

WOHNBAUFORSCHUNG
NIEDERÖSTERREICH;
WOHNBAUFORSCHUNGSERFASSUNG 2005

ERFASSUNGSNUMMER: 822128

SIGNATUR: WBF2005 822128

KATALOG: A, INDEX ST. PÖLTEN

STATUS: 22 2

BESTART: E

LIEFERANT: WOHNBAUFORSCHUNG
DOKUMENTATION 2005, WBF2005,
WBFNOE

ERWAR: B

EXEMPLAR: 1

EINDAT: 2005-04-04

BDZAHL: 1 Mappe + 1 Boschüre + 1 CD-ROM

HAUPTETRAGUNG: Entwicklung und Evaluierung
praxistauglicher Passivhaus-Baudetails
unter besonderer Bedachtnahme
bauphysikalischer und normgerechter
Anwendungsformen bei
Einfamilienhäusern

TYP: 1

VERFASSER – VORL: Jany, Mag. Franz Roland
GDI Gemeinschaft Dämmstoff Industrie

NEBEN – PERSONEN:

NEBEN – SACHTITEL:

ZUSÄTZE: F 2128

VERLAGSORT, BEARBEITERADRESSE: Gemeinschaft
Dämmstoffindustrie,
Favoritenstraße 4-6/2/12A, 1040
Wien; Tel: 01/504 5771; Fax:

VERLAG, HERAUSGEBER: Eigenverlag

E-Jahr: 2005
UMFANG: 41 Seiten

FUSSNOTEN HAUPTGRUPPEN
ABGEKÜRZT: TEGL

SACHGEBIET(E)/ EINTEILUNG
BMW: Bauteile; Info + Demo

ARBEITSBEREICH (EINTEILUNG
NACH F-971, BMW): Technik

SW – SACHLICHE (ERGÄNZUNG) Energie; Information im Planungsprozess

PERMUTATIONEN: S1 / S2

BEDEUTUNG FÜR NIEDERÖSTERREICH:

Seit 1.1.2004 wird in Niederösterreich im Rahmen der neuen Wohnbauförderung das „Passivhaus“ gefördert. Die von der Gemeinschaft Dämmstoff Industrie im vorliegenden Projekt entwickelten 18 Massivhaus-Details und 8 Leichtbaudetails (Vorschläge) können von Baufachleuten übernommen werden und in die Planung von Passivhäusern einbezogen werden.

BEDEUTUNG FÜR DEN WOHNBAUSEKTOR:

Im Bereich der Passivhaustechnologie sind praxisrelevante und bautechnische Standards, die bauphysikalisch einwandfrei und derart entwickelt sind, eine Novität. Sie stellen eine qualitative Weiterentwicklung im Bereich der Bautechnik dar.

Hinweis: Die PH-Broschüre kann von der Homepage www.GDI.at heruntergeladen werden.

ENDBERICHT

Forschungsvorhaben Passivhaus-Details

Entwicklung und Evaluierung praxistauglicher wärmebrückenfreier Passivhaus-Baudetails unter besonderer Bedachtnahme bauphysikalischer und normgerechter Anwendungsformen bei Einfamilienhäusern.

März 2005

Mit Unterstützung der NÖ Wohnbauforschung

Inhaltsverzeichnis

0.	Zusammenfassung.....	2
1.	Ausgangslage.....	3
2.	Beschreibung des Projektes.....	3
2.1	Inhalt, Ziele und Umsetzung.....	3
2.1.1	Inhalt.....	3
2.1.2	Ziele.....	4
2.1.3	Umsetzung.....	4
3.	Exkurs.....	5
3.1	Das Passivhaus.....	5
3.2	Vorteile der Passivhaus-Bauweise.....	5
3.2.1	Behaglichkeit.....	5
3.2.2	Frische Luft.....	6
3.2.3	Sparsamkeit und Wirtschaftlichkeit.....	6
3.2.4	Sommertauglichkeit.....	6
3.2.5	Ökologische Aspekte.....	6
3.2.6	Krisensicherheit.....	6
3.2.7	Architektonische Vielfalt.....	7
3.3	Checkliste Passivhaus.....	7
3.3.1	Muss-Kriterien.....	7
3.4	Zusammengefasste Kriterien für ein Passivhaus.....	8
3.5	Was sind Wärmebrücken?.....	8
3.5.1	Ursachen.....	9
3.5.2	Wirkungen.....	10
4.	Auswertung der Ergebnisse.....	10
4.1	Wichtigste problembezogene Fachliteratur.....	10
4.2	Teilnehmer und Mitarbeiter.....	11
4.3	Magistratsabteilung 39.....	11
4.3.1	Auftrag.....	11
4.3.2	Verwendete Unterlagen.....	11
4.3.3	Berechnungen.....	12
5.	Ergebnisse.....	12
5.1	Ergebnisse für Massivbaudetails.....	12
5.2	Ergebnisse für Leichtbaudetails.....	13
5.3	Zusätzliche Bemerkungen	14

Anhang: BEILAGE 1

ENDBERICHT

Forschungsvorhaben Passivhaus-Details

Entwicklung und Evaluierung praxistauglicher wärmebrückenfreier Passivhaus-Baudetails unter besonderer Bedachtnahme bauphysikalischer und normgerechter Anwendungsformen bei Einfamilienhäusern.

0. Zusammenfassung

Innerhalb weniger Jahre ist das Passivhaus Stand der Technik in Österreich geworden. Diesem Umstand tragen auch entsprechende Passivhaus-Förderungen in fast allen Bundesländern Rechnung. Das Interesse seitens Planern, Ausführenden und Bevölkerung ist groß. Durch die rasante Entwicklung konnte die Fach-Ausbildung der Planer und Professionisten noch nicht ausreichend Schritt halten.

Um diesem Umstand abzuhelpfen, hat sich die Gemeinschaft Dämmstoff Industrie mit dem vorliegenden Forschungsprojekt die Aufgabe gestellt, wärmebrückenfreie Passivhaus-Details zu entwickeln, die so praxistauglich sind, dass sie von den Ausführenden auf der Baustelle bedenkenlos verwendet werden können. Die 18 Massivhaus-Details und 8 Leichtbaudetails wurden von der MA 39 auf Wärmebrücken-Freiheit berechnet und bestätigt.

1. Ausgangslage

Da die Entwicklung der Bautechnik in den letzten Jahren immer weiter in Richtung energiesparender Bauweisen und klimaschonenden Bauens gegangen ist, wurden auch die Anforderungen die an die Planer aber auch an die Ausführenden immer größer. War bis vor wenigen Jahren das Niedrigenergiehaus-Konzept ein neuer Strang innerhalb der Bautechnik und der technischen Regelwerke, so hat in den letzten Jahren das Passivhauskonzept in rascher Geschwindigkeit auch die Förderungen in den Österreichischen Bundesländern massiv beeinflusst. In fast allen Bundesländern wird das sogenannte Passivhaus bereits gefördert, wie beispielsweise in Niederösterreich seit dem 1.1.2004. Trotz oder wegen dieser raschen Entwicklung haben innerhalb der Aus- und Weiterbildungsinstitutionen (Berufsbildende Schulen, Universitäten, Akademien etc.) in Österreich die entsprechenden Bildungsadaptionen noch nicht in ausreichendem Maß stattgefunden. Ausnahmen sind allen voran die Donauuniversität Krems oder die Sommerakademie des Energieinstituts Vorarlberg, um einige wenige zu nennen.

Ebenso fehlten bisher im Bereich Passivhaustechnologie praxisrelevante und praxistaugliche bautechnische Standards, die bauphysikalisch einwandfrei und so entwickelt sind, dass sie von den Planern bedenkenlos übernommen werden und entsprechend in ihre Planungen einfließen lassen können.

2. Beschreibung des Projektes

2.1 Inhalt , Ziele und Umsetzung

2.1.1 Inhalt

Entwicklung und Evaluierung praxistauglicher Passivhaus-Baudetails die möglichst wärmebrückenfrei und damit Schadenssicherheit bieten. Dies unter besonderer Bedachtnahme bauphysikalischer und normgerechter Anwendungsformen bei Einfamilienhäusern, vor allem vor dem Hintergrund der neuen Niederösterreichischen Wohnbauförderung, wo erstmals Fördergelder für energieeffizientes Bauen bis hin zum Passivhaus fördert.

2.1.2 Ziele

Ziel dieser Forschungsarbeit ist es daher möglichst Wärmebrückenfreie Konstruktionen zu entwickeln, die eine wesentliche Voraussetzung zur Erzielung eines funktionierenden Passivhauses sind und die darüber hinaus in der gängigen Baupraxis unter ökonomisch vertretbaren Kosten umsetzbar sind. Diese passivhaustauglichen Details sind aber auch in Niedrigenergie- oder konventionellen Häusern einsetzbar. Sie stellen also eine qualitative Weiterentwicklung im Bereich der Bautechnik dar.

2.1.3 Umsetzung

Diese Forschungsarbeit soll schließlich Praktikern, Studenten und der interessierten Öffentlichkeit durchgerechnete und von einschlägigen Experten entwickelte passivhaustaugliche Anschlussdetails zur Verfügung stellen. Es werden dabei die gebräuchlichsten Wand-, Dach- und Deckenaufbauten in Massiv- und Leichtbauweise für Ein- und Zweifamilienhäuser vorliegen.

Im Sinne einer Verbesserung der Übersichtlichkeit soll auch auf detailgetreue Darstellungen von Wärmedämmverbundsystemen (auch WDVS oder Vollwärmeschutz genannt) und präzise Anschlussdetails von Fenstern und Türen verzichtet werden.

Zugrunde gelegt wurden die Gesetzliche Vorgaben der gültigen österreichischen Normen und Hersteller-Richtlinien. Die Produkte sind möglichst allgemein und den Produkt- und Anwendungsnormen entsprechend bezeichnet.

Um eine Detailvielfalt zu vermeiden, werden folgende vereinfachende Bauteil-Annahmen getroffen:

Wand

Bei den tragenden Massivwänden wird von Wandbildnern mit einer Dicke von 20 cm und einer Wärmeleitfähigkeit von 0,35 W/mK ausgegangen. Die Dämmstoffdicke ergibt sich aus dem U-Wert des gesamten Aufbaus von 0,12 W/m²K.

Boden

Bei den Fundamentplatten wird von Stahlbetonplatten mit einer Dicke von 30 cm und einer Wärmeleitfähigkeit von 2,1 W/mK ausgegangen. Die Dämmstoffdicke ergibt sich ebenfalls aus dem U-Wert von 0,12 W/m²K.

Decken

Die Decken weisen U-Werte von 0,10 – 0,12 W/m²K auf.

Fenster

Die dargestellten Fensteranschluss-Details sind als quasi-wärmebrückenfrei ($\psi < 0,05$ W/m²K) zu bezeichnen. Geringfügige Wärmebrückenverluste können einerseits durch die Dämmstoffdicke bzw. Dämmstoffqualität oder durch die Verwendung besserer Fenster kompensiert werden. Es kann in der Praxis aber von Wärmebrückenfreiheit ausgegangen werden.

3. Exkurs

3.1 Das Passivhaus

Das Passivhaus bezeichnet einen **Gebäudestandard**, bei dem **ohne aktives Heizsystem** ein Höchstmaß an Behaglichkeit sowohl im Winter als auch im Sommer sichergestellt ist. Voraussetzung dafür sind eine **thermisch optimierte, wärmebrückenfreie sowie luftdichte Gebäudehülle**, spezielle Passivhausfenster und eine hocheffiziente Komfortlüftung mit Wärmerückgewinnung, die für permanente Frischluft im ganzen Haus sorgt.

Der maximale jährliche Heizwärmebedarf darf höchstens
15 kWh pro m² Wohnfläche und Jahr betragen.

3.2 Vorteile der Passivhaus-Bauweise

3.2.1 Behaglichkeit

Im Gegensatz zur herkömmlichen Bauweise sind - durch die besonders gute Wärmedämmung - die raumseitigen Oberflächentemperaturen der Wohnräume

annähernd gleich hoch wie die Raumlufttemperatur, damit ist einer der wesentlichsten Parameter für die Behaglichkeit erfüllt. Kalte Wände gehören damit der Vergangenheit an.

Der Wohnkomfort, wie auch die Gebäudequalität eines Passivhauses sind durch die hochwertige Bauqualität weit höher als bei konventionellen Häusern.

3.2.2 Frische Luft

Eine kontrollierte Wohnraumlüftung sorgt für zug- und staubfreie Frischluftzufuhr. Zusätzlich können spezielle Filter gegen Pollen und andere Allergene eingesetzt werden.

3.2.3 Sparsamkeit und Wirtschaftlichkeit

Die geringfügig höheren Investitionskosten werden durch zusätzliche Förderungen und deutlich geringere Betriebskosten rasch ausgeglichen.

Genaue Daten zur Wirtschaftlichkeit von Passivhäusern wurden im Zuge des europaweiten CEPHEUS-Projektes erhoben (www.cephus.at).

3.2.4 Sommertauglichkeit

Wie bei herkömmlichen Häusern ist auf ausreichende Beschattung (z.B. Dachüberstand) der Fenster und Verglasungen zu achten. Zusätzlich bietet der Erdreichwärmetauscher im Sommer über die Lüftungsanlage einen sanften Kühleffekt.

3.2.5 Ökologische Aspekte

Passivhäuser haben einen äußerst geringen Heizenergiebedarf (HWB 15 kWh/m²a oder 1,5 l Heizöläquivalent pro Jahr und m²). Dadurch reduzieren sich einerseits Umweltbelastungen wie CO₂- und Schwefeldioxid-Emissionen sowie weitere ökologische Belastungen wie Global Warming Potential (GWP), Primärenergie etc. Andererseits reduziert ein Passivhaus den Energieverbrauch von Ressourcen um rund 90 Prozent über die gesamte Lebensdauer.

3.2.6 Krisensicherheit

Selbst bei Energiekrisen (wie Erdöl, Erdgas etc.) funktioniert ein Passivhaus.

3.2.7 Architektonische Vielfalt








Es sind alle Bauweisen möglich. Der Glasflächenanteil ist zu optimieren, nicht zu maximieren. Das beheizte Volumen eines Passivhauses ist möglichst kompakt zu planen. Die Südausrichtung ist kein „Muss“.

3.3 Checkliste Passivhaus

3.3.1 Muss-Kriterien:

WÄRMESCHUTZ DES GEBÄUDES	<p>Alle Bauteile der Außenhülle des Hauses (exklusive Fenster) werden auf einen U-Wert kleiner als $0,15 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ gedämmt. Dies ist mit Dämmdicken zwischen 25 und 40 cm erreichbar.</p> <p>Anmerkung: Das Gebäude muss möglichst kompakt sein. Vermeidung von: auskragenden Gebäudeteilen, verwinkelten Grundrissen, ebenerdigen Gebäuden, Eckfenstern etc.</p>
FENSTER UND TÜREN	<p>Die Fenster und Türen (3-Scheiben-Verglasung einschließlich der Fensterrahmen) sollen einen U-Wert von $0,80 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$ nicht überschreiten.</p>
LUFTDICHTHEIT DES GEBÄUDES	<p>Der Luftwechsel bei 50 Pascal Druckdifferenz (Blower Door Test) darf nicht mehr als das 0,6-fache des gesamten Luftvolumens pro Stunde betragen.</p>
WÄRMERÜCKGEWINNUNG	<p>Der Abluft ist durch geeignete technische Einrichtungen wie Wärmepumpe oder Wärmetauscher die Wärme zu entziehen und der Frischluft zuzuführen. Der Wärmerückgewinnungsgrad sollte 80 Prozent nicht unterschreiten.</p>

3.4 Zusammengefasste Kriterien für ein Passivhaus:

-  Jahresheizwärmebedarf $\leq 15 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$
-  maximale Heizwärmelast $\leq 10 \text{ W}/\text{m}^2$, um auf ein gesondertes Heizsystem verzichten zu können
-  Wand, Dach und Fußboden: Wärmedurchgangskoeffizient $U < 0,15 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$, Wärmebrückenfreiheit
-  Fenster $U_w \leq 0,8 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$; $g \geq 50\text{...}60 \%$
-  Luftdichtheit: max. 0,6-facher Luftwechsel bei 50 Pa Druckdifferenz ($n_{50} \leq 0,6 \text{ h}^{-1}$)
-  Lüftungsanlage mit Abluftwärmerückgewinnung mit einem Wärmebereitstellungsgrad $\eta_{\text{WRG,eff}} \geq 75 \%$, Stromeffizienz $p_{\text{el}} < 0,45 \text{ Wh}/\text{m}^3$
-  Jahresprimärenergiebedarf für Heizung, Brauchwasserbereitung, Lüftung und Haushaltsstrom $\leq 120 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$

3.5 Was sind Wärmebrücken?

Wärmebrücken sind begrenzte Flächen einer Konstruktion mit erhöhtem Wärmedurchgang. Sie vermindern den Wohnkomfort, erhöhen den Energieverbrauch und können unter Umständen sogar die Konstruktion nachhaltig schädigen. Ursprünglich lag ihre Hauptbedeutung in der Kondensatvermeidung. Die heutigen hohen Anforderungen im Bereich der Energieeinsparung im Niedrigenergie- und Passivhausbau erfordern die zuverlässige Vermeidung von Wärmebrücken um geringsten Energieverbrauch überhaupt zu realisieren.

3.5.1 URSACHEN

Ursache	Beispiele
Geometrische Wärmebrücken	<p>An allen Orten, an denen die innere wärmeaufnehmende Fläche kleiner ist, als die wärmeabgebende Außenfläche.</p> <p>Beispiele: Die Innenecken (Ichsen) der Außenwände eines Raumes, insbesondere in 3D Ecken (2 kalte Wände und kalte Decke). Vorspringende Wandscheiben vor Außenwänden (Kühlrippeneffekt).</p>
Konstruktive Wärmebrücken	<p>Sie entstehen, wenn ein Bauteil mit hoher Wärmeleitfähigkeit einen gut gedämmten Bauteil durchdringt.</p> <p>Beispiele: Beton- oder Terrassenplatten im Wandanschluss, die durchgehend betoniert wurden. Fehlende Leibungsdämmung beim Fensteranschluss in einer mit Wollwärmeschutz gedämmten Wand .</p>
Ausführungsmängel	<p>Beispiele: Hochdämmende Mauersteine (porosiertes Ziegelmauerwerk, Leichtbeton) mit Fugenausführung in Normal-Mauerwerksmörtel. Ungedämmte Sturzausbildung über Maueröffnungen. Dämmlagen mit Fugen und Hohlräumen.</p>

3.5.2 WIRKUNGEN

Wirkung	Anmerkungen
Verminderte thermische Behaglichkeit	Die Außenbauteile sind im Bereich der Wärmebrücke deutlich kühler, die Luftströmung wird erhöht (Zugerscheinung).
Erhöhter Energieverbrauch	Ungenügend warme Bauteile werden durch Temperaturerhöhung kompensiert und bewirken eine Erhöhung des Heizenergieverbrauchs.
Beeinträchtigung der Wohnhygiene	Bei starker Temperaturabsenkung steigt die Kondensationsgefahr. Die Gefahr der Schimmelbildung erhöht sich.
Baugefährdung	Bei langanhaltender Kondensation können auch konstruktive Bauteile nachhaltig geschädigt werden (Holzbauteile durch Festigkeitsverlust, bei Metallen durch Korrosion, sowie Putz- und Mörtelersetzung)

Quelle: Institut für Baubiologie, IBO

4. Auswertung der Ergebnisse

Die im Rahmen dieser Arbeit entwickelten passivhaustauglichen Baudetails wurden einem ausgewählten Expertenforum zur Diskussion vorgestellt und einerseits auf deren Praktikabilität sowie andererseits Rückschlüsse auf Verbesserungsfähigkeit konventioneller Baudetails Rückschlüsse geben.

4.1 Wichtigste problembezogene Fachliteratur

Einschlägige Önormen (B6000, B 8110), Wärmebrückenkataloge, einschlägige Passivhausliteratur und Publikationen sowie einschlägige Forschungsergebnisse und Studien in elektronischen Medien (z.B. HdZ).

4.2 Teilnehmer und Mitarbeiter

Wissenschaftliche Institutionen oder Personen, die für Teilarbeiten zum Projekt herangezogen wurden:

MA 39 – Baurat Dr. Christian Pöhn

Donauuniversität Krems, Zentrum für Bauen und Umwelt

IG PH-Ost, Josef Seidl, DI Erwin Schwarzmüller

IG PH-OÖ, Günter Lang

IG PH-Süd – Ing. Wolfgang Lackner

Experten der Dämmstoffindustrie

DI Johann Jandl, Austrotherm

DI Karl Zlabinger, Isover Austria

Ing. Andreas Endstrasser, Steinbacher Dämmstoffe

DI Josef Jost, Heraklith AG

Dr. Clemens Demacsek, Qualitätsgruppe Vollwärmeschutz

DI Peter Eustacchio, Qualitätsgruppe Vollwärmeschutz

4.3 Magistratsabteilung 39

Wärmeschutztechnische Berechnungen über Massiv- und Leichtbaudetails

4.3.1 Auftrag

Die GDI beauftragte die MA 39 für 18 Details in massiver Bauweise und 8 Details in Leichtbauweise die zweidimensionalen Wärmebrückenkorrekturkoeffizienten ψ [W/mK] zu berechnen. Dazu wurden Skizzen der Details als pdf-Dokument übermittelt.

4.3.2 Verwendete Unterlagen

Die im Folgenden angeführten Unterlagen wurden für die Erstellung des Gutachtens herangezogen:

1. Skizzen der Massiv- und Leichtbaudetails
2. ÖNORM EN ISO 10211-1 Wärmebrücken im Hochbau – Wärmeströme und Oberflächentemperaturen – Teil 1: Allgemeine Berechnungsmethoden
3. ÖNORM EN ISO 6946 Bauteile – Wärmedurchlasswiderstand und Wärmedurchgangskoeffizient – Berechnungsverfahren

4.3.3 Berechnungen

Die Berechnungen wurden mit dem Programm THERM von der Lawrence Berkeley National Laboratory berechnet.

Die verwendeten Baustoffeigenschaften wurden aus den Angaben der Bauteilbeschreibungen auf den Detailskizzen übernommen.

Lediglich bei den Details 1.04, 1.05 und 2.02, 2.03, 2.04 und 2.05 wurde der Wandbildner der Kellergeschoßaußenwand mit einer Wärmeleitfähigkeit von 2,10 W/mK angenommen (die verwendete Schraffur auf den Details entspricht dieser Änderung).

5. Ergebnisse

Die graphischen Rechenergebnisse sind in der Beilage 1, Seiten 1-26 wiedergegeben.

5.1 Ergebnisse für Massivbaudetails

In der folgenden Tabelle sind die Ergebnisse für die 18 Massivbaudetails aufgelistet. Dabei wurde das Detail 1.17 als 17. (Ausführung mit EPS-W20) und 18. (Ausführung mit PUR-DD) Detail neu bezeichnet.

Detail	[W/mK]; Bemerkung
1.01	□ = 0,000 W/mK; wärmebrückenfrei
1.02	□ = 0,000 W/mK; wärmebrückenfrei
1.03	□ = 0,000 W/mK; wärmebrückenfrei
1.04	□ = 0,000 W/mK; wärmebrückenfrei
1.05	□ = 0,000 W/mK; wärmebrückenfrei
1.06	□ = 0,003 W/mK
1.07	□ = 0,035 W/mK
1.08	□ = 0,047 W/mK
1.09	□ = 0,035 W/mK
1.10	□ = 0,000 W/mK; wärmebrückenfrei
1.11	□ = 0,000 W/mK; wärmebrückenfrei

1.12	$\lambda = 0,000 \text{ W/mK}$; wärmebrückenfrei
1.13	$\lambda = 0,000 \text{ W/mK}$; wärmebrückenfrei
1.14	$\lambda = 0,000 \text{ W/mK}$; wärmebrückenfrei
1.15	$\lambda = 0,000 \text{ W/mK}$; wärmebrückenfrei
1.16	$\lambda = 0,000 \text{ W/mK}$; wärmebrückenfrei
1.17	$\lambda = 0,000 \text{ W/mK}$; wärmebrückenfrei
1.18, Variante 1.17 PUR-DD	$\lambda = 0,000 \text{ W/mK}$; wärmebrückenfrei

5.2 Ergebnisse für Leichtbaudetails

In der folgenden Tabelle sind die Ergebnisse für die 8 Leichtbaudetails aufgelistet. Grundsätzlich sei an dieser Stelle angemerkt, dass bei inhomogenen Bauteilen, wie sie in der Leichtbauweise üblich sind, eine dreidimensionale Berechnung von Wärmebrücken notwendig wäre. Im gegenständlichen Fall wurde zwischen dem Antragsteller und der MA 39 – VFA vereinbart, dass die Berechnungen auf Grund des geringeren Aufwandes zweidimensional durchgeführt werden, zur Berechnung der λ -Werte allerdings jene U-Werte herangezogen werden, die für den ungestörten Bereich zwischen den tragenden Bestandteilen der Bauteile theoretisch zu berechnen sind. Für eine tatsächliche Leitwertberechnung der Außenwände ist neben den nachfolgenden Ergebnissen der Wärmebrückenberechnungen selbstverständlich auch die Wärmebrückenwirkung der Konstruktionsbestandteile zu berücksichtigen. Dies kann umgangen werden, wenn als U-Wert der Außenwand eine Berechnung gemäß ÖNORM EN ISO 6946 herangezogen wird.

Detail	[W/mK]; Bemerkung
2.01	$\lambda = 0,011 \text{ W/mK}$
2.02	$\lambda = 0,000 \text{ W/mK}$; wärmebrückenfrei
2.03	$\lambda = 0,002 \text{ W/mK}$
2.04	$\lambda = 0,004 \text{ W/mK}$
2.05	$\lambda = 0,002 \text{ W/mK}$
2.06	$\lambda = 0,036 \text{ W/mK}$
2.07	$\lambda = 0,042 \text{ W/mK}$
2.08	$\lambda = 0,000 \text{ W/mK}$, wärmebrückenfrei

5.3 Zusätzliche Bemerkungen

Abschließend sei festgehalten, dass die errechneten ψ -Werte im Bereich von Bruchteilen der Normvorgaben für die betreffenden Wärmebrücken liegen.

Insbesondere die Ergebnisse für die Leichtbaudetails sind allerdings unter dem Aspekt konstruktiver Wärmebrücken zu sehen, womit die praktische Behauptung passivhaustauglicher Details als gegeben angenommen werden kann.

Für die Ergebnisse bei den Fensteranschlussdetails sei angemerkt, dass in der Realität die Ergebnisse mit großer Wahrscheinlichkeit wesentlich günstiger ausfallen, weil in der vereinfachten Berechnung ein passivhaustaugliches Ersatzmodell für das Fenster ($d=100$ mm; $U=0,80$ W/m²K) angenommen wurde, ohne dabei übliche spezielle wärmedämmende Anschlussbaustoffe zu berücksichtigen. Bei einer derartigen Stockausbildung kann auch für diese Details nahezu Wärmebrückenfreiheit nachgewiesen werden.

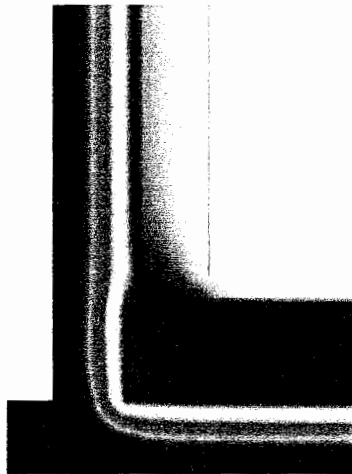
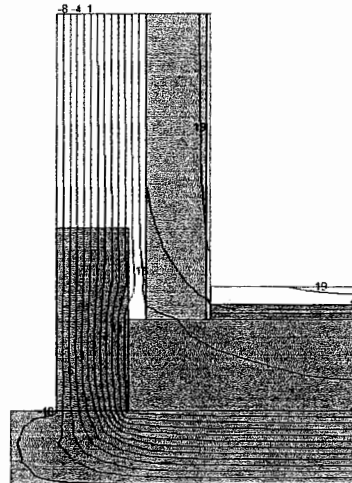
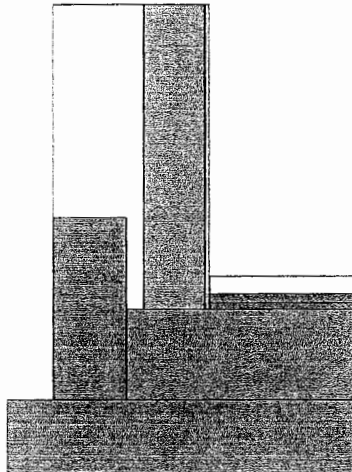
Anhang

BEILAGE 1

Graphische Rechenergebnisse der MA 39 (Seite 1-26)

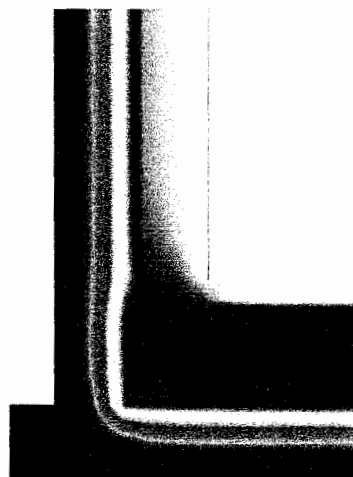
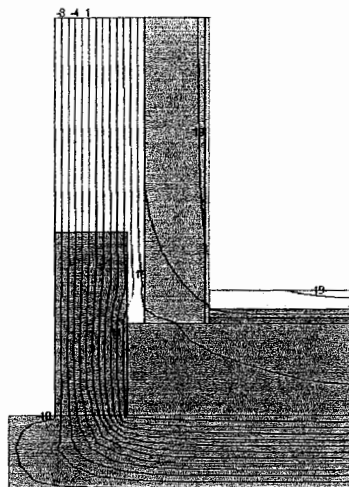
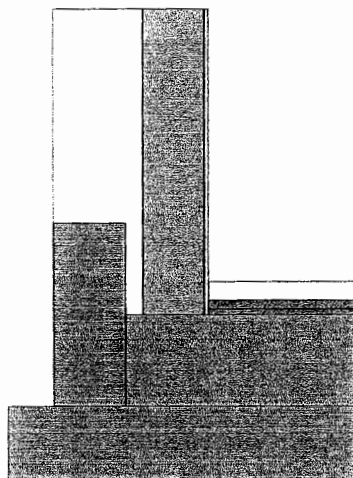


Massivbau-Detail 1.01



U_{BT}	l_{BT}	$U_{BT} \cdot l_{BT}$
0,121 W/m ² K	1,150 m	0,139 W/mK
0,126 W/m ² K	1,390 m	0,175 W/mK
	$L_{rech} =$	0,314 W/mK
	$L_{num} =$	0,257 W/mK
$\psi = 0,000$ W/mK wärmebrückenfrei		

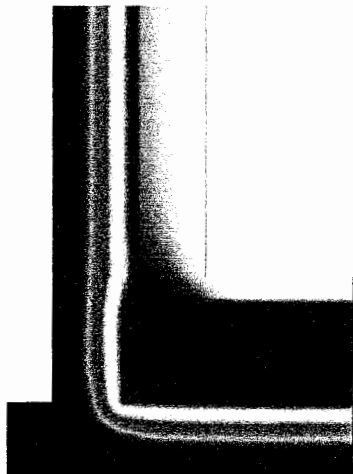
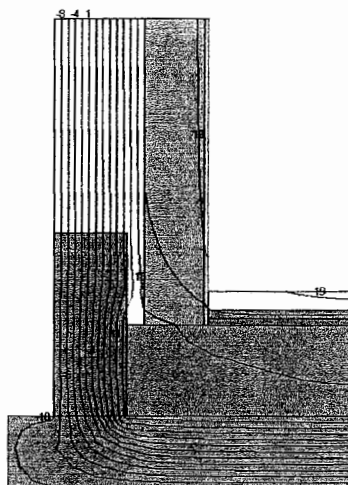
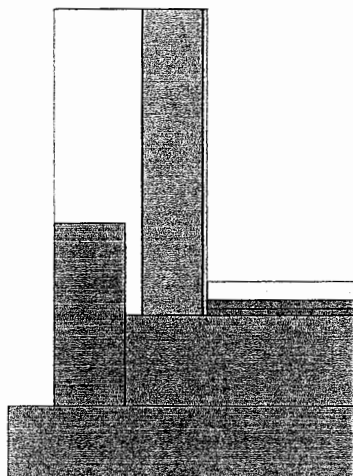
Massivbau-Detail 1.02



U_{BT}	l_{BT}	$U_{BT} \cdot l_{BT}$
0,121 W/m ² K	1,150 m	0,139 W/mK
0,126 W/m ² K	1,390 m	0,175 W/mK
	$L_{rech} =$	0,314 W/mK
	$L_{num} =$	0,257 W/mK
$\psi = 0,000$ W/mK wärmebrückenfrei		

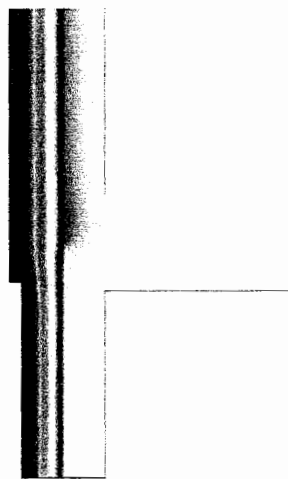
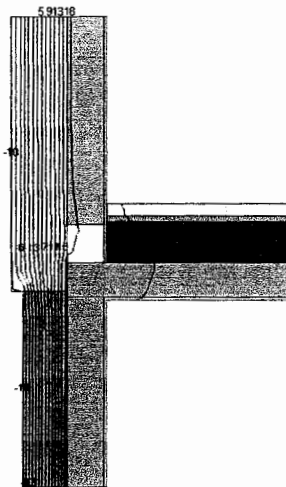
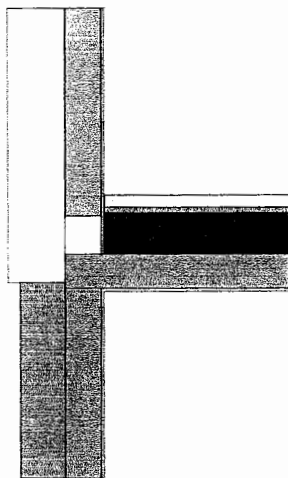


Massivbau-Detail 1.03



U_{BT}	l_{BT}	$U_{BT} \cdot l_{BT}$
0,121 W/m ² K	1,150 m	0,139 W/mK
0,123 W/m ² K	1,390 m	0,171 W/mK
	$L_{rech} =$	0,310 W/mK
	$L_{num} =$	0,257 W/mK
$\psi = 0,000$ W/mK wärmebrückenfrei		

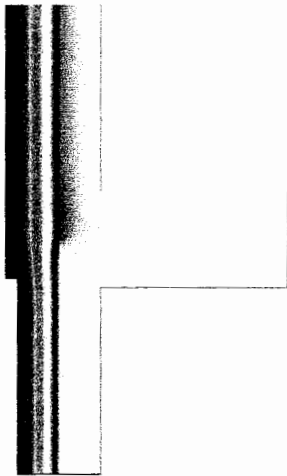
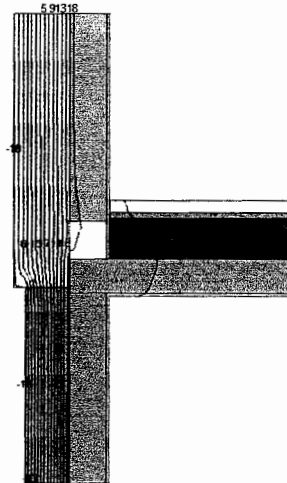
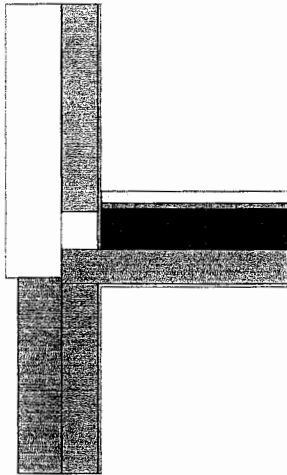
Massivbau-Detail 1.04



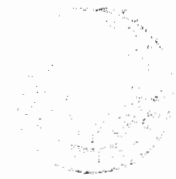
U_{BT}	l_{BT}	$U_{BT} \cdot l_{BT}$
0,121 W/m ² K	1,455 m	0,176 W/mK
0,147 W/m ² K	1,045 m	0,154 W/mK
	$L_{rech} =$	0,330 W/mK
	$L_{num} =$	0,325 W/mK
$\psi = 0,000$ W/mK wärmebrückenfrei		



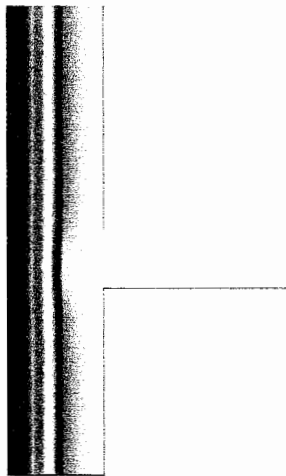
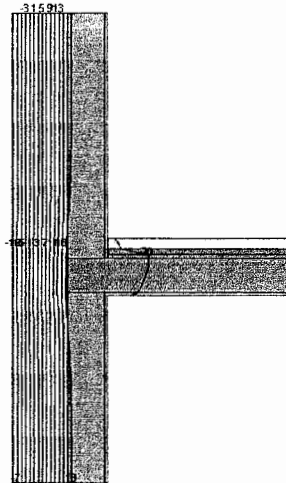
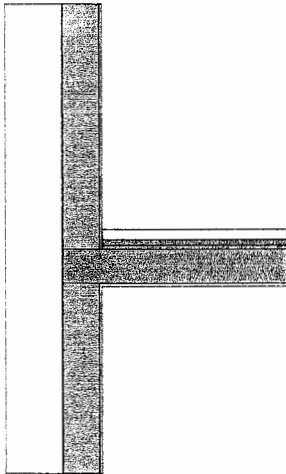
Massivbau-Detail 1.05



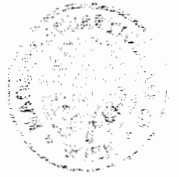
U_{BT}	l_{BT}	$U_{BT} \cdot l_{BT}$
0,121 W/m ² K	1,455 m	0,176 W/mK
0,147 W/m ² K	1,045 m	0,154 W/mK
	$L_{rech} =$	0,330 W/mK
	$L_{num} =$	0,325 W/mK
$\psi = 0,000$ W/mK wärmebrückenfrei		



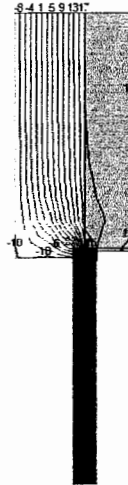
Massivbaudetail 1.06



U_{BT}	l_{BT}	$U_{BT} \cdot l_{BT}$
0,121 W/m ² K	2,500 m	0,303 W/mK
0,000 W/m ² K	0,000 m	0,000 W/mK
	$L_{rech} =$	0,303 W/mK
	$L_{num} =$	0,305 W/mK
$\psi =$		0,003 W/mK

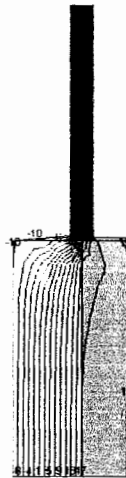
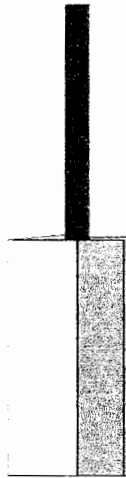


Massivbau-Detail 1.07



U_{BT}	l_{BT}	$U_{BT} \cdot l_{BT}$
0,121 W/m ² K	1,000 m	0,121 W/mK
0,800 W/m ² K	1,000 m	0,800 W/mK
	$L_{rech} =$	0,921 W/mK
	$L_{num} =$	0,956 W/mK
$\psi =$		0,035 W/mK

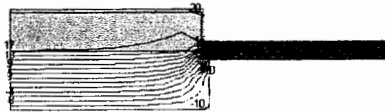
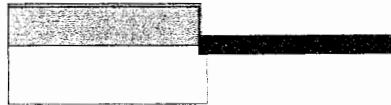
Massivbau-Detail 1.08



U_{BT}	l_{BT}	$U_{BT} \cdot l_{BT}$
0,121 W/m ² K	1,000 m	0,121 W/mK
0,800 W/m ² K	1,000 m	0,800 W/mK
	$L_{rech} =$	0,921 W/mK
	$L_{num} =$	0,968 W/mK
$\psi =$		0,047 W/mK

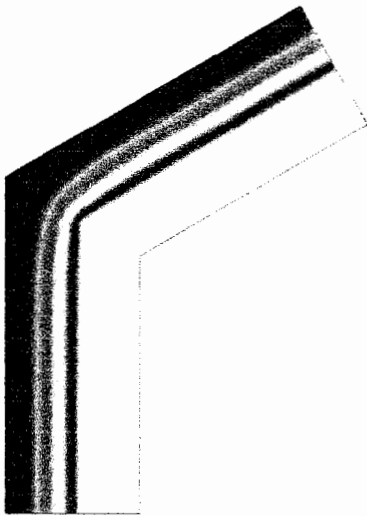
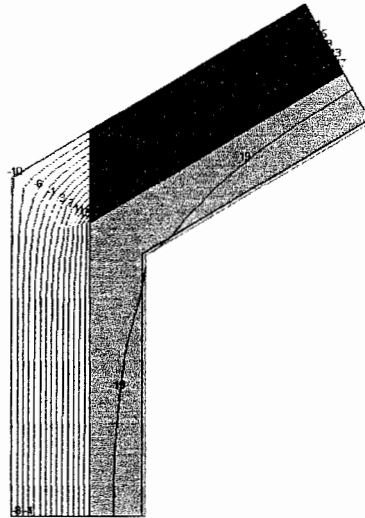
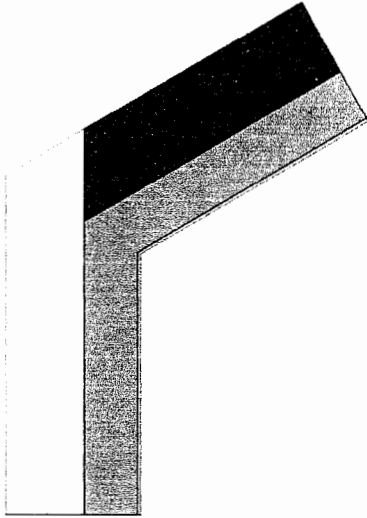


Massivbau-Detail 1.09



U_{BT}	I_{BT}	$U_{BT} \cdot I_{BT}$
0,121 W/m ² K	1,000 m	0,121 W/mK
0,800 W/m ² K	1,000 m	0,800 W/mK
	$L_{rech} =$	0,921 W/mK
	$L_{num} =$	0,956 W/mK
$\psi =$		0,035 W/mK

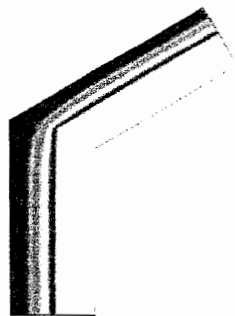
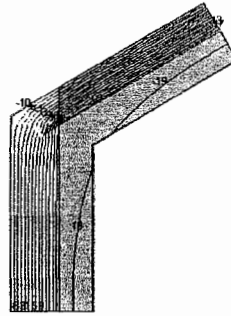
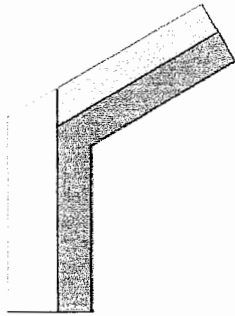
Massivbau-Detail 1.10



U_{BT}	l_{BT}	$U_{BT} \cdot l_{BT}$
0,129 W/m ² K	1,280 m	0,165 W/mK
0,124 W/m ² K	1,297 m	0,161 W/mK
	$L_{rech} =$	0,326 W/mK
	$L_{num} =$	0,295 W/mK
$\psi = 0,000$ W/mK wärmebrückenfrei		

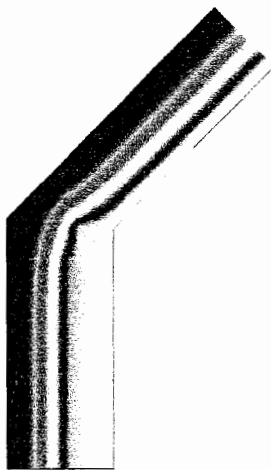
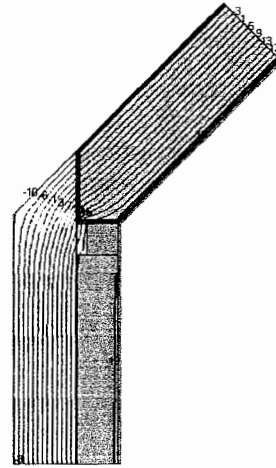
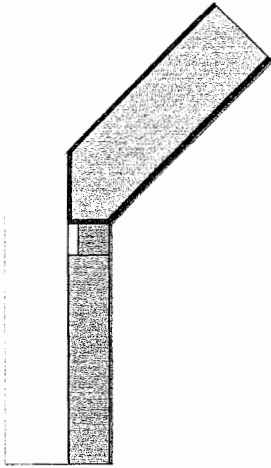


Massivbau-Detail 1.11



U_{BT}	l_{BT}	$U_{BT-l_{BT}}$
0,129 W/m ² K	1,176 m	0,152 W/mK
0,133 W/m ² K	1,358 m	0,181 W/mK
	$L_{rech} =$	0,332 W/mK
	$L_{num} =$	0,314 W/mK
$\psi = 0,000$ W/mK wärmebrückenfrei		

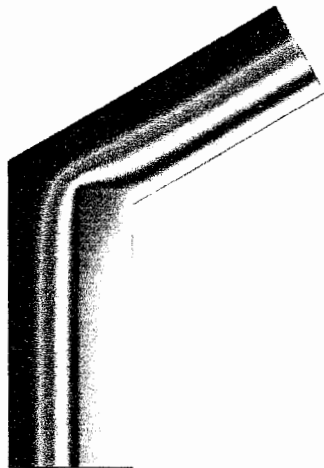
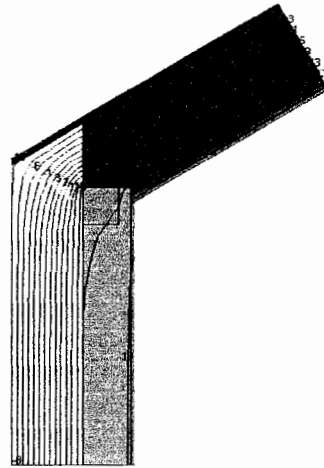
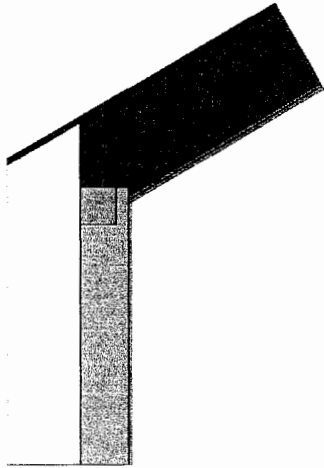
Massivbau-Detail 1.12



U_{BT}	l_{BT}	$U_{BT \cdot l_{BT}}$
0,121 W/m ² K	1,196 m	0,145 W/mK
0,123 W/m ² K	1,424 m	0,175 W/mK
	$L_{rech} =$	0,320 W/mK
	$L_{num} =$	0,307 W/mK
$\psi = 0,000$ W/mK wärmebrückenfrei		

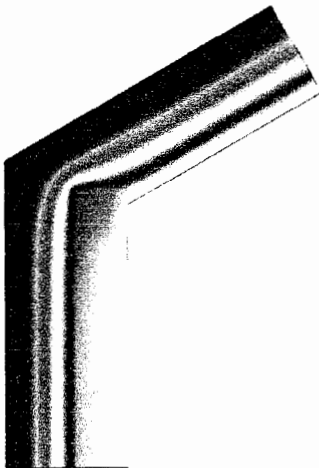
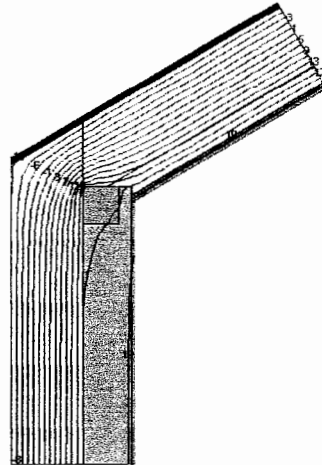
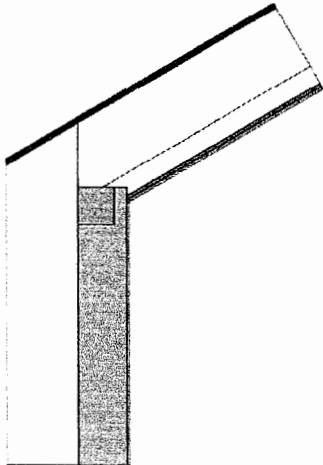


Massivbau-Detail 1.13



U_{BT}	l_{BT}	$U_{BT \cdot l_{BT}}$
0,121 W/m ² K	1,270 m	0,154 W/mK
0,108 W/m ² K	1,286 m	0,139 W/mK
	$L_{rech} =$	0,293 W/mK
	$L_{num} =$	0,267 W/mK
$\psi = 0,000$ W/mK wärmebrückenfrei		

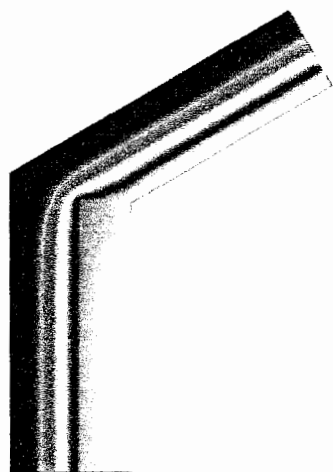
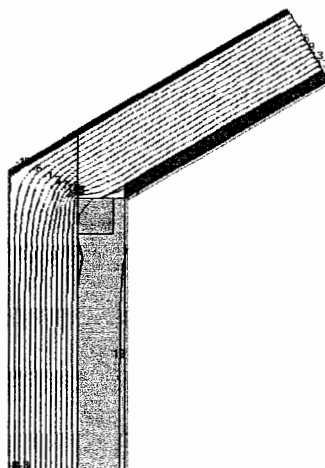
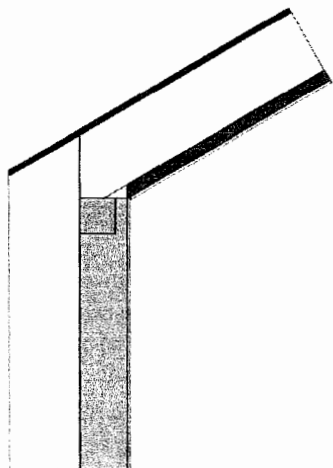
Massivbau-Detail 1.14



U_{BT}	l_{BT}	$U_{BT \cdot l_{BT}}$
0,121 W/m ² K	1,270 m	0,154 W/mK
0,111 W/m ² K	1,286 m	0,143 W/mK
	$L_{rech} =$	0,296 W/mK
	$L_{num} =$	0,269 W/mK
$\psi = 0,000$ W/mK wärmebrückenfrei		

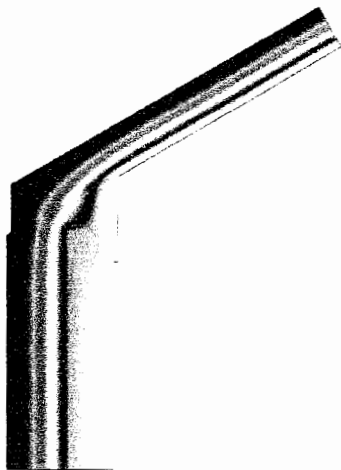
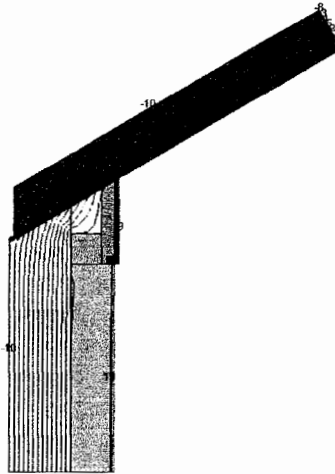
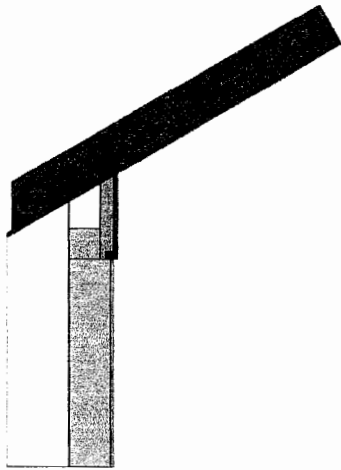


Massivbau-Detail 1.15



U_{BT}	l_{BT}	$U_{BT} \cdot l_{BT}$
0,121 W/m ² K	1,270 m	0,154 W/mK
0,135 W/m ² K	1,373 m	0,185 W/mK
	$L_{rech} =$	0,339 W/mK
	$L_{num} =$	0,300 W/mK
$\psi = 0,000$ W/mK wärmebrückenfrei		

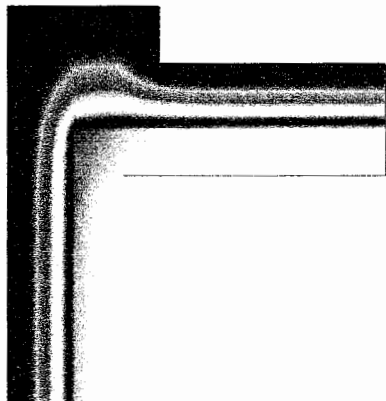
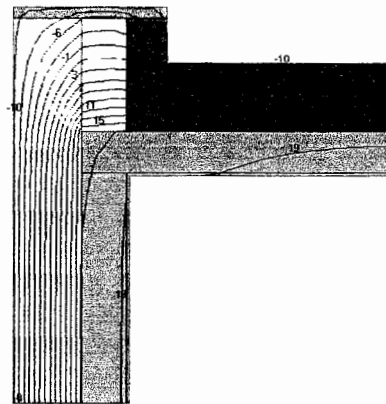
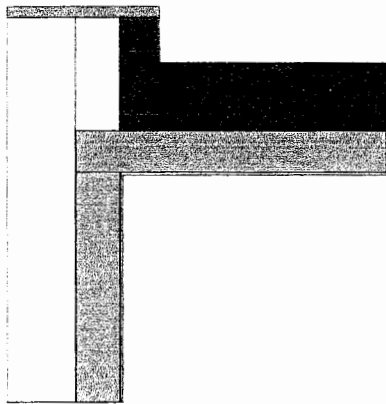
Massivbau-Detail 1.16



U_{BT}	l_{BT}	$U_{BT} \cdot l_{BT}$
0,121 W/m ² K	1,360 m	0,165 W/mK
0,119 W/m ² K	1,870 m	0,222 W/mK
	$L_{rech} =$	0,387 W/mK
	$L_{num} =$	0,342 W/mK
$\psi = 0,000$ W/mK wärmebrückenfrei		



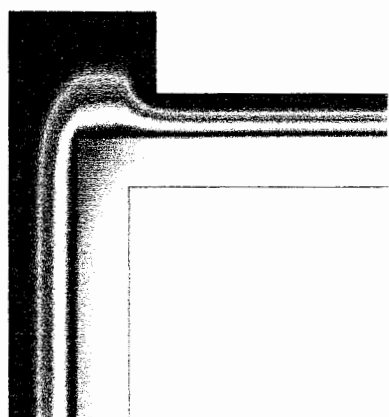
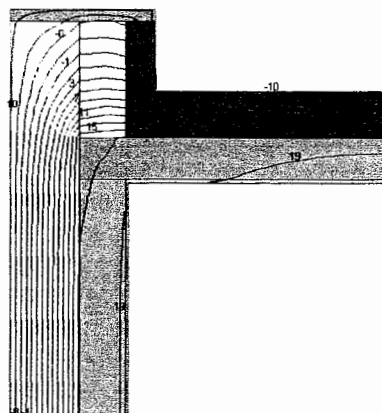
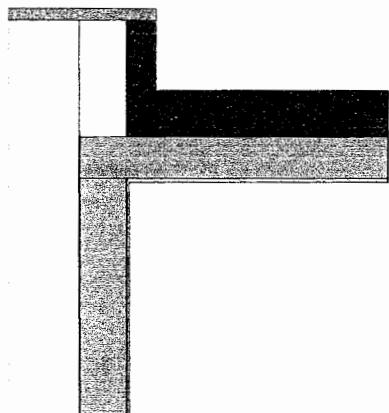
Massivbau-Detail 1.17



U_{BT}	l_{BT}	$U_{BT} \cdot l_{BT}$
0,121 W/m ² K	1,680 m	0,203 W/mK
0,122 W/m ² K	1,745 m	0,213 W/mK
	$L_{rech} =$	0,416 W/mK
	$L_{num} =$	0,355 W/mK
$\psi = 0,000$ W/mK wärmebrückenfrei		

Massivbau-Detail 1.18

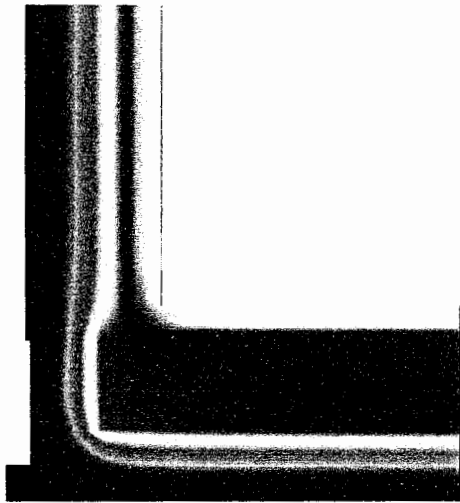
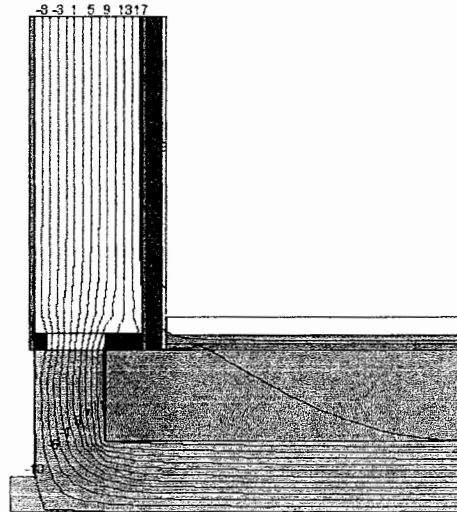
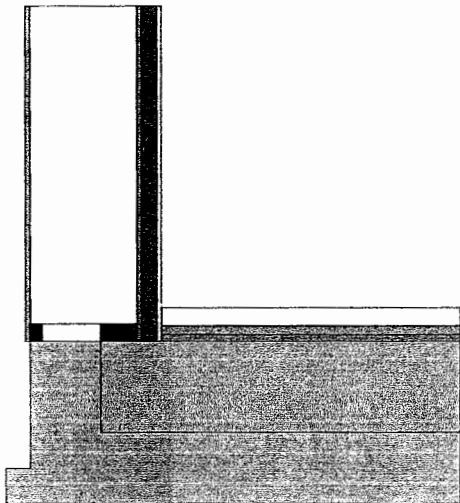
Variante 1.17 PUR-DD



U_{BT}	l_{BT}	$U_{BT} \cdot l_{BT}$
0,121 W/m ² K	1,630 m	0,197 W/mK
0,122 W/m ² K	1,745 m	0,213 W/mK
	$L_{rech} =$	0,410 W/mK
	$L_{num} =$	0,353 W/mK
$\psi = 0,000$ W/mK wärmebrückenfrei		

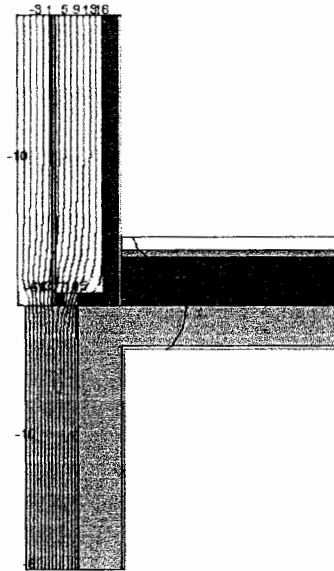
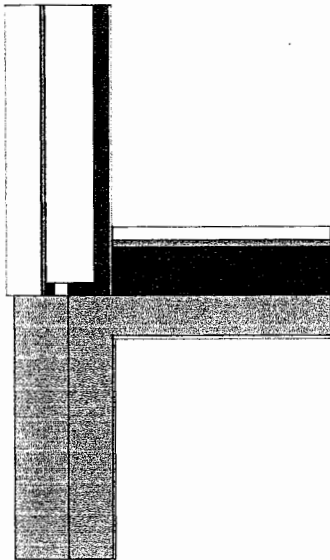
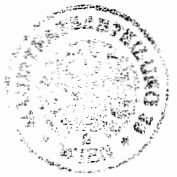


Leichtbau-Detail 2.01



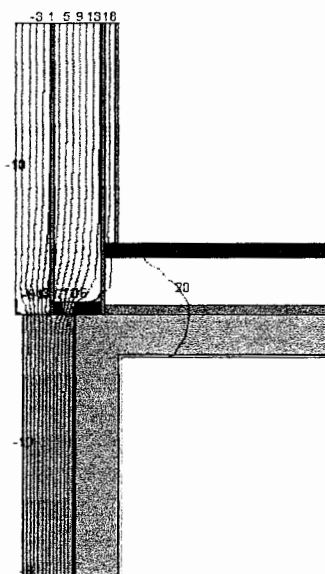
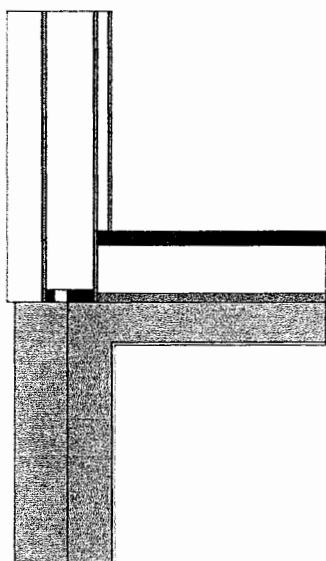
U_{BT}	l_{BT}	$U_{BT} \cdot l_{BT}$
0,108 W/m ² K	1,110 m	0,120 W/mK
0,126 W/m ² K	1,420 m	0,179 W/mK
	$L_{rech} =$	0,299 W/mK
	$L_{num} =$	0,310 W/mK
$\psi = 0,011 \text{ W/mK}$		

Leichtbau-Detail 2.03



U_{BT}	l_{BT}	$U_{BT} \cdot l_{BT}$
0,100 W/m ² K	1,310 m	0,131 W/mK
0,140 W/m ² K	1,195 m	0,167 W/mK
	$L_{rech} =$	0,298 W/mK
	$L_{num} =$	0,300 W/mK
$\psi = 0,002 \text{ W/mK}$		

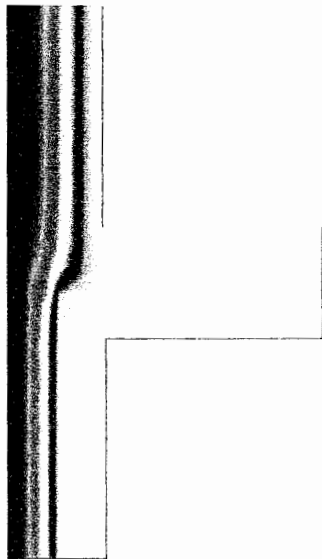
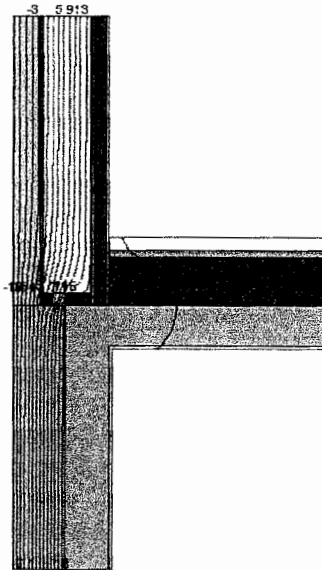
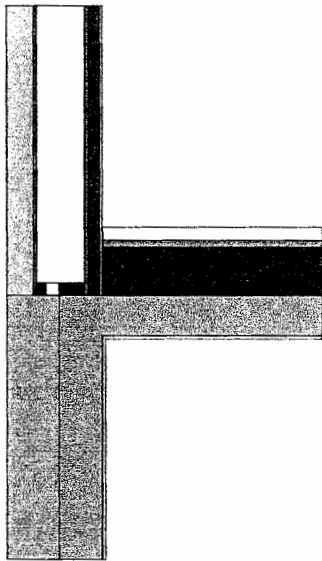
Leichtbau-Detail 2.04



U_{BT}	l_{BT}	$U_{BT} \cdot l_{BT}$
0,093 W/m ² K	1,324 m	0,123 W/mK
0,140 W/m ² K	1,195 m	0,167 W/mK
	$L_{rech} =$	0,290 W/mK
	$L_{num} =$	0,294 W/mK
$\psi =$		0,004 W/mK

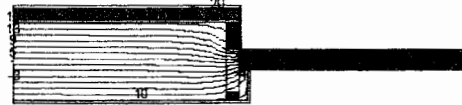


Leichtbau-Detail 2.05



U_{BT}	l_{BT}	$U_{BT} \cdot l_{BT}$
0,113 W/m ² K	1,310 m	0,148 W/mK
0,140 W/m ² K	1,195 m	0,167 W/mK
	$L_{rech} =$	0,315 W/mK
	$L_{num} =$	0,317 W/mK
$\psi =$		0,002 W/mK




Leichtbau-Detail 2.06



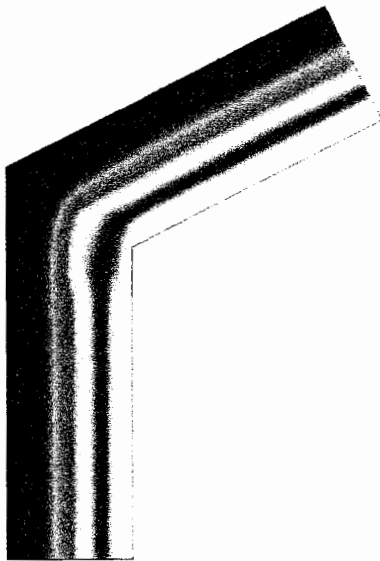
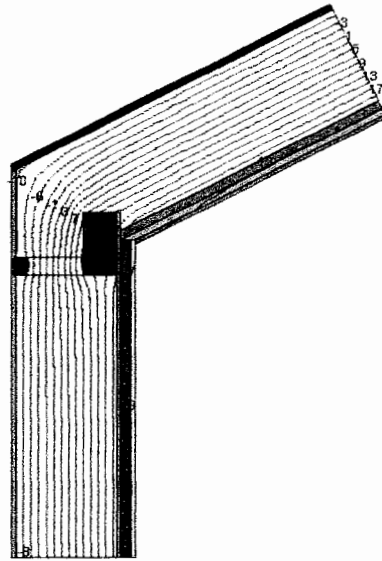
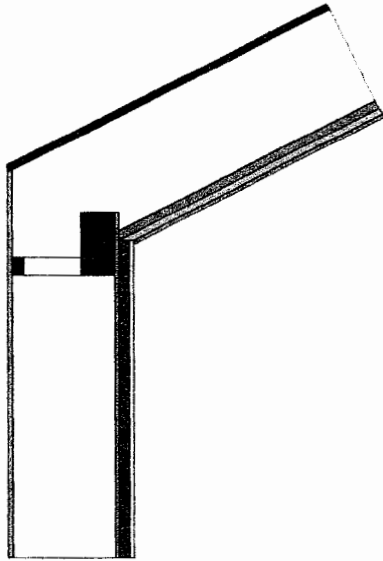
U_{BT}	l_{BT}	$U_{BT} \cdot l_{BT}$
0,107 W/m ² K	1,116 m	0,119 W/mK
0,800 W/m ² K	1,000 m	0,800 W/mK
	$L_{rech} =$	0,919 W/mK
	$L_{num} =$	0,956 W/mK
$\psi = 0,036 \text{ W/mK}$		



Leichtbau-Detail 2.07

																			
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>U_{BT}</th> <th>l_{BT}</th> <th>$U_{BT} \cdot l_{BT}$</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0,107 W/m²K</td> <td>1,116 m</td> <td>0,119 W/mK</td> </tr> <tr> <td>0,800 W/m²K</td> <td>1,000 m</td> <td>0,800 W/mK</td> </tr> <tr> <td></td> <td>$L_{rech} =$</td> <td>0,919 W/mK</td> </tr> <tr> <td></td> <td>$L_{num} =$</td> <td>0,962 W/mK</td> </tr> <tr> <td colspan="3">$\psi = 0,042 \text{ W/mK}$</td> </tr> </tbody> </table>	U_{BT}	l_{BT}	$U_{BT} \cdot l_{BT}$	0,107 W/m ² K	1,116 m	0,119 W/mK	0,800 W/m ² K	1,000 m	0,800 W/mK		$L_{rech} =$	0,919 W/mK		$L_{num} =$	0,962 W/mK	$\psi = 0,042 \text{ W/mK}$		
U_{BT}	l_{BT}	$U_{BT} \cdot l_{BT}$																	
0,107 W/m ² K	1,116 m	0,119 W/mK																	
0,800 W/m ² K	1,000 m	0,800 W/mK																	
	$L_{rech} =$	0,919 W/mK																	
	$L_{num} =$	0,962 W/mK																	
$\psi = 0,042 \text{ W/mK}$																			

Leichtbau-Detail 2.08



U_{BT}	l_{BT}	$U_{BT \cdot l_{BT}}$
0,107 W/m ² K	1,267 m	0,136 W/mK
0,111 W/m ² K	1,387 m	0,154 W/mK
	$L_{rech} =$	0,290 W/mK
	$L_{num} =$	0,240 W/mK
$\psi = 0,000$ W/mK wärmebrückenfrei		