



## Hohe Rentabilität bei umweltgerechten Isolierschichtdicken

Hight profitability  
surface temperatures

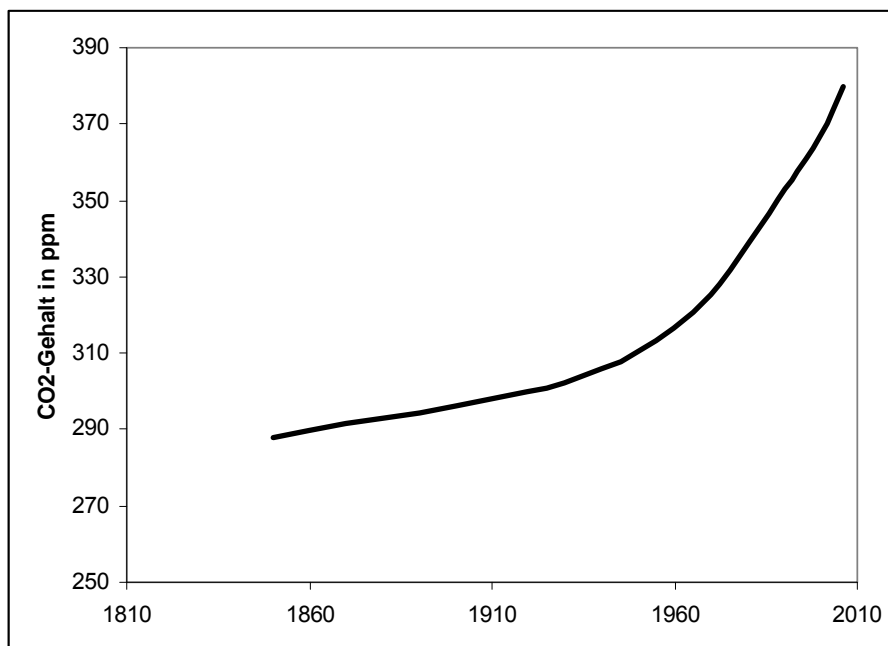
**Hohe Rentabilität bei umweltgerechten Isolierschichtdicken**  
***High profitability with environment protecting insulation layer thicknesses***

Inhalt <i>Contents</i>	Seite <i>Page</i>
1. Vorwort.....	2
1. Foreword.....	2
2. Gegenstand dieses Technisches Briefes .....	3
2. Subject of this Technical Letter.....	3
3. Möglichkeiten des Wärmeschutzes in betriebstechnischen Anlagen.....	4
3. Possibilities for heat retention in industrial installations.....	4
4. Die wirtschaftliche Dämmschichtdicke bei betriebstechnischen Anlagen .....	5
4. The economic insulation layer thickness on industrial installations.....	5
5. Vergrößerung der Isolierschichtdicke .....	6
5. Increase of insulation layer thickness.....	6
6. Wirtschaftliche und ökologische Isolierschichtdicke .....	8
6. Economic and ecological insulation layer thickness.....	8
7. Zusätzliche Kosten für die "umweltgerechte" Isolierschichtdicke.....	9
7. Additional costs for an "environment protecting" insulation layer thickness.....	9
8. Kapitalrückflusszeit (KRZ) .....	10
8. Pay-back period (PBP) .....	10
9. Besonderheiten bei Preissprüngen.....	13
9. Peculiarities at price jumps .....	13
10. Wärmestromdichten .....	13
10. Densities of heat flow rate .....	13
11. Fazit.....	14
11. Summary .....	14

## 1. Vorwort

Der Verbrauch von fossiler Energie führt nicht nur zu einer Erschöpfung der verfügbaren Primärenergiequellen, sondern bedeutet durch den Ausstoß von Kohlendioxid in die Atmosphäre auch eine Belastung der Umwelt.

CO<sub>2</sub> in der Atmosphäre absorbiert die von der Erdoberfläche ausgehende Wärmestrahlung und vermindert damit die Wärmeabgabe an den Weltraum. Bei weiter zunehmendem CO<sub>2</sub>-Gehalt der Erdatmosphäre (Bild 1) wäre eine als "Treibhauseffekt" bezeichnete globale Temperaturerhöhung mit Veränderungen des Weltklimas und bisher nicht abschätzbaren Folgen absehbar.



Kohlendioxidkonzentration in ppm (parts per million, Tausendstel Promille)  
Concentration of carbon dioxide in ppm (parts per million, one thousands ‰)

**Bild 1: Entwicklung des CO<sub>2</sub>-Anteils an der Erdatmosphäre [1+2]**

CO<sub>2</sub> entsteht beim Verbrennen von Kohlenstoff, also bei der Wärmeerzeugung. Für CO<sub>2</sub> gibt es bisher keine großtechnisch realisierten Rückhalte-techniken wie für Schwefel- oder Stickoxide, die durch Rauchgasreinigungsanlagen aus der Abluft entfernt werden können. Zwar wird derzeit intensiv unter dem Schlagwort CCS (Carbon-Capture-Storage), das mit "Kohlenstoff einfangen und speichern" übersetzt werden kann, über Mittel und Wege geforscht, das bei der Verbrennung anfallende CO<sub>2</sub> zu speichern [3], jedoch sind die Erfolgsaussichten noch unklar. Hinzu kommt ein erheblich größerer Energieverbrauch für die Abtrennung und Speicherung. Der effektivste Einfluss, den der Mensch auf den CO<sub>2</sub>-Gehalt der Erdatmosphäre nehmen kann, besteht darin, CO<sub>2</sub> gar nicht erst entstehen zu lassen.

## 1. Foreword

The expenditure of fossil energy not only exhausts the available resources of primary energy, it moreover constitutes a strain on the environment through the associated emission of carbon dioxide.

CO<sub>2</sub> in the atmosphere absorbs the thermal radiation emitted from the surface of the earth, thereby reducing the heat transfer into space. With a further increasing CO<sub>2</sub> content in the atmosphere (Figure 1), a global temperature increase, known as the "green house effect", with changes in the world's climate and other yet unpredictable consequences becomes likely.

**Figure 1: Development of CO<sub>2</sub> concentrations in the atmosphere [1+2]**

CO<sub>2</sub> originates when carbon is burned, e. g. to create heat. No holdback technology exists for CO<sub>2</sub> which could be used at a grand scale as is the case for sulphur or nitrogen oxides which can be filtered out of the exhaust in flue-gas purification installations. Research has been intensified recently under the catch phrase CCS (Carbon-Capture-Storage) to find means and ways to store the CO<sub>2</sub> created in combustion processes [3], however, expectations of success are yet unclear. The problem is aggravated by a considerably bigger energy demand for capture and storage. The most effective influence man can exert on the CO<sub>2</sub> content of the atmosphere of the earth is by not creating CO<sub>2</sub> in the first place.

Deshalb ist es von großer Bedeutung, eine Reduzierung des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes durch Einsparungen bei der Verbrennung fossiler Energieträger zu erreichen. Der Wärmeschutz leistet hierzu einen wesentlichen Beitrag.

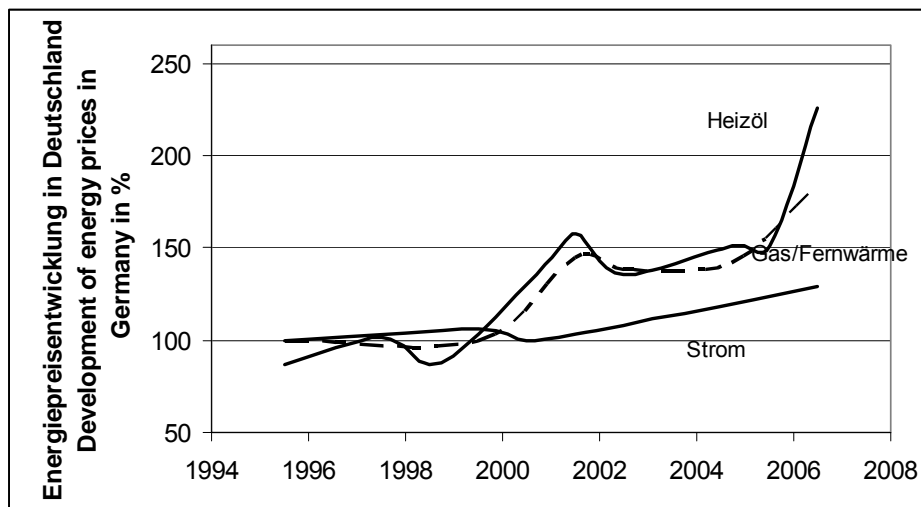
It is therefore of paramount importance to achieve a reduction of CO<sub>2</sub> emissions through savings in the consumption of fossil energy sources. Heat retention is a significant contribution to this.

Vor dem Hintergrund erheblicher Energiepreissteigerungen hat sich ein effizienter Umgang mit Strom und Wärme zudem noch nie so schnell ausgezahlt wie heute.

Against the background of significant energy price increases, the efficient handling of electric power and heat has never repaid as fast as is the case today.

Bild 2 zeigt die Preisentwicklung der wichtigsten primären Energieträger in den letzten Jahren.

Figure 2 shows the price development of the most important primary energy sources over recent years.



**Bild 2: Preisentwicklung bei Primärenergieträgern (Quelle: Statistisches Bundesamt)**

**Figure 2: Price development for primary energy sources (Source: Statistisches Bundesamt)**

Da auf absehbare Zeit mit weiter anziehenden Energiepreisen zu rechnen ist, führen Wissensdefizite bei Energieeinsparpotenzialen langfristig zu höheren Kosten und sinkenden Erträgen im Anlagenbetrieb.

Since further increasing energy prices must be reckoned with in the foreseeable future, lacking knowledge regarding energy saving potentials will in the long term lead to higher costs and reduced profits when running industrial installations.

**2. Gegenstand dieses Technisches Briefes**

**2. Subject of this Technical Letter**

Die Erörterung der ökologisch gebotenen Dämmungen zur Minderung des Energieverbrauchs und zum Schutz der Atmosphäre in diesem Brief bezieht sich auf Dämmungen an betriebstechnischen Anlagen.

In this letter, the discussion of ecologically advised insulations to reduce energy consumption and to protect the atmosphere is related to the insulations of industrial installations.

Der Isolieraufwand, der zunächst einmal in eine betriebstechnische Anlage investiert werden muss (Isolierinvestition) kann nach folgenden Gesichtspunkten bestimmt werden:

The insulation effort, which needs to be invested in an industrial installation (insulation investment), may be determined under the following aspects:

Auslegung:

Design related to:

- nach betriebstechnischen Gesichtspunkten: Sicherstellung von Fertigungsprozessen
- zur Tauwasserverhütung an Kälteanlagen

- operating aspects: securing of production processes
- condensation prevention on cold installations

- nach Gesichtspunkten der Arbeitssicherheit und des Berührungsschutzes
- nach einem vorgegebenen Wärmeverlust
- nach wirtschaftlichen Gesichtspunkten: das kostengünstigste Verhältnis zwischen Isolierinvestition und resultierender langfristiger Energieeinsparung
- nach ökologischen Gesichtspunkten.

- aspects of working safety and personnel protection
- preset maximum heat loss
- economic aspects: the most cost effective relation between insulation investment and resulting long-term energy savings
- ecological aspects.

Dieser Brief beleuchtet Isolierinvestitionen nach wirtschaftlichen und ökologischen Gesichtspunkten. Er behandelt die daraus folgende Kapitalrücklaufzeit der eingesetzten Investitionsmittel für die Isolierung. Von diesem Gesichtspunkt ausgehend beleuchtet er die Mehrkosten und die resultierenden, etwas verlängerten Kapitalrücklaufzeiten, wenn aus ökologischen Gründen – CO<sub>2</sub>-Einsparung, Klimaschutz – über dieses wirtschaftliche Optimum hinausgegangen wird. Er soll Folgendes verdeutlichen:

This letter discusses insulation investments under economic and under ecological aspects. It deals with the related pay-back periods for the insulation investment. Starting from this aspect, it explains the additional expenditure and their related slightly longer pay-back periods when the economic optimum is exceeded for ecological reasons: CO<sub>2</sub> savings, climate protection. It is meant to explain the following:

- Die Investitionen für Wärmeschutzmaßnahmen haben sehr kurze Kapitalrücklaufzeiten.
- Eine Erhöhung der Isolierschichtdicken über das nach VDI 2055 gerechnete Optimum hinaus zur weiteren Reduzierung des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes ist eine kostengünstige Maßnahme zur Erreichung definierter Klimaschutzziele.

- Investments for heat retention measures have very short pay-back periods.
- An increase of insulation layer thicknesses beyond the optimum calculated according to VDI 2055 to achieve additional CO<sub>2</sub> reductions is a cost effective measure to achieve defined climate protection targets.

### 3. Möglichkeiten des Wärmeschutzes in betriebstechnischen Anlagen

### 3. Possibilities for heat retention in industrial installations

Etwa 50 % der gesamten CO<sub>2</sub>-Emissionen werden von der Industrie verursacht. Ein wirksamer Wärmeschutz und damit Energieeinsparungen in der Industrie leistet deshalb einen erheblichen Beitrag zur Schonung der Ressourcen und zu dem Ziel, den CO<sub>2</sub>-Ausstoß zu reduzieren. Deshalb ist eine zukunftsorientierte Bemessung der Isolierschichtdicken an betriebstechnischen Anlagen von besonderer Bedeutung.

About 50 % of the total CO<sub>2</sub> emissions are caused by industry. An effective heat retention and thereby an effective energy saving in the industry contributes substantially to the husbanding of resources and to the aim to reduce CO<sub>2</sub> emissions. A future-oriented dimensioning of insulation layer thicknesses at industrial installations is, therefore, of specific importance.

VDI 2055 [5] beschreibt unter 6.1.1 "Bemessungskriterien":

VDI 2055 [5] declares in chapter 6.1.1 "Dimensioning criteria":

*Basis für die Ermittlung von Dämmschichtdicken sind betriebstechnische und wirtschaftliche Forderungen sowie gesetzliche Auflagen und Verordnungen des Umweltschutzes, z. B. die Energieeinsparverordnung – EnEV*

*Basis for the determination of insulation layer thicknesses are operational and economic requirements as well as legal obligations and environment protection directives, e. g. the German energy savings directive – EnEV*

**4. Die wirtschaftliche Dämmschichtdicke bei betriebstechnischen Anlagen**

Für die Auslegung von Isolierungen wird neben den betrieblichen Gesichtspunkten häufig die wirtschaftliche Dämmschichtdicke als Kriterium herangezogen. Diese ist nach VDI 2055 definiert als diejenige Isolierschichtdicke, bei der die Summe aus den Investitionskosten für die Isolierung und den trotz der Isolierung noch vorhandenen Wärmeverlustkosten über die prognostizierte Lebensdauer ein Minimum ergibt.

Sie hängt im Wesentlichen von den nachfolgenden Parametern ab:

- Durchmesser des zu isolierenden Objektes
- Mediumtemperatur
- Wärmeleitfähigkeit des Dämmstoffes
- Investitionskosten und die Art ihrer Finanzierung
- jährliche Betriebsstunden
- Wärmepreis und seine zeitliche Veränderung

Der Wärmepreis setzt sich zusammen aus:

- den Brennstoffkosten
- den Betriebs- und Wartungskosten
- dem Kapitaldienst der Anlage

Beispiele hierfür sind in Tabelle 1 aufgeführt.

**4. The economic insulation layer thickness on industrial installations**

Together with operational aspects, the economic insulation layer thickness is frequently used to determine the capacities of insulation systems as a criterion. It is defined according to VDI 2055 as that insulation layer thickness, where the sum total of the investment expenditure for the insulation and the despite insulation remaining heat loss costs is a minimum when considering the expected lifecycle.

It depends predominantly on the following parameters:

- diameter of the object to be insulated
- medium temperature
- thermal conductivity of the insulation material
- investment expenditure and the financing mode
- annual operation time
- heat price and its variations over time

The heat price is composed of:

- the fuel cost
- the operational and maintenance costs
- the capital service for the installation

Examples are given in Table 1.

Kraftwerk <i>Power plant</i>	Brennstoffkosten <i>Fuel costs</i>	Betriebs- und Wartungskosten <i>Operation and maintenance costs</i>	Kapitaldienst <i>Capital service</i>
Steinkohle <i>Hardcoal</i>	41 %	27 %	32 %
GuD <i>Gas a. Steam</i>	76 %	12 %	12 %

**Tabelle 1: Anteil der Kostenarten am Wärmepreis [6]**

**Table 1: Cost percentages of the heat price [6]**

Die vorgenannten Kostenarten variieren in den verschiedenen Industriesparten sehr stark. Die Untersuchungen in Kapitel 7 erfolgen beispielhaft mit den angenommenen Wärmepreisen 6 €/GJ und 10 €/GJ.

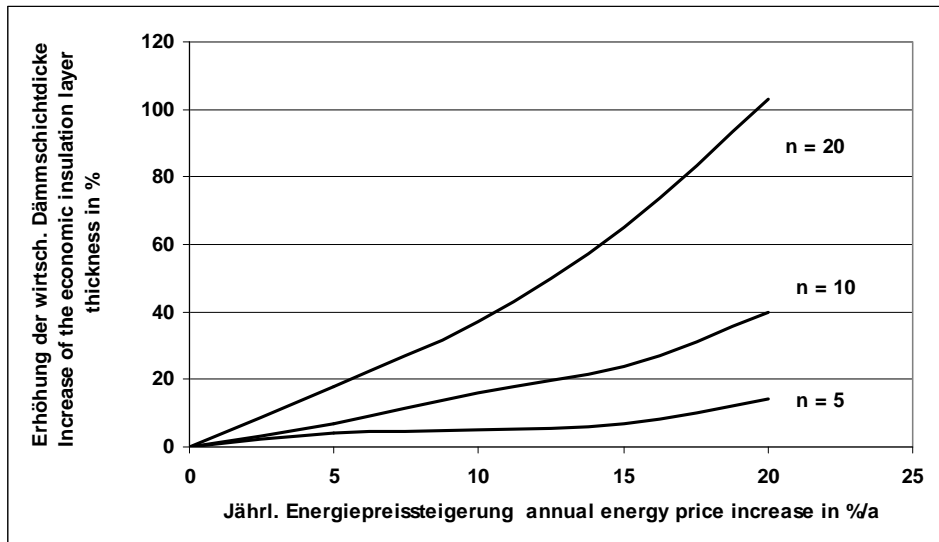
The cost percentages mentioned above are varying strongly in different branches of industry. The investigations in chapter 7 are conducted with the specimen heat prices of 6 €/GJ and of 10 €/GJ.

Dabei ist zu beachten, dass eine Energiepreissteigerung über die nächsten Jahre und Jahrzehnte mit großer Sicherheit prognostiziert werden kann. Selbst wenn die Energiepreisentwicklung weniger sprunghaft verläuft als in der letzten Dekade (Steigerung um 150 %) kann sicher davon ausgegangen werden, dass die Energiepreise weiter zunehmen werden.

It must be remembered, however, that an increase in energy expenditure can be forecast for the next years and decades with great certainty. Even if the energy expenditure development should continue in a less erratic fashion than in the last decade (150 % increase), one can with certainty assume that energy expenditure will continue to grow.

Während in der Vergangenheit die Energiepreissteigerung bei der Ermittlung der wirtschaftlichen Dämmschichtdicke  $s_w$  häufig vernachlässigt wurde, ist dies heute nicht mehr akzeptabel. Bild 3 zeigt die Abhängigkeit von  $s_w$  von der jährlichen Energiepreissteigerung für Nutzungsdauern  $n = 5$  a,  $n = 10$  a und  $n = 20$  a.

Whilst in the past, the energy expenditure increase has frequently been disregarded when determining the economic insulation layer thickness  $s_w$ , this cannot be accepted today. Figure 3 shows the  $s_w$  dependence of the annual energy expenditure increase for service periods  $n = 5$  a,  $n = 10$  a and  $n = 20$  a.



**Bild 3:** Prozentuale Erhöhung der wirtschaftlichen Dämmschichtdicke in Abhängigkeit von der jährlichen Energiepreissteigerung für  $W = 10$  €/GJ;  $T_{med} = 300$  °C und DN 150

**Figure 3:** Increase in percentage of the economic insulation layer thickness dependent upon the annual energy expenditure increase for  $W = 10$  €/GJ;  $T_{med} = 300$  °C and DN 150

### 5. Vergrößerung der Isolierschichtdicke

### 5. Increase of insulation layer thickness

Aus Gründen der Nachhaltigkeit – sowohl zur fortwährenden Wirtschaftlichkeit bei steigenden Energiepreisen als auch zum Klimaschutz – muss die Isolierschichtdicke über das technisch oder wirtschaftlich gegebene Maß erhöht werden.

For reasons of sustainability – regarding both a continued profitability in the face of increasing energy expenditure as well as the climate protection – the insulation layer thickness must be increased over the technically or economically advised dimension.

Deshalb wird nachfolgend der Einfluss erhöhter Isolierschichtdicken auf die Kosten und die Rentabilität von Industrieisulierungen untersucht [7].

The influence of increased insulation layer thicknesses on the expenditure and the profitability of industrial insulations will therefore be investigated below [7].

Bei den Betrachtungen wird jeweils von der wirtschaftlichen Isolierschichtdicke nach VDI 2055 ausgegangen und die Prämisse zugrunde gelegt, dass der Wärmeverlust gegenüber demjenigen, der bei der wirtschaftlichen Isolierschichtdicke eintritt, um 25 % gesenkt werden soll.

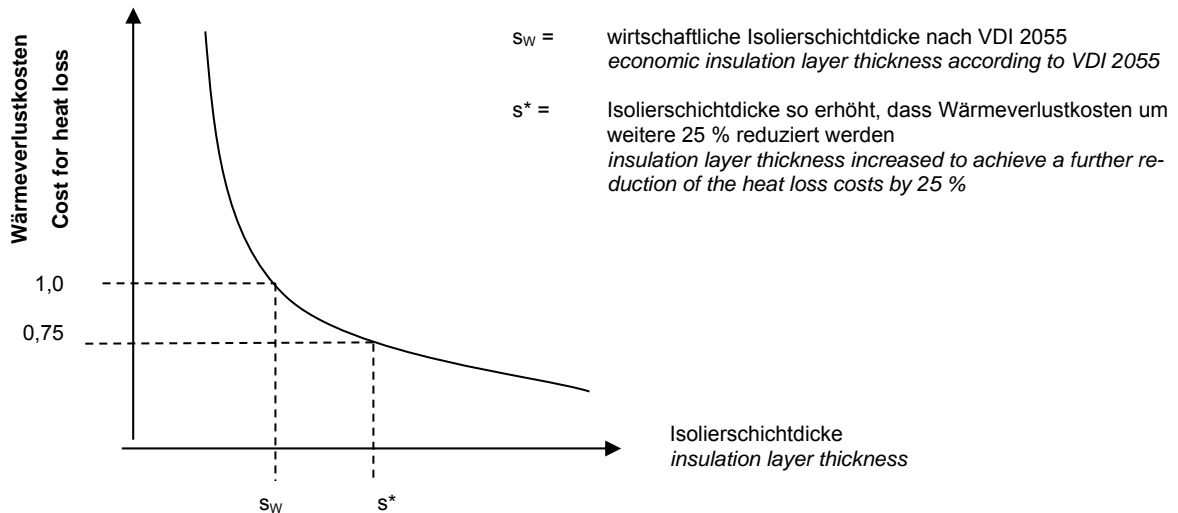
Considerations start at the economic insulation layer thickness according to VDI 2055 and use the assumption that the heat loss shall be lowered by 25 % compared to the heat loss associated with the economic insulation layer thickness.

Die sich daraus ergebende erhöhte Dämmschichtdicke  $s^*$  wird die "ökologische" oder auch die "umweltgerechte" Dämmschichtdicke genannt.

The resulting increased insulation layer thickness  $s^*$  is termed the "ecological" or "environment protecting" insulation layer thickness.

Bild 4 stellt den Zusammenhang zwischen den Wärmeverlustkosten und der Isolierschichtdicke dar.

Figure 4 shows the connection between the heat loss costs and the insulation layer thickness.



**Bild 4: Zusammenhang zwischen Wärmeverlustkosten und Isolierschichtdicke**

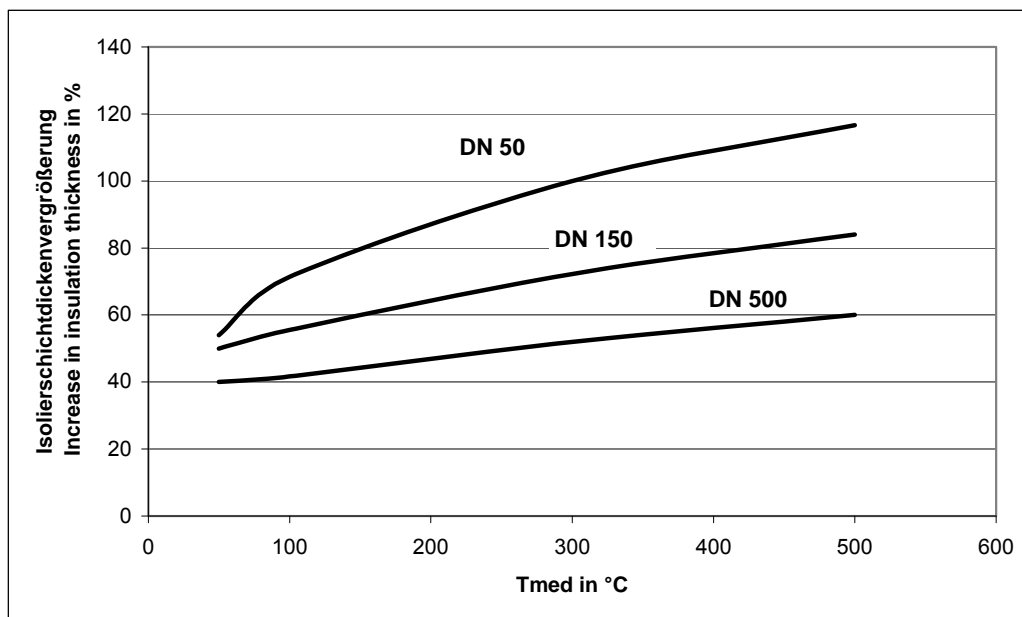
**Figure 4: Relationship between the costs of heat loss and the insulation layer thickness**

In Bild 5 sind beispielhaft drei Rohrleitungen mit den Nennweiten DN 50, DN 150 und DN 500 bei verschiedenen Mediumtemperaturen betrachtet. Geht man von heute üblichen wirtschaftlichen Isolierschichtdicken aus, so ergeben sich die angegebenen prozentualen Vergrößerungen der Isolierschichtdicke bei einer Reduzierung des Wärmeverlustes um 25 %.

In Figure 5, examples of three pipes with the nominal diameters DN 50, DN 150 and DN 500 are considered at different medium temperatures. On the basis of currently common economic insulation layer thicknesses, the percentage increases shown for the insulation layer thickness result, if a 25 % heat loss reduction is the aim.

Im Rahmen ihres Energie- und Klimaprogramms plant die Bundesregierung bis zum Jahr 2020 sogar eine Absenkung des Ausstoßes von CO<sub>2</sub> gegenüber dem Basisjahr 1990 um 40 %.

Within the framework of its energy and climate protection programme, the German federal government even envisages until 2020 a 40 % reduction of CO<sub>2</sub> emissions compared to the starting point 1990.



**Bild 5: Prozentuale Isolierschichtdickenvergrößerung zur Reduzierung des Wärmeverlustes um 25 %**

**Figure 5: Insulation layer thickness increase in percent to achieve a 25 % heat loss reduction**



**Erläuterung:**

Zur zusätzlichen Verminderung des Wärmeverlustes um die angenommenen 25 % bei einer Mediumtemperatur  $\vartheta_M = 100 \text{ }^\circ\text{C}$  und einer Nennweite DN 150 ist eine Vergrößerung der Isolierschichtdicke um ca. 55 % erforderlich.

Die Vergrößerungen der Isolierschichtdicken liegen je nach Nennweite und Mediumtemperatur zwischen 40 % und 120 %, wobei sich bei kleinen Rohrdurchmessern der Krümmungseinfluss und die Vergrößerung der Oberfläche mit zunehmender Isolierschichtdicke besonders stark bemerkbar machen.

Die Zunahme der Isolierschichtdicken, die zu einer weiteren Verminderung des Wärmeverlustes um 25 % notwendig ist, ist also ganz erheblich und die Frage nach den daraus resultierenden Mehrkosten durchaus berechtigt.

Die Kosten werden im Folgenden näher beleuchtet, wobei nur die tatsächlichen Isolierkosten ohne Kosten für Anlagen und Gebäude betrachtet werden.

**6. Wirtschaftliche und ökologische Isolierschichtdicke**

Der Zusammenhang zwischen wirtschaftlicher und ökologischer Isolierschichtdicke und den entsprechenden Kosten ist in Bild 6 dargestellt.

**Explanation:**

To achieve an additional reduction of the heat loss by the assumed 25 %, an insulation layer thickness increase by 55 % is required at a medium temperature  $\vartheta_M = 100 \text{ }^\circ\text{C}$  and a diameter DN 150.

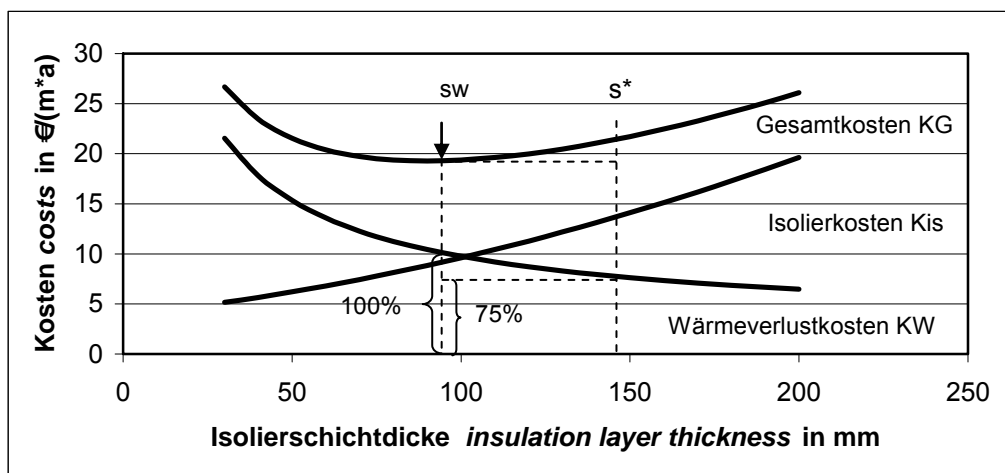
The increases of insulation layer thicknesses vary dependent upon the diameter and the medium temperature between 40 % and 120 %, where at low diameters the curvature effect and the surface increase with increasing insulation layer thickness have a specifically notable influence.

The increase of insulation layer thicknesses needed for a further 25 % reduction of heat loss is considerable, and to question the associated cost increases is entirely justified.

The expenditure is considered in more detail below, however, only regarding the actual insulation expenditure without costs associated with installations and buildings.

**6. Economic and ecological insulation layer thickness**

The connection between economic and ecological insulation layer thicknesses and the related expenditure is demonstrated in Figure 6.



**Bild 6: Wirtschaftliche Isolierschichtdicke und Kosten für eine zusätzliche Senkung der Wärmeverluste um 25 %**

**Figure 6: Economic insulation layer thickness and costs for an additional 25 % reduction of heat loss**

Bild 6 zeigt den Verlauf der Wärmeverlust-, der Isolier- und der Gesamtkosten. Die Wärmeverlustkosten, die beim Minimum der Gesamtkostenkurve, also bei der wirtschaftlichen Isolierschichtdicke noch anfallen, sind mit 100 % bezeichnet. Sollen sie auf 75 % des beim wirtschaftlichen Optimum auftretenden Wertes reduziert werden, so muss der Wärmeverlust um weitere 25 % verringert werden.

Figure 6 shows the development of heat loss costs (KW), insulation investment costs (Kis) and total costs (KG). The heat loss costs which remain at the minimum of the total cost curve, i. e. the economic insulation layer thickness, are set to 100 %. As the aim is to lower them to 75 % of the value remaining at the economic optimum, the heat loss must be reduced by further 25 %.

Der in Bild 6 dargestellte Kostenverlauf zeigt, dass die Kurve der Gesamtkosten im Bereich des Kostenminimums flach verläuft. Dies bedeutet, dass die Gesamtkosten trotz Zunahme der Isolierkosten zunächst nur vergleichsweise wenig zunehmen, da in diesem Bereich die Wärmekostensparnis noch deutlich ist.

The cost curve shown in Figure 6 demonstrates that the curve of the total costs is very flat in the area of the total cost minimum. This means that the total costs, despite an increase of the insulation expenditure, do only moderately increase, since the heat loss savings are still very accentuated in this area.

### 7. Zusätzliche Kosten für die "umweltgerechte" Isolierschichtdicke

### 7. Additional costs for an "environment protecting" insulation layer thickness

Die Tabellen 2 und 3 zeigen exemplarisch für eine Mineralwolle dämmung die Änderung der Gesamtkosten ( $\Delta KG$ ) zur Reduzierung der Wärmeverluste. Den Berechnungen liegen eine Verzinsung des eingesetzten Kapitals von 5 % und eine jährliche Energiepreissteigerung von 6 % zu Grunde.

Tables 2 and 3 demonstrate in an exemplary fashion the variations in the overall costs ( $\Delta KG$ ) for a reduction of heat losses in a mineral wool insulation system. Basis of the calculations is an interest rate of 5 % and an annual energy expenditure increase of 6 %.

W = 6 €/GJ						
DN	$\vartheta_M$ °C	$s_w$ mm	$s^*$ mm	$\Delta KW$ %	$\Delta K_{is}$ %	$\Delta KG$ %
50	50	30	50	-25	17	4
	100	50	80		30	5
	300	100	190		106	18
	500	150	320		199	35
150	50	40	60	-25	20	3
	100	70	100		29	4
	300	140	230		79	13
	500	200	350		117	18
500	50	60	80	-25	14	3
	100	100	140		25	5
	300	200	300		50	9
	500	290	450		69	12

**Tabelle 2: Mehrkosten zur Reduzierung des Wärmeverlustes um 25 % bei einem Wärmepreis W = 6 €/GJ**

**Table 2: Cost increase to reduce heat loss by 25 % at a heat price W = 6 €/GJ**

Erläuterung:  
DN 150; Mediumtemperatur 100 °C

Explanation:  
DN 150; medium temperature 100 °C

Die Isolierschichtdickenerhöhung von 70 mm auf 100 mm entspricht einer Erhöhung um 43 %, erbringt aber eine Reduzierung der Wärmeverlustkosten um 25 %. Obwohl die Isolierkosten um 29 % steigen, erhöhen sich die Gesamtkosten nur um 4 %.

The insulation layer thickness increase from 70 mm to 100 mm equals an increase of 43 %, but leads to a reduction of heat loss costs by 25 %. Even as the insulation expenditure increases by 29 %, the overall costs only increase by 4 %.

Im linken Teil der Tabelle 2 sind zunächst die wirtschaftlichen Isolierschichtdicken ( $s_w$ ) nach VDI 2055 sowie die erhöhten Isolierschichtdicken ( $s^*$ ) angegeben.

In the left part of Table 2, the economic insulation layer thicknesses ( $s_w$ ) according to VDI 2055 and the increased insulation layer thicknesses ( $s^*$ ) have been given.

Im rechten Teil der Tabelle 2 ist die prozentuale Änderung der jeweiligen Kosten aufgeführt: Die Wärmeverlustkosten KW sinken jeweils um 25 % ( $\Delta KW$ ). Die Kosten der Isolierung Kis steigen im Bereich von 17 % bis ca. 200 % ( $\Delta Kis$ ).

In the right part of Table 2, the percentage variation of the respective costs is given: The heat loss costs KW decrease by 25 % ( $\Delta KW$ ). The insulation expenditure Kis increases by 17 % up to 200 % ( $\Delta Kis$ ).

Der Anstieg der Gesamtkosten ( $\Delta KG$ ) – dargestellt in der letzten Spalte – ist jedoch wesentlich geringer. Die Steigerungsraten liegen zwischen 3 % und 35 %.

The overall costs ( $\Delta KG$ ) – given in the last column – show a notably lesser increase. The increase rates are between 3 % and 35 %.

Die Ergebnisse zeigen, dass Energieeinsparung durch einen verbesserten Wärmeschutz eine vergleichsweise preiswerte und rentable Maßnahme ist.

The results show that saving energy through an improved heat protection is a comparatively economic and profitable measure.

W = 10 €/GJ						
DN	$\vartheta_M$ °C	sw mm	s* mm	$\Delta KW$ %	$\Delta Kis$ %	$\Delta KG$ %
50	50	40	60	-25	18	3
	100	70	120		55	14
	300	130	260		152	27
	500	180	390		232	34
150	50	60	90	-25	30	8
	100	90	140		48	9
	300	180	310		106	19
	500	250	460		150	23
500	50	70	100	-25	21	3
	100	120	170		30	4
	300	250	380		60	10
	500	350	560		83	12

**Tabelle 3: Mehrkosten zur Reduzierung des Wärmeverlustes um 25 % bei einem Wärmepreis W = 10 €/GJ**

**Table 3: Cost increase to reduce heat loss by 25 % at a heat price W = 10 €/GJ**

### 8. Kapitalrückflusszeit (KRZ)

### 8. Pay-back period (PBP)

Trotz dieser Ergebnisse wird die Frage gestellt, ob die erhöhten Investitionskosten überhaupt noch bezahlbar sind.

Despite these results, the question is raised whether the increased investment costs can be justified.

Zur Beurteilung der Rentabilität einer Isolierinvestition müssen die Investitionskosten zu den ersparten Energiekosten in Relation gesetzt werden.

To assess the profitability of an insulation investment, the investment costs must be put into relation to the energy costs avoided.

Ein Maß für die Rentabilität ist die Kapitalrückflusszeit, das ist in diesem Fall diejenige Zeitspanne, in der die Kosten für die Investition durch die Ersparnisse an den Wärmeverlustkosten wieder erwirtschaftet worden sind. Sie errechnet sich aus der Beziehung:

A measure of the profitability is the pay-back period, also called capital return time. This is the period in which the expenditure for the investment is offset by the savings in heat loss costs. It is calculated with the relation:

$$KRZ = \frac{\text{Investition}}{\text{jährliche Ersparnis}}$$

$$PBP = \frac{\text{Investment expenditure}}{\text{annual savings}}$$

Tabelle 4 zeigt die Berechnung der Kapitalrückflusszeit am Beispiel einer Rohrleitung von DN 150 und einer Mediumtemperatur von 100 °C mit einer wirtschaftlichen Isolierschichtdicke von 70 mm sowie mit einer ökologischen Isolierschichtdicke von 100 mm mit einem Wärmepreis von 6 €/GJ. Hierfür ist die Kapitalrückflusszeit ungefähr 0,62 Jahre.

Table 4 shows the calculation of a pay-back period with the example of a pipe of DN 150 and a medium temperature of 100 °C with an economic insulation layer thickness of 70 mm and an ecological insulation layer thickness of 100 mm with an assumed heat price of 6 €/GJ. For this, the pay-back period is roughly 0,62 years.

Kapitalrückflusszeit <i>Pay-back period</i>		KRZ <i>PBP</i>	KRZ* <i>PBP*</i>
Rohrleitung DN 150 <i>Piping DN 150</i>	$\vartheta_M$ :	100 °C	100 °C
Wärmeverlust ohne Isolierung <i>Heat loss without insulation</i>	$Q_o$ :	0,453 kW/m	0,453 kW/m
Wärmeverlust mit Isolierung <i>Heat loss with insulation</i>	$Q$ :	0,03 kW/m	0,022 kW/m
Ersparnis <i>Savings</i>	:	0,423 kW/m	0,431 kW/m
Ersparnis pro Jahr ( $\beta = 8760$ h/a) <sup>1)</sup> <i>Savings per year (<math>\beta = 8760</math> h/a)<sup>1)</sup></i>	$\Delta Q$ :	3705 kWh / (m · a)	3775 kWh / (m · a)
Wärmepreis $W$ (6 €/GJ) <i>Costs for thermal energy <math>W</math> (6 €/GJ)</i>	$W =$	0,0216 €/kWh	0,0216 €/kWh
Jährliche Ersparnis <i>Annual saving</i>	:	80 € / (m · a)	81,5 € / (m · a)
Kapitalrückflusszeit <i>Pay-back period</i>	KRZ = <i>PBP</i>	0,62 a (= 7,44 Monate)	0,79 a (= 9,5 Monate)

<sup>1)</sup>  $\beta$  = jährliche Betriebsstunden/*annual operation time*

**Tabelle 4: Berechnungsweg für die Ermittlung der Kapitalrückflusszeiten KRZ und KRZ\***

**Table 4: Calculations for the determination of pay-back periods PBP and PBP\***

KRZ  $\approx$  0,62 a bedeutet, dass bei diesem Beispiel das eingesetzte Kapital bereits nach ca. 7,44 Monaten wieder zurückgeflossen ist. Solch eine niedrige Kapitalrückflusszeit oder auch Amortisationszeit zeigt, dass eine Isolierung ein hochrentables Produkt ist. Ihre Rentabilität wird wahrscheinlich von keiner anderen industriellen Investition übertroffen.

PBP  $\approx$  0.62 a means that the capital invested in this example has been returned already after roughly 7,44 months. Such a short pay-back period, also called amortisation time, shows that insulation is a highly profitable product. Its profitability is probably not outmatched by any other industrial investment.

Die Tabellen 5 und 6 zeigen die Kapitalrückflusszeiten für Rohrisolierungen für die nach VDI 2055 gerechnete wirtschaftliche Isolierschichtdicke (KRZ) und für die zur Erzielung einer weiteren 25%-igen Energieeinsparung erhöhten Isolierschichtdicken (KRZ\*), bei Wärmepreisen von 6 €/GJ bzw. 10 €/GJ sowie deren Differenz  $\Delta$ KRZ

Tables 5 and 6 show the pay-back periods for pipe insulations for the economic insulation layer thickness according to VDI 2055 (PBP) and for the increased insulation layer thickness to achieve an additional 25 % energy saving (PBP\*) at heat prices of 6 €/GJ, respectively 10 €/GJ as well as the difference  $\Delta$ PBP.

W = 6 €/GJ				
DN	$\vartheta_M$ in °C	KRZ PBP in a	KRZ* PBP* in a	$\Delta$ KRZ $\Delta$ PBP in a
50	50	3,14	3,52	0,38
	100	1,02	1,29	0,27
	300	0,25	0,51	0,26
	500	0,15	0,43	0,28
150	50	1,69	1,97	0,28
	100	0,62	0,79	0,17
	300	0,17	0,30	0,13
	500	0,09	0,20	0,11
500	50	1,54	1,72	0,18
	100	0,54	0,67	0,13
	300	0,14	0,21	0,07
	500	0,07	0,12	0,05

**Tabelle 5:** Kapitalrückflusszeiten KRZ bei wirtschaftlicher Isolierschichtdicke nach VDI 2055 und KRZ\* bei Reduzierung des Wärmeverlustes um 25 % und deren Differenz  $\Delta$ KRZ für einen Wärmepreis von W = 6 €/GJ

**Table 5:** Pay-back periods PBP for the economic insulation layer thickness according to VDI 2055 and PBP\* when reducing the heat loss by further 25 % and their difference  $\Delta$ KRZ for a heat price of W = 6 €/GJ

W = 10 €/GJ				
DN	$\vartheta_M$ in °C	KRZ PBP in a	KRZ* PBP* in a	$\Delta$ KRZ $\Delta$ PBP in a
50	50	1,98	2,26	0,28
	100	0,71	1,08	0,37
	300	0,20	0,49	0,29
	500	0,11	0,36	0,25
150	50	1,18	1,50	0,32
	100	0,44	0,64	0,20
	300	0,13	0,28	0,15
	500	0,07	0,19	0,12
500	50	0,98	1,16	0,18
	100	0,36	0,47	0,11
	300	0,10	0,16	0,06
	500	0,05	0,10	0,05

**Tabelle 6:** Kapitalrückflusszeiten KRZ bei wirtschaftlicher Isolierschichtdicke nach VDI 2055 und KRZ\* bei Reduzierung des Wärmeverlustes um 25 % und deren Differenz  $\Delta$ KRZ für einen Wärmepreis von W = 10 €/GJ

**Table 6:** Pay-back periods PBP for the economic insulation layer thickness according to VDI 2055 and PBP\* when reducing the heat loss by further 25 % and their difference  $\Delta$ KRZ for a heat price of W = 10 €/GJ

Die Tabellen 5 und 6 zeigen in der dritten Spalte die Kapitalrückflusszeiten einer nach VDI 2055 [5] ausgelegten wirtschaftlichen Isolierung: Sie sind umso kürzer, je höher die Mediumtemperatur ist.

Tables 5 and 6 show in the third column the pay-back periods of an economic insulation layer thickness according to VDI 2055 [5]: They are the shorter, the higher the medium temperature.

In der vierten Spalte der Tabellen 5 und 6 sind die Kapitalrückflusszeiten für Isolierungen gezeigt, die über das wirtschaftliche Optimum hinaus so vergrößert werden, dass weitere 25 % Energie eingespart werden. Sie sind nur geringfügig länger, wie aus der sechsten Spalte ersichtlich ist

### 9. Besonderheiten bei Preissprüngen

Bei den vorangegangenen grundsätzlichen Überlegungen wurden Preissprünge, wie sie beispielsweise bei Dämmungen mit Mineralwolle-Dämmstoffen z. B. beim Übergang auf eine zusätzliche Dämmlage auftreten, nicht betrachtet. Treten Preissprünge in den Kostenfunktionen auf, so kann es im Einzelfall erforderlich sein, eine gesonderte Berechnung durchzuführen, oder die Isolierschichtdickenerhöhung auf Werte zu begrenzen, die direkt vor dem Preissprung liegen.

### 10. Wärmestromdichten

Häufig wird als Kriterium zur Auslegung von Isolierungen eine vorgegebene Wärmestromdichte herangezogen.

Im AGI-Arbeitsblatt Q 101 "Dämmarbeiten für Kraftwerkskomponenten" wird unter Berücksichtigung von Platzbedarf und Investition eine Wärmestromdichte von **150 W/m<sup>2</sup>** empfohlen. Innerhalb von Räumen, in denen die von der Dämmung abgegebene Wärme zum Teil über eine Verbrennungsluftansaugung dem Kesselsystem wieder zugeführt wird, werden **200 W/m<sup>2</sup>** als ausreichend erachtet.

Die aktuelle Auflage der Q 101 stammt aus dem Jahr 2000. Wie aus Bild 1 ersichtlich, sind nach diesem Zeitpunkt die Primärenergiepreise erheblich gestiegen, so dass eine Reduzierung des Wertes von 150 W/m<sup>2</sup> sinnvoll ist. Tabelle 7 gibt hierzu eine Entscheidungshilfe. In dieser Tabelle bedeutet z. B.  $s_{150}$  die Dämmschichtdicke bei einer Wärmestromdichte von 150 W/m<sup>2</sup>,  $s_w$  ist die wirtschaftliche Dämmschichtdicke für einen Wärmepreis von 6 €/GJ und  $s^*$  die ökologische Dämmschichtdicke.

In the fourth column of Tables 5 and 6 the respective pay-back periods for insulations are shown which have been increased over and above the economic optimum to achieve a further 25 % reduction of energy expenditure. They are only just longer as it is shown in the sixth column.

### 9. Peculiarities at price jumps

Price jumps, occurring e. g. in mineral wool insulants at the transgression to an additional insulation layer, have been disregarded. If price jumps occur in the expenditure function, it may be required in specific cases to conduct a special calculation, or to limit the insulation layer thickness increase to values lying directly in front of the price jump.

### 10. Densities of heat flow rate

Frequently, a set density of heat flow rate is used as a criterion for the dimensioning of insulation systems.

In AGI working document Q 101 "Insulation work in power plant components" a density of heat flow rate of **150 W/m<sup>2</sup>** has been recommended. In buildings, when the heat released by the insulation system is partly led back into the boiler system over a combustion-air blower, **200 W/m<sup>2</sup>** are considered sufficient.

The current edition of Q 101 dates back to the year 2000. As is shown in Figure 1, primary energy prices have risen considerably since, so that a reduction of the value of 150 W/m<sup>2</sup> makes sense. Table 7 provides decision assistance. In this table,  $s_{150}$  mean the insulation layer thickness for a density of heat flow rate of 150 W/m<sup>2</sup>,  $s_w$  is the economic insulation layer thickness for a heat price of 6 €/GJ and  $s^*$  the ecological insulation layer thickness.

DN	$\vartheta_M$ °C	S <sub>200</sub> mm	S <sub>150</sub> mm	S <sub>100</sub> mm	S <sub>w</sub> mm	S*
50	300	50	60	80	100	190
	500	100	120	160	150	320
150	300	60	70	100	140	230
	500	120	150	210	200	350
500	300	60	90	120	200	300
	500	140	190	260	290	450

**Tabelle 7: Dämmschichtdicken bei unterschiedlichen Zielsetzungen**

**Table 7: Insulation layer thicknesses for different requirements**

**Tabelle 7 zeigt, dass die gängige Empfehlung einer zulässigen Wärmestromdichte von 150 W/m<sup>2</sup> bereits aus Gründen der Wirtschaftlichkeit nicht aufrecht erhalten werden kann.**

**Table 7 shows that the common recommendation of an acceptable density of heat flow rate of 150 W/m<sup>2</sup> can, already for economic reasons, not be maintained.**

### 11. Fazit

### 11. Summary

Die Betrachtung über die Kapitalrückflusszeiten zeigt, dass die Reduzierung von Wärmeverlusten durch Isolierungen eine preiswerte und effektive Maßnahme zur Energieeinsparung ist. Die Kapitalrückflusszeit KRZ\* erhöht sich selbst dann nur unwesentlich, wenn die Isolierschichtdicke über das wirtschaftliche auf das ökologische Maß hinaus gesteigert wird: Umweltschutz durch Isolierung ist also sehr kostengünstig.

A consideration of pay-back periods shows that the reduction of heat losses through insulations is a cost-effective and economic measure to save energy. The pay-back period PBP\* even increases only insignificantly where the insulation layer thickness is increased over and above the economic up to the ecological measure: environment protection through insulation is thus very cost-effective.

Schon mit geringem Mehraufwand kann ein beträchtlicher Beitrag zur CO<sub>2</sub>-Reduzierung geleistet werden!

Already a low additional effort can constitute a significant contribution to CO<sub>2</sub> reduction!

## Literatur / Literature

- [1] Richard A. Houghton: "Globale Veränderungen des Klimas". Spektrum der Wissenschaft 6(1989)
- [2] Scripps Institution of Oceanography
- [3] Kasperek, G: Kraftwerke der Zukunft – Die Vermeidung von CO<sub>2</sub>. Isoliertechnik 1/(2007), S. 38 ff.
- [4] Bundesumweltamt 2007
- [5] VDI 2055, Wärme- und Kälteschutz für betriebstechnische Anlagen – Berechnungen, Gewährleistungen, Mess- und Prüfverfahren, Gütesicherung, Lieferbedingungen. Beuth Verlag, 10772 Berlin, 1994
- [6] Voß, A: Wettbewerbsfähigkeit der verschiedenen Stromerzeugungsarten im liberalisierten Markt. VGB Kraftwerkstechnik (2000)
- [7] Kasperek, G.: Umweltschutz und Isoliertechnik. Isoliertechnik 1(1992), S. 56 ff.

Dieser Technische Brief stellt eine pauschale Sachverhaltsdiskussion dar, die eine technische bzw. bauphysikalische Bewertung eines Einzelfalls nicht ersetzt. Er ist das Ergebnis einer Arbeit des Technischen Ausschusses der BFA WKSB und gibt eine Information zum Stand der Technik zum Zeitpunkt der Veröffentlichung. Eine Haftung für trotz aller Sorgfalt mögliche Fehler wird nicht übernommen.

This Technical Letter provides a general discussion of the technical issues mentioned therein. It does not replace detailed calculations and assessments of prevailing physical conditions in complicated building tasks. It is a publication of the Technical Commission of the BFA WKSB and gives information about the status of technology at the moment of publication. Despite all circumspection employed in the editing work, a liability for possible mistakes cannot be accepted.

An diesem Technischen Brief haben mitgearbeitet:

This Technical Letter was edited by the following gentlemen:

- Helmut Bramann
- Ralf Brück
- Bernd-Jürgen Deyle
- Karl-Rudolf Friese
- Günther Hennes
- Dr. Günther Kasperek
- Sascha Leschzyk
- Thomas Ortlieb
- Walter Riering
- Jürgen Schmoltdt
- Dr. Martin Zeitler



## Bestellformular



### TECHNISCHE BRIEFE

der BFA Wärme-, Kälte-, Schall- und Brandschutz  
im Hauptverband der Deutschen Bauindustrie e.V.  
10898 Berlin

**Fax: 0 30 / 2 12 86-2 46**

**E-Mail: [bfa.wksb@bauindustrie.de](mailto:bfa.wksb@bauindustrie.de)**

Das Bestellformular mit allen aktuellen Ausgaben technischer und kaufmännischer Briefe der BFA WKSb ist im Internet abrufbar unter [www.bauindustrie.de/wksb](http://www.bauindustrie.de/wksb)

- ..... [Stück] **Nr. 1 "Thermische Probleme an Versteifungen bei großdimensionierten, warmgehenden Objekten – *Problems of thermal stress in metal reinforcements of large-dimensional objects with elevated service temperatures*", (Juli 2009, 4. überarbeitete Auflage)**
- **Nr. 2 "Was ist bei FCKW-freien PUR-Ortschäumen zu beachten?" (zurückgezogen)**
- ..... [Stück] **Nr. 3 "Die Verhinderung von Korrosion – *Prevention of metal corrosion*", (Juli 2009, 5. überarbeitete Auflage)**
- ..... [Stück] **Nr. 4 "Arbeitsblatt: Aufmaßsystem für Isolierungen", (Mai 1999, 3. Auflage)**
- ..... [Stück] **Nr. 5 "Zur Problematik der Gewährleistung von Oberflächentemperaturen – *Problems associated with the warranty of specified surface temperatures*", (Juli 2009, 3. überarbeitete Auflage)**
- ..... [Stück] **Nr. 6 "Hohe Rentabilität bei umweltgerechten Isolierschichtdicken – *High profitability through ecologically based insulation thicknesses*", (Oktober 2008, 3. überarbeitete Auflage)**
- ..... [Stück] **Nr. 7 "Grundlagen der Kälteisolierung – *Principles of cold insulation*", (Juli 2009, 3. überarbeitete Auflage)**
- ..... [Stück] **Nr. 8 "Auslegung der Kälteisolierung zur Tauwasserverhütung auf der Oberfläche – *Design of cold insulation to prevent formation of condensation on the surface*", (Dezember 2005, 2. überarbeitete Auflage)**
- ..... [Stück] **Nr. 9 "Messverfahren – *Methods of measuring*", (September 2009, 2. überarbeitete Auflage)**
- ..... [Stück] **Nr. 10 "Messstellen für thermische Messungen – *Measuring points for thermal measurements*", (März 2002)**
- ..... [Stück] **Nr. 11 "Feuchte im Dämmsystem – *Moisture in insulation systems*", (Juli 2011, 2. überarbeitete Auflage)**
- ..... [Stück] **Nr. 12 „Harmonisierte europäische Normen für Dämmstoffe für betriebstechnische Anlagen in der Industrie und in der technischen Gebäudeausrüstung“ - „*European harmonised standards for insulation materials for technical installations in the industry and in the technical building equipment*“, (Juli 2009)**

Hiermit bestellen wir verbindlich die oben angegebene Anzahl Technischer Briefe, zahlbar mit Rechnungsstellung unmittelbar nach Auslieferung. Schutzgebühr jeweils 8,00 € / Stück zzgl. Versand und Mehrwertsteuer. (Für **Mitglieder der Bundesfachabteilung Wärme-, Kälte-, Schall- und Brandschutz** gilt eine ermäßigte Schutzgebühr in Höhe von 7,00 € / Exemplar - ab Bestellmengen größer 200 Stück einer Ausgabe 6,00 € / Exemplar - zzgl. Versand und Mehrwertsteuer).

**Bitte geben Sie hier Ihre Rechnungs- und Lieferanschrift an:**

\_\_\_\_\_  
Datum, Stempel, Unterschrift



zu beziehen über / to be ordered:

Bundesfachabteilung  
Wärme-, Kälte-, Schall- und Brandschutz  
im Hauptverband der Deutschen Bauindustrie e.V.  
Kurfürstenstraße 129, D-10785 Berlin  
Tel. 0049 30/21286-0  
Fax 0049 30/21286-246  
E-Mail: [bfa.wksb@bauindustrie.de](mailto:bfa.wksb@bauindustrie.de)

Oktober 2008, 3. überarbeitete Auflage; Oktober 2008, 3rd revised edition