



**Cottbuser u. Roxeler
Ingenieurgesellschaft mbH**

**Tragwerksplanung
Baustoffprüfung
Bauwerksuntersuchung
Baugrundprüfung**

C u. R Ingenieurgesellschaft mbH
Alte Ziegelei 2 · 03099 Hänchen

WOBRA
Wohnbaugesellschaft der Stadt
Brandenburg an der Havel mbH
Wiener Straße 1
14772 Brandenburg

Geschäftsführer:

Dr. rer. nat. Manfred Herlt, Dipl.-Ing. Wilhelm Kordts
Dipl.-Ing. Volker Bredow

Telefon: 03 55 / 5 84 35-0 · Telefax: 03 55 / 5 84 35-99

Ihr Zeichen

Unser Zeichen

Datum

Fr.

07. Juni 2000

**Untersuchungsbericht
zu Fassadenbauteilen für das Gebäude
Willi-Sänger-Straße 32 - 38 in Brandenburg
(Reg.-Nr. 00114)**

1.0. Allgemeine Angaben

1.1. Auftraggeber:

WOBRA
Wohnbaugesellschaft der Stadt
Brandenburg an der Havel mbH
Wiener Straße 1
14772 Brandenburg

1.2. Auftragnehmer:

C. u. R. Ingenieurgesellschaft mbH
Alte Ziegelei 2
03099 Hänchen

1.3. Auftragsgegenstand:

Feststellung von Schichtenaufbauten durch Probenahmen und bauphysikalische Beurteilung des Gebäudes

1.4. Untersuchungszeitraum:

April / Mai 2000

Dieser Bericht umfaßt 18 Seiten und 6 Anlagen.

Dieser Untersuchungsbericht darf nur ungekürzt vervielfältigt werden. Eine auszugsweise Wiedergabe bedarf der Genehmigung durch die C. u. R. Ingenieurgesellschaft mbH.

Kreisgericht Cottbus HRB 1442 · Gerichtsstand: Cottbus

Sparkasse Spree-Neiße

BLZ 180 500 00 · Konto-Nr. 320 210 0512

Inhaltsverzeichnis / Gliederung

1.0.	Allgemeine Angaben
2.0.	Auftrag und Veranlassung
3.0.	Allgemeine Baubeschreibung
4.0.	Örtliche Feststellungen
5.0.	Probenahmen und Prüfungen am Bauwerk
5.1.	Entnahme von Bohrkernen
5.2.	Einbausituation Fenster
6.0.	Untersuchungen im Labor
6.1.	Bestimmung des Feuchtegehaltes
6.2.	Aufnahme und visuelle Beurteilung der Bohrkern
6.3.	Prüfung der Rohdichte
7.0.	Untersuchungsergebnisse
7.1.	Schichtenaufbau der Außenwände
7.2.	Rohdichte
7.3.	Bauphysikalische Bewertung
7.3.1.	Wärmedämm- und Dampfdiffusionsberechnung Wandbereich / Ringankerbereich
7.3.2.	Numerische Simulation hygrothermischer Schwachstellen
7.3.2.1.	Ausragende Balkonplatte
7.3.2.2.	Fensteranschlag
7.4.	Balkone
7.5.	Hinweise zur Sanierung
8.0.	Schlußbemerkung
9.0.	<u>Anlagen</u>
	Anlage 1 Prinzipskizze der Blockbauart
	Anlage 2 Zusammenstellung der Untersuchungsergebnisse
	Anlage 3 Bauphysikalische Berechnungen
	Anlage 4 Einbausituation der Fenster
	Anlage 5 Formblätter der Bohrkernprüfungen
	Anlage 6 Fotodokumentation

2.0. Auftrag und Veranlassung

Die C.u.R. Ingenieurgesellschaft mbH wurde von der WOBRA beauftragt, durch entsprechende Untersuchungen den vorhandenen Schichtenaufbau der Außenwände sowie die Rohdichte des anstehenden Hauptwandbaustoffes zu bestimmen. Ausgehend von den Untersuchungsergebnissen soll eine Berechnung des Wärmedurchgangswiderstandes durchgeführt werden, um die Ursachen vorhandener Schimmelpilzbildungen in den Wohnungen zu klären. In diesem Zusammenhang soll auch die Einbausituation der Fenster festgestellt werden um auch hier mögliche Schwachpunkte zu ermitteln. Im Weiteren soll eine Gesamteinschätzung hinsichtlich bestehender Schäden und Schadensrisiken an den Außenbauteilen erfolgen.

3.0. Allgemeine Baubeschreibung

Bei dem zu untersuchenden Bauwerk handelt es sich um ein freistehendes vollunterkellertes 4-geschossiges Wohngebäude, das vermutlich Anfang der 60`er Jahre errichtet wurde. Die Gebäudelängsachse befindet sich etwa in Nord-Süd-Richtung. Als Bauweise wurde hier die 0,8 t Blockbauweise angewandt. Typisch für diese Bauweise ist, daß die industriell hergestellten Wandelemente (sogenannte Blöcke) der Außenwände nicht geschoßhoch ausgeführt wurden (siehe Prinzipskizze der Anlage 1). Zum Erreichen der Geschoßhöhe von 2,80 m wurden zwei Wandblöcke (Höhe je 1,20 m) sowie ein Ringankerelement (Höhe 0,40 m) übereinander angeordnet. Die Fugen zwischen den Blöcken wurden nur vermörtelt. Die Elemente wurden nicht oberflächenfertig hergestellt. Aus diesem Grunde wurde auf der Baustelle noch ein Putz auf der Außen- als auch auf der Innenseite aufgetragen. In die Wandöffnungen wurden Stahlbeton-Gewände eingesetzt, die als Anschlag für die Fenster / Türen dienen.

4.0. Örtliche Feststellungen

Die Inaugenscheinnahme des Gebäudes erfolgte vom Erdboden aus. Daher können nur die von dieser Ebene aus einsehbaren Bereiche in der folgenden Beurteilung erfaßt werden.

Fassade

An der Fassade ist zunächst zu erkennen, daß einige Fenstergewände Betonausbruchstellen besitzen, die trotz freiliegender Bewehrung nur überstrichen wurden ohne die notwendige Reprofilierung mit einem hierfür geeigneten Mörtel durchzuführen (siehe Foto 5 bis 7). Im Weiteren sind an den Gewänden zahlreiche Reparaturstellen zu erkennen, die jedoch nicht fachgerecht ausgeführt wurden (siehe Foto 8 bis 10). Hier ist perspektivisch mit erneuten Schäden zu rechnen.

Der Außenputz zeigt im Anschlußbereich zu einigen Fenstergewänden Rißbildungen (siehe Foto 11 und 12). Weitere Risse sind unterhalb von Fensteröffnungen zu erkennen (siehe Foto 13 bis 16). Sie besitzen in der Regel einen senkrechten Verlauf und weisen Breiten um 0,1 – 0,2 mm auf. Beide hier genannten Rißbilder befinden sich jeweils im Bereich von Fugen zwischen den Wandblöcken bzw. zwischen Wandblöcken und Fenstergewänden. An der Putzoberfläche der Ostseite zeichnet sich der Verlauf der Ringankerlagen ab (siehe Foto 17 und 18). Die Oberflächenstruktur des Außenputzes ist an der Ost- und Nordseite relativ ungleichmäßig ausgebildet (siehe Foto 19).

Gebäudesockel

Der Sockel des Gebäudes besitzt einen Glattputz mit verriebener Oberfläche und einen Anstrich. Augenscheinlich ist zu erkennen, daß zahlreiche Risse im Putz vorhanden sind (siehe Foto 21 und 22). Die Rißbreiten betragen zum Untersuchungszeitpunkt etwa 0,1 – 0,2 mm. Klopffproben haben ergeben, daß zahlreiche Hohlstellen zwischen Putz und Untergrund vorhanden sind. Die Putzoberfläche ist teilweise „tot gerieben“ worden. Der Übergangsbereich zur Geländeoberkante ist äußerst unsauber ausgeführt worden (siehe Foto 23 und 24). Hier hätte der Sockel bis ca. 30 cm unter Geländeoberkante freigelegt werden müssen und der Putzauftrag hätte bis in diese Ebene erfolgen müssen. An der Giebelecke Nord – West ist eine flächige Putzabplatzung zu verzeichnen (siehe Foto 20).

Kellertreppen

Der Treppenlauf besteht aus einem Unterbau aus Beton, auf dem Trittstufen aus Terrazzo verlegt wurden (siehe Foto 25). Die Terrazzooberflächen sind verwittert und ästhetisch unschön. Einige Platten besitzen an der vorderen Kante Ausbruchstellen (siehe Foto 27 und 28). Ein Großteil der Trittstufen ist locker und stellt somit eine Gefahrenquelle dar. Der Ort beton der oberen Austrittstufe weist häufig Rißschäden auf (siehe Foto 26). Der seitliche Anschluß der Trittstufen ist ohne fachgerechte Fugenausbildung ausgeführt worden (siehe Foto 29 und 30). Hier kann ständig Niederschlagswasser in die Konstruktion eindringen und bei Frosteinwirkung Schäden verursachen.

Die Podeste unten und die Schwellen zu den Kellereingängen weisen Rißbildungen auf (siehe Foto 31 und 32). Der Anschluß zu den aufgehenden Bauteilen ist umlaufend ohne jegliche Fugenausbildung ausgebildet worden. Damit können thermisch bedingte Längenänderungen nicht kompensiert werden.

Die Abdeckung der Stützwand wurde neu aus Betonplatten hergestellt. Für die Füße der Geländerpfosten wurden in den Abdeckplatten entsprechende Ausschnitte hergestellt, die mit Mörtel vergossen wurden (siehe Foto 33 und 34). Diese Lösung ist ein Schwachpunkt und wird unweigerlich perspektivisch zu Schäden (Rißbildungen im Anschlußbereich Stahlpfosten – Mörtel) führen. Der Mörtel in einigen Quertugen der Abdeckung besitzt Risse (siehe Foto 34). Auch hier wird es zukünftig aufgrund eindringender Feuchtigkeit zu Schäden kommen. Am Geländer ist an einigen Stellen Korrosion zu verzeichnen (siehe Foto 35 und 36).

5.0. Probenahmen und Prüfungen am Bauwerk

5.1. Entnahme von Bohrkernen

Zur Ermittlung des Schichtenaufbaus, der Betonrohddichte und des vorhandenen Feuchtegehaltes wurden im Mai 2000 insgesamt 8 Betonbohrkerne mit einem Durchmesser von ca. 50 mm im Trockenbohrverfahren erschütterungsfrei von den Außenwänden des Gebäudes entnommen. Unmittelbar nach der Entnahme wurden die Kerne gekennzeichnet und mittels einer Analysenwaage die Masse bestimmt. Anschließend wurden die Proben in die C. u. R. Baustoffprüfstelle eingeliefert.

Die Verteilung der Bohrkernentnahmen wurde wie folgt vorgenommen:

Bohrkern 20	-	Eingangsseite; normaler Wandblock
Bohrkern 21	-	Giebel Nord; normaler Wandblock
Bohrkern 22	-	Gebäuderückseite; normaler Wandblock
Bohrkern 23	-	Gebäuderückseite; Ringanker
Bohrkern 24	-	Gebäuderückseite; normaler Wandblock
Bohrkern 25	-	Giebel Süd; normaler Wandblock
Bohrkern 26	-	Eingangsseite; normaler Wandblock
Bohrkern 27	-	Eingangsseite; normaler Wandblock.

Die Bohrkernentnahme erfolgte vom Erdboden aus im Bereich des Erdgeschosses.

Aufgrund der Nutzung des Gebäudes konnte mit keinem Kern die gesamte Wanddicke durchbohrt werden. Sämtliche Kerne wurden daher noch innerhalb der Außenwand, im Bereich des Leichtbetons bzw. des Normalbetons im Ringanker abgebrochen (sogenannte Sackbohrung).

5.2. Einbausituation Fenster

Zur Feststellung der Einbausituation der Fenster wurde der vertikale Fensteranschluß an insgesamt drei Fenstern der Wohnung Willi-Sänger-Straße 32 3. OG Mitte kontrolliert. Dabei wurden an allen drei untersuchten Fenstern keine prinzipiellen Unterschiede festgestellt. Die vorgefundene Situation ist der Skizze in der Anlage 4 zu entnehmen (siehe auch Foto 37 und 38).

Aufgrund der vielfältigen Einwirkungen auf Fenster und der erhöhten Anforderungen an Wärme- und Schallschutz sollte der Einbau von Fenstern generell auf der Grundlage des „Leitfadens zur Montage“, herausgege-

ben von den RAL-Gütegemeinschaften Fenster und Haustüren, Frankfurt am Main, erfolgen. Hiernach wird der Anschlußbereich der Fenster in folgende zwei Funktionsebenen und einen Funktionsbereich unterschieden.

- Die Funktionsebene 1 ist raumseitig angeordnet und soll das Raumklima vom Außenklima trennen (Funktion als Dampfbremse). Durch sie wird verhindert, daß Raumluft und -feuchte in die Konstruktion eindringt. Die Trennung des Raumklimas zum Außenklima muß in einer Ebene erfolgen, die über der Taupunkttemperatur des Raumklimas liegt. Damit wird die Bildung von Tauwasser an der Oberfläche und in der Konstruktion vermieden. Die Ebene muß über die gesamte Fläche der Außenwand erkennbar sein und darf nicht unterbrochen werden. Realisierbar ist diese Ebene u.a. über den Einbau von vorkomprimierten Fugenbändern oder den Einsatz von Dichtstoffen mit Hinterfüllschnur.
- Im Funktionsbereich (Ebene 2) werden insbesondere die Eigenschaften Wärme- und Schallschutz über einen angemessenen Zeitraum sichergestellt. Der Funktionsbereich liegt zwischen der Funktionsebene 1 und der außen angeordneten Funktionsebene des Wetterschutzes.
- Die Ebene des Wetterschutzes (Funktionsebene 3) hat weitgehend den Eintritt von Regenwasser zu verhindern. Eventuell trotzdem eingedrungenes Wasser ist kontrolliert nach außen abzuführen. Zugleich muß die Feuchte aus dem Funktionsbereich nach außen entweichen können. Auch diese Ebene ist über den Einbau von vorkomprimierten Fugenbändern oder den Einsatz von Dichtstoffen mit Hinterfüllschnur herzustellen.

Generell gilt der Grundsatz daß die Trennung von Raum- und Außenklima (Funktionsebene 1) dampfdiffusionsdichter auszuführen ist als der Wetterschutz (Funktionsebene 3). Die Schlagregendichtheit in der Ebene 3 muß jedoch gewährleistet sein.

Beim Vergleich der genannten Forderungen mit der vor Ort vorgefundenen Einbausituation (siehe Skizzen in der Anlage 4) ist festzustellen, daß der Einbau nicht nach der genannten Einbaurichtlinie vorgenommen wurde. Die Funktionsebene 1 ist hier mit einem Putzmörtel hergestellt und damit nicht als Abdichtungsebene ausgeführt worden. In der Wetterschutzebene wurde eine Dichtmasse eingebaut, die wesentlich dampfdichter ist als der raumseitige Putz. Damit wird gegen den Grundsatz „innen dichter als außen“ verstoßen. Aufgrund der relativ offenen Fuge auf der Raumseite und der dichten Fugenausbildung auf der Außenseite kann Raumluft in die Fuge eindringen und den Feuchtegehalt innerhalb der Fuge erhöhen. Bei Unterschreitung der Taupunkttemperatur fällt Tauwasser aus und schädigt den Anschlußbereich. Im Weiteren befindet sich hinter der Dichtmasse des Wetterschutzes keine Hinterfüllschnur. Damit entspricht diese Fugenausbildung nicht der DIN 18540.

Eine stichprobenartige Kontrolle der horizontalen Anschlußfuge unten ergab, daß auf der Oberseite der Fensterbank der Anschluß zum Rahmen mit einer Dichtmasse in Form einer Hohlkehle verschlossen wurde. Auch diese Fuge entspricht nicht der DIN 18540.

Im Weiteren wurde vom Erdboden aus eine Inaugenscheinnahme der Einbaulage der Fensterrahmen hinsichtlich der Möglichkeit zur Anbringung einer Zusatzdämmung im Leibungsbereich vorgenommen. Soweit von dieser Ebene aus beurteilbar, ist es in der Regel möglich, eine etwa 2 cm dicke Dämmung anzubringen. An einigen Fenstern (etwa 9 Fenster) reicht im Sturzbereich die Breite jedoch nicht aus. Hier müßten Sonderlösungen für den Einbau von Zusatzdämmungen gefunden werden.

6.0. Untersuchungen im Labor

6.1. Bestimmung des Feuchtegehaltes

Der Feuchtegehalt der Bohrproben wurde nach dem gravimetrischen Verfahren bestimmt. Hierzu wurde, wie bereits beschrieben, sofort nach der Bohrkernentnahme vor Ort die Masse der feuchten Probe mit einer Analysenwaage bestimmt. Im Labor wurden dann die Proben bei 105°C bis zur Massekonstanz getrocknet. Danach wurde die Masse der trockenen Probe ermittelt. Demnach ergeben sich folgende Meßergebnisse:

Bohrkern	Feuchte [M-%]
20	0,9
21	1,1
22	1,1
24	1,2
25	0,8
26	0,6
27	1,1

Anhand der Meßergebnisse kann eingeschätzt werden, daß die Wände zum Untersuchungszeitpunkt trocken sind.

6.2. Aufnahme und visuelle Beurteilung der Bohrkerne

Sämtliche Bohrkerne wurden gemessen, die einzelnen Schichten erfaßt und das Betongefüge grob beschrieben. Anschließend wurde jeder Bohrkern fotografiert. Die Zusammenfassung dieser Feststellungen an den Bohrkerne enthält die Anlage 5 und 6.

6.3. Prüfung der Rohdichte

An den entnommenen Bohrkernen wurde als Grundlage zur bauphysikalischen Bewertung die Rohdichte geprüft. Dazu wurden aus den Kernen Prüfcylinder im Naßsägeverfahren herausgesägt. Anschließend wurden die Schnittflächen planparallel geschliffen. Die so vorbereiteten Prüfkörper wurden danach wiederum bis zur Massekonstanz getrocknet. Anschließend wurden die Prüfkörper mittels eines Meßschiebers vermessen und auf einer elektronischen Waage auf 1 Gramm genau die Masse bestimmt. Daraus wurde dann die Betonroh-dichte errechnet.

7.0. Untersuchungsergebnisse

7.1. Schichtenaufbau der Außenwände

- Längswände

Der Aufbau der Längswände kann von außen nach innen wie folgt angegeben werden:

- ca. 2,2 cm Außenputz
- ca. 29,0 cm Leichtbeton
- ca. 1,5 cm Innenputz.

Die hier angegebenen Schichtdicken sind Durchschnittswerte und wurden aus der Gesamtheit der für dieses Bauteil vorliegenden Bohrkern ermittelt.

Der Leichtbeton weist in der Regel ein haufwerksporiges Gefüge auf. Als Zuschlagstoffe wurden überwiegend Sand, Kies, Bims und Ziegelbruch verwendet.

- Giebelwände

Die Giebelwände besitzen einen unterschiedlichen Schichtenaufbau. Der Aufbau des Nordgiebels kann von außen nach innen wie folgt angegeben werden:

- ca. 1,8 cm Außenputz
- ca. 11,7 cm Mauerwerk (Hochlochziegel)
- ca. 1,7 cm Außenputz (Originalaußenputz)
- ca. 29,0 cm Leichtbeton
- ca. 1,5 cm Innenputz.

Am Südgiebel wurde folgender Aufbau vorgefunden:

- ca. 3,0 cm Kunststoff-Hohlkammer-Profil
- ca. 3,0 cm Mineralwolle
- ca. 1,0 cm Außenputz
- ca. 11,5 cm Mauerwerk (Hochlochziegel)
- ca. 1,7 cm Außenputz (Originalaußenputz)
- ca. 29,0 cm Leichtbeton
- ca. 1,5 cm Innenputz.

Für den Leichtbeton wurden wiederum Zuschläge aus Sand, Kies, Bims und Ziegelbruch eingesetzt. Das Gefüge reicht von dicht bis haufwerksporig.

Das Untersuchungsergebnis zeigt, daß beide Giebel bereits durch eine etwa 11,5 cm dicke Vormauerung wärmetechnisch verbessert werden sollten. Der Südgiebel erhielt zudem noch eine Mineralfaserdämmung mit einem Wetterschutz aus Kunststoff-Profilen.

- Ringanker

Der Ringanker besteht an der geprüften Stelle aus folgenden Schichten:

- ca. 3,3 cm Außenputz
- ca. 12,5 cm Normalbeton
- ca. 2,5 cm HWL-Platte
- ca. 14,0 cm Normalbeton
- ca. 1,5 cm Innenputz.

7.2. Rohdichte

In den nachfolgenden Tabellen sind die Prüfergebnisse der ermittelten Rohdichten des Leichtbetons / Normalbetons, getrennt nach Bauteilen, zusammengestellt:

- Längswände

Kern	Rohdichte [kg/m ³]
20	1215
22	1382
24	1536
26	1493
27	1670
Mittelwert	1459

- Giebelwände

Die Rohdichte des Leichtbetons Giebel Nord kann mit 1462 kg/m³ und die des Südgiebels mit 1758 kg/m³ angegeben werden.

- Ringanker

Im Ringankerblock wurde eine Dichte des Normalbetons von 2314 kg/m³ ermittelt.

7.3. Bauphysikalische Bewertung

Zur bauphysikalischen Bewertung der Konstruktion wurden verschiedene Berechnungen vorgenommen. Zunächst wurden die normalen Außenwandbereiche einschließlich der Ringankerbereiche einer Wärmedämm- und Dampfdiffusionsberechnung gemäß DIN 4108 / 5 unterzogen. Hierbei wurden die Mittelwerte der vorgefundenen Schichtdicken und Rohdichten verwendet. Anschließend wurden die hygrothermischen Schwachstellen „Ausragende Balkonplatte“ und „Fensterlaibung“ einer numerischen Simulation unterzogen.

7.3.1. Wärmedämm- und Dampfdiffusionsberechnung Wandbereich / Ringankerbereich

Die Berechnungen wurden mit dem Programmpaket „Wärme & Dampf“ der ROWA Soft GmbH durchgeführt. Hierbei wurden die Klima-Randbedingungen der DIN 4108 als Berechnungsgrundlage angesetzt. Im Einzelnen können hier bei nichtklimatisierten Räumen folgende Annahmen Verwendung finden:

- In der Tauperiode
 - Außenklima - 10°C; 80 % relative Luftfeuchtigkeit
 - Innenklima 20°C; 50 % relative Luftfeuchtigkeit
 - Dauer 1440 Stunden (60 Tage)
- In der Verdunstungsperiode
 - Außenklima 12°C; 70 % relative Luftfeuchtigkeit
 - Innenklima 12°C; 70 % relative Luftfeuchtigkeit
 - Dauer 2160 Stunden (90 Tage)

Die einzelnen Berechnungen sind in der Anlage 3 enthalten. In der folgenden Tabelle sind die wichtigsten Ergebnisse zusammengefaßt aufgeführt:

Bauteil	Wärmedurchgangskoeffizient	rel. Luftfeuchte an der Wandoberfläche Warmseite	bei 20°C auf der Warmseite darf die rel. Luftfeuchte folgenden Maximalwert erreichen	Oberflächentemperatur innen	Dampfdiffusionsergebnis
	[W/m²K]	[%]	[%]	[°C]	
1	2	3	4	5	6
Längswände	1,470	71,8	69,6	14,3	Fall D, jedoch $W_V > W_T$
Giebel Nord	1,163	66,5	75,2	15,5	Fall B, jedoch $W_V > W_T$
Giebel Süd	0,759	60,2	83,1	17,0	Fall A
Ringanker	1,555	73,4	68,1	13,9	Fall B, jedoch $W_V > W_T$

Zur vorgenannten Tabelle sind folgende Erläuterungen notwendig:

- Spalte 2
 - zulässiger k-Wert nach DIN 4108 = 1,39 W/m²K (Mindestwärmeschutz)
 - zulässiger k-Wert nach WSV 95 = 0,50 W/m²K (erhöhter Wärmeschutz)
- Spalte 4
 - Werden höhere als die angegebenen Werte erreicht, fällt Oberflächenkondensat an.
- Spalte 6
 - Fall A kein Tauwasseranfall
 - Fall B Tauwasserausfall in einer Ebene des Bauteiles
 - Fall D Tauwasserausfall in einem Bereich im Inneren des Bauteils
 - $W_V > W_T$ mögliche Verdunstungsmenge > anfallende Tauwassermenge; es verbleibt kein Wasser im Bauteil

Der nach DIN 4108 geforderte maximale Wärmedurchgangskoeffizient (k-Wert) für einen Mindestwärmeschutz wird an den Längswänden sowie im Ringankerbereich nicht eingehalten. Damit entsprechen beide Bauteile nicht der genannten Norm. Bei Einhaltung der in der Norm festgelegten Mindestwerte werden bei Raumlufttemperaturen und relativen Luftfeuchten, wie sie sich in nichtklimatisierten Aufenthaltsräumen bei üblicher Nutzung und dementsprechender Heizung und Lüftung einstellen, Schäden durch Tauwasser vermieden.

Ein eventuell auftretendes Oberflächenkondensat entsteht immer an der kältesten Oberfläche der Konstruktion. Dies war vor der durchgeführten Teilmodernisierung die Oberfläche der Fensterverglasung. Der Feuchteanfall an dieser Stelle war jedoch unproblematisch. Mit dem Wechsel auf Fenster mit einem k_F -Wert von $1,5 \text{ W/m}^2\text{K}$ verlagert sich die Tauwasserbildung in wärmetechnisch schlechter ausgeführte Außenwandbereiche. Bereits ab einer relativen Luftfeuchte von 68,1 % fällt z.B. im Ringankerbereich bei 20°C Raumtemperatur Oberflächenkondensat an. Dieser Grenzwert kann in Küchen und Bädern bei ungenügender Lüftung sehr schnell überschritten werden und es kommt zur Oberflächendurchfeuchtung. Das hierbei entstehende Milieu bildet dann den Nährboden für einen Schimmelpilzbefall und stellt damit eine Gesundheitsgefährdung der Bewohner dar.

Ein weiterer wesentlicher Aspekt für die Wohnqualität ist im Behaglichkeitsempfinden der Bewohner zu sehen. Dieses wird in ganz erheblichem Maße von den Oberflächentemperaturen der umgebenden Bauteile beeinflusst. Die Differenz zwischen Raumtemperatur und Oberflächentemperatur sollte möglichst gering, einen Wert von etwa 4 K jedoch nicht überschreiten. Bei größeren Temperaturdifferenzen überträgt der menschliche Körper zu viel Wärme an die kalte Raumbegrenzung. Ebenso kühlt sich die Raumluft an der Außenwand ab, sinkt nach unten und streift über dem Fußboden in die wärmeren Bereiche. Diese Erscheinungen werden von den Bewohnern als Zug und damit als unbehaglich empfunden. Die im Rahmen der bauphysikalischen Berechnungen ermittelten Oberflächentemperaturen sind getrennt für die einzelnen Bauteile der vorstehenden Tabelle zu entnehmen.

Es wird abschließend ausdrücklich darauf hingewiesen, daß bei der Ermittlung der Wärmedurchgangskoeffizienten (k-Werte) vom Mittelwert der jeweils anstehenden Betonrohddichten ausgegangen wurde. Das heißt, es sind Wandbereiche vorhanden, die aufgrund der höheren Rohddichte auch schlechtere k-Werte aufweisen.

7.3.2. Numerische Simulation hygrothermischer Schwachstellen

Die hygrothermische Situation von Umfassungskonstruktionen läßt sich darstellen durch ihr Temperatur- und Feuchteverhalten. Dabei handelt es sich um eine Berechnung gekoppelter Temperatur- und Feuchtefelder, die entsprechende Kennwertfunktionen für den Wärme- und Stofftransport (Gas- und Flüssigkeitsphase) sowie Phasenumwandlungsenergien erfordern. Sollen die Berechnungen wirklichkeitsnahe Ergebnisse liefern, sind die zeit- und ortsabhängigen außenklimatischen Randbedingungen in Form eines Testreferenzjahres zu berücksichtigen (Stundenwerte der Außenlufttemperatur, relativen Luftfeuchte, der kurzwelligen Sonnenstrahlung und langwelligen Abstrahlung, der Windintensität und ihrer Richtung sowie der Niederschlagsereignisse). Auch der Temperatur- und Feuchtegang des Raumklimas ist gegebenenfalls zu beachten.

Die Aussagekraft der Rechenergebnisse hängt nicht nur von einer physikalisch sauberen Modellierung ab, sondern wird nachhaltig geprägt durch die Eingabe der Materialkennwertfunktionen und die örtliche und zeitli-

ehe Diskretisierung, die wiederum auch bei leistungsfähiger Hardware die Rechenzeiten bestimmt. Die Ermittlung von Jahresabläufen erfordert bei mehrdimensionalen Berechnungen gekoppelter Felder mehrere Tage Rechenzeit.

Die nachfolgenden Ergebnisse resultieren aus der Softwarevariante DIM 3.0, deren Vorläufer während des europäischen Verbundprojektes „Hamtie“ der Int. Energie Agentur validiert worden sind.

7.3.2.1. Auskragende Balkonplatte

- Stoffkennwerte

Die Kennwerte für die wesentlichen Stoffkenngrößen sind in der nachfolgenden Tabelle zu entnehmen. Dabei handelt es sich zum großen Teil um begründete Annahmen auf der Basis vorliegender Erkenntnisse. Allerdings können einzelne Parameter (z.B. für die Kapillarwasserleitfunktionen) aufgrund des fehlenden zeitlichen Verlaufes auch in größerem Maße von den Istwerten des Objektes abweichen.

Die Stahleinlage im Ringanker ist unberücksichtigt geblieben, da der Normalbeton mit 2,1 W/mK ohnehin eine hohe Wärmeleitfähigkeit besitzt und die Haupttransportrichtung im wesentlichen quer zur Stahleinlage verläuft.

Die Balkonplatte wird überseitig als wasserdicht angenommen.

	Rho [kg/m³]	c [J/kgK]	Poros. [Vol %]	fHyg [%]	Sat. [Vol %]	Hyg [Vol %]	k	shift	a0 [m²/s]	my	lambda [W/mK]
Leichtbeton	1700	1000	20	95	15	5	0,7	1,0	1.0E-09	10	0,8
Beton	2100	1050	15	95	14	6	0,3	0,5	1.0E-09	65	2,1
Putz MG II	1470	850	35	95	24	3	0,7	0,25	1.0E-09	21	1,05
HWL-Platte	700	2000	95	95	60	5	0,7	0,5	1.0E-09	18	0,18
Decke	600	920	80	95	34	1,5	0,2	1,0	3.0E-07	10	0,15
Aussenputz	1470	850	35	95	24	3	0,7	0,25	1.0E-11	21	1,05
WU-Beton	2100	1050	15	95	14	6	0,3	0,5	1.0E-13	65	2,1

- Klimatische Randbedingungen

Es werden zunächst stationäre Verhältnisse unter zeitunabhängigen klimatischen Bedingungen nach DIN 4108 bearbeitet (Raumklima $\vartheta_i = 20^\circ\text{C}$; ϕ_i 60%; Außenklima $\vartheta_a = -10^\circ\text{C}$; ϕ_a 80% für eine Zeitdauer von 60 Tagen).

Es handelt sich hierbei um einen „worst case“, der durch die Annahme einer 60-tägigen Periode von -10°C

Außentemperatur die nicht explizit ausgewiesene langwellige Abstrahlung in ihrer abkühlenden Wirkung miterfaßt.

Das für die zweite Berechnungsvariante angesetzt TRY Essen entspricht zwar nicht direkt mehr den kontinentalen Witterungsverhältnissen in Brandenburg, liefert aber durch die zeitabhängigen Stundenwerte aller relevanten Außenklimakomponenten realistischere Aussagen.

- Ergebnisse nach Klima DIN 4108

Die Ergebnisse sind als grafische Darstellungen in den Bildern 1 - 5 der Anlage 3 ausgewiesen. Im Temperaturfeld der ungedämmten Istvariante kompensiert die HWL-Platte im Ringankerbereich fast die negative Wirkung des Normalbetons ($\lambda = 2,1 \text{ W/mK}$), so daß die 8°C Isotherme nahezu ungestört verläuft. Allerdings liegt die Oberflächentemperatur längs der oberen Kante Decke / Außenwand unter 12°C und somit leicht unterhalb der Taupunkttemperatur des gewählten Raumklimas.

Erkennbar wird dies an der Darstellung der relativen Luftfeuchtigkeiten, die den sorptiven Gleichgewichtsfeuchten der Materialien entsprechen. Oberhalb einer relativen Luftfeuchte von 95% existieren überhygroskopische Feuchten, d.h. es liegen die Feuchten auch in flüssiger Form vor. Die unterbrochene HWL-Dämmung im Deckenbereich verhindert allerdings infolge Wärmeaufnahme die ungezügelte Tauwasserbildung auf Kosten von Energieverlusten. Im Ringankerbereich wird in der Istauführung (Z1) auf der Kaltseite des HWL-Streifens infolge Temperaturabfall eine Feuchteerhöhung sichtbar. Sie bleibt aber im hygroskopischen Bereich. Die Außendämmungsvariante demonstriert den positiven Effekt auf die Temperaturen der inneren Oberflächen. Die relativen Luftfeuchtigkeiten im Oberflächenbereich bleiben hier unter 80%, eine Schimmelbildung ist damit ausgeschlossen.

- Ergebnisse nach TRY Essen

Im Gegensatz zu den vorstehenden Ergebnissen handelt es sich nunmehr um zeitabhängige Felder, die sich – wenn der quasistationäre Zustand erreicht ist – jahreszeitlich wiederholen. Für die Zeitpunkte 5. Februar und 1. September werden die Temperatur- und Feuchteverteilungen um den Ringankerbereich in der Originalkonstruktion ausgewiesen (Bilder 6 - 10).

Auch unter praxisnahen Klimarandbedingungen (kein worst case) lassen sich offensichtlich Durchfeuchtungen längs der Kante Decke / Außenwand während des Winterhalbjahres und damit Schimmelbildungen nicht vermeiden (rel. Luftfeuchte auf der Oberfläche $> 85\%$).

Nach der Sommerperiode erscheint die Konstruktion bis auf geringe hygroskopische Restfeuchten ausgetrocknet, so daß kein Aufschaukeln der Feuchtemengen stattfinden kann. Die durch den Ringanker bedingte Unsymmetrie ist in beiden Bildern zum 1. September deutlich erkennbar. Die höhere Kerntemperatur gegenüber den Oberflächenbereichen resultiert aus der Temperaturfeldabfrage um 24^{00} und dem Wärmespeichervermögen der Konstruktion.

Das Bild 11 enthält den Jahresgang des Temperaturverlaufs im ungestörten Wandfeld und demonstriert den Durchgriff des Außenklimas auf die innere Oberflächentemperatur (Raumlufttemperatur konstant 20°C). Als Anfangsbedingung der Temperatur innerhalb der Konstruktion sind ebenfalls 20°C erkennbar und eine im Gegensatz zur Feuchte kurze Einstellzeit. Das Bild 12 weist an den in der Legende aufgeführten Orten den Jahresgang der Wärmestromdichten aus und beleuchtet etwas die energetische Situation. Während die Wärmestromdichte im ungünstigsten Fall Maximalwerte von über 60 W/m² erreichen kann, liegt der Durchschnitt im ungestörten Wandfeld in der Heizperiode bei 30 W/m². Erst im Mai sind direkte Wärmeeinträge über die opake Außenwand für das Raumklima zu erwarten (negative q-Werte).

7.3.2.2. Fensteranschlag

Für den Fensteranschlag lassen sich folgende Abschätzungen treffen:

Für die ungedämmte Istvariante liegen bei klimatischen Randbedingungen nach DIN 4108 die inneren Oberflächentemperaturen auf der Laibung im Taupunktbereich. Hierin ist primär die Ursache für die Schimmelpilzbildungen im Laibungsbereich zu suchen. Die mangelhafte Einbausituation der Fenster spielt dabei nur eine flankierende Rolle. Die Anbringung einer Außendämmung wäre die bauphysikalisch sauberste Lösung. Bei richtiger Ausführung läßt sich die Oberflächentemperatur zwischen Blendrahmen und Laibung unter stationären Randbedingungen mit Dämmschichtdicken von 60 mm im ungestörten Wandfeld und 20 mm an den Fenstergewänden auf über 13°C und damit sicher über die Taupunkttemperatur bei 60% relativer Luftfeuchte anheben. Eine Innendämmung von etwa 20 – 30 mm nur auf der Laibung gewährleistet für 55% relative Raumluftfeuchte auch noch taupunktfreie Oberflächen. Allerdings sind hierbei die feuchtetechnischen Parameter richtig zu wählen (eine kapillaraktive Innendämmung erfordert begründete Materialkombinationen). Aus feuchtetechnischer Sicht sind Wärmedämmstoffe mit einem hohen Wasserdampfdiffusionswiderstandsfaktor zu wählen.

7.4. Balkone

Die Tragkonstruktion der Balkone wurde an einem äquivalenten im Wohngebiet vorhandenem und noch nicht sanierten Gebäude geprüft. Demnach besteht die Rohbaukonstruktion aus 5 Stück nebeneinander angeordneten Kragplatten. Die Dicke dieser Elemente beträgt an der Vorderkante ca. 8 cm und an der Hauswand ca. 13 cm. Der ursprüngliche Fußbodenaufbau auf diesen Platten bestand aus etwa 3 cm Verlegemörtel plus etwa 3 cm Terrazzoplatten. Die jetzt ermittelte Gesamtdicke wurde an der Vorderkante mit ca. 17,5 cm und an der Hauswand mit ca. 19 cm gemessen.

Die Entwässerung der Balkone erfolgt auch nach der durchgeführten Sanierung frei ins Gelände, d.h. das anfallende Niederschlagswasser tropft von den oberen Etagen auf die darunter liegenden Balkone. Die Problematik der Entwässerung ist damit völlig unbefriedigend gelöst worden.

Für die Brüstungen der Freisitze wurde ein System des Herstellers HAGAL verwendet. Die Befestigung der Geländerpfosten erfolgt von den Oberseiten der Balkone. Dies stellt einen eklatanten Schwachpunkt dar. Hier wird perspektivisch Wasser in den Befestigungspunkt eindringen und Schäden verursachen. Die bessere Variante der Geländerbefestigung ist in jedem Falle von der Unterseite.

- Bewertung der Balkontragfähigkeit

Der ursprüngliche Fußbodenaufbau betrug etwa 6 cm. Im Rahmen der durchgeführten Teilmodernisierung wurde der Aufbau auf ca. 9 – 10 cm erhöht. Bei gleicher Materialwahl ergibt sich daraus eine Lasterhöhung von 0,6 – 1,0 kN/m². Es wird davon ausgegangen, daß dieser Lastzuwachs bei der Beantragung der Baugenehmigung zur Teilmodernisierung Bestandteil war und als Abweichung zu anzuwendenden Normen genehmigt worden ist. Unter diesen Voraussetzungen kann die Balkontragfähigkeit unter dem Aspekt des Bestandschutzes betrachtet werden, anderenfalls sind statische Nachweise erforderlich, bei denen zu erwarten ist, daß die Balkontragfähigkeit nicht die geforderten Tragsicherheiten nach den derzeit gültigen Normen erfüllt.

- Geländersystem

Es wird davon ausgegangen, daß das Geländersystem nach Typenprojekt mit Zulassung gebaut worden ist.

- Anschlüsse des Geländersystems an die Deckenplatten

Bei den zerstörungsfreien Bauwerksuntersuchungen der Balkone konnte nicht geprüft werden, ob die Geländerbefestigung mit durchgebolzten Verbindungsmitteln erfolgte. Für den Fall, daß Dübel oder Durchsteck- / Schwerlastanker zur Anwendung kamen, werden die notwendigen Randabstände bzw. Mindestbauteildicken unterschritten und reduzieren die aufnehmbaren Kräfte erheblich. Auch hier ist anzunehmen, daß ein genauer statischer Nachweis eine nicht genügende Tragsicherheit ergibt.

7.5. Hinweise zur Sanierung

Zur Beseitigung der gegenwärtig vorhandenen unbefriedigenden baulichen Situation sind nach unserer Auffassung folgende zwei Konzeptionen zu verfolgen:

1. Als Sofortmaßnahme sollten die bestehenden Wärmebrücken wärmetechnisch durch die Anbringung von partiellen Zusatzdämmungen aufge bessert werden (z.B. Fensteranschlüsse, Ringanker, Balkonplatte). Das Lüftungskonzept ist zwingend durch Schaffung von entsprechenden Zu- und Abluftmöglichkeiten zu verbessern. Der Standort von Heizkörpern ist zu optimieren.
2. Die bereits wieder vorhandenen Schäden an den Fassadenflächen lassen perspektivisch einen erneuten Sanierungsbedarf erkennen. Die vorhandenen Rißbildungen in den Wohngeschossen der Fassade sind für die Blockbauweise typisch und schwer zu vermeiden. Sie zeichnen sich jeweils im Bereich von Fugen zwischen verschiedenen Bauteilen ab. Die Ursache hierfür liegt an thermischen Spannungen. Die Gewändeelemente der Fenster und Türen wurden vermutlich im Rahmen der durchgeführten Teilmodernisierung keiner fachgerechten Instandsetzung im Sinne der „Richtlinie für Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen“ – Rili-SIB 90 des Deutschen Ausschusses von Stahlbeton unterzogen. Hier wird zukünftig mit weiteren Schäden zu rechnen sein.

Nach unserer Auffassung sollte am betrachteten Gebäude einerseits zur Verbesserung der Wärmedämmung der Außenbauteile und andererseits zum Schutz der Fassade eine Zusatzdämmung aufgebracht werden. Mit der Zusatzdämmung wird einerseits erreicht, daß thermische Spannungen durch Schaffung eines relativ gleichbleibenden Temperaturniveaus in der Ebene der Außenwand abgebaut werden und damit die Gefahr von weiteren Rissebildungen vermindert wird. Weiterhin wird die Außenwand sicher vor Feuchtigkeit geschützt. Im Wesentlichen sind in den Leibungsbereichen der Fenster noch Reserven vorhanden, um auch hier eine wenigstens etwa 2 cm dicke Dämmschicht anbringen zu können. Bei einigen wenigen Fenstern würden in diesem Bereich jedoch Anpassungen notwendig werden. Um Wärmebrücken im Bereich des Anschlusses Kellerdecke / Außenwand abzuschwächen, ist in die Wärmedämmung der Außenwand der Sockelbereich bis mindestens 50 cm unter die Kellerdecke einzubeziehen.

Auch die Kellertreppen (außen) müssen einer komplexen Instandsetzung unterzogen werden.

8.0. Schlußbemerkung

Auftragsgemäß wurde das Gebäude Willi-Sänger-Straße 32 - 38 in Brandenburg / Havel einer Untersuchung unterzogen. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen sowie eine bauphysikalische Bewertung des Gebäudes sind dem vorstehenden Bericht zu entnehmen.

Hänchen, den 07. Juni 2000

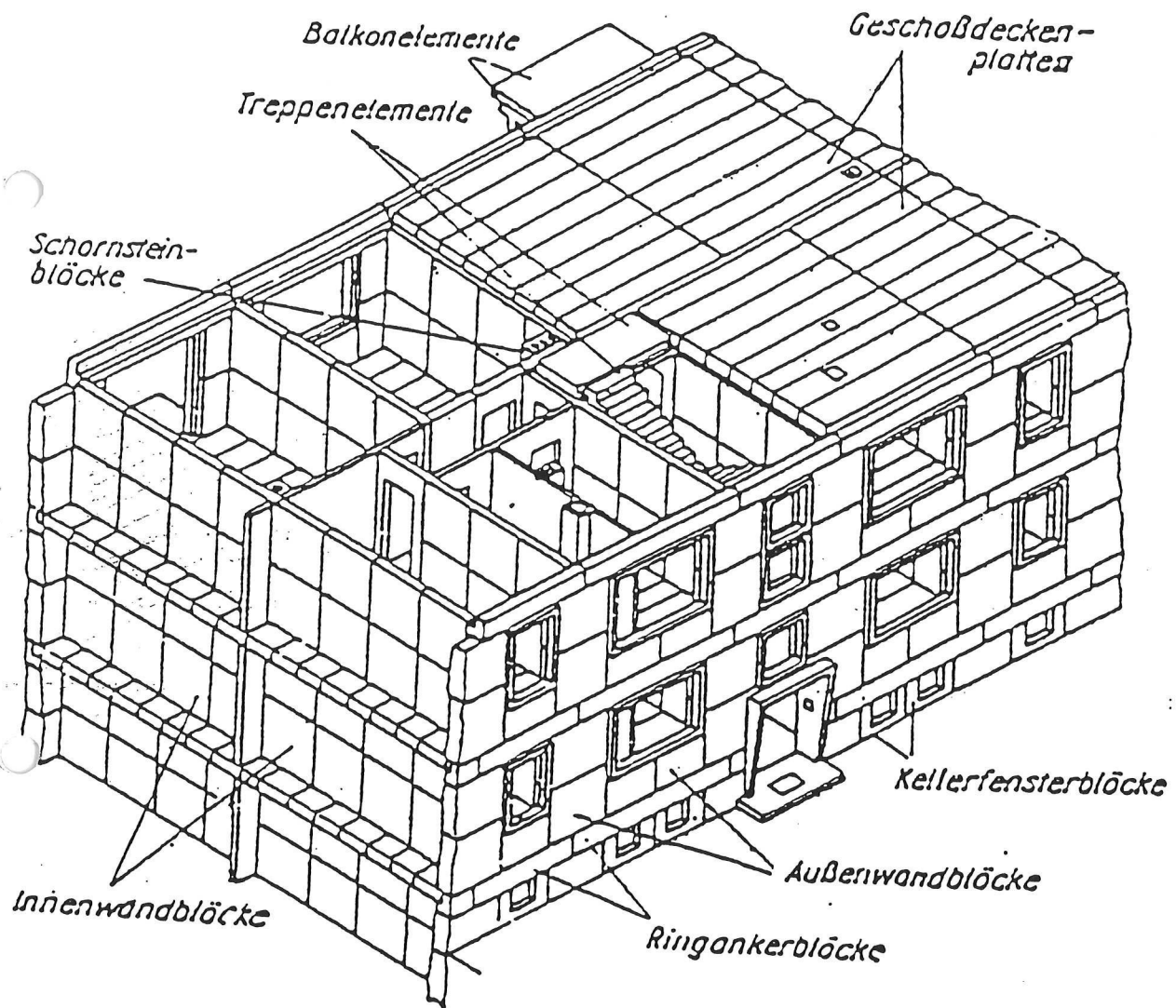

Dr. rer. nat. Herlt


Dipl.-Ing. (FH) Friedrich

Anlage 1

Prinzipskizze der Blockbauart

Das Prinzip der Blockbauart



Anlage 2

Zusammenstellung der Untersuchungsergebnisse

Bauteil: Längswände

Kern	Rohdichte des Leichtbetons [kg/m ³]	Schichtdicken		
		[cm]		
		Außenputz	Leichtbeton	Innenputz
20	1215	ca. 1,5	ca. 29,0	ca. 1,5
22	1382	ca. 2,7	ca. 29,0	ca. 1,5
24	1536	ca. 2,5	ca. 29,0	ca. 1,5
26	1493	ca. 2,5	ca. 29,0	ca. 1,5
27	1670	ca. 2,0	ca. 29,0	ca. 1,5
Mittelwert:	1459	2,2	29,0	1,5

Bauteil: Ringanker

Kern	Rohdichte des Betons [kg/m ³]	Schichtdicken				
		[cm]				
		Außenputz	Beton	HWL	Beton	Innenputz
23	2314	ca. 3,3	ca. 12,5	ca. 2,5	ca. 14,0	ca. 1,5

Bauteil: Giebelwände

Kern	Rohdichte des Leichtbetons [kg/m ³]	Schichtdicken [cm]					
		PVC-Profil	Miwo	Außenputz	Mauerwerk	Außenputz	Innenputz
21	1462	-	-	ca. 1,8	ca. 11,7	ca. 1,7	ca. 1,5
25	1758	ca. 3,0	ca. 3,0	ca. 1,0	ca. 11,5	ca. 1,7	ca. 1,5

Anlage 3

Bauphysikalische Berechnungen

Wärmedämm- und Dampfdiffusionsberechnungen auf der Grundlage der DIN 4108

für das Gebäude:

Willi - Sänger - Straße 32 - 38 in Brandenburg

Berechnungsgrundlagen:

Grundlage der vorliegenden Berechnungen sind die im Rahmen der durchgeführten Untersuchungen festgestellten Schichtenaufbauten der Außenwände sowie die ermittelten Rohdichten

Vorschriften:

- DIN 4108 Wärmeschutz im Hochbau (Ausgabe 08/81)
- Stoffwerte nach DIN V 4108 Teil 4 (Ausgabe 10/98)
- Stoffwerte aufgrund bauaufsichtlicher Bescheide

C. u. R. Ingenieurgesellschaft mbH
Alte Ziegelei 2
03099 Hänchen
Telefon: 0355 / 58 43 50
Telefax: 0355 / 58 43 599

ROWA Soft GmbH

15251

B A U P H Y S I K

Wärmedämm- und Dampfdiffusionsberechnung für Bauteile
gem. DIN 4108 Teil 5 8/81

09.Mai 2000

Projekt Kurzbeschreibung : Willi-Sänger-Straße 32-38 (Istzustand)

Bauvorhaben : Willi-Sänger-Straße 32-38
Bauteil : AW Längswand

Bearbeiter : C. u. R. Ingenieurgesellschaft mbH

Objektstandort
Straße/Hausnr.: Willi-Sänger-Straße 32-38
Ort : Brandenburg / Havel

Baujahr 0

Hauseigentümer/Bauherr
Name/Firma : Wohnungsbaugesellschaft der Stadt Brandenburg a.d.Havel mbH
Straße/Hausnr.: Wiener Straße 1
Ort : 14772 Brandenburg / Havel
Telefon/Fax :

- Berechnung der Längswand (normaler Wandblockbereich) unter den Randbedingungen der DIN 4108

Sch Nr.	Material	Dichte [kg/kbm]	Dicke s [mm]	Wärmel. [W/mK]	Dampf-Diffusion μ_1/μ_2 []
	Luftüberg.Warms.1/ α_i 0.13	---	---	---	---
1	Kalkzementputz	1800.0	15.000	0.8700	15/35
2	Leichtbeton DIN 4232 porig D	1459.0	290.000	0.6200	5/15
3	Kalkzementputz	1800.0	22.000	0.8700	15/35
	Luftüberg.Kalts.1/ α_a 0.04	---	---	---	---

Randbedingungen der Tauperiode :

	Warmseite	Kaltseite
Lufttemperatur :	20.0°C	-10.0°C
relative Feuchte :	50.0 %	80.0 %
Dauer der Tauperiode:	1440.0 Stunden	

C. u. R. Ingenieurgesellschaft mbH
Alte Ziegelei 2
03099 Hänchen
Telefon: 0355 / 58 43 50
Telefax: 0355 / 58 43 599

Projekt: Willi-Sänger-Straße 32-38 (Istzustand)

Seite 2

Randbedingungen der Verdunstungsperiode :

	Warmseite	Kaltseite
Lufttemperatur :	12.0°C	12.0°C
relative Feuchte :	70.0 %	70.0 %
Dauer der Verd.-Periode:	2160.0 Stunden	

Berechnung als : Wand

Berechnete Daten :

Flächengewicht	:	489.7100	[kg/m²]
Wärmedurchlaßwiderstand 1/L	:	0.5103	[m²K/W]
Wärmedurchgangswiderstand 1/k	:	0.6803	[m²K/W]
Wärmedurchgangskoeffizient k	:	1.4700	[W/(m²K)]

k-Wert	=	1.4700	[W/(m²K)]
--------	---	--------	-----------

rel. Luftfeuchte an der Wandoberfläche Warmseite : 71.8 %

Bei gegebener Temperatur von 20.0°C auf
der Warmseite darf die rel. Luftfeuchte maximal : 69.6 % betragen.

Ergebnis der Oberflächengrenzwertberechnung

maximale rel. Luftfeuchte der Warmseite zu verschiedenen Warm- und Kaltseitentemperaturen, oberhalb der Oberflächenkondensat anfällt.

Warmseitentemperatur

	10°C	12°C	14°C	16°C	18°C	20°C	22°C	24°C	26°C	28°C
0°C	87.9%	85.9%	83.9%	82.1%	80.3%	78.7%	77.1%	75.6%	74.2%	72.8%
K -2°C	85.6%	83.7%	81.8%	80.1%	78.4%	76.8%	75.3%	73.8%	72.4%	71.1%
a -4°C	83.4%	81.6%	79.8%	78.1%	76.5%	74.9%	73.5%	72.1%	70.8%	69.5%
l -6°C	81.3%	79.5%	77.8%	76.1%	74.6%	73.1%	71.7%	70.4%	69.1%	67.9%
t -8°C	79.2%	77.4%	75.8%	74.2%	72.8%	71.3%	70.0%	68.7%	67.5%	66.3%
s -10°C	77.1%	75.4%	73.9%	72.4%	71.0%	69.6%	68.3%	67.1%	65.9%	64.8%
e -12°C	75.1%	73.5%	72.0%	70.6%	69.2%	67.9%	66.7%	65.5%	64.4%	63.3%
i -14°C	73.1%	71.6%	70.2%	68.8%	67.5%	66.2%	65.1%	63.9%	62.8%	61.8%
t -16°C	71.2%	69.7%	68.4%	67.1%	65.8%	64.6%	63.5%	62.4%	61.3%	60.4%
e -18°C	69.3%	67.9%	66.6%	65.4%	64.2%	63.0%	61.9%	60.9%	59.9%	58.9%

C. u. R. Ingenieurgesellschaft mbH
 Alte Ziegelei 2
 03099 Hänchen
 Telefon: 0355 / 58 43 50
 Telefax: 0355 / 58 43 599

Projekt: Willi-Sänger-Straße 32-38 (Istzustand)

Seite 3

$\mu \cdot s$ der Schichten

Nr.	Material		μ	$\mu \cdot s$	$\Sigma \mu \cdot s$
1	Kalkzementputz	$\mu 1$	15	0.225	0.225
2	Leichtbeton DIN 4232 porid	$\mu 1$	5	1.450	1.675
3	Kalkzementputz	$\mu 2$	35	0.770	2.445

Temperatur / Dampfsättigungsdruckverlauf an den Schichtgrenzen :

Grenzschicht	Tauperiode		Verdunstungsperiode	
	Temp. [°C]	D-Druck [Pa]	Temp. [°C]	D-Druck [Pa]
Warmseite	20.0	2338.2	12.0	1403.8
1	14.3	1627.6	12.0	1403.8
1/2	13.5	1549.3	12.0	1403.8
2/3	-7.1	334.7	12.0	1403.8
3	-8.2	303.6	12.0	1403.8
Kaltseite	-10.0	259.9	12.0	1403.8

Dampfdiffusionsergebnis :

Falluntersuchung nach DIN ergab : FALL D

Das Bauteil wurde als Wand berechnet

Berührungspkt. Warmseite 1.494 [m] ($\mu \cdot s$) 417.9 [Pa] in Schicht 2
 Berührungspkt. Kaltseite 1.675 [m] ($\mu \cdot s$) 334.7 [Pa] an Schichtgrenze 2/3

Vom Ausfall betroffene Schichten :

2	Leichtbeton DIN 4232 porig D	$\mu 1$	5
3	Kalkzementputz	$\mu 2$	35

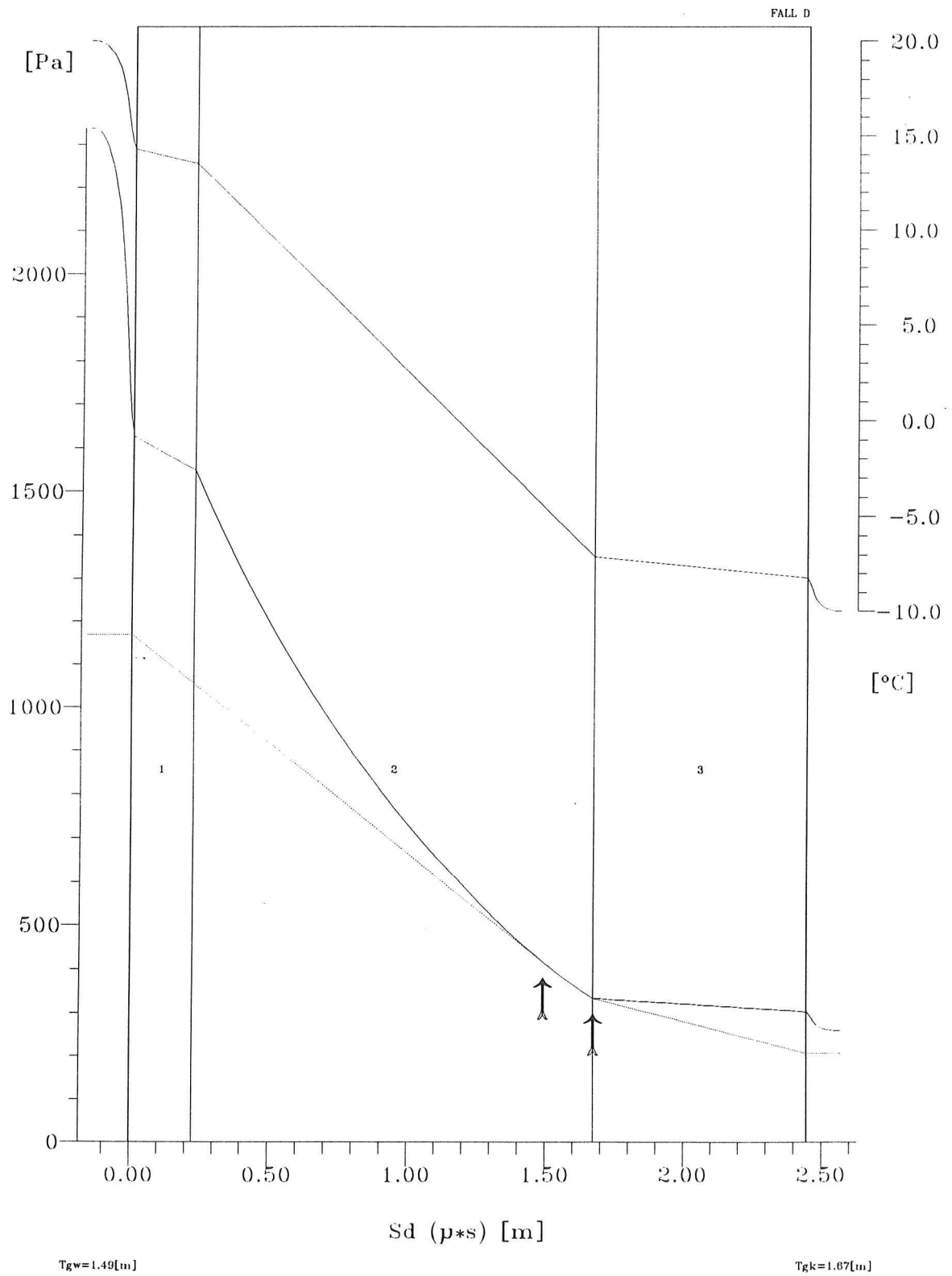
Tauwassermasse in Tauperiode (1440h) : 0.325 [kg/m²]
 Mögliche Verdunstungsmenge (2160h) : 1.087 [kg/m²]

Es verbleibt kein Wasser im Bauteil

Dampfdruckverlauf der Tauperiode nach Glaser

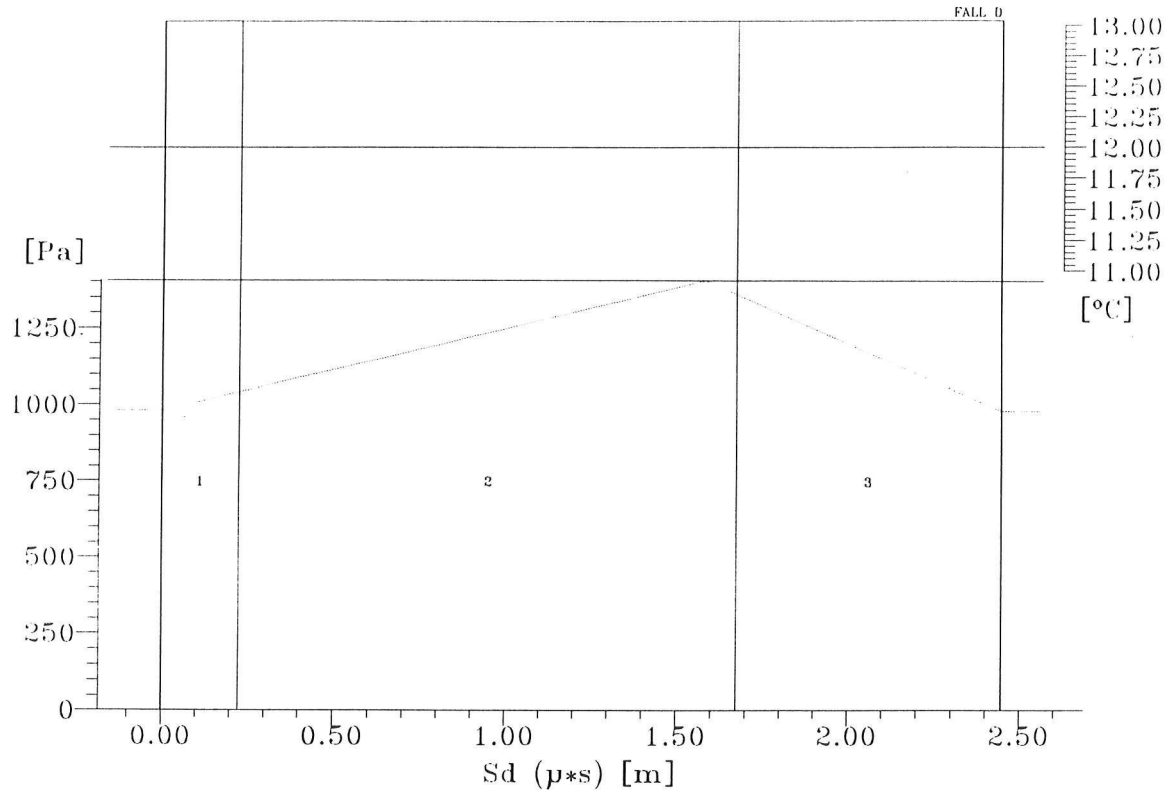
Willi-Saenger-Strasse 32-38

AW Laengswand



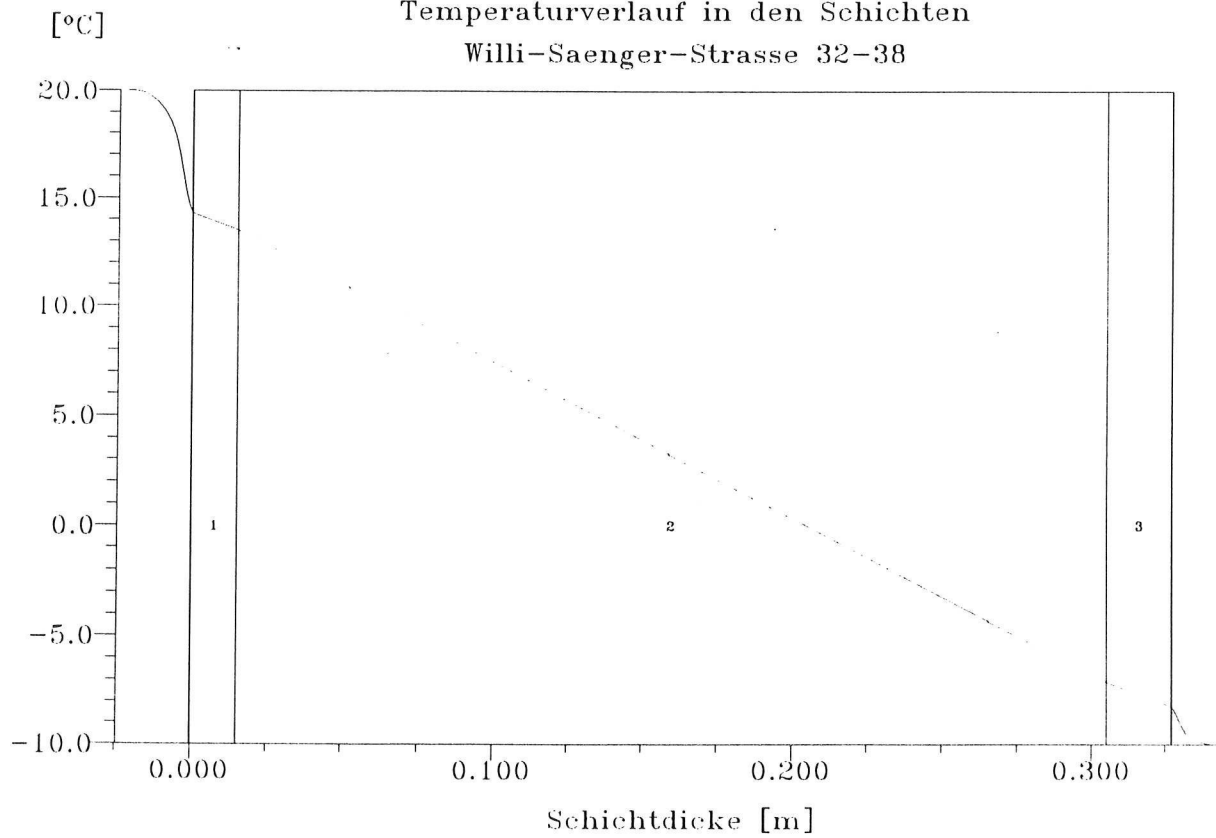
Dampfdruckverlauf der Verdunstungsperiode nach Glaser

Willi-Saenger-Strasse 32-38



Temperaturverlauf in den Schichten

Willi-Saenger-Strasse 32-38



C. u. R. Ingenieurgesellschaft mbH
Alte Ziegelei 2
03099 Hänchen
Telefon: 0355 / 58 43 50
Telefax: 0355 / 58 43 599

ROWA Soft GmbH

15251

BAUPHYSIK

Wärmedämm- und Dampfdiffusionsberechnung für Bauteile
gem. DIN 4108 Teil 5 8/81

09.Mai 2000

Projekt Kurzbeschreibung : Willi-Sänger-Straße 32-38 (Istzustand)

Bauvorhaben : Willi-Sänger-Straße 32-38
Bauteil : AW Ringanker

Bearbeiter : C. u. R. Ingenieurgesellschaft mbH

Objektstandort

Baujahr 0

Straße/Hausnr.: Willi-Sänger-Straße 32-38
Ort : Brandenburg / Havel

Hauseigentümer/Bauherr

Name/Firma : Wohnungsbaugesellschaft der Stadt Brandenburg a.d.Havel mbH
Straße/Hausnr.: Wiener Straße 1
Ort : 14772 Brandenburg / Havel
Telefon/Fax :

- Berechnung des Ringankers unter den Randbedingungen der DIN 4108

Sch Nr.	Material	Dichte [kg/kbm]	Dicke s [mm]	Wärmel. [W/mK]	Dampf-Diffusion μ_1/μ_2 []
	Luftüberg.Warms.1/ α_i 0.13	---	---	---	---
1	Kalkzementputz	1800.0	15.000	0.8700	15/35
2	Normalbeton DIN 1045	D 2314.0	140.000	1.8900	70/150
3	HWL-Platte DIN 1101	D 420.0	25.000	0.0900	2/5
4	Normalbeton DIN 1045	D 2314.0	125.000	1.8900	70/150
5	Kalkzementputz	1800.0	33.000	0.8700	15/35
	Luftüberg.Kalts.1/ α_a 0.04	---	---	---	---

Randbedingungen der Tauperiode :

	Warmseite	Kaltseite
Lufttemperatur :	20.0°C	-10.0°C
relative Feuchte :	50.0 %	80.0 %
Dauer der Tauperiode:	1440.0 Stunden	

C. u. R. Ingenieurgesellschaft mbH
Alte Ziegelei 2
03099 Hänchen
Telefon: 0355 / 58 43 50
Telefax: 0355 / 58 43 599

Projekt: Willi-Sänger-Straße 32-38 (Istzustand)

Seite 2

Randbedingungen der Verdunstungsperiode :

	Warmseite	Kaltseite
Lufttemperatur :	12.0°C	12.0°C
relative Feuchte :	70.0 %	70.0 %
Dauer der Verd.-Periode:	2160.0 Stunden	

Berechnung als : Wand

Berechnete Daten :

Flächengewicht	:	710.1100	[kg/m²]
Wärmedurchlaßwiderstand 1/L	:	0.4732	[m²K/W]
Wärmedurchgangswiderstand 1/k	:	0.6432	[m²K/W]
Wärmedurchgangskoeffizient k	:	1.5548	[W/(m²K)]

k-Wert	=	1.5548	[W/(m²K)]
--------	---	--------	-----------

rel. Luftfeuchte an der Wandoberfläche Warmseite : 73.4 %

Bei gegebener Temperatur von 20.0°C auf
der Warmseite darf die rel. Luftfeuchte maximal : 68.1 % betragen.

Ergebnis der Oberflächengrenzwertberechnung

maximale rel. Luftfeuchte der Warmseite zu verschiedenen Warm- und Kaltseitentemperaturen, oberhalb der Oberflächenkondensat anfällt.

Warmseitentemperatur

	10°C	12°C	14°C	16°C	18°C	20°C	22°C	24°C	26°C	28°C
0°C	87.2%	85.1%	83.1%	81.1%	79.3%	77.6%	75.9%	74.4%	72.9%	71.4%
K -2°C	84.9%	82.8%	80.9%	79.0%	77.3%	75.6%	74.0%	72.5%	71.1%	69.7%
a -4°C	82.6%	80.6%	78.7%	77.0%	75.3%	73.7%	72.2%	70.7%	69.3%	68.0%
l -6°C	80.3%	78.4%	76.6%	74.9%	73.3%	71.8%	70.3%	68.9%	67.6%	66.3%
t -8°C	78.1%	76.3%	74.6%	73.0%	71.4%	69.9%	68.5%	67.2%	65.9%	64.7%
s -10°C	75.9%	74.2%	72.6%	71.0%	69.5%	68.1%	66.8%	65.5%	64.3%	63.1%
e -12°C	73.8%	72.2%	70.6%	69.1%	67.7%	66.4%	65.1%	63.9%	62.7%	61.6%
i -14°C	71.8%	70.2%	68.7%	67.3%	65.9%	64.6%	63.4%	62.2%	61.1%	60.1%
t -16°C	69.8%	68.3%	66.8%	65.5%	64.2%	63.0%	61.8%	60.7%	59.6%	58.6%
e -18°C	67.8%	66.4%	65.0%	63.7%	62.5%	61.3%	60.2%	59.1%	58.1%	57.1%

C. u. R. Ingenieurgesellschaft mbH
 Alte Ziegelei 2
 03099 Hänchen
 Telefon: 0355 / 58 43 50
 Telefax: 0355 / 58 43 599

Projekt: Willi-Sänger-Straße 32-38 (Istzustand)

Seite 3

$\mu \cdot s$ der Schichten

Nr.	Material		μ	$\mu \cdot s$	$\Sigma \mu \cdot s$
1	Kalkzementputz		$\mu 1$ 15	0.225	0.225
2	Normalbeton DIN 1045	D	$\mu 1$ 70	9.800	10.025
3	HWL-Platte DIN 1101	D	$\mu 1$ 2	0.050	10.075
4	Normalbeton DIN 1045	D	$\mu 2$ 150	18.750	28.825
5	Kalkzementputz		$\mu 2$ 35	1.155	29.980

Temperatur / Dampfsättigungsdruckverlauf an den Schichtgrenzen :

Grenzschicht	Tauperiode		Verdunstungsperiode	
	Temp. [°C]	D-Druck [Pa]	Temp. [°C]	D-Druck [Pa]
Warmseite	20.0	2338.2	12.0	1403.8
1	13.9	1593.1	12.0	1403.8
1/2	13.1	1511.9	12.0	1403.8
2/3	9.7	1202.9	12.0	1403.8
3/4	-3.3	465.2	12.0	1403.8
4/5	-6.4	357.3	12.0	1403.8
5	-8.1	306.3	12.0	1403.8
Kaltseite	-10.0	259.9	12.0	1403.8

Dampfdiffusionsergebnis :

Falluntersuchung nach DIN ergab : FALL B

Das Bauteil wurde als Wand berechnet

Berührungspunkt 10.075 [m] ($\mu \cdot s$) 465.2 [Pa] an Schichtgrenze 3/4

Vom Ausfall betroffene Schichten :

3	HWL-Platte DIN 1101	D	$\mu 1$	2
4	Normalbeton DIN 1045	D	$\mu 2$	150

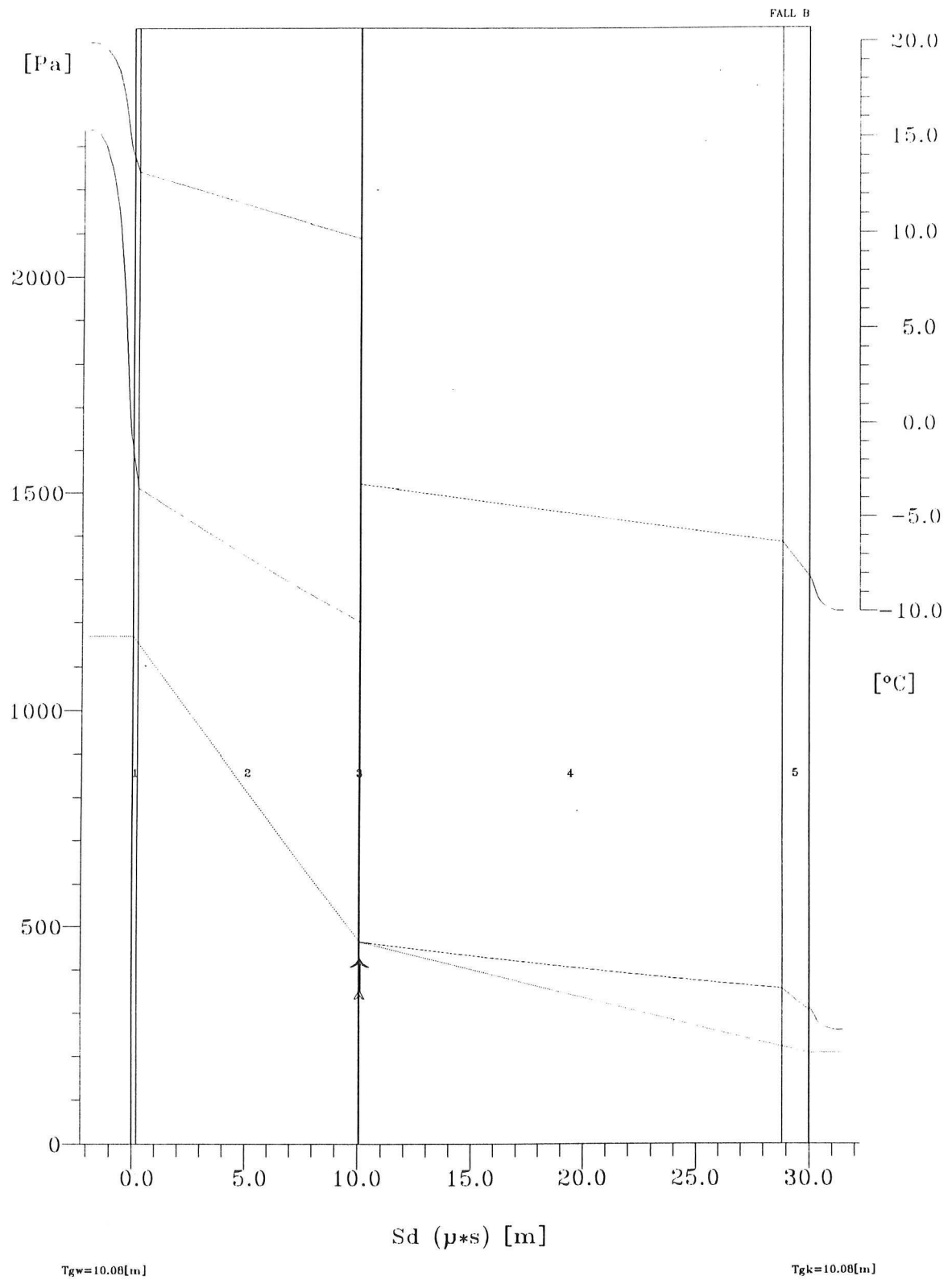
Tauwassermasse in Tauperiode (1440h) : 0.055 [kg/m²]
 Mögliche Verdunstungsmenge (2160h) : 0.091 [kg/m²]

Es verbleibt kein Wasser im Bauteil

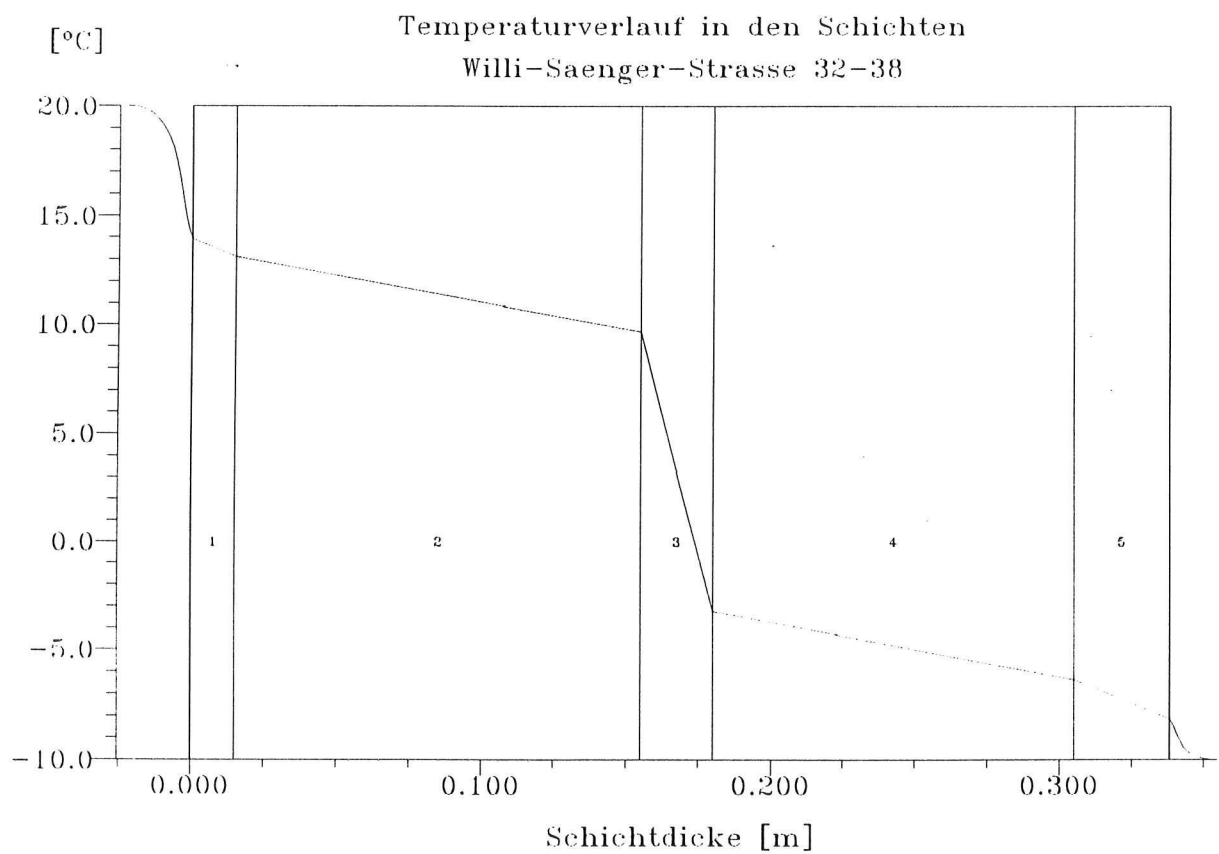
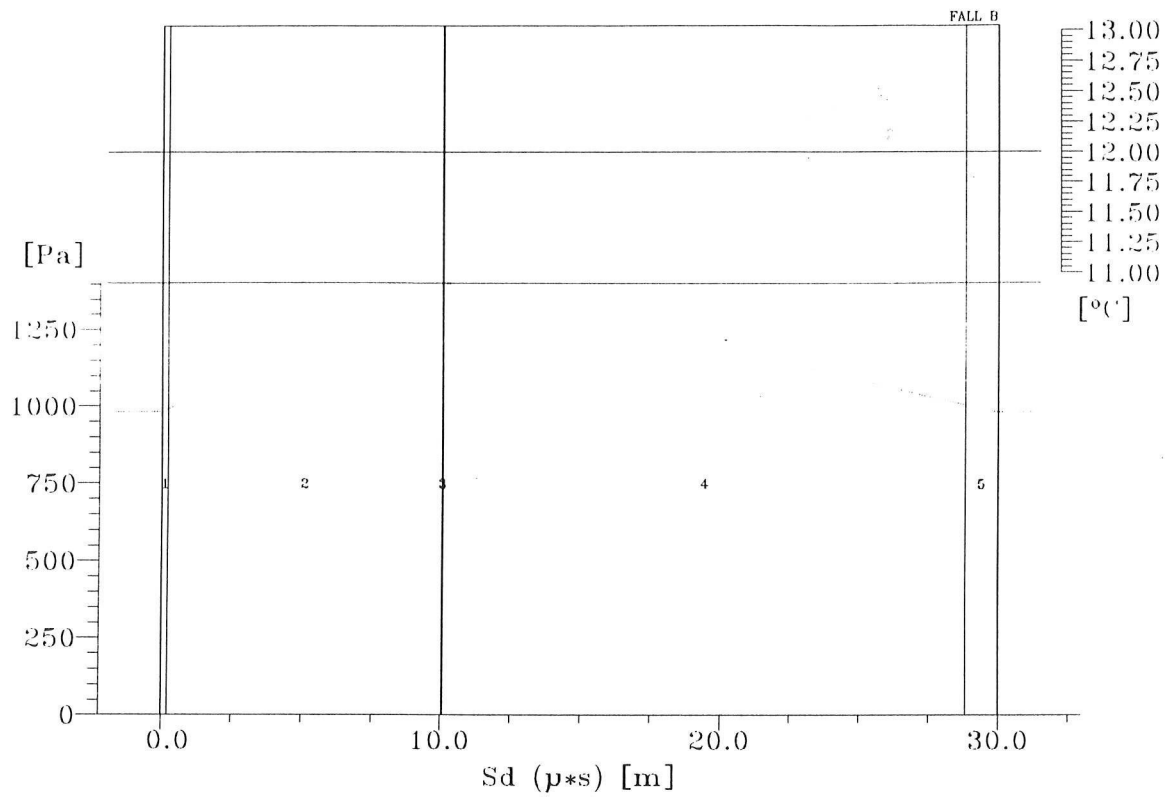
Dampfdruckverlauf der Tauperiode nach Glaser

Willi-Saenger-Strasse 32-38

AW Ringanker



Dampfdruckverlauf der Verdunstungsperiode nach Glaser
Willi-Saenger-Strasse 32-38



C. u. R. Ingenieurgesellschaft mbH
Alte Ziegelei 2
03099 Hänchen
Telefon: 0355 / 58 43 50
Telefax: 0355 / 58 43 599

ROWA Soft GmbH

15251

BAUPHYSIK

Wärmedämm- und Dampfdiffusionsberechnung für Bauteile
gem. DIN 4108 Teil 5 8/81

09.Mai 2000

Projekt Kurzbeschreibung : Willi-Sänger-Straße 32-38 (Istzustand)

Bauvorhaben : Willi-Sänger-Straße 32-38
Bauteil : AW Giebel Süd

Bearbeiter : C. u. R. Ingenieurgesellschaft mbH

Objektstandort
Straße/Hausnr.: Willi-Sänger-Straße 32-38
Ort : Brandenburg / Havel

Baujahr 0

Hauseigentümer/Bauherr
Name/Firma : Wohnungsbaugesellschaft der Stadt Brandenburg a.d.Havel mbH
Straße/Hausnr.: Wiener Straße 1
Ort : 14772 Brandenburg / Havel
Telefon/Fax :

- Berechnung Giebelwand Süd (normaler Wandblockbereich) unter den Randbedingungen der DIN 4108

Sch Nr.	Material	Dichte [kg/kbm]	Dicke s [mm]	Wärmel. [W/mK]	Dampf-Diffusion μ_1/μ_2 []
	Luftüberg.Warms.1/ α_i 0.13	---	---	---	---
1	Kalkzementputz	1800.0	15.000	0.8700	15/35
2	Leichtbeton DIN 4232 porig D	1758.0	290.000	0.8800	5/15
3	Kalkzementputz	1800.0	17.000	0.8700	15/35
4	Ziegel D	1600.0	115.000	0.6800	5/10
5	Kalkzementputz	1800.0	10.000	0.8700	15/35
6	Mineralwolle 050 D	250.0	30.000	0.0500	1
	Luftüberg.Kalts.1/ α_a 0.04	---	---	---	---

C. u. R. Ingenieurgesellschaft mbH
Alte Ziegelei 2
03099 Hänchen
Telefon: 0355 / 58 43 50
Telefax: 0355 / 58 43 599

Projekt: Willi-Sänger-Straße 32-38 (Istzustand)

Seite 2

Randbedingungen der Tauperiode :

	Warmseite	Kaltseite
Lufttemperatur :	20.0°C	-10.0°C
relative Feuchte :	50.0 %	80.0 %
Dauer der Tauperiode:	1440.0 Stunden	

Randbedingungen der Verdunstungsperiode :

	Warmseite	Kaltseite
Lufttemperatur :	12.0°C	12.0°C
relative Feuchte :	70.0 %	70.0 %
Dauer der Verd.-Periode:	2160.0 Stunden	

Berechnung als : Wand

Berechnete Daten :

Flächengewicht	:	776.9200	[kg/m²]
Wärmedurchlaßwiderstand 1/L	:	1.1469	[m²K/W]
Wärmedurchgangswiderstand 1/k	:	1.3169	[m²K/W]
Wärmedurchgangskoeffizient k	:	0.7593	[W/(m²K)]

k-Wert	=	0.7593	[W/(m²K)]
--------	---	--------	-----------

rel. Luftfeuchte an der Wandoberfläche Warmseite : 60.2 %

Bei gegebener Temperatur von 20.0°C auf
der Warmseite darf die rel. Luftfeuchte maximal : 83.1 % betragen.

Ergebnis der Oberflächengrenzwertberechnung

maximale rel. Luftfeuchte der Warmseite zu verschiedenen Warm- und Kaltseitentemperaturen, oberhalb der Oberflächenkondensat anfällt.

Warmseitentemperatur

	10°C	12°C	14°C	16°C	18°C	20°C	22°C	24°C	26°C	28°C
0°C	93.6%	92.5%	91.4%	90.4%	89.4%	88.4%	87.5%	86.7%	85.8%	85.0%
K -2°C	92.3%	91.3%	90.2%	89.2%	88.3%	87.3%	86.5%	85.6%	84.8%	84.0%
a -4°C	91.1%	90.1%	89.1%	88.1%	87.2%	86.3%	85.4%	84.6%	83.8%	83.0%
l -6°C	89.9%	88.9%	87.9%	87.0%	86.1%	85.2%	84.4%	83.6%	82.8%	82.1%
t -8°C	88.7%	87.7%	86.8%	85.9%	85.0%	84.1%	83.3%	82.6%	81.8%	81.1%
s -10°C	87.5%	86.6%	85.6%	84.8%	83.9%	83.1%	82.3%	81.6%	80.8%	80.1%
e -12°C	86.4%	85.4%	84.5%	83.7%	82.9%	82.1%	81.3%	80.6%	79.9%	79.2%
i -14°C	85.2%	84.3%	83.4%	82.6%	81.8%	81.1%	80.3%	79.6%	78.9%	78.3%
t -16°C	84.1%	83.2%	82.4%	81.5%	80.8%	80.0%	79.3%	78.6%	78.0%	77.3%
e -18°C	82.9%	82.1%	81.3%	80.5%	79.8%	79.0%	78.4%	77.7%	77.1%	76.4%

μ^*s der Schichten

Nr.	Material	μ	μ^*s	$\Sigma\mu^*s$
1	Kalkzementputz	$\mu 1$	15	0.225
2	Leichtbeton DIN 4232 porid	$\mu 1$	5	1.450
3	Kalkzementputz	$\mu 1$	15	0.255
4	Ziegel	D $\mu 1$	5	0.575
5	Kalkzementputz	$\mu 1$	15	0.150
6	Mineralwolle 050	D $\mu 1$	1	0.030
				2.685

C. u. R. Ingenieurgesellschaft mbH
Alte Ziegelei 2
03099 Hänchen
Telefon: 0355 / 58 43 50
Telefax: 0355 / 58 43 599

Projekt: Willi-Sänger-Straße 32-38 (Istzustand)

Seite 4

Temperatur / Dampfsättigungsdruckverlauf an den Schichtgrenzen :

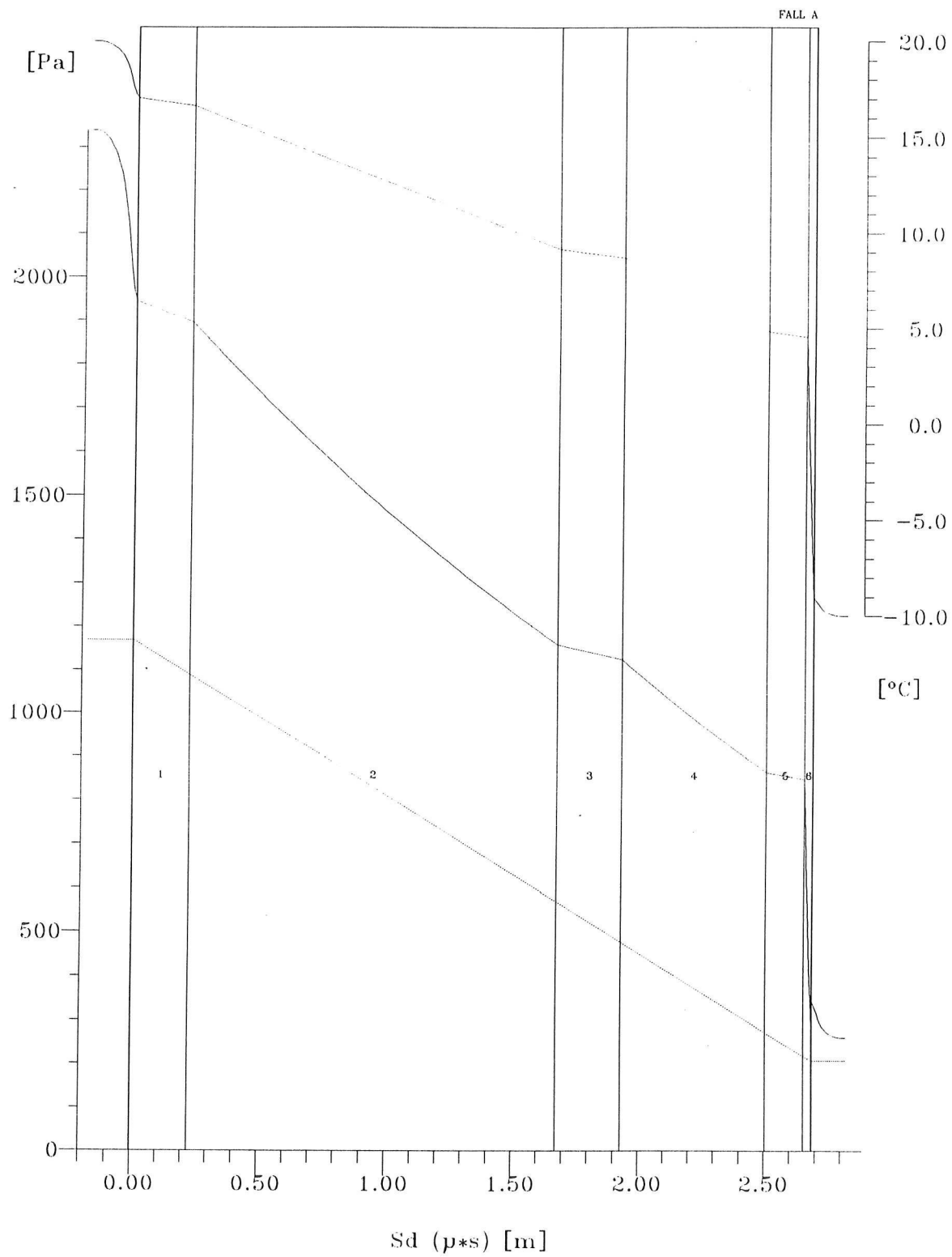
Grenzschicht	Tauperiode		Verdunstungsperiode	
	Temp. [°C]	D-Druck [Pa]	Temp. [°C]	D-Druck [Pa]
Warmseite	20.0	2338.2	12.0	1403.8
1	17.0	1943.1	12.0	1403.8
1/2	16.6	1895.4	12.0	1403.8
2/3	9.1	1160.1	12.0	1403.8
3/4	8.7	1125.8	12.0	1403.8
4/5	4.8	863.6	12.0	1403.8
5/6	4.6	847.9	12.0	1403.8
6	-9.1	281.7	12.0	1403.8
Kaltseite	-10.0	259.9	12.0	1403.8

Dampfdiffusionsergebnis :

Falluntersuchung nach DIN ergab : FALL A

Das Bauteil wurde als Wand berechnet
Kein Tauwasserausfall

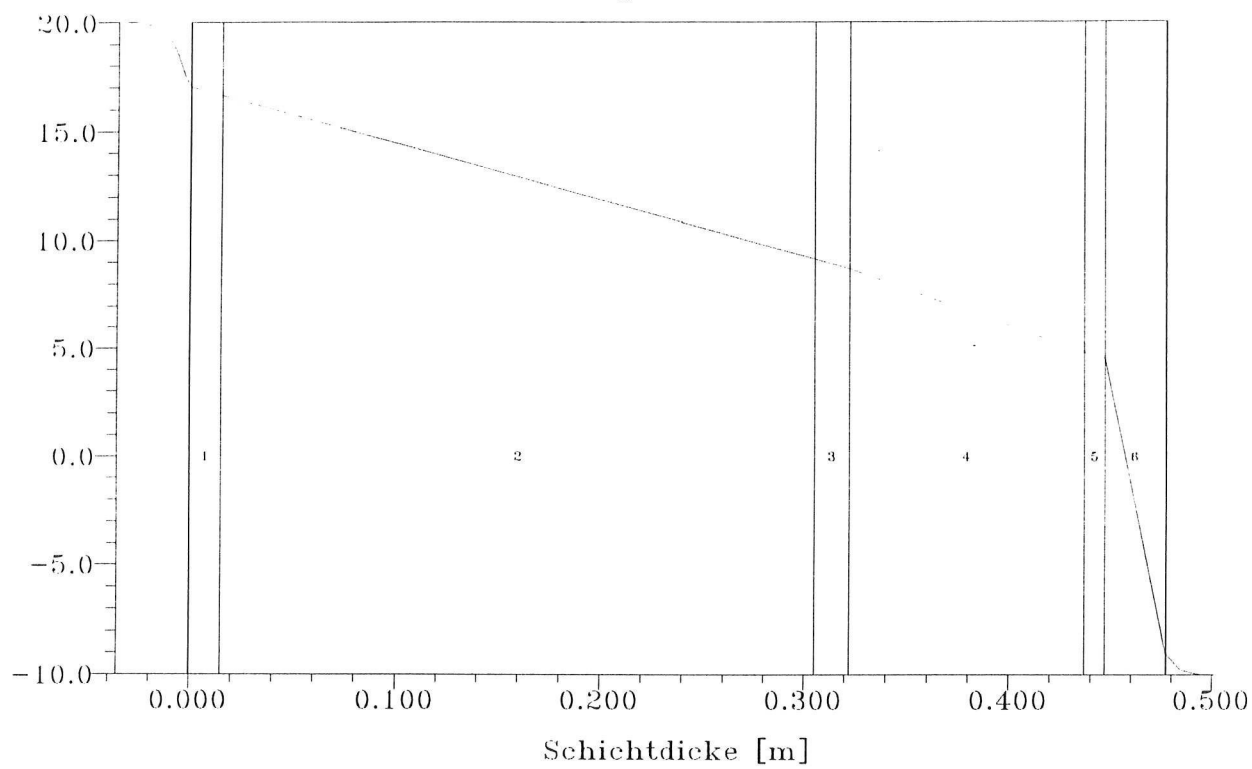
AW Giebel Sued



[°C]

Temperaturverlauf in den Schichten

Willi-Saenger-Strasse 32-38



C. u. R. Ingenieurgesellschaft mbH
Alte Ziegelei 2
03099 Hänchen
Telefon: 0355 / 58 43 50
Telefax: 0355 / 58 43 599

ROWA Soft GmbH

15251

BAUPHYSIK

Wärmedämm- und Dampfdiffusionsberechnung für Bauteile
gem. DIN 4108 Teil 5 8/81

09.Mai 2000

Projekt Kurzbeschreibung : Willi-Sänger-Straße 32-38 (Istzustand)

Bauvorhaben : Willi-Sänger-Straße 32-38
Bauteil : AW Giebel Nord

Bearbeiter : C. u. R. Ingenieurgesellschaft mbH

Objektstandort : Baujahr 0
Straße/Hausnr.: Willi-Sänger-Straße 32-38
Ort : Brandenburg / Havel

Hauseigentümer/Bauherr

Name/Firma : Wohnungsbaugesellschaft der Stadt Brandenburg a.d.Havel mbH
Straße/Hausnr.: Wiener Straße 1
Ort : 14772 Brandenburg / Havel
Telefon/Fax :

- Berechnung Giebelwand Nord (normaler Wandblockbereich) unter den Randbedingungen der DIN 4108

Sch Nr.	Material	Dichte [kg/kbm]	Dicke s [mm]	Wärmel. [W/mK]	Dampf-Diffusion μ_1/μ_2 []
	Luftüberg.Warms.1/ α_i 0.13	---	---	---	---
1	Kalkzementputz	1800.0	15.000	0.8700	15/35
2	Leichtbeton DIN 4232 porig D	1462.0	290.000	0.6300	5/15
3	Kalkzementputz	1800.0	17.000	0.8700	15/35
4	Ziegel D	1600.0	117.000	0.6800	5/10
5	Kalkzementputz	1800.0	18.000	0.8700	15/35
	Luftüberg.Kalts.1/ α_a 0.04	---	---	---	---

Randbedingungen der Tauperiode :

	Warmseite	Kaltseite
Lufttemperatur :	20.0°C	-10.0°C
relative Feuchte :	50.0 %	80.0 %
Dauer der Tauperiode:	1440.0 Stunden	

C. u. R. Ingenieurgesellschaft mbH
Alte Ziegelei 2
03099 Hänchen
Telefon: 0355 / 58 43 50
Telefax: 0355 / 58 43 599

Projekt: Willi-Sänger-Straße 32-38 (Istzustand)

Seite 2

Randbedingungen der Verdunstungsperiode :

	Warmseite	Kaltseite
Lufttemperatur :	12.0°C	12.0°C
relative Feuchte :	70.0 %	70.0 %
Dauer der Verd.-Periode:	2160.0 Stunden	

Berechnung als : Wand

Berechnete Daten :

Flächengewicht	:	701.1800	[kg/m²]
Wärmedurchlaßwiderstand 1/L	:	0.6898	[m²K/W]
Wärmedurchgangswiderstand 1/k	:	0.8598	[m²K/W]
Wärmedurchgangskoeffizient k	:	1.1630	[W/(m²K)]

k-Wert	=	1.1630	[W/(m²K)]
--------	---	--------	-----------

rel. Luftfeuchte an der Wandoberfläche Warmseite : 66.5 %

Bei gegebener Temperatur von 20.0°C auf
der Warmseite darf die rel. Luftfeuchte maximal : 75.2 % betragen.

Ergebnis der Oberflächengrenzwertberechnung

maximale rel. Luftfeuchte der Warmseite zu verschiedenen Warm- und Kaltseitentemperaturen, oberhalb der Oberflächenkondensat anfällt.

Warmseitentemperatur

	10°C	12°C	14°C	16°C	18°C	20°C	22°C	24°C	26°C	28°C
0°C	90.3%	88.7%	87.1%	85.6%	84.1%	82.8%	81.5%	80.2%	79.0%	77.9%
K -2°C	88.5%	86.9%	85.4%	83.9%	82.5%	81.2%	79.9%	78.7%	77.6%	76.5%
a -4°C	86.7%	85.1%	83.7%	82.3%	80.9%	79.7%	78.4%	77.3%	76.2%	75.1%
l -6°C	84.9%	83.4%	82.0%	80.7%	79.4%	78.1%	77.0%	75.8%	74.8%	73.7%
t -8°C	83.2%	81.7%	80.4%	79.1%	77.8%	76.6%	75.5%	74.4%	73.4%	72.4%
s -10°C	81.5%	80.1%	78.8%	77.5%	76.3%	75.2%	74.1%	73.0%	72.0%	71.1%
e -12°C	79.8%	78.5%	77.2%	76.0%	74.8%	73.7%	72.7%	71.7%	70.7%	69.8%
i -14°C	78.1%	76.9%	75.7%	74.5%	73.4%	72.3%	71.3%	70.3%	69.4%	68.5%
t -16°C	76.5%	75.3%	74.1%	73.0%	71.9%	70.9%	69.9%	69.0%	68.1%	67.2%
e -18°C	74.9%	73.8%	72.6%	71.6%	70.5%	69.6%	68.6%	67.7%	66.8%	66.0%

C. u. R. Ingenieurgesellschaft mbH
 Alte Ziegelei 2
 03099 Hänchen
 Telefon: 0355 / 58 43 50
 Telefax: 0355 / 58 43 599

Projekt: Willi-Sänger-Straße 32-38 (Istzustand)

Seite 3

$\mu \cdot s$ der Schichten

Nr.	Material		μ	$\mu \cdot s$	$\Sigma \mu \cdot s$
1	Kalkzementputz	$\mu 1$	15	0.225	0.225
2	Leichtbeton DIN 4232 porid	$\mu 1$	5	1.450	1.675
3	Kalkzementputz	$\mu 2$	35	0.595	2.270
4	Ziegel	D $\mu 2$	10	1.170	3.440
5	Kalkzementputz	$\mu 2$	35	0.630	4.070

Temperatur / Dampfsättigungsdruckverlauf an den Schichtgrenzen :

Grenzschicht	Tauperiode		Verdunstungsperiode	
	Temp. [°C]	D-Druck [Pa]	Temp. [°C]	D-Druck [Pa]
Warmseite	20.0	2338.2	12.0	1403.8
1	15.5	1757.9	12.0	1403.8
1/2	14.9	1691.3	12.0	1403.8
2/3	-1.2	554.2	12.0	1403.8
3/4	-1.9	523.5	12.0	1403.8
4/5	-7.9	313.2	12.0	1403.8
5	-8.6	294.0	12.0	1403.8
Kaltseite	-10.0	259.9	12.0	1403.8

Dampfdiffusionsergebnis :

Falluntersuchung nach DIN ergab : FALL B

Das Bauteil wurde als Wand berechnet

Berührungspunkt 1.675 [m] ($\mu \cdot s$) 554.2 [Pa] an Schichtgrenze 2/3

Vom Ausfall betroffene Schichten :

2	Leichtbeton DIN 4232 porig	D	$\mu 1$	5
3	Kalkzementputz		$\mu 2$	35

Tauwassermasse in Tauperiode (1440h) : 0.214 [kg/m²]

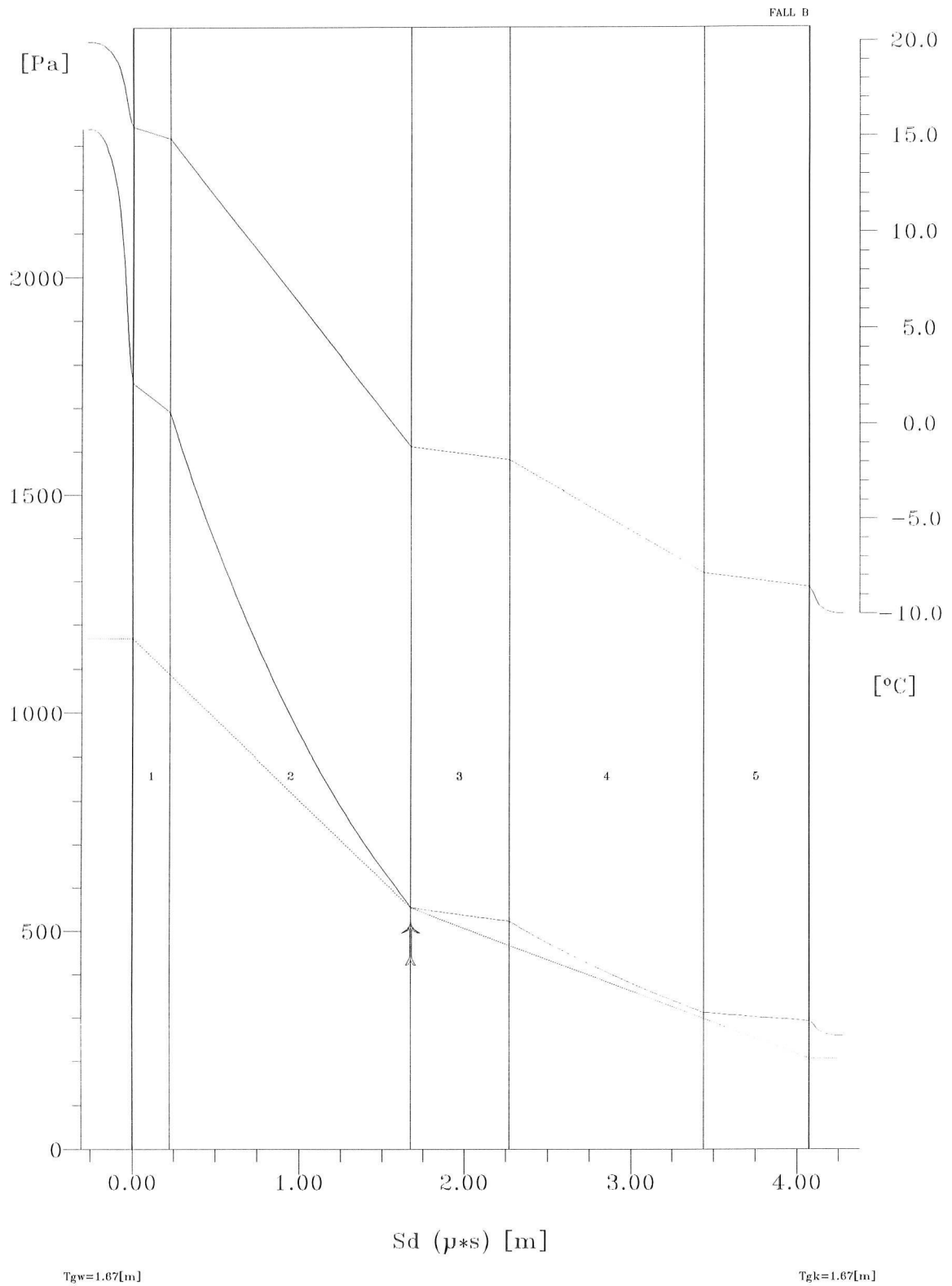
Mögliche Verdunstungsmenge (2160h) : 0.615 [kg/m²]

Es verbleibt kein Wasser im Bauteil

Dampfdruckverlauf der Tauperiode nach Glaser

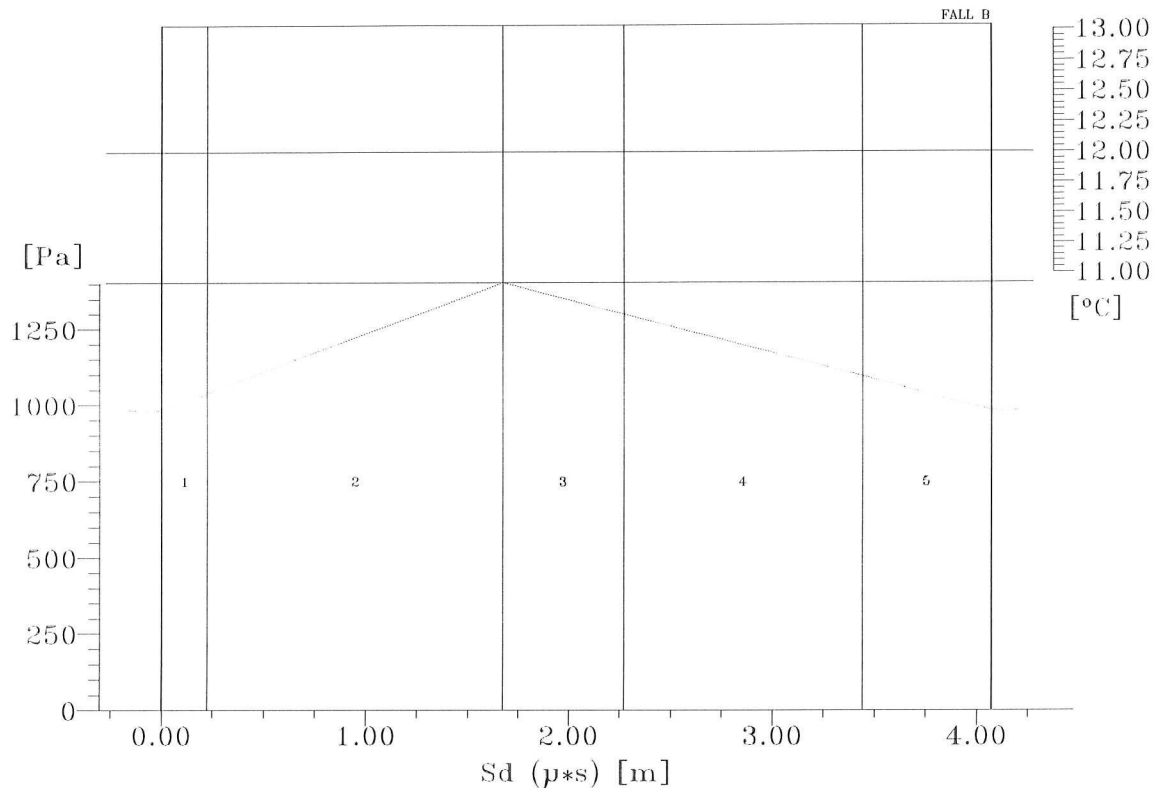
Willi-Saenger-Strasse 32-38

AW Giebel Nord



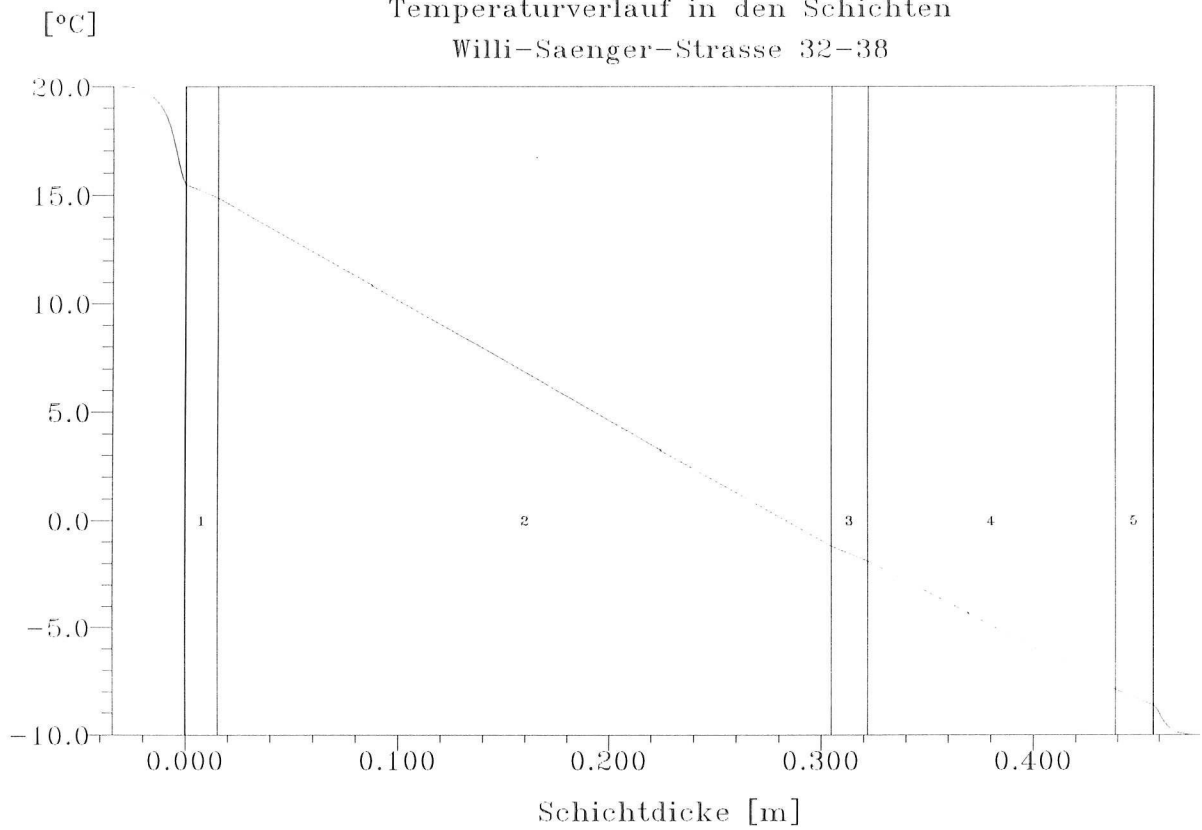
Dampfdruckverlauf der Verdunstungsperiode nach Glaser

Willi-Saenger-Strasse 32-38



Temperaturverlauf in den Schichten

Willi-Saenger-Strasse 32-38



Numerische Simulation hygrothermischer Schwachstellen

für das Gebäude:

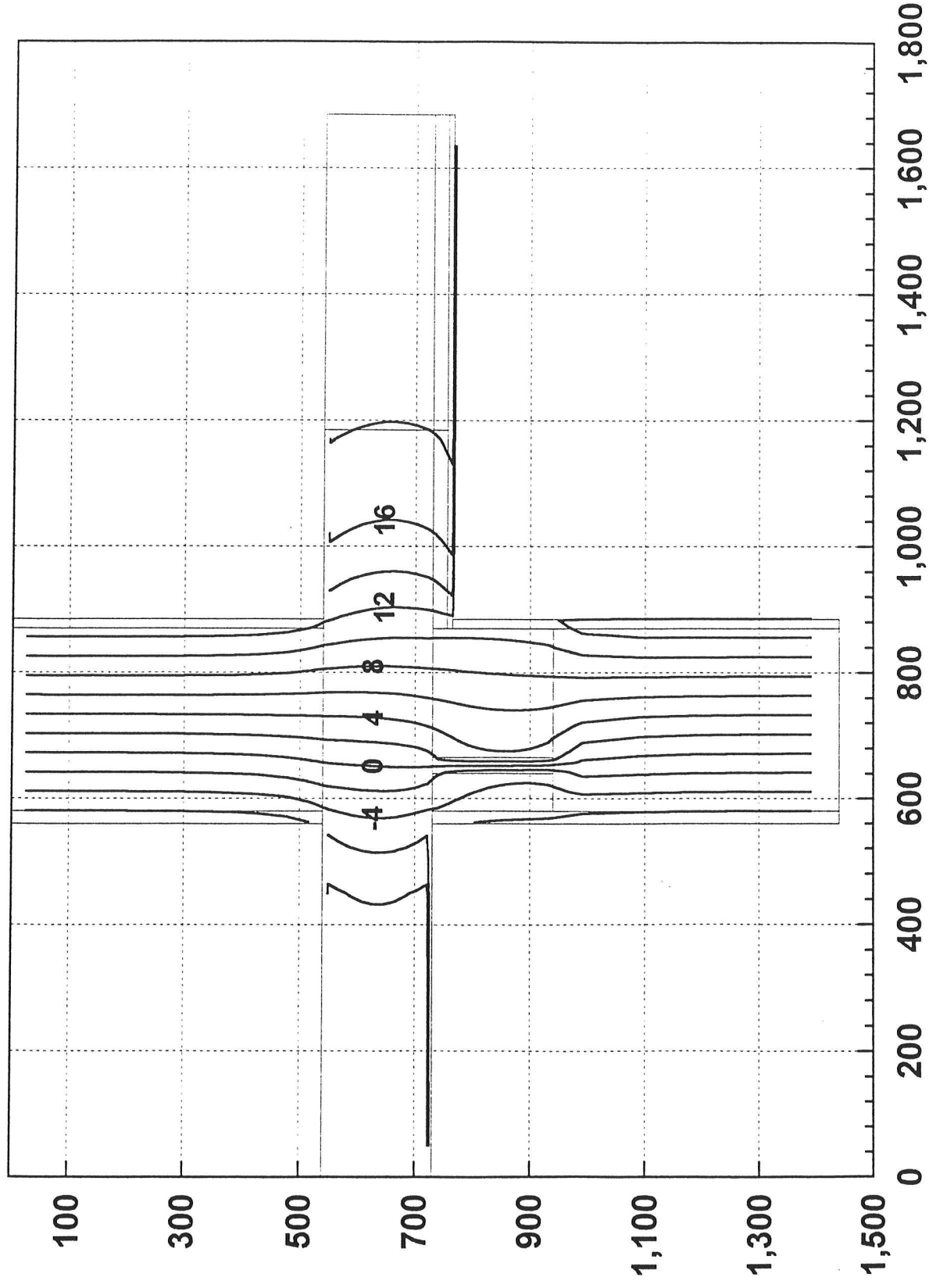
Willi - Sänger - Straße 32 - 38 in Brandenburg

für die Bauteile:

- Auskragende Balkonplatte
- Fensteranschlag

Detail auskragende Balkonplatte Z1: ungedämmt, DIN-Klima (60d i:20°/60% a:-10°/80%)

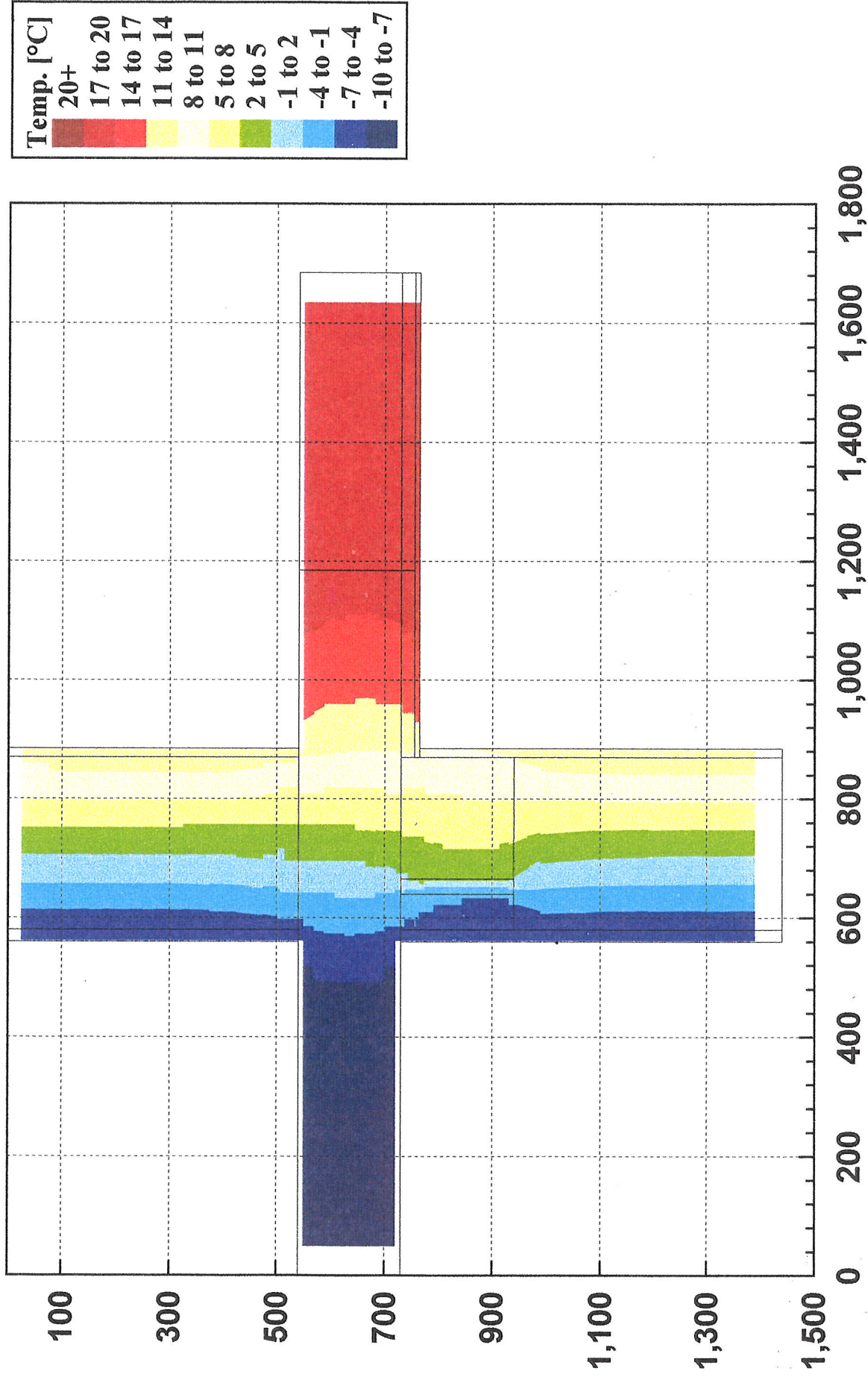
Temperaturfeld-Isothermen



Detail auskragende Balkonplatte

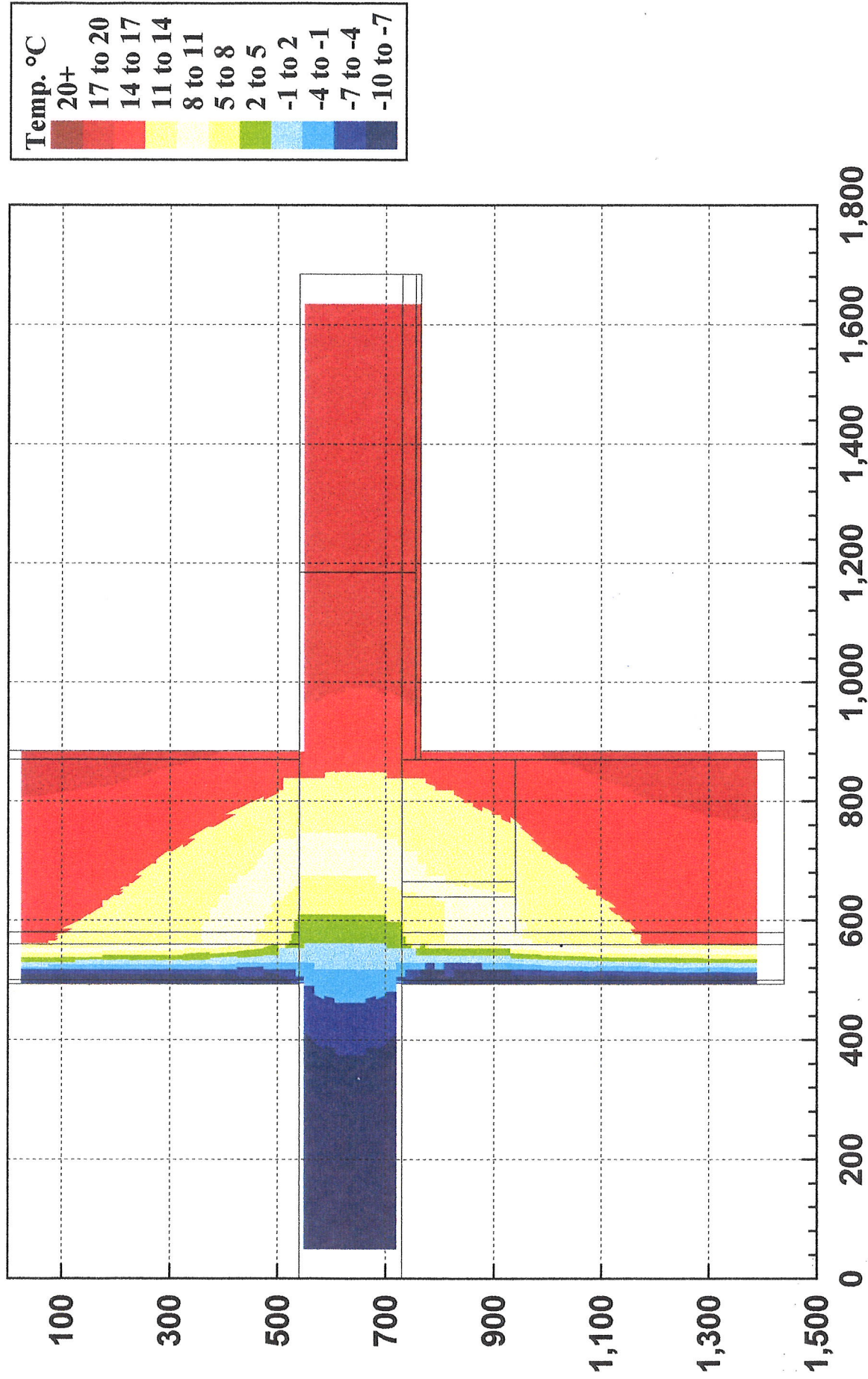
Z1: ungedämmt, DIN-Klima (60d i:20%/60% a:-10°/80%)

Temperaturfeld



Detail auskragende Balkonplatte Z4: gedämmt, DIN-Klima (60d, i:20°/60% a:-10°/80%)

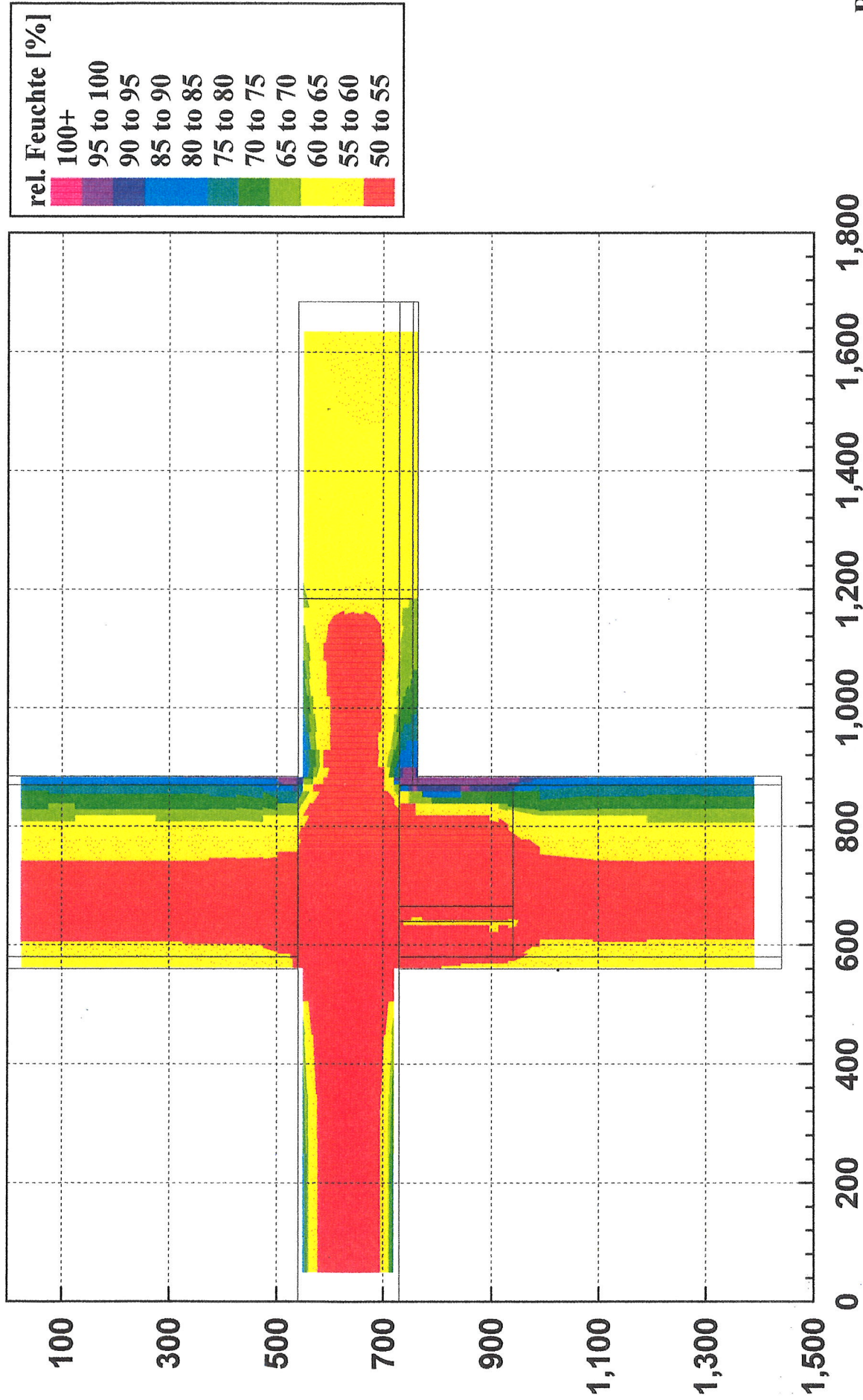
Temperaturfeld



Detail auskragende Balkonplatte

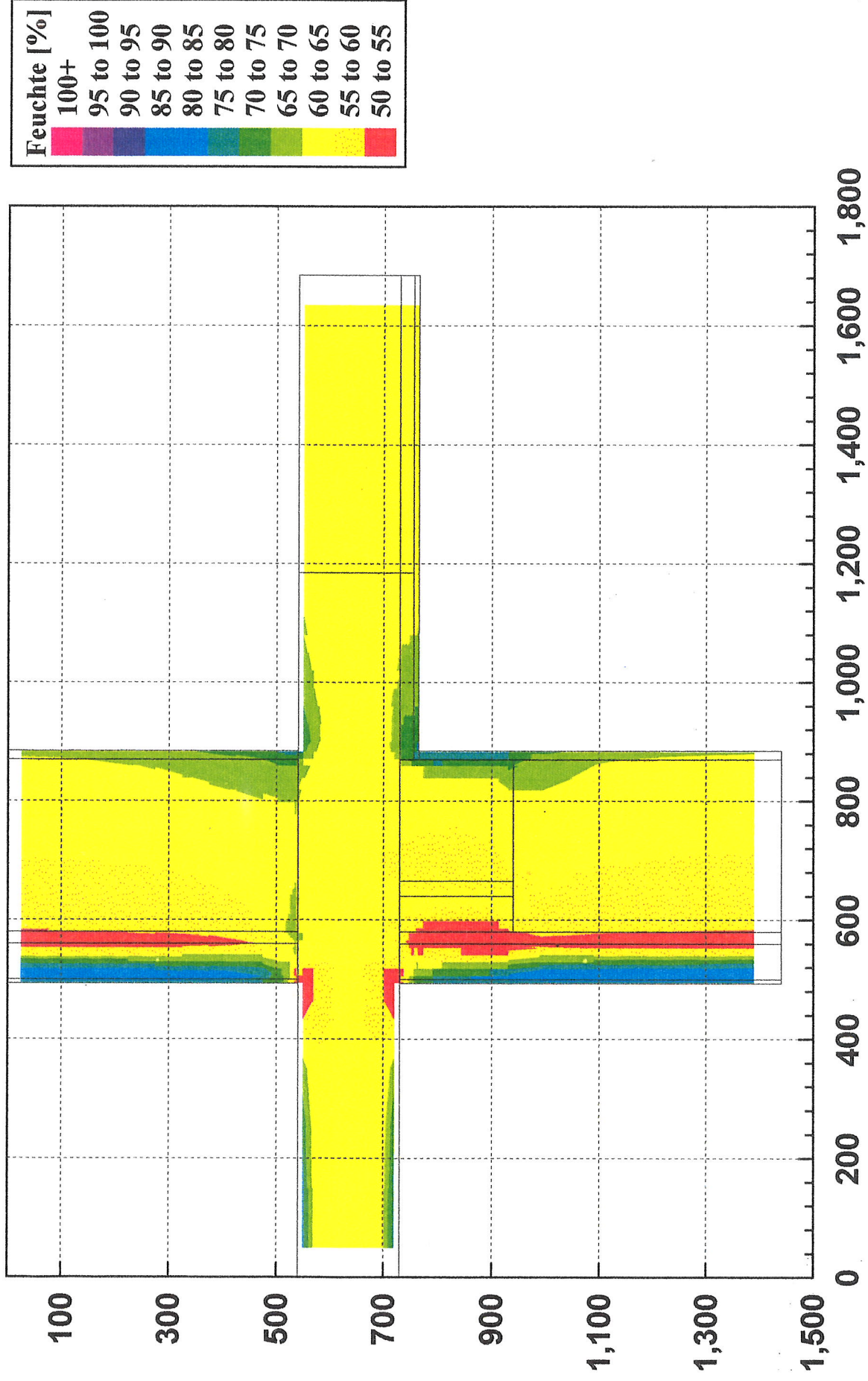
Z1: ungedämmt, DIN-Klima (60d i:20°/60% a:-10°/80%)

relative Luftfeuchteverteilung



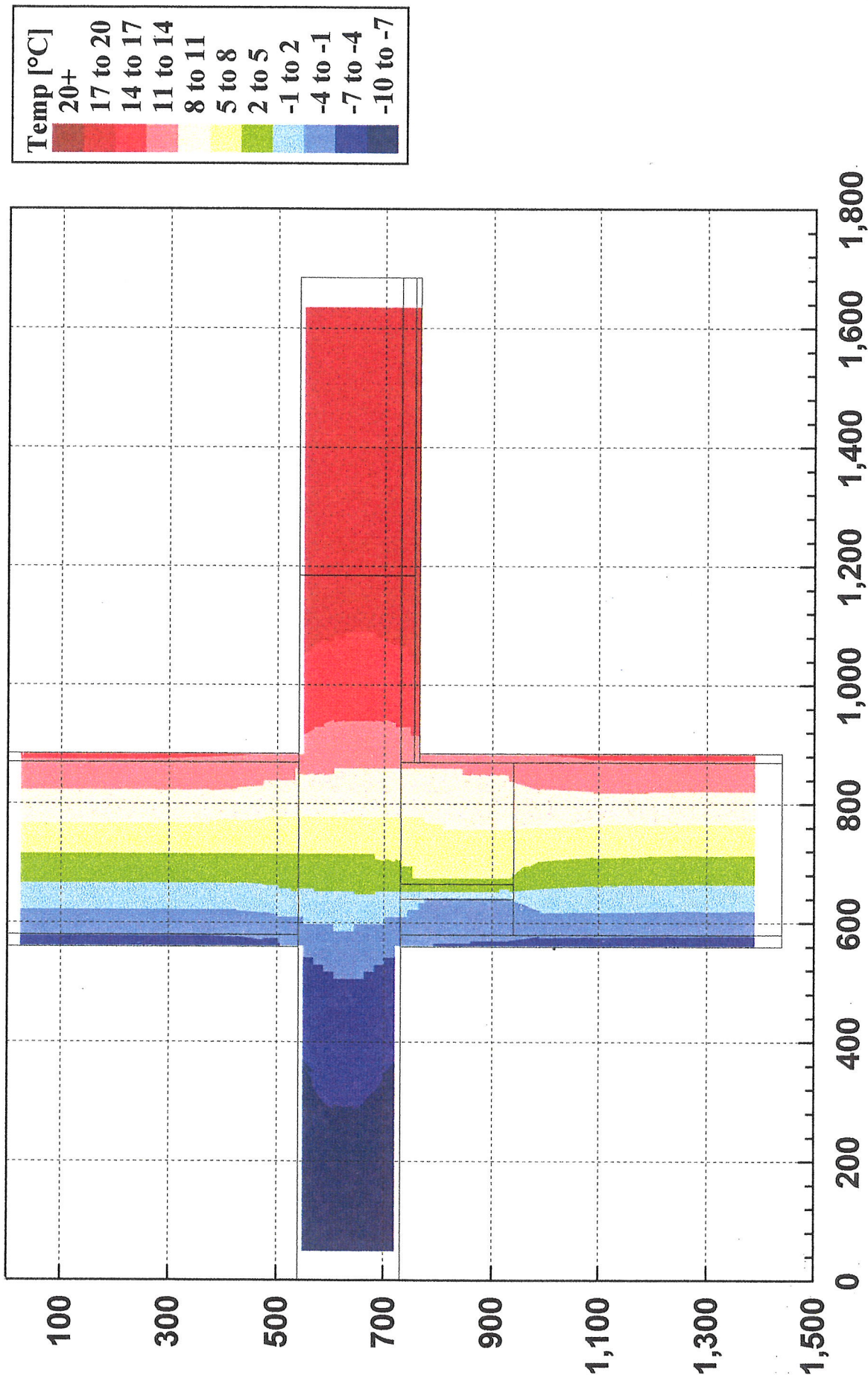
Detail auskragende Balkonplatte Z4: gedämmt, DIN-Klima (60d, i:20°/60% a:-10°/80%)

relative Luftfeuchteverteilung



Detail auskragende Balkonplatte Z3: ungedämmt, TRY Essen(i:20°/60%)

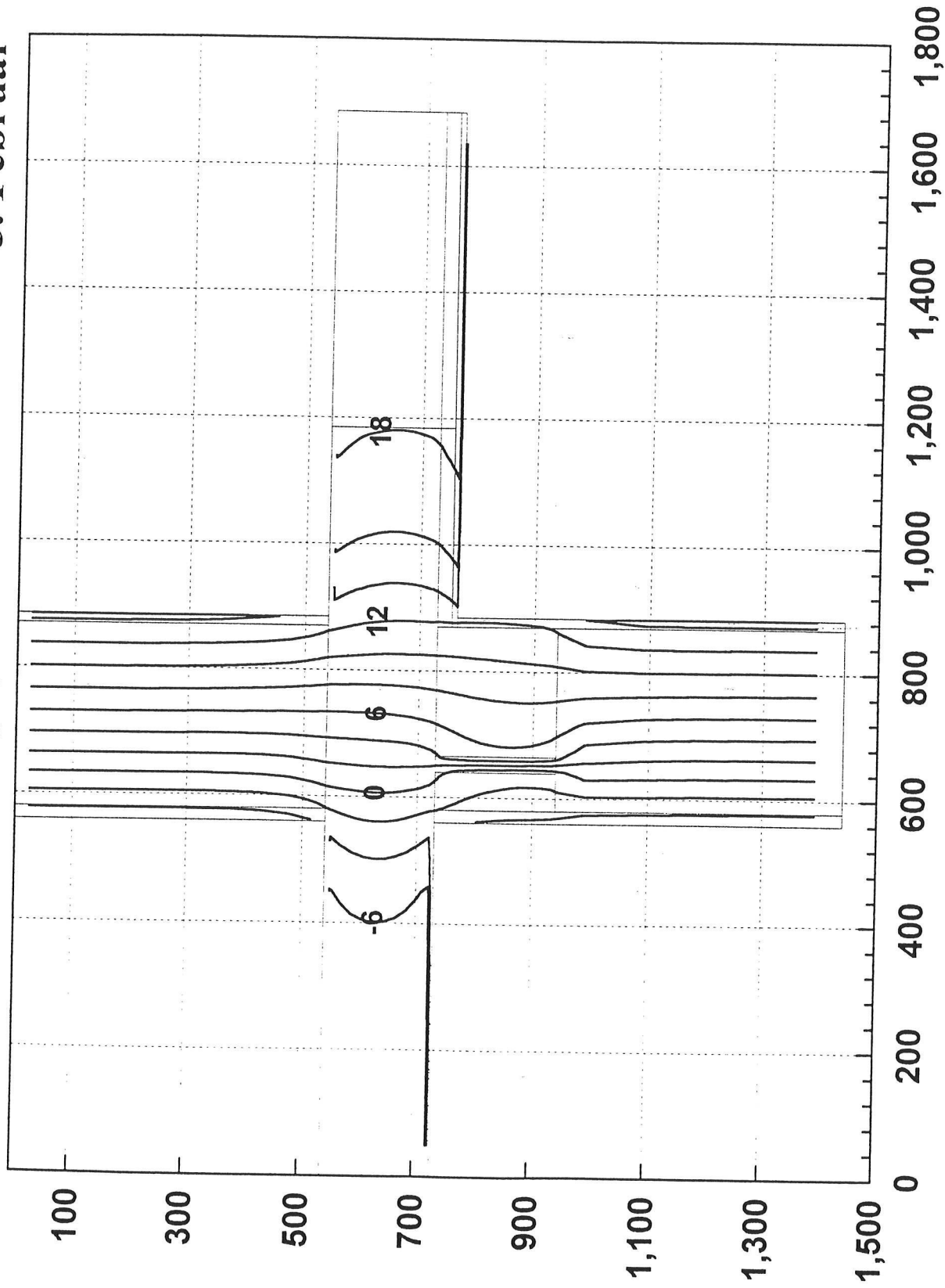
Temperaturfeld 5. Februar



Detail auskragende Balkonplatte Z3: ungedämmt, TRY Essen(i:20°/60%)

Temperaturfeld

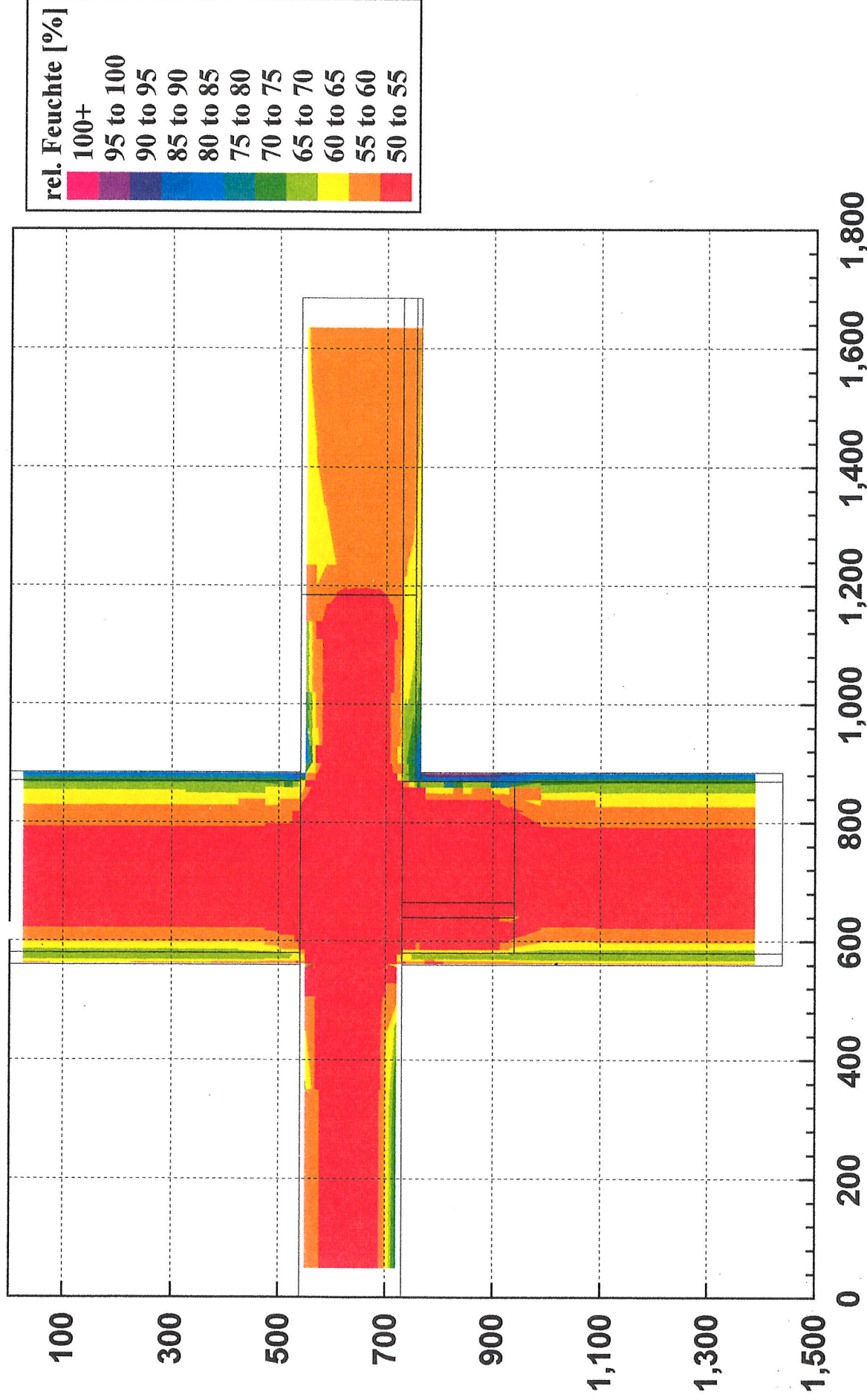
5. Februar



Detail auskragende Balkonplatte Z3: ungedämmt, TRY Essen(i:20°/60%)

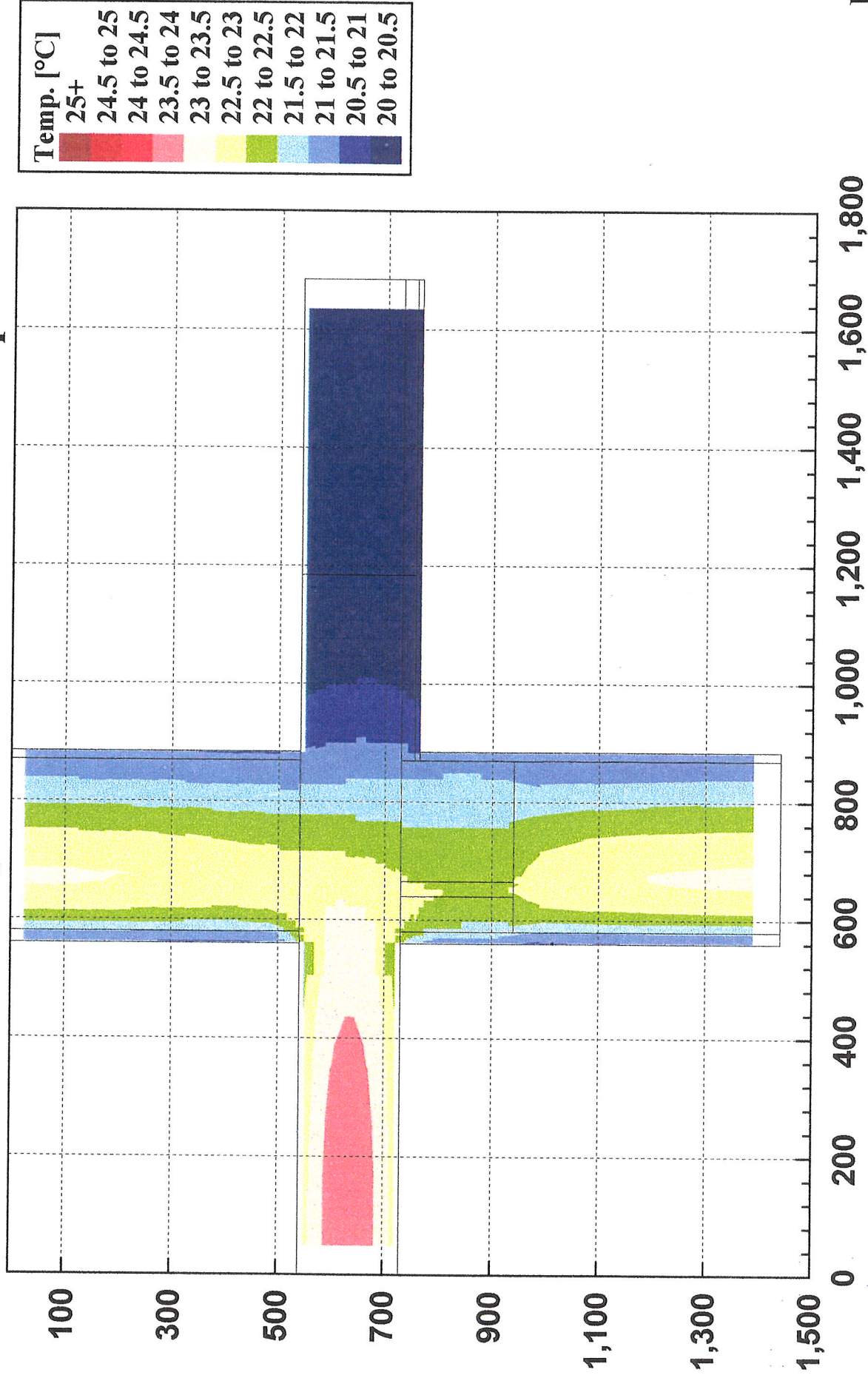
Feuchtefeld

5. Februar



Detail auskragende Balkonplatte Z3: ungedämmt, TRY Essen(i:20°/60%)

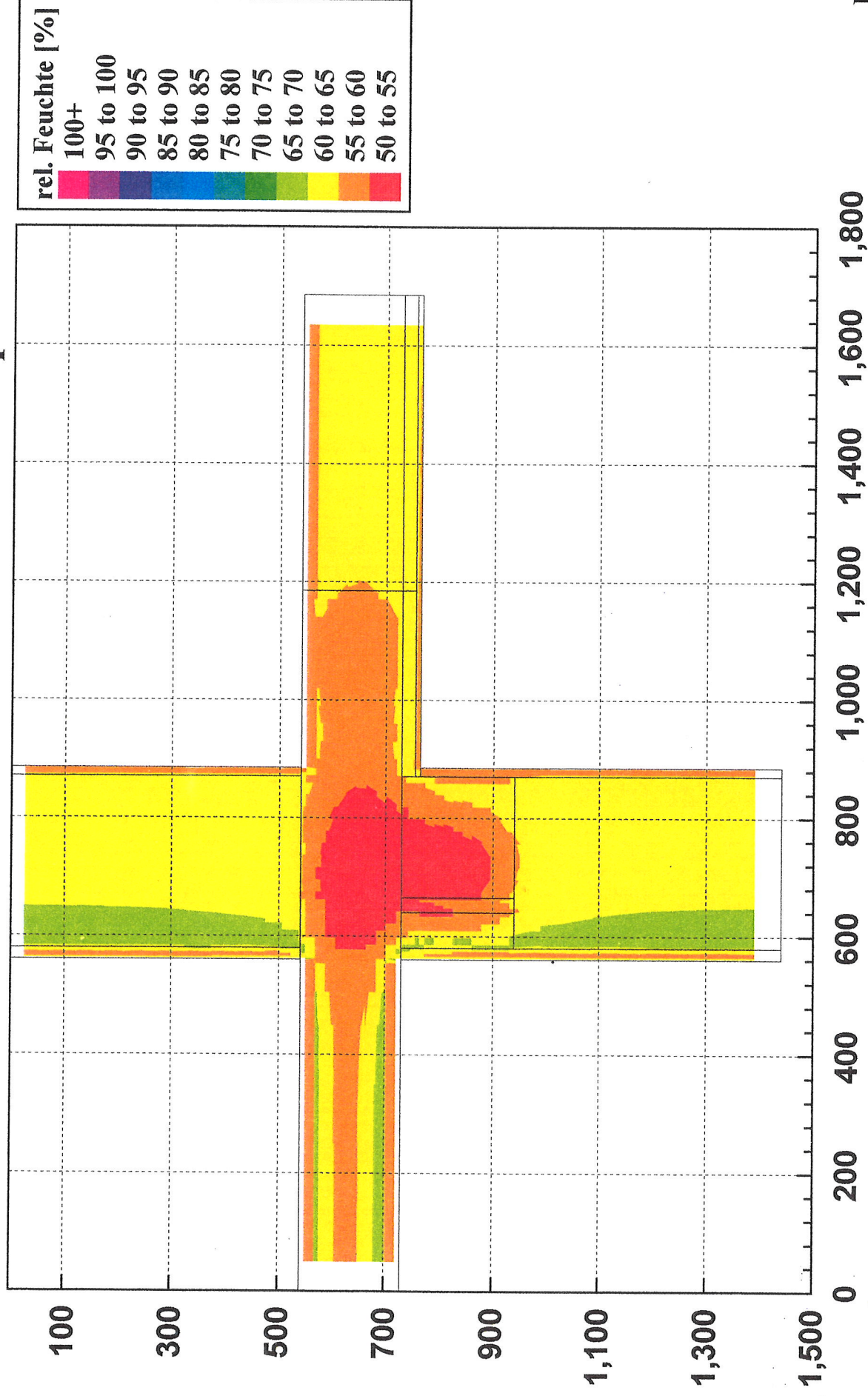
Temperaturfeld 1.September



Detail auskragende Balkonplatte Z3: ungedämmmt, TRY Essen(i:20°/60%)

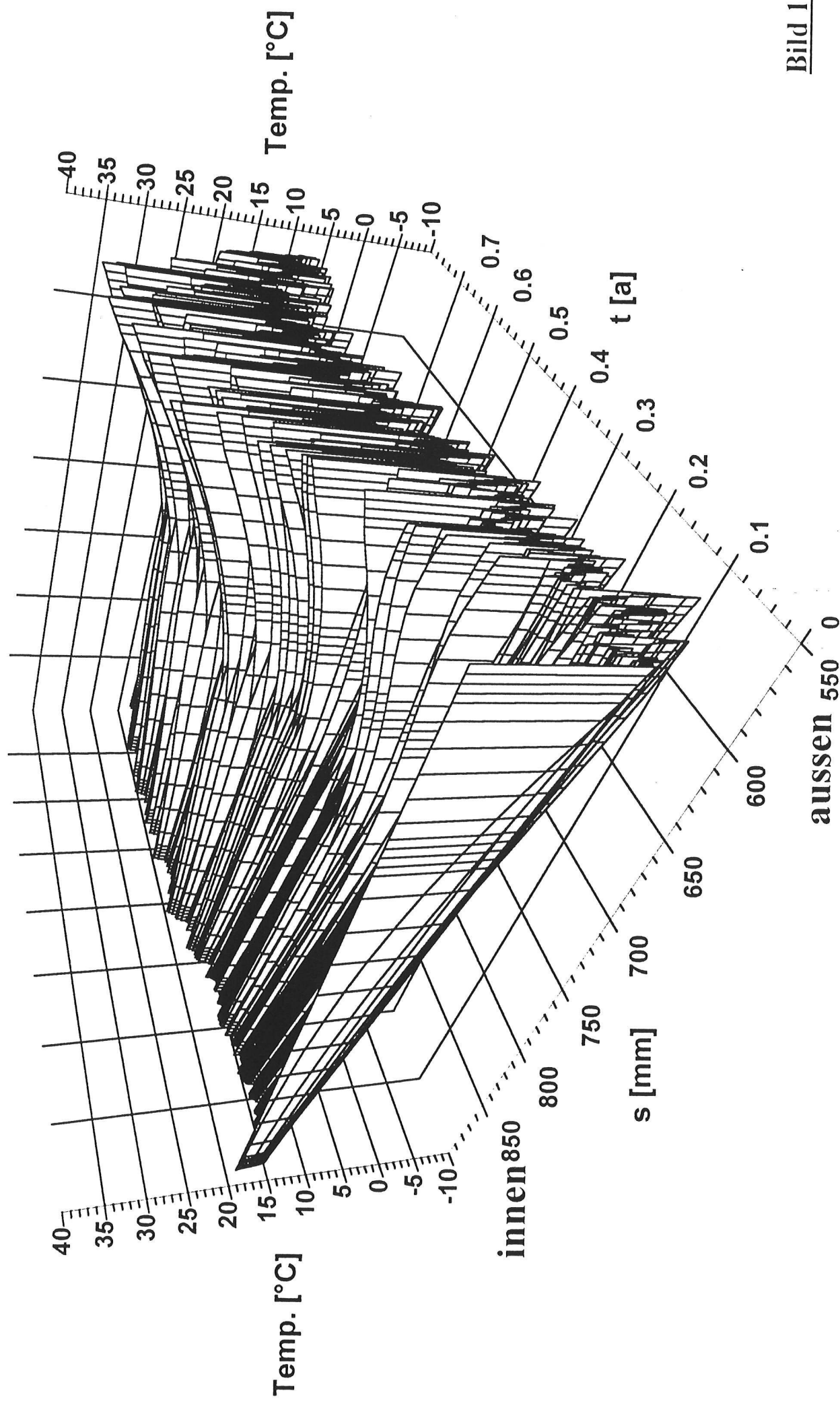
Feuchtefeld

1. September



Z3: ungedämmt, TRY Essen, (i:20°C/60%)

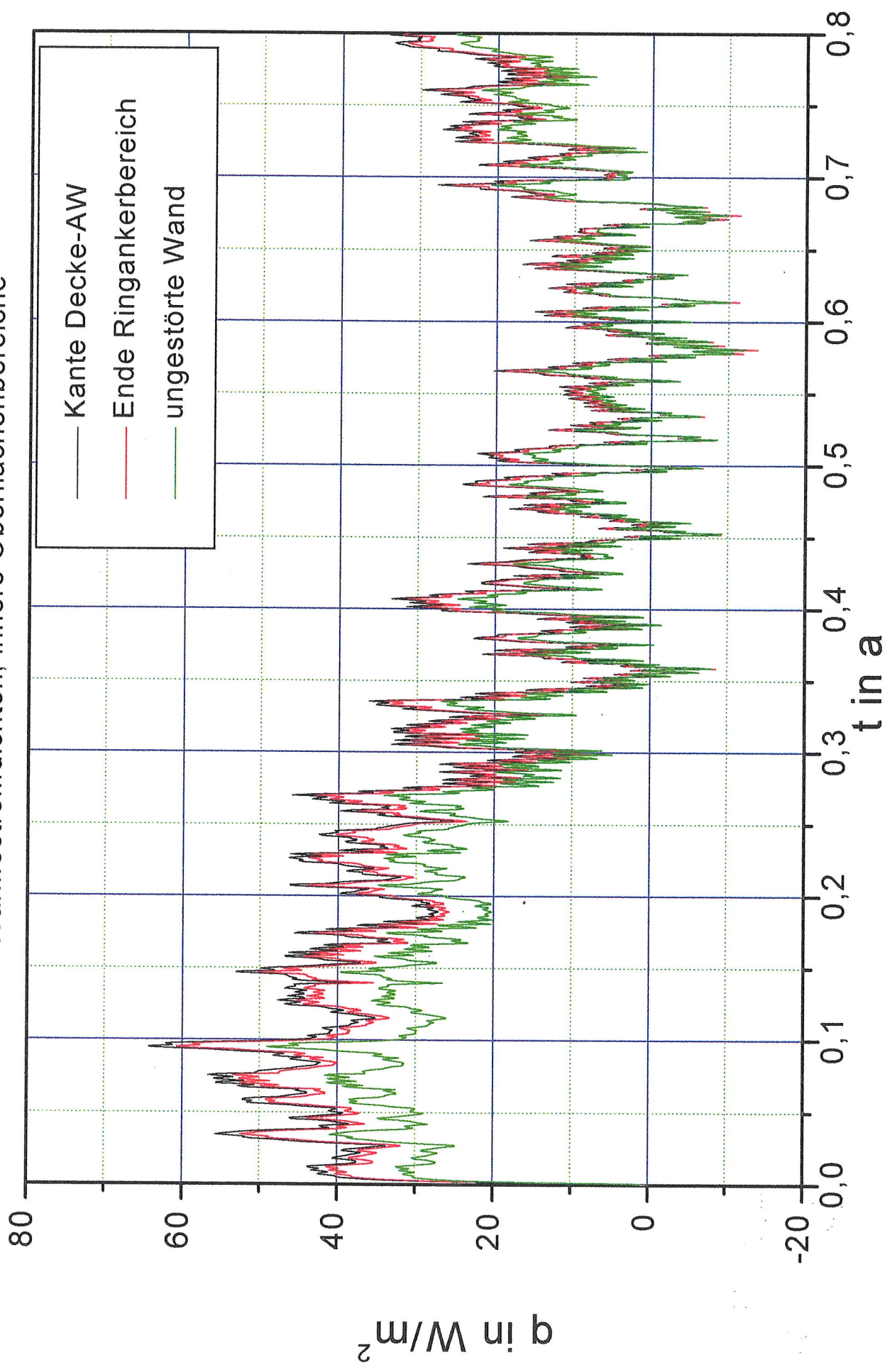
Temperaturverlauf ungestörter Wandbereich



Detail a skragende Balkonplatte

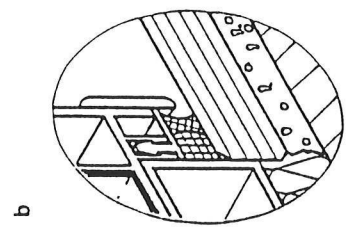
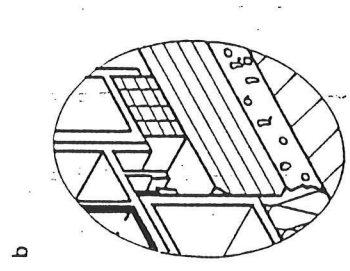
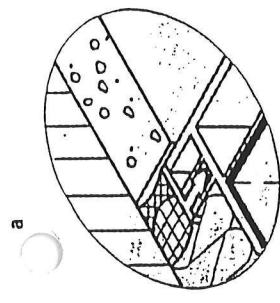
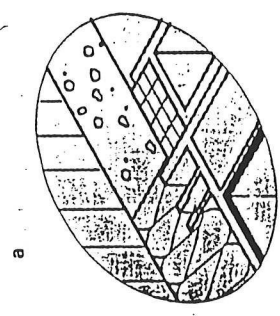
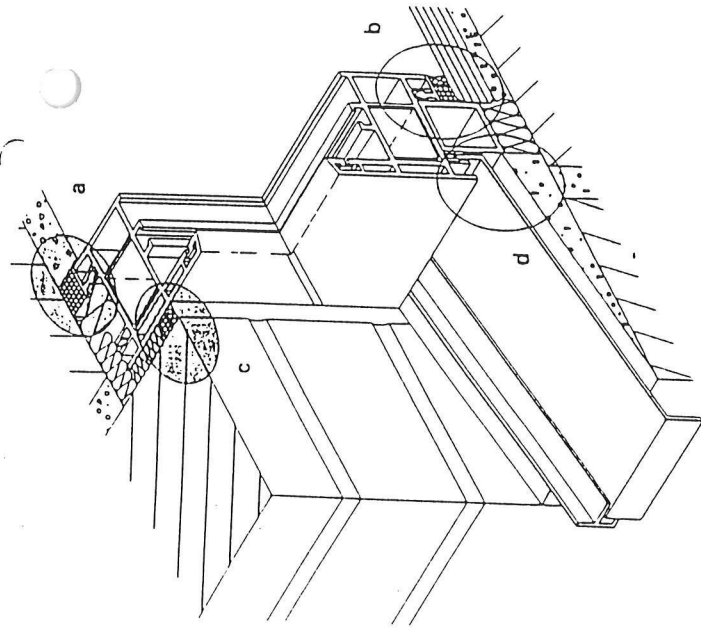
Z3: ungedämmt, TRY Essen, (i:20°C/60%)

Wärmestromdichten, innere Oberflächenbereiche



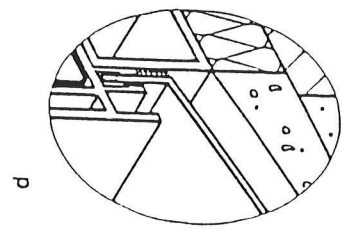
Anlage 4

Einbausituation der Fenster

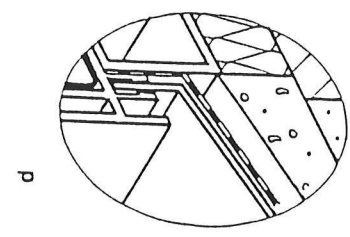


raumseitige Abdichtung
mit vorkomprimiertem
Dichtband gegen Putz
und Fensterbank in auf-
geklebtem Hohlkammer-
profil.

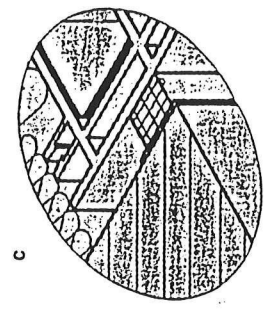
raumseitige Abdichtung
mit Dichtstoff und Hinter-
füllschnur gegen Wand
und Profil. Optisches
Deckprofil am unteren
Anschlußbereich.



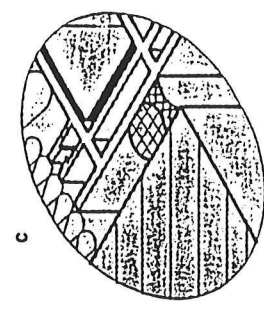
außenseitige Abdichtung
mit Dichtband zwischen
Fensterbankaufkantung
und Rahmenprofil



außenseitige Abdichtung
mit Bauabdichtungsbahn
auf Basisprofil geklebt;
evtl. mit beigelegtem
Dichtband

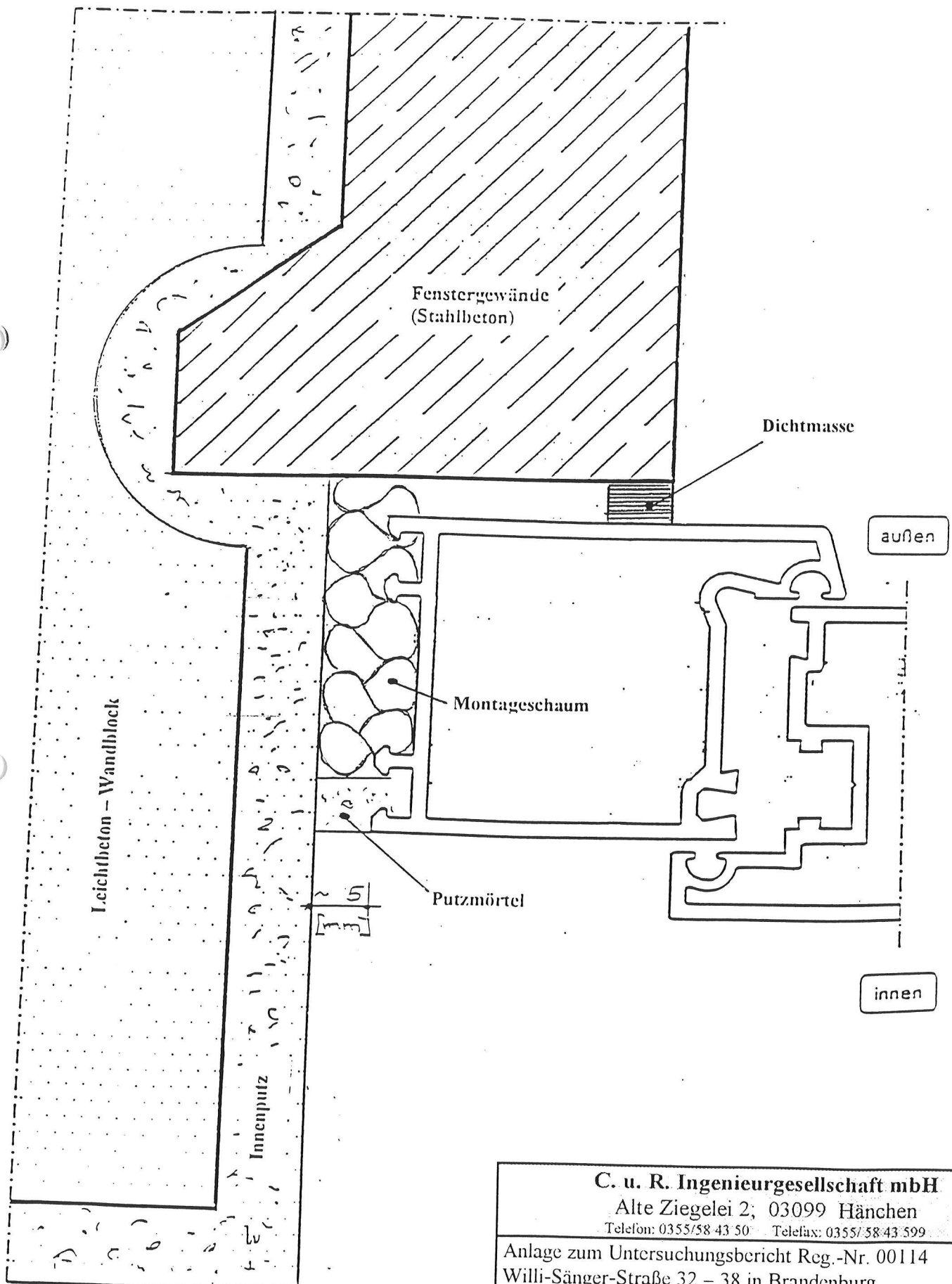


außenseitige Abdichtung
mit vorkomprimiertem
Dichtband gegen glatte-
putztes Sichtmauerwerk
und Rahmenprofil.



außenseitige Abdichtung
mit Dichtstoff und
Hinterfüllschnur gegen
Sichtmauerwerk und
Rahmenprofil.

Fensteranschluß seitlich



C. u. R. Ingenieurgesellschaft mbH

Alte Ziegelei 2; 03099 Hänchen

Telefon: 0355/58 43 50 Telefax: 0355/58 43 599

Anlage zum Untersuchungsbericht Reg.-Nr. 00114

Willi-Sänger-Straße 32 - 38 in Brandenburg

Detail vertikaler Fensteranschluß

Maßstab: ohne

Anlage 5

Formblätter der Bohrkernprüfungen

Bohrkernprüfung

Bohrkernbezeichnung	20
Entnahmestelle	Brandenburg, Willi-Sänger-Straße 32-38
	Rechts neben Eingang 38
Tag der Bohrkernentnahme	03.05.2000
Tag der Bohrkernprüfung	08.05.2000
Höhe bei der Anlieferung (cm)	i. M. 8,5
Beurteilung der Betonbeschaffenheit und des Gefüges	- i. M. 1,5 cm Putz - i. M. 7,0 cm Leichtbeton, ZSS: Bims, Ziegelbruch, Sand, Kies, Gefüge: haufwerksporig
Verteilung der Zuschläge	Gleichmäßig
Beschaffenheit der Bohrkernoberfläche	Strukturiert, Farbanstrich
Beschaffenheit der Bohrkernunterfläche	Abgebrochen
Verbindung zwischen oberer und unterer Betonschicht	- Putz – Leichtbeton – fest
Dicke der unteren Schicht (cm)	i. M. 7,0
Dicke der oberen Schicht (cm)	i. M. 1,5
Abstand der Stahleinlagen von Oberfläche (cm)	
Haftung der Stahleinlagen im Beton	
Karbonatisierungstiefe (mm)	
Höhe des abgeschnittenen Bohrkernes (cm)	6,1
Mittlerer Durchmesser d (cm)	4,8
Masse des abgeschnittenen Bohrkernes (kg)	0,134
Mittlere Querschnittsfläche (cm ²)	18,09
Volumen (cm ³)	110,33
Rohdichte (kg/m ³)	1215
Höhe des abgeglichenen Bohrkernes (cm)	
Bruchlast (kN)	
Druckfestigkeit (N/mm ²)	
h : d	
Formbeiwert	
Druckfestigkeit unter Berücksichtigung des Formbeiwertes (N/mm ²)	
bei Durchmesser 50 mm x 0,9	

Bohrkernprüfung

Bohrkernbezeichnung	21
Entnahmestelle	Brandenburg, Willi-Sänger-Straße 32-38
	Giebel am Eingang 38
Tag der Bohrkernentnahme	03.05.2000
Tag der Bohrkernprüfung	08.05.2000
Höhe bei der Anlieferung (cm)	i. M. 21,7
Beurteilung der Betonbeschaffenheit und des Gefüges	- i. M. 1,8 cm Putz - i. M. 11,7 cm Hochlochziegel (vor Ort gemessen, nicht vollständig geborgen) - i. M. 1,7 cm Putz - i. M. 6,5 cm Leichtbeton, ZSS: Bims, Ziegelbruch, Sand, Kies, Gefüge: haufwerksporig
Verteilung der Zuschläge	Gleichmäßig
Beschaffenheit der Bohrkernoberfläche	Strukturiert, Farbanstrich
Beschaffenheit der Bohrkernunterfläche	Abgebrochen
Verbindung zwischen oberer und unterer Betonschicht	- Putz – Hochlochziegel – lose, - Hochlochziegel – Putz – lose, - Putz – Leichtbeton – lose
Dicke der unteren Schicht (cm)	i. M. 6,5
Dicke der oberen Schicht (cm)	i. M. 1,8
Abstand der Stahleinlagen von Oberfläche (cm)	
Haftung der Stahleinlagen im Beton	
Karbonatisierungstiefe (mm)	
Höhe des abgeschnittenen Bohrkernes (cm)	4,5
Mittlerer Durchmesser d (cm)	4,8
Masse des abgeschnittenen Bohrkernes (kg)	0,119
Mittlere Querschnittsfläche (cm ²)	18,09
Volumen (cm ³)	81,39
Rohdichte (kg/m ³)	1462
Höhe des abgeglichenen Bohrkernes (cm)	
Bruchlast (kN)	
Druckfestigkeit (N/mm ²)	
h : d	
Formbeiwert	
Druckfestigkeit unter Berücksichtigung des Formbeiwertes (N/mm ²)	
bei Durchmesser 50 mm x 0,9	

Bohrkernprüfung

Bohrkernbezeichnung	22
Entnahmestelle	Brandenburg, Willi-Sänger-Straße 32-38
	Balkonseite, links neben Eingang hinter 38
Tag der Bohrkernentnahme	03.05.2000
Tag der Bohrkernprüfung	08.05.2000
Höhe bei der Anlieferung (cm)	i. M. 16,0
Beurteilung der Betonbeschaffenheit und des Gefüges	- i. M. 2,7 cm Putz - i. M. 13,3 cm Leichtbeton, ZSS: Bims, Ziegelbruch, Sand, Kies, Gefüge: haufwerksporig
Verteilung der Zuschläge	Gleichmäßig
Beschaffenheit der Bohrkernoberfläche	Strukturiert, Farbanstrich
Beschaffenheit der Bohrkernunterfläche	Abgebrochen
Verbindung zwischen oberer und unterer Betonschicht	- Putz – Leichtbeton – lose
Dicke der unteren Schicht (cm)	i. M. 13,3
Dicke der oberen Schicht (cm)	i. M. 2,7
Abstand der Stahleinlagen von Oberfläche (cm)	
Haftung der Stahleinlagen im Beton	
Karbonatisierungstiefe (mm)	
Höhe des abgeschnittenen Bohrkernes (cm)	11,8
Mittlerer Durchmesser d (cm)	4,8
Masse des abgeschnittenen Bohrkernes (kg)	0,295
Mittlere Querschnittsfläche (cm ²)	18,09
Volumen (cm ³)	213,42
Rohdichte (kg/m ³)	1382
Höhe des abgeglichenen Bohrkernes (cm)	
Bruchlast (kN)	
Druckfestigkeit (N/mm ²)	
h : d	
Formbeiwert	
Druckfestigkeit unter Berücksichtigung des Formbeiwertes (N/mm ²)	
bei Durchmesser 50 mm x 0,9	

Bohrkernprüfung

Bohrkernbezeichnung	23
Entnahmestelle	Brandenburg, Willi-Sänger-Straße 32-38
	Balkonseite, links neben Eingang hinter 38, Ringankerbereich
Tag der Bohrkernentnahme	03.05.2000
Tag der Bohrkernprüfung	08.05.2000
Höhe bei der Anlieferung (cm)	i. M. 11,7
Beurteilung der Betonbeschaffenheit und des Gefüges	- i. M. 3,3 cm Putz - i. M. 8,4 cm Splittbeton, GK: 8 mm, Gefüge: normal
Verteilung der Zuschläge	Gleichmäßig
Beschaffenheit der Bohrkernoberfläche	Strukturiert, Farbanstrich
Beschaffenheit der Bohrkernunterfläche	Abgebrochen
Verbindung zwischen oberer und unterer Betonschicht	- Putz – Splittbeton – lose
Dicke der unteren Schicht (cm)	i. M. 8,4
Dicke der oberen Schicht (cm)	i. M. 3,3
Abstand der Stahleinlagen von Oberfläche (cm)	
Haftung der Stahleinlagen im Beton	
Karbonatisierungstiefe (mm)	
Höhe des abgeschnittenen Bohrkernes (cm)	7,5
Mittlerer Durchmesser d (cm)	4,7
Masse des abgeschnittenen Bohrkernes (kg)	0,301
Mittlere Querschnittsfläche (cm²)	17,34
Volumen (cm³)	130,05
Rohdichte (kg/m³)	2314
Höhe des abgeglichenen Bohrkernes (cm)	
Bruchlast (kN)	
Druckfestigkeit (N/mm²)	
h : d	
Formbeiwert	
Druckfestigkeit unter Berücksichtigung des Formbeiwertes (N/mm²)	
bei Durchmesser 50 mm x 0,9	

Bohrkernprüfung

Bohrkernbezeichnung	24
Entnahmestelle	Brandenburg, Willi-Sänger-Straße 32-38
	Balkonseite, rechts neben Hintereingang 36
Tag der Bohrkernentnahme	03.05.2000
Tag der Bohrkernprüfung	08.05.2000
Höhe bei der Anlieferung (cm)	i. M. 11,5
Beurteilung der Betonbeschaffenheit und des Gefüges	- i. M. 2,5 cm Putz - i. M. 9,0 cm Leichtbeton, ZSS: Bims, Ziegelbruch, Sand, Kies, Gefüge: stellenweise haufwerksporig
Verteilung der Zuschläge	Gleichmäßig
Beschaffenheit der Bohrkernoberfläche	Strukturiert, Farbanstrich
Beschaffenheit der Bohrkernunterfläche	Abgebrochen
Verbindung zwischen oberer und unterer Betonschicht	- Putz – Leichtbeton – lose
Dicke der unteren Schicht (cm)	i. M. 9,0
Dicke der oberen Schicht (cm)	i. M. 2,5
Abstand der Stahleinlagen von Oberfläche (cm)	
Haftung der Stahleinlagen im Beton	
Karbonatisierungstiefe (mm)	
Höhe des abgeschnittenen Bohrkernes (cm)	7,2
Mittlerer Durchmesser d (cm)	4,8
Masse des abgeschnittenen Bohrkernes (kg)	0,200
Mittlere Querschnittsfläche (cm²)	18,09
Volumen (cm³)	130,22
Rohdichte (kg/m³)	1536
Höhe des abgeglichenen Bohrkernes (cm)	
Bruchlast (kN)	
Druckfestigkeit (N/mm²)	
h : d	
Formbeiwert	
Druckfestigkeit unter Berücksichtigung des Formbeiwertes (N/mm²)	
bei Durchmesser 50 mm x 0,9	

Bohrkernprüfung

Bohrkernbezeichnung	25
Entnahmestelle	Brandenburg, Willi-Sänger-Straße 32-38
	Giebel Nr. 32
Tag der Bohrkernentnahme	03.05.2000
Tag der Bohrkernprüfung	08.05.2000
Höhe bei der Anlieferung (cm)	i. M. 27,5
Beurteilung der Betonbeschaffenheit und des Gefüges	- i. M. 3,0 cm Hohlkammerplastikprofil (vor Ort gemessen, nicht geborgen) - i. M. 3,0 cm Mineralwolle (vor Ort gemessen, nicht geborgen) - i. M. 1,0 cm Putz - i. M. 11,5 cm Hochlochziegel - i. M. 1,7 cm Putz, - i. M. 7,3 cm Leichtbeton, ZSS: Bims, Ziegelbruch, - Sand, Kies, Gefüge: stellenweise porig, stellenweise dicht
Verteilung der Zuschläge	Gleichmäßig
Beschaffenheit der Bohrkernoberfläche	Strukturiert, Farbanstrich
Beschaffenheit der Bohrkernunterfläche	Abgebrochen
Verbindung zwischen oberer und unterer Betonschicht	- Putz – Hochlochziegel – fest, - Hochlochziegel – Putz – lose, - Putz – Leichtbeton – lose
Dicke der unteren Schicht (cm)	i. M. 7,3
Dicke der oberen Schicht (cm)	i. M. 1,0
Abstand der Stahleinlagen von Oberfläche (cm)	
Haftung der Stahleinlagen im Beton	
Karbonatisierungstiefe (mm)	
Höhe des abgeschnittenen Bohrkernes (cm)	6,1
Mittlerer Durchmesser d (cm)	4,8
Masse des abgeschnittenen Bohrkernes (kg)	0,194
Mittlere Querschnittsfläche (cm²)	18,09
Volumen (cm³)	110,33
Rohdichte (kg/m³)	1758
Höhe des abgeglichenen Bohrkernes (cm)	
Bruchlast (kN)	
Druckfestigkeit (N/mm²)	
h : d	
Formbeiwert	
Druckfestigkeit unter Berücksichtigung des Formbeiwertes (N/mm²)	
bei Durchmesser 50 mm x 0,9	

Bohrkernprüfung

Bohrkernbezeichnung	26
Entnahmestelle	Brandenburg, Willi-Sänger-Straße 32-38
	Eingangsseite, rechts neben Nr. 32
Tag der Bohrkernentnahme	03.05.2000
Tag der Bohrkernprüfung	08.05.2000
Höhe bei der Anlieferung (cm)	i. M. 14,5
Beurteilung der Betonbeschaffenheit und des Gefüges	- i. M. 2,5 cm Putz - i. M. 12,0 cm Leichtbeton, ZSS: Bims, Ziegelbruch, Sand, Kies, Gefüge: haufwerksporig
Verteilung der Zuschläge	Gleichmäßig
Beschaffenheit der Bohrkernoberfläche	Strukturiert, Farbanstrich
Beschaffenheit der Bohrkernunterfläche	Abgebrochen
Verbindung zwischen oberer und unterer Betonschicht	- Putz – Leichtbeton – fest
Dicke der unteren Schicht (cm)	i. M. 12,0
Dicke der oberen Schicht (cm)	i. M. 2,5
Abstand der Stahleinlagen von Oberfläche (cm)	
Haftung der Stahleinlagen im Beton	
Karbonatisierungstiefe (mm)	
Höhe des abgeschnittenen Bohrkernes (cm)	10,7
Mittlerer Durchmesser d (cm)	4,8
Masse des abgeschnittenen Bohrkernes (kg)	0,289
Mittlere Querschnittsfläche (cm²)	18,09
Volumen (cm³)	193,52
Rohdichte (kg/m³)	1493
Höhe des abgeglichenen Bohrkernes (cm)	
Bruchlast (kN)	
Druckfestigkeit (N/mm²)	
h : d	
Formbeiwert	
Druckfestigkeit unter Berücksichtigung des Formbeiwertes (N/mm²)	
bei Durchmesser 50 mm x 0,9	

Bohrkernprüfung

Bohrkernbezeichnung	27
Entnahmestelle	Brandenburg, Willi-Sänger-Straße 32-38
	Eingangsseite, rechts neben Nr. 36
Tag der Bohrkernentnahme	03.05.2000
Tag der Bohrkernprüfung	08.05.2000
Höhe bei der Anlieferung (cm)	i. M. 8,0
Beurteilung der Betonbeschaffenheit und des Gefüges	- i. M. 2,0 cm Putz - i. M. 6,0 cm Leichtbeton, ZSS: Bims, Ziegelbruch, Sand, Kies, Gefüge: stellenweise porig, stellenweise dicht
Verteilung der Zuschläge	Gleichmäßig
Beschaffenheit der Bohrkernoberfläche	Strukturiert, Farbanstrich
Beschaffenheit der Bohrkernunterfläche	Abgebrochen
Verbindung zwischen oberer und unterer Betonschicht	- Putz – Leichtbeton – fest
Dicke der unteren Schicht (cm)	i. M. 6,0
Dicke der oberen Schicht (cm)	i. M. 2,0
Abstand der Stahleinlagen von Oberfläche (cm)	
Haftung der Stahleinlagen im Beton	
Karbonatisierungstiefe (mm)	
Höhe des abgeschnittenen Bohrkernes (cm)	4,7
Mittlerer Durchmesser d (cm)	4,8
Masse des abgeschnittenen Bohrkernes (kg)	0,142
Mittlere Querschnittsfläche (cm ²)	18,09
Volumen (cm ³)	85,01
Rohdichte (kg/m ³)	1670
Höhe des abgeglichenen Bohrkernes (cm)	
Bruchlast (kN)	
Druckfestigkeit (N/mm ²)	
h : d	
Formbeiwert	
Druckfestigkeit unter Berücksichtigung des Formbeiwertes (N/mm ²)	
bei Durchmesser 50 mm x 0,9	

Anlage 6

Fotodokumentation



Foto 1

Willi-Sänger-Straße 32 – 38
Ansicht Eingangsseite



Foto 2

Willi-Sänger-Straße 32 – 38
Ansicht der Gebäuderückseite



Foto 3

Ansicht des Südgiebels
Deutlich erkennbar ist die
Verkleidung mit Kunststoffprofilen
in den Wohnetagen.



Foto 4

Ansicht des Nordgiebels



Foto 5 und 6

Betonausbruchstellen mit freiliegender Bewehrung an Fenstergewänden.
Die Ausbruchstellen wurden nur farblich behandelt.





Foto 7

Weiteres Beispiel für eine nur farblich behandelte Ausbruchstelle an einem Gewändeelement



Foto 8

Nicht fachgerecht ausgeführte Reparatur an der Fensterbank eines Gewändeelementes



Foto 9 und 10

Weitere Beispiele für nicht fachgerecht ausgeführte
Betonsanierungen an Gewändeelementen

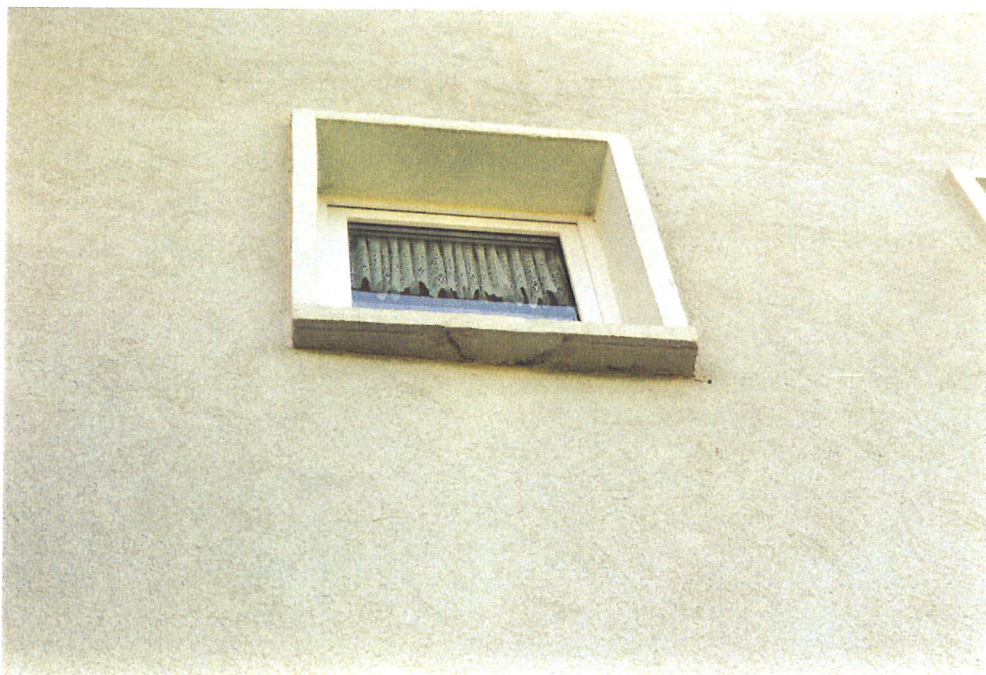




Foto 11 und 12

Rißbildungen im Anschlußbereich
Außenputz / Fenstergewände





Foto 13 und 14

Beispiele für Rißbildungen
im Außenputz





Foto 15 und 16

Weitere Beispiele für Rißbildungen
im Außenputz





Foto 17 und 18

An der Ostseite zeichnen sich oberhalb der Fenster
die Ringankerlagen ab



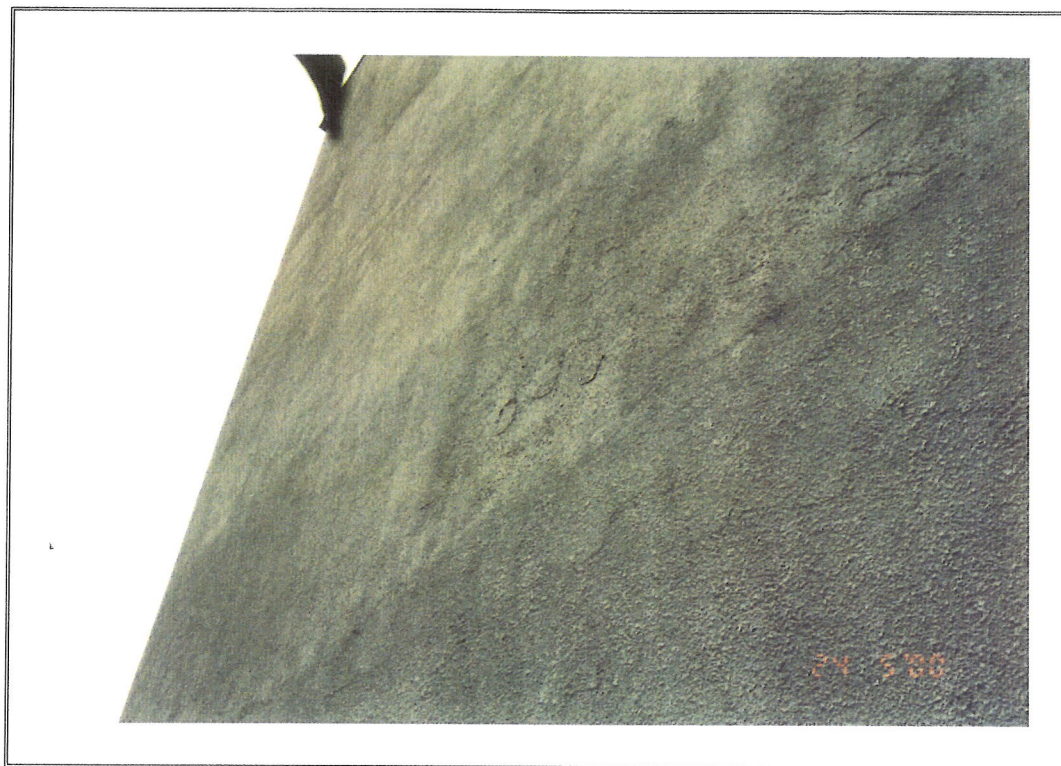


Foto 19

Unterschiedliche Oberflächenstruktur des
Außenputzes am Nordgiebel



Foto 20

Putzablösung im Sockelbereich an der
Nord-West-Ecke des Gebäudes

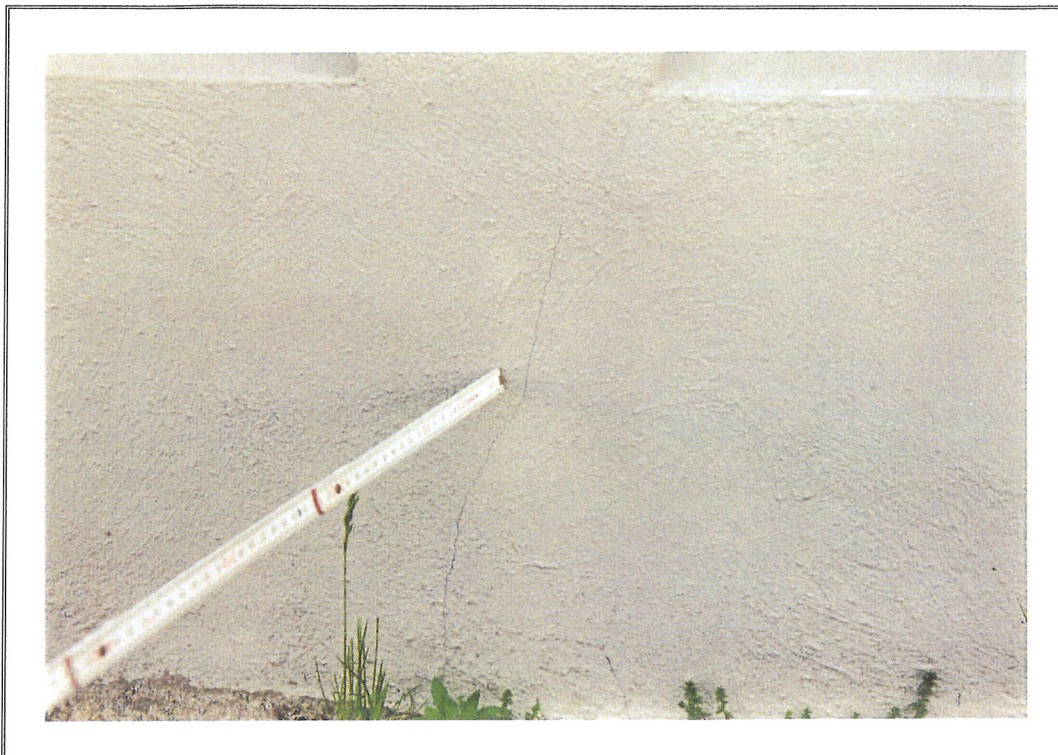


Foto 21 und 22

Rißbildungen an Putzflächen
des Sockels

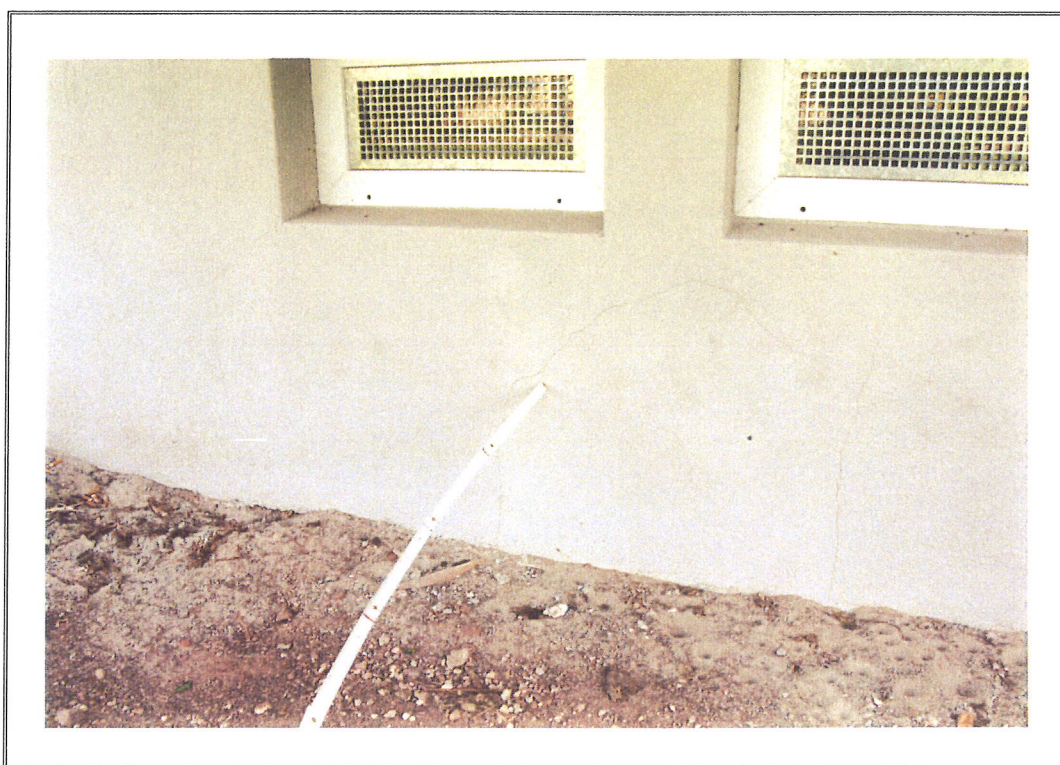




Foto 23 und 24

Unsauberer Putzabschluß am Übergang zum Gebäude





Foto 25

Treppenlauf einer Kellertreppe



Foto 26

Betonschäden am Treppenaustritt oben



Foto 27 und 28

Ausbruchstellen an vorderen Kanten
der Trittstufen



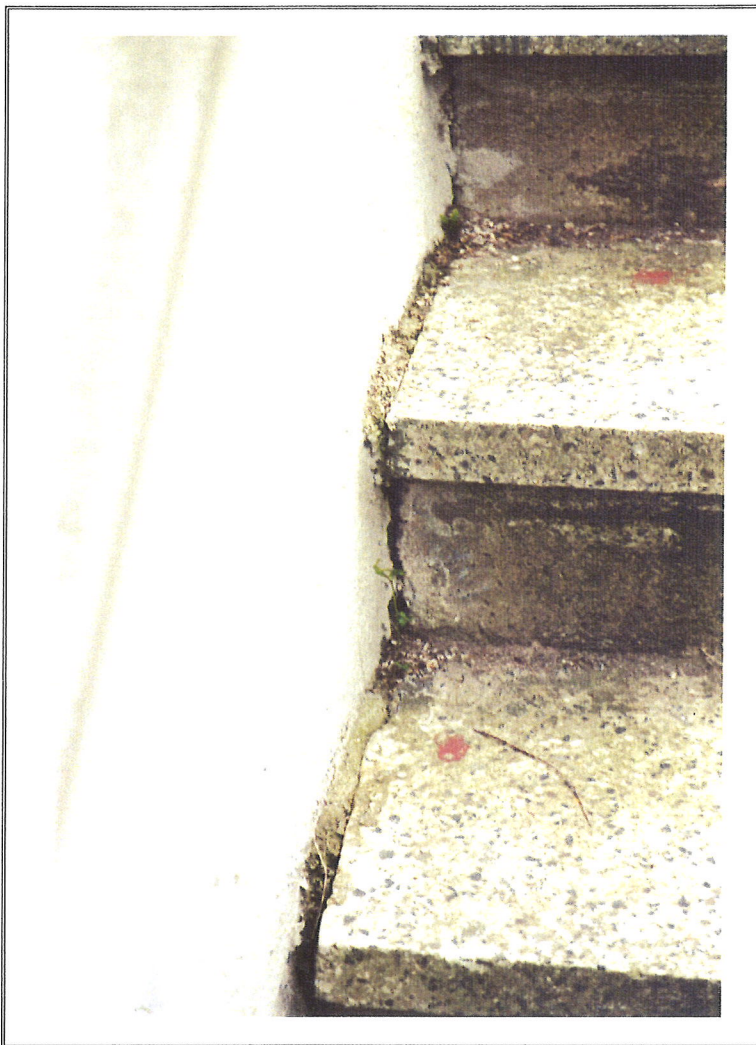


Foto 29 und 30

Seitliche Abschlüsse des Treppenaufbaues ohne ordnungsgemäße Fugenausbildung





Foto 31 und 32

Rißbildungen im unteren Podest sowie an den
Schwellen der Kellereingänge



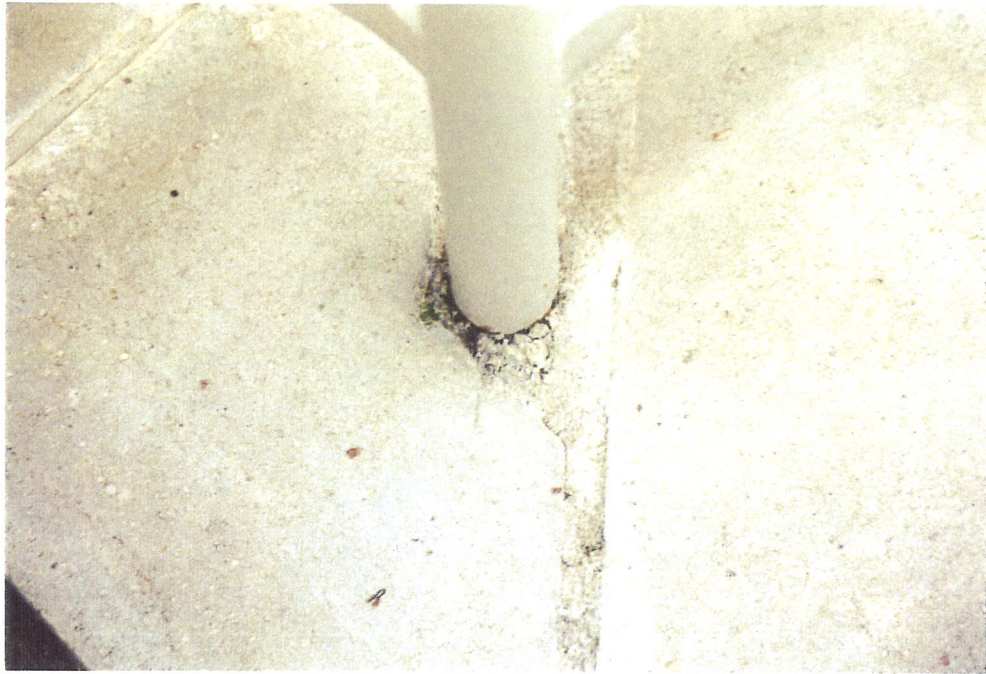


Foto 33

Fußpunkt eines Geländerpfostens in der Stützwandabdeckung.
Es ist deutlich erkennbar, daß hier Feuchtigkeit eindringen kann und Schäden hervorgerufen werden.



Foto 34

Fußpunkt eines Geländerpfostens und Querfuge der Stützwandabdeckung.
Durch den vorhandenen Riß dringt die Feuchtigkeit ein und führt zur Zerstörung.



Foto 35 und 36

Korrosionsstellen an Umfassungsgeländern
der Kellertreppen





Foto 37

Vertikaler Fensteranschluß innen.
Die Fuge zwischen Fensterrahmen und Wand ist ausgeschäumt und an der Oberfläche überputzt worden.



Foto 38

Vertikaler Fensteranschluß
außen.
Die Anschlußfuge ist mit einer
elastischen Dichtmasse
verschlossen worden.
Hinterfüllschnur ist nicht
vorhanden.



Foto 39
Bohrkern 20



Foto 40
Bohrkern 21



Foto 41
Bohrkern 22



Foto 42
Bohrkern 23



Foto 43
Bohrkern 24



Foto 44
Bohrkern 25



Foto 45
Bohrkern 26



Foto 46
Bohrkern 27