

Verringerung der Verluste der Gebäudehülle

Minimierung von Wärmebrücken

Was ist eine Wärmebrücke?

3.3.1

Eine Wärmebrücke ist ein Teil der Gebäudehülle, wo der ansonsten normal zum Bauteil auftretende Wärmestrom deutlich verändert wird.

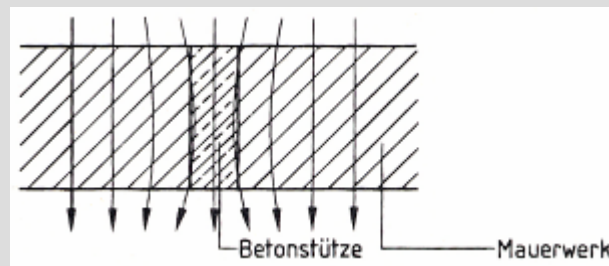
Stoffbedingte bzw. konstruktive Wärmebrücke:

- Volle oder teilweise Durchdringung der Gebäudehülle durch Baustoffe mit unterschiedlicher Wärmeleitfähigkeit.

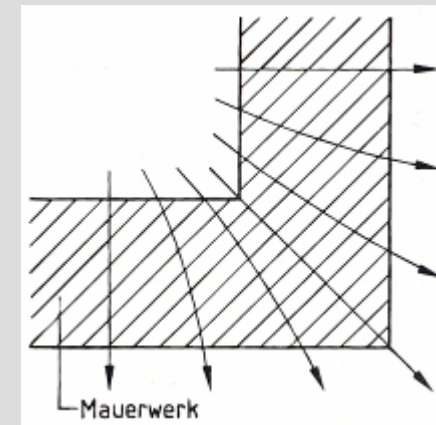
Form- oder geometriebedingte Wärmebrücke:

- Wechsel in der Dicke der Baustoffe und/oder
- unterschiedliche Größe der Innen- und Außenoberfläche, wie dies bei Wänden, Fußböden, Decken und Anschlüssen auftritt (z.B. Ecken, Übergang Wand – Dach, ...)

Stoffbedingte
bzw.
konstruktive
Wärmebrücke



Form- oder
geometriebedingte
Wärmebrücke



Quelle: EN ISO 10211-1, Grafiken: Lutz, Handbuch der Bauphysik

Auswirkungen von Wärmebrücken

3.3.2

Direkte Auswirkungen von Wärmebrücken:

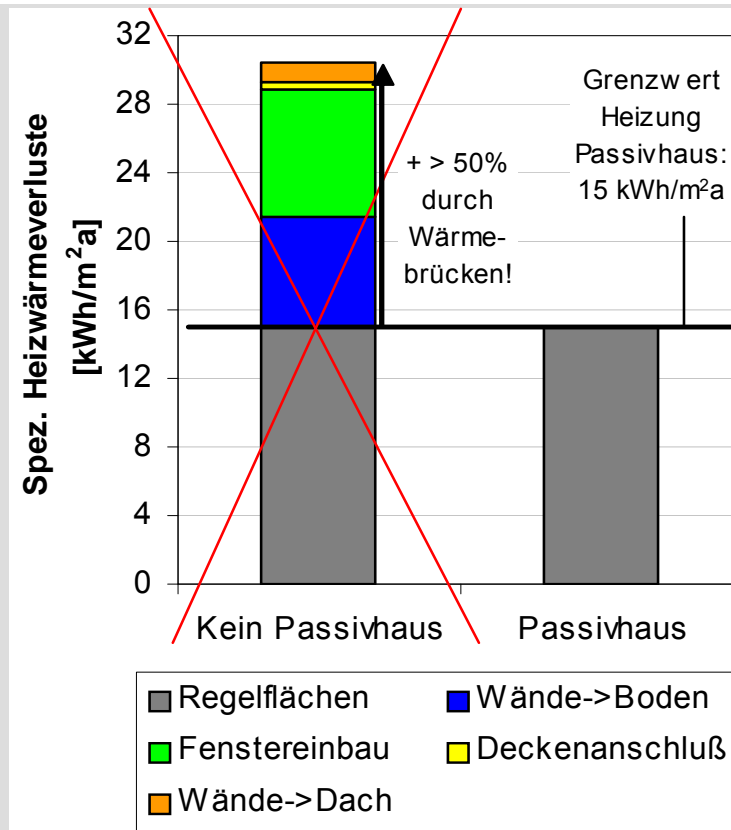
- Änderung des Wärmestromes mit im allgemeinen erhöhten Wärmeverlusten.
- Verringerte Oberflächentemperatur im Bereich der Wärmebrücke verglichen mit den anderen, ebenen Außenflächen.

Damit ergeben sich durch Wärmebrücken:

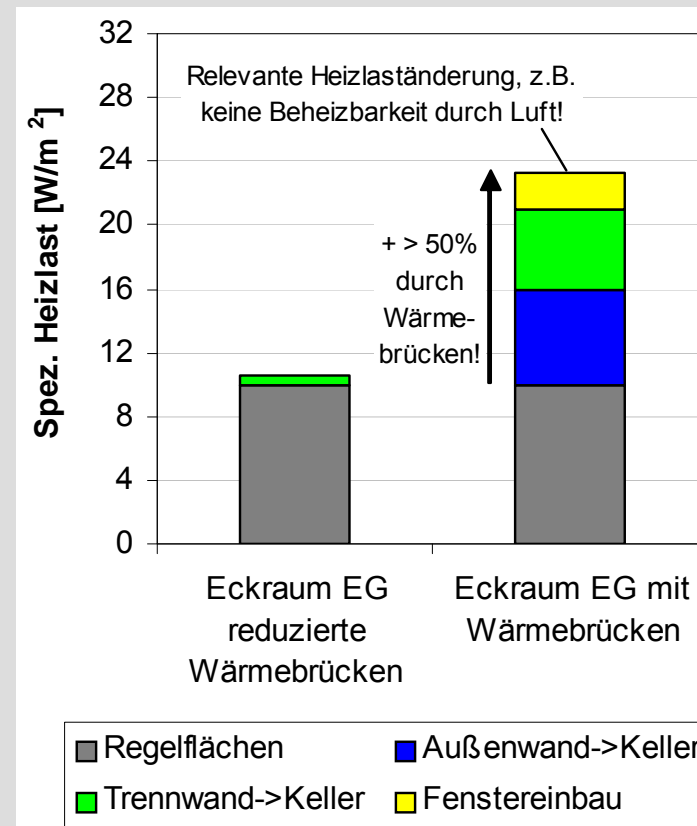
- Höhere Heizlast, höherer Heizwärmebedarf, höhere Heizenergiekennzahl.
- Komfortminderung durch niedrige Innenoberflächentemperaturen, höheres Risiko von Kaltluftabfall und Behaglichkeitsproblemen durch Zugluft.
- Risiko Kondensat- und Schimmelbildung an Innenoberflächen.
- Erhöhte Staubablagerungen durch höhere Luft- und Bauteilfeuchte im Wärmebrückenbereich.

Wärmeverluste durch Wärmebrücken

3.3.3



Heizenergieverluste > 50% durch
Wärmebrücken möglich!

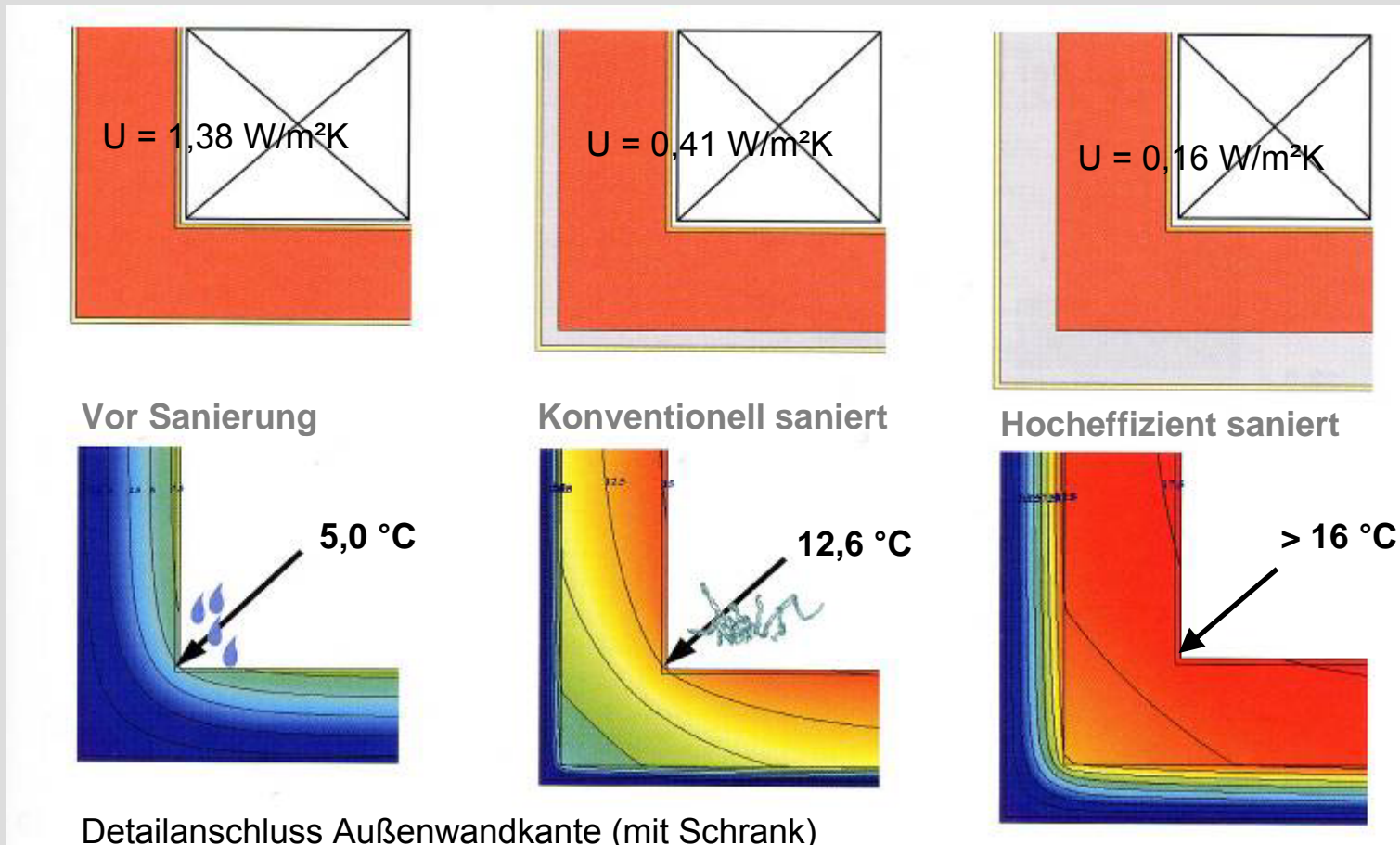


Beheizbarkeit i.b. in Rand-/Eckbereichen
bei Wärmebrücken kritisch!

Quellen: Passivhausinstitut Protokollband 16 „Wärmebrückenfreies Konstruieren“; C.Muss

Änderung der Innenoberflächentemperatur

3.3.4



Quelle: Passivhausinstitut

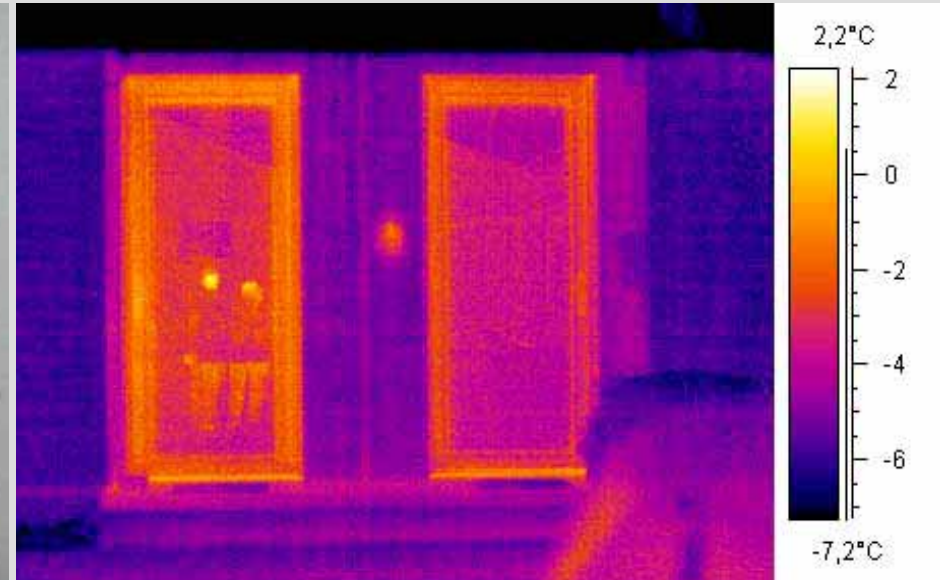
Bauschäden durch Wärmebrücken, Thermografieaufnahmen

3.3.5



Schimmelbefall in unsanierter Raumecke durch deutliche Wärmebrücke

Quelle: Schulze Darupp



Thermografieaufnahme zur Messung von Wärmebrücken, hier:

- Fensterrahmen
- Leitungsdurchdringung neben dem Fenster

Quelle: Energieinstitut Vorarlberg

Beurteilung Wärmebrücken, Schutzmaßnahmen

3.3.6

Die Beurteilung von Wärmebrücken und die Wahl von Schutzmaßnahmen zur Verhinderung und/oder Minimierung von Wärmebrücken erfolgen aufgrund von:

- Langjähriger Erfahrung, Regeln der Technik -> Passivhaus: spezielles Know –How erforderlich!
- Fachliteratur, Nachschlagewerke z.B. Wärmebrückenatlanten -> Passivhaus: bereits gemäß Passivhausanforderungen optimierte und berechnete Details.
- Rechnerische Untersuchungen (Wärmebrückenberechnungsprogramme).

Passivhausbau:

Höhere Anforderungen -> „gängige“ bautechnische Details in der Behandlung von Wärmebrücken generell neu zu bewerten!

Regeln zur Verringerung von Wärmebrückeneffekten

3.3.7

Vermeidungsregel:

- Wo möglich, die dämmende Hülle nicht durchbrechen

Durchstoßungsregel:

- Wenn eine unterbrochene Dämmschicht unvermeidbar ist, so sollte der Wärmedurchgangswiderstand in der Dämmebene möglichst hoch sein. Also z.B. Verwendung von Porenbeton oder noch besser Holz statt Ziegel oder Stahlbeton.

Anschlussregel:

- Dämmlagen an Bauteilanschlüssen lückenlos ineinander überführen – Anschluss in der vollen Fläche.

Geometrieregeln:

- Kanten mit möglichst stumpfen Winkeln wählen.

Tipp: punktuelle Wärmebrücken sind i.a. weniger relevant als lineare Wärmebrücken -> lineare Durchdringungen auf statisch notwendige punktuelle Durchdringungen reduzieren.

Quelle: Passivhausinstitut, Protokollband 16 „Wärmebrückenfreies Konstruieren“ bzw. [Feist 1992]

Einberechnung von Wärmebrücken

3.3.8

Für jede ebene Fläche des Gebäudes gilt:

$$L = U \cdot A + \sum \psi_i \cdot l_i + \sum \chi_j$$

- L .. Gesamtleitwert der ebenen Fläche [W/K]
- ψ .. Lineare Wärmebrückenverlustkoeffizienten [W/mK]
- χ .. Punktuelle Wärmebrückenverlustkoeffizienten [W/K]

Die Wärmebrückenverlustkoeffizienten geben bezogen auf die Länge der Wärmebrücke (linearer Wärmebrückenverlustkoeffizient ψ) bzw. bezogen auf einen Punkt (punktuelle Wärmebrückenverlustkoeffizient χ) den Wärmeverlust wieder, der zusätzlich zum Wärmeverlust durch die ebene Fläche ohne Berücksichtigung von Wärmebrücken auftritt.

Außenmaßbezogene Wärmebrücken

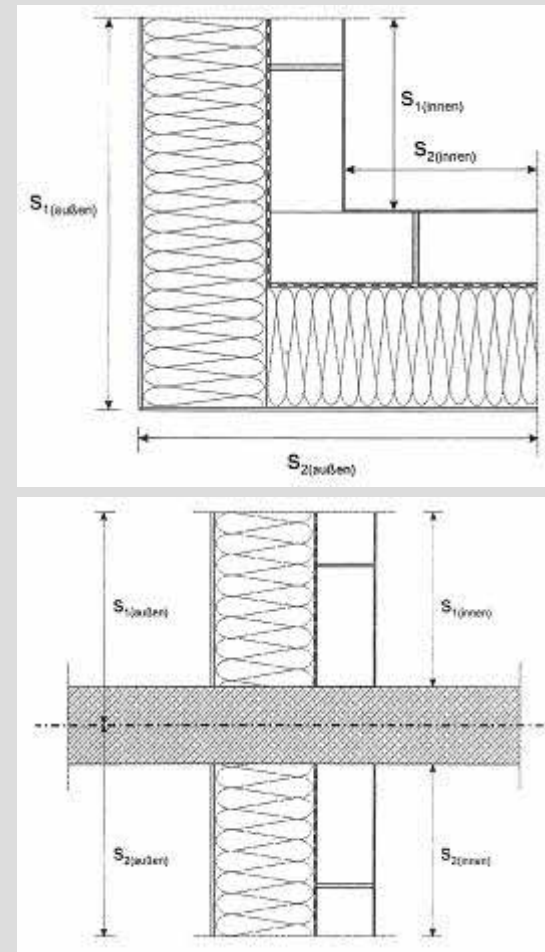
3.3.9

Bezug auf Außen- bzw. Innenabmessungen:

- Regelbauteil/Fläche wird mit Außenabmessungen bzw. Innenabmessungen berechnet.
- Wärmebrückenberechnung: zusätzlicher Wärmeverlust durch Wärmebrücke.
- Vorteil Innenbezug: Raumzuordnung möglich.
- Vorteil Außenbezug: keine separate Berechnung für Wand- und Deckeneinmündungen bei durchgehender Dämmebene!

Passivhaus:

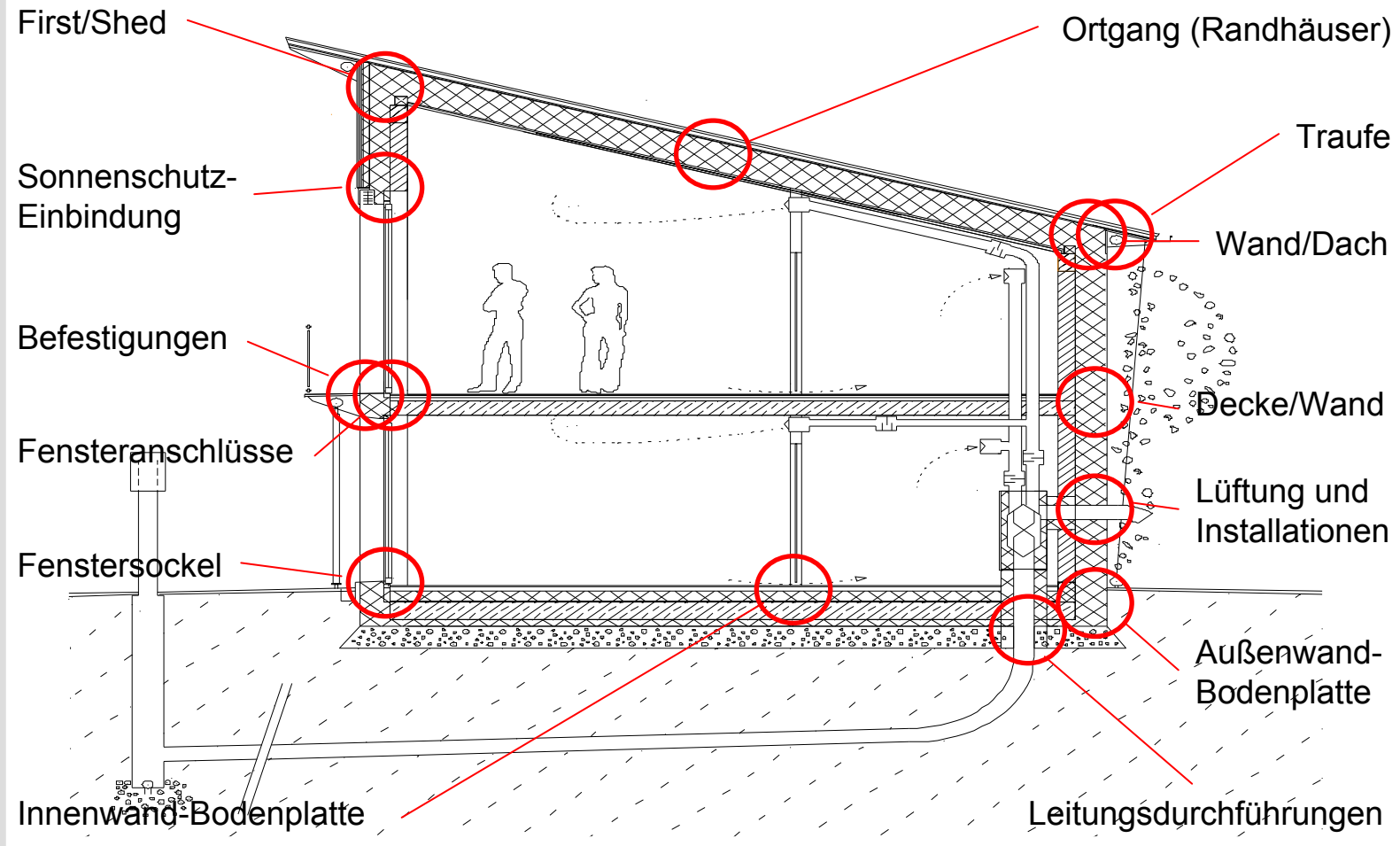
- Außenbezug -> bei gut gedämmten Anschlüssen sind negative ψ -Werte möglich
- Außenbezug der Regelflächen beinhaltet in erster Näherung minimierte Wärmebrücken mit $\psi < 0.01 \text{ W/mK}$.



Quelle: PHI, Protokollband 16

Schwachstellen der Gebäudehülle

3.3.10



Quelle: Passivhausliteratur

Passivhausanforderung: wärmebrückenfreies Konstruieren

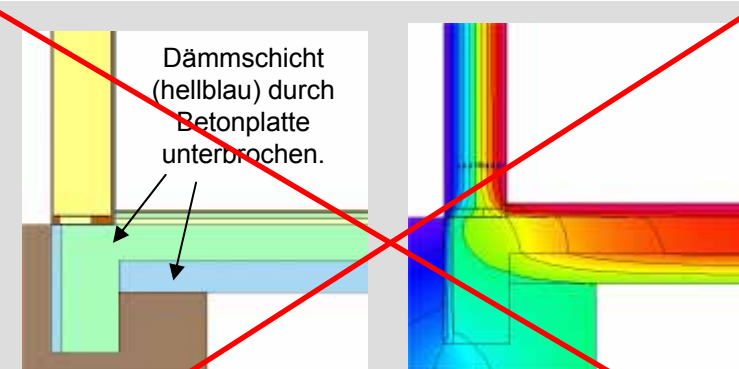
3.3.11

Bedingung für „wärmebrückenfreies Konstruieren“:

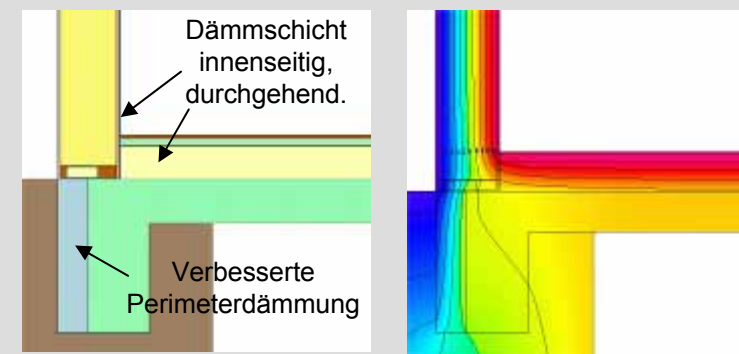
$$\Psi_{\text{(außenmaßbezogen)}} < 0.01 \text{ W/mK}$$

- Beiträge der Wärmebrücken „vernachlässigbar gering“.
- Keine Gesamtberechnung über alle Wärmebrücken nötig.
- Wärmebrücken in der Berechnung der Regelflächen über Außenabmessungen enthalten.

Separat: regelmäßige Wärmebrücken z.B. Befestigungsanker für Dämmung oder Holzkonstruktion in Holzständerwand.



Wärmebrückenverlustkoeffizient 0,143 W/mK entspricht 1,20 m zusätzlicher Wandhöhe!



Wärmebrückenverlustkoeffizient = -0,05 W/mK
-> Kriterium $\psi < 0.01 \text{ W/mK}$ erfüllt!

Quelle: Energieinstitut Vorarlberg

Wärmebrückenfreies Konstruieren: die „Stiftregel“

3.3.12

Stiftregel:

- Dämmschichten sind so zu planen, dass die gesamte Außenhülle im gezeichneten Maßstab mit einem Stift der Mindestdämmstärke (z.B. 25 cm entsprechend 2.5 mm Stiftstärke bei $M = 1:100$) innerhalb der Dämmschichten umfahren werden kann.

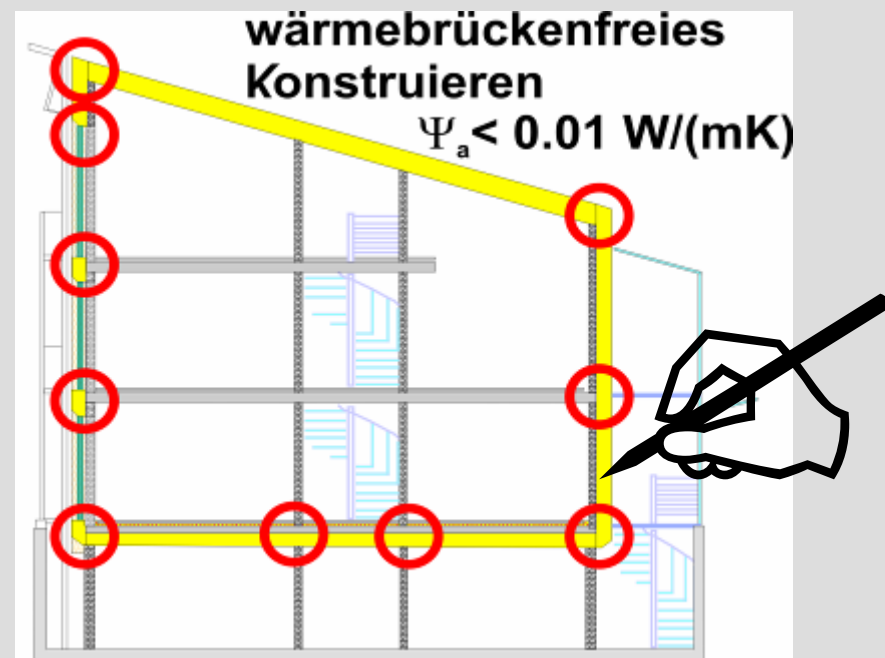
Geltungsbereich:

- Für alle Grundrisse und Schnitte.

Unterschreitung der Stiftregel:

- Dämmwertverbesserung bzw. Wärmebrückenberechnung nötig.

Tipp: Erstellen entsprechender Pläne bereits im Vorprojektstadium (durchgehende Dämm- und Luftdichtigkeitsebene!).



○ ... spezielle, kritische Stellen

Quelle: Passivhausinstitut; C.Muss

Wärmebrücken in der Passivhauspraxis

3.3.13

Geometrische Wärmebrücken, z.B. Außenecke:

- Bei guter Planung in den Regelflächen enthalten, wenn Außenmaßbezug verwendet wird, $\psi_{\text{außen}}$ – Werte oft kleiner 0 W/mK.

Konstruktive Wärmebrücken:

- Durchdringungen
- Auskragungen
- Eindringungen
- Rippen
- Dämmstoffunterbrechungen
- Anschlüsse, insbesondere Fenster und Türen

In der Planung zu reduzieren bzw. wenn nicht möglich, passivhaustaugliche Details verwenden! Stiftregel anwenden: die „Entdeckung“ der Wärmebrücke ist bereits der erste wichtige Schritt!

Dämmstoffunterbrechungen in zusammengesetzten Schichten:

- In der U-Wertberechnung der Regelfläche zu berücksichtigen.

Zusammengesetzte Schichten - quasihomogene Schichten

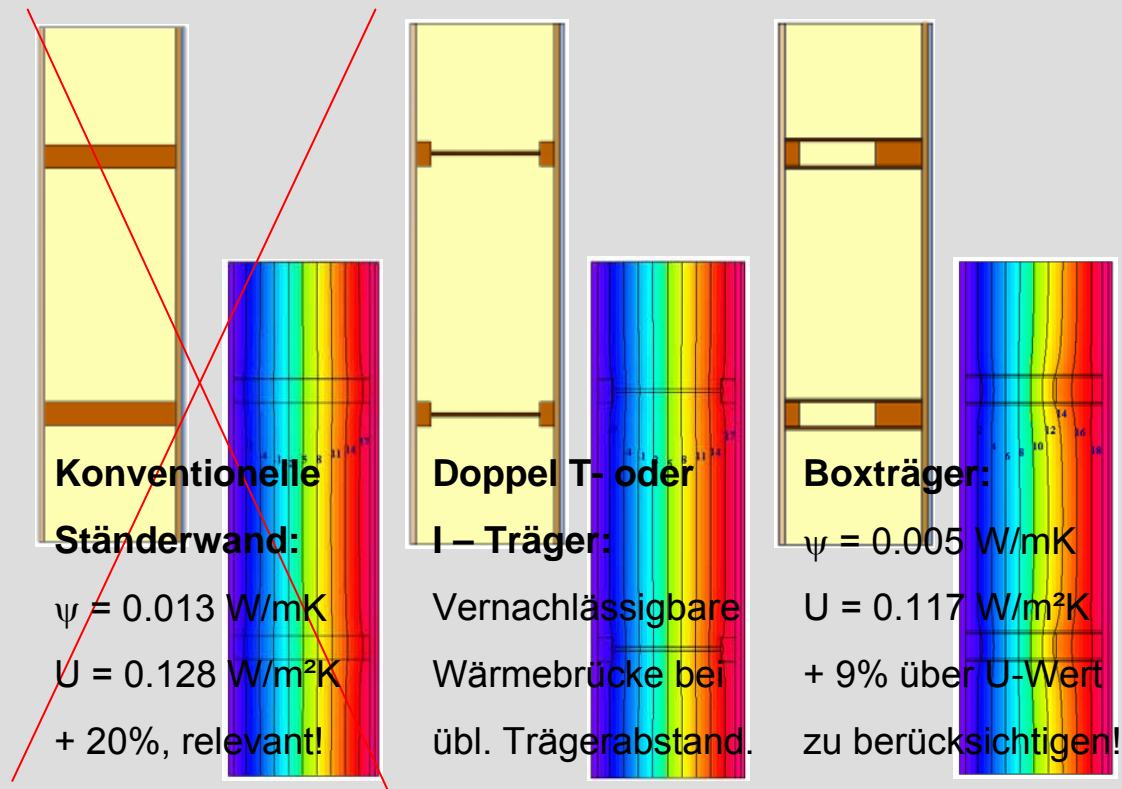
3.3.14

Schichten aus mehreren Stoffen, die als homogen mit einer effektiven Wärmeleitfähigkeit betrachtet werden können -> auch bei $\psi < 0.01 \text{ W/mK}$ nicht vernachlässigbar, da immerwiederkehrend. Z.B. in U - Wert Berechnung zu berücksichtigen.

Beispiele:

- Holzständerwand (siehe rechts).
- Massivwand mit Kerndämmung und Ankern.
- Stärkere Dämmverdübelungen.
- Dach im Holzleichtbau.

Tipp: Durchdringungen statisch auf Minimum reduzieren, unter Metallankern druckfeste Kunststoffplättchen verwenden.



Quelle: PHI, Energieinstitut Vorarlberg

Fenstereinbau

3.3.15

Im Passivhausbau zu beachten:

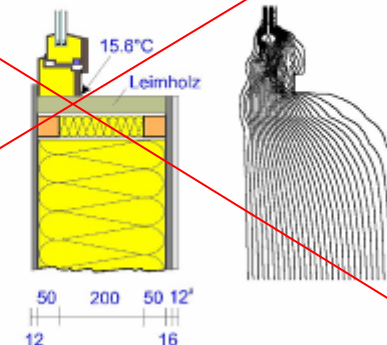
- Fenstereinbau in der Ebene der Dämmung.
- Überdämmung des Rahmens, wenn möglich.
- Einbausituation in der Regel zu berücksichtigen.
- Fenster, gesamt $< 0.8 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Fenster inkl. Einbau $< 0.85 \text{ W/m}^2\text{K}$

~~Holztafelbau, ungünstiger Einbau:~~

~~Superrahmen,
Einbau ganz außen
in Holztafelbau,
Box + Leimholz-Laibung~~

~~$\Psi_{\text{Einbau}} = 0.043 \text{ W/(mK)}$~~

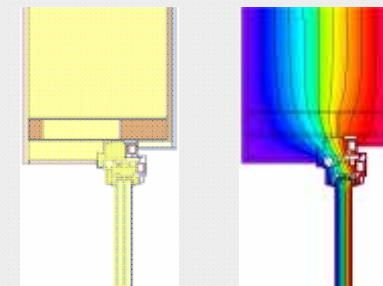
~~$U_{W,\text{eff}} = 0.892 \text{ W/(m}^2\text{K)}$~~



Anschluss: Fenster
(Laibung/Sturz) an
Außenwand
wärmebrückenfreies
Konstruieren:
Wärmebrücken-
verlustkoeffizient

$\psi = -0.003 \text{ W/(mK)}$

$U_{W,\text{eff}} = 0,79 \text{ W/(m}^2\text{K)}$



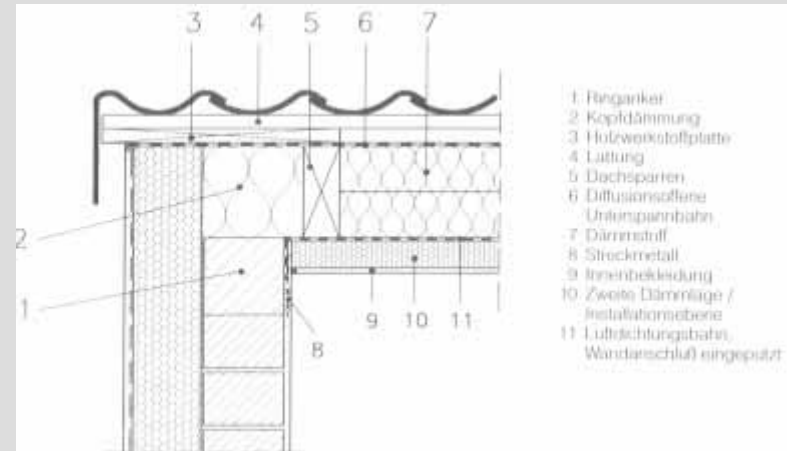
Quelle: PHI, Energieinstitut Vorarlberg

Passivhaustaugliche Anschlüsse Ortgang und Kniestock

3.3.16

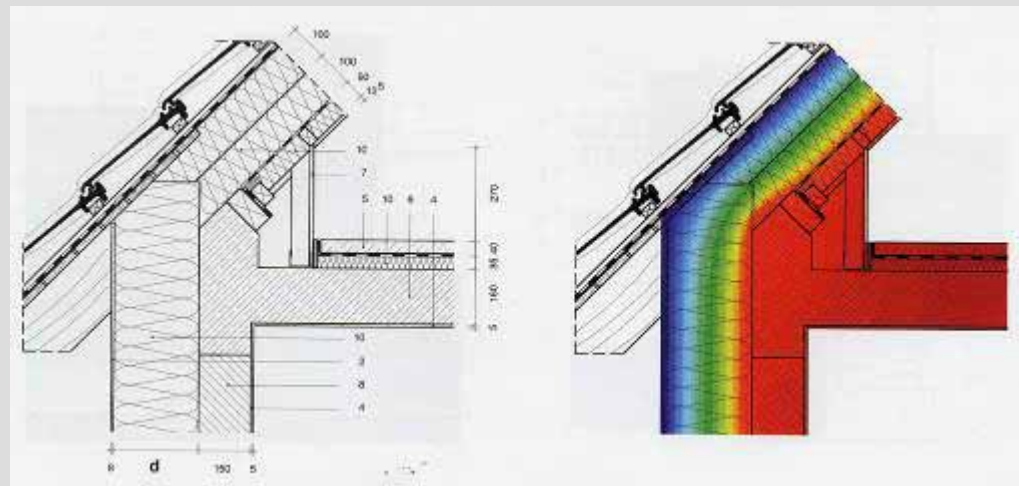
Ortgang, zu beachten:

- Kein Hochzug der Seitenwände bis Unterkante Dach!
- Luftdichter Anschluss Dach Holzleichtbau an Massivbauwand i.b. auch in den Ecken.
- Möglichst geringer Holzanteil beim Auflager Decke.



Kniestock, zu beachten:

- Geringer Holzanteil beim Auflager Decke.
- Luftdichter Anschluss Dach Kniestockbereich.
- Durchgehende Dämmebene (Stiftregel).



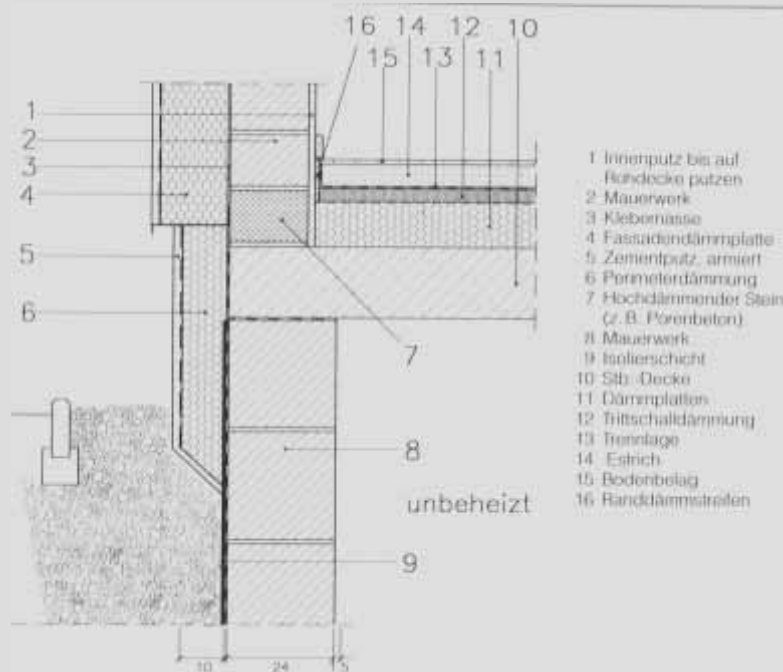
Quelle Grafiken: PHI, Energieinstitut Vorarlberg

Passivhaustaugliches Sockeldetail

3.3.17

Zu beachten:

- Dämmenden Spezialstein (Porenbeton, Ziegel statt Beton) verwenden oder
- Dämmlage z.B. Foamglas einlegen oder
- Unterbrechung Dämmebene konstruktiv vermeiden (z.B. Innendämmung Fußboden im Holzleichtbau oder Statik über innenliegende Stützen).



Quelle: Energieinstitut Vorarlberg

Normen und Richtlinien, Literatur, Programme

3.3.18

Normen, Richtlinien:

- EN ISO 10211-1: Wärmebrücken im Hochbau, Wärmeströme und Oberflächentemperaturen Teil 1: Allgemeine Berechnungsverfahren
- DIN 4108 Wärmeschutz im Hochbau
- ÖNORM B 8110-2: Wasserdampfdiffusion und Kondensationsschutz
- prEN ISO 14683: Wärmebrücken im Hochbau – Längenbezogener Wärmedurchgangskoeffizient – Vereinfachte Verfahren und Rechenwerte
- Passivhausprojektierungspaket PHPP

Wärmebrückenberechnungsprogramme:

- WAEBRU
- HEAT2/HEAT3/HEAT2R
- FRAME
- MATLAB
- u.v.m. ...

Detaillierte Auflistung am Markt erhältlicher Programme zur Berechnung von Wärmebrücken mit Angabe von Programmkosten und Programmkapazitäten siehe Passivhaus Protokollband 16 „Wärmebrückenfreies Konstruieren“.