

Wärmebrücken

Fallstudie von Melanie Hirt, Urs Kormann und Boris Lukáč

NDS Energie, SS06

Am Beispiel eines Einfamilienhauses in Frick wurden zweidimensionale Wärmeströme mit einer Software berechnet und anschliessend mit dem Wärmebrückenkatalog verglichen. In einer zweiten Phase wurde untersucht, ob das Gebäude, bei entsprechender Optimierung der Gebäudehülle, die Anforderungen nach Minergie®- resp. Minergie®-P erfüllt. Abschliessend wurden die Auswirkungen der Gebäudehüllenform und der Gebäudeorientierung auf die Energiebilanz untersucht.

Ausgangslage/Abgrenzung

Anhand eines konkreten Objektes wurde der Einfluss von Wärmebrücken auf den Heizwärmebedarf untersucht. Das untersuchte Objekt wurde nach Standardanforderungen (SIA 380/1) realisiert. Das bauphysikalische „Gefahrenpotential“ der Wärmebrücken wurde nicht untersucht. Als Berechnungsgrundlagen waren detaillierte Plangrundlagen und Baukonstruktionen sowie einzelne Bauteildicken bekannt. Zudem war der Dämmperimeter bzw. die Energiebezugsfläche gegeben.

Inhalt:

- Grundlagen
- Wärmedurchgangskoeffizienten (Ψ -Werte)
- Energietechnischer Nachweis
- Gebäudeform
- Gebäudeorientierung

Grundlagen

Die Objektgrundlagen lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Energiebezugsfläche (EBF)	[m ²]	337
- Gebäudehüllenfläche (A)	[m ²]	653
- Fensterfläche (A _w)	[m ²]	102
- Gebäudehüllenzahl (A/EBF)	[-]	1.94
- Verhältnis (A _w / EBF)		30%

Ca. 55% der transparenten Bauteile sind gegen Süd-West resp. Süd-Ost orientiert.



Abb. 1: Zeigt die unkompakte Gebäudeform. Die daraus folgende, hohe Gebäudehüllenzahl ist aus energetischen Überlegungen problematisch.

Wärmedurchgangskoeffizienten (Ψ -Werte)

Einleitung

Als Wärmebrücken werden thermische Schwachstellen einer Gebäudehülle bezeichnet. Ungenügende oder sogar fehlende Wärmedämmungen der Einzelbauteile führen zu erheblichen Energieverlusten über die Gebäudekonstruktion. Es wird zwischen linearen (Rollladenkasten, Balkonanschlüsse, Terrassenausgänge etc.) und punktuellen (Fassadenaufhängungen, Stützen, Kragplattenanschlüsse etc.) Wärmebrücken unterschieden.

Im vorliegenden Beispiel sind die punktuellen Störungen derart unbedeutend, dass diese vernachlässigt wurden. Generell gilt, je kleiner der Ψ -Wert (der längenbezogene Wärmedurchgangskoeffizient in [W/m²*K]), desto kleiner ist der Energieverlust pro Laufmeter Wärmebrücke.

Berechnungen

Die Geometrie der ausgeführten, Wärmebrücken behafteten Details wurden mit einer Software erfasst und der tatsächliche lineare Wärmedurchgangskoeffizient (Ψ -Wert) berechnet. Zur Minimierung der Energieverluste und zum Erreichen des Minergie®-Standards wurden Massnahmen wie erhöhte Wärmedämmung, Anpassung der Geometrie oder Materialwechsel vorgenommen.

Nachfolgend wird ein seitlicher Fensteranschlag, stellvertretend für sämtliche Details am untersuchten Objekt, eingehend untersucht.

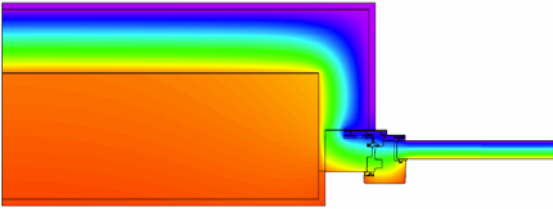


Abb. 2: Ist-Zustand ($\Psi=0.17 \text{ W/m}^2\text{K}$)
Die Anschlagtiefe des Fensters ergibt sich durch die tiefe des Rollladenkasten. Die Isothermenlinien bei einem Standard-Holzmetall-Fenster verlaufen sehr gedungen.

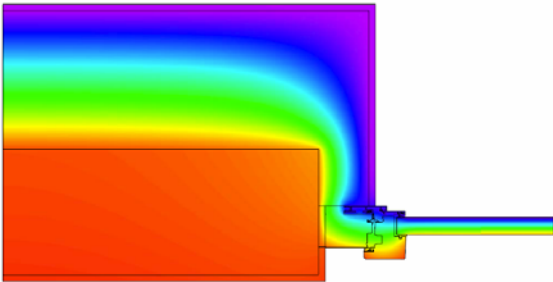


Abb. 3: Erhöhte Wärmedämmung ($\Psi=0.20 \text{ W/m}^2\text{K}$)
Gleiche Fensteranschlagtiefe wie bei Abb.2. Die Störstelle wirkt sich trotz erhöhter Wärmedämmung stärker auf den Bauteilübergang.

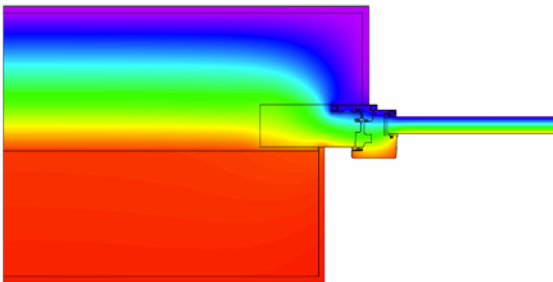


Abb. 4: Änderung Geometrie ($\Psi=0.15 \text{ W/m}^2\text{K}$)
Fensteranschlag nach aussen versetzt. Der Dämmperimeter verläuft durchgehend in der gleichen Ebene, dadurch ergibt sich weniger Abwicklung der Isothermen und somit weniger grosse Störstellen.

Erkenntnisse

Durch die Verbesserung des U-Wertes des angrenzenden muralen Bauteils mit gleichbleibender Geometrie der Anschlagsituation und Fensterdaten (Abb. 3), erhöht sich der Ψ -Wert in diesem Fall, weil die unveränderte Störstelle des Bauteilüberganges sich dadurch stärker auswirkt und somit eine Erhöhung des Linienzuschlags bewirkt. Für die Optimierung des Einzelbaudetails und die Verbesserung des Linienzuschlages wird eine Änderung der Geometrie (Abb. 4) unabdingbar. Um thermisch einen einwandfreien Fensteranschlag zu konstruieren, müssten weitere Massnahmen wie die Ausbildung eines Kastenfensters, Dreifachverglasung, optimierter Fensterrahmen, verbesserte Glaskennwerte, etc. berücksichtigt werden.

Eine thermisch korrekte Geometrie und nicht nur der verbesserte U-Wert des Bauteils tragen massiv zur Verminderung des Energieverlustes einer Gebäude-

hülle bei. Transmissionsflächen und Linienzuschläge mit hohem Wärmeflussanteil (W/K) sollten bei einer Gebäudehüllenoptimierung prioritär verbessert werden, jene mit kleinerem Wärmeflussanteil als 2. Priorität, um eine effiziente Optimierung zu erreichen.

Beim Vergleich mit dem Wärmebrückenkatalog sind teilweise erhebliche Differenzen aufgetreten. Sowohl nicht eindeutig korrespondierende Anschlussdetails wie auch nicht definierte Baumaterialien im Wärmebrückenkatalog führen zu diesem ernüchternden Resultat. Die Ermittlung der Wärmedurchgangskoeffizienten mit dem Wärmebrückenkatalog bestimmt die Grössenordnung und kann vor allem bei einfachen Konstruktionen bzw. Bauten als Hilfsmittel dienen. Für komplexe Aufgaben ist dieser ungeeignet.

Für eine fundierte Beurteilung von bauphysikalischen Gefahren, verursacht durch Konstruktions-Schwachstellen, ist der Wärmebrückenkatalog ebenfalls ungeeignet.

Energetechnischer Nachweis

Einleitung

Bei der Berechnung Minergie® und Minergie®-P wurde nur die Primäranforderung der Gebäudehülle beurteilt. Dabei wird untersucht, ob die Gebäudehülle aus energetischen Kriterien die Mindestanforderung erfüllt. Die Reduktion der Wärmeverluste durch eine kontrollierte Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung wird dabei nicht berücksichtigt. Grundsätzlich ist sowohl die Primäranforderung (Gebäudehülle) wie auch der Grenzwert Minergie® resp. Minergie®-P (inkl. Haustechniksysteme) zu unterschreiten.

Die Untersuchung Minergie®-P wurde nicht detailliert durchgeführt. Da die Wärmedurchgangskoeffizienten (ψ -Werte) bei besserem Wärmeschutz der Bauteile (U-Werte) tendenziell zunehmen, wurden die berechneten Wärmebrücken aus dem Rechengang „Minergie®“ übernommen. Die Resultate beim Nachweis Minergie®-P sind also quantitativ ungenau. Die Ergebnisse sind qualitativ dennoch repräsentativ.

Standardnachweis (SIA 380/1)

- mittlerer U-Wert Bauteile	[W/m ² *K]	0.32
- mittlere U-Wert Fenster	[W/m ² *K]	1.26
- g-Wert Glas	[-]	56%
- Anzahl Scheiben	[Stk.]	2

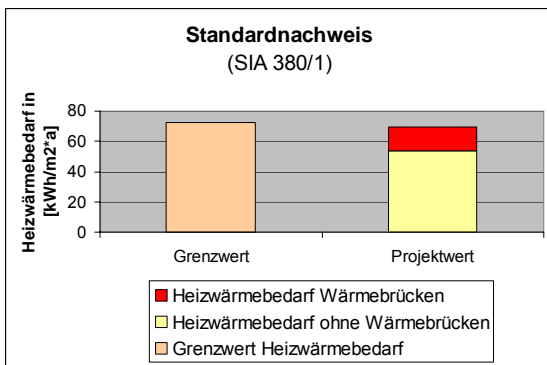


Abb. 5: Zeigt die Zusammensetzung des Heizwärmebedarfes und die knappe Erfüllung des Grenzwertes. Der Anteil Wärmebrücken am Heizwärmebedarf beträgt rund 22%!

Erkenntnisse

Der Standardnachweis ist selbst bei „unkompakten Gebäudeformen“ mit entsprechenden Konstruktions-Schwachstellen (Wärmebrücken) erfüllbar. Die konservativ gedämmten, opaken Bauteile lassen sich durch qualitativ gute Fenster kompensieren.

Nachweis Minergie®

- mittlerer U-Wert Bauteile	[W/m ² *K]	0.18
- mittlere U-Wert Fenster	[W/m ² *K]	1.25
- g-Wert Glas	[-]	62%
- Anzahl Scheiben	[Stk.]	2

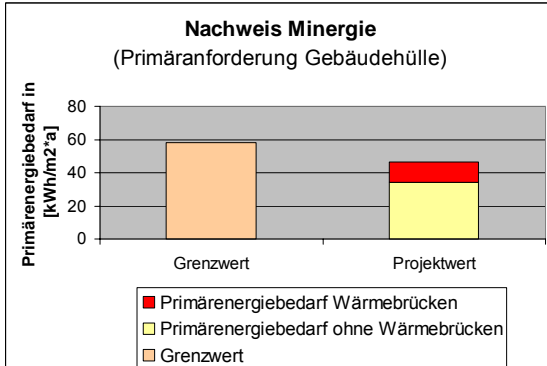


Abb. 6: Zeigt die Zusammensetzung des Primärenergiebedarfs und die Unterschreitung der Primäranforderung an die Gebäudehülle. Der Anteil Wärmebrücken am Primärenergiebedarf beträgt rund 27%!

Erkenntnisse

Durch Optimierung der opaken Bauteile kann mit praktisch identischer Fensterqualität die Primäranforderung an die Gebäudehülle erfüllt werden.

Obwohl der Wärmeschutz der opaken Bauteile massiv verbessert wurde, sind die Wärmeverluste der Wärmebrücken nicht linear gestiegen. Dies konnte mit konstruktiven Anpassungen (anderer Standort der Dämmschicht) verhindert werden.

Für die Gebäudekategorie „EFH“ ist ein vereinfachter „Minergie®-Standardnachweis“ möglich. Damit dieser

Standardnachweis zulässig ist, dürfen die Wärmedurchgangskoeffizienten (unter anderen Kriterien) die Grenz- und Zielwerte nach SIA 380/1 nicht überschreiten. Die bei diesem Objekt berechneten Wärmedurchgangskoeffizienten (Ψ -Werte) überschreiten die Grenz- und Zielwerte nach SIA 380/1 deutlich, so dass bei diesem Beispiel der Standardnachweis nicht möglich ist.

Nachweis Minergie®-P

- mittlerer U-Wert Bauteile	[W/m ² *K]	0.11
- mittlere U-Wert Fenster	[W/m ² *K]	0.80
- g-Wert Glas	[-]	51%
- Anzahl Scheiben	[Stk.]	3

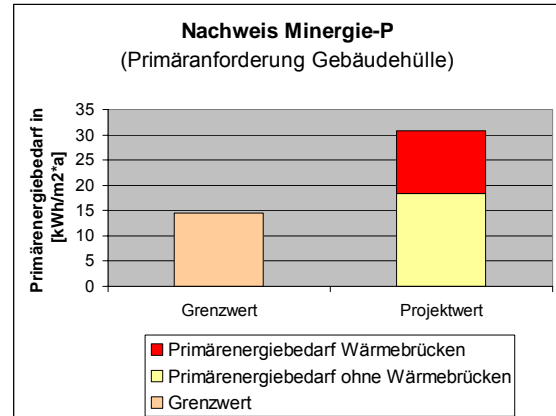


Abb. 7: Die Primärenergieanforderung wird massiv überschritten. Nebst weiteren Massnahmen müsste das Gebäude praktisch „wärmebrückenfrei“ konstruiert werden!

Erkenntnisse

Obwohl der Wärmeschutz der Gebäudehülle nochmals massiv verbessert wurde, kann die Primäranforderung an die Gebäudehülle bei weitem nicht erreicht werden.

Um die Minergie®-P-Anforderungen zu erfüllen, ist ein Gebäude bereits in der Entwurfsphase möglichst kompakt und wärmebrückenfrei zu konstruieren!

Ein vereinfachtes Standard-Nachweisverfahren ist bei Minergie®-P nicht möglich.

Gebäudeform

Einleitung

Grössere Gebäudeoberflächen führen zu höheren Wärmeverlusten über die Gebäudehülle. Dabei wird die Perimeterlänge der potentiellen Wärmebrücken von der Gebäudeform auch massiv beeinflusst.

$$\text{Grenzwert (SIA 380/1): } H_g = H_{g0} + \Delta H_g \cdot (A/EBF)$$

Grundlagen

Der Einfluss der Gebäudeform auf den Heizwärmebedarf ist bedeutend und spiegelt sich klar in unserem Objekt wider. Für die Berechnung wurde

die Gebäudehülle verkleinert, dabei blieben die Energiebezugsfläche sowie die Fensterflächen unverändert.

Am Beispiel des Standard EFH Frick wurde die Gebäudehüllenzahl schrittweise nach unten reduziert, um dabei die Auswirkungen auf den Energiebedarf darzustellen.

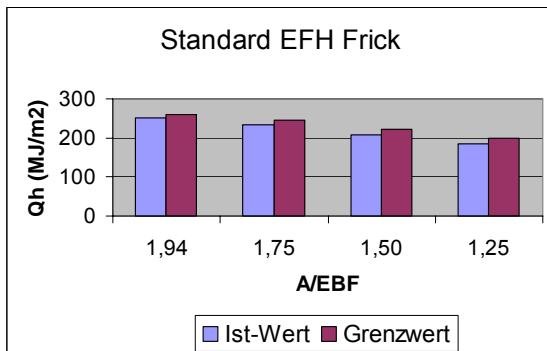


Abb. 8: Zeigt den Ist-Wert, sowie den Grenzwert bei veränderter Gebäudehüllenzahl im Normal- Standard.

Erkenntnisse

Die Berechnung des Einflusses der Gebäudehüllenfläche hat gezeigt, dass sich die Werte bei abnehmendem Verhältnis nach unten bewegen, somit hat dies nur einen kleinen Einfluss auf das Erreichen des Grenzwertes.

Generell werden kompakte Gebäudeformen für das Erreichen des Grenzwertes nicht belohnt, da sich der Grenzwert an die Gebäudehüllenzahl anpasst.

Anders sieht es bei den Wärmebrücken und bei den Energieverlusten aus. Eine kleine Gebäudehüllenfläche kann den Wärmeverlust erheblich reduzieren. Eine Veränderung der Gebäudehüllenfläche von 1,94 auf 1,25 würde sich folgendermassen auswirken:

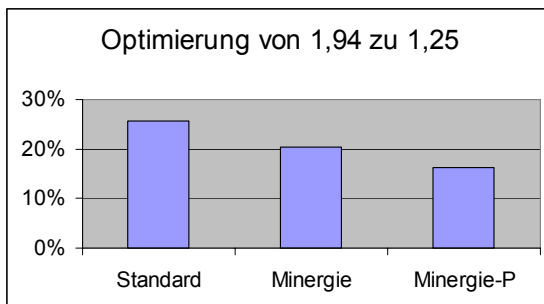


Abb. 9: Zeigt die Optimierung bei einer Veränderung der Gebäudehüllenoberfläche von 1,94 auf 1,25

Gebäudeorientierung

Einleitung

Das EFH Frick hat einen um 45° von Süden abgedrehten Grundriss, dabei ist die Hauptfensterfläche von 45% nach SW orientiert.

Der Fensteranteil beträgt 50% der gesamten Fassadenfläche.

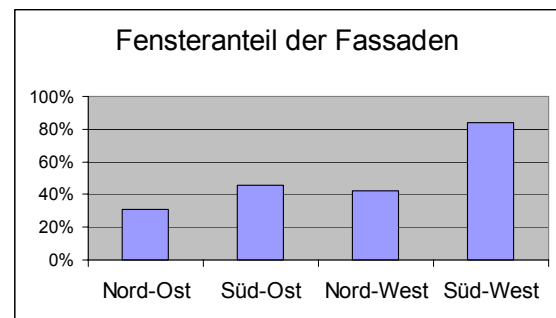


Abb. 10: Zeigt den prozentualen Anteil der Fenster zur Fassadenfläche.

Optimierungsmöglichkeit

Mit dem Drehen des Gebäudes um 45° wird simuliert, welche Auswirkungen dies auf den Heizenergiebedarf hat. Die SW-Fassade wird zur reinen südorientierten Fassade.

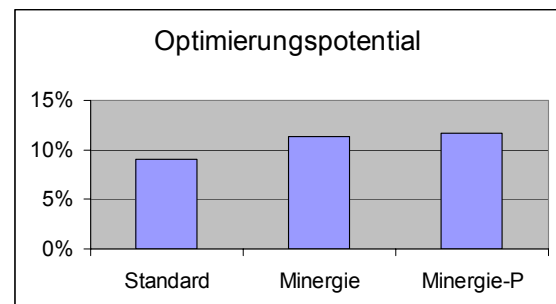


Abb. 11: zeigt das Optimierungspotential am Heizenergiebedarf bei einer Drehung des Gebäudes um 45°

Erkenntnisse

Eine reine Südorientierung der grössten Fensterfläche wirkt sich auf die Energiebilanz positiv aus und reduziert den Heizenergiebedarf um ca. 10%.

Berechnungsgrundlagen/Quellen:

- Berechnung lineare Wärmedurchgangskoeffizienten: 'flixo professional', Version 4.1, (infomind GmbH, Weberstrasse 10, 8004 Zürich)
- U-Wert- und 380/1-Berechnungen: „ENTECH 380/1, Version 3.14, (Huber Energietechnik, 8032 Zürich)
- Primäranforderung Minergie®- bzw. Minergie®-P: „EXCEL-Arbeitsmappen“ (download: www.minergie.ch)
- Wärmebrückenkatalog: (download: www.bfe.admin.ch)