

DIN 70001

ICS 43.080.10

Einsprüche bis 2017-04-24

Entwurf

**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

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2017-02-24 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfs besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal von DIN unter www.din.de/go/entwuerfe bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an naautomobil@din.de möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an den DIN-Normenausschuss Automobiltechnik (NAAutomobil), 10004 Berlin, Postfach 8 04 62, Behrenstr. 35, 10117 Berlin.

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevanten Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 31 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 Berechnungsablauf und Randbedingungen.....	6
5.1 Allgemeines	6
5.2 Definition des Referenzwertes	8
5.3 Berechnung der tatsächlichen Wärmeenergieverluste	9
5.4 Vergleich von Referenz- und Berechnungsmodell - Bildung der Vergleichszahl V_{Ziso}	20
Anhang A (informativ) Höhenkorrektur.....	22
Anhang B (informativ) Wärmedurchgangskoeffizient	24
Anhang C (informativ) Beispielrechnung.....	26

Vorwort

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

Diese Norm enthält berechnungstechnische Festlegungen.

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 die Fahrzeuge, die nach dem Ausgabedatum dieser Norm hergestellt wurden.

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 $R \geq 1,65 \text{ m}^2 \text{ K/W}$ 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 standardisierte 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 Berechnungsverfahren hinsichtlich Güte der Wärmedämmung von Transportmulden für den Bitumentransport fest.

ANMERKUNG Die Anwendung dieser Norm bedeutet nicht, dass bei den angegebenen Prüfbedingungen betriebsmäßig sicher gekippt werden kann. Die Beschreibung der bestimmungsgemäßen Verwendung der Fahrzeuge obliegt weiterhin dem Hersteller.

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, *Wärme- und Kälteschutz von betriebstechnischen Anlagen in der Industrie und in der technischen Gebäudeausrüstung – Berechnungsgrundlagen*

hme GmbH Bericht 2016/026-A-2, *Validierungsberechnungen für VDA-Normentwurf thermo-isolierter Mulden (Stand: 23.06.2016)*

3 Begriffe

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

3.1

Kippaufbauten/Transportmulde

Laderaum für Schüttgüter, hier insbesondere tragende Struktur + Wärmedämmung, Seitenwand, Boden, Stirnwand, Heckklappe, Kipp-, Pressen- und Auflager. Abdeckungen werden derzeit nicht berücksichtigt.

3.2

Nutzlastvolumen / SAE-Volumen

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

3.3

Bitumen Materialdaten

Dichte	$2,2 \text{ e } - 9 \text{ to } / \text{ mm}^3$
Wärmekapazität	$8,4 \text{ e } + 8 \text{ mJ } / \text{ to } * \text{ K}$
Wärmeleitfähigkeit	$2,5 \text{ e } - 3 \text{ W } / \text{ mm } * \text{ K}$

3.4

Nenndicke der Isolierung

Nenndicke des Isolationsaufbaus, Seitenwand- und Bodenbereiche können konstruktionsbedingt darüber oder darunterliegen

4 Symbole und Abkürzungen

Es gelten die nachfolgend gelisteten Formelzeichen und Indizes.

Formelzeichen

Formelzeichen	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	$\text{W} / (\text{m} \cdot \text{K})$

Indizes

Indizes	Bedeutung
amb	Ambiente
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 Berechnungsablauf und Randbedingungen

5.1 Allgemeines

Der rechnerische Nachweis erfolgt in Anlehnung an die VDI 2055-1 in 3 Schritten:

- 1) Definition des Referenzwertes;
- 2) Berechnung der tatsächlichen Wärmeenergieverluste;

3) Vergleich von Referenz- und Berechnungsmodell.

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

- a) geforderter Wärmedurchlasswiderstand: $R \geq 1,65 \text{ m}^2\text{K/W}$ bei 20 °C (Bezugstemperatur für Leitfähigkeit 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;

ANMERKUNG Siehe dazu auch Absatz 4.2.1.

- c) Betriebstemperatur: $(20 \text{ bis } 200) \text{ °C}$ (nur für die Nachweisführung, entspricht nicht den zulässigen Grenzwerten der Bitumenverarbeitung);
- d) Wärmeleitfähigkeitswerte (λ) des eingesetzten Dämmwerkstoffes für den Betriebstemperaturbereich (Temperaturabhängigkeit und Verarbeitungszuschlag von +10 % berücksichtigen);
- e) Wärmeübergang innen (Bitumen): Wärmeübergangskoeffizient $\alpha_{\text{bit}} = 7,5 \text{ W/m}^2\text{K}$;

Bezugstemperatur $\vartheta_{\text{bit}} = 200 \text{ °C}$;

Wärmeübergang außen (Luft): Wärmeübergangskoeffizient $\alpha_{\text{amb}} = 7,5 \text{ W/m}^2\text{K}$;

Bezugstemperatur $\vartheta_{\text{amb}} = 20 \text{ °C}$;

ANMERKUNG Die Werte berücksichtigen thermischen Kontakt des Mischguts sowie Strahlung und Konvektionsanteile (Quelle: Validierungsrechnungen Fa. Meiller 08/2014).

- f) Ersatzwärmeleitfähigkeit für konstruktionsbedingte Profile und Strukturen;

ANMERKUNG Siehe auch Technischer Bericht 2016/026-A-2, Validierungsberechnungen für VDA-Normentwurf thermo-isolierter Mulden (Stand: 23.06.2016).

- g) Vergleichszahl VZ_{iso} ;

ANMERKUNG 1 Nur für Nachweisführung, entspricht Quotient aus Referenzwert und rechnerischer Dämmung.

ANMERKUNG 2 Entspricht der Summe aller Wärmeverluste über die 5 Hauptflächen Stirnwand / 2xSeitenwand / Rückwand / Boden.

ANMERKUNG 3 Ein Nachweis der Dämmgüte erfolgt über die Gesamtvergleichszahl VZ_{iso} .

5.2 Definition des Referenzwertes

Ausgehend vom vorgegebenen Wärmedurchlasswiderstand wird die Dämmstoffdicke d für den Referenzfall berechnet. Diese ergibt sich aus der 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 ergebene Wärmestromdichte (q) resultiert aus den anliegenden Betriebsbedingungen, der Dämmschichtdicke und der temperaturabhängigen Wärmeleitfähigkeit (mittlere Wärmeleitfähigkeit):

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

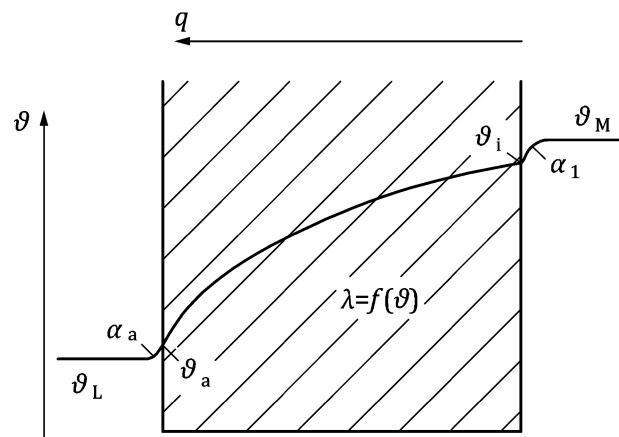


Bild 1 — Wärmedurchlauf durch eine ebene, einschichtige Wand mit Temperaturverlauf

Für eine ebene, einschichtige Wand ergibt sich, unter Berücksichtigung der Wärmeübergänge innen und außen (Medium / Luft) ein Wärmeübergangskoeffizient k_p nach der 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 entsprechend Gleichung (2) aus der Dämmstoffdicke des Referenzfalls und der mittleren Wärmeleitfähigkeit berechnet.

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

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

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 entsprechend Bild 2 ermittelt werden.

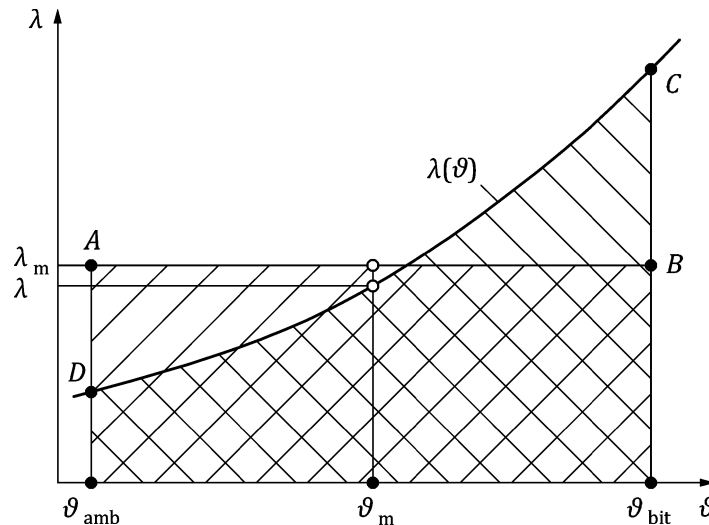


Bild 2 — Definition der mittleren Wärmeleitfähigkeit und ihre Abweichung von der Wärmeleitfähigkeit

Die obigen Gleichungen ergeben ineinander eingesetzt den Berechnungsterminus für den Referenzwärmestrom:

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

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

Zur Definition und Herleitung der integralen Wärmeleitfähigkeit ist die VDI 2055 Blatt 1, 4.2 zu beachten.

5.3 Berechnung der tatsächlichen Wärmeenergieverluste

5.3.1 Definition der Flächenbereiche

Jede zu berücksichtigende Fläche wird durch Ihre geometrische Abmessung (L x B), ihre Dicke (t) und die integrale Wärmeleitfähigkeit der Dämmung (siehe 5.1) definiert.

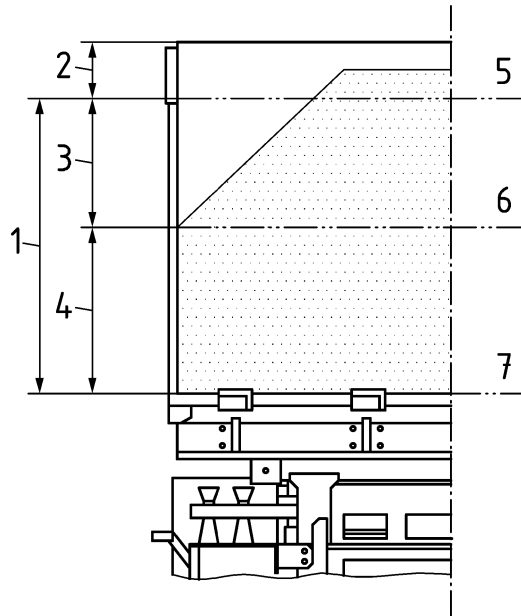
Entsprechend der VDI 2055 sollte für die Bestimmung der Flächeninhalte gekrümmter Flächen die mittlere Fläche (mittlerer Krümmungsradius) verwendet werden.

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

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 Mach 5.1.

Gestörte Flächenbereiche liegen vor, wenn der Wärmefluss (hier von Innen nach Außen) maßgeblich von Wärmebrücken (Stege, Hohlprofile, etc.) beeinflusst wird. Für diese Bereiche wird der Ersatzwärmeleitfähigkeitswert (λ_{wb}) entsprechend Anhang A2 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 und Anhang A1) angenommen.



- 1 Ungestörter Bereich
- 2 Gestörter Bereich
- 3 Unbenetzte Wandfläche
- 4 Benetzte Wandfläche
- 5 z. B. Obergurt
- 6 Seitenwand oberhalb Füllhöhe (SAE)
- 7 Seitenwand unterhalb Füllhöhe

Bild 3 — Definition der Flächenbereiche bei einem SAE Volumen