Verminderung von Wärmebrücken bei Neubauten. Teil 1: Die Bedeutung von Wärmebrücken

Autor(en): **Brunner, Conrad U. / Nänni, Jürg**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **107 (1989)**

Heft 11

PDF erstellt am: **28.03.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-77067

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Verminderung von Wärmebrücken bei Neubauten

Wärmebrücken sind örtliche Störungen der Wärmetransmission der Gebäudehülle, die punkt-, linienförmig oder flächig auftreten können. Sie sind als k-Wert-Zuschlag in einem Störstreifen von 1 Meter Breite [Lit. 1: Wärmebrückenkatalog 1] quantifizierbar. Die vorliegende Berichterstattung umfasst eine Forschungsarbeit zum Thema «Wärmebrücken - optimierte Neubaudetails», die im Sommer 1988 abgeschlossen wurde [Lit. 2: NEFF 262.2]. Die Forschungsarbeiten sind im Büro Conrad U. Brunner, Zürich, und an der HTL Brugg-Windisch durchgeführt worden und umfassen Fenster-, Mauerwerk- und Balkonknoten, die alle nach einer einheitlichen Methode rechnerisch untersucht wurden. Der folgende Beitrag von R. Spörri orientiert über die Ergebnisse der Fensteroptimierung. Der daran anschliessende Beitrag von D. Brüwiler und G. Geiger berichtet über die Ergebnisse der Untersuchungen an Auskragungen.
Die Ergebnisse dieser Arbeiten sollen zusammen mit weiteren laufenden Erkenntnissen in einer SIA-Dokumentation «Wärmebrückenkatalog 2» Anfang 1990 veröffentlicht werden.

Teil 1: Die Bedeutung von Wärmebrücken

VON CONRAD U. BRUNNNER, ZÜRICH, UND JÜRG NÄNNI, BRUGG-WINDISCH

Zielsetzung und Vorgehen

Ziel der vorliegenden Arbeit war es, nach der Bestandesaufnahme und der methodischen Grundlage im «Wärmebrückenkatalog 1», 1985, einen ersten Schritt in Richtung thermisch und hygrisch verbesserter Details zu unternehmen. Die Verbesserung erfolgte teilweise in enger Zusammenarbeit mit Produkteherstellern, um möglichst praxisgerechte Resultate zu erzielen. Die Ergebnisse dieser ersten Optimierungsphase zeigen, dass in verschiedenen Bereichen die heute gängigen Konstruktionen noch weit von optimierten Details entfernt sind. Dies trifft insbesondere bei Systemverbindungen zu, wo z.B. beim Fenster das Glas, der Fensterflügel, der Blendrahmen und der Fenstersturz mit dem Mauerwerk eine Verbindung eingehen, die thermischen, hygrischen, statischen sowie auch ästhetischen und ökonomischen Gesichtspunkten genügen muss.

Die Arbeiten an der Optimierung der Knoten ist systematisch immer gleich aufgebaut: In einem standardisierten Paket von 4 Mauerwerktypen (homogenes Mauerwerk, Zweischalen-Mauerwerk, Kompaktfassade, hinterlüftete Fassade) mit einheitlichem k-Wert von ca. 0,3–0,4 W/m²K werden alle typischen geometrischen Knoten (Dach, Sockel, Gebäudeecke), alle statischen Knoten (Deckenauflager, Auskragung) und alle Materialwechsel (Fenster/Mauerwerk etc.) erfasst und konstruktiv zeichnerisch festgelegt. Der erste Rechengang dient zur Ermittlung der inneren Oberflächentemperaturen bei standardisierten Innen- und Aussenkonditionen (20 °C/−10 °C), der Isothermenbilder und des k-Wertes der Ausgangskonstruktion. Normalerweise wird eine 2-dimensionale Knotenanalyse gerechnet; bei komplexeren räumlichen Wärmeflüssen werden aufwendigere 3-dimensionale Rechenverfahren eingesetzt.

Aufgrund der IST-Analyse werden Problemfelder identifiziert und Anforderungen an verbesserte Knoten formuliert. Ziel dieser Arbeit ist eine schrittweise Vermeidung oder wenigstens Verminderung der Wärmebrücken. Die optimierten Fälle sollen katalogisiert und für den praktischen Anwender auf Anfang 1990 in einem neuen SIA-Dokumentationsband «Wärmebrückenkatalog 2» veröffentlicht werden.

Die Berechnungen werden nach einheitlichem Muster erstellt und ausgewertet (siehe Teil 2) und dienen der Quantifizierung der Verbesserung in bezug auf den Wärmefluss für die Berechnung des Wärmeleistungsbedarfes (SIA 384/2) und die Ermittlung des jährlichen Raumwärmeverbrauches (SIA 380/1). Die Vielfalt der Knoten und die angewendete Systematik erfordern einen seriellen Ablauf der Bearbeitung, bei dem gewisse Störzonen systematisch identifiziert und, wegen ihrer gegenseitigen thermischen Abhängigkeit, einzeln schrittweise verbessert werden.

Die möglichen thermischen Verbesserungen müssen in einem vernünftigen Verhältnis zum Aufwand stehen. Bei einem Ölpreis von 40 Fr./100 kg, einem Mittelwertfaktor von 2 für die Energieteuerung während der 30jährigen Nutzungsdauer und einem Nutzungsgrad der Wärmeerzeugung und -verteilung von 0,8 darf eine k-Wert-Verbesserung von 0,1 W/m²K im Schweizer Mittelland bei etwa 3800 Heizgradtagen und einem Beitrag der Freien Wärme von 30% nur etwa 10 Fr./m² kosten.

Der konstruktiven Verbesserung sind enge Grenzen in der Material- und Verarbeitungstradition in der Schweiz gesetzt. Neuartige Konstruktionen [Lit. 3: AIC-Handbuch] mit speziellen Komplikationen werden zögernd oder gar nicht angewendet, sind also dem Hauptziel der Energieeinsparung nicht förderlich. Die Vermittlung der Forschungsergebnisse über die Grundausbildung der Architekten und Bauingenieure an die Planer und Hersteller ist ein erkanntes, aber noch ungelöstes Ausbildungsproblem.

Quantifizierung des Wärmebrückeneinflusses

Die Abschätzung der Gesamtbedeutung der Wärmebrücken erfolgte an 10 typischen mittelländischen Wohn- und Schulgebäuden mit Mauerwerkkonstruktionen (Bild 1, Tabelle 1). Bei diesen wurde ein Standardfall (k-Werte Mauerwerk ca. 0,43, Fenster 2,1) und ein Optimalfall (Mauerwerk 0,3, Fenster 1,5) definiert und damit eine vollständige Wärmebilanz nach SIA 380/1 unter Einbezug aller Wärmebrücken berechnet. Ziel dieser Abschätzung war es, einerseits die Bedeutung der Wärmebrücken für mittlere und gute Bauten

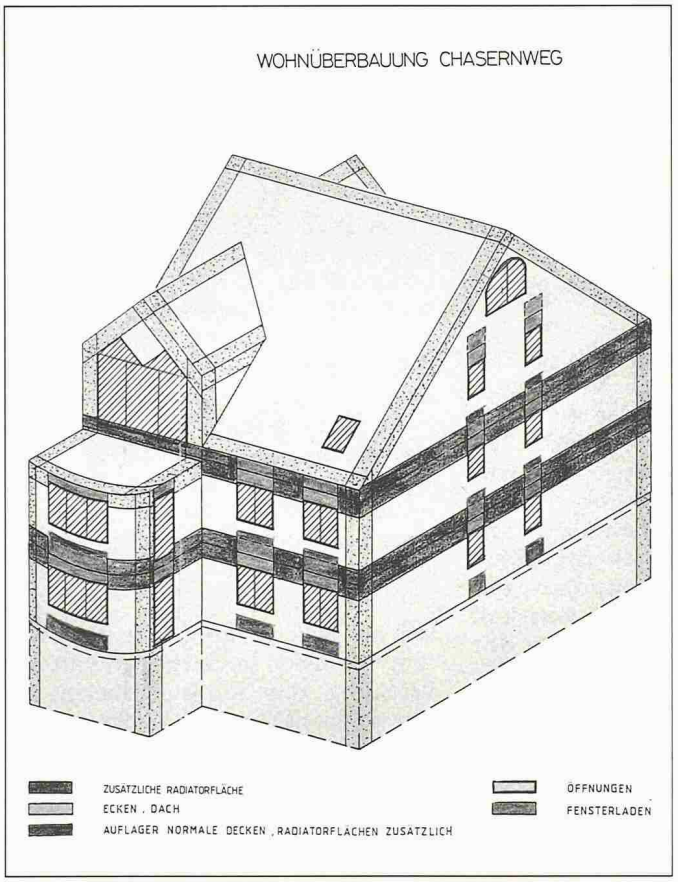


Bild 1. Beispiel einer Gebäudeanalyse mit Störstreifen für Wärmebrücken

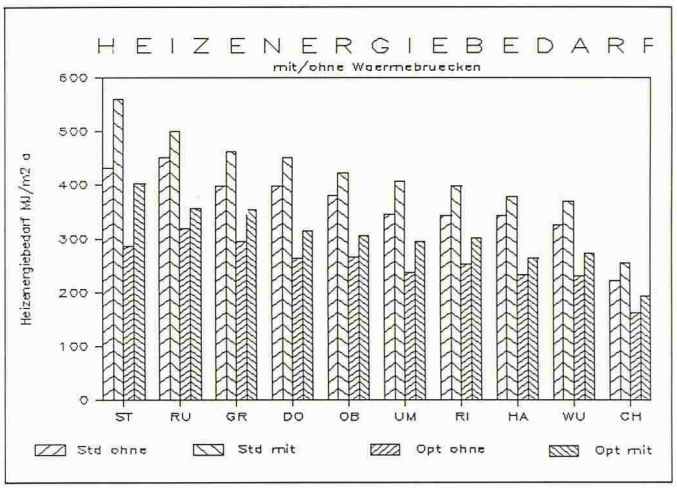


Bild 2. Heizenergiebedarf mit und ohne Wärmebrückeneinfluss, Fälle Standard und Optimum

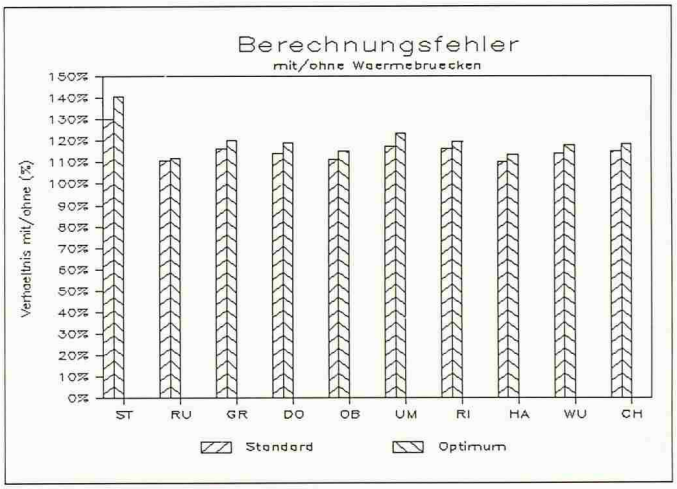


Bild 3. Berechnungsfehler in bezug auf den Heizenergiebedarf bei der Nichtberücksichtigung der Wärmebrücken

	Standardfall Heizenergiebedarf			*Optimumfall* Heizenergiebedarf			*Std/Opt*
Objekt	*ohne WB* MJ/m²a	*mit WB* MJ/m²a	*Delta* %	*ohne WB* MJ/m²a	*mit WB* MJ/m²a	*Delta* %	*Delta*
ST	431	560	129,9%	287	404	140,8%	72,1%
RU	452	500	110,6%	319	357	111,9%	71,4%
GR	398	463	116,3%	294	354	120,4%	76,5%
DO	398	453	113,8%	265	315	118,9%	69,5%
OB	381	424	111,3%	266	307	115,4%	72,4%
UM	347	408	117,6%	238	294	123,5%	72,1%
RI	343	399	116,3%	252	301	119,4%	75,4%
HA	343	397	110,5%	233	264	113,3%	69,7%
WU	325	371	114,2%	231	273	118,2%	73,6%
CH	222	256	115,3%	163	193	118,4%	75,4%
Mittelwert	364	421	115,6%	255	306	120,0%	72,8%
Maximum	452	560	129,9%	319	404	140,8%	76,5%
Minimum	222	256	110,5%	163	193	111,9%	69,5%
Standard-Abw.	61	78	5,3%	41	55	7,6%	2,3%

Tabelle 1. Heizenergiebedarf der 10 analysierten Gebäude

zu beurteilen und andererseits die Frage zu klären, wie gross der Fehler einer Berechnung bei Vernachlässigung der Wärmebrücken werden kann. Beide Fragen führen zu interessanten Ergebnissen:

□ Die *relative Bedeutung der Wärmebrücken* nimmt mit besseren k-Werten zu. Dies ist einleuchtend, weil dem abnehmenden Transmissionsverlust der ungestörten Fläche ein immer noch schlechter «Störfall» gegenübersteht. Wenn im Standardfall im Mittel der 10 Fälle der Einfluss der Wärmebrükken noch 15,5% ausmachte, steigt dieser relative Anteil im Optimalfall auf 20,0%. Der absolute Betrag der Wärmebrückenverluste (zusätzlicher Heizenergiebedarf) nimmt aber dabei erfreulicherweise von 57 auf 51 MJ/m² a leicht ab (Bild 2).

□ Die *Berechnungszuverlässigkeit* des Heizenergiebedarfes leidet unter der Vernachlässigung der Berücksichtigung der Wärmebrücken sehr unterschiedlich. Im Standardfall sind Abweichungen von 10% bis 30%, im Optimalfall von 12% bis 41% aufgetreten. Mit zunehmend besserer Wärmedämmung ist die Vernachlässigung des Einflusses der Wärmebrücken gravierender (Bild 3).

□ Die mittlere *Verminderung des Heizenergiebedarfes* beträgt im Optimalfall gegenüber dem Standardfall immerhin 27%, der spezifische Nutzwärmebedarf (Heizenergiebedarf nach SIA 380/1) sinkt damit von 421 auf 306 MJ/m² a.

Teil 2: Rechenmethode und Programme

Das an der Hochbau-Abteilung der HTL Brugg-Windisch entwickelte EDV-Rechenverfahren liefert stationäre Temperaturverteilungen und Wärmeverluste von Bauteilen. Mathematisch gesehen handelt es sich um die numerische Lösung eines klassischen linearen Randwertproblems.

Mit der Methode der finiten Differenzen wird für die Zellenmittentemperatur des in kleine Rechtecke oder Quader zerlegten Bauteils ein lineares Gleichungssystem aufgestellt. Die diesem System zugeordnete, symmetrische positiv definierte Matrix wird mit einem modifizierten Algorithmus der Dreieckszerlegung nach Crout invertiert. Unser verfeinertes Rechenverfahren kann heute Netzwerke mit 16 000 unbekannten Temperaturen verarbeiten.

Bei Gaseinschlüssen des Bauteils (z.B. Hohlprofile von Fensterkonstruktionen) finden gleichzeitig Energietransporte durch Strahlung, Konvektion und Wärmeleitung statt. Diese nichtlinearen Probleme werden iterativ gelöst, indem in jedem Schritt korrigierte temperaturabhängige äquivalente Wärmeleitzahlen in zwei Achsenrichtungen bestimmt werden, bis schliesslich die gewünschte Genauigkeit dieser Werte erreicht ist. Das oben beschriebene Gleichungssystem wird in jedem Iterationsschritt neu aufgestellt und gelöst.

Die Resultate von Testproblemen stimmen sehr gut mit den Ergebnissen von anderen in Deutschland entwickelten Softwarepakten ([Lit. 4] BAM Berlin, [Lit. 5] TU Braunschweig) überein. Auch messtechnische Überprüfungen mit Hilfe von Messdaten der Arbeitsgruppe BEW/B&S/EMPA [Lit. 6]) ergaben Übereinstimmungen innerhalb der Messtoleranz.

Unser benützerfreundliches Softwarepaket zur Optimierung von Bauteilen ist in der Sprache MODULA-2 verfasst, läuft auf IBM-AT-kompatiblen PC-Anlagen und soll 1989 allgemein verfügbar sein, so dass zukünftig die kritischen Knotenprobleme der Bauhülle auch im Konstruktions- und Entwurfsbüro bereits in der Planungsphase analysiert werden können.

Drei Wärmebrücken-Beispiele

Beispiel 1: Fassade mit Auskragung

Bild 4 zeigt einen Längsschnitt durch eine *hinterlüftete Fassade mit Auskragung*. Die Materialdaten sind der Tabelle 2 zu entnehmen. Die gerundeten k-Werte der Wand (die 2-dimensionalen Wärmebrückeneffekte des Lattenrostes sind bereits mitberücksichtigt) und des Bodens sind im ungestörten Bereich übereinstimmend 0,34 W/m² K.

Ausspringende und einspringende Ekken fallen in die Kategorie der geometrischen Wärmebrücken. Die zusätzlichen Wärmeverluste können als Linienzuschläge an den in Bild 4 definierten Punkten eingeführt werden. Die

Abkürzung	*Material*	*Wärmeleitzahl λ [W/m¹K]*
A	*Backstein*	0,44
B	*Beton*	1,80
C	*Wärmedämmung*	0,04
D	*Verputz aussen*	0,87
E	*Verputz innen*	0,70
F	*Trittschallisolation*	0,046
G	*Unterlagsboden*	1,40
H	*Bodenbelag, z.B. Parkett*	0,21
J	*Wärmedämmstein, Spezialstein*	je nach Ausführung
L	*Sand, Zementplatten*	1,40
M	*Wasserdichtung, z.B. Dachpappe*	0,20
N	*Verkleidung, hinterlüftete Fassade, z.B. Holz*	je nach Ausführung (α_a * = 4 W/m² K)
O	*Holzlattung*	0,14
T	*Feuchtigkeitssperre, Dampfbremse*	0,20

Tabelle 2. Materialwerte und Legende zu den Bildern 4 und 5

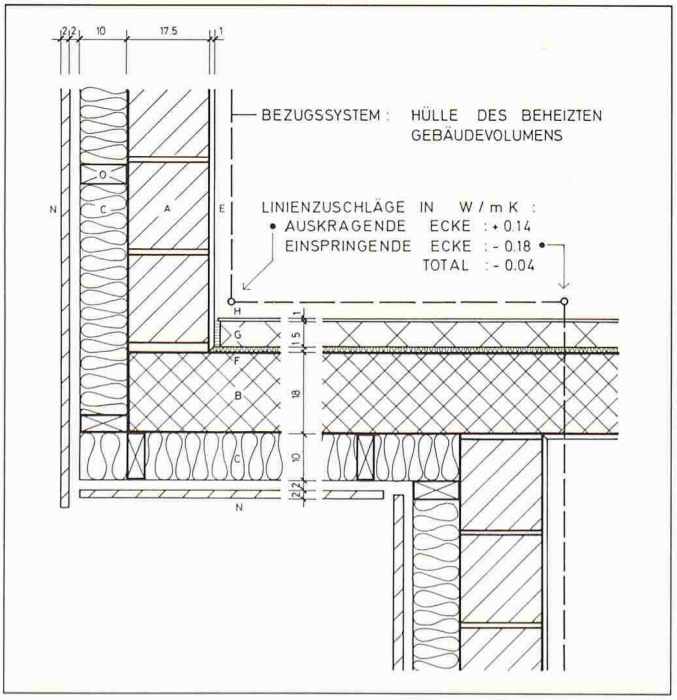


Bild 4. Hinterlüftete Fassade mit Auskragung

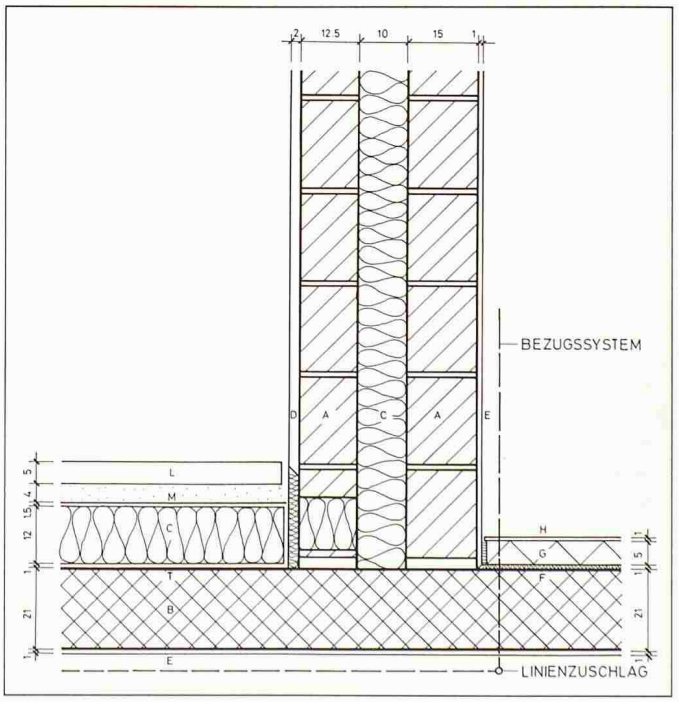


Bild 5. Attika-Auflager mit Isolierstein, welcher im konventionellen Fall durch einen gewöhnlichen Backstein ersetzt wird

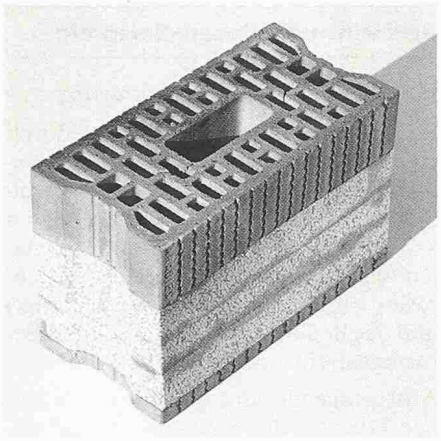


Bild 6. Isolierstein – Prototyp mit einer 10 cm dicken Kernplatte ($\lambda = 0{,}058$ W/m¹K; Druckfestigkeit 1,9 N/mm²), verklebt mit Backstein

aussspringende Ecke liefert +0,14 W/m¹K (dies entspricht einem k-Wert-Zuschlag von 0,14 W/m²K auf einem über die Wärmebrücke gelegten, 1 Meter breiten Störstreifen) und die einspringende Ecke den negativen Wert −0,18 W/m¹K. Der Wärmeabfluss ist somit an dieser Stelle im Vergleich zum Regelquerschnitt reduziert. Die Innenhülle ist hier mit einer kleineren Aussenfläche kombiniert. Dadurch entsteht eine Drosselung des Wärmeflusses. Insgesamt bleibt der Linienzuschlag der ganzen Konstruktion mit −0,04 W/m¹K sogar negativ. Wegen der Materialkonzentration auf der Innenseite ist der Wärmeschutz besser als beim Regelquerschnitt mit gleicher Abwicklung.

Faustregel: Die Effekte einer einspringenden und einer ausspringenden Ecke heben sich auf.

Betrachtet man eine 1 m dicke horizontale Scheibe eines Baukörpers mit aus Rechtecken aufgebautem Grundriss, so bleiben wie beim einfachen Rechteckquerschnitt vier ausspringende Ecken in der Bilanz. Das Spiel mit einspringenden Ecken vergrössert natürlich den auf die Energiebezugsfläche bezogenen Wärmeverlust immer um einige Prozente, da sich die Fläche bei gleichbleibender Abwicklung verringert.

Gute Architektur fordert heute insbesondere bei dichter Siedlungsbauweise vielfältige Möglichkeiten bezüglich Geometrie, Masse und Raum und ist auf die Möglichkeiten von Ein- und Ausstülpungen, Auskragungen, Richtungsänderungen, Übergänge angewiesen. Das erste Beispiel demonstriert, dass wärmebrückenfreies Bauen nicht eine Simplifizierung der Geometrie zur Folge haben muss. Die Entwurfsmöglichkeiten werden diesbezüglich nicht eingeschränkt.

Beispiel 2: Attika-Auflager

Bild 5 zeigt ein häufig vorkommendes *Attika-Auflager*. Die als Zweischalen-Mauerwerk konzipierte Aussenwand trennt den Attika-Wohnraum von der

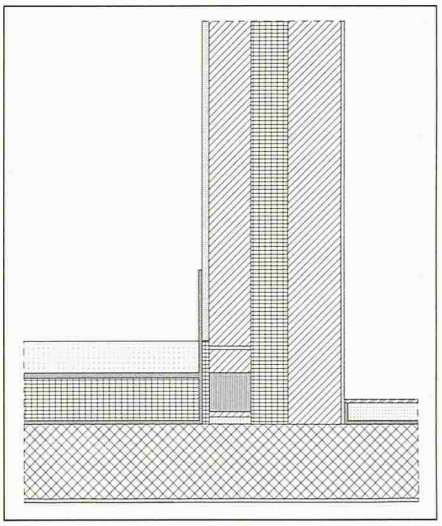


Bild 7. Computer-Modell des Attika-Auflagers mit Isolierstein
(Die Metallabdeckung über der heraufgezogenen Dachhaut wird weggelassen. Zur Kompensation wird die Wärmeübergangszahl in diesem Bereich auf 4 W/m² K reduziert).

begehbaren Dachterrasse. Die Aussenschale dieser Wand ruht auf einem von uns entwickelten, verbesserungsfähigen Isolierstein mit den üblichen Backstein-Abmessungen (vgl. Bild 6).

Bild 7 präsentiert das aus Rechtecken aufgebaute Computer-Modell dieser Konstruktion. Die Isothermenbilder 8 und 9 gelten für die standardisierten

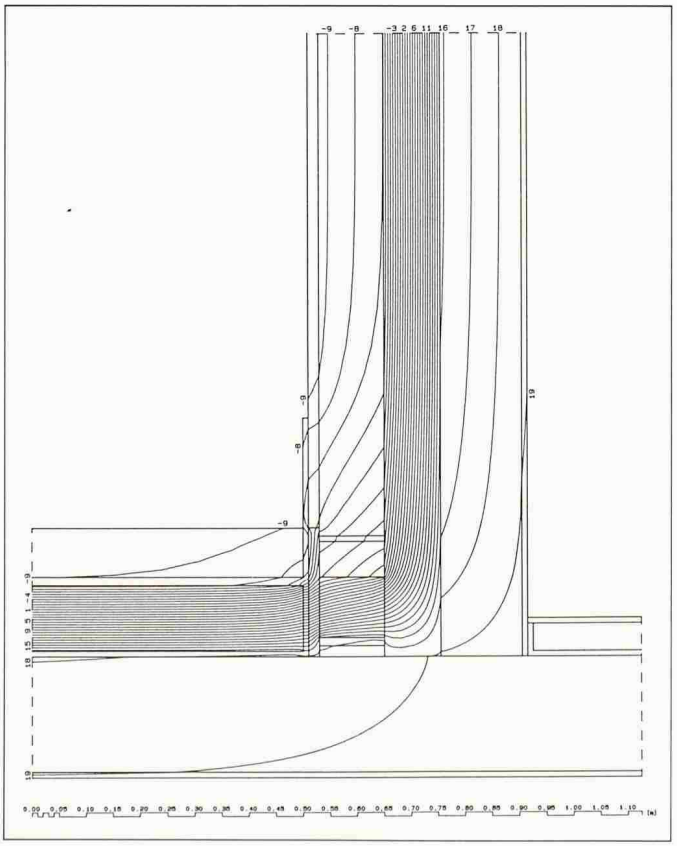


Bild 8. Isothermenbild des Attika-Auflagers mit Isolierstein; Linienzuschlag: −0,18 W/m¹K

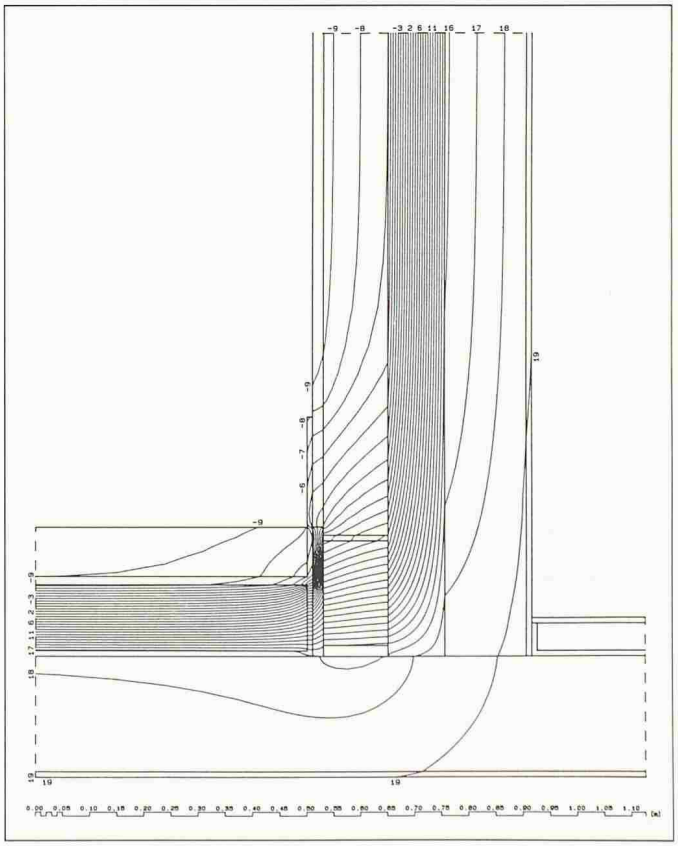


Bild 9. Isothermenbild des Attika-Auflagers ohne Isolierstein; Linienzuschlag: +0,09 W/m¹K

Lufttemperaturen 20 °C innen und −10 °C aussen und demonstrieren die Wirkung der lückenlosen Wärmeschutzschicht im Vergleich zur konventionellen Lösung mit Wärmeloch. Der Linienzuschlag sinkt beim Füllen dieses Lochs von +0,09 auf −0,18 W/m¹K. Die Differenz ist somit 0,27 W/m¹K. Bei 3800 Heizgradtagen (Klima Schweizer Mittelland) verliert man mit der konventionellen Lösung zusätzlich 77,6 MJ/m¹ a pro Laufmeter und Heizperiode. Bei einem Ölpreis von 40 Fr./100 kg ergeben sich (bei einem Mittelwertfaktor von 2 für die 30jährige Nutzungsdauer) zusätzliche Heizkosten von 1.20 Fr. pro Laufmeter und Jahr. Damit lassen sich bei einem nominalen Zinssatz von 5% Zusatzkosten von 22 Fr. verzinsen und amortisieren. Bei etwa 3⅓ Isoliersteinen pro Laufmeter dürfte ein solcher etwa 7 Fr. teurer sein als ein normaler Stein, ohne dass unter den getroffenen Annahmen die Wirtschaftlichkeit dieser Wärmeschutzmassnahme in Frage gestellt wäre. Das Rohmaterial zu diesem Sandwich-Stein ist sehr billig. Bei einer Produktion in grossen Stückzahlen liegt der Preis vermutlich weit unter der berechneten Kostenlimite. Isoliersteine sind an vielen anderen Neubau-Knoten einsetzbar, beispielsweise im Sockelbereich und bei Flachdachanschlüssen. Man beachte, dass die auf dem Markt erhältlichen Isoliersteine (z.B. das THERMUR-ELEMENT) zwar belastbarer sind, jedoch im Innern des Steins selbst eine Wärmebrücke enthalten und deshalb das Wärmeloch des behandelten Knotens nur zu etwa 40% stopfen.

Merksatz: Das Schliessen von Löchern der Wärmeschutzschicht mit Spezialelementen ist nicht nur energiebewusst, sondern i.a. sogar wirtschaftlich.

Beispiel 3: Kunststoffenster

Bild 10 zeigt eine bestehende Kunststofffenster-Konstruktion mit einem konventionellen Glaspaket (k = 1,50 W/m² K), dem üblichen wasserdampfdichten, metallischen Randverbund des Glases und mit zwei S-förmigen Stahlprofilen zur Verstärkung im Flügel- und im Blendrahmen. Bei den üblichen Randbedingungen (20 °C; −10 °C) ist die Temperatur am inneren Glasrand mit 9,7 °C zu tief. Ist die Luftfeuchtigkeit innen über 51,5%, so entsteht an dieser Stelle Tauwasser. Die Konstruktion muss verbessert werden.

Bild 11 zeigt den ersten Optimierungsversuch: Durch das Zerschneiden der metallischen Wärmebrücke des Flügelrahmens werden erhöhte Innenoberflächen-Temperaturen erwartet. Die Bilder 12 und 13 dokumentieren die entsprechende Veränderung der thermischen Situation. Durch das Auftrennen

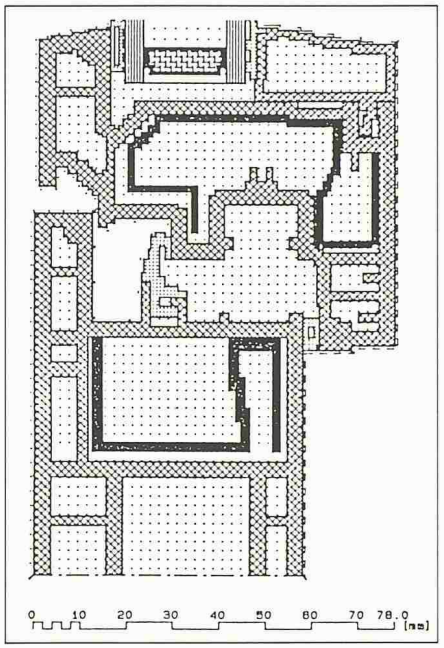


Bild 10. konventionelle Kunststoffenster-Konstruktion (Glas-k-Wert: 1,50 W/m² K; innere Glasrand-Temperatur: 9,7 °C bei 20 °C innen und −10 °C aussen)

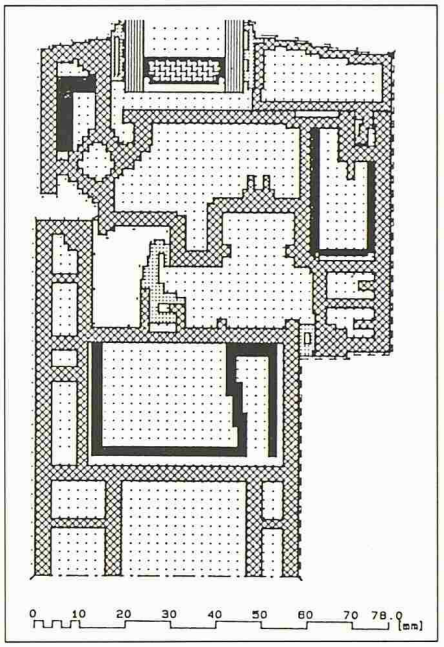


Bild 11. Kunststoffenster-Konstruktion mit geteiltem Flügelrahmen-Stahlprofil (innere Glasrand-Temperatur: 8,7 °C)

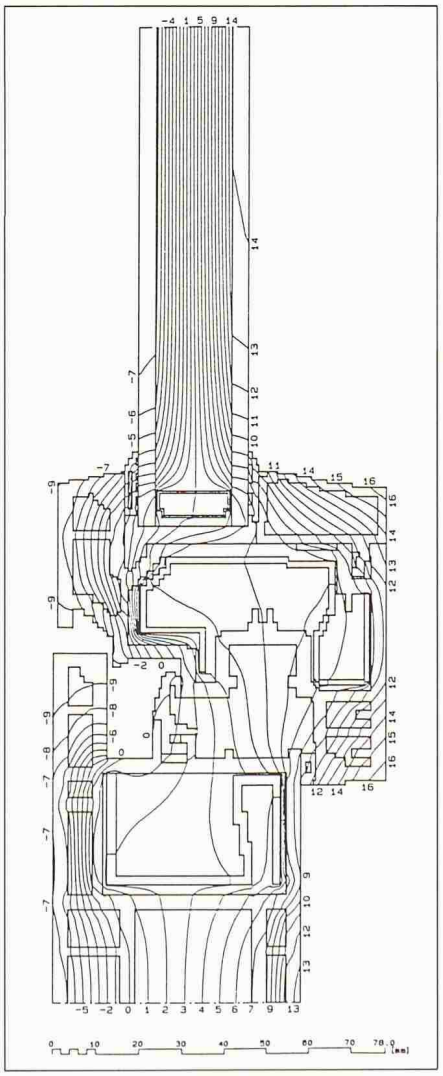


Bild 12. Isothermenbild zu Konstruktion in Bild 10 (Glas-k-Wert: 1,50 W/m²K; innere Glasrand-Temperatur: 9,7 °C bei 20 °C innen und −10 °C aussen)

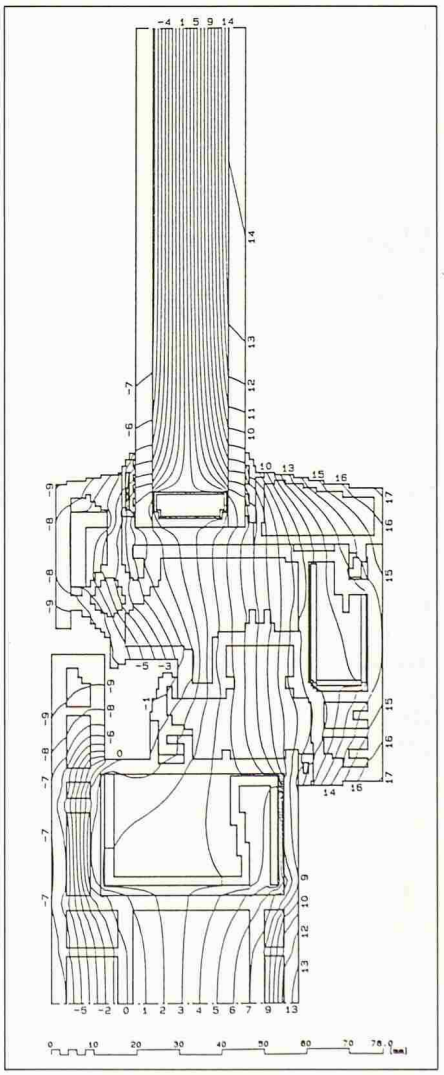


Bild 13. Isothermenbild zu Konstruktion in Bild 11 (innere Glasrand-Temperatur: 8,7 °C)

des Profils baut sich zwar zwischen dem U-förmigen und dem L-förmigen Restprofil das erwartete gleichmässige Temperaturgefälle auf und der kaltseitige Isothermenstau im S-Profil von Bild 12 verschwindet. Parallel dazu erhöht sich jedoch die Wärmestromdichte im Glasrand-Bereich. Als Folge sinkt die Temperatur am inneren Glasrand um 1 °C auf 8,7 °C – trotz Reduktion der Wärmebrücke und obwohl der gesamte Wärmeabfluss durch die Teilung des Profils etwas reduziert wird. Bei einer Luftfeuchtigkeit von 48,1% entstehen hier bereits Tautropfen.

Um diesen unerwarteten Effekt zu verstehen, muss man sich mit der Kopplung der beiden Wärmebrücken am Glasrand und im Flügelrahmen befassen.

Fazit: Verbessert man nur eine von zwei gekoppelten thermischen Schwachstellen, so wird die andere entsprechend stärker belastet, und die davon betroffene Innenoberflächentemperatur sinkt.

Das Beispiel zeigt, dass die Probleme der Schnittstellen zwischen Produkten verschiedener Industriezweige nur mit gemeinsamen Anstrengungen lösbar sind. In der beschriebenen Situation muss z.B. die Glasindustrie zunächst die gravierende Wärmebrücke des metallischen Randverbundes am Glas beseitigen (Lösungen liegen in der Schublade), bevor die Fensterindustrie mit ihren Verbesserungsmassnahmen Erfolge haben kann.

Ähnliche Wärmebrücken-Konglomerate, welche meist von verschiedenen Baulieferanten gemeinsam verursacht werden, betreffen die folgenden Gebäude-Knoten:

- ☐ Fensteranschläge am Mauerwerk
- ☐ Fenster-Sturz mit Roll-Laden
- ☐ Auskragungen von Decken bei Balkonen
- ☐ Aussenwände (Brüstungen) mit Heizelementen
- ☐ Sockeldetails
- ☐ Industrie-Metall-Fassaden

Diese Problemknoten werden von der Arbeitsgruppe des Wärmebrücken-NEFF-Projektes in einem Folgeprojekt 1989/91 weiterbearbeitet.

Literatur:

[1] *Brunner C.U., Nänni J.:* Wärmebrükkenkatalog 1, SIA Dokumentation 99, Zürich 1985

[2] *Brunner C.U., Nänni J.:* Wärmebrükken, optimierte Neubaudetails, NEFF 262.2, Zürich 1988

[3] *Elmroth A., Levin P.,* AIC (Air Infiltration Centre): Air Infiltration Control in Housing, A Guide to International Practice, Stockholm 1983

[4] *Rudolphi R., Müller R.,* (BAM): Bauphysikalische Temperaturberechnungen in Fortran, Stuttgart 1985

[5] *Mainka G.W., Paschen H.:* Wärmebrückenkatalog, Stuttgart 1986

[6] *Balzari & Schudel:* Oberflächentemperaturen im Bereich von Wärmebrücken, Schriftenreihe BEW, Bern 1985

Adresse der Autoren: Conrad U. Brunner, Dipl. Arch. ETH/SIA in Büro CUB, Planung & Architektur und Energie, Lindenhofstrasse 15, CH-8001 Zürich und Prof. Dr. Jürg Nänni, HTL Brugg-Windisch, CH-5200 Brugg-Windisch.

Wärmeschutz-Optimierung am Fenster

Die SIA-Dokumentation 99 «Wärmebrücken-Katalog 1» wurde 1985 veröffentlicht. Sie stellt eine Zusammenfassung der in einem NEFF-Projekt gemachten Untersuchungen über den Wärmefluss bzw. den Isothermenverlauf an bestehenden Baukonstruktionen dar. In einem Nachfolge-Projekt wurde versucht, diese bestehenden konstruktiven Details wärmetechnisch zu optimieren. Neben kritischen Mauerwerksknoten sind dabei vor allem Holz- und Holz/Aluminium-Fenster untersucht und durch geometrische, konstruktive wie materialtechnische Massnahmen wärmetechnisch verbessert worden. Dabei zeigt sich, dass die Methode der Isothermenberechnung ein attraktives und wirtschaftliches Instrument darstellt, um Wärmefluss-Vorgänge nicht nur verständlich zu machen, sondern auch eine Vielfalt von konstruktiven Ideen ohne Einsatz kostspieliger Laborversuche auf ihre Wirkung hin untersuchen zu können.

VON RENÉ SPÖRRI, ALTSTÄTTEN

Die Reduktion der Lüftungswärme-Verluste ist eine der interessantesten Massnahmen zum Energiesparen. Allerdings ist mit der Verminderung des Luftaustausches bei gleichbleibendem Benutzerverhalten, z.B. die Lebens- und Lüftungs-Gewohnheiten, mit einer Zunahme der durchschnittlichen Raumluftfeuchtigkeit im Winter zu rechnen. Unmittelbare Folgen davon sind die Bildung von Schimmelpilzen und von Kondensat an der Oberfläche vorhandener Wärmebrücken.

Aber auch durch eine bessere Wärmedämmung der Gebäudehülle und die damit verbundene Reduktion der Heizleistung entstehen oft neue Wärmebrükken mit zum Teil katastrophalen Folgen. Wärmetechnische Optimierung heisst in diesem Falle nicht nur einen im Durchschnitt möglichst tiefen Wärmedurchgangs-Koeffizienten (k-Wert) zu erreichen sondern die Differenz zwischen bestem und schlechtestem k-Wert zu minimalisieren.

Die wärmetechnischen Schwachstellen am Fenster sind schon lange bekannt. Die Forderung nach dem Radiator unter dem Fenster zeugt von dieser Erkenntnis. Aus heutiger Sicht scheint aber diese Massnahme wenig sinnvoll, denn der effektive Wärmeverlust am Fenster ist durch die vom Radiator aufsteigende Warmluft bedeutend grösser, als in konventionellen Rechnungen ermittelt wird. Zudem ist die Wirksamkeit dieser Massnahme bei Niedertemperatur-Heizungen und guter Gebäudeisolierung deshalb fragwürdig, weil tagsüber durch Einstrahlungs-Gewinne dieser konvektive Warmluftauftrieb gar nicht mehr vorhanden ist.

Häufigeres Lüften bleibt vorderhand als einzig wirksame Massnahme empfohlen (nebst Reduktion der Feuchte-Produktion im Gebäudeinnern). Dazu braucht es aber Spürsinn, um den richtigen Zeitpunkt zu erkennen sowie bauphysikalisches Verständnis für die Festlegung von Art und Dauer der Lüftung, vor allem aber auch die Anwesenheit von «Bedienungspersonal».

Sinnvoller wäre, das Produkt «Fenster» zu verbessern, das heisst seine technischen Schwachstellen zu eliminieren