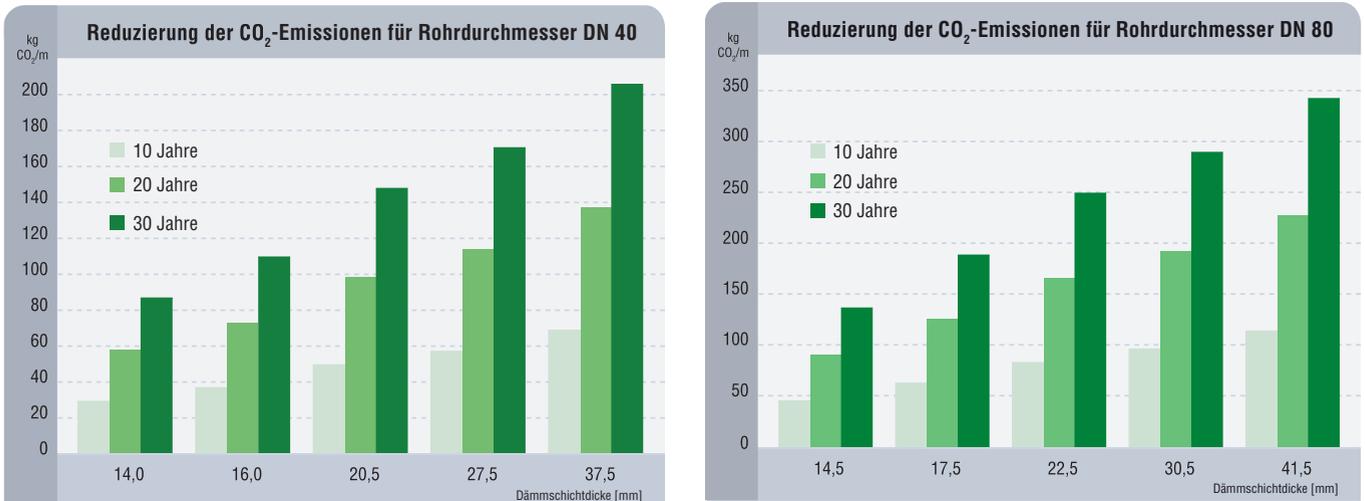


Abb.10 a+b: Reduzierung der CO₂- Emissionen nach 10, 20 und 30 Jahren für die Rohrdurchmesser DN 40 und DN 80

Diese Abbildungen zeigen, dass es für unser Beispiel eine optimale Dämmschichtdicke gibt, eine AF/Armaflex-Dimension, bei der die Gesamteinsparungen am höchsten sind. Unter den genannten Bedingungen ist dies die AF-4 Range (21,5 - 25,0 mm). Bei noch größeren Dämmschichtdicken (AF-5 und AF-6 Range) werden die höheren Investitionskosten nicht ausreichend durch einen zusätzlichen Energiespareffekt kompensiert. Dabei sollte jedoch nicht vergessen werden, dass die vorliegenden Ergebnisse eine Projektion in die Zukunft mit einigen notwendigen Annahmen aus heutiger Sicht darstellen. Sollte beispielsweise der jährliche durchschnittliche Anstieg der Energiepreise über den veranschlagten 5% liegen oder sollte es irgendwann einen plötzlichen Preisanstieg geben, so könnte auch eine noch größere Dämmschichtdicke wirtschaftlich sinnvoll sein. Fest

steht, dass absolut gesehen umso mehr Energie gespart wird, je dicker die Dämmschicht ist. Dies bedeutet gleichzeitig eine größere Umweltfreundlichkeit, selbst wenn die Investitionskosten zu Beginn höher sind. Einer der Gründe für die im Vergleich zur AF-4 Range geringere Wirtschaftlichkeit der größeren Dämmschichtdicken ist die um 10% höhere Wärmeleitfähigkeit der AF-5 und AF-6 Produkte (0,036 W/mK), wodurch sich auch die Energieeinsparungen um 10% vermindern. Eine weitere Ursache liegt in der physikalischen Tatsache, dass der Energiespareffekt bei Rohrleitungen – anders als bei der Wärmeübertragung über eine ebene Fläche – mit jeder zusätzlichen Dämmschichtdicke aufgrund der größeren Wärmeübertragungsfläche abnimmt. Die Energieeinsparungen und Reduzierungen der CO₂-Emissionen sind in Abb. 9 und 10 dargestellt.

EINSPARPOTENZIALE IN EINEM KONKRETEN ANWENDUNGSBEISPIEL

Im Folgenden sollen die Einsparpotenziale, die sich durch eine optimierte Dämmung von Kühlwasserleitungen erreichen lassen, an einem konkreten Beispiel, Abb.11, aufgezeigt werden. Dabei wurde von einer typischen Anwendung ausgegangen: Ein Supermarkt mit einer Gebäudenutzfläche von 9.000m² und einem Kühlungsbedarf von 70W/m² wird mit einer 505 kW-Klimaanlage mit einer Nennvorlauftemperatur von +7°C gekühlt. Die Kühlwasserrohrleitungen mit unterschiedlichen Durchmessern haben eine Gesamtlänge von 608 m. In Abb.12 sind die jeweiligen Rohrleitungsabschnitte im Detail beschrieben. Zur Vermeidung der Tauwassergefahr ist bei einer Umgebungstemperatur von +26°C und einer relativen Luftfeuchte $\varphi \leq 70\%$ eine Isolierung mit der Dämmschichtdicke



Abb.11: Kühlsystem Supermarkt

Rohrleitungs-länge (m)	Kenngroße (DN)	Innendurch-messer (mm)	Außendurch-messer (mm)	Durchlaufge-schwindigkeit (m/s)
20	160	155,1	165,1	1,20
40	125	129,7	139,7	0,86
6	80	80,9	88,9	0,73
113	100	105,3	114,3	0,86
6	80	80,9	88,9	0,73
119	80	80,9	88,9	0,73
133	50	53,1	60,3	0,43
85	65	68,9	76,1	0,76
85	65	68,9	76,1	0,51

Abb.12: Rohrleitungsabschnitte und ihre Durchmesser im Beispielgebäude

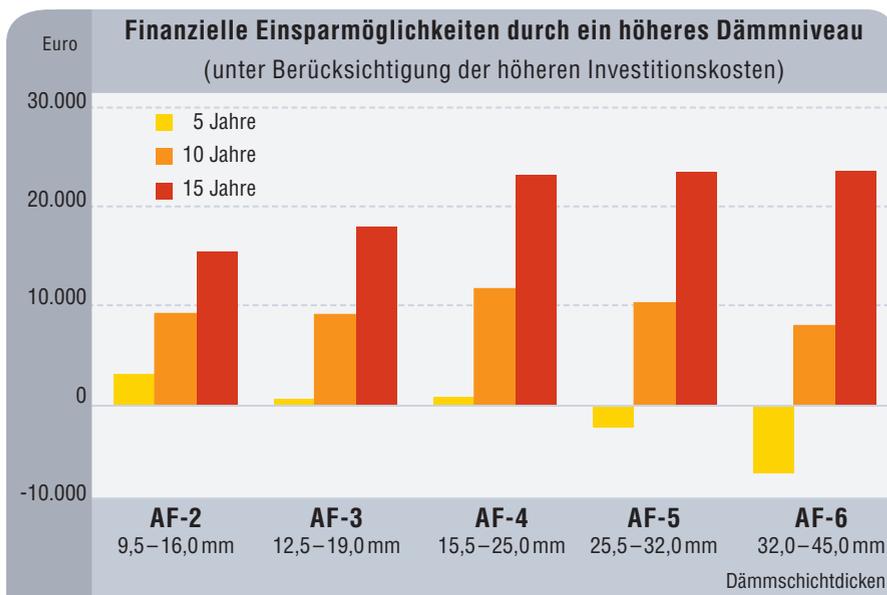


Abb.13: Finanzielle Einsparmöglichkeiten durch ein höheres Dämmniveau

	AF-2	AF-3	AF-4
Elektrische Energie (kWh)	84.457	119.213	153.432
Finanzielle Einsparungen (€)	15.552,31	18.050,90	23.219,87
CO ₂ -Einsparungen (kg)	57.684	81.423	104.794

Abb.14: Energieeinsparpotenziale unterschiedlicher Dämmniveaus für eine Laufzeit von 15 Jahren

AF/Armaflex AF-1 (7,0 – 10,0mm) ausreichend. Die Einspareffekte, die durch dickere Dämmschichtstärken möglich sind, werden in Abb. 13 dargestellt. Unter den genannten Bedingungen stellt eine AF/Armaflex Dämmung AF-4 (21,5 - 25,0mm) das Optimum dar. Die etwas höheren Investitionskosten haben sich bereits nach 5 Jahren amortisiert. Wie Abb. 14 zeigt, kann der Energiebedarf bei einer Laufzeit von 15 Jahren durch eine AF-4 Dämmung um

153 MWh gesenkt werden. Bei einem jährlichen Energiepreisanstieg von 5 % können so rund 23.200€ gespart werden. Übertragen auf die CO₂-Emissionen bedeutet dies eine Reduktion von rund 105 Tonnen.

Zum Vergleich:

Dies entspricht in etwa dem jährlichen CO₂-Ausstoß von 20 Einfamilienhäusern mit einer Gebäudenutzfläche von 150 m² und einem Gesamtenergiebedarf von 100 kWh/m².

FAZIT

Die erzielten Ergebnisse lassen folgende Schlussfolgerungen zu:

- ▶ Entgegen der allgemeinen Überzeugung ist die Dämmschichtdicke, die zur Tauwassererhöhung von Kühlwasserleitungen notwendig ist, nicht die optimale Lösung im Hinblick auf Energieeinsparungen. Zusätzliche Einspareffekte sind mit einer größeren Dämmschichtdicke möglich – unter den genannten Bedingungen mit einer AF/Armaflex Dämmung AF-4 (21,5- 25,0mm), die das Optimum darstellt. Die höheren Investitionskosten haben sich bereits nach fünf bis zehn Jahren amortisiert.
- ▶ Eine ökonomisch und ökologisch optimierte Dämmung von kühlwasserführenden Leitungen hat eine obere „Optimierungsgrenze“. Optimale Dicke des einzusetzenden Dämmmaterials beträgt unter Annahme typischer europäischer Randbedingungen 20 bis 30 mm Dämmschichtdicke.
- ▶ In einer typischen Anwendung (9.000 m² große Fläche mit einem Kühlungsbedarf von 70 W/m²) können durch eine optimale Dämmung in einer Laufzeit von 15 Jahren 153 MW/h Strom bzw. 23.200€ gespart werden. Für die Umwelt bedeutet dies eine Entlastung von rund 105 Tonnen CO₂.
- ▶ Der Energieverbrauch von Kälte- und Klimaanlageanlagen ist enorm, was den Betreibern oft jedoch nicht bewusst ist. Durch steigende Energiepreise wird die Effizienz der Anlagen jedoch immer wichtiger, denn durch energieeffiziente Anlagen können Kosten gespart werden. Gleichzeitig schonen sie die Umwelt. Insbesondere im Bereich der Nichtwohngebäude gibt es hier weltweit riesige Einsparpotenziale. Wenn diese Potenziale realisiert werden, könnte der Energieverbrauch gesenkt, der Wert der Immobilien erhöht und ein Beitrag zur Versorgungssicherheit und zum Klimaschutz geleistet werden.

Autor

Dipl.-Ing. Jarema Chmielarski,
Technischer Manager Europa,
Armacell, Münster

Foto / Grafiken: Armacell
www.armacell.de

Die Welt ist keine Scheibe - Ihre Anzeigen auch nicht [...]

Anmeldung
Service-Box



innovatools

Werkzeuge für den Erfolg

Fach.**Journal**

Fachzeitschrift für Erneuerbare Energien & Technische Gebäudeausrüstung

[Hier mehr erfahren](#)



innovapress

*Innovationen publik machen
schnell, gezielt und weltweit*

Filmproduktion | Film & Platzierung | Interaktive Anzeige | Flankierende PR | Microsites/Landingpages | SEO/SEM | Flashbühne