

Bauphysik – Überblick**Feuchteschutz**

DIN 4108-03

 f_{Rsi} -Wert S_d -Wert**Luftdichtheit**

DIN 4108-7

 N_{50} -Wert**Wärmeschutz**

DIN V 4108-06

DIN V 18599

U-Wert

 λ -Wert Ψ -Wert**Schimmelrisiko**

Bauschäden

GEG-Nachweis

KfW-Effizienzhaus

Oberflächentemperatur

relevant für die Bewertung der

„Qualität“

 Ψ -Wert

Korrektur für die

„Energie-Bilanz“

Bild 1: Übersicht zu Wärmebrücken

Warum selbst Fachleute am Bau mit Wärmebrücken manchmal Schwierigkeiten haben, könnte daran liegen, dass man sie unter normalen Bedingungen nicht sehen kann. Das ist in der Regel nur mit technischen Hilfsmitteln wie der Infrarotthermografie möglich.

Wenn die entsprechenden Randbedingungen vorhanden sind und Feuchtigkeit an den kälteren Oberflächen kondensiert, werden Wärmebrücken auch mit dem bloßen Auge sichtbar. Die folgende Aufnahme zeigt diesen Effekt am Beispiel eines „Standard-Ziegelbaus“ mit Rollladenkasten, Ziegelsturz und Ringanker im Bereich von First und Ortgang. Die Bauteile sind außen mit einer Dämmschürze isoliert.



Bild 2: Standard-Ziegelbau (2017) in der Bauphase; durch Tauwasser auf dem Putz zeichnen sich Wärmebrücken ab

Dass sich die Wärmebrücken in dieser Art abzeichnen, liegt an der hohen Luftfeuchte, die durch das Trocknen des Estrichs entsteht, und der Innentemperatur von ca. 5 °C bei 0 °C Außentemperatur.

Hinweis für die Praxis

Für die Planung hochwertiger Gebäude werden wir uns nur selten mit Mindestanforderungen zufriedengeben. Vielmehr können wir die einzuhaltenden Größen als Qualitätsmaßstab verstehen.

Beispielsweise wird die minimal geforderte innere Oberflächentemperatur von $\Theta_{si} = 12,6 \text{ °C}$ (unter Normbedingungen DIN 4108-2) als nicht behaglich bewertet werden. Dagegen kann mit guten Detailausführungen auch an Wärmebrückenpunkten $\Theta_{si} = 19,5 \text{ °C}$ erreicht werden. Die hohe Oberflächentemperatur kommt durch einen sehr geringen Wärmestrom im Bereich der Wärmebrücke zustande.

Die Bezeichnung „wärmebrückenfreies Bauen“, die vor allem durch das Passivhausinstitut geprägt wurde, bezieht sich nicht direkt auf die einzelne Wärmebrücke, da sich im Bereich der Wärmebrücke in der Regel immer ein zusätzlicher Wärmestrom einstellt.

Bei dem Begriff geht es darum, dass bezogen auf das ganze Bauprojekt der zusätzliche Wärmeverlust aller Wärmebrücken H_{TWB} in der Summe null ergibt. Das bedeutet für die Bauteile, dass in der Energiebilanz keine zusätzlichen Wärmeverluste durch Wärmebrücken entstehen. Verluste und Einsparungen durch Wärmebrücken gleichen sich im besten Fall gegenseitig aus.

In der Energiebilanz werden Ψ -Werte der Wärmebrücken und die dazugehörigen Einflusslängen betrachtet. Ein größerer Wärmeverlust kann damit für einen sehr kleinen Einflussbereich toleriert werden. Für Anschlüsse mit großen Einflusslängen zahlt sich eine Optimierung besonders aus.

Entstehung und Auswirkungen von Wärmebrücken

Durch die Hülle eines Baukörpers fließt immer eine bestimmte, als sog. Wärmestrom bezeichnete Wärmemenge ab. Wird dieser gleichmäßige Wärmeabfluss signifikant verändert, entstehen sog. Wärmebrücken. Dort fließt ein erhöhter Wärmestrom, in dessen Folge die Temperaturen auf der Innenseite der Konstruktion sinken. So kann sich dort Tauwasser bilden.

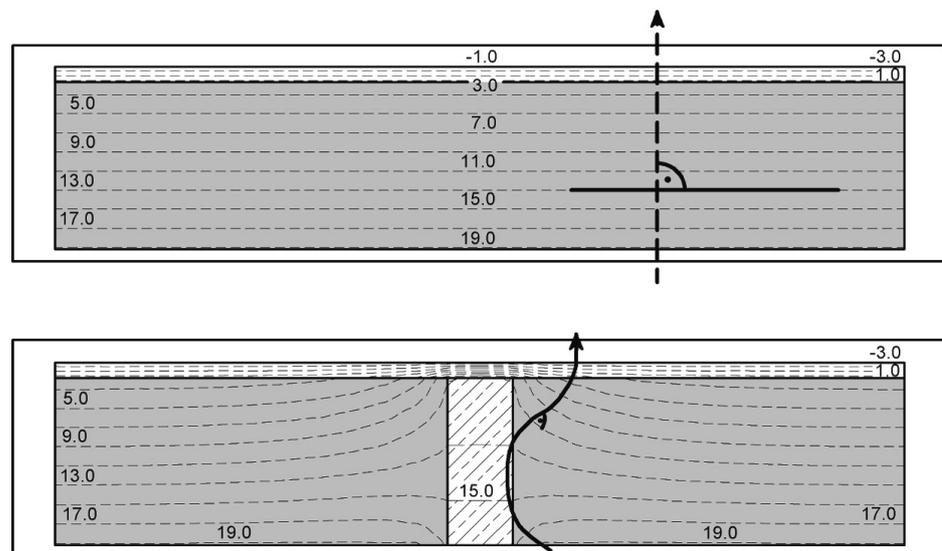


Bild 3: Wärmeströme im Bereich eines ungestörten Bauteils und im Bereich einer Stütze

Wärmebrücken treten in vielfältigen Formen in allen Bereichen der Gebäudehülle auf, im Neubau genauso wie im Gebäudebestand.

Typische Wärmebrücken

Wärmebrücken entstehen aus unterschiedlichen Gründen und werden entsprechend dieser Typen eingeordnet bzw. klassifiziert:

Konstruktionsbedingte Wärmebrücken entstehen durch eine Konstruktionsänderung im Bereich von Anschlusspunkten verschiedener Bauteile wie z.B.:

- Bodenplatte/Außenwand
- Rollladenkästen
- auskragende Bauteile wie z.B. Balkonplatten
- Geschossdecke/Außenwand
- Veränderungen der Materialstärke des Bauteils, z.B. die Heizkörpernische

Konstruktionsbedingte Wärmebrücken

Materialbedingte Wärmebrücken sind gekennzeichnet durch Materialwechsel innerhalb von Bauteilen, z.B.:

- das Auflager der Stahlbetondecke in einer Mauerwerkswand
- das Einbinden einer Mauerwerkswand in eine Dachkonstruktion
- Stahl- oder Stahlbetonstützen innerhalb von Mauerwerkswänden

Materialbedingte Wärmebrücken

Geometrische Wärmebrücken entstehen in Bereichen mit unterschiedlich großen Innen- und Außenflächen, z.B. an den Außenecken:

Geometrische Wärmebrücken

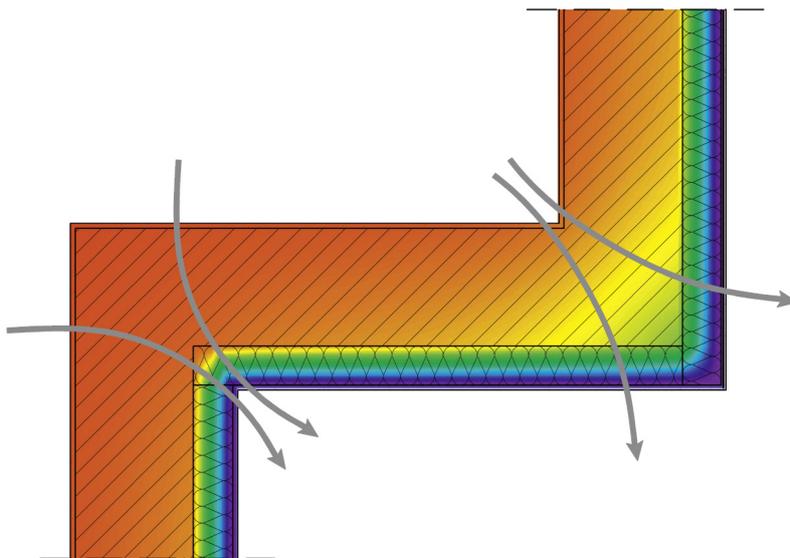


Bild 4: Außenecke als geometrische Wärmebrücke

Mischformen von Wärmebrücken

Oft treten zwei oder mehrere dieser Ursachen im Bereich eines Bauteilgefüges auf, man spricht dann von Mischformen.

Wärmebrücken in Mischformen finden sich z.B.:

- im Bereich einer Attika (Bild 5)
- im Bereich auskragender Erker oberhalb eines Fensters (Bild 6)

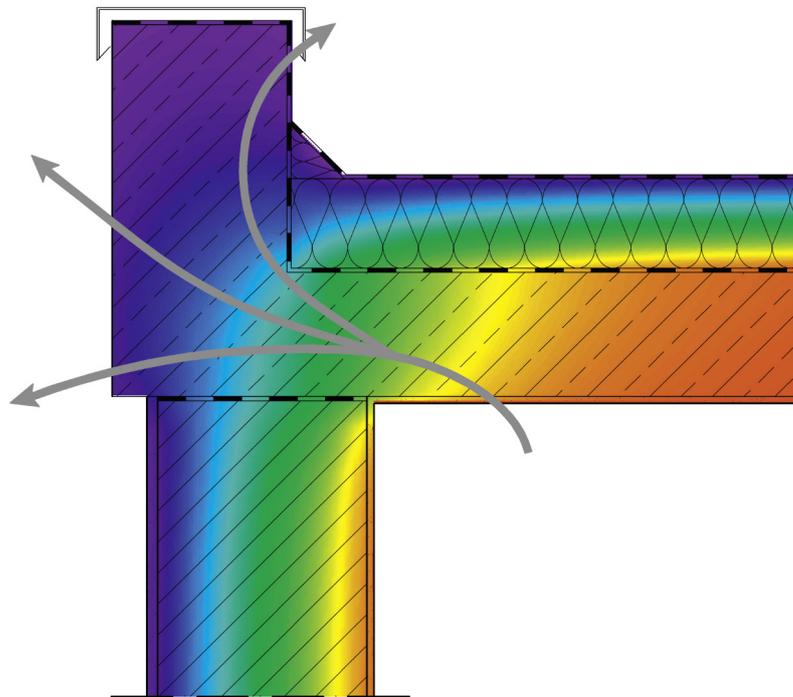


Bild 5: Attikaanschluss

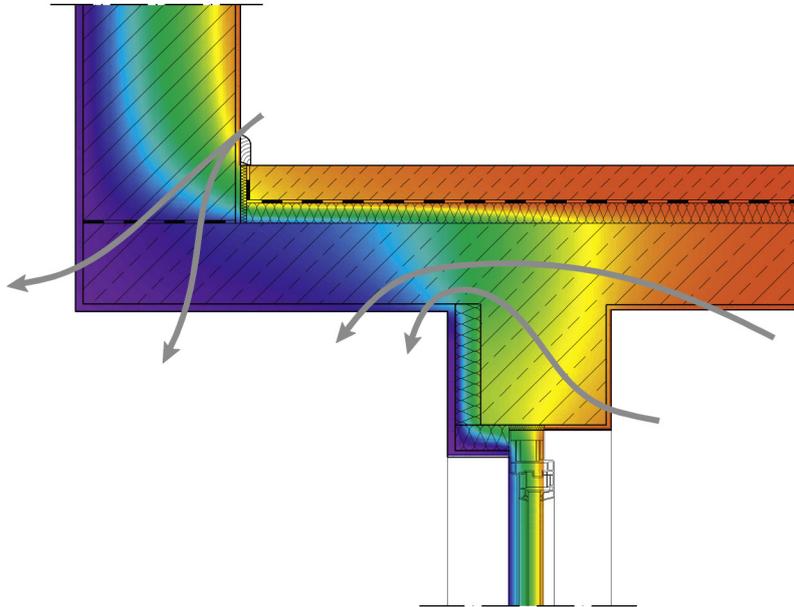


Bild 6: Auskragender Erker

Wärmebrücken können durchaus auch punktförmig in Erscheinung treten. Beispiele dafür sind:

- Tellerdübel in Wärmedämmverbundsystemen
- dämmschichtdurchstoßende, auskragende Teile von Stahl- oder Holzkonstruktionen
- Mauerwerksanker
- betonierte Einzelkragarme
- in eine Außenwand einbindende Deckenbalkenköpfe

Einen weiteren Sonderfall stellen sog. dreidimensionale Wärmebrücken dar. Diese entstehen, wenn zwei linienförmige Wärmebrücken aufeinandertreffen, wie das z.B. im Schnittpunkt zweier Außenwände im Bereich einer Deckenplatte der Fall ist (Punkt C in Bild 6). Bedeutet die zweidimensionale Wärmebrücke schon eine thermische Schwächung, so verstärkt sich am Schnittpunkt die Schwächung zusätzlich.

Sonderfall punktförmige Wärmebrücken

Dreidimensionale Wärmebrücken

4/1 Verschiedene Nachweis- und Berechnungsverfahren

Je nach Gebäudetyp wie

- Wohngebäude,
- Nichtwohngebäude,
- kleine Gebäude,

sowie Art und Umfang der baulichen Maßnahme wie

- Neubau,
- Umbau,
- Erweiterung,

werden verschiedene Nachweis- bzw. Berechnungsverfahren angewendet.

Berechnungsverfahren für zu errichtende Gebäude (Neubau)

Neubau Wohngebäude

Als Bestandteil der Bauantragsverfahren sind regelmäßig sog. bautechnische Nachweise über die Einhaltung des Wärmeschutzes zu führen. Die Berechnung gemäß den Vorgaben des GEG erfüllt diese Anforderung.

Bei Wohngebäuden ist die Einhaltung von Grenzwerten nachzuweisen für

- den Jahres-Primärenergiebedarf für Heizung, Warmwasserbereitung, Lüftung und ggf. Kühlung,
- die Transmissionswärmeverluste der umfassenden Hüllflächen,
- den sommerlichen Wärmeschutz,
- den zumindest teilweisen Einsatz erneuerbarer Energien bzw. ggf. notwendiger Ersatzmaßnahmen.

Neubau Nichtwohngebäude

Entsprechend ist bei Nichtwohngebäuden die Einhaltung von Grenzwerten nachzuweisen für

- den Jahres-Primärenergiebedarf für Heizung, Warmwasserbereitung, Lüftung, Kühlung und Beleuchtung,
- die wärmeübertragende Umfassungshülle
- den sommerlichen Wärmeschutz,
- den zumindest teilweisen Einsatz erneuerbarer Energien bzw. ggf. notwendiger Ersatzmaßnahmen.

Grundsätzliche Berechnungsmodelle

Zur Berechnung des Jahres-Primärenergiebedarfs sind gemäß GEG folgende Verfahren möglich:

- Berechnung gemäß DIN V 18599:2018 für Wohn- und Nichtwohngebäude
- Für nicht gekühlte Wohngebäude kann bis 31.12.2023 alternativ das Monatsbilanzverfahren angewendet werden. Dieses Berechnungsverfahren basiert auf der DIN V 4108-6:2003-06, geändert durch DIN V 4108-6 Berichtigung 1:2004-03, in Verbindung mit DIN V 4701-10:2003-08.

Vereinfachte Berechnungsmodelle

Wohngebäude

Das GEG beschreibt für geplante Wohngebäude ein alternatives Nachweismodell. In Anlage 5 Nr. 1 bis 3 sind Voraussetzungen und Ausführungsvarianten hinsichtlich des Wärmeschutzes und der technischen Anlagen beschrieben. Eine Berechnung ist bei Einhaltung der in Anlage 5 beschriebenen Modelle nicht notwendig.

Das Nachweismodell gleicht dem bisher schon bekannten Modellgebäudeverfahren „EnEV-Easy“.

Nichtwohngebäude

Üblicherweise werden Bereiche und Räume in Nichtwohngebäuden je nach technischer Ausstattung und Nutzung in Zonen aufgeteilt und dann berechnet. Für bestimmte Gebäude ist eine vereinfachte Einzonnenmodellberechnung möglich. Details dazu werden in § 32 GEG geregelt. Vor allem Schulen, Kindergärten, Turnhallen, Bürogebäude

6/2 Kostengruppe 330 Außenwände/ Vertikale Baukonstruktionen, außen

6/2.1 Außenwände

6/2.1.1 Außenwände – Anforderungen

Die Außenwände bilden in der Regel den flächenmäßig größten Teil der Hüllfläche eines Gebäudes. Entsprechend muss diesen aus energetischer Sicht eine große Bedeutung beigemessen werden.

An Außenwände werden neben statischen und architektonischen Ansprüchen diverse bauphysikalische Anforderungen gestellt. Zu den bauphysikalischen Anforderungen zählen vorrangig:

- Wärmeschutz (sommerlicher und winterlicher)
Neben den Anforderungen des GEG gibt die DIN 4108 die Mindestanforderungen vor.
- Luftdichtheit
- Feuchteschutz
DIN 18533 Abdichtung von erdberührten Bauteilen
- Schlagregenschutz
- Spritzschutz
- Schallschutz
- Brandschutz

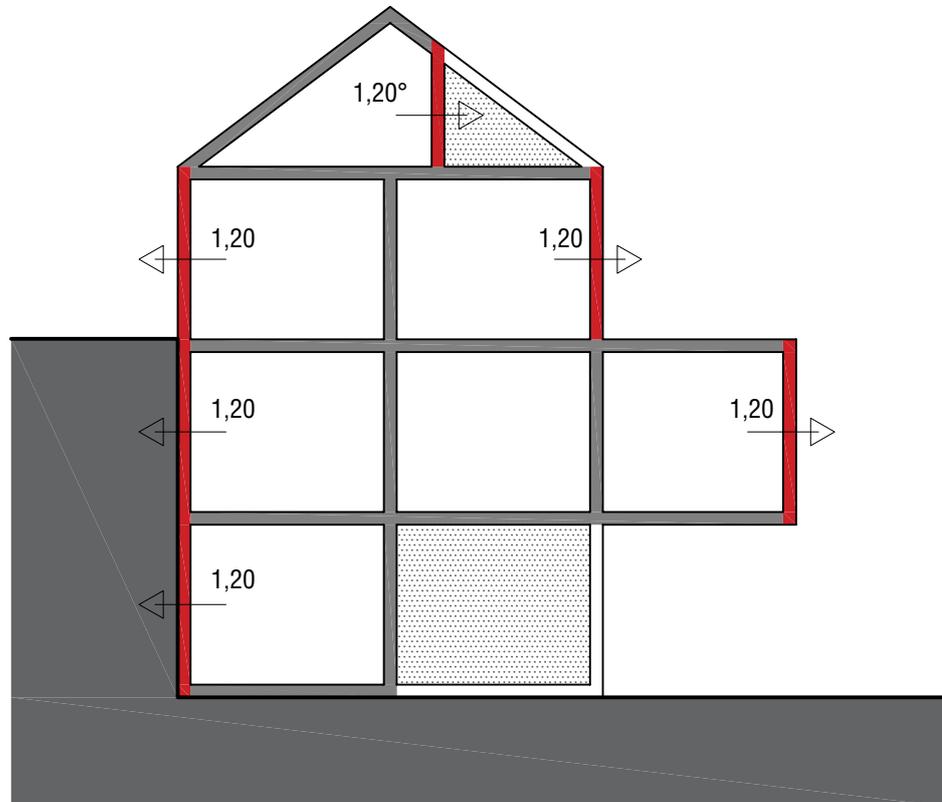


Bild 1: Wärmedurchlasswiderstände nach DIN 4108-2: Wände von Aufenthaltsräumen, die an die Außenluft, das Erdreich und gegen Bodenräume/Durchfahrten/offene Hausflure etc. abgrenzen

Anforderungen an den Wärmeschutz

Die einzuhaltenden Grenzwerte an die Wärmedurchgangskoeffizienten und weitere Anforderungen sind im GEG geregelt.

Hinweis für die Praxis

Unterschiedliche Konstruktionsarten von Außenwänden werden mit Ausnahme von Vorhangfassaden (Pfosten-Riegel-Fassaden) bei Nichtwohngebäuden im GEG nicht berücksichtigt.

Mindestwärmeschutz

Der Mindestwärmeschutz nach DIN 4108 ist in allen Teilen nachzuweisen. Er muss an jeder Stelle vorhanden sein. Dies gilt auch z.B. von Heizkörpernischen, Pfeilern oder Fensterstürzen.

DIN 4108-3 enthält Ausführungsbeispiele für Außenwandbauteile, für die kein rechnerischer Tauwassernachweis erforderlich ist. Konstruktionen, die hier nicht aufgeführt sind, sollten auf ihr Diffusionsverhalten

gegenüber Wasserdampf untersucht werden, um die Gefahr des schädlichen Tauwasserausfalls im Bauteil zu erkennen.

Wärmebrücken sind außerdem zu berücksichtigen, da durch sie zusätzliche Wärmeverluste entstehen. Es gibt geometrische und konstruktive Wärmebrücken. Zu den geometrischen Wärmebrücken gehören z.B. Gebäudeecken. Konstruktive Wärmebrücken entstehen durch Unterbrechung oder Schwächung der Wärmedämmung. Die Wärmeverluste von Wärmebrücken werden mithilfe von Wärmebrückenverlustkoeffizienten (ψ -Werte) beschrieben, welche als Korrekturfaktoren bezogen auf die zugrunde liegende Konstruktion zu sehen sind. Der Einfluss der Wärmebrücken ist bei der Ermittlung des Jahres-Primärenergiebedarfs je nach verwendetem Berechnungsverfahren zu berücksichtigen. DIN 4108 Beiblatt 2 beinhaltet Musterlösungen für gängige Wärmebrücken. Soweit bei der Berechnung Gleichwertigkeitsnachweise zu führen sind, ist dies für solche Wärmebrücken nicht erforderlich, bei denen die angrenzenden Bauteile kleinere Wärmedurchgangskoeffizienten aufweisen, als die DIN 4108 Beiblatt 2 dies vorgibt.

Prinzipiell sind Gebäude so auszuführen, dass die wärmeübertragenden Umfassungsflächen und ihre Fugen dauerhaft luftundurchlässig sind. Der Luftvolumenstrom darf die Werte in Tabelle 1 nicht überschreiten.

Luftdichtheit

Tabelle 1: Höchstwerte für den Luftvolumenstrom bei einer Bezugsdruckdifferenz zwischen innen und außen von 50 Pa

	Luftvolumenstrom [m ³ /h]
Gebäude ohne raumluftechnische Anlagen	3,0 4,5 ^{a)}
Gebäude mit raumluftechnischen Anlagen	1,5 2,5 ^{a)}
^{a)} Luftvolumenstrom, bezogen auf die Hüllfläche des Gebäudes, abweichend gültig für: <ul style="list-style-type: none"> ■ Wohngebäude (Jahres-Primärenergiebedarf nach DIN V 18599 berechnet) mit einem Luftvolumen > 1500 m³ ■ Nichtwohngebäude mit einem Luftvolumen aller konditionierten Zonen nach DIN V 18599-1 von insgesamt > 1500 m³ 	

Hinweis für die Praxis

Mangelnde Luftdichtheit stellt einen Verstoß gegen die anerkannten Regeln der Technik dar.

Feuchteschutz

Zum Schutz des Bauteils gegen die Einwirkungen von Wasser sind die Anforderungen der Normenreihe DIN 18533 „Abdichtung von erdbe-rührten Bauteilen“ zu berücksichtigen.

Die DIN 18533-1 unterscheidet vier Wassereinwirkungsklassen. Einige Wassereinwirkungsklassen werden zusätzlich in Unterkategorien unterteilt.

Tabelle 2: Wassereinwirkungsklassen nach DIN 18533

Wassereinwirkungsklasse		Bedingungen
Bodenfeuchte und nicht drückendes Wasser	W1-E	<p>Bodenfeuchte</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ kapillargebundenes und durch Kapillarkräfte transportiertes Wasser <p>nicht drückendes Wasser bei stark wasserdurchlässigem Baugrund</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Anfallendes Wasser in tropfbar flüssiger Form kann bis zum freien Grundwasserstand absickern. ■ keine Aufstauung (auch nicht nur vorübergehend) ■ gut wasserdurchlässige Böden, $k > 10^{-4}$ m/s ■ Mindestabstand zum HGW/HHW von 50 cm <p>nicht drückendes Wasser mit Dränung</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ wenig wasserdurchlässige Böden mit $k < 10^{-4}$ m/s mit funktionsfähiger Dränung