

Wärmebrücken an Neubaudetails

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

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **104 (1986)**

Heft 17

PDF erstellt am: **26.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-76140>

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.

- Der jährliche Grundpreis soll vor allem der guten Ausnutzung der Anlagen dienen (abonnierte Leistung begrenzen) und die unterschiedlichen Aufwendungen für kleinere und grössere Abnehmer berücksichtigen. Zusätzlich soll er in einem vernünftigen Verhältnis zum Arbeitspreis stehen, damit das Energiesparen nicht behindert wird.
- Der Arbeitspreis (gleich für alle Abnehmer) wird so festgesetzt, dass zusammen mit den andern Tarifanteilen die Gesamtkosten der Fernwärmegesellschaft gedeckt werden können. Entsprechend der Kostenstruktur der Fernwärmegesellschaft für Kapitaldienst, Wärmebeschaffung und Betriebskosten könnte der Arbeitspreis anteilig indiziert werden mit Zinssatz, Preisen für elektrische Energie und Konsumentenpreisindex.

Was leistet die Fernwärme Mühleberg-Bern?

Mit FEMBE (Fernwärme Mühleberg-Bern) kann die Umweltbelastung der

Region Bern durch Abwärmenutzung abgebaut werden. Die Berner Umwelt wird um bis zu 155 GWh/a Abwärme, 40-60 t Stickoxide und je nach substituiertem Brennstoff bis zu 86 t Schwefeldioxid und 65 000 t Kohlendioxid pro Jahr entlastet.

Die Substitution von fossilen Brennstoffen (jährlich 21 000 t Erdöl) kann mit FEMBE verwirklicht werden. Ein Zusatzeffekt ist die vermehrte Verwendung von einheimischer Energie. Mit FEMBE wird die Versorgungssicherheit sowohl kurz- als auch langfristig erhöht.

FEMBE verursacht bei guter Auslastung der Versorgungsanlagen im Gegensatz zu andern Wärmesystemen keine volkswirtschaftlichen Folgekosten, die vom Verursacher nicht getragen werden. Der Investitionsaufwand beträgt etwa 80 Mio Fr. bei der FEMBE und etwa 15-17 Mio Fr. bei den Abnehmern. Der grosse Investitionskostenanteil (etwa 80% des Nutzenergiepreises) und der entsprechend bescheidene Energiekostenanteil lässt für FEMBE eine stabile Wärmepreisentwicklung erwarten.

Nach betriebswirtschaftlichen Kriterien ist FEMBE - organisiert als gemischtwirtschaftliche Aktiengesellschaft - für den Endverbraucher eine konkurrenzfähige Alternative, die zudem für den Abnehmer viel Komfort bietet, weil sehr wenig eigener Unterhaltsaufwand notwendig ist.

Adresse der Verfasser: M. Reutemann, dipl. Bau-Ing. ETH, und G. Straub, Dipl.-Ing., Studienkonsortium FEMBE, c/o Bernische Kraftwerke AG, Viktoriaplatz 2, 3000 Bern 25.

Literaturverzeichnis

- [1] Stadtbetriebe Bern, Gas- und Wasserversorgung, Wärmekataster Bern-West. Zwischenbericht Emch + Berger AG, August 1984
- [2] Deponie Teuftal AG, Gasverwertung Kehrichtdeponie Teuftal. CSD Colombi, Schmutz, Dorthe AG, Liebfeld/Bern, 24. Februar 1983
- [3] Sulzer Energie Consulting-Netzoptimierung mit Programm DRAPEX. 16. Juli 1985
- [4] Technische Klimadaten für die Schweiz. Berichte von H. Drotschmann, Zürich

Wärmebrücken an Neubaudetails

Von Jürg Nänni und Conrad U. Brunner

Seitdem in der Bautechnik der letzten 10 Jahre die wärmetechnischen Anforderungen an die Gebäudehülle sukzessive verschärft worden sind, bemühen sich die Architekten, Anschlussdetails konstruktiv richtig zu entwerfen und insbesondere die Dämmschicht möglichst ohne Wärmebrücken in die Hülle einzubetten. Ein Qualitätsvergleich von verschiedenen zur Auswahl stehenden Details setzt jedoch eine bauphysikalische Beurteilung voraus. Aufgrund einer Forschungsarbeit mit Mitteln des NEFF [1] ist anfangs 1986 die SIA Dokumentation 99 mit dem Titel «Wärmebrückenkatalog [1]: Neubaudetails» erschienen, welche dem Baufachmann diesen Qualitätsvergleich ermöglicht und als Planungshilfsmittel dem Architekten die Konstruktionswahl und die Abschätzung des Heizenergiebedarfs gemäss SIA-Empfehlung 380/1 «Energie im Hochbau» erleichtern soll. Der Heizungsplaner kann damit den Effekt von unvermeidbaren Wärmebrücken besser bewerten, z.B. bei der Berechnung des Wärmeleistungsbedarfs gemäss SIA-Empfehlung 384/2. Geplant ist ein ergänzender Wärmebrücken-Katalog 2, welcher die wärmetechnische Optimierung der im ersten Teil des Kataloges bemängelten Details zum Thema haben soll.

Der Wärmebrücken-Katalog 1 umfasst die Analyse von 40 Details der 4 häufigsten Aussenwandkonstruktionen unter Berücksichtigung des Heizsystems (Radiador- oder Fussbodenheizung). Karten des zweidimensionalen Temperaturverlaufs mit kritischen Oberflächentemperaturen werden gezeigt, k-Werte mit verschiedenen durch die Wärmebrücken bedingten Zuschläge werden verglichen, instationäre Eigenschaften, Oberflächenkondensat und Dampfdiffusion im Innern des Bauteils werden beurteilt. Im folgenden Beitrag soll ein kurzer Auszug aus der Untersuchung dargestellt werden.

Altbau - Neubau

Die Auswirkung von Wärmebrücken am Neubau sind gefährlicher als am Altbau. Gut gedämmte Flächen sind nämlich empfindlicher auf geometri-

sche Störungen und Verminderung der Dicke der Dämmschichten z.B. bei Auflagern, Auskragungen, Öffnungen, usw.. Mit dem Absinken der Innenoberflächentemperaturen im Bereich von Wärmebrücken können ausserdem

Pilz- und Taupunktprobleme entstehen. Durchfeuchtungen in der Folge von dauerndem Oberflächenkondensat können progressive Bauschäden zur Folge haben. Wärmebrücken mit an sich geringem Flächenanteil können den Wärmebedarf wesentlich erhöhen. Rechnet man das in SIA 384/21 aufgeführte Anwendungsbeispiel (Einfamilien-Musterhaus, Klima von Zürich), so entsteht nach den neuen Erkenntnissen des Wärmebrückenkatalogs 1 eine von Wärmebrücken verursachte Erhöhung des jährlichen Heizenergiebedarfs von 20%.

k-Wert-Zuschlag

Zum Verständnis der nachfolgenden Beispiele aus dem Wärmebrücken-Katalog soll das Konzept der k-Wert-Zuschläge im Bereich von Wärmebrücken kurz erläutert werden: Als Bezugsfläche zur Bestimmung der Transmissionsverluste (unter einheitlichen Randbedingungen) dient die gesamte Innenfläche der Hülle des beheizten Raumvolumens. Im Störbereich von Wärmebrücken werden Meterstreifen definiert, welche mit dem gesamten zu-

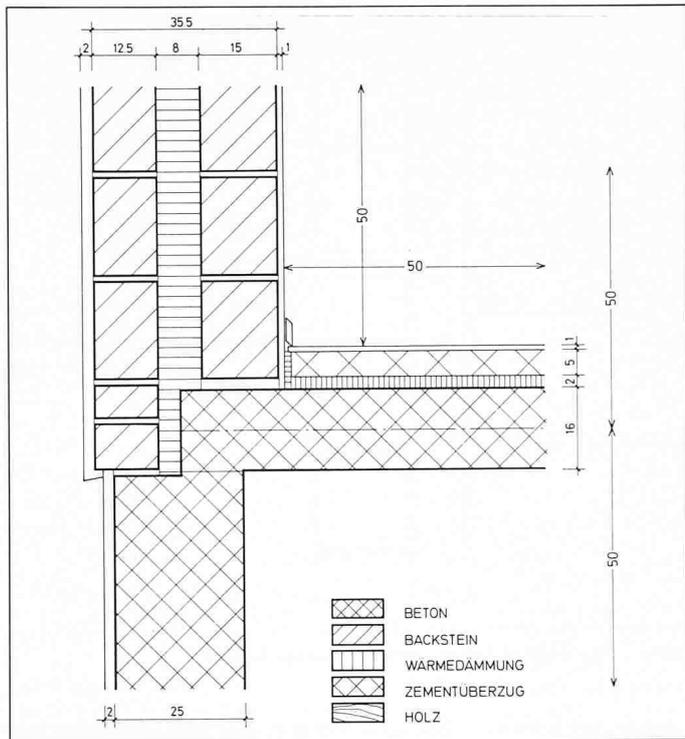


Bild 1. Zwei-Schalenmauerwerk, Detail Sockel

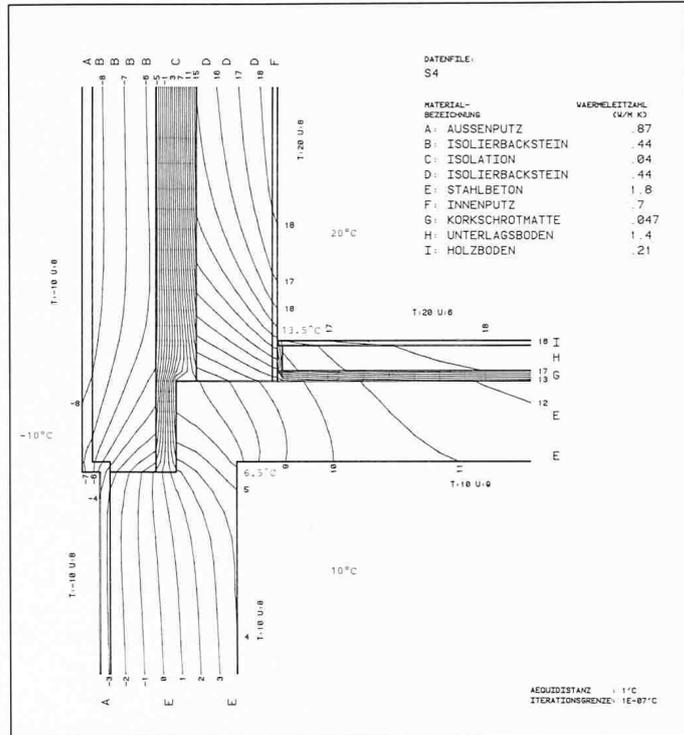


Bild 2. Temperaturkarte für Bild 1

sätzlichen Wärmeverlust belastet werden, und zwar auch dann, wenn die physikalische Störzone noch grösser ist.

Anschliessend an dieses Meterband, welches bei zwei zusammenstossenden Bauteilen diesen beiden hälftig zugeordnet wird, soll die Wärmeverlustberechnung mit der üblichen k-Wert-Methode (also ohne Zuschlag) fortgesetzt werden. Je grösser der k-Wert-Zuschlag, desto schlechter ist die energetische Beurteilung der Wärmebrücke.

Die systematischen Analysen von Wärmebrücken ergeben, dass diese k-Wert-

Zuschläge in W/m^2K weitgehend unabhängig von der Dämmdicke sind und deshalb ein direktes Qualitätsmerkmal für die betreffende Konstruktionsart darstellen. Zur Verankerung dieser Bewertung wurden auch einige traditionelle Konstruktionsarten (32 cm Backsteinmauer) untersucht. Als Beurteilungs-Massstab drängt sich auf, dass eine Wärmebrücke toleriert werden muss, falls ihr k-Wert-Zuschlag nicht grösser ist, als der durch die Geometrie bedingte Zuschlag einer ausströmenden Gebäudecke derselben Konstruktionsart. Dieser Grenzwert ist in allen

Fällen kleiner als ein Drittel des ungestörten k-Wertes. Alarmierend ist es, falls ein k-Wert-Zuschlag so gross wird, wie der k-Wert selbst. Aus den Zuschlägen lassen sich die zusätzlichen Wärmeverluste in %, bezogen auf den standardisierten Meterstreifen der betreffenden Wärmebrücke, berechnen.

Knoten mit Heizsystem (Radiator vor Brüstung oder Bodenheizung über Kellerdecke) schneiden allgemein wegen der vergrösserten Temperaturdifferenz schlechter ab, falls das Detail keine zusätzlichen Wärmeschutzmassnahmen vorsieht.

Bild 3. Temperaturkarte für Bild 1 mit Bodenheizung

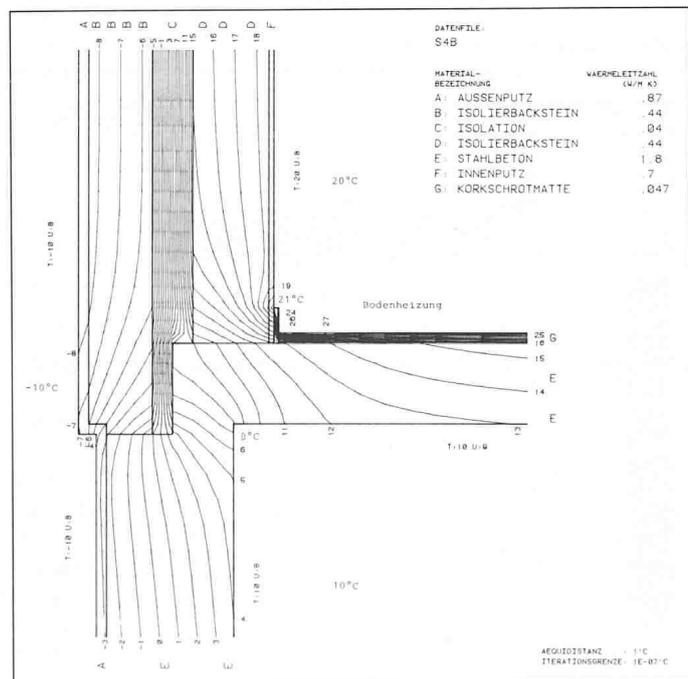
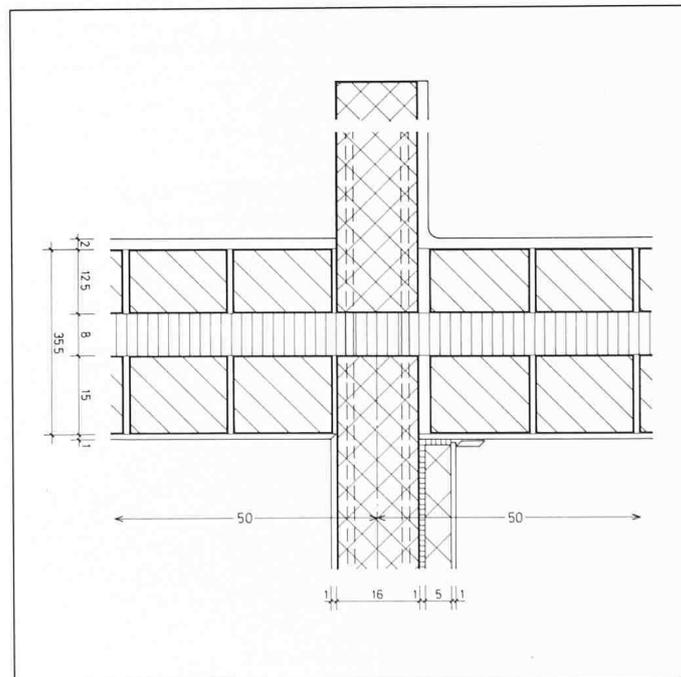


Bild 4. Zwei-Schalenmauerwerk, Detail Balkonauskragung mit durchgehendem Stahlkorb



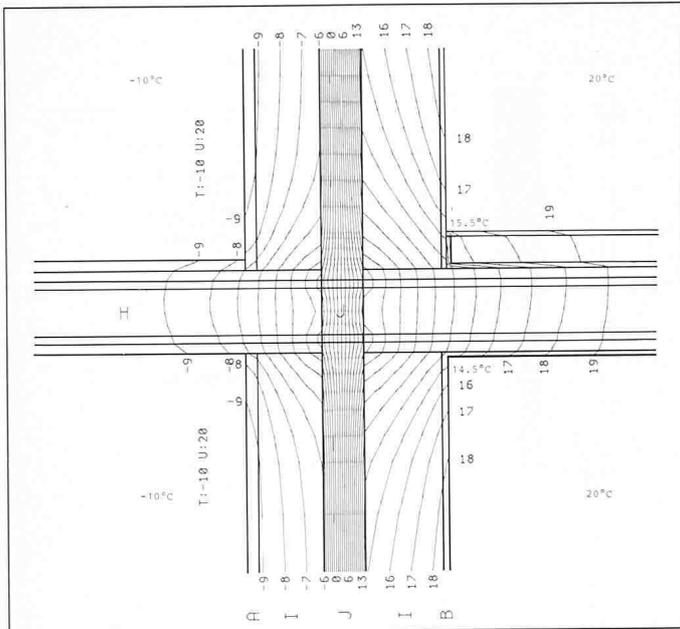


Bild 5. Temperaturkarte für Bild 4

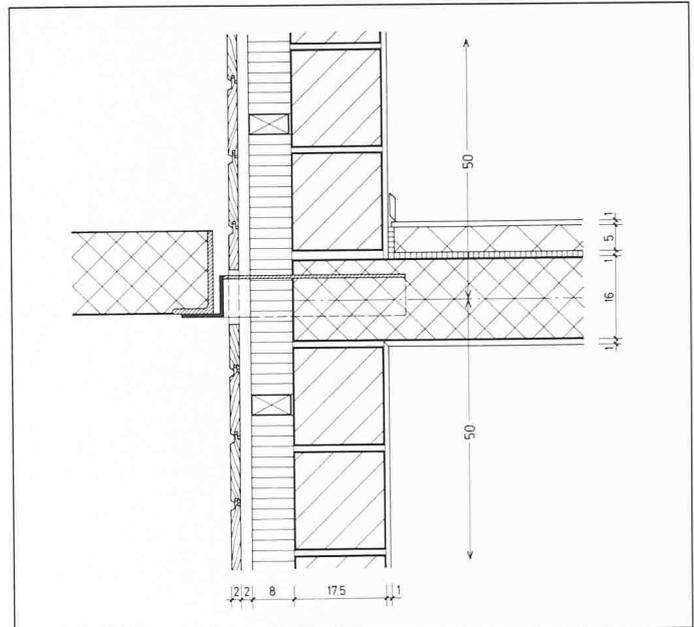


Bild 6. Hinterlüftete Fassade, Balkonplatte auf Konsole

Beispiele

Sockel

Schwachstellen ersten Ranges sind *Sockelknoten* mit ungeschützter Kellerwand. Mit der Begründung, dass der unbeheizte Keller zur Kaltzone gehöre, verzichtet man in der Praxis immer wieder auf eine durchgehende Wärmedämmung und dimensioniert auch die Bodendämmung zu knapp (vergl. Bild 1 und 2: Beispiel mit 2-Schalen-Mauerwerk auf Betonsockel und Betondecke mit 2 cm Wärmedämmung). Die ungestörten k-Werte 0,35 und 1,14 von Wand und Boden erhalten auf den vermassten Halbmeterstreifen einen Zuschlag von 0,14 resp. 0,42. Der zusätzliche Wärmeverlust des standardisierten

Meterstreifens beträgt unter den getroffenen Annahmen somit 38%. Erhöht man die Dämmstärke der Wand auf 12 cm, so steigt dieser Wärmebrückeneffekt auf 48%, erniedrigt man sie auf 4 cm, so bleiben 29% Verlust.

Eine Bodenheizung mit einer Bodenoberflächentemperatur von 25°C (vergl. Bild 3: Temperaturkarte) lässt den Verlust bei 8 cm Wanddämmung auf 132% ansteigen. Verdoppelt man in diesem Fall die Wärmedämmung des Bodens auf 4 cm, so bleiben immer noch 115% Verlust. Solange die Wärmebrücke am Übergang von Innenschale zum Betonsockel nicht beseitigt wird, bleibt dieses Detail konstruktiv schlecht und sollte in Zukunft durch eine bessere Variante ersetzt werden. Eine Aussendämmung, welche den Sok-

kel über Terrain frei lässt, zeigt denselben Effekt: *Wärme aus dem Wohnraum entweicht im ungeschützten Sockelbereich.*

Balkonplatte

Schwachstellen zweiten Ranges sind auskragende *Balkonplatten*, bei denen die Wärmedämmung durchgehend ausgebildet ist, jedoch ein Stahlkorb (z.B. Stahl III, 16 mm Durchmesser mit 20 cm Horizontalabstand) die Dämmung durchstösst. Die unerwünschte thermische Kopplung durch die Metallteile hat grössere Auswirkungen als bisher vermutet wurde. Der ungestörte k-Wert der Wand von 0,35 erfährt auf dem standardisierten Meterstreifen einen Zuschlag von 0,54, das entspricht einem zusätzlichen Wärmeverlust von 154% (vergl. Bild 4 und 5: Detail und

Bild 7. Backsteinmauer mit Aussendämmung, Detail Dachkron

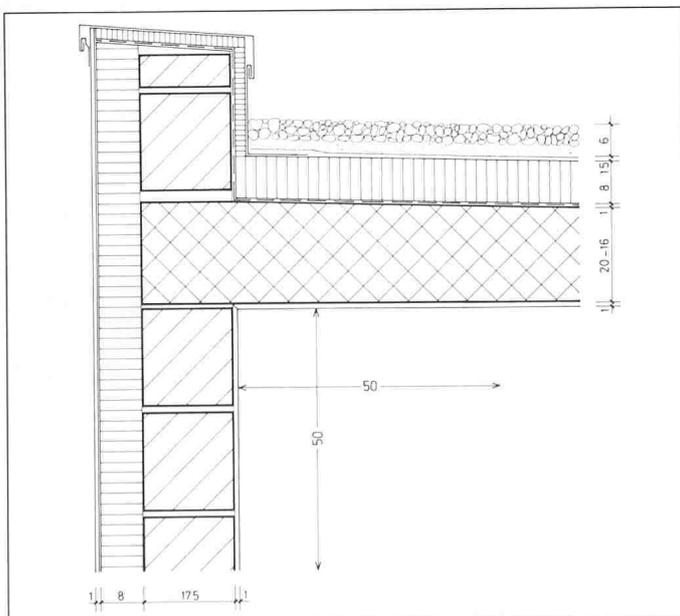
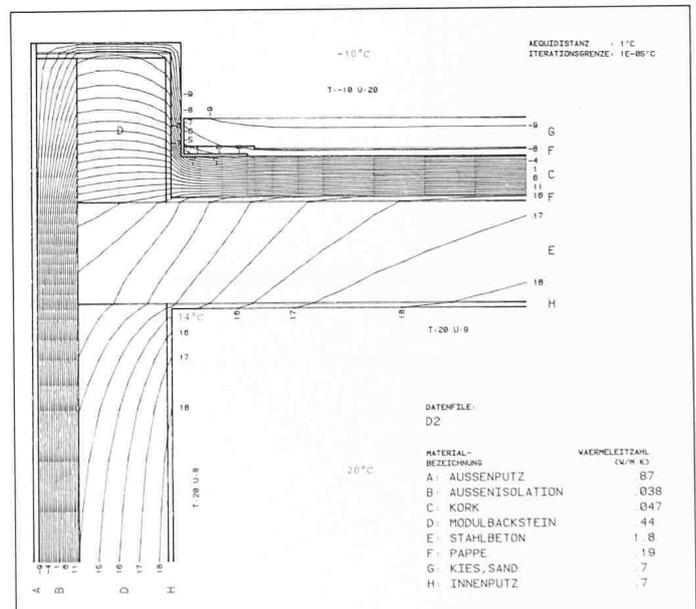


Bild 8. Temperaturkarte zu Bild 7



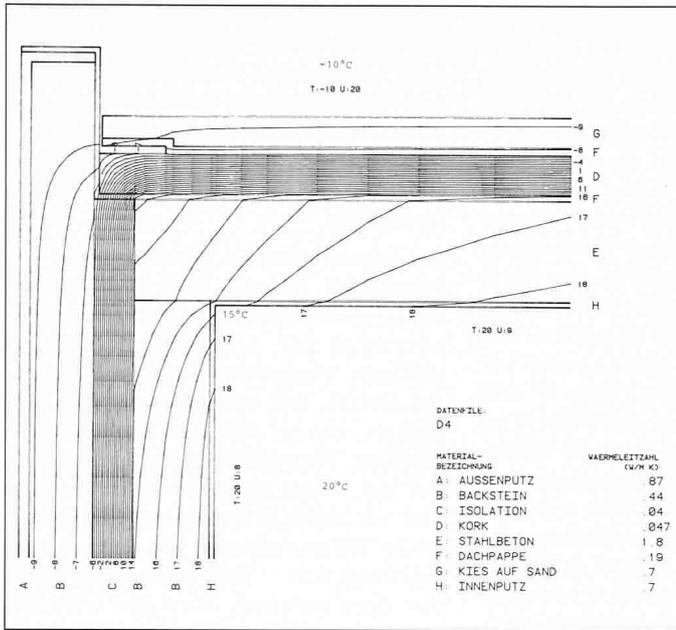


Bild 9. Temperaturkarte zu Detail Dachkrone bei Zwei-Schalen-Mauerwerk

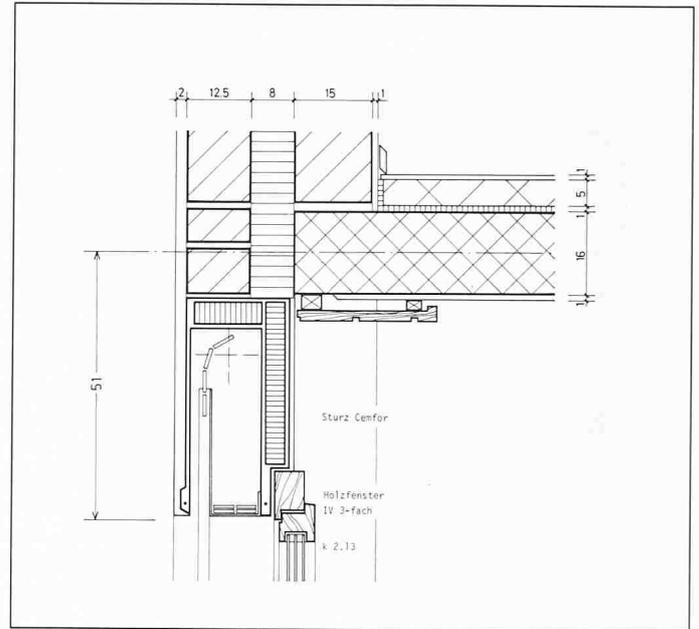


Bild 10. Zwei-Schalenmauerwerk, Detail Sturz mit Faltrolläden

Temperaturkarte; die erwähnten Zahlen stammen aus einer dreidimensionalen Temperaturanalyse. Der Wärmebrückeneffekt des Stahlkorbes ist beträchtlich. Noch schlimmer allerdings wäre die durchgehende Betonplatte mit Taupunkt- und Pilzproblemen im Bereich der Innenseiten. Mit dem Konstruktionsprinzip der unterbrochenen Platten sind immerhin die bauhygienischen Anforderungen erfüllt. Sind an der Innenschale ausserdem Heizkörper angebracht, so vergrössert sich dieser Verlust im Bereich der Radiatoren nochmals. Die Bodenheizung schneidet besser ab, weil ihre Berührungszone zur Aussenfläche weniger warm und auf einen schmalen Streifen konzentriert ist.

Das zweite Balkondetail (Bild 6) zeigt

eine Konstruktion mit hinterlüfteter Fassade. Die Wärmedämmung wird alle 2 m von U-förmigen Stahlkonsolen (V2A-Stahl, 8 mm dick) durchbrochen, welche mit dem stirnseitigen L-Profil der getrennten Balkonplatte verbunden sind. Der ungestörte k-Wert der Konstruktion von 0,36 erhält einen Zuschlag von 0,12, was einem zusätzlichen Wärmeverlust von 33% entspricht. Diese Zahl ist lediglich 5% grösser als der entsprechende Wärmeverlust einer ausspringenden Gebäude-Ecke mit derselben Wandkonstruktion und liegt deshalb im Gegensatz zum vorhergehenden Beispiel fast im tolerierbaren Bereich.

Flachdach

Schwachstelle dritten Ranges sind Flachdachanschlüsse. Das ausgewählte Detail zeigt eine Betondecke der Dicke

20 cm auf einer Backsteinmauer mit einer Aussendämmung (Bild 7 und 8), welche über eine 2 cm-Wärmedämmung der Dachkrone mit der 8 cm dicken Dämmschicht des Flachdaches verbunden ist. Wand und Dach weisen einen ungestörten k-Wert von 0,37 resp. 0,45 auf. Die Zuschläge auf dem vermasseten standardisierten Halbmeterband sind 0,14 und 0,26. Der Wärmeverlust des Meterbandes erfährt einen Zuschlag von 49%. Tolerierbar wäre der zusätzliche Verlust von 28% einer ausspringenden Ecke mit derselben Wandkonstruktion. Erniedrigt man die Dämmstärken von Wand und Dach auf 4 cm, so sinkt der Verlust auf 35%, erhöht man sie jedoch auf 12 cm, wobei die Korkverbindung zwischen beiden Dämmschichten mit 4 cm festgesetzt

Bild 11. Temperaturkarte zu Bild 10

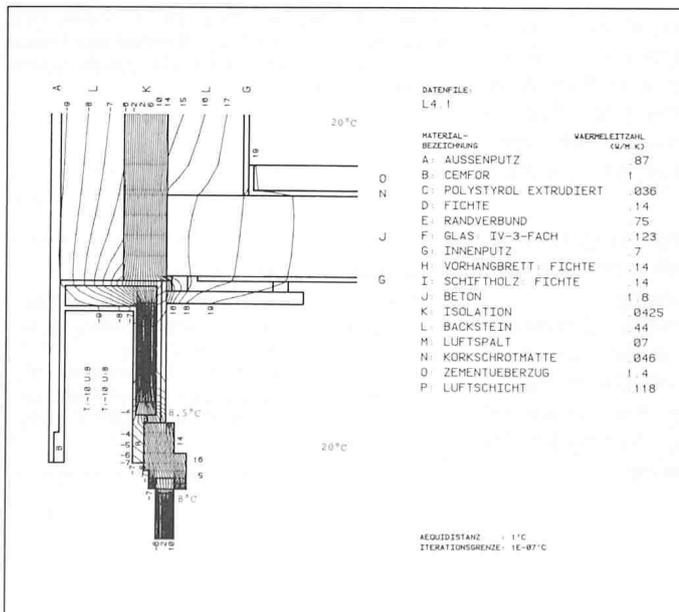
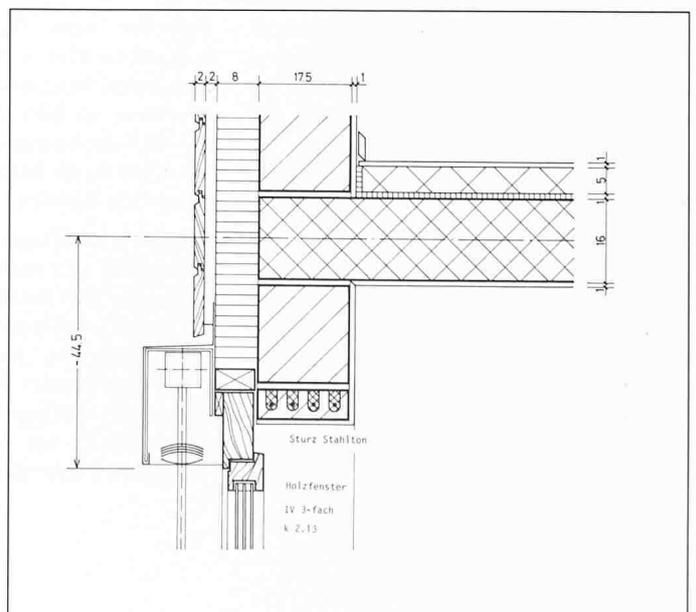


Bild 12. Hinterlüftete Fassade, Detail Sturz mit Lamellenstoren



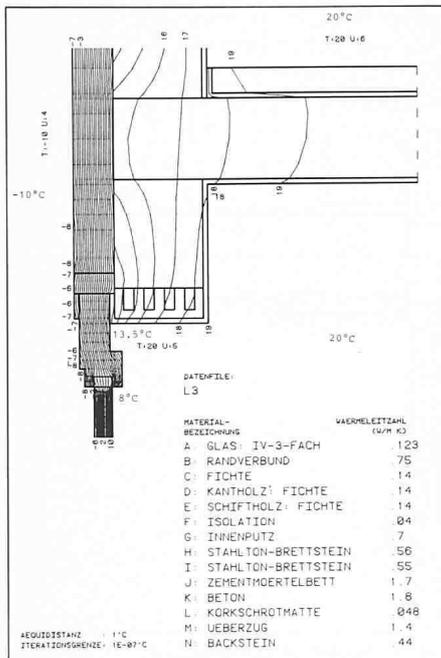


Bild 13. Temperaturkarte zu Bild 12

wird, so steigt der Wärmebrückenverlust auf 59%. Die Mauerkronen haben, wenn sie mit Dämm-Material umhüllt werden, die Wirkung von Kühlrippen. Das Band der Wärmedämmung mit vergrößerter Abwicklung bildet eine geometrische Wärmebrücke.

Dieser Effekt wird beim entsprechenden Detail für das 2-Schalen-Mauerwerk mit Flachdach (vergl. Bild 9: Temperaturkarte) etwas gemildert: Der Zuschlag bei 8 cm Dämmung zu den ungestörten k-Werten von 0,35 und 0,45 für Wand und Dach beträgt 0,06 und 0,24, der Gesamtverlust 37% und bei 4 cm resp. 12 cm Dämmung 23% resp. 36%. Ursache dieser kleineren Verluste ist die Abtrennung der Mauerkrone durch die kurzgeschlossene Wärmedämmung.

Indikator für wärmetechnische Verbesserungen ist ferner die tiefste Innenoberflächentemperatur (vergl. Temperaturkarten): Je kleiner die Differenz zur ungestörten Oberflächentemperatur, desto geringer die Wirkung der Wärmebrücke.

Sturz

Schwachstellen besonderer Art sind *Sturzzonen* mit äusserem Rolladen. Sie werden erst im vierten Rang aufgeführt, weil sie sich auf relativ eng begrenzte Zonen der Gebäudehülle erstrecken. Der ungestörte Wand-k-Wert von 0,35 erfährt im Sturzbereich, vermass mit 51 cm, einen sehr grossen Zuschlag von 0,37, während der Wandzu-

schlag des oberen Halbmeterstreifens vernachlässigbar ist (Bild 10 und 11). Berücksichtigt man den Effekt der Boden- oder Radiatorenheizung, so steigt der Zuschlag im Sturzbereich auf 0,47 oder 0,58 (Annahmen: Bodenoberflächentemperatur 25 °C oder Radiatortemperatur 50 °C). Auf dem oberen Halbmeterstreifen erzeugt die Radiatorenheizung einen Zuschlag von 0,10, die Bodenheizung lediglich 0,02. Zum Vergleich ist ein zweites Sturzdetail mit vorgehängter Fassade und äusseren Lamellenstoren aufgeführt (Bild 12 und 13). Der Sturzbereich ist mit 44,5 cm etwas reduziert und bis über die Hälfte hinaus wärmedämmt. Der ungestörte Wand-k-Wert von 0,36 erhält hier den Zuschlag 0,24, im Fall von Boden- oder Radiatorenheizung 0,30 oder 0,32. Der obere Halbmeterstreifen wird in diesen drei Fällen mit den Zuschlägen 0,05, 0,07 oder bei Radiatorenheizung mit 0,14 belastet. Indikator der verbesserten thermischen Situation ist das Ansteigen der tiefsten Oberflächentemperatur im Sturzbereich von 8,5 °C auf 13,5 °C.

Fensterrahmen

Der *Glasverbund im Fensterrahmen* stellt eine weitere gravierende Wärmebrücke dar, welche mit einem Linienzuschlag, bezogen auf den Laufmeter Aussenfuge des Fensters, erfasst werden kann und in allen hier erwähnten Fällen 0,03 W/mK beträgt. Die Tiefsttemperatur im Bereich des Fensterrahmens ist mit 8 °C unbefriedigend und hat im allgemeinen Kondensat und Pilzbildung zur Folge.

Akzeptable Details

Toleriert man Wärmebrücken, deren k-Wertzuschlag nicht grösser ist, als der Gebäudeeckenzuschlag derselben Konstruktion, so können die folgenden, in der SIA-Dokumentation 99 behandelten Knoten in bezug auf Wärmeschutz akzeptiert werden:

- Decken-Auflager mit vorgehängter Fassade mit mehr als 6 cm durchgehender Wärmedämmung
- Decken-Auflager eines 2-Schalen-Mauerwerks mit mehr als 6 cm durchgehender Wärmedämmung
- Decken-Auflager in Backsteinwand mit mehr als 6 cm durchgehender Aussenwärmedämmung

Gut gelöste Anschlussprobleme existieren ferner bei der Verbindung zwischen den erwähnten Wandkonstruktionen und Schrägdächern mit Holzkonstruktionen, die Wärmedämmschichten von mindestens 10 cm Dicke aufweisen (Dampfbremse auf der Warmseite erforderlich).

Bei allen gelösten Details treten im Normalfall (Klima Schweizer Mittelland) keine Probleme mit Oberflächenkondensat auf. Ungelöst sind die erwähnten ungeschützten Sockelknoten, die Details mit auskragenden Balkonplatten, die erwähnten Flachdachanschlüsse, Wandflächen hinter Radiatoren mit ungenügendem Wärmeschutz und vor allem Sturzknoten. Die Qualität des Wärmeschutzes von einigen quasi-homogenen Verbandmauerwerken mit Spezialsteinen wird zur Zeit genauer abgeklärt.

Ausblick

Mit Hilfe der SIA-Dokumentation 99 sollte der Architekt besser in der Lage sein, Wärmebrücken in der Planungsphase zu eliminieren. Falls sie aus irgendwelchen gewichtigen Gründen unvermeidbar sind, muss er versuchen, sie abzuschwächen. In diesem Fall sollte er zudem die Auswirkungen quantitativ erfassen.

Adresse der Autoren: Prof. Dr. J. Nänni, HTL Brugg-Windisch, 5200 Brugg-Windisch und Conrad U. Brunner, dipl. Arch. ETH/SIA, Lindhofstrasse 15, 8001 Zürich.

Literatur

- [1] Conrad U. Brunner und Jürg Nänni: Wärmebrücken-katalog 1, Neubaudetails. SIA-Dokumentation 99, Zürich 1986
Die erwähnte SIA-Dokumentation 99 «Wärmebrücken-katalog» ist beim Generalsekretariat des SIA, Postfach, 8039 Zürich, erhältlich