

DIN 70001**DIN**

ICS 43.080.10

**Straßenfahrzeuge –
Thermoisolierte Kippaufbauten –
Verfahren zur Auslegung von thermoisolierten Kippmulden**

Road vehicles –
Thermoinsulated dump bodies –
Procedure for calculation of thermoinsulated dump bodies
Véhicules routiers –
Bennes basculantes thermo-isolées –
Méthode pour la disposition des basculeurs thermo-isolés

Gesamtumfang 33 Seiten

DIN-Normenausschuss Automobiltechnik (NAAutomobil)

Inhalt

	Seite
Vorwort	3
Einleitung	4
1 Anwendungsbereich.....	5
2 Normative Verweisungen	5
3 Begriffe	5
4 Symbole und Abkürzungen.....	5
5 Spezifikation des Materials Bitumen.....	6
6 Berechnungsablauf und Randbedingungen.....	7
6.1 Allgemeines	7
6.2 Festlegung des Referenzwertes Q_{ref}	8
6.3 Berechnung der tatsächlichen Wärmeenergieverluste	10
6.4 Vergleich von Referenz- und Berechnungsmodell – Bildung der Vergleichszahl V_{Ziso}	21
7 Kennzeichnung:.....	22
Anhang A (informativ) Höhenkorrektur.....	23
Anhang B (informativ) Wärmedurchgangskoeffizient	25
Anhang C (informativ) Beispielrechnung.....	27
Literaturhinweise.....	33

Vorwort

Dieses Dokument wurde vom Fachbereich „Allgemeine Fahrzeugaspekte, Anbauteile und Verbindungselemente“ des DIN-Normenausschusses Automobiltechnik (NAAutomobil) erarbeitet.

Dieses Dokument enthält Berechnungsverfahren und Randbedingungen zur Auslegung und Zertifizierung von thermoisolierten Kippmulden.

Sie berührt keine straßenverkehrsrechtlichen Vorschriften, sondern unterstützt sowohl die Fahrzeughersteller bei ihrer Pflicht zur Erfüllung der Anforderungen an die Isolierung gemäß der „Einsatzankündigung von Maßnahmen zur Steigerung der Asphalteinbauqualität“ des Bundesministeriums für Verkehr und Straßenbau (Fassung vom 18.10.2013), als auch die Anwender in der Funktion als Arbeitgeber bei der Beschaffung dieser Fahrzeuge für den geforderten Einsatz von thermoisolierten Kippmulden für den Bitumentransport.

Diese Norm gilt für Fahrzeuge, die nach dem Ausgabedatum dieser Norm hergestellt wurden.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. DIN ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Einleitung

Die „Einsatzankündigung von Maßnahmen zur Steigerung der Asphalteinbauqualität“ gibt vor, dass für eine ausreichende Thermoisolation einer Transportmulde für den Bitumentransport ein Wärmedurchlasswiderstand des Wand- und Bodenaufbaus von $R \geq 1,65 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ bei einer Temperatur von 20 °C nachgewiesen werden muss.

Der Wärmedurchlasswiderstand R berechnet sich aus dem Kehrwert der Wärmeleitfähigkeit λ , multipliziert mit den Dicken der Isolierwerkstoffe. Im einfachsten Fall einer einschichtigen Wand heißt das:

$$R = \frac{d}{\lambda} \quad (1)$$

Da in dieser Abschätzung Betriebsrandbedingungen, Verlustanteile von Wärmebrücken, Temperaturabhängigkeiten des Dämmstoffes und ähnliche Einflussgrößen nicht berücksichtigt werden, ist diese Betrachtung für eine genormte Herstellerzertifizierung allein nicht ausreichend.

Die Hersteller von thermoisolierten Transportmulden verfolgen unterschiedliche Konzepte, um einen optimierten Kompromiss zwischen Nutzlast und thermischer Isolationsgüte zu erzielen. Daher werden in dieser Norm Berechnungsmethoden und deren Randbedingungen beschrieben, um einen Isolierungsaufbau sicherzustellen, welcher dem aktuellen Stand der Technik entspricht.

1 Anwendungsbereich

Diese Norm legt eine Berechnungsmethode hinsichtlich der Qualität der Wärmedämmung von Transportmulden für den Bitumentransport fest.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente, die in diesem Dokument teilweise oder als Ganzes zitiert werden, sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

VDI 2055 Blatt 1:2008-09, *Wärme- und Kälteschutz von betriebstechnischen Anlagen in der Industrie und in der technischen Gebäudeausrüstung — Berechnungsgrundlagen*¹⁾

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach VDI 2055 Blatt 1 und die folgenden Begriffe.

3.1

Kippaufbau

Transportmulde

Laderaum für Schüttgüter, insbesondere tragende Struktur und Wärmedämmung, Seitenwand, Boden, Stirnwand, Heckklappe, Kipp-, Pressen- und Auflager

Anmerkung 1 zum Begriff Abdeckungen werden derzeit nicht berücksichtigt.

3.2

Nutzlastvolumen

SAE-Volumen

sich aus Muldenform und Nutzlast ergebendes max. Volumen unter Berücksichtigung eines SAE-Schüttkegels und der Materialdaten für Bitumen.

4 Symbole und Abkürzungen

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Symbole und Indizes nach Tabelle 1 und Tabelle 2.

1) Zu beziehen bei: Beuth Verlag GmbH, 10772 Berlin.

Tabelle 1 — Symbole

Symbol	Bedeutung	Maßeinheit
A	Fläche	m^2
L	Abstand	m
$\dot{Q}$	Wärmestrom	W
R	Wärmedurchlasswiderstand	$\text{m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}$
VZ	Vergleichszahl	
d	Dämmschichtdicke	m
f	Korrekturfaktor	
k	Wärmedurchgangskoeffizient	$\text{W} / (\text{m}^2 \cdot \text{K})$
q	Wärmestromdichte	W / m^2
α	Wärmeübergangskoeffizient	$\text{W} / (\text{m}^2 \cdot \text{K})$
ϑ	Temperatur	$^{\circ}\text{C}$
λ	Wärmeleitfähigkeit	$\text{W} / (\text{m} \cdot \text{K})$

Tabelle 2 — Indizes

Indizes	Bedeutung
amb	Bezug zur Umgebung
bit	Bitumen
iso	ISO
KGT	Stegtiefe-Korrektur
KSB	Stegbreite-Korrektur
m	mittlere
p	Platte
rechn	rechnerisch
ref	Referenz
S	Steg
wb	Ersatzwert für Profile

5 Spezifikation des Materials Bitumen

Das Material „Bitumen“ wird für die Berechnung wie folgt spezifiziert:

- Dichte: $2,2 \times 10^{-9} \text{ t} / \text{mm}^3$;
- Wärmekapazität: $8,4 \times 10^8 \text{ MJ} / (\text{t} \cdot \text{K})$;
- Wärmeleitfähigkeit: $2,5 \times 10^{-3} \text{ W} / (\text{mm} \cdot \text{K})$.

6 Berechnungsablauf und Randbedingungen

6.1 Allgemeines

Der rechnerische Nachweis erfolgt in Anlehnung an VDI 2055 Blatt 1 in folgenden 3 Schritten:

1. Festlegung des Referenzwertes (siehe 6.2);
2. Berechnung der tatsächlichen Wärmeenergieverluste (siehe 6.3);
3. Vergleich von Referenz- und Berechnungsmodell – Bildung der Vergleichszahl VZ_{iso} (siehe 6.4).

Die im Rahmen dieser Norm für die Festlegung des Referenzwertes und der Berechnung der tatsächlichen Wärmeverluste festgelegten Randbedingungen gelten für diesen Nachweis folgende verbindliche Parameter:

- a) geforderter Wärmedurchlasswiderstand: $R \geq 1,65 \text{ m}^2\text{K/W}$ bei 20°C (Bezugstemperatur für die Wärmeleitfähigkeit des Dämmmaterials);
- b) zu berücksichtigende Flächen (Flächenanteile sind aus Zeichnung/CAD zu ermitteln):
 - Obergurt/Randprofil;
 - Seitenwand oben/unten (Trennebene, zul. Füllvolumen + SAE-Kegel);
 - Boden;
 - Längsträger / Auflagen;
 - Kipplagerbereich;
 - Runge;
 - Stirnwand;
 - Rückwand.
- c) Betriebstemperatur: 20°C bis 200°C (nur für die Nachweisführung, entspricht nicht den zulässigen Grenzwerten der Bitumenverarbeitung);
- d) Wärmeleitfähigkeitswerte (λ) des eingesetzten Dämmmaterials für den Betriebstemperaturbereich (Temperaturabhängigkeit und Verarbeitungszuschlag von + 10 % berücksichtigen);
- e) Wärmeübergang innen (Bitumen):
 - Wärmeübergangskoeffizient $\alpha_{bit} = 7,5 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$;
 - Bezugstemperatur $\vartheta_{bit} = 200^\circ\text{C}$;

Wärmeübergang außen (Luft):

 - Wärmeübergangskoeffizient $\alpha_{amb} = 7,5 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$;
 - Bezugstemperatur $\vartheta_{amb} = 20^\circ\text{C}$;

ANMERKUNG Die Werte berücksichtigen thermischen Kontakt des Mischguts sowie Strahlung und Konvektionsanteile.

- f) Ersatzwärmeleitfähigkeit für konstruktionsbedingte Profile und Strukturen;
- g) Vergleichszahl VZ_{iso} :
- Nur für Nachweisführung, entspricht Quotient aus Referenzwert und rechnerischer Dämmung.
 - Entspricht der Summe aller Wärmeverluste über die 5 Hauptflächen Stirnwand/2xSeitenwand/Rückwand/Boden.
 - Ein Nachweis der Dämmqualität erfolgt über die Gesamtvergleichszahl VZ_{iso} .

6.2 Festlegung des Referenzwertes Q_{ref}

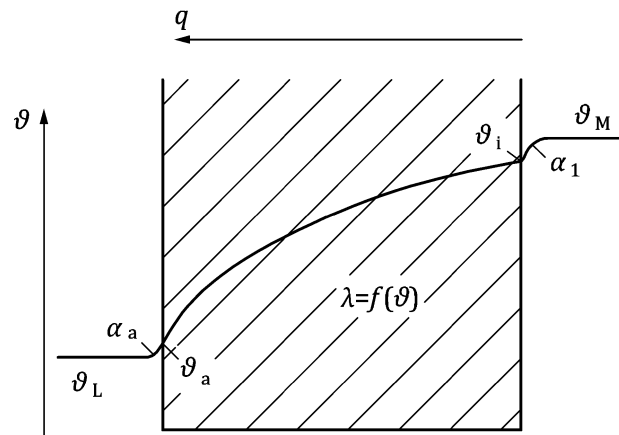
Ausgehend vom vorgegebenen Wärmedurchlasswiderstand wird die Dämmstoffdicke d für den Referenzfall berechnet. Diese ergibt sich aus Gleichung (2):

$$R_p = \frac{d}{\lambda} \quad (2)$$

mit $R = 1,65 \text{ m}^2 \text{ K/W}$ und der Wärmeleitfähigkeit (λ) des eingesetzten Dämmwerkstoffes bei 20 °C Mitteltemperatur.

Die sich über ein Bauteil ergebende Wärmestromdichte (q) resultiert aus den anliegenden Betriebsbedingungen, der Dämmschichtdicke und der temperaturabhängigen Wärmeleitfähigkeit (mittlere Wärmeleitfähigkeit) nach Gleichung (3):

$$q = k_p \cdot (\vartheta_{bit} - \vartheta_{amb}) \quad (3)$$



Legende

- α_1 Wärmeübergangskoeffizient 1; α_1 entspricht α_{bit}
 α_a Wärmeübergangskoeffizient a; α_a entspricht α_{amb}
 ϑ_i Bezugstemperatur i; ϑ_i entspricht ϑ_{bit}
 ϑ_a Bezugstemperatur a; ϑ_a entspricht ϑ_{amb}

Bild 1 — Wärmedurchlauf durch eine ebene, einschichtige Wand mit Temperaturverlauf

Für eine ebene, einschichtige Wand (siehe Bild 1) ergibt sich unter Berücksichtigung der Wärmeübergänge innen und außen (Medium/Luft) ein Wärmeübergangskoeffizient k_p nach Gleichung (4):

$$\frac{1}{k_p} = \frac{1}{\alpha_{bit}} + R_p + \frac{1}{\alpha_{amb}} \quad (4)$$

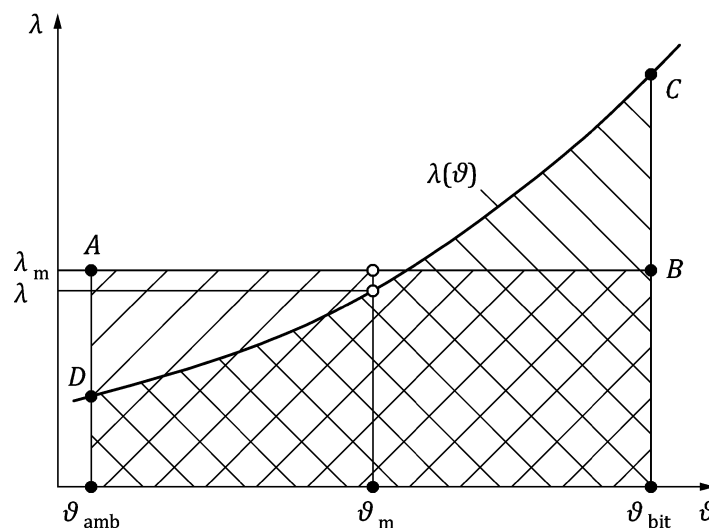
Für die Ermittlung der Referenzwärmestromdichte wird R_p nach Gleichung (2) aus der Dämmstoffdicke des Referenzfalls und der mittleren Wärmeleitfähigkeit λ_m berechnet.

Ist die Wärmeleitfähigkeit des Dämmmaterials temperaturabhängig, so kann die mittlere Wärmeleitfähigkeit (integraler Mittelwert) nach Gleichung (5) ermittelt werden.

$$\lambda_m = \frac{1}{\vartheta_{bit} - \vartheta_{amb}} \cdot \int_{\vartheta_{amb}}^{\vartheta_{bit}} \lambda(\vartheta) \cdot d\vartheta \quad (5)$$

Dieser Wert wird auch als wirksame Leitfähigkeit zwischen ϑ_{bit} und ϑ_{amb} bezeichnet und ist dem arithmetischen Mittel der Temperatur (Betriebsbedingungen) zugeordnet.

Der integrale Mittelwert kann auch graphisch nach Bild 2 ermittelt werden.



Legende

- A Schnittpunkt λ_m mit ϑ_{amb}
- B Schnittpunkt λ_m mit ϑ_{bit}
- C Schnittpunkt $\lambda(\vartheta)$ mit ϑ_{bit}
- D Schnittpunkt $\lambda(\vartheta)$ mit ϑ_{amb}

Bild 2 — Definition der mittleren Wärmeleitfähigkeit und ihre Abweichung

Die Gleichungen (2) bis (5) ergeben ineinander eingesetzt den Berechnungsterminus für den Referenzwärmestrom $\dot{Q}_{ref}$:

$$\dot{Q}_{ref} = \frac{(\vartheta_{bit} - \vartheta_{amb})}{\left(R_{ges} - \frac{1}{\alpha_{bit}} - \frac{1}{\alpha_{amb}} \right) \cdot \lambda_{20\text{ °C}} + \left(\frac{1}{\alpha_{bit}} + \frac{1}{\alpha_{amb}} \right)} \cdot A \quad (6)$$

Da nur das Verhältnis zwischen $\lambda_{20\text{ °C}}$ und $\lambda_{200\text{ °C}}$ entscheidend ist, ist der Korrekturfaktor von 10 % hinfällig. Des Weiteren hat die Dicke des Dämmmaterials hier keinen Einfluss.

Zur Definition und Herleitung der integralen Wärmeleitfähigkeit ist VDI 2055 Blatt 1:2008-09, 4.2 zu beachten.

6.3 Berechnung der tatsächlichen Wärmeenergieverluste

6.3.1 Bestimmung der Flächenbereiche

Jede zu berücksichtigende Fläche wird durch Ihre geometrische Abmessung ($L \times B$), ihre Dicke (t) und die integrale Wärmeleitfähigkeit der Dämmung (siehe 6.1) festgelegt.

Die Bestimmung der Flächeninhalte gekrümmter Flächen, die die mittlere Fläche (mittlerer Krümmungsradius) verwendet, wird in VDI 2055 Blatt 1 geregelt.

Stark strukturierte Bereiche (Auflagen, Verschlüsse, usw.) werden durch eine entsprechende Teilfläche repräsentiert. Diese ergibt sich aus der maximalen Ausdehnung ($L \times B$) des Bereiches und seiner Projektion auf die Hauptfläche (Seitenwand / Boden, usw.).

Es ist zwischen dämmungstechnisch ungestörten und gestörten Bereichen zu unterscheiden. Ungestörte Bereiche liegen in großen, zusammenhängenden Flächen vor, welche keine wesentlichen Anteile von parallelen Wärmeströmungen haben (z.B. Seitenwand, Boden). In diesen Bereichen entspricht die zu verwendende Wärmeleitfähigkeit der integralen Leitfähigkeit nach VDI 2055 Blatt 1.

Gestörte Flächenbereiche liegen vor, wenn der Wärmefluss (hier von innen nach außen) maßgeblich von Wärmebrücken (Stege, Hohlprofile, usw.) beeinflusst wird. Für diese Bereiche wird der Ersatzwärmeleitfähigkeitswert (λ_{wb}) nach Abschnitt A.2 definiert.

Die sich aus dem Muldenaufbau (Struktur) ergebenden Teilflächen werden weiter in benetzte und unbenetzte Flächen unterteilt. Maßgeblich für die Teilungsebene ist das technisch zulässige Füllvolumen für den zu betrachteten Muldenaufbau. Das Füllvolumen ist innerhalb dieser Norm als „gestrichenes“ Volumen (– 25 % für Seiten- und Stirnwand bzw. – 60 % Höhenkorrektur für die Rückwand, siehe Bild 3, Bild 4 und Abschnitt A.1) angenommen.