

Industrieisolierungen haben nicht nur die technische Aufgabe, den Ablauf von Prozessen zu unterstützen sondern auch eine erhebliche wirtschaftliche und ökologische Bedeutung. Sie tragen in großem Umfang dazu bei, Primärenergie einzusparen und die Emission von Treibhausgasen zu reduzieren. Auch für die Industrieisolierungen sind neue Überlegungen erforderlich, um deren Energieeffizienz zu steigern.



WÄRMEVERLUST

150 W/m² = Energieverschwendung?

VON DR. GÜNTHER KASPAREK

150 W/m² ist ein Wert für die Wärmestromdichte, der im Zusammenhang mit Isolierungen im Industriebereich häufig zu hören ist. Aber mancher Leser wird sich fragen, was damit gemeint ist? Natürlich geht es in dieser Zeitschrift um Isolierungen und hier um Industrieisolierungen, und dieser Beitrag beschäftigt sich mit der Frage, für welche Wärmeverluste Industrieisolierungen auszulegen sind?

1 Einleitung

Hierzu finden wir im AGI Arbeitsblatt Q 101 „Kraftwerkskomponenten“ eine Aussage:

„In der Praxis hat sich bewährt, die Dämmschichtdicken für Kraftwerkskomponenten innerhalb und außerhalb von Gebäuden für eine maximale Wärmestromdichte von 150 W/m² auszulegen. Innerhalb von Räumen, in denen die von der Dämmung abgegebene Wärmemenge zum Teil über eine Verbrennungsluftansaugung dem Kesselsystem wieder zugeführt wird, ist die Auslegung für eine maximale Wärmestromdichte von 200 W/m²

ausreichend: Im Regelfall ergeben sich bei der Auslegung ... für den Platzbedarf und für die Investitionskosten vernünftige Dämmschichtdicken“.

Die Q 101 ist im Jahre 2000 erschienen. Seit dieser Zeit haben wir eine erhebliche Steigerung der Primärenergiekosten hinnehmen müssen. So sind die Kosten zwischen 2000 und 2008 für Erdöl um das zweifache und die für Erdgas um das dreifache gestiegen.

Wärmeverluste sind also erheblich teurer geworden und deshalb ist die Frage berechtigt, ob die in der Q 101 genannten Wärmestrom-

dichten heute noch zeitgemäß sind.

Aber zunächst einmal, was bedeuten diese Werte? 150 W/m² bedeuten einen Wärmeverlust von 150 W pro Quadratmeter **Dämmoberfläche**. Nimmt man den bei Rohrleitungen üblichen Schuss von 1 m, dann bedeutet dies, dass eine Isolierung von 1 m Länge und einem Isolierdurchmesser von rund 320 mm einen Wärmeverlust von 150 W zulässt.

Der Begriff Watt ist uns aus der Elektrotechnik als Einheit für die Leistung bekannt.

Sie wurde nach James Watt benannt, der als Erfinder der Dampfmaschine im Jahre 1865 gilt. Allerdings hatte schon ein Thomas Newcomen im Jahr 1700 einfache Dampfmaschinen gebaut und damit Kohlegruben entwässert.

Zur Kennzeichnung der Leistung seiner Maschinen führte James Watt die Pferdestärke (PS) ein, die inzwischen durch das Watt bzw. Kilowatt ersetzt wurde. Für die Umrechnung gilt 1 PS = 0,736 kW.

Die Einheit PS kennen wir noch von den Autos, da diese von der Automobilbranche bevorzugt wird: 200 PS klingen eben besser als „nur“ 147 kW.

Aber kommen wir zum Wärmeverlust. Die Wärme, die eine 100 W und eine 60 W Glühbirne zusammen abgeben, entspricht ungefähr dem Wärmeverlust der oben genannten Isolierung von 1 m Länge und 320 mm Durchmesser. Das erscheint zunächst nicht viel. Aber in Anbetracht des großen Isoliervolumens ist der daraus resultierende Wärmeverlust doch erheblich. Wird die Wärme mit fossilen Primärenergieträgern erzeugt, so bedeuten vermeidbare Wärmeverluste einen verschwenderischen Verbrauch der begrenzten Primärenergiequellen und zusätzliche CO₂-Emissionen. Außerdem verursachen sie für die Betriebe spürbare Kosten..

2 Auslegungskriterien für Isolierungen

Für die Dimensionierung von Isolierungen ist zwischen betriebli-



Bild 1: Immer noch ein beliebtes technisches Spielzeug, die Dampfmaschine

chen und wirtschaftlichen Anforderungen zu unterscheiden, wobei zu beachten ist, dass die betrieblichen Anforderungen immer eingehalten werden müssen.

2.1 Betriebliche Anforderungen

Diese können sein:

- **BEGRENZUNG DER WÄRMEVERLUSTE**

zur Einhaltung einer bestimmten Raumtemperatur z. B. in Kesselhäusern oder zur Einhaltung von Prozessparametern. So kann bei Verbindungsleitungen ein maximal zulässiger Temperaturabfall gefordert sein, um ein Stocken des Durchflussmediums zu verhindern.

- **BEGRENZUNG DER OBERFLÄCHENTEMPERATUREN**

Aus Gründen des Berührungsschutzes oder zur Tauwasservermeidung bei Kälteisolationen dürfen die

Oberflächentemperaturen einen Maximal- bzw. Minimalwert nicht über- bzw. unterschreiten.

2.2 Wirtschaftliche Anforderungen

- **KAPITALRÜCKFLUSSZEIT**

Im Rahmen einer Portfolioanalyse kann ein Anlagenbetreiber die Kapitalrückflusszeit für seine Investition vorgeben. Diese ist der Zeitraum, in dem die Kosten für die Dämmung durch die Ersparnis an Wärmeverlustkosten wieder erwirtschaftet werden. In [1,2] wird gezeigt, dass die Kapitalrückflusszeit der Investitionen für Wärmedämmungen in der Regel weit unterhalb eines Jahres liegt und damit im Vergleich zu anderen Investitionen im industriellen Bereich konkurrenzlos günstig ist. Dort wird außerdem gezeigt, dass sich Kapitalrückflusszeiten bei erhöhten Dämmmaßnahmen nur um wenige Monate verlängern.

- **BEGRENZUNG DER WÄRMESTROMDICHTEN**

Die Begrenzung der Wärmestromdichte auf 150 W/m² bzw. 200 W/m² ist ebenfalls eine wirtschaftliche Anforderung. Sie stammt wie bereits erwähnt aus einer Zeit, in der die Energiepreise wesentlich geringer waren als heute. Sie gilt zudem nur für Kraftwerkskomponenten, für die Temperaturen in der Größenordnung von 400 °C bis 600 °C anzusetzen sind. In vielen Spezifikationen wird dieser Wert jedoch

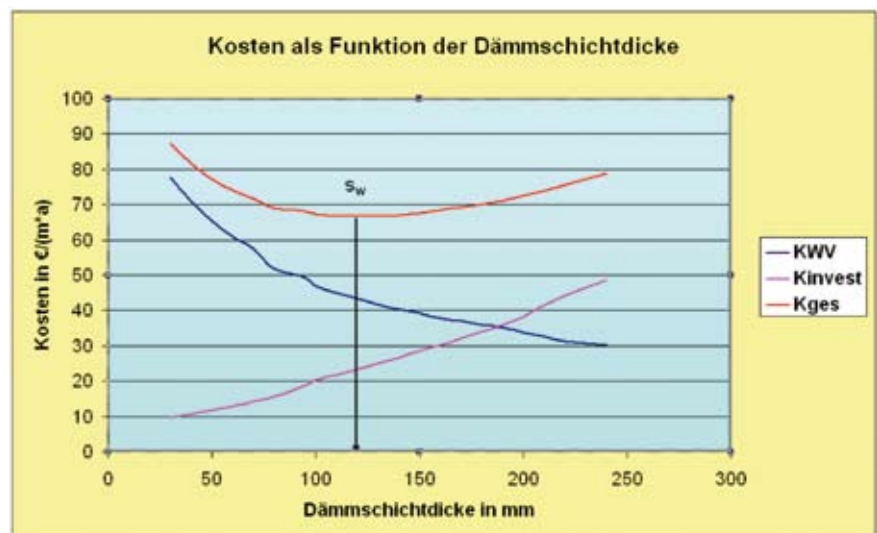


Bild 2: Kosten als Funktion der Dämmschichtdicke

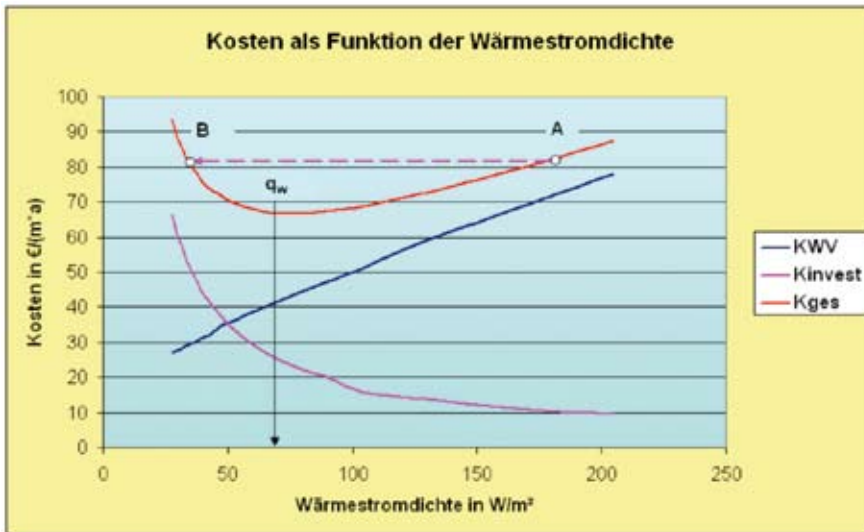


Bild 3: Kosten als Funktion der Wärmestromdichte

für den gesamten Bereich der Mediumtemperaturen vorgegeben.

Da der Wärmeverlust von der Differenz der Medium- und Umgebungstemperatur abhängig ist, muss aus ökonomischen wie aus ökologischen Gesichtspunkten bei niedrigeren Temperaturen ein geringerer Wert gefordert werden.

Der eingangs zitierten Text aus der Q 101 bezeichnet eine maximale Wärmestromdichte von 200 W/m² als ausreichend, wenn die abgegebene Wärmemenge zum Teil über eine Verbrennungsluftansaugung dem Kesselsystem wieder zugeführt wird.

In [3] hat Poblitzki gezeigt, dass diese Überlegung nicht korrekt ist, da aus dieser zusätzlichen Wärmeverlustdifferenz von 50 W/m² noch eine zusätzliche elektrische Leistung gewonnen werden könnte.

Thermodynamisch gesehen sind Wärmeverluste immer mit einem Exergieverlust verbunden. Dies ist ein Verlust an Arbeitsfähigkeit und damit an der Fähigkeit, Strom zu erzeugen. Dieser Exergieverlust kann auch dann nicht rückgängig gemacht werden, wenn die Verlustwärme wieder der Verbrennungsluft zugeführt wird.

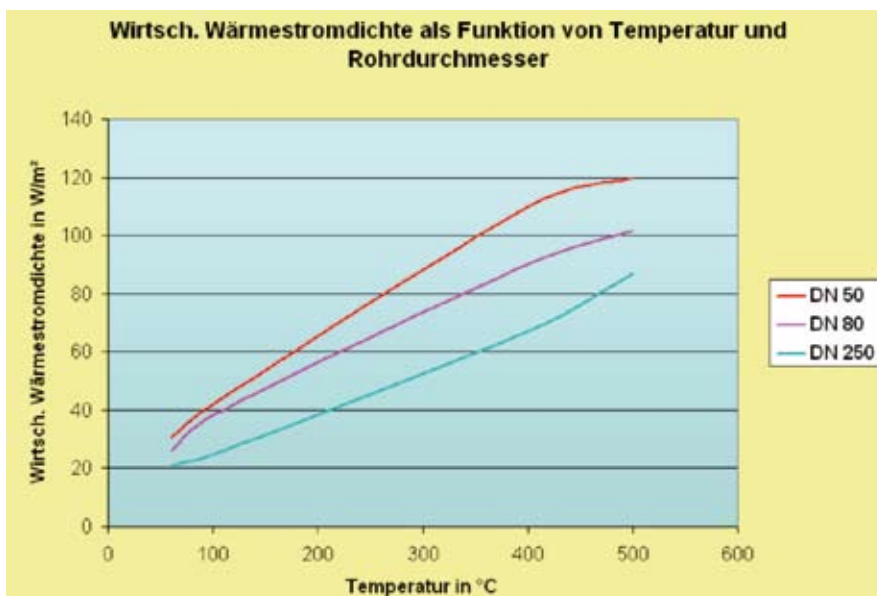


Bild 4: Abhängigkeit der wirtschaftlichen Wärmestromdichte von Temperatur und Rohrdurchmesser

- WIRTSCHAFTLICHE DÄMMSCHICHTDICKE

Für die Bewertung der Begrenzung der Wärmestromdichte auf 150 W/m² ist ein geeignetes Kriterium heranzuziehen. Die wohl vernünftigste Sichtweise ist die der wirtschaftlichen Dämmschichtdicke.

Diese ist in der VDI 2055 als diejenige Dämmschichtdicke definiert, bei der – über die Nutzungsdauer der Anlage gesehen – die Summe der trotz Isolierung noch vorhandenen Wärmeverlustkosten und der Investitionskosten für die Dämmung ein Minimum ergibt. Die wirtschaftliche Dämmschichtdicke ist eine rechnerisch zu ermittelnde Größe, die von diversen Parametern abhängt.

Für den einfachen Fall einer ebenen Dämmung ist in der VDI 2055-Blatt 1 die folgende Gleichung angegeben.

$$s_w = 1,9 \cdot 10^{-3} \cdot \sqrt{\frac{\lambda_B \cdot \Delta\vartheta \cdot f \cdot W \cdot \beta}{b \cdot J_p}} - \frac{\lambda_B}{\alpha_a} \text{ in m}$$

s_w ist die gesuchte wirtschaftliche Dämmschichtdicke, λ_B die Betriebswärmeleitfähigkeit der Dämmung in W/(m·K), $\Delta\vartheta$ die Temperaturdifferenz zwischen dem Objekt und der Umgebung in K, W der Wärmepreis in €/GJ, β in h/a die Zahl der Betriebsstunden pro Jahr.

Der Wärmepreis ist nicht unbedingt mit dem Brennstoffpreis gleichzusetzen.

Vielmehr sind weitere Aufwendungen, wie die Investitionskosten für die Anlage und Betriebskosten, zu berücksichtigen. Hierzu gehören auch die Kosten für die Emissionszertifikate. Betriebswirtschaftlich spricht man dann von Vollkosten, im Gegensatz zu Grenzkosten, wenn nur der Brennstoffpreis und weitere verbrauchsabhängige Kosten berücksichtigt werden.

J_p in €/(m²·m) gibt die Kostensteigerung für 1 m² Dämmung an, wenn die Dicke um 1 m (!) erhöht wird. Eine Dickenerhöhung um 1 m ist natürlich nur eine rechnerische Größe.

Der Wirtschaftlichkeitsberechnung in der VDI 2055 liegt das Modell zugrunde, dass zur Finan-



Bild 5: Wirtschaftliche Dämmschichtdicken bei Berücksichtigung von Lagensprüngen

zierung einer Dämminvestition ein Kredit aufgenommen wird, der über die Lebensdauer der Anlage/Dämmung verzinst und getilgt wird.

Der Kapitaldienstfaktor b in $1/a$ ist damit die jährliche Zins- und Tilgungsrate dividiert durch die Kreditsumme.

Der Preisänderungsfaktor f in $1/a$ berücksichtigt eine jährliche Energiepreisänderung.

Die wirtschaftliche Dämmschichtdicke ist über den Kapitaldienst- und den Preisänderungsfaktor von der Lebensdauer abhängig.

Aus obiger Gleichung lässt sich schon einiges erkennen. Zunächst einmal stehen die wichtigen Größen unter der Wurzel. Wenn sich beispielsweise der Wärmepreis W um den Faktor 2 erhöht, vergrößert sich die wirtschaftliche Dämm-

schichtdicke nur um den Faktor 1,4. Dies ist insofern günstig, als wichtige Größen wie Wärmepreis, Energiepreissteigerung und Lebensdauer häufig nur ungenau bekannt sind und geschätzt werden müssen.

Ferner sieht man, dass der absolute Preis für die Dämmung in der Gleichung gar nicht vorkommt, sondern mit J_p' nur die Kostensteigerung bei einer Dämmdickenerhöhung. Dies bedeutet z. B., dass die wirtschaftliche Dämmschichtdicke unabhängig davon ist, ob sich ein zu dämmendes Objekt am Boden oder in großer Höhe befindet. Allerdings sind die Kosten selbst natürlich unterschiedlich.

Obige Gleichung zeigt zwar den Einfluss der wesentlichen Größen, sie ist aber für praktische Rechnungen in der Regel ungeeignet: Sie

gilt nicht für Rohrleitungen und berücksichtigt auch nicht, dass die Kostensteigerungen als Funktion der Dämmschichtdicke meist nicht konstant sind und zudem sogenannte Lagensprünge aufweisen, wenn auf eine zusätzliche Dämmlage – z. B. bei Mineralwollematten ab 120 mm – übergegangen wird. Lagensprünge können auch bei den Wärmeverlustkosten auftreten, wenn sich mit einer zusätzlichen Lage der Wärmeverlust über die Fugen reduziert.

In der Praxis greift man nicht auf Gleichungen zurück, sondern rechnet die Investitionskosten sowie die Wärmeverlustkosten für alle maßgebenden Dämmschichtdicken aus, summiert diese zu den Gesamtkosten und sucht das Minimum. Derlei Berechnungen sind mit einem Tabellenkalkulationsprogramm einfach durchzuführen. Bild 2 zeigt die Kostenverläufe.

Man erkennt, dass die Kurve der Gesamtkosten im Bereich des Minimums sehr flach ist, und dass diese rechts von der wirtschaftlichen Dämmschichtdicke zunächst nur wenig ansteigt. Deshalb wurde in [2] eine ökologische Dämmschichtdicke definiert, bei der der Wärmeverlust 25 % geringer ist als bei der wirtschaftlichen Dämmschichtdicke, und bei der die Gesamtkosten nur unwesentlich höher sind.

3 Die wirtschaftliche Wärmestromdichte

Mit dem erarbeiteten Rüstzeug ist es nun möglich, die Begrenzung auf 150 W/m^2 zu bewerten. In Bild 2 waren die Kostenarten in Abhängigkeit der Dämmschichtdicke aufgetragen. Da wir uns aber für die Wärmestromdichte interessieren, soll diese als unabhängige Variable in Bild 3 gewählt werden:

Man erhält dann einen ähnlichen Verlauf wie in Bild 2, jedoch quasi spiegelbildlich. Auf der linken Seite des Diagramms ist der Bereich mit niedrigen Wärmestromdichten also mit großen Dämmschichtdicken, während sich rechts der Bereich mit großen Wärmestrom-

Zeile	Art der Leitungen/ Armaturen	Mindestdämmschichtdicke bezogen auf eine Wärmeleitfähigkeit von $0,035 \text{ W/(m}^2\text{K)}$
1	Innendurchmesser bis 22 mm	20 mm
2	Innendurchmesser über 22 mm bis 35 mm	30 mm
3	Innendurchmesser über 35 mm bis 100 mm	gleich Innendurchmesser
4	Innendurchmesser über 100 mm	100 mm

Tabelle 1: Auszug aus Anlage 5 Tab. 1 der EnEV

dichten entsprechend kleinen Dämmschichtdicken befindet. Man kann aus einem solchen Diagramm direkt die Kosten bei einer gewählten oder vorgegebenen Wärmestromdichte ablesen. Ähnlich wie die bekannte wirtschaftliche Dämmschichtdicke s_w kann nun eine „wirtschaftliche Wärmestromdichte q_w “ definiert werden, die für das Beispiel in Bild 3 bei ca. 70 W/m^2 liegt. Die Bedeutung der Punkte A und B wird weiter unten im Abschnitt 6 erläutert.

Die wirtschaftliche Wärmestromdichte q_w ist von der Mediumtemperatur abhängig.

Bild 4 zeigt diese Abhängigkeit für die Nennweiten DN 50, DN 80 und DN 250 für die folgenden Daten:

Dämmstoff: Mineralwolle, Wärmepreis: $W = 10 \text{ €/GJ}$, Lebensdauer $n = 12 \text{ a}$, Energiepreissteigerung $p = 4 \text{ %/a}$, Verzinsung $z = 8 \text{ %a}$.

Unter den obigen Voraussetzun-

gen ist selbst bei hohen Temperaturen die wirtschaftliche Wärmestromdichte deutlich unterhalb 150 W/m^2 und nimmt mit abnehmender Mediumtemperatur und zunehmendem Rohrdurchmesser ab.

Damit wird bestätigt, dass eine Wärmestromdichte von 150 W/m^2 heute nicht mehr wirtschaftlich ist und auch, dass die in Spezifikationen vielfach zu findende Praxis 150 W/m^2 auch für mittlere und niedrigere Temperaturen und für alle Rohrdurchmesser anzusetzen, zu viel zu hohen und damit unwirtschaftlichen Wärmeverlusten führt.

Bei den in Bild 4 dargestellten Verläufen handelt es sich um Ausgleichskurven. Unter Berücksichtigung der durch die Lagensprünge verursachten Unstetigkeiten ergibt sich ein treppenartiger Verlauf ähnlich wie in Bild 5 für die wirtschaftliche Dämmschichtdicke gezeigt ist.

Es lassen sich hierüber keine all-

gemeinen Aussagen treffen. Der Übergang auf eine weitere Lage ist in unterschiedlichen Spezifikationen unterschiedlich geregelt, und auch bei Schalen gelten andere Bedingungen. Deshalb ist die wirtschaftliche Wärmestromdichte oder Dämmschichtdicke jeweils für den konkreten Fall zu berechnen.

4 Dämmdicken nach der EnEV [4]

Die Energieeinsparverordnung (EnEV) schreibt für Wärmeverteilungs- und Warmwasseranlagen die Dämmdicken gemäß Tab. 1 vor.

Allerdings sagt die EnEV über Wärmeverluste und Wärmestromdichten nichts aus. Es ist deshalb interessant, einmal ihre Vorgaben mit der wirtschaftlichen Wärmestromdichte zu vergleichen. Geht man von einer Heißwassertemperatur von 60°C und einer Raumtemperatur von 20°C aus, so erhält man die in Tabelle 2 aufgelisteten Wärmestromdichten:

Rohrdurchmesser in mm	25	40	114,3	168,3	273
Wärmestromdichte in W/m ²	37,6	26,9	8,5	9	10,3

Tabelle 2: Wärmestromdichten bei Dämmung nach EnEV

Nach Bild 4 liegt die wirtschaftliche Wärmestromdichte bei einer Mediumtemperatur von 60 °C ungefähr zwischen 20 W/m² und 30 W/m². Damit entsprechen die Werte nach der EnEV bei kleinen Rohrdurchmessern ungefähr denen von Bild 4, sind aber bei größeren Rohrdurchmessern deutlich geringer. Bei diesem Vergleich ist aber zu beachten, dass Isolierungen für Heizungsanlagen sehr unterschiedlich mit unterschiedlichen Investitionskosten sein können: Es gibt einfache Isolierungen ohne Ummantelungen und aufwendige Isolierungen mit Unterkonstruktionen und Ummantelungen. Deshalb ist der vorangehende Vergleich eher qualitativ zu sehen.

5 Wärmestromdichte und Oberflächentemperatur

Bei der Wärmestromdichte denkt man meistens zuerst daran, dass sie eine durch die Isolierung bestimmte Größe ist. Sie ist aber auch über den äußeren Wärmeübergangskoeffizienten α_a mit der Oberflächentemperatur ϑ_O und der Umgebungstemperatur ϑ_U entsprechend nachstehender Gleichung gekoppelt.

$$q = \alpha_a \cdot (\vartheta_O - \vartheta_U) \text{ in W/m}^2$$

Wie oben bereits dargestellt wird häufig aus Gründen des Berührungsschutzes eine maximal zulässige Oberflächentemperatur vorgegeben. In der Regel sind dies 60 °C;

häufig findet man jedoch auch 50 °C oder ähnliche Werte.

Die Lufttemperatur in Gebäuden beträgt in der Regel 20 °C, aber in Kraftwerken sind Werte von 40 °C oder 50 °C durchaus üblich. Daraus ergeben sich Temperaturdifferenzen zwischen Oberfläche und Luft im Bereich von ungefähr 10 K bis 40 K. Die daraus resultierenden Wärmestromdichten zeigt Tabelle 3.

Da der Wärmübergangskoeffizient α_a nicht nur von der Konvektion sondern auch von dem Wärmestrahlungsvermögen der Isolieroberfläche abhängt, ergeben sich für die unterschiedlichen Ummantelungsarten auch unterschiedliche einzuhaltende Wärmestromdichten. Legt man – wie in der Praxis häufig üblich – eine Isolierung nach den Kriterien 20 °C Luft- und 60 °C Oberflächentemperatur aus, so ergeben sich aus Tabelle 3 sehr hohe Wärmestromdichten, die z. T. erheblich über der wirtschaftlichen Wärmestromdichte liegen.

Eine solche Isolierung hat nicht nur einen unnötig hohen Wärmeverlust, sie ist auch aus betriebswirtschaftlicher Sicht zu teuer. Es ist deshalb immer zu prüfen, ob eine nach dem Kriterium „zulässige Oberflächentemperatur“ ausgelegte Isolierung wirtschaftlich ist.

6 Mit unveränderten Kosten besser isolieren

Dieser Aspekt soll am Beispiel der

zulässigen Oberflächentemperatur dargestellt werden. Er ergibt sich, wenn man mit den Werten aus Tabelle 3 in das Diagramm von Bild 3 geht. Nimmt man beispielsweise die Wärmestromdichte 180 W/m² (oxidiertes Aluminiumblech, Temperaturdifferenz von 40 K zwischen Oberfläche und Umgebungsluft) und geht damit in das Bild 3, so erhält man die durch den Punkt A gegebenen Gesamtkosten. Legt man durch diesen Punkt eine Parallele zur Abszisse nach links, so schneidet diese die Kurve K_{ges} im Punkt B mit einer Wärmestromdichte von ca 40 W/m². Zwar sind die Investitionskosten deutlich gestiegen, aber die betriebswirtschaftlich interessanten Gesamtkosten unverändert geblieben. Man erhält damit eine hocheffiziente Isolierung, bei der die Gesamtkosten nicht höher sind als bei der Auslegung nach dem Kriterium „Einhaltung der Oberflächentemperatur“. Diese hier dargestellten Überlegungen gelten natürlich auch, wenn andere betriebliche Anforderungen vorgegeben sind.

7 Dämmstoffe mit niedriger Wärmeleitfähigkeit

Die erwünschten niedrigen Wärmestromdichten führen zu großen Dämmschichtdicken, was wiederum Probleme bezüglich des Platzbedarfs mit sich bringen kann. Deshalb ergeht der Ruf nach Dämmstoffen mit deutlich niedrigerer Wärmeleitfähigkeit. Durch das steigende Bewusstsein für notwendige Energieeinsparungen und CO₂-Reduktionen wird diese Entwicklung sicher vorangetrieben. Zurzeit sind mit den mikroporösen Dämmstoffen und Aerogel zwei Dämmstoffe mit niedriger Wärmeleitfähigkeit auf dem Markt, die in Bild 6 dargestellt sind.

Aufgrund der im Vergleich zur Mineralwolle sehr niedrigen Wärmeleitfähigkeit reduziert sich die Dämmschichtdicke erheblich, wie aus Tabelle 4 hervorgeht, die für DN 200, eine Mediumtemperatur von 530 °C und einen für alle drei Fälle gleichen längenbezogenen Wärmeverlust von ca 250 W/m gilt.

Isolieroberfläche	Temperaturdifferenz Oberfläche – Luft in K			
	10K	20K	30K	40K
Al, oxidiert	30	70	120	180
Zn-beschichtetes Blech, angestaubt	58	125	200	290
Farbbeschichtete Oberfläche	90	190	300	420

Tabelle 3. Wärmestromdichte in W/m² abhängig von der Temperaturdifferenz Oberfläche – Luft für waagerechte Rohrleitungen

		Mineralwolle	Mikroporöser Dämmstoff	Aerogel
Wärmeverlust	W/m	250	257	248
Dämmschichtdicke	mm	240	55	60
Dämmoberfläche	m ²	2,2	1,03	1,06
Wärmestromdichte	W/m ²	114	250	234

Tabelle 4. Vergleich verschiedener Dämmstoffe

Nur zunächst überrascht es, dass die Wärmestromdichte bei dem mikroporösen Dämmstoff und bei Aerogel wesentlich größer ist als bei Mineralwolle. Das bedeutet aber nicht, dass Isolierungen mit diesen Dämmstoffen schlechter seien als die mit Mineralwolle. Der Grund ist die wesentlich geringere Dämmoberfläche, wodurch der Quotient Wärmeverlust/Oberfläche groß wird. Das Beispiel zeigt uns aber auch, dass die Wärmestromdichte kein absolutes Maß für die Güte einer Dämmung und ein Vergleich nur bei annähernd gleicher Wärmeleitfähigkeit und Oberflächentemperatur zulässig ist.

8 Ökologische Dämmschichtdicken und Wärmestromdichten

Die bisherigen Betrachtungen bezogen sich im Wesentlichen auf die wirtschaftliche Wärmestromdichte, also auf eine Größe, die eine betriebswirtschaftliche Kategorie darstellt. Diese Betrachtungsweise ist nicht neu, sondern stellt im Grunde schon seit Jahr-

zehnten den Standard dar, der aber zweitweise etwas in Vergessenheit geraten ist. Heute reicht dies jedoch im Bestreben, Energie einzusparen und CO₂-Emissionen zu reduzieren, nicht mehr aus: Deshalb sollten ökologische Wärmestromdichten angestrebt werden, die geringer sein müssen als die wirtschaftlichen.

In [1] und [2] wurde eine ökologische Dämmschichtdicke dahingehend definiert, dass der Wärmeverlust um 25 % kleiner ist als sich aus der ökonomischen Dämmschichtdicke ergibt. Diese Definition stammt aus dem Jahre 1992, als sich die damalige Bundesregierung eine CO₂-Einsparung von 25 % zum Ziel setzte. Sie ist aber nur eine der Möglichkeiten ökologische Dämmschichtdicken bzw. Wärmestromdichten zu definieren. Eine weitere Möglichkeit wurde in Abschnitt 6 aufgezeigt.

Die Diskussion über eine „ökologische“ Dämmung ist noch nicht abgeschlossen. Aspekte wie CO₂-Vermeidungskosten und kumulier-

ter Energieaufwand dürfen hierbei nicht außer acht gelassen werden.

9 Zusammenfassung

Anhand von Beispielen wurde gezeigt, dass die Empfehlung der Q 101, die Wärmestromdichte bei Wärmeisolierungen auf 150 W/m² zu begrenzen, zu pauschal ist und den seit dem Jahre 2000 gestiegenen Energiekosten nicht mehr gerecht wird. Die zeitgemäße Auslegung von Isolierungen sollte immer in drei Schritten erfolgen:

1. Erfüllung der betrieblichen Anforderungen
2. Auslegung nach den Kriterien der wirtschaftlichen Dämmschichtdicke bzw. Wärmestromdichte.
3. Wahl einer ökologischen Dämmschichtdicke.

Die in diesem Beitrag gezeigten Beispiele gehen von idealen Bedingungen aus. Es sollten keine Auslegungsergebnisse sondern Verfahren und Tendenzen dargestellt werden. Die tatsächlichen Dämmdicken sind im konkreten Fall unter Beachtung aller Einflussgrößen zu ermitteln. In der Praxis können mangelnder Raum oder erhöhte Kosten für zusätzlichen Raumbedarf die Ergebnisse dahingehend beeinflussen, dass die erwünschten Dämmschichtdicken nicht ausgeführt werden können. Es sind deshalb schon in einem frühen Planungsstadium in enger Zusammenarbeit von Anlagenplanern, Rohrleitungsbauern und Isolierfirmen geeignete Lösungen zu suchen.

Literatur

[1] Kasperek, G. Umweltschutz und Isoliertechnik. Isoliertechnik 1 (1992), S.56 ff.
 [2] BFA WKS. Hohe Rentabilität bei umweltgerechten Isolierschichtdicken. Technischer Brief Nr.6.
 [3] Poblitzki, J. Optimierte Dämmdickenverteilung. Isoliertechnik 1(2010)
 [4] EnEV. Energieeinsparverordnung 2009

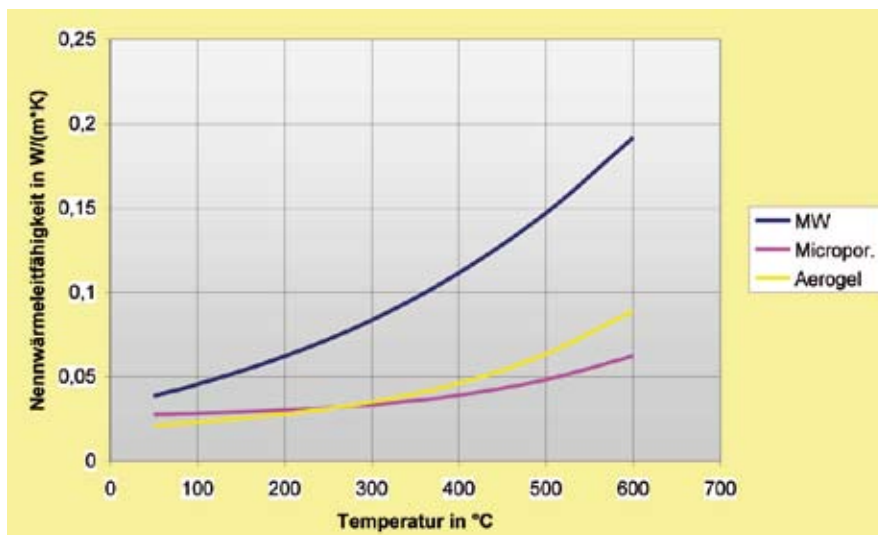


Bild 6. Wärmeleitfähigkeit von Dämmstoffen

Der Autor

 Dr. Günther Kasperek
 Bilfinger Berger
 Industrial Services GmbH

Kontakt: guenther.kasperek@t-online.de