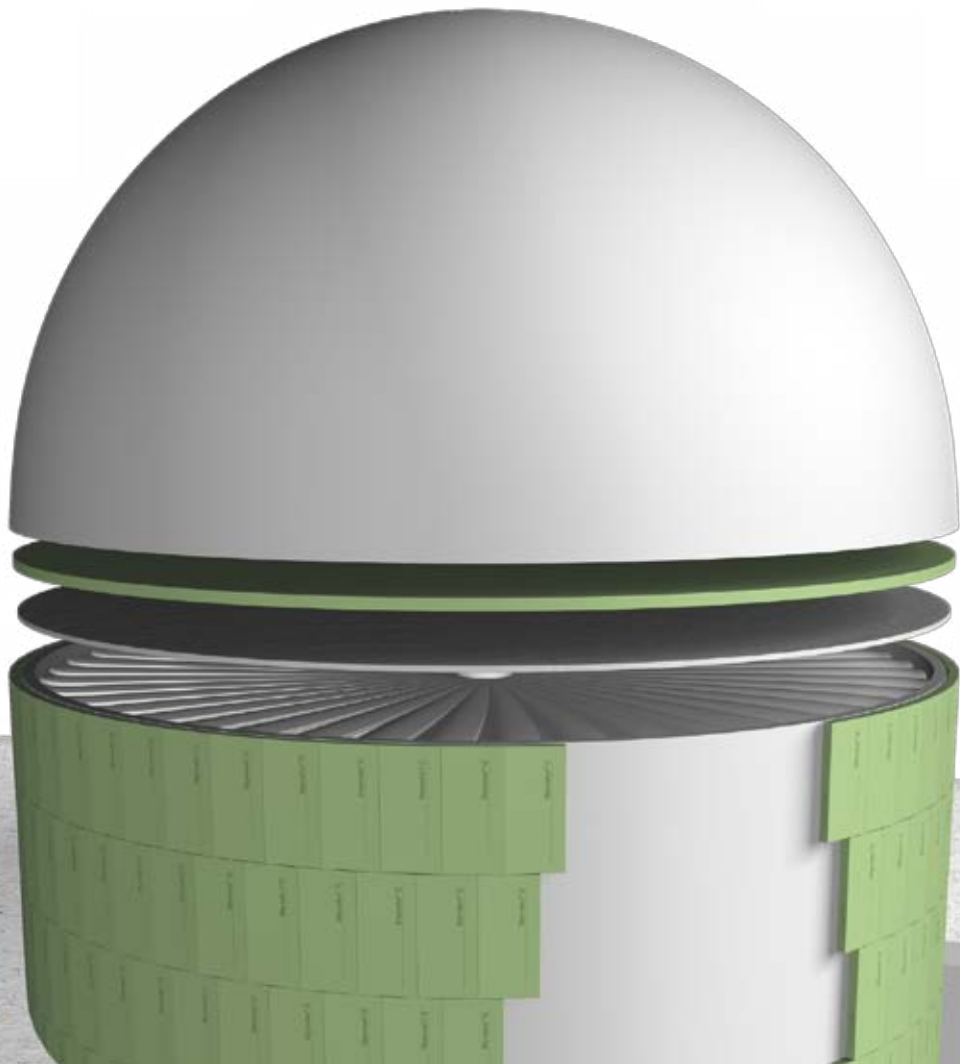


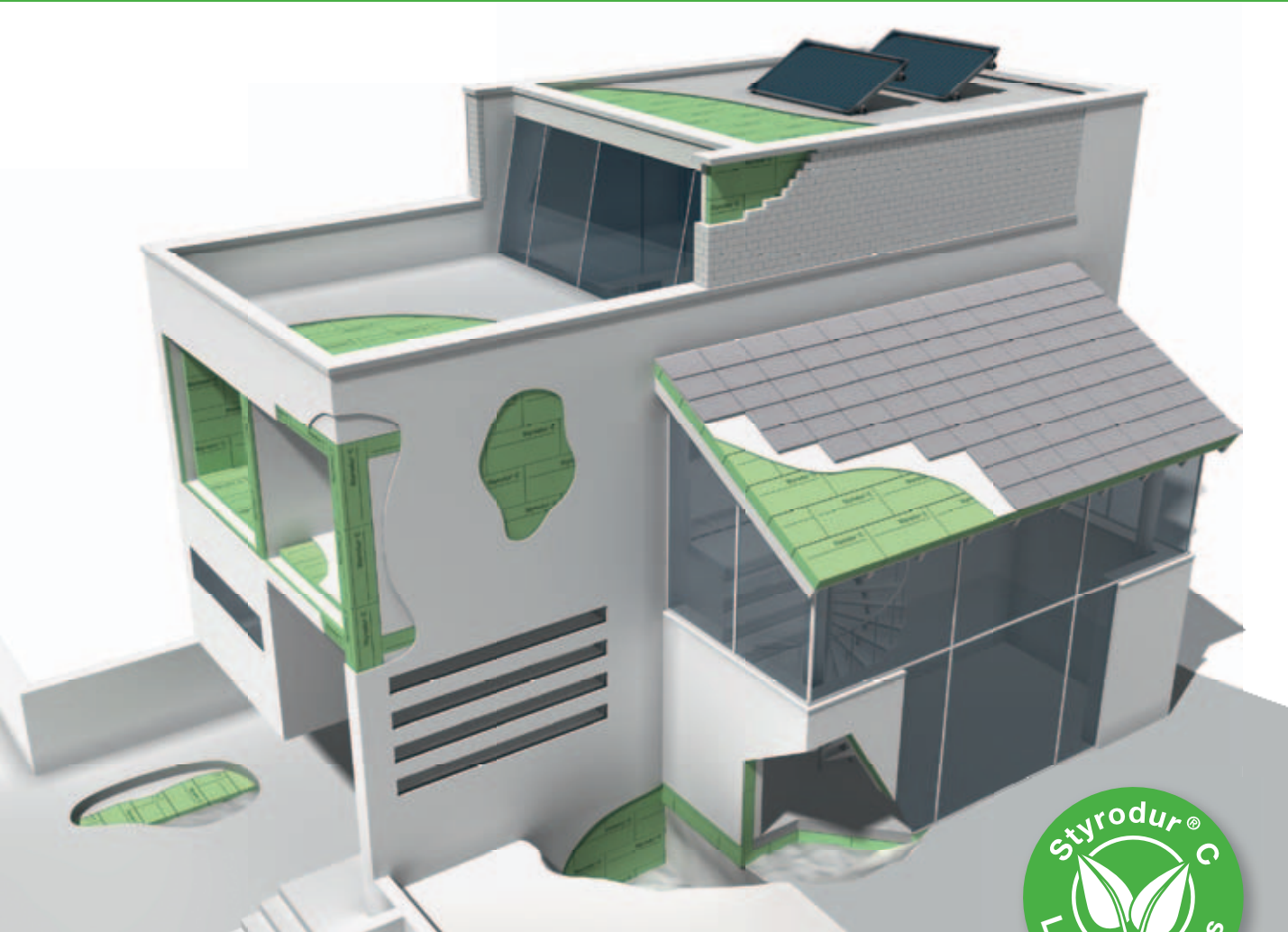
Wärmedämmung von Biogasanlagen



1	Der Wärmedämmstoff Styrodur® C	3
2	Dämmung von Biogasanlagen	4
2.1	Wärmedämmung von Biogasanlagen	4
2.2	Anforderungen an Wärmedämmstoffe in Biogasanlagen	4
2.3	Zusammensetzung von Biogas und Eignung von Styrodur C	4
2.4	Fermenterbauarten	4
2.5	Prozesstemperaturen und der Nutzen von Styrodur C	5
3	Anwendung von Styrodur C	5
3.1	Anwendungsbereiche für Styrodur C am Fermenter	5
3.2	Hinweise zur Wasserdampfdiffusion	5
3.3	Wärmedämmung der Sohlplatte	6
3.4	Wärmedämmung der Fermenterwand im Erdreich	7
3.5	Styrodur C-Plattenverklebung und -Einbautiefen	7
3.6	Baugrubenverfüllung, Drän- und Dampfdruckausgleichsschichten	7
3.7	Wärmedämmung mit Frostschirm	8
3.8	Wärmedämmung der Fermenterwand gegen Außenluft	8
3.9	Wärmedämmung von befahrenen und bepflanzteten Fermenterdecken	8
3.10	Wärmedämmung zwischen Fermenter und Gasfolienhaube	9
3.11	Bauphysikalische Hinweise für die Innendämmung von Betonbauteilen an Biogasanlagen	9
4	Eigenschaften von Styrodur C	9
4.1	Brandverhalten	9
4.2	Schutz gegen UV-Strahlen	9
5	Dimensionierungshilfen zur Wärmedämmleistung	10
6	Technische Daten Styrodur C	11

Zur Beachtung:

Die Angaben in dieser Druckschrift basieren auf unseren derzeitigen Kenntnissen und Erfahrungen und beziehen sich ausschließlich auf unser Produkt mit den zum Zeitpunkt der Erstellung der Druckschrift vorhandenen Eigenschaften; eine Garantie oder eine vertraglich vereinbarte Beschaffenheit des Produktes kann aus unseren Angaben nicht hergeleitet werden. Bei der Anwendung sind stets die besonderen Bedingungen des Anwendungsfallles zu berücksichtigen, insbesondere in bauphysikalischer, bautechnischer und baurechtlicher Hinsicht. Bei allen technischen Zeichnungen handelt es sich um Prinzipskizzen, die auf den Anwendungsfall angepasst werden müssen.



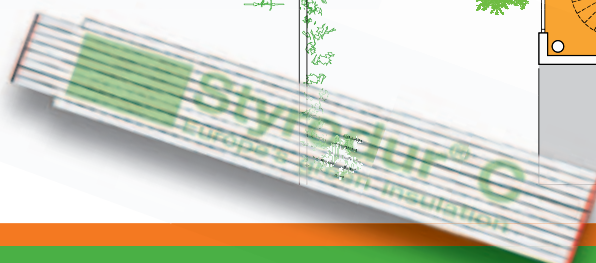
1. Der Wärmedämmstoff Styrodur® C

Styrodur® C ist der grüne, extrudierte Polystyrol-Hartschaumstoff der BASF. Er ist frei von FCKW, HFCKW und HFKW und leistet als Wärmedämmstoff einen wichtigen Beitrag zur Reduzierung der CO₂-Emissionen.

Durch seine hohe Druckfestigkeit, geringe Wasseraufnahme, Langlebigkeit und Unverrottbarkeit ist Styrodur C zum Synonym für XPS in Europa geworden. Die Druckfestigkeit ist das Hauptunterscheidungsmerkmal der verschiedenen Styrodur C-Typen.

Eine optimale Wärmedämmung mit Styrodur C amortisiert sich für den Bauherren schnell durch einen niedrigeren Energieverbrauch. Sie trägt zu einem gesünderen Wohnklima bei und schützt die Baukonstruktion vor äußeren Einflüssen wie Wärme, Kälte und Feuchtigkeit. Das erhöht die Lebensdauer und steigert den Wert des Gebäudes.

Styrodur C wird gemäß den Anforderungen der europäischen Norm DIN EN 13 164 hergestellt und ist im Brandverhalten in die Euroklasse E nach DIN EN 13501-1 eingruppiert. Es wird vom Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. güteüberwacht. Vom Deutschen Institut für Bautechnik ist es unter der Nummer Z-23.15-1481 zugelassen.



2. Dämmung von Biogasanlagen mit Styrodur® C

2.1 Wärmedämmung von Biogasanlagen

Mit der vorliegenden Anwendungsbroschüre sollen den Planern, den Herstellern und den Betreibern von Biogasanlagen einige Hilfen und Hintergrundinformationen zum Einsatz von Styrodur® C in Biogasanlagen gegeben werden.

Bei der Tiermast fallen große Mengen an Gülle an, aus der in relativ einfachen und wirtschaftlichen Fermentierungsprozessen Biogase hergestellt werden können, die zur Energie- oder Wärmeerzeugung nutzbar sind. Die optimalen Betriebstemperaturen des Prozesses zur Erzeugung von Biogas aus Gülle liegen über der Umgebungstemperatur. Beim Fermentierungsprozess selbst entsteht Wärme.

Um den Prozess hinsichtlich der Biogasausbeute auf optimaler Betriebstemperatur zu halten, ist es zweckmäßig, den Wärmeabfluss aus den Fermentierbehältern zu verringern. Hierfür werden an den Wänden, Böden und Decken der Behälter Wärmedämmstoffe eingesetzt.



Abb. 1: Wärmedämmung aus Styrodur® C an einer Fermenterwand aus Stahlbeton.

2.2 Anforderungen an Wärmedämmstoffe in Biogasanlagen

Für die robusten Anforderungen:

- hohe Drucklasten
- Feuchtebeanspruchung
- Huminsäurekontakt
- Biogasatmosphäre

ist ein robuster Wärmedämmstoff erforderlich. Der extrudierte Polystyrol (XPS)-Hartschaumstoff Styrodur C erfüllt diese Anforderungen bei hervor-ragendem Preis-Leistungs-Verhältnis.

2.3 Zusammensetzung von Biogas und Eignung von Styrodur C

Biogas bezeichnet ein Gemisch aus verschiedenen Gasen in unterschiedlichen Mischungsverhältnissen.

- 50 bis 80 Vol.-% Methan
- 20 bis 50 Vol.-% Kohlendioxid
- 0,01 bis 0,4 Vol.-% Schwefelwasserstoff
- Spuren von:
 - Ammoniak
 - Wasserstoff
 - Stickstoff
 - Kohlenmonoxid

Styrodur C ist gegen die Gaszusammensetzung dieser Atmosphäre beständig.

2.4 Fermenterbauarten

Prinzipiell werden Fermenter entweder vertikal stehend oder horizontal liegend gebaut. Sie werden oberirdisch aufgestellt, teilweise in das Erdreich eingelassen oder

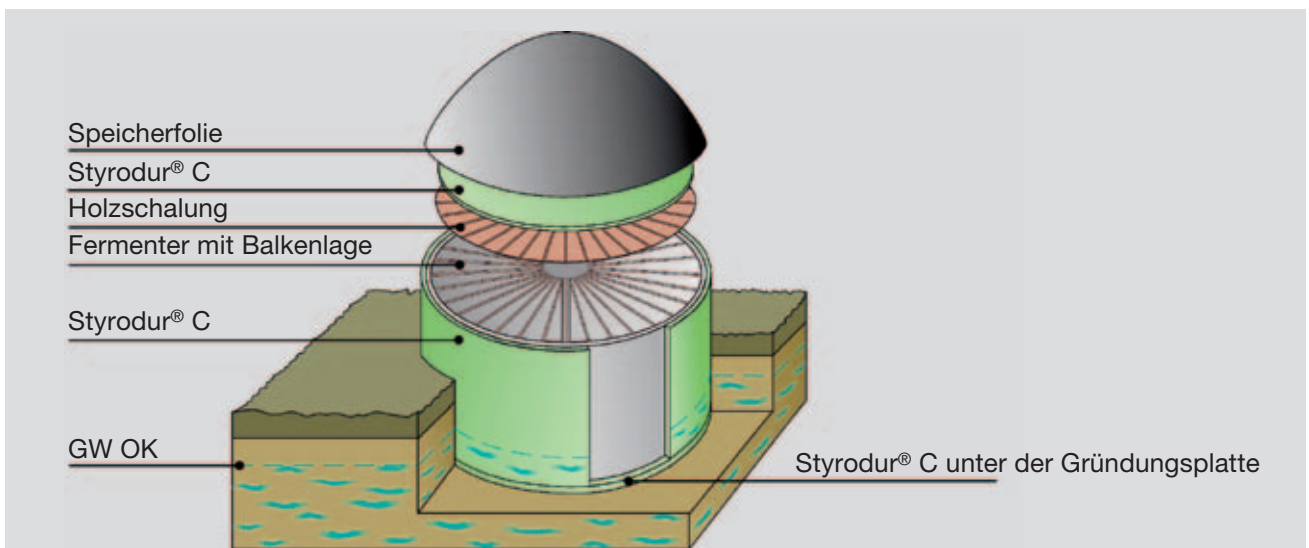


Abb. 2: Schematische Darstellung eines Fermenters mit Folienhaube.

gänzlich in den Boden versenkt und können damit auch befahrbar ausgebildet werden. Eine der häufigsten Formen ist die stehende tonnenförmige Bauweise mit Folienhaube.

Die Wärmedämmung wird bei allen Varianten idealerweise auf der Außenseite angebracht. Ausgenommen hiervon ist die Dämmung der Fermenterdecke in Holzbauweise. Hier wird der nach oben offene Fermenter mit einer Balkenlage überdeckt, eine Holzschalung aufgebracht und die Dämmung aus Styrodur® C aufgelegt. Darüber spannt sich die Gasfolienhaube.

2.5 Prozesstemperaturen und der Nutzen von Styrodur® C

In Abhängigkeit von der Zusammensetzung der Substratgülle hat diese unterschiedliche Verweilzeiten im Fermenter, wobei die Fäulnisprozesse bei Temperaturen zwischen 20°C bis 55°C ablaufen. Styrodur C ist ein thermoplastischer Kunststoff, dessen physikalische Eigenschaften sich mit der beaufschlagten Temperatur verändern. Die Anwendungsgrenztemperatur von Styrodur C liegt bei 75°C. Sie wird bei der Wärmedämmung von Biogasanlagen dauerhaft deutlich unterschritten.

Mit abnehmender Temperatur nimmt die Wärmeleitfähigkeit von Styrodur C ab und verbessert damit im Winter die Wärmedämmfähigkeit der Platten. Diese physikalische Produkteigenschaft reduziert bei der Wärmeenergiebedarfsberechnung die Menge der Energiezufuhr zur Erhaltung der Prozesstemperatur in der Gülle.

Tabelle 1: Temperaturabhängigkeit der Wärmeleitfähigkeiten von Styrodur® C.

Beispiel: Styrodur 3035 CS, Plattendicke 50 mm

Temperatur [°C]	Wärmeleitfähigkeit in W/(m · K) Styrodur® C
-20	0,030
0	0,032
10	0,033
20	0,034
30	0,035
40	0,036
50	0,037

3. Anwendung von Styrodur C

3.1 Anwendungsbereiche für Styrodur C am Fermenter

Vorzugsweise sollten Fermenter von außen und den gesamten Baukörper umhüllend gedämmt werden. Je nach Bauart und Einbindetiefe in das Erdreich entstehen unterschiedliche Konstruktionen mit differenzierten statischen und bauphysikalischen Anforderungen an den Dämmstoff. Diese müssen von den Konstrukteuren in der Tragwerksplanung und mit diffusionstechnischen Berechnungen erfasst werden.

Nicht in den Baugrund eingebundene, oberirdisch positionierte Fermenterkonstruktionen können mit einer Wärmedämmung als Frostschirm gegen das Auskühlen des Untergrundes und eventuelle Frosthebungen geschützt werden. In das Erdreich eingelassene Fermenter sind mit einer Perimeterdämmung zu versehen, wie sie auch bei beheizten Wohnräumen im Keller von Gebäuden üblich ist. Komplett in den Baugrund eingelassene, erdüberdeckte oder befahrene Konstruktionen werden ebenfalls allumfassend mit einer Perimeterdämmung gegen Wärmeverluste geschützt.

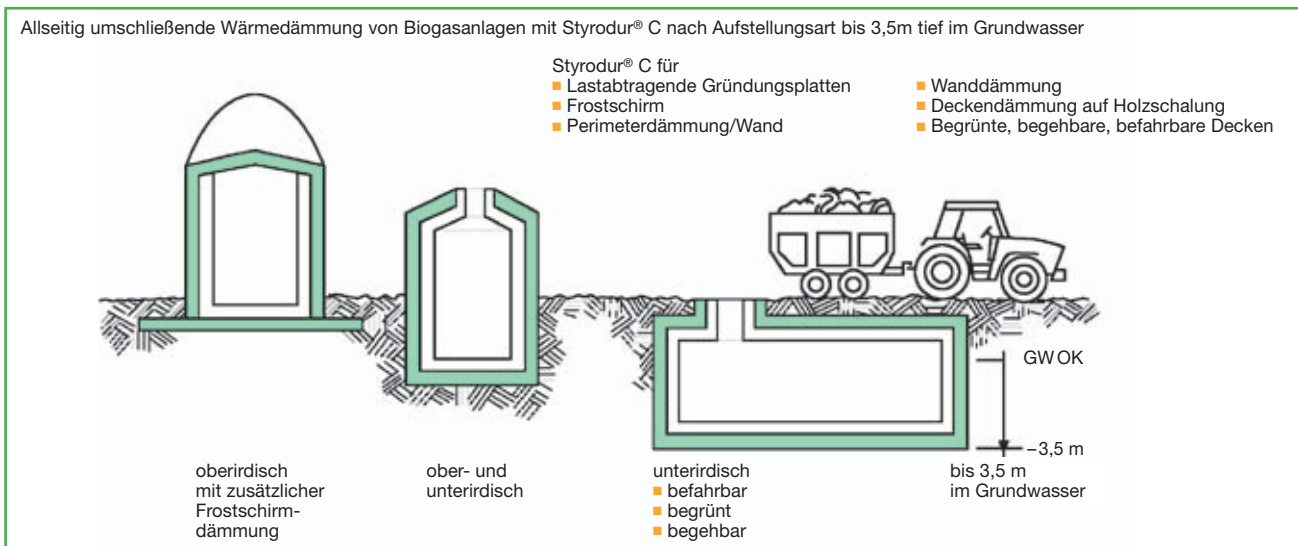


Abb. 3: Wärmedämmung mit Styrodur® C an verschiedenen Fermentern.

3.2 Hinweise zur Wasserdampfdiffusion

Styrodur® C ist ein geschlossenzelliger extrudierter Polystyrol-Hartschaum, der flüssiges Wasser in Tropfenform praktisch nicht aufnimmt. Diffusionstechnisch sind Extruderschäume aber keine dampfdichten Baustoffe. Gasförmige Wassermoleküle sind in der Lage, den Dämmstoff zu durchqueren. Als Antriebskraft für den Wasserdampfdiffusionstransport reicht der von der Temperatur und vom relativen Feuchtegehalt abhängige Wasserdampfdruck (Partialdruck) aus. Der jeweilige Potenzialausgleich erfolgt immer vom höheren zum niedrigeren Niveau.

Biogasanlagen haben fast ganzjährig im Fermenterinnenraum einen höheren Wasserdampfdruck als die Luft in der Außenatmosphäre. Im Dampfdruckausgleichsprozess muss sichergestellt sein, dass die Widerstände gegen den Wasserdampfdurchtritt in jeder Teilschicht nach außen immer kleiner werden. Ist dies nicht der Fall, kann es zur Wasserdampfanreicherung in der Schicht mit höherem Widerstand kommen. Nimmt die Temperatur längs des Diffusionsweges unter Taupunkttemperatur ab, wie dies bei den Fermentern der Fall ist, kommt es in der Schicht mit dem höheren Widerstand zu Wasserdampfanreicherung und zu Tauwasserausfall.

Bei mesophilen Biogasanlagen kann im Sommer die Außentemperatur gleich der Temperatur im Fermenter sein. Der höhere Feuchtegehalt im Fermenter und damit der höhere Wasserdampfdruck führen aber zu einem Wasserdampftransport nach außen, um einen Feuchtepotenzialausgleich herzustellen.

Bei in das Erdreich eingelassenen Bauwerksteilen (Boden und Wand) kann auch der anstehende Boden den Wasserdampfaustritt behindern. Dies kann bei feuchten, bindigen Böden mit hohen Feinkorn-Masseanteilen der Fall sein. Auch hier kann es zu Tauwasserausfall im Dämmstoff kommen.

Bei der Planung des Fermenters muss das diffusions-technische Verhalten berücksichtigt werden, indem durch richtige Anordnung von dampfbremsenden Schichten ein möglicher Diffusionsstrom minimiert oder verhindert wird. Dabei ist die wasserdampfsperrende Schicht immer auf der warmen Seite der Wärmedämmplatten zum Fermenter hin einzubauen. In Tabelle 2 sind die Wasserdampfdiffusionswiderstände von Styrodur C in Abhängigkeit von der Schichtdicke angegeben.

Tabelle 2: Dickenabhängigkeit der Wasserdampfdiffusionswiderstandszahl von Styrodur® C.

Schichtdicke in mm	Wasserdampfdiffusionswiderstandszahl [-]
20	200
40	150
60	100
80	100
100	100
120	80
140	80

Bei falscher feuchtetechnischer Dimensionierung kann es zur Wasseranreicherung im Dämmstoff kommen. Dabei ist darauf zu achten, dass bei 1 Volumenprozent Feuchtigkeitszunahme im Extruderschäum die Wärmeleitfähigkeit durchschnittlich um 2,3 % zunimmt.

Nach Kosten-Nutzen-Überlegungen kann es im Einzelfall günstiger sein, die Feuchtigkeitsanreicherung während eines langjährigen Betriebs des Fermenters in Kauf zu nehmen. Um einer ca. 10- bis 20-volumenprozentigen Kondensatanreicherung entgegenzuwirken, kann die rechnerisch erforderliche Dämmstoffstärke beispielsweise um ca. 25 bis 50 % erhöht werden.

3.3 Wärmedämmung der Sohlplatte

Für Anwendungen mit hohen, dauerhaft wirkenden Lasten stehen je nach Höhe der Last die unterschiedlich druckfesten Styrodur C-Typen 3035 CS, 4000 CS und 5000 CS zur Verfügung. Die Extruderschäumplatten können dabei auch in Bereichen mit ständigem oder lang anhaltendem drückendem Wasser (Grundwasser) verwendet werden, wobei die Platten maximal 3,5 Meter in das Wasser eintauchen dürfen.

Bei dieser Bauweise können die Vorgaben der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung Z-23.34-1325 für die Anwendung als lastabtragende Wärmedämmung unter Gründungsplatten sinngemäß zugrunde gelegt werden.

Für den Nachweis der Standsicherheit ist mit folgenden zulässigen Dauerdruckspannungen zu rechnen:

Styrodur 3035 CS: $\sigma_{zul} = 130 \text{ kPa}$
 Styrodur 4000 CS: $\sigma_{zul} = 180 \text{ kPa}$
 Styrodur 5000 CS: $\sigma_{zul} = 250 \text{ kPa}$

Bei Dimensionierung des Betonbehälters kann als Bemessungswert f_{cd} die einachsige Druckspannung der Sohlplatte nach DIN 1045-1, die auf die Dämmung und den Untergrund eingetragen wird, je nach Styrodur C-Typ folgendermaßen angesetzt werden:

Styrodur 3035 CS: $f_{cd} = 185 \text{ kPa}$
 Styrodur 4000 CS: $f_{cd} = 255 \text{ kPa}$
 Styrodur 5000 CS: $f_{cd} = 355 \text{ kPa}$

Dampfbremse im Bereich der Sohlplatte

Aus diffusionstechnischen Gründen sollte über den Wärmedämmplatten zwei Lagen Polyethylen (PE)-Folie mit jeweils mindestens 0,1 Millimeter Dicke und mit gegenseitiger Überlappung der halben Bahnenbreite verlegt werden. Die PE-Folien verhindern auch den Zementmilcheintritt zwischen die Styrodur C-Plattenstöße beim Betonvorgang. Für den Wasserdampfdiffusionsstrom wirken sie ausreichend dampfbremsend.

3.4 Wärmedämmung der Fermenterwand im Erdreich

In vielen Fällen ist es günstig, die waffelartig geprägten Styrodur® 2800 C-Platten bereits in die Schalung für die Betonwand mit einzustellen und mit Haftnägeln an der Holzschalung zu fixieren. Wenn die diffusionstechnische Überprüfung der Gesamtkonstruktion zeigt, dass dies problematisch ist, kann die Fermenterwand innenseitig mit einem dampfbremsenden Anstrich versehen werden.

Innenseitige Dampfbremse an Fermenterwänden

Die Wasserdampfdiffusion vom Inneren des Fermenters nach außen kann bei der Verwendung von Styrodur 2800 C in der Betonschalung ausschließlich durch eine innere Dampfbremsschicht reduziert werden.

Ein s_d -Wert für die diffusionsäquivalente Luftschichtdicke von mindestens 200 Metern reicht entsprechend dem Nachweisverfahren nach Glaser aus, um den Dämmstoff kondensatfrei zu halten.

Die Dämmstoffplatten können bei einer innen liegenden Dampfsperre auch nachträglich mit Klebern punktuell oder im Bereich von Grundwasser (bis max. 3,5 Meter Eintauchtiefe) vollflächig auf das Betonbauwerk von außen aufgeklebt werden.

Außenseitige Dampfbremse aus Bitumen-Dickbeschichtungen

Bei dieser Bauweise ist es möglich, eine dampfbremsende Beschichtung auf der Fermenteraußenseite aufzubringen. Eine Bitumendickbeschichtung wie beispielsweise PCI Pecimor 2N erbringt mit 4 Millimeter ausgehärteter Schichtstärke einen s_d -Wert von etwas über 200 Metern. Dickbeschichtungen lassen sich ausschließlich auf trockenem Untergrund verarbeiten, was im Fermenterbau daher nur bei Neuanlagen vor deren Inbetriebnahme der Fall ist.

Nach dem Aushärten der Bitumendickbeschichtung (i.d.R. nach 2 Tagen) können die Styrodur C Platten mit 5 bis 8 Klebepunkten mit beispielsweise PCI Pecimor 2N auf die dampfbremsende Schicht aufgeklebt werden. Diese Montageverklebung hält die Wärmedämmplatten bis zur Baugrubenverfüllung an der Wand.

Im Bereich von Grundwasser und langfristig „aufstauendem Sickerwasser“ muss die Verklebung vollflächig so erfolgen, dass ein Hinterfließen der Dämmplatten ausgeschlossen ist. Hierfür wird beispielsweise PCI Pecimor DK verwendet. Vor dem Wasserzutritt muss die Verklebung vollständig erhärtet sein.

Außenseitige Dampfbremse aus Bitumen-Kaltselbstklebebahnen

Bei Anlagen, die bereits im Betrieb sind und die nachträglich gedämmt werden sollen, muss die Betonoberfläche außenseitig bei günstiger Witterung abgetrocknet sein. Dann kann mit einer Bitumen-Kaltselbstklebebahn wie z. B. PCI Pecithene ebenfalls eine Dampfbremswirkung von ca. 200 Metern erzielt werden. Als Montageverklebung für die Styrodur C-Platten wird in diesem Falle ein doppelseitiges selbstklebendes Butyl-Kautschuk-Band PCI Pecithene verwendet.

3.5 Styrodur® C-Plattenverklebung und -Einbautiefen

In Abhängigkeit von dem Fermenterdurchmesser können bei Rundbehältern die Styrodur C-Platten senkrecht in ganzer Plattenbreite angebracht werden oder sie müssen segmentiert oder geschlitzt und mit Spannbändern an das Bauwerk angepresst werden. Je nach Einbautiefe können unterschiedliche Styrodur C-Typen verwendet werden.

Tabelle 3: Maximale Einbautiefen für Styrodur® C-Typen.

Anwendungsbereich	Einbautiefen in m für die Styrodur® C-Typen			
	2800 C	3035 CS	4000 CS	5000 CS
ohne drückendes Wasser	9	9	17	24
drückendes Wasser (Grundwasser)	–	3,5	3,5	3,5

3.6 Baugrubenverfüllung, Drän- und Dampfdruckausgleichsschichten

Die Baugrubenverfüllung ist lagenweise einzubringen und zu verdichten. Das Verfüllmaterial darf bei der Ausführungsvariante mit Styrodur 2800 C in der Schalung und direktem Anbetonieren nicht bindig sein. Es sind körnige, wasserabführende Materialien, beispielsweise Kies-Sand-Gemische, zu verwenden. Es besteht auch die Möglichkeit, vor die Styrodur 2800 C-Platten z. B. eine Noppenbahn oder Wirrgelegematten mit Fliesbeschichtungen als Dampfdruckausgleichsschicht und zur Kondenswasserabführung einzubringen.

Bauarten mit dampfbremsenden Schichten auf dem Betonbehälter stellen aus diffusionstechnischen Gründen keine besonderen Anforderungen an die Baugrubenverfüllung.

3.7 Wärmedämmung mit Frostschirm

Bei frostempfindlichem Baugrund und in Gegenden mit langen, starken Frostperioden kann das Risiko der Anhebungen des Bauwerks durch Eislinsenbildungen reduziert werden, indem man bei zu geringer Gründungstiefe einen sogenannten Frostschirm aus Styrodur® C-Platten peripher um den Baukörper legt. Die Platten werden horizontal mit leichtem Gefälle von 2 % nach außen verlegt und beispielsweise mit einem Betonpflaster in Splittbett überdeckt. Der Frostschirm reduziert das Auskühlen des Baugrundes und damit die Gefahr des Auffrierens des gesamten Bauwerks.

3.8 Wärmedämmung der Fermenterwand gegen Außenluft

Der thermische Schutz der Fermenterwand gegen die Außenluft über dem Erdreich lässt sich am besten mit in die Schalung eingestellten Styrodur 2800 C-Platten realisieren. Die Wärmedämmung wird dabei an die Holz-

schalung angenagelt und erhält beim Betonieren einen vollflächigen, nahezu unlösbaren Verbund zur Betonwand.

Anschließend kann die waffelartig strukturierte Oberfläche der Styrodur 2800 C-Platten mit einem Putzsystem bekleidet oder beispielsweise mit hinterlüfteten Holz- oder Metallverwahrungen überdeckt werden.

3.9 Wärmedämmung von befahrenen und bepflanzten Fermenterdecken

Im Baugrund versenkte Fermenter und andere Baukörper können bei einer Außendämmung mit Styrodur C-Platten auf verschiedene Arten überdeckt und auch genutzt werden. Erdüberdeckungen, Begrünungen, Fahrbeläge usw. können unter Beachtung der Konstruktionsregeln des Umkehrdaches ausgeführt werden. Hierzu werden in der Styrodur C-Anwendungsbroschüre „Dachdämmung“ Planungshinweise gegeben. Die Broschüre steht unter www.styrodur.de zum kostenlosen Download zur Verfügung.

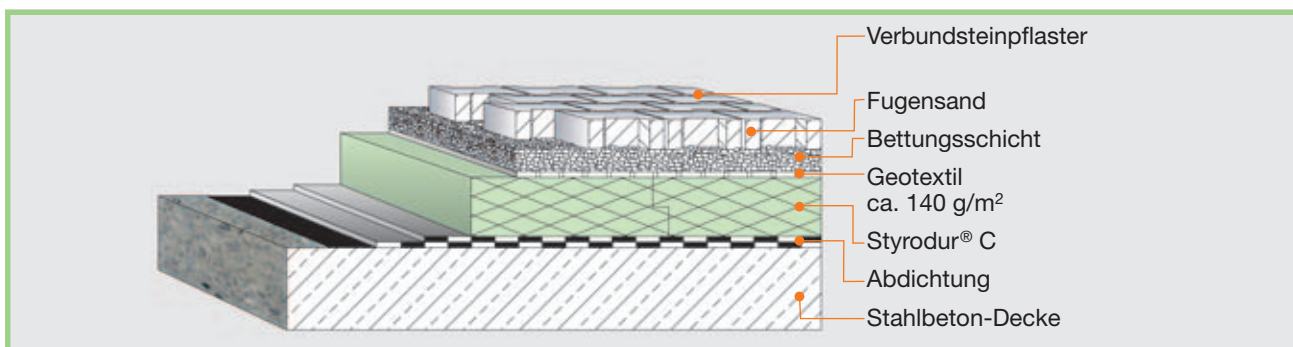


Abb. 4: Parkdachaufbau mit Verbundsteinpflaster auf einer Bettungsschicht.

Tabelle 4: Dimensionierungshilfe für Styrodur® C-Anwendungen in druckbeanspruchten Boden- oder Dachkonstruktionen mit Fahrzeugverkehr.

Fahrzeug				Vorhandene Druckspannung bei Verkehrslasten in N/mm ²							
				unbewehrter Schichtenaufbau Schichtdicke über Dämmplatte in mm				bewehrter Beton statische Höhe in mm			
Typ	Gewicht in t	Radlast in kN	Aufstandsfläche in mm x mm	180	200	220	240	90	100	110	120
SLW	30	50	200 x 400	0,20	0,18	0,17	0,14	0,23	0,20	0,19	0,18
LKW	12	40	200 x 300	0,19	0,17	0,16	0,15	0,22	0,20	0,18	0,17
LKW	9	30	200 x 260	0,16	0,14	0,13	0,12	0,18	0,16	0,15	0,14
LKW	6	20	200 x 200	0,12	0,11	0,10	0,09	0,14	0,13	0,10	0,10
LKW	3	10	200 x 160	0,06	0,05	0,05	0,04	0,07	0,06	0,06	0,05
GS	7	32,5	200 x 200	0,20	0,17	0,16	0,14	0,22	0,20	0,18	0,17

Tabelle 5: Zulässige Druckspannungen für Styrodur C-Typen bei Verkehrslasten.

Styrodur® C-Typ	Dimensionierung des Styrodur® C-Typs			
	2800 C	3035 CS	4000 CS	5000 CS
Zulässige Druckspannung bei Verkehrslasten in N/mm ²	0,10	0,13	0,23	0,30

Wichtiger Hinweis: Die Dimensionierungshilfen sind unverbindliche Planungshilfen. Sie ersetzen nicht die Fach- und Tragwerksplanung durch den Fachingenieur.

Die wichtigste Konstruktionsregel ist dabei, dass den Styrodur C-Platten unter Nutz- und Schutzbelägen als erstes immer eine diffusionsoffene, dränfähige Schicht folgen muss, bevor der eigentliche „Belag“ als Begrünung oder befahrbare Befestigung folgt. Je nach Lasteinwirkung und der Höhe des konstruktiven Aufbaus werden dabei die nachfolgenden Styrodur C-Typen eingesetzt.

3.10 Wärmedämmung zwischen Fermenter und Gasfolienhaube

In Fermentern mit Gasfolienhaube wird auf einer Sparrenlage eine geschlossene Holzschalung aufgebracht. Die Holzsparrn weisen ein geringes Gefälle von 2 bis 5 Prozent nach außen auf und haben zum Behälterrand einen gewissen Abstand, über den das Biogas aus dem Substrat nach oben in den Gasspeicher steigen kann.

Um die Wärmedämmung der Behälterabdeckung zu verbessern, wird auf die Holzschalung eine Wärmedämmung aus Styrodur C-Platten verlegt. Üblich sind Dicken zwischen 5 und 10 Zentimetern. Da für diese Anwendung keine besonderen Anforderungen an die Druckfestigkeit gestellt werden müssen, reicht der Styrodur C-Typ 2500 C aus. Er ist ebenso geschlossenzellig und für die hohen Feuchtebelastungen geeignet. Prinzipiell können aber auch andere Typen, wie beispielsweise Styrodur 3035 CS und Styrodur 3035 CN, verwendet werden.

3.11 Bauphysikalische Hinweise für die Innendämmung von Betonbauteilen an Biogasanlagen

Da in Biogasanlagen aufgrund der Temperatur- und Feuchtebedingungen immer ein Wasserdampftransport nach außen stattfindet, empfiehlt BASF für Güllebehälter ausschließlich Außendämmungen. Nur in dem Bereich der Balkenlage mit Holzschalung von Fermentern mit Gasfolienhauben ist Styrodur C auch im Innenbereich geeignet. Die umgebenden atmosphärischen Bedingungen fallen hier näherungsweise gleich aus und damit sind die oben beschriebenen „Antriebskräfte“ für einen Wasserdampfdiffusionstransport verhältnismäßig gering.

Falls zwingende Gründe eine Innendämmung nötig machen, muss eine Dämmstoffdurchfeuchtung durch Anordnung einer innenseitigen wasserdampfdiffusions-sperrenden Schicht verhindert werden. Dabei sind die Resistenz gegen Gülle, die chemische Verträglichkeit mit Styrodur C und die Verlegeanweisung des Herstellers der dampfbremsenden Schicht zu beachten.

Eine Innendämmung mit Styrodur C stellt keinen chemischen Schutz für den Beton gegen aggressive Substanzen aus der Gülle dar. Die Stoßfugen der Platten sind nicht dicht. Die Dämmstoffplatten unterliegen einer thermischen Längenänderung, die in Längsrichtung ca. 0,08 mm/(m · K) und in Querrichtung ca. 0,06 mm/(m · K) beträgt.

4. Eigenschaften von Styrodur® C

4.1 Brandverhalten

Im Brandverhalten erfüllen alle Styrodur C-Typen und -Dicken die Anforderungen gemäß Euroklasse E. Nach alter Nomenklatur entsprach Styrodur C den Anforderungen an schwer entflammbare Baustoffe der Baustoffklasse B1 nach DIN 4108.

Nach Barbara Eder und Heinz Schulz: Biogas Praxis, ökobuch Verlag, Auflage 2006, soll eine oberirdisch angebrachte Wärmedämmung mindestens normal entflammbar entsprechend der Baustoffklasse B2 sein. Damit ist Styrodur C aus brandschutztechnischer Sicht für die Dämmung von Biogasanlagen geeignet.

4.2 Schutz gegen UV-Strahlen

Styrodur C ist ein Polystyrol-Hartschaumstoff, der wie die meisten Kunststoffe langfristig gegen die UV-Strahlen der Sonne geschützt werden muss. Die Oberfläche des Dämmstoffes kann beispielsweise mit Verkleidungen aus Holz oder Metall, Putzsystemen oder Vormauerungen abgedeckt werden. Beim Einsatz von Mörtelsystemen ist das „Merkblatt für den Einbau von extrudierten Polystyrol-Hartschaumstoffplatten“ www.fpx-daemmstoffe.de zu beachten.

In diesem Zusammenhang muss darauf geachtet werden, dass sich ausschließlich Styrodur 2800 C zum Anbetonieren und zum Verputzen eignet. Nur Styrodur 2800 C hat eine raue, waffelartig geprägte Oberflächenstruktur, die einen innigen Haftverbund zu Beton und Mörtel eingehen kann und Haftzugfestigkeiten von ca. 200 kPa erreicht. Alle anderen Styrodur C-Typen besitzen glatte Oberflächen und sind zum Anbetonieren, zum dauerhaften Verkleben mit mineralischen Klebemörteln und zum Verputzen nicht geeignet.

5. Dimensionierungshilfen zur Wärmedämmleistung von Biogasanlagen

Zur Reduzierung der Wärmeverluste und Temperaturschwankungen im Fermenter mit Wärmedämmschichten liegen Erfahrungswerte vor. Bei mesophiler Vergärung (ca. 35 °C) wird ein Wärmedurchgangskoeffizient (U-Wert) von 0,3 W/(m² · K) empfohlen. Bei thermophiler Vergärung (ca. 50 °C) ist ein U-Wert von 0,2 W/(m² · K) angemessen.

Hieraus ergeben sich Dämmschichtdicken von ca. 10 bis 18 Zentimetern. In der nachfolgenden Tabelle sind die U-Werte abhängig von der Dämmschichtdicke, Wärmeleitfähigkeit der Dämmplatten, ohne Berücksichtigung der Betonbehälterwand und mit den Wärmeübergangswiderständen für Gülle gegen Betonwand $R_i = 0,00$ (m² · K)/W und Dämmplatte gegen Erdreich $R_a = 0,00$ (m² · K)/W, berechnet. Unter Einbeziehung der unterschiedlich dicken Betonwände von Biogasanlagen reduzieren sich die U-Werte nochmals geringfügig.

Tabelle 6: U-Wert-Abhängigkeit von Wärmeleitfähigkeit und Dämmstoffdicke.

U-Werte W/(m ² · K) für verschiedene Dämmschichtdicken und Wärmeleitfähigkeiten					
Dämmschichtdicke [mm]	deklarierte Wärmeleitfähigkeit λ_D in W/(m · K)				
	0,032	0,034	0,036	0,038	0,040
80	0,40	0,43	0,45	0,48	0,50
100	0,32	0,34	0,36	0,38	0,40
120	0,27	0,28	0,30	0,32	0,33
140	0,23	0,24	0,26	0,27	0,29
160	0,20	0,21	0,23	0,24	0,25
180	0,18	0,19	0,20	0,21	0,22

Bei der Berechnung sind folgende Wärmeübergangswiderstände berücksichtigt:

$R_i = 0,00$ (m² · K)/W (Güllekontakt) und $R_a = 0,00$ (m² · K)/W (Erdkontakt)

Die deklarierte Wärmeleitfähigkeiten λ_D von Styrodur® C entspricht dem Stand des Druckdatums dieser Broschüre und kann unter www.styrodur.de, neben allen anderen Informationen, im Internet eingesehen werden.

Der Zusammenhang des Wärmeverlustes pro Quadratmeter Behälterfläche und Tag und dem Wärmedurchgangskoeffizienten, dem U-Wert, ist in der nachfolgenden Abbildung 4 (nach Perwanger) dargestellt. In der Berechnung für die erforderliche Dämmstoffstärke ist die Behälterwand nicht berücksichtigt. Die Wärmeleitfähigkeit des Dämmstoffes wurde mit 0,04 W/(m · K) gewählt und ist gleichbleibend gehalten. Berücksichtigt

sind für die Fermenterwand oberhalb der Gülle gegen die Außenluft die Wärmeübergangswiderstände $R_i = (0,13 \text{ m}^2 \cdot \text{K})/\text{W}$ und $R_a = (0,04 \text{ m}^2 \cdot \text{K})/\text{W}$.

Die Wärmeleitfähigkeiten λ_D von Styrodur C-Platten ist in Abhängigkeit von der Dämmstoffdicke in der Tabelle 7 angegeben.

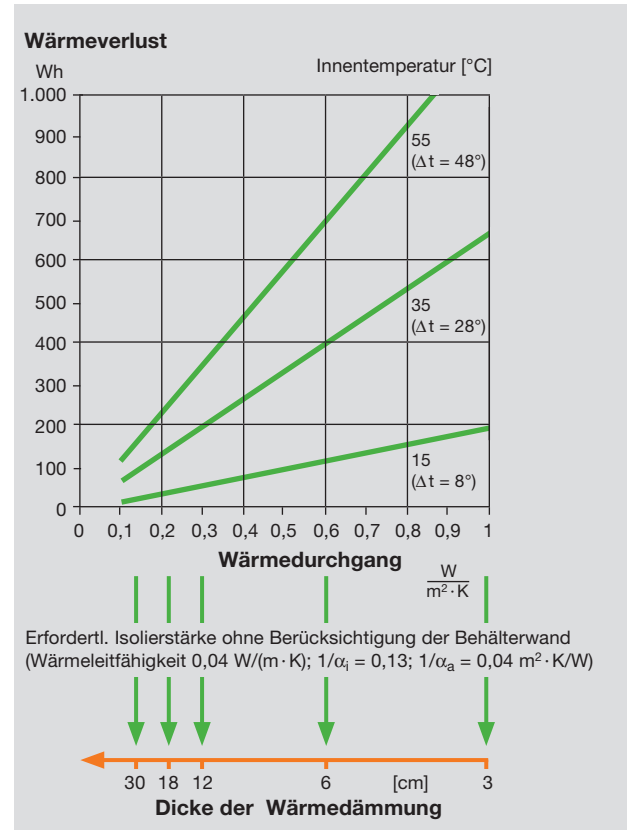


Abb. 5: Wärmeverluste in Abhängigkeit des U-Wertes nach Perwanger.

Styrodur C-Platten haben unterschiedliche Wärmeleitfähigkeitswerte, abhängig von der jeweiligen Plattendicke.

Tabelle 7: Deklarierte Wärmeleitfähigkeit λ_D nach Plattendicke.

Plattendicke in mm	deklarierte Wärmeleitfähigkeit λ_D in W/(m · K)
20	0,032
30	0,032
40	0,034
50	0,034
60	0,034
80	0,036
100	0,038
120	0,038
140	0,038
160	0,038
180	0,040

6. Technische Daten Styrodur® C

Eigenschaft	Einheit ¹⁾	Bezeichnungsschlüssel nach DIN EN 13164	2500 C	2800 C	3035 CS	3035 CN	4000 CS	5000 CS	Norm		
Kantenprofil											
Oberfläche			glatt	geprägt	glatt	glatt	glatt	glatt			
Länge x Breite	mm		1250 x 600	1250 x 600	1265 x 615	2515 x 615 ²⁾	1265 x 615	1265 x 615			
Rohdichte	kg/m ³		28	30	33	30	35	45	DIN EN 1602		
Wärmeleitfähigkeit	λ_D [W/(m·K)]		λ_D	λ_D	λ_D	λ_D	λ_D	λ_D	DIN EN 13164		
Wärmedurchlasswiderstand	R_D [m ² ·K/W]		R_D	R_D	R_D	R_D	R_D	R_D			
Dicke											
	20 mm	–	0,030	0,65	0,030	0,65	–	–	–	–	
	30 mm	–	0,031	1,00	0,031	1,00	0,031	1,00	0,031	1,00	
	40 mm	–	0,032	1,25	0,032	1,25	0,032	1,25	0,032	1,25	
	50 mm	–	0,033	1,55	0,033	1,55	0,033	1,55	0,033	1,55	
	60 mm	–	0,034	1,80	0,034	1,80	0,034	1,80	0,034	1,80	
	80 mm	–	–	–	0,035	2,35	0,035	2,35	0,035	2,35	
	100 mm	–	–	–	0,037	2,80	0,037	2,80	–	0,037	2,80
	120 mm	–	–	–	0,038	3,30	0,038	3,30	–	0,038	3,30
	140 mm	–	–	–	–	–	0,038	3,70	–	–	–
	160 mm	–	–	–	–	–	0,038	4,20	–	–	–
	180 mm	–	–	–	–	–	0,040	4,55	–	–	–
Druckfestigkeit oder Druckspannung bei 10 % Stauchung	kPa	CS(10\Y)	200	200	300	250	500	700	DIN EN 826		
Zulässige Druckspannung für Dauerbelastung 50 Jahre und Stauchung < 2 %	kPa	CC(2/1,5/50)	80	80	130	100	180	250	DIN EN 1606		
Bemessungswert der Druckspannung unter Gründungsplatten	σ_{zul}	–	–	–	130 ³⁾	–	180	250	DIBT Z-23.34-1325		
	f_{cd}	–	–	–	185	–	255	355			
Haftfestigkeit auf Beton	kPa	TR 200	–	> 200	–	–	–	–	DIN EN 1607		
Elastizitätsmodul	Kurzzeit E	CM	10.000	15.000	20.000	15.000	30.000	40.000	DIN EN 826		
	Langzeit E50		–	–	5.000	–	10.000	14.000			
Dimensionsstabilität 70 °C; 90 % r.F.	%	DS(TH)	≤ 5 %	≤ 5 %	≤ 5 %	≤ 5 %	≤ 5 %	≤ 5 %	DIN EN 1604		
Verformungsverhalten: Last 40 kPa; 70 °C	%	DLT(2)5	≤ 5 %	≤ 5 %	≤ 5 %	≤ 5 %	≤ 5 %	≤ 5 %	DIN EN 1605		
Linearer Wärmeausdehnungskoeffizient	Längsrichtung	–	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	DIN 53752		
	Querrichtung	–	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06			
Brandverhalten ⁴⁾	Euroklasse	–	E	E	E	E	E	E	DIN EN 13501-1		
Wasseraufnahme bei langzeitigem Untertauchen	Vol.-%	WL(T)0,7	0,2	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	DIN EN 12087		
Wasseraufnahme im Diffusionsversuch	Vol.-%	WD(V)3	≤ 3	≤ 5	≤ 3	≤ 3	≤ 3	≤ 3	DIN EN 12088		
Wasserdampfdiffusionswiderstandszahl (dickenabhängig)		MU	200 – 100	200 – 80	150 – 50	150 – 100	150 – 80	150 – 100	DIN EN 12086		
Wasseraufnahme nach Frost/Tau-Wechselbeanspruchung	Vol.-%	FT2	≤ 1	≤ 1	≤ 1	≤ 1	≤ 1	≤ 1	DIN EN 12091		
Anwendungsgrenztemperatur	°C	–	75	75	75	75	75	75	DIN EN 14706		

¹⁾ N/mm² = 1 MPa = 1.000 kPa

²⁾ Dicke 30 und 40 mm: 2510 x 610 mm

³⁾ bei mehrlagiger Verlegung: 100 kPa

⁴⁾ Baustoffklasse DIN 4102-B1

Informationen zu Styrodur® C

- **Produktbroschüre: Europe's Green Insulation**
- **Anwendungen**
 - Kellerdämmung/Perimeterdämmung
 - Druckbeanspruchte Anwendungen und Bodendämmung
 - Wanddämmung
 - Deckendämmung
 - Dachdämmung
- **Sonderthemen**
 - Sanieren und Modernisieren
 - Passivhaus
 - Wärmedämmung von Biogasanlagen
 - Dreilagige Bodenplattendämmung im Passivhaus
 - Styrodur® 2500 CNS – Bodendämmung unter Fußbodenheizungen
- **Technische Daten**
 - Anwendungsempfehlungen und Technische Daten
 - Technische Daten und Dimensionierungshilfen
 - Zulassungen
- **Angaben zur chemischen Beständigkeit**
- **Styrodur C-Film: Europa dämmt grün**
- **Styrodur C-Film: Sanieren und Modernisieren**
- **Styrodur C: Planungsordner**
- **Styrodur C: Planungsordner auf CD-Rom**
- **Webseite: www.styrodur.de**

BASF SE

Performance Polymers Europe
67056 Ludwigshafen
Deutschland

www.styrodur.de