

Rohrleitungs-dämmung – wichtiger Faktor zur Reduktion des Energieverbrauchs

Nachträgliche Dämmung von zugänglichen Rohrleitungen im Wohngebäudebestand

Dipl.-Ing. Michaela Störkmann, Technical Manager Nordeuropa

Energiefragen stehen mittlerweile überall auf der Tagesordnung. Fossile Energieträger wie Öl, Gas und Kohle sind nur begrenzt verfügbar und werden immer teurer. Neben der dramatischen Verteuerung der Energie bereitet auch die Abhängigkeit von Energielieferanten – rund 75 % seines Energiebedarfs kauft Deutschland im Ausland ein! – Politikern und Bürgern Sorge. Die deutliche Zunahme an Naturkatastrophen lässt zudem keinen Zweifel mehr an den Folgen klimaschädlicher Emissionen, die aus der Verbrennung fossiler Stoffe entstehen. Es ist so banal wie wahr: Effizienz ist die günstigste Energiequelle.

Bei der Betrachtung von Gebäuden wurde die Effizienzsteigerung durch die nachträgliche Dämmung von Rohrleitungen bislang vernachlässigt. Wie eine aktuelle Studie des Zentrums für Umweltbewusstes Bauen an der Uni Kassel zeigt, ist eine korrekte, dem Stand der Technik entsprechende Rohrleitungsdämmung die zugleich effizienteste und einfachste Singulärmaßnahme zur Energieeinsparung im Gebäudebereich und damit zur CO₂-Reduktion.

ENERGETISCHER SANIERUNGSBEDARF IM GEBÄUDEBESTAND

Rund ein Drittel der Treibhausgase entstehen in Deutschland im Gebäudesektor. 85 % des Energieverbrauchs von Privathaushalten entfallen dabei auf die Beheizung von Gebäuden und die Warmwasserbereitung. Während Häuser heute nach Energieeffizienzstandards gebaut werden, besteht im Altbaubereich noch ein enormes Einsparpotential. Etwa 90 % des heutigen Wohngebäudebestandes sind vor Inkrafttreten der Ersten Wärmeschutzverordnung (WSVO '77) errichtet worden und die Mehrzahl der Gebäude befindet sich – mit Ausnahme der Fens-

ter – noch im ursprünglichen, energetisch unzulänglichen Zustand [1, 2]. Der Energieverbrauch dieser Häuser beträgt im Jahr durchschnittlich 250 Kilowattstunden pro Quadratmeter Wohnfläche. Zum Vergleich: Bei Neubauten ist nach der seit 2004 gültigen Energieeinsparverordnung nur noch ein Primärenergie-

gieeinsparmöglichkeiten zu richten, die durch Nachbesserung an bestehenden haustechnischen Anlagen und im Speziellen durch eine Nachbesserung der Rohrleitungsdämmung erzielt werden können.

ENEV FORDERT DÄMMUNG WARMGEHENDER ROHRLEITUNGEN

Obwohl seit der Einführung der Heizungsanlagen-Verordnung von 1978 Anforderungen an die Dämmung von Rohrleitungen bestehen, findet man in der Praxis auch in dieser Baualtersklasse oftmals unzureichend oder gar nicht gedämmte Leitungen, Abb.2.

Daran hat auch die Energie-Einsparverordnung (EnEV) von 2002 bzw. 2004 [4], die erstmals Fristen nennt, bis wann ungedämmte Rohrleitungen für Wärmeverteilung und Warmwasser in kalten Räumen mit Dämmung zu versehen sind, nur wenig geändert. Mit der anstehenden Novellierung der Energieeinsparverordnung werden erstmals auch Energieausweise für den Gebäudebestand eingeführt. Die Energieausweise

müssen bei Verkauf oder Vermietung eines Gebäudes oder einer Wohnung ausgestellt und Interessierten zugänglich gemacht werden. Sie müssen auch Empfehlungen für die Modernisierung von Gebäuden enthalten, sofern solche Maßnahmen kostengünstig durchgeführt werden können. Mit der Einführung des Energieausweises für den Gebäudebestand ist jedoch nicht vor 2007 zu rechnen.

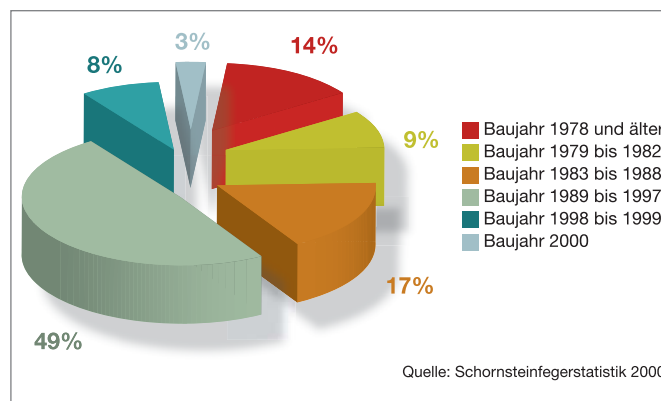


Abb.1 Altersstruktur von 14,7 Millionen Heizungsanlagen in Deutschland

verbrauch von höchstens 70 Kilowattstunden pro Quadratmeter Wohnfläche jährlich erlaubt.

Nach der Schornsteinfegerstatistik 2000 [3] sind in Deutschland mehr als 22 % aller überprüften Heizungsanlagen älter als 20 Jahre, Abb.1. In unseren Breitengraden ist die Heizung das ganze Jahr im Einsatz.

Daher lohnt es sich, den Fokus des Interesses speziell auf die Ener-



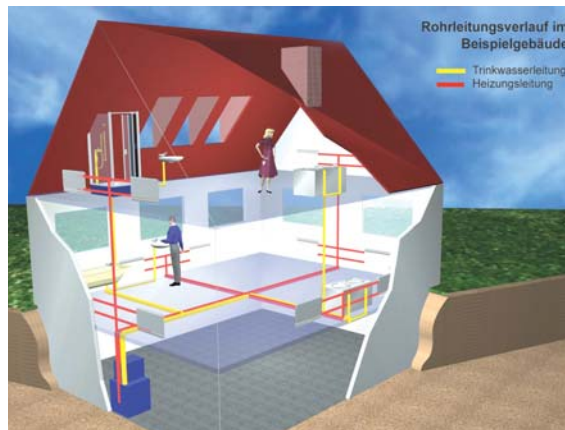
Abb.2 Auch heute noch sind viele Rohrleitungen nicht oder nur unzureichend gedämmt

STUDIE ZUR ENERGIEEINSPARUNG DURCH ROHRISOLIERUNG

Neben der Dämmung der Gebäudehülle trägt insbesondere die Isolierung der haustechnischen Anlagen dazu bei, das Energie-Einsparpotential im Gebäudebereich zu realisieren. Dies wird leider häufig vernachlässigt, da man fälschlicherweise annimmt, eine gut isolierte Gebäudehülle reiche aus, um Energie effizient zu nutzen und damit zu sparen. Für die energetische Effizienz einer Heizungsanlage und damit des Gesamtgebäudes ist neben der Wärmeerzeugung auch die Wärmeverteilung entscheidend. Durch ungedämmte Rohrleitungen und Armaturen entstehen große Energieverluste. Wie Untersuchungen gezeigt haben, kann der jährliche Wärmeverlust, der durch ungedämmte Verteilungen und Armaturen im Kellerbereich (außerhalb der thermischen Gebäudehülle) verursacht wird, bis zu einem Viertel des Jahres-Heizenergieverbrauchs eines Wohngebäudes betragen.

Um das Einsparpotential durch eine Dämmung mit SH/Armaflex von warmwasserführenden Rohrleitungen (Heizung und Trinkwarmwasser) exakt und repräsentativ beziffern zu können, hat Armacell eine unabhängige, wissenschaftliche Studie durchführen lassen. Beauftragt wurde das Zentrum für Umweltbewusstes Bauen

Abb.3 Rohrleitungsverlauf im Beispielgebäude: Von der Gesamtrohrleitungsnetzlänge von 322 m sind 90 m Rohrleitungen für die Sanierung zugänglich



an der Uni Kassel [5]. Die Untersuchung berücksichtigt repräsentative Gebäudetypen in verschiedenen Klimazonen, unterschiedliche Baualtersklassen und verschiedene Arten des Verteilsystems der Heizungs- bzw. der zentralen Trinkwarmwasseranlage und weitere Einflussgrößen.

Repräsentative Gebäudetypen

Die Auswahl der Typgebäude für den Bereich Altbau erfolgte mit Hilfe des im Rahmen von Studien des Instituts für Wohnen und Umwelt (IWU), Darmstadt [6, 7] erarbeiteten Gebäudekatalogs. Für den Bereich Altbau wurde für alle Gebäudetypen einheitlich die Baualtersklasse 1958–1968 gewählt. In dieser Zeitspanne ist die in Deutschland errichtete Wohnfläche am größten, so dass davon ein relativ großer Anteil der Wohnfläche am Gesamtwohnbestand abgedeckt wird. Des weiteren liegt der Heizwärmbedarf von Gebäuden aus dieser Zeit etwa im Mittelfeld der auftretenden Bandbreite.

Verschiedene Klimazonen

Regionen mit vergleichbarem Klima und vergleichbarer Länge der Heizperiode werden in die Zone „mittel“ eingeordnet. Wärmere Regionen mit einer kürzeren Heizperiode bilden die Zone „warm“, kältere Regionen mit einer längeren Heizperiode die Zone „kalt“. Stellvertretend für die Zone „mittel“ wurden die Klimadaten nach DIN V 4108-6 [8] für Braunschweig verwendet, für die Zone „kalt“ der Referenzort Hof und für die Zone „warm“ der Referenzort Freiburg in Ansatz gebracht.

HALLENHEIZUNG
NACH DEM SONNENPRINZIP

WIR BERATEN
VOR ORT!

 **etastar-**
für ein perfektes
Hallenklima!

 **etastar**[®]

... die Heizung für Hallen

SCHULTE-Industrieheizung GmbH
Im Ohl 85 · D-59757 Arnsberg-Neheim
Fon: 02932 986-03 · Fax: 02932 986-350

SCHULTE GmbH, Am Auwald 24 · D-99755 Ellrich
Fon: 036332. 290-0 · Fax: 036332. 290-81

 www.etastar-hallenheizung.de

Standort	Länge der Heizperiode nach DIN 4108-6
Freiburg (warm)	256 Tage
Braunschweig (mittel)	298 Tage
Hof (kalt)	350 Tage

Abb.4 Heizperiodenlänge

Im Hinblick auf das Energieeinsparpotential durch Rohrleitungsdämmung ist primär nicht die mittlere Außentemperatur in der Heizperiode oder die Heizgradtagzahl entscheidend, sondern die Dauer der Heizperiode. Die Heizperiode ist in erster Linie vom Wärmeschutzniveau des Gebäudes, der Nutzung solarer Gewinne über Fenster, den internen Gewinnen, der Innentemperatur und dem Außenklima abhängig.

Das Rohrleitungssystem: Heizungsrohrnetz

Bei der Rohrleitungsführung von Zentralheizungen kann man grundsätzlich zwischen außen- und innenliegender Verteilung unterscheiden. Im Altbaubestand ist fast ausschließlich die außenliegende Verteilung anzutreffen. Hier wird die Wärme an der Kellerdecken-Unterseite über horizontale Verteilleitungen vom Wärmeerzeuger zu den Außenwänden geleitet. Von dort steigen vertikale Stränge zu den einzelnen Geschossen. Die Stränge speisen hier über Anbindeleitungen die Heizkörper. Die vertikalen Steigstränge sind entweder in Mauerschlitzen verlegt und verputzt oder sichtbar auf der Innenseite der Außenwand installiert. Die Heizungsrohrleitungen bleiben somit für die nachträgliche Dämmung zugänglich. Im Neubau wird heute fast ausschließlich die innenliegende Ver-

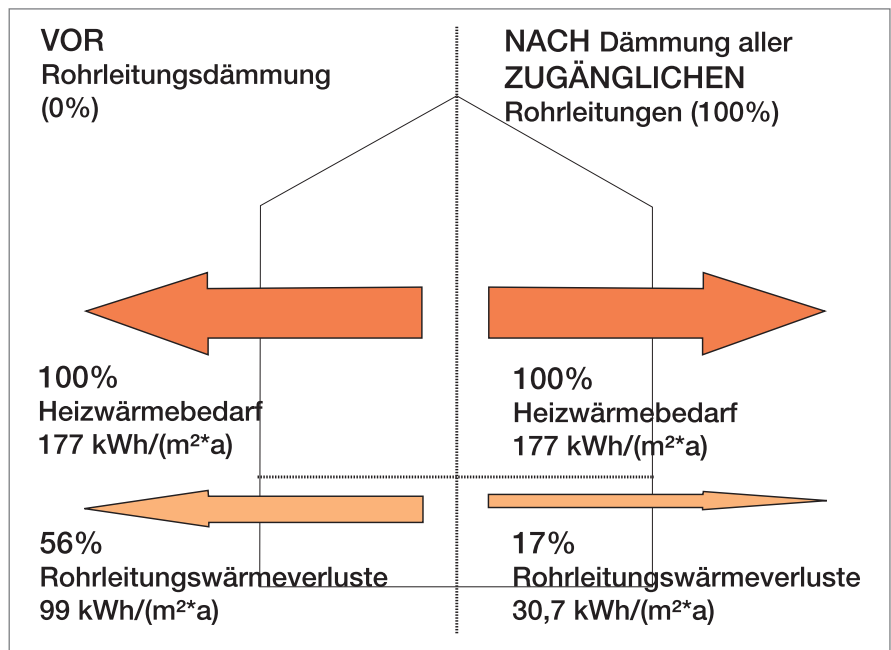


Abb.5 Rohrleitungswärmeverluste vor und nach der Dämmung der zugänglichen Leitungen im Vergleich zum Heizwärmebedarf des Gebäudes*

teilung realisiert. Hier erfolgt die Wärmeverteilung über eine vertikale Steigleitung, die in einem Schacht im Innern von Gebäuden geführt wird. Von dieser werden die einzelnen Heizkörper über im Fußbodenaufbau verlegte Leitungen stern- oder ringförmig angeschlossen. Da fast das gesamte Rohrleitungsnetz innerhalb der thermischen Hülle liegt, kommen die Wärmeverluste in diesem Bereich zu einem Großteil dem Gebäude zugute. Dabei ist jedoch zu beachten, dass nicht für alle Räume eine Beheizung notwendig oder permanent gewünscht ist. Durch ungedämmte Rohrleitungen, die zum Beispiel durch Vorrats- und Lagerräume, Kellerräume, Eingangsbereich, Treppenhaus oder Gästezimmer laufen, entstehen auch innerhalb der thermischen Gebäude-

hülle unnötige Energiekosten durch Wärmeverluste. Im Altbaubereich liegen Heizungsleitungen oftmals außerhalb der thermischen Gebäudehülle, z.B. in einem nicht geheizten Kellergeschoss. Thermisch abgekoppelt von der Gebäudehülle gehen die Wärmeverluste ungedämmter Rohrleitungen hier zu 100 % verloren.

Trinkwasserrohrnetz

Ähnlich sieht es bei den Warmwasserleitungen aus. Ein übliches Trinkwasserrohrnetz besteht gemäß DIN 4701-10 [9] aus den drei unterschiedlichen Bereichen Verteilleitungen, Strangleitungen und Stichleitungen. Der Bereich der Verteilleitungen umfasst die horizontale Verteilung vom Wärmeerzeuger oder zentralen Speicher zu den vertikalen Strängen. Diese Leitungen können im unbeheizten Bereich (Keller, Dachgeschoss) oder innerhalb der thermischen Hülle (z.B. im Estrich) liegen. In modernen Häusern befinden sich die Verteilleitungen der Trinkwarmwasserleitungen innerhalb der thermischen Gebäudehülle. Dadurch werden die Wärmeverluste durch die Rohrleitungen stark reduziert. Gemäß DIN V 4701-10

*EFH Altbau, Standort Braunschweig, Systemtemperaturen 70/55°C, Rohrleitungsführung im Bereich V außerhalb der thermischen Gebäudehülle

Einsparpotential durch Dämmung zugänglicher Rohrleitungen mit SH/Armaflex für verschiedene Gebäudetypen							
	Gebäudenutzfläche (A _n) [m ²]	Für Sanierung zugängliche Rohrleitungen [m]	Einsparung Wärme-Energie in %	Einsparung in Heizöl [l]	Finanzielle Einsparung [€]*	CO ₂ -Einsparung [kg]	Amortisationszeit [Jahre]
Einfamilienhaus	289	90,3	69 %	2.180	1.199	6.833	0,5
Kleines Mehrfamilienhaus (mit 6 Wohneinheiten)	621	97,9	56 %	3.749	2.062	9.099	0,7
Großes Mehrfamilienhaus (mit 42 Wohneinheiten)	3.327	287,4	54%	13.476	7.412	42.245	0,8

*Bei einem Heizölpreis von 0,55 €/Liter
Die Beispielgebäude stammen aus der Baualtersgruppe 1958 – 1968. Sie liegen in der mittleren Klimazone Deutschlands mit einer durchschnittlichen Außentemperatur von 8,9 °C und einer Heizperiode von t_{HP,19/15} = 286 Tagen (gemäß DIN V 4108-6).

Abb.6 Einsparpotential durch Dämmung zugänglicher Rohrleitungen

beträgt die jährliche Bereitstellungsdauer für Trinkwasser 350 Tage.

Die Wärmeabgabe von Trinkwarmwasserrohrleitungen, die innerhalb der thermischen Gebäudehülle verlaufen, darf nicht vollständig als Verlust betrachtet werden. Während der Heizperiode kommt diese zum größten Teil der Beheizung des Gebäudes zugute (nach DIN V 4701-10 = 85 %). Im Sommer, außerhalb der Heizperiode, gehen jedoch 100 % der Wärme durch Trinkwarmwasserleitungen ohne jegliche Verwertung verloren.

ZENTRALE ERGEBNISSE DER STUDIE

Die Armacell-Studie quantifiziert die Wärmeverluste von Heizungs- und Warmwasserleitungen im Wohnungsbau und zeigt Energie- und CO₂-Einsparpotential durch die nachträgliche Dämmung von Rohrleitungen auf. Hierbei liefert die Studie unter Berücksichtigung der Gebäudetypen und Variationsmöglichkeiten 864 mögliche Kombinationen. Als Schwerpunkt wird der Altbau betrachtet, da hier die größten Einsparmöglichkeiten liegen. Am Beispiel eines typischen Gebäudes aus der Baualtersklasse 1958 bis 1968 mit einer Gebäudenutzfläche AN von 289m², Abb.3, werden die Rohrleitungswärmeverluste und die Auswirkung der Dämmung der zugänglichen Leitungen entsprechend der Anforderungen der EnEV dargestellt. Abb.4 zeigt die unterschiedlichen Heizperiodenlängen abhängig vom klimatischen Standort.

Die große Heizperiodenlänge, insbesondere in den Klimaregionen „kalt“ und „mittel“, dokumentiert den schlechten baulichen Wärmeschutz des Gebäudes. Die Rohrleitungslängen werden in Abhängigkeit von der Gebäudenutzfläche nach der DIN V 4701-10 berechnet. Von den insgesamt 232 m Rohrleitungen sind 90,3 m für die Dämmung zugänglich. Für die weiteren Betrachtungen ist zu beachten, dass nur die Wärmeabgabe von außerhalb des beheizten Gebäudes verlaufenden Rohrleitungen vollständig als Verlust zu werten ist. Bei der Sanierung werden alle zugänglichen Rohrleitungen, also Leitungen im

Bereich V unterhalb der Kellerdecke, mit dem nach EnEV erforderlichen Dämmniveau versehen. Alle anderen (unzugänglichen) Bereiche bleiben unverändert. Abb.5 zeigt die Rohrleitungswärmeverluste vor und nach der Maßnahme und stellt den Vergleich zum Heizwärmebedarf des Gebäudes her.

Im Ausgangszustand kommen zum eigentlichen Heizwärmebedarf des Gebäudes, der hier mit 100 % ausgewiesen ist, 56 % für die Rohrleitungsverluste hinzu. Allein durch die Dämmung der zugänglichen Leitungen sinken die gesamten Rohrleitungsverluste auf 17 % bezogen auf den Heizwärmebedarf. Bei modernen Gebäuden beträgt dieser Anteil je nach Gebäudegröße 12 bis 20 %. Befindet sich der Verteilerteil der

luste durch Dämmung der für die Sanierung zugänglichen 90,3 m Rohrleitungen mit SH/Armaflex nach Anforderungen der EnEV um fast 70 % reduzieren. Dies entspricht einer jährlichen Einsparung von 2.180 Litern Heizöl EL und einer Energiekosten-Senkung von 1.200 Euro pro Jahr bei einem Heizölpreis von 0,55 Euro je Liter.

Die CO₂-Emission könnte um jährlich 6.830 kg reduziert werden, Abb.6. Zum Vergleich: Dies entspricht der Kilometerleistung eines Pkws (mit einem Verbrauch von 6l Diesel/100km) von rund 36.000 km. Und die beste Nachricht für Hauseigentümer: Die Kosten für Dämmarbeiten (Material und Installation) haben sich bereits nach einem halben Jahr amortisiert. Völlig ungedämmte

	Dämmung der zugänglichen Rohrleitungen von 0 % auf 100 %	Dämmung der zugänglichen Rohrleitungen von 2 mm auf 100 %	Dämmung der Außenwand mit 15 cm WDVS (75 €/m ²)
Investitionskosten (€)	445	445	13.900
eingesparte Energie (kWh/a)	21.970	11.100	19.133
eingesparte Energiekosten (€/a)	879	444	1.051
statische Amortisationszeit (a)	0,5	1,0	13,0
Kosten pro eingesparter Energie (€/1000 kWh*a)	20	40	727

Beispielgebäude: Einfamilienhaus mit einer Gebäudenutzfläche von 289 m² und 90,3 m zugänglichen Rohrleitungen

Abb.7 Vergleich der Amortisationszeiten von Rohrdämmung und Fassadendämmung

Heizungsrohranlage innerhalb der gedämmten Hülle des Gebäudes, ist diese Zahl niedriger und kann sogar nur 6 bis 9 % betragen.

Im ungedämmten Ausgangszustand liegen die Rohrleitungswärmeverluste in der gleichen Größenordnung wie der gesamte Heizwärmebedarf eines vergleichbaren Neubaus gemäß EnEV. Die Rohrleitungsverluste des betrachteten Altbaus würden also zur Beheizung eines Neubaus ausreichen!

BIS ZU 70 % ENERGIE-EINSPARUNG

Im Falle des Einfamilienhauses mit einer Gebäudenutzfläche von rund 290 m² und einer Gesamtrohrleitungsnetzlänge von 232 m lassen sich die Energiever-

rohrleitungen kommen zwar immer noch vor, häufig sind die Leitungen jedoch bereits geringfügig gedämmt. Geht man davon aus, dass die Rohrleitungen vor der Sanierungsmaßnahme bereits mit einer veralteten, nicht funktionsfähigen Dämmung (z.B. aus Zeitungspapier oder Gipsbandagen) isoliert waren, deren Dämmwirkung einer 2 mm starken Dämmschicht entspricht, können immerhin noch Energiekosten von 444 Euro pro Jahr gespart werden. Wie die Abb.7 zeigt, liegen die Investitionskosten einer nachträglichen Rohrleitungsdämmung weit unter den Kosten, die bei einer Fassadendämmung entstehen würden. Entsprechend schnell amortisieren sich die Investitionen einer nachträglichen Rohrleitungsdämmung.

Das für diese Studie herangezogene Haus ist ein durchaus repräsentatives Beispiel: ca. 60 % des Wohngebäudebestands liegen in der – nach deutschen Verhältnissen – mittleren Klimazone, 90 % der Wohngebäude sind vor der ersten Heizungsanlagenverordnung aus dem Jahre 1978 gebaut worden. Legt man drei Millionen Altbauten mit einer durchschnittlichen Wohnfläche von 200m² zugrunde, so könnte durch die Dämmung der zugänglichen Rohrleitungen eine Einsparung von jährlich vier Milliarden Litern Öl oder Kubikmetern Gas erzielt werden.

EINFACHE UND SCHNELLE ROHRLEITUNGSDÄMMUNG

Gerade bei der nachträglichen Dämmung von Rohrleitungen kommt es da-



Abb.8 Montagezeit bis zu 50 % reduziert

rauf an, einen Dämmstoff einzusetzen, der sich einfach und schnell verarbeiten lässt. SH/Armaflex auf Basis synthetischen Kautschuks wurde speziell für den Einsatz im Sanitär- und Heizungsbereich entwickelt. Der hochflexible Dämmstoff mit der verbesserten Wärmeleitfähigkeit von $\lambda : 0,036$ [W/m·K] bei +40 °C Mitteltemperatur entspricht den Anforderungen der aktuellen und zukünftigen Energieeinsparverordnung. Der niedrigere λ -Wert erlaubt den Einsatz geringerer Dämmschichtdicken. So konnte Armacell die alten Dämmschichtdicken 9 und 13 mm durch die neuen Dimensionen 10×12 bis 10×42 ersetzen. Die neue Dimension erfüllt die

Anforderungen des 50 %-Bereichs sowie die Anforderungen im Fußbodenaufbau der EnEV. Für die nachträgliche Dämmung von Rohrleitungen empfiehlt sich insbesondere der Einsatz selbstklebender Schläuche: Sie lassen sich selbst unter schwierigen Baustellenverhältnissen problemlos über die Rohre schieben und anschließend verkleben, Abb.8.

ZUSAMMENFASSUNG

Energieeinsparung hilft, wertvolle Rohstoffe zu sparen, dient der Umwelt durch die Vermeidung von Schadstoffemissionen und hilft den Konsumenten, die Energiekosten zu reduzieren. Weiterhin erhöht sich der Komfort und der Wert der Immobilie und ist damit eine gute und sichere Anlage für die Zukunft. Nicht gedämmte bzw. falsch gedämmte Rohrleitungen in Gebäuden führen zum Verlust von viel Wärme und damit Primärenergie. Jede kWh Primärenergie, die verbraucht wird, bedeutet unnötige Emissionen von ca. 0,3 kg CO₂ bei Heizöl EL und 0,25 kg CO₂ bei Gas. Eines hat die Armacell-Studie deutlich gemacht: Die Dämmung von Rohrleitungen ist ein wesentlicher Faktor bei der Eindämmung unnötiger Kohlendioxid-Emissionen aus dem Gebäudebereich und kann, konsequent und mit dem richtigen Material durchgeführt, entscheidend zur Verbesserung der klimatischen Bedingungen weltweit beitragen. Auch wenn die Energieeinspar-Verordnung erstmals unter bestimmten Voraussetzungen eine nachträgliche Dämmung von zugänglichen und in nicht beheizten Räumen verlaufenden Rohrleitungen fordert, kann das Einsparpotential nur dann in großem Umfang erschlossen werden, wenn das Wissen um die Zusammenhänge in die Praxis getragen wird. Angesprochen sind in diesem Zusammenhang gleichermaßen Planer und Ausführende, insbesondere Energieberater, Heizungsbauer, Schornsteinfeger und nicht zuletzt der Eigentümer oder Nutzer selbst. Für keine energetische Sanierungsmaßnahme gibt es so starke monetäre und damit für

jeden verständliche Argumente wie für die nachträgliche Dämmung von Rohrleitungen. Sie kann in fast allen Fällen jederzeit als Sofortmaßnahme durchgeführt werden und muss bei einer kompletten energetischen Sanierung von Gebäuden als ein selbstverständlicher Baustein des Maßnahmenkatalogs mit ausgeführt werden.

Autorin

Dipl.-Ing. Michaela Störkmann,
Technical Manager Nordeuropa
Armacell, Münster
Fotos und Grafiken: Armacell
www.armacell.com

Literatur- und Quellenangaben

- [1] hessen Energie GmbH, Wiesbaden
<http://www.hessenenergie.de>
- [2] Statistisches Bundesamt Deutschland: Bauen und Wohnen, <http://www.destatis.de/basis/d/bauwo/wositab3.php>, 13.08.2003
- [3] Zentralverband Sanitär Heizung Klima (ZVSHK), St. Augustin <http://www.wasserwaermeluft.de/b2c/luft/umweltschutz/index.html>
- [4] EnEV - Energieeinsparverordnung: Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden; Stand Februar 2002; aktuell Dezember 2004
- [5] Armacell GmbH, Münster und Zentrum für umweltbewusstes Bauen e.V., Kassel CO₂-Einsparpotential durch Rohrleitungsdämmung, Januar 2003
- [6] Institut für Wohnen und Umwelt (IWU): Empirische Überprüfung der Möglichkeiten und Kosten, im Gebäudebestand und bei Neubauten Energie einzusparen und die Energieeffizienz zu steigern (alte und neue Bundesländer). Bericht für die Enquete-Kommission „Schutz der Erdatmosphäre“, Darmstadt (1994).
- [7] Kolmeze, S. und Rouvel, L.: Energieeinsparpotential im Wohngebäudebestand durch Maßnahmen an der Gebäudehülle. Forschungsvorhaben für die Enquete-Kommission des deutschen Bundestages (1993).
- [8] DIN 4108-6, 2003-06: „Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden, Berechnung des Jahresheizwärme- und des Jahresheizenergie-Bedarfs“. In der Armacell Studie wurde die vorherige Version von 2000-11 benutzt.
- [9] DIN V 4701-10, 2003-08: „Energetische Bewertung heiz- und raumlufttechnischer Anlagen“. In der Studie [5] wurde die vorherige Version von 2001-02 benutzt.