

Schubtragfähigkeit von bewehrten Mauerwerksplatten

T 1893

T 1893

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

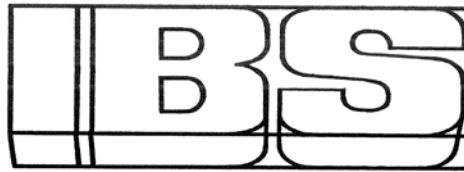
Postfach 80 04 69
70504 Stuttgart

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



**Institut für
Betonstahl und
Stahlbetonbau e. V.**

Landsberger Straße 414
8000 München 60
Telefon 089 / 88 51 75

492/86-Sh

16.12.1986

Forschun9svorhaben IV 1-5-414/84

Schubtragfähigkeit von bewehrten Mauerwerksplatten

Dr.-Ing. H. Martin

Dr.-Ing. H. Sager

Der Bericht darf nur ungekürzt veröffentlicht werden. Da gekürzte oder auszugsweise Veröffentlichung bedarf der vorherigen Genehmigung des IBS.

Inhaltsverzeichnis

Blatt

1. Problemstellung	1
2. Versuchsplanung	2
3. Versuchsbeschreibung und Durchführung	3
3. 1. Allgemeines	3
3. 2. Versuchskörper, Ausbildung und Bemessung	4
3. 3. Materialuntersuchungen am Mauerwerk	5
3. 4. Bewehrungsstahl	6
3. 5. Versuchsaufbau	7
3. 6. Versuchsdurchführung	8
3. 7. Messungen	8
4. Versuchsergebnisse	9
4. 1. Allgemeines	9
4. 2. Materialeigenschaften	10
4. 3. Versuchsergebnisse der Mauerwerkskörper	11
5. Vergleich der Versuchsergebnisse mit den zulässigen Schubspannungen	16
6. Zusammenfassung	19
Literaturhinweise	20
Tabellen 1 - 9	22 - 30

Anlagen

Meßergebnisse der Versuche in der Reihenfolge der Versuchsnummern

Versuchskörper nach dem Bruch (Fotos)

I - XIII

1. Problemstellung

Nach DIN 1053, Teil 1, ist bewehrtes Mauerwerk derzeit nur unter einschränkenden Bedingungen anwendbar.

Dies gilt insbesondere für die Beanspruchung von bewehrtem Mauerwerk durch Querkräfte. Mit Einführung von DIN 1053, Teil 3: "Bewehrtes Mauerwerk - Berechnung und Ausführung" /10/ wird die ingenieurmäßige Anwendung von bewehrtem Mauerwerk ermöglicht. Dies führt zu höheren zulässigen Biegebeanspruchungen und damit naturgemäß auch zu höheren Schubbeanspruchungen.

Die Erfahrungen über das Verhalten von bewehrtem Mauerwerk unter Schubbeanspruchungen sind jedoch gering; aus der Literatur sind insbesondere für bewehrte Mauerwerksplatten (Beanspruchung senkrecht zur Plattenebene) nur wenige Versuchsergebnisse bekannt (Lit /1/ - /3/), die zudem keine ausreichenden Rückschlüsse auf die tatsächlichen Grenzwerte der Schubtragfähigkeit zulassen.

Die Ermittlung gesicherter Grenzwerte der Schubtragfähigkeit ist nur mit Hilfe von Versuchsergebnissen möglich.

Am Institut für Betonstahl und Stahlbetonbau e.V., München, wurden zur Ermittlung der Schubtragfähigkeit von bewehrtem Mauerwerk entsprechende Versuche durchgeführt.

Im vorliegenden Bericht werden die durchgeführten Versuche dargestellt und die Ergebnisse mitgeteilt.

Die Finanzierung des Forschungsvorhabens "Schubtragfähigkeit von bewehrten Mauerwerksplatten" wurde in dankenswerter Weise vom Institut für Bautechnik, Berlin, ermöglicht.

Den Herren Prof. Dr.-Ing. P. Schießl und Dipl.-Ing. M. Schwarzkopf, die während ihrer Tätigkeit am IBS bei der Planung und Durchführung dieses Forschungsvorhabens maßgeblich mitgewirkt haben, sei an dieser Stelle gedankt.

2. Versuchsplanung

Zur Ermittlung der zulässigen Schubspannungen für bewehrtes Mauerwerk, wurden zunächst in einer ersten Serie Versuche durchgeführt, die unter Berücksichtigung von mauerwerksspezifischen Parametern wie

- Mauerwerksklasse
- Steinart
- Mörtelgruppe
- Beanspruchungsrichtung

Erkenntnisse über das grundsätzliche Schubtragverhalten erbringen sollten.

Bei der Schubbeanspruchung von bewehrten Mauerwerksplatten sind grundsätzlich zwei Belastungsrichtungen - Biegebeanspruchung in Lagerfugenrichtung bzw. senkrecht zur Lagerfugenrichtung - zu unterscheiden. Dies wurde in der Versuchsplanung berücksichtigt.

In der ersten Serie (4 Mauerwerksplatten) wurden zunächst die möglichen Grenzen für das Schubtragverhalten bewehrter Mauerwerksplatten getestet.

Aufbauend auf den Versuchsergebnissen der Serie 1 konnten dann, mit einer zweiten Versuchsserie, weitere Haupteinflußparameter gezielt untersucht werden. Eine Übersicht über die durchgeführten Untersuchungen ist in Abschnitt 3 dargestellt.

Die Planung und Bemessung der Versuche erfolgte auf der Grundlage der in DIN 1053, Teil 3, /10/ enthaltenen Angaben bezüglich:

- Verbundspannung (Verankerung)
- Rechenwert der Mauerwerksfestigkeit
- Bewehrungsanordnung (Anzahl der Fugen)
- Grenzdurchmesser (Fugenbreite) etc.

Entsprechend der Vorgaben in /10/ erfolgte die Bemessung der Versuchskörper - unter Berücksichtigung der in Tabelle 1 von /10/ angegebenen Grenzen der Grundwerte der Schubspannung τ_0 - nach DIN 1045, Ausgabe Dez. 1978 /13/.

3. Versuchsbeschreibung und Durchführung

3.1 Allgemeines

Die Herstellung der Versuchskörper erfolgte im Auftrag des IBS, München, bei der Firma SCHÄTZ, Rotthalmünster. Gleichzeitig mit den Versuchskörpern, wurden Mauerwerkskörper gemäß DIN 18554, Teil 1, Entwurf Dezember 1983, hergestellt, sowie Mörtelprismen gemäß DIN 18555, Teil 1.

Die Arbeiten bei der Firma SCHÄTZ wurden von einem Mitarbeiter des IBS geleitet und überwacht.

Nach einer Zwischenlagerungszeit von rund 14 Tagen in der Produktionshalle der Firma SCHÄTZ, wurden die Versuchs- und Prüfkörper zum IBS nach München transportiert und dort bis zum Versuch in der Halle des Instituts bei ca. 20 °C und 50 % rel. Feuchte gelagert.

Die Versuchskörper wurden in zwei Serien hergestellt und geprüft. In der Tabelle 1 sind die geplanten Versuche der Serie 1 zusammengefaßt. Aus dieser Serie wurden 4 Versuche ausgewählt, mit denen zunächst das grundsätzliche Schubtragverhalten untersucht werden sollte.

Tabelle 1 zeigt zudem die Grenzen auf, die sich ergeben, wenn zum Erreichen des Schubversagens bei höheren Schubbeanspruchungen (τ_{02}) die erforderliche Biegezugbewehrung zur Vermeidung von vorzeitigen Biegebrüchen ausreichend groß dimensioniert sein muß. Es ergeben sich in diesen Fällen Bewehrungsquerschnitte, die aufgrund der vorgegebenen Fugenbreiten und -abstände nicht realisiert werden können.

Die Tabelle 2 zeigt die geplanten Versuche der Serie 2. Hier wurden zusätzlich in die Untersuchungen mit aufgenommen:

- Mauerwerk mit mittlerer Festigkeit (M 9)
- Kalksand-Kalksandlochsteine
- Mauermörtel der Gruppe MG III
- Steine im Format 2 DF
- sowie der Einfluß der Versuchsstreuungen.

Als Hauptbeanspruchungsrichtung wurde, nach den Ergebnissen der Serie 1, die Belastung parallel zu den Lagerfugen festgelegt.

3.2 Versuchskörper, Ausbildung und Bemessung

Als Versuchskörper wurden Mauerwerksplatten hergestellt, die im Verband gemauert waren. Die Ausbildung der einzelnen Versuchskörper ist im Blatt 1 der Anlagen zu jedem Versuch dargestellt.

Die Biege- und Schubbemessung erfolgte nach DIN 1045 unter Zugrundelegung der zulässigen Schubspannungen. Die zulässigen Rechenwerte für die Druckfestigkeit des Mauerwerks sind in /10/ enthalten.

Die Festigkeiten der Steine, des Mörtels und des Mauerwerks sowie die zul. Schubspannungen gemäß /10/ sind in Tabelle 3 zusammengefaßt.

Um vorzeitige Biegebrüche möglichst zu vermeiden, wurde die Bewehrung aus BSt 500 S nur mit einer Gebrauchsspannung $\sigma_s = 250 \text{ N/mm}^2$ (Serie 1) bzw. $\sigma_s = 200 \text{ N/mm}^2$ (Serie 2) ausgenutzt.

Als Schubspannweite wurde $a/h = 3.0 - 3.5$ gewählt.

Aus der Literatur ist bekannt (siehe z.B. /14/), daß für solche Werte bei Bauteilen ohne Schubbewehrung die geringste Schubtragfähigkeit zu erwarten ist.

Zur ausreichenden Verankerung der geraden Stabenden durch Verbund wurden die zulässigen Grundwerte der Verbundspannungen zu τ_1 für gerippten Betonstahl gemäß Tabelle 3, DIN 1053, Teil 3, /10/ in Rechnung gestellt und die Verankerungslängen l_2 entsprechend DIN 1045, Abs. 18 ermittelt.

Die rechnerische Versuchskörperlänge ergab sich somit aus den Längen der beiden querkraftbeanspruchten Randbereiche dem gleich lang gewählten, querkraftfreien Mittelbereich sowie den über die Auflagerlinien hinausreichenden Verankerungslängen ($2 \cdot l_2$). Die Abmessungen der Versuchskörper sind jeweils im Blatt 1 der Anlagen zu jedem Versuch enthalten.

Die Versuchskörperbreite ergab sich aus dem Steinformat und der Anzahl der Steinlagen. Es wurde jeweils eine gerade Anzahl von Steinlagen gewählt, um das Reißverhalten in der Binder- sowie Läuferlage erkennen zu können.

3.3 Materialuntersuchungen am Mauerwerk

Für jeden Versuchskörper wurden begleitende Materialuntersuchungen durchgeführt. Es wurden ermittelt:

- Steinfestigkeit
- Steinrohddichte
- Lochflächenanteil der Steine
- Mörtelruckfestigkeit
- Mörtelbiegezugfestigkeit
- Mauerwerksfestigkeit

Das verwendete Steinmaterial ist in Tabelle 4 zusammengestellt, die verwendeten Mörtelmischungen in Tabelle 5.

Die Steine wurden gemäß DIN 105/106 geprüft. Die Mörtelprüfung erfolgte am Prisma gemäß DIN 18555, Teil 1.

Die in den Tabellen angegebenen Werte sind Mittelwerte aus mindestens drei Prüfungen.

Die Ergebnisse der Mauerwerksprüfungen sind in den Anlagen getrennt für jede Serie dargestellt.

Es wurden jeweils 2 Mauerwerkskörper hergestellt und zum Zeitpunkt der Versuche geprüft. In den Anlagen sind die Dehnungen in Abhängigkeit von der Last aufgetragen.

Die den Versuchen zugrundegelegten Mauerwerksfestigkeiten ergeben sich dabei als Mittel aus den beiden Mauerwerksprüfungen.

3.4 Bewehrungsstahl

Als Bewehrung wurde für beide Serien ein BSt 500 S (IVS) verwendet, der nach dem Tempcore-Verfahren hergestellt war. Die Stäbe der Serie II waren verzinkt.

Es wurde in allen Fällen ein Stahl mit einem Nenndurchmesser von $d_s = 8$ mm eingesetzt. Bei einem Teil der Versuche wurde die Zugbewehrung in zwei Lagen eingebaut.

Mit Ausnahme des Versuchs I/4b wiesen die Versuchsplatten keine Schubbewehrung auf. Bei Versuch I/4b waren 3 Schubleiterelemente gleichmäßig über die Breite verteilt mit eingebaut. Die Ausbildung und Abmessung der geschweißten Schubleiterelemente ist in Blatt 1 der Anlagen zum Versuch 4b dargestellt.

3.6 Versuchsdurchführung

Die Versuchskörper wurden in Stufen bis zur Gebrauchslast entsprechend der rechnerischen Stahlspannung σ_s in der Zugzone von $\sigma_s = 240 \text{ N/mm}^2$ belastet.

Anschließend wurden 100 Lastwechsel mit einer Oberlast entsprechend $\sigma_s = 240 \text{ N/mm}^2$ und einer Schwingbreite von $2\sigma_a = 180 \text{ N/mm}^2$ durchgeführt.

Danach wurde der Versuchskörper entlastet und anschließend in Stufen bis zum Versagen belastet.

3.7 Messungen

Während des Versuchsablaufes wurden folgende Messungen durchgeführt:

- Last
- Durchbiegung in Versuchskörpermitte
- Längsdehnung in Höhe der Zugbewehrung
- Längsdehnung der Druckzone in Versuchskörpermitte
- Schlupf der Bewehrung
- Rißbreiten

Die Dehnungen wurden mit induktiven Wegaufnehmer in Abhängigkeit von der Belastung, die mit Öldruckaufnehmern bestimmt wurde, getrennt für die Zug- und Druckzone auf x-y-Schreiber aufgezeichnet.

Die Messungen der Rißbreiten erfolgte mit Rißmikroskopen mit 40-facher Vergrößerung (z.T. mit Rißlinealen).

Der Rißverlauf wurde versuchsbegleitend auf die weiß verputzten Seitenflächen aufgezeichnet. Nach dem Versagen wurden die Versuchskörper fotografiert.

Bei der Serie 1 wurden zusätzlich die Dehnungen in Höhe der Zug- und Druckbewehrung über die gesamte Länge mit Setzdehnmessern aufgenommen.

Die Durchbiegungen wurden mit einem Rollenmeßapparat ermittelt.

4. Versuchsergebnisse

4.1 Allgemeines

Die Versuchsergebnisse sind im folgenden zusammenfassend dargestellt.

Das Kapitel 4.2 enthält die Angaben zu den Materialeigenschaften der Einzelkomponenten Steine, Mörtel, Mauerwerk und Stahl. Im Kapitel 4.3 sind die Versuchsergebnisse der Mauerwerkskörper zusammenfassend dargestellt.

Die Anlagen enthalten jeweils für jeden Versuch getrennt, die Einzelergebnisse:

- Versuchsaufbau und verwendete Baustoffe
- Materialeigenschaften: Steine, Mörtel, Mauerwerk, Bewehrung, Bemessungswerte und Belastungsfolgen
- Prüfergebnisse Mauerwerkskörper
- Rißbreitenentwicklung
- Durchbiegungen
- Dehnungen

und zusätzlich bei den Versuchen der Serie 1

- Dehnungen, getrennt für Binder- und Läuferseite

4.2 Materialeigenschaften

Steine:

Die Festigkeiten, Rohdichten und Lochflächenanteile der verwendeten Steine sind in Tabelle 4 zusammengestellt.

Mörtel:

Die Zusammensetzung und Druck- bzw. Zugfestigkeit der Mörtel enthält die Tabelle 5.

Mauerwerk:

In Tabelle 6 sind die geplanten und vorhandenen Mauerwerksfestigkeiten gegenübergestellt. Es zeigt sich, daß in der Serie II z.T. deutliche Unterschiede bestehen; die vorhandenen Mauerwerksfestigkeiten sind in allen Fällen jedoch gleich oder größer als die geplanten.

Stahl:

Die Verformungs- und Festigkeitseigenschaften der verwendeten Stähle sind in Tabelle 7 dargestellt.

Die verzinkten Betonstähle wiesen eine mittlere Schichtdicke von rd. 300 μm auf. Diese wurde durch Wiegen verzinkter und vergleichbarer blanken Stäbe unter der Annahme einer Rohdichte des Zinkes von $r = 7,13 \text{ kg/dm}^3$ ermittelt.

4.3 Versuchsergebnisse der Mauerwerkskörper

Tabelle 8 enthält zusammenfassend alle Angaben zu den Mauerwerksversuchen (die Einzelangaben sind in den Anlagen enthalten).

Mit diesen Daten lassen sich die theoretisch aufnehmbaren Biegemomente, Querkräfte und Schubspannungen ermitteln, wenn vorausgesetzt wird, daß der Bruch durch Stahlversagen eintritt.

Diesen theoretischen Werten sind in Tabelle 8 die im Versuch beim Versagen ermittelten Querkräfte und Schubspannungen gegenübergestellt.

Hierzu wurden am Versuchskörper die geometrischen Größen

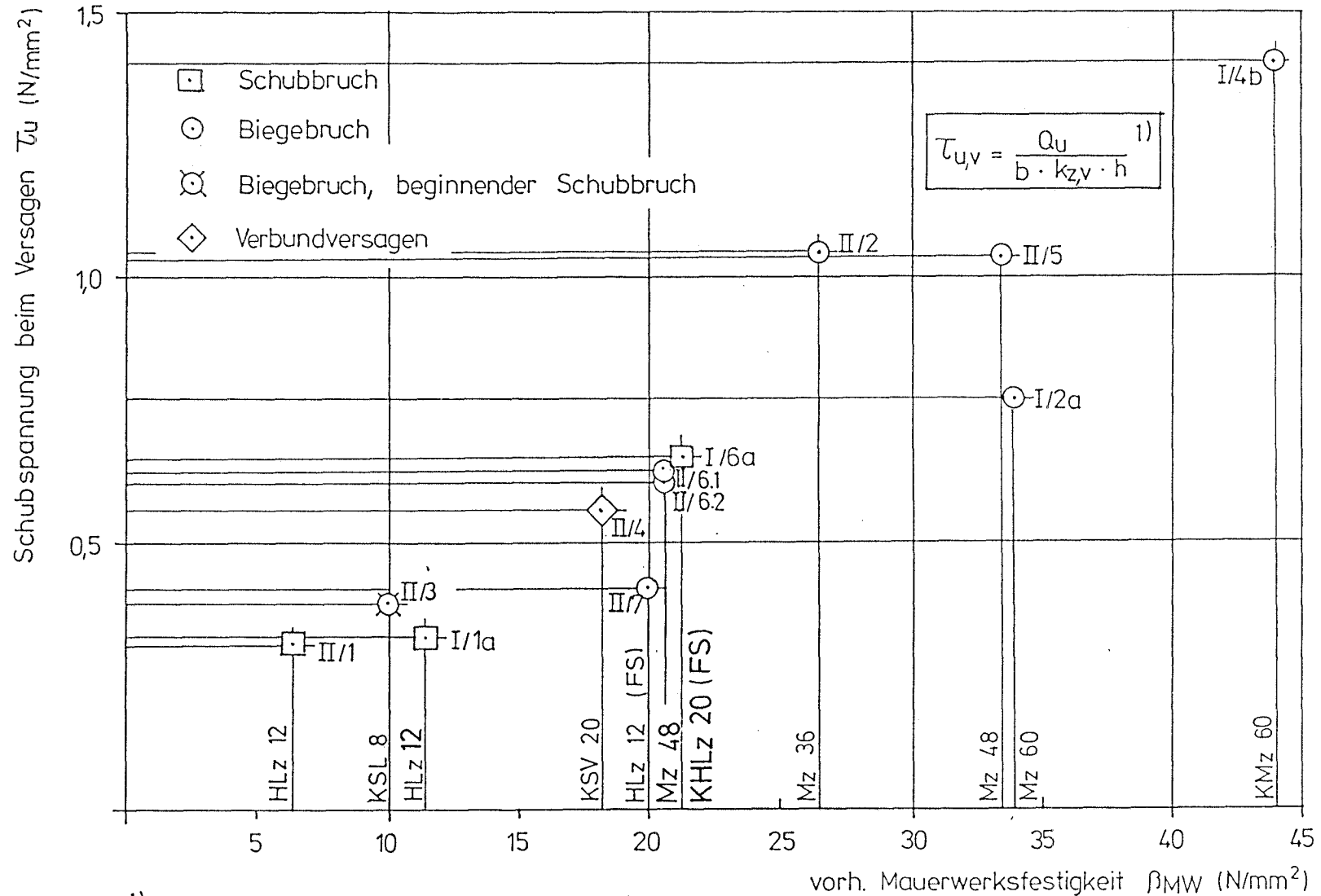
- Breite der Versuchskörper
- Höhe der Druckzone h_D (mittlerer Abstand der Reißenden vom Druckzonennrand) und
- mittlere Abstand der Zugbewehrung vom Druckrand

ermittelt (siehe Anlagen).

Die Druckspannungsverteilung wurde dreiecksförmig angenommen.

Die aus den Versuchswerten ermittelten Schubspannungen beim Versagen, in Abhängigkeit von der vorhandenen Mauerwerksfestigkeit β_{MW} , sind in Bild 2 dargestellt.

Bild 2 : Schubspannung beim Versagen in Abhängigkeit von der vorhandenen Mauerwerksfestigkeit



1) alle geometrischen Größen (h, hn, h)

Drei Versuche wurden durch Schubbrüche beendet. Alle diese Versuchskörper waren aus Hochlochziegeln hergestellt und erbrachten geringe Mauerwerksfestigkeiten. Die vorhandene Zugbewehrung war ausreichend dimensioniert, so daß kein vorzeitiges Versagen durch Überschreiten der Streckgrenze eintreten konnte.

Bei einem Versuch trat Verbundversagen durch Abscheren des Lagerfugenmörtels vom Stein, verbunden mit dem schlagartigen Hineinschlupfen des Stahles auf. Der Versuchskörper war aus Kalksandvollsteinen hergestellt, deren glatte Oberflächen wahrscheinlich keinen ausreichenden Verbund zwischen Stein und Mörtel ermöglichten, so daß die vorhandenen Schubbeanspruchungen nicht aufgenommen werden konnten.

Alle anderen Versuchskörper versagten durch Biegebruch. Es traten jedoch häufig deutliche Schubrisse auf, z.T. aber nur an den inneren Steinlagen (an der Versuchskörperaußenfläche nicht sichtbar).

Aufgrund der hohen vorhandenen Mauerwerksfestigkeiten, war die hier maximal mögliche Zugbewehrung zu schwach bzw. die Zugfestigkeiten des Stahles zu gering, so daß vorzeitiges Versagen durch Überschreiten der Streckgrenze des Stahles auftrat. Eine Veränderung der Einflußgrößen zur Vermeidung von Biegebrüchen ist jedoch kaum möglich:

mögliche Veränderung	Einschränkung
- größere Stahldurchmesser	Fugenbreite begrenzt
- Lage der Bewehrung	Steinformat und Mörteldeckung
- Hebelarm der inneren Kräfte	durch Steinformat begrenzt
- Zugfestigkeit erhöhen z.B. verzinkter Spannstahl	schwächere Rippenausbildung führt zu Verbundproblemen

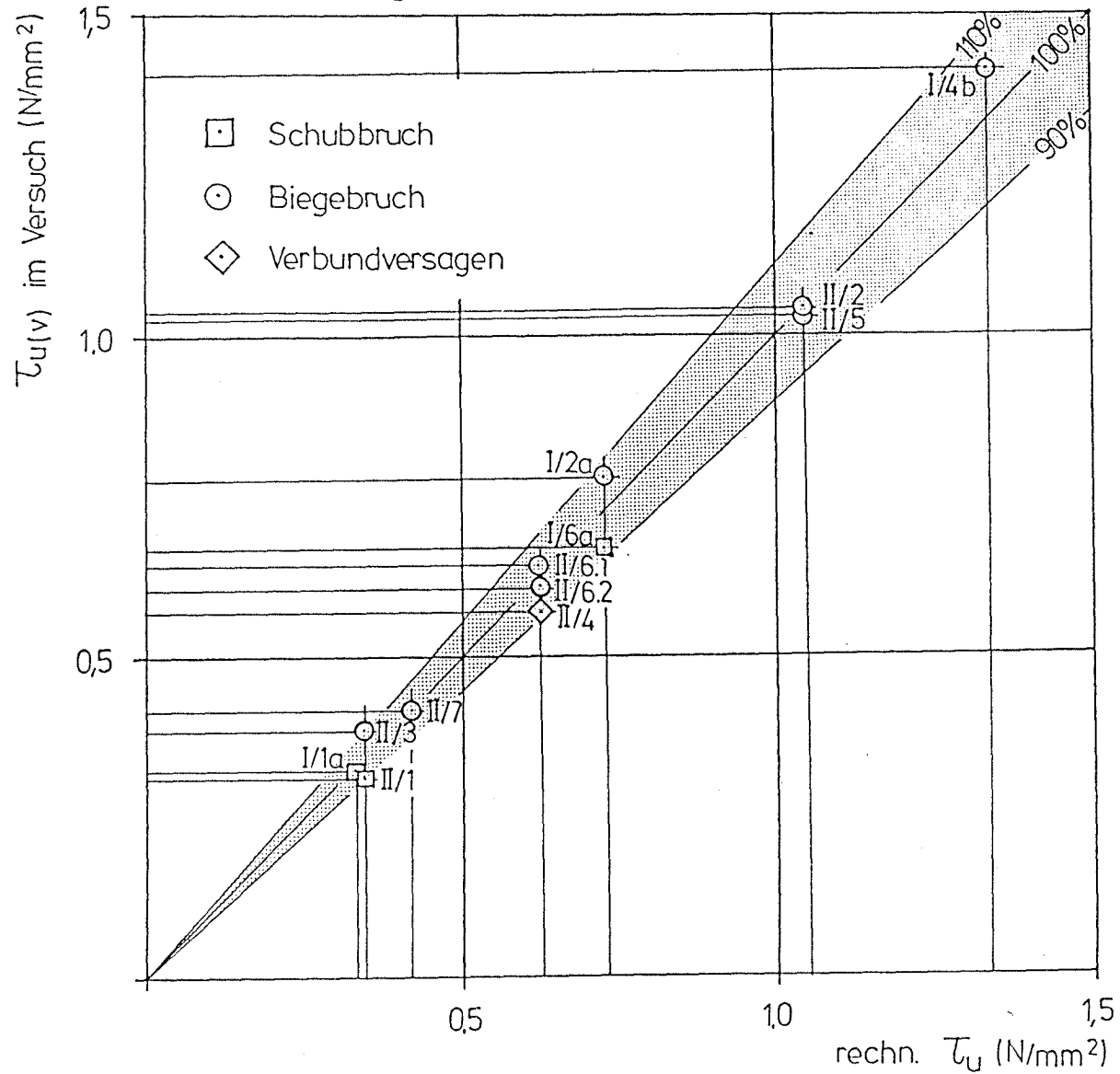
Der Vergleich der Versuche, bei denen die Stein- und Mauerwerksfestigkeit annähernd gleich, jedoch die Steinformate unterschiedlich waren, macht deutlich, daß nur durch kleine Steinformate (DF) eine Vergrößerung der Stahlfläche durch Erhöhung der Fugenanzahl möglich ist.

Bild 2 zeigt außerdem die gute Reproduzierbarkeit der durchgeführten Versuche; die Versuchskörper II/6.1 und II/6.2 waren nahezu identisch und erbrachten annähernd die gleichen Schubspannungen beim Versagen. Die Versagensart war bei beiden der Biegebruch.

Bild 3 zeigt den Vergleich der rechnerisch maximal möglichen Schubspannungen beim Versagen (durch Überschreiten der Zugfestigkeit des Stahles), mit den im Versuch ermittelten Schubspannungen. Diese Darstellung macht deutlich, daß Verbund- und Schubbrüche zu vorzeitigem Versagen führen. Die Biegebrüche erweisen sich als sehr gut produzierbar; zum Teil sind Überfestigkeiten zu verzeichnen.

Der Versuchskörper I/4b hatte eine Schubbewehrung; er versagte durch Stahlbruch der Zugbewehrung.

Bild 3 : Vergleich der im Versuch ermittelten Schubspannung mit der rechn. max. möglichen Schubspannung bei Biegebruch



5. Vergleich der Versuchsergebnisse mit den zulässigen Schubspannungen

Die Vorlage zur DIN 1053 Teil 3 Ausgabe Januar 1984 /10/ legte in Tabelle 1 die Grenzen der Grundwerte der Schubspannung vorläufig fest. Die Festlegungen galten für die Schubbereiche τ_{011} und τ_{02} in Abhängigkeit von den Festigkeitsklassen des Mauerwerks.

Zwischen Mauerwerksfestigkeitsklasse M, entsprechend der Nennfestigkeit des Mauerwerks bzw. dem kleinsten Einzelwert der Mindestdruckfestigkeit β_{MN} und dem Mittelwert der Mindestdruckfestigkeit β_{MS} (gemäß DIN 1053, Teil 2 /9/) besteht ein linearer Zusammenhang.

Er ergibt sich zu:
$$M = \beta_{MS} / 1.175.$$

Dieser Zusammenhang wurde in Tabelle 9 berücksichtigt, wobei die im Versuch ermittelten, mittleren Mauerwerksfestigkeiten um den Faktor 1.175 vermindert wurden. Hieraus ergab sich dann die Nennfestigkeit. Es wurde zur Auswertung der Versuche jedoch keine obere Grenze der Mauerwerksklasse wie in /10/ angenommen und die Werte wurden aufgerundet.

Die Vorlage zur DIN 1053, Teil 3 wurde im Laufe der Bearbeitung aufgrund der hier beschriebenen Versuche zwischenzeitlich geändert, wobei die zulässigen Schubspannungen für τ_{011} mit dem Faktor 0,7 multipliziert und von der Mauerwerksklasse linear abhängig gemacht wurden. Außerdem wurden die Schubspannungen maximal auf τ_{011} begrenzt, d.h. Schubspannungen in der Größe von τ_{02} sind nicht mehr zulässig.

Die um den Faktor 0,7 reduzierten zulässigen Schubspannungen τ_{011} sind in Tabelle 9 mitaufgeführt.

Außerdem wurde in /10/ festgelegt, daß die Bemessung für Querkraft aus Plattenbiegung in Anlehnung an DIN 1045 /13/ durchzuführen ist. Dort wird in Abs. 17.1.1 verfügt, daß bei Querkraftbeanspruchungen der Sicherheitsabstand durch Begrenzung der unter Gebrauchslast auftretenden Spannungen gewährleistet wird.

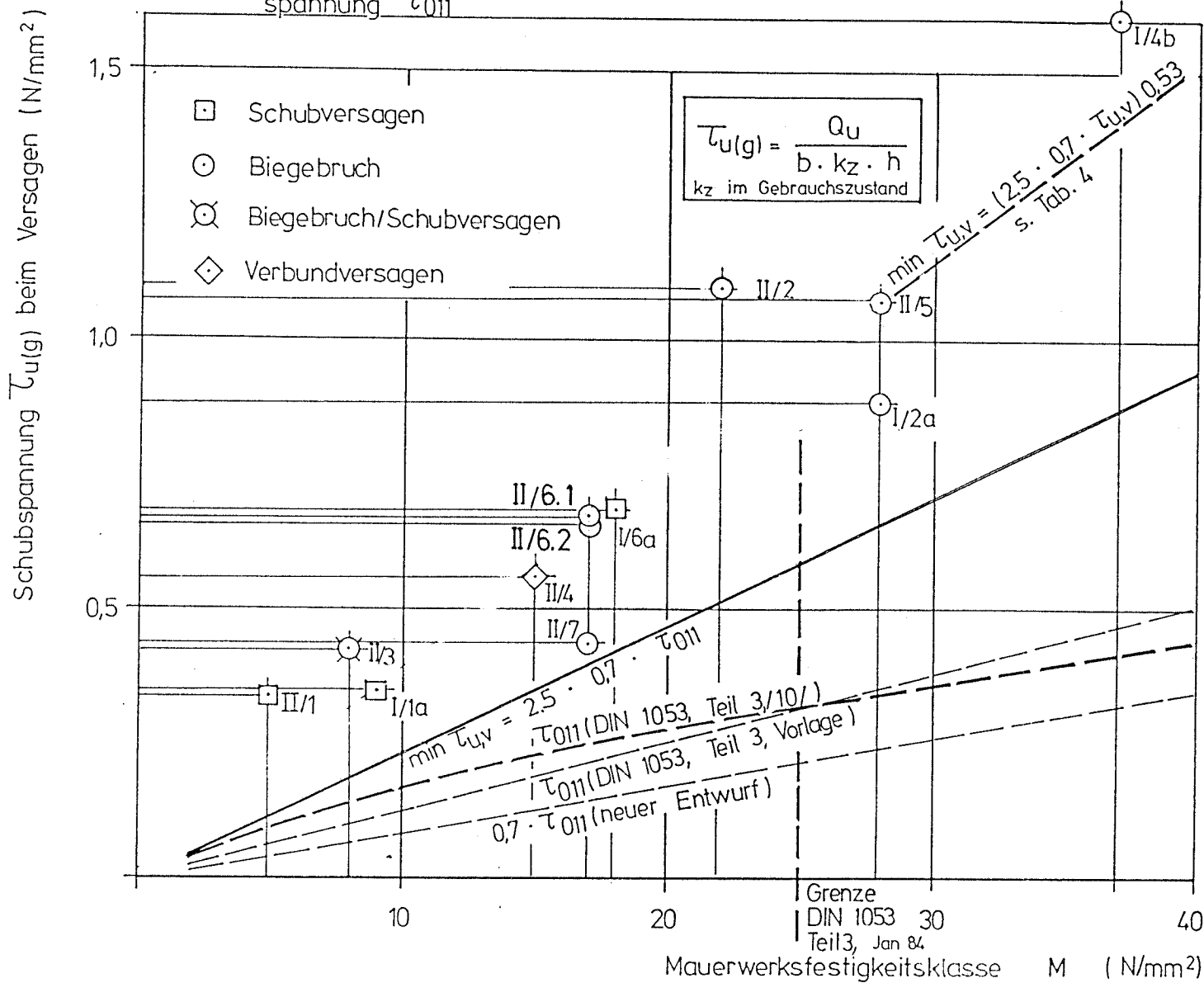
Dies besagt, daß die im Versuch ermittelten Schubspannungen auf den Gebrauchszustand bezogen werden müssen, um das Maß der Sicherheit in gleicher Weise auch für bewehrtes Mauerwerk beurteilen zu können.

Unter diesen Voraussetzungen sind in Tabelle 9 die vorhandenen Sicherheiten gegen Schubbruch angegeben. Sie sind in allen Fällen größer als $r = 2.5$.

Dieser Zusammenhang ist in Bild 4 dargestellt.

Zusätzlich wurde in die Darstellung für den Versuch I/4b (mit Schubbewehrung) die vergleichbare reduzierte τ_0 -Linie ($\tau_0 = 0,53 \cdot \tau_{02}$) mit aufgenommen. Dabei wurde jedoch berücksichtigt, daß die eingelegte Bewehrung einer rechnerischen Schubbeanspruchung von 53 % von τ_{02} entsprach.

Bild 4 : Rechnerische Versagens Schubspannung in Abhängigkeit von der Mauerwerksklasse und der Vergleich zu den zulässigen Grenzwerten der Schubspannung τ_{011}



6. Zusammenfassung

Mit Einführung von DIN 1053, Teil 3: "Bewehrtes Mauerwerk - Berechnung und Ausführung" soll die ingenieurmäßige Anwendung von bewehrtem Mauerwerk ermöglicht werden.

Über die Grenzwerte der Schubtragfähigkeit von bewehrtem Mauerwerk liegen jedoch keine ausreichenden Erfahrungen vor.

Es waren somit Versuche erforderlich, um gesicherte Aussagen zur Schubtragfähigkeit von bewehrtem Mauerwerk treffen zu können. Diese Versuche wurden am Institut für Betonstahl und Stahlbetonbau e.V., München, durchgeführt.

Bei der Planung und Ausführung der Versuchskörper zeigte sich, daß aufgrund der mauerwerksbedingten Begrenzung der Bewehrungsquerschnitte - durch Fugenbreite und Fugenanzahl, sowie der Bewehrungsausnutzung - durch die Steinformate, größere Schubspannungen τ_0 als τ_{011} gemäß Tabelle 1, DIN 1053, Teil 3 nur in Sonderfällen möglich sind. Die ursprünglich vorgesehene Überprüfung bis zur Schubspannungsgrenze τ_{02} konnte daher nur anhand eines Versuchs mit $\tau_0 \approx 0,5 \tau_{02}$ getestet werden.

Zum anderen erwies sich die exakte Steuerung der geplanten Mauerwerksfestigkeit als Problem, da sowohl die bestellten Steine als auch die hergestellten Mörtel die geplanten Festigkeiten in der Regel überschritten. Aufgrund des durchgeführten Versuchsumfangs mit 12 Versuchen verteilt über den gesamten Bereich der Mauerwerksklassen (auch jenseits des vorgesehenen Grenzwertes von M 25), lassen sich ausreichend gesicherte Aussagen über die Schubtragfähigkeit von Mauerwerk ohne Schubbewehrung treffen.

Die Versuchsergebnisse zeigen, daß die Schubspannungen beim Versagen in allen Fällen deutlich größer waren als die um den Sicherheitsbeiwert $\gamma = 2,5$ vergrößerten, aufgrund der hier beschriebenen Versuche neu festgelegten Grenzwerte der Schubspannung τ_{011} .

Die neu festgelegten Grenzwerte τ_{011} sind linear von der Mauerwerksfestigkeitsklasse abhängig. Es gilt zu $\tau_{011} = 0.0093 \cdot M$. Als problematisch erwies sich das Tragverhalten von Mauerwerk aus Kalksandvollsteinen; im Versuch erfolgte der Bruch durch Verbundversagen zwischen Mörtel und Stein. Dies läßt die Vermutung zu, daß die Scherfestigkeit zwischen der glatten Kalksandstein- und der Mörtelfläche bei geringen Auflasten und Schubbeanspruchung nicht ausreichend ist. Die Auswahl der Versuche läßt jedoch keine endgültige Aussage zu, so daß zur Klärung dieses Problems weitere Versuche erforderlich wären.

Zur Beurteilung des Schubtragverhaltens mit Schubspannung $\tau_0 > \tau_{011}$ kann nur ein Versuch herangezogen werden, der mit Schubbe-
wehrung ausgeführt war. Auch hier ergaben sich ausreichende Sicherheiten gegen Schubversagen; jedoch kann dieser Wert nur als Anhalt dienen; zur gesicherten Beurteilung sind weitere Versuche erforderlich.

LITERATURHINWEISE:

- /1/ Cajdert, A.: Horizontal belastetes Mauerwerk aus leichten
Losberg, A.: porösen Ziegeln. Der Effekt der Bewehrungen
in horizontalen Fugen
Essen, 1973 S. 245 - 251
- /2/ Southcombe, C.: Tests on single leaf brickwork panels and
Johnson, G.D.: walls with bed joint reinforcement
Rom, 1982 S. 615 - 626
- /3/ Dickey, W.L.: Masonry bed joint reinforcement
Rom, 1982 S. 1167 - 1179

- /4/ Zelger, C.; Barlet, U.: Schaffung von Grundlagen für die Bemessung von bewehrtem Mauerwerk
Materialprüfungsamt der TU München, Okt. 1980
- /5/ Zelger, C.; Barlet, U.: Bestimmung zulässiger Rechenwerte der Verbundspannung in bewehrtem Mauerwerk
Materialprüfungsamt, Berichte vom März 1981, Mai 1983 und November 1984
- /6/ Schießl, P.; Schwarzkopf, M.: Verbundverhalten von feuerverzinkten Betonrippenstählen in Mauerwerk
BETONWERK + FERTIGTEIL-TECHNIK, Heft 11, 1985
- /7/ Pfeffermann, O.; Baty, P.: Gewapned metselwerk
Speurwerk, berehning, uitxoering
Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedriigf, Brüssel
W.T.C.B - Tijdschrift Nr. 3, September 1980
- /8/ DIN 1053, Teil 1, Ausgabe November 1974
- /9/ DIN 1053, Teil 2, Ausgabe Juli 1984
- /10/ DIN 1053, Teil 3, Ausgabe Januar 1984
- /11/ DIN 105, Teil 1 bis Teil 3,
Ausgabe November 1982 bzw. Mai 1984
- /12/ DIN 106, Teil 1 Ausgabe September 1980
- /13/ DIN 1045, Ausgabe Dezember 1978
- /14/ Leonhardt, F.: Vorlesungen über Massivbau, Teil 1
Springer Verlag, 1984

TABELLEN 1 - 9

Tabelle 1 : Anzahl der geplanten Schubversuche (Serie I)

		Beanspruchung \parallel zu den Lagerfugen				Beanspruchung \perp zu den Lagerfugen 1)			
		Lochziegel		Vollziegel		Lochziegel			
		M 5	M 20	M 5	M 20	M 5	M 20		
Serie I	τ_{011}	Anzahl Versuche	1	1	(1) ²⁾	(1) ²⁾	1	1	
		Stein/Mörtel Format	HLz 12/II a 1,5	KHLz 60/III a NF	Mz 12/II a 1,5 NF	KMz 60/III a NF	HLz 12/II a Sondersteine	KMz 60/III a Sondersteine	
	$0,75 \tau_{02}$	Anzahl Versuche			1	1	1		
		Stein/Mörtel Format			Mz 12/II a 1,5 NF	KMz 60/III a DF	HLz 12/II a Sondersteine		
	$\tau_{0,2}$	Anzahl Versuche							1
		Stein/Mörtel Format							

 Praktisch nicht möglich : Biegebrüche/Querschnitte

- 1) Versuchsprogramm muß ggf. an verfügbare Sondersteine angepaßt werden
- 2) Ersatzprüfkörper bei Biegeversagen Lochziegel (Ergänzungsantrag)


 ausgeführte Versuche

Tabelle 2 : geplante Schubversuche (Serie II)

	MW	MG	Steine	Format	Beanspruchung zu den Lagerfugen	
						⊥
					Anzahl der Versuche	
Serie II	M 5	II a	HLz 12 KSL 12	2 DF Formstein	2	1
	M 9	III	HLz 28 KSV 28	2 DF	3	
	M 20	III a	HLz 60 Mz 60	NF	2	—

Tabelle 3 : Grenzwerte der zulässigen Schubspannungen τ_{011} in Abhängigkeit von der Festigkeitsklasse des Mauerwerks

MW Festigkeitsklasse M	Rechenwert β_R	DIN 1053 /10/ τ_{011}	DIN 1053/Teil 3 (neuer Vorschlag)		min. $\tau_U (v) =$ $2.5 \cdot 0.7 \cdot \tau_{011}$
			τ_{011}	$0.7 \cdot \tau_{011}$	
3,5	3,0	0,09	0,05	0,035	0,08
5,0	4,3	0,11	0,07	0,047	0,12
6,0	5,1	0,13	0,08	0,056	0,14
7,0	6,0	0,15	0,09	0,063	0,16
9,0	7,7	0,17	0,12	0,084	0,21
11,0	9,0	0,20	0,14	0,098	0,26
13,0	10,5	0,22	0,17	0,120	0,30
16,0	12,5	0,25	0,21	0,147	0,37
20,0	15,0	0,29	0,26	0,182	0,47
25,0	17,5	0,32	0,32	0,224	0,58
M	$\tau_{011} = 0,0375 \cdot M^{2/3}, \quad = 0,0133 M, \quad = 0,0093 \cdot M, \quad = 0,0233 \cdot M$				

Tabelle 4 : Abmessungen und Materialeigenschaften der verwendeten Steine und Ziegel


Versuchsnummer	geplante Steine	Maße			Ziegelroh-dichte ρ_z	Druckfestigkeit f_{ST}	Lochflächenanteil F_L	Bezeichnung gemäß DIN 105/106
		l	b	h				
1a	HLz 12	238,7	114,8	111,5	1,03	16,4	35,8	HLz 12 - 1,2 - 2 DF
2a	KHLz 12	239,2	113,4	70,5	1,81	76,2	10,7	Mz 60 - 2,0 - NF
4b	KMz 60	238,9	115,5	52,7	2,10	75,1	-	KMz 60 - 2,2 - DF
6a	KHLz 60	248,4	120,2	59,9	1,35	34,8	29,6	KHLz20 - 1,4 - DF (FS)
II/1	HLz 12	238,9	115,0	113,2	0,94	16,1	35,8	HLz 12 - 1,0 - 2 DF
II/2	HLz 60	240,9	116,4	70,3	1,84	49,0	10,7	Mz 36 - 2,0 - NF
II/3	KSL 12	239,5	113,3	111,3	1,37	13,2	24,9	KSL 8 - 1,4 - 2 DF
II/4	KSV 60	238,2	114,0	112,9	1,91	32,0	-	KSV 20 - 2,0 - 2 DF
II/5	Mz 60	239,2	113,8	73,2	1,99	61,3	-	Mz 48 - 2,0 - NF
II/6	HLz 28	242,2	114,7	113,7	1,77	73,5	11,2	Mz 48 - 1,8 - 2 DF
II/7	HLz 12	242,0	117,0	67,5	1,28	18,4	30,9	HLz 12 - 1,4 - NF (FS)

* (FS) Formstein

Tabelle 5 : Materialeigenschaften der verwendeten Mörtel

Versuchsnummer	Mischungsanteile			Biege - zug - festigkeit	Druck - festigkeit	Mörtel - gruppe
	Zement PZ 35F	Binder PM	Sand 0/4			
1a	* Werkmörtel, keine Mischungsangabe			3,64	21,75	IIIa
2a				6,85	33,9	IIIa
4b				4,90	24,4	IIIa
6a				3,40	17,4	III
II/1	1	2	10	3,18	12,0	III
II/2	*			4,75	22,8	IIIa
II/3	1	2	10	3,70	13,2	III
II/4	1	2	7	4,49	22,1	IIIa
II/5	*			4,89	25,0	IIIa
II/6,1	1	2	7	3,38	20,1	IIIa
II/6,2	1	2	7	4,33	26,6	IIIa
II/7	1	2	10	4,94	20,2	IIIa

Tabelle 6 : Zusammenfassung der Materialdaten von Steinen, Mörtel und Mauerwerk

Versuchsnummer	Steinart	MW _{gepl.}	Festigkeiten			MW _{ist}	rechn. zur τ_{011} ¹⁾
			β_{St}	β_M	β_{MW}		
			N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²		N/mm ²
1a	HLz 12 - 1,2 - 2 DF	M6 \perp	16,4	21,8	11,4	M9	0,16
2a	Mz 60-2,0 - NF	M20 \perp	76,2	33,9	34,0	M28	0,34
4b 	KMz 60-2,2 - DF	M20 \perp	75,1	22,4	44,0	M37	2)
6a	KHLz 20-1,4 - DF(Fs)	M20 =	34,8	17,4	21,2	M18	0,26
II/1	HLz 12 - 1,0 - 2 DF	M5 \perp	16,1	12,0	6,3	M5	0,11
II/2	Mz 36 - 2,0 - NF	M20 \perp	49,0	22,8	26,5	M22	0,29
II/3	KSL 8 - 1,4 - 2 DF	M5 \perp	13,2	13,2	10,0	M8	0,15
II/4	KSV20 - 2,0 - 2 DF	M9 \perp	32,0	22,1	18,1	M15	0,22
II/5	Mz 48 - 2,0 - NF	M20 \perp	61,3	25,0	33,5	M28	0,34
II/6.1	Mz 48 - 1,8 - 2 DF	M9 \perp	73,5	20,1	29,5	M17	0,25
II/6.2	Mz 48 - 1,8 - 2 DF	M9 \perp	73,5	20,1	29,5	M17	0,25
II/7	HLz 12 - 1,4 - NF(Fs)	M5 =	18,4	20,2	20,0	M17	0,25

1) zur $\tau_{011} = 0,0375 \cdot MW_{IST}^{2/3}$

2) Schubbewehrung $\rightarrow \tau_0 > \tau_{011}$

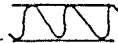
Tabelle 7 : Festigkeits - und Verformungseigenschaften
der verwendeten Betonstähle BSt 500 S (IVS)

Serie	d_s	R_s	R_z	A10	A05	A_g	Bemerkung
—	mm	N/mm	N/mm	%	%	%	—
I	8	560,0	631,0	18,9	26,5	9,0	—
II	8	560,0	638,0	19,1	27,2	10,9	verzinkt

Tabelle 8 : Zusammenfassung der Rechenwerte und Versuchsergebnisse der durchgeführten Schubuntersuchungen an Mauerwerksplatten

Versuch Nr.	* M _{rechn.}	β _{MW}	b	d	h	a	a/h	A _s	β _z	rechn. Werte			Versuchswerte		$\frac{\tau_{U(v)}}{\tau_U}$	Versagensart
										max M	max Q	τ _U	Q _{U(v)}	τ _{U(v)}		
-		N/mm ²	mm	mm	mm	mm	-	mm ²	N/mm ²	kNm	kN	N/mm ²	kN	N/mm ²	%	-
1a	M 9	11,4	750	240	210	630	3,0	251,3	631,0	32,60	51,3	0,336	47,2	0,321	95,5	S
2a	M28	34,0	500	240	200	700	3,5	402,0	631,0	49,5	70,7	0,725	77,2	0,725	106,9	B
4 b**	M37	44,0	530	240	210	630	3,04	704,0	631,0	90,5	143,7	1,331	146,0	1,403	105,4	B
6a	M 18	21,2	625	250	230	700	3,0	502,7	631,0	70,4	100,5	0,725	93,9	0,665	91,7	S
II/1	M 5	6,3	750	240	210	630	3,0	258,6	638,0	32,2	51,9	0,349	45,9	0,311	89,1	S
II/2	M22	26,5	500	240	200	630	3,15	517,1	638,0	63,2	100,4	1,047	102,3	1,040	99,3	B
II/3	M 8	10,0	750	240	210	630	3,0	258,6	638,0	33,4	63,0	0,349	57,5	0,383	109,7	B
II/4	M15	18,1	750	240	200	630	3,15	464,4	638,0	57,2	90,8	0,628	81,9	0,567	90,3	V
II/5	M 28	33,5	500	240	200	630	3,15	517,1	638,0	63,2	100,4	1,047	100,5	1,034	98,8	B
II/6.1	M 17	20,5	750	240	200	630	3,15	465,4	638,0	57,9	91,9	0,628	92,2	0,636	101,3	B
II/6.2	M 17	20,5	750	240	200	630	3,15	465,4	638,0	57,9	91,9	0,628	91,4	0,615	97,9	B
II/7	M 17	20,0	625	240	220	630	2,86	258,6	638,0	35,6	56,5	0,419	54,9	0,416	99,3	B

* M_{rechn.} = β_{MW}/1,175

**  Schubbewehrung

S = Schubversagen

B = Biegebruch

V = Verbundversagen

Tabelle 9 : Sicherheit γ gegen Schubversagen

Versuchs - nummer	1) Mauerwerks- festigkeits - klasse M	2) vorhandene Schub - spannung $\tau_u(g)$	3) zul. Schub - spannung zul $\tau_{0.11}$	Sicherheit γ ($\tau_u / \tau_{0.11}$)	Ver - sagens - art
—	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	—	—
1a	M 9	0,348	0,084	4,1	S
2a	M 28	0,877	0,260	3,4	B
4 b	M 37	1,600	0,464 ⁴⁾	3,5	B
6 a	M 18	0,684	0,167	3,9	S
II/1	M 5	0,339	0,047	7,2	S
II/2.	M 22	1,095	0,205	5,3	B
II/3	M 18	0,425	0,074	5,7	B
II/4	M 15	0,559	0,146	4,0	V
II/5	M 28	1,075	0,260	5,2	B
II/6.1	M 17	0,665	0,158	3,2	B
II/6.2	M 17	0,659	0,158	3,2	B
II/7	M 17	0,434	0,158	2,74	B

1) MW = $\beta_{MW} / 1.175$ (gerundete Werte, ohne max. Grenze)

2) bezogen auf den Gebrauchszustand

3) neuer Vorschlag siehe Tabelle 3 : zul $\tau_{0.11} = 0.0093 \cdot M \approx 0.7 \cdot \tau_{0.11}(T3)$

4) mit Schubbewehrung, bezogen auf den extrapolierten Wert
für MW und 53 % Bewehrungsanteil für $\tau_0 = (0.7 \cdot \tau_{0.2}) \cdot 0.53$

ANLAGEN

in der Reihenfolge :

I / 1a

I / 2a

I / 4b

I / 6a

II/ 1

II/ 2

II/ 3

II/ 4

II/ 5

II/ 6.1

II/ 6.2

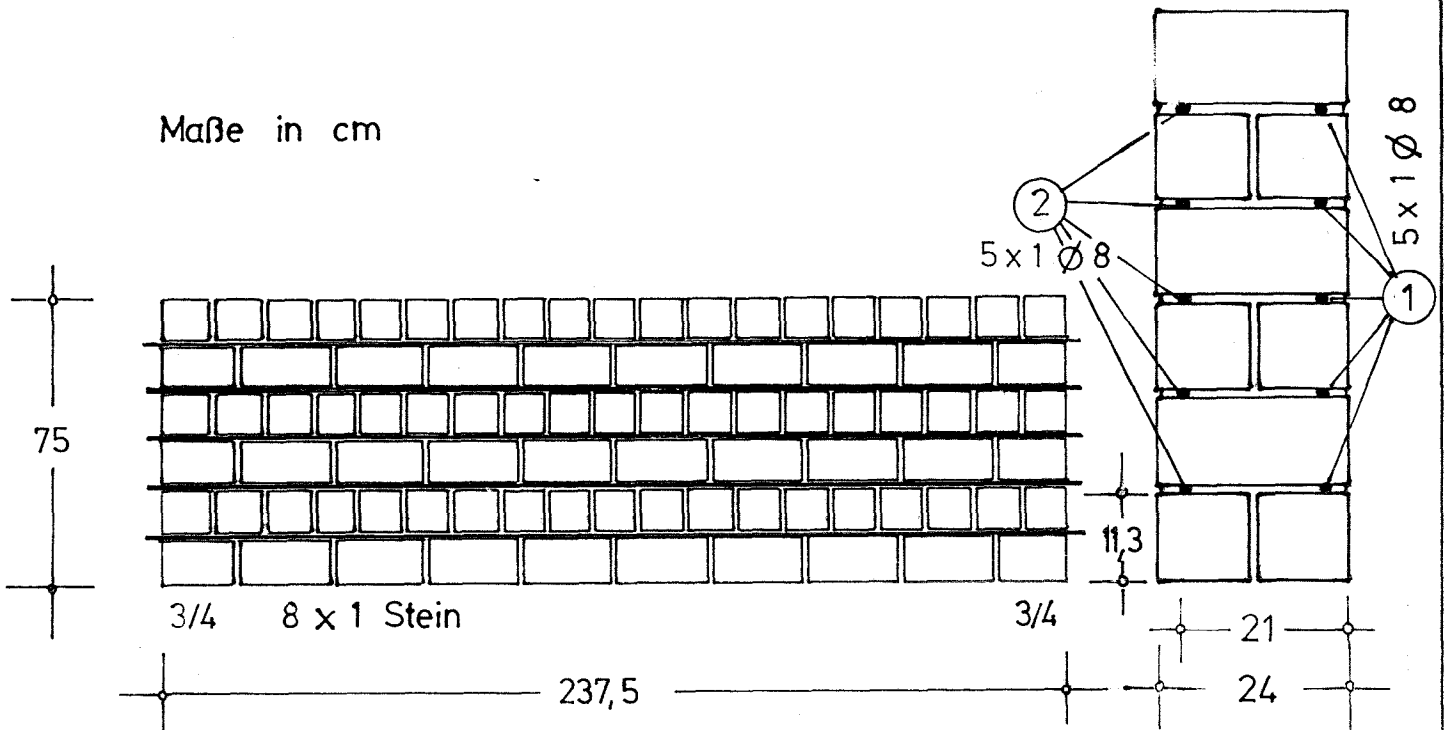
II/ 7

Bewehrtes Mauerwerk, Planwerte

Variante : 1 a

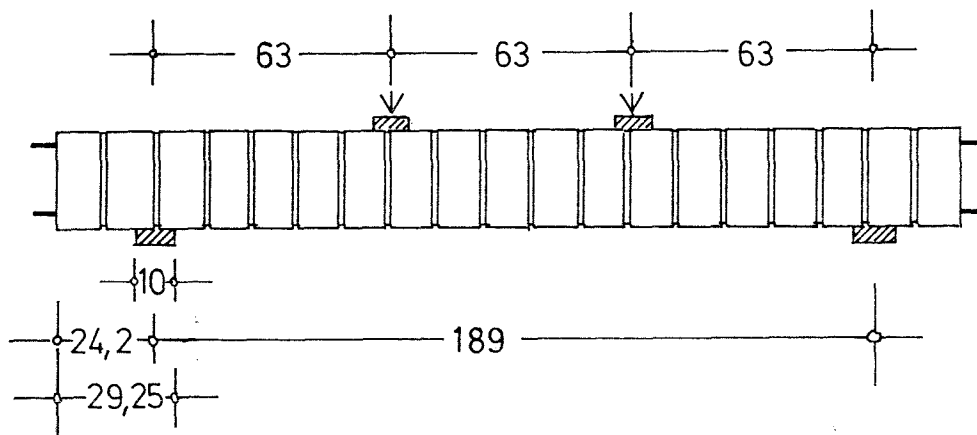
Anzahl : 1

Maße in cm



① 5 Ø 8 - l = 2,50 m

② 5 Ø 8 - l = 2,50 m verzinkt

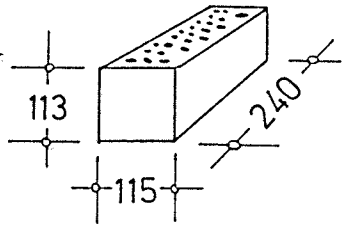


Baustoffe :

HLz 12 - 2 DF (240 × 115 × 113 mm)

Mörtelgruppe III

Mauerwerksfestigkeitsklasse M 5

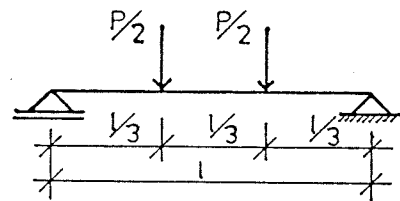
Bewehrtes Mauerwerk		Variante: I/1a	
Stein		Mörtel	
HLz 12 - 1,2 - 2 DF 		Zusammensetzung Zement / Binder / Sand (PZ 35 F) (PM) (0/4) Werksmörtel (Fa Schätz)	
		Bezeichnung: BSt 500 S (RTS)	
		Mörtelgruppe (ist) III a	d_s [mm] 8
		Druckfestigkeit *) $\beta_{D,mö}$ [N/mm ²] 21,75	β_s [N/mm ²] 560
Rohdichte [kg/dm ³] 1,03		Biegezugfestigkeit *) $\beta_{BZ,mö}$ [N/mm ²] 3,64	β_z [N/mm ²] 631
Rohdichteklasse 1,2			A ₁₀ [%] 18,9
Druckfestigkeit [N/mm ²] 16,4		*) Zum Zeitpunkt der Versuchsdurchführung	
Steinfestigkeitsklasse 12			
Lochanteil [%] 35,8			
Mauerwerksfestigkeit:		$\beta_{D,mw} = 11,4$ (N/mm ²)	

Bemessung (Planwerte)

Mauerwerksfestigkeitsklasse: M 6
 Druck zur Lochrichtung: quer

zul. τ_o [N/mm²]: 0,13
 vorh. A_s [mm²]: 251,3
 $\sigma_{S,L}$ [N/mm²]: 244,1
Istwerte: MW (N/mm²): M 9
 h (mm): 214
 h_D (mm): 54
 b (mm): 750
 a (mm): 630
Bruchzustand
 M_u (kNm): 29,7
 Q_u [kN]: 47,2
 τ_{ug} [N/mm²]: 0,348

Bruchursache: Schubbruch



Belastungsfolge

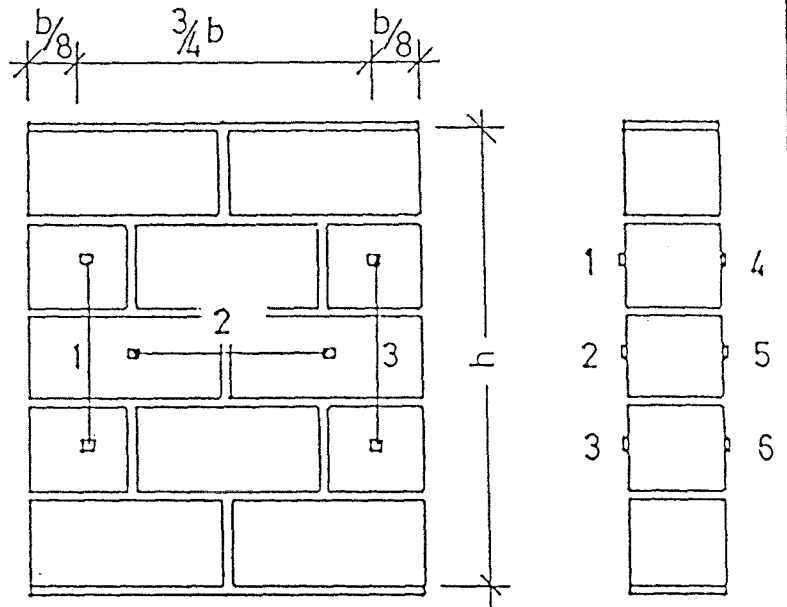
L St	τ [N/mm ²]	$\sigma_{S,L}$ [N/mm ²]	L St	τ [N/mm ²]	$\sigma_{S,L}$ [N/mm ²]
0	0,013	24,3	9A	0,197	370
2	0,043	80	10	0,213	400
4	0,085	160	11	0,234	440
6a	0,13	244	12	0,255	480
100	LW		13	0,277	520
0	0,013	24,3	14	0,298	560
4	0,085	160	15	0,319	600
6A	0,13	244	16	0,340	640
0	0,013	24,3			
100	LW				
6A	0,13	244			
7A	0,152	286			
8A	0,181	340			

Bewehrtes Mauerwerk

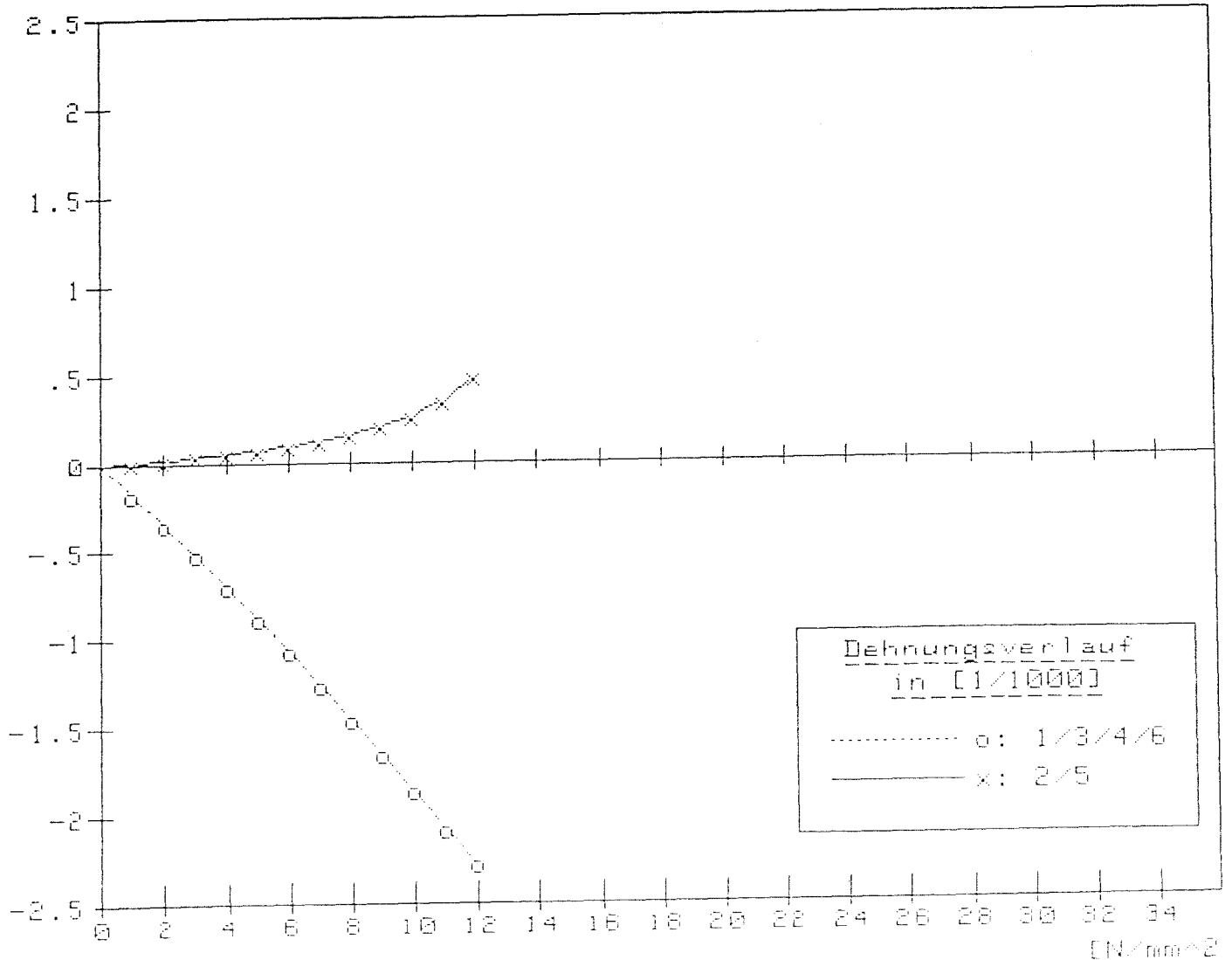
Variante: 1a, MK 1

Mauerwerksfestigkeit
(Bruchzustand)

$\beta_{D,mw} = 12.47 \text{ N/mm}^2$



Meßlänge $l_0 = 250 \text{ mm}$

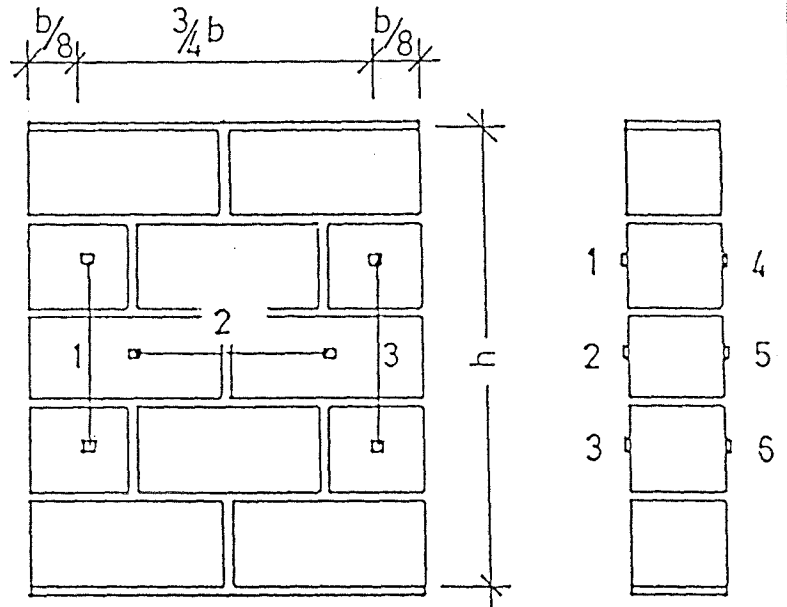


Bewehrtes Mauerwerk

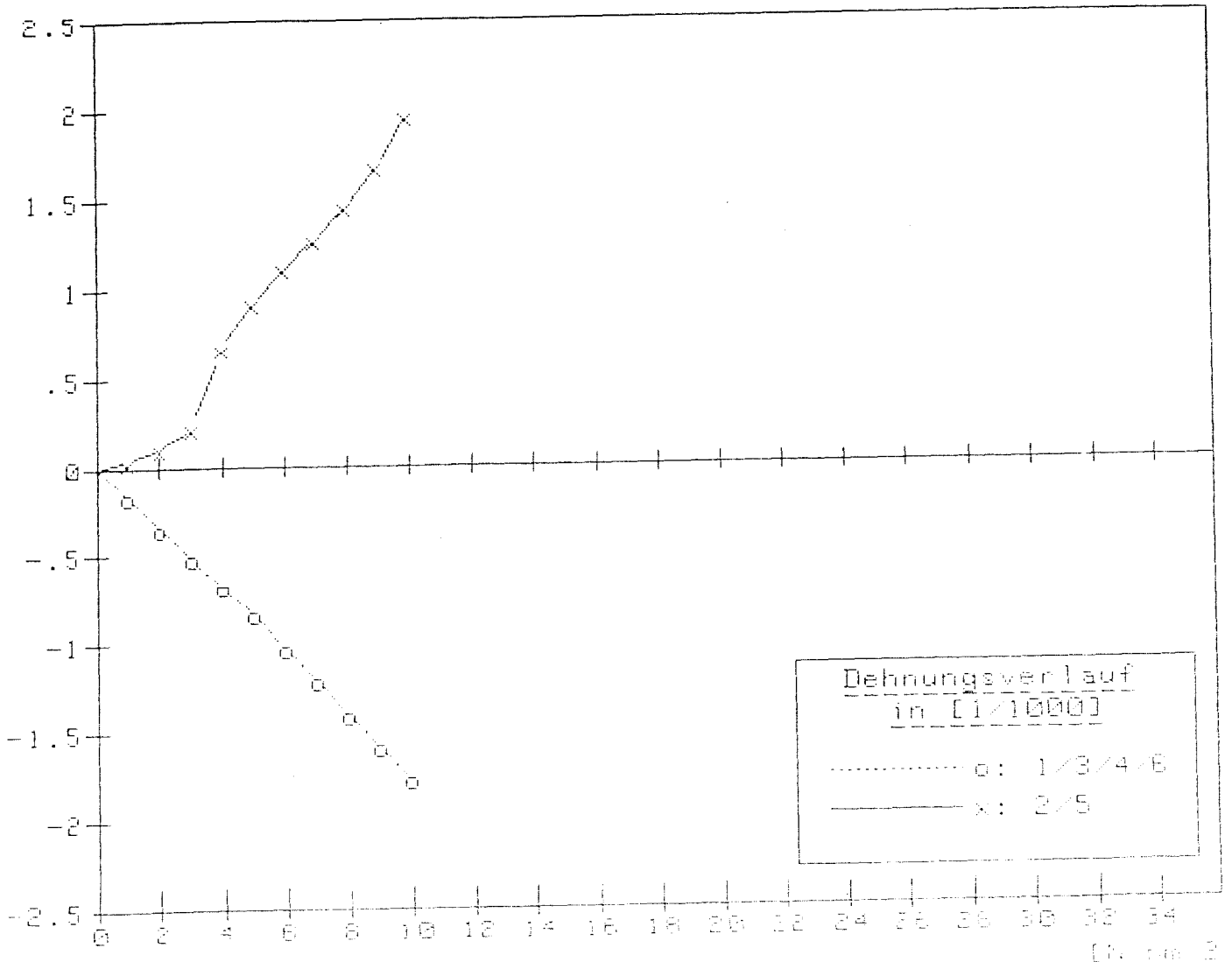
Variante: 1a, MK 2

Mauerwerksfestigkeit
(Bruchzustand)

$$\beta_{D,mw} = 10,25 \text{ N/mm}^2$$



Meßlänge $l_0 = 250 \text{ mm}$



Bewehrtes Mauerwerk

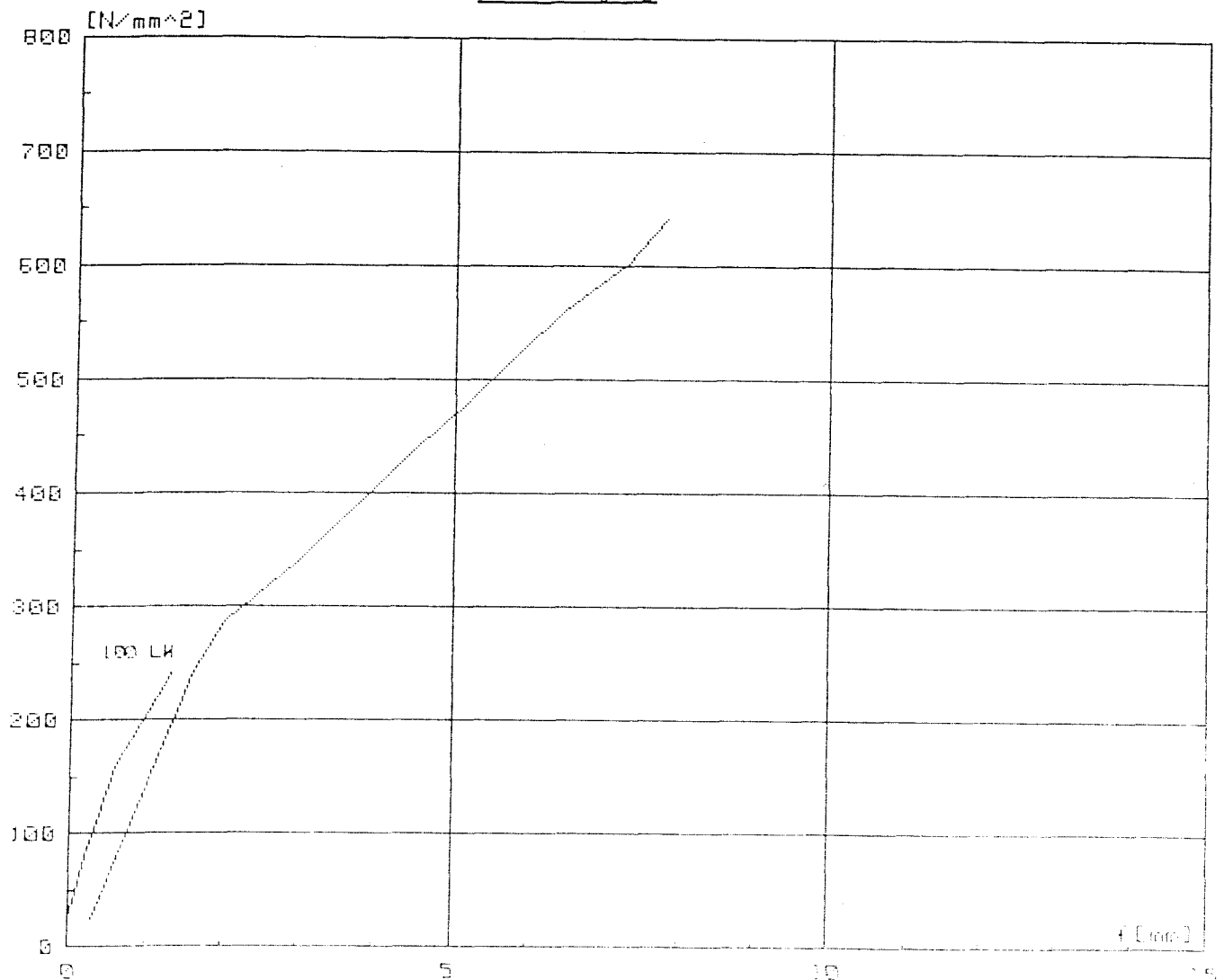
Variante: 1a

Rißbreiten in Achse der Biegezugbewehrung (Werte in mm/100)

	L St	6a	4*	6a*	7a	8a	9a	10	11	12	
	σ_{st} [N/mm ²]	244	160	244	286	340	370	400	440	480	
Binder- schicht	Σw	20	16	22	44	80	94	118	144	184	
	w_m	2,9	2,3	2,8	4,9	8,9	10,4	11,8	13,1	16,7	
	w_{min}	2	0	0	0	2	2	2	0	2	
	w_{max}	6	4	6	12	20	22	26	30	34	
Läufer- schicht	Σw	20	16	26	40	80	90	118	144	178	
	w_m	2,9	2,3	3,7	5,7	10,0	9,0	10,0	10,0	17,8	
	w_{min}	2	0	0	2	2	0	0	2	2	
	w_{max}	4	4	8	10	20	20	24	26	32	

*nach 100 Lastwechseln

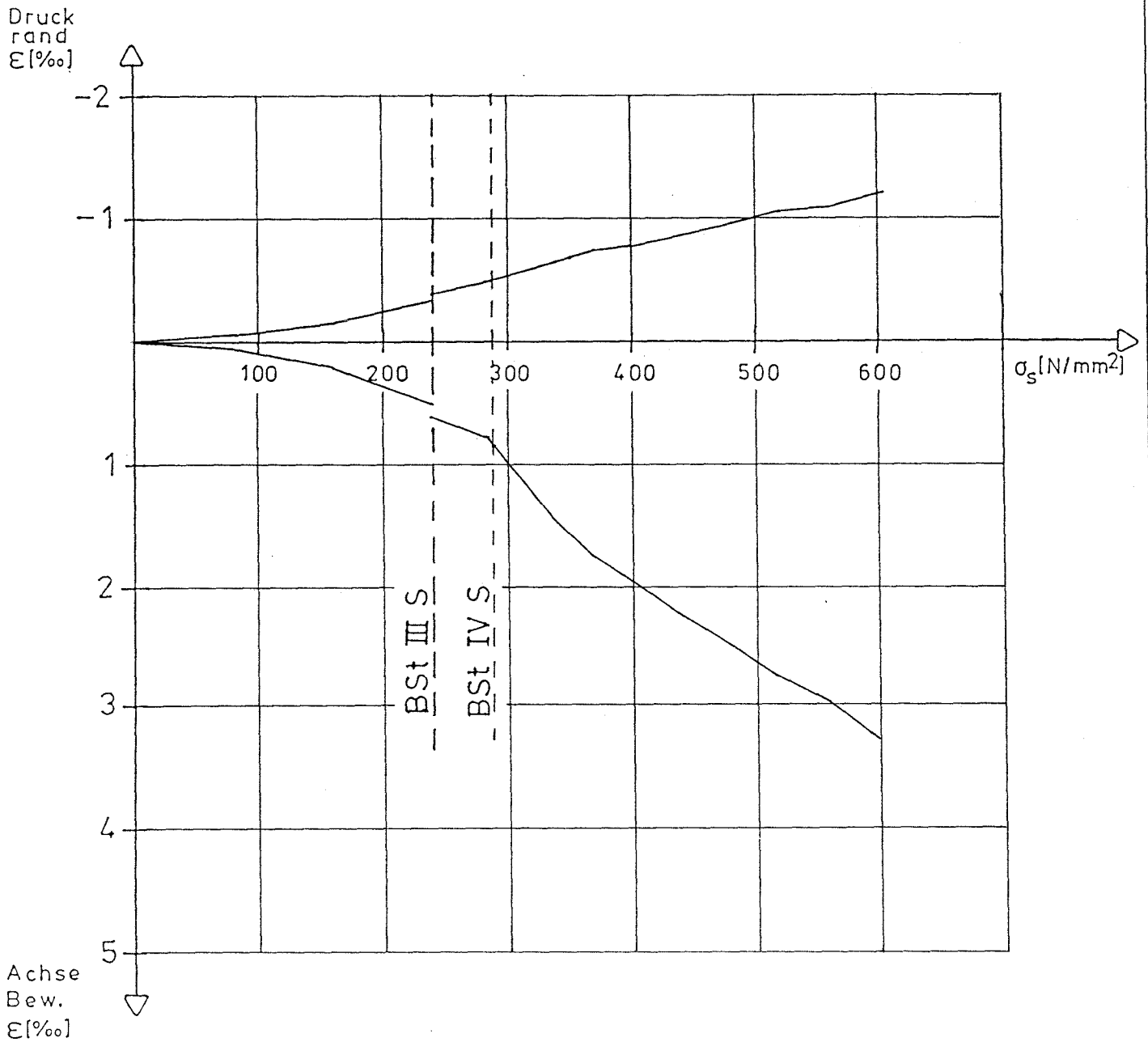
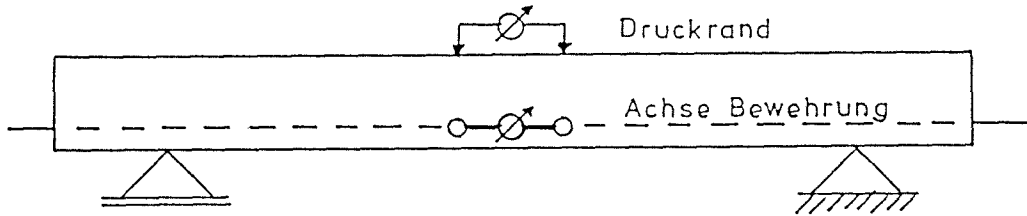
Durchbiegung



Bewehrtes Mauerwerk

Variante: 1a

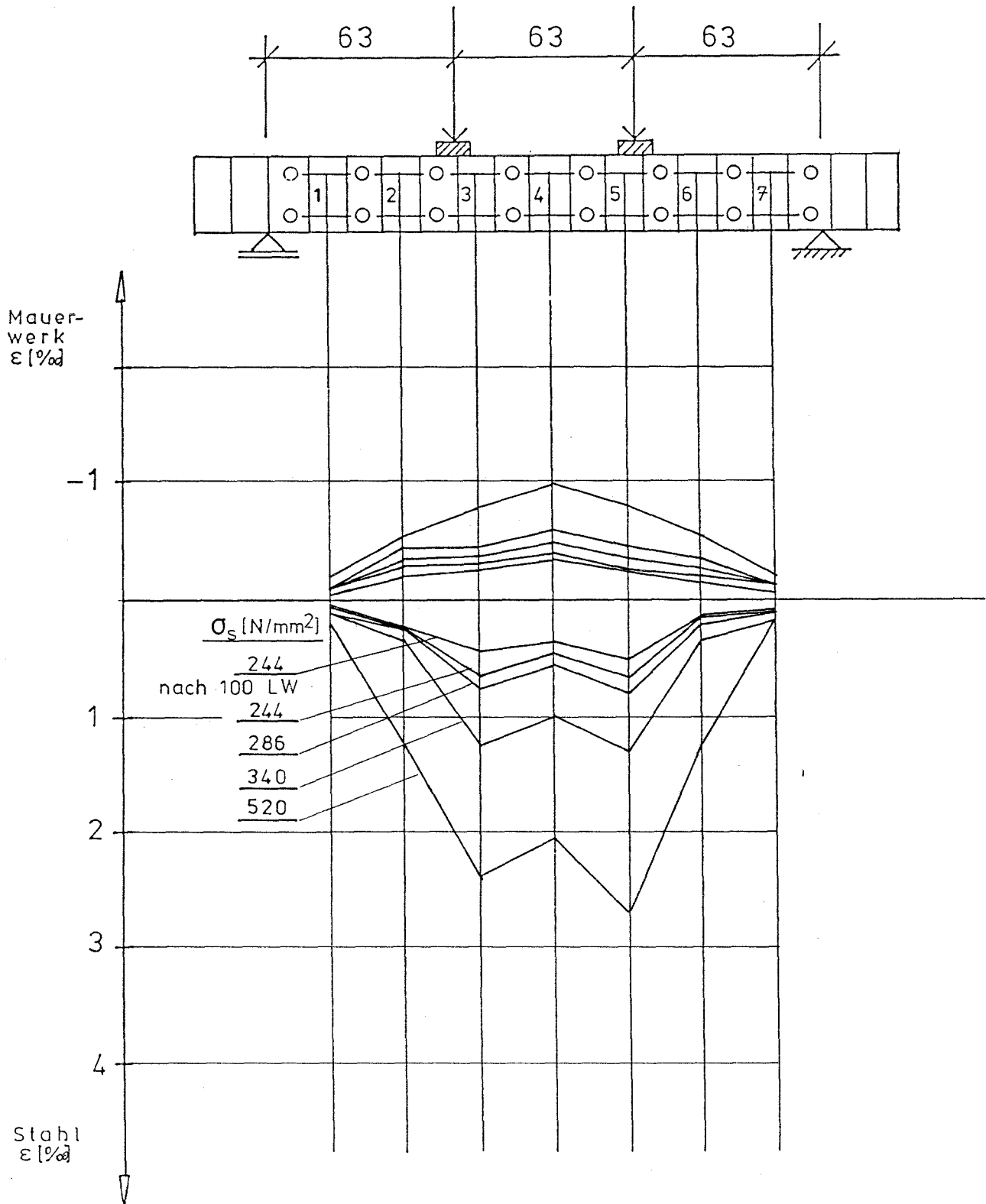
Dehnungen



Bewehrtes Mauerwerk

Variante: 1a

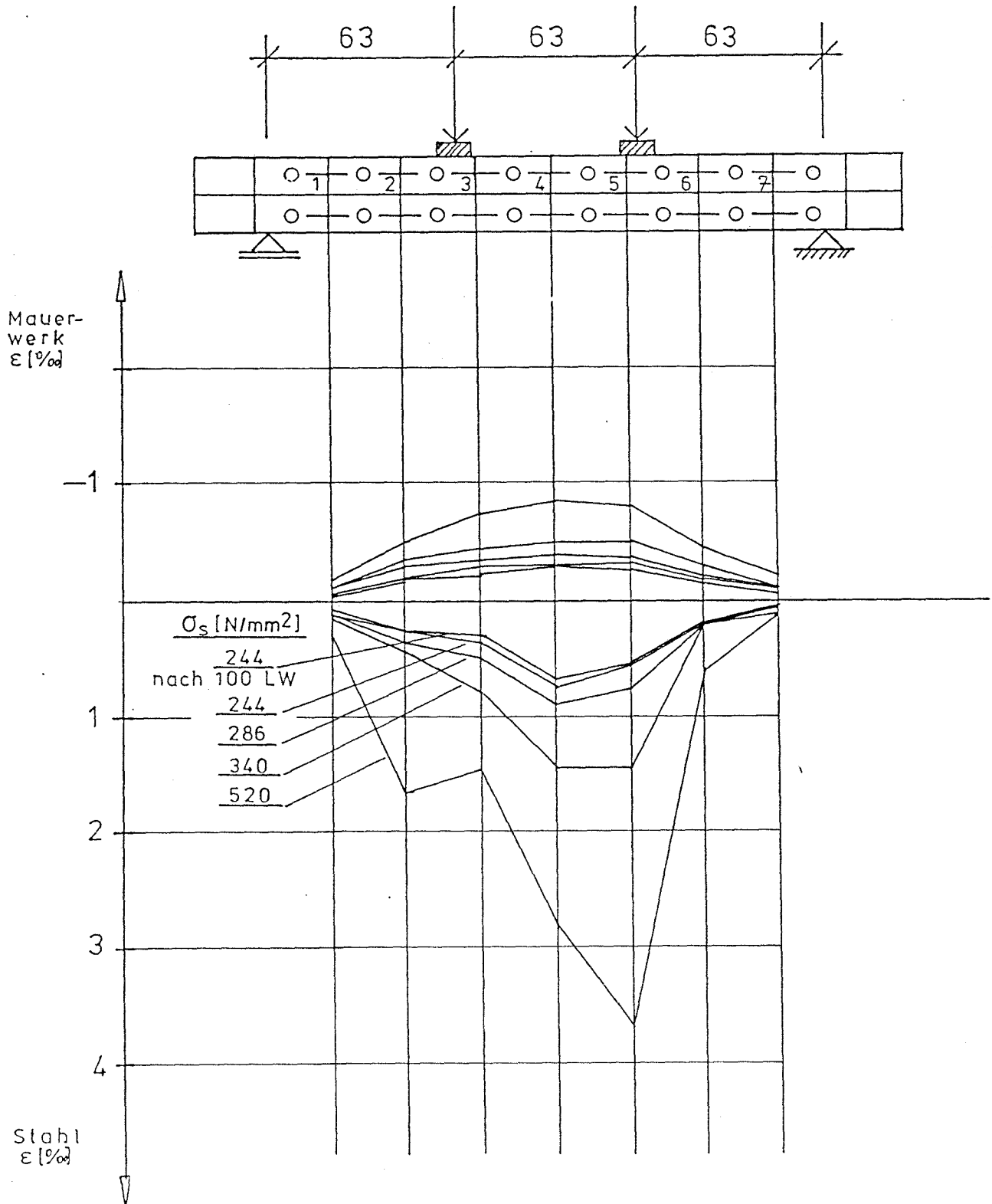
Dehnungen Binderseite



Bewehrtes Mauerwerk

Variante: 1a

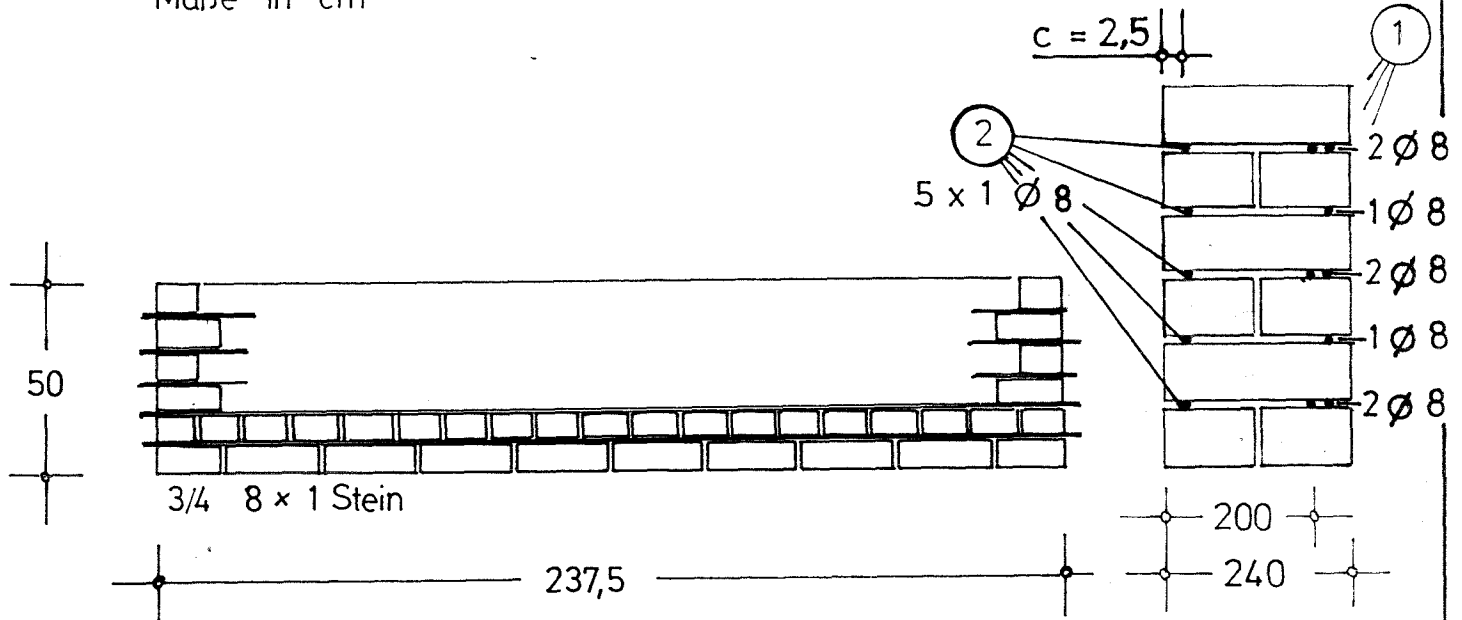
Dehnungen Läuferseite



Bewehrtes Mauerwerk, Planwerte

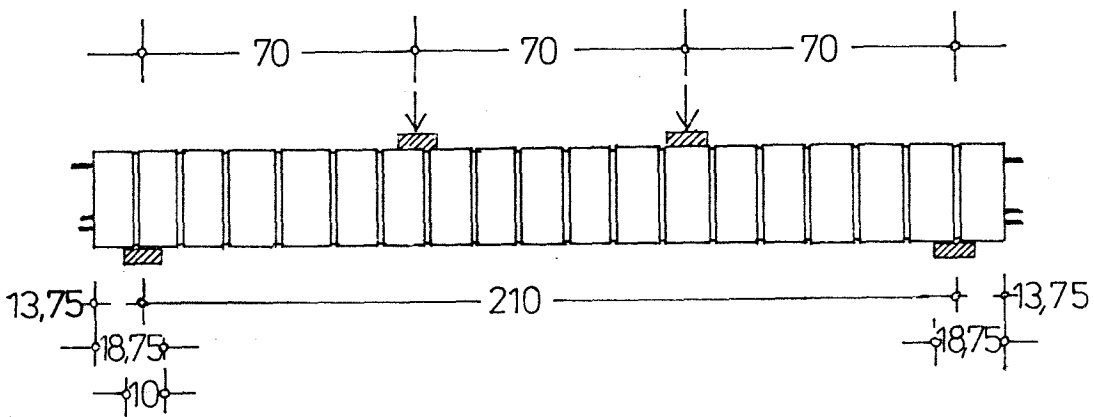
Variante : 2 a

Maße in cm



① 8 Ø8 - l = 2,50 m

② 5 Ø8 - l = 2,50 m

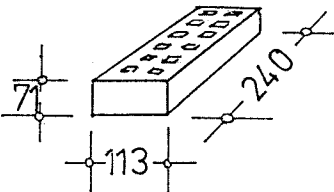


Baustoffe :

KHLz 60 / 240 x 71 x 113 mm

Mörtelgruppe III a

Mauerwerksfestigkeitsklasse M 20

Bewehrtes Mauerwerk		Variante: 2a	
Stein		Mörtel	
Mz 60 - 2,0 - NF 		Zusammensetzung Zement / Binder / Sand (PZ 35 F) (PM) / (0/4) Werksmörtel	
		Bezeichnung: BSt 500 S (RTS)	
		Mörtelgruppe (ist) IIIa	d_s [mm] 8
		Druckfestigkeit *) $\beta_{D,mö}$ [N/mm ²] 33,9	β_s [N/mm ²] 560
Rohdichte [kg/dm ³] 1,81			β_z [N/mm ²] 631
Rohdichteklasse 2,0		Biegezugfestigkeit *) $\beta_{BZ,mö}$ [N/mm ²] 6,85	A ₁₀ [%] 18,9
Druckfestigkeit [N/mm ²]		*) Zum Zeitpunkt der Versuchsdurchführung	
Steinfestigkeitsklasse 60			
Lochanteil [%] 10,7			
Mauerwerksfestigkeit: $\beta_{MW} = 34,0$ (N/mm ²)			

Bemessung (Planwerte)

Mauerwerksfestigkeitsklasse: M 20
 Druck zur Lochrichtung: quer

zul. τ_o [N/mm²]: 0,29

vorh. A_s [mm²]: 402

$\sigma_{S,L}$ [N/mm²]: 252,3

Istwerte :

MW (N/mm²): 28

h, (mm) : 210

h_D (mm) : 32

b (mm) : 500

a (mm) : 700

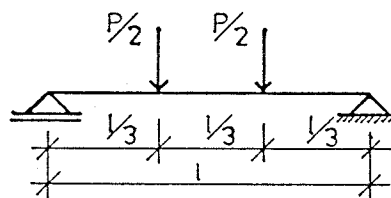
Bruchzustand

M_U (kNm): 54,0

Q_u [kN]: 77,2

$\tau_{u,g}$ [N/mm²]: 0,877

Bruchursache: Biegebruch



Belastungsfolge

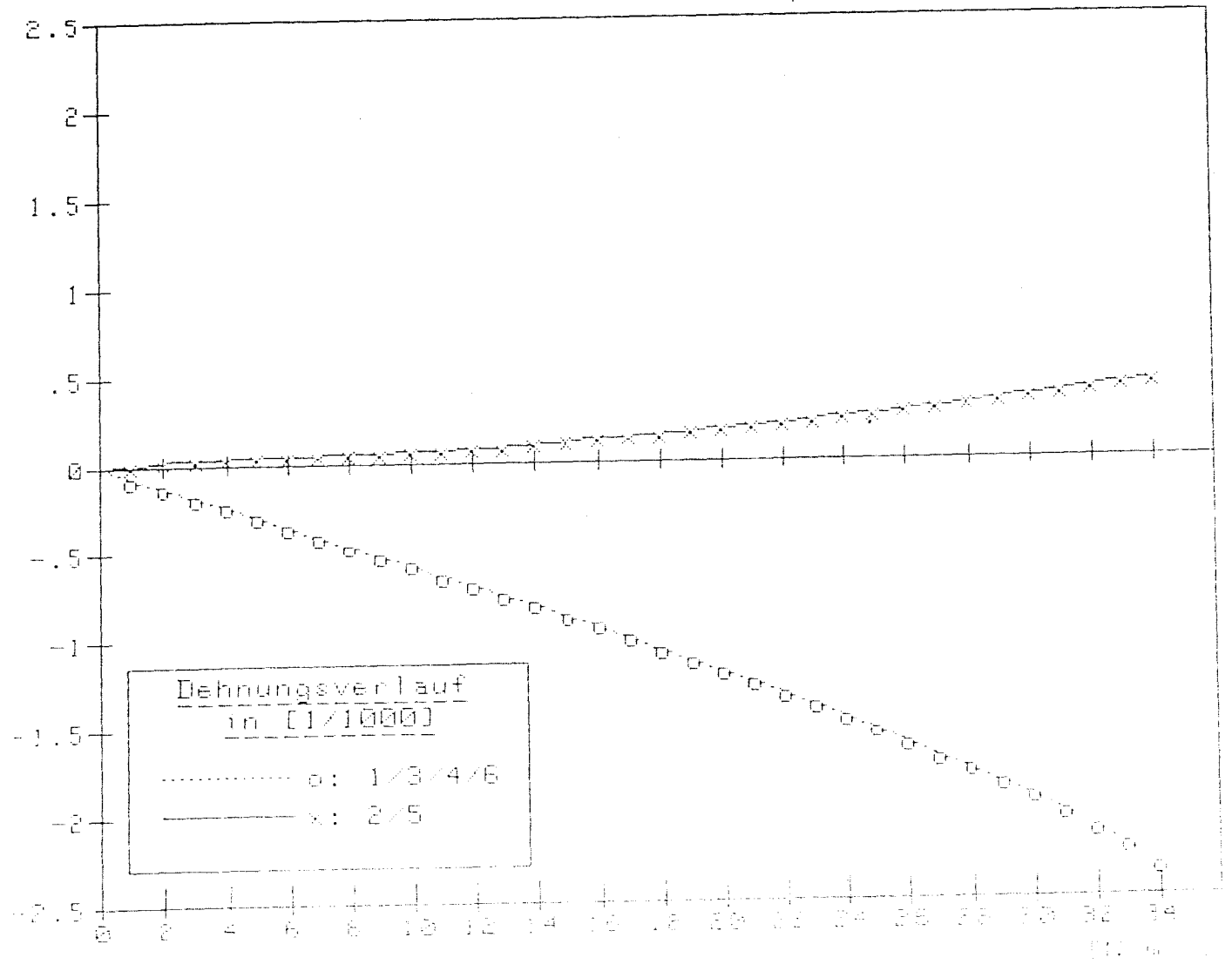
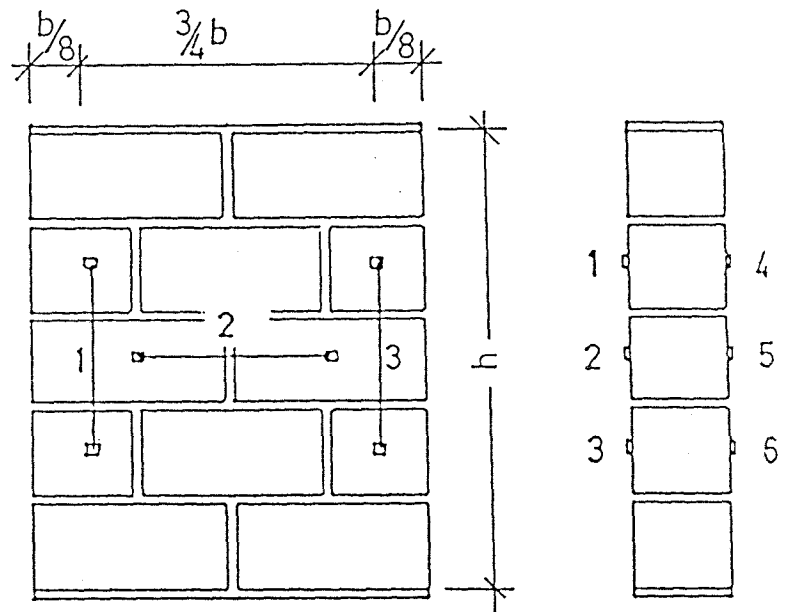
L St	τ [N/mm ²]	$\sigma_{S,L}$ [N/mm ²]	L St	τ [N/mm ²]	$\sigma_{S,L}$ [N/mm ²]
0	0,015	13,06	9A	0,425	370
1	0,046	40	10	0,459	400
2	0,092	80	11	0,505	404
3	0,138	120	12	0,551	480
4	0,184	160	13	0,597	520
5	0,230	200	14	0,643	560
6	0,289	252	15	0,674	600
100 LW			16	0,72	640
0	0,015	13,06	17	0,766	680
4	0,184	160			
6	0,289	252			
7A	0,328	286			
8A	0,391	340			

Bewehrtes Mauerwerk

Variante: 2a, MK 1

Mauerwerksfestigkeit
(Bruchzustand)

$\beta_{D,mw} = 35,4 \text{ N/mm}^2$

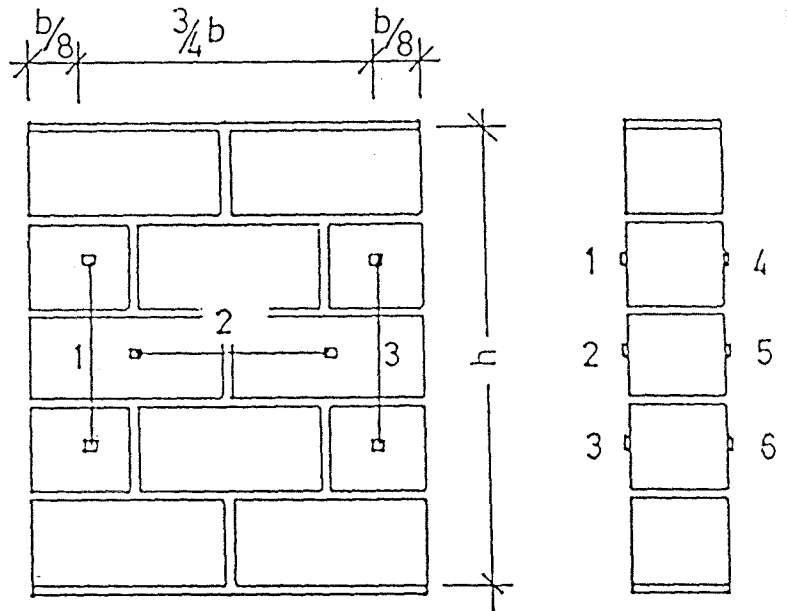


Bewehrtes Mauerwerk

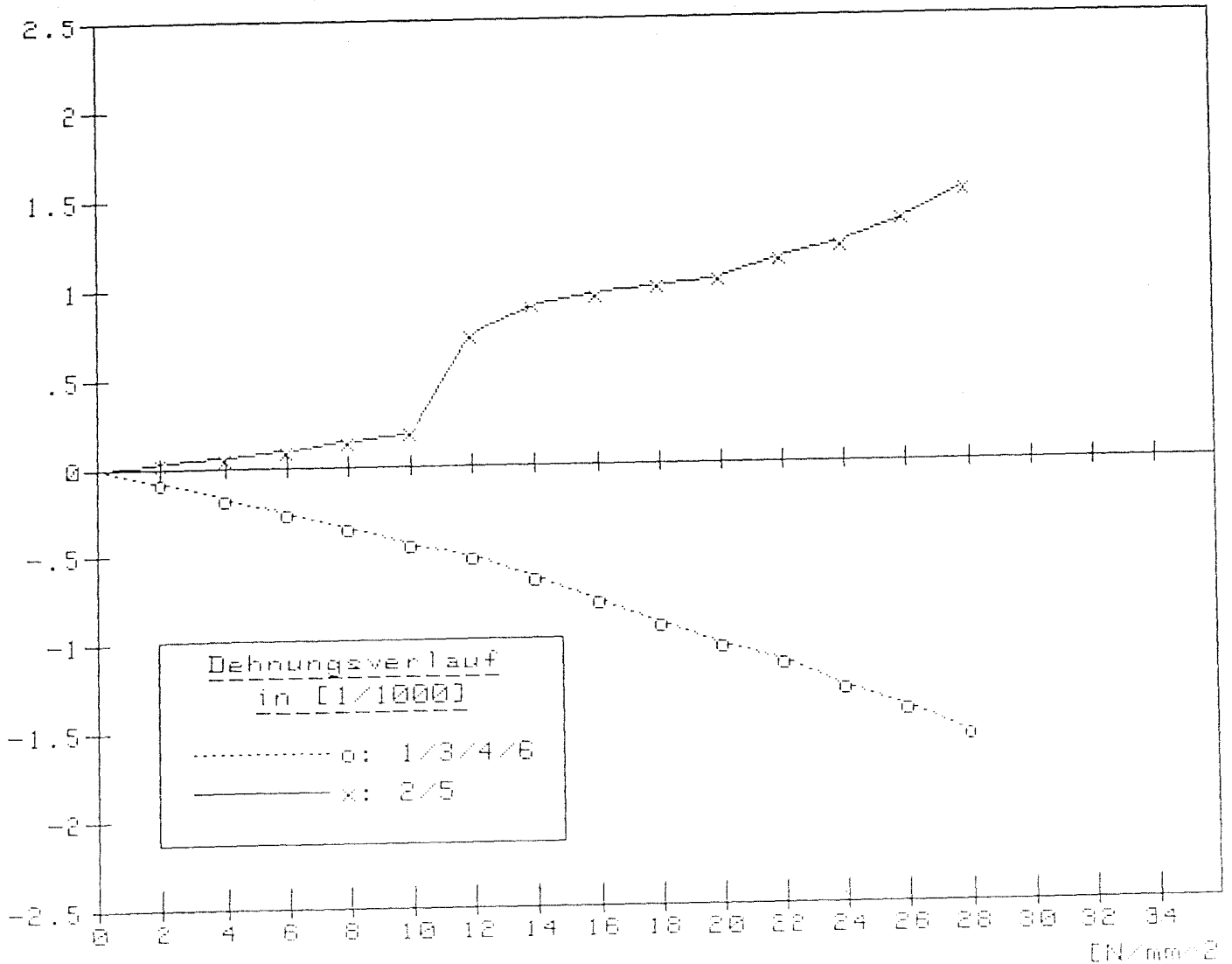
Variante: 2a, MK 2

Mauerwerksfestigkeit
(Bruchzustand)

$\beta_{D,mw} = 32,6 \text{ N/mm}^2$



Meßlänge $l_0 = 250 \text{ mm}$



Bewehrtes Mauerwerk

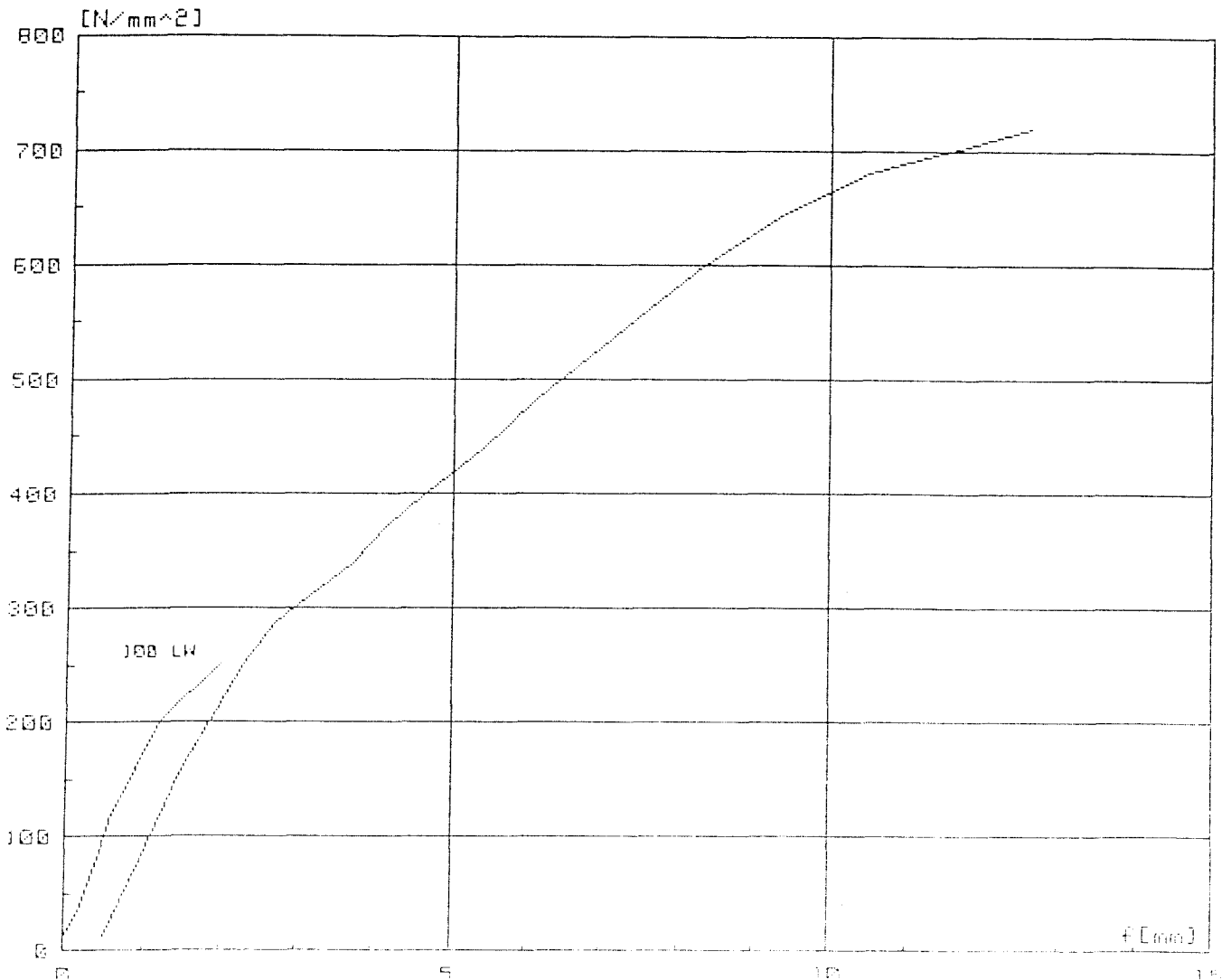
Variante: 2a

Rißbreiten in Achse der Biegezugbewehrung (Werte in mm/100)

	L St	6a	4*	6a*	7a	8a	9a	10	11	12
	σ_{st}^{9st} [N/mm ²]	252	160	252	286	340	370	400	440	480
Binder- schicht	$\sum w$	12	18	20	44	118	170	212	244	292
	w_m	6,0	4,5	4,0	6,0	6,8	9,6	10,0	11,5	12,8
	w_{min}	2	2	2	4	2	2	4	2	4
	w_{max}	10	10	8	8	10	12	14	20	22
Läufer- schicht	$\sum w$	6	6	10	26	76	112	118	174	204
	w_m	6,0	6,0	5,0	8,0	8,7	11,3	13,3	13,2	11,4
	w_{min}	6	6	4	6	6	10	10	4	4
	w_{max}	6	6	6	10	10	12	16	20	20

*nach 100 Lastwechseln

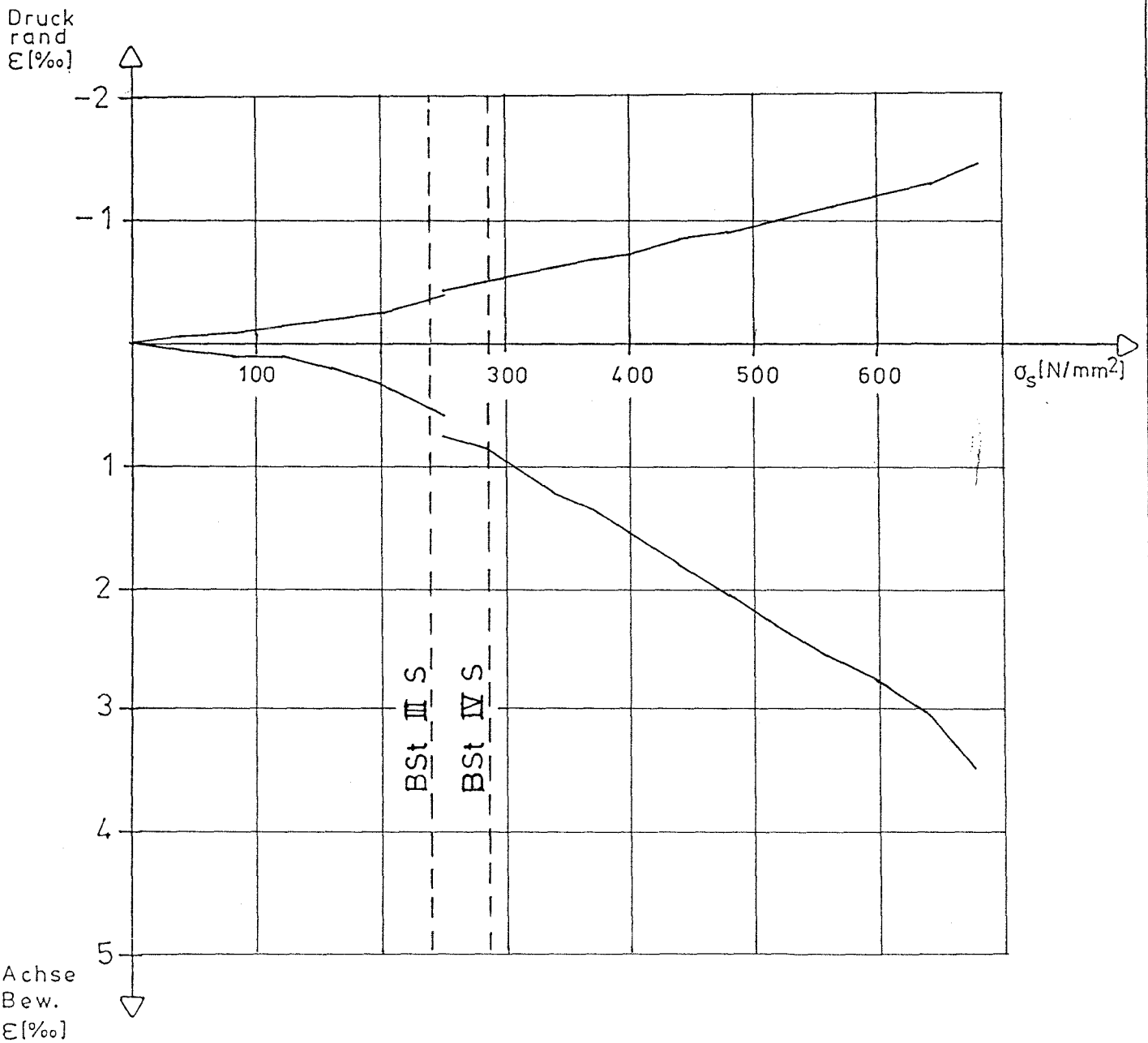
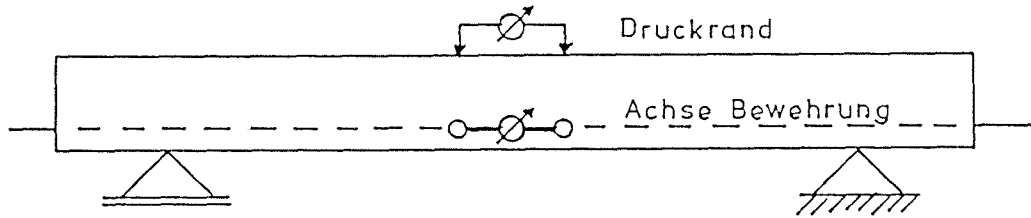
Durchbiegung



Bewehrtes Mauerwerk

Variante: 2a

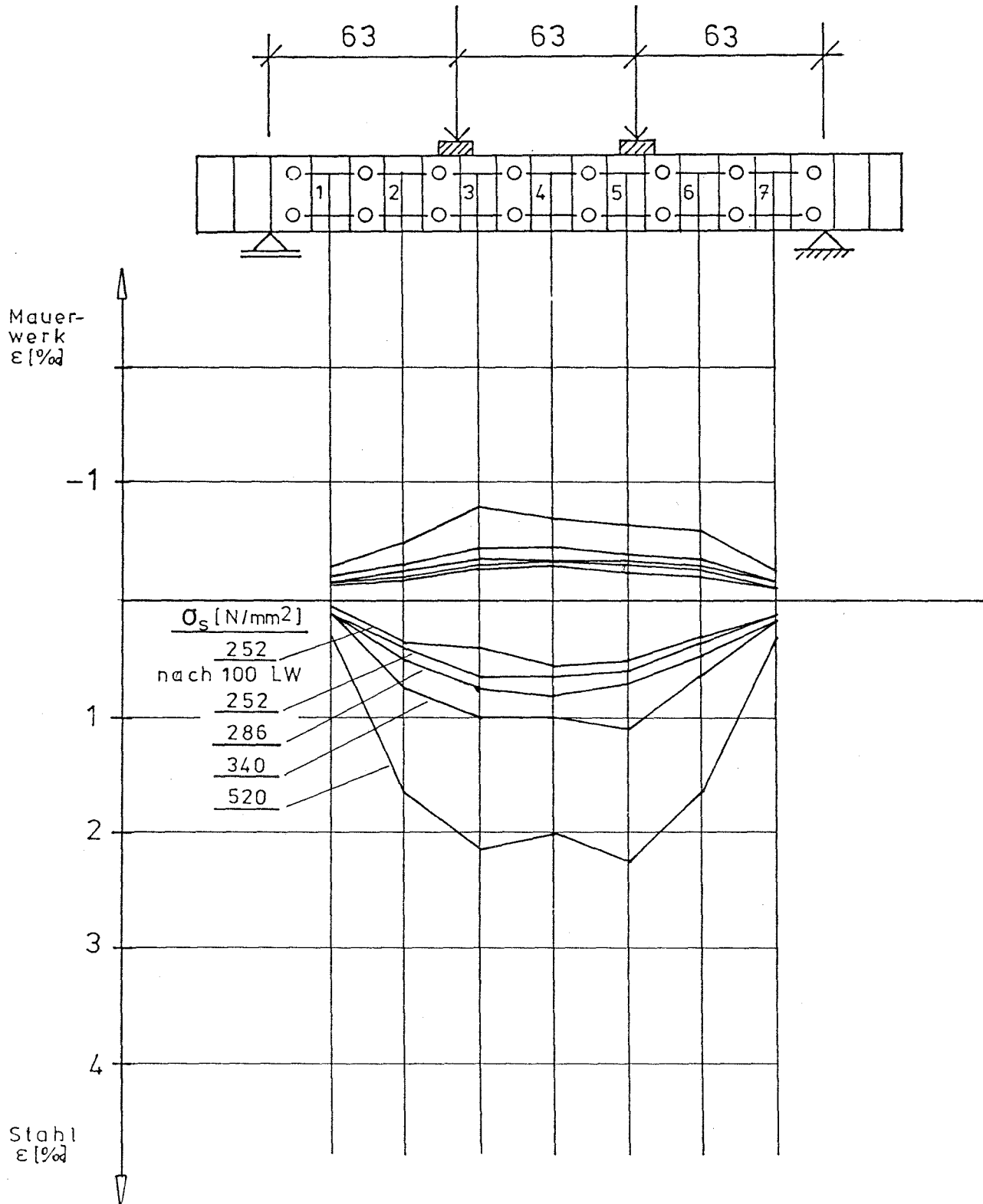
Dehnungen



Bewehrtes Mauerwerk

Variante: 2 a

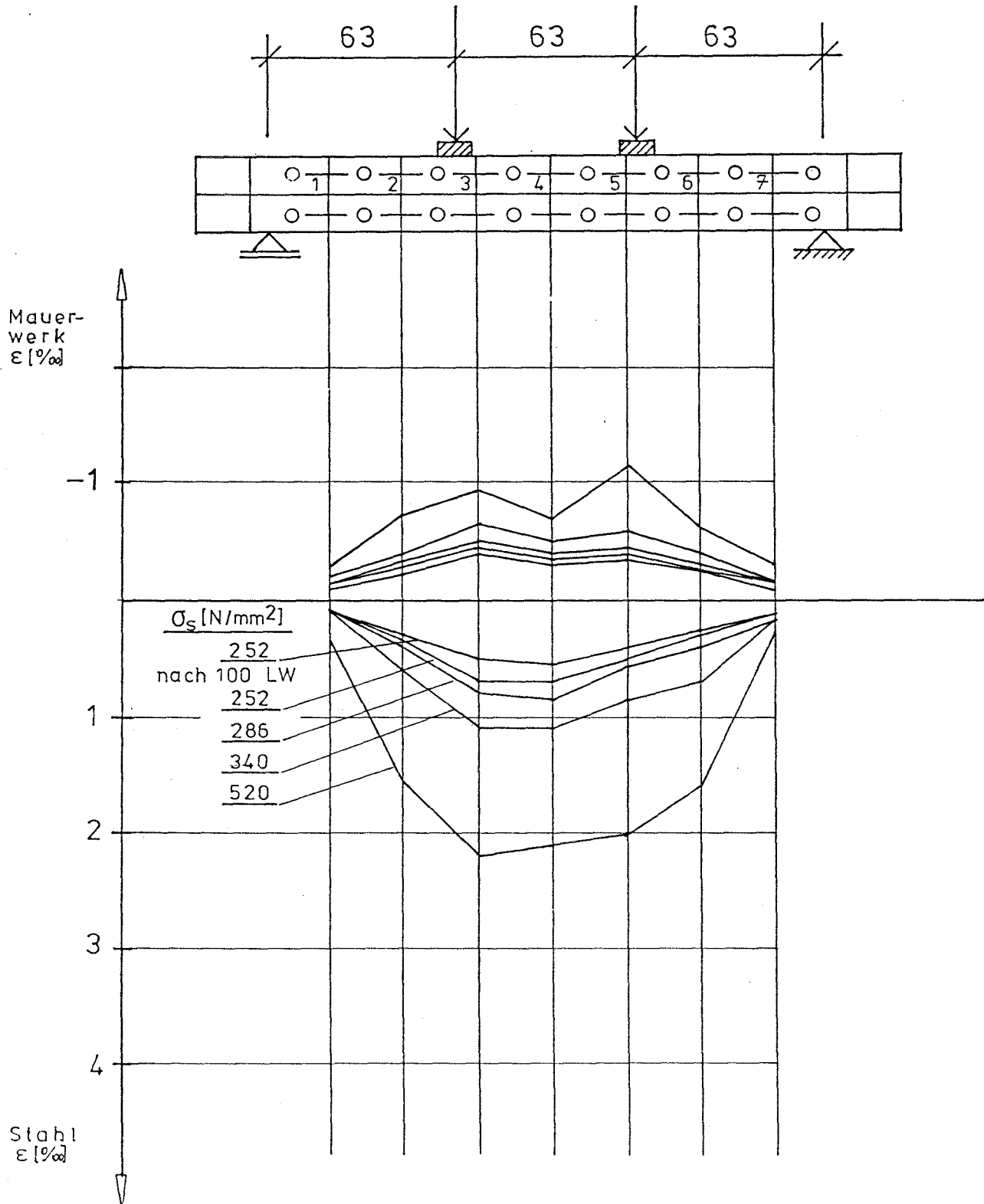
Dehnungen Binderseite



Bewehrtes Mauerwerk

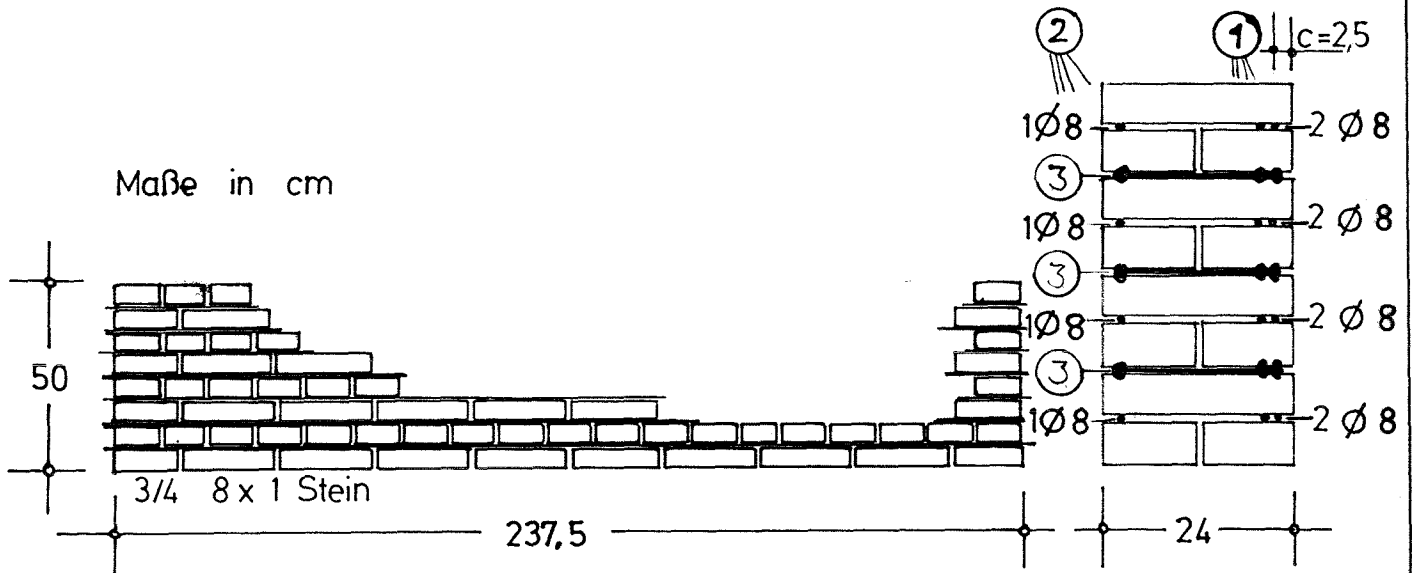
Variante: 2a

Dehnungen Läuferseite



Bewehrtes Mauerwerk, Planwerte

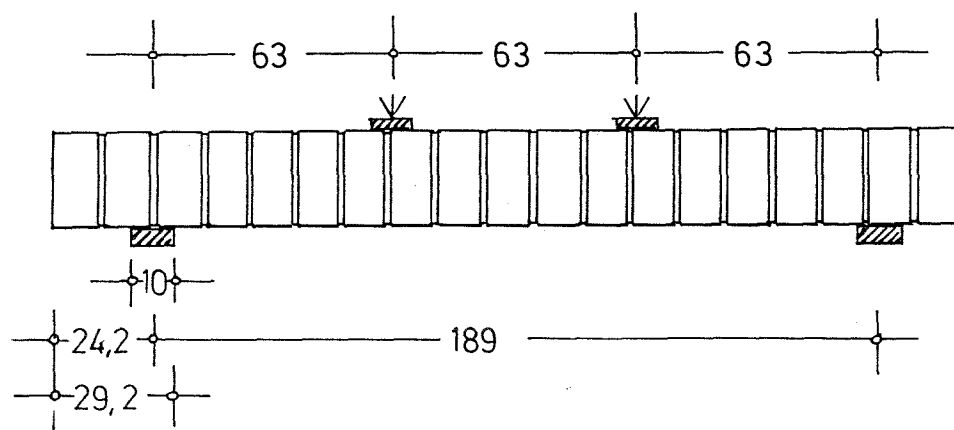
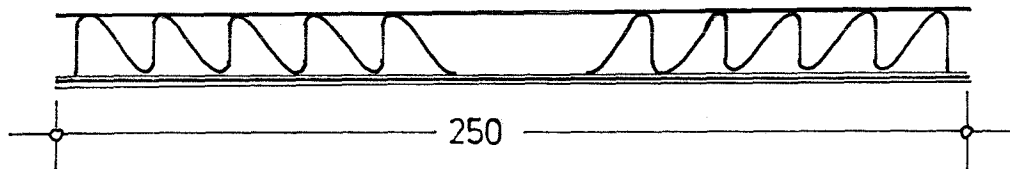
Variante : 4 b



① 4x2Ø8, l = 2,50 m

② 4x1Ø8, l = 2,50 m

③ 3 Elemente



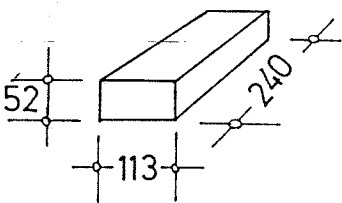
Baustoffe :

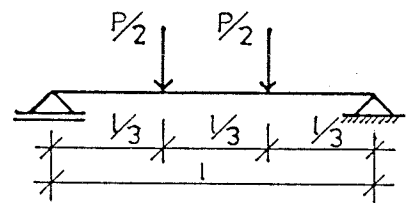
KMz 60/240 x 52 x 113 mm

Mörtelgruppe III a

Mauerwerksfestigkeitsklasse M 20

(Stein ohne Löcher!
Notfalls Löcher einige Tage
vor Vermauerung
ausmörteln)

Bewehrtes Mauerwerk		Variante: 4b	
Stein		Mörtel	
KMz 60 - 2.2 - DF 		Zusammensetzung Zement / Binder / Sand (PZ 35 F) (PM) / (0/4) Werkmörtel	
		Bezeichnung: BSt 500 S (RTS)	
		Mörtelgruppe (ist) III a	d_s [mm] 8
		Druckfestigkeit *) $\beta_{D,mö}$ [N/mm ²] 24,4	β_s [N/mm ²] 560
Rohdichte [kg/dm ³] 2,10			β_z [N/mm ²] 631
Rohdichteklasse 2,2		Biegezugfestigkeit *) $\beta_{BZ,mö}$ [N/mm ²] 4,9	A ₁₀ [%] 18,9
Druckfestigkeit [N/mm ²] 75,1		*) Zum Zeitpunkt der Versuchsdurchführung	
Steinfestigkeitsklasse 60			
Lochanteil [%] -			
Mauerwerksfestigkeit: $\beta_{MW} = 44,0 \text{ N/mm}^2$			

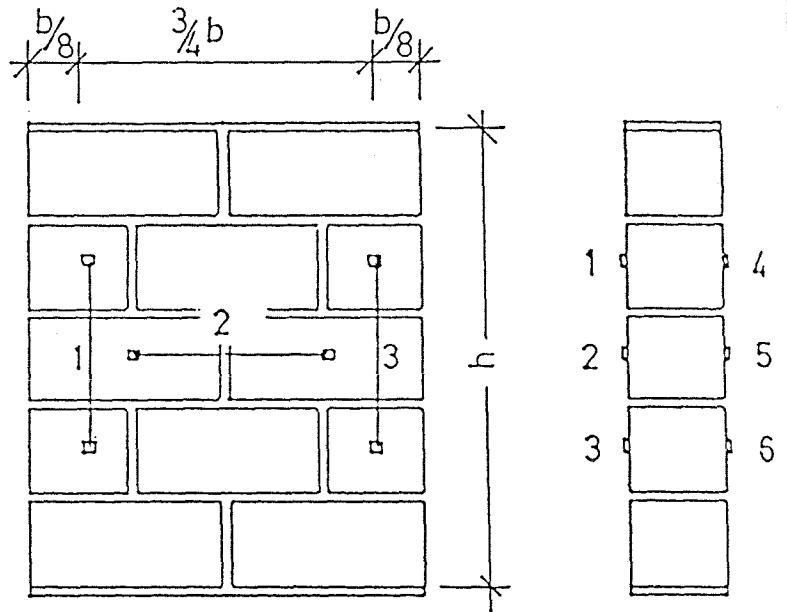
<u>Bemessung (Planwerte)</u>							
Mauerwerksfestigkeitsklasse:	M 20	Belastungsfolge					
Druck zur Lochrichtung:	-						
$0,55 \cdot \tau_{02} = \text{zul } \tau_0$ [N/mm ²]:	0,53	L St	τ [N/mm ²]	$\sigma_{S,L}$ [N/mm ²]	L St	τ [N/mm ²]	$\sigma_{S,L}$ [N/mm ²]
vorh. A_s [mm ²]:	704	0	0,019	9,04	12	0,984	466
$\sigma_{S,L}$ [N/mm ²]:	233,4	2	0,164	77,7	13	1,066	505
<u>Istwerte</u> : MW [N/mm ²]:	37	4	0,328	155,5	14	1,147	544
h (mm) :	213	6	0,492	233,2	15	1,229	583
h_D (mm) :	50	100 LW			16	1,311	622
b (mm) :	530	0	0,019	9,04	17	1,393	661
a (mm) :	630	4	0,328	155,5			
<u>Bruchzustand</u>		6	0,492	233,2			
M_u (kNm) :	92,0	7A	0,586	278			
Q_u [kN]:	146,0	8A	0,697	330			
$\tau_{u,g}$ [N/mm ²]:	1,60	9A	0,758	360			
<u>Bruchursache</u> :	Stahlbruch	10	0,820	389			
		11	0,902	428			

Bewehrtes Mauerwerk

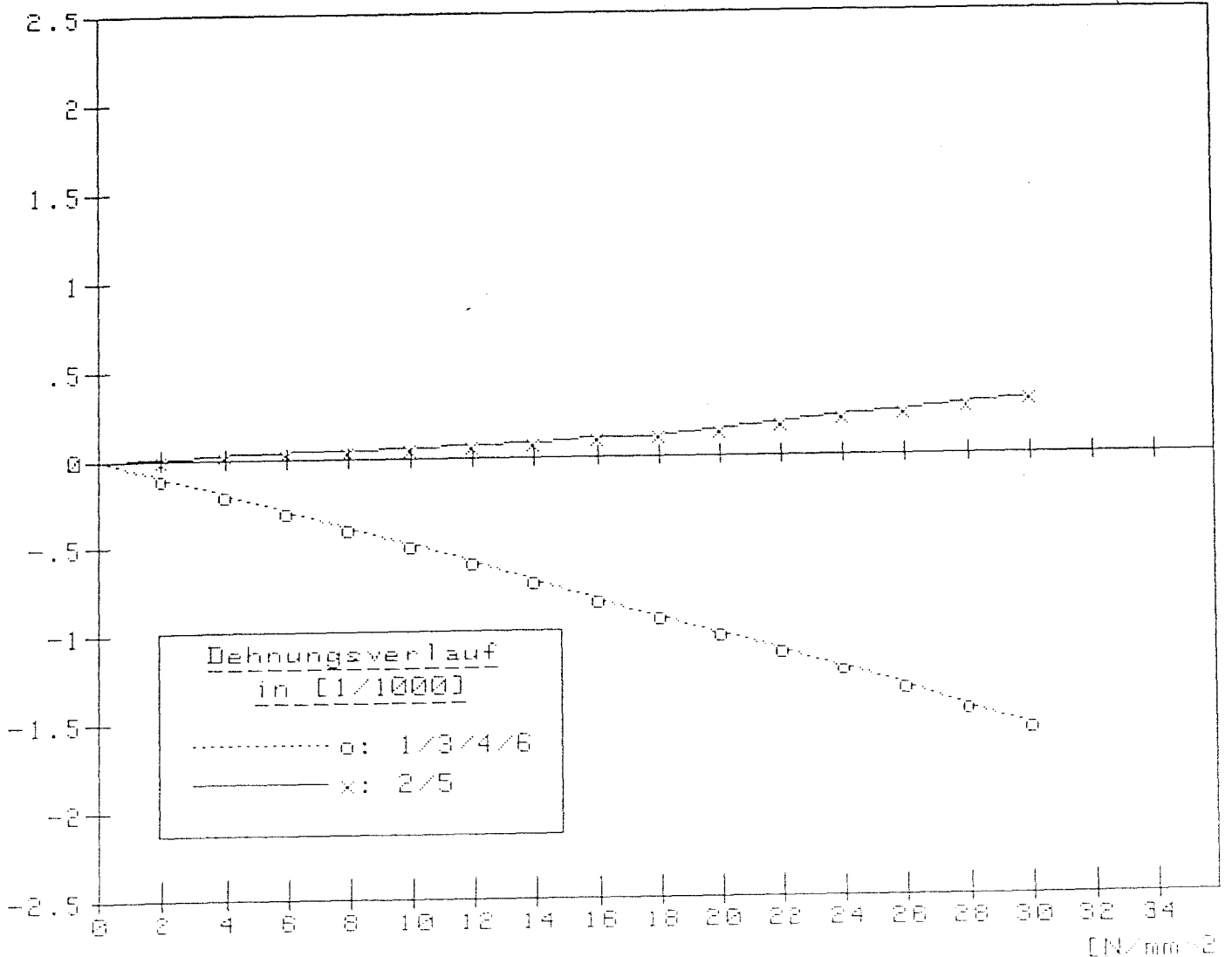
Variante: 4b, MK 1

Mauerwerksfestigkeit
(Bruchzustand)

$$\beta_{D,mw} = 42,2 \text{ N/mm}^2$$



Meßlänge $l_0 = 250 \text{ mm}$

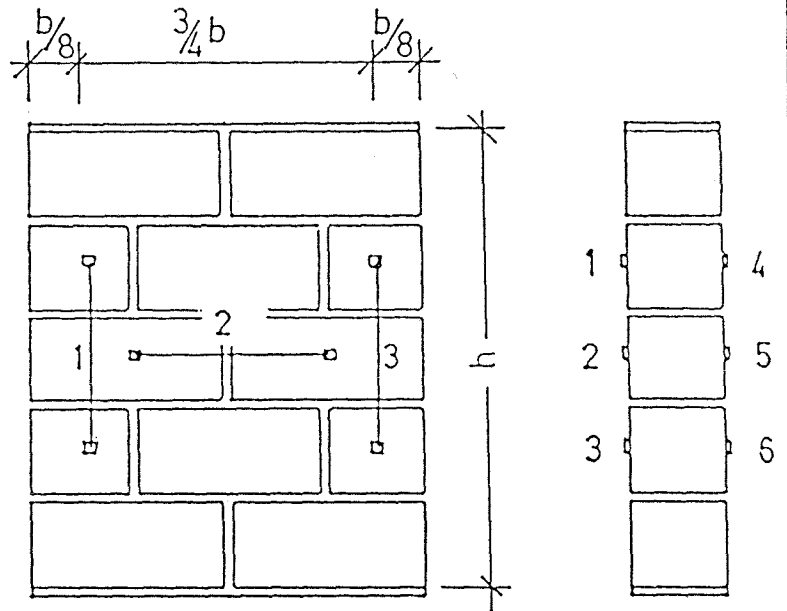


Bewehrtes Mauerwerk

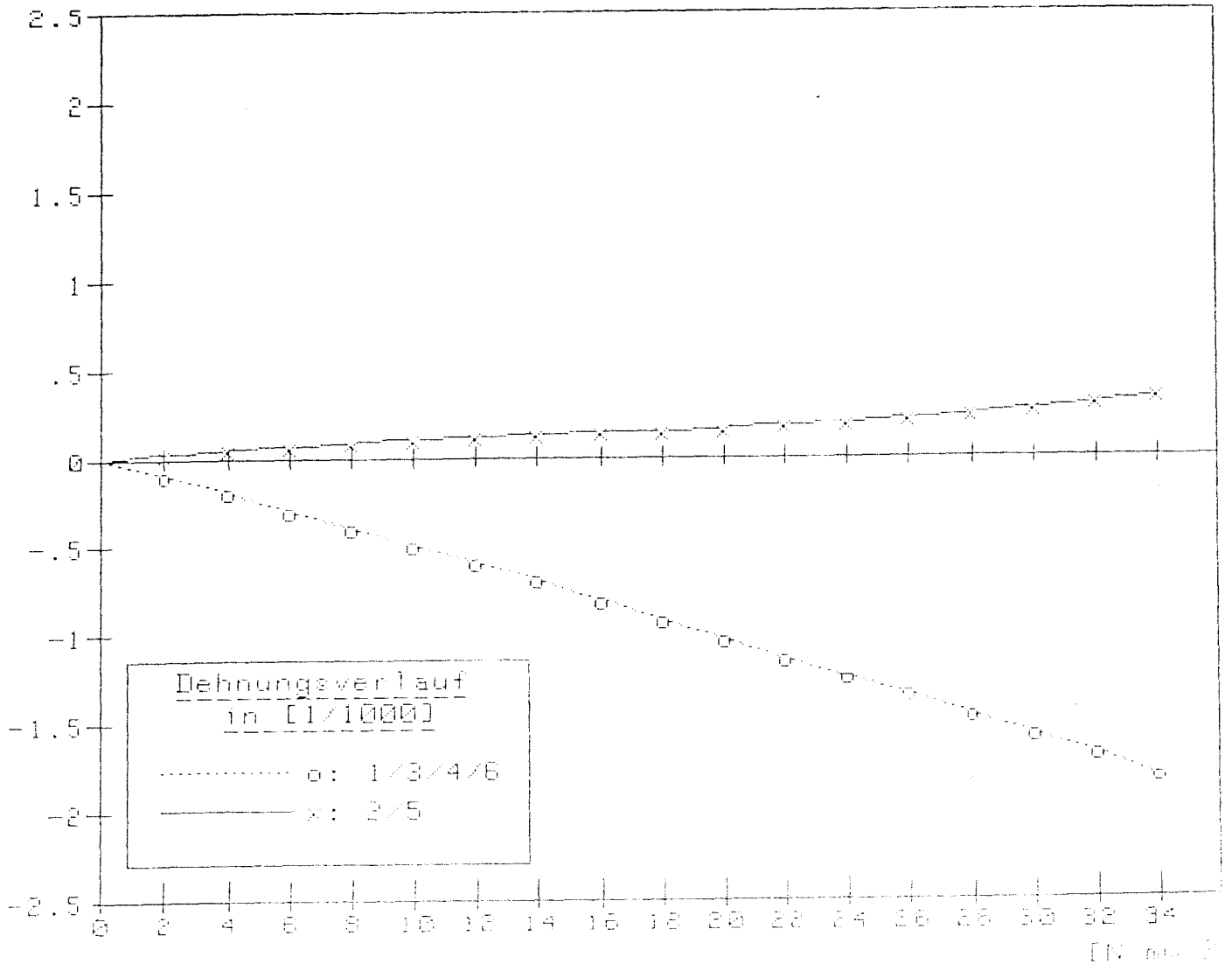
Variante: 4b, MK 2

Mauerwerksfestigkeit
(Bruchzustand)

$$\beta_{D,mw} = 45,7 \text{ N/mm}^2$$



Meßlänge $l_0 = 250 \text{ mm}$



Bewehrtes Mauerwerk

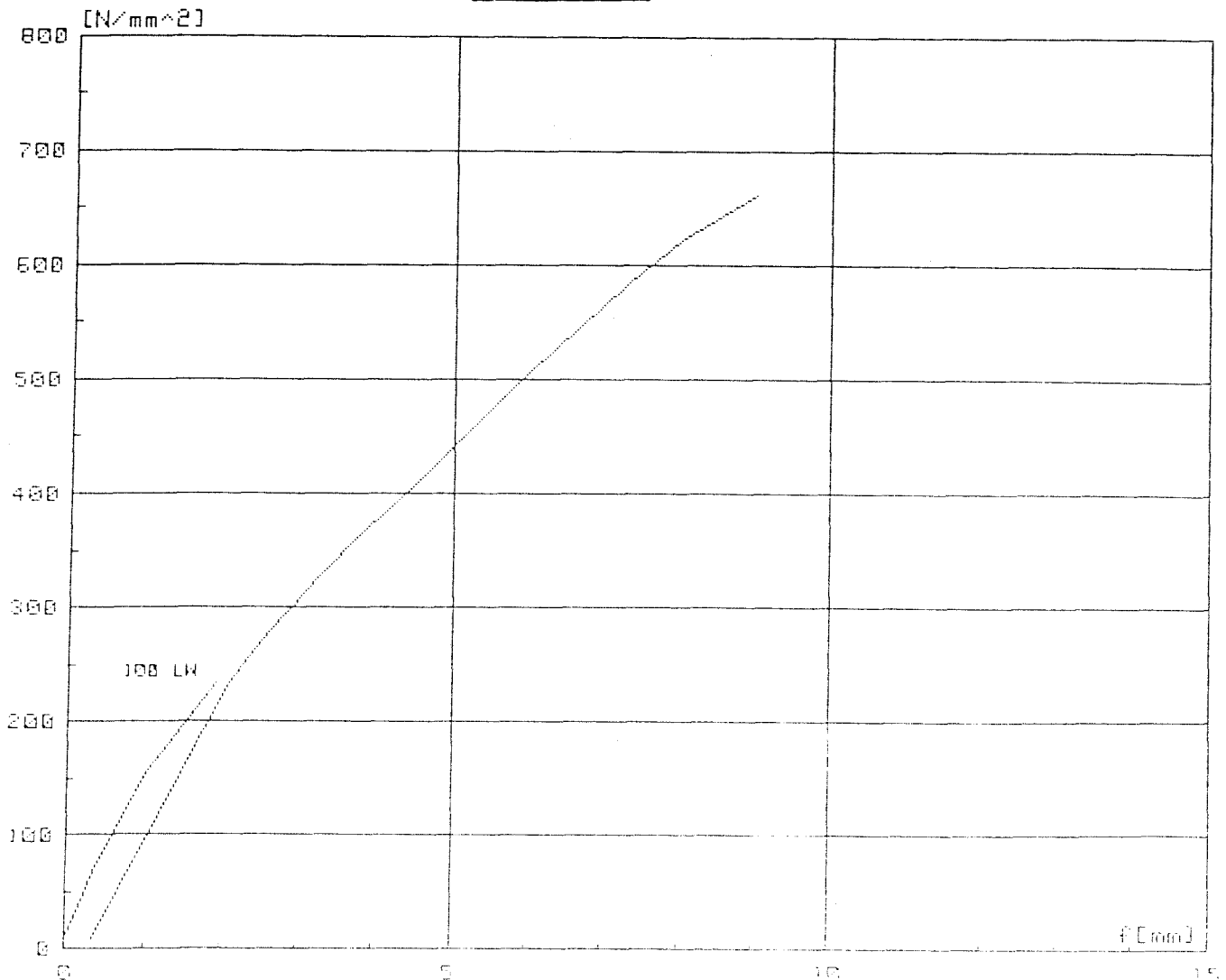
Variante: 4 b

Rißbreiten in Achse der Biegezugbewehrung (Werte in mm/100)

	L St	4	6	4*	6*	7a	8a	9a	10	11	12
	σ_{st} [N/mm ²]	155,5	233,2	155,5	233,2	278	330	360	389	428	466
Bänder- schicht	$\sum w$	14	34	24	44	60	94	110	136	172	206
	w_m	2,3	3,4	2,4	4,4	5,4	8,6	9,2	10,5	13,3	13,7
	w_{min}	2	2	0	2	2	2	0	2	2	2
	w_{max}	4	8	6	8	10	14	16	20	24	26
Läufer- schicht	$\sum w$	16	28	22	40	58	86	100	122	138	182
	w_m	3,2	5,6	4,4	6,7	9,7	14,3	14,3	13,6	11,5	13,0
	w_{min}	2	2	2	2	4	6	0	0	0	2
	w_{max}	4	10	6	12	16	24	28	30	30	34

*nach 100 Lastwechseln

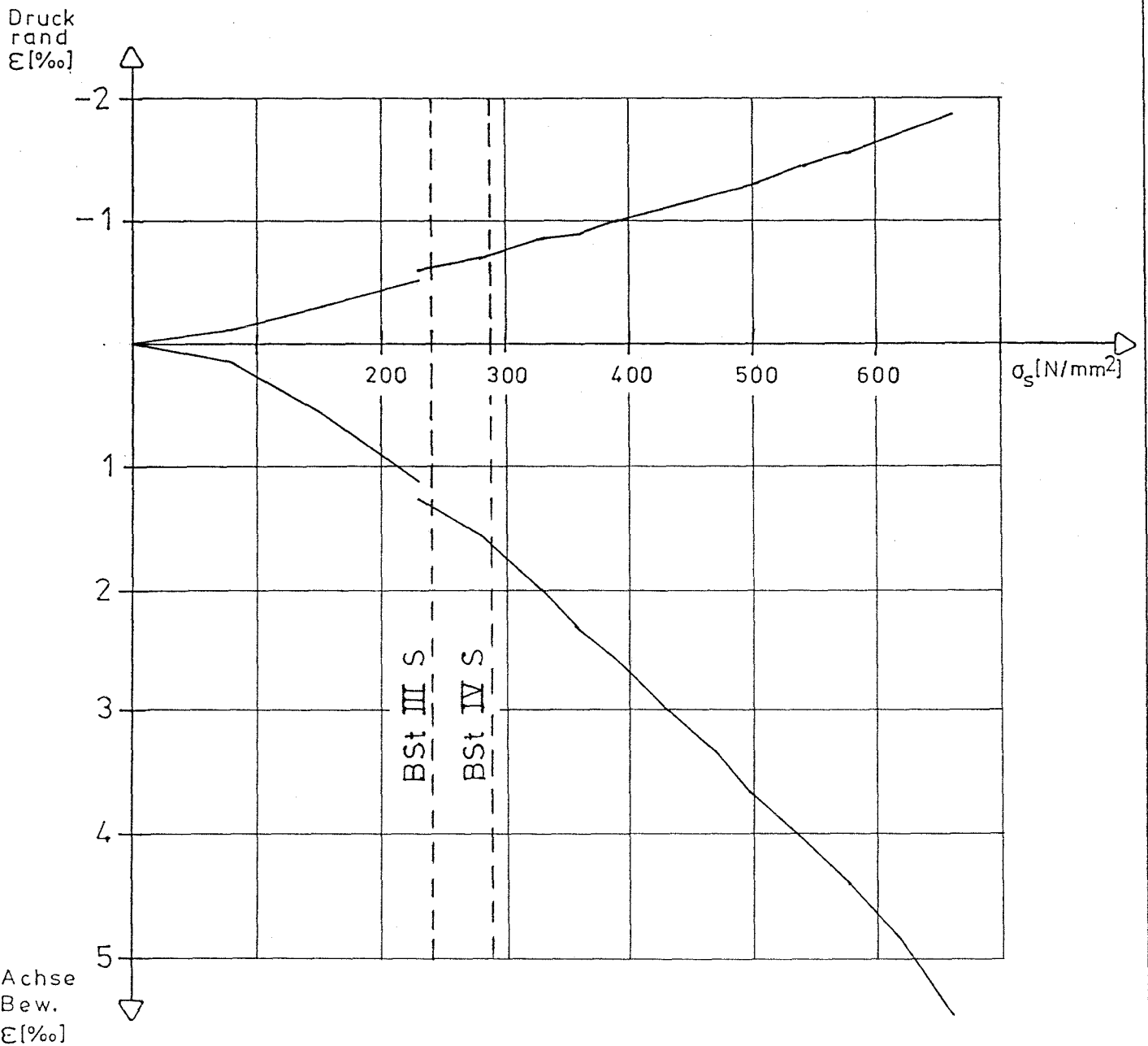
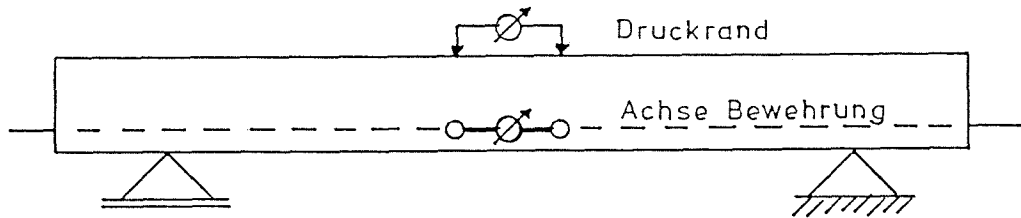
Durchbiegung



Bewehrtes Mauerwerk

Variante : 4 b

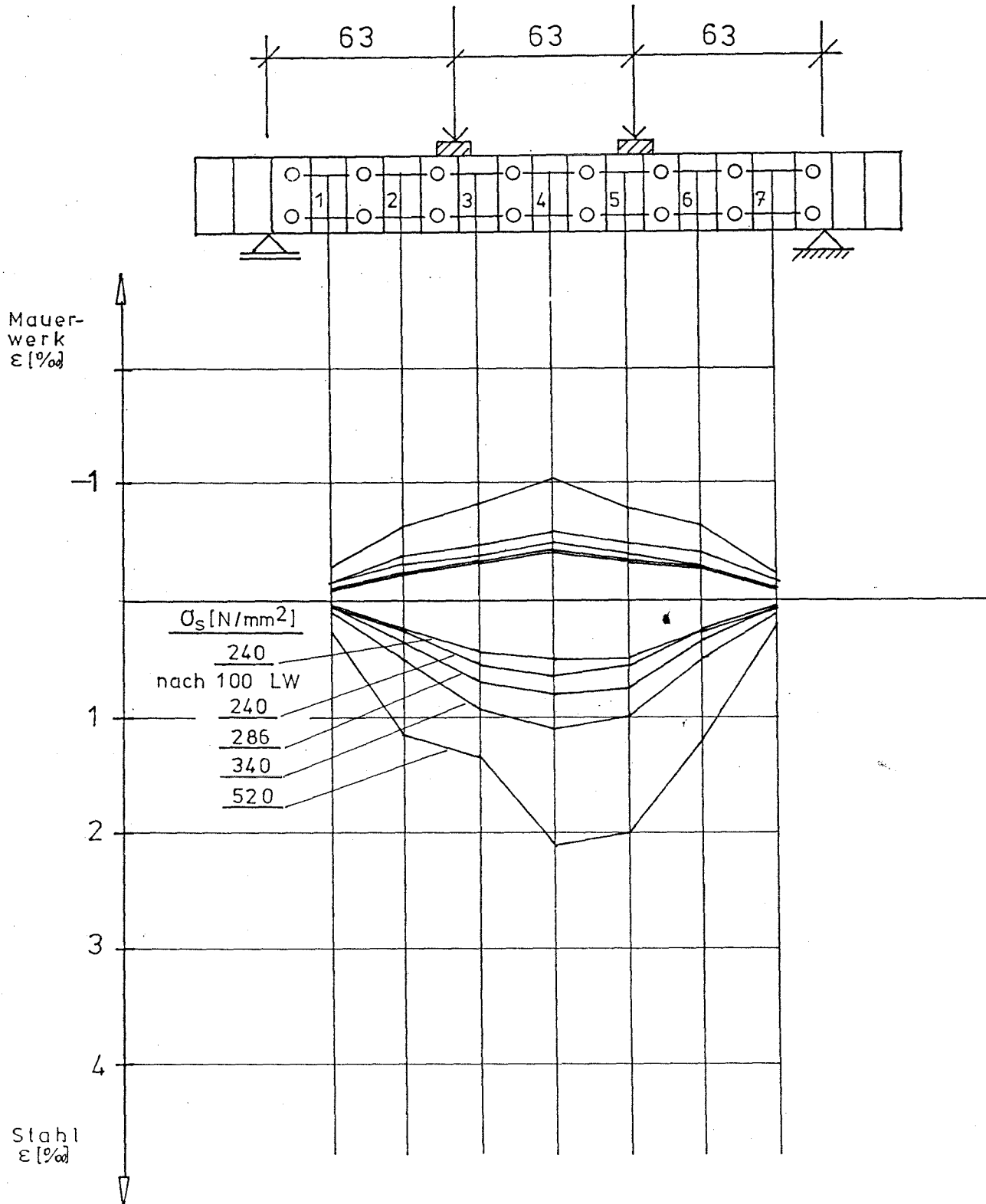
Dehnungen



Bewehrtes Mauerwerk

Variante: 4b

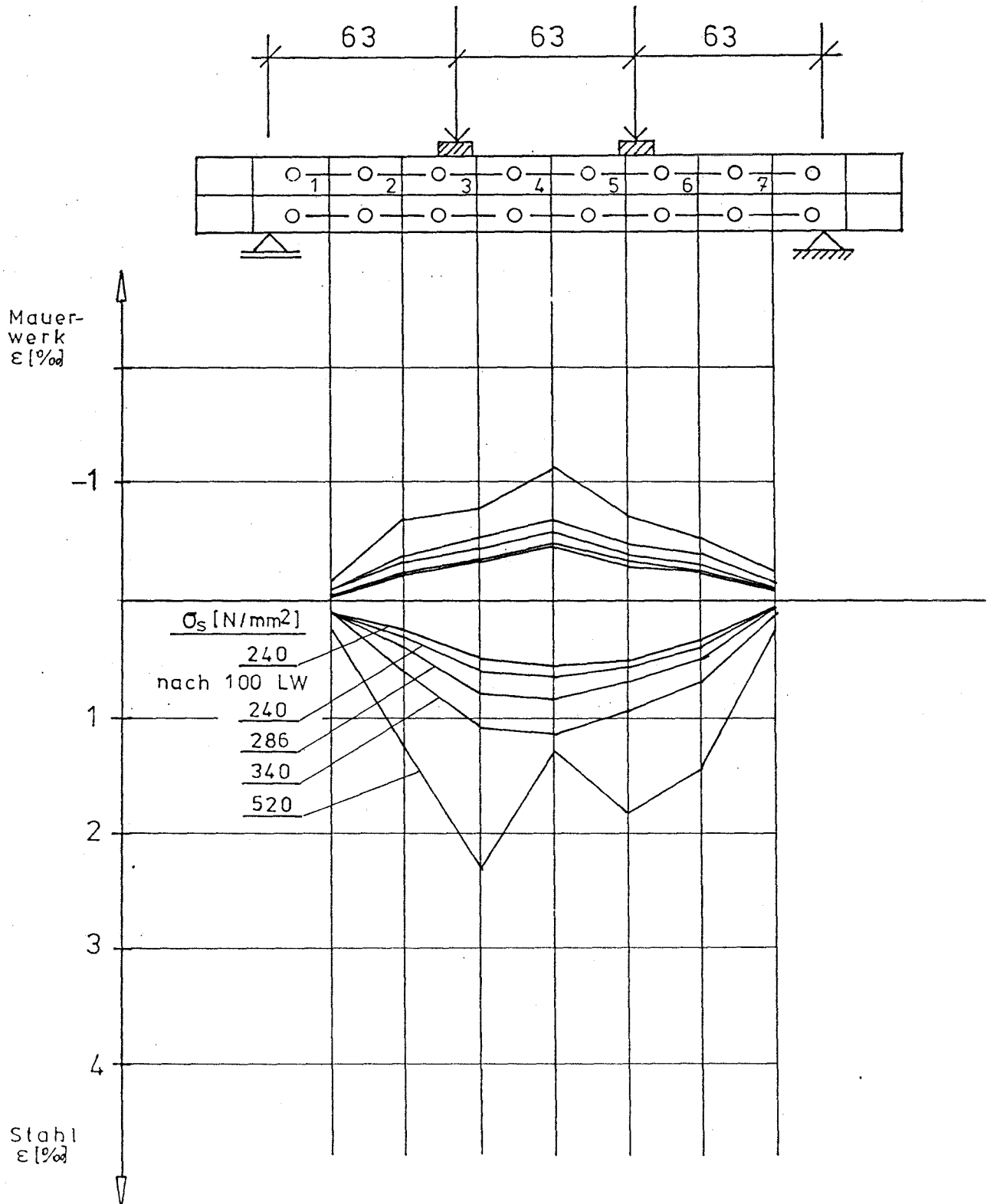
Dehnungen Binderseite



Bewehrtes Mauerwerk

Variante: 4 b

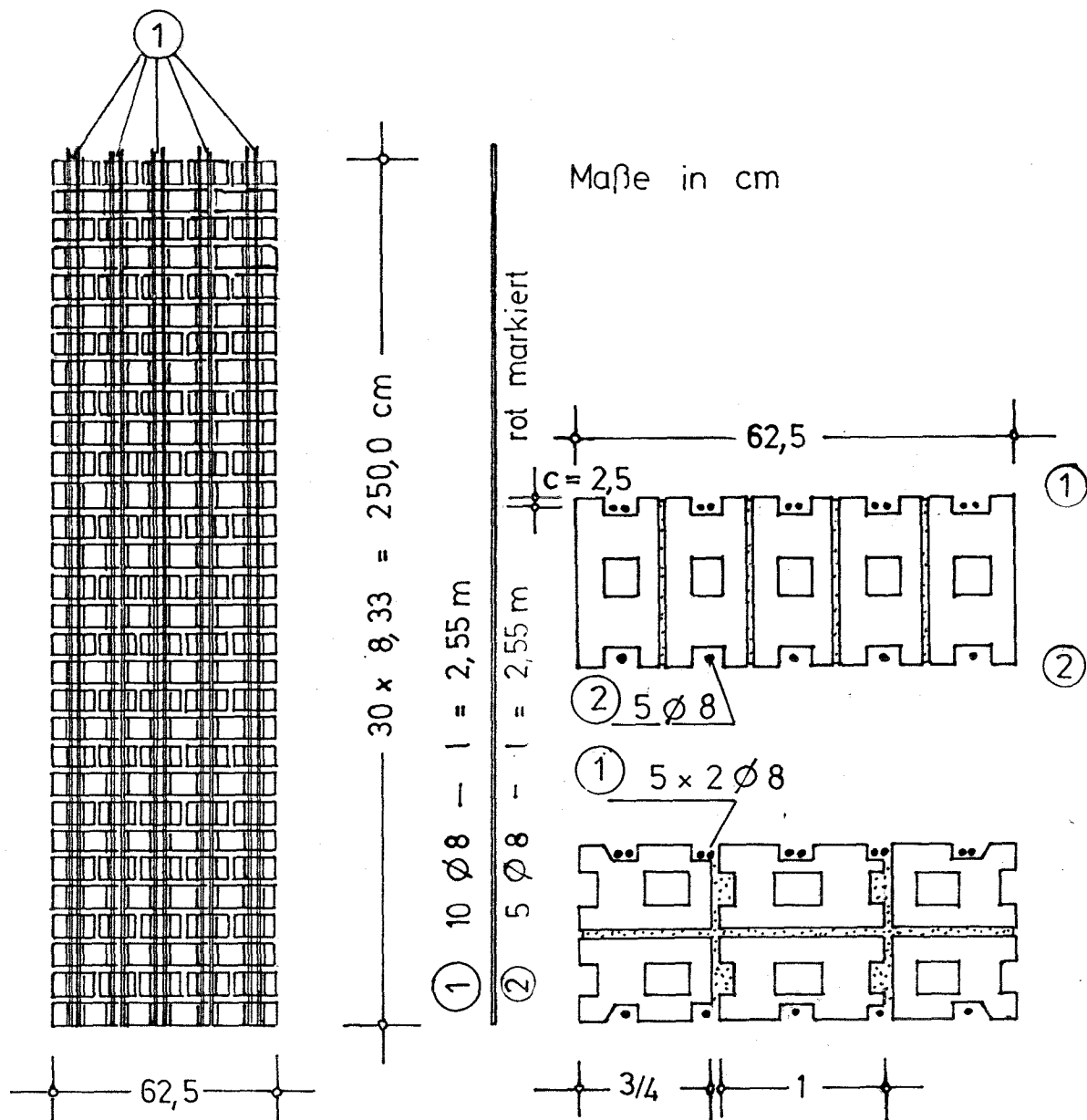
Dehnungen Läuferseite



Bewehrtes Mauerwerk, Planwerte

Variante : 6a

Auflagerlänge und Lastabstand wie Variante 2 a

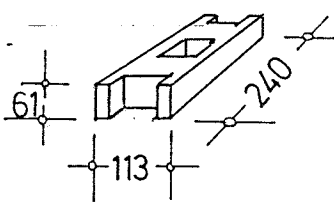


Baustoffe :

Preton - KHLz 60 / 240 × 61 × 113 mm

Mörtelgruppe III a

Mauerwerksfestigkeitsklasse M 20

Bewehrtes Mauerwerk		Variante: 6a	
Stein		Mörtel	
KHLz 20 - 1,4 - DF 		Zusammensetzung Zement / Binder / Sand (PZ 35 F) (PM) / (0/4) Werksmörtel	
		Bezeichnung: BSt 500 S (RTS)	
		Mörtelgruppe (ist) III	d_s [mm] 8
		Druckfestigkeit *) $\beta_{D,mö}$ [N/mm ²] 17,4	β_s [N/mm ²] 560
Rohdichte [kg/dm ³] 1,35			β_z [N/mm ²] 631
Rohdichteklasse 1,4		Biegezugfestigkeit *) $\beta_{BZ,mö}$ [N/mm ²] 3,4	A_{10} [%] 18,9
Druckfestigkeit [N/mm ²] 34,8		*) Zum Zeitpunkt der Versuchsdurchführung	
Steinfestigkeitsklasse 20			
Lochanteil [%] 29,6			
Mauerwerksfestigkeit: $\beta_{MW} = 21,2$ (N/mm ²)			

Bemessung (Planwerte)

Mauerwerksfestigkeitsklasse: M 20
 Druck zur Lochrichtung: quer

zul. τ_o [N/mm²]: 0,29

vorh. A_s [mm²]: 502,7

$\sigma_{S,L}$ [N/mm²]: 252,3

Istwerte :

MW (N/mm²): 5

h (mm) : 234

h_D (mm) : 24

b (mm) : 625

a (mm) : 700

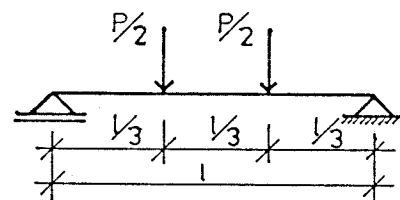
Bruchzustand

M_u (kNm) : 65,2

Q_u [kN] : 93,4

$\tau_{u,g}$ [N/mm²]: 0,60

Bruchursache: Schubbruch



Belastungsfolge

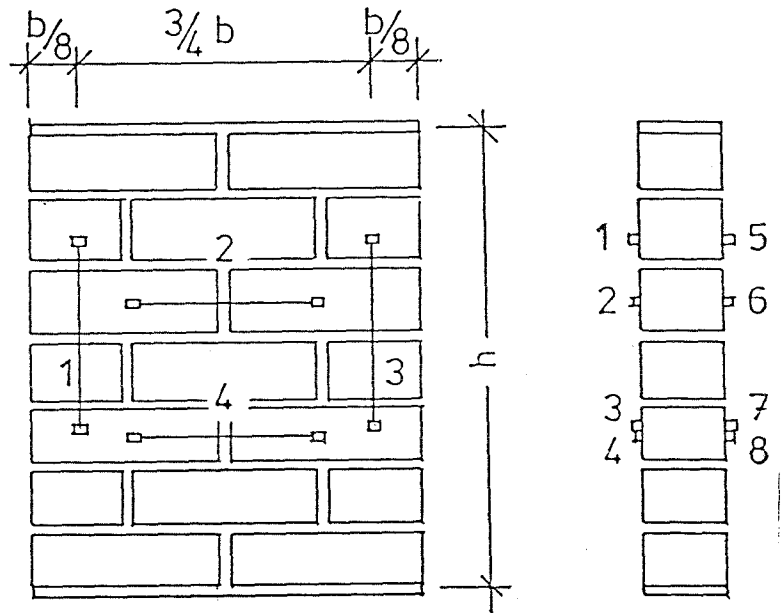
L St	τ [N/mm ²]	$\sigma_{S,L}$ [N/mm ²]	L St	τ [N/mm ²]	$\sigma_{S,L}$ [N/mm ²]
0	0,011	9,74	12	0,55	480
2	0,092	80	13	0,60	520
4	0,184	160	14	0,64	560
6A	0,29	252	15	0,69	600
100 LW					
0	0,011	9,74			
4	0,184	160			
6A	0,29	252			
7A	0,33	286			
8A	0,39	340			
9A	0,43	370			
10	0,46	400			
11	0,51	440			

Bewehrtes Mauerwerk

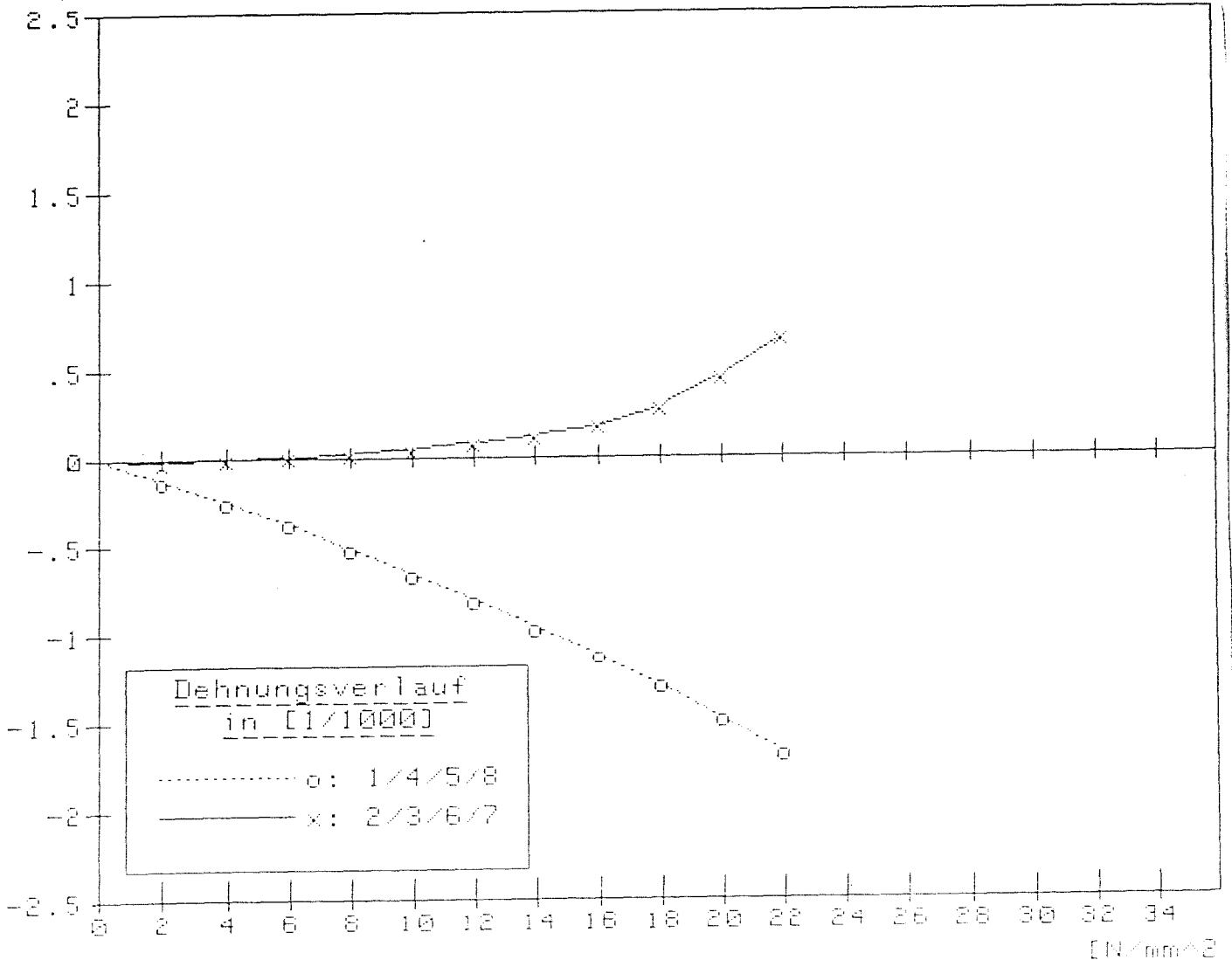
Variante: 6a, MK 1

Mauerwerksfestigkeit
(Bruchzustand)

$$\beta_{D,mw} = 23,6 \text{ N/mm}^2$$



Meßlänge $l_0 = 250 \text{ mm}$

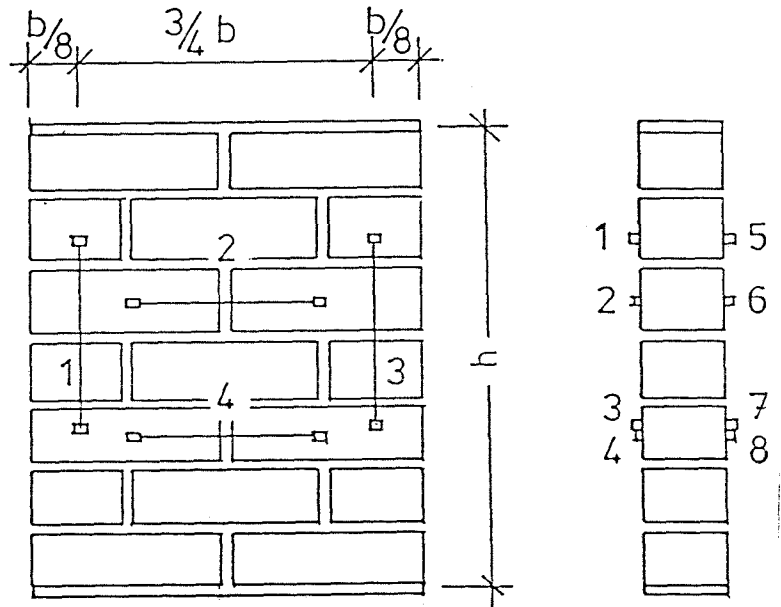


Bewehrtes Mauerwerk

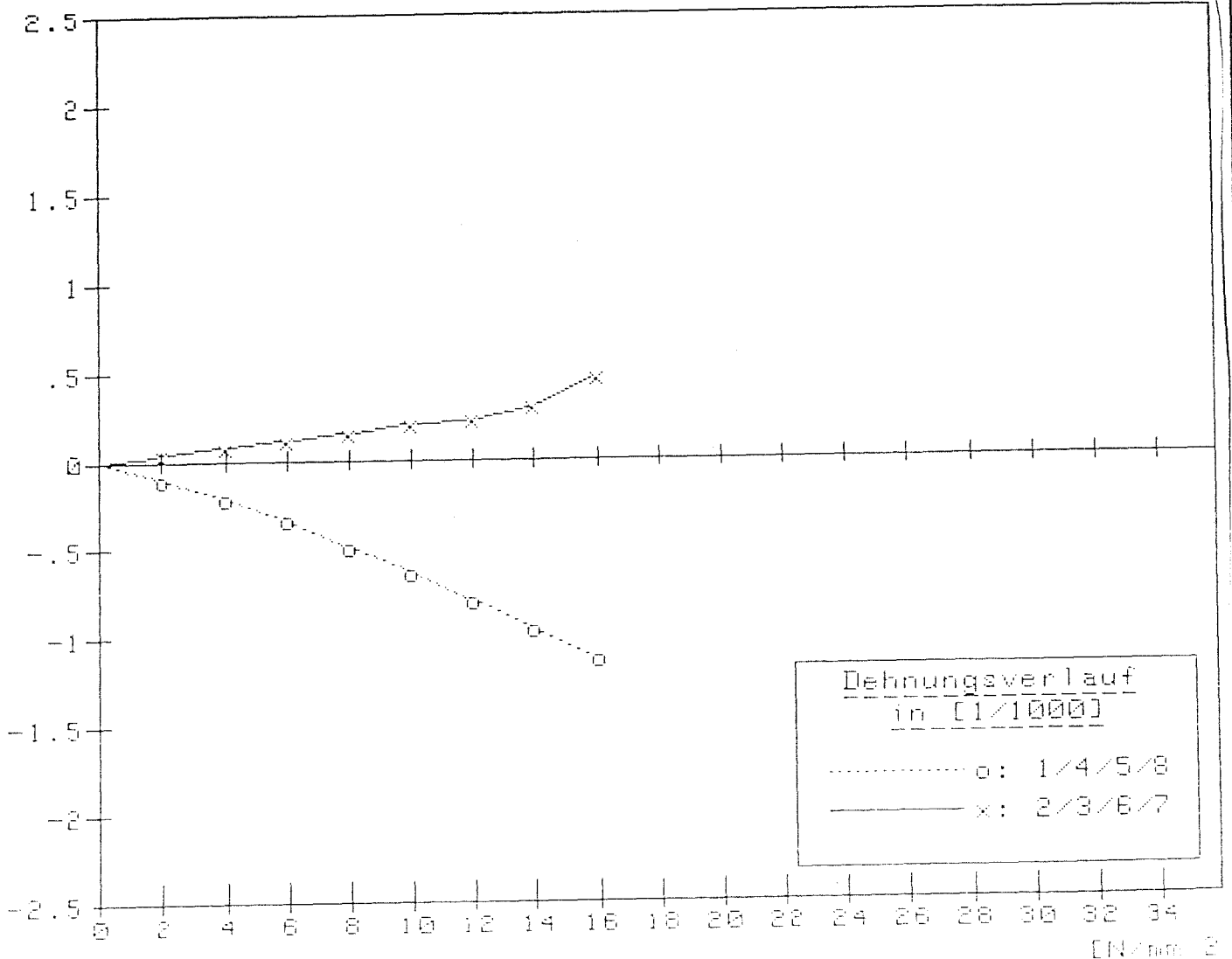
Variante: 6a, MK 2

Mauerwerksfestigkeit
(Bruchzustand)

$\beta_{D,mw} = 18,7 \text{ N/mm}^2$



Meßlänge $l_0 = 250 \text{ mm}$



Dehnungsverlauf
in [1/1000]

o: 1/4/5/8
x: 2/3/6/7

[N/mm²]

Bewehrtes Mauerwerk

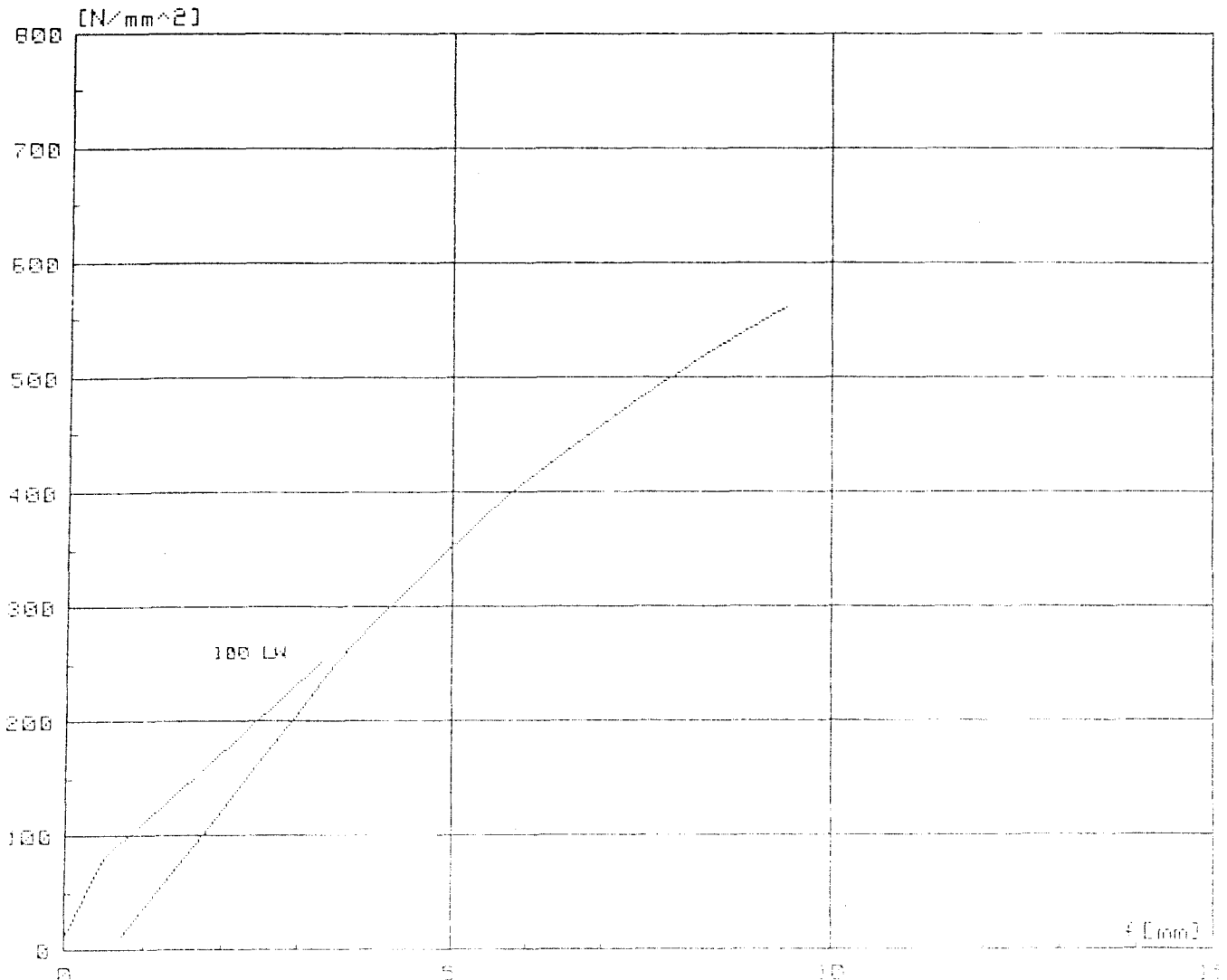
Variante: 6a

Rißbreiten in Achse der Biegezugbewehrung (Werte in mm/100)

	L St	4	6a	4*	6a*	7a	8a	9a	10	11	12
	σ_{st} [N/mm ²]	160	252	160	252	286	340	370	400	440	480
Binder- schicht	$\sum w$	16	50	52	78	124	132	144	174	200	246
	w_m	2,3	2,8	2,7	4,1	6,5	7,0	6,9	8,3	8,7	10,3
	w_{min}	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2
	w_{max}	4	8	8	10	10	12	14	16	20	20
Läufer- schicht	$\sum w$	14	56	50	74	116	144	172	166	196	220
	w_m	1,6	3,1	2,8	3,5	5,5	6,9	7,5	7,2	7,8	8,4
	w_{min}	0	0	2	0	2	2	2	2	2	2
	w_{max}	2	6	4	6	10	10	10	10	12	14

* nach 100 Lastwechseln

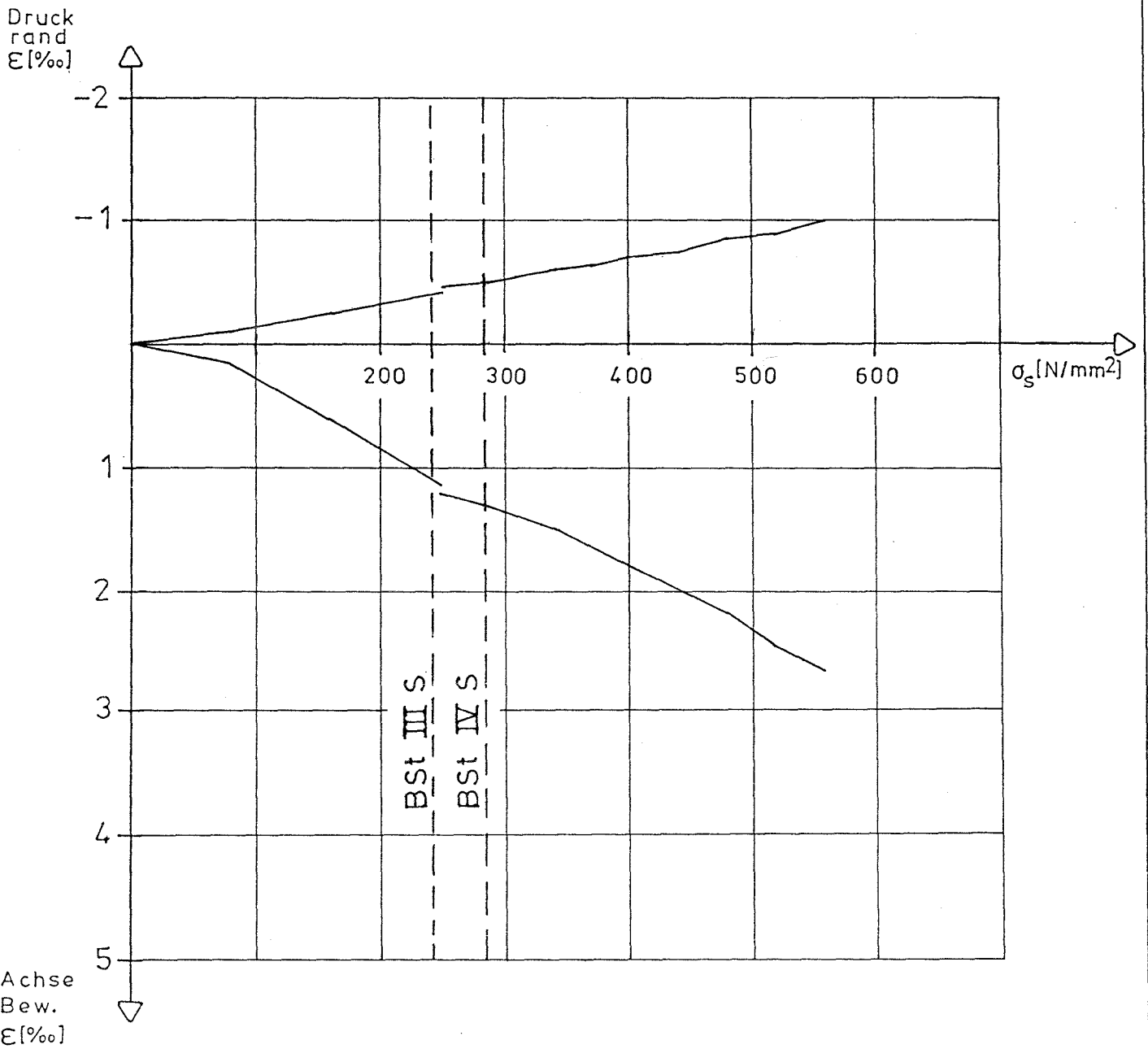
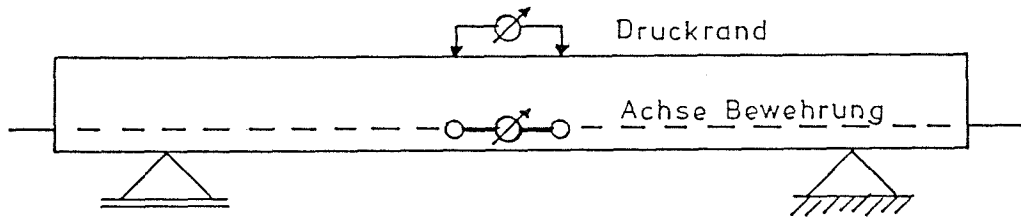
Durchbiegung



Bewehrtes Mauerwerk

Variante: 6a

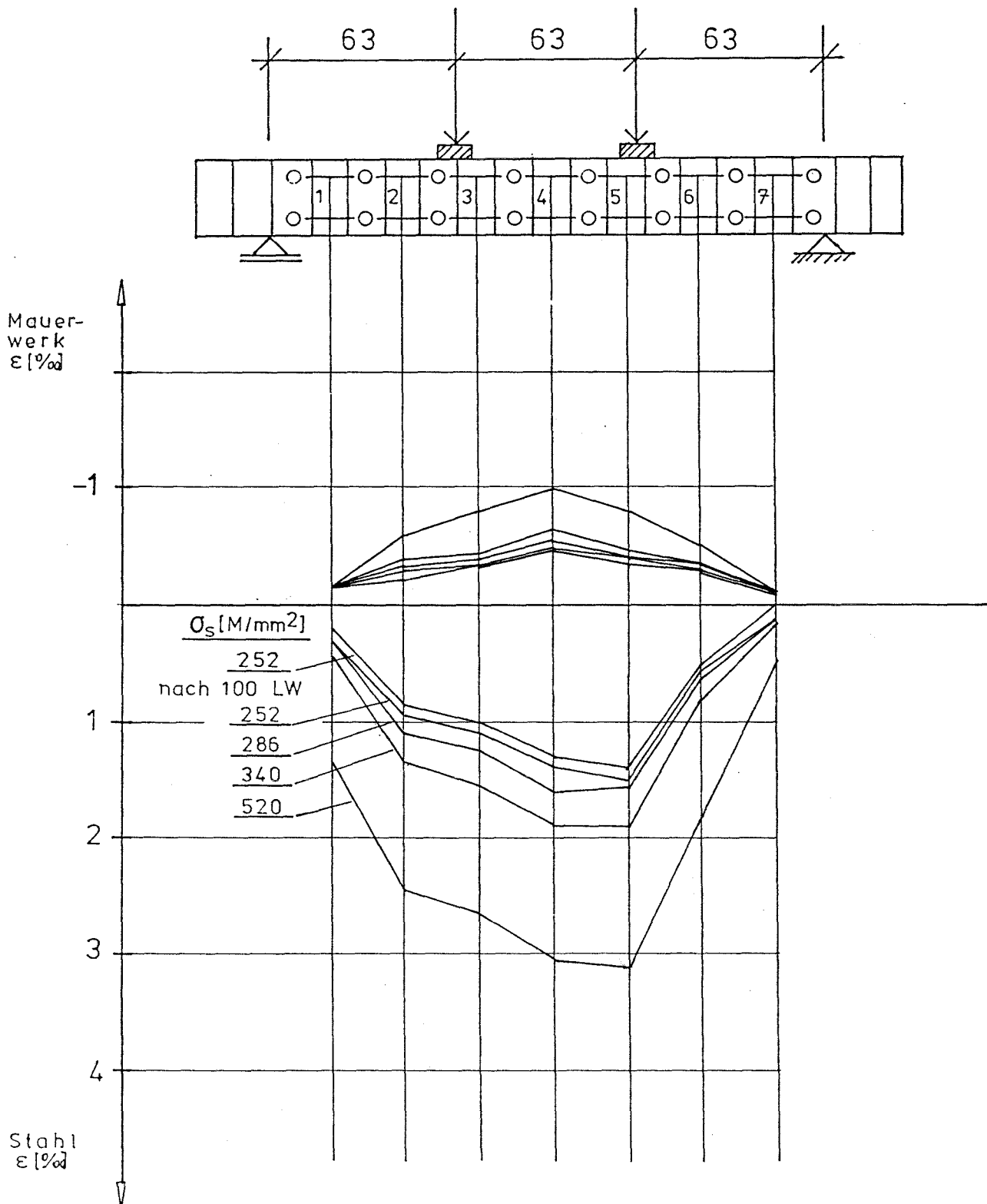
Dehnungen



Bewehrtes Mauerwerk

Variante: 6a

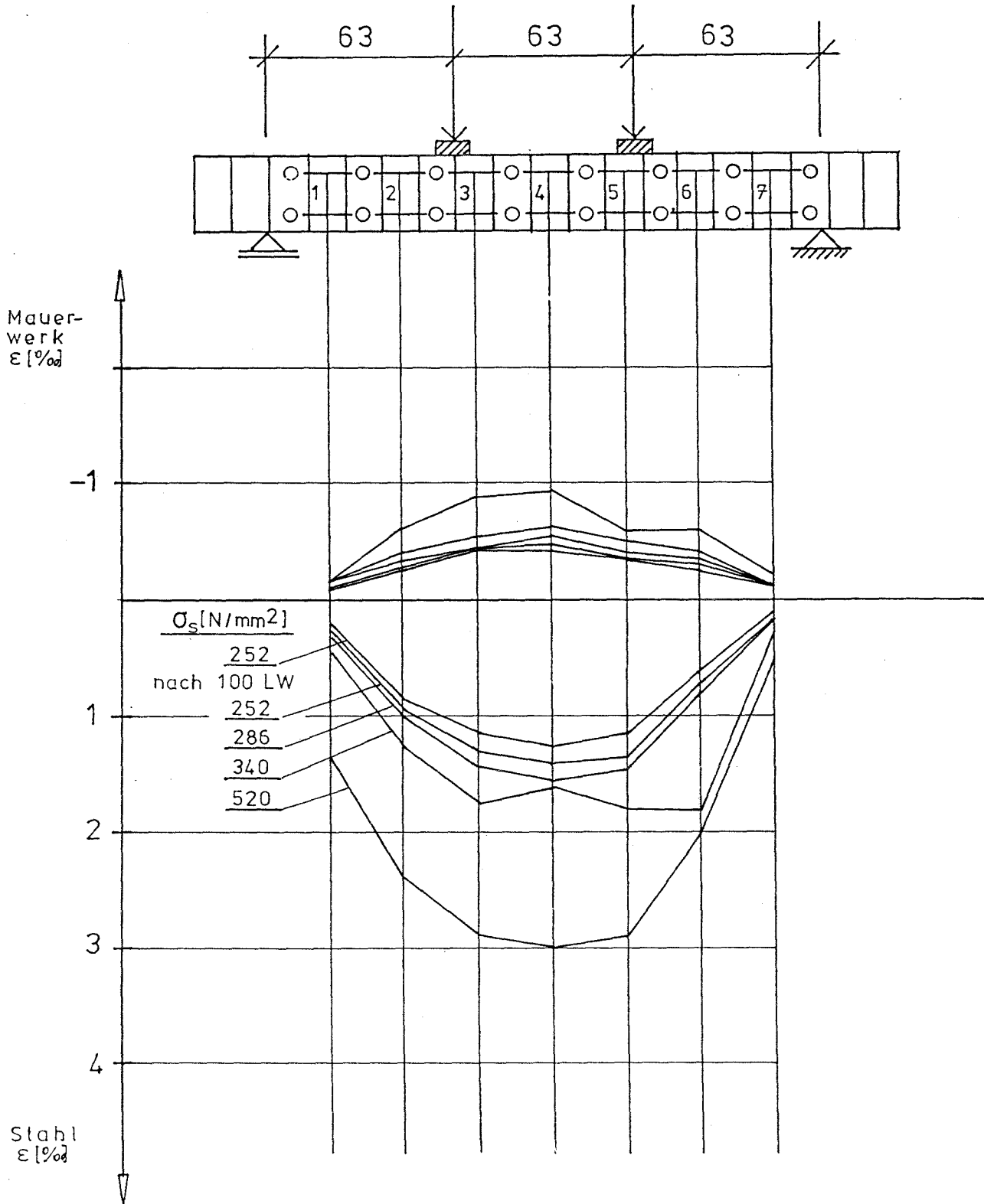
Dehnungen Seite 1



Bewehrtes Mauerwerk

Variante: 6a

Dehnungen Seite 2

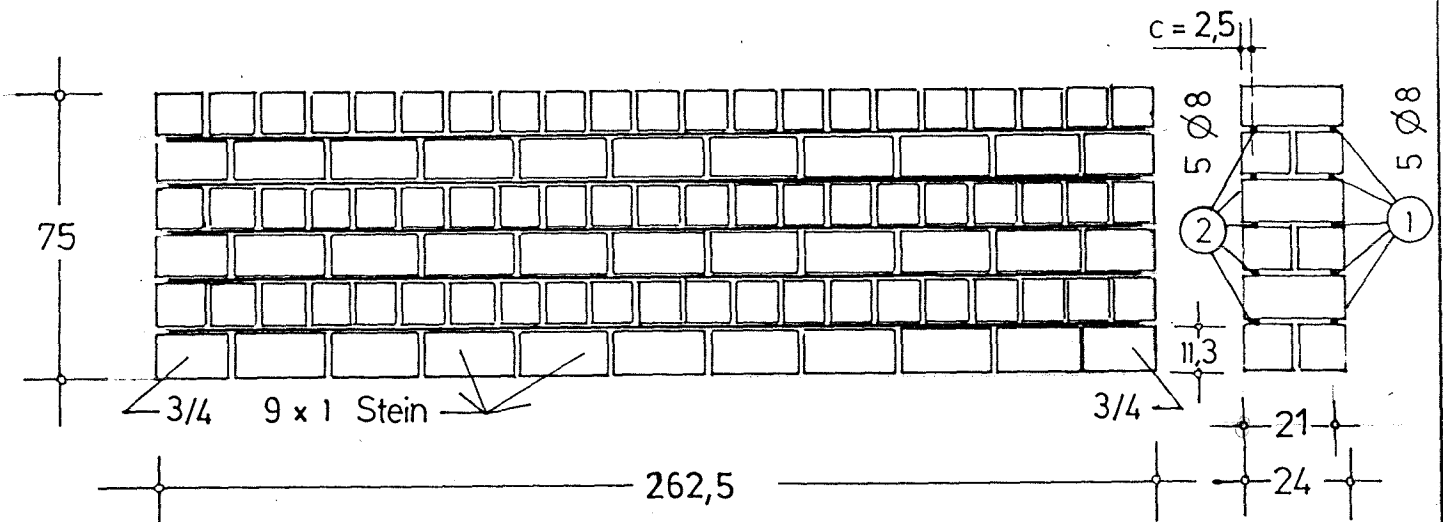


Bewehrtes Mauerwerk, Planwerte

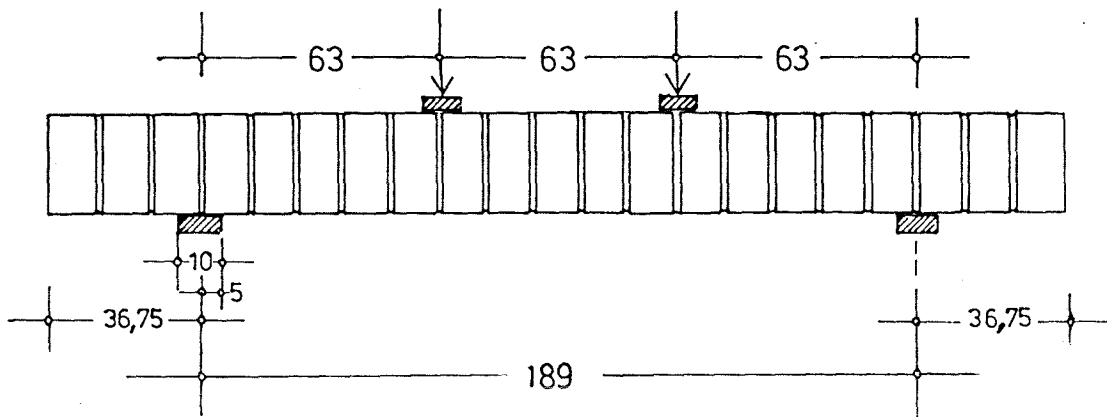
Variante : II/1

Anzahl : 1

Maße in cm



- ① 5 Ø 8 - l = 260 verzinkt, Lieferung IBS
- ② 5 Ø 8 - l = 260 unverzinkt, Lieferung Fa Schätz



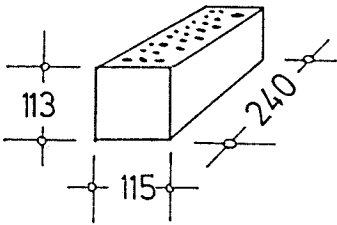
Baustoffe

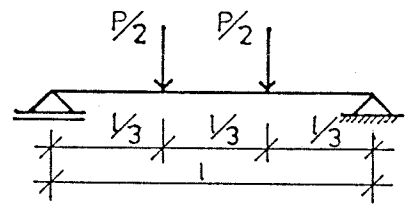
HLz 12 - 2 DF (240 × 115 × 113 mm)

Mörtelgruppe II a

Mauerwerksfestigkeitsklasse M 5

PZ35F (kg)	PM (kg)	Sand (kg)	Wasser (l)
3,3	6,7	40.	~ 7,0

Bewehrtes Mauerwerk		Variante: II/1	
Stein		Mörtel	
HLz 12 - 1.0 - DF 		Zusammensetzung Zement / Binder / Sand (PZ 35 F) (PM) / (0/4) 1 : 2 : 10	
		Bezeichnung: BSt 500 S (RTS)	
		Mörtelgruppe (ist)	d_s [mm] 8
		Druckfestigkeit *) $\beta_{D,m\ddot{o}}$ [N/mm ²]	$\bar{\beta}_s$ [N/mm ²] 560
Rohdichte [kg/dm ³]	0,94		$\bar{\beta}_z$ [N/mm ²] 638
Rohdichteklasse	1.0	Biegezugfestigkeit *) $\beta_{BZ,m\ddot{o}}$ [N/mm ²]	A ₁₀ [%] 19,1
Druckfestigkeit [N/mm ²]	16,1	*) Zum Zeitpunkt der Versuchsdurchführung verzinkt	
Steinfestigkeitsklasse	12		
Lochanteil [%]	35,8		
Mauerwerksfestigkeit:		$\beta_{MW} = 6,3$ (N/mm ²)	

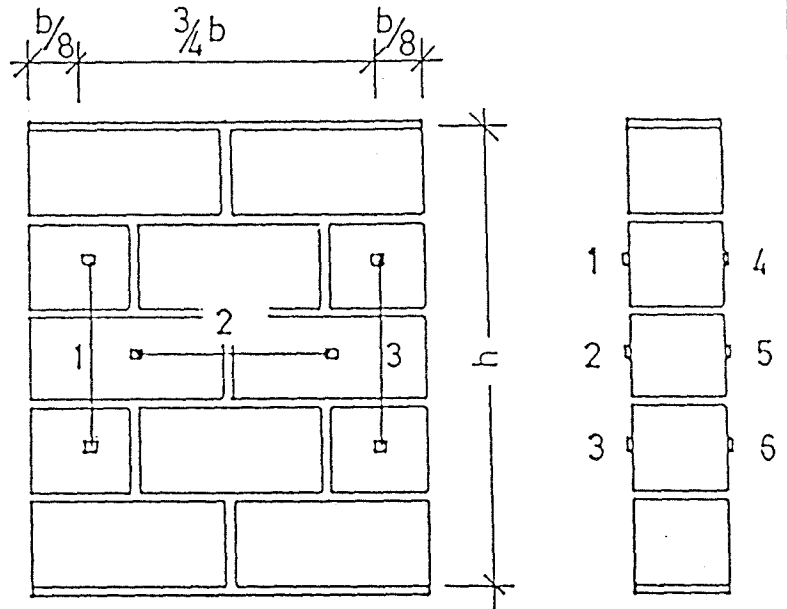
<u>Bemessung (Planwerte)</u>							
Mauerwerksfestigkeitsklasse:	M5	Belastungsfolge					
Druck zur Lochrichtung:	quer						
zul. τ_0 [N/mm ²]:	0,11	L St	τ [N/mm ²]	$\sigma_{S,L}$ [N/mm ²]	L St	τ [N/mm ²]	$\sigma_{S,L}$ [N/mm ²]
vorh. A_s [mm ²]:	251,5	0	0,011	21,1	11	0,234	440
$\sigma_{S,L}$ [N/mm ²]:	207,0	2	0,043	80	12	0,255	480
<u>Istwerte</u> :	MW (N/mm ²):	4	0,085	160	13	0,277	520
	h (mm) :	5A	0,112	210	14	0,298	560
	h \bar{D} (mm) :	6	0,128	240			
	b (mm) :	100	LW				
	a (mm) :	0	0,011	21,1			
<u>Bruchzustand</u>	M_u (kNm):	5A	0,112	210			
	Q_u [kN]:	6	0,128	240			
	$\tau_{u,g}$ [N/mm ²]:	7A	0,152	286			
		8A	0,181	340			
<u>Bruchursache:</u>	Schubbruch	9A	0,197	370			
		10	0,213	400			

Bewehrtes Mauerwerk

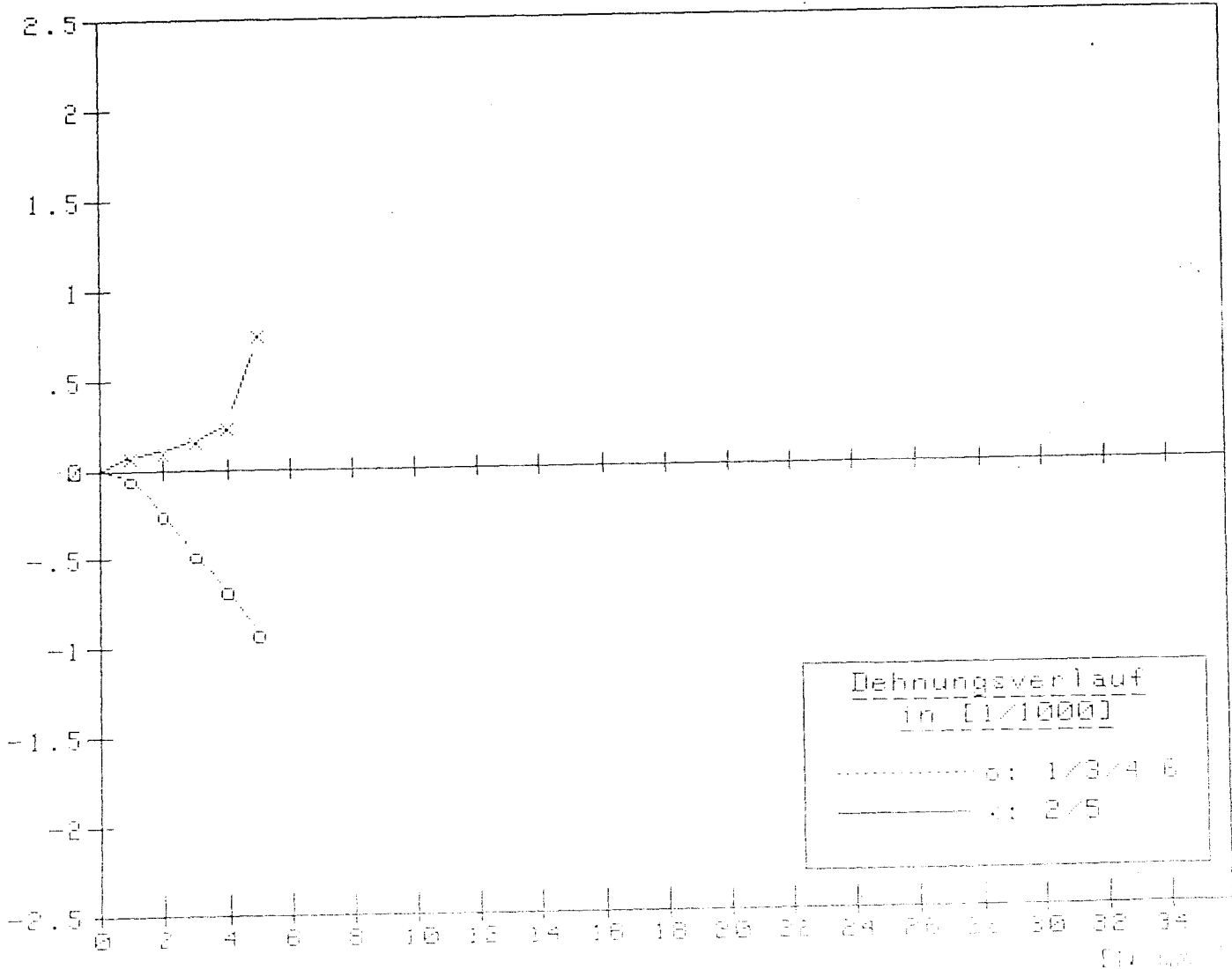
Variante: II/1, MK 1

Mauerwerksfestigkeit
(Bruchzustand)

$$\beta_{D,mw} = 6.0 \text{ N/mm}^2$$



Meßlänge $l_0 = 250 \text{ mm}$



Dehnungsverlauf
in $[1/1000]$

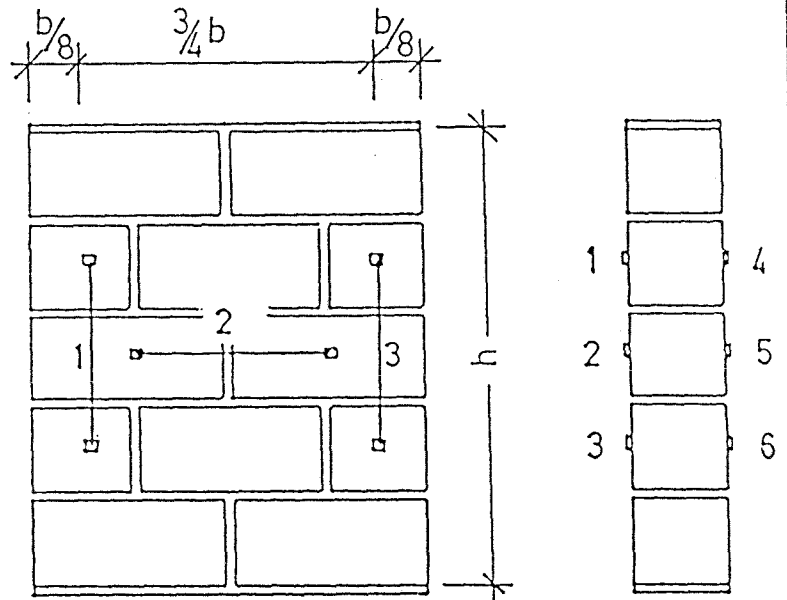
o: 1/3/4/6
x: 2/5

Bewehrtes Mauerwerk

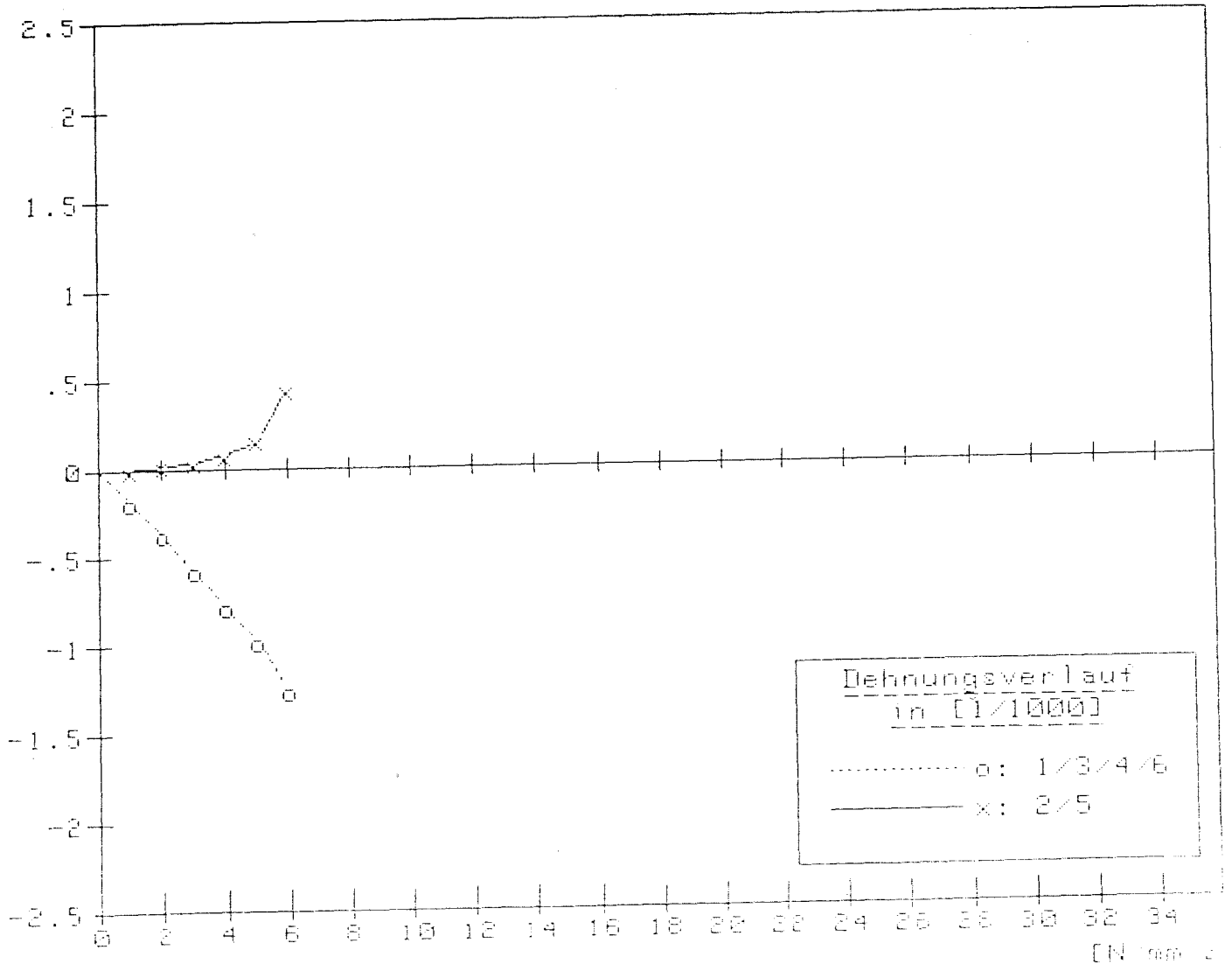
Variante: II/1, MK 2

Mauerwerksfestigkeit
(Bruchzustand)

$\beta_{D,mw} = 6,5 \text{ N/mm}^2$



Meßlänge $l_0 = 250 \text{ mm}$



Bewehrtes Mauerwerk

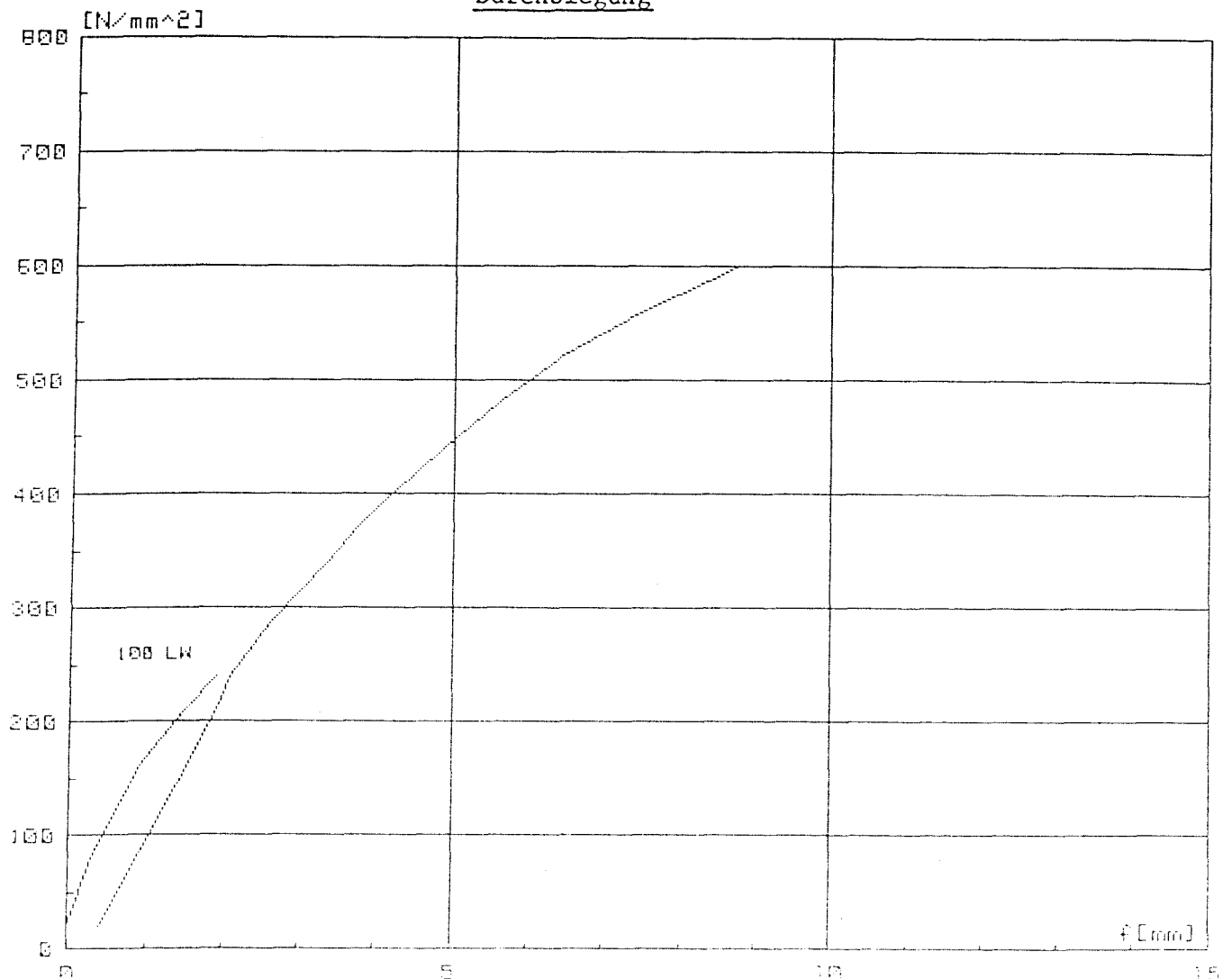
Variante: II/1

Rißbreiten in Achse der Biegezugbewehrung (Werte in mm/100)

	L St	4	5a	6	0*	5a*	6*	7a	8a
	$\sigma_{s,t}$ [N/mm ²]	160	210	240	21,1	210	240	286	340
Binder- schicht	$\sum w$	2	32	51	6	58	64	75	99
	w_m	0,4	6,4	10,2	1,2	11,6	12,8	15,0	19,8
	w_{min}	0	2	8	0	8	2	2	2
	w_{max}	2	10	15	2	15	15	20	25
Läufer- schicht	$\sum w$	10	22	46	8	36	50	66	90
	w_m	3,3	4,4	7,7	1,3	6,0	8,3	8,3	11,3
	w_{min}	2	0	2	0	2	2	0	0
	w_{max}	6	10	16	4	10	14	18	22

* nach 100 Lastwechseln

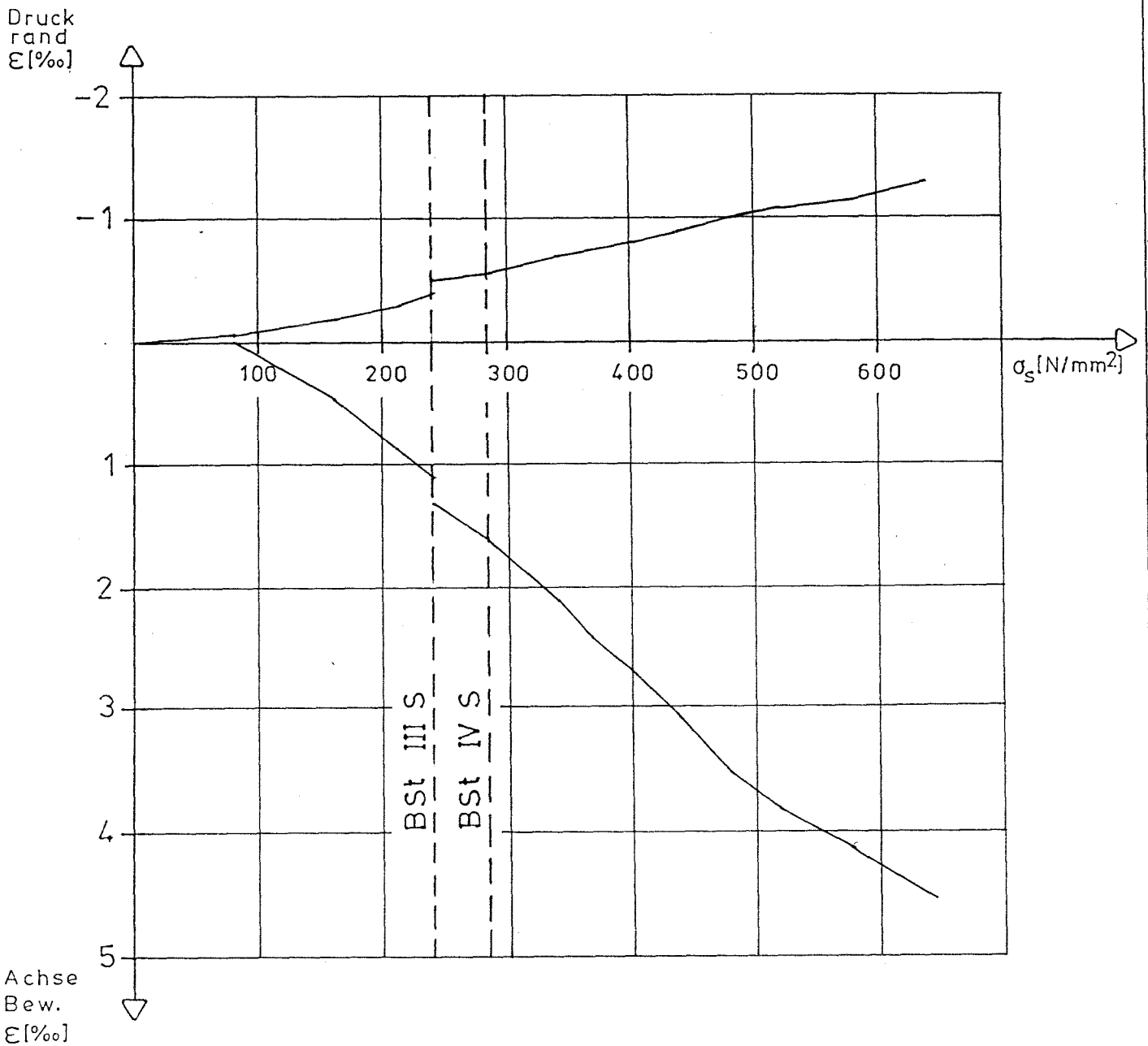
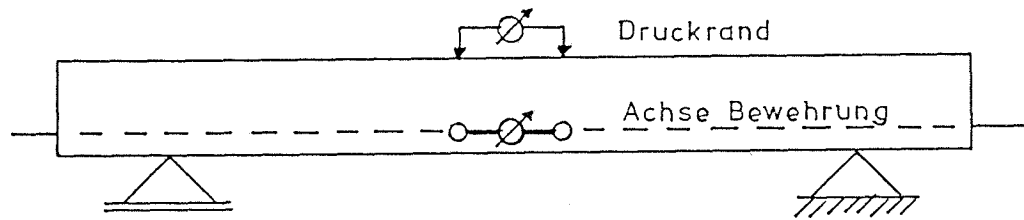
Durchbiegung



Bewehrtes Mauerwerk

Variante: II/1

Dehnungen

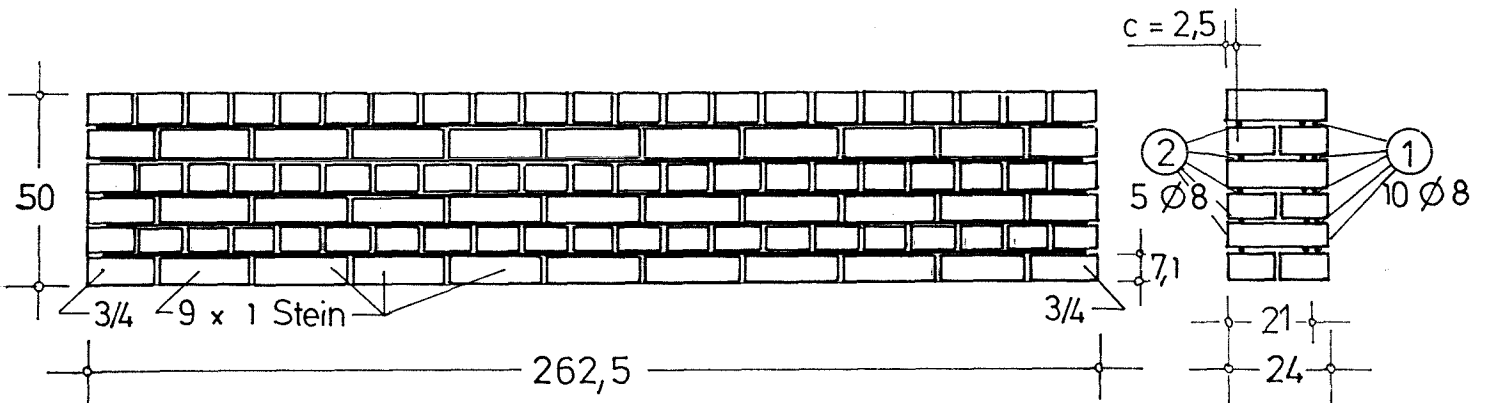


Bewehrtes Mauerwerk, Planwerte

Variante : II/2

Anzahl 1

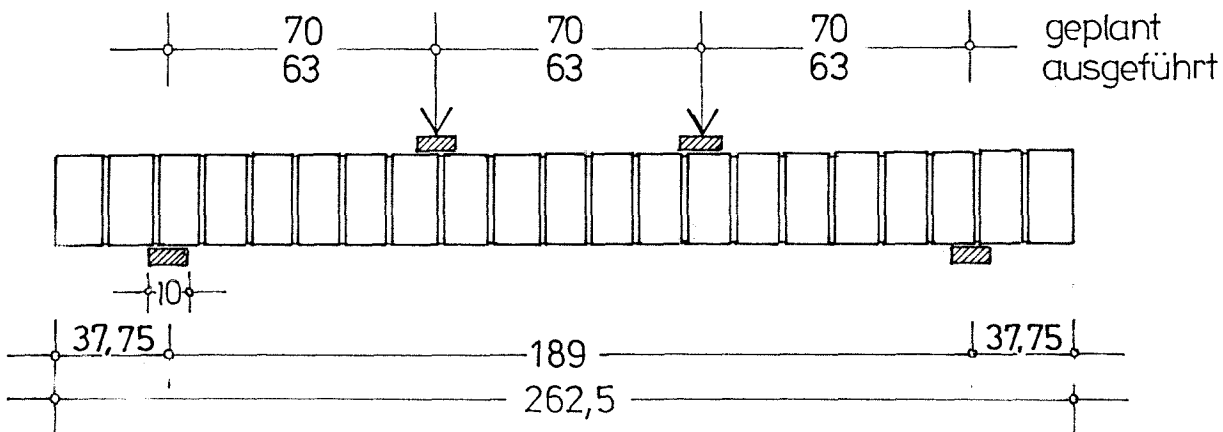
Maße in cm



① 10 Ø 8, verzinkt, Lieferung IBS

② 5 Ø 8, unverzinkt, Lieferung Schätz

l = 260



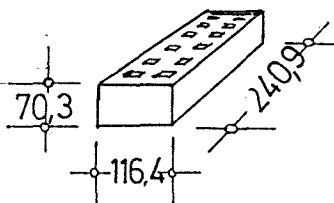
Baustoffe :

HLZ 60 NF (240 x 115 x 71)

Mörtelgruppe III a

Mauerwerksfestigkeitsklasse M 20

PZ 35F (kg)	PM (kg)	Sand (kg)	Wasser (l)
Werksmörtel			
(Fa. Schätz)			

Bewehrtes Mauerwerk		Variante: II/2	
Stein		Mörtel	
Mz 36 - 2,0 - NF 		Zusammensetzung Zement / Binder / Sand (PZ 35 F) (PM) / (0/4) Werksmörtel	
		Bezeichnung: BSt 500 S (RTS)	
		Mörtelgruppe (ist) III a	d_s [mm] 8
		Druckfestigkeit *) $\beta_{D,mö}$ [N/mm ²] 22,8	β_s [N/mm ²] 560
Rohdichte [kg/dm ³] 1,84			β_z [N/mm ²] 638
Rohdichteklasse 2,0		Biegezugfestigkeit *) $\beta_{BZ,mö}$ [N/mm ²] 4,75	A ₁₀ [%] 19,1
Druckfestigkeit [N/mm ²] 49,0		*) Zum Zeitpunkt der Versuchsdurchführung verzinkt	
Steinfestigkeitsklasse 36			
Lochanteil [%] 10,7			
Mauerwerksfestigkeit:		$\beta_{MW} = 26.5$ (N/mm ²)	

Bemessung (Planwerte)

Mauerwerksfestigkeitsklasse: M 20
 Druck zur Lochrichtung: quer

zul. τ_o [N/mm²]: 0,29

vorh. A_s [mm²]: 502,7

$\sigma_{S,L}$ [N/mm²]: 182,0

Istwerte : MW(N/mm²) : 22

h (mm) : 210

h_D (mm) : 40

b (mm) : 500

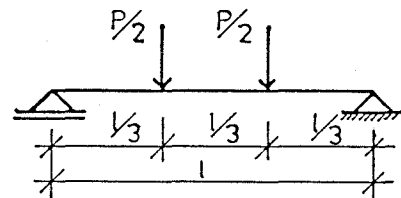
a (mm) : 630

Bruchzustand M_u [kNm]: 64,4

Q_u [kN]: 102,3

$\tau_{u,g}$ [N/mm²]: 1,095

Bruchursache: Biegebruch



Belastungsfolge

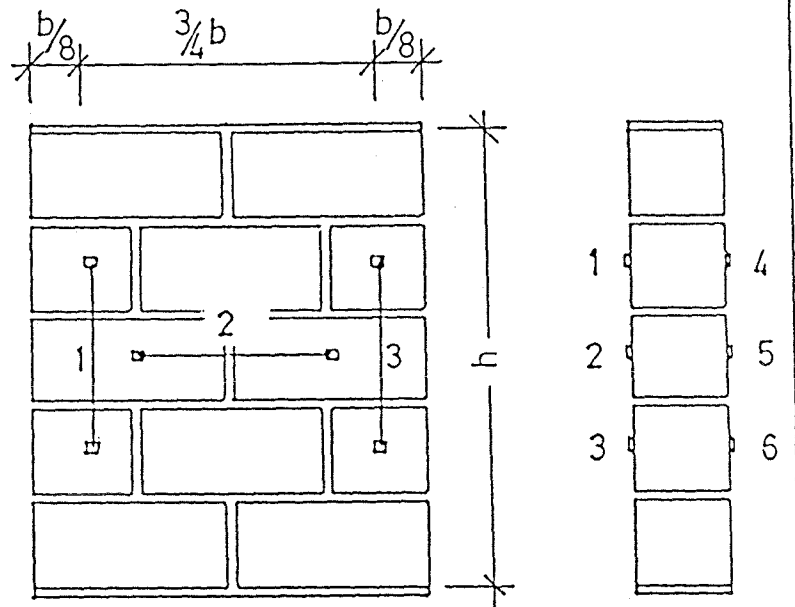
L St	τ [N/mm ²]	$\sigma_{S,L}$ [N/mm ²]	L St	τ [N/mm ²]	$\sigma_{S,L}$ [N/mm ²]
0	0,018	11,1	9A	0,590	370
2	0,128	80,	10	0,638	400
4	0,255	160	11	0,702	440
4A	0,290	182	12	0,766	480
5	0,319	200	13	0,830	520
6	0,383	240	14	0,894	560
100 LW			15	0,957	600
0	0,018	11,1			
4A	0,290	182			
5	0,319	200			
6	0,383	240			
7A	0,456	286			
8A	0,543	340			

Bewehrtes Mauerwerk

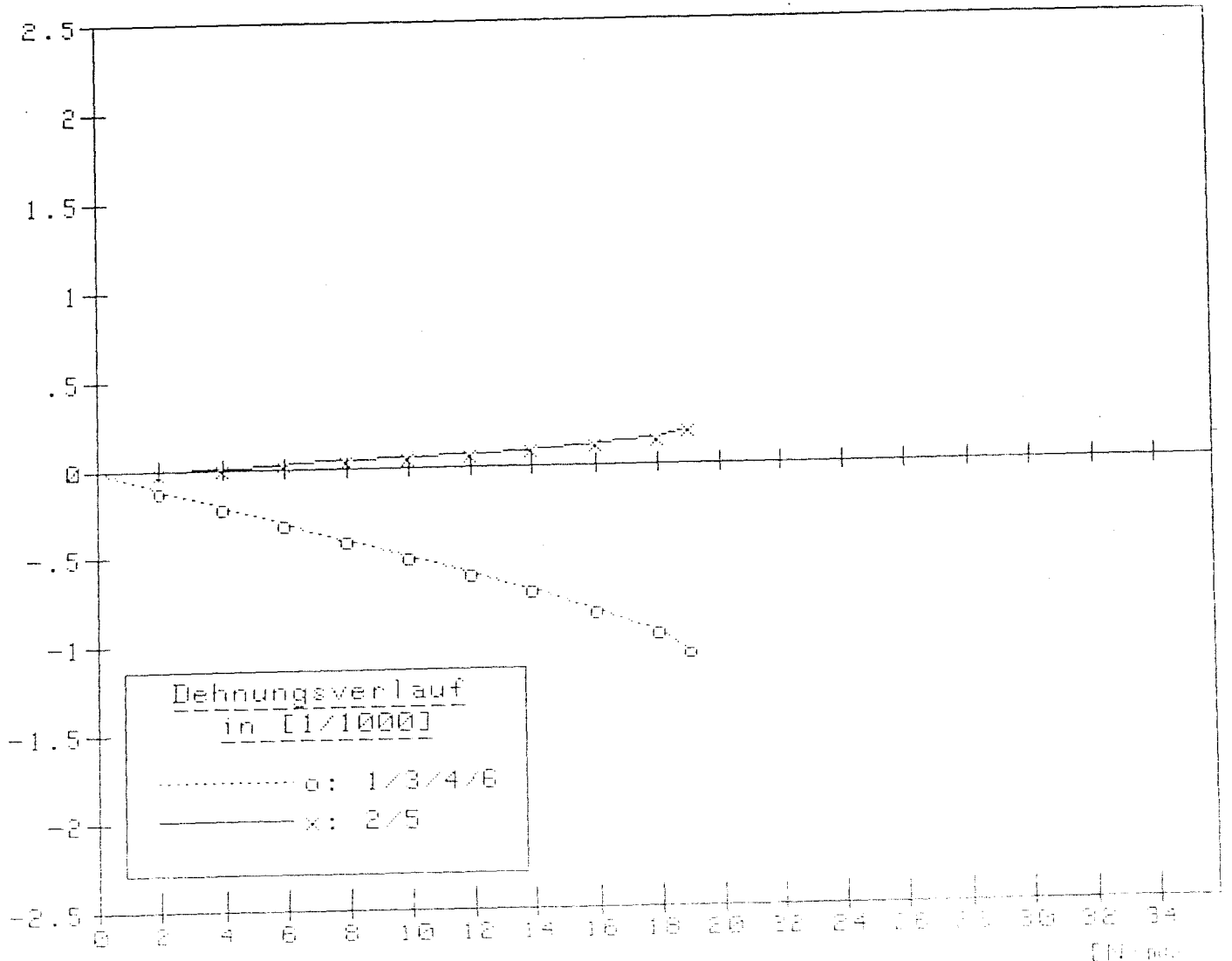
Variante: II/2, MK1

Mauerwerksfestigkeit
(Bruchzustand)

$\beta_{D,mw} = 26,4 \text{ N/mm}^2$



Meßlänge $l_0 = 250 \text{ mm}$

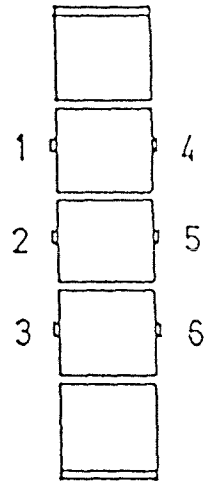
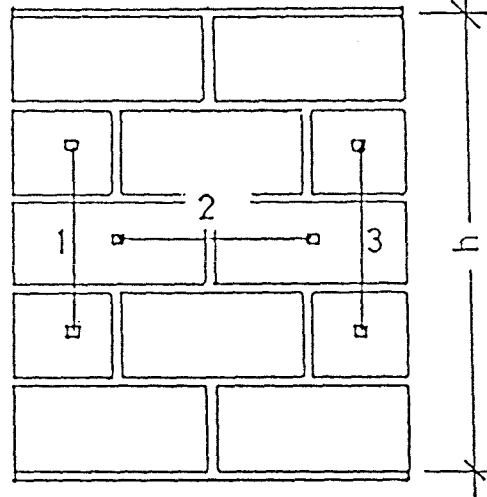
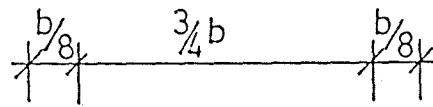


Bewehrtes Mauerwerk

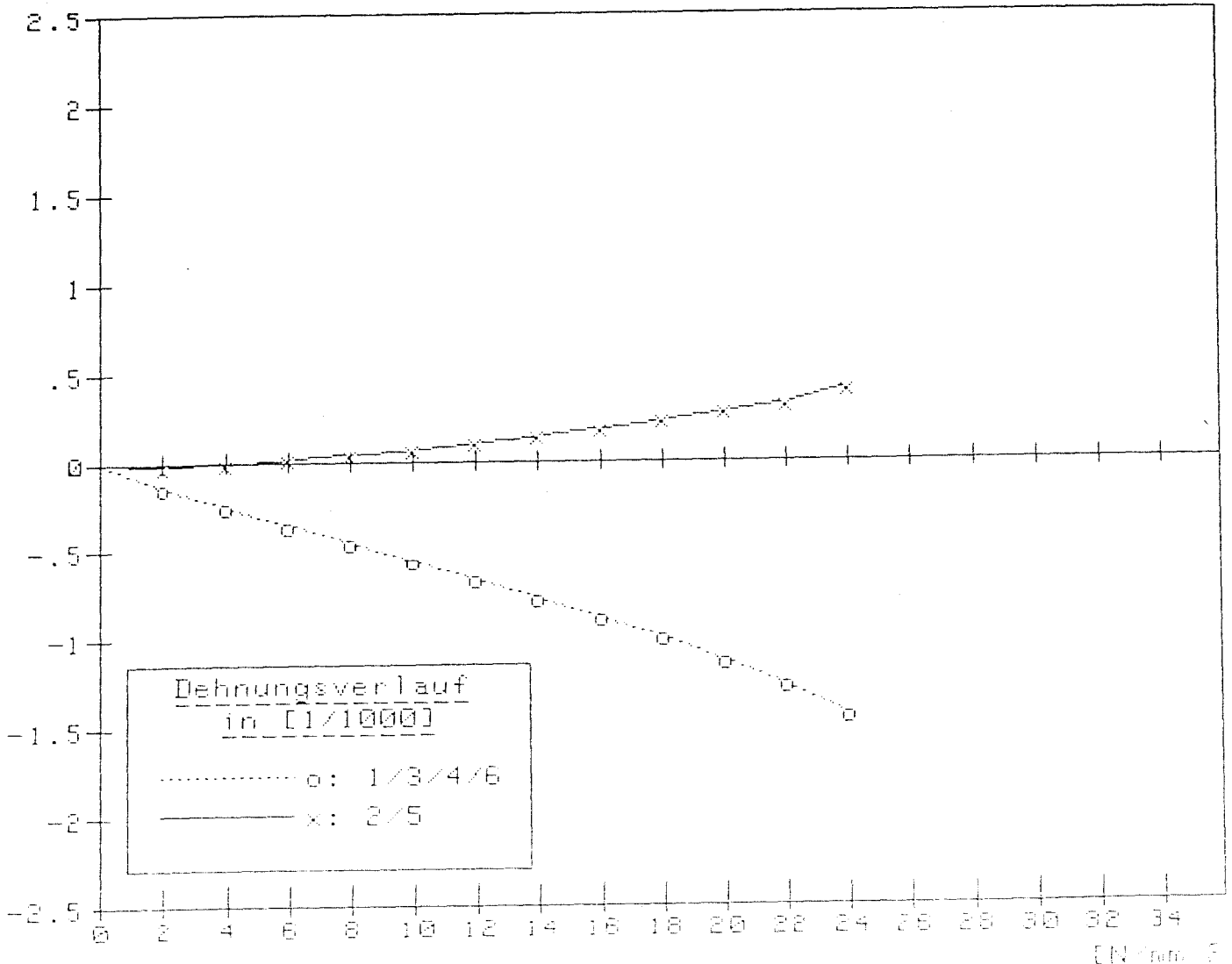
Variante II/2, MK 2

Mauerwerksfestigkeit
(Bruchzustand)

$$\beta_{D,mw} = 26,5 \text{ N/mm}^2$$



Meßlänge $l_0 = 250 \text{ mm}$



Bewehrtes Mauerwerk

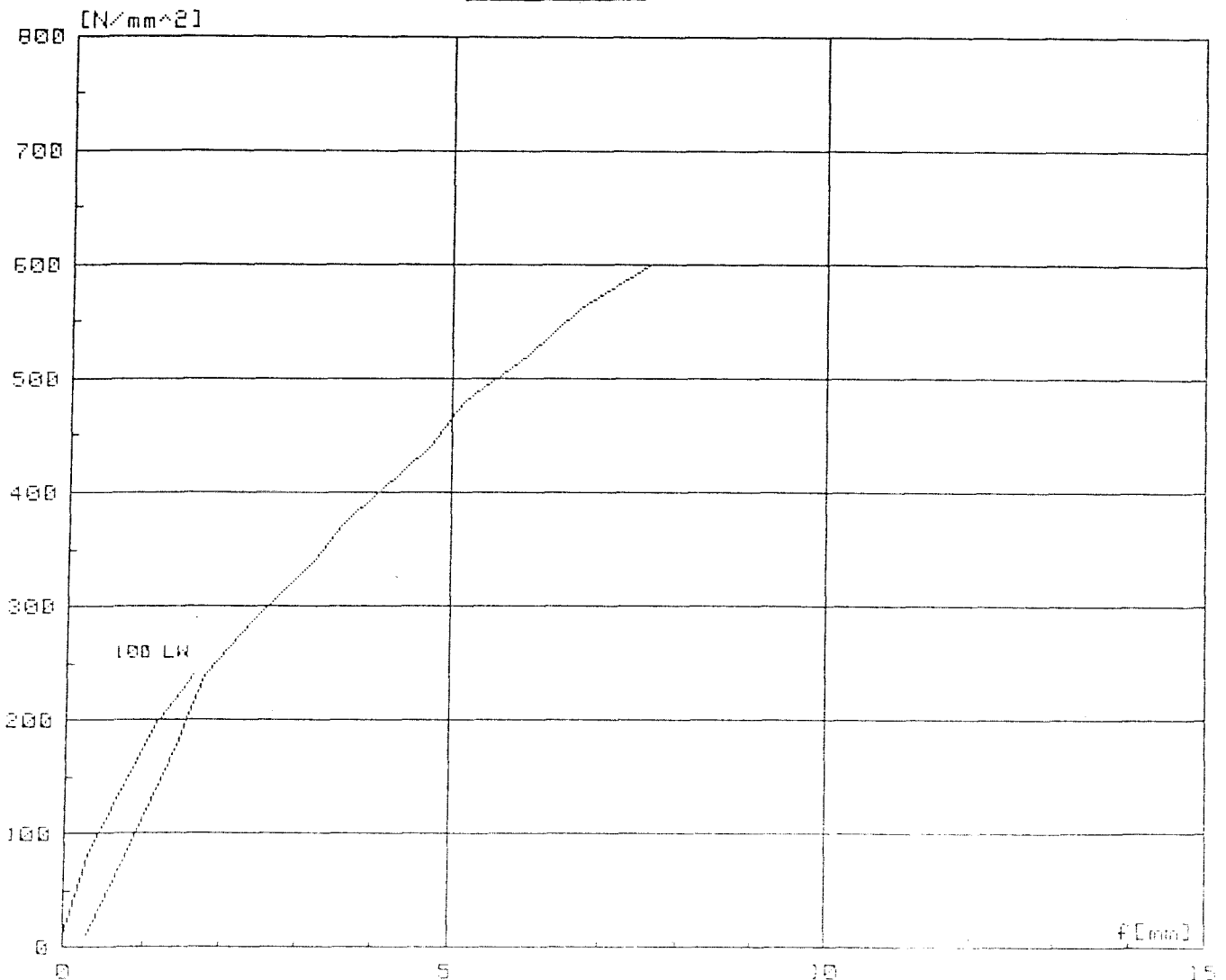
Variante: II/2

Rißbreiten in Achse der Biegezugbewehrung (Werte in mm/100)

	L St	4a	5	6	0*	4a*	5*	6*	7a	8a
	$\frac{\sigma_{sL}}{[N/mm^2]}$	182	200	240	11,1	182	200	240	286	340
Binder- schicht	$\sum w$	16	20	34	4	32	36	44	64	90
	w_m	3,2	3,3	5,7	0,7	5,3	6,0	7,3	9,1	10,0
	w_{min}	0	0	2	0	2	2	2	2	2
	w_{max}	6	6	10	2	8	10	12	16	20
Läufer- schicht	$\sum w$	20	26	34	2	30	32	34	60	86
	w_m	2,9	3,3	4,3	0,3	3,8	4,0	4,3	6,0	7,8
	w_{min}	2	2	2	0	2	2	2	2	4
	w_{max}	4	4	6	2	4	6	6	10	16

* nach 100 Lastwechseln

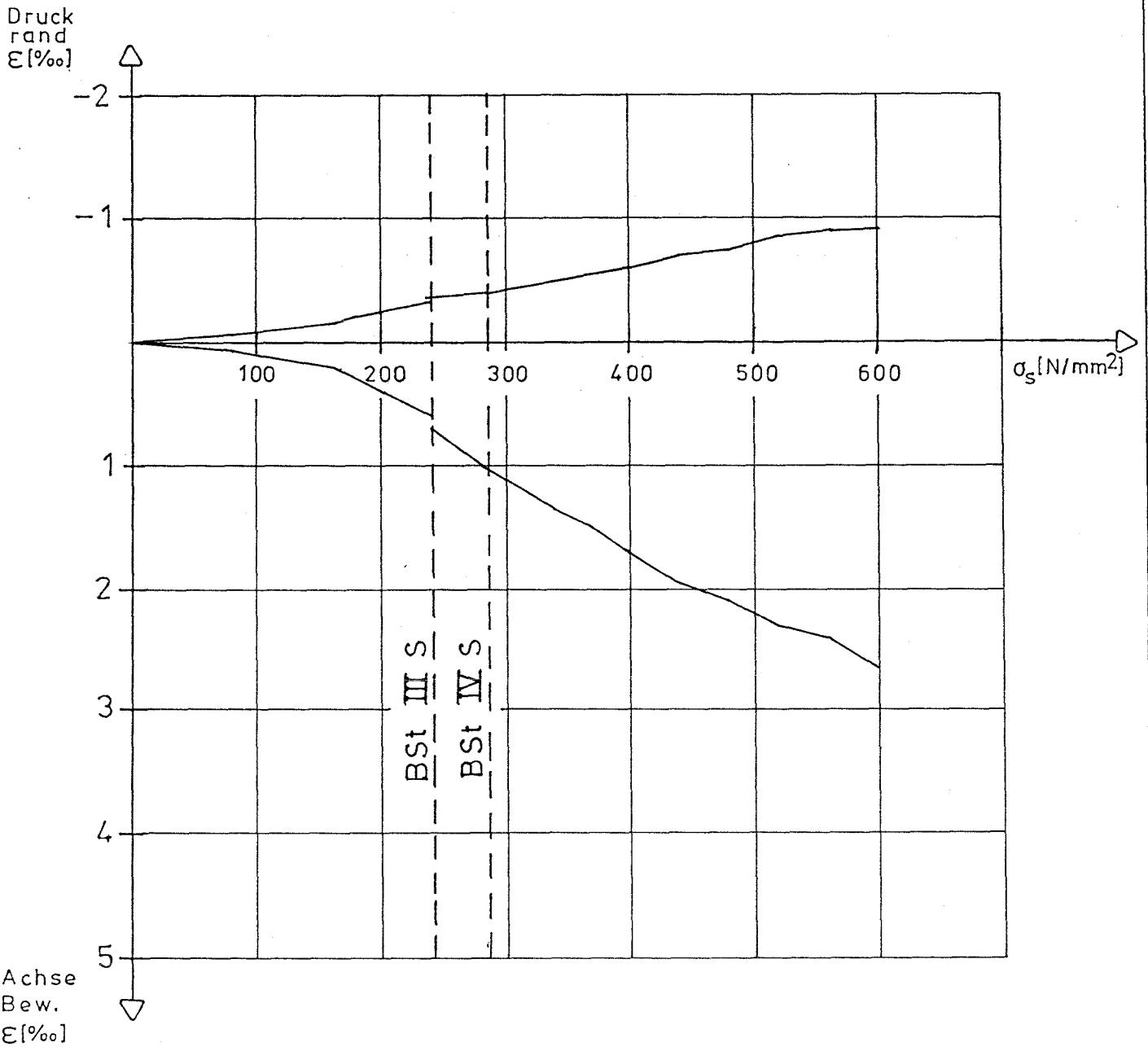
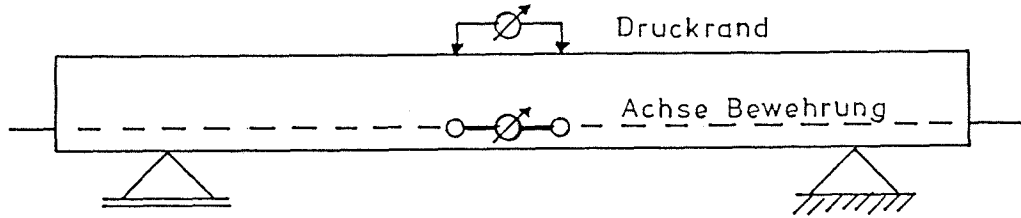
Durchbiegung



Bewehrtes Mauerwerk

Variante: II/2

Dehnungen

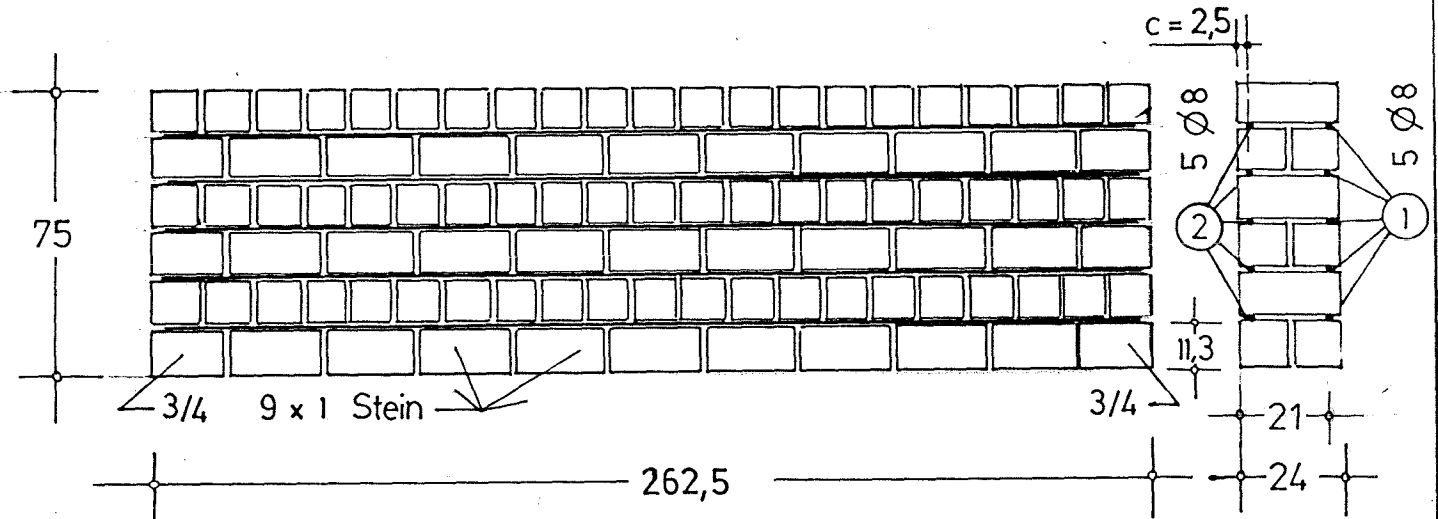


Bewehrtes Mauerwerk, Planwerte

Variante : II/3

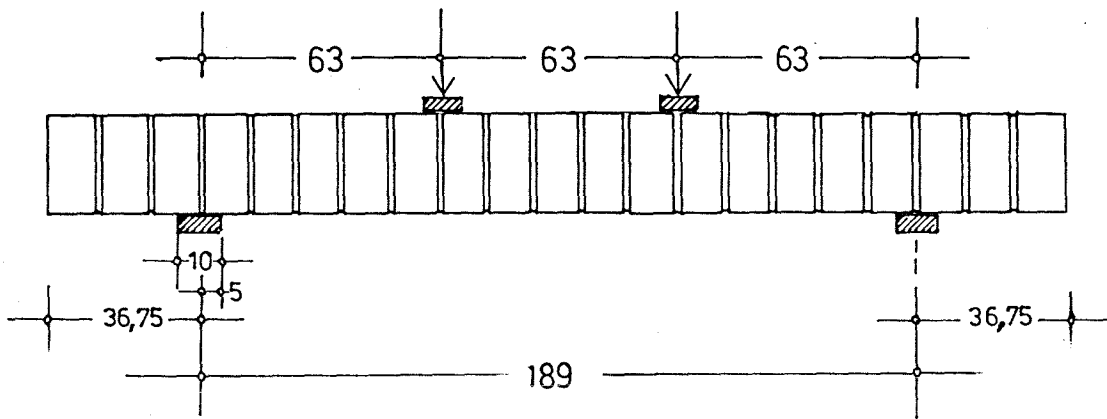
Anzahl : 1

Maße in cm



① 5 Ø 8 - l = 260 verzinkt, Lieferung IBS

② 5 Ø 8 - l = 260 unverzinkt, Fa Schätz



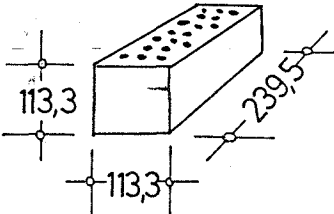
Baustoffe

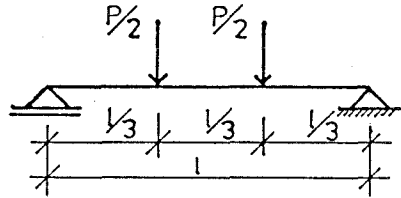
KSL 12 - 2 DF (240 x 115 x 113 mm)

Mörtelgruppe II a

Mauerwerksfestigkeitsklasse M 5

PZ 35F (kg)	PM (kg)	Sand (kg)	Wasser (l)
3,3	6,7	40.	~7,0

Bewehrtes Mauerwerk		Variante: II/3	
Stein		Mörtel	
KSL 8 - 1,4 - 2 DF 		Zusammensetzung Zement / Binder / Sand (PZ 35 F) (PM) (0/4) 1 : 2 : 10	
		Bezeichnung: BSt 500 S (RTS)	
		Mörtelgruppe (ist)	III
		Druckfestigkeit *) $\beta_{D,mö}$ [N/mm ²]	13,2
Rohdichte [kg/dm ³]	1,37		d_s [mm] 8
Rohdichteklasse	1,4		β_s [N/mm ²] 560
Druckfestigkeit [N/mm ²]	13,2	Biegezugfestigkeit *) $\beta_{BZ,mö}$ [N/mm ²]	638
Steinfestigkeitsklasse	8		β_z [N/mm ²] 638
Lochanteil [%]	24,9		A_{10} [%] 19,1
Mauerwerksfestigkeit:		$\beta_{MW} = 10,0$ (N/mm ²)	
		*) Zum Zeitpunkt der Versuchsdurchführung	
		verzinkt	

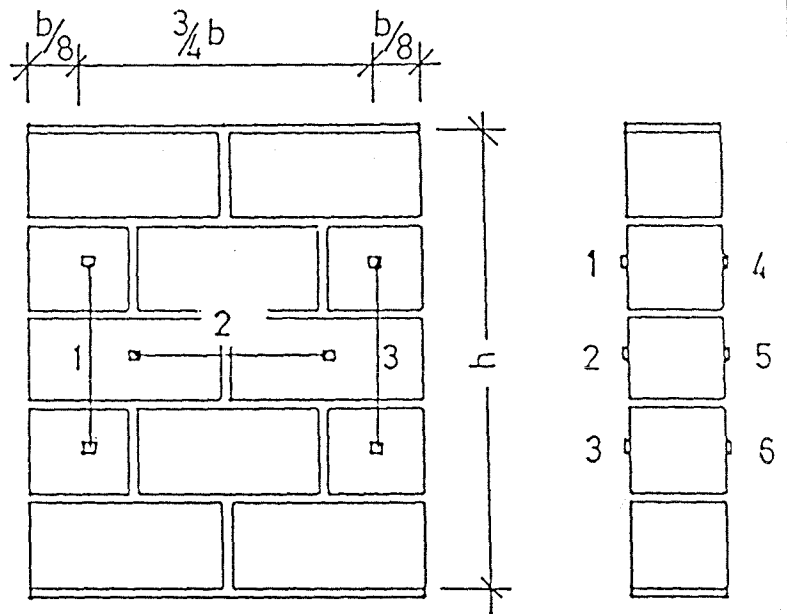
<u>Bemessung (Planwerte)</u>							
Mauerwerksfestigkeitsklasse:	M5	Belastungsfolge					
Druck zur Lochrichtung:	quer						
zul. τ_0 [N/mm ²]:	0,11	L St	τ [N/mm ²]	$\sigma_{S,L}$ [N/mm ²]	L St	τ [N/mm ²]	$\sigma_{S,L}$ [N/mm ²]
vorh. A_s [mm ²]:	251,3	0	0,016	30,6	11	0,236	440
$\sigma_{S,L}$ [N/mm ²]:	205,4	2	0,043	80	12	0,257	480
<u>Istwerte</u> :	MW (N/mm ²): 8	4	0,086	160	13	0,278	520
	h (mm) : 213	5A	0,110	205	14	0,300	560
	h_D (mm) : 38	6	0,129	240	15	0,321	600
	b (mm) : 750	100 LW			16	0,343	640
	a (mm) : 630	0	0,016	30,6	17	0,364	640
<u>Bruchzustand</u>	M_u [kNm]: 36,2	5A	0,110	205	18	0,386	720
	Q_u [kN]: 57,5	6	0,129	240			
	$\tau_{u,g}$ [N/mm ²]: 0,425	7A	0,153	286			
		8A	0,182	340			
		9A	0,198	370			
<u>Bruchursache</u> :	Biegebruch	10	0,214	400			

Bewehrtes Mauerwerk

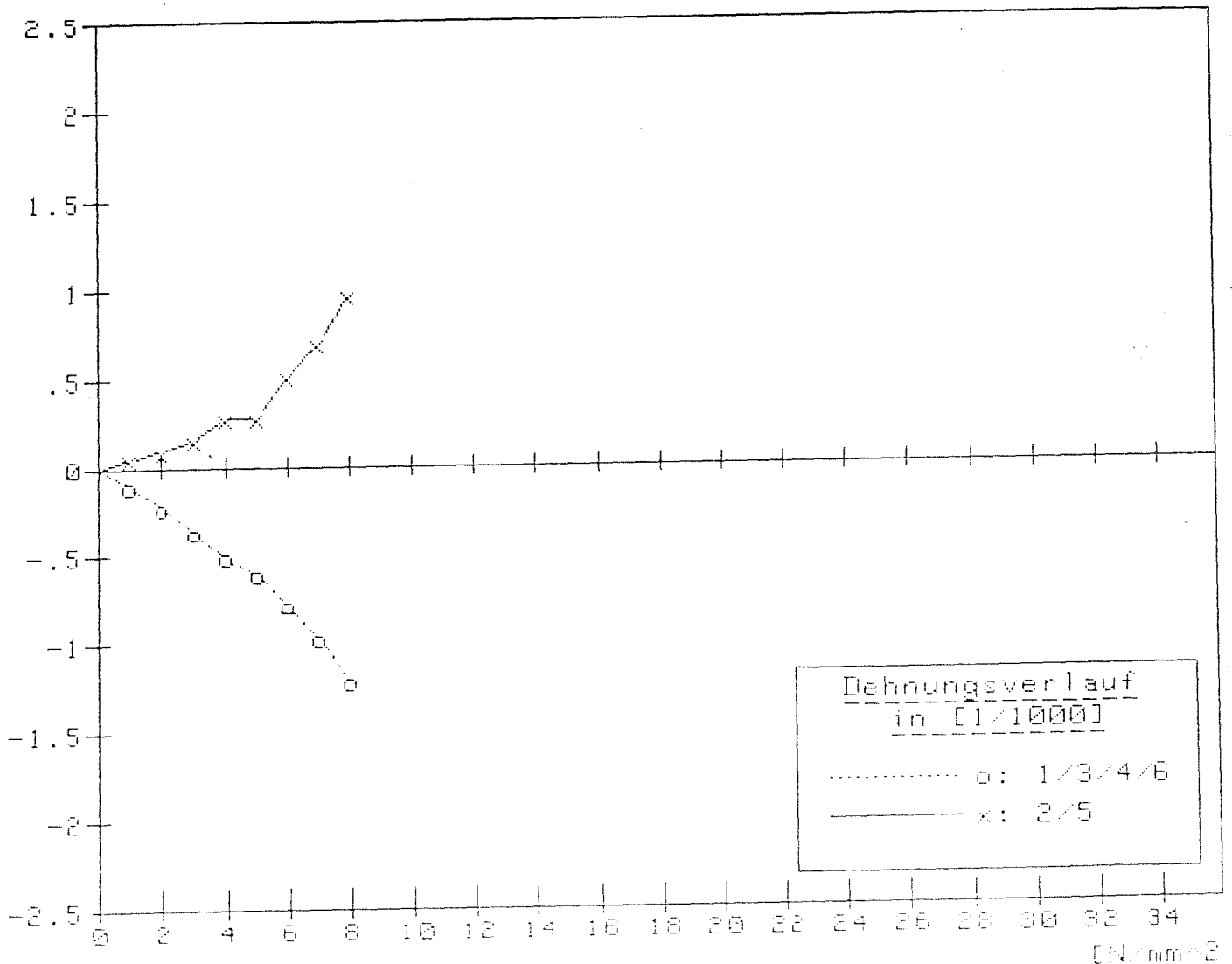
Variante: II/3, MK 1

Mauerwerksfestigkeit
(Bruchzustand)

$\beta_{D,mw} = 9,0 \text{ N/mm}^2$



Meßlänge $l_0 = 250 \text{ mm}$

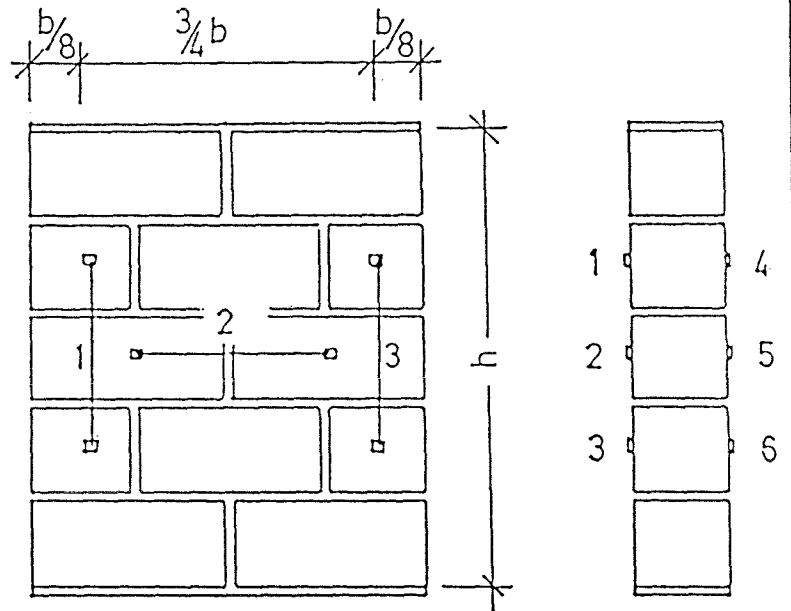


Bewehrtes Mauerwerk

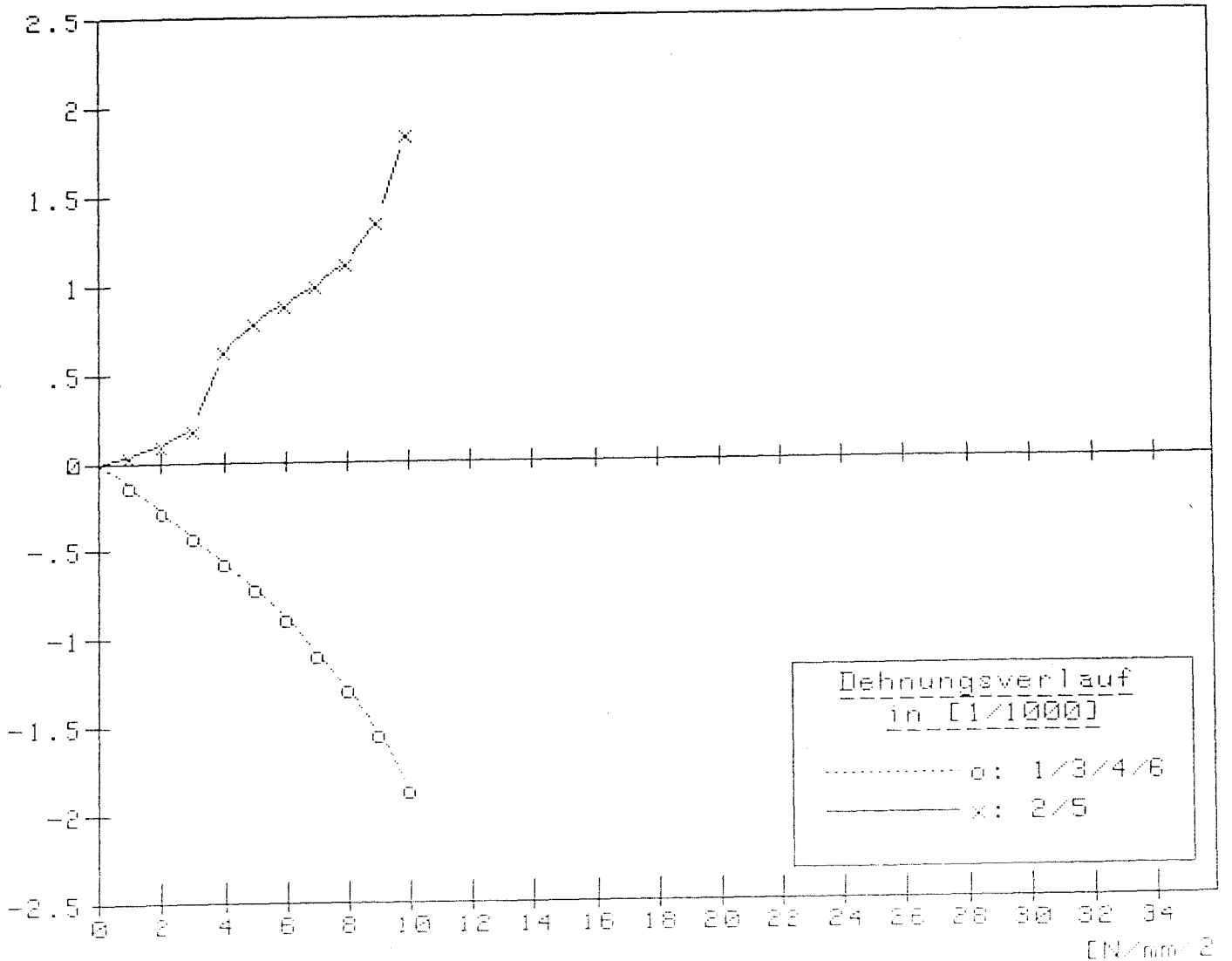
Variante: II/3, MK 2

Mauerwerksfestigkeit
(Bruchzustand)

$\beta_{D,mw} = 10.9 \text{ N/mm}^2$



Meßlänge $l_0 = 250 \text{ mm}$



Bewehrtes Mauerwerk

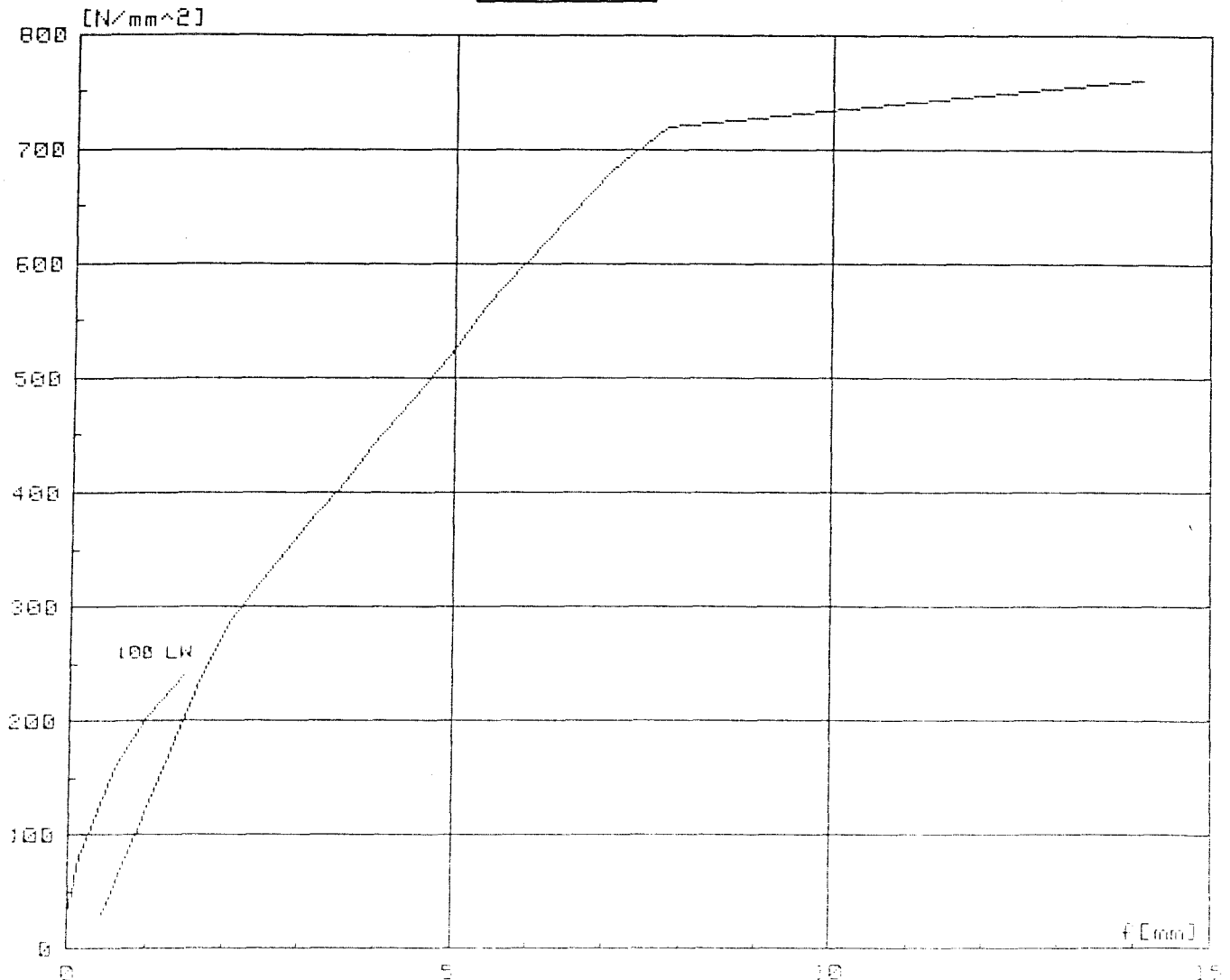
Variante: II/3

Rißbreiten in Achse der Biegezugbewehrung (Werte in mm/100)

	L St	5a	6	0*	5a*	6*	7a	8a	
	$\sigma_{s,t}$ [N/mm ²]	205	240	30,6	205	240	286	340	
Binder- schicht	$\sum w$	9	17	4	31	35	44	57	
	w_m	2,3	4,3	1,0	7,8	8,8	8,8	9,5	
	w_{min}	0	2	0	5	5	0	0	
	w_{max}	5	5	2	10	10	5	16	
Läufer- schicht	$\sum w$	14	28	2	34	40	48	68	
	w_m	2,0	3,5	0,3	4,3	5,0	4,8	6,8	
	w_{min}	2	2	0	2	2	0	2	
	w_{max}	2	6	2	6	6	8	10	

*nach 100 Lastwechseln

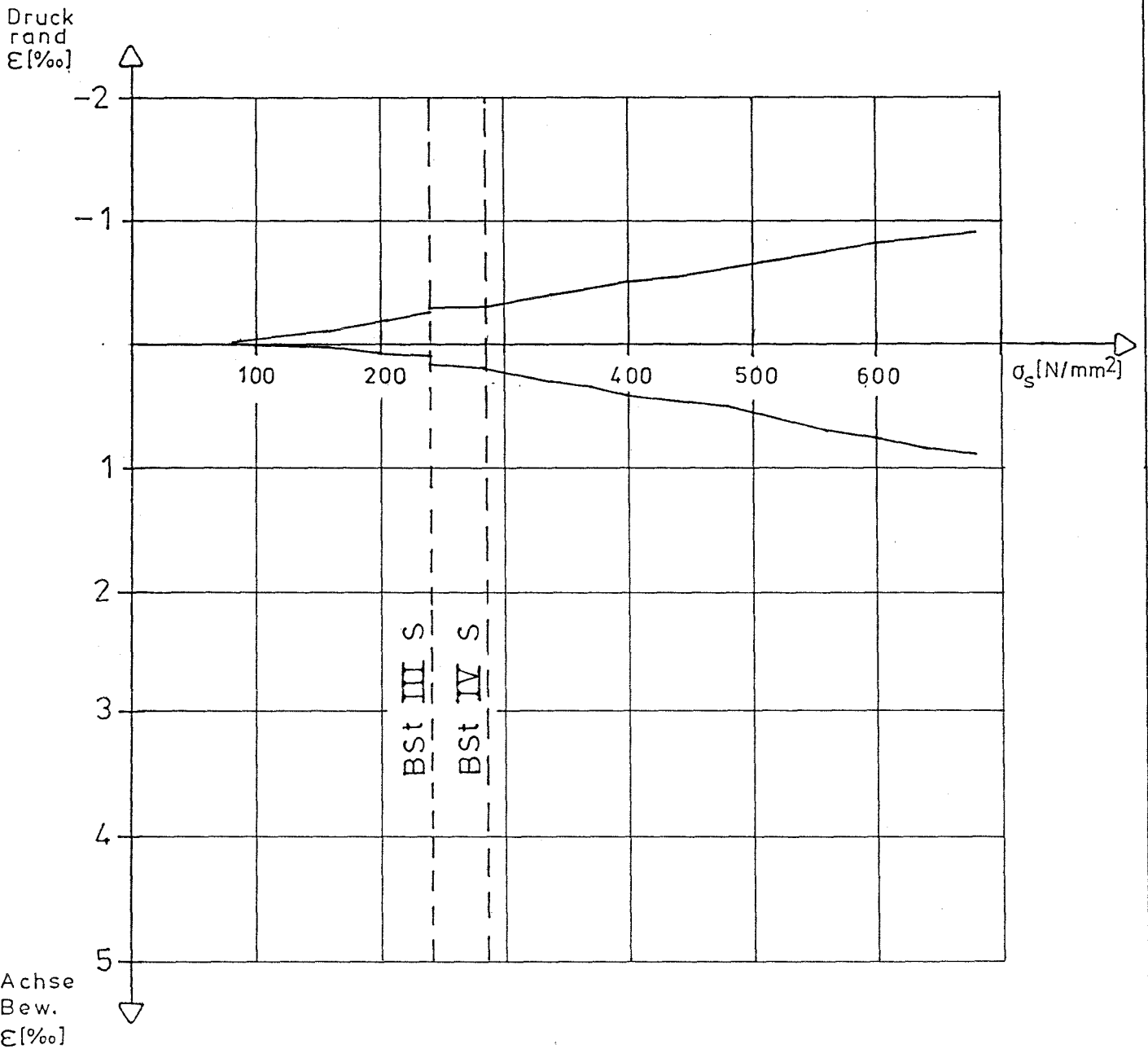
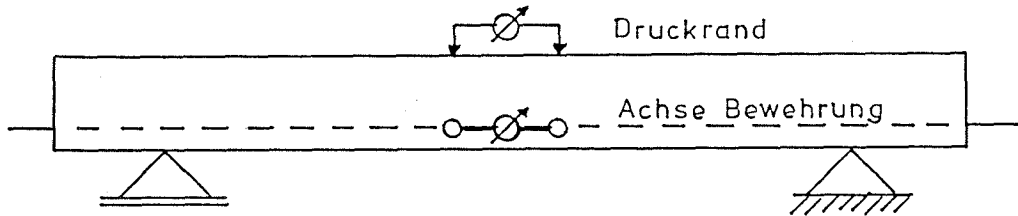
Durchbiegung



Bewehrtes Mauerwerk

Variante : II/3

Dehnungen

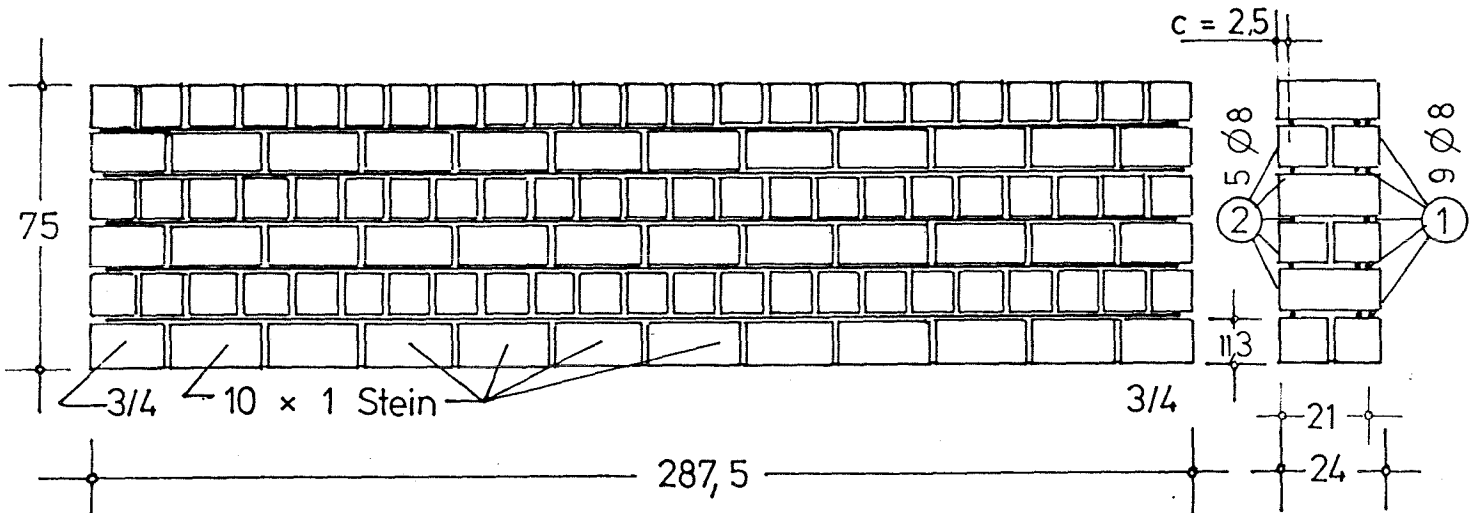


Bewehrtes Mauerwerk, Planwerte

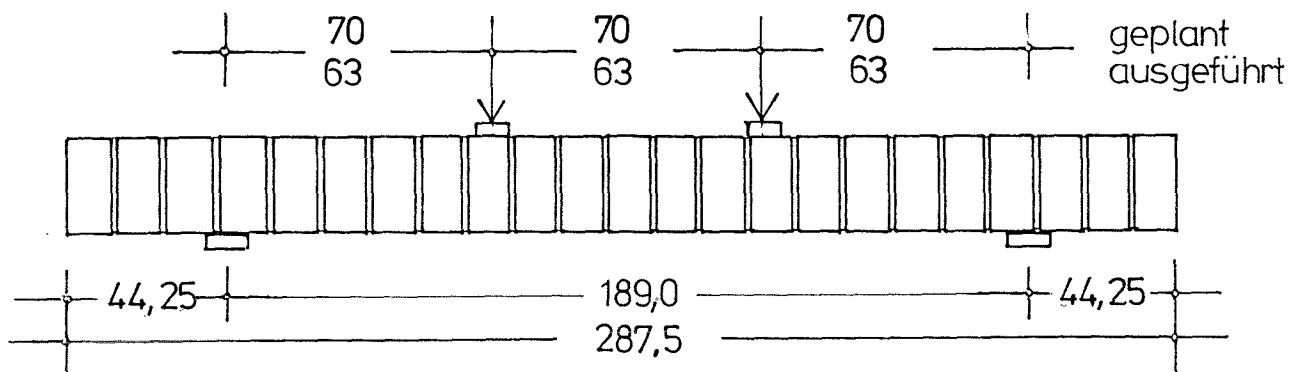
Variante : II/4

Anzahl : 1

Maße in cm



- ① 9 \varnothing 8 - l = 285, verzinkt, Lieferung IBS
- ② 5 \varnothing 8 - l = 285, unverzinkt, Lieferung Fa. Schätz



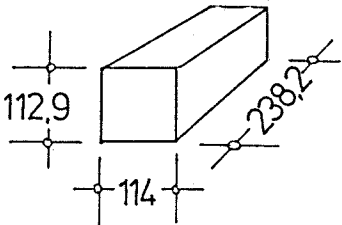
Baustoffe

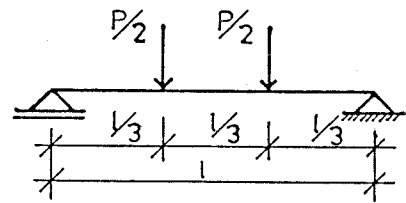
KS 28 - 2 DF (240 x 115 x 113 mm)

Mörtelgruppe III

Mauerwerksfestigkeitsklasse M 9

PZ35F (kg)	PM (kg)	Sand (kg)	Wasser (l)
4,5	8,8	36,7	~7,0

Bewehrtes Mauerwerk		Variante: II/4	
Stein		Mörtel	
KSV 20 - 2,0 - 2 DF 		Zusammensetzung Zement / Binder / Sand (PZ 35 F) (PM) / (0/4) 1 : 2 : 7	
		Bezeichnung: BSt 500 S (RTS)	
		Mörtelgruppe (ist) IIIa	d_s [mm] 8
		Druckfestigkeit *) $\beta_{D,mö}$ [N/mm ²] 22,1	$\bar{\beta}_s$ [N/mm ²] 560
Rohdichte [kg/dm ³] 1,91			$\bar{\beta}_z$ [N/mm ²] 638
Rohdichteklasse 2,0		Biegezugfestigkeit *) $\beta_{BZ,mö}$ [N/mm ²] 4,5	A ₁₀ [%] 19,1
Druckfestigkeit [N/mm ²] 32,0		*) Zum Zeitpunkt der Versuchsdurchführung verzinkt	
Steinfestigkeitsklasse 20			
Lochanteil [%] -			
Mauerwerksfestigkeit:		$\beta_{MW} = 18,1$ (N/mm ²)	

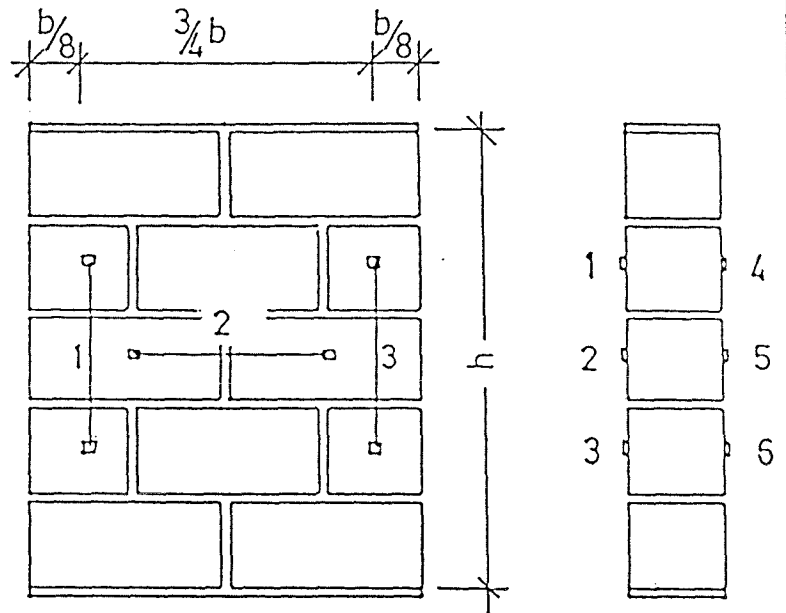
<u>Bemessung (Planwerte)</u>							
Mauerwerksfestigkeitsklasse:	M9	Belastungsfolge					
Druck zur Lochrichtung:	-						
zul. τ_o [N/mm ²]:	0,17	L St	τ [N/mm ²]	$\sigma_{S,L}$ [N/mm ²]	L St	τ [N/mm ²]	$\sigma_{S,L}$ [N/mm ²]
vorh. A_s [mm ²]:	452,4	0	0,017	17,35	9A	0,354	370
$\sigma_{S,L}$ [N/mm ²]:	177,6	2	0,077	80	10	0,383	400
<u>Istwerte</u> :		4	0,153	160	11	0,421	440
MW (N/mm ²):	15	4A	0,170	177,6	12	0,460	480
h (mm) :	207	5	0,191	200	13	0,498	520
h _D (mm) :	42	6	0,230	240	14	0,536	560
b (mm) :	750	100 LW					
a (mm) :	630	0	0,017	17,35			
<u>Bruchzustand</u>		4A	0,170	177,6			
M_u (kNm) :	51,6	5	0,191	200			
Q_u [kN] :	81,9	6	0,230	240			
$\tau_{u,g}$ [N/mm ²]:	0,562	7A	0,274	286			
<u>Bruchursache:</u>	Verbundversagen	8A	0,326	340			

Bewehrtes Mauerwerk

Variante: II/4, MK 1

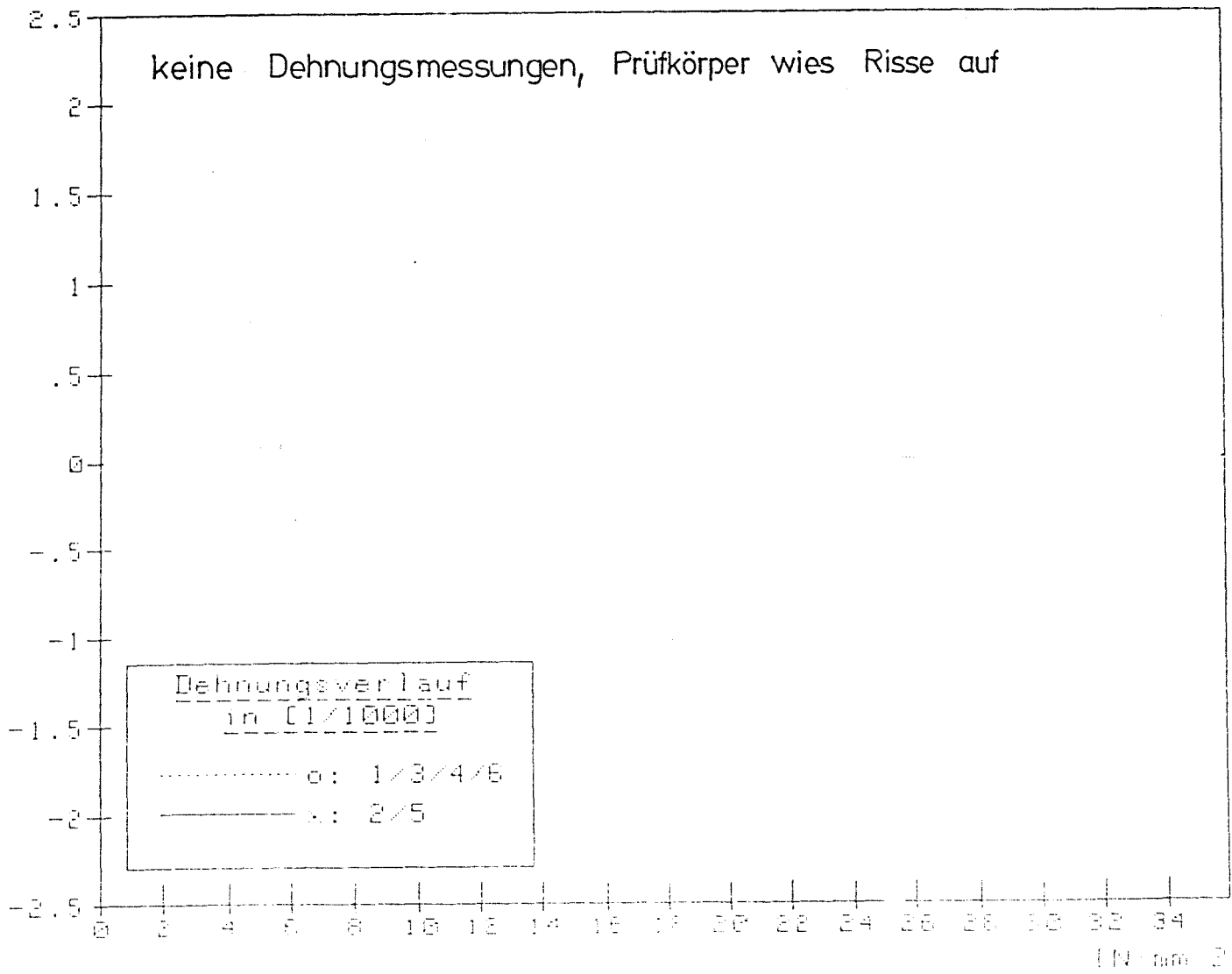
Mauerwerksfestigkeit
(Bruchzustand)

$$\beta_{D,mw} = 19,2 \text{ N/mm}^2$$



Meßlänge $l_0 = 250 \text{ mm}$

keine Dehnungsmessungen, Prüfkörper wies Risse auf



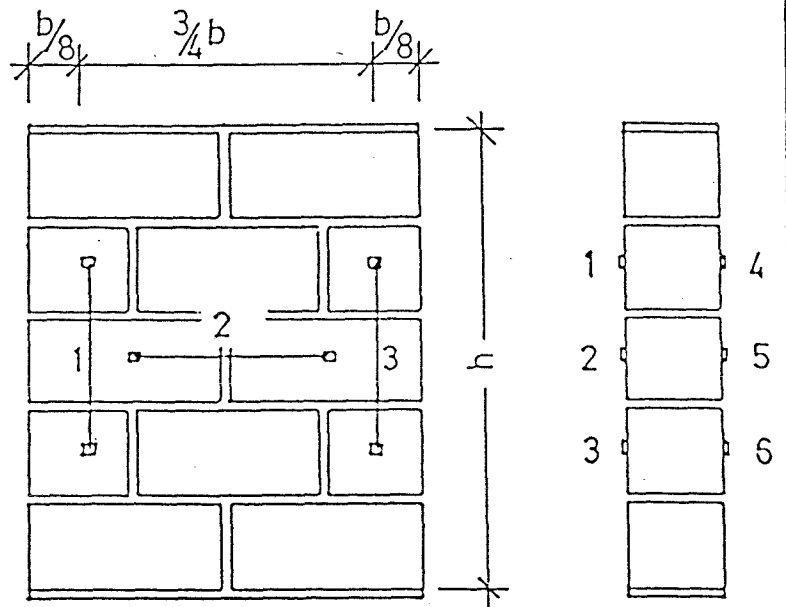
(N/mm²)

Bewehrtes Mauerwerk

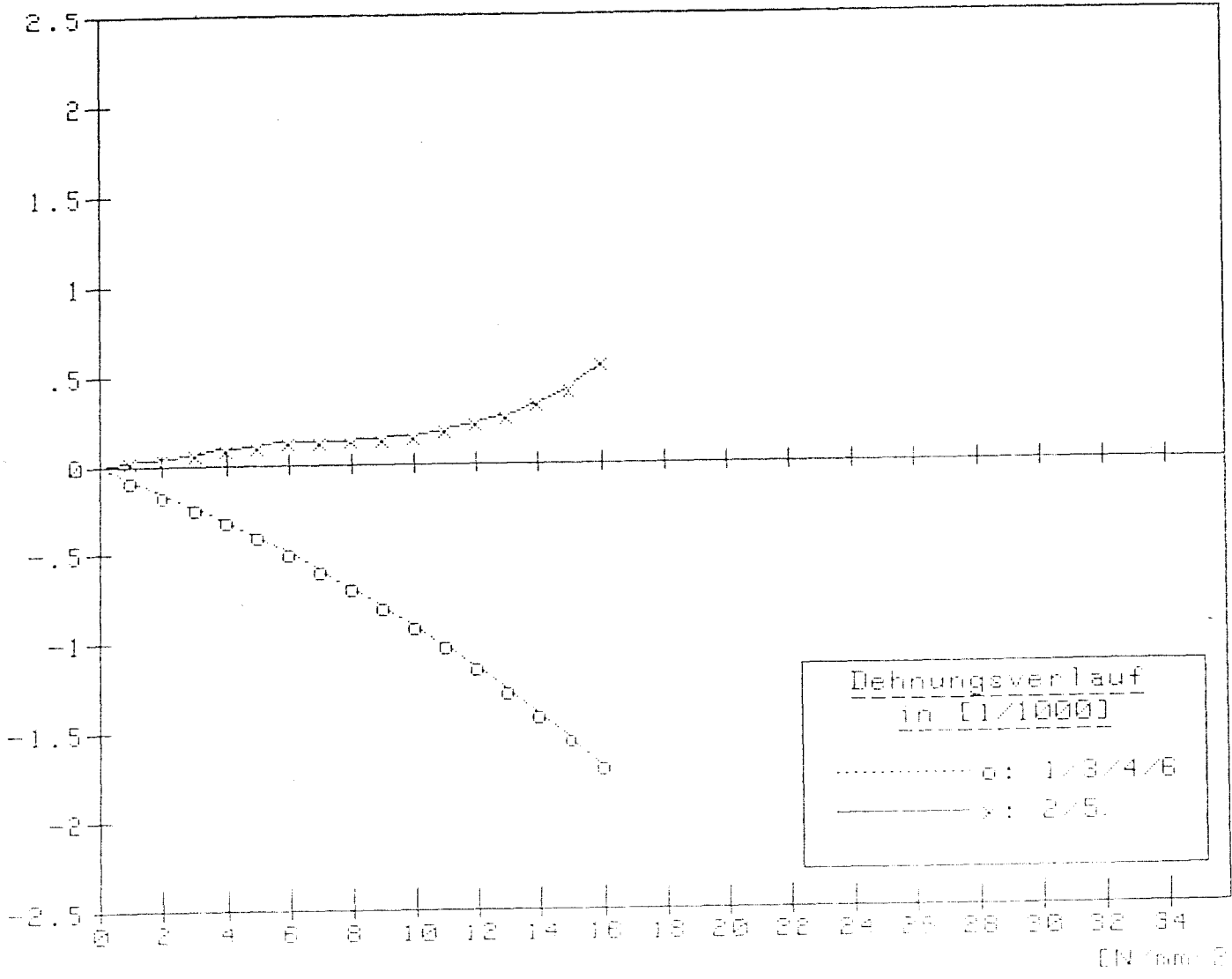
Variante: II/4, MK2

Mauerwerksfestigkeit
(Bruchzustand)

$\beta_{D,mw} = 17,0 \text{ N/mm}^2$



Meßlänge $l_0 = 250 \text{ mm}$



Bewehrtes Mauerwerk

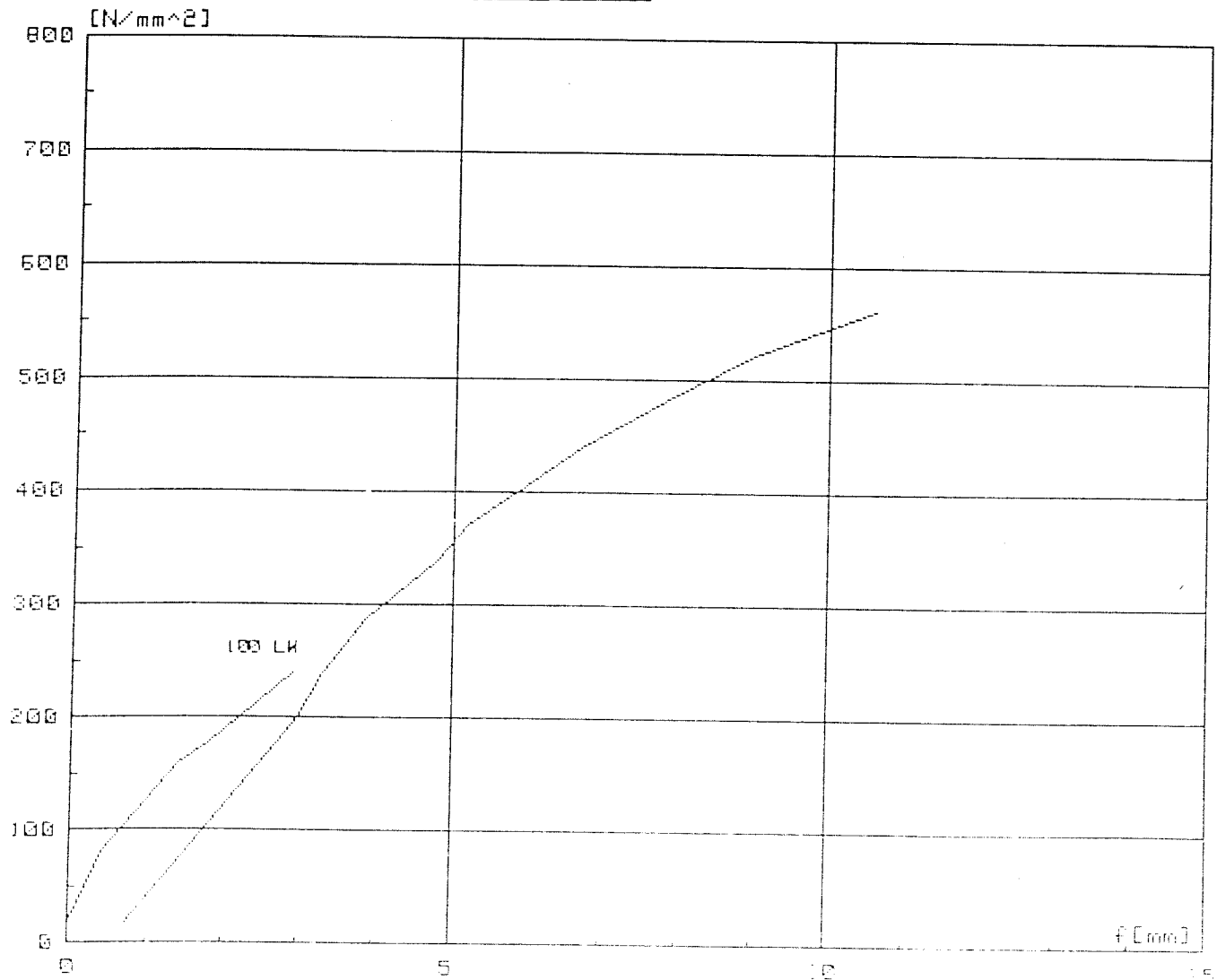
Variante: II/4

Rißbreiten in Achse der Biegezugbewehrung (Werte in mm/100)

	L St	4a	5	6	0*	4a*	5*	6*	7a	8a
	$[N/mm^2]$	177,6	200	240	17,4	177,6	200	240	286	340
Binder- schicht	$\sum w$	39	56	84	16	77	86	98	109	136
	w_m	7,8	11,2	14,0	2,7	12,8	14,3	16,3	18,2	23,0
	w_{min}	4	10	0	0	0	2	2	2	2
	w_{max}	12	14	22	4	20	22	26	32	42
Läufer- schicht	$\sum w$	36	56	84	18	76	86	108	122	164
	w_m	4,0	5,1	7,6	1,6	6,9	7,8	9,0	10,2	13,7
	w_{min}	2	0	0	0	0	0	0	0	2
	w_{max}	6	10	14	4	14	14	18	20	24

* nach 100 Lastwechseln

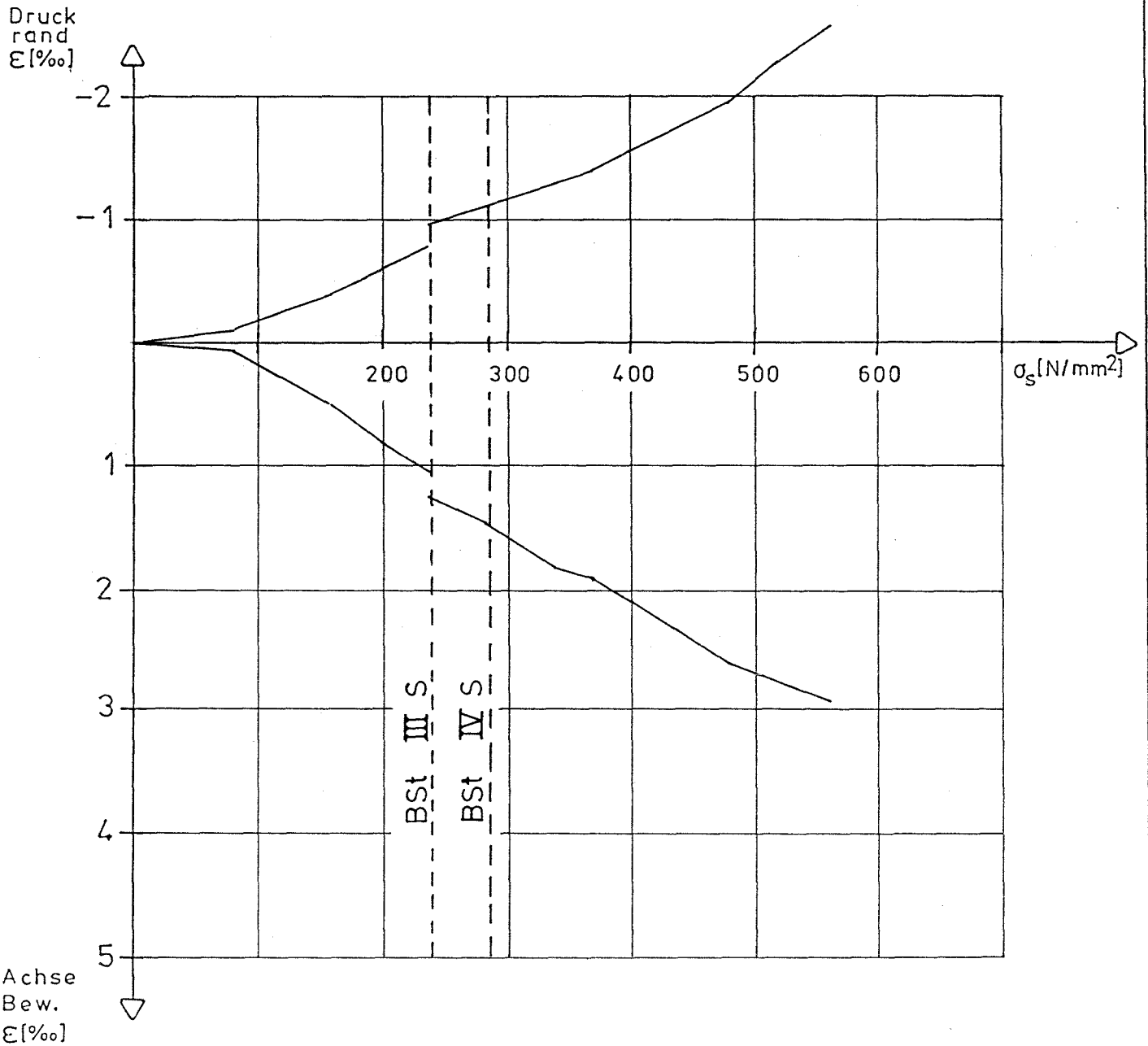
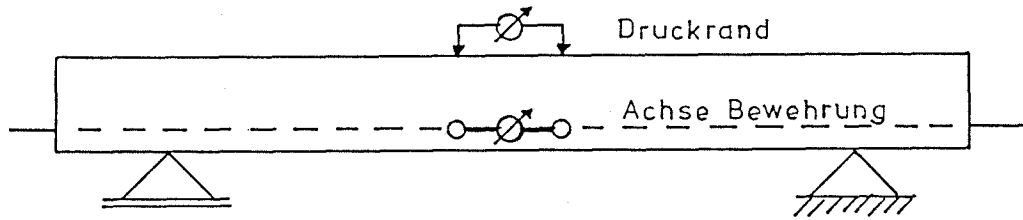
Durchbiegung



Bewehrtes Mauerwerk

Variante: II/4 neu

Dehnungen

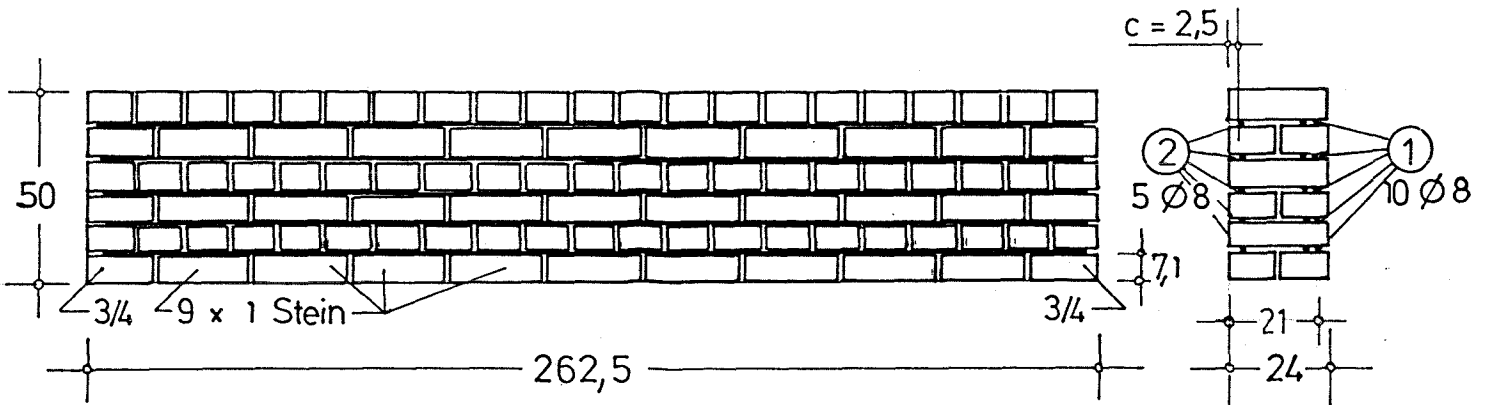


Bewehrtes Mauerwerk, Planwerte

Variante : II/5

Anzahl 1

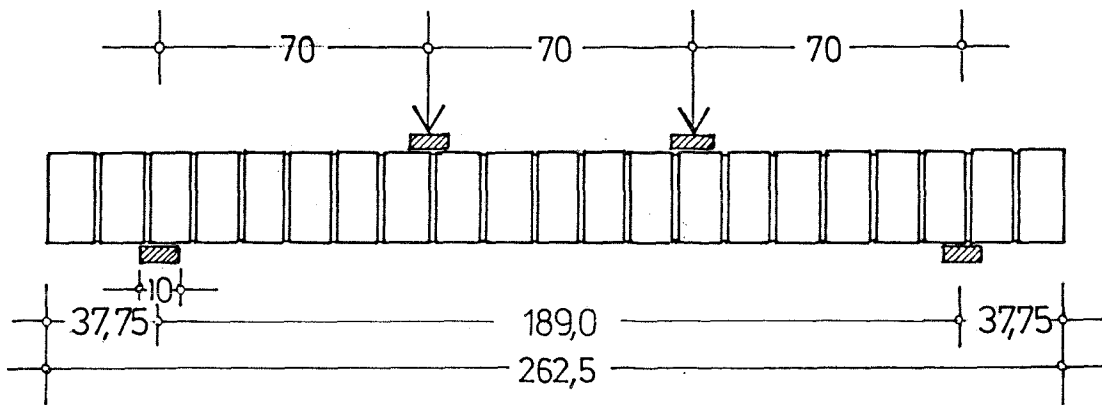
Maße in cm



① 10 Ø 8, verzinkt, Lieferung IBS

② 5 Ø 8, unverzinkt, Lieferung Schätz

l = 260

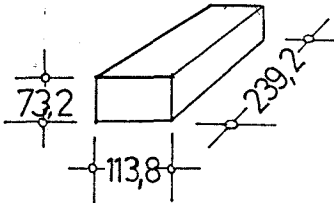


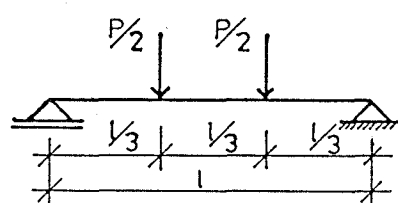
Baustoffe : MZ 60 }
 alternativ KS 60 } Vollsteine, (ohne Lochanteil)

Mörtelgruppe III a

Mauerwerksfestigkeitsklasse M 20

PZ 35F (kg)	PM (kg)	Sand (kg)	Wasser (l)
Werksmörtel Fa. Schätz			

Bewehrtes Mauerwerk		Variante: II/5			
Stein		Mörtel		Bewehrung	
Mz 48 2,0 - NF 		Zusammensetzung Zement / Binder / Sand (PZ 35 F) (PM) (0/4) Werksmörtel		Bezeichnung: BSt 500 S (RTS)	
		Mörtelgruppe (ist)	III a	d_s [mm]	8
		Druckfestigkeit *)		$\bar{\sigma}_s$ [N/mm ²]	560
Rohdichte [kg/dm ³]	1,99	$\beta_{D,mö}$ [N/mm ²]	25,0	$\bar{\sigma}_z$ [N/mm ²]	638
Rohdichteklasse	2,0	Biegezugfestigkeit *)		A ₁₀ [%]	19,1
Druckfestigkeit [N/mm ²]	61,3	$\beta_{BZ,mö}$ [N/mm ²]	4,9	verzinkt	
Steinfestigkeitsklasse	48	*) Zum Zeitpunkt der Versuchsdurchführung			
Lochanteil [%]	-				
Mauerwerksfestigkeit:		$\beta_{MW} = 33,5$			

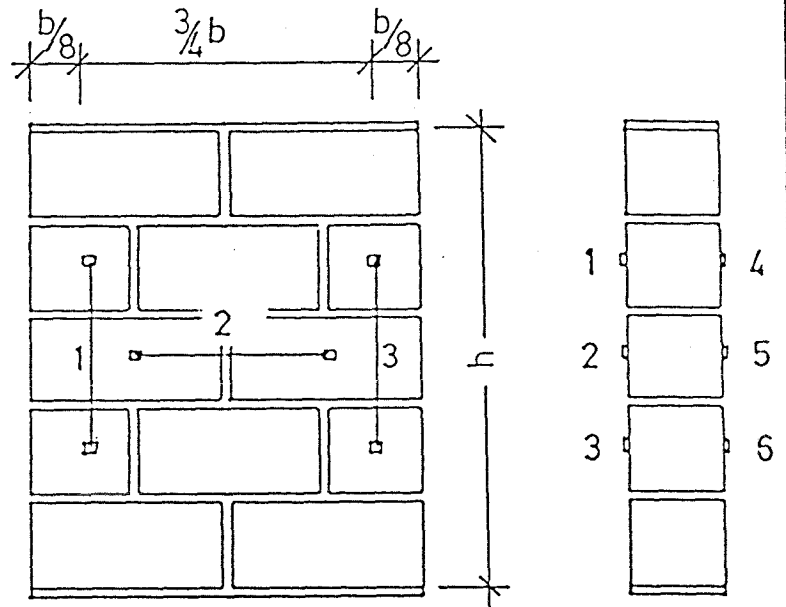
Bemessung (Planwerte)							
Mauerwerksfestigkeitsklasse:	120	Belastungsfolge					
Druck zur Lochrichtung:	quer						
zul. τ_o [N/mm ²]:	0,29	L St	τ [N/mm ²]	$\sigma_{S,L}$ [N/mm ²]	L St	τ [N/mm ²]	$\sigma_{S,L}$ [N/mm ²]
vorh. A_s [mm ²]:	502,7	0	0,018	11,1	9A	0,590	370
$\sigma_{S,L}$ [N/mm ²]:	182,0	2	0,128	80	10	0,638	400
<u>Istwerte</u> :		4	0,255	160	11	0,702	440
MW (N/mm ²):	28	4A	0,290	182	12	0,766	480
h (mm):	207	5	0,319	200	13	0,830	520
h _D (mm):	38	6	0,383	240	14	0,894	560
b (mm):	500	100	LW		15	0,957	600
a (mm):	630	0	0,018	11,1			
<u>Bruchzustand</u>		4A	0,290	182			
M_u (kNm):	63,3	5	0,319	200			
Q_u [kN]:	100,5	6	0,383	240			
τ_{ug} [N/mm ²]:	1,075	7A	0,456	286			
<u>Bruchursache</u> :	Biegebruch	8A	0,543	340			

Bewehrtes Mauerwerk

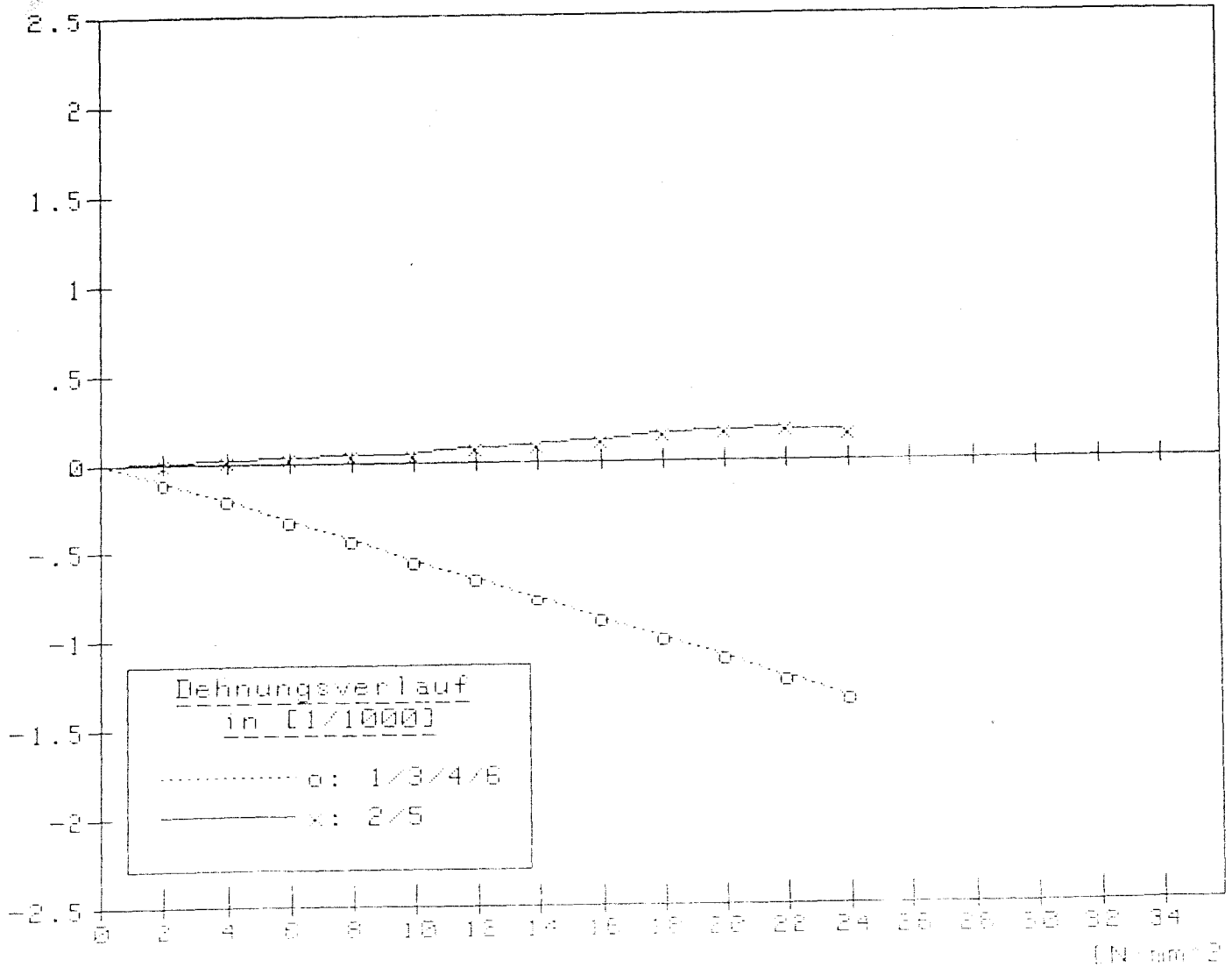
Variante: II/5, MK 1

Mauerwerksfestigkeit
(Bruchzustand)

$\beta_{D,mw} = 26,3 \text{ N/mm}^2$



Meßlänge $l_0 = 250 \text{ mm}$

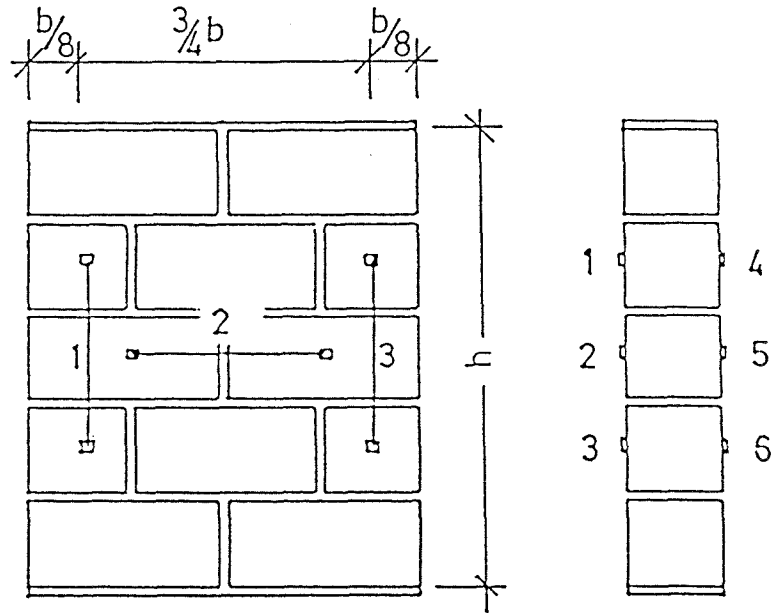


Bewehrtes Mauerwerk

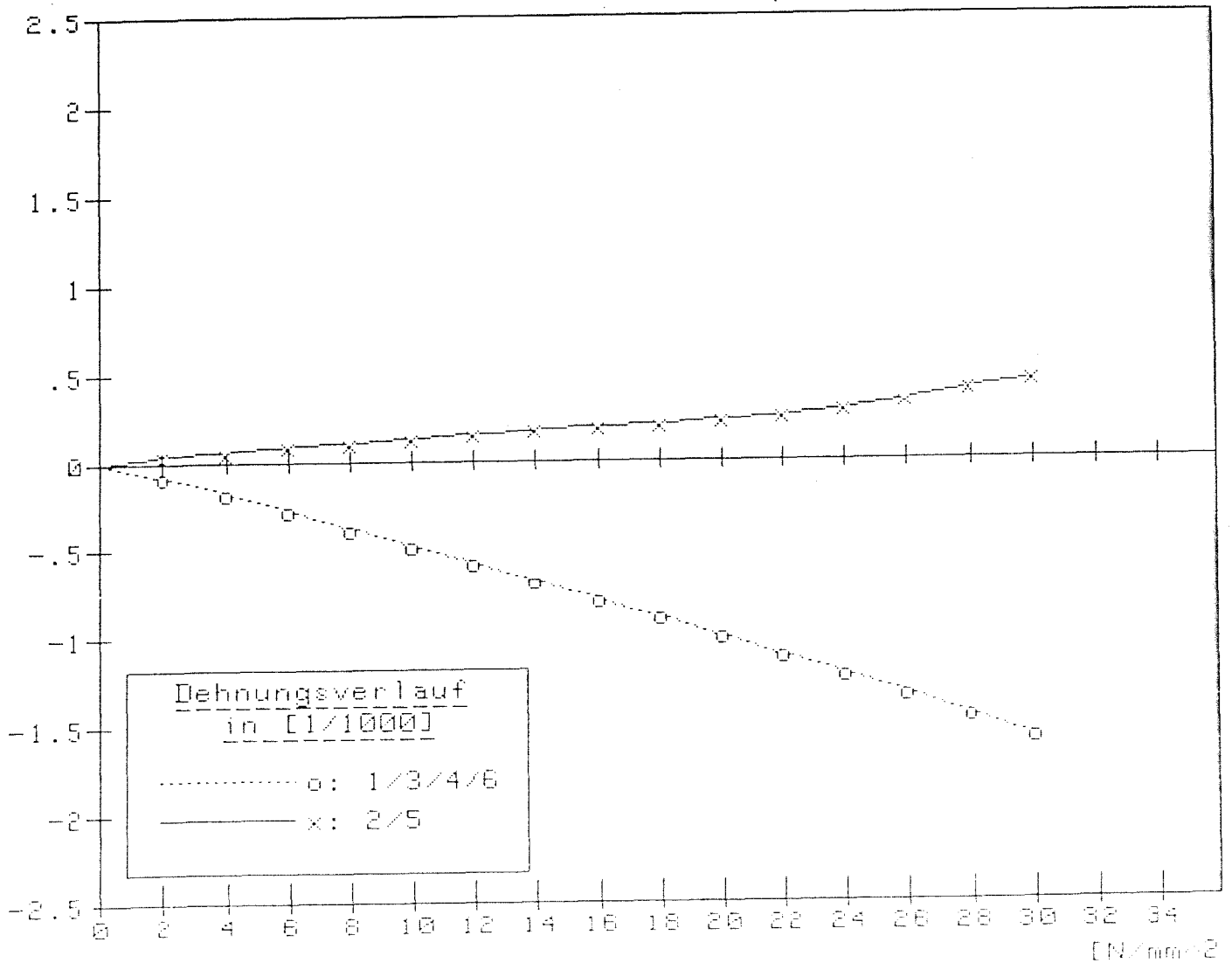
Variante: II/5, MK 2

Mauerwerksfestigkeit
(Bruchzustand)

$$\beta_{D,mw} = 40,3 \text{ N/mm}^2$$



Meßlänge $l_0 = 250 \text{ mm}$



Bewehrtes Mauerwerk

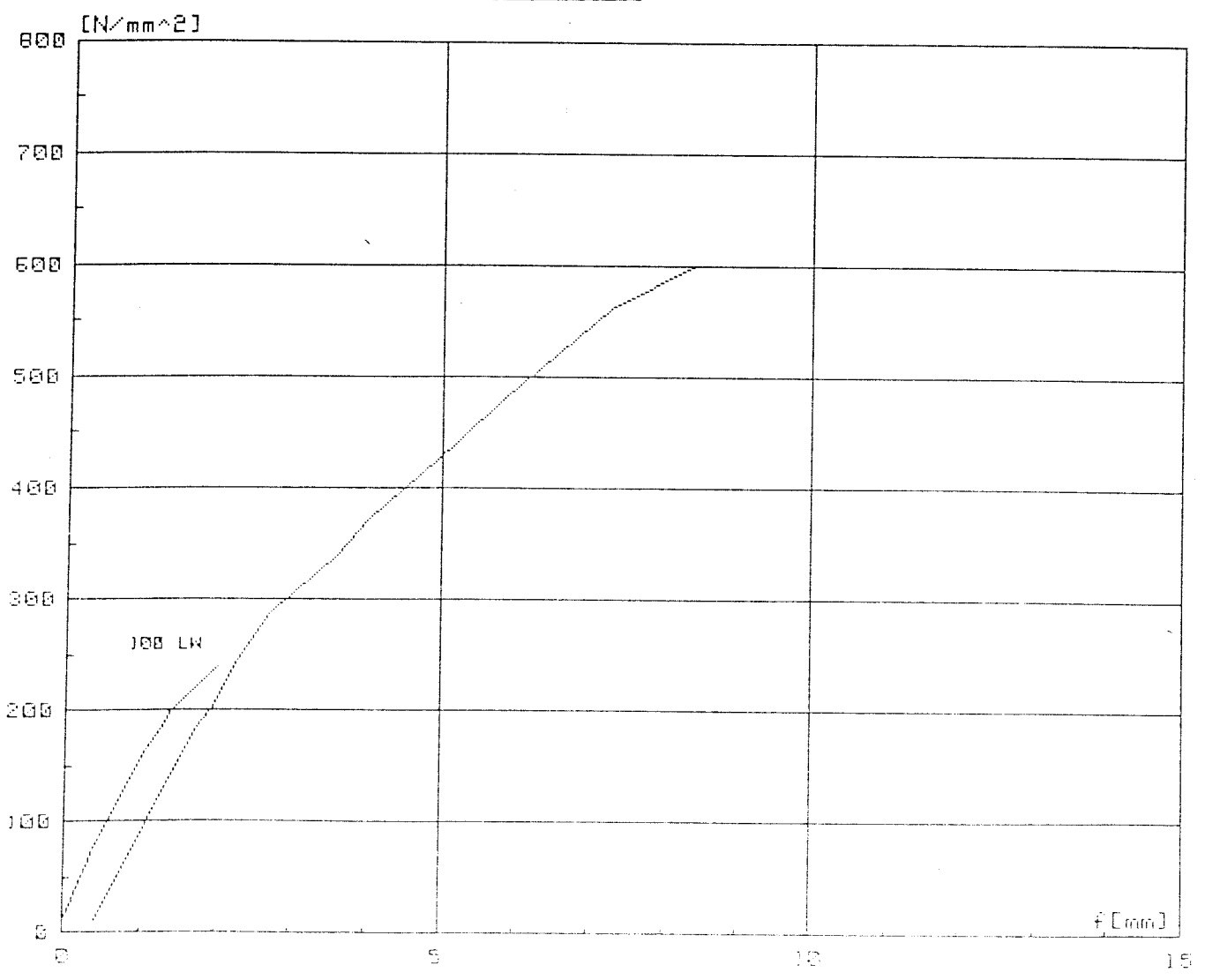
Variante: II/5

Rißbreiten in Achse der Biegezugbewehrung (Werte in mm/100)

	L St	4a	5	6	0*	4a*	5*	6*	7a	8a
	σ_{St} [N/mm ²]	182	200	240	11,1	182	200	240	286	340
Bänder- schicht	$\sum w$	18	36	51	10	44	50	56	64	90
	w_m	3,6	6,0	8,5	1,7	7,3	8,3	9,3	10,7	15,0
	w_{min}	0	2	2	0	2	2	2	2	4
	w_{max}	5	10	15	4	10	12	14	14	20
Läufer- schicht	$\sum w$	12	16	30	0	30	40	50	68	88
	w_m	1,7	2,3	3,8	0	3,8	4,4	5,0	5,7	7,3
	w_{min}	0	2	2	0	2	0	0	0	0
	w_{max}	2	4	6	0	8	8	10	12	12

*nach 100 Lastwechseln

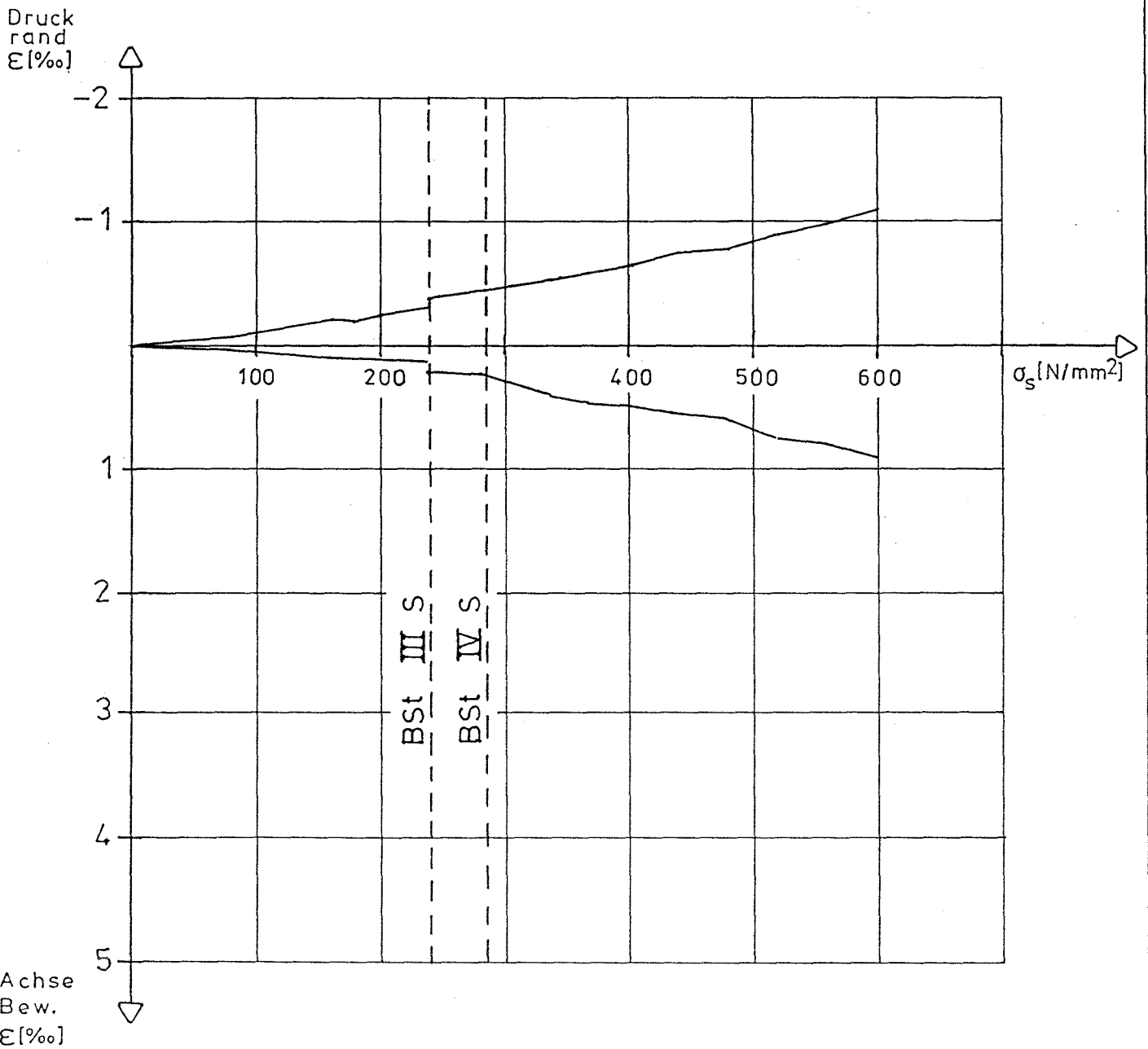
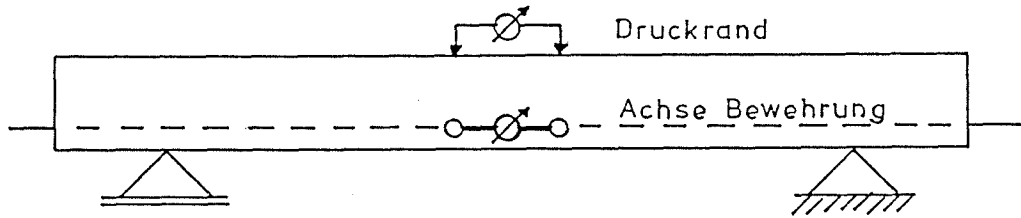
Durchbiegung



Bewehrtes Mauerwerk

Variante: II/5

Dehnungen

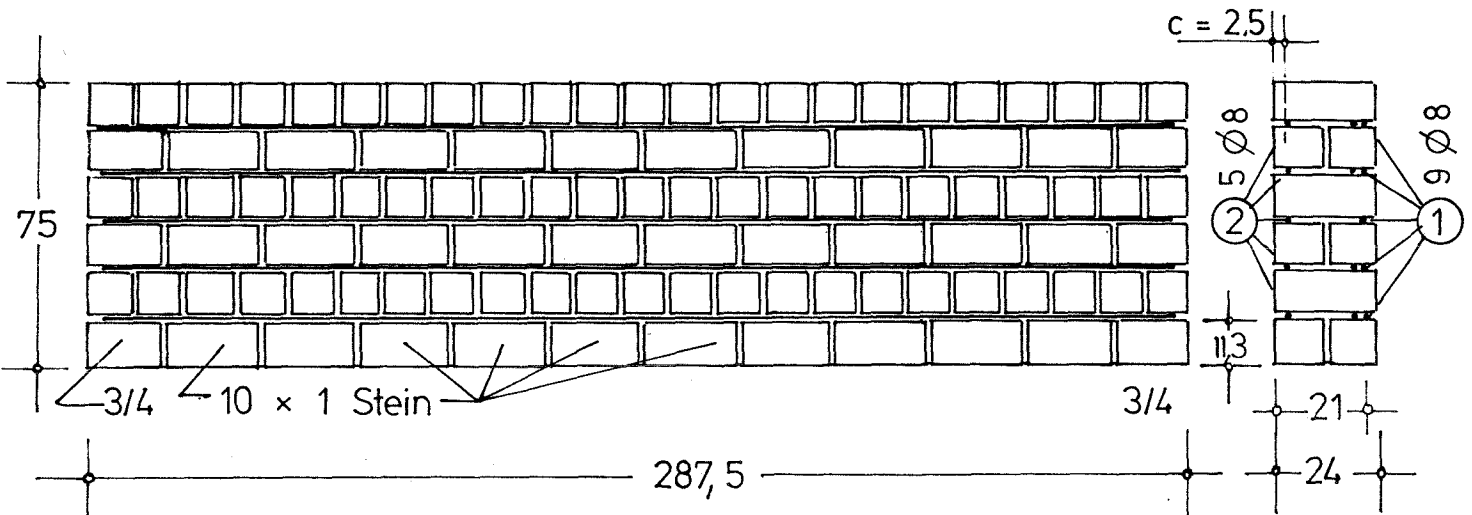


Bewehrtes Mauerwerk, Planwerte

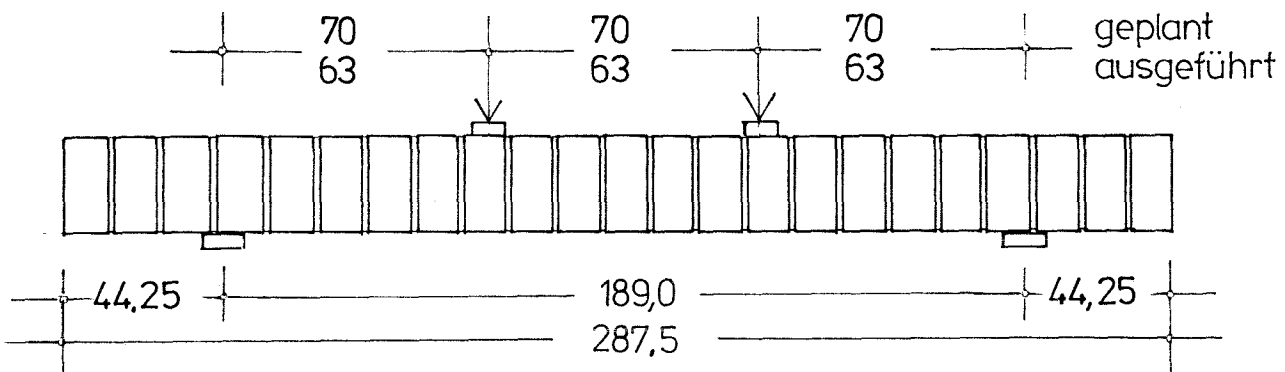
Variante : II/6.1

Anzahl : 2

Maße in cm



- ① 9 Ø8 - l = 285, verzinkt, Lieferung IBS
- ② 5 Ø8 - l = 285, unverzinkt, Lieferung Fa. Schätz



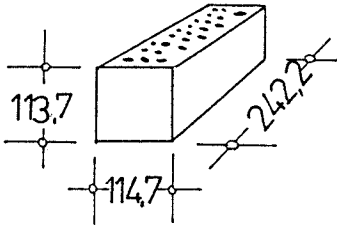
Baustoffe

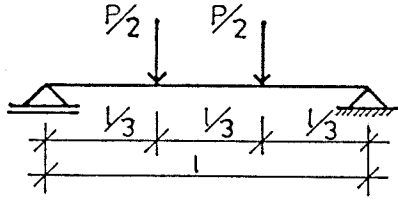
HLZ 28 - 2 DF (240 x 115 x 113 mm)

Mörtelgruppe III

Mauerwerksfestigkeitsklasse M 9

PZ35F (kg)	PM (kg)	Sand (kg)	Wasser (l)
4,5	8,8	36,7	~7,0

Bewehrtes Mauerwerk		Variante: II/6.1	
Stein		Mörtel	
Mz 48 - 1,8 - 2 DF 		Zusammensetzung Zement / Binder / Sand (PZ 35 F) (PM) / (0/4) 1 : 2 : 7	
		Bezeichnung: BSt 500 S (RTS)	
		Mörtelgruppe (ist)	IIIa
		Druckfestigkeit *) $\beta_{D,mö}$ [N/mm ²]	20,1
Rohdichte [kg/dm ³]	1,77		d_s [mm] 8
Rohdichteklasse	1,8		β_s [N/mm ²] 560
Druckfestigkeit [N/mm ²]	73,5	Biegezugfestigkeit *) $\beta_{BZ,mö}$ [N/mm ²]	3,38
Steinfestigkeitsklasse	48	*) Zum Zeitpunkt der Versuchsdurchführung	
Lochanteil [%]	11,2		
Mauerwerksfestigkeit:		$\beta_{MW} = 20,5$ (N/mm ²)	

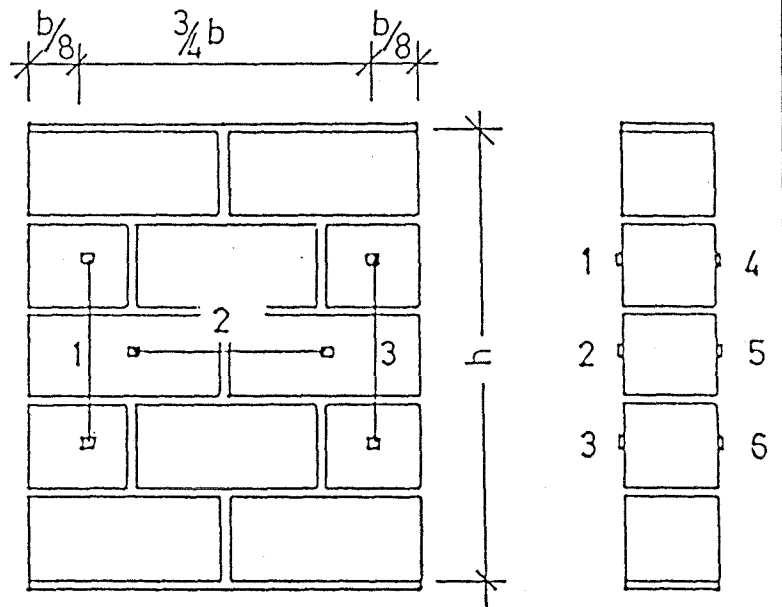
<u>Bemessung (Planwerte)</u>							
Mauerwerksfestigkeitsklasse:	M 9	Belastungsfolge					
Druck zur Lochrichtung:	quer						
zul. τ_0 [N/mm ²]:	0,17	L St	τ [N/mm ²]	$\sigma_{S,L}$ [N/mm ²]	L St	τ [N/mm ²]	$\sigma_{S,L}$ [N/mm ²]
vorh. A_s [mm ²]:	452,4	0	0,016	16,4	9A	0,354	370
$\sigma_{S,L}$ [N/mm ²]:	177	2	0,077	80	10	0,383	400
<u>Istwerte</u> :	MW (N/mm ²): 17	4	0,153	160	11	0,421	440
h (mm) :	208	4A	0,17	177	12	0,460	480
h_D (mm) :	45	5	0,191	200	13	0,498	520
b (mm) :	750	6	0,230	240	14	0,536	560
a (mm) :	630	100	LW		15	0,574	600
<u>Bruchzustand</u>		0	0,016	16,4	16	0,613	640
M_u (kNm) :	58,1	4	0,153	160			
Q_u [kN]:	92,2	5	0,191	200			
$\tau_{ü,g}$ [N/mm ²]:	0,665	6	0,230	240			
<u>Bruchursache</u> :	Biegebruch	7A	0,274	286			
		8A	0,326	340			

Bewehrtes Mauerwerk

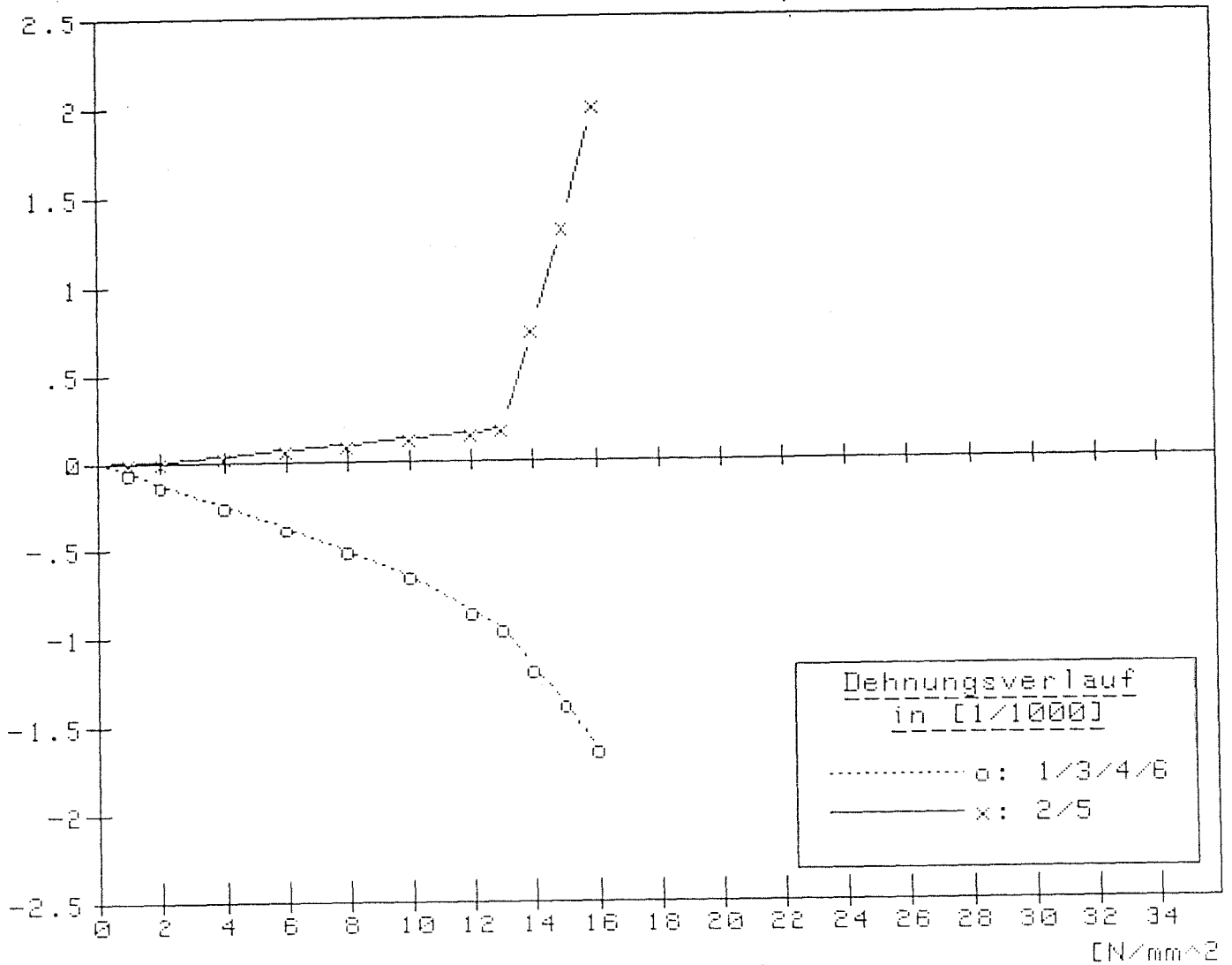
Variante: II/6, MK 1

Mauerwerksfestigkeit
(Bruchzustand)

$\beta_{D,mw} = 18,5 \text{ N/mm}^2$



Meßlänge $l_0 = 250 \text{ mm}$

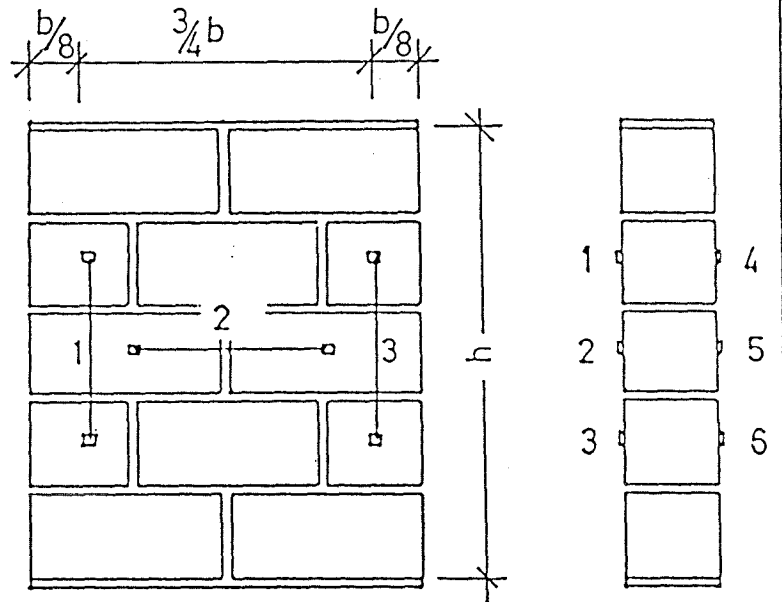


Bewehrtes Mauerwerk

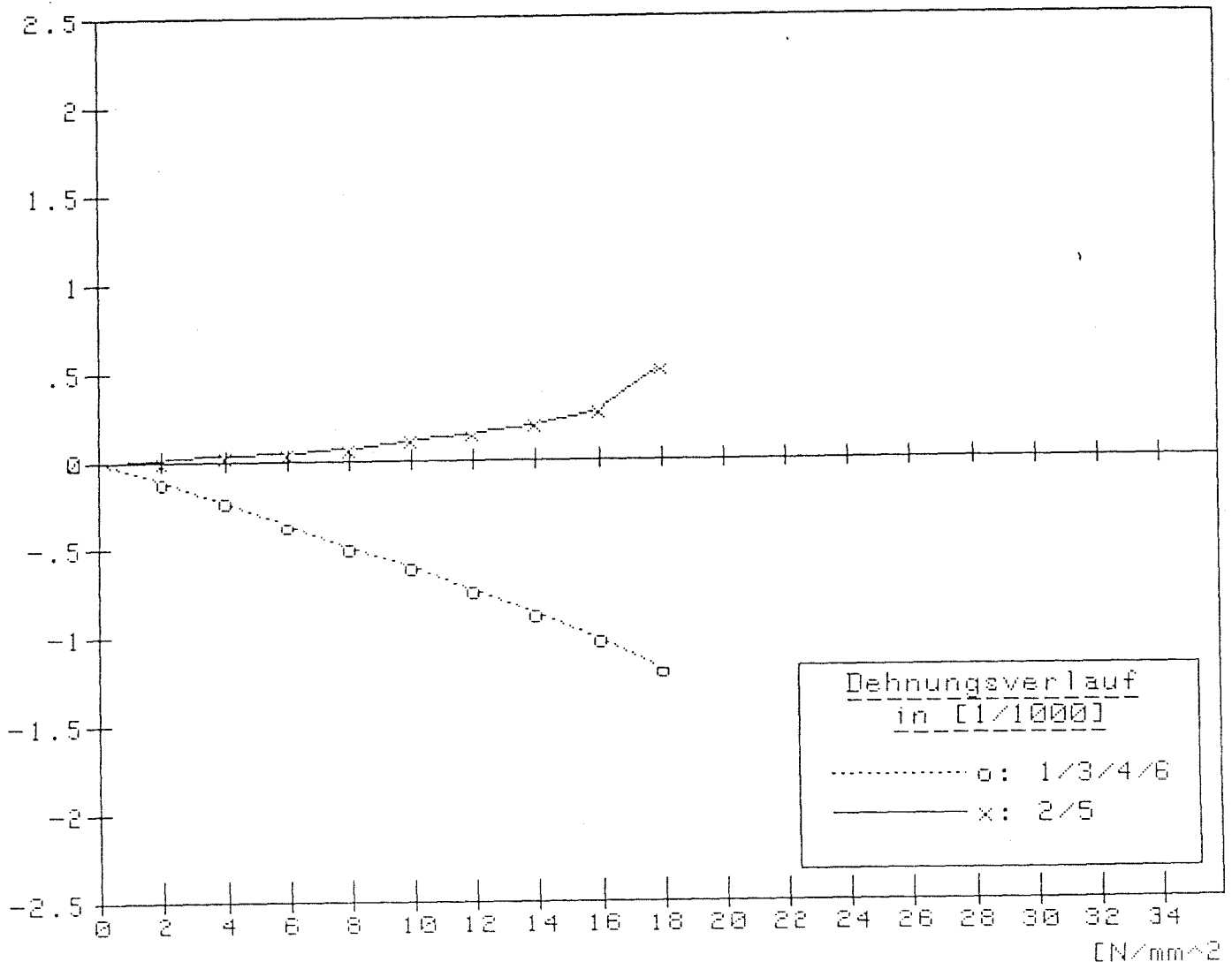
Variante: II/6, MK 2

Mauerwerksfestigkeit
(Bruchzustand)

$$\beta_{D,mw} = 22,5 \text{ N/mm}^2$$



Meßlänge $l_0 = 250 \text{ mm}$



Bewehrtes Mauerwerk

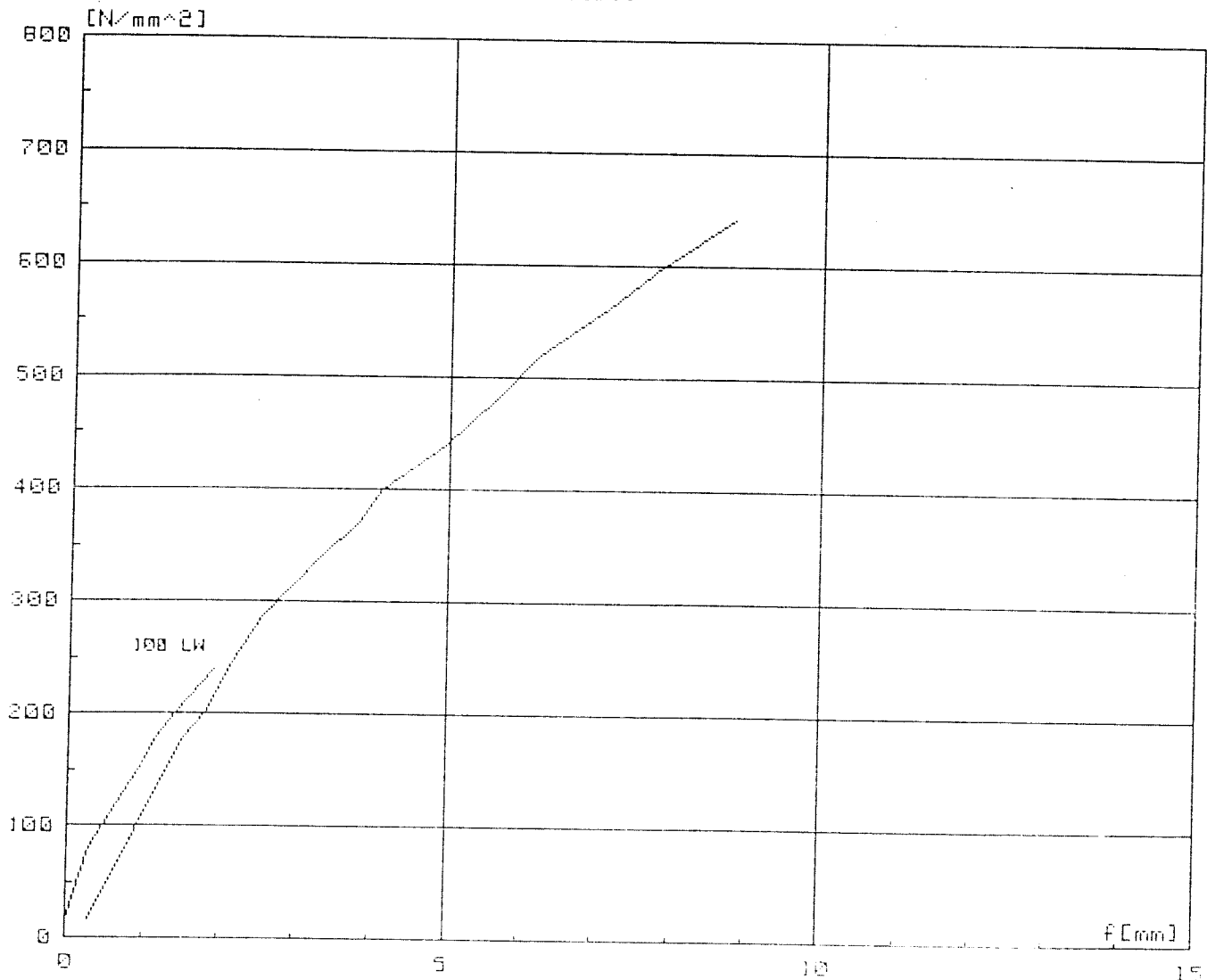
Variante: II/6

Rißbreiten in Achse der Biegezugbewehrung (Werte in mm/100)

	L St	4	4a	5	6	0*	4a*	5*	6*	7a	8a
	σ_{St}^{0st} [N/mm ²]	160	177	200	240	16,4	177	200	240	286	340
Binder- schicht	$\sum w$	12	18	26	38	0	44	48	54	62	82
	w_m	2,4	3,6	5,2	7,6	0	8,8	9,6	10,8	12,4	11,7
	w_{min}	2	2	4	4	0	6	8	8	10	0
	w_{max}	4	4	6	10	0	10	12	12	14	20
Läufer- schicht	$\sum w$	12	18	26	36	2	32	48	62	76	98
	w_m	1,3	2,0	2,9	3,3	0,2	2,9	4,4	5,6	6,9	8,9
	w_{min}	0	0	0	0	0	0	0	2	2	2
	w_{max}	2	4	4	6	2	6	8	10	12	16

* nach 100 Lastwechseln

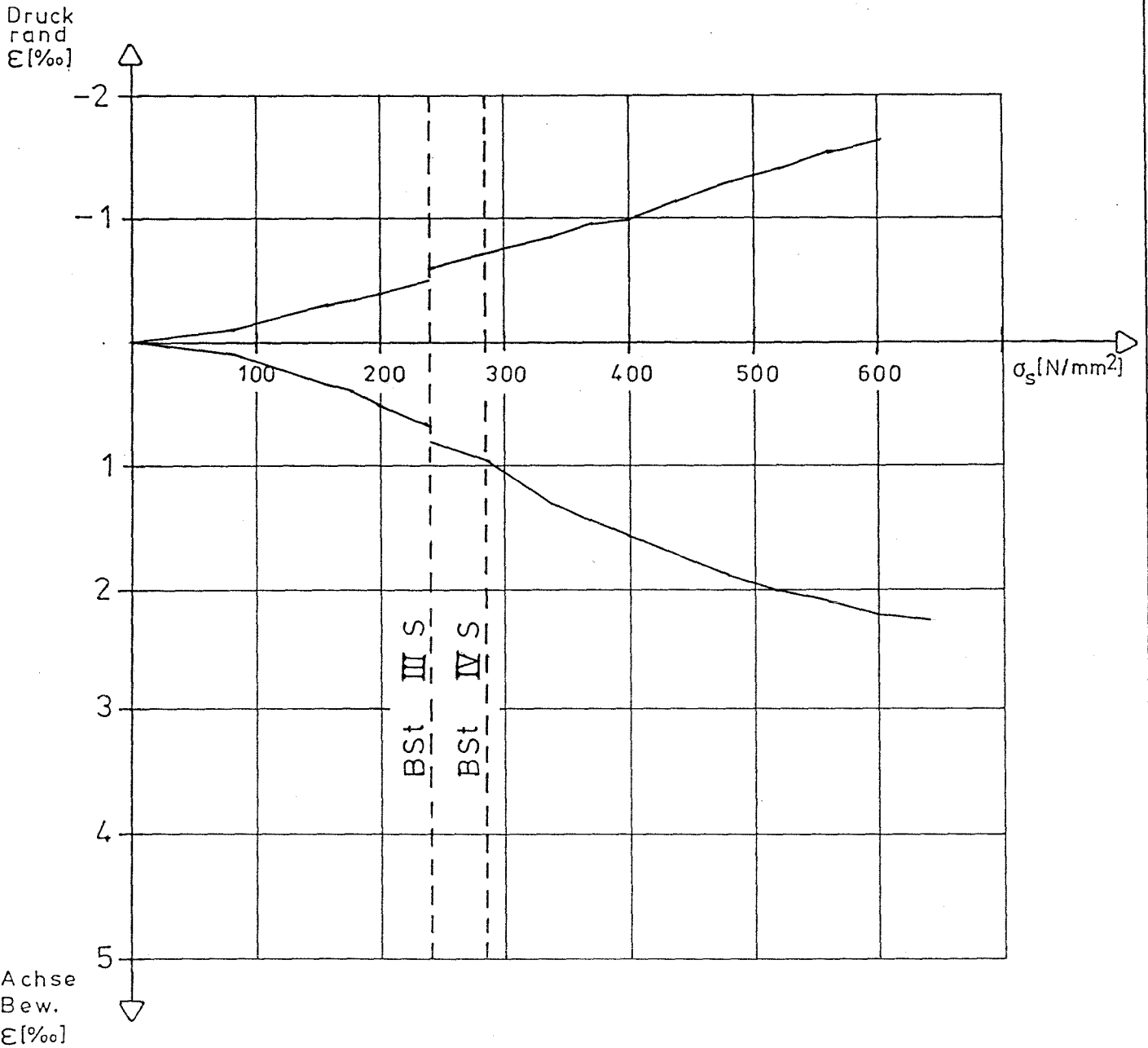
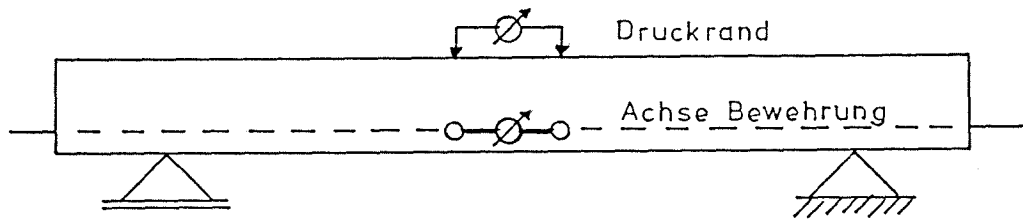
Durchbiegung



Bewehrtes Mauerwerk

Variante: II/6

Dehnungen

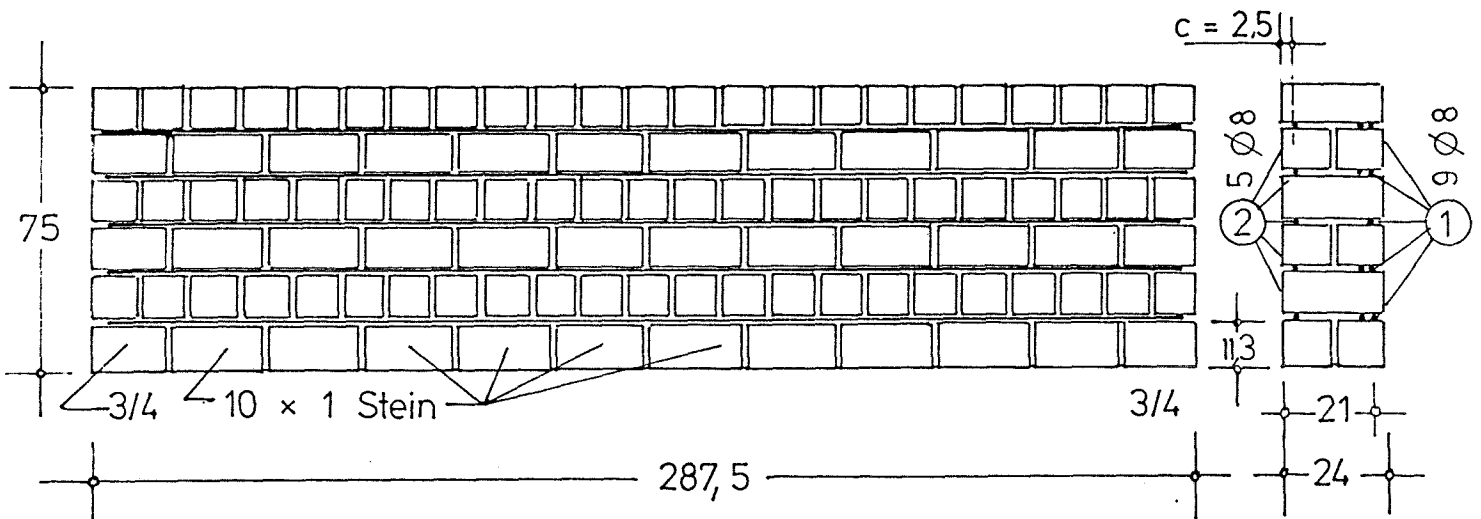


Bewehrtes Mauerwerk, Planwerte

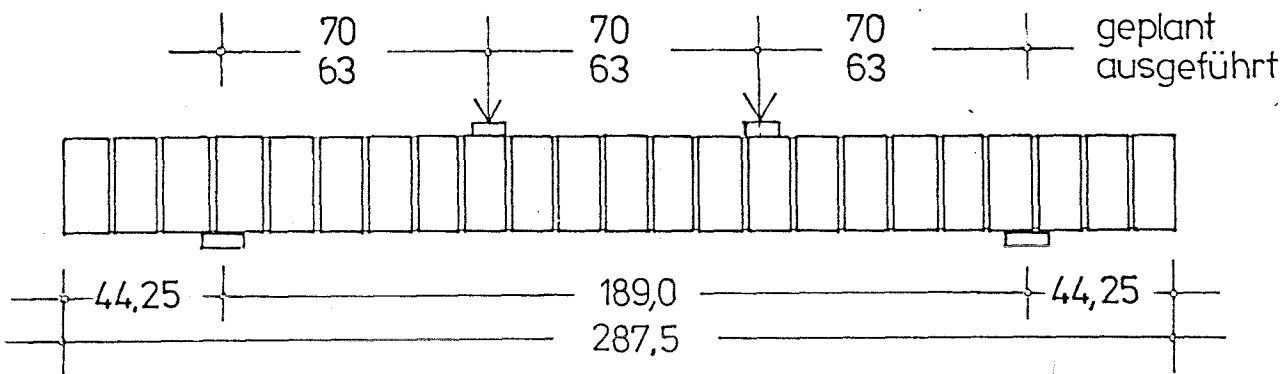
Variante : II/6.2

Anzahl : 2

Maße in cm



- ① 9 \varnothing 8 - l = 285, verzinkt, Lieferung IBS
- ② 5 \varnothing 8 - l = 285, unverzinkt, Lieferung Fa. Schätz



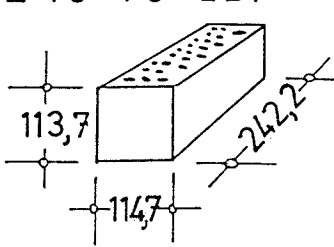
Baustoffe

HLZ 28 - 2 DF (240 x 115 x 113 mm)

Mörtelgruppe III

Mauerwerksfestigkeitsklasse M 9

PZ35F (kg)	PM (kg)	Sand (kg)	Wasser (l)
4,5	8,8	36,7	~7,0

Bewehrtes Mauerwerk		Variante: II/6.2	
Stein		Mörtel	
MZ 48-18-2DF 		Zusammensetzung Zement / Binder / Sand (PZ 35 F) (PM) (0/4) 1 : 2 : 7	
		Bezeichnung: BSt 500 S (RTS)	
		Mörtelgruppe (ist) III	d_s [mm] 8
		Druckfestigkeit *) $\beta_{D,mö}$ [N/mm ²] 26,6	β_s [N/mm ²] 560
Rohdichte [kg/dm ³] 1,77		Biegezugfestigkeit *) $\beta_{BZ,mö}$ [N/mm ²] 4,33	β_z [N/mm ²] 638
Rohdichteklasse 1,8			A_{10} [%] 19,1
Druckfestigkeit [N/mm ²] 73,5		*) Zum Zeitpunkt der Versuchsdurchführung verzinkt	
Steinfestigkeitsklasse 48			
Lochanteil [%] 11,2			
Mauerwerksfestigkeit: $\beta_{MW} = 20,5$ (N/mm ²)			

Bemessung (Planwerte)

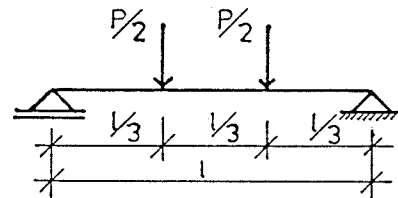
Mauerwerksfestigkeitsklasse: M 9
Druck zur Lochrichtung: quer

zul. τ_o [N/mm²]: 0,17
vorh. A_s [mm²]: 452,4
 $\sigma_{S,L}$ [N/mm²]: 177
Istwerte : MW (N/mm²): M 17
h (mm): 210
h_D (mm): 36
b (mm): 750
a (mm): 630

Bruchzustand

M_u (kNm): 57,6
 Q_u [kN]: 91,4
 τ_{ug} [N/mm²]: 0,654

Bruchursache: Biegebruch



Belastungsfolge

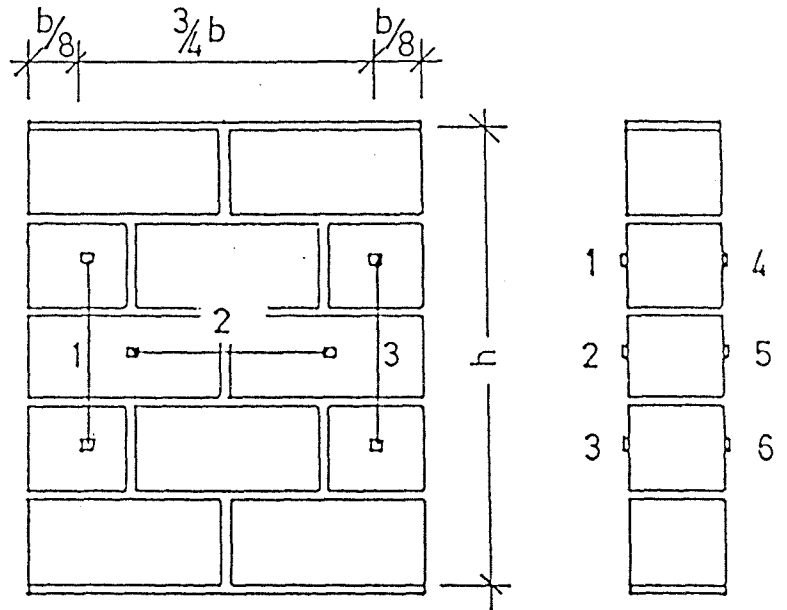
L St	τ [N/mm ²]	$\sigma_{S,L}$ [N/mm ²]	L St	τ [N/mm ²]	$\sigma_{S,L}$ [N/mm ²]
0	0,016	16,4	9A	0,354	370
2	0,077	80	10	0,383	400
4	0,153	160	11	0,421	440
4A	0,170	177	12	0,460	480
5	0,191	200	13	0,498	520
6	0,230	240	14	0,536	560
100 LW			15	0,574	600
0	0,016	16,4	16	0,613	640
4	0,153	160			
5	0,191	200			
6	0,230	240			
7A	0,274	286			
8A	0,326	340			

Bewehrtes Mauerwerk

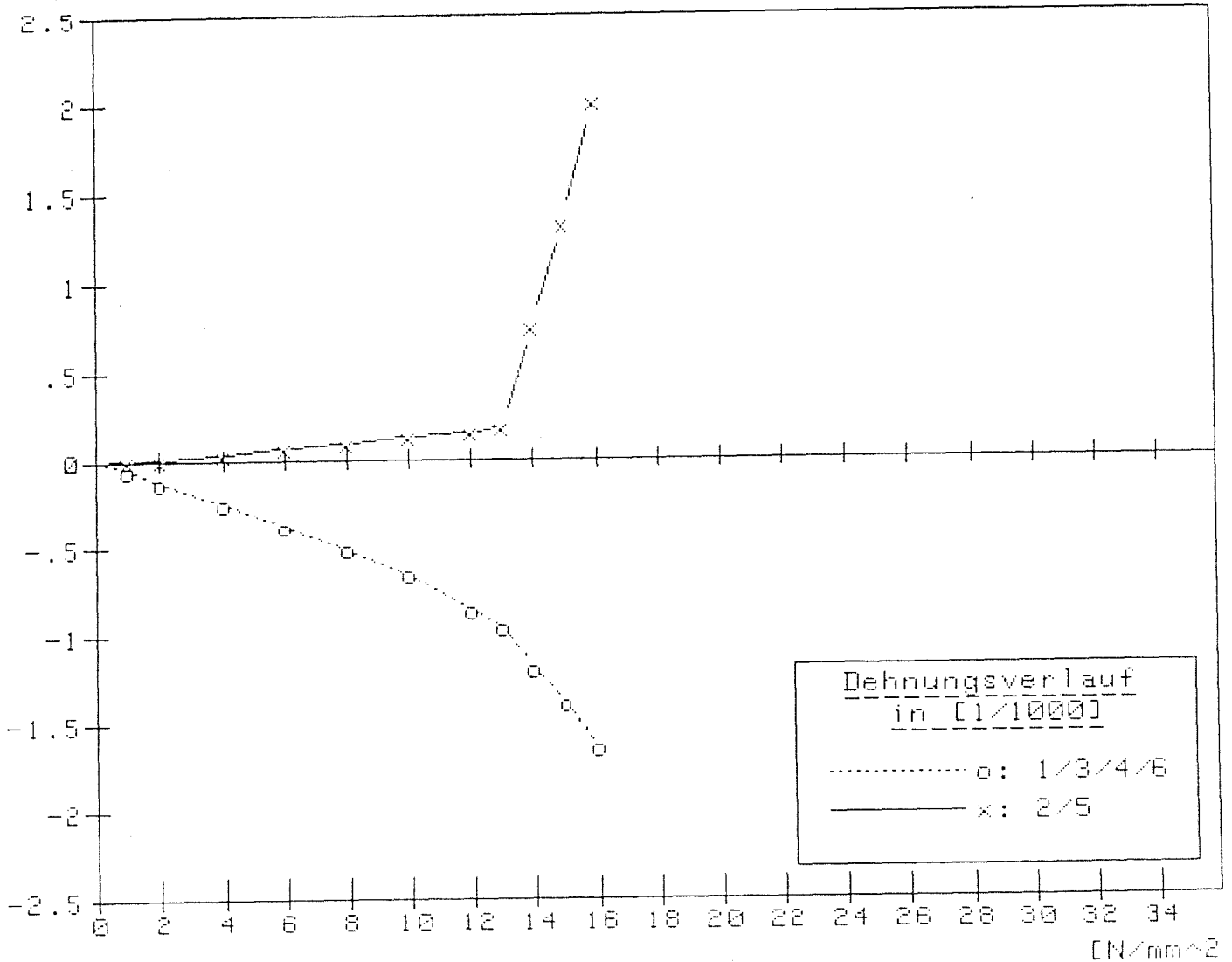
Variante: II/6, MK 1

Mauerwerksfestigkeit
(Bruchzustand)

$\beta_{D,mw} = 18,5 \text{ N/mm}^2$



Meßlänge $l_0 = 250 \text{ mm}$

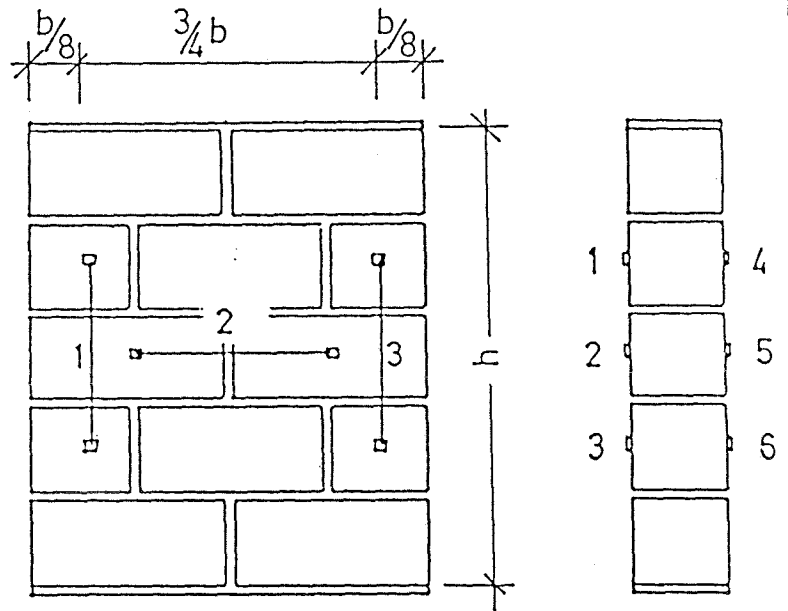


Bewehrtes Mauerwerk

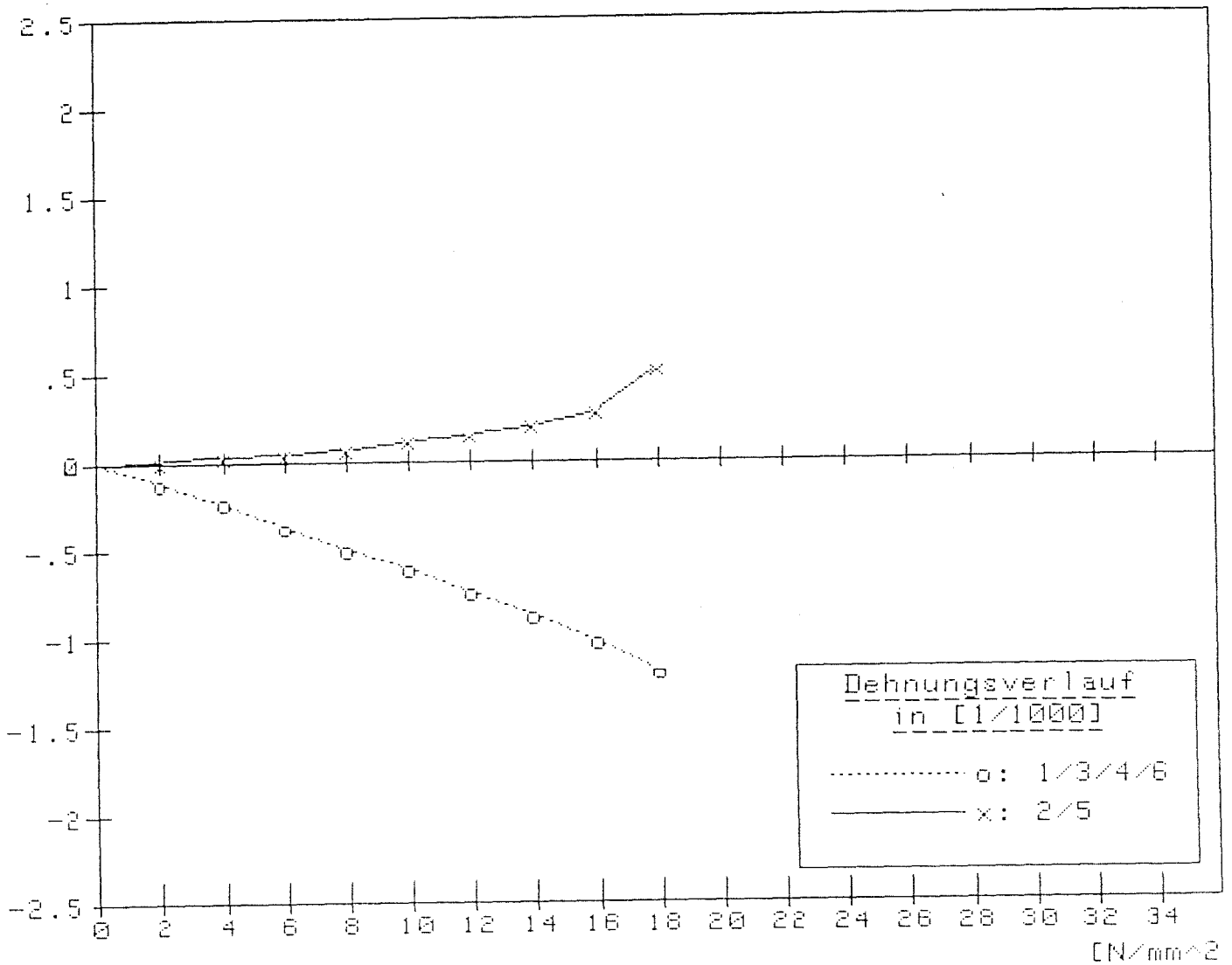
Variante: II/6, MK 2

Mauerwerksfestigkeit
(Bruchzustand)

$\beta_{D,mw} = 22,5 \text{ N/mm}^2$



Meßlänge $l_0 = 250 \text{ mm}$



Bewehrtes Mauerwerk

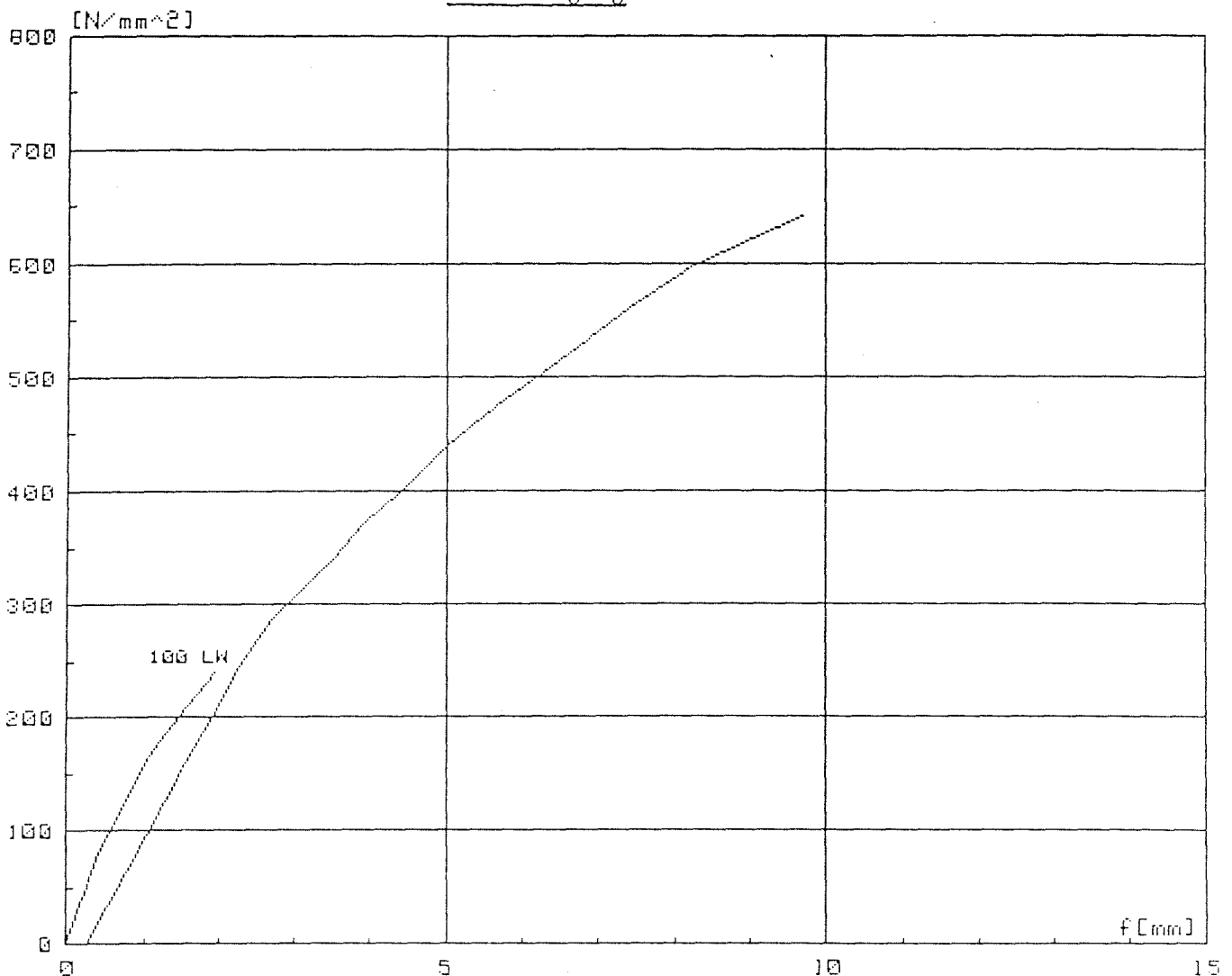
Variante II/6-2

Rißbreiten in Achse der Biegezugbewehrung (Werte in mm/100)

	L St	4a	5	6	0*	4a*	5*	6*	7a	8a
	[N/mm ²]	177	200	240	16,4	177	200	240	286	340
Binder- schicht	Σw	26	40	64	8	50	70	80	92	120
	w _m	2,6	4,0	6,4	0,8	5,0	7,0	8,0	9,2	10,9
	w _{min}	0	2	2	0	2	2	2	2	2
	w _{max}	4	8	10	2	8	10	14	14	18
Läufer- schicht	Σw	26	46	64	16	54	74	88	92	108
	w _m	5,2	7,7	9,1	2,3	7,7	10,6	12,6	13,1	15,4
	w _{min}	4	2	2	0	2	2	2	2	4
	w _{max}	6	10	12	4	10	14	18	18	22

* nach 100 Lastwechseln

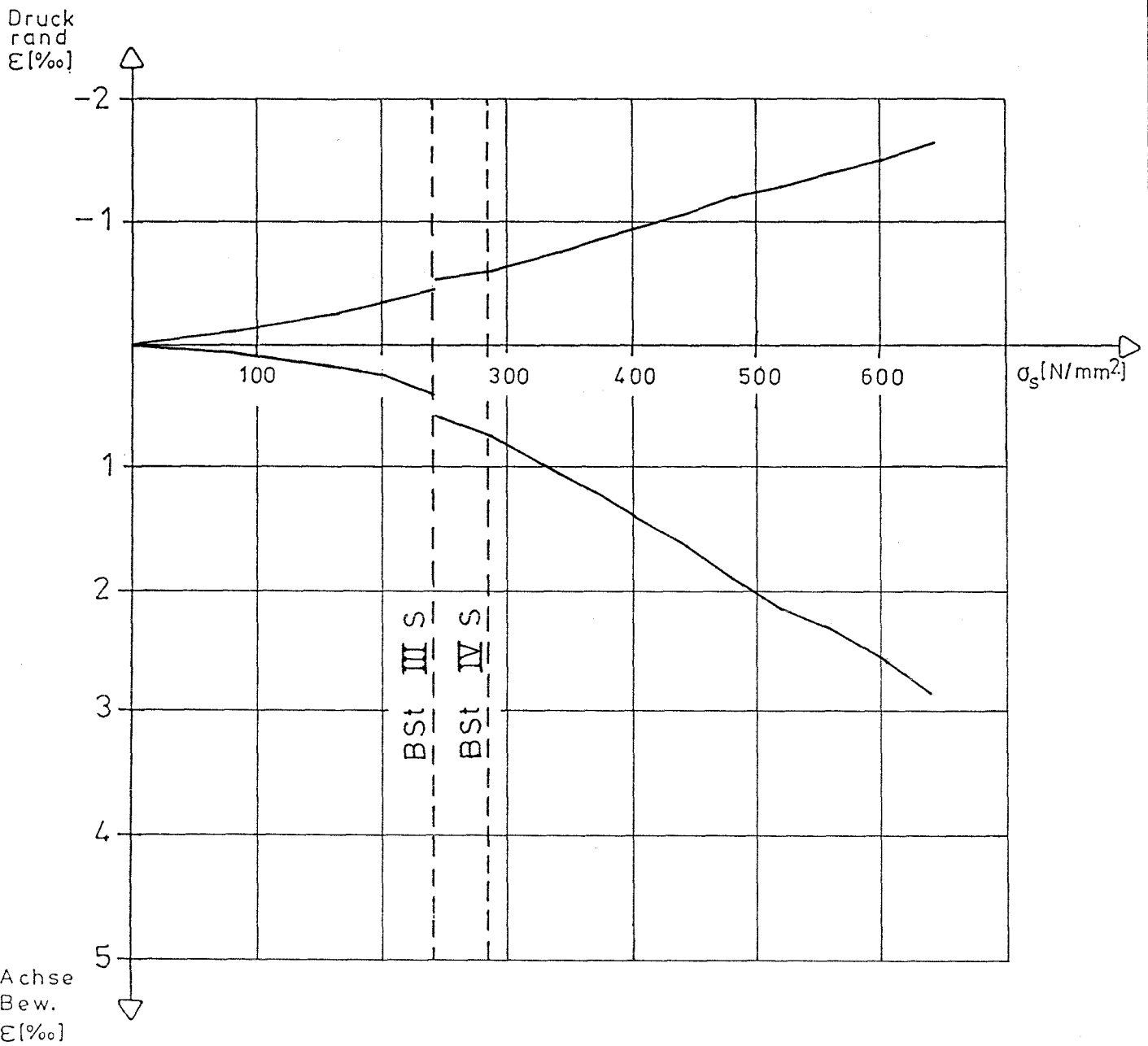
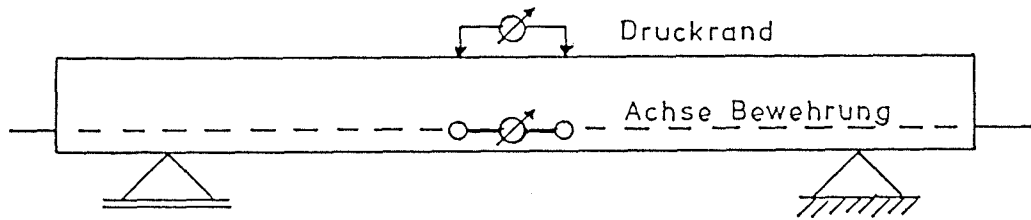
Durchbiegung



Bewehrtes Mauerwerk

Variante: II/6.2

Dehnungen

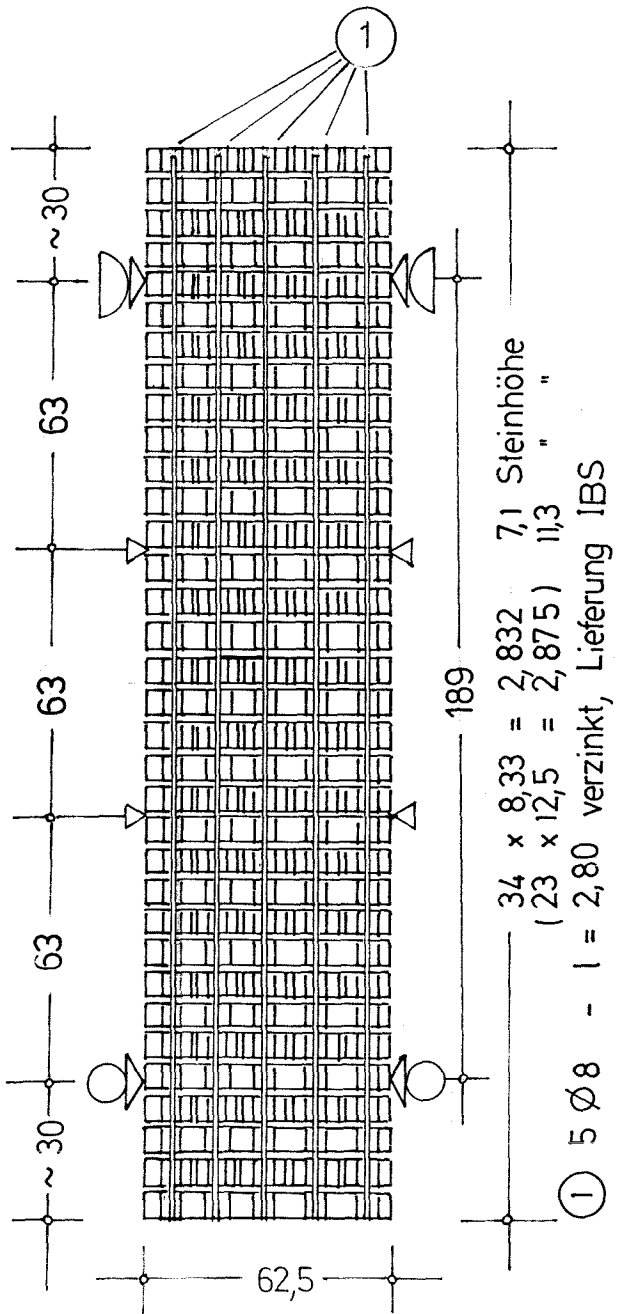


Bewehrtes Mauerwerk

Variante : II/7

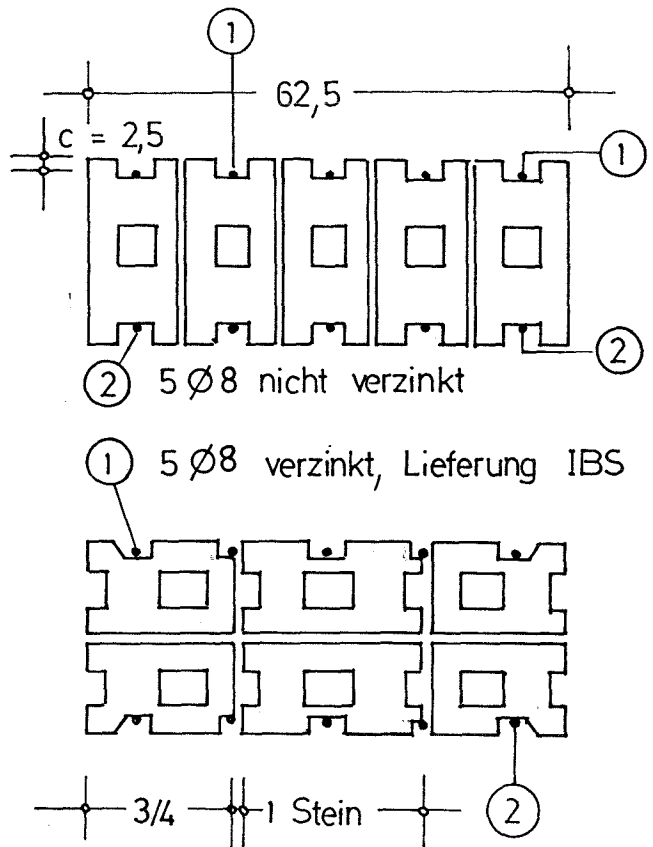
Anzahl : 1

Planwerte
Maße in cm



① 5 Ø8 - l = 2,80 verzinkt, Lieferung IBS

② 5 Ø8 - l = 2,80 unverzinkt, Lieferung Fa. Schätz



② 5 Ø8 nicht verzinkt

① 5 Ø8 verzinkt, Lieferung IBS

3/4 - 1 Stein - ②

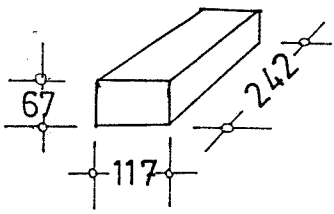
Baustoffe :

PRETON Formstein HLZ 12

Mörtelgruppe II a

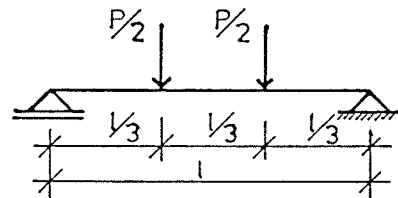
Mauerwerksfestigkeit M 5

PZ 45 F (kg)	PM (kg)	Sand (kg)	Wasser (l)
3,3	6,7	40	~ 7,0

Bewehrtes Mauerwerk		Variante: II/7	
Stein		Mörtel	
HLz 12 - 14 - NF 		Zusammensetzung Zement / Binder / Sand (PZ 35 F) (PM) / (0/4) 1 : 2 : 10	
		Bezeichnung: BSt 500 S (RTS)	
		Mörtelgruppe (ist)	III a
		d_s [mm]	8
		Druckfestigkeit *) $\beta_{D,mö}$ [N/mm ²]	20,2
Rohdichte [kg/dm ³]	1,28	β_s [N/mm ²]	560
Rohdichteklasse	1,4	β_z [N/mm ²]	638
Druckfestigkeit [N/mm ²]	18,4	$\beta_{BZ,mö}$ [N/mm ²]	4,9
Steinfestigkeitsklasse	12	*) Zum Zeitpunkt der Versuchsdurchführung	
Lochanteil [%]	30,9		
Mauerwerksfestigkeit:		$\beta_{MW} = 20,0$ (N/mm ²)	

Bemessung (Planwerte)

Mauerwerksfestigkeitsklasse: M 5
 Druck zur Lochrichtung: quer



Belastungsfolge

zul. τ_0 [N/mm²]: 0,11
 vorh. A_s [mm²]: 251,3
 $\sigma_{S,L}$ [N/mm²]: 172,2
Istwerte : MW(N/mm²): 17
 h (mm) : 224
 h_D (mm) : 38
 b (mm) : 625
 a (mm) : 630
Bruchzustand
 M_u (kNm) : 34,6
 Q_u [kN]: 54,9
 τ_{uq} [N/mm²]: 0,434

L St	τ [N/mm ²]	$\sigma_{S,L}$ [N/mm ²]	L St	τ [N/mm ²]	$\sigma_{S,L}$ [N/mm ²]
0	0,012	19,5	10	0,255	400
2	0,051	80	11	0,281	440
4	0,102	160	12	0,306	480
4A	0,110	172	13	0,332	520
5	0,128	200	14	0,357	560
6	0,153	240	15	0,383	600
100 LW			16	0,408	640
0	0,012	19,5	17	0,434	680
4	0,102	160			
6	0,153	240			
7A	0,183	286			
8A	0,217	340			
9A	0,236	370			

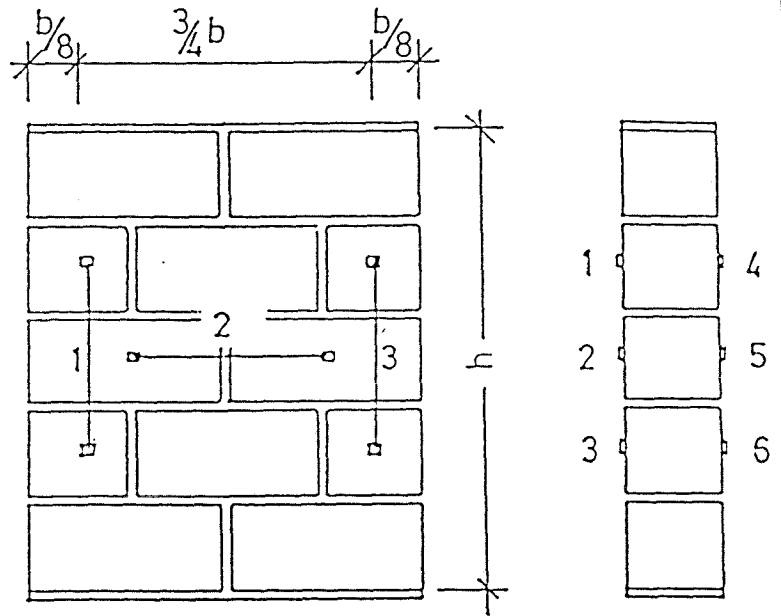
Bruchursache: Biegebruch

Bewehrtes Mauerwerk

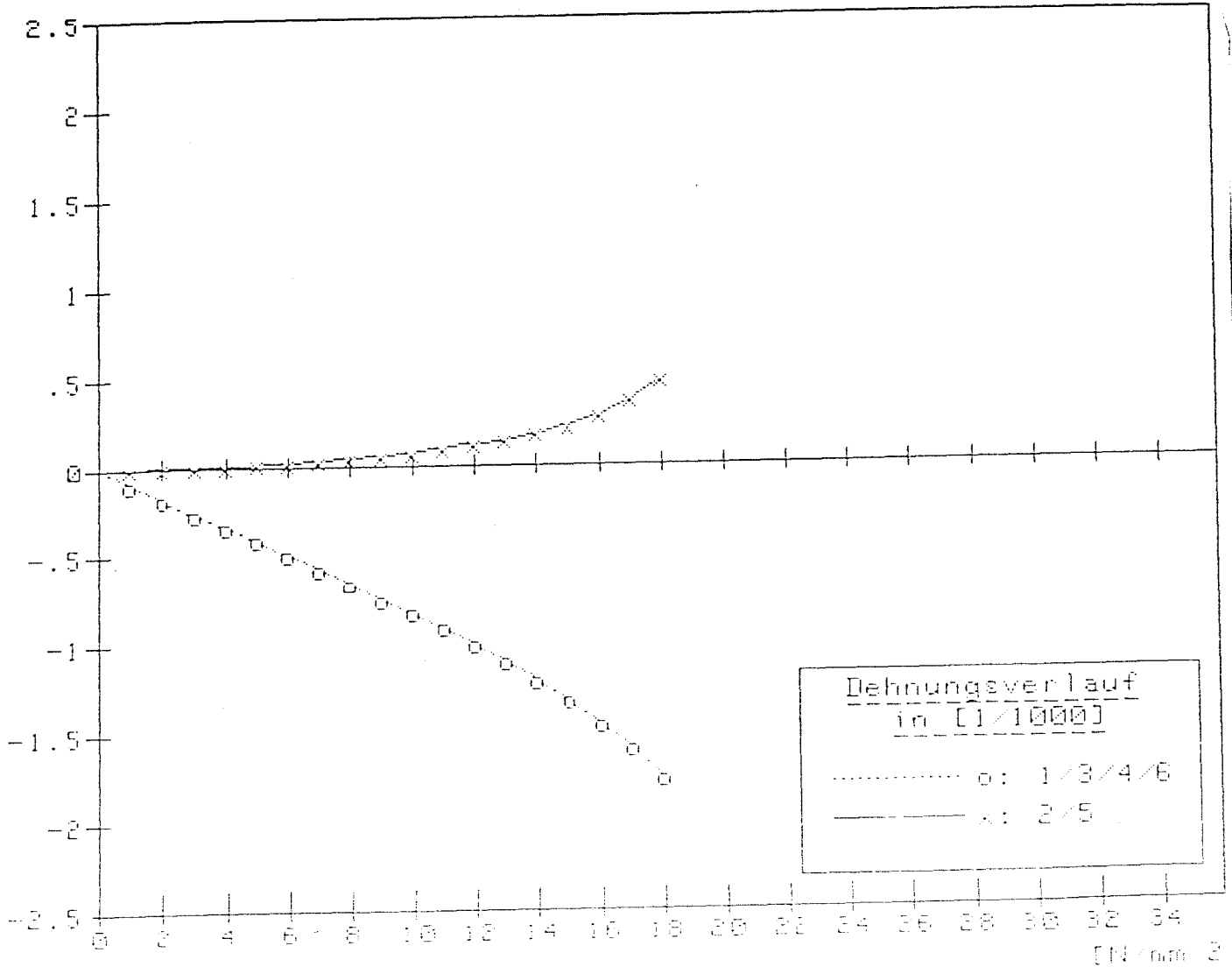
Variante: II/7, MK 1

Mauerwerksfestigkeit
(Bruchzustand)

$\beta_{D,mw} = 19.0 \text{ N/mm}^2$



Meßlänge $l_0 = 250 \text{ mm}$

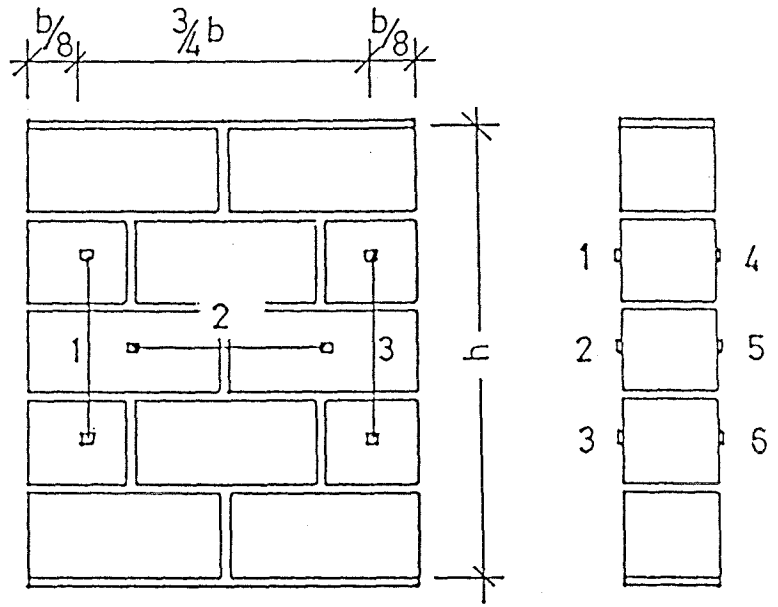


Bewehrtes Mauerwerk

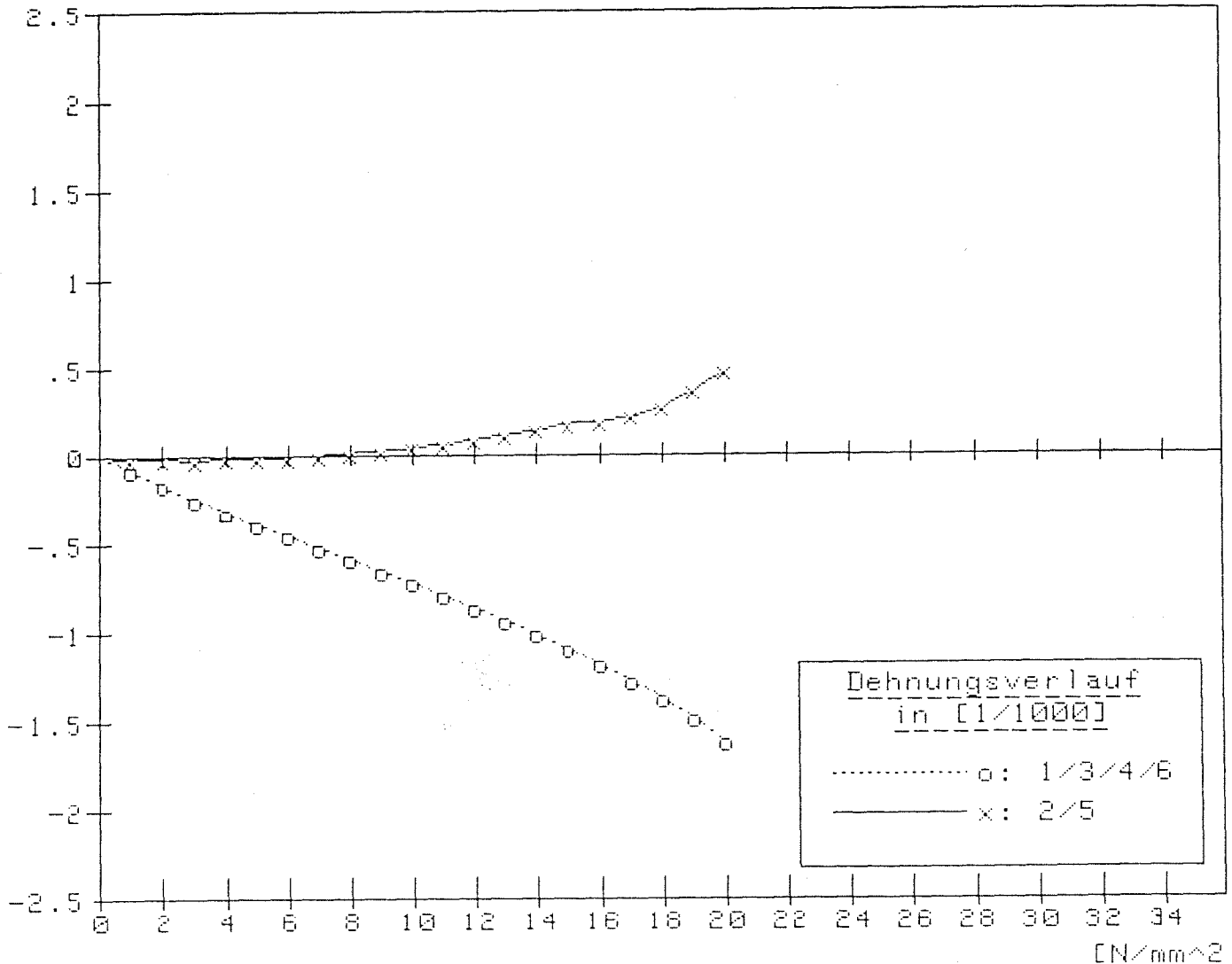
Variante: II/7, MK 2

Mauerwerksfestigkeit
(Bruchzustand)

$\beta_{D,mw} = 20,9 \text{ N/mm}^2$



Meßlänge $l_0 = 250 \text{ mm}$



Dehnungsverlauf
in [1/1000]

..... o: 1/3/4/6
———— x: 2/5

Bewehrtes Mauerwerk

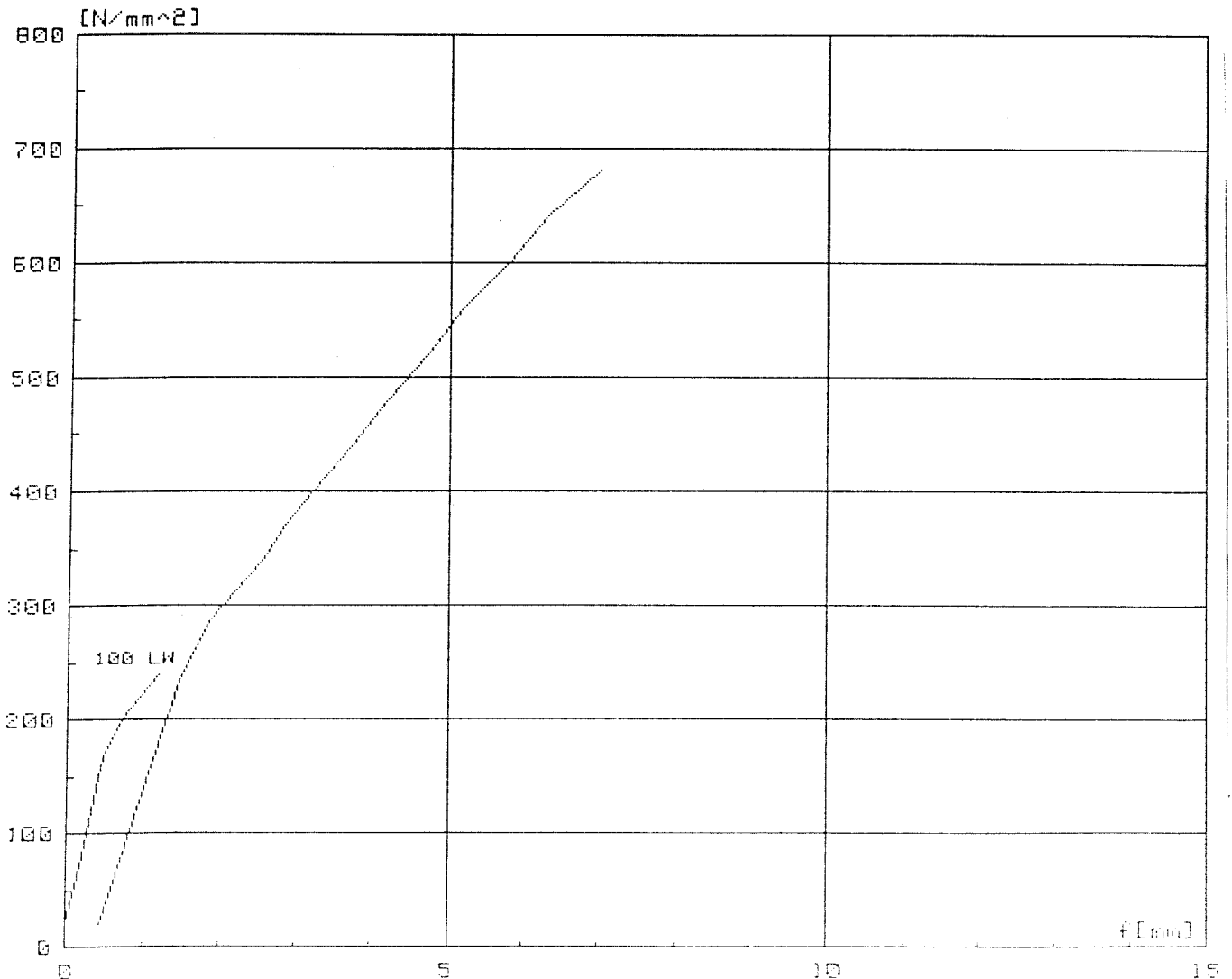
Variante: II/7

Rißbreiten in Achse der Biegezugbewehrung (Werte in mm/100)

	L St	5	6	0*	4a*	6*	7a	8a	
	$\sigma_{st} [N/mm^2]$	200	240	19,5	172	240	286	340	
Binder- schicht	$\sum w$	2	8	4	18	30	40	76	
	w_m	2,0	1,3	0,7	2,6	3,8	4,4	6,9	
	w_{min}	2	0	0	0	0	2	0	
	w_{max}	2	4	2	4	6	8	12	
Läufer- schicht	$\sum w$	2	16	4	24	40	56	92	
	w_m	1,0	2,3	0,6	3,0	5,0	7,0	8,4	
	w_{min}	0	0	0	0	2	4	2	
	w_{max}	2	4	2	6	8	10	12	

* nach 100 Lastwechseln

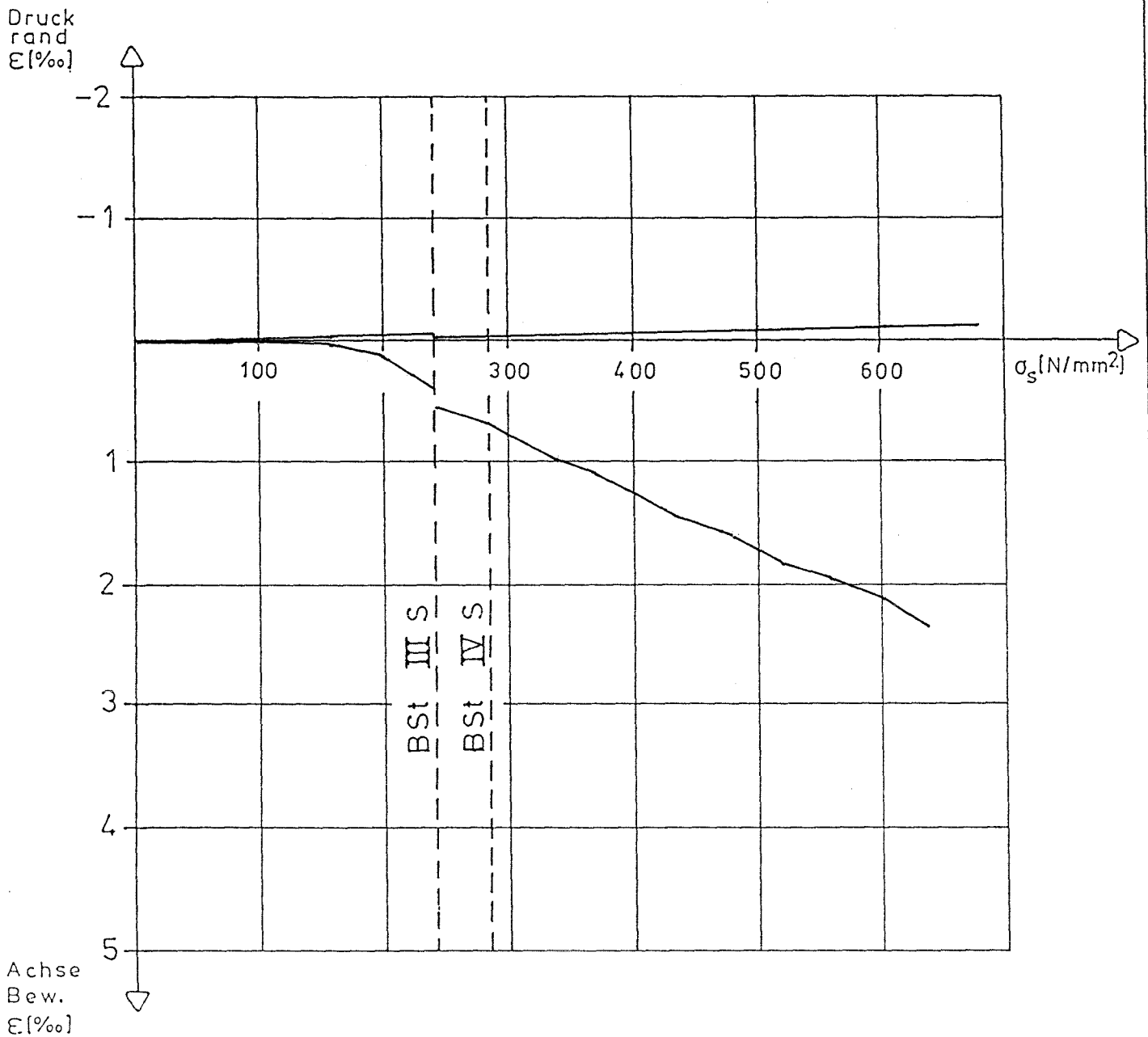
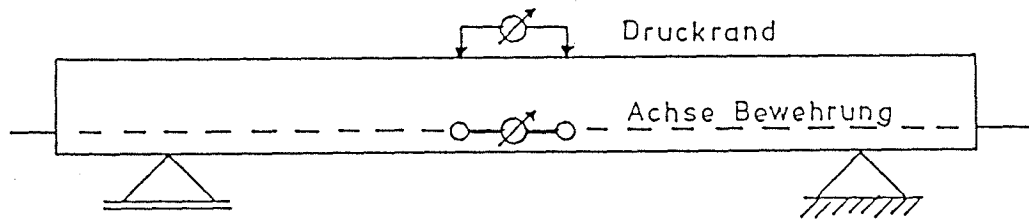
Durchbiegung



Bewehrtes Mauerwerk

Variante : II / 7

Dehnungen



3.5 Versuchsaufbau

Die Versuche wurden auf dem Prüffeld in der Universalprüfanlage des IBS durchgeführt. Die Belastung erfolgte dabei über zwei 200 kN Preßtöpfe. Die Last wurde mittels Öldruckaufnehmer an den Preßtöpfen gemessen. Der Versuchsaufbau ist Bild 1 zu entnehmen und jeweils in Blatt 1 der Anlagen für jeden Versuch enthalten.

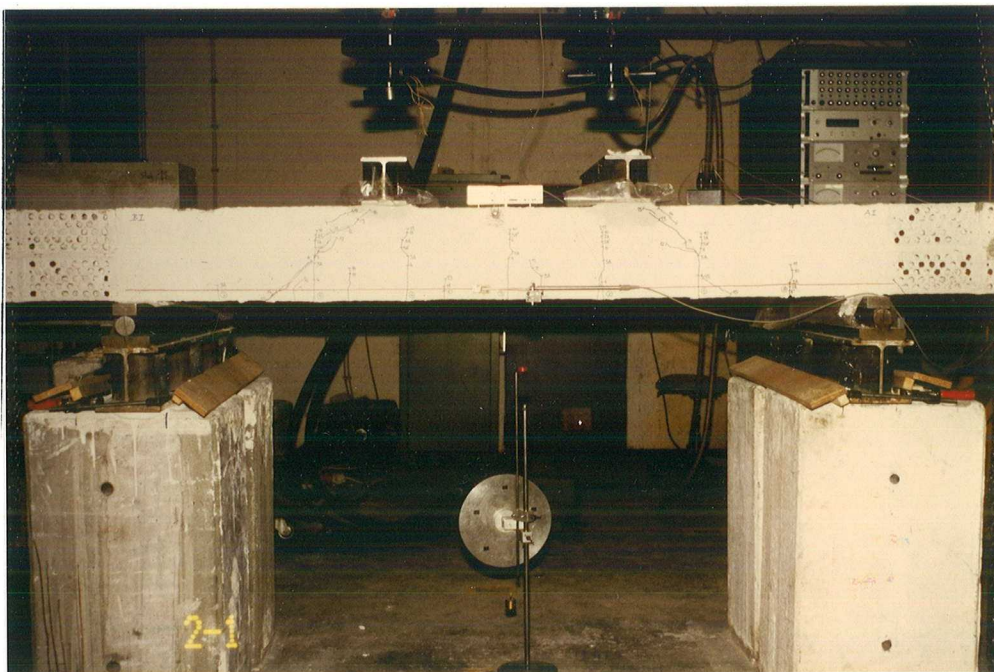


Bild 1: Aufbau der Versuchskörper

Die Stützweite betrug im allgemeinen 189 cm (Ausnahmen s. Anlagen). Die zwei Einzellasten waren in den Drittelpunkten angeordnet, so daß sich eine Schubspannweite von $a/h \approx 3.0$ bis 3.5 ergab.

Ein Auflager war unverschieblich (festgeschweißte Rolle), das andere verschieblich (bewegliche Rolle) ausgebildet.

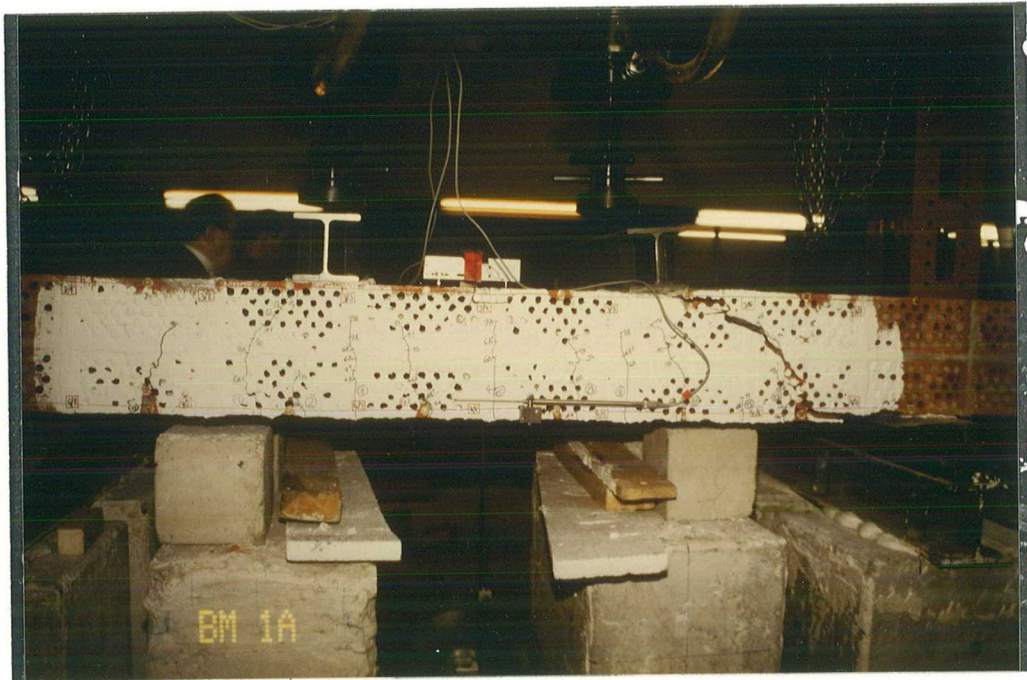


Foto 1 : Versuch I/1a nach dem Versagen durch Schubbruch

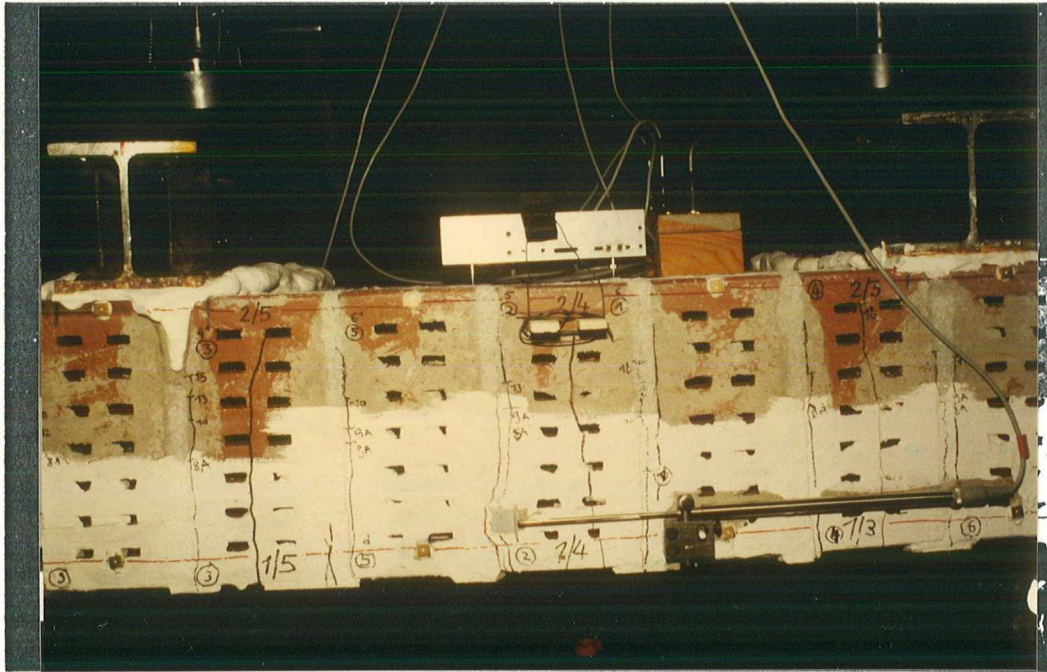


Foto 2 : Versuch I/2a nach dem Versagen durch Biegebruch
(Überschreiten der Streckgrenze)

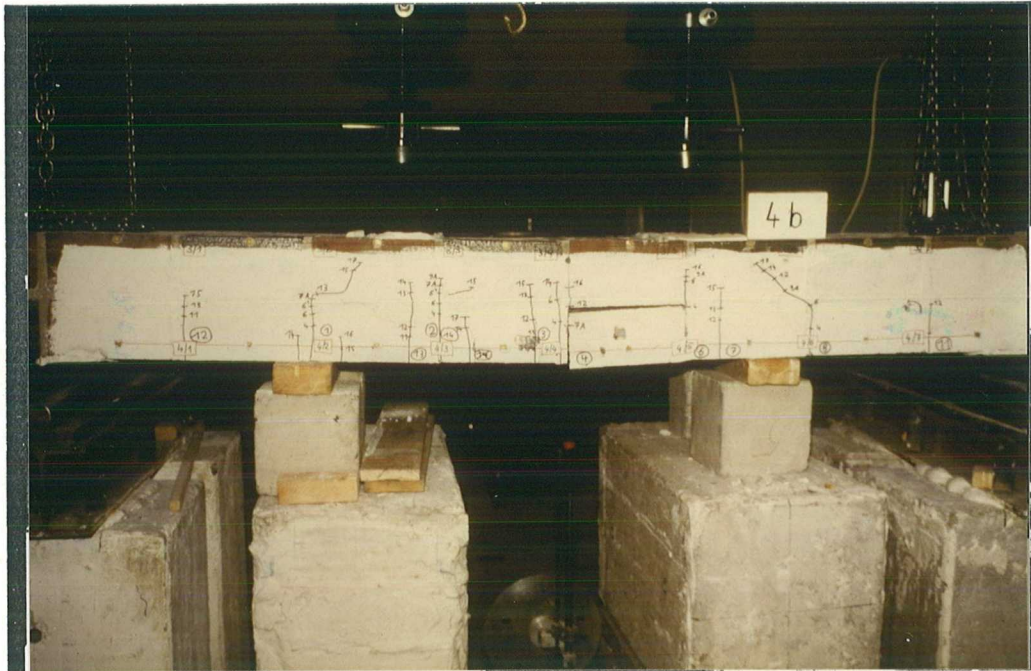


Foto 3 : Versuch I/4b nach dem Versagen durch Biegebruch
(Zerreißen des Stahles)

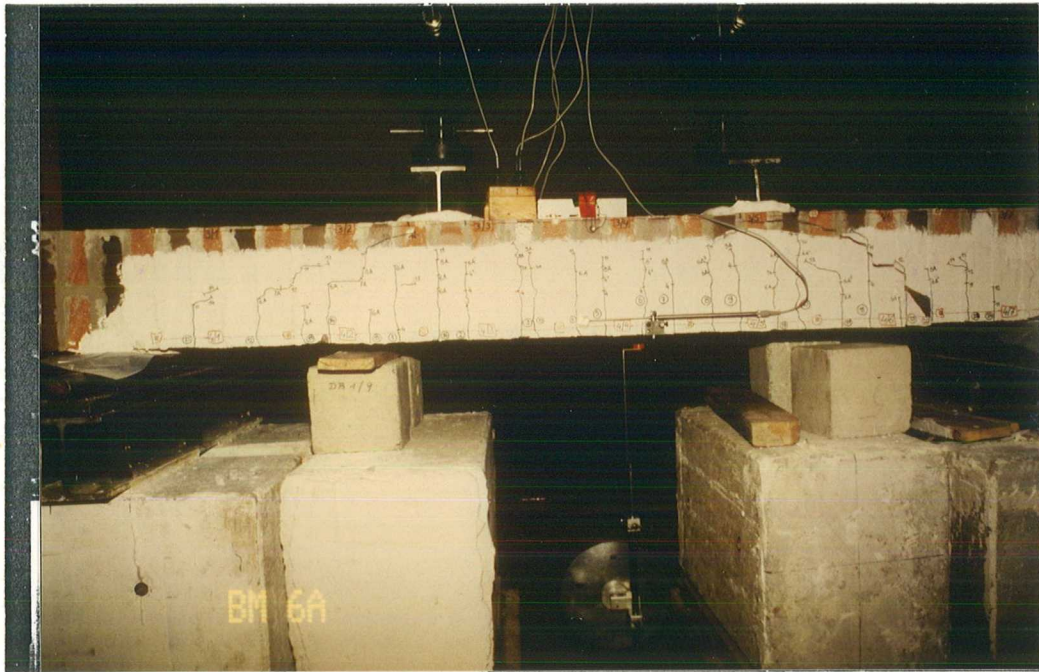


Foto 4 : Versuch I/6a nach dem Versagen durch Schubbruch
(Beanspruchung \perp zu den Lagerfugen)

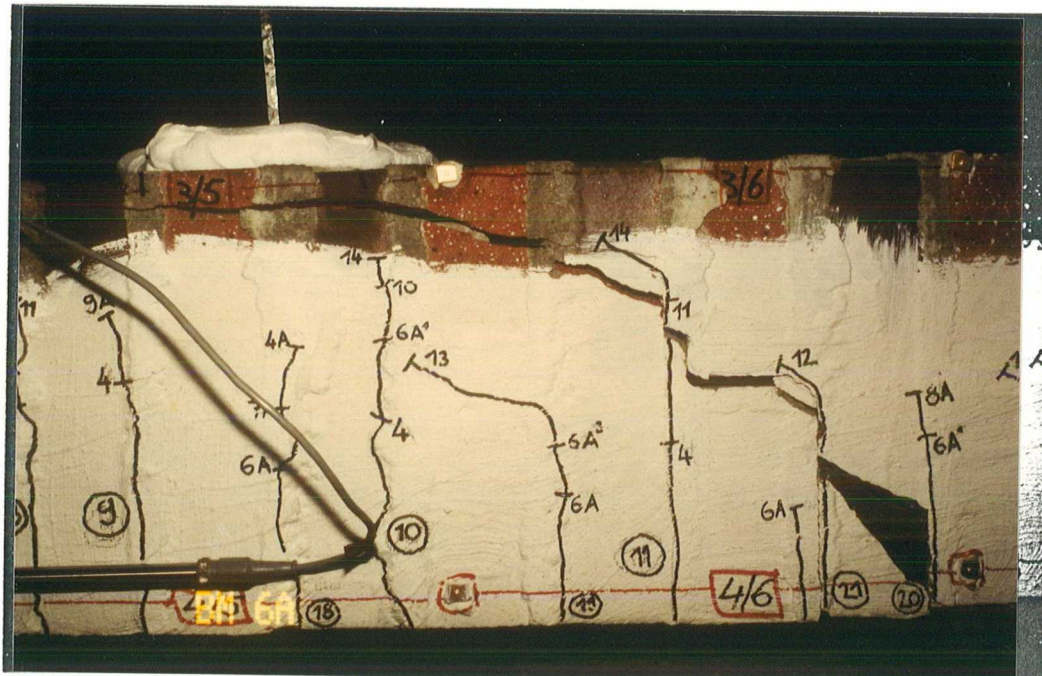


Foto 5 : Detail - Schubbruchausbildung

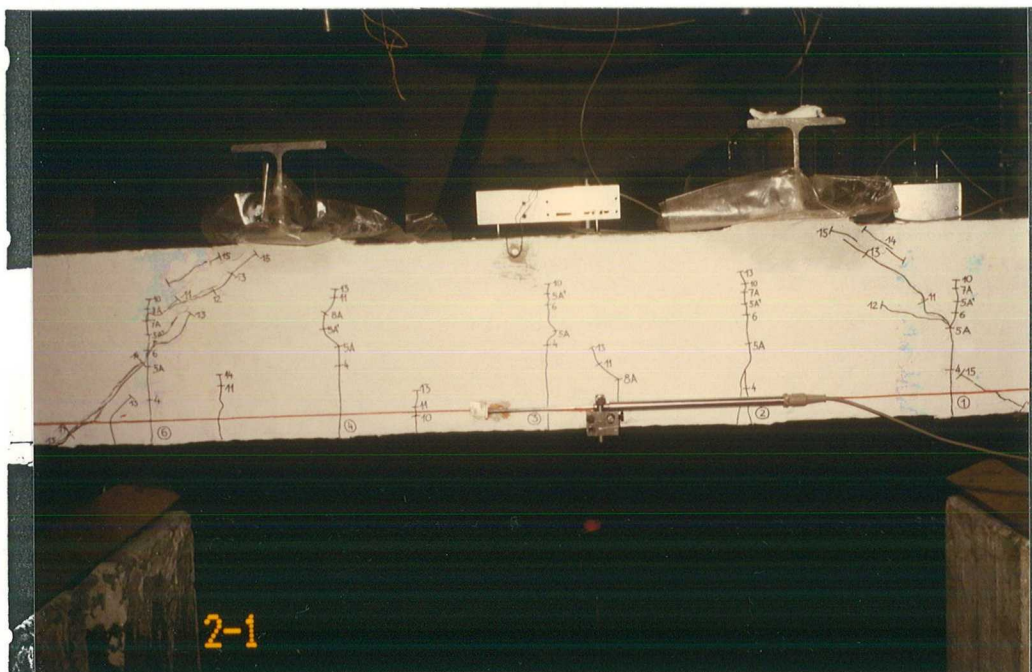


Foto 6 : Versuch II/1 nach dem Versagen durch Schubbruch

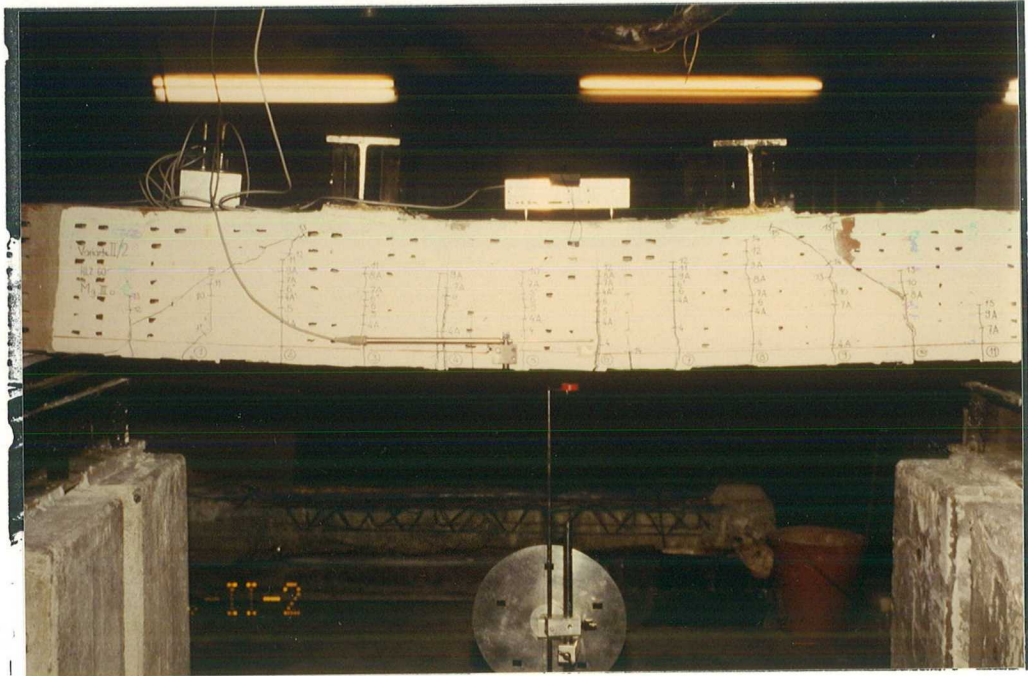


Foto 7 : Versuch II/2 nach dem Versagen durch Biegebruch;
beginnender Schubbruch rechts.

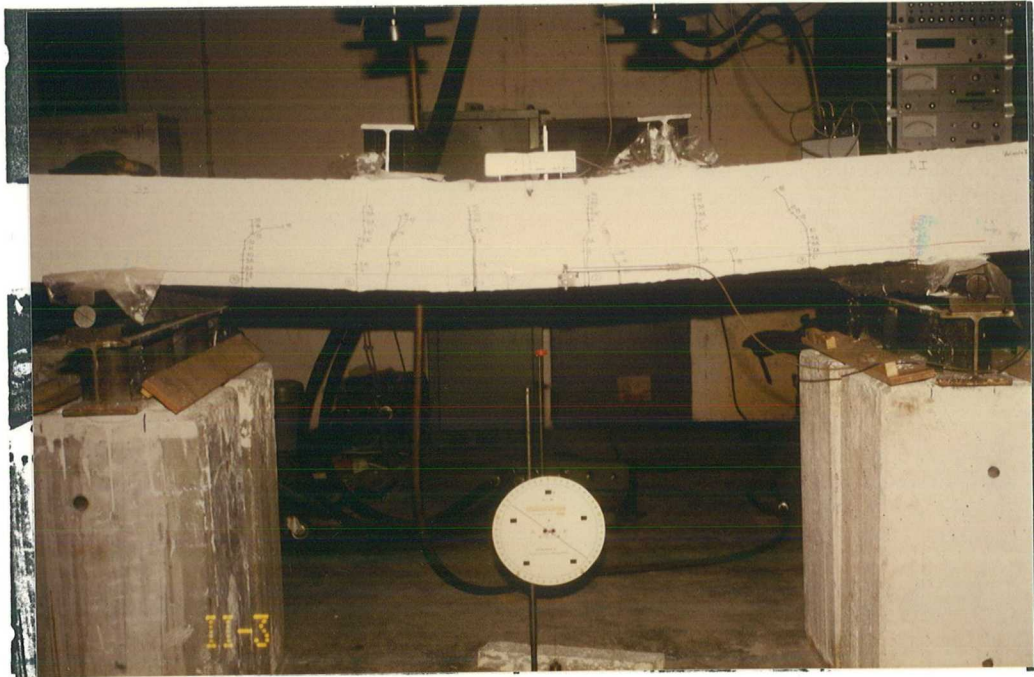


Foto 8 : Versuch II/3 nach dem Versagen durch Biegebruch

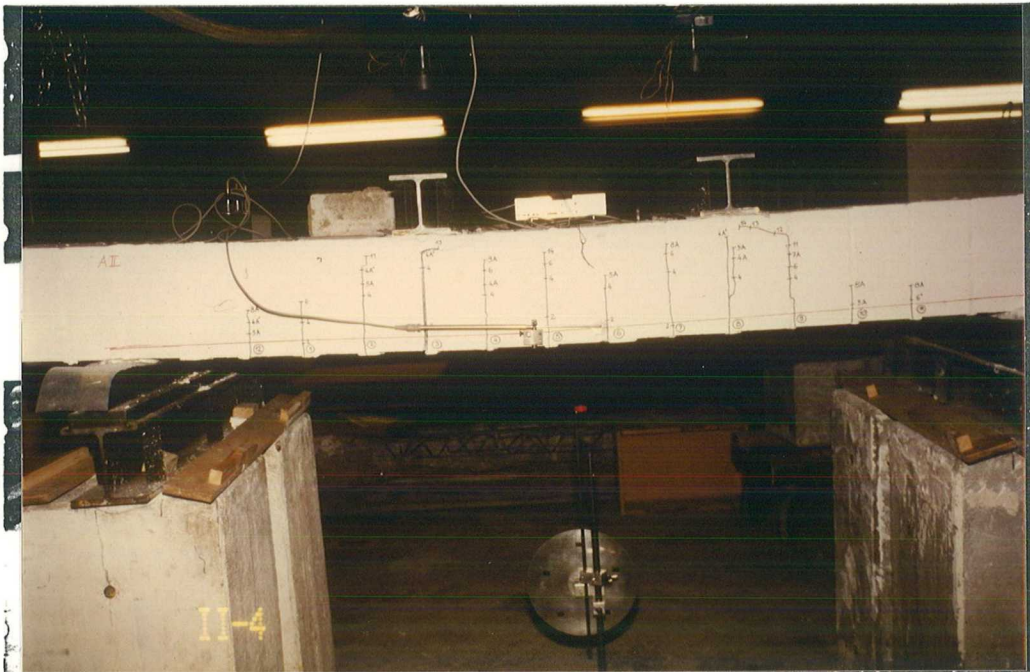


Foto 9 : Versuch II/4 nach dem Versagen durch Verbundversagen

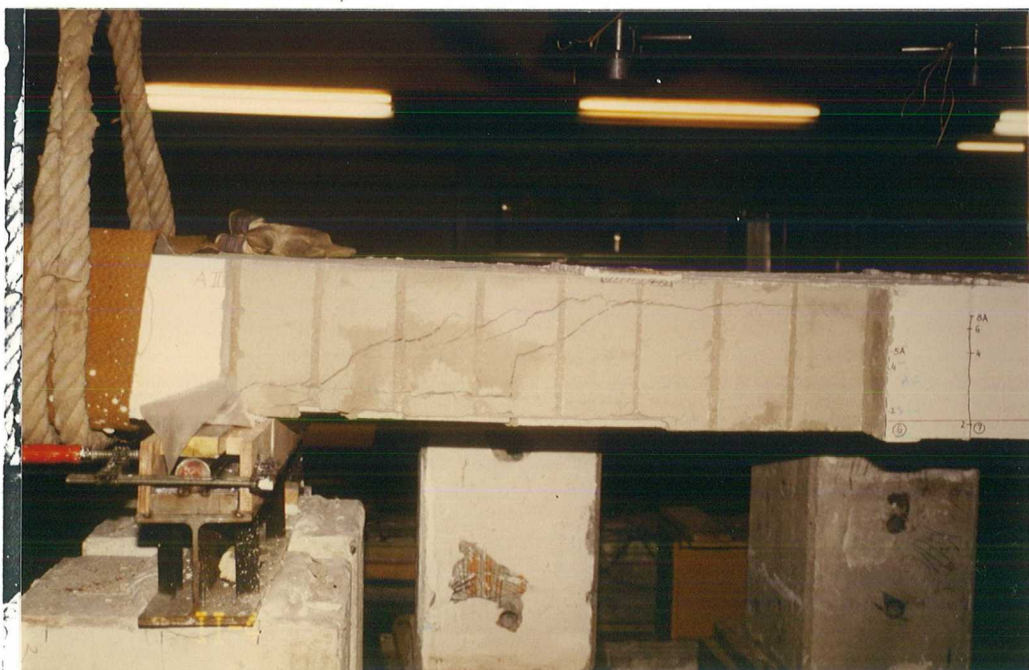
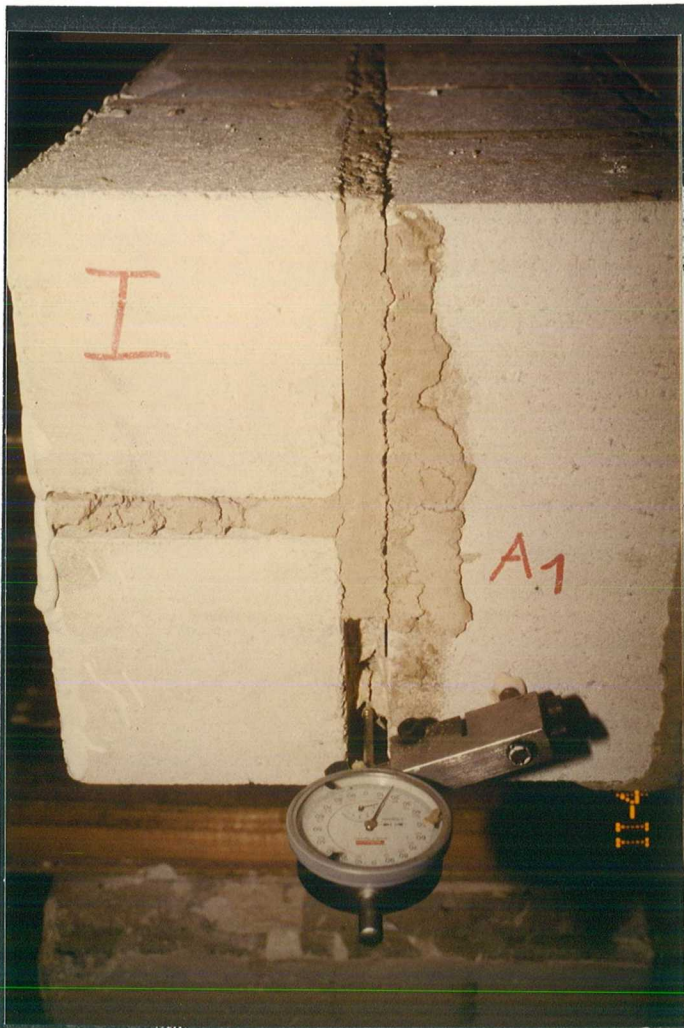


Foto 10 : Versuch II/4, beginnender Schubbruch bei den inneren Steinlagen

Foto 11 : Stirnbereich
des Versuchskörpers
II/4
Verbundversagen



Foto 12 : Versuch II/4
Fugenversagen mit schlag -
artigem Schlupfen des Stahles



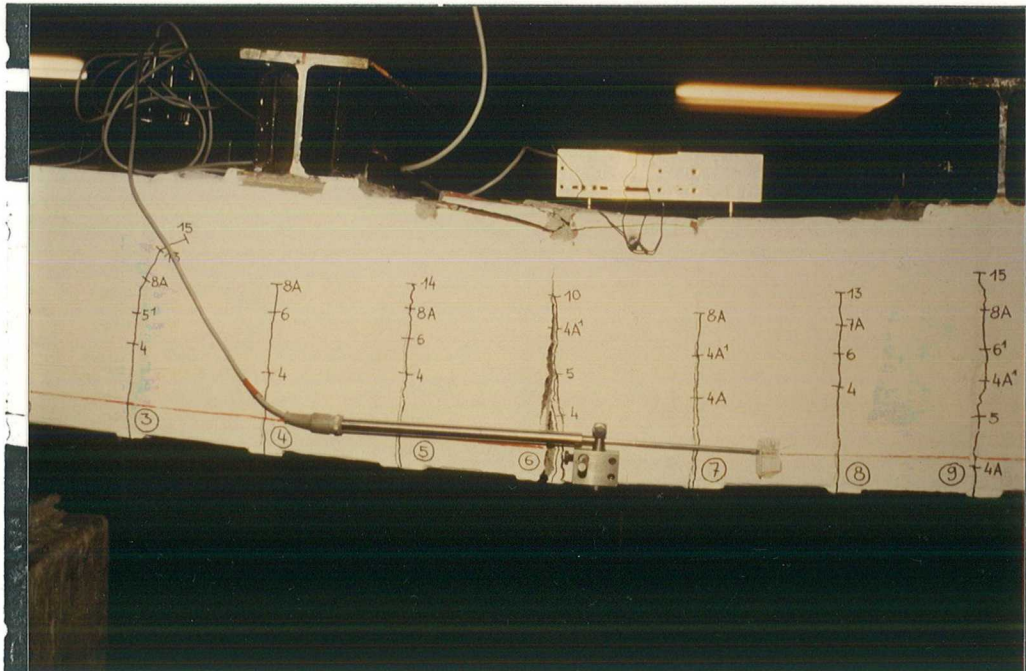


Foto 13 : Versuch II/5 nach dem Versagen durch Biegebruch
(Überschreiten der Streckgrenze)

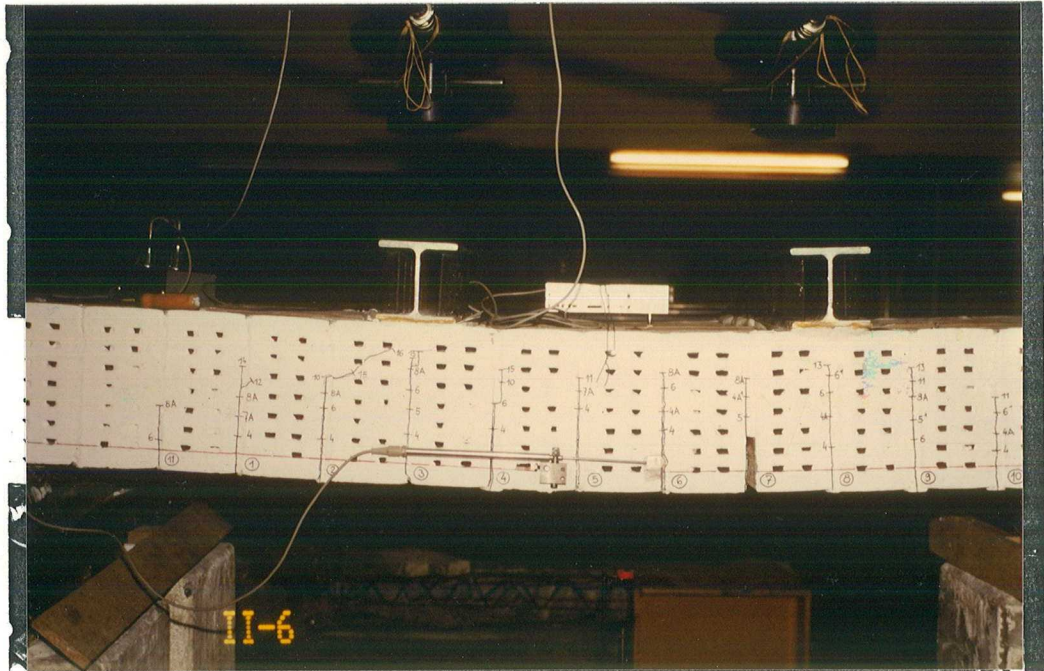


Foto 14 : Versuch II/6.1 nach dem Versagen durch Biegebruch,
beginnender Schubbruch.

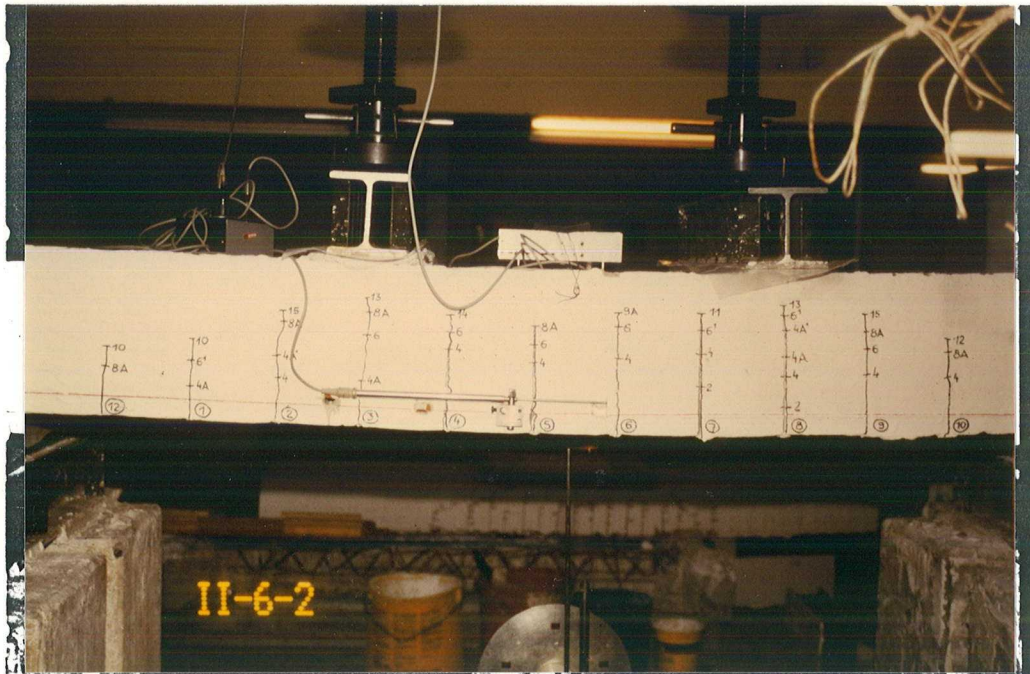


Foto 15 : Versuch II/6.2 nach dem Versagen durch Biegebruch

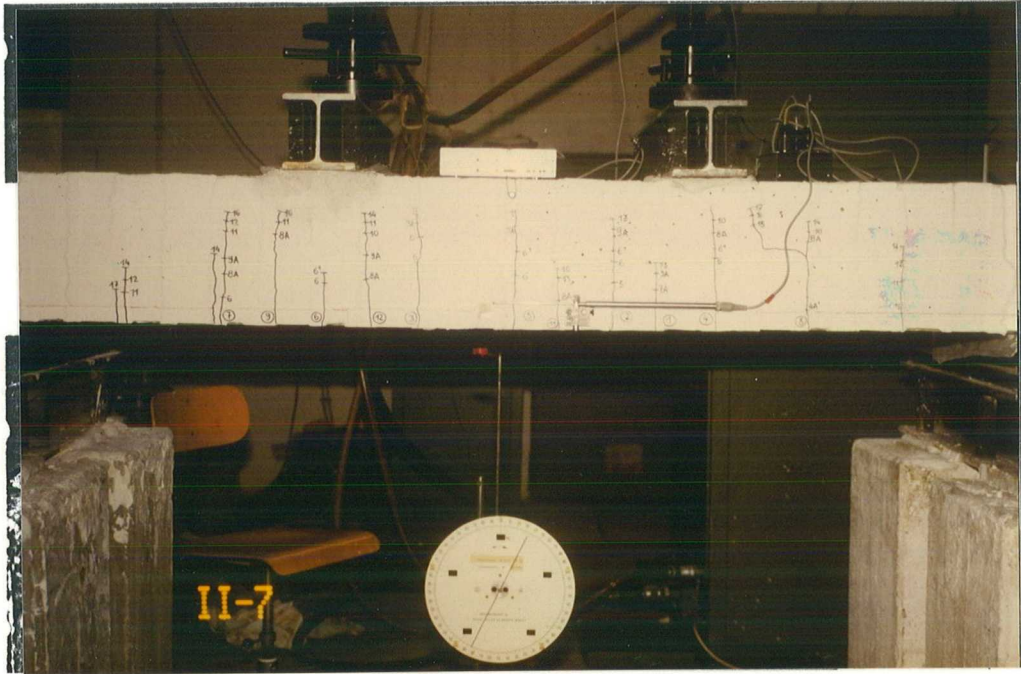


Foto 16 : Versuch II/7 nach dem Versagen durch Biegebruch