

Erhaltungszustand einer bewehrten
Verblendschale aus Ziegelmauerwerk
nach fünfzigjähriger Standzeit in
Großstadtatmosphäre

T 1115

T 1115

Dieser Forschungsbericht wurde mit modernsten Hochleistungskopierern auf Einzelanfrage hergestellt.

Die in dieser Forschungsarbeit enthaltenen Darstellungen und Empfehlungen geben die fachlichen Auffassungen der Verfasser wieder. Diese werden hier unverändert wiedergegeben, sie geben nicht unbedingt die Meinung des Zuwendungsgebers oder des Herausgebers wieder.

Die Originalmanuskripte wurden reprototechnisch, jedoch nicht inhaltlich überarbeitet. Die Druckqualität hängt von der reprototechnischen Eignung des Originalmanuskriptes ab, das uns vom Autor bzw. von der Forschungsstelle zur Verfügung gestellt wurde.

© by Fraunhofer IRB Verlag

Vervielfältigung, auch auszugsweise,
nur mit ausdrücklicher Zustimmung des Verlages.

Fraunhofer IRB Verlag

Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau

Postfach 80 04 69
70504 Stuttgart

Nobelstraße 12
70569 Stuttgart

Telefon (07 11) 9 70 - 25 00
Telefax (07 11) 9 70 - 25 08

E-Mail irb@irb.fraunhofer.de

www.baufachinformation.de

Erhaltungszustand einer
bewehrten Verblendschale aus Ziegelmauerwerk
nach fünfzigjähriger Standzeit
in Großstadtatmosphäre

K.Dierks

Schlußbericht zum Forschungsauftrag:

Dokumentation des Erhaltungszustandes
einer 50jährigen Prüßwand (bewehrtes Mauerwerk)
in Großstadtatmosphäre (Berlin-Wedding)

Auftraggeber:

Institut für Bautechnik
Reichpietschufer 72-76
1000 Berlin 30

Auftragnehmer:

Prof.Dr.-Ing. Klaus Dierks
Institut für Tragkonstruktionen und wirtschaftliche Fertigung
Technische Universität Berlin
Straße des 17.Juni 135
1000 Berlin 12

Datum des Auftrages: 15.März 1982

Datum des Berichtes: 15.September 1983

Inhalt

	Seite
1. Aufgabenstellung	4
2. Baubeschreibung	6
2.1 Lage des Gebäudes	6
2.2 Konstruktion	6
2.3 Bauablauf	9
3. Untersuchungen am Bauwerk	10
3.1 Dokumentationsablauf	10
3.2 Beobachtungen vor dem Abtrag der Verblendschale	12
3.3 Beobachtungen während des Abtrags der Verblendschale	14
3.3.1 Dachbereich	14
3.3.2 Wohnbereich	15
3.3.3 Treppenhausbereich	17
3.4 Probenentnahmen für Laboruntersuchungen	17
3.4.1 Mörtelproben für chemische Analysen	17
3.4.2 Ziegelproben	17
3.4.3 Proben des Bewehrungsstahls	18
3.4.4 Proben aus der Schlackenlage	18
3.4.5 Proben aus der Dämmschicht	19
4. Ergebnisse der Laboratoriumsuntersuchungen	19
4.1 Mörtelproben	19
4.1.1 Feuchtigkeitsgehalt, Rohdichte und Bindemittelgehalt der Mörtelproben	19
4.1.2 Chemische Zusammensetzung von 3 Mörtelproben	19
4.2 Ziegelproben	23
4.2.1 Feuchtigkeitsgehalt, Rohdichte und Druckfestigkeit von 9 Ziegelproben	23
4.2.2 Gefügeuntersuchungen an Mauerziegeln und Mörtelproben	23
4.3 Mechanische Eigenschaften der Bewehrungsstähle	24
4.4 Feuchtigkeitsgehalt der Schlacke	38
4.5 Feuchtigkeitsgehalt des Dämmstoffs	38
5. Auswertung der Untersuchungen	38
6. Zusammenfassung	45

Literatur

47

Anlagen

- Anlage 1 Ansicht Stockholmer Straße 6 und 7
- Anlage 2 Lichtbilder vom Abtrag der Mauerwerkschale
- Anlage 3 Versuchsbericht Nr. 142
 Institut für Baukonstruktion und Festigkeit
- Anlage 4 Untersuchungsberichte der Bundesanstalt
 für Materialprüfung vom 1.Dezember 1982
 und vom 2.Februar 1983

1. Aufgabenstellung

In den Jahren 1930 und 1931 wurden im Berliner Bezirk Wedding zwölf 5geschossige Wohnhäuser mit Verblendschalen aus bewehrtem Ziegelmauerwerk nach Entwürfen des Architekten Hugo Häring errichtet. In den letzten Jahren mehrten sich Anzeichen, daß ein größerer Teil der bewehrten Mörtelfugen nicht mehr in einwandfreiem Zustand ist. Einzelne Fugen sind ausgewaschen, an der Oberfläche zeigen sich Rostspuren, an einigen Stellen sind Ausbauchungen der Verblendschale zu beobachten. Schließlich brach beim Ausbau einer schadhaften hölzernen Fensterzarge eine mehrere Quadratmeter große Fläche der Verblendschale unvermutet ab und stürzte in die Tiefe. Es zeigte sich, daß die Verankerungselemente korrodiert waren und daß die Bewehrung sich stellenweise völlig in Rost verwandelt hatte. Spätestens seit diesem Vorfall bestand kein Zweifel, daß die Verblendschalen nicht mehr stand-sicher sind und entweder gesichert oder abgetragen werden mußten. Die Eigentümerin der Gebäude entschied sich auf Drängen des Landeskonservators für einen Abtrag und Wiederaufbau in verbesserter Ausführung [1] .

Der Abriß der Vorsatzschalen bot eine günstige Gelegenheit, Einzelheiten über den Erhaltungszustand von bewehrtem Mauerwerk nach 50jähriger Standzeit zu erfahren. Das Institut für Bau-technik ließ deshalb - insbesondere auch im Hinblick auf die Weiterentwicklung der DIN 1053, Teil 3 , Bewehrtes Mauerwerk - den Abtrag der Schale des Hauses Stockholmer Straße 7 dokumen-tieren.

Im einzelnen sollten folgende Fakten festgehalten werden:

- fotografische und zeichnerische Übersicht der Fassade mit einer Einteilung in Planquadrate
- Lage und Zustand von Bewehrungsstäben an möglichst vielen über die Fassade verteilten Stellen
- Karbonatisierungstiefe des Fugenmörtels an allen unter-suchten Stellen
- Bindemittelgehalt und Bindemittelzusammensetzung des Mörtels
- Stahlqualität

- Feuchtigkeitsgehalt der Verblendsteine von mindestens 9 Proben
- Wasserkapazität der Verblendsteine
- Feuchtigkeitsgehalt der hinter der Verblendschale liegenden Wärmedämmung aus Torfisootherm-Platten
- Wasserkapazität des Mörtels

Der Abtrag der Schale wurde vom 19.4.1982 bis 29.4.1982 beobachtet, beschrieben und in Lichtbildern dokumentiert. Während dieser Zeit entnommene Materialproben wurden dem Institut für Baukonstruktion und Festigkeit der Technischen Universität Berlin und der Bundesanstalt für Materialprüfung zur Untersuchung vorgelegt. Die Ergebnisse sind in den als Anlage 3 und Anlage 4 beigefügten Versuchsberichten zusammengestellt.

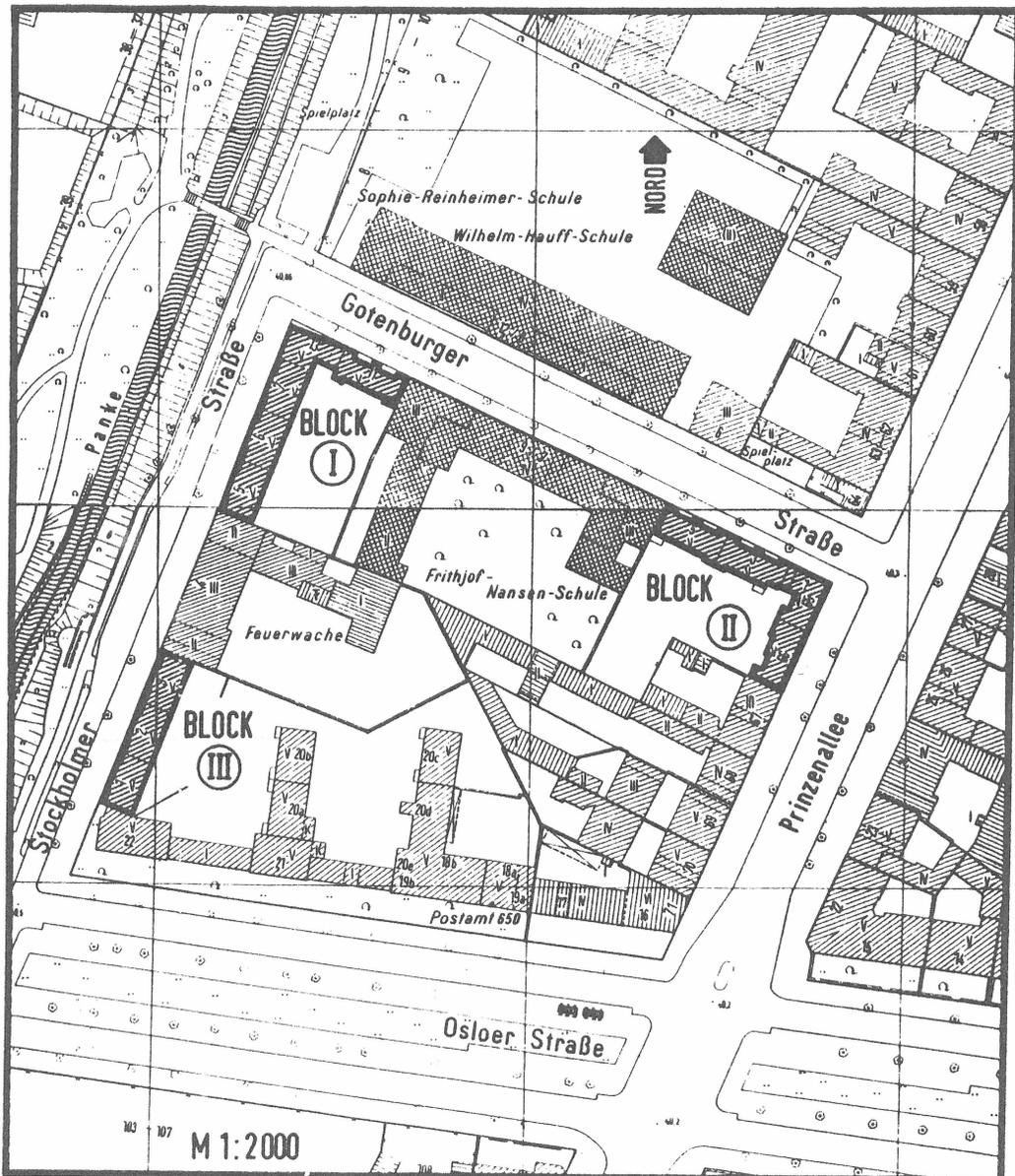


Bild 1. Lageplan

2. Baubeschreibung

2.1 Lage des Gebäudes

Das Gebäude liegt in der Stockholmer Straße im Berliner Wedding. Die untersuchte straßenseitige Fassade ist nach Westnordwest etwa 30 m vom Flußlauf der Panke entfernt auf einen Park hin gerichtet (Bild 1). Schlagregen aus westlicher Richtung trifft ungehindert auf die Fassade. Der Standort befindet sich in einem Gebiet relativ hoher Schadstoffkonzentration (Bild 2). Der Mittelwert der Schwefeldioxidkonzentration aus den Jahren 1976, 1977, 1978 beträgt hier $148 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Der Summen-Mittelwert der Gase Stickstoffmonoxid und Stickstoffdioxid dürfte bei etwa $130 \mu\text{g}/\text{m}^3$ liegen [2] .

2.2 Konstruktion

Als Baugrund steht mit Torf und Faulschlamm durchsetzter Sand an, der für eine mehrgeschossige Bebauung nicht hinreichend tragfähig ist. Das Gebäude ist deshalb auf Pfählen gegründet. Auf dem Keller aus Stahlbeton wurden die fünf Wohngeschosse in Stahlskelettbauweise errichtet. Die Decken sind als Stahlsteindecken verschiedener Systeme ausgeführt. Die Decken tragen als horizontale Scheiben die Windlasten auf vertikale Quer- und Längsscheiben des Stahlskeletts ab.

Die Innenwände sind nichttragende Leichtwände.

Die Außenwände haben einen zweischaligen Aufbau.

Die I-Profile der tragenden Außenstützen nehmen im Erdgeschoß mit I 160/I60¹⁾ beginnend nach oben bis auf I 120/I20¹⁾ ab. Die Flansche der Stützen stehen parallel zur Fassade. Der Stützenabstand beträgt $\leq 3,72$ m. Zwischen den tragenden Stützen stehen im Abstand von $\leq 1,86$ m Profilstäbe I8²⁾, die von Geschoßdecke zu Geschoßdecke spannend horizontale Lasten von der Fassade zu den Deckenscheiben abtragen. Der äußere Flansch dieser Zwischenträger liegt mit dem äußeren Flansch der tragenden Stützen bündig. Die Deckenrandträger aus \square -Profilen sind an die Stege der durchlaufenden Stützen angeschlossen (Bild 3).

1) DIN 1031

2) DIN 1025 Blatt 1

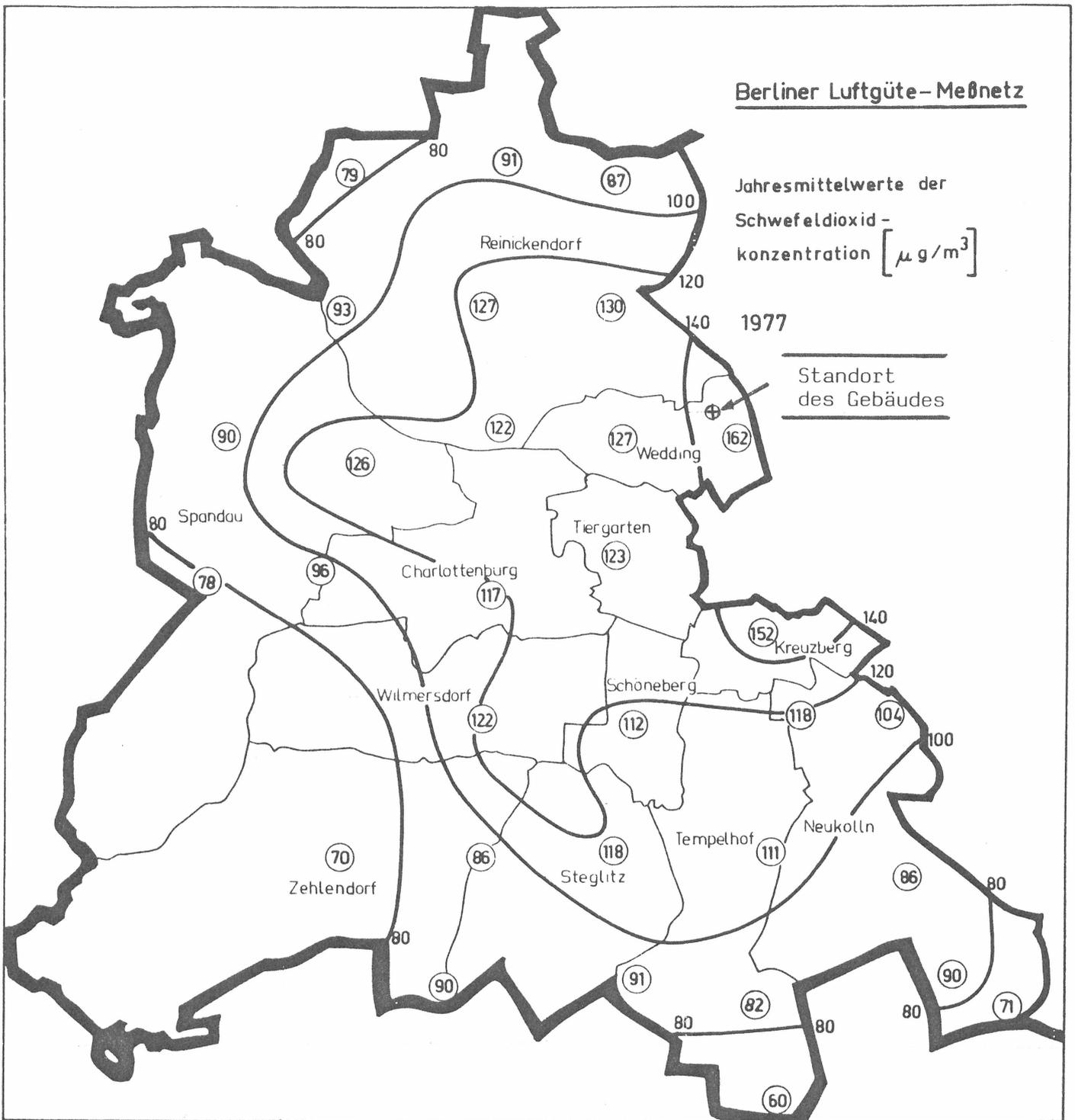
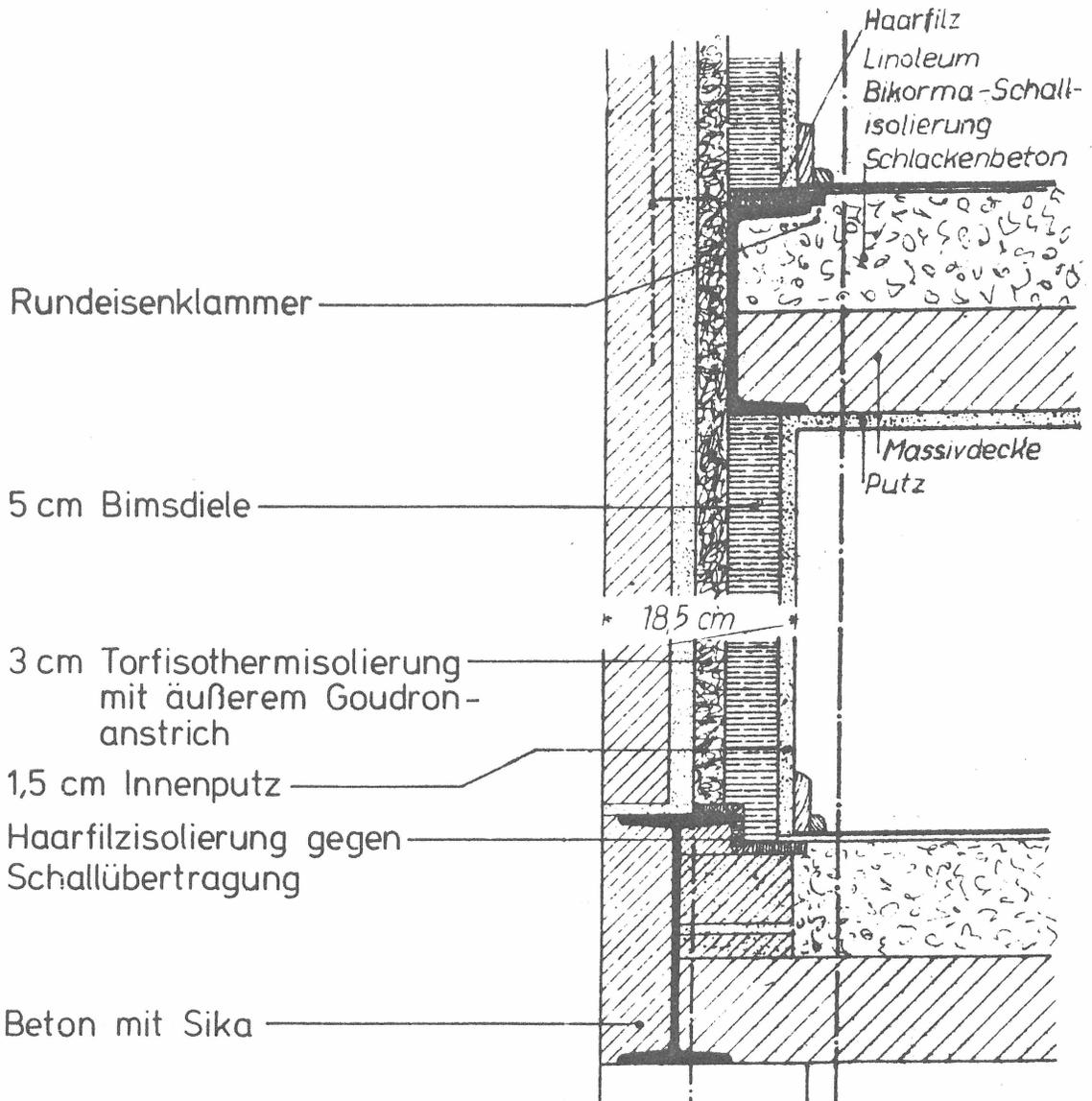
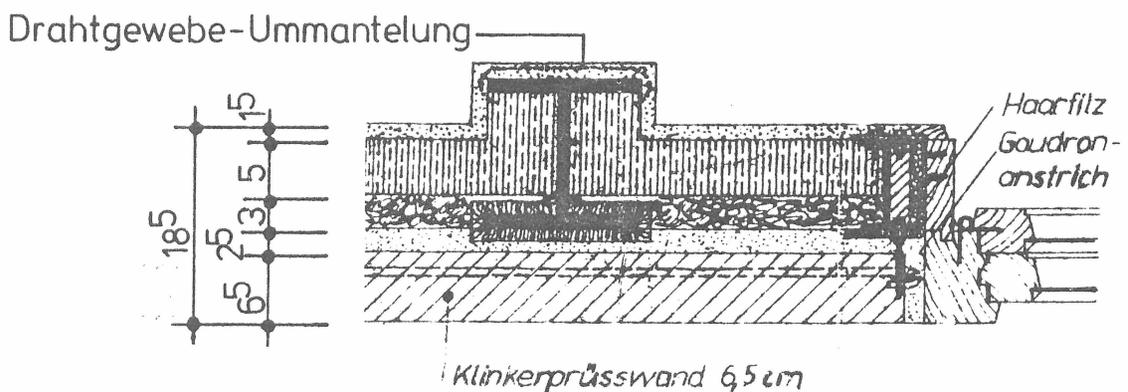


Bild 2. Belastung des Gebäudes durch Schwefeldioxid (nach [2])



Vertikalschnitt



Horizontalschnitt

Bild 3. Schnitte durch die Außenwand

Auf den Deckenrandträgern steht jeweils geschoßhoch eine 5 cm dicke innere Wandschale aus Bimsdielen. Nach außen folgt eine 3 cm dicke Torfisootherm-Wärmedämmung, darauf eine 2,5 cm dicke Zementmörtelschicht und zum Abschluß eine 6,5 cm dicke Schale aus bewehrtem Klinkermauerwerk, eine sogenannte Prüßwand.

Die Klinkerwand ist nicht geschoßweise abgefangen sondern steht gebäudehoch auf einer Konsole in Höhe der Kellerdecke. Die Klinker sind nicht im Verband versetzt sondern in einem quadratischen Raster von 51 cm Kantenlänge zu einem schachbrettartigen Muster verlegt. Der Verbund wird durch eine kreuzweise Bewehrung gewährleistet, die in Abständen von 51 cm in die durchlaufenden horizontalen und senkrechten Mörtelfugen eingelegt ist. Sie besteht aus glattem Betonstahl \varnothing 5 mm. Die Bewehrungsstäbe sind mit Rundstahlhaken an die Stahlkonstruktion angebunden.

Die Treppenhaus-Außenwände haben keine Wärmedämmung. Die Bimsdieleninnenschale ist hier 12 cm dick.

2.3 Bauablauf

Der Bauvorgang geht aus einem Plan des Architekten Karl Böttcher und aus Lichtbildern von Bauzuständen hervor, die beim Landeskonservator von Berlin vorliegen.

Nachdem das Stahlskelett einschließlich der Zwischenstützen I8 montiert war, wurden zunächst die Decken eingezogen. Danach wurden die vorgefertigten hölzernen Fensterzargen in das Stahlskelett eingesetzt und mit Winkelstählen an die Flansche der Zwischenstützen geschraubt. Dann folgte die Aufmauerung der inneren Bimsdielen-Schale. Dabei wurden die Bimsdielen über den Fensteröffnungen ohne besondere Sturzausbildung auf die Zargenriegel gelegt. Nach Fertigstellung der Bimsdielen-Schale und des Daches begann der Innenausbau. Gleichzeitig wurde die Torfisootherm-Schicht aufgebracht und die Klinkerschale gemauert. Über den Fensteröffnungen wurden die Klinker ähnlich wie die Bimsdielen der Innenschale auf die Holzzargen gesetzt. Die Lagerfugen zwischen Holzzargen und Klinker wurden mit einem Rundstahl \varnothing 5 mm bewehrt.

3. Untersuchungen am Bauwerk

3.1 Dokumentationsablauf

Mit Hilfe eines Koordinatenrasters ist jeder Schnittpunkt durchgehender Fugen auf der Fassade zu bestimmen (Anlage 1).

Die Schale wurde von oben nach unten mit Hilfe von Elektrohämmern abgetragen. Es war nicht möglich, die erforderlichen Aufzeichnungen und Lichtbilder im Arbeitsbereich der Handwerker zu machen, ohne den Arbeitsablauf unzumutbar zu behindern. Deshalb hat die Untersuchungsgruppe die Schale an ausgesuchten, repräsentativen Stellen selbst abgetragen und gleichzeitig den Zustand dokumentiert.

Die Gruppe bestand aus mindestens 3, während des größten Teils des Untersuchungszeitraumes aus 4 Personen. Die einzelnen Tätigkeiten waren in der Regel wie folgt eingeteilt:

Während ein Mitarbeiter eine Steinlage löste und abtrug, sprühte ein zweiter unmittelbar nach dem Abtrag die freigelegte Mörtelfläche mit Phenolphthaleinlösung ein, um den Karbonatisierungsbereich festzustellen. (Sofern die besprühte Fläche alkalische Bestandteile enthält, die eine alkalische Lösung mit einem pH-Wert $> 9-10$ bewirkt, färbt sich die sonst farblose Phenolphthaleinlösung intensiv rot). Ein dritter Mitarbeiter platzierte Orientierungsmarken und führte ein schriftliches Protokoll. Der vierte fotografierte.

Die Orientierungsmarken kennzeichnen jeweils den Schnittpunkt einer waagerechten und einer senkrechten durchgehenden Fuge gemäß der Bezeichnung in Anlage 1. Es war vereinbart, die Marke stets in die Ecke des 4. Quadranten zu halten, also unterhalb rechts vom Schnittpunkt der Fugen. Diese Regel wurde nicht immer eingehalten. Es läßt sich aber trotzdem jedes Lichtbild der Anlage 2 in die Fassadenzeichnung Anlage 1 einordnen. Fehlerhafte Beschriftungen der Orientierungsmarken wurden auf den Abzügen korrigiert (vgl. z.B. Bild L461 bis L462).

Der auf den Lichtbildern sichtbare rot und weiß gestreifte Maßstab soll insbesondere die Lage der Bewehrungsstäbe in der Fuge

markieren. Die Streifen sind 1 cm breit.

Beim Abtrag des Schalenfeldes F1 bis F29 / 2.6 bis 1.1 stand keine Phenolphthaleinlösung zur Verfügung (Bilder L313 bis L380). Alle anderen in den Bildern sichtbaren Bruchflächen wurden mit der Indikatorlösung besprüht.

Die Bilder sind nach den 3 konstruktiv unterschiedlichen Zonen geordnet. Die Bilder L39 bis L64 zeigen Einzelheiten aus dem Dachbereich. Die Bilder L64 bis L380 betreffen den Wohnbereich und die Bilder L381 bis L540 wurden im Bereich der Treppenhäuser aufgenommen.

Die Aufnahmen haben unterschiedliche Qualität. Der erste Teil wurde allein mit Tageslicht ohne Blitzaufhellung belichtet. Die späteren Aufnahmen wurden in der Regel mit Blitzlicht aufgehellt und sind deshalb schärfer in der Zeichnung. Trotzdem ist bei der Bewertung des Zustandes der Schale allein aufgrund der Lichtbilder Vorsicht geboten. Als Beispiel für die Verschiedenartigkeit der Farben, in der dieselbe Stelle erscheinen kann, seien die Bilder L527 und L528 genannt.

Die auf den Bildern eingekreisten Merkmale weisen aus, daß es sich um denselben Ort handelt. Auf Bild L527 erscheint der freigelegte horizontale Bewehrungsstahl stahlgrau und weitgehend frei von Korrosion. Auf Bild L528 ist dagegen eine Okertönung hinzugekommen, die denselben Stahl nunmehr in tiefem Rostbraun zeigt und auf starke Korrosion schließen läßt. Im Protokoll ist vermerkt, daß in dem Feld H1-11/4.6-4.13 der Mörtel überdurchschnittlich fest, die Hinterfüllung weitgehend hohlraumfrei und der Stahl in relativ gutem Zustand ist. Die beiden Bilder L527 und L528 haben demnach mit großer Wahrscheinlichkeit zwei entgegengesetzte Farbverfälschungen und die wirkliche Färbung dürfte dazwischen liegen. Entsprechend ist der Stahl in diesem Bereich zwischen leicht bis mittelschwer korrodiert einzuordnen.

Den folgenden Bewertungen liegen neben den Lichtbildern die schriftlichen Notizen, auch nicht protokollierte Beobachtungen sowie ergänzende Befragungen der Untersuchungsgruppe zugrunde.

3.2 Beobachtungen vor dem Abtrag der Verblendschale

Bild 4 zeigt die Verblendschale vor dem Abtrag. Links ist die bereits erneuerte Schale des Nachbarabschnittes sichtbar. Von dem untersuchten Abschnitt ist die Front vor dem ersten Raum des Erdgeschosses ebenfalls bereits erneuert.

Die Bilder L1 bis L38 (Anlage 2) geben einen Eindruck von dem Zustand der Verblendschale vor dem Abtrag.

Im gesamten Bereich der Dachkante (L1 bis L11) ist ein großer Teil der Fugen schadhaft. Der Fugenmörtel liegt vielfach lose in der Fuge und läßt sich mit der Hand leicht herausnehmen. An mehreren Stellen ist der Verfügunsmörtel herausgefallen und die Bewehrung liegt frei. Sie ist teils stark korrodiert (L2, L3), teils in einem relativ guten Zustand (L6, L7) und zeigt dort sogar noch eine metallgraue Oberfläche. In den Bildern L6 und L7 ist deutlich zu erkennen, daß die Korrosion an den Kreuzungspunkten von waagerechten mit senkrechten Stäben weiter fortgeschritten ist als in den Bereichen dazwischen.

Besonders stark verwittert sind auch die Fugen oberhalb der Fenster (Bilder L12 bis L15, L18, L21 bis L23, L25, L32, L35, L36).

Ein Teil des Niederschlagwassers ist offensichtlich vom Tropfbrett aus stets rückwärts in die Fuge gedrungen und hat sich dort längere Zeit gestaut. Auf diesen Punkt wird später noch näher einzugehen sein. Die Bilder L9, L10, L19, L20, L24, L27, L32, L36, L38 zeigen Stellen, an denen der Bewehrungsstab nur eine wenige Millimeter dicke Mörtelüberdeckung hatte. Die Korrosion ist unterschiedlich weit fortgeschritten, von nahezu unversehrt (L10 und L32)¹⁾ bis zur vollständigen Oxidation (L36). Der in Bild L17 zu erkennende Torstahl ist nicht Teil der Verblendkonstruktion sondern wurde später eingetrieben.

Im allgemeinen ist der äußerliche Zustand der Mörtelfugen in den unteren Geschossen etwas besser als in Dachnähe (vgl. z.B. Bild L9) mit Bild L30). Das schließt aber nicht aus, daß auch in den unteren Geschossen eine Reihe von Schadstellen ähnlich wie in

¹⁾ im Protokoll ausdrücklich vermerkt



Bild 4. Ansicht der Verblendschale vor dem Abtrag

oberen Geschossen vorkommen (Bild L33 und L34). In gutem Zustand sind ausnahmslos die überdachten Loggienwände. Sie werden deshalb nicht abgetragen und verbleiben unverändert im Bauwerk.

An einer Stelle (Bild L26) ist an dem frischen Fugenmörtel eine jüngere Reparatur zu erkennen. Eine ältere nachträgliche Verfü- gung zeigt das Bild L34. Andere verlässliche Anzeichen für Repara- turmaßnahmen sind aus den Bildern nicht zu erkennen. Das Proto- koll vermerkt vermutliche Ausbesserungen in den Bereichen B1/2.1 und F5/3.4.

3.3 Beobachtungen während des Abtrages der Verblendschale

3.3.1 Dachbereich

Der Aufbau des Daches geht aus Bild 5 hervor. Auf der Decke über dem 5.Obergeschoß liegt eine Gefälle bildende Schlackeschicht, die straßenseitig 25 cm dick ist und zur Hofseite abfällt. Die Schlacke ist mit Dämmplatten aus Torf abgedeckt. Eine die Dach-



Bild 5. Dachaufbau

haut tragende Betonplatte schließt den Dachaufbau nach oben ab. Unterhalb der Geschoßdecke, deren Deckenrandträger in Bild 5 sichtbar ist, beginnt der Außenwandaufbau gemäß Abschnitt 2.2. In Bild 5 ist die Torfisootherm-Wärmedämmung zu erkennen.

Die Klinkerschale ist bis zur abschließenden Betonplatte hochgeführt. Die Fuge 6.2 (siehe Anlage 1) liegt etwa in Höhe der Oberkante des Deckenrandträgers (vgl. auch Bild L43).

Den Zustand der Bewehrung im Bereich des Dachaufbaus zeigen die Bilder L39 bis L64. Die Lage der Stäbe in der Fuge wechselt vom äußeren Fugenrand (Bilder L52, L62) über Mittellagen (Bilder L42, L44, L51) zum inneren Fugenrand (Bilder L59 (oben) und L63).

Ein Teil der Stäbe ist stellenweise total korrodiert (Bilder L40, L41, L42, L50). Der Phenolphthaleintest war in diesen Bereichen immer negativ. Im Bereich B 10 bis B 14 (Bilder L43 und L44) ist die Bewehrung in gutem Zustand, die Phenolphthaleinprobe ist hier positiv. Es gibt aber auch gut erhaltene Stababschnitte, deren Umgebung nur Spuren von Rotfärbung zeigt (Bild L64).

Insgesamt trat nur an wenigen Stellen eine Rotfärbung des Indikators auf. Es handelt sich eher um vereinzelte alkalisch reagierende Inseln oder Einsprengsel als um zusammenhängende Gebiete. Typisch für die Verteilung der Rotfärbung sind die Bilder L70 bis L72 aus dem Wohnbereich. Sie zeigen hintereinander ein etwa 1 m langes Stück der Fuge 5.2. An einigen Punkten reicht die Rotfärbung bis an die Außenkante des Steines (Bild L71). Im allgemeinen bleibt aber die Bruchfläche farblos.

3.3.2 Wohnbereich

Die Räume hinter den Außenwänden der Bereiche B und F haben Zentralheizung und werden heute ausschließlich als Wohnzimmer genutzt. Es finden sich wie im Dachbereich Stellen mit total korrodiertem Stahl (Bilder L65, L105 bis L110, L131, L133, L188, L196, L213, L246, L264, L316, L332) und solche mit gut erhaltenen Stücken (Bilder L74, L77 bis L83, L142 bis L145). Der Phenolphthaleintest zeigte nur an wenigen Punkten eine alkalische Reaktion.

Typisch für einen großen Teil der Mauerschale ist der Zustand, wie ihn die Bilder L75 bis L111 von den Lagerfugen 4.1, 4.3 und 4.5 wiedergeben.

Die Bewehrung in der Fuge 4.1 unter dem Tropfbrett des Fensters ist in relativ gutem Zustand (Bilder L75 bis L83). Die Breite der Mörtelüberdeckung zur Außenseite wechselt zwischen 4 cm (Bild L77) und rund 2 cm (Bild L83). Der Mörtel zeigt auf ganzer Länge der Fuge keine Reaktion des Indikators. Die planmäßig 2,5 cm dicke Mörtelspererschicht hinter der Mauerschale weist zahlreiche Hohlräume auf. In der nächsten darunterliegenden bewehrten Fuge 4.3 ist der Korrosionsgrad der Bewehrung deutlich höher. Auf der Fugenlänge von 4 m gibt es nur 2 kurze Strecken mit Rotfärbungen des Indikators (Bilder L84, L87, L88 und L86, L99, L100). Die Breite der Mörteldeckung wechselt von 4 cm (Bild L87) bis 1 cm (Bild L100). Die "Mörtelspererschicht" weist zahlreiche Hohlräume auf (Bilder L85, L86). Noch wesentlich schlechter ist der Stahl in der Lagerfuge 4.5 erhalten (Bilder L102 bis L111). An einigen Stellen ist der Stahl total korrodiert (Bilder L104, L105, L109, L110). Zum Teil fehlt die Mörtelspererschicht völlig (Bilder L105, L108, L109). Der Überdeckungs Mörtel ist streckenweise herausgebrochen (Bilder L27, L28, L29).

Zwischen zwei übereinander liegenden Fenstern nimmt der Korrosionsgrad der Bewehrung offensichtlich von oben nach unten zu. In der Fuge über dem oberen Tropfbrett der Fenster sind häufig nur noch Reste der Bewehrung zu finden (Bilder L188, L332). Insgesamt nimmt aber der Korrosionsgrad von den oberen Geschossen zu den unteren Geschossen hin ab.

Im 1.Obergeschoß und im Erdgeschoß (Fugen 3.3 bis 1.1) sind nur einzelne senkrechte Stäbe stark korrodiert (Bilder L131, L133). Kreuzungspunkte von Bewehrungsstäben weisen bei direkter Berührung häufiger einen höheren Korrosionsgrad auf als die benachbarten Bereiche (Bilder L161, L162).

3.3.3 Treppenhausbereich

Im Bereich der Treppenhäuser finden sich ähnliche Korrosionsbilder wie in den Wohnbereichen: starke Korrosion über den Fenstern (Bilder L438, L439, L483, L484), von oben nach unten zunehmender Korrosionsgrad zwischen den Fenstern (Bilder L389, bis L396 im Vergleich zu den Bildern L411 bis L416) und insgesamt etwas abnehmende Korrosion von den oberen Geschossen zu den unteren Geschossen (Bilder L404 bis L416 im Vergleich zu L429 bis L437).

Die Festigkeit des Fugenmörtels und des Sperrschichtmörtels ist im Treppenhausbereich im allgemeinen größer und das Gefüge dichter als im Wohnbereich. Insbesondere in dem Feld D1 bis D11/3.6 bis 3.10 war der Mörtel überdurchschnittlich hart. Die Bewehrung war hier in besonders gutem Zustand, obwohl die Mörtelbruchstellen nach dem Einsprühen mit Phenolphthaleinlösung keine Rotfärbung zeigten (Bilder L449 bis L464).

3.4 Probenentnahmen

3.4.1 Mörtelproben für chemische Analysen

Zur Bestimmung des Feuchtigkeitsgehaltes und des Bindemittelgehaltes wurden an 10 über die Mauerschale verteilten Stellen Mörtelproben entnommen. Die Proben wurden unmittelbar nach der Entnahme in nahezu luftdicht verschlossenen Gläsern dem Laboratorium des Institutes für Baukonstruktionen und Festigkeit der Technischen Universität Berlin zur chemischen Analyse übergeben.

Zur Bestimmung der Bindemittelzusammensetzung wurden an 3 weiteren Stellen Mörtelproben entnommen und der Bundesanstalt für Materialprüfung zur Analyse übergeben.

3.4.2 Ziegelproben

Zur Bestimmung des Feuchtigkeitsgehaltes und der Druckfestigkeit der Mauerziegel wurden an 9 Stellen Ziegelproben entnommen. Die Proben wurden unmittelbar nach der Entnahme in verschlossenen

Transportgefäßen an das Laboratorium des Institutes für Baukonstruktionen und Festigkeit der Technischen Universität Berlin geliefert.

Von 3 weiteren Stellen wurden Ziegelproben an die Bundesanstalt für Materialprüfung zur Untersuchung des Gefüges geliefert.

3.4.3 Proben des Bewehrungsstahls

Der Bundesanstalt für Materialprüfung wurden die in Bild 6 gekennzeichneten 8 Ziegelsteine zusammen mit dem Mörtel und den Bewehrungsstäben übergeben. Aus dieser Probe hat die BAM Stücke zur Feststellung der mechanischen Eigenschaften des Stahls entnommen.

3.4.4 Proben aus der Schlackenlage

Die Schlacke auf der Geschoßdecke des 4.Obergeschosses fühlte sich an einigen Stellen feucht an. Flickstellen der Dachhaut lassen vermuten, daß vor der Reparatur Niederschlagsfeuchtigkeit in die Schlackenschicht gedrungen ist. Deshalb wurden an



Bild 6. Materialprobe für die BAM vor der Entnahme

2 Stellen Proben zur Bestimmung des Feuchtigkeitsgehaltes entnommen (vgl. Anlage 1).

3.4.5 Proben aus der Dämmschicht

Zur Bestimmung des Feuchtigkeitsgehaltes der Torfisootherm-Wärmedämmung wurden an 2 Stellen Proben entnommen (vgl. Anlage 1).

4. Ergebnisse der Laboratoriumsuntersuchungen¹⁾

4.1 Mörtelproben

4.1.1 Feuchtigkeitsgehalt, Rohdichte und Bindemittelgehalt der Mörtelproben

An 10 Mörtelproben wurden, gemäß der DIN 52170'80

der Feuchtigkeitsgehalt (Masse-%),
die Rohdichte (kg/dm^3) und
die Zusammensetzung (Mischungsverhältnis)

festgestellt.

Die daraus gewonnenen Ergebnisse sind in den Tabellen 1 und 2 zusammengestellt.

4.1.2 Chemische Zusammensetzung von 3 Mörtelproben

An drei jeweils zerkleinerten und bei 105°C bis zur Massenkonzanz getrockneten Durchschnittsproben des Mauermörtels wurde die chemische Zusammensetzung ermittelt. Von den untersuchten Proben waren die Versuchsmaterialien B5/4.5 und D5/5.13 vollständig carbonatisiert, während Versuchsmaterial D7/6.10 größere Bereiche aufwies, die nach Ansprühen mit Phenolphthaleinlösung eine deutliche Rotfärbung erkennen ließen. Die Ergebnisse sind in Tabelle 3 zusammengestellt.

¹⁾ Die Darstellung folgt weitgehend dem Versuchsbericht Nr. 142 des Institutes für Baukonstruktion und Festigkeit der Technischen Universität Berlin vom 10.6.1982 (Anlage 3) und den Versuchsberichten der Bundesanstalt für Materialprüfung vom 1. Dezember 1982 und vom 2. Februar 1983 (Anlage 4).

Tabelle 1. Feuchtigkeitsgehalt und Rohdichte der Mörtelproben

Lage	Proben Nr.	Feuchtigkeitsgehalt Masse-%	Rohdichte kg/dm ³
H7/6.3	001	4,8	1,91
B14/6.7	002	8,4	1,82
B10/6-2	003	7,4	1,89
F15/6.1-6.3	004	3,8	1,92
B2/5,1	005	10,0	1,95
F24/5.3	007	4,7	1,92
H5/6.10	008	1,5	1,89
B10/4.3	010	1,2	1,94
H7/4.11	013	1,7	1,99
F14/2.12	014	1,8	2,02
Mittelwert		4,53	1,93

Tabelle 2. Mörtelanalyse nach DIN 52170

Proben Nr.	Einwaage g	Unlöslicher Rückstand g	Bindemittelgehalt g	Bindemittel zu Zuschlag
001	264,63	190,44	74,19	1:3,0
002	170,80	141,89	28,91	1:4,9
003	118,10	91,81	26,29	1:3,5
004	170,46	144,56	25,90	1:5,6
005	68,94	59,82	9,12	1:6,6
007	99,62	77,10	22,52	1:3,4
008	263,40	225,54	37,86	1:6,0
010	282,71	247,06	35,65	1:6,9
013	210,19	160,84	49,35	1:3,3
014	153,03	130,20	22,83	1:5,7
Mittelwert				1:4,9

Tabelle 3. Chemische Zusammensetzung von 3 Mörtelproben, Massenanteile in %

Bestandteil	Probe B5/4.5 BAM 10		Probe D5/5.13 BAM 4		Probe D7/6.10 BAM 8	
	Mörtel	salzsäure- löslicher Anteil	Mörtel	salzsäure- löslicher Anteil	Mörtel	salzsäure- löslicher Anteil
Glühverlust						
Hydratwasser + Kohlendioxid)	10,52	--	11,49	--	11,09	--
davon Kohlendioxid CO ₂	9,45	--	10,01	--	8,49	--
In Salzsäure unlösliche Anteile: (Quarzsand + Unlösliches)	68,78	--	66,32	--	66,06	--
In Salzsäure lösliche Anteile:						
Lösliche Kieselsäure SiO ₂	3,04	14,7	4,10	18,5	4,39	19,2
Summe der Oxide R ₂ O ₃ ^{+))}	1,87	9,0	2,17	9,8	2,25	9,8
Calciumoxid CaO	13,53	65,4	14,09	63,5	15,30	67,0
Magnesiumoxid MgO	0,41	2,0	0,46	2,0	0,31	1,4
Sulfat SO ₃	1,49	7,2	1,06	4,8	0,53	2,3
entsprechend						
Calciumsulfat CaSO ₄	2,53	12,2	1,80	8,2	0,90	3,9
Rest (nicht bestimmt)	0,36	1,7	0,32	1,4	0,07	0,3

+) Aluminiumoxid Al₂O₃ + Eisenoxid Fe₂O₃ + etwa vorhandenem Manganoxid Mn₃O₄ + Titandioxid TiO₂

Werden die in verdünnter Salzsäure löslichen Bestandteile der untersuchten Mörtelproben als allein vom Bindemittel her stammend angesehen, so errechnet sich jeweils ein Mischungsverhältnis von glühverlustfreiem Bindemittel zu Zuschlag mit einem massenbezogenen Anteil von 3% Eigenfeuchtigkeit wie folgt:

Probe B5/4.5	1:3,4
Probe D5/5.13	1:3,1
Probe D7/6.10	1:3,0

Die Ergebnisse der chemischen Analyse deuten darauf hin, daß zur Herstellung der untersuchten Mörtelproben Zement mit etwas Baukalk oder hydraulisch erhärtender Kalk Verwendung gefunden haben.

Der überhöhte Gehalt an Sulfat und der daraus berechnete Calciumsulfatanteil der Versuchsmaterialien B5/4.5 und D5/5.13 ist vermutlich auf Anreicherung von schwefeloxidischen Luftverunreinigungen und deren chemische Reaktion mit entsprechenden Komponenten des Bindemittels im Laufe der langen Standzeit des Gebäudes zu erklären.

Die Mauermörtelproben B5/4.5, D5/5.13 und D7/6.10 wurden auch auf Gehalt an Chlorid Cl^- geprüft. Nach Aufschluß mit verdünnter Salpetersäure ergab die elektrometrische Titration die im folgenden genannten Massenanteile in %, jeweils bezogen auf den Mörtel:

B5/4.5	0.06
D5/5.13	0.05
D7/6.70	0.06

Da eine zuverlässige Aussage darüber, welche Bindemittel verwendet worden sind, nicht mehr möglich ist, kann der auf den tatsächlichen Bindemittelanteil bezogene Chloridgehalt nicht angegeben werden. Bezogen auf den glühverlustfreien Bindemittelanteil des Mörtels würden sich die nachstehenden Massenanteile in % ergeben:

B5/4.5	0.3
D5/5.13	0.2
D7/6.10	0.3

4.2 Ziegelproben

4.2.1 Feuchtigkeitsgehalt, Rohdichte und Druckfestigkeit von 9 Ziegelproben

Die Ziegelproben hatten als mittlere Nennabmessung 252x122x67 mm.

Nach der Ermittlung der Trockenrohddichte und des Feuchtigkeitsgehalts wurde eine Druckfestigkeitsprüfung nach DIN 105'69 an jeder Ziegelprobe durchgeführt.

Die Ergebnisse sind in Tabelle 4 aufgeführt.

4.2.2 Gefügeuntersuchungen an Mauerziegeln und Mörtelproben

Der massenbezogene (gewichtsbezogene) und volumenbezogene Wasseraufnahmegrad $W_{g,a}$ bzw. $W_{v,a}$, die Trockenrohddichte ρ_t sowie die offene Porosität nach Wassersättigung unter Atmosphärendruck ($W_{v,a} = W_{g,a} \cdot \rho_t$) wurden an einzelnen Mauerziegeln sowie an Proben des dazugehörigen Mauermörtels ermittelt. Hierzu wurden nach den Normen DIN 52 103 / 11.72 - Prüfung von Naturstein; Bestimmung der Wasseraufnahme -, DIN 52 170 Teil 1 / 2.80 - Bestimmung der Zusammensetzung von erhärtetem Beton; Allgemeines, Begriffe, Probenahme, Trockenrohddichte - sowie DIN 51 056 / 9.59 -

Tabelle 4. Ergebnisse der Ziegeluntersuchung nach DIN 105

Proben Nr.	Lage	Feuchtigkeitsgehalt Masse -%	Rohdichte kg/dm ³	Druckfestigkeit N/mm ²
1	F12/6.3	2,7	1,95	37,0
2	F13/6.6	2,7	1,91	37,0
3	B14/6.3	6,4	1,79	35,7
4	B12/6.2	1,3	1,97	33,1
5	H2/6.2	4,2	2,01	38,3
6	H2/6.3	5,6	1,94	33,4
7	B10/6.2	3,9	1,97	36,5
8	F12/6.2	3,3	1,96	42,2
9	H2/6.1	0,1	1,97	50,4
Mittelwert		3,4	1,94	38,2

Prüfung keramischer Roh- und Werkstoffe; Bestimmung des offenen Porenraumes - verfahren.

An 6 Proben der Mauerziegel sowie an 3 Proben der Mauermörtel wurde die Ermittlung des Wassereindringkoeffizienten A in Anlehnung an den Entwurf DIN 52 617 Ausgabe Dezember 1979 - Bestimmung der kapillaren Wasseraufnahme von Baustoffen und Beschichtungen; Versuchsdurchführung und Versuchsauswertung - durchgeführt. Die Bestimmung des Wassereindringkoeffizienten B und der Wasserkapazität ψ_K an den Proben erfolgt nach B.Schwarz: Kapillare Wasseraufnahme von Baustoffen. Gesundheitsingenieur, 93.Jahrgang (1972), Nr.7, S.206-211.

Die Ergebnisse sind in Tabelle 5 zusammengestellt. Der zeitliche Verlauf der Wasseraufnahme ist den Tabellen 6a-i und den zugehörigen Diagrammen Bild 7a-i zu entnehmen.

4.3 Mechanische Eigenschaften der Bewehrungsstähle

Aus den Baustahlabschnitten konnten abweichend von DIN 488/4.72 - Betonstahl - wegen des starken Korrosionsangriffes, der sich stellenweise bis auf nahezu den gesamten ursprünglichen Stabquerschnitt erstreckte, meist nur ca. 120 mm lange Probestücke mit augenscheinlich relativ gleichmäßigem Querschnitt über der Versuchslänge entnommen werden. Der Korrosionsbelag wurde vor Versuchsdurchführung mechanisch weitgehend entfernt. Der mittlere Probendurchmesser bzw. der mittlere Probenquerschnitt wurde jeweils aus Probenlänge und -masse errechnet. Die Durchführung der Zugversuche erfolgte nach DIN 50 145/5.75 - Prüfung metallischer Werkstoffe; Zugversuch - in einer Prüfmaschine DIN 51 221/8.76 - Werkstoffprüfmaschinen; Zugprüfmaschine - 60 kn-1, Bauart ZWICK, Meßbereich 12 kN. Zur Ermittlung der Streckgrenze diente ein Feindehnungsmeßgerät INSTRON $l_0 = 25 \text{ mm}/10\%$.

Bei der Probenverformung im Zugversuch kam es zu weiterem Abplatzen festsitzender Korrosionsschichten. Dieses Verhalten der Probekörper erschwerte erheblich die Bestimmung der Bruchdehnung und machte eine erneute Berechnung des mittleren Probenquerschnitts nach dem Versuch erforderlich. Wegen des partiell unterschiedlich

Tabelle 5. Ergebnisse der Gefügeuntersuchungen

Proben-Nr. BAM	Material	Wasseraufnahmegrad $W_{g,a}$ M.-%	Trocken- rohddichte ρ_t $\text{kg} \cdot \text{dm}^{-3}$	Porosi- tät $W_{v,a}$ V.-%	Wasseraufnahme- Koeffizient A $\text{kg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-0.5}$	Wassereindring- koeffizient B $\text{m} \cdot \text{h}^{-0.5}$	Wasserkapazität ψ_k $\text{m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$
2	Ziegel	8,6	2,08	17,9	4.82	0.06	0.08
4		7,8	2,08	16,2	3.75	0.03	0.11
5		7,9	2,07	16,4	1.02	0.01	0.08
7		7,6	2,08	15,8	1.35	0.02	0.07
10		7,1	2,09	14,8	1.61/2.63 ¹⁾	0.02/0.04 ¹⁾	0,07
11		7,4	2,08	15,4	2,67	0,03	0.08
2	Mörtel	15,4	1,86	28,6	2.79	0.01	0.21
4		14,0	1,89	26,5	3.23	0.02	0.19
5		15,1	1,86	28,1	----	----	----
7		15,2	1,86	28,3	----	----	----
10		12,5	1,97	24,6	2.14	0.01	0.16
11		12,8	1,96	25,1	----	----	----

1) siehe Meßwert-Ausdrucke und Plotter-Diagramme vom Dezember 1982 und Januar 1983, Bild 7

BESTIMMUNG DER KAPILL. WASSERAUFNAHME

SERIE: Dierks TU
PROBENBEZEICHNUNG : Mauerziegel 2
BEMERKUNG: getrocknet bei 105°C
PROBENHOEHE IN CM : 3.14
PROBENDURCHMESSER IN CM: 5
SAUGFLAECHE IN CM² : 19.63

LFD-NR.	ZEIT H	ZEIT H±0.5	GEWICHT G	GEWICHTS ZUNAHME G	WASSER AUFNAHME KG/M ²
1	.00	.00	139.7	.0	.000
2	.00	.00	141.3	1.6	.815
3	.04	.20	142.4	2.6	1.375
4	.17	.42	143.3	3.6	1.833
5	.50	.71	143.9	4.1	2.139
6	1.00	1.00	144.2	4.5	2.292
7	1.15	1.07	144.3	4.6	2.343
8	2.15	1.47	144.4	4.6	2.394
9	3.15	1.77	144.5	4.8	2.445
10	5.15	2.27	144.6	4.9	2.496
11	23.00	4.80	145.3	5.6	2.852
12	26.00	5.10	145.3	5.6	2.852
13	29.00	5.39	145.4	5.6	2.903
14	47.00	6.86	145.7	6.0	3.056
15	119.00	10.91	146.5	6.8	3.463
16	143.00	11.96	146.6	6.9	3.514
17	216.00	14.70	147.0	7.3	3.718
18	288.00	16.97	147.2	7.5	3.820

////// AUSGLEICHSGERADEN Y=(M*X)+B //// (Rt2=BESTIMMTHEITSMASS)
VOR DEM KNICKPUNKT:

LFD-NR. DER MESSWERTE: 2 3
N= 2 Rt2= 1
M= 4.8157
B= .412

NACH DEM KNICKPUNKT:

LFD-NR. DER MESSWERTE: 11 12 13 14 15 16 17 18
N= 8 Rt2= .98552
M= .0844
B= 2.463

////// KNICKPUNKT UND KENNWERTE ////

X _S H±0.5	Y _S KG/M ²	A KG/(M ² *H±0.5)	PSI K M ³ /M ³	B M/H±0.5
.434	2.500	4.816	0.07961	0.06049

KAPILLARRADIUS AUS A UND PSI K IN NM: 28.21

BESTIMMUNG DER KAPILL. WASSERAUFNAHME

SERIE: Dierks TU
PROBENBEZEICHNUNG : Mauerziegel 4
BEMERKUNG: getrocknet bei 105°C
PROBENHOEHE IN CM : 3.41
PROBENDURCHMESSER IN CM: 5
SAUGFLAECHE IN CM² : 19.63

LFD-NR.	ZEIT H	ZEIT H±0.5	GEWICHT G	GEWICHTS ZUNAHME G	WASSER AUFNAHME KG/M ²
1	.00	.00	147.3	.0	.000
2	.00	.00	149.2	1.8	.968
3	.04	.20	150.3	3.0	1.528
4	.17	.42	151.7	4.3	2.241
5	.50	.71	153.1	5.8	2.954
6	1.00	1.00	154.1	6.8	3.463
7	1.15	1.07	154.3	7.0	3.565
8	2.15	1.47	154.5	7.1	3.667
9	3.15	1.77	154.6	7.3	3.718
10	5.15	2.27	154.7	7.3	3.769

////// AUSGLEICHSGERADEN Y=(M*X)+B //// (Rt2=BESTIMMTHEITSMASS)

VOR DEM KNICKPUNKT:

LFD-NR. DER MESSWERTE: 2 3 4
N= 3 Rt2= .9893
M= 3.7501
B= .703

NACH DEM KNICKPUNKT:

LFD-NR. DER MESSWERTE: 8 9 10
N= 3 Rt2= .98244
M= .1246
B= 3.489

////// KNICKPUNKT UND KENNWERTE ////

X _S H±0.5	Y _S KG/M ²	A KG/(M ² *H±0.5)	PSI K M ³ /M ³	B M/H±0.5
.768	3.585	3.750	0.10512	0.03567

KAPILLARRADIUS AUS A UND PSI K IN NM: 9.81

Tabelle 6a, b. Meßwerte zu Bild 7a, b

BAM-2.14, DEN 6.12.1982
PROGRAMM *KAPSAUGPLOT*, VERSION VOM 2.7.1982.

BESTIMMUNG DER KAPILL. WASSERAUFNAHME

SERIE: Dierks TU
PROBENBEZEICHNUNG : Mauerziegel 5
BEMERKUNG: getrocknet bei 105°C
PROBENHOEHE IN CM : 3.4
PROBENDURCHMESSER IN CM: 5
SAUGFLAECHE IN CM² : 19.63

LFD-NR.	ZEIT H	ZEIT Ht0.5	GEWICHT G	GEWICHTS ZUNAHME G	WASSER AUFNAHME KG/Mt2
1	.00	.00	150.8	.0	.000
2	.00	.08	152.1	1.3	.662
3	.04	.20	152.5	1.6	.866
4	.17	.42	153.1	2.3	1.171
5	.50	.71	153.6	2.8	1.426
6	1.00	1.00	154.0	3.1	1.630
7	1.15	1.07	154.2	3.3	1.732
8	2.15	1.47	154.5	3.6	1.884
9	3.15	1.77	154.8	4.0	2.037
10	5.15	2.27	155.2	4.3	2.241
11	23.00	4.80	156.3	5.5	2.801
12	26.00	5.10	156.3	5.5	2.801
13	29.00	5.39	156.3	5.5	2.801
14	47.00	6.86	156.6	5.8	2.954
15	119.00	10.91	157.4	6.5	3.361
16	143.00	11.96	157.4	6.5	3.361
17	216.00	14.70	157.7	6.8	3.514
18	288.00	16.97	158.1	7.3	3.718

**** AUSGLEICHSGERADEN Y=(M*X)+B **** (Rt2=BESTIMMTHEITSMASS)

VOR DEM KNICKPUNKT:

LFD-NR. DER MESSWERTE: 2 3 4 5 6 7
N= 6 Rt2= .97877
M= 1.0203
B= .656

NACH DEM KNICKPUNKT:

LFD-NR. DER MESSWERTE: 11 12 13 14 15 16 17 18
N= 8 Rt2= .98593
M= .0773
B= 2.423

**** KNICKPUNKT UND KENNWERTE ****

XS Ht0.5	YS KG/Mt2	A KG/(Mt2*Ht0.5)	PSI K Mt3/Mt3	B M/Ht0.5
1.874	2.568	1.020	0.07553	0.01351

KAPILLARRADIUS AUS A UND PSI K IN NM: 1.41

BAM-2.14, DEN 6.12.1982
PROGRAMM *KAPSAUGPLOT*, VERSION VOM 2.7.1982.

BESTIMMUNG DER KAPILL. WASSERAUFNAHME

SERIE: Dierks TU
PROBENBEZEICHNUNG : Mauerziegel 7
BEMERKUNG: getrocknet bei 105°C
PROBENHOEHE IN CM : 3.39
PROBENDURCHMESSER IN CM: 5
SAUGFLAECHE IN CM² : 19.63

LFD-NR.	ZEIT H	ZEIT Ht0.5	GEWICHT G	GEWICHTS ZUNAHME G	WASSER AUFNAHME KG/Mt2
1	.00	.00	151.3	.0	.000
2	.00	.08	152.3	1.0	.509
3	.04	.20	152.7	1.3	.713
4	.17	.42	153.2	1.8	.968
5	.50	.71	153.6	2.3	1.171
6	1.00	1.00	154.1	2.8	1.426
7	1.15	1.07	154.2	2.8	1.477
8	2.15	1.47	154.5	3.3	1.681
9	3.15	1.77	154.8	3.5	1.783
10	5.15	2.27	155.2	3.8	1.986
11	23.00	4.80	156.4	5.0	2.597
12	26.00	5.10	156.4	5.0	2.597
13	29.00	5.39	156.5	5.1	2.648
14	47.00	6.86	156.8	5.5	2.801
15	119.00	10.91	157.7	6.3	3.259
16	143.00	11.96	157.8	6.5	3.310
17	216.00	14.70	158.3	7.0	3.565
18	288.00	16.97	158.7	7.3	3.769

**** AUSGLEICHSGERADEN Y=(M*X)+B **** (Rt2=BESTIMMTHEITSMASS)

VOR DEM KNICKPUNKT:

LFD-NR. DER MESSWERTE: 2 3 4
N= 3 Rt2= .98823
M= 1.3489
B= .415

NACH DEM KNICKPUNKT:

LFD-NR. DER MESSWERTE: 11 12 13 14 15 16 17 18
N= 8 Rt2= .99644
M= .0936
B= 2.124

**** KNICKPUNKT UND KENNWERTE ****

XS Ht0.5	YS KG/Mt2	A KG/(Mt2*Ht0.5)	PSI K Mt3/Mt3	B M/Ht0.5
1.367	2.258	1.349	0.06662	0.02025

KAPILLARRADIUS AUS A UND PSI K IN NM: 3.16

Tabelle 6c, d. Meßwerte zu Bild 7c, d

BESTIMMUNG DER KAPILL. WASSERAUFNAHME

SERIE: Dierks TU
PROBENBEZEICHNUNG : Mauerziegel 10
BEMERKUNG: getrocknet bei 105°C
PROBENHOEHE IN CM : 3.39
PROBENDURCHMESSER IN CM: 5
SAUGFLAECHE IN CM² : 19.63

LFD-NR.	ZEIT H	ZEIT Ht0.5	GEWICHT G	GEWICHTS ZUNAHME G	WASSER AUFNAHME KG/Mt2
1	.00	.00	147.4	.0	.000
2	.00	.08	149.1	1.7	.866
3	.04	.20	149.7	2.3	1.171
4	.17	.42	150.5	3.1	1.579
5	.50	.71	151.1	3.7	1.884
6	1.00	1.00	151.5	4.1	2.088
7	1.15	1.07	151.6	4.2	2.139
8	2.15	1.47	152.0	4.6	2.343
9	3.15	1.77	152.0	4.6	2.343
10	5.15	2.27	152.2	4.8	2.445
11	23.00	4.80	153.1	5.7	2.903
12	26.00	5.10	153.1	5.7	2.903
13	29.00	5.39	153.1	5.7	2.903
14	47.00	6.86	153.4	6.0	3.056
15	119.00	10.91	154.4	7.0	3.565
16	143.00	11.96	154.5	7.1	3.616
17	216.00	14.70	155.0	7.6	3.871

////// AUSGLEICHSGERADEN Y=(M*X)+B //// (Rt2=BESTIMMTHEITSMASS)

VOR DEM KNICKPUNKT:

LFD-NR. DER MESSWERTE: 2 3 4 5
N= 4 Rt2= .96458
M= 1.6046
B= .81

NACH DEM KNICKPUNKT:

LFD-NR. DER MESSWERTE: 11 12 13 14 15 16 17
N= 7 Rt2= .99307
M= .1037
B= 2.375

////// KNICKPUNKT UND KENNWERTE ////

XS Ht0.5	YS KG/Mt2	A KG/(Mt2*Ht0.5)	PSI K Mt3/Mt3	B M/Ht0.5
1.042	2.483	1.605	0.07324	0.02191

KAPILLARRADIUS AUS A UND PSI K IN NM: 3.7

BESTIMMUNG DER KAPILL. WASSERAUFNAHME

SERIE: Dierks TU
PROBENBEZEICHNUNG : Mauerziegel 11
BEMERKUNG: getrocknet bei 105°C
PROBENHOEHE IN CM : 3.42
PROBENDURCHMESSER IN CM: 5
SAUGFLAECHE IN CM² : 19.63

LFD-NR.	ZEIT H	ZEIT Ht0.5	GEWICHT G	GEWICHTS ZUNAHME G	WASSER AUFNAHME KG/Mt2
1	.00	.00	152.2	.0	.000
2	.00	.08	154.3	2.1	1.070
3	.04	.20	155.2	3.0	1.528
4	.17	.42	156.1	3.9	1.986
5	.50	.71	156.8	4.6	2.343
6	1.00	1.00	157.3	5.1	2.597
7	1.15	1.07	157.5	5.3	2.699
8	2.15	1.47	157.8	5.6	2.852
9	3.15	1.77	157.9	5.6	2.903
10	5.15	2.27	158.1	5.9	3.005
11	23.00	4.80	158.8	6.6	3.361
12	26.00	5.10	158.8	6.6	3.361
13	29.00	5.39	158.8	6.6	3.361
14	47.00	6.86	159.2	7.0	3.565
15	119.00	10.91	160.0	7.8	3.973

////// AUSGLEICHSGERADEN Y=(M*X)+B //// (Rt2=BESTIMMTHEITSMASS)

VOR DEM KNICKPUNKT:

LFD-NR. DER MESSWERTE: 2 3 4
N= 3 Rt2= .97044
M= 2.6678
B= .905

NACH DEM KNICKPUNKT:

LFD-NR. DER MESSWERTE: 10 11 12 13 14 15
N= 6 Rt2= .99129
M= .1103
B= 2.788

////// KNICKPUNKT UND KENNWERTE ////

XS Ht0.5	YS KG/Mt2	A KG/(Mt2*Ht0.5)	PSI K Mt3/Mt3	B M/Ht0.5
.737	2.870	2.668	0.08391	0.03179

KAPILLARRADIUS AUS A UND PSI K IN NM: 7.79

Tabelle 6e, f. Meßwerte zu Bild 7e, f

BESTIMMUNG DER KAPILL. WASSERAUFNAHME

SERIE: Dierks TU
 PROBENBEZEICHNUNG : Mauermoertel 2
 BEMERKUNG: getrocknet bei 105°C
 PROBENHOEHE IN CM : .67
 PROBENDURCHMESSER IN CM: 5.24
 SAUGFLAECHE IN CM² : 21.57

LFD-NR.	ZEIT H	ZEIT Ht0.5	GEWICHT G	GEWICHTS ZUNAHME G	WASSER AUFNAHME KG/Mt2
1	.00	.00	26.8	.0	.000
2	.00	.08	27.8	1.0	.464
3	.02	.15	28.2	1.4	.649
4	.04	.20	28.5	1.7	.788
5	.09	.30	29.0	2.2	1.020
6	.17	.42	29.4	2.6	1.206
7	.25	.50	29.6	2.8	1.298
8	.50	.71	29.9	3.1	1.438
9	1.00	1.00	29.9	3.1	1.438
10	1.50	1.22	29.9	3.1	1.438
11	2.00	1.41	29.9	3.1	1.438
12	3.00	1.73	29.9	3.1	1.438
13	4.00	2.00	29.9	3.1	1.438
14	5.00	2.24	29.9	3.1	1.438
15	6.00	2.45	29.9	3.1	1.438
16	7.00	2.65	29.9	3.1	1.438
17	24.00	4.90	30.0	3.2	1.484
18	30.00	5.48	30.0	3.2	1.484
19	48.00	6.93	30.1	3.3	1.530

**** AUSGLEICHSGERADEN $Y=(M*X)+B$ **** (Rt2=BESTIMMTHEITSMASS)
 VOR DEM KNICKPUNKT:

LFD-NR. DER MESSWERTE: 2 3 4
 N= 3 Rt2= .99978
 M= 2.7862
 B= .229

NACH DEM KNICKPUNKT:

LFD-NR. DER MESSWERTE: 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17
 18
 N= 12 Rt2= .42062
 M= .0192
 B= 1.391

**** KNICKPUNKT UND KENNWERTE ****

Xs	Ys	A	PSI K	B
Ht0.5	KG/Mt2	KG/(Mt2*Ht0.5)	Mt3/Mt3	M/Ht0.5
.420	1.400	2.786	0.20889	0.01334

KAPILLARRADIUS AUS A UND PSI K IN NM: 1.37

BESTIMMUNG DER KAPILL. WASSERAUFNAHME

SERIE: Dierks TU
 PROBENBEZEICHNUNG : Mauermoertel 4
 BEMERKUNG: getrocknet bei 105°C
 PROBENHOEHE IN CM : .87
 PROBENDURCHMESSER IN CM: 5.21
 SAUGFLAECHE IN CM² : 21.32

LFD-NR.	ZEIT H	ZEIT Ht0.5	GEWICHT G	GEWICHTS ZUNAHME G	WASSER AUFNAHME KG/Mt2
1	.00	.00	34.5	.0	.000
2	.00	.08	35.4	.9	.422
3	.02	.15	35.9	1.4	.657
4	.04	.20	36.2	1.7	.797
5	.09	.30	36.9	2.4	1.126
6	.17	.42	37.5	3.0	1.407
7	.25	.50	37.8	3.3	1.548
8	.50	.71	37.9	3.4	1.595
9	1.00	1.00	37.9	3.4	1.595
10	1.50	1.22	38.0	3.5	1.642
11	2.00	1.41	38.0	3.5	1.642
12	3.00	1.73	38.0	3.5	1.642
13	4.00	2.00	38.0	3.5	1.642
14	5.00	2.24	38.0	3.5	1.642
15	6.00	2.45	38.0	3.5	1.642
16	7.00	2.65	38.0	3.5	1.642
17	24.00	4.90	38.1	3.5	1.689
18	30.00	5.48	38.1	3.5	1.689
19	48.00	6.93	38.2	3.7	1.736

**** AUSGLEICHSGERADEN $Y=(M*X)+B$ **** (Rt2=BESTIMMTHEITSMASS)
 VOR DEM KNICKPUNKT:

LFD-NR. DER MESSWERTE: 2 3 4 5
 N= 4 Rt2= .99941
 M= 3.233
 B= .156

NACH DEM KNICKPUNKT:

LFD-NR. DER MESSWERTE: 10 11 12 13 14 15 16 17 18
 N= 9 Rt2= .89794
 M= .013
 B= 1.617

**** KNICKPUNKT UND KENNWERTE ****

Xs	Ys	A	PSI K	B
Ht0.5	KG/Mt2	KG/(Mt2*Ht0.5)	Mt3/Mt3	M/Ht0.5
.454	1.623	3.233	0.18657	0.01733

KAPILLARRADIUS AUS A UND PSI K IN NM: 2.32

Tabelle 6g, h. Meßwerte zu Bild 7g, h

BESTIMMUNG DER KAPILL. WASSERAUFNAHME

SERIE: Dierks TU
PROBENBEZEICHNUNG : Mauermoertel 10
BEMERKUNG: getrocknet bei 105°C
PROBENHOEHE IN CM : .87
PROBENDURCHMESSER IN CM: 5.21
SAUGFLAECHE IN CM² : 21.32

LFD-NR.	ZEIT H	ZEIT H±0.5	GEWICHT G	GEWICHTS ZUNAHME G	WASSER AUFNAHME KG/M ²
1	.00	.00	36.4	.0	.000
2	.00	.00	37.1	.6	.328
3	.02	.15	37.4	1.0	.469
4	.04	.20	37.6	1.1	.563
5	.09	.30	38.1	1.6	.797
6	.17	.42	38.6	2.1	1.032
7	.25	.50	39.0	2.5	1.220
8	.50	.71	39.3	2.8	1.360
9	1.00	1.00	39.3	2.8	1.360
10	1.50	1.22	39.4	3.0	1.407
11	2.00	1.41	39.4	3.0	1.407
12	3.00	1.73	39.4	3.0	1.407
13	4.00	2.00	39.4	3.0	1.407
14	5.00	2.24	39.4	3.0	1.407
15	6.00	2.45	39.4	3.0	1.407
16	7.00	2.65	39.4	3.0	1.407
17	24.00	4.90	39.5	3.1	1.454
18	30.00	5.48	39.6	3.1	1.501
19	48.00	6.93	39.6	3.1	1.501

**** AUSGLEICHSGERADEN Y=(M*X)+B **** (R²=BESTIMMTHEITSMASS)
VOR DEM KNICKPUNKT:

LFD-NR. DER MESSWERTE: 2 3 4 5 6 7
N= 6 R²= .99953
M= 2.1437
B= .144

NACH DEM KNICKPUNKT:

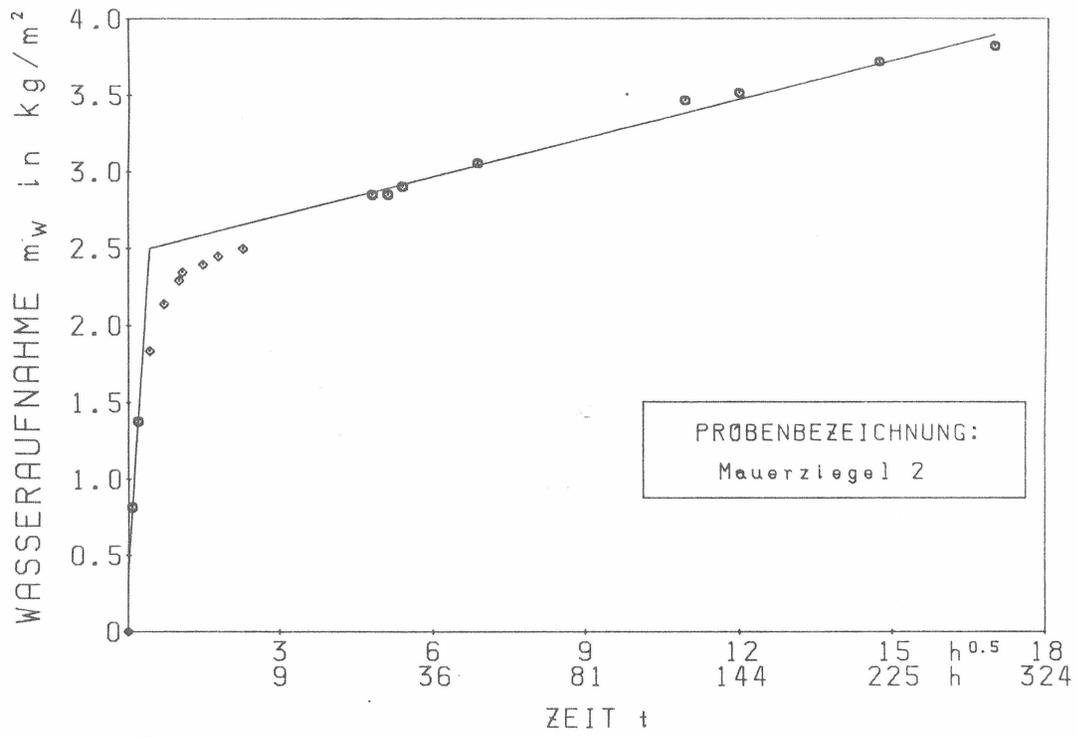
LFD-NR. DER MESSWERTE: 10 11 12 13 14 15 16 17 18
N= 9 R²= .84713
M= .0203
B= 1.369

**** KNICKPUNKT UND KENNWERTE ****

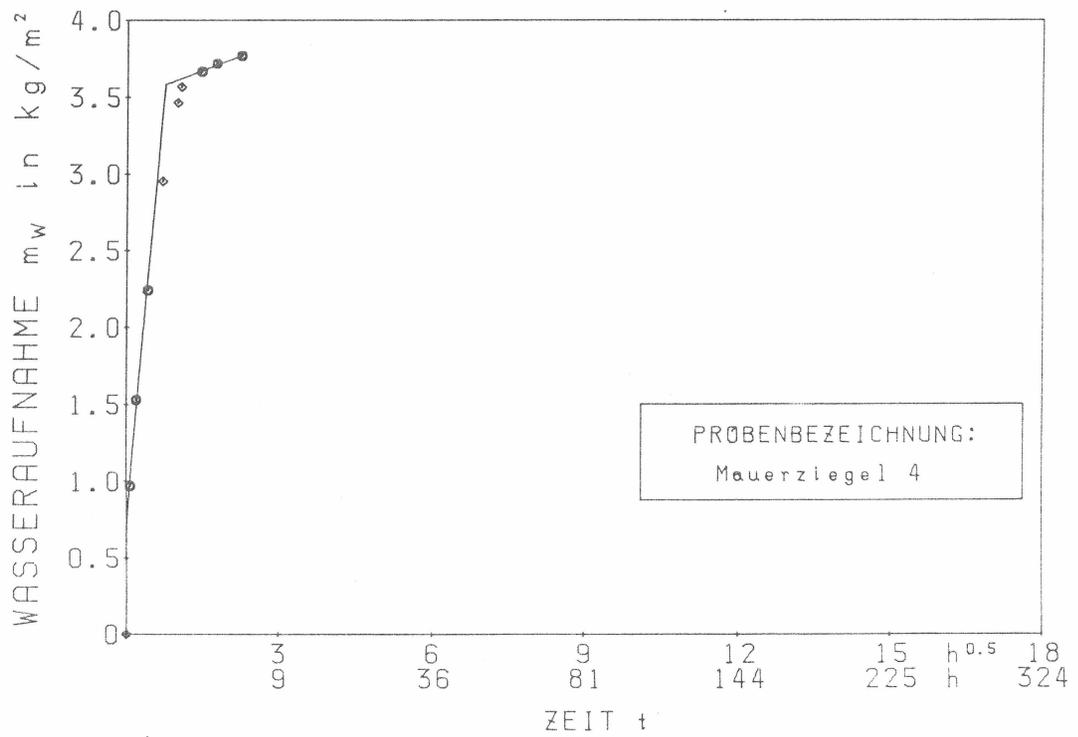
X _S H±0.5	Y _S KG/M ²	A KG/(CM ² *H±0.5)	PSI K M ³ /M ³	B M/H±0.5
.576	1.380	2.144	0.15865	0.01351

KAPILLARRADIUS AUS A UND PSI K IN NM: 1.41

Tabelle 6i. Meßwerte zu Bild 7i

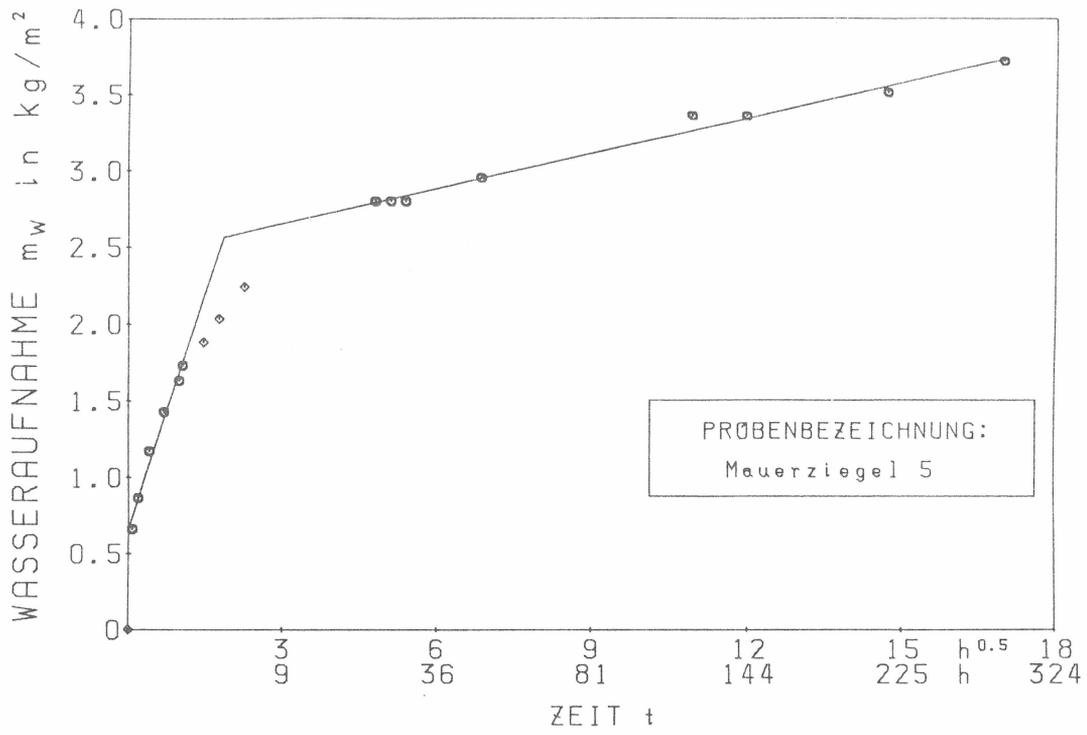


a.

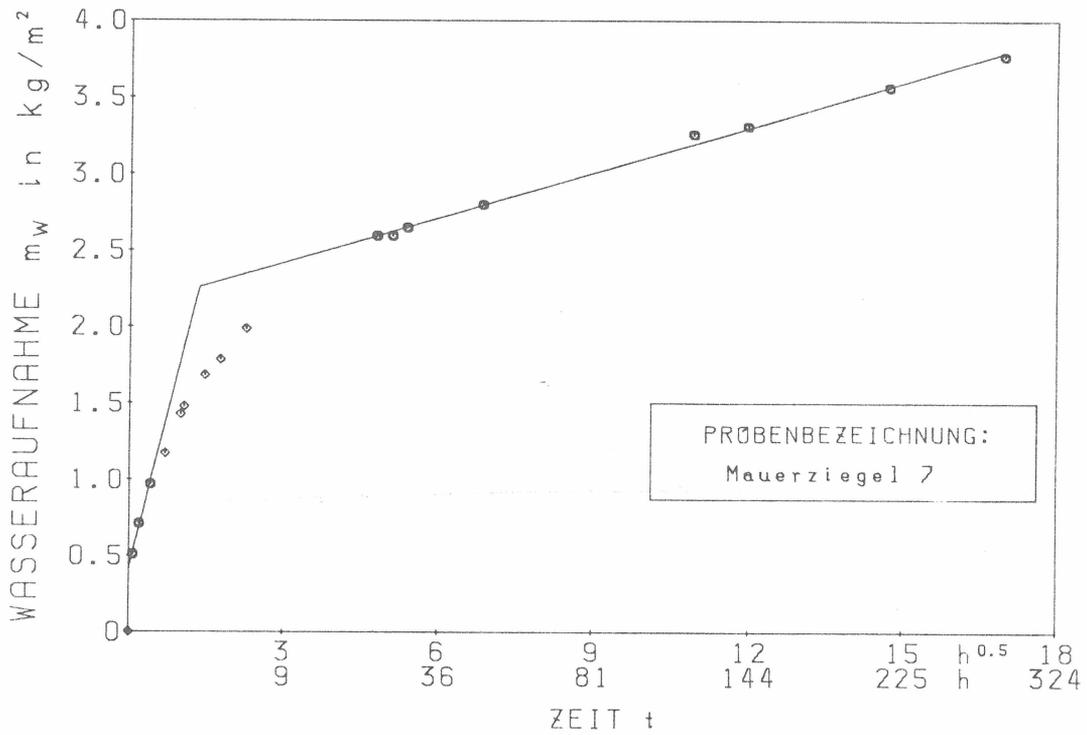


b.

Bild 7a, b. Kapillare Wasseraufnahme

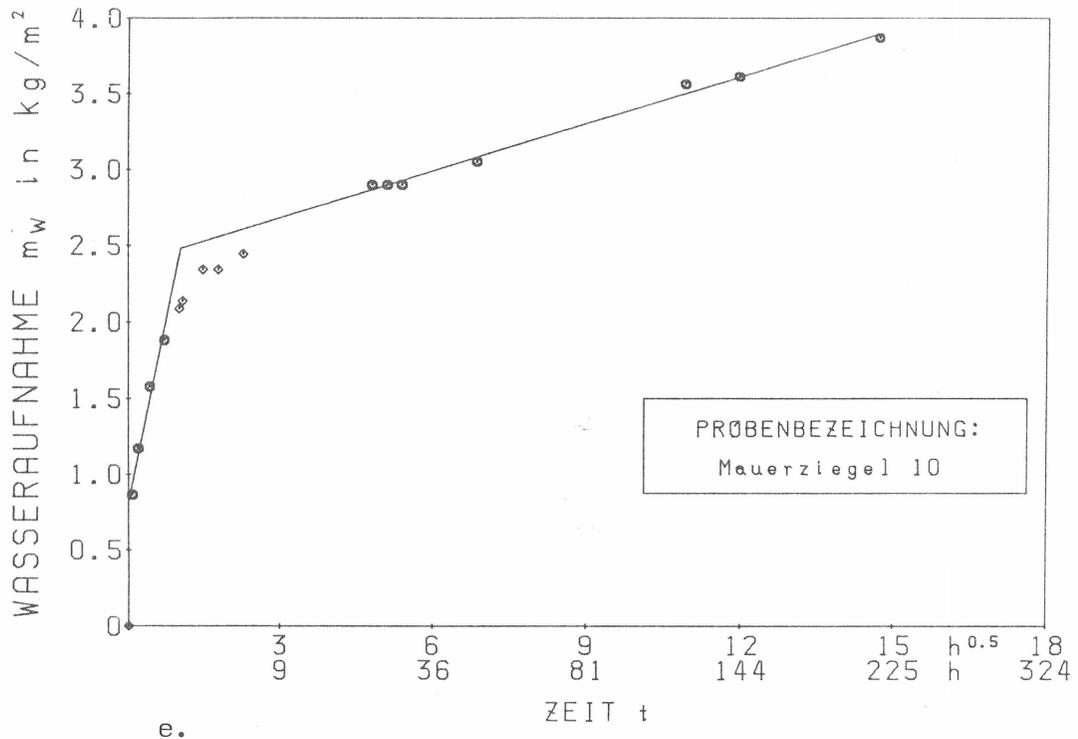


c.

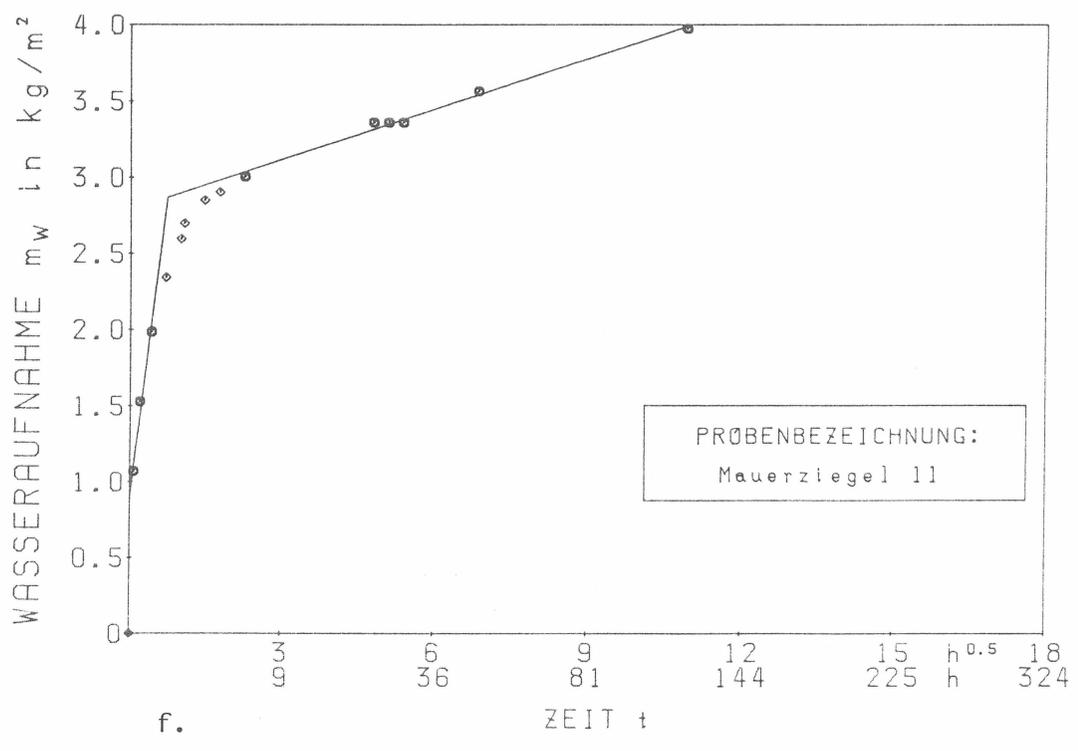


d.

Bild 7c, d. Kapillare Wasseraufnahme



e.



f.

Bild 7e, f. Kapillare Wasseraufnahme

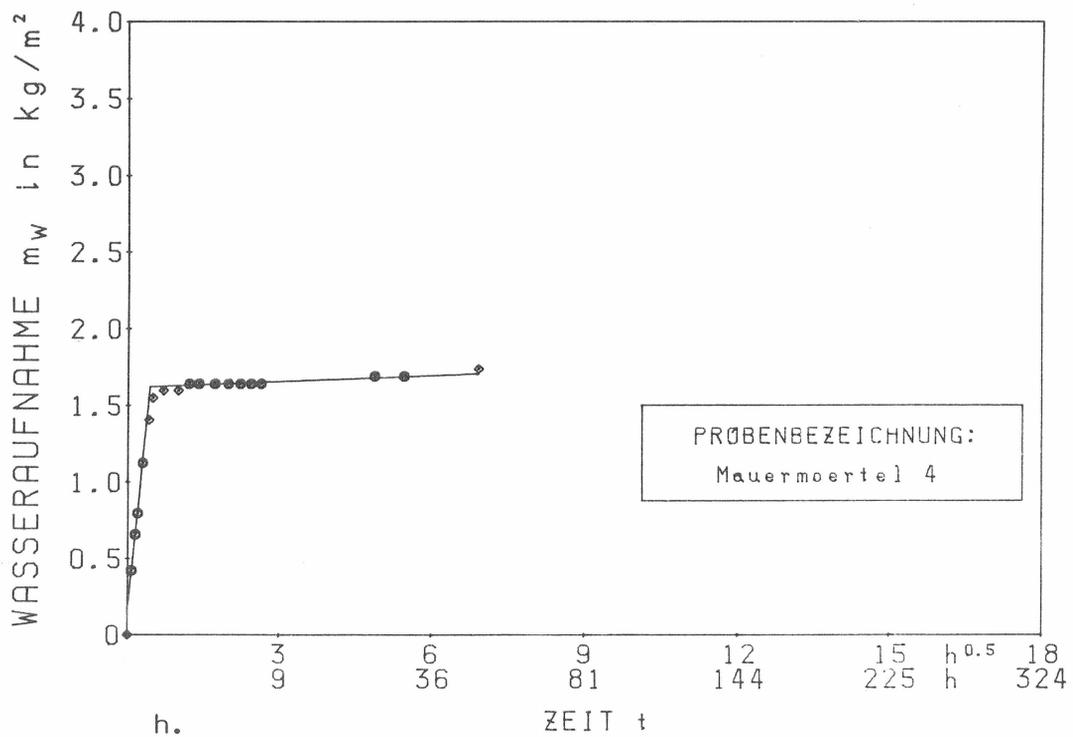
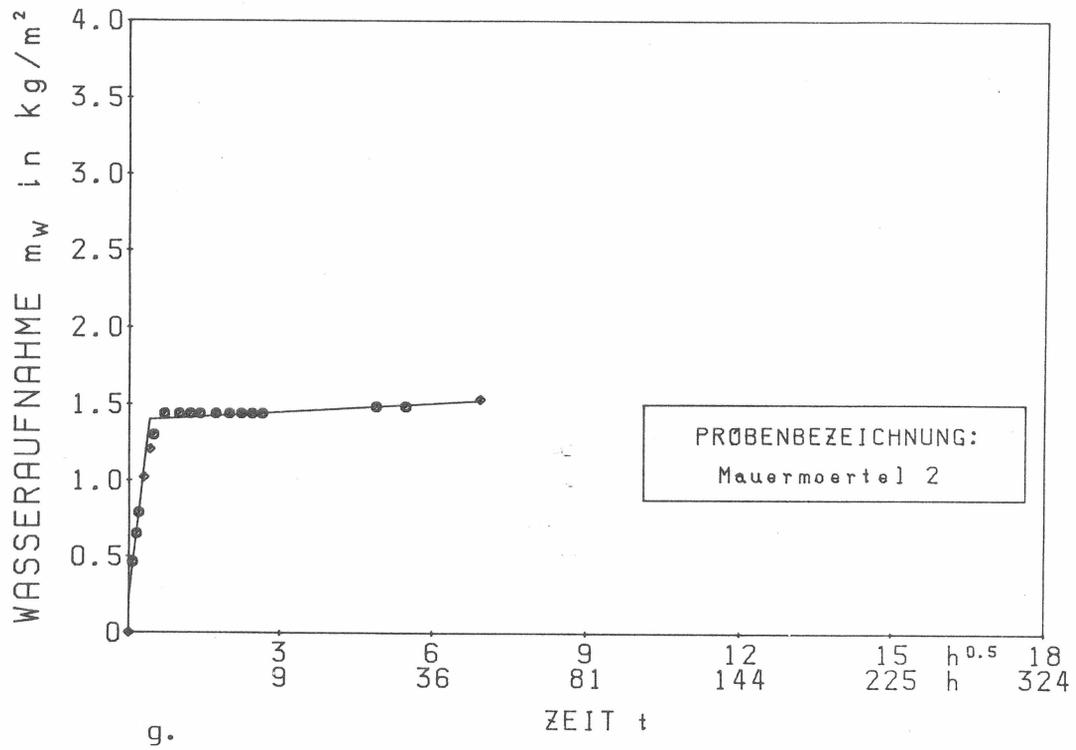


Bild 7g, h. Kapillare Wasseraufnahme

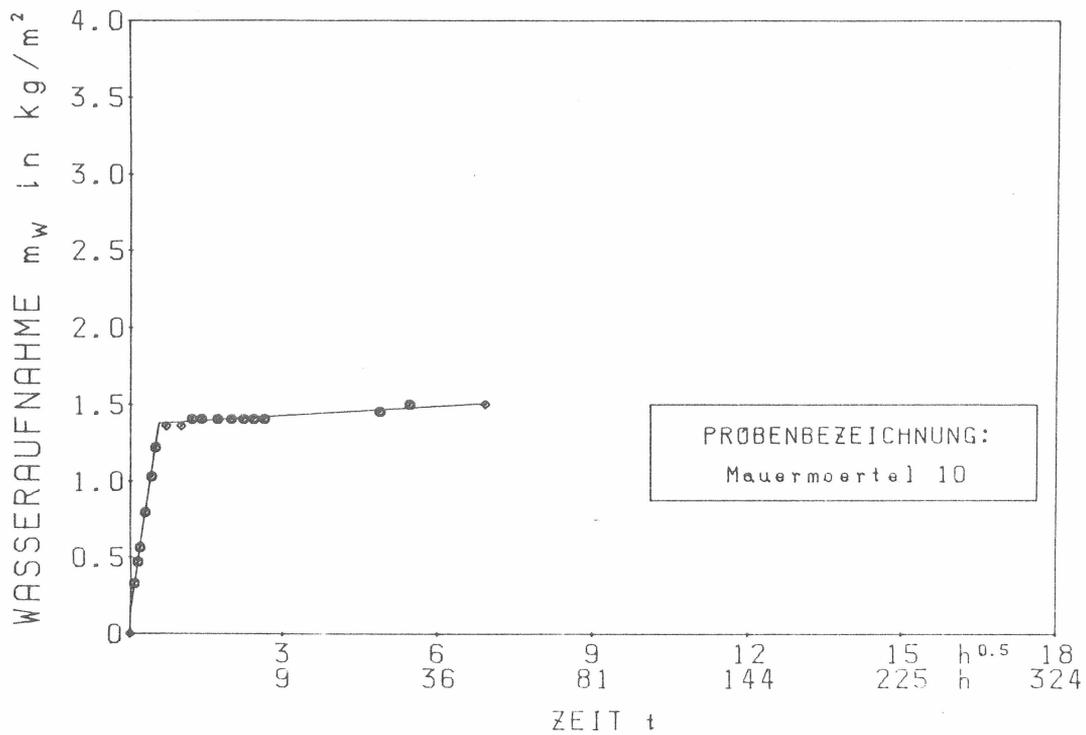


Bild 7i. Kapillare Wasseraufnahme

starken Korrosionsangriffs, der sich vor Versuchsausführung meß-technisch nicht erfassen ließ, streuen auch die Festigkeitswerte erheblich.

Alle in Tabelle 7 aufgeführten Versuchsergebnisse sind aus o.g. Gründen nicht als spezifische Eigenschaften des Baustahls anzusehen; sie kennzeichnen vielmehr nur das mechanische Verhalten des Halbzeuges in vorliegendem Zustand in ausgewählten Bereichen.

Tabelle 7. Ergebnisse der Zugversuche

Probenbezeichnung	Streckgrenze R_e N/mm ²	Zugfestigkeit R_m kN/mm ²	Bruchdehnung A_{10} %	Brucheinschnürung Z %
H7/6.9	271	399	23	64
H5/6.10	496	554	15	44
F16/6.4	297	393	21	55
D5/5.12-4.1	358	414	17	67
D5-7/6.1	262	298	--	--
ohne Kennzeich.	354	388	18	65
D7/6.10	298	391	18,5	72



Bild 8. Ziegelprobe mit Mörtel und eingebetteter Bewehrung
BAM-Proben-Nr. 8



Bild 9. Detail von der Probe D7/6.10, Bild 8



Bild 10. Ziegelprobe mit Mörtel und eingebetteter Bewehrung
BAM-Proben-Nr. 9



Bild 11. BAM-Proben-Nr. 4 (vgl. Bild 6)

4.4 Feuchtigkeitsgehalt der Schlacke

An den Proben wurde nur der Feuchtigkeitsgehalt ermittelt. Die Ergebnisse sind aus Tabelle 8 abzulesen. (In dem Bericht des Instituts für Baukonstruktionen und Festigkeit wird die Schlackenprobe als "Gefällebeton" bezeichnet).

Tabelle 8. Feuchtigkeitsgehalt der Schlacke

Lage	Proben Nr.	Einwaage g	Feuchtigkeitsgehalt Masse-%
B/6.1	009	936,4	13,7
D/6.1	006	587,0	10,2

4.5 Feuchtigkeitsgehalt des Dämmstoffes

An den Proben wurde der Feuchtigkeitsgehalt bestimmt, deren Ergebnisse in Tabelle 9 eingetragen sind.

Tabelle 9. Feuchtigkeitsgehalt im Dämmstoff

Lage	Proben Nr.	Einwaage g	Feuchtigkeitsgehalt Masse-%
B14/6.7	001	25,4	10,5
F15/6.1-6.3	012	56,1	12,2

5. Auswertung der Untersuchungen

Die Qualität des aus den Bildern L39 bis L539 ersichtlichen Zustandes der Mauerwerkschale wechselt von Ort zu Ort sehr stark. Neben vielen Bereichen mit stark verwittertem, brüchigem Fugenmörtel finden sich auch Flächen mit druckfestem und fest an den Ziegeln haftenden Mörtel.

Als Beispiel für Flächen mit besonders weichem Fugenmörtel, bei dem sich die einzelnen Ziegel leicht mit der Hand abtragen ließen, sind insbesondere die Felder B1-15/4.1-11 und F13-18/4.11-13 zu nennen. Sehr weich war auch der Mörtel der Sperrschicht zwischen Ziegel und Dämmung im Bereich F1-12/3.1-2. Die Sperrschicht hatte überhaupt in der Regel nur ein lockeres Gefüge mit vielen Fehlstellen.

In überdurchschnittlich gutem Zustand war der Mörtel in den Feldern D1-11/4.7-13 und H1-11/5.6-4.6. Die Ziegel hafteten fest am Fugenmörtel und an der Innenschale aus Bimsbetonsteinen. Der Augenschein ließ vermuten, daß der Mörtel an verschiedenen Stellen deutlich unterschiedlich zusammengesetzt war. Die Untersuchungsergebnisse haben diesen Verdacht hinsichtlich des Bindemittelgehaltes bis zu einem gewissen Grade bestätigt (vgl. Tab.2). Das Verhältnis Bindemittel zu Zuschlag schwankt zwischen 1:3,0 und 1:6,9. Bei 6 von 10 Proben lag das Verhältnis unter 1:4. Die Bindemittelzusammensetzung konnte nur an 3 Proben genauer ermittelt werden. Das Untersuchungsergebnis deutet darauf hin, daß zur Herstellung des Mörtels Zement mit etwas hydraulisch erhärtetem Kalk verwendet wurde. Insgesamt ist davon auszugehen, daß der verwendete Mörtel allein wegen des verbreiteten zu kleinen Mischungsverhältnisses in weiten Bereichen nicht den Anforderungen der DIN 1053, Ausgabe 1974 an Mörtel für bewehrtes Mauerwerk entsprach. DIN 1053, Ausgabe 1974 schreibt für bewehrtes Mauerwerk Mörtelgruppe III - also ein Verhältnis Zement zu Sand in Raumteilen von 1:4 - vor.

Alles in allem war das Mauerwerk im Bereich der Treppenhäuser in einem etwas besseren Zustand als im Wohnbereich. In den oberen Geschossen zeigten sich mehr Gefügeschäden im Mörtel als in den unteren. Besonders angegriffen war der Bereich von der Dachkante bis zur Oberkante der oberen Fensterreihe.

Das Einsprühen des frisch gebrochenen Mörtels mit Phenolphthaleinlösung zeigte nur an wenigen Stellen eine deutliche Rotfärbung. Intensive Rotfärbungen sind zu erkennen auf den Bildern: L67, L68, L71, L198, L205, L206, L382 bis L384, L510. Spuren von Rotfärbungen finden sich auf den Bildern: L6, L42 bis L44, L47 bis L51, L53 bis L58, L60. L64, L84, L87 bis L89, L99, L100, L114 bis L116, L118, L186, L187, L189, L190, L192, L193, L200, L207, L212 bis L214, L216, L221 bis L231, L238 bis L242, L398 bis L401, L403 bis L416, L465 bis L467, L485 bis L489, L492 bis L496, L503, L508-L511, L521, L525, L536 bis L538.

Die Verteilung der Stellen mit alkalischer Reaktion ist Bild 12

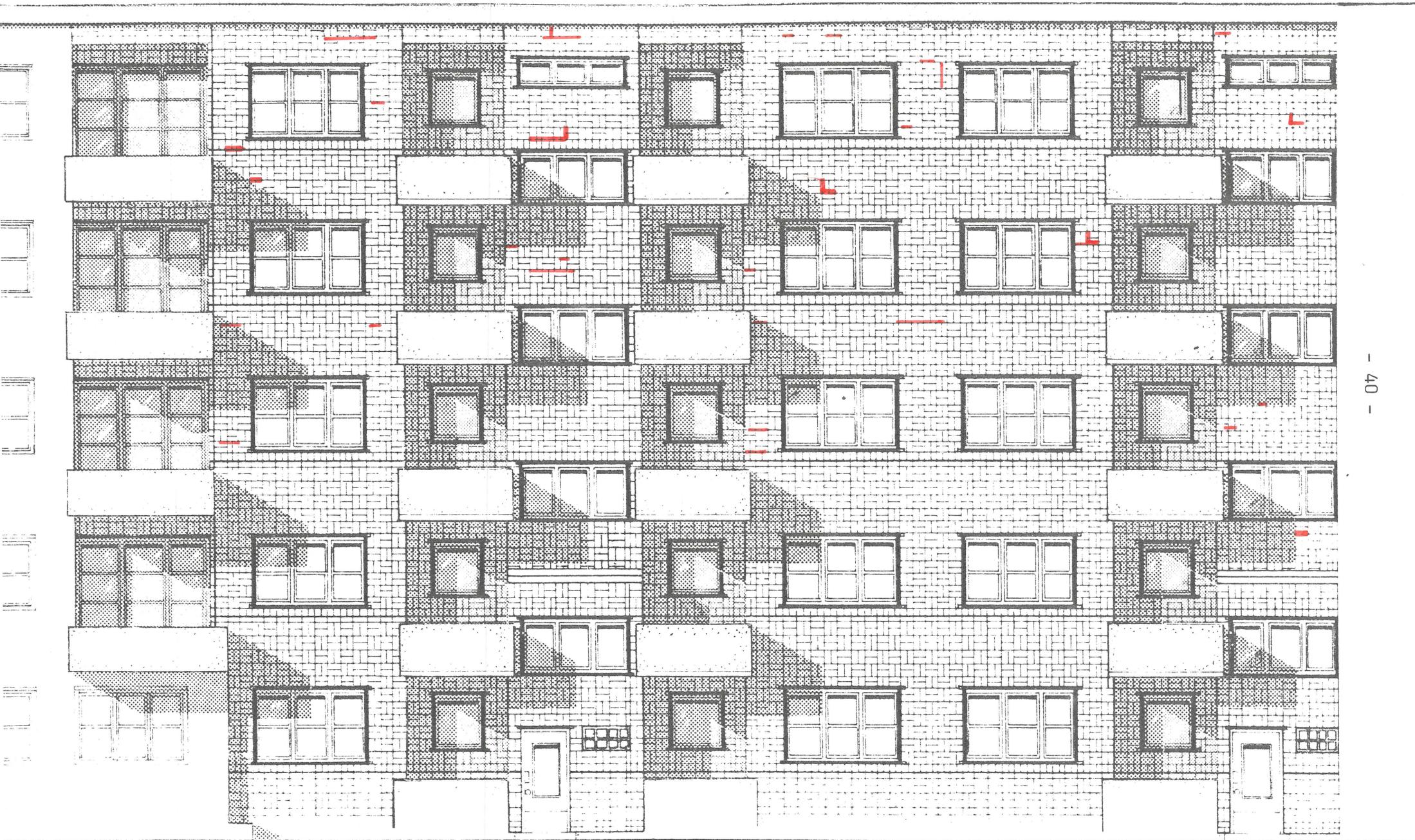


Bild 12. Stellen mit alkalischer Reaktion nach dem Einsprühen mit Phenolphtaleinlösung

zu entnehmen. Warum gerade an diesen Orten Spuren von Alkalität anzutreffen waren und an den anderen nicht, ist nicht schlüssig zu erklären. Möglicherweise sind die Stellen intensiver Reaktion (B2/5.1, B4/5.4, F7/5.5, F27/5.9, D3-5/6.10 und H2/4.11) auf Ausbesserungen zurückzuführen, die nach Auskunft des Eigentümers im Laufe der Standzeit mehrfach vorgenommen wurden. Die Ausbesserungen bezogen sich dabei im wesentlichen auf die Verfürgung freiliegender Fugen und das Einmauern locker liegender Steine. Für diese These spricht, daß die Rotfärbungen sich in den oberen Geschossen häufen, wo der schlechtere Zustand des Mauerwerks Ausbesserungen erforderte, während sich derartige Reparaturen in den unteren Geschossen erübrigten.

Die Stellen schwacher Alkalität könnten nach dieser These zu länger zurückliegenden Reparaturen gehören. Leider wurde während des Abbruchs versäumt, auf den möglichen Zusammenhang zu achten, weil die Frage noch nicht gestellt war. (Eine sehr junge Reparaturstelle ist übrigens in Bild L26 zu erkennen). Worauf auch immer die vorgefundene Alkalität zurückzuführen sein mag, insgesamt hat ein Korrosionsschutz der Bewehrung durch Alkalität so gut wie nicht mehr bestanden.

Zur Aufdeckung einer möglichen Systematik in der Verteilung des Korrosionsgrades der Bewehrung wurden 3 Klassen unterschiedlichen Korrosionsgrades gebildet:

- Klasse 1: keine Korrosion bis leichte Korrosion ohne im Bild erkennbare tiefere Narben, in Anlage 1 grün eingetragen,
- Klasse 2: stärkere Korrosion, deutlich sichtbare Narben, in Anlage 1 blau eingetragen,
- Klasse 3: weit fortgeschrittene Korrosion, deutlich sichtbarer Materialabtrag bis zur völligen Auflösung, in Anlage 1 rot eingetragen.

Da für die Bewehrung ein alkalischer Korrosionsschutz weitgehend entfällt, müßte der Korrosionsgrad im wesentlichen von den jeweiligen längerfristigen Feuchtigkeitsgehalten der den Stahl umgebenden Medien abhängen. Anlage 1 gibt diesen Zusammenhang in der Tat wieder.

Der Dachkantenbereich ist in zweifacher Hinsicht durch Feuchtigkeit besonders beansprucht. Zum einen wird bei Schlagregen der Dachkantenbereich durch Wirbelbildung stärker beaufschlagt als der übrige Bereich der Fassade und zum anderen ist offensichtlich auch von hinten Feuchtigkeit aus der Schlackenschicht in die Mauerwerkschale gedrungen. Der Mörtel liegt an vielen Stellen lose oder ist ausgewaschen. Das Gefüge der Mauerschale ist insgesamt gelockert und bietet eindringender Feuchtigkeit reichlich Raum in Rissen, Schlitzfenstern und Fugen. Die Bewehrung ist entsprechend stark korrodiert. Eine Ausnahme zeigen die Bilder L43, L44. Hier ist der Stahl auf einer Länge von 1 m in besonders gutem Zustand. Die Rotfärbung deutet darauf hin, daß an dieser Stelle ausnahmsweise Alkalität einen hinreichenden Korrosionsschutz bewirkt hat.

Auffallend weit ist die Korrosion über fast allen Fenstern fortgeschritten. Offensichtlich ist häufig Niederschlagswasser von dem Tropfbrett nach rückwärts in die Fuge gedrungen und hat sich dort gestaut. Bild L25 zeigt einen hilflosen Versuch, solche Feuchtigkeit abzuwehren. Aufschlußreich ist in diesem Zusammenhang die Fuge Fl-28/2.6 (Anlage 1 und Bilder L313 bis 340). Links vom Fenster ist der Stahl in relativ gutem Zustand (Bilder L313 bis L315). Ohne Übergang beginnt über der Fenstergrenze ein Abschnitt mit weitgehender Korrosion (Bilder L316 bis L322). In der Wand zwischen den Fenstern ist der Zustand deutlich besser (Bilder L323 bis L329). Über dem nächsten Fenster ist die Korrosion wieder weit fortgeschritten (Bilder L330 bis L339), und in der linken Wand ist der Zustand wieder gut (Bild L340).

Augenscheinlich ist die Bewehrung vor den Wohnbereichen alles in allem weitergehend korrodiert als vor den Treppenhäusern. Es bleibt offen, ob daraus auf höheren Feuchtigkeitsgehalt durch Tauwasserbildung im Wohnbereich geschlossen werden kann, oder ob es sich um eine Folge des unterschiedlichen Aufbaus der Innenwandschalen handelt. In beiden Bereichen nimmt der Korrosionsgrad von den oberen Geschossen zu den unteren Geschossen hin ab, was nicht ausschließt, daß auch im Erdgeschoß noch stark korrodierte Stababschnitte vorkommen (Bild L341).

Ein Zusammenhang zwischen Mörteldeckung und Korrosionsschutz läßt sich unabhängig von den übrigen Einflüssen nicht nachweisen. In Bild L357 ist ein gut erhaltener Stahl mit 3 cm Mörteldeckung zu erkennen. Der Stahl im nächsten Bild L358 mit 2 cm Mörteldeckung ist nicht stärker korrodiert, und das gut erhaltene Stück in Bild L267 (auch L525, L526) hatte nur eine wenige mm dicke Mörteldeckung. Andererseits hatten viele weit korrodierte Stäbe eine mehr als 5 cm dicke Überdeckung (Bild L261). Ein gewisser Zusammenhang besteht aber zwischen der Gefügedichte des Mörtels und dem Korrosionsgrad. In den erwähnten Bereichen besonders weichen Fugenmörtels ist auch die Bewehrung in besonders schlechtem Zustand und in den Bereichen guten Mörtels ist die Bewehrung zumindest der Klasse 2 zuzuordnen. Je dichter der Mörtel desto geringer die Feuchtigkeitsaufnahme und damit die Beanspruchung der Bewehrung. Ein Beispiel festen aber porösen Mörtels mit entsprechend fortgeschrittener Korrosion des eingebetteten Stahls zeigen die Bilder L131, L132. Dicht gefügter Mörtel mit relativ gut erhaltenen Stahlstäben lassen die Bilder L531 bis L538 erkennen.

Das Bild L261 weist auf ein Phänomen hin, das auch aus Anlage 1 zu erkennen ist. Die Korrosion der Stäbe in den senkrechten Fugen ist häufig weiter fortgeschritten als die Korrosion der zugehörigen horizontal liegenden Stäbe. Mehrfach war die Bewehrung in den Kreuzungspunkten (Bilder L161, L273, L400) besonders weit abgerostet.

In Bild 13 ist der Feuchtigkeitsgehalt der Materialproben maßstäblich eingetragen. Wenn auch die geringe Zahl der Proben und die "Momentaufnahme" keine allgemeingültigen Schlüsse zuläßt, so widerspricht doch das Ergebnis nicht der These, daß der durchschnittliche Feuchtigkeitsgehalt der Mauerschale in den oberen Geschossen höher war als in den unteren, was zur Erklärung der Abnahme des Korrosionsgrades von oben nach unten beiträgt. Der Feuchtigkeitsgehalt der Ziegelproben lag mit im Mittel 3,4% deutlich über dem praktischen Feuchtigkeitsgehalt von Ziegeln, der sich nach DIN 4108 Teil 4 Tabelle A1 Zeile 1 auf die Masse bezogen zu 0,75% errechnet.



Bild 13. Feuchtigkeitsgehalt der Proben, — Mörtel, — Dämmstoff, — Ziegel, — Schlacke

6. Zusammenfassung

Der Abbruch der Verblendschale aus bewehrtem Mauerwerk eines 5geschossigen Wohnhauses im Bezirk Wedding in Berlin gab die Gelegenheit, den Erhaltungszustand der Bewehrung nach 50jähriger Standzeit zu dokumentieren. Die Aufzeichnungen in Lichtbildern und schriftlichen Protokollnotizen erstrecken sich nicht auf die ganze Fläche der Fassade sondern auf ausgesuchte, repräsentative über die Fläche verteilte Stellen.

Der Erhaltungszustand der Bewehrung wurde in 3 Klassen eingeteilt.

- Klasse 1: keine Korrosion bis leichte Korrosion ohne im Bild erkennbare tiefere Narben
- Klasse 2: stärkere Korrosion, deutlich sichtbare Narben
- Klasse 3: weit fortgeschrittene Korrosion, deutlich sichtbarer Materialabtrag auf mehreren Zentimetern Länge bis zur völligen Auflösung

Alle frisch gebrochenen Mörtelstellen wurden zur Feststellung der Alkalität mit Phenolphthaleinlösung besprüht. Von 13 Mörtelproben wurde der Bindemittelgehalt ermittelt und von 3 Proben wurde die Bindemittelzusammensetzung untersucht.

Die Beobachtungen und Untersuchungen lassen sich wie folgt zusammenfassen:

1. Bis auf wenige Ausnahmen, die größtenteils wahrscheinlich mit Reparaturen zusammenhängen, waren die Phenolphthaleinproben negativ. Ein Korrosionsschutz der Bewehrung durch Alkalität des umgebenden Mediums lag also im allgemeinen nicht mehr vor.
2. Der Bindemittelgehalt der Mörtelproben schwankt zwischen 1:3,0 und 1:6,9. Das Gefüge des Mörtels war bereichsweise dicht und fest, an anderen Stellen weich und brüchig.
3. Die Mörtelüberdeckung der Bewehrung schwankte von wenigen mm Dicke bis 5 cm Dicke. Ein von anderen Einflüssen unabhängiger Zusammenhang zwischen Mörtelüberdeckung und Erhaltungszustand der Bewehrung war nicht festzustellen.
4. Die Bewehrung war cum grano salis den Klassen 2 und 3 zuzu-

ordnen. Es gab nur wenige Stellen ohne oder geringer Korrosion. Auffallend häufig waren abrupte Wechsel von kurzen Strecken guten Zustandes mit Stellen völliger Verrottung zu beobachten.

Es sind 4 Bereiche zu unterscheiden, in denen die Bewehrung - aufs ganze gesehen - einen unterschiedlichen Erhaltungsgrad aufwies.

1. In dem etwa 50 cm breiten Streifen zwischen der Dachkante des Flachdaches und der Decke über dem obersten Wohnschoß war die Bewehrung weitgehend korrodiert.
2. Vor dem Wohnbereich war die Bewehrung in schlechterem Zustand als
3. vor den Treppenhäusern.
4. In einwandfreiem Zustand ist die Bewehrung in den Loggienwänden.

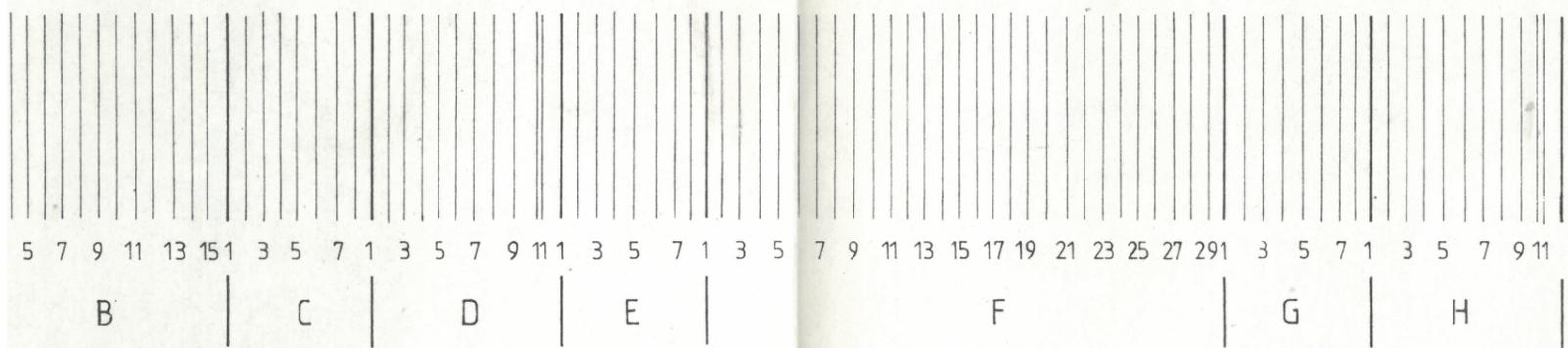
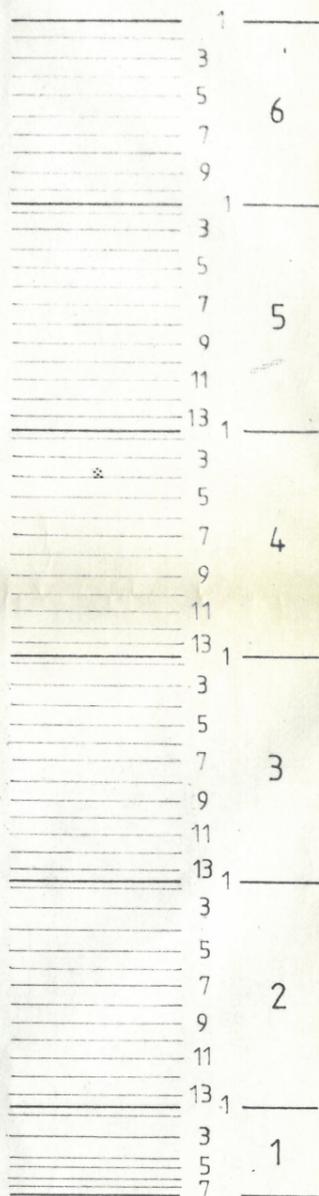
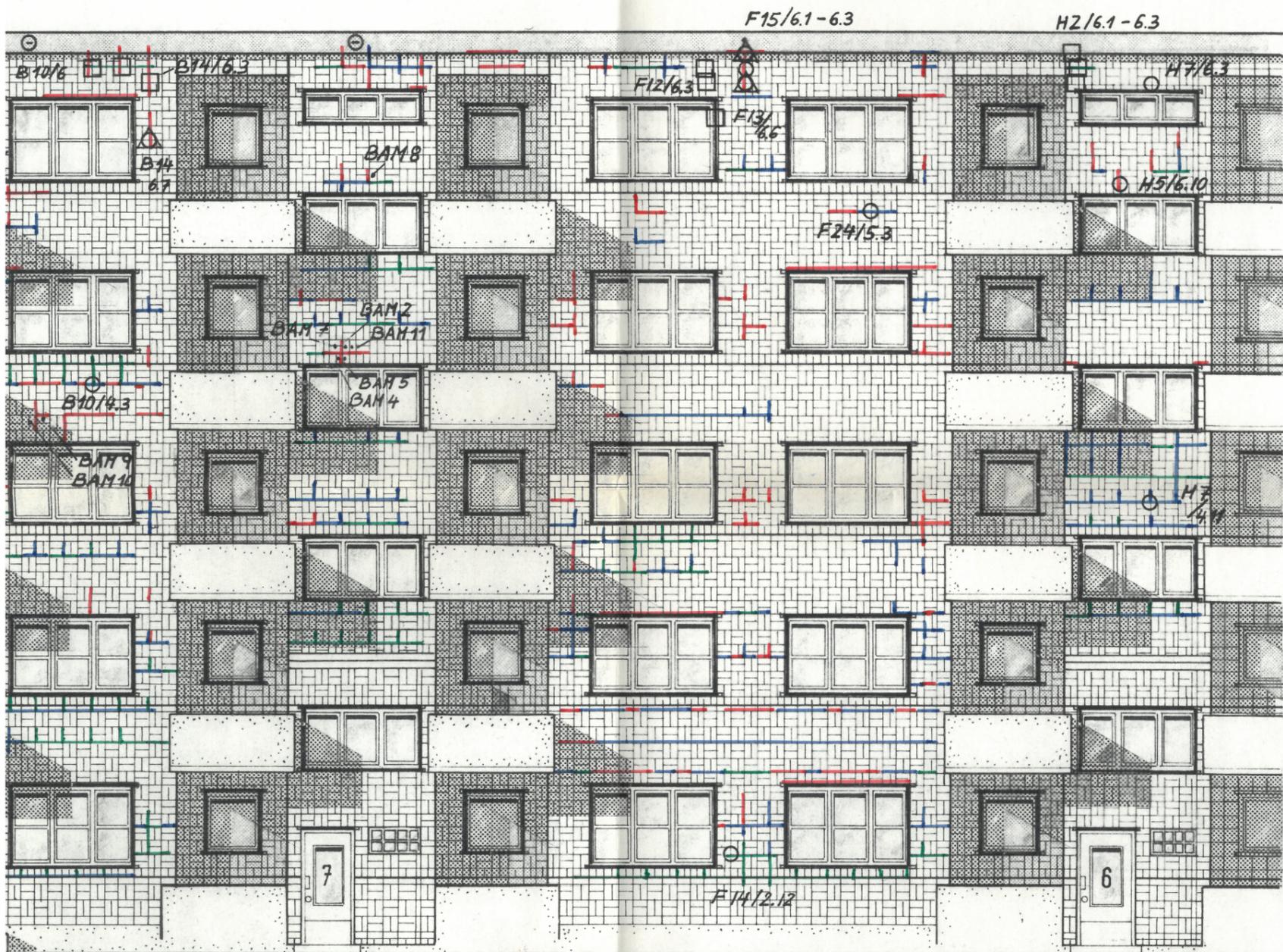
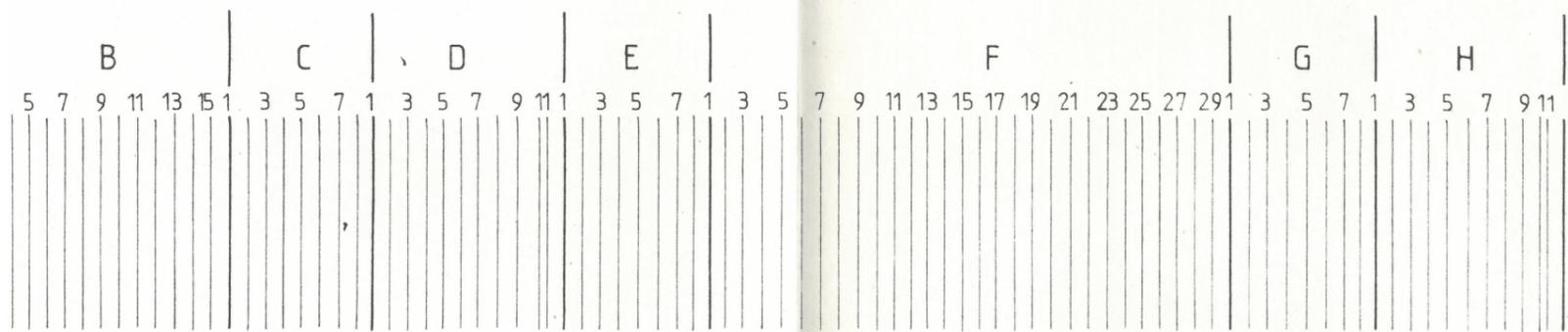
Alles deutet darauf hin, daß die Korrosion nur dort weitgehend unterblieben ist, wo Feuchtigkeit entweder ferngehalten wurde oder vorübergehend eingedrungene Feuchtigkeit wieder abziehen konnte. Nur geringe Überstände und Vorsprünge, wie sie zum Beispiel Fensterbänke mit Tropfnasen bilden, boten dabei einen überraschend wirksamen weitflächigen Schutz.

Literatur

1. Dierks, K.: Fassadenerneuerung an Wohnbauten von Hugo Häring im Berliner Wedding. Bauwelt 73 (1982) 782-784
2. Lahmann, E.: Luftschadstoff-Immissionsmessungen in Berlin, Literaturstudie über Meßprogramme und deren Ergebnisse. Institut für Wasser-, Boden- und Lufthygiene des Bundesgesundheitsamtes, Bericht Nr. 1/1980, Berlin 1980

Anlagen

- 1 Ansicht Stockholmer Straße 6 und 7
- 2 Lichtbilder vom Abtrag der Mauerwerkschale
- 3 Versuchsbericht Nr. 142
Institut für Baukonstruktion und Festigkeit
- 4 Untersuchungsberichte der Bundesanstalt für Materialprüfung vom 1.Dezember 1982 und vom 2.Februar 1983



T STOCKHOLMER STRASSE 6&7

BERLIN-WEDDING



Postanschrift: TU Berlin · Sekr. A 12 · FB 8 · Straße des 17. Juni 135, D-1000 Berlin 12

IRB-Verlag
zu Hd. Herrn Reichert
Nobelstr. 12

7000 Stuttgart 80

A-Z	
1. OK 1983	1.
	2.
	3.
☎ (030) 314-3121	

FACHBEREICH 8
ARCHITEKTUR

Institut für Trag-
konstruktionen
und wirtschaft-
liche Fertigung

o. Prof. Dr.-Ing.
Klaus Dierks

GeschZ. Di/Dr
(Bei Antwort bitte angeben)

Datum 1983-10-19

T 1115

Betr.: Forschungsbericht bewehrtes Mauerwerk

Sehr geehrter Herr Reichert!

Als Anlage erhalten Sie die telefonisch erbetenen Blätter des Forschungs-
berichtes über den Erhaltungszustand einer bewehrten Verblendschale aus
Ziegelmauerwerk nach 50jähriger Standzeit in Großstadtatmosphäre.

Zu dem Bericht gehört als Anlage 2 ein Ordner mit ca. 500 Farbfotos,
der am Institut für Bautechnik und an meinem Institut zur Einsicht-
nahme bereit steht.

In den von Ihnen vervielfältigten Exemplaren des Schlußberichtes sollte
ein Hinweis enthalten sein, daß in Anlage 1 sowie in den Bildern die
farbige Darstellung für das Verständnis eigentlich unverzichtbar ist.

Mit freundlichen Grüßen

(Prof.Dr.-Ing. Klaus Dierks)

Anlage

P. S. Anlage 1 mit getrennter Post

Anlage 3

Herrn
Prof. Dr.-Ing. K. Dierks

Telefon: (030) 314- 2315
Telex: 1 84 262 tubln -d-

Sekr. A 12

Datum: 10.6.1982
Alt/Str

Versuchsbericht Nr. 142

Betr.: Untersuchungen an Proben der Fassadenbekleidung des
Wohnhauses Stockholmer Str. 6/7, 1000 Berlin 65

Die Proben sind in der Zeit vom 19.4. bis 22.4.1982, sowie
am 30.4.1982 für die Untersuchungen in verschlossenen Gefäßen
angeliefert worden. An den Proben wurden folgende Untersuchungen
durchgeführt:

1. Mörteluntersuchung

An den Mörtelproben wurden, gemäß der DIN 52170'80

der Feuchtigkeitsgehalt (Masse-%),
die Rohdichte (kg/dm^3) und
die Zusammensetzung (Mischungsverhältnis)

festgestellt.

Die daraus gewonnenen Ergebnisse sind in den Tabellen 1 und 2
zusammengestellt.

2. Ziegeluntersuchung

Die zum gleichen Zeitpunkt angelieferten Ziegelproben hatten als mittlere Nennabmessung 252 x 122 x 67 mm.

Nach der Ermittlung der Trockenrohddichte und des Feuchtigkeitsgehalts wurde eine Druckfestigkeitsprüfung nach DIN 105'69 an jeder Ziegelprobe durchgeführt.

Die Ergebnisse sind in Tabelle 3 aufgeführt.

3. Untersuchung der Dämmstoffe

Die beiden Dämmstoffproben wurden zusammen mit den Mörtelproben am 30.4.1982 angeliefert. An ihnen wurde der Feuchtigkeitsgehalt bestimmt, deren Ergebnisse in Tabelle 4 eingetragen sind.

4. Untersuchung am Gefällebeton

Die beiden Probengläser mit dem Gefällebeton wurden zusammen mit den anderen Mörtelproben am 22.4.1982 angeliefert. An den Proben wurde ebenfalls nur der Feuchtigkeitsgehalt ermittelt. Die Ergebnisse sind aus Tabelle 5 abzulesen.

Tabelle 1: Feuchtigkeitsgehalt und Rohddichte an den Mörtelproben

Lage	Proben Nr.	Feuchtigkeitsgehalt Masse-%	Rohddichte kg/dm ³
H7/6.3	001	4,8	1,91
B14/6.7	002	8,4	1,82
B10/6-2	003	7,4	1,89
F15/6.1-6.3	004	3,8	1,92
B2/5,1	005	10,0	1,95
F24/5.3	007	4,7	1,92
H5/6.10	008	1,5	1,89
B10/4.3	010	1,2	1,94
H7/4.11	013	1,7	1,99
F14/2.12	014	1,8	2,02
Mittelwert		4,53	1,93

Tabelle 2: Mörtelanalyse nach DIN 52170

Proben Nr.	Einwaage g	Unlöslicher Rückstand g	Bindemittelgehalt g	Bindemittel-Zuschlagverhältnis
001	264,63	190,44	74,19	1:3,0
002	170,80	141,89	28,91	1:4,9
003	118,10	91,81	26,29	1:3,5
004	170,46	144,56	25,90	1:5,6
005	68,94	59,82	9,12	1:6,6
007	99,62	77,10	22,52	1:3,4
008	263,40	225,54	37,86	1:6,0
010	282,71	247,06	35,65	1:6,9
013	210,19	160,84	49,35	1:3,3
014	153,03	130,20	22,83	1:5,7
Mittelwert				1:4,9

Tabelle 3: Ergebnisse der Ziegeluntersuchung nach DIN 105

Proben Nr.	Lage	Feuchtigkeitsgehalt Masse-%	Rohdichte kg/dm ³	Druckfestigkeit N/mm ²
1	F12/6.3	2,7	1,95	37,0
2	F13/6.6	2,7	1,91	37,0
3	B14/6.3	6,4	1,79	35,7
4	B12/6.2	1,3	1,97	33,1
5	H2/6.2	4,2	2,01	38,3
6	H2/6.3	5,6	1,94	33,4
7	B10/6.2	3,9	1,97	36,5
8	F12/6.2	3,3	1,96	42,2
9	H2/6.1	0,1	1,97	50,4
Mittelwert		3,4	1,94	38,2

Tabelle 4: Feuchtigkeitsgehalt im Dämmstoff

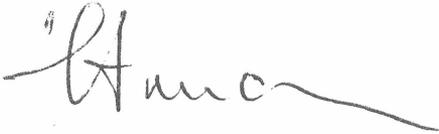
Lage	Proben Nr.	Einwaage g	Feuchtigkeitsgehalt Masse-%
B14/6.7	001	25,4	10,5
F15/6.1-6.3	012	56,1	12,2

Tabelle 5: Feuchtigkeitsgehalt im Gefällebeton

Lage	Proben Nr.	Einwaage g	Feuchtigkeitsgehalt Masse-%
B/6.1	009	936,4	13,7
D/6.1	006	587,0	10,2

Der Versuchsdurchführende:


(Dipl.-Ing. R. Linthe)



(Prof. Dr.-Ing. K. Altmann)



(Prof. Dipl.-Ing. H. Dombke)

Anlage 4

BUNDESANSTALT FÜR MATERIALPRÜFUNG

(BAM)

Abteilung 2: Bauwesen
Fachgruppe 2.1: Mineralische Baustoffe
Laboratorium 2.11: Chem. u. physikal. Untersuchungen

Bundesanstalt für Materialprüfung (BAM) · Unter den Eichen 87 · D-1000 Berlin 45

Herrn
Prof. Dr.-Ing. Klaus Dierks
Inst. f. Tragkonstruktionen und
Wirtschaftliche Fertigung
Technische Universität Berlin
Straße des 17. Juni 135

1000 Berlin 12

Schreiben bitte nur an die BAM,
nicht an Amtsangehörige persönlich richten

Ihre Zeichen
Di/Dr

Ihre Nachricht vom
01.09.1982

Unsere Zeichen
2.1/20401/1
Ro-sg

Durchwahl-Nr.
(030) 8104- 2110

Berlin
1. Dez. 1982

Bauvorhaben Stockholmer Straße 6 und 7
Untersuchungsbericht der Bundesanstalt für Materialprüfung zu vor-
stehendem Bauvorhaben

Sehr geehrter Herr Professor Dierks,

wie telefonisch besprochen, übersenden wir Ihnen die gegenwärtig
vorliegenden Ergebnisse in vorgenannter Angelegenheit.

Von den uns zur Verfügung gestellten Versuchsmaterialien wurden
die im folgenden beschriebenen Ziegel- und Mörtelproben für die
Untersuchungen ausgewählt.

Versuchsmaterial (VM)

Probenbezeichnung	Art des Versuchsmaterials
BAM bei Anlieferung	
10 B5/4.5	Zwei durch eine 12 mm dicke Fuge miteinander vermörtelte bräunliche Mauerziegel mit den Abmessungen 250 mm x 120 mm x 70 mm und mit Resten von Mauermörtel an Kopf- und Lagerflächen; am Mörtel einer Lagerfläche befanden sich Reste von korrodiertem Bewehrungsstahl.

- 2 -

Telefon
(030) 8104-1

Telex
183261 bamb d

Telegramme
BAM BERLIN

Konto
Landeszentralbank Berlin
BLZ 100 000 00, Kto-Nr. 100 010 04

Probenbezeichnung BAM bei Anlieferung		Art des Versuchsmaterials
4	5.3	Ein Mauerziegel mit den Abmessungen 190 mm x 120 mm x 70 mm und mit Resten von Mauermörtel an beiden Läuferflächen sowie Resten von Fugenmörtel an einer Läuferfläche; am Mauermörtel einer Läuferfläche befanden sich Reste von korrodiertem Bewehrungsstahl.
8	D7/6.10	Ein Mauerziegel, ähnlich VM B5/4.5 mit Mauermörtel an einer Lager- und Läuferfläche sowie Resten von Fugenmörtel; der freiliegende Teil des Bewehrungsstahls war stellenweise stark korrodiert, dagegen wies der im Mörtel eingebettete Teil nur sehr geringe Korrosionserscheinungen auf.
2	--	Ein Mauerziegel, ähnlich VM B5/4.5 mit Resten von Mauermörtel an beiden Läufer- und Kopfflächen; an den Läuferflächen befanden sich Reste von stark korrodiertem Bewehrungsstahl.
5	D5	Ein Mauerziegel, ähnlich VM 5.3 mit Resten von Mauermörtel an einer Läuferfläche sowie 5 - 10 mm dickem Fugenmörtel.
7	D5/5.3	Zwei Mauerziegel, ähnlich VM B5/4.5 mit Resten von Mauermörtel an einer Kopffläche und zwei Läuferflächen sowie ca. 7 mm dickem Fugenmörtel.
11	--	Ein Mauerziegel, ähnlich VM B5/4.5 mit Resten von Mauermörtel an einer Läufer- und Kopffläche sowie Resten eines ca. 2 mm dicken Fugenmörtels an einer Läuferfläche; eine

Probenbezeichnung

Art des Versuchsmaterials

BAM bei Anlieferung

		eine Kopffläche wies Rostabdrücke auf.
9	B6/4.5	Ein Mauerziegel, ähnlich VM B5/4.5 mit Resten von Mauermörtel an einer Läuferfläche und stellenweise mit ca. 10 mm dickem Fugemörtel; der z. T. eingebettete Bewehrungsstahl war stellenweise sehr stark korrodiert.

Insgesamt gesehen handelte es sich bei dem Mauermörtel um ein gelblich-graues, festes und überwiegend feinkörniges Material mit unterschiedlicher Haftung am jeweiligen Untergrund. Ähnliches gilt auch für den Fugemörtel. Die Bewehrungsstähle - verschiedentlich lagen zwei übereinander - waren von der Außenkante der betreffenden Mauerziegel 15 bis 55 mm entfernt, wobei dies nicht immer das Maß für die Mörteldeckung darstellte, weil der Mörtel (Fugemörtel) nicht immer bündig mit der Außenkante der Mauerziegel abschloß.

Chemische Zusammensetzung von Mörtelproben

An drei jeweils zerkleinerten und bei 105 °C bis zur Massenkonstanz getrockneten Durchschnittsproben des Mauermörtels wurde die chemische Zusammensetzung ermittelt. Von den untersuchten Proben waren die Versuchsmaterialien B5/4.5 und 5.3 vollständig carbonatisiert, während Versuchsmaterial D7/6.10 größere Bereiche aufwies, die nach Ansprühen mit Phenolphthaleinlösung eine deutliche Rotfärbung erkennen ließen. Die Ermittlung des Carbonatisierungsgrades war vor Einlieferung der Proben durch Beauftragte des Antragstellers erfolgt.

Ergebnisse der chemischen Analyse

Probe B5/4.5

Bestandteil	Massenanteil in %	
	Mörtel	salzsäure- löslicher Anteil
Glühverlust		
(Hydratwasser + Kohlendioxid)	10,52	--
davon Kohlendioxid CO_2	9,45	--
In Salzsäure unlösliche Anteile:		
(Quarzsand + Unlösliches)	68,78	--
In Salzsäure lösliche Anteile:		
Lösliche Kieselsäure SiO_2	3,04	14,7
Summe der Oxide R_2O_3 ¹⁾	1,87	9,0
Calciumoxid CaO	13,53	65,4
Magnesiumoxid MgO	0,41	2,0
Sulfat SO_3	1,49	7,2
entsprechend		
Calciumsulfat CaSO_4	2,53	12,2
Rest (nicht bestimmt)	0,36	1,7

1) Aluminiumoxid Al_2O_3 + Eisenoxid Fe_2O_3 + etwa vorhandenem Manganoxid Mn_2O_3 + Titandioxid TiO_2 .

Ergebnisse der chemischen Analyse

Probe 5.3

Bestandteil	Massenanteil in %	
	Mörtel	salzsäure- löslicher Anteil
Glühverlust		
(Hydratwasser + Kohlendioxid)	11,49	--
davon Kohlendioxid CO_2	10,01	--
In Salzsäure unlösliche Anteile:		
(Quarzsand + Unlösliches)	66,32	--
In Salzsäure lösliche Anteile:		
Lösliche Kieselsäure SiO_2	4,10	18,5
Summe der Oxide R_2O_3 ¹⁾	2,17	9,8
Calciumoxid CaO	14,09	63,5
Magnesiumoxid MgO	0,46	2,0
Sulfat SO_3	1,06	4,8
entsprechend		
Calciumsulfat CaSO_4	1,80	8,2
Rest (nicht bestimmt)	0,32	1,4

1) Aluminiumoxid Al_2O_3 + Eisenoxid Fe_2O_3 + etwa vorhandenem Manganoxid Mn_3O_4 + Titandioxid TiO_2 .

Ergebnisse der chemischen Analyse

Probe D7/6.10

Bestandteil	Massenanteil in %	
	Mörtel	salzsäure- löslicher Anteil
Glühverlust		
(Hydratwasser + Kohlendioxid)	11,09	--
davon Kohlendioxid CO_2	8,49	--
In Salzsäure unlösliche Anteile:		
(Quarzsand + Unlösliches)	66,06	--
In Salzsäure lösliche Anteile:		
Lösliche Kieselsäure SiO_2	4,39	19,2
Summe der Oxide R_2O_3 ¹⁾	2,25	9,8
Calciumoxid CaO	15,30	67,0
Magnesiumoxid MgO	0,31	1,4
Sulfat SO_3	0,53	2,3
entsprechend		
Calciumsulfat CaSO_4	0,90	3,9
Rest (nicht bestimmt)	0,07	0,3

1) Aluminiumoxid Al_2O_3 + Eisenoxid Fe_2O_3 + etwa vorhandenem Manganoxid Mn_3O_4 + Titandioxid TiO_2 .

Werden die in verdünnter Salzsäure löslichen Bestandteile der untersuchten Mörtelproben als allein vom Bindemittel herstammend angesehen, so errechnet sich jeweils ein Mischungsverhältnis von glühverlust-freiem Bindemittel zu Zuschlag mit einem massenbezogenen Anteil von 3 % Eigenfeuchtigkeit wie folgt:

Probe B5/4.5	1 : 3,4
Probe 5.3	1 : 3,1
Probe D7/6.10	1 : 3,0

Die Ergebnisse der chemischen Analyse deuten darauf hin, daß zur Herstellung der untersuchten Mörtelproben Zement mit etwas Baukalk oder hydraulisch erhärtender Kalk Verwendung gefunden haben.

Der überhöhte Gehalt an Sulfat und der daraus berechnete Calciumsulfatanteil der Versuchsmaterialien B5/4.5 und 5.3 ist vermutlich auf Anreicherung von schwefeloxidischen Luftverunreinigungen und deren chemische Reaktion mit entsprechenden Komponenten des Bindemittels im Laufe der langen Standzeit des Gebäudes zu erklären.

Gefügeuntersuchungen an Mauerziegeln und Mörtelproben

Der massenbezogene (gewichtsbezogene) und volumenbezogene Wasseraufnahmegrad $W_{g,a}$ bzw. $W_{v,a}$, die Trockenrohddichte ρ_t sowie die offene Porosität nach Wassersättigung unter Atmosphärendruck ($W_{v,a} = W_{g,a} \cdot \rho_t$) wurden an einzelnen Mauerziegeln sowie an Proben des dazugehörigen Mauermörtels ermittelt. Hierzu wurde nach den Normen DIN 52 103 / 11.72 - Prüfung von Naturstein; Bestimmung der Wasseraufnahme -, DIN 52 170 Teil 1 / 2.80 - Bestimmung der Zusammensetzung von erhärtetem Beton; Allgemeines, Begriffe, Probenahme, Trockenrohddichte - sowie DIN 51 056 / 9.59 - Prüfung keramischer Roh- und Werkstoffe; Bestimmung des offenen Porenraumes - verfahren.

Ergebnisse der Gefügeuntersuchungen

Probenbezeichnung BAM bei Anlieferung	Ziegel			Mörtel			
	$W_{g,a}$ M.-%	ρ_t $\text{kg}\cdot\text{dm}^{-3}$	$W_{v,a}$ V.-%	$W_{g,a}$ M.-%	ρ_t $\text{kg}\cdot\text{dm}^{-3}$	$W_{v,a}$ V.-%	
2	--	8,6	2,08	17,9	15,4	1,86	28,6
4	5.3	7,8	2,08	16,2	14,0	1,89	26,5
5	D5	7,9	2,07	16,4	15,1	1,86	28,1
7	D5/5.3	7,6	2,08	15,8	15,2	1,86	28,3
10	B5/4.5	7,1	2,09	14,8	12,5	1,97	24,6
11	--	7,4	2,08	15,4	12,8	1,96	25,1

Mechanische Eigenschaften der Bewehrungsstähle

Aus den angelieferten Baustahlabschnitten konnten abweichend von DIN 488/4.72 - Betonstahl - wegen des starken Korrosionsangriffes, der sich stellenweise bis auf nahezu den gesamten ursprünglichen Stabquerschnitt erstreckte, meist nur ca. 120 mm lange Probestücke mit augenscheinlich relativ gleichmäßigem Querschnitt über der Versuchslänge entnommen werden. Der Korrosionsbelag wurde vor Versuchsdurchführung mechanisch weitgehend entfernt. Der mittlere Probendurchmesser bzw. der mittlere Probenquerschnitt wurde jeweils aus Probenlänge und -masse errechnet. Die Durchführung der Zugversuche erfolgte nach DIN 50 145 / 5.75 - Prüfung metallischer Werkstoffe; Zugversuch - in einer Prüfmaschine DIN 51 221 / 8.76 - Werkstoffprüfmaschinen; Zugprüfmaschine - 60 kN-1, Bauart ZWICK, Meßbereich 12 kN. Zur Ermittlung der Streckgrenze diente ein Feindehnungsmeßgerät INSTRON 1₀ = 25 mm/10 %.

Bei der Probenverformung im Zugversuch kam es zu weiterem Abplatzen festsitzender Korrosionsschichten. Dieses Verhalten der Probekörper erschwerte erheblich die Bestimmung der Bruchdehnung und machte eine erneute Berechnung des mittleren Probenquerschnitts

nach dem Versuch erforderlich. Wegen des partiell unterschiedlich starken Korrosionsangriffs, der sich vor Versuchsausführung meßtechnisch nicht erfassen ließ, streuen auch die Festigkeitswerte erheblich.

Alle in der nachfolgenden Tabelle aufgeführten Versuchsergebnisse sind aus o. g. Gründen nicht als spezifische Eigenschaften des Baustahles anzusehen; sie kennzeichnen vielmehr nur das mechanische Verhalten des Halbzeuges in vorliegendem Zustand in ausgewählten Bereichen.

Ergebnisse der Zugversuche

Probenbezeichnung	Streckgrenze R_e N/mm ²	Zugfestigkeit R_m kN/mm ²	Bruchdehnung A_{10} %	Brucheinschnürung Z %
H 7/6.9	271	399	≈ 23	≈ 64
H 5/6.10	496	554	≈ 15	≈ 44
F 16/6.4	297	393	≈ 21	≈ 55
D5 5.12-4.1	358	414	≈ 17	≈ 67
D5 7/6.1	262	298	--	--
ohne Kennzeich.	354	388	≈ 18	≈ 65
D7/6.10	298	391	> 18,5	≈ 72

Die zum Vergleich der kapillaren Wasseraufnahme von Mauerziegeln und Mauermörtel erforderlichen Untersuchungen an den Proben 2, 4, 5, 7, 10 und 11 sind noch im Gange.

Mit den Ergebnissen kann Ende Januar 1983 gerechnet werden.

Die von uns angefertigten Fotos zu den Versuchsmaterialien 5.3, D5, B6/4.5, D7/6.10 sowie einer Detail-Aufnahme von D7/6.10 stellen wir

Ihnen zur weiteren Verwendung im Rahmen Ihres Berichtes gern zur Verfügung.

Bitte, teilen Sie uns mit, was mit den übrigen nicht untersuchten Proben geschehen soll.

Der Kostenbescheid geht Ihnen nach Abschluß der noch ausstehenden Untersuchungen zu.

Mit freundlichem Gruß

Im Auftrag


(Roß)



BUNDESANSTALT FÜR MATERIALPRÜFUNG

(BAM)

Abteilung 2: Bauwesen
Fachgruppe 2.1: Mineralische Baustoffe
Laboratorium 2.11: Chemische und physikalische Untersuchungen

Bundesanstalt für Materialprüfung (BAM) · Unter den Eichen 87 · D-1000 Berlin 45

Herrn
Prof. Dr.-Ing. Klaus Dierks
Inst. f. Tragkonstruktionen
u. Wirtschaftliche Fertigung
Technische Universität Berlin
Straße des 17. Juni 135

Schreiben bitte nur an die BAM,
nicht an Amtsangehörige persönlich richten

. 1000 B e r l i n 12 .

Ihre Zeichen
Di/Dr

Ihre Nachricht vom
01.09.82

Unsere Zeichen
2.1/20401/1
Ro-bo

Durchwahl-Nr.
(030) 8104- 2110

Berlin
2. Febr. 1983

Bauvorhaben Stockholmer Straße 6 und 7
Nachgang zum Untersuchungsbericht der Bundesanstalt für
Materialprüfung vom 01.12.1982 zu vorstehendem Bauvorhaben

Sehr geehrter Herr Professor Dierks,

wie in unserem Hause besprochen, übersenden wir Ihnen die noch
ausstehenden Ergebnisse in vorgenannter Angelegenheit.

In Ergänzung zu den Untersuchungen hinsichtlich der chemischen
Zusammensetzung wurden die Mauermörtelproben B 5/4.5, 5.3 und
D 7/6.10 auf Gehalt an Chlorid Cl^- geprüft. Zur Analyse diente
dabei jeweils eine Durchschnittsprobe vom Rest des für die frü-
here Untersuchung (siehe Blatt 3 des Berichtes vom 01.12.1982)
benutzten Materials. Nach Aufschluß mit verdünnter Salpetersäu-
re ergab die elektrometrische Titration die im folgenden genann-
ten Masseanteile in %, jeweils bezogen auf den Mörtel:

B 5/4.5	0.06
5.3	0.05
D 7/6.70	0.06

- 2 -

Telefon
(030) 8104-1

Telex
183261 bamb d

Telegramme
BAM BERLIN

Konto
Landeszentralbank Berlin
BLZ 100 000 00, Kto-Nr. 100 010 04

Da eine zuverlässige Aussage darüber, welche Bindemittel verwendet worden sind, nicht mehr möglich ist, kann der auf den tatsächlichen Bindemittelanteil bezogene Chloridgehalt nicht angegeben werden. Bezogen auf den glühverlustfreien Bindemittelanteil des Mörtels (siehe Blatt 7 des Berichtes vom 01.12.1982), würden sich die nachstehenden Massenanteile in % ergeben:

B 5/4.5	0.3
5.3	0.2
D 7/6.10	0.3

An sechs Proben der Mauerziegel sowie an 3 Proben der Mauermörtel wurde die Ermittlung des Wassereindringkoeffizienten A in Anlehnung an den Entwurf DIN 52 617 Ausgabe Dezember 1979 - Bestimmung der kapillaren Wasseraufnahme von Baustoffen und Beschichtungen; Versuchsdurchführung und Versuchsauswertung - durchgeführt. Die Bestimmung des Wassereindringkoeffizienten B und der Wasserkapazität ψ_k an den Proben erfolgte nach B. Schwarz: Kapillare Wasseraufnahme von Baustoffen. Gesundheitsingenieur, 93. Jahrgang (1972), Nr. 7, S. 206 - 211.

Ergebnisse der Gefügeuntersuchungen

Versuchsmaterial		Wasseraufnahme- Koeffizient A	Wassereindring- Koeffizient B	Wasserkapazität ψ_k	
Art	Probenbezeichnung				
-	BAM bei Anlieferung	$\text{kg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-0.5}$	$\text{m} \cdot \text{h}^{-0.5}$	$\text{m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$	
Mauerziegel	2	-	4.82	0.06	0.08
	4	5.3	3.75	0.03	0.11
	5	D 5	1.02	0.01	0.08
	7	D 5/5.3	1.35	0.02	0.07
	10	B 5/4.5	1.61/2.63 ¹⁾	0.02/0.04 ¹⁾	0.07
	11	-	2.67	0.03	0.08
Mauer- mörtel	2	-	2.79	0.01	0.21
	4	5.3	3.23	0.02	0.19
	10	B 5/4.5	2.14	0.01	0.16

1) siehe Meßwert--Ausdrucke und Plotter-Diagramme vom Dezember 1982 und Januar 1983

Als Anlage überreichen wir Ihnen die Meßwert-Ausdrucke nebst Plotter-Diagrammen, jeweils vier Abzüge der Fotos zu den Versuchsmaterialien 5.3, D 5, B 6/4.5, D 7/6.10 und einer Detailaufnahme von D 7/6.10 sowie den Kostenbescheid in zweifacher Ausfertigung.

Mit freundlichem Gruß

Im Auftrag



(Roß)

Anlage