

Baupraktische Überprüfung von Lotabweichungen und Krümmungen von gemauerten Wänden und Auswertung der Ergebnisse im Hinblick auf den Ansatz einer ungewollten Ausmitte beim Knicksicherheitsnachweis

T 2237

T 2237

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

15,30

Forschungsbericht

Baupraktische Überprüfung von Lotabweichungen und Krümmungen von gemauerten Wänden und Auswertung der Ergebnisse im Hinblick auf den Ansatz einer ungewollten Ausmitte beim Knicksicherheitsnachweis

Bearbeitung: **Ingenieursozietät BGS, Hannover**
 Dr.-Ing. H. Reeh
 Dipl.-Ing. W. Schulz

Ingenieurgruppe Bauen, Karlsruhe
Dr.-Ing. E. Buchholz
Dr.-Ing. D. H. Maier

Forschungsbericht

Baupraktische Überprüfung von Lotabweichungen und Krümmungen von gemauerten Wänden und Auswertung der Ergebnisse im Hinblick auf den Ansatz einer ungewollten Ausmitte beim Knicksicherheitsnachweis

Bearbeitung: **Ingenieursozietät BGS, Hannover**
 Dr.-Ing. H. Reeh
 Dipl.-Ing. W. Schulz

Ingenieurgruppe Bauen, Karlsruhe
Dr.-Ing. E. Buchholz
Dr.-Ing. D. H. Maier

Inhaltsverzeichnis		Seite
1.	Vorwort und Literaturstudie	3
2.	Grundsatzüberlegungen	6
2.1	Einfluß der Größe der Ausmitte auf die Tragfähigkeit	9
2.2	Einfluß der Ausmitte auf die Tragfähigkeit in Abhängigkeit von der Wanddicke	13
2.3	Einfluß des Verlaufes der Ausmitte über die Wandhöhe	14
2.3.1	Verschiedene Ansätze für den Verlauf der Ersatzausmitten	14
2.3.2	Unterschiede real gemessener Verläufe zur Form der Ersatzausmitte	16
2.4	Pfeiler/Wände	18
2.5	Einfluß der Steintoleranzen auf die Ausmitte	19
3.	Meßprogramm	20
3.1	Beschreibung des Meßprogrammes	20
3.2	Beschreibung der Meßplatte	22
4.	Meßergebnisse	25
5.	Auswertung	35
5.1	Ungewollte Ausmitte	36
5.1.1	Auswertung aller Meßpunkte	36
5.1.2	Auswertung der beidseitigen Messungen	39
5.2	Abschätzung weiterer Einflußfaktoren für die Festlegung des Rechenwertes der ungewollten Ausmitte	42
5.2.1	Vorverformungsfigur	42
5.2.2	Messungen unter Teillast	45
5.2.3	Bezug auf die Knicklänge	45
5.3	Lotabweichung	49

5.3.1	Auswertung aller Meßpunkte	50
5.3.2	Auswertung der beidseitigen Messungen	52
5.4	Einflußfaktoren für die Festsetzung eines Rechenwertes für die Lotabweichung	54
5.5	Ergebnis	55
6.	Beurteilung und Schlußfolgerungen	57
7.	Zusammenfassung	61
8.	Literaturverzeichnis	62

Anlage

1. Vorwort und Literaturlauswertung

Für die Berechnung von Mauerwerksbauten gilt in Deutschland die DIN 1053. Während im Teil 1 dieser Vorschrift [1], [2] ein einfaches Nachweisverfahren für herkömmliches Mauerwerk angegeben ist, wird nach Teil 2 eine genauere Berechnung unter Berücksichtigung des Zusammenwirkens von Decken und Wänden durchgeführt. Die bei Druckbeanspruchung auftretende Knickgefahr wird im Teil 1 durch die Abminderung des Grundwertes der zulässigen Druckspannungen erfaßt, die in Abhängigkeit von der Schlankheit der Wand erfolgen muß.

Nach DIN 1053 Teil 2 wird der Knicksicherheitsnachweis nach Theorie II. Ordnung geführt. In der Praxis können keine ideal lotrechten und ebenen Wände hergestellt werden. Deshalb wird davon ausgegangen, daß die Wände durch unvermeidbare Bauungenauigkeiten eine Vorverformung aufweisen. Für diese ungewollte Ausmitte wird eine sinusförmige Verteilung über die Wandhöhe mit einem Größtwert in halber Wandhöhe von $1/300$ der Knicklänge angenommen. In Höhe der Decken wird also die ungewollte Ausmitte nach dieser Annahme zu Null.

In der vorliegenden Fassung des Eurocode 6 werden, abhängig vom Ausführungsgrad des Mauerwerkes, drei Werte für die ungewollte Ausmittigkeit angegeben:

Ausführungsgrad A: $1/600$ der Knicklänge

Ausführungsgrad B: $1/450$ der Knicklänge

Ausführungsgrad C: $1/300$ der Knicklänge

Es wird dabei von einem über die Wandhöhe konstanten Verlauf der ungewollten Ausmitte ausgegangen.

Ziel der vorliegenden Forschungsarbeit war es, diesen theoretischen Annahmen die Ergebnisse von an ausgeführten Bauten durchgeführten Messungen gegenüberzustellen.

Vor Durchführung der Messungen werden einige grundsätzliche Überlegungen über die Auswirkung des Verlaufes der ungewollten Ausmittigkeit über die Wandhöhe sowie über den Einfluß der Wandhalterung angestellt.

Es wurde eine Meßvorrichtung gebaut, die es gestattet, die Lotabweichungen und Verformungsstiche von Wänden aufzunehmen. Mit Hilfe dieses Gerätes wurden an zehn ausgeführten Mauerwerksbauten an unverputzten Wänden jeweils zwischen 13 und 26 Messungen durchgeführt.

Die Ergebnisse der Messungen wurden statistisch ausgewertet und ein Vergleich mit den in den Vorschriften DIN 1053 Teil 2 und Eurocode 6 getroffenen Regelungen durchgeführt.

Eine Durchsicht der Literatur ergab, daß Untersuchungen über die Unebenheiten von gemauerten Wänden in der Regel Maßungenauigkeiten erfassen sollten, die das Aufbringen von Wandbekleidungen erschweren. Ziel der vorliegenden Untersuchung war dagegen die Erfassung von Bauungenauigkeiten, welche die Knickgefahr erhöhen. Solche Messungen der ungewollten Ausmitte und deren Verlauf über die Wandhöhe wurden bei gemauerten Wänden in der Bundesrepublik Deutschland bisher nur in einem Fall durchgeführt [6]. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen, bei denen 170 Messungen an einem Wohnhochhaus mit Mauerwerk aus Kalksand-Planelementen erfolgten, werden mit den im folgenden angegebenen Meßergebnissen verglichen.

Eine Zusammenstellung von Toleranzmessungen in Nordrhein-Westfalen sowie im europäischen Ausland und daraus gezogene Schlußfolgerungen für die jeweils geltenden Normen findet sich in [7]. Danach wurden Messungen im Hinblick auf die vertikalen Fluchten von gemauerten Wänden in England durchgeführt. Die ermittelten Standardabweichungen betragen ca. 5 mm.

In DIN 18 202, Toleranzen im Hochbau, wird als Ebenheitstoleranz in Tab. 3 für nichtflächenfertige Wände bei einem Meßpunktabstand von 4,0 m der Wert von 15 mm genannt. Für die im Mauerwerksbau häufig vorkommende lichte Geschoßhöhe von 2,60 m ist für die Wand eine Knicklänge von $0,75 \cdot 2,60$ m

= 1,95 m angenommen. In diesem Fall beträgt nach DIN 18 202, Bild 2, der maximal zulässige Stich 10,8 mm; das entspricht $h_K/180$ und liegt damit wesentlich höher als die ungewollte Ausmitte nach DIN 1053 Teil 2, welche zu $h_K/300$ angenommen werden muß.

2. Grundsatzüberlegungen

Der Nachweis von auf Druck beanspruchten Bauteilen erfolgte früher i.d.R. in der Weise, daß die Bauteildruckspannung einer zulässigen Druckspannung gegenübergestellt wurde, die mit steigender Stabilitätsgefährdung des Bauteils abgemindert wurde. Die Abminderung der Druckspannungen werden z.B. im Stahlbau z.Zt. noch über die ω -Zahlen geregelt, in DIN 1053 Teil 1 werden die Grundwerte der zulässigen Druckspannungen für Mauerwerkskörper ab $\bar{\lambda} = h_k/d > 10$ abhängig von ihrer Schlankheit verringert. Der Bereich geringer Schlankheiten wird im Mauerwerksbau über einen relativ hohen globalen Sicherheitsfaktor, der in DIN 1053 Teil 1 nicht explizit genannt wird, abgedeckt.

Die neueren Vorschriften rücken für alle Baustoffe von diesem Nachweisverfahren ab. Der Nachweis stabilitätsgefährdeter Bauteile wird wirklichkeitsnäher und verständlicher als Spannungsnachweis nach Theorie II. Ordnung geführt. Da die genaue Berechnung wegen der komplizierten Formeln der Theorie II. Ordnung oft zu aufwendig erscheint, werden in vielen Vorschriften und in der weiterführenden Literatur Näherungsformeln angegeben. Im Mauerwerksbau steht einer genauen Berechnung erschwerend entgegen, daß Mauerwerk ein sehr inhomogener Baustoff mit einem komplexem Materialgesetz ist. Die Berücksichtigung aufreißender Fugen, der Übergang von Stein- in Mörtelschichten, die Schwindvorgänge etc. sind in geschlossenen Formeln allgemein nicht mehr möglich [5].

Ausgehend von den Rechenansätzen für elastische Bauteile mit gerader Stabachse und ebenbleibenden Querschnitten wurden so für Mauerwerk Näherungsformeln entwickelt, die

sowohl für ungerissene wie teilweise gerissene Querschnitte näherungsweise Gültigkeit besitzen und die auch Kriechinflüsse abdecken sollen.

Die Berechnung stabilitätsgefährdeter Mauerwerksbauteile mit einer Traglastberechnung nach Theorie II Ordnung erfordert immer die Berücksichtigung von "Ausgangsungenauigkeiten". Diese Ausgangsungenauigkeiten sind für die Überführung eines Verzweigungsproblems in ein Traglastproblem erforderlich. Sie schließen das "böartige" plötzliche Versagen ohne Vorankündigung aus und führen zu, bei steigender Belastung zwar progressiv zunehmenden, aber doch kontinuierlichen Verformungs- und damit auch Beanspruchungszunahmen.

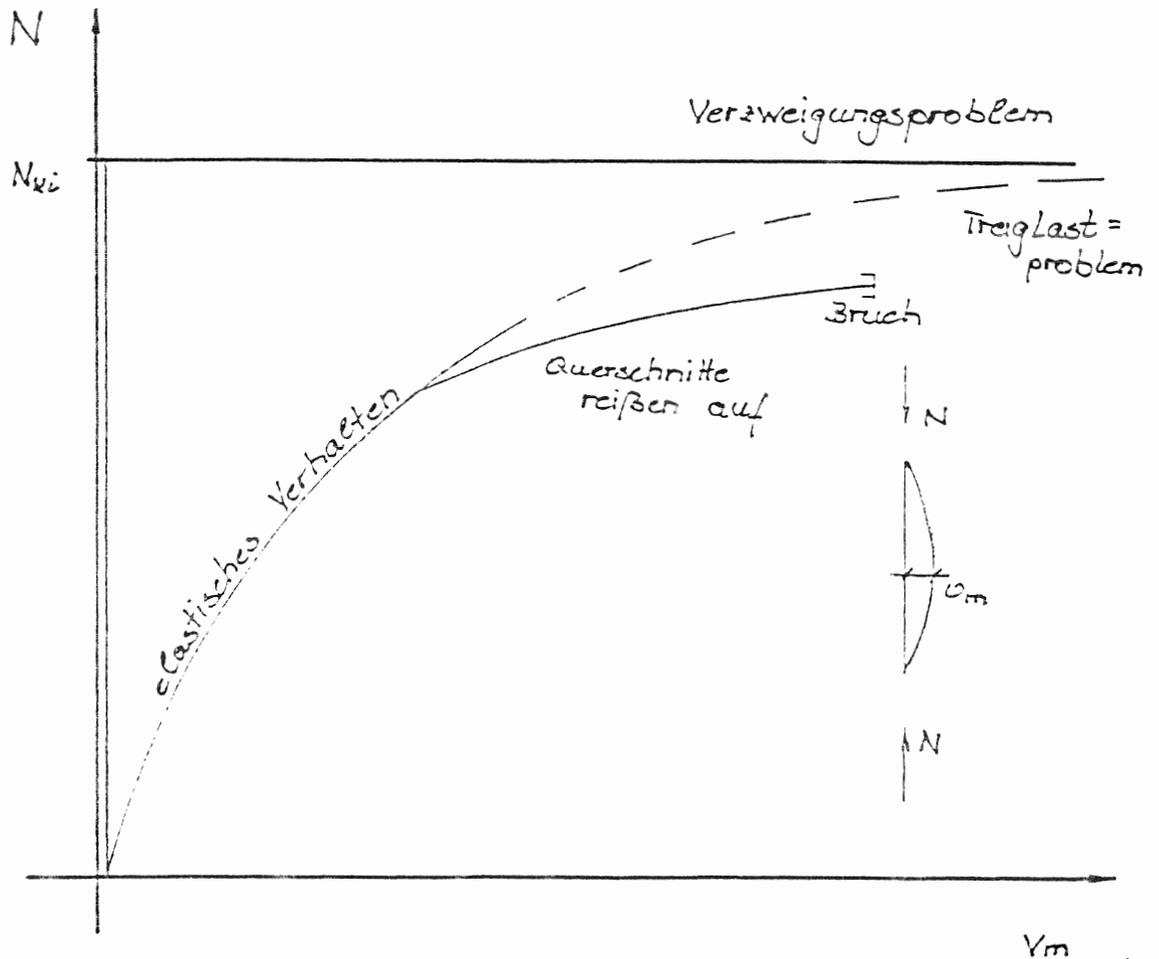
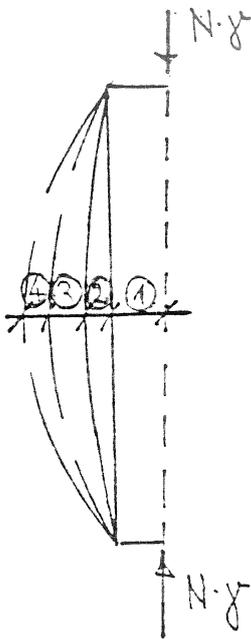


Bild 1: Last-Verformungs-Diagramm eines Durckstabes.

Wegen der überlinearen Zunahme der Verformungen und damit auch der Schnittgrößen ist eine Berechnung unter Gebrauchsbeanspruchung nichtmehr ausreichend, vielmehr muß jetzt unter einer mit einem Sicherheitsbeiwert multiplizierten Beanspruchung der "Traglastnachweis" geführt werden. Die anzusetzenden Imperfektionen sind dabei aus der Konstruktion und dem Herstellungsprozeß ableitbare Größen, die i.d.R. an die Ergebnisse von Traglastversuchen angepaßt werden.

Aus der Konstruktion, d.h. also dem statischen System, ergeben sich die planmäßigen Ausmitten, z.B. durch die exzentrische Deckenauflagerung oder durch eine Einspannung in die angrenzenden Bauteile. Zusätzlich zur planmäßigen Ausmitte sind die sogenannten ungewollten Ausmitten zu berücksichtigen. Ihr Ansatz ist schon deshalb unbedingt erforderlich, da im speziellen Fall die planmäßige Ausmitte entfallen kann, oder keinen Anteil der Verzweigungsform beinhaltet; dann würde aber das nicht gewollte Verzweigungsproblem entstehen. Die ungewollten Ausmitten sollen so angesetzt werden, daß sie neben den Einflüssen aus der Materialinhomogenität und den Toleranzen der Einzelbauteile (z.B. Maßtoleranzen der Steine) vor allem die Herstellungstoleranzen bei der Errichtung der Bauteile abdecken.

Die planmäßigen und ungewollten Ausmitten führen von Anfang an zu Verkrümmungen des Bauteils. Die daraus entstehenden Verformungen werden durch den Einfluß der Längskräfte überproportional vergrößert, außerdem entstehen unter ihrer Einwirkung Biegemomente. Das Erfassen dieses Effektes wird durch die Anwendung der Theorie II. Ordnung erreicht. Das Ausmaß der Verformungen wird durch die Materialeigenschaft, sich unter langandauernder Belastung weiter zu verformen, weiter vergrößert. Dieser letzte Effekt wird als Last - Kriechen bezeichnet.



1. e : planmäßige Exzentrizität
2. f_1 : ungewollte Verformung
3. f_2 : Verformung nach Theorie II. Ord.
4. f_K : Verformungszuwachs aus Kriechen

Bild 2: Vorverformungs- und Verformungsanteile eines Druckstabes

Form und Größtwert (Ordinate) der ungewollten Vorverformung bestimmen insbesondere im Mauerwerksbau die Größe der aufnehmbaren Last wesentlich, da hier die Lastexzentrizitäten i.d.R. geringer sind als im Stahl- bzw. Stahlbetonbau, und die Biegetragfähigkeit von Mauerwerk wesentlich kritischer ist als bei den durch Zugspannungen beanspruchbaren Materialien. Die Festsetzung entsprechender Angaben über Größe und Form bedürfen daher eines kritischen Abwägens um einerseits nicht zu günstig, d.h. unsicher zu rechnen, andererseits aber überzogene Forderungen, die die Wettbewerbsfähigkeit von Mauerwerk gegenüber anderen Bauweisen unnötig einschränken würde, zu vermeiden.

2.1 Einfluß der Größe der Ausmitte auf die Tragfähigkeit

Nach [5], Gleichung 17, ergibt sich für die Vorverformung nach Bild 2 ohne Berücksichtigung des Kriecheinflusses und bei konstanter planmäßiger Ausmitte e die Gesamtverformung zu:

$$e + f_1 + f_2 = \frac{e}{\cos\left(\frac{\pi}{2} \sqrt{N/N_{Ki}}\right)} + \frac{f_1}{1 - N/N_{Ki}} \quad (2.1)$$

- mit e = planmäßige Ausmitte
- f_1 = sinusförmige Vorverformung
- f_2 = Verformung nach Theorie II Ordnung
- N = Wandauflast (γ -fach)
- N_{ki} = Eulersche Knicklast

Bei nicht klaffender Fuge ergibt sich nach [5],
Gleichung 18, im Bruchzustand N zu

$$N_1 = \frac{A \cdot \beta_R}{1 + 6(e + f_1 + f_2)/d} \quad (2.2)$$

Gegenüber der gleichmäßig gedrückten, nicht stabilitätsgefährdeten Wand, die

$$N_0 = A \cdot \beta_R \quad (2.3)$$

aufnehmen kann ergibt sich ein Abminderungsfaktor von

$$\eta = \frac{N_1}{N_0} = \frac{1}{1 + 6(e + f_1 + f_2)/d} \quad (2.4)$$

Durch Umformung erhält man

$$e + f_1 + f_2 = \left(\frac{1}{\eta} - 1 \right) \frac{d}{6} \quad (2.5)$$

Die Verzweigungslast

$$N_{ki} = \frac{\bar{\kappa}^2 \cdot E \cdot I}{h_K^2} \quad (2.6)$$

ergibt sich mit $\bar{\lambda} = h_K/d$ und $E = 400 \times \beta_R$ entsprechend
DIN 1053 Teil 2 [3] zu

$$N_{ki} = 329 \frac{\beta_R \cdot A}{\bar{\lambda}^2} \quad (2.7)$$

Durch Einsetzen von (2.2), (2.5) und (2.7) in (2.1) erhält man

$$\left(\frac{1}{\eta} - 1 \right) \frac{d}{6} = \frac{e}{\cos \left(\frac{\pi}{2} \sqrt{\eta \frac{\bar{\lambda}^2}{329}} \right)} + \frac{f_1}{1 - \eta \frac{\bar{\lambda}^2}{329}}$$

bzw.

$$\frac{1}{\eta} - 1 = \frac{6 \cdot e/d}{\cos \left(\frac{\pi}{2} \sqrt{\eta \frac{\bar{\lambda}^2}{329}} \right)} + \frac{6 \cdot \bar{\lambda} \cdot f_1/e}{1 - \eta \frac{\bar{\lambda}^2}{329}} \quad (2.8)$$

In einer ersten Untersuchung wird die planmäßige Exzentrizität zu Null gesetzt. Das Verhältnis von Abminderungsfaktor der Längskraft η zur Schlankheit $\bar{\lambda}$ erhält man dann, nur noch in Abhängigkeit von der Vorverformung f_1/l zu

$$\eta^2 - \eta \left(\frac{329}{\bar{\lambda}^2} + 1 + \frac{1974}{\bar{\lambda}} \cdot \frac{f_1}{e} \right) + \frac{329}{\bar{\lambda}^2} = 0 \quad (2.9)$$

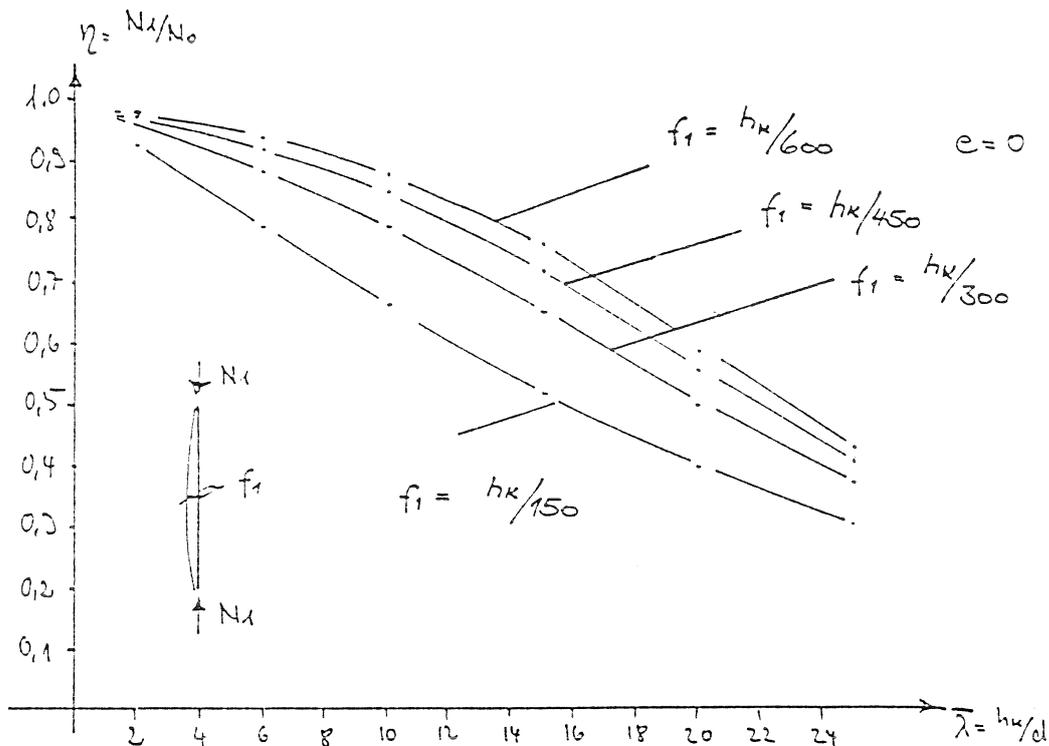


Bild 3: Abfall der aufnehmbaren Druckbeanspruchung bei zunehmender Schlankheit.

Diese Formel gilt nur für ungerissene Querschnitte, nach Mann [5] darf sie auch näherungsweise für gerissene Querschnitte verwendet werden. Eine Parameterstudie zu (2.9) ist in Bild 3 dargestellt.

EC 6 gibt für die ungewollte Ausmitte die drei Werte $h_{ef}/600$, $h_{ef}/450$ und $h_{ef}/300$ je nach Ausführungsqualität des Mauerwerks an. Man erkennt nach Bild 3, daß der Ansatz kleiner Vorverformungen (z.B. $h_K/600$) eine bis zu 13% größere aufnehmbare Längskraft ergibt als der Ansatz von $h_K/300$, gegenüber $h_K/150$ ergeben sich 30% größere Längskräfte.

Eine zweite Untersuchung legt eine planmäßige Exzentrizität von $e = d/12$ zugrunde. Damit ergibt sich für Gleichung (2.8)

$$\eta^2 \cdot \frac{\bar{\lambda}}{329} \left(2 + \frac{1}{\cos\left(\frac{\pi}{2} \sqrt{2 \frac{\bar{\lambda}^2}{329}}\right)} \right) - \eta \left(2 + \frac{2 \bar{\lambda}^2}{329} + \frac{1}{\cos\left(\frac{\pi}{2} \sqrt{2 \frac{\bar{\lambda}^2}{329}}\right)} + 12 \bar{\lambda} \frac{f_1}{h_K} \right) + 2 = 0 \quad (2.10)$$

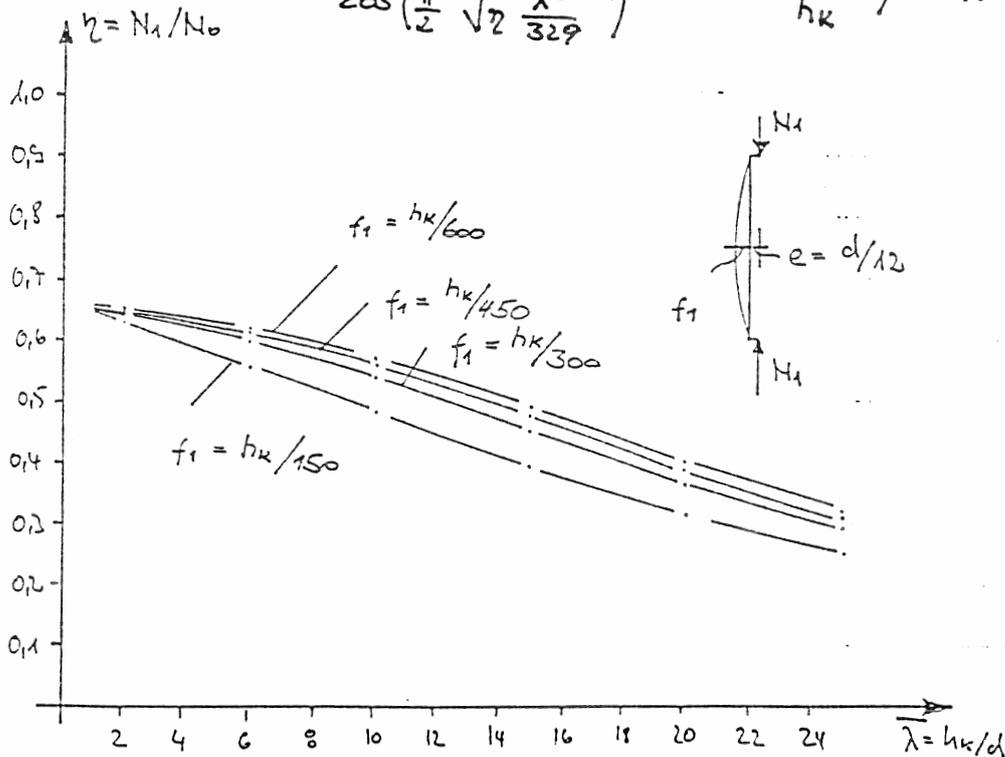


Bild 4: Abfall der aufnehmbaren Druckbeanspruchung bei zunehmender Schlankheit und einer planmäßigen Ausmitte von $d/12$

Die Ausnutzungsfaktoren η werden bei $f_1 = h_K/300$ um knapp 9% kleiner als bei $f_1 = h_K/600$; der Unterschied von $h_K/600$ zu $h_K/150$ beträgt maximal 22%.

2.2 Einfluß der Ausmitte auf die Tragfähigkeit in Abhängigkeit von der Wanddicke

Untersucht man hier wieder Wände ohne planmäßige Ausmitte, so erhält man aus Gleichung (2.9) durch Einsetzen von $\bar{\lambda} = h_K/d$

$$\eta^2 - \eta \left(\frac{329}{h_K^2} d^2 + 1 + \frac{1974}{h_K^2} d \cdot f_1 \right) \frac{329}{h_K^2} d^2 = 0 \quad (2.11)$$

Mit $h_K = 2,5$ m entsprechend einer normalen lichten Geschoßhöhe ergibt sich

$$\eta^2 - \eta (1 + 0,032 \cdot d \cdot f_1 + 0,005 d^2) + 0,005 d^2 = 0$$

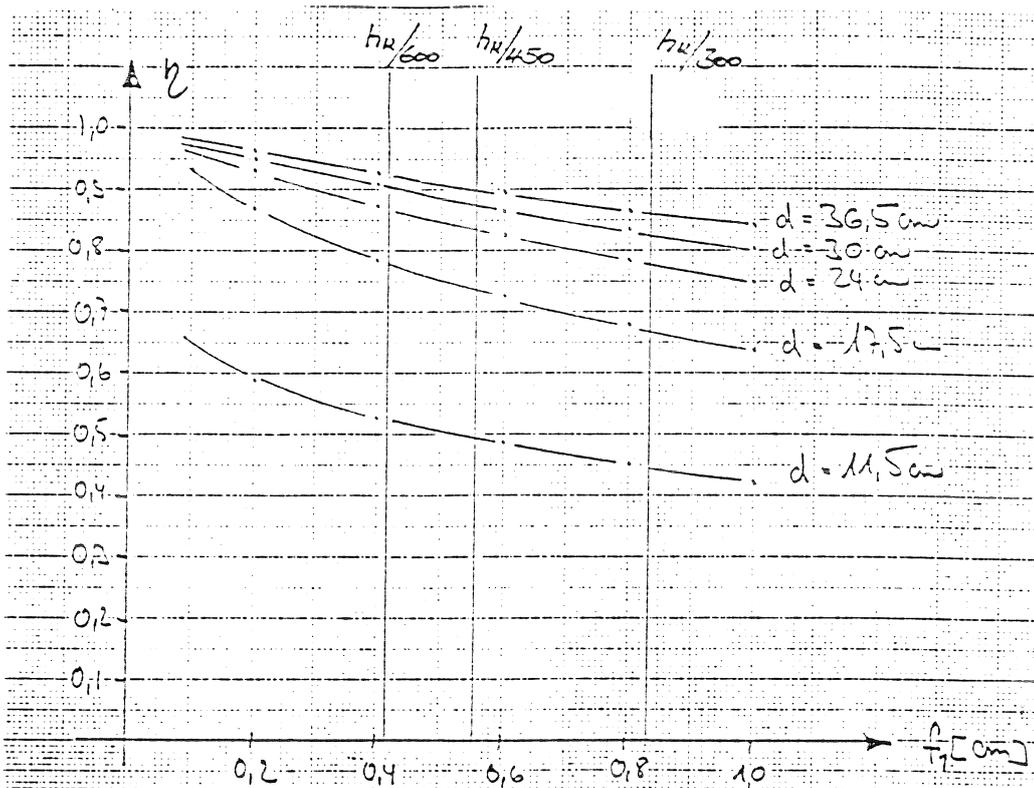


Bild 5: Abnahme der aufnehmbaren Wandauflast in Abhängigkeit von der Wanddicke

Bild 5 zeigt die Auswertung für Mauerwerksdicken zwischen 36,5 cm und 11,5 cm. Die Kurven für $d = 24$ cm und $d = 17,5$ cm fallen stärker als die übrigen im Bereich $f_1 = h_K/600$ bis $f_1 = h_K/300$. Dies ist in Übereinstimmung mit Bild 3, wo die entsprechenden Kurven im Schlankheitsbereich $8 < \bar{\lambda} < 16$ die größte Neigung aufweisen. Wegen der niedrigeren Ausnutzungsgrade ist bei einem Vergleich von $f_1 = 0,8$ cm zu $f_1 = 0,4$ cm der prozentuale Rückgang an Tragfähigkeit um so größer, je dünner die Wand ist. Während sich so für $d = 36,5$ cm die Tragfähigkeit nur um 6,6% reduziert ergibt sich für $d = 17,5$ cm bereits eine Reduktion von 13,8% und für $d = 11,5$ cm trotz kleinerem absolutem Abfall eine größere Reduktion von 14,5%. Somit reagieren dünne Wände wesentlich empfindlicher auf die Größe der anzusetzenden Imperfektion als dicke.

2.3 Einfluß des Verlaufs der Ausmittigkeit über die Wandhöhe

2.3.1 Verschiedene Ansätze für den Verlauf der "Ersatzausmitten"

In DIN 1053 Teil 2 ist die ungewollte Ausmitte sinusförmig anzusetzen. Die gemeinsamen europäischen Regeln für Mauerwerksbauten sehen im EC 6 z.Zt. einen konstanten Verlauf der ungewollten Ausmitte vor. In Regelwerken für andere Baustoffe sind z.B. affine Vorverformungen (Stahlbeton) oder parabelförmige Vorverformungen (Stahlbau) vorgeschrieben. Für den gelenkig gelagerten Einfeldträger unter Längsbeanspruchung ist die Sinusform die affine Vorverformung. Ein Vergleich der Auswirkung dieser verschiedenen Ansätze ist über das von ihnen erzeugte Moment möglich. Für Vorverformungen mit gleicher maximaler Ordinate f_1 ergibt sich für das nach Theorie II. Ordnung erzeugte Moment in Stabmitte bei sinusförmiger Vorverformung:

$$M_1^{\text{II}} = N \cdot f_1 \cdot \frac{1}{1 - \varepsilon^2 / \pi^2} \quad (2.13)$$

bei parabelförmiger Vorverformung:

$$M_2^{\text{II}} = \vartheta \cdot \frac{N \cdot f_1}{\varepsilon^2} \left(\frac{1}{\cos \varepsilon/2} - 1 \right) \quad (2.14)$$

bei konstanter Vorverformung:

$$M_3^{\text{II}} = 2 \cdot N \cdot f_1 \frac{\sin \varepsilon/2}{\sin \varepsilon} \quad (2.15)$$

Hierbei ist jeweils:

$$\varepsilon = h_K \sqrt{\frac{N}{E \cdot I}} \quad (2.16)$$

Ein Vergleich der Momente wird für eine 2,5 m hohe und 17,5 cm dicke Mauerwerkswand der Festigkeitsklasse M 5 mit $E = 400 \times \beta_R$ nach DIN 1053 Teil 2 durchgeführt. Für f_1 ist $h_K/300$ eingesetzt. Nach Bild 5 sollte N nicht über $\eta = 0,7$ gesteigert werden. Damit ergibt sich $\max. N = 0,7 \times 1,0 \times 0,175 \times 4,3 = 0,53 \text{ MN}$

Tabelle 2.1 Momente aus Vorverformung

N [MN/m]	ε [-]	M_1^{II} [kNm/m]	M_2^{II} [kNm/m]	M_3^{II} [kNm/m]	$\Delta 1-2$ [%]	$\Delta 1-3$ [%]
0,1	0,902	0,908	0,910	0,926	0,22	1,98
0,2	1,276	1,996	2,005	2,075	0,45	3,96
0,3	1,562	3,321	3,345	3,521	0,72	6,02
0,4	1,804	4,973	5,021	5,376	0,97	8,10
0,5	2,017	7,088	7,175	7,815	1,23	10,26

Wie Tab. 2.1 zeigt, sind die Unterschiede aus den verschiedenen Annahmen der Form der Vorverformung wesentlich kleiner, als z.B. ihr Flächenverhältnis, das 1 : 1,047 : 1,571 beträgt. Dies rührt daher, daß nur der mittlere Teil der Vorverformungsfigur wesentliche Beiträge für die Theorie II Ordnung liefert, während die randnahen Abschnitte nahezu ohne Einfluß bleiben.

2.3.2 Unterschiede real gemessener Verläufe zur Form der Ersatzausmitte

Die tatsächliche Imperfektion einer Mauerwerkswand ändert sich von Steinlage zu Steinlage sprunghaft. Die in der Anlage aufgeführten Vorverformungsverläufe sind dagegen schon ausgerundet. Diese Verläufe sind oftmals wesentlich weniger füllig, als die für die Ersatzimperfektion ange-setzte Sinuslinie. Etwa die Hälfte weist sogar durchschlagende Linien auf. Außerdem ist der Maximalwert der Vorverformung nicht unbedingt in halber Wandhöhe, sondern oftmals mehr in Randnähe zu finden. Zur Untersuchung des Einflusses der Vorverformungslinien werden hier nachfolgende, ebenfalls schon idealisierte Formen verglichen.

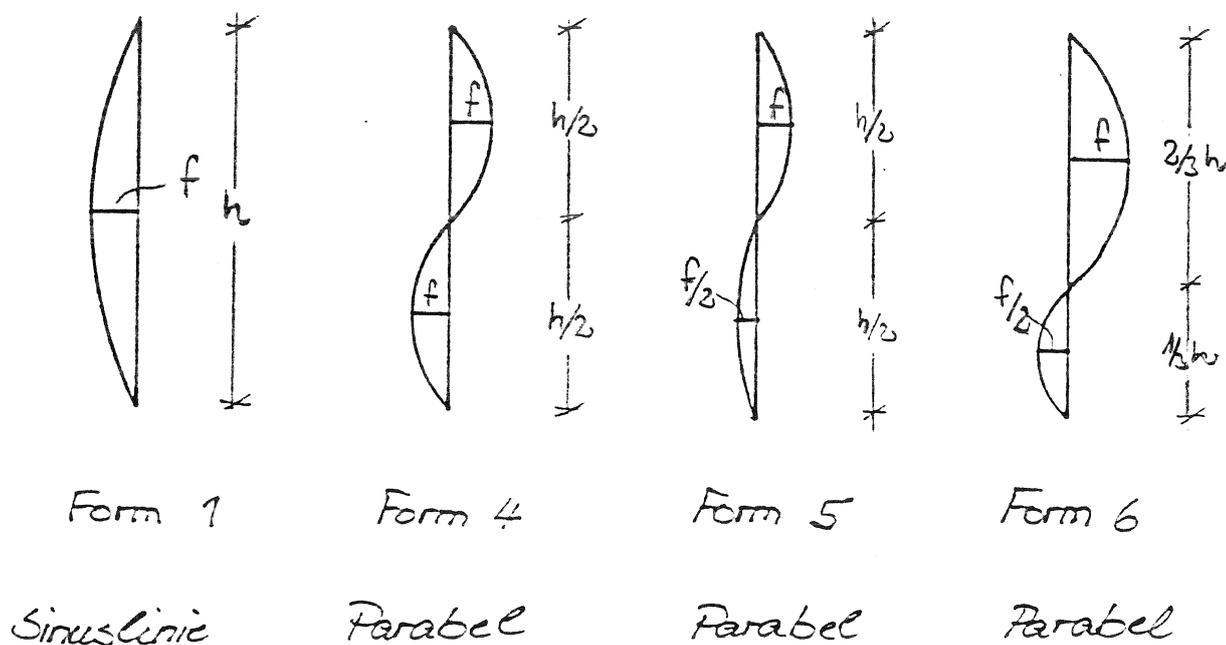


Bild 6: Vergleich mit Vorverformungen, die wechselndes Vorzeichen aufweisen

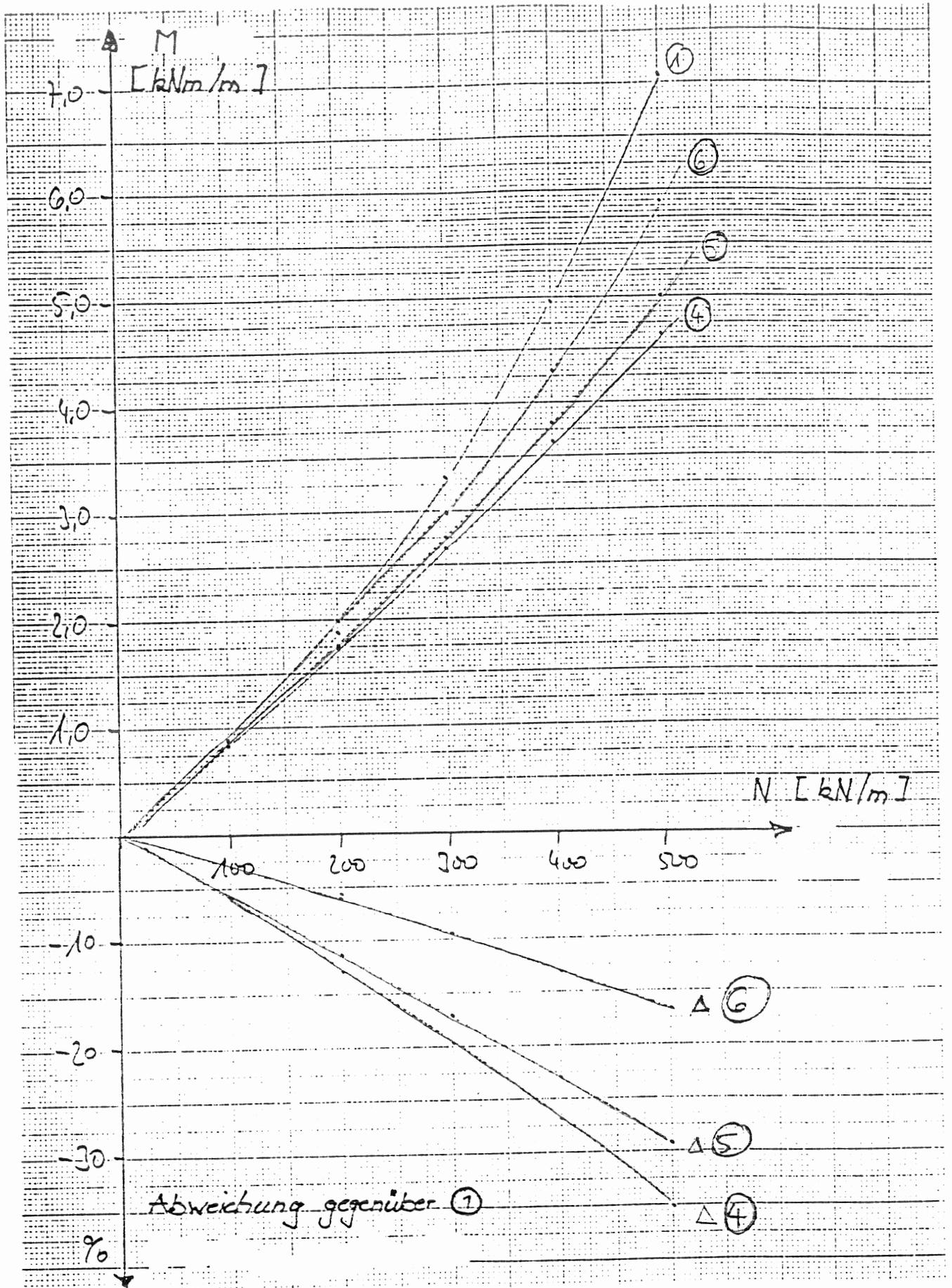


Bild 7: Momentenbeanspruchung aus verschiedenen Vorverformungsfiguren

Der Verlauf Nr. 4 bewirkt keine Momentenbeanspruchung in Stabmitte, er ist auch ein Beispiel für eine ungeeignete Vorverformungsfigur, da er keinen Anteil der niedrigsten Verzweigungsfigur enthält. Es werden hier daher nichtmehr die Momente in Stabmitte miteinander verglichen, sondern die sich am Stab maximal ergebenden Momente.

Man erkennt, daß bei diesen Vorverformungsfiguren mit wechselndem Vorzeichen doch erheblich geringere Beanspruchungen entstehen, wobei das Maß der geringeren Beanspruchung von der Längskraft nahezu linear abhängig ist.

2.4 Pfeiler - Wände

Hier wird nicht auf die möglichen unterschiedlichen Lagerungen von Mauerwerkscheiben eingegangen. Der traglast-erhöhende Effekt mehrseitiger Lagerung wird bei der Ermittlung der Knicklängen berücksichtigt (vgl. DIN 1053 Teil 2, § 6.4.2 [3] oder EC 6, § 4.4.2 [4]) d.h. die Beuluntersuchung wird dort auf einen Ersatzknickstab zurückgeführt. Die Größe der anzusetzenden Imperfektion wird aber direkt von der Ersatzknickstablänge beeinflusst, da sie als Bruchteil dieser Länge und nicht etwa der Geschoßhöhe, definiert ist.

Wegen der besonders in Längsrichtung zu einem erheblichen Teil zufallsverteilt zu erwartenden Ungenauigkeiten ist bei längeren Wänden $l/h > 1$ eine Traglasterrhöhung zu erwarten, da sich Bereiche mit großer Vorverformung in solche mit geringer oder entgegengesetzter Vorverformung einhängen werden bzw. sich gegenseitig stützen werden. Daher sind auch aus Versuchen gewonnene Traglastkurven für imperfekte Scheiben bei entsprechender Normierung immer höher angeordnet als diejenigen von Stäben.

2.5 Einfluß der Steintoleranzen auf die Ausmitte

Die zulässigen Toleranzen der Mauersteine sind in den Steinnormen angegeben. Sie betragen z.B. für Vollziegel und Hochlochziegel bei der Lieferung für ein Bauwerk nach DIN 105 Teil 1 [8] je nach Steinlänge bzw. -breite zwischen 6 und 12 mm d.h. etwa 4 bis 5 % des Nennmaßes. KS-Steine nach DIN 106 Teil 1 [9] müssen dagegen höhere Genauigkeitsanforderungen einhalten, die zulässige Toleranz beträgt für den Einzelwert ± 3 mm unabhängig vom Format. Bei der Herstellung einer Wand entlang der Richtschnur könnten sich damit maximal ungewollte Ausmitten von 3 bis 6 mm ergeben. Bei einem Ansatz von $h_K/300$ und $h_K = 2,5$ m ergibt sich f_1 zu 8,3 mm. Bei ungünstigster Anordnung der Steine würde sich ein großer Anteil von f_1 also allein aus den Steintoleranzen ergeben.

Wie groß der Ebenheitsunterschied zwischen der "guten" Wandseite an der Richtschnur und der "schlechten" gegenüberliegenden Wandseite tatsächlich ist, kann nur über beidseitige Wandmessungen abgeschätzt werden.

3. Meßprogramm

3.1 Beschreibung des Meßprogrammes

Für die Messungen wurden insgesamt 10 Wohngebäude ausgewählt. Davon lagen 4 Gebäude in Norddeutschland im Raum Hannover und Braunschweig, 5 Gebäude in Süddeutschland im Raum Karlsruhe und 1 Gebäude in Liederbach bei Frankfurt.

In Tabelle 1 sind die Gebäude sowie die vorkommenden lichten Geschoßhöhen, Wanddicken und Steinarten angegeben. Die lichten Geschoßhöhen betragen danach zwischen 2,50 m und 3,18 m. Es sind die im Wohnungsbau üblichen Wanddicken von 11,5 cm bis 30 cm erfaßt. Die untersuchten Wände bestehen in der Mehrzahl der Fälle aus Kalksandsteinen oder Mauerziegeln, bei einem Gebäude aus Hohlblocksteinen.

Meßvorhaben	Kennbuchstabe	lichte Geschoßhöhen [m]	Wanddicken [cm]	Steinart
Reihenhäuser in Hannover-Buchholz	A	2,63	11,5 17,5 24,0	KS
Reihenhäuser in Hannover-Badenstedt	B	2,63	17,5	Mz
Mehrfamilienhäuser in Liederbach	C	2,62	24,0	KS Hbl
Wohnheim in Hannover-Roderbruch	D	3,18 2,53 2,67 2,52	24,0	KS
Wohnheim in Braunschweig	E	2,62	24,0	KS
Mehrfamilienhaus in Karlsruhe	F	2,50	24,0 30,0	KS Mz
Reihenhäuser in Viernheim	G	2,585 3,01	11,5 17,5 30,0	KS Mz
Mehrfamilienhaus in Karlsruhe	H	2,57	11,5 24,0	KS Mz
Mehrfamilienhaus in Wiesloch	I	2,50 2,62	11,5 24,0 30,0	Mz
Reihenhäuser in Karlsruhe	K	2,52	17,5 24,0 30,0	KS

Tabelle 1: Verzeichnis der Meßvorhaben mit Angaben über die vermessenen Wände

Weitere Angaben über die Gebäude und Meßstellen sind in der Anlage zu diesem Forschungsbericht zusammengestellt. Eine tabellarische Aufarbeitung der Ergebnisse ist im folgenden Abschnitt angegeben.

Um den Einfluß der Steintoleranzen bei einer einseitigen Messung im Hinblick auf den Verlauf der Wandachse besser beurteilen zu können, wurde in etwa der Hälfte der Fälle eine Vermessung auf beiden Seiten der Wand durchgeführt.

Bei jeder Messung wurde die Lotabweichung der Wand in halber Wandhöhe, am Wandkopf und in den Viertelpunkten, bezogen auf den Wandfußpunkt, festgestellt. Die Messungen wurden mit Hilfe einer eigens angefertigten Meßplatte durchgeführt.

3.2 Beschreibung der Meßlatte

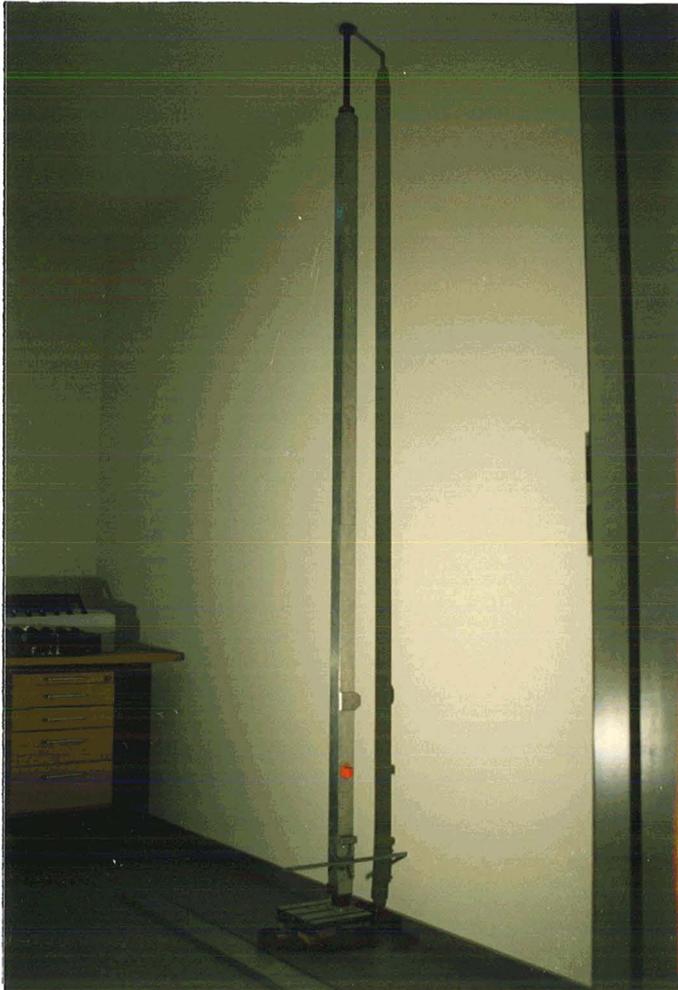


Bild 1

Die Meßlatte besteht aus einem Leichtmetallrohr mit quadratischem Querschnitt (Bild 1). Dieses Rohr wird mit Hilfe eines Zapfens auf einen Kreuzschlitten gesetzt (Bild 2). Zapfen und Kreuzschlitten sind gelenkig mit einander verbunden. Am oberen Ende befindet sich im Rohr eine Gewindestange, die herausgezogen werden kann (Bild 3). Dadurch wird die Länge der Meßlatte an unterschiedliche lichte Geschoßhöhen angepaßt. Die Gewindestange ist oben mit einem Hartgummipolster versehen. Nachdem die Gewindestange bis zur Decke herausgezogen ist, wird sie am Leichtmetallrohr durch eine Rändelmutter verspannt.

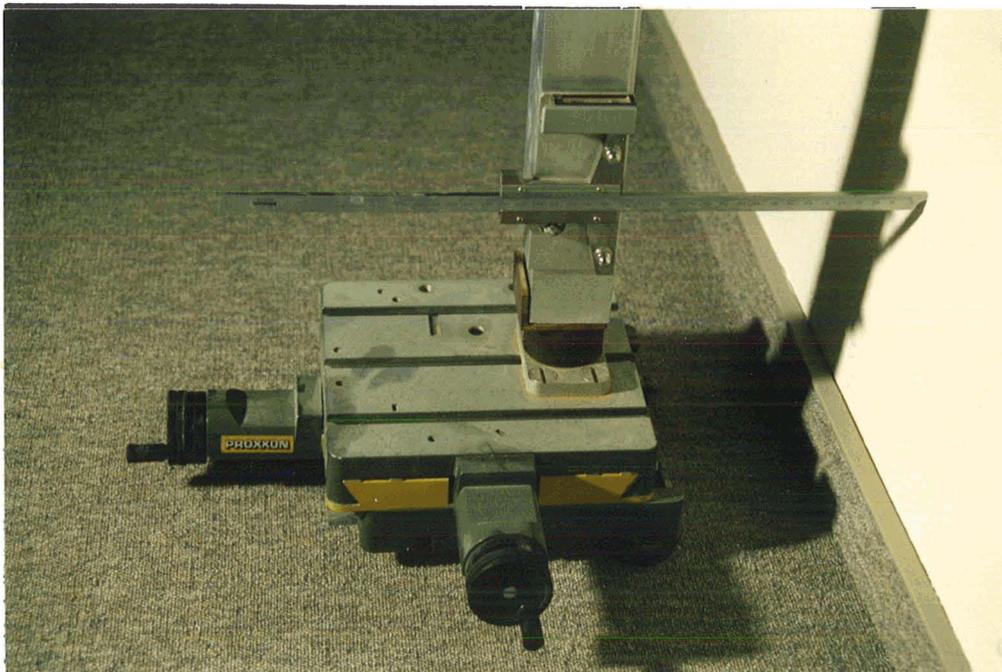


Bild 2



Bild 3

Durch die gelenkige Verbindung zwischen Rohr und Kreuzschlitten ist eine lotrechte Ausrichtung der zwischen Decke und Fußboden gespannten Meßvorrichtung möglich. Am Rohr gleitet parallel zur Rohrachse ein Meßanschlag (Bild 4). Auf diesem Meßanschlag ist eine Tiefenmeßlehre so befestigt, daß damit der Abstand vom Rohr zur Wand ermittelt werden kann. Außer der Tiefenmeßlehre ist der Meßanschlag mit einer Dosen- und einer Röhrenlibelle versehen (Bild 5).

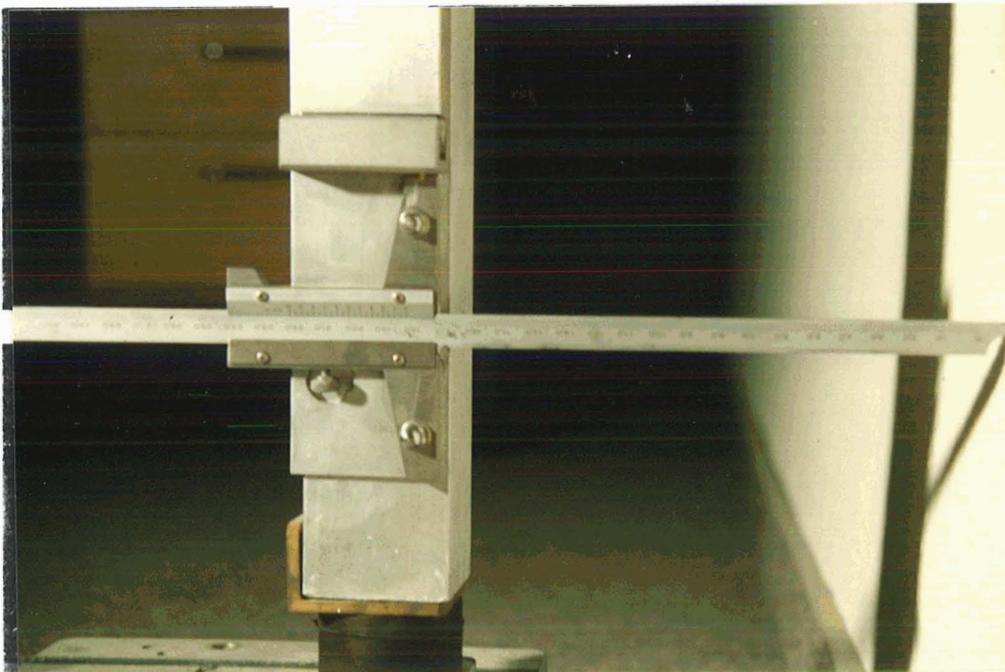


Bild 4

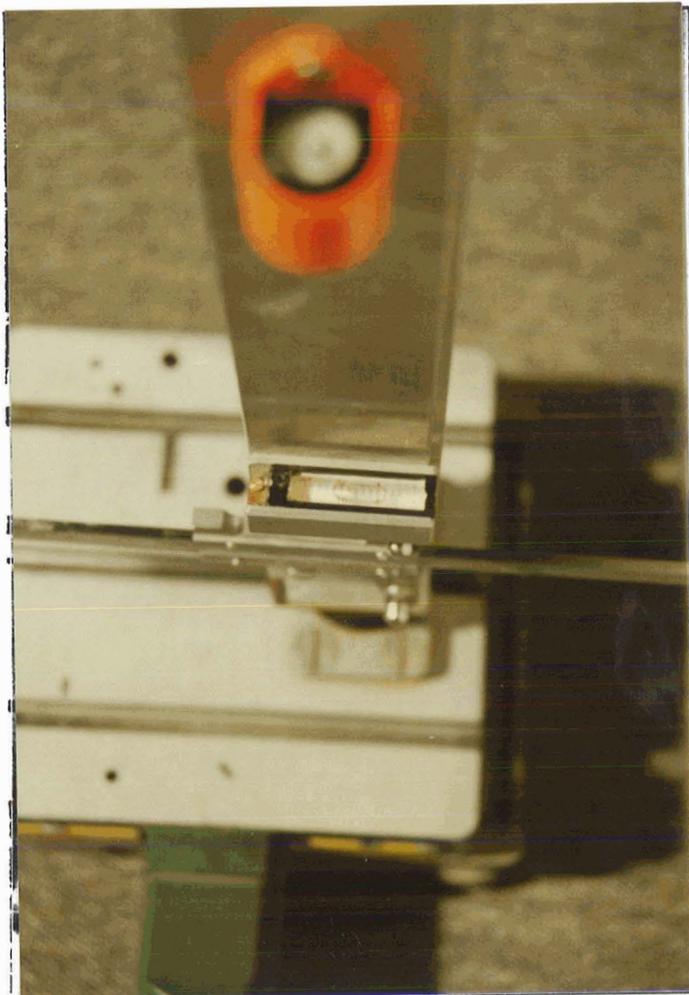


Bild 5

Nach Aufstellung des Kreuzschlittens wird das Leichtmetallrohr aufgesetzt und mit Hilfe der Gewindestange zwischen Fußboden und Decke gespannt. Danach wird dann mit Hilfe der Dosenlibelle der Kreuzschlitten so verschoben, daß das Rohr senkrecht steht. Anschließend wird mit Hilfe der Röhrenlibelle die lotrechte Aufstellung in der Ebene rechtwinklig zur Wandebene kontrolliert und erforderlichenfalls korrigiert. Bei der verwendeten Röhrenlibelle handelt es sich um eine 60-Sekunden-Libelle.

Das quadratische Leichtmetallrohr wurde auf einem Richttisch geprüft. Die maximale Durchbiegung des Rohres wies einen Stich von $1/10$ mm auf.

4. Meßergebnisse

Gemäß den in 3.2 beschriebenen Meßprogramm wurden an insgesamt 216 Wandschnitten zwischen 5 und 7 Messungen durchgeführt. Zur Abschätzung des in 2.5 angesprochenen Einflusses der Steintoleranzen wurden 114 Wandschnitte beidseitig vermessen. Die an zehn Objekten gesammelten Meßergebnisse sind mit einer kurzen Dokumentation in der Anlage zusammengestellt.

Die für die weitere Auswertung wichtigen Ergebnisse werden nachfolgend in Tabellenform zusammengefaßt. Neben der Meßstelle und den aus den Messungen errechneten Abweichungen sind noch die Wandhöhe h_s und die Wanddicke d angegeben. Beiseitige Messungen sind durch die Angabe der Nummer der Meßstelle des gegenüberliegenden Wandschnittes in Klammern kenntlich gemacht. Die drei letzten Spalten enthalten Auswertungsergebnisse nach 5. Angegeben werden die Wandschiefstellung $\varphi = 1/\text{Tabellenwert}$ und die maximale Abweichung von der Schiefstellung e_{\max} , sowie die Stelle an der sich Δe_{\max} ergibt. Die Objektbezeichnung entspricht dabei dem in der Anlage gewählten Kennbuchstaben.

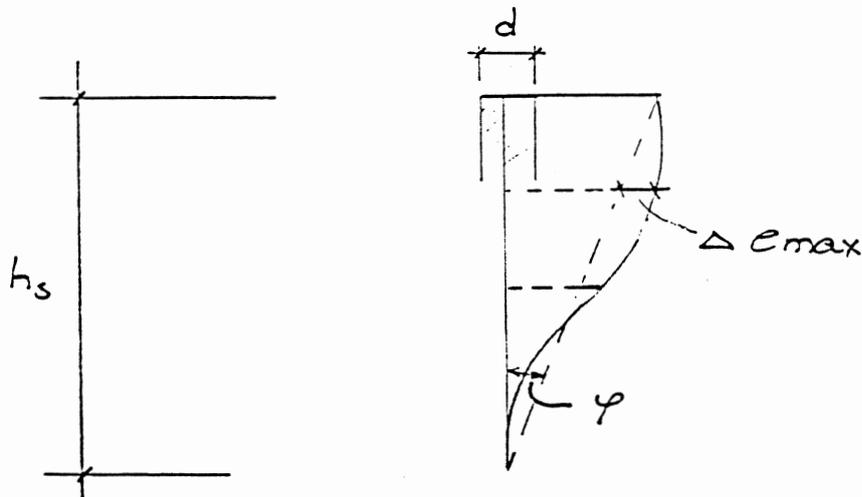


Bild 4.1 Erläuterung der wesentlichen Tabellenwerte

Zusammenstellung und Auswertung der Messdaten

Projekt A

Mess- stelle	Lotabweichung in [mm] bei h/hs					hs [m]	d [cm]	φ 1/..	Δe _{max} [mm]	in h/hs
	0	1/4	1/2	3/4	1					
1	0	- 2,80	+ 4,10	+ 3,20	+ 1,70	2,63	17,5	1547	3,25	1/2
2	0	+ 0,00	+ 1,00	- 4,40	- 3,65	2,63	11,5	721	2,83	1/2
3	0	+ 0,70	+ 0,55	- 0,80	+ 1,40	2,63	17,5	1879	1,85	3/4
4 (5)	0	+ 0,20	- 2,10	+ 0,35	+ 2,30	2,63	11,5	1144	3,25	1/2
5 (4)	0	- 1,00	- 3,45	- 0,35	- 0,60	2,63	11,5	4383	3,15	1/2
6	0	- 2,85	- 6,00	- 5,45	- 4,55	2,63	17,5	578	3,73	1/2
7 (8)	0	+ 1,15	- 1,25	- 1,10	+ 1,40	2,63	24	1879	1,95	1/2
8 (7)	0	+ 1,00	- 1,60	- 1,60	- 0,55	2,63	24	4782	1,33	1/2
9	0	+ 1,25	+ 2,50	+ 1,80	- 6,70	2,63	17,5	393	6,83	3/4
10	0	+ 1,40	+10,75	+10,55	+10,60	2,63	17,5	248	5,45	1/2
11	0	- 4,65	- 6,30	- 7,60	- 6,65	2,63	11,5	395	2,98	1/2
12	0	+ 1,13	+ 4,90	+10,95	+ 8,70	2,63	17,5	302	4,43	3/4
13(14)	0	- 2,60	- 3,75	- 3,70	- 0,35	2,63	11,5	7514	3,58	1/2
14(13)	0	-12,80	-14,15	-13,65	-12,40	2,63	11,5	212	9,70	1/4
15	0	- 1,10	+ 1,45	+ 7,80	+ 6,85	2,63	17,5	384	2,81	1/4
16(17)	0	+ 0,15	+ 6,80	+ 2,50	+ 2,80	2,63	24	939	5,40	1/2
17(16)	0	- 1,40	+ 6,70	+ 2,25	+ 2,90	2,63	24	907	5,25	1/2
18	0	+ 3,60	+ 5,50	+ 4,25	+ 3,65	2,63	17,5	721	3,68	1/2

Projekt B

Mess- stelle	Lotabweichung in [mm] bei h/hs					hs [m]	d [cm]	φ 1/...	Δe_{\max} [mm]	in h/hs
	0	1/4	1/2	3/4	1					
1	0	- 2,90	- 3,35	- 6,70	- 8,15	2,63	17,5	323	0,86	1/4
2	0	+ 0,45	+ 2,50	+ 0,05	- 4,75	2,63	17,5	554	4,88	1/2
3	0	- 0,20	- 3,75	- 6,00	- 8,05	2,63	17,5	327	1,81	1/4
4	0	- 5,35	- 4,45	- 5,60	- 3,05	2,63	17,5	862	4,59	1/4
5	0	+ 1,90	- 5,45	- 5,20	- 2,55	2,63	17,5	1031	4,18	1/2
6	0	+10,25	+ 6,95	+11,55	+11,60	2,63	17,5	227	7,35	1/4
7	0	+ 1,85	+ 4,45	+ 5,90	+ 7,10	2,63	17,5	370	0,90	1/2
8	0	- 2,65	- 0,15	- 2,85	- 0,20	2,63	17,5	13150	2,70	3/4
9	0	+ 2,70	+ 2,40	+ 2,80	+ 4,00	2,63	17,5	658	1,70	1/4
10	0	+ 2,15	+ 3,40	+ 1,10	- 1,05	2,63	17,5	2505	3,93	1/2
11	0	+ 1,05	+ 2,00	+ 1,10	+ 3,50	2,63	17,5	751	1,53	3/4
12	0	- 0,60	- 1,70	- 1,50	- 1,25	2,63	17,5	2104	1,08	1/2
13	0	+ 5,30	+ 3,65	- 2,95	- 2,90	2,63	17,5	907	6,03	1/4

Projekt c

Mess- stelle	Lotabweichung in [mm] bei h/hs					hs [m]	d [cm]	φ 1/...	Δe_{\max} [mm]	in h/hs
	0	1/4	1/2	3/4	1					
1	0	+ 3,80	+ 3,60	+ 1,50	+ 2,50	2,62	24	1048	3,18	1/4
2	0	- 0,05	+ 1,30	- 2,85	- 1,79	2,62	24	1464	2,20	1/2
3	0	- 0,60	- 4,20	- 1,45	- 7,60	2,62	24	345	4,25	3/4
4	0	+ 3,85	+ 4,10	+ 5,20	+ 3,40	2,62	24	771	3,00	1/4
5	0	- 1,90	- 7,30	- 4,80	- 6,55	2,62	24	400	4,03	1/2
6	0	+ 4,25	+ 5,15	+ 3,50	+ 0,65	2,62	24	4031	4,83	1/2
7 (8)	0	+ 3,65	+ 4,60	+ 4,00	+ 3,75	2,62	24	699	2,73	1/2
8 (7)	0	- 3,35	- 4,75	- 5,70	- 5,85	2,62	24	448	1,89	1/4
9	0	- 3,90	- 9,50	- 5,50	- 4,45	2,62	24	589	7,28	1/2
10	0	- 2,25	- 1,55	- 9,00	- 3,10	2,62	24	845	6,68	3/4
11	0	- 0,90	- 3,15	- 3,35	- 0,90	2,62	24	2911	2,70	1/2

Projekt D

Mess- stelle	Lotabweichung in [mm] bei h/hs					hs [m]	d [cm]	φ 1/..	Δe_{\max} [mm]	in h/hs
	0	1/4	1/2	3/4	1					
1	0	+ 1,25	+ 4,25	+ 2,30	- 1,85	3,18	24	1719	5,18	1/2
2	0	+ 3,45	+ 4,00	+ 4,05	- 0,20	3,18	24	15900	4,20	3/4
3	0	- 0,80	+ 0,45	- 0,65	- 2,75	2,53	24	920	1,83	1/2
4	0	+ 0,60	+ 2,95	+ 4,80	+ 0,35	2,67	24	7629	4,54	3/4
5	0	- 2,20	- 2,05	- 0,90	- 2,10	2,67	24	1271	1,68	1/4
6	0		+ 2,55	+ 2,20	+ 4,10	2,62	24	639	0,88	3/4
7 (8)	0	+ 0,90	+ 2,15	+ 3,00	+ 5,50	2,62	24	476	1,13	3/4
8 (7)	0	+ 1,35	+ 1,90	+ 0,80	- 3,10	2,62	24	845	3,45	1/2
9	0	- 2,00	- 2,80	+ 0,50	- 0,80	2,62	24	3275	2,40	1/2
10	0	- 0,50	+ 2,45	+ 1,40	+ 2,65	2,62	24	989	1,16	1/4
11(12)	0	- 2,00	- 0,45	+ 2,50	+ 5,05	2,62	24	518	3,26	1/4
12(11)	0	- 2,30	- 5,35	- 0,05	+ 0,85	2,62	24	3082	5,78	1/2
13(14)	0	+ 0,70	- 0,90	+ 2,40	- 1,40	2,62	24	1871	2,75	3/4
14(13)	0	- 2,85	- 3,20	- 0,80	- 1,20	2,62	24	2183	2,60	1/2
15	0	+ 1,10	+ 6,00	+ 5,50	- 1,95	2,62	24	1344	6,98	1/2
16(17)	0	+ 3,10	+ 3,10	+ 4,30	+ 5,10	2,62	24	514	1,83	1/4
17(16)	0	- 2,70	- 3,45	- 2,50	- 0,60	2,62	24	4367	3,15	1/2
18(19)	0	- 2,35	+ 4,00	+ 4,85	+11,40	2,62	24	230	5,20	1/4
19(18)	0	+ 4,60	+ 1,65	+ 0,25	+ 8,00	2,62	24	328	5,75	3/4
20(21)	0	+ 3,10	+ 2,55	+ 3,85	+ 3,85	2,62	24	680	2,14	1/4
21(20)	0	- 1,60	- 2,80	- 4,35	- 0,85	2,62	24	3082	3,71	3/4

Projekt E

Mess- stelle	Lotabweichung in [mm] bei h/hs				hs [m]	d [cm]	φ 1/..	Δe_{\max} [mm]	in h/hs	
	0	1/4	1/2	3/4						1
1 (2)	0	+ 0,80	+ 0,20	- 0,07	+ 2,05	2,62	24	1278	1,61	3/4
2 (1)	0	+ 0,95	- 0,10	- 0,35	+ 4,65	2,62	24	563	3,84	3/4
3 (4)	0	+ 0,20	+ 1,65	- 1,85	- 5,20	2,62	24	504	4,25	1/2
4 (3)	0	- 0,90	- 0,30	- 2,65	- 7,45	2,62	24	352	3,43	1/2
5 (6)	0	+ 4,95	+ 2,30	+ 2,35	- 6,20	2,62	24	423	7,00	3/4
6 (5)	0	+ 1,30	- 5,80	- 7,05	-14,90	2,62	24	176	5,03	1/4
7 (8)	0	- 1,35	+ 1,15	+ 1,90	+ 0,65	2,62	24	4031	1,51	1/4
8 (7)	0	- 1,50	+ 0,30	+ 1,40	+ 1,40	2,62	24	1871	1,85	1/4
9	0	- 3,65	+ 1,35	+ 2,40	+ 4,00	2,62	24	655	4,65	1/4
10(11)	0	+ 0,85	+ 0,90	+ 1,75	+ 1,05	2,62	24	2495	0,96	3/4
11(10)	0	+ 0,45	+ 0,70	+ 0,15	- 0,10	2,62	24	26200	0,75	1/2
12(13)	0	+ 0,75	- 0,60	-11,55	-15,15	2,62	24	173	6,98	1/2
13(12)	0	+ 0,85	- 1,65	- 3,75	- 4,05	2,62	24	647	1,86	1/4
14(15)	0	+ 0,70	+ 3,35	+ 2,55	+ 1,25	2,62	24	2096	2,73	1/2
15(14)	0	- 0,10	+ 2,80	+ 2,65	+ 1,70	2,62	24	1541	1,95	1/2
16(17)	0	- 0,10	- 4,45	- 5,15	- 8,00	2,62	24	328	1,90	1/4
17(16)	0	- 1,90	- 7,60	- 9,30	-11,20	2,62	24	234	2,00	1/2
18(19)	0	+ 4,30	+ 4,65	+ 7,15	+10,60	2,62	24	247	1,65	1/4
19(18)	0	+ 2,60	+ 1,60	+ 4,40	+ 7,30	2,62	24	359	2,05	1/2
20(21)	0	+ 1,50	+ 0,40	+ 2,10	- 0,15	2,62	24	17467	2,21	3/4
21(20)	0	+ 0,50	- 1,50	+ 1,75	- 0,15	2,62	24	17467	1,86	3/4
22(23)	0	+ 0,90	+ 0,35	- 0,60	- 0,80	2,62	24	3275	1,10	1/4
23(22)	0	- 0,70	- 2,55	- 3,85	- 8,30	2,62	24	316	2,38	3/4
24(25)	0	+ 2,45	+ 5,80	+ 7,45	+ 6,10	2,62	24	429	2,88	3/4
25(24)	0	- 0,05	- 6,40	- 5,20	- 5,00	2,62	24	524	3,90	1/2
26(27)	0	+ 0,05	+ 1,80	+ 4,20	+ 5,15	2,62	24	509	1,24	1/4
27(26)	0	+ 0,10	- 0,20	+ 1,20	+ 4,15	2,62	24	631	2,28	1/2

Projekt F

Mess- stelle	Lotabweichung in [mm] bei h/hs					hs [m]	d [cm]	φ 1/..	Δe_{\max} [mm]	in h/hs
	0	1/4	1/2	3/4	1					
1	0	- 1,15	- 3,55	- 6,55	- 5,75	2,50	24	435	2,24	3/4
2	0	+ 1,40	+ 2,40	- 1,00	- 3,70	2,50	24	676	4,25	1/2
3	0	+ 0,30	+ 1,35	+ 0,70	+ 1,35	2,50	24	1852	0,68	1/2
4	0	+ 1,05	- 0,03	- 0,65	- 1,05	2,50	24	2381	1,31	1/4
5	0	- 0,70	- 4,08	- 8,70	-11,70	2,50	30	214	2,23	1/4
6	0	+ 0,30	+ 1,80	- 1,20	- 1,10	2,50	24	2273	2,35	1/2
7 (8)	0	- 3,20	- 1,48	- 4,10	- 6,60	2,50	30	379	1,82	1/2
8 (7)	0	- 5,65	- 0,05	- 0,75	- 7,25	2,50	30	345	4,69	3/4
9	0	- 2,25	- 6,05	- 7,85	-10,35	2,50	30	242	0,88	1/2
10	0	- 4,80	- 6,15	- 9,35	- 3,95	2,50	30	633	6,39	3/4
11	0	- 0,15	- 1,55	- 2,65	- 0,95	2,50	24	2632	1,94	3/4
12(13)	0	+ 1,20	+ 1,37	+ 1,40	+ 1,60	2,50	30	1563	0,80	1/4
13(12)	0	- 1,25	+ 3,43	+ 2,10	+ 2,60	2,50	30	962	2,13	1/2
14	0	- 0,05	+ 0,17	- 3,00	- 6,55	2,50	24	382	3,45	1/2
15	0	+ 0,35	+ 2,12	+ 4,25	+ 2,15	2,50	24	1163	2,64	3/4
16(17)	0	+ 2,10	- 0,93	- 1,65	- 1,70	2,50	30	1470	2,53	1/4
17(16)	0	+ 1,10	- 1,32	- 0,25	- 0,40	2,50	30	6250	1,20	1/4
18	0	- 2,20	- 1,38	- 2,15	- 0,20	2,50	24	12500	2,15	1/4
19	0	- 5,45	- 1,40	- 5,45	- 2,55	2,50	24	980	4,81	1/4
20	0	- 4,90	- 4,65	- 7,10	- 8,40	2,50	24	298	2,80	1/4
21	0	- 0,55	+ 0,15	- 0,35	+ 2,35	2,50	24	1064	2,11	3/4
22	0	+ 1,10	+ 1,30	- 1,40	- 4,35	2,50	30	575	3,48	1/2
23	0	+ 0,35	- 3,05	-10,95	-11,55	2,50	30	216	3,19	1/4
24	0	+ 0,40	- 1,33	- 4,55	- 5,30	2,50	24	472	1,73	1/4

Projekt G

Mess- stelle	Lotabweichung in [mm] bei h/hs					hs [m]	d [cm]	φ 1/..	Δe_{\max} [mm]	in h/hs
	0	1/4	1/2	3/4	1					
1	0	- 2,05	- 5,10	- 4,75	- 3,45	2,585	17,5	654	3,13	1/2
2	0	- 0,25	- 3,05	- 3,25	- 3,85	2,585	17,5	671	1,13	1/2
3	0	- 2,95	- 6,85	-10,40	-10,25	2,585	17,5	252	2,71	1/2
4	0	- 4,95	- 8,40	- 6,40	- 8,70	2,585	17,5	297	4,05	1/2
5	0	- 3,60	- 4,58	- 2,95	- 1,85	2,585	17,5	1397	3,66	1/2
6	0	- 5,00	- 5,50	- 0,65	- 5,75	2,585	30	450	3,66	3/4
7	0	- 3,15	- 4,20	- 2,90	- 5,15	2,585	30	502	1,86	1/4
8	0	+ 7,55	+ 2,57	+ 4,70	+ 0,65	2,585	17,5	3977	7,39	1/4
9	0	+ 1,55	+ 1,42	- 5,00	- 4,00	2,585	17,5	646	3,42	1/2
10	0	- 0,60	- 0,25	+ 3,00	- 4,50	2,585	30	574	6,38	3/4
11	0	- 0,70	+ 2,02	+ 5,10	+ 3,40	2,585	17,5	760	2,55	3/4
12	0	- 2,35	- 1,78	- 1,70	- 1,00	2,585	17,5	2585	2,10	1/4
13	0	+ 0,35	- 1,10	+ 2,20	+ 3,60	2,585	17,5	718	2,90	1/2
14	0	- 3,40	- 2,80	- 2,50	- 0,50	2,585	17,5	5170	3,28	1/4
15	0	- 6,10	- 2,10	- 4,25	- 4,95	2,585	17,5	522	4,86	1/4
16	0	+ 0,20	- 2,58	- 3,75	- 4,30	2,585	17,5	601	1,28	1/4
17	0	+ 3,10	+ 0,50	- 0,70	- 1,15	2,585	17,5	2248	3,39	1/4
18	0	+ 0,80	+ 0,37	- 3,75	- 3,40	2,585	17,5	760	2,07	1/2
19	0	- 4,05	+ 1,70	- 3,50	- 2,65	2,585	17,5	975	3,39	1/4
20	0	+ 2,35	+ 0,20	+ 1,55	+ 1,80	2,585	17,5	1436	1,90	1/4
21	0	- 6,50	- 9,73	- 7,25	-12,90	2,585	30	200	3,28	1/2
22	0	- 1,30	- 2,05	- 5,00	- 9,30	2,585	30	278	2,60	1/2
23	0	+ 0,25	+ 2,15	- 1,00	- 6,50	2,585	17,5	398	5,40	1/2
24	0	- 0,60	- 0,40	- 3,20	- 9,30	2,585	17,5	278	4,25	1/2
25	0	+ 3,40	+ 2,72	+ 0,60	- 1,60	2,585	17,5	1616	3,80	1/4
26	0	+ 0,95	+ 0,17	- 2,00	- 0,80	3,01	11,5	3762	1,40	3/4
27	0	+ 1,45	- 6,88	- 7,00	-10,35	3,01	11,5	291	4,04	1/4
28	0	+ 5,05	+10,45	+ 1,00	- 2,10	3,01	30	1433	11,50	1/2
29	0	+ 0,00	+ 2,55	- 0,45	- 5,50	3,01	11,5	547	5,30	1/2

Projekt H

Mess- stelle	Lotabweichung in [mm] bei h/hs					hs [m]	d [cm]	φ 1/..	Δe_{\max} [mm]	in h/hs
	0	1/4	1/2	3/4	1					
1 (2)	0	- 4,70	- 5,05	- 2,30	- 5,65	2,57	24	455	3,29	1/4
2 (1)	0	- 3,55	+ 2,50	+ 6,40	+ 0,80	2,57	24	3212	5,80	3/4
3 (4)	0	- 6,30	- 4,55	- 4,30	- 3,90	2,57	24	659	5,33	1/4
4 (3)	0	- 3,85	- 1,32	- 2,15	- 1,90	2,57	24	1353	3,38	1/4
5 (6)	0	- 2,65	- 7,18	- 4,15	+ 0,20	2,57	24	12850	7,28	1/2
6 (5)	0	- 0,75	- 5,77	- 2,55	+ 1,85	2,57	24	1389	6,70	1/2
7 (8)	0	+ 1,65	+ 5,02	+ 1,70	+ 3,05	2,57	11,5	843	3,50	1/2
8 (7)	0	+ 4,10	+ 5,80	+ 1,25	- 0,40	2,57	11,5	6425	6,00	1/2
9(10)	0	+ 2,40	+ 5,30	+ 4,25	+ 4,55	2,57	24	563	3,03	1/2
10 (9)	0	+ 3,70	+ 6,05	+ 4,60	+ 2,00	2,57	24	1285	5,05	1/2
11(12)	0	+ 0,45	- 5,15	- 3,75	- 4,85	2,57	24	530	2,73	1/2
12(11)	0	+ 3,25	- 2,90	- 1,30	- 3,25	2,57	24	791	4,06	1/4
13(14)	0	- 4,10	+ 0,32	- 0,05	+ 0,20	2,57	11,5	12850	4,15	1/4
14(13)	0	- 2,65	+ 1,85	+ 1,60	+ 1,00	2,57	11,5	2570	2,90	1/4
15	0	- 0,60	+ 0,57	- 1,10	- 0,10	2,57	24	25700	1,03	3/4
16(17)	0	- 3,85	- 5,25	- 5,75	- 3,75	2,57	11,5	685	3,38	1/2
17(16)	0	- 0,20	- 3,55	- 4,90	- 3,30	2,57	11,5	779	2,43	3/4
18(19)	0	+ 0,45	- 0,45	+ 0,25	+ 3,40	2,57	11,5	756	2,30	3/4
19(18)	0	+ 0,60	+ 0,98	+ 2,05	+ 3,25	2,57	11,5	791	0,65	1/2
20(21)	0	- 0,10	+ 3,07	+ 0,55	- 2,70	2,57	24	952	4,42	1/2
21(20)	0	+ 0,75	+ 3,70	- 0,15	- 3,40	2,57	24	756	5,40	1/2
22(23)	0	- 0,30	- 4,30	- 1,80	+ 0,80	2,57	24	3212	4,70	1/2
23(22)	0	- 0,90	- 1,12	+ 1,65	- 4,90	2,57	24	524	5,33	3/4
24(25)	0	- 0,45	- 0,48	- 5,35	- 5,85	2,57	11,5	439	2,45	1/2
25(24)	0	+ 0,95	+ 1,58	- 0,55	- 2,15	2,57	11,5	1195	2,66	1/2

Projekt I

Mess- stelle	Lotabweichung in [mm] bei h/hs					hs [m]	d [cm]	φ 1/..	Δe _{max} [mm]	in h/hs
	0	1/4	1/2	3/4	1					
1 (2)	0	+ 2,45	- 0,13	+ 3,55	- 5,00	2,62	24	524	7,30	3/4
2 (1)	0	+ 1,85	+ 2,73	+ 4,30	- 3,40	2,62	24	771	6,85	3/4
3 (4)	0	+ 3,65	+ 3,17	+ 3,85	+ 4,30	2,62	11,5	581	2,58	1/4
4 (3)	0	+ 2,30	+ 4,03	+ 4,70	+ 3,30	2,62	11,5	758	2,38	1/2
5 (6)	0	+ 4,30	+ 0,85	- 7,35	- 7,85	2,62	24	318	6,26	1/4
6 (5)	0	+ 4,95	+ 2,50	+ 2,75	+ 4,60	2,62	24	543	3,80	1/4
7 (8)	0	+ 2,30	+ 0,95	+ 3,20	- 0,30	2,50	24	8333	3,43	3/4
8 (7)	0	+ 1,45	+ 1,60	+ 4,60	+ 2,15	2,50	24	1163	2,99	3/4
9(10)	0	- 0,35	+ 3,20	+ 3,00	+ 2,15	2,50	24	1163	2,13	1/2
10 (9)	0	- 2,05	+ 1,80	+ 1,45	- 0,80	2,50	24	3125	2,20	1/2
11(12)	0	+ 2,90	+ 7,07	+ 3,80	+ 3,55	2,50	24	704	5,30	1/2
12(11)	0	+ 1,45	+ 4,25	- 0,75	- 2,80	2,50	24	893	5,65	1/2
13(14)	0	- 0,90	+ 2,67	- 3,45	- 2,50	2,62	24	1048	3,92	1/2
14(13)	0	- 1,50	+ 4,12	+ 1,35	- 0,60	2,62	24	4367	4,42	1/2
15(16)	0	- 2,00	- 2,97	+ 0,05	- 3,05	2,62	24	859	2,34	3/4
16(15)	0	- 1,65	- 0,15	+ 1,80	+ 0,45	2,62	24	5822	1,76	1/4
17(18)	0	- 0,60	- 2,40	- 5,10	- 4,70	2,62	24	557	1,58	3/4
18(17)	0	+ 0,15	+ 0,13	- 3,20	- 0,90	2,62	24	2911	2,53	3/4
19(20)	0	- 0,80	- 0,65	+ 5,15	+ 1,35	2,62	24	1941	4,14	3/4
20(19)	0	+ 1,75	+ 5,05	+ 9,25	+ 4,55	2,62	24	576	5,84	3/4
21(22)	0	+ 3,15	+ 2,82	- 3,30	- 2,60	2,62	11,5	1008	4,12	1/2
22(21)	0	+ 0,20	- 0,77	- 4,20	- 2,80	2,62	11,5	936	2,10	3/4
23(24)	0	+ 1,35	- 2,55	- 0,50	- 4,85	2,62	24	540	3,14	3/4
24(23)	0	+ 3,00	- 0,70	+ 0,30	- 0,05	2,62	24	52400	3,01	1/4
25	0	+ 2,00	+ 6,60	+ 1,20	+ 8,90	2,62	30	294	5,48	3/4
26	0	- 5,55	- 7,70	- 5,40	- 3,25	2,62	30	806	6,08	1/2

Projekt K

Mess- stelle	Lotabweichung in [mm] bei h/hs					hs [m]	d [cm]	φ 1/..	Δe _{max} [mm]	in h/hs
	0	1/4	1/2	3/4	1					
1 (2)	0	+ 2,30	+ 0,80	+ 1,05	+ 0,30	2,52	17,5	8400	2,23	1/4
2 (1)	0	- 0,40	- 3,58	- 3,70	- 3,45	2,52	17,5	730	1,86	1/2
3	0	- 1,40	- 2,80	- 4,55	- 2,90	2,52	24	869	2,38	3/4
4	0	- 1,70	- 4,08	- 6,80	- 5,95	2,52	24	424	2,34	3/4
5	0	- 0,40	+ 1,30	- 0,95	- 1,05	2,52	17,5	2400	1,83	1/2
6	0	+ 0,75	- 0,05	+ 0,60	+ 1,15	2,52	17,5	2191	0,63	1/2
7 (8)	0	+ 0,95	+ 5,60	+ 3,00	+ 0,25	2,52	17,5	10080	5,48	1/2
8 (7)	0	- 1,30	+ 5,43	+ 4,80	+ 3,25	2,52	17,5	775	3,81	1/2
9 (10)	0	- 0,15	- 0,43	+ 1,40	+ 3,45	2,52	17,5	730	2,16	1/2
10 (9)	0	+ 1,30	+ 1,88	+ 6,00	+ 6,60	2,52	17,5	382	1,42	1/2
11	0	- 1,00	- 2,23	- 4,45	- 2,95	2,52	30	854	2,24	3/4
12	0	+ 0,85	+ 0,05	+ 0,10	+ 0,50	2,52	30	5040	0,73	1/4
13 (14)	0	+ 0,20	+ 1,00	+ 2,95	+ 5,50	2,52	17,5	458	1,75	1/2
14 (13)	0	+ 0,75	+ 2,10	+ 5,50	+ 5,50	2,52	17,5	458	1,38	3/4
15	0	+ 1,55	- 6,18	- 8,05	- 6,25	2,52	17,5	403	3,36	3/4
16	0	+ 0,60	+ 2,12	+ 1,65	+ 3,60	2,52	17,5	700	1,05	3/4
17	0	- 2,55	- 1,73	- 2,00	- 2,65	2,52	30	951	1,89	1/4
18	0	- 2,00	- 6,23	- 6,80	- 7,85	2,52	30	321	2,31	1/2
19 (20)	0	- 2,65	- 1,85	- 1,50	+ 1,75	2,52	17,5	1440	3,09	1/4
20 (19)	0	- 2,20	+ 2,20	+ 2,30	+ 5,70	2,52	17,5	442	3,63	1/4
21 (22)	0	+ 1,00	- 0,28	- 0,45	- 2,50	2,52	17,5	1008	1,63	1/4
22 (21)	0	+ 1,50	+ 2,15	+ 1,65	- 0,45	2,52	17,5	5600	2,38	1/2

5. Auswertung

Die gesammelten und in den Tabellen in 4. aufgelisteten Ergebnisse werden im Hinblick auf eine anzusetzende Ausmitte und Schrägstellung bei der Berechnung von Mauerwerksbauten ausgewertet.

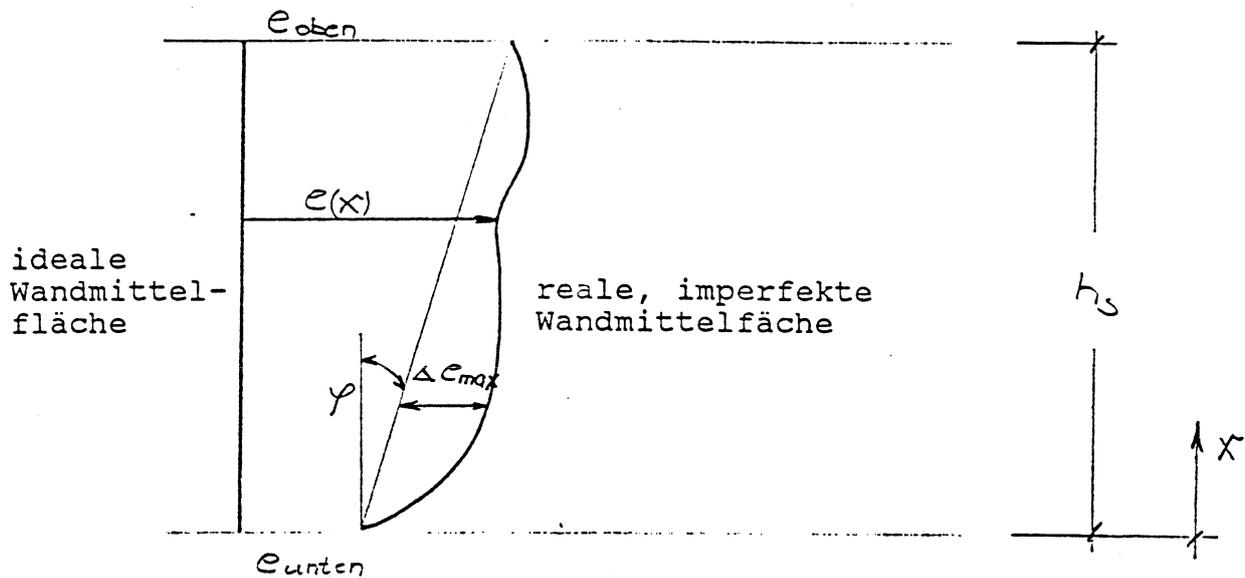


Bild 5.1 Aufteilung der Imperfektionen in Schrägstellung und ungewollte Ausmitte

Die Schrägstellung ergibt sich aus Bild 5.1 zu

$$\gamma = \frac{e_o - e_u}{h_s} \quad (5.1)$$

Für die Ausmitte Δe ist nach Bild 5.1

$$\Delta e = e(x) - e_u - \gamma \cdot x \quad (5.2)$$

zu setzen. Der größte Wert Δe_{\max} , der sich aus den Meßpunkten in verschiedenen Höhen ergibt, ist zusammen mit der Höhenangabe in den Tabellen in 4. aufgelistet.

5.1 Ungewollte Ausmitte

Die nach (5.2) ermittelten maximalen Ausmitten Δe_{\max} werden einer statistischen Untersuchung unterzogen. Dabei werden einmal alle Meßstellen so ausgewertet, daß angenommen wird, daß die gemessenen Wandaußenflächen und die für die Berechnung maßgeblichen Wandmittelflächen den gleichen Verformungs- bzw. Vorverformungsverlauf haben. Eine zweite Auswertung berücksichtigt nur die beidseitigen Messungen, wobei hier die Wandmittelfläche aus den Verformungslinien der Wandvorder- und Wandrückseite gemittelt wird.

5.1.1 Auswertung aller Meßpunkte

Nach den Mauerwerksnormen [1], [2], [3], [4] wird die anzusetzende Ausmitte im Verhältnis zur Knicklänge der betreffenden Wand angegeben:

$$e_{\text{cal}} = f = \frac{h_k}{p} = \beta \cdot \frac{h_s}{p} \quad (5.3)$$

mit $p = 300$ nach DIN 1053 Teil 2

$$p = \left\{ \begin{array}{l} 300 \\ 450 \\ 600 \end{array} \right\} \text{ nach EC 6}$$

Der Knicklängenbeiwert β variiert je nach Art der Lagerung, Lasteintragung und Wanddicke zwischen 0,3 und 1,0. Da dieser Faktor jederzeit nachträglich berücksichtigt werden kann, wird die Auswertung der Meßergebnisse zunächst so vorgenommen, daß Δe_{\max} auf h_s bezogen wird.

Aus den Meßergebnissen ergibt sich damit gemäß Bild 5.2 eine Bandbreite von

$$0,2 \cdot 10^{-3} \leq \frac{\Delta e_{\max}}{h_s} \leq 2,9 \cdot 10^{-3} \quad (5.4)$$

Die Spannweite

$$R = \max(x_i) - \min(x_i) \quad (5.5)$$

wird in Teilintervalle von $0,1 \times 10^{-3}$ Breite unterteilt. Die relative Klassenhäufigkeit ist in Bild 5.2 aufgetragen. Man erkennt die größte Häufigkeit bei etwa $1/3$ des oberen Grenzwertes und die Abflachung zu den großen Werten.

Der häufigste Wert ist

$$\frac{\Delta e_{max}}{h_s} = 0,85 \cdot 10^{-3}$$

entsprechend $\Delta e_{max} = \frac{h_s}{1200}$

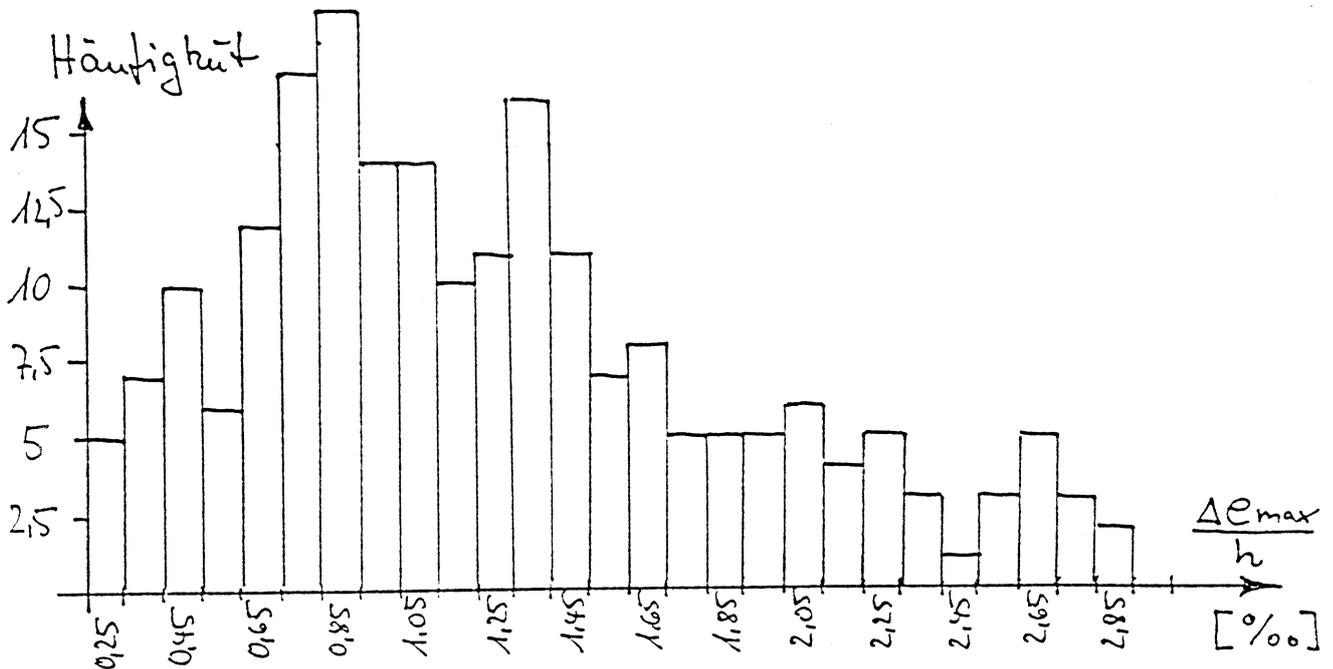


Bild 5.2 Klassenhäufigkeit der ungewollten Ausmitte

Die sich aus der Klassenhäufigkeit ergebende Summenhäufigkeit ist in Bild 5.3 dargestellt.

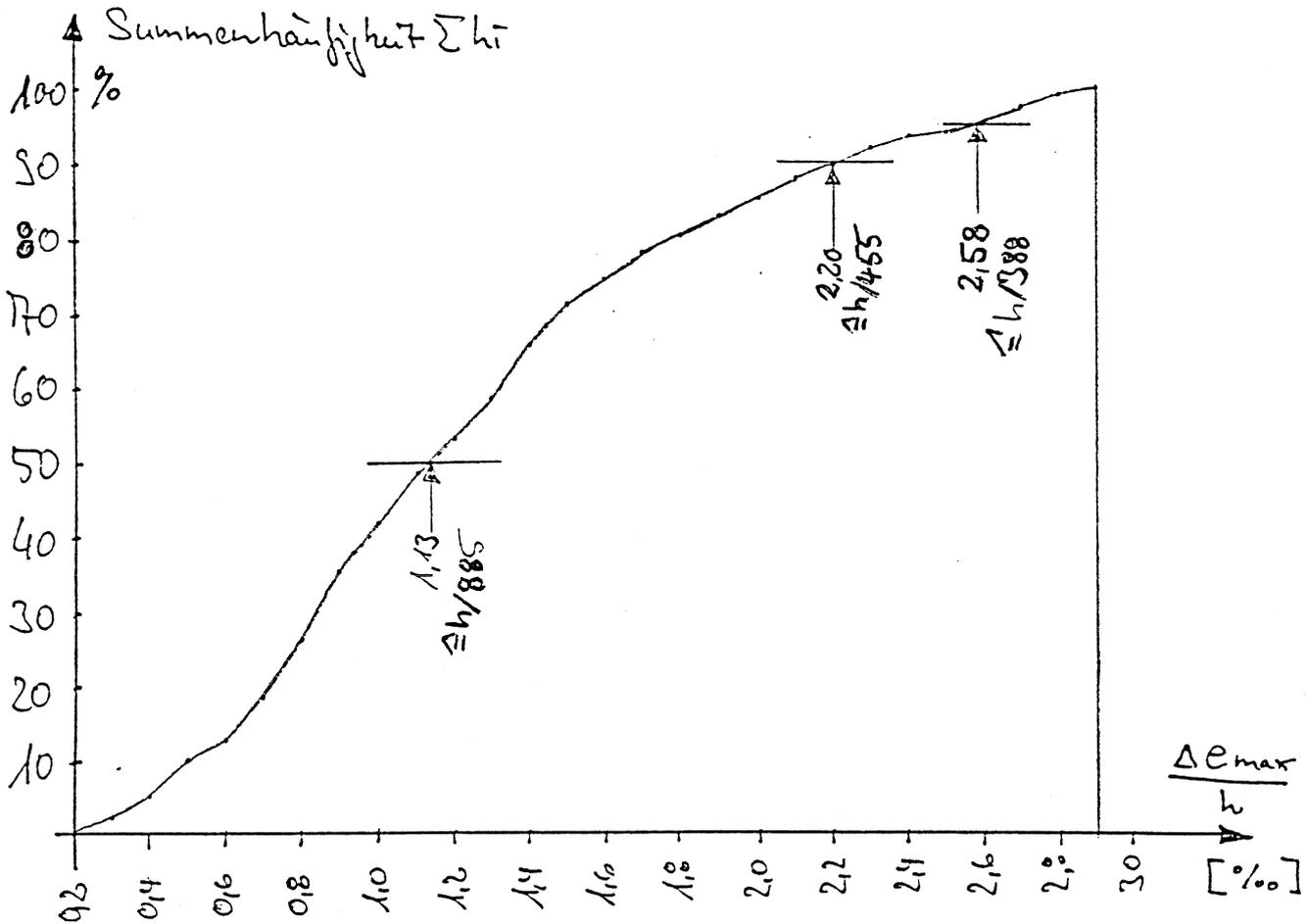


Bild 5.3 Summenhäufigkeit der ungewollten Ausmitte

Der Mittelwert

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (5.6)$$

ergibt sich zu

$$\frac{\Delta e_{max}}{h_s} = 1,249 \cdot 10^{-3}$$

entsprechend

$$\Delta e_{max} = \frac{h_s}{885}$$

Die Varianz

$$s^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \quad (5.7)$$

ergibt sich zu

$$s^2 = 0,4011 \cdot 10^{-6}$$

und daraus die Standardabweichung s zu

$$s = 0,633 \cdot 10^{-3}$$

Für die Definition eines Rechenwertes bieten sich folgende Möglichkeiten an:

- a) 95% Fraktile der Grundgesamtheit nach Owen [12]

$$x_{cal} = \bar{x} + k \cdot s \quad (5.8)$$

Für einen Stichprobenumfang von $n = 216$ und einer Aussagewahrscheinlichkeit von 95% ergibt sich k zu 1,848. Daraus folgt hier

$$\begin{aligned} \frac{\Delta e_{cal}}{h_s} &= (1,249 + 1,848 \cdot 0,633) \cdot 10^{-3} \\ &= 2,419 \cdot 10^{-3} \end{aligned}$$

bzw.

$$\Delta e_{cal} = \frac{h_s}{413}$$

- b) 90 % Fraktile der Stichprobe

$$\frac{\Delta e_{cal}}{h_s} = 2,20 \cdot 10^{-3} \quad (5.9)$$

bzw.

$$\Delta e_{cal} = \frac{h_s}{455}$$

- c) 95 % Fraktile der Stichprobe

$$\frac{\Delta e_{cal}}{h_s} = 2,58 \cdot 10^{-3} \quad (5.10)$$

bzw.

$$\Delta e_{cal} = \frac{h_s}{388}$$

5.1.2 Auswertung der beidseitigen Messungen

Die Auswertung der Ergebnisse für die Wandmittelflächen ergibt nahezu die gleiche Spannweite der Verteilung. Deshalb wird die Klassenteilung wie in 5.1.1 in Teilintervalle von $0,1 \times 10^{-3}$ vorgenommen.

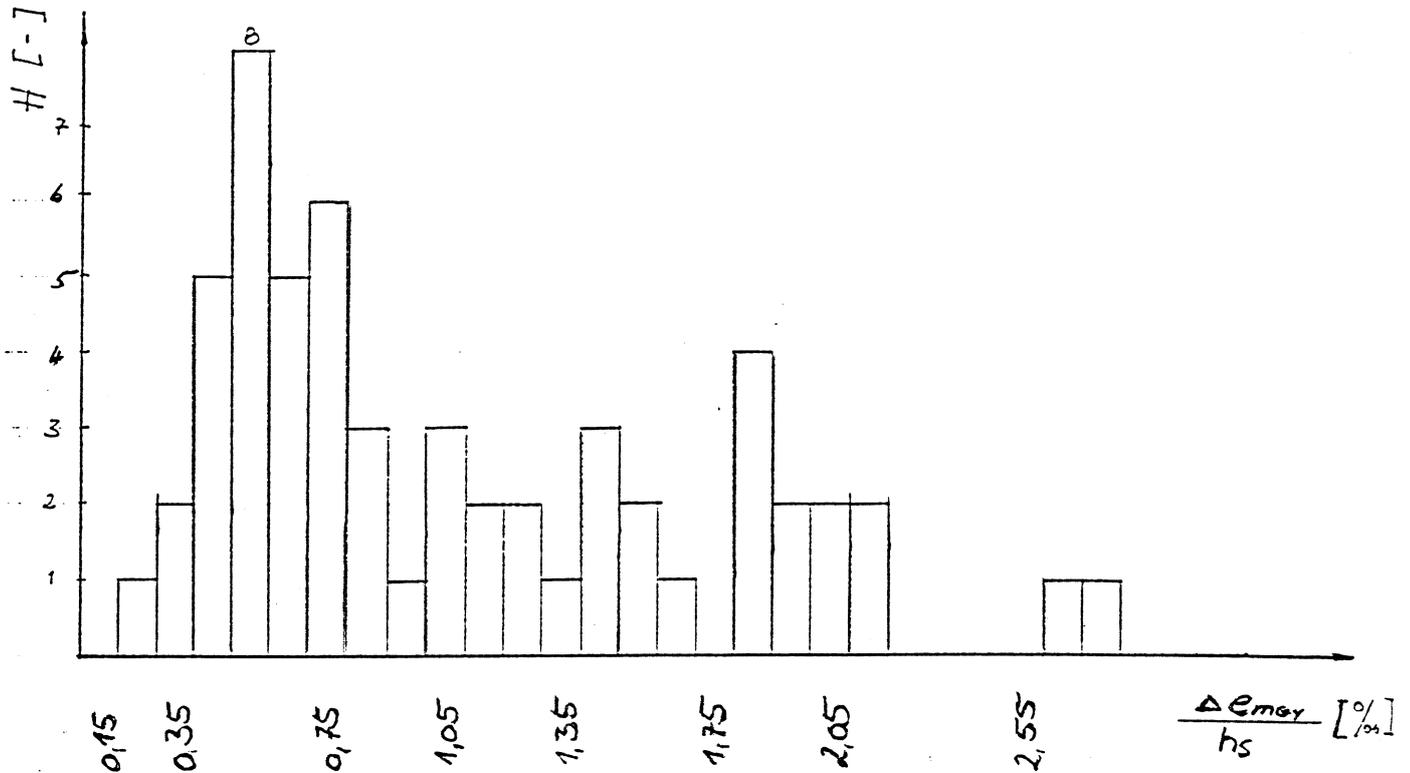


Bild 5.4 Klassenhäufigkeit der ungewollten Ausmitte

Die Darstellung der Klassenhäufigkeit in Bild 5.4 weist einen häufigsten Wert von

$$\frac{\Delta e_{max}}{h_s} = 0,55 \cdot 10^{-3}$$

entsprechend

$$\Delta e_{max} = \frac{h_s}{1820}$$

auf. Die beiden größten Werte sind als Ausreißer zu betrachten, sie werden hier aber wegen der für statistische Zwecke niedrigen Auswahl von Einzelergebnissen zur Abdeckung von Unsicherheiten mit erfaßt. Aus der Summenhäufigkeit nach Bild 5.5 ergibt sich der Mittelwert nach (5.6) zu

$$\frac{\Delta e_{max}}{h_s} = 1,094 \cdot 10^{-3}$$

entsprechend

$$\Delta e_{max} = \frac{h_s}{914}$$

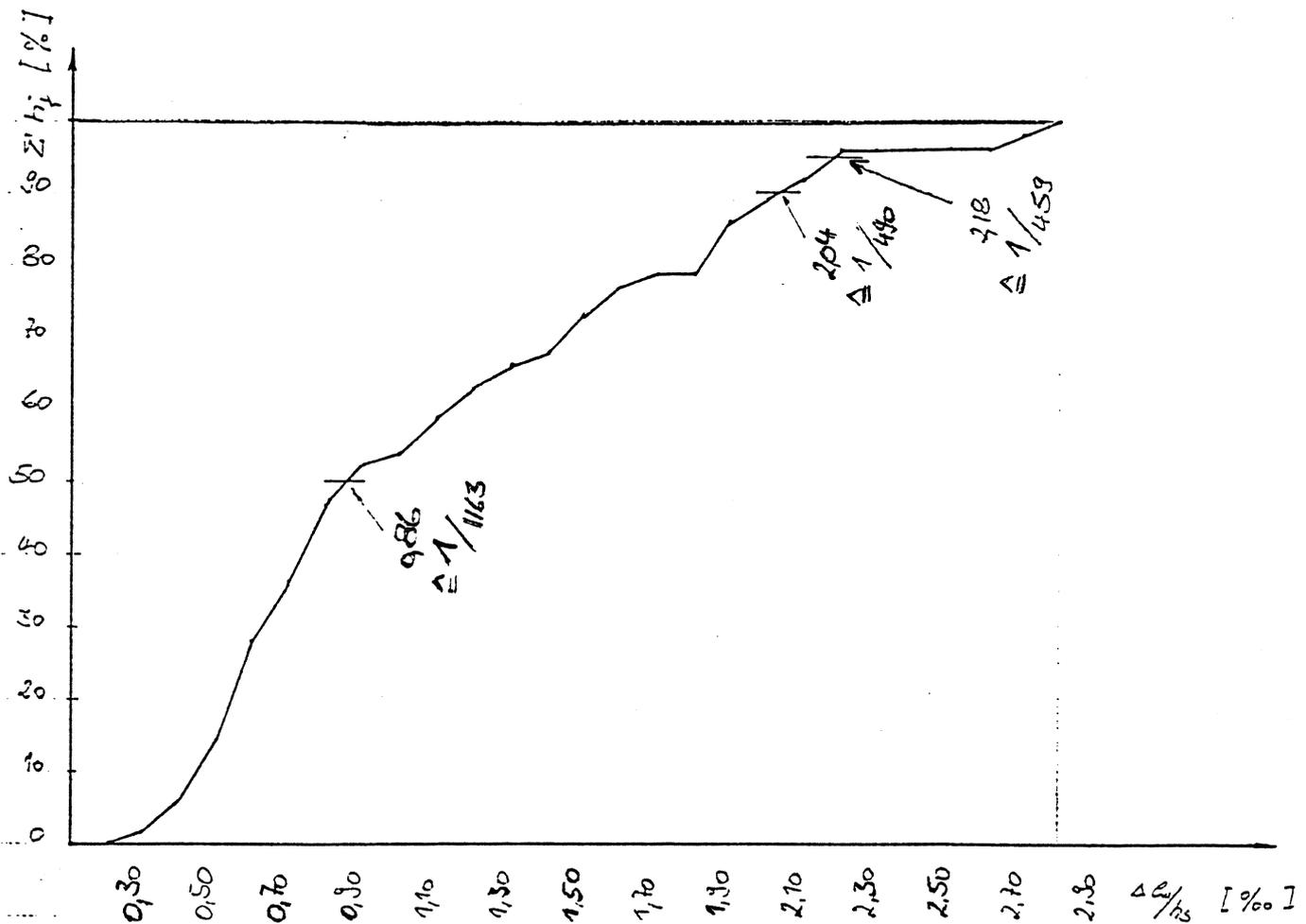


Bild 5.5 Summenhäufigkeit der ungewollten Ausmitte

Die Varianz liegt nach (5.7) bei

$$s^2 = 0,2976 \cdot 10^{-6}$$

und damit die Standardabweichung bei

$$s = 0,545 \cdot 10^{-3}$$

Als mögliche Werte zur Definition ergeben sich analog zu (5.8), (5.9) und (5.10):

- a) 95% Fraktile der Grundgesamtheit nach Owen
 Da hier der Stichprobenumfang $n = 57$ beträgt, ergibt sich bei einer Aussagewahrscheinlichkeit von 95% k zu 2,035.

$$\begin{aligned} \frac{\Delta e_{cal}}{h_3} &= (1,094 + 2,35 \cdot 0,545) \cdot 10^{-3} \\ &= 2,203 \cdot 10^{-3} \end{aligned}$$

entsprechend

$$\Delta e_{cal} = \frac{h_s}{454}$$

b) 90 % Fraktile der Stichprobe

$$\frac{\Delta e_{cal}}{h_s} = 2,04 \cdot 10^{-3}$$

entsprechend

$$\Delta e_{cal} = \frac{h_s}{490}$$

c) 95 % Fraktile der Stichprobe

$$\frac{\Delta e_{cal}}{h_s} = 2,18 \cdot 10^{-3}$$

entsprechend

$$\Delta e_{cal} = \frac{h_s}{459}$$

5.2 Abschätzung weiterer Einflußfaktoren für die Festlegung des Rechenwertes der ungewollten Ausmitte

5.2.1 Vorverformungsfigur

Einflüsse, die eine Verringerung der statistisch gefundenen Werte nahelegen wurden in 2.3.2 und 2.4 angesprochen. Sie liegen in der im allgemeinen sehr ungleichförmigen Verteilung der vorgefundenen Imperfektionen. Die Vorverformungen sind sowohl in horizontaler als auch in vertikaler Richtung wesentlich weniger fällig, als das für die rechnerische anzusetzende Ersatzvorverformung der Fall ist.

Zur näherungsweise Erfassung eines Abminderungsfaktors wird auf die Untersuchungen in 2.3.2 zurückgegriffen. Danach ergaben sich für die untersuchten Vorverformungsfiguren bei dem zugrundegelegten Beispiel die Momente nach Tabelle 5.1.

Tabelle 5.1 Größte Momente aus Vorverformung
 $f_1 = h_K/300$

N [MN/m]	M ^{II} _① [kNm/m]	M ^{II} _④ [kNm/m]	M ^{II} _⑤ [kNm/m]	M ^{II} _⑥ [kNm/m]	M ^I [kNm/m]
0,1	0,908	0,851	0,856	0,801	0,833
0,2	1,996	1,740	1,771	1,871	1,667
0,3	3,321	2,669	2,756	3,003	2,500
0,4	4,973	3,641	3,828	4,322	3,333
0,5	7,088	4,659	5,012	5,908	4,167

Dabei ist in die Tabelle das zugehörige Moment M^I in der letzten Spalte aufgeführt, daß sich aus

$$M^I = N \cdot f_1 \quad (5.11)$$

ergibt.

Den Einfluß der unterschiedlichen Verteilungsformen der Vorverformungen erhält man nun, wenn man nur die Zuwächse aus Theorie II. Ordnung miteinander vergleicht.

$$\Delta M^I = M^I - M^I \quad (5.12)$$

Tabelle 5.2 Momentenzuwachs nach Theorie II. Ordnung

N [MN/m]	ΔM^I _① [kNm/m]	ΔM^I _④ [kNm/m]	ΔM^I _⑤ [kNm/m]	ΔM^I _⑥ [kNm/m]	$\Delta 1-4$ [%]	$\Delta 1-5$ [%]	$\Delta 1-6$ [%]
0,1	0,075	0,018	0,023	0,048	24	30	64
0,2	0,329	0,074	0,104	0,205	22	31	62
0,3	0,861	0,169	0,256	0,503	21	31	61
0,4	1,640	0,308	0,495	0,989	19	30	60
0,5	2,921	0,492	0,846	1,742	17	29	60
				i.M.:	21	30	61

$$\Delta i - k = \frac{\Delta M_k}{\Delta M_i} \cdot 100$$

Ein Überblick auf die gemessenen Ausmitten (siehe Anhang) zeigt, daß etwa die Hälfte der Vorverformungsfiguren einen Verlauf mit wechselndem Vorzeichen haben. Für diese Fälle wären die zugehörigen Maximalordinaten e_{\max} also abzumindern. Der Anteil des Momentenzuwachses am Gesamtmoment steigt mit zunehmender Längskraftbeanspruchung von 8,3 % auf 41,2 % an und beträgt i.M. 25 %.

Ein Abminderungsfaktor für die Verteilung in einer Richtung würde sich mit den obigen Überlegungen wie folgt ergeben:

- a) Annahme, daß 50 % der Vorverformungsfiguren der Sinus-Vorverformung zuzuordnen sind, die weiteren 50 % verteilen sich gleichmäßig auf die Figuren 4 bis 6.
Damit ergibt sich für die Momentenzuwächse ein Reduktionsfaktor von

$$r_1 = 1,0 \cdot 50 \% + \frac{0,21 + 0,30 + 0,61}{3} \cdot 50 \% = 0,687 \quad (5.13)$$

- b) Annahme, daß der Momentenzuwachs aus Theorie II. Ordnung 25 % beträgt. Diese Annahme erscheint gerechtfertigt, weil bei kleineren Zuwächsen die Längskraft klein ist, d.h. die ungewollte Ausmitte keine große Rolle spielt. Für große Längskräfte liegt die Annahme auf der sicheren Seite

$$r_2 = r_1 \cdot 25 \% + 1,0 \cdot 75 \% = 0,922 \quad (5.14)$$

- c) Unter der weiteren Annahme, daß die Vorverformungsverteilung in Wandlängsrichtung in etwa derjenigen über die Wandhöhe entspricht, wird aus dieser Richtung ebenfalls eine Reduktion von r_2 zu

erwarten sein, d.h. aus der Verteilung der ungewollten Ausmitte über die Wandfläche wäre insgesamt ein Reduktionsfaktor von

$$\Gamma_3 = \Gamma_2 = 0,85 \quad (5.15)$$

ansetzbar.

5.2.2 Messungen unter Teillast

Die gemessenen Werte wurden nach Fertigstellung des Rohbaues gemessen. Die Wände waren somit durch die Wandeigenlasten, die Rohdeckenlasten und die Dacheigenlast belastet.

Die Durchbiegung einer sinusförmig vorverformten Wand ergibt sich nach [5] in Wandmitte zu

$$f = f_1 \cdot \frac{1}{1 - N/N_{Ki}} \quad (5.16)$$

Um von den gemessenen Durchbiegungen f auf f_1 zu schließen wären die gemessenen Werte also mit dem Faktor

$$1 - \frac{N}{N_{Ki}}$$

zu multiplizieren.

Beim vorsichtigen Ansatz von $N/N_{Ki} = 0,05$ würde sich eine weitere Reduktion von

$$\Gamma_4 = (1 - 0,05) = 0,95 \quad (5.17)$$

ergeben.

5.2.3 Bezug auf die Knicklänge

In 5.1.1 wurde darauf hingewiesen, daß die Angabe der Ausmitte in den Vorschriften auf h_k , d.h. die angenom-

menen Knicklänge, bezogen ist. Der Auswertung liegt jedoch, wie erwähnt ein Bezug von e_{\max}/h_s zugrunde. Bei entsprechender Lagerung kann das Verhältnis h_k/h_s

$$0,3 \leq h_k/h_s \leq 1,0$$

betragen.

Dabei beträgt die Reduktion der Knicklänge in Richtung der Wandhöhe jedoch maximal $h_k = 0,75 h_s$. Kleinere Knicklängenbeiwerte entstehen nur bei mehrseitiger Halterung der Wand, d.h. es handelt sich hier nichtmehr um Knicklängen, sondern um fiktive Vergleichsknicklängen gegenüber nur am Wandkopf und Wandfuß gehaltenen Wänden.

Nachfolgend wird abgeschätzt, inwieweit der Bezug der anzusetzenden Vorverformung auf h_k zu einer Veränderung der ermittelten Werte veranlaßt. Dazu werden zwei idealisierte Vorverformungsverläufe betrachtet, nämlich einmal eine einwellige sinusförmige und zum zweiten eine zweiwellige cosinusförmige Vorverformungsfigur.

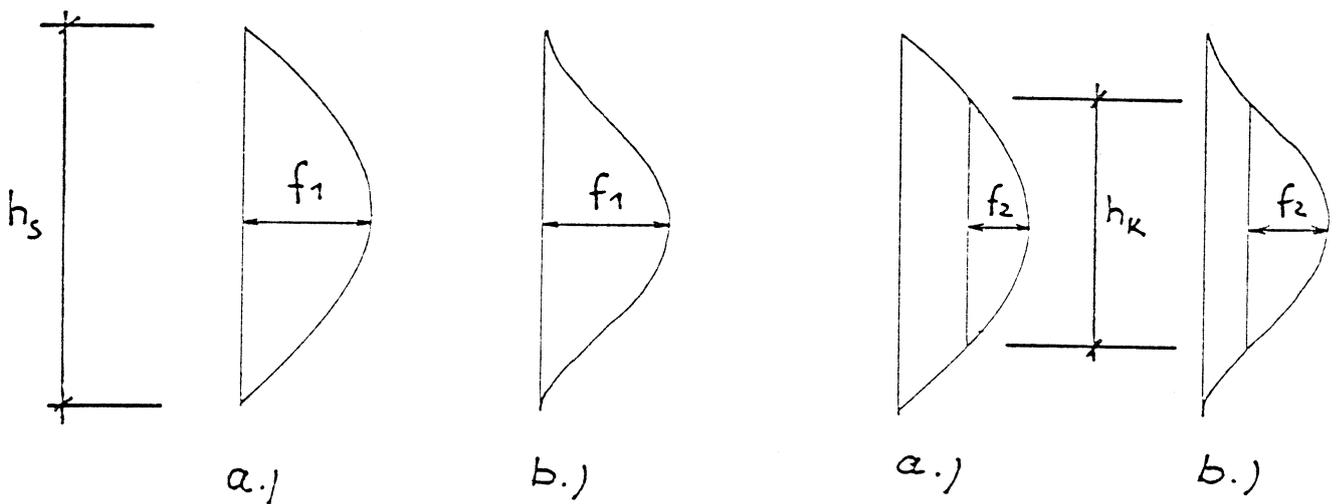


Bild 5.6 Vorverformungsordinaten auf die Knicklänge bezogen

Die untersuchten Vorverformungsfiguren weisen insofern Grenzwerte auf, als einmal die Neigung am Rand maximal wird, während sie im zweiten Fall gerade Null ist.

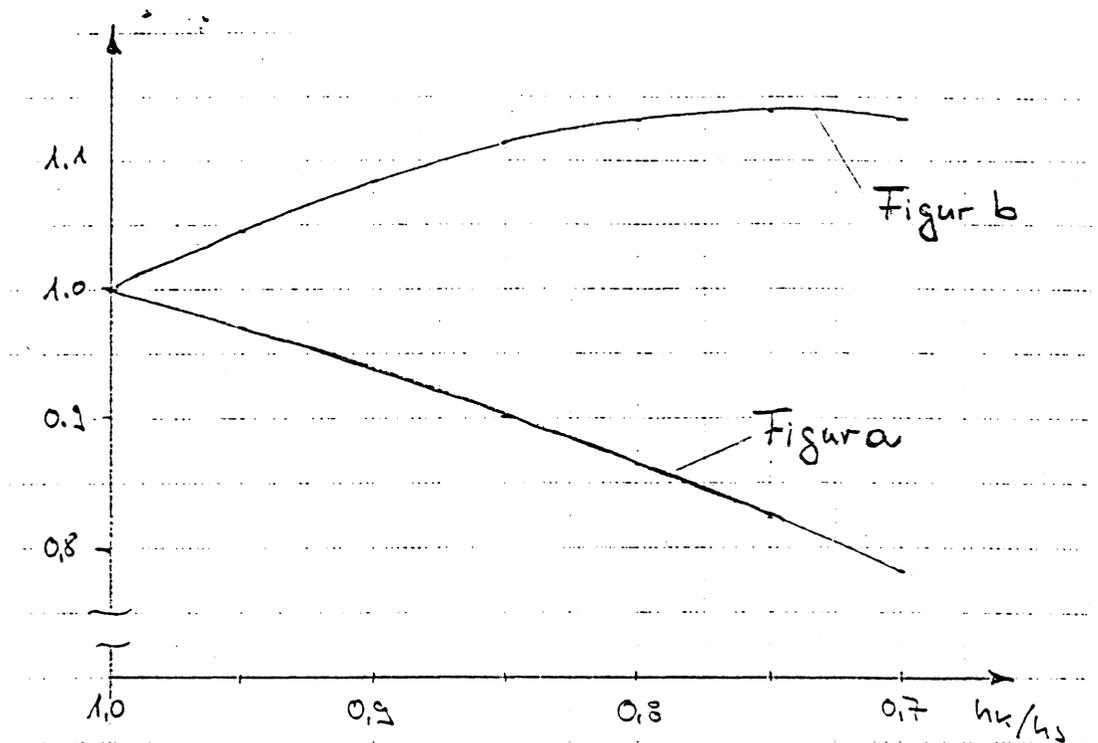


Bild 5.7 Veränderung der Vorverformungsordinate bei Bezug auf eine Teillänge

Aus Bild 5.7 ist zu erkennen, daß je nach angetroffener Vorverformungsfigur ein Bezug auf eine Teillänge auf größere oder kleinere bezogene Vorverformungen führt. Im relevanten Bereich

$$1 \leq h_k/h_s \leq 0,75$$

kann die Veränderung bei den untersuchten Verläufen ca. $\pm 15 \%$ betragen. Da die gemessenen Verläufe unterschiedliche Form aufweisen kann man mangels genauere Untersuchungen davon ausgehen, daß die Veränderung sich im statistischen Mittel etwa aufhebt; d.h. daß die Übertragung der ausgewerteten Vorverformungen bezogen

auf die lichte Stockwerkshöhe auf Vorverformungen bezogen auf die Knicklänge ohne Korrekturfaktor erlaubt ist.

Betrachtet man die ungewollte Ausmitte dagegen wie eine herstellungsbedingte Ebenheitstoleranz, so geht die Normung gestützt von entsprechenden Meßergebnissen davon aus, daß die Toleranzen in Bezug auf die Meßpunkt-abstände unterproportional ansteigen, d.h. kleineren Meßpunkt-abständen wird eine größere bezogene Toleranz zugestanden als größeren. Legt man der Beziehung von Ebenheitstoleranzen zu Meßpunkt-abstand eine Quadrat-wurzel-Funktion zugrunde, so ergibt sich bei $\min h_k = 0,75 h_s$ ein Erhöhungsfaktor von

$$r_5 = \sqrt{\frac{1}{0,75}} = 1,155 \quad (5.18)$$

Unter der Annahme, daß bei $2/3$ der vermessenen Wände nach den Bestimmungen der Norm die volle Reduktion der Knicklänge auf $0,75 h_s$ gestattet wäre, während bei einem Drittel h_s anzusetzen wäre ergäbe sich also ein Erhöhungsfaktor von

$$r_6 = 1,15 \cdot \frac{2}{3} + 1 \cdot \frac{1}{3} = 1,10 \quad (5.19)$$

Der Bezug der Vorverformung auf die Knicklänge anstatt auf die lichte Höhe ist aus theoretischer Sicht erforderlich, da mit der Vorverformungsfigur eine Krümmung des Druckgliedes definiert wird aus der sich bei Druckbeanspruchung Biegemomente ergeben. Bei Bezug der Vorverformung auf eine lichte Höhe würde sich sonst mit abnehmender Knicklänge eine Erhöhung der Krümmung und damit der Querschnittsbeanspruchung ergeben, was unsinnig wäre.

5.3 Lotabweichung

Die Ermittlung der Gebäudeschrägstellung war ursprünglich nicht Ziel des durchgeführten Forschungsauftrages. Daher wurden die Gebäude nicht unter diesem Gesichtspunkt ausgesucht. Die Auswertung der Messungen ergibt allerdings auch Werte für die Schrägstellung der Wände. Daraus lassen sich erste Schlüsse auf die Größe der Gebäudeschrägstellung herleiten. Die nach Gleichung (5.1) ermittelten Lotabweichungen werden deshalb hier statistisch ausgewertet.

Die Ergebnisse werden mit den Werten verglichen, die in den Mauerwerksnormen angegeben sind. So ist nach [1] und [3] für den Nachweis der räumlichen Steifigkeit nachfolgende Lotabweichung anzusetzen:

$$\varphi = \pm \frac{1}{100 \cdot \sqrt{h_G}} \quad (5.20)$$

Für h_G ist dabei die Gebäudehöhe in Metern über Ober-

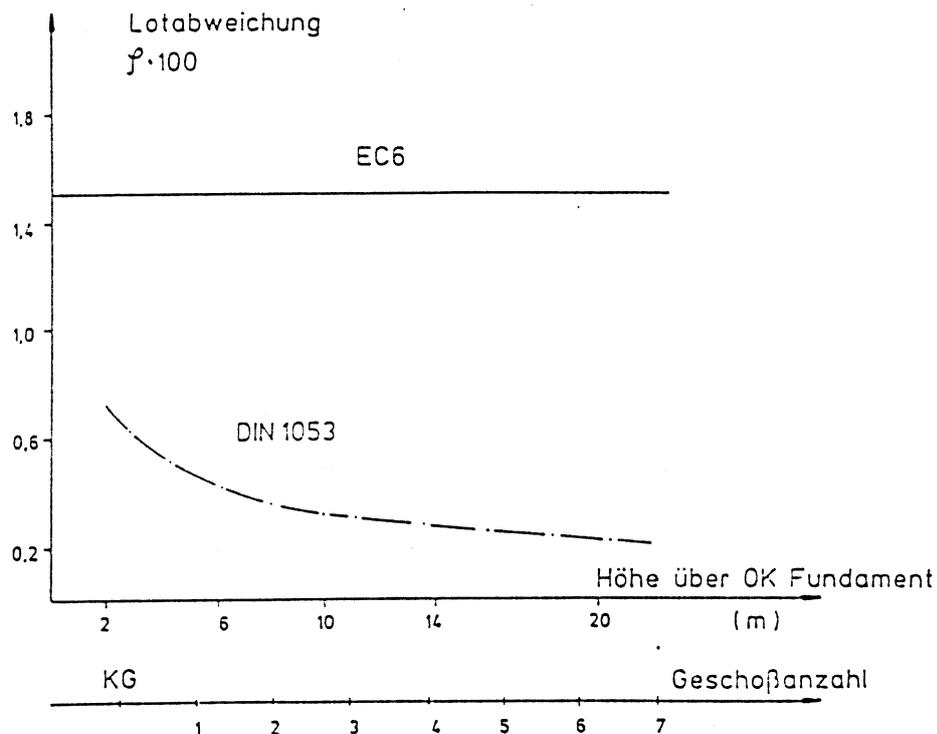


Bild 5.8 Anzusetzende Lotabweichung nach DIN 1053 und EC6

kante Fundament einzusetzen. Im Eurocode 6 [4] wird dagegen unabhängig von der Gebäudehöhe eine Schrägstellung von 1,5 % gefordert. Ein Vergleich mit DIN 1053 Teil 1 und Teil 2 ist in Bild 5.8 dargestellt.

5.3.1 Auswertung aller Meßpunkte

Aus den 216 vermessenen Wandquerschnitten ergibt sich für die errechneten Lotabweichungen eine Bandbreite von

$$0 \leq \varphi \leq 5,0 \cdot 10^{-3} \quad (5.21)$$

Diese Spannweite wird in Teilintervalle von $0,2 \cdot 10^{-3}$ Breite unterteilt. Die relative Klassenhäufigkeit ist in Bild 5.9 aufgetragen.

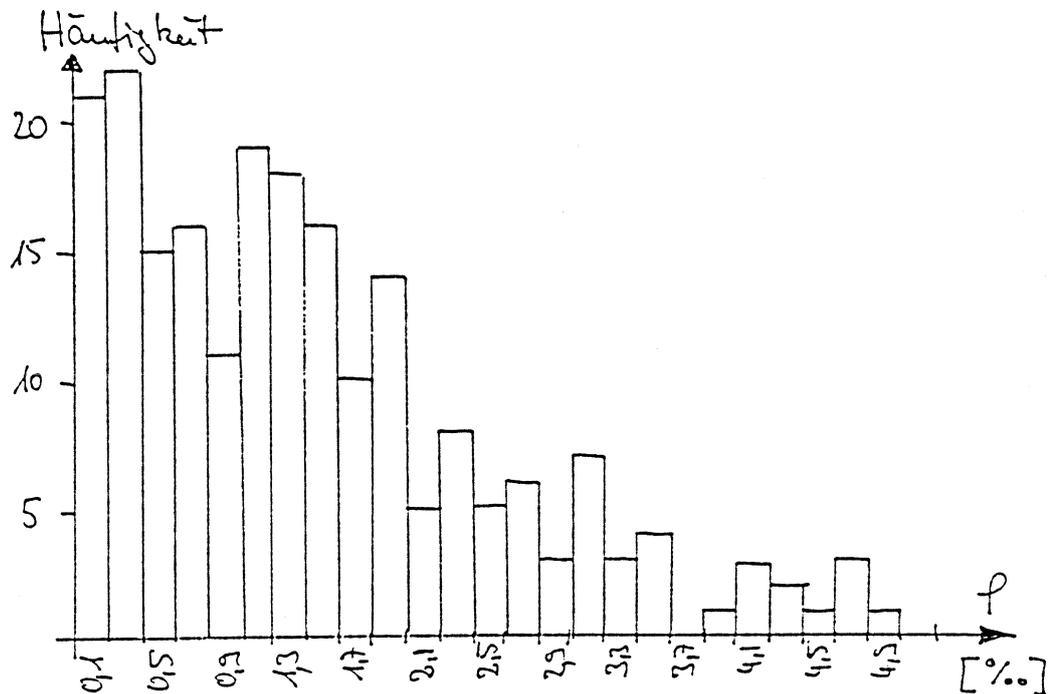


Bild 5.9 Klassenhäufigkeit Schrägstellung

Man erkennt die große Häufigkeit kleiner Werte und die Abflachung zum Maximalwert. Der häufigste Wert liegt bei

$$\varphi \leq 0,3 \cdot 10^{-3} \hat{=} \frac{1}{3333}$$

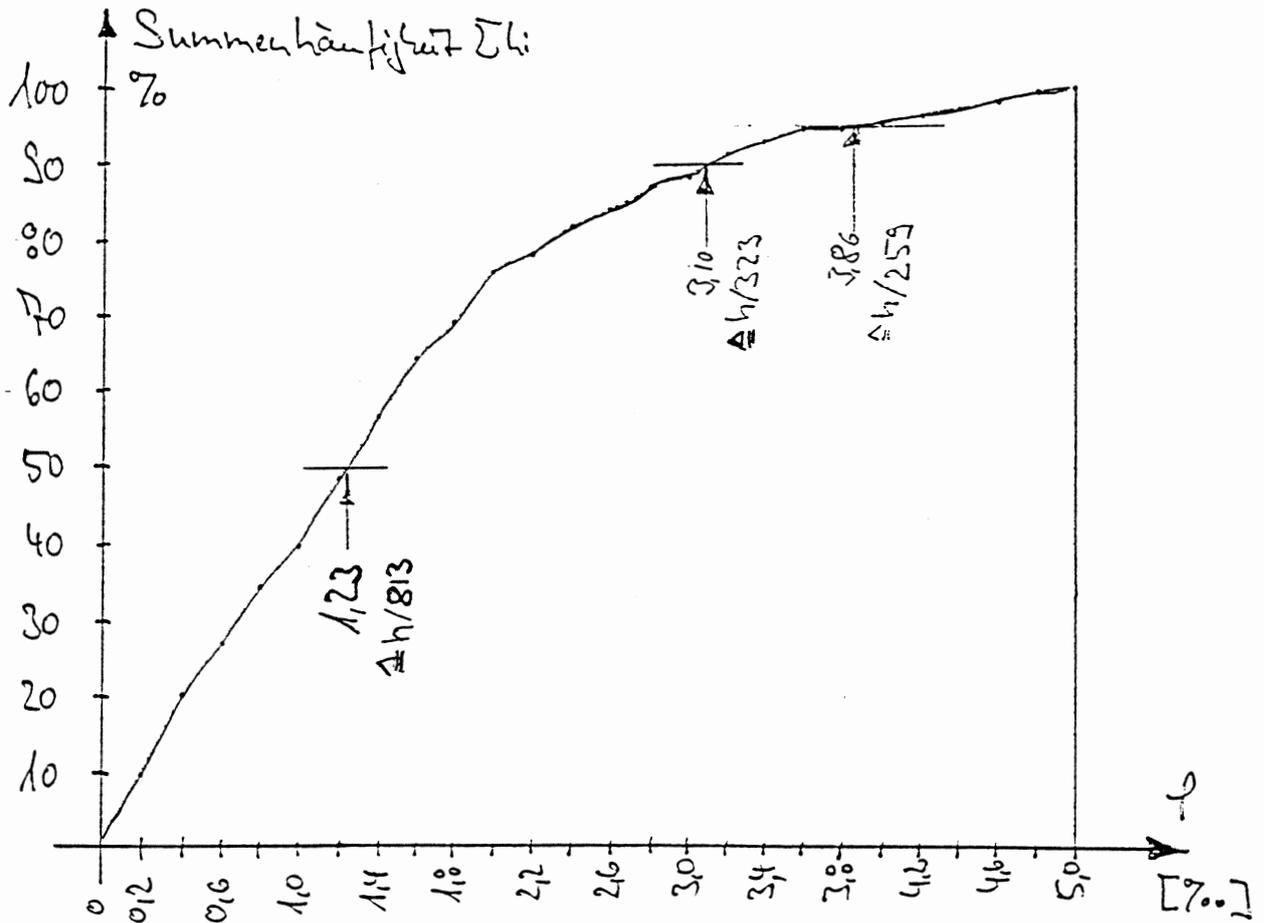


Bild 5.10 Summenhäufigkeit der Lotabweichung

Der Mittelwert nach (5.6) ergibt sich zu

$$\bar{y} = 1,446 \cdot 10^{-3} \hat{=} \frac{1}{692}$$

Die Varianz errechnet sich zu

$$s^2 = 1,272 \cdot 10^{-6}$$

und daraus die Standardabweichung zu

$$s = 1,128 \cdot 10^{-3}$$

Für die Definition eines Rechenwertes bieten sich damit an:

- a) 95% Fraktile der Grundgesamtheit gemäß (5.8). Damit ergibt sich

$$\begin{aligned} \gamma &= (1,446 + 1,848 \cdot 1,128) \cdot 10^{-3} \\ &= 3,531 \cdot 10^{-3} \hat{=} \frac{1}{283} \end{aligned}$$

b) 90 % Fraktile der Stichproben

$$\gamma = 3,10 \cdot 10^{-3} = \frac{1}{323}$$

c) 95 % Fraktile der Stichproben

$$\gamma = 3,86 \cdot 10^{-3} = \frac{1}{259}$$

5.3.2 Auswertung der beidseitigen Messungen

Der gegenüber den einseitigen Messungen zu erwartende Unterschied wird bei der Lotabweichung geringer ausfallen, als bei der ungewollten Ausmitte, da die mittlere Lotabweichung aus der Berücksichtigung der beiden Wandquerschnitte in 5.3.1 enthalten ist, eine Veränderung ergibt sich also nur daraus, daß alle einseitigen Messungen nicht berücksichtigt werden. Bei der Ausmitte konnte dagegen bei der Berücksichtigung der Wandmittellinie u.U. eine andere Stelle maßgebend werden, außerdem konnten sich die Maßtoleranzen der Steine stärker auswirken.

Bei etwas kleinerer Bandbreite ergibt sich bei gleicher Klasseneinteilung wie in 5.3.1 die Häufigkeitsverteilung gemäß Bild 5.11.

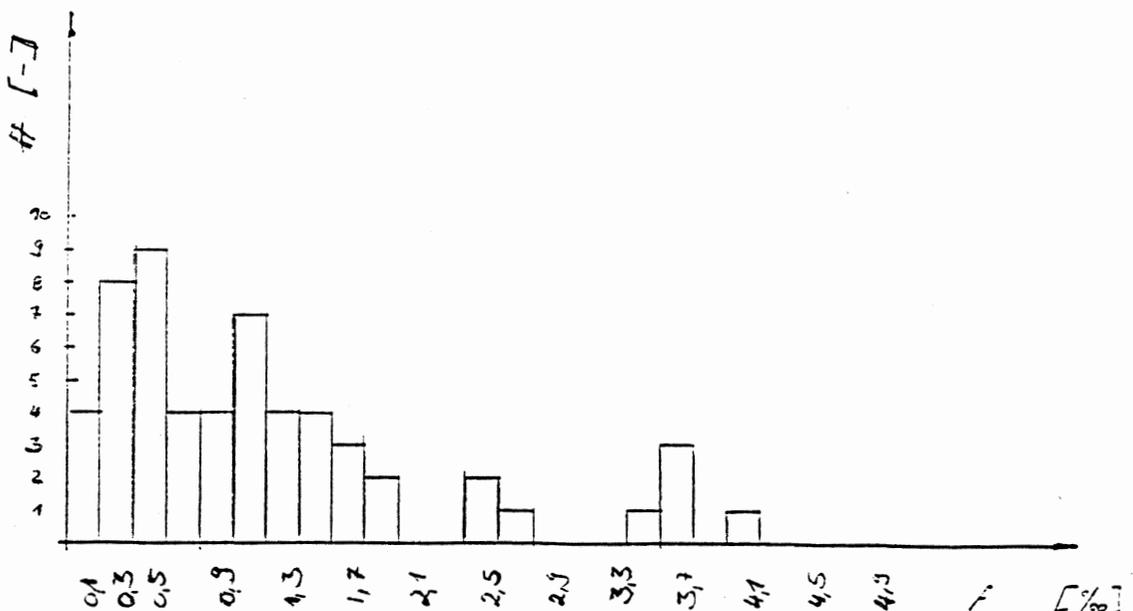


Bild 5.11 Klassenhäufigkeit der Lotabweichung

Die größte Häufigkeit ergibt sich hier bei

$$\varphi = 0,5 \cdot 10^{-3} \hat{=} \frac{1}{2000}$$

Aus der Summenhäufigkeit nach Bild 5.12

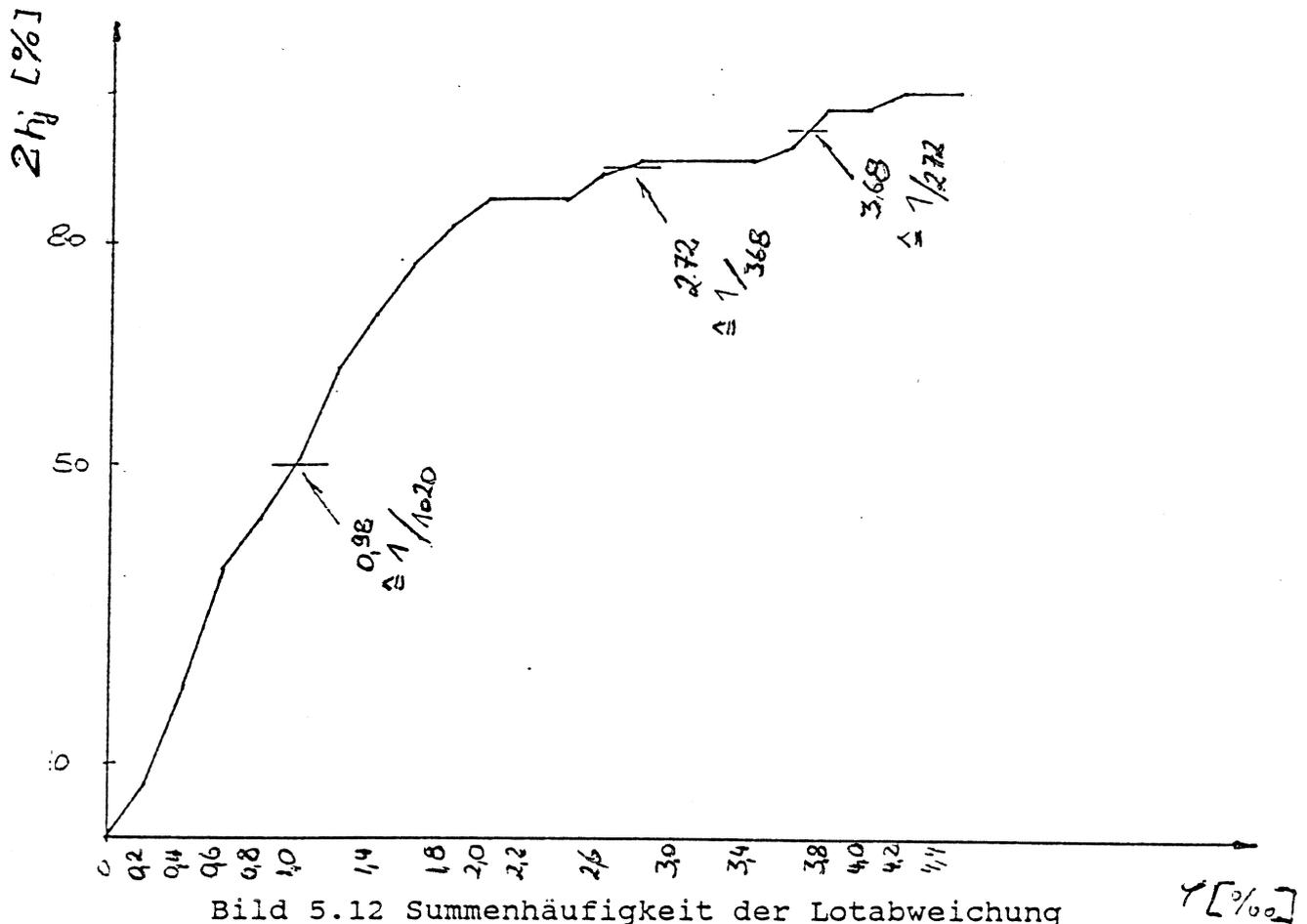


Bild 5.12 Summenhäufigkeit der Lotabweichung

ergibt sich der Mittelwert nach (5.6) zu

$$\bar{\varphi} = 1,202 \cdot 10^{-3} \hat{=} \frac{1}{832}$$

Die Varianz liegt nach (5.7) bei

$$s^2 = 0,974 \cdot 10^{-6}$$

und damit folgt für die Standardabweichung

$$s = 0,987 \cdot 10^{-3}$$

Als mögliche Werte zur Definition ergeben sich analog zu (5.8), (5.9) und (5.10)

a) 95% Fraktile der Grundgesamtheit gemäß (5.8)

$$\gamma = (1,202 + 2,035 \cdot 0,987) \cdot 10^{-3} = 3,211 \cdot 10^{-3} \\ \hat{=} \frac{1}{311}$$

b) 90 % Fraktile Stichprobe

$$\gamma = 2,72 \cdot 10^{-3} \hat{=} \frac{1}{368}$$

c) 95 % Fraktile Stichprobe

$$\gamma = 3,68 \cdot 10^{-3} \hat{=} \frac{1}{272}$$

5.4

Einflußfaktoren für die Festsetzung eines Rechenwertes für die Lotabweichung

Wie bei der ungewollten Ausmitte ist auch bei der Lotabweichung davon auszugehen, daß die Verteilung über die Wandlänge nicht konstant, sondern zumindest zu einem gewissen Anteil zufällig verteilt ist.

Eine Abschätzung dieses Anteils ist mit den vorhandenen Messungen jedoch nicht möglich. Außerdem wäre für eine solche Untersuchung ein diesen Erfordernissen angepaßtes Meßgerät zu beschaffen gewesen, was den Umfang der Untersuchungen gesprengt hätte. Ein Abminderungsfaktor kann daher hier nicht angegeben werden.

Da die in den jetzigen Normen angegebenen Lotabweichungen aber ohnehin die hier ermittelten Werte übersteigen, stellt sich die Frage, ob bei der Festlegung nicht davon ausgegangen wurde, daß es sich dabei um eine Ersatzimperfektion handelt, d.h. daß der Wert außer der geometrischen Lotabweichung weitere stabilitätsgefährdende Einflüsse abdecken sollte. Denkbar wären hier die Einflüsse aus weiteren Bauungenauigkeiten, aus den Materialwertstreuungen aber auch aus Wandschlitzten etc.

5.5 Ergebnis

Eine Sichtung der Ergebnisse nach Abschnitt 5.1 führt für den Ansatz von f_1 auf eine Größe von etwa

$$f_1 = \frac{h_k}{450} \quad (5.22)$$

entsprechend 5.1.2 Abschnitt a) und c). Inwieweit die in 5.2 näherungsweise ermittelten Abminderungen heranzuziehen sind, wäre u.U. durch weitere Messungen zu klären. Ihre Berücksichtigung würde zu einem Ansatz von f_1

$$\frac{h_k}{450} \geq f_1 \geq \frac{h_k}{550} \quad (5.23)$$

führen. Gegenüber den hier gefundenen Ergebnissen liegt also die Angabe von DIN 1053 Teil 2 mit

$$f_1 = \frac{h_k}{300}$$

eher auf der sicheren Seite, der Ansatz von $h_{ef}/600$ im EC 6 für die höchste Ausführungsqualität erscheint jedoch als geringfügig zu günstig.

Entsprechend ergibt sich für die Festlegung eine Lotabweichung ohne Berücksichtigung der in 5.4 genannten Aspekte eine Größe von etwa

$$\varphi = \frac{1}{270} \quad (5.24)$$

Bei Berücksichtigung der gesamten Bauwerkshöhe analog (5.20) leitet sich mit einer mittleren Wandhöhe $h_W = 2,597$ m

$$\varphi = \frac{1}{270} = \frac{1}{\alpha \sqrt{h_W}}$$

ein Faktor $\alpha = 168$ ab, d.h.

$$\varphi = \frac{1}{170 \sqrt{h_G}} \quad (5.25)$$

Hierbei wurde noch vorausgesetzt, daß von der Wandhöhe entsprechend der Höhe eines gedachten eingeschossigen Gebäudes auf die Gebäudehöhe übergegangen werden darf. Dies erscheint gerechtfertigt, da die Formel nicht von einer Geschoßzahl sondern nur von einem Höhenmaß in Metern abhängt.

Ein Vergleich von (5.25) mit den Angaben in DIN 1053 und EC6 zeigt, daß die Festlegung der DIN 1053 schon auf der sicheren Seite liegt, wobei allerdings u.U. die Anmerkungen aus 5.4 zu berücksichtigen sind. Der Wert des EC 6 der ja

$$\gamma = \frac{1}{67} \hat{=} 4 \times \frac{1}{270}$$

entspricht erscheint jedoch in jedem Fall als zu ungünstig.

6. Beurteilung und Schlußfolgerung

Im Abschnitt 2 dieses Forschungsberichtes wurden Grundsatzüberlegungen über die Einflüsse auf die Imperfektionen von gemauerten Wänden angestellt, deren Ergebnisse in Tabelle 6.1 zusammengestellt sind.

Zeile	Einfluß	Abschnitt des Berichtes	Schlußfolgerung
1	Wanddicke	2.2	Dünne Wände sind empfindlicher als dicke.
2	Verlauf der Ausmitte über die Wandhöhe	2.3	Die konstante Imperfektion gemäß EC 6 erbringt die größten Beanspruchungen. Die tatsächlich gemessenen Verläufe sind zufallsbestimmt.
3	Vergleich Pfeiler-Wände	2.4	Bei Wänden können Bereiche, die mit großer Bauungenaugigkeit hergestellt werden, durch Nachbarbereiche abgestützt werden.
4	Steintoleranzen	2.5	Die bei der Herstellung der Steine zulässigen Toleranzen können - wenn eine Wandseite an der Schnur gemauert wird - bei ungünstiger Anordnung einen erheblichen Anteil der Imperfektion verursachen.

Tabelle 6.1: Einflüsse auf die Imperfektion und deren Auswirkung auf die Tragfähigkeit

Aus den Überlegungen hinsichtlich der Steintoleranzen läßt sich ableiten, daß die beidseitigen Messungen eine größere Aussagekraft als einseitige Messungen haben, da bei den letzteren keine Aussage über den Einfluß der Steintoleranzen getroffen werden kann.

Die Auswertung der Messungen bei Ansatz der 95%-Fraktile ergibt für den Rechenwert der ungewollten Ausmitte

- durch Auswertung aller Messungen nach Abschnitt 5.1.1

$$\Delta e_{ca} = h_S/413$$

- durch Auswertung der beidseitigen Messungen nach Abschnitt 5.1.2

$$\Delta e_{ca1} = h_s/454$$

Im folgenden wird von $\Delta e_{ca1} = h_s/454$ ausgegangen. Durch die getrennte Auswertung der beidseitig vermessenen Wände, die ja einen kleineren Wert ergibt, wird der Einfluß der Steintoleranzen erfaßt. Der Einfluß dieser Toleranzen auf die Wandmittelfläche ist zudem noch geringer, als auf die äußere Begrenzungslinie.

Die sehr verschiedenen Formen der gemessenen Imperfektionen sowie die Annahme, daß der Momentenzuwachs aus Theorie II. Ordnung im Mittel 25% des Momentes nach Theorie I. Ordnung beträgt, führt nach Abschnitt 5.2.1 zu dem Reduktionsfaktor $r_2 = 0,922$.

Eine Abminderung, die sich aus der stützenden Wirkung "ebener" Wandbereiche für Bereiche mit großer Vorverformung ergibt, wird hier nicht berücksichtigt, da die anzusetzenden Imperfektionen gleichermaßen für Pfeiler gelten sollen. Gerade die Bemessung der Pfeiler ist für die Wahl der Baustoffe häufig maßgebend. Dem steht entgegen, daß für Pfeiler in DIN 1053 Teil 2 ein höherer Sicherheitsfaktor vorgeschrieben wird. Da die genaue Zusammensetzung dieses erhöhten Sicherheitsfaktors nicht bekannt ist, wird der Reduktionsfaktor r_3 nicht angesetzt.

Da die Messungen in allen Fällen nach Fertigstellung des Rohbaus erfolgten, hatte sich ein Teil der Durchbiegungszuwächse aufgrund der vorhandenen Eigengewichte bereits eingestellt und ist in den Meßwerten enthalten. Durch eine Reduktion mit dem Faktor $r_4 = 0,95$ wird dieser Einfluß berücksichtigt.

Eine Umrechnung der auf die lichte Geschoßhöhe bezogenen Verformungsstiche auf eine abgeminderte Knicklänge, die im Abschnitt 5.2.3 abgeleitet wurde, wird mit dem Faktor $r_6 = 1,10$ durchgeführt, so daß unter Berücksichtigung der o. g. Abminderungen für die Imperfektion folgender Wert vorgeschlagen werden kann:

$$\Delta e_{ca1} = (h_K/454) \cdot 0,92 \cdot 0,95 \cdot 1,10 = h_K/472$$

Aus den vorstehenden Überlegungen geht hervor, daß der in DIN 1053 Teil 2 angegebene Maximalwert für die sinusförmig verteilte ungewollte Ausmitte mit $f_1 = h_k/300$ auf der sicheren Seite liegt.

Nach Meinung der Verfasser kann bei Anwendung des EC 6 in der Bundesrepublik Deutschland die ungewollte Ausmitte mit dem Wert $h_k/450$ festgelegt werden. Dies setzt selbstverständlich voraus, daß die Sorgfalt bei der Ausführung gemauerter Bauten auf dem bei unseren Untersuchungen angetroffenen Niveau bleibt. Eine Anwendung des im EC 6 vorgesehenen Wertes von $h_k/600$ ist bei Einhaltung von Bedingungen hinsichtlich der Bauüberwachung und bei Beschränkung auf bestimmte Anwendungsbereiche durchaus denkbar, wenn man bedenkt, daß auch die Rilem-Körper, die zur Ermittlung der Mauerwerksfestigkeit benutzt werden, bereits eine ungewollte Ausmitte enthalten.

Die gemessenen Schiefstellungen der Wände könnten nach [11] zu einer Beurteilung der Schiefstellung des Gesamtbauwerkes herangezogen werden. Damit wäre eine Beurteilung der in DIN 1053 Teil 2 und im EC 6 angegebenen Regeln möglich. Wie aus Bild 5.8 hervorgeht, fordert der EC 6 im Vergleich zu DIN 1053 Teil 2 die Berücksichtigung einer erheblich größeren Schiefstellung. Aus den vorliegenden Untersuchungen kann geschlossen werden, daß die Angaben in DIN 1053 Teil 2 auf der sicheren Seite liegen. Eine Änderung des EC 6 in diesem Punkt ist dringend erforderlich, weil die sich ergebende waagerechte Belastung zu völlig unwirtschaftlichen Konstruktionen führt.

Es wird nochmals darauf hingewiesen, daß im Zuge dieses Forschungsvorhabens - über die ursprüngliche Zielsetzung hinaus - auch die Schrägstellung von einzelnen Wänden ermittelt wurde. Die so ermittelten Werte für die Gebäudeschrägstellung stellen allerdings nur Anhaltswerte dar. Für eine genauere Aussage wären zusätzliche Untersuchungen erforderlich.

Vergleich der Ergebnisse mit [6]

Bei den in [6] ausgewerteten 170 Messungen wurde für den Verformungsstich ein Mittelwert von 1,75 mm, entsprechend $h/1571$, und für die Schiefstel-

lung ein Mittelwert von 3,06 mm, entsprechend $h/899$ festgestellt.
Den Untersuchungen in [6] lag ein Gebäude aus Kalksand-Planelementen zugrunde, bei dem die Elemente mechanisch versetzt wurden.

Die entsprechenden Mittelwerte bei der vorliegenden Untersuchung betragen für den Verformungsstich bei beidseitigen Messungen $h_S/914$ und für die Lotabweichung der Wände beträgt der Mittelwert $h/813$.

7. Zusammenfassung

Die Aufgabe des durchgeführten Forschungsvorhabens ist die baupraktische Überprüfung von Lotabweichungen und Krümmungen von gemauerten Wänden. Es erfolgt eine Auswertung der Meßergebnisse im Hinblick auf den Ansatz einer ungewollten Ausmitte bei der Durchführung des Knicksicherheitsnachweises als Spannungsnachweis nach Theorie II. Ordnung.

Im ersten Abschnitt des Forschungsberichtes wird auf die Bedeutung der ungewollten Ausmitte hingewiesen. Die unterschiedlichen Ansätze für die ungewollte Ausmitte in den verschiedenen Mauerwerksvorschriften werden dargelegt. Die bisher veröffentlichte Literatur, die sich mit herstellungstechnisch bedingten Ungenauigkeiten von Mauerwerkswänden befaßt, wird ausgewertet.

Anschließend werden grundsätzliche Überlegungen darüber angestellt, wie sich die Größe und der Verlauf der ungewollten Ausmitte auf die Tragfähigkeit von Wänden unterschiedlicher Dicke auswirken. Der Verlauf der in der Praxis gemessenen Ausmitten ist über die Wandhöhe unregelmäßig und muß, um rechnerische Untersuchungen ausführen zu können, durch eine Näherung beschrieben werden.

Das für die Untersuchungen zusammengestellte Meßprogramm sowie die verwendete Meßeinrichtung werden erläutert. Es wurden Wände aus unterschiedlichen Wandbaustoffen in Wohngebäuden in mehreren Regionen Deutschlands vermessen. Die Meßergebnisse werden tabellarisch zusammengestellt.

Die Auswertung der Meßergebnisse hat die statistische Ermittlung derjenigen Vorverformung zum Ziel, die man bei Zugrundelegung der 95 % Fraktile aufgrund der durchgeführten Messungen in den Vorschriften angeben sollte. Bei dieser Beurteilung der Meßergebnisse wird berücksichtigt, daß verschiedene Vorverformungsfiguren in der Praxis vorkommen und daß der Momentenzuwachs aus Theorie II. Ordnung nur einen Teil der Momentenbeanspruchung ausmacht. Eine Umrechnung

der über die Wandhöhe gemessenen Verformungen in eine auf die Knicklänge bezogene Vorverformung wird vorgenommen.

Aus den durchgeführten Messungen und der anschließend vorgenommenen Auswertung werden Empfehlungen über die Größe der in die Vorschriften aufzunehmenden ungewollten Ausmitte abgeleitet. Die Untersuchungen zeigen, daß die in DIN 1053 Teil 2 angegebene sinusförmig verteilte ungewollte Ausmitte mit einem Maximalwert $f_1 = h_K/300$ auf der sicheren Seite liegt. Nach Meinung der Verfasser kann bei Anwendung des EC 6 in der Bundesrepublik Deutschland die ungewollte Ausmitte mit dem Wert $h_K/450$ festgelegt werden, sofern sichergestellt ist, daß die Sorgfalt bei der Ausführung gemauerter Bauten auf dem bei den Untersuchungen angetroffenen Niveau bleibt. Bei Einhaltung von Bedingungen hinsichtlich der Bauüberwachung und bei Beschränkung auf bestimmte Anwendungsbereiche ist eine Anwendung des im EC 6 vorgesehenen Wertes von $h_K/600$ denkbar.

Über die Untersuchung der ungewollten Ausmitte hinaus wird eine Beurteilung der nach DIN 1053 Teil 2 und EC 6 anzunehmenden Lotabweichung des Gesamtgebäudes durchgeführt. Im Vergleich zu den in DIN 1053 Teil 2 angegebenen Forderungen muß nach dem EC 6 eine erheblich größere Schiefstellung bei der Bemessung angesetzt werden. Aus den vorliegenden Untersuchungen kann geschlossen werden, daß die Angaben zur anzusetzenden Schiefstellung der Gebäude in DIN 1053 Teil 2 schon auf der sicheren Seite liegen. Die Forderung im EC 6 ist daher überzogen. Eine Änderung des EC 6 in diesem Punkt ist dringend erforderlich, weil die sich aus der anzusetzenden Lotabweichung ergebende Beanspruchung zu völlig unwirtschaftlichen Konstruktionen führt.

8. Literaturverzeichnis

- [1] DIN 1053 Teil 1, Ausgabe 11.74. Mauerwerk; Berechnung und Ausführung.
- [2] DIN 1053 Teil 1, Ausgabe 02.90. Mauerwerk; Rezeptmauerwerk; Berechnung und Ausführung.
- [3] DIN 1053 Teil 2, Ausgabe 07.84. Mauerwerk; Mauerwerk nach Eignungsprüfung; Berechnung und Ausführung.
- [4] Eurocode Nr. 6. Gemeinsame einheitliche Regeln für Mauerwerksbauten. Ausgabe 07.88. Veröffentlicht als Bericht EUR 9888 DE der Kommission der Europäischen Gemeinschaft.
- [5] Mann, W.: Grundlagen für die ingenieurmäßige Bemessung von Mauerwerk nach DIN 1053 Teil 2. Mauerwerk-Kalender 1989, S. 9 - 32.
- [6] Wiegand, E. und Pfeifhofer, H.: Anwendung einer neuen Mauerwerksart aus Kalksand-Planelementen an einem Wohnhochhaus in Hanau. Der Bauingenieur 50 (1975), Heft 6, S. 232.
- [7] Toleranzempfehlungen für den Wohnungsbau. Forschungsaufgabe im Auftrag des Landes Nordrhein-Westfalen.
- [8] DIN 105 Teil 1, Ausgabe 11.80. Mauerziegel; Vollziegel und Hochlochziegel.
- [9] DIN 106 Teil 1, Ausgabe 9.80. Kalksandsteine; Vollsteine, Lochsteine, Blocksteine, Hohlblocksteine.
- [10] DIN 18 202, Ausgabe 5.86. Toleranzen im Hochbau; Bauwerke.
- [11] Lindner, J. und Gietzelt, R.: Imperfektionsannahmen für Stützen schiefeinstellungen. Stahlbau 53 (1984), Heft 4, S. 97.
- [12] Owen, D.B. Handbook of Statistical Tables. Addison-Wesley Publishing Company, Inc. Reading, Mass./Palo Alto/London 1962, S. 126.

15.30

Forschungsbericht

Baupraktische Überprüfung von Lotabweichungen und Krümmungen von gemauerten Wänden und Auswertung der Ergebnisse im Hinblick auf den Ansatz einer ungewollten Ausmitte beim Knicksicherheitsnachweis

Anlage

Meßvorhaben: Unterlagen und Meßergebnisse

Inhaltsverzeichnis der Anlage

Meßvorhaben	Kennbuchstabe	Seite der Anlage			
		Fotos ¹⁾	Gebäude- Grundrisse ²⁾	Meßergebnisse ³⁾ einseitig beidseitig	
Reihenhäuser in Hannover-Buchholz	A	4	5	7	10
Reihenhäuser in Hannover-Badenstedt	B	14	15	18	—
Mehrfamilienhäuser in Liederbach	C	22	23	24	27
Wohnheim in Hannover-Roderbruch	D	28	29	30	33
Wohnheim in Braunschweig	E	39	40	41	42
Mehrfamilienhaus Karlsruhe	F	55	57	58	63
Reihenhäuser in Viernheim	G	66	70	75	—
Mehrfamilienhaus in Karlsruhe	H	83	86	87	88
Mehrfamilienhaus in Wiesloch	I	100	103	107	108
Reihenhäuser in Karlsruhe	K	120	123	125	128

1) Das gesamte Gebäude und typische Meßstellen sind auf Bildern dargestellt.

2) In Gebäudegrundrissen sind die Meßstellen mit Angabe der Geschosse eingetragen.

3) Vergleiche bitte S. 3

Meßergebnisse

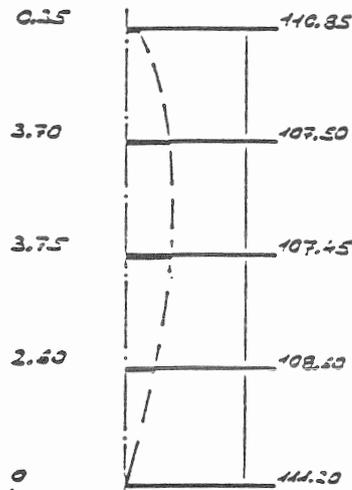
Alle Meßergebnisse wurden grafisch aufgetragen. Dabei sind bei jedem Gebäude zunächst die einseitigen und dann die beidseitigen Messungen behandelt. Die Bezeichnung der Meßergebnisse wird an einem Beispiel erläutert.

A	13	KS	d = 11,5
	(14)	2DF	h _s = 2,63

Es bedeuten

- A Kennbuchstabe des Meßvorhabens
- 13 Nummer der Meßstelle
- (14) bei beidseitigen Messungen:
Nummer der Meßstelle auf der anderen Wandseite
- KS Steinart: KS Kalksandsteine nach DIN 106
Mz Mauerziegel nach DIN 105
Hohlbl. Hohlblocksteine aus Beton
- 2DF Angabe des Steinformates
- d Wanddicke [cm]
- h_s lichte Geschoßhöhe [m]

Die Meßergebnisse sind folgendermaßen aufgetragen:



Lotabweichungen [mm] in den Viertelpunkten bezogen auf den Fußpunkt der Wand

Ablesungen an der Tiefenmeßlehre [mm]: Abstand von der Meßplatte zur Wand

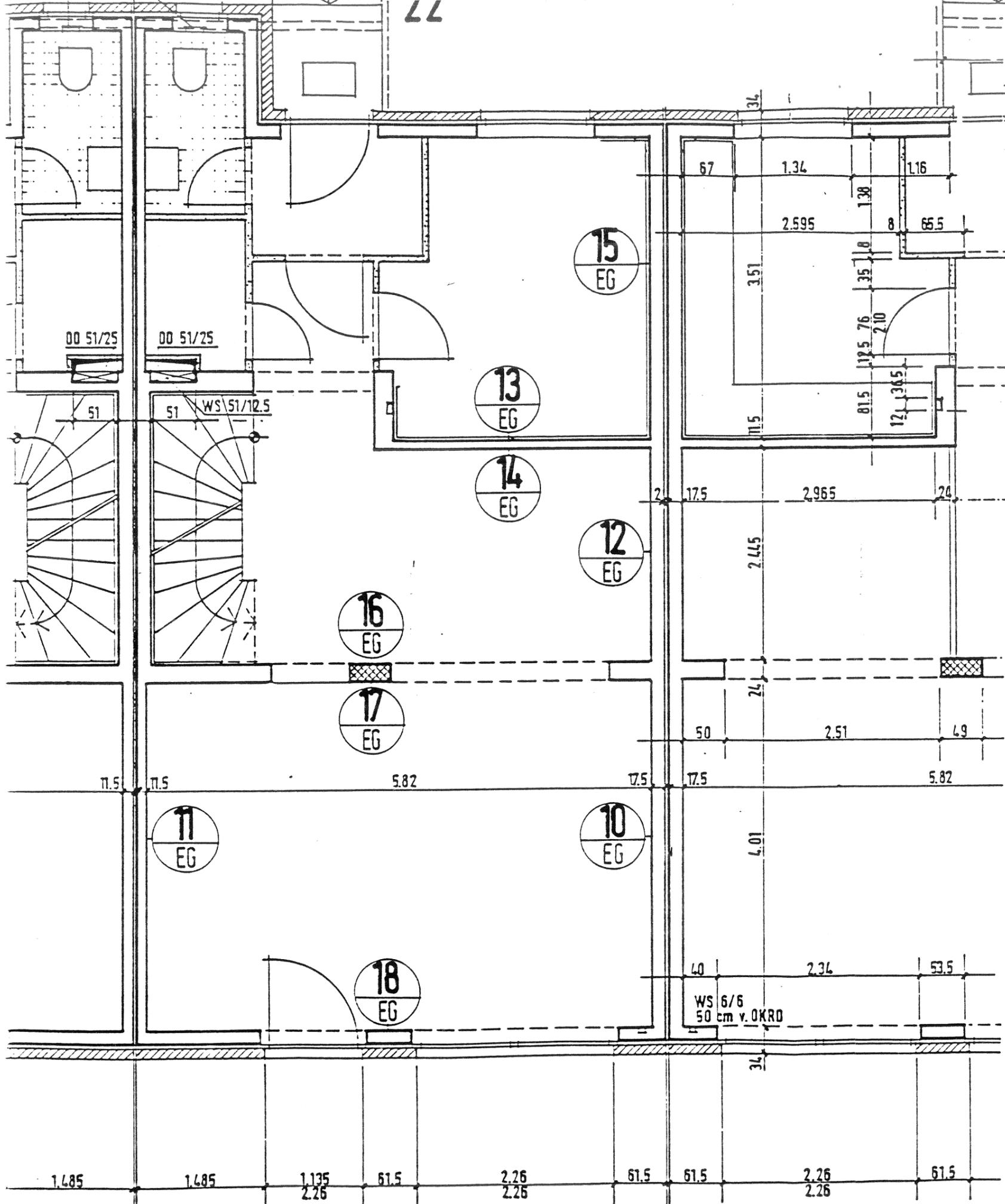
Bei beidseitigen Messungen sind zusätzlich die Mittelwerte beider Messungen angegeben.



Gesamtgebäude

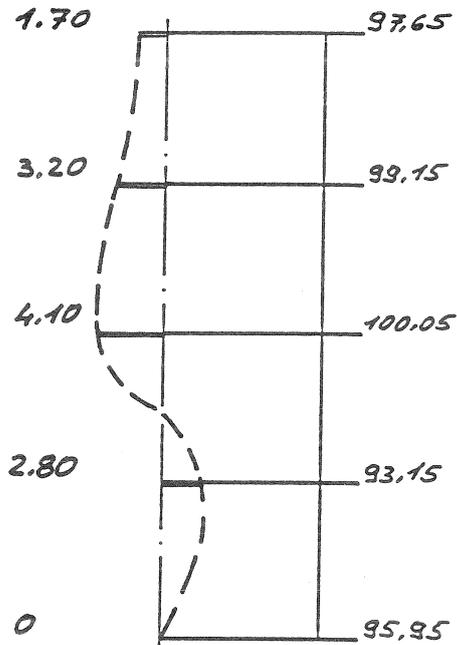


Meßstelle

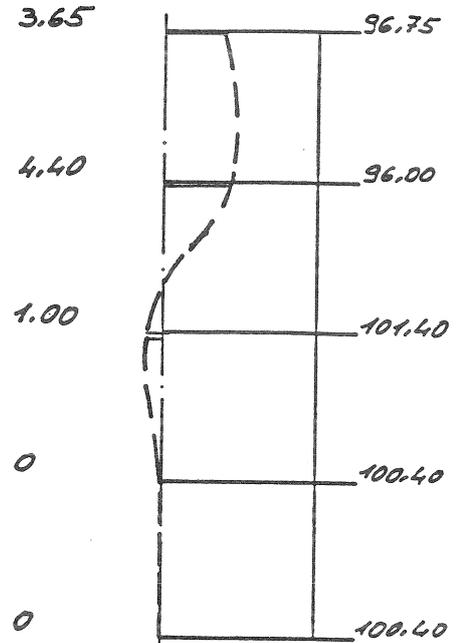


Ingenieurgruppe Bauen	Hübschstr. 21	
	7500 Karlsruhe	
Ingenieursozietät BGS	Zweibüro Hannover	
	Andreaestraße 7	
	3000 Hannover 1	
Meßvorhaben		
Gebäude A: Reihenhäuser in Hann.-Buchholz		
Forschungsvorhaben: „Ungewollte Ausmittle“		
Grundriss mit Meßstelleneintragung		
Auftrags Nr.	Bearb.	Datum
3 88 1055	Scul/Gri	14.3.88

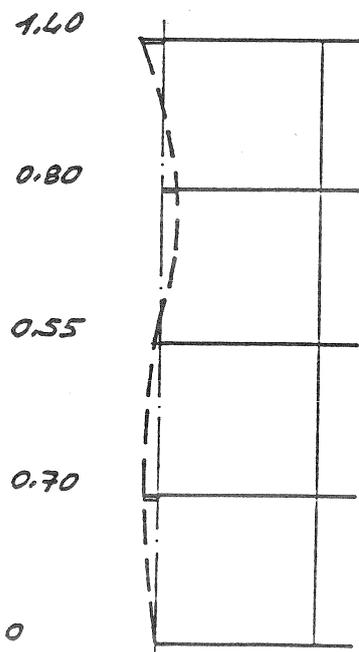
A	1	KS	d = 17,5
	-	3 DF	h _s = 2,63



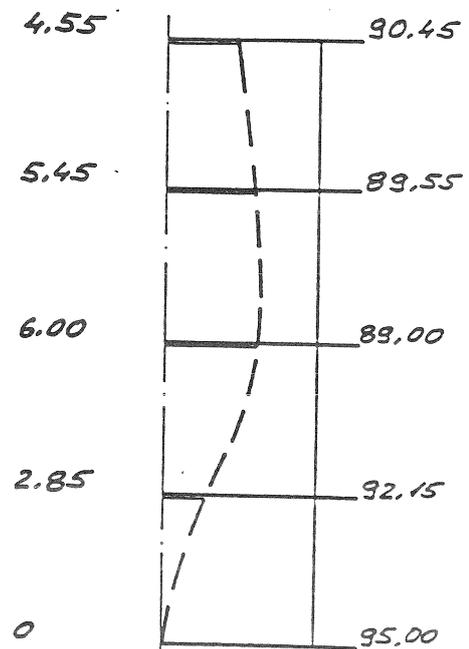
A	2	KS	d = 11,5
	-	2 DF	h _s = 2,63



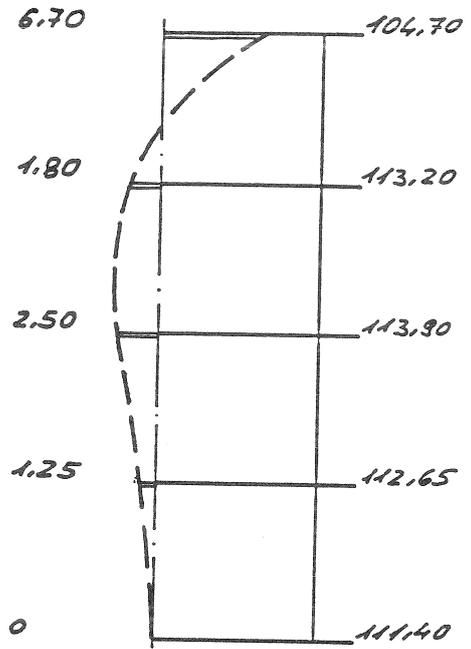
A	3	KS	d = 17,5
	-	3 DF	h _s = 2,63



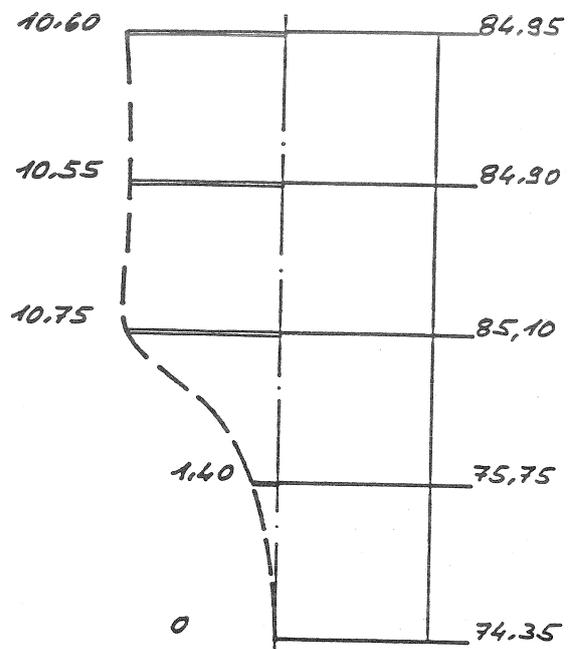
A	6	KS	d = 17,5
	-	3 DF	h _s = 2,63



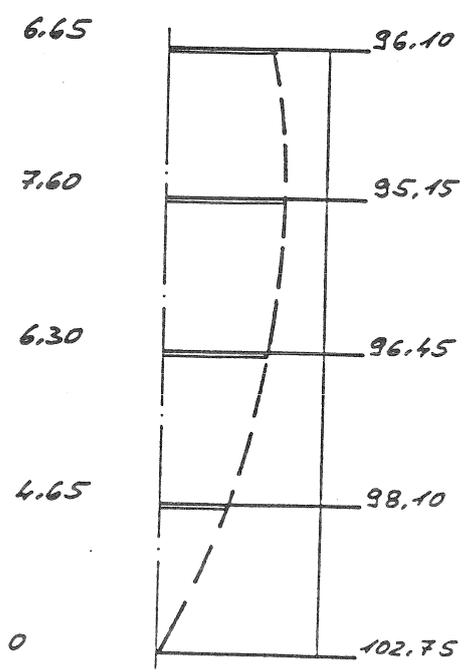
A	9	KS	d = 17,5
	-	3 DF	h _s = 2,63



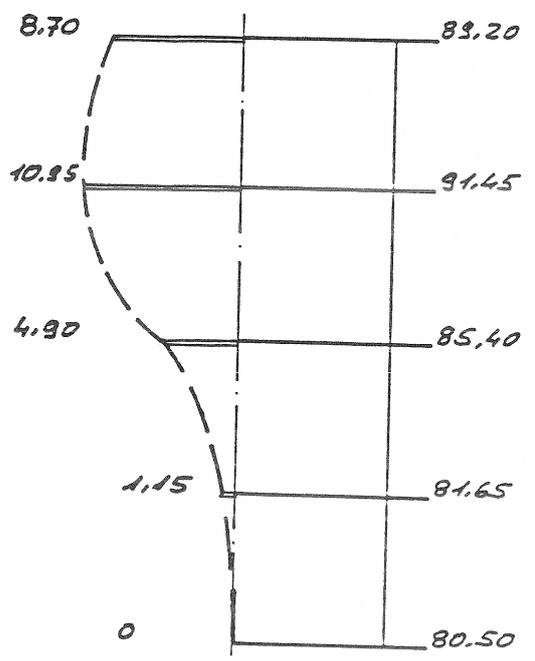
A	10	KS	d = 17,5
	-	3 DF	h _s = 2,63



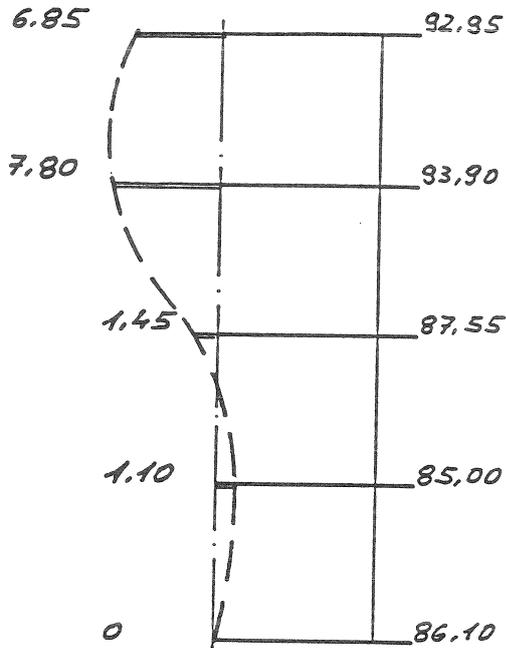
A	11	KS	d = 11,5
	-	2 DF	h _s = 2,63



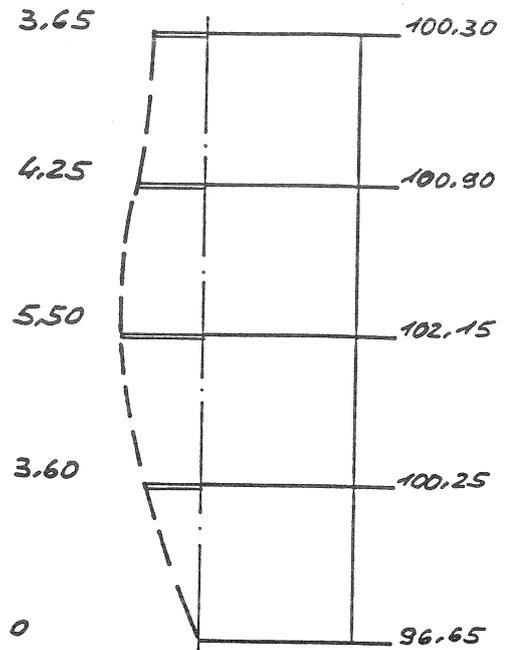
A	12	KS	d = 17,5
	-	3 DF	h _s = 2,63



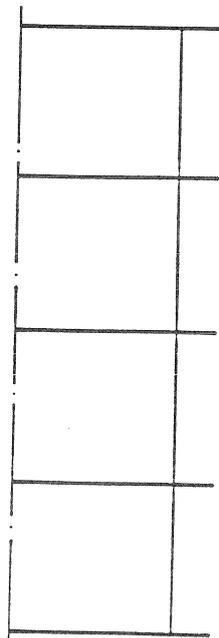
A	15	KS	d = 17,5
	-	3 DF	h _s = 2,63



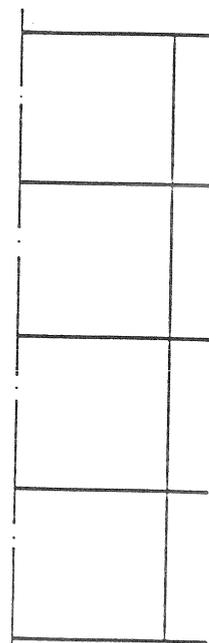
A	18	KS	d = 17,5
	-	3 DF	h _s = 2,63



			d =
			h _s =

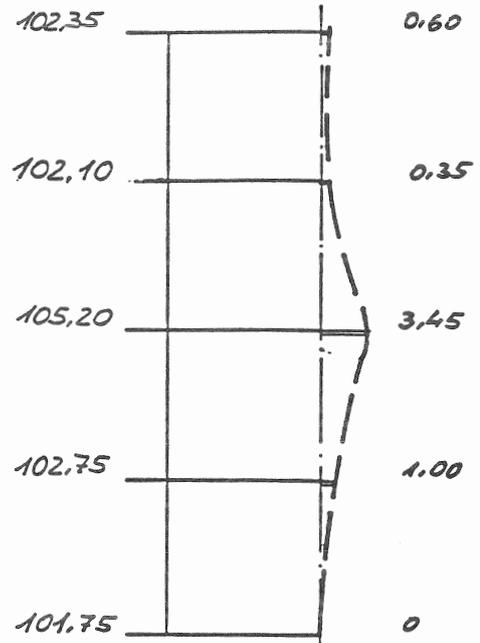
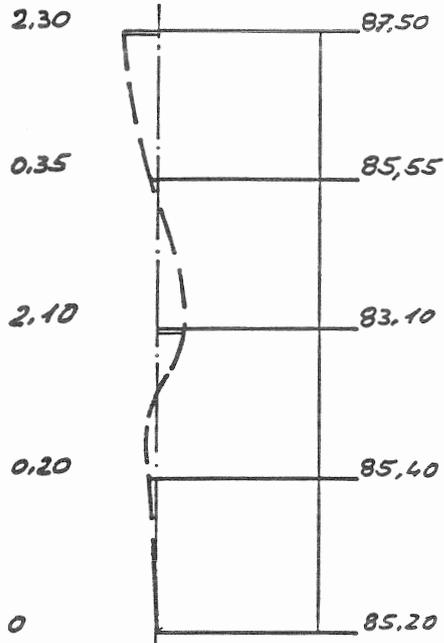


			d =
			h _s =

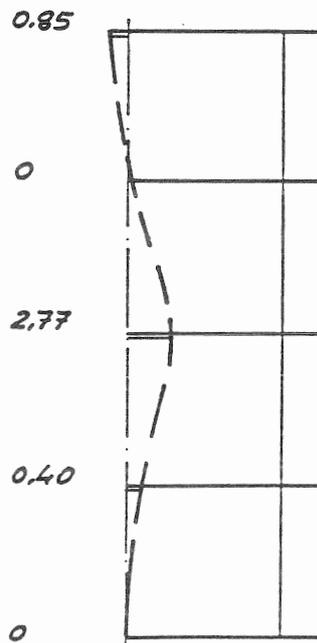


A	L_w	KS	$d = 11,5$
	(5)	ZDF	$h_s = 2,63$

A	5	KS	$d = 11,5$
	(4)	ZDF	$h_s = 2,63$

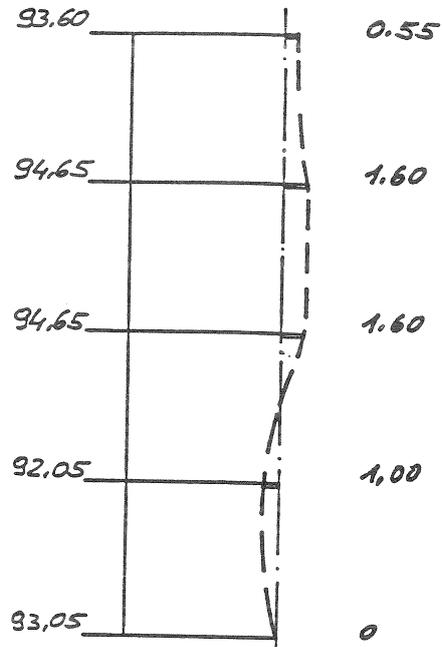
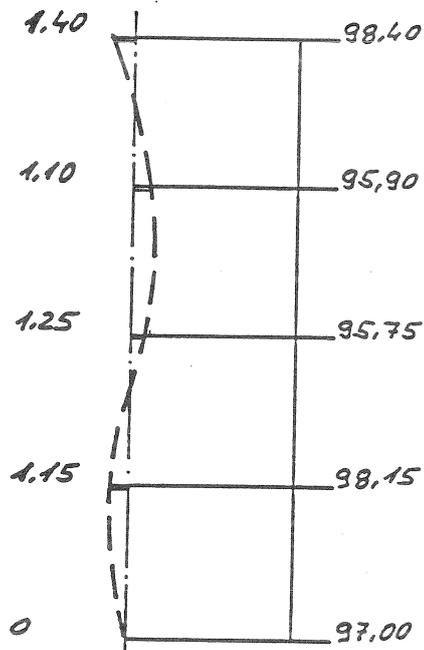


A	$\frac{4+5}{2}$
---	-----------------

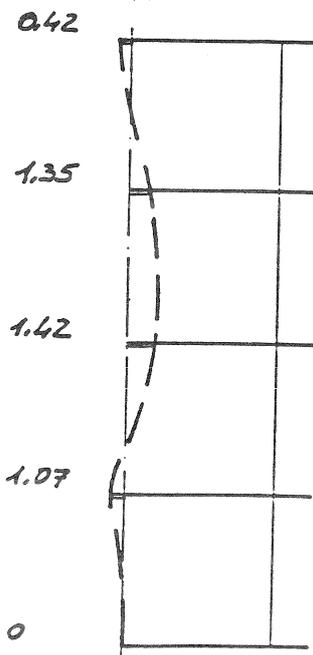


A	7	KS	d = 24
	(8)	2DF 3DF	h _s = 2,63

A	8	KS	d = 24
	(7)	2DF 3DF	h _s = 2,63

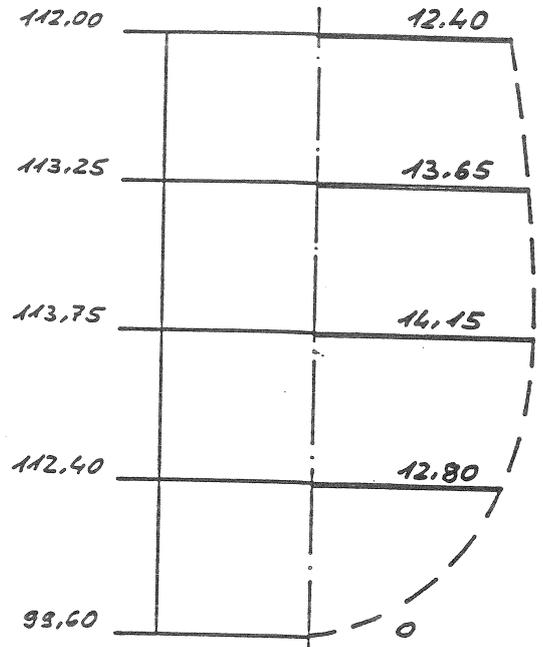
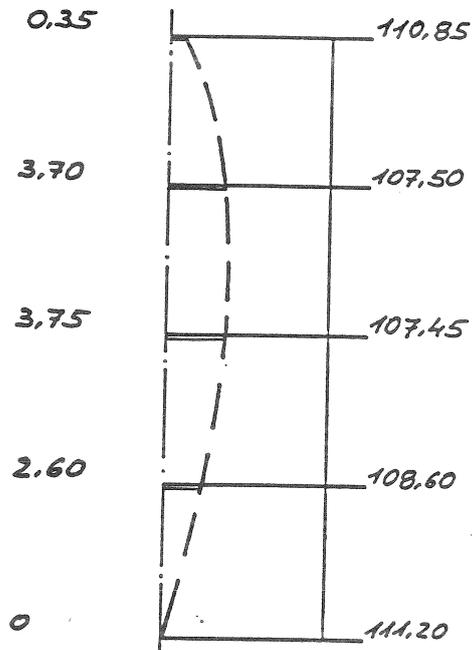


A	$\frac{7+8}{2}$
---	-----------------

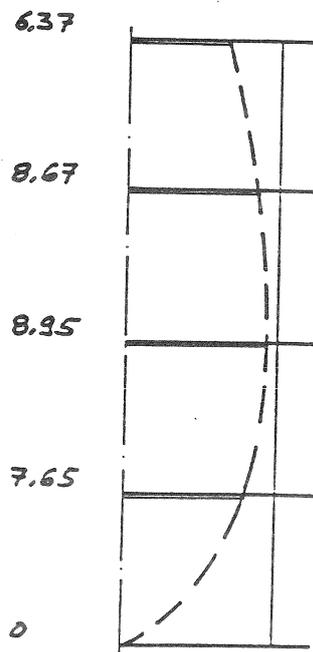


A	13	KS	d = 11,5
	(14)	2DF	h _s = 2,63

A	14	KS	d = 11,5
	(13)	2DF	h _s = 2,63

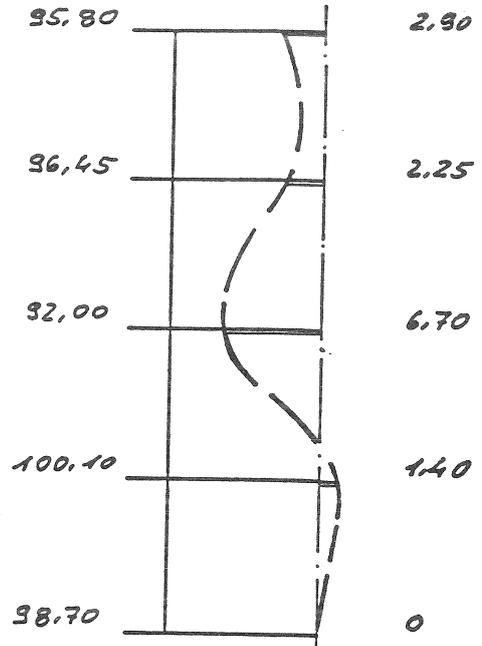
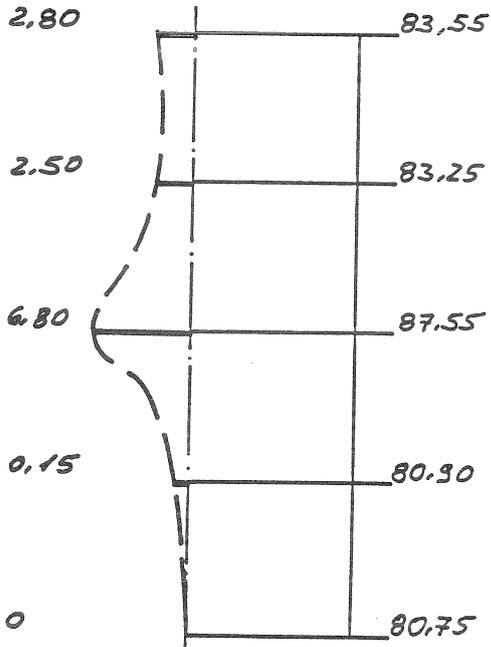


A	$\frac{13+14}{2}$
---	-------------------

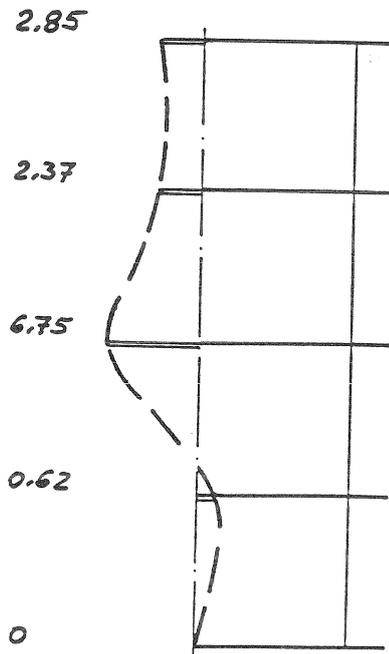


A	16	KS	d = 24
	(17)	2DF 3DF	h _s = 2,63

A	17	KS	d = 24
	(16)	2DF 3DF	h _s = 2,63



A	16+17
	2

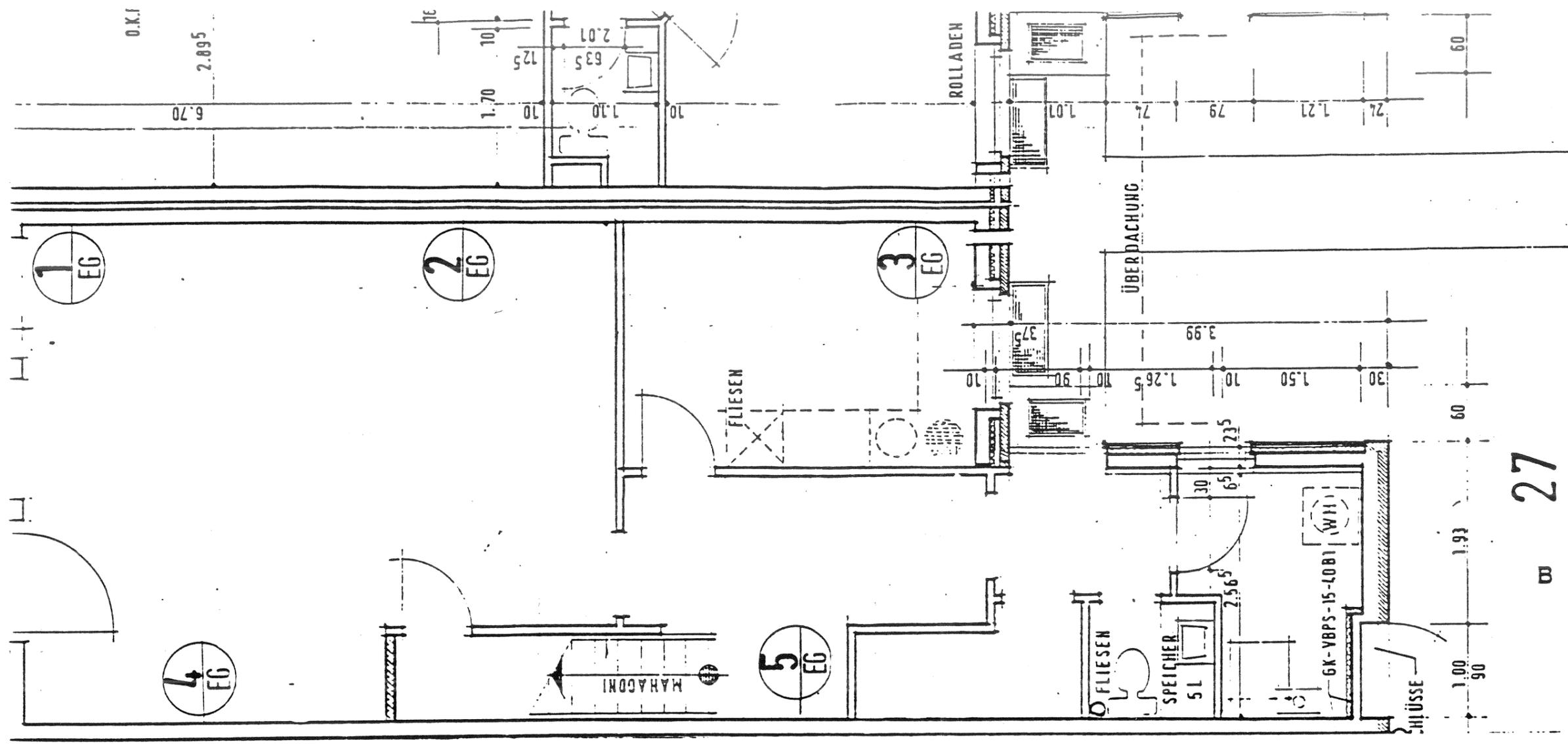




Gesamtgebäude



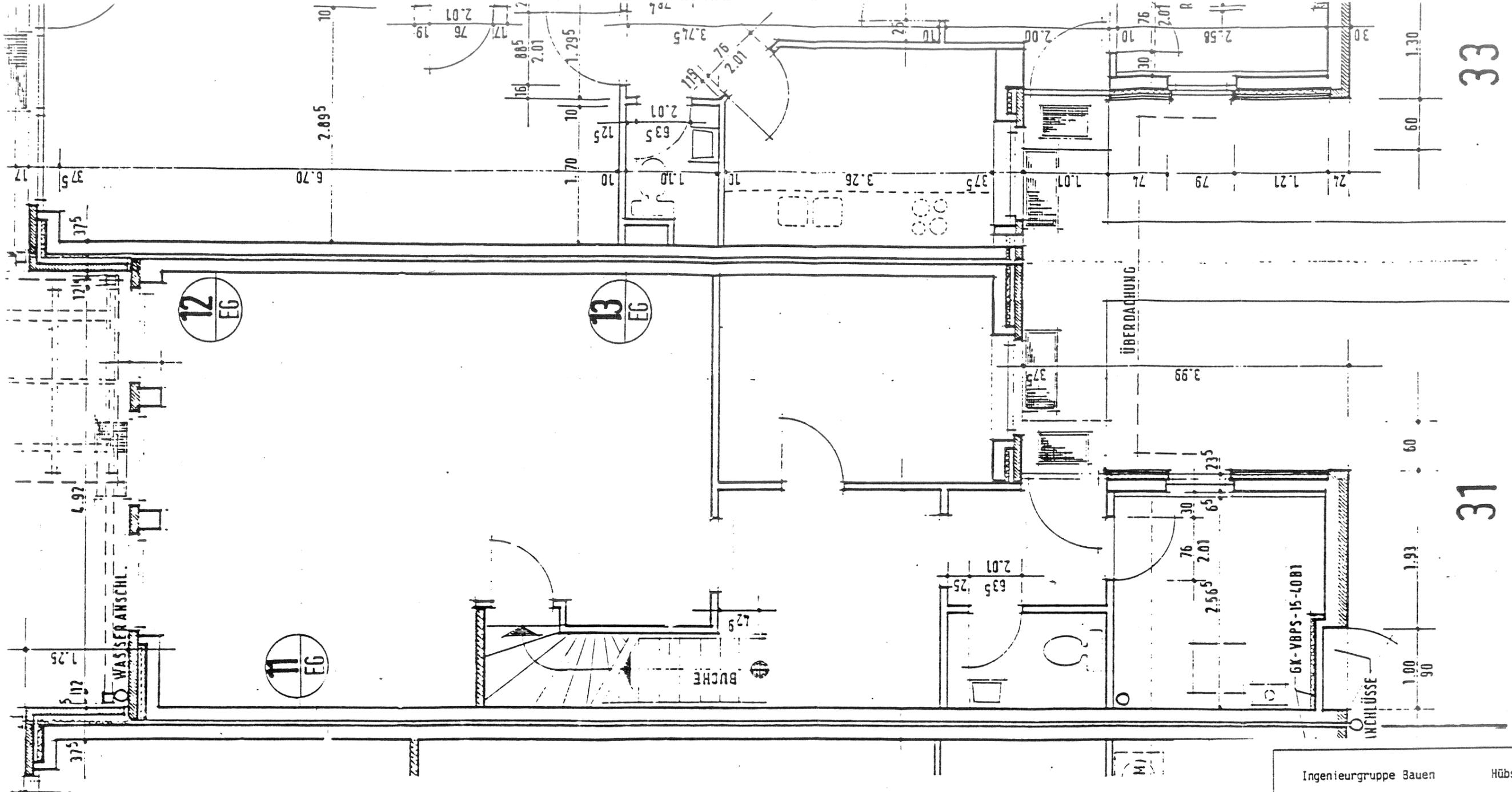
Meßstelle



27

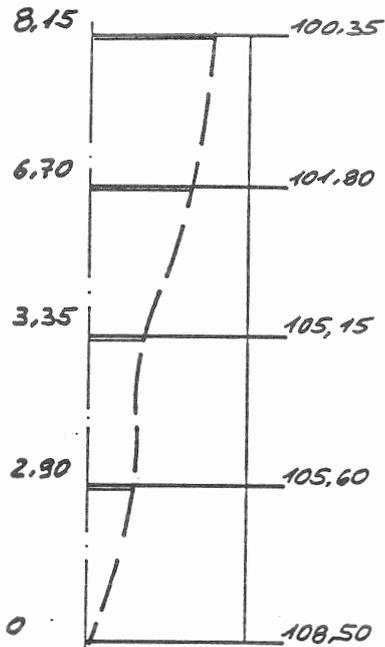
B Gebäudegrundrisse

Ingenieurgruppe Bauen	Hübschstr. 21	
	7500 Karlsruhe	
Ingenieursozietät BGS	Zweigbüro Hannover	
	Andreaestraße 7	
	3000 Hannover 1	
Meßvornaben Gebäude B: Reihenhäuser in Hann.-Badensiedl Forschungsvorhaben: „Ungedachte Ausmitte“ Grundriss mit Meßstelleneintragung		
Auftrags Nr.	-Bearb.	Datum
388 1055	Sch/Gi	16.3.89

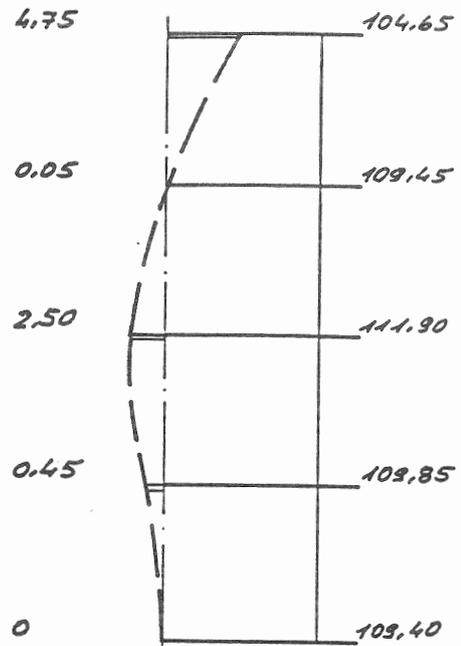


Ingenieurgruppe Bauen	Hübschstr. 21	
	7500 Karlsruhe	
Ingenieursozietät BGS	Zweigbüro Hannover	
	Andreaestraße 7	
	3000 Hannover 1	
Meßvorhaben Gebäude 3: Reihenhäuser in Hann.-Badenstedt Forschungsvorhaben: „Ungewollte Ausmitte“ Grundriss mit Maßeintragung		
Auftrags Nr.	Bearb.	Datum
3881055	Senl/Gri	16.3.89

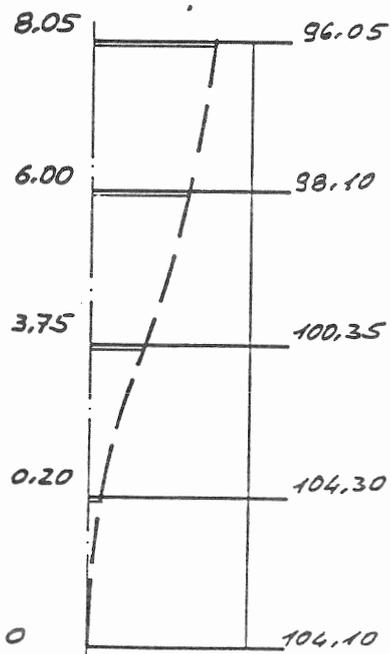
B	1	Mauer- ziegel	d = 17,5
	-	3DF	h _s = 2,63



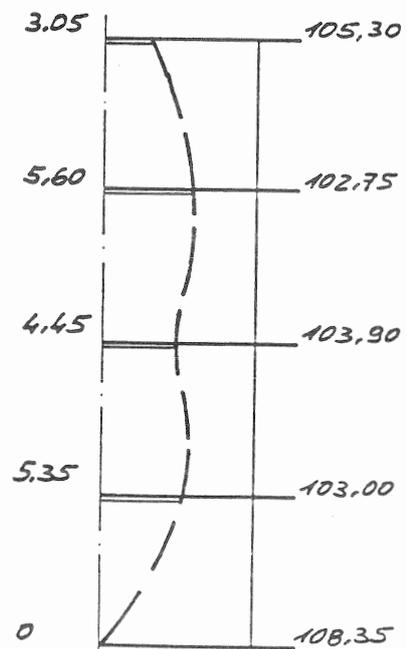
B	2	Mauer- ziegel	d = 17,5
	-	3DF	h _s = 2,63



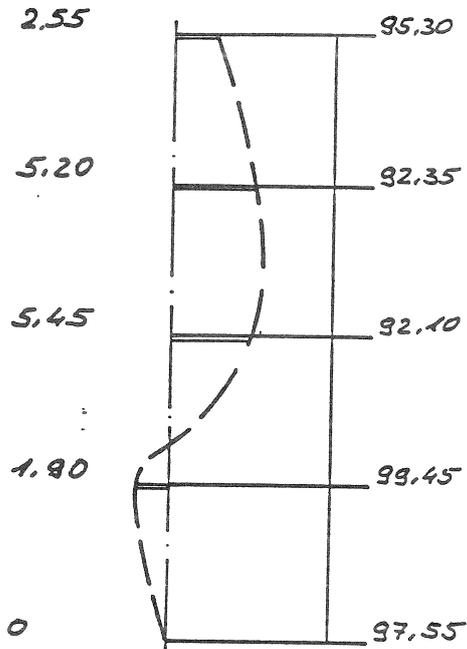
B	3	Mauer- ziegel	d = 17,5
	-	3DF	h _s = 2,63



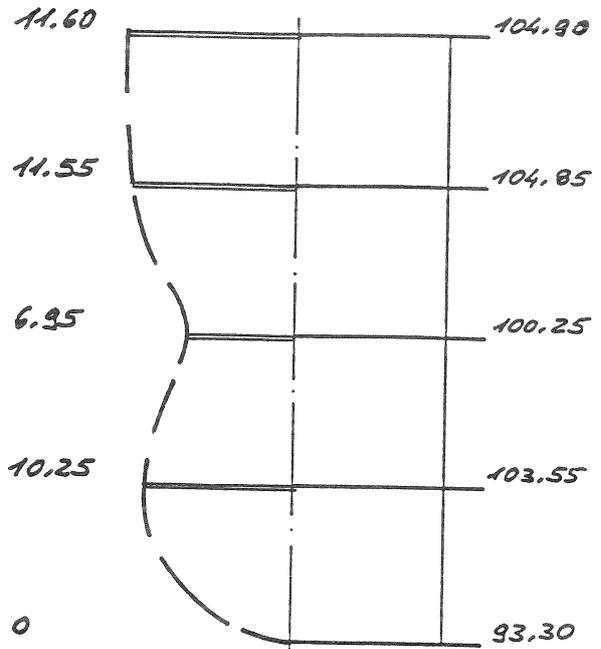
B	4	Mauer- ziegel	d = 17,5
	-	3DF	h _s = 2,63



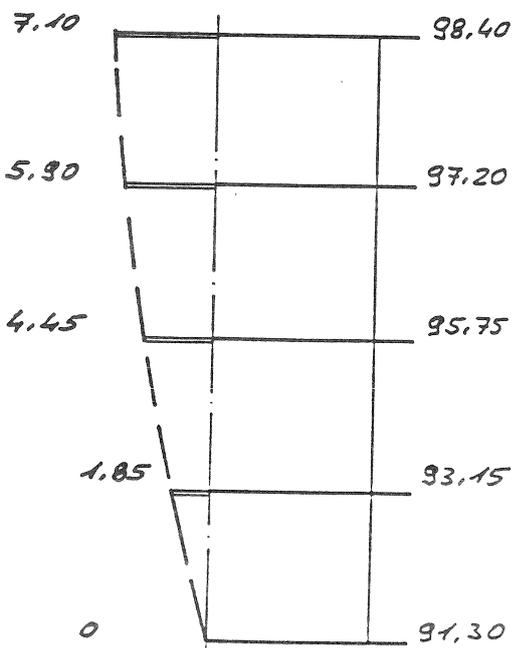
B	5	Mauer- ziegel	d = 17,5
	-	3DF	h _s = 2,63



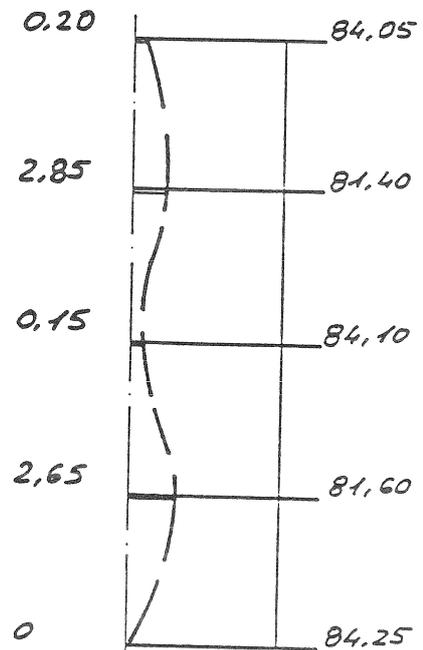
B	6	Mauer- ziegel	d = 17,5
	-	3DF	h _s = 2,63



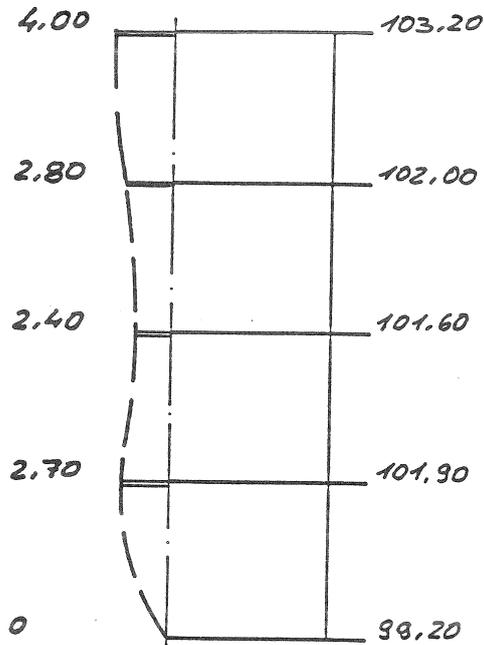
B	7	Mauer- ziegel	d = 17,5
	-	3DF	h _s = 2,63



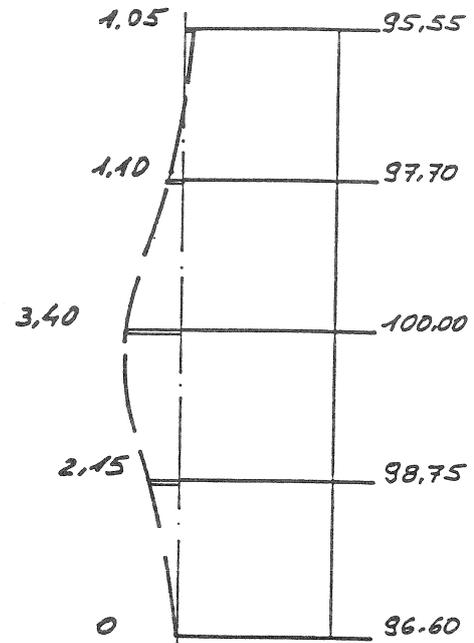
B	8	Mauer- ziegel	d = 17,5
	-	3DF	h _s = 2,63



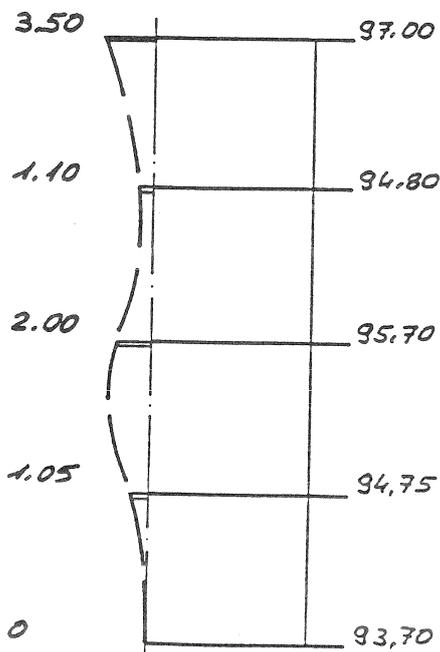
B	9	Mauer- ziegel	d = 17,5
	-	3 DF	h _s = 2,63



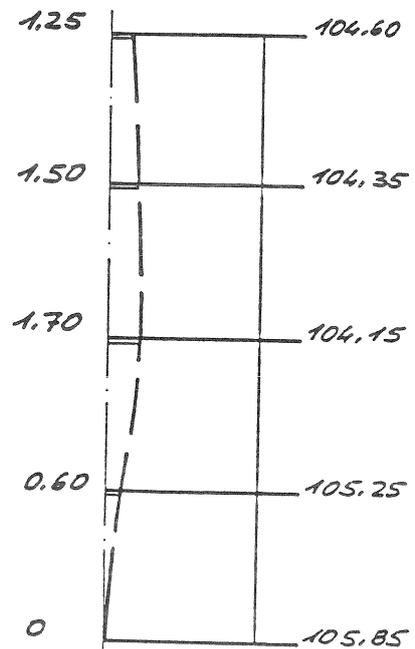
B	10	Mauer- ziegel	d = 17,5
	-	3 DF	h _s = 2,63



B	11	Mauer- ziegel	d = 17,5
	-	3 DF	h _s = 2,63

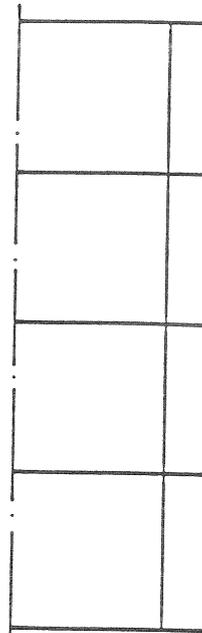
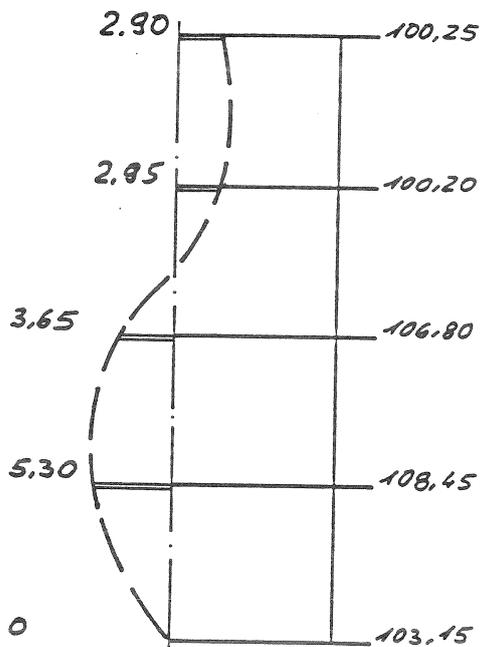


B	12	Mauer- ziegel	d = 17,5
	-	3 DF	h _s = 2,63



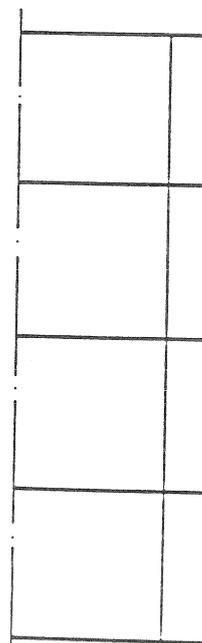
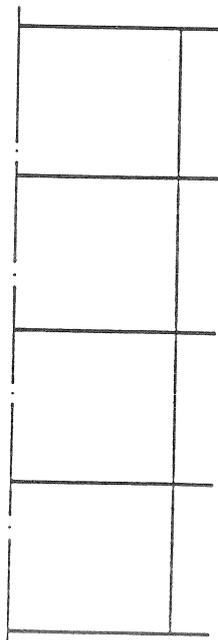
B	13	Mauer- ziegel	$d = 17,5$
	-	3 DF	$h_s = 2,63$

			$d =$
			$h_s =$



			$d =$
			$h_s =$

			$d =$
			$h_s =$

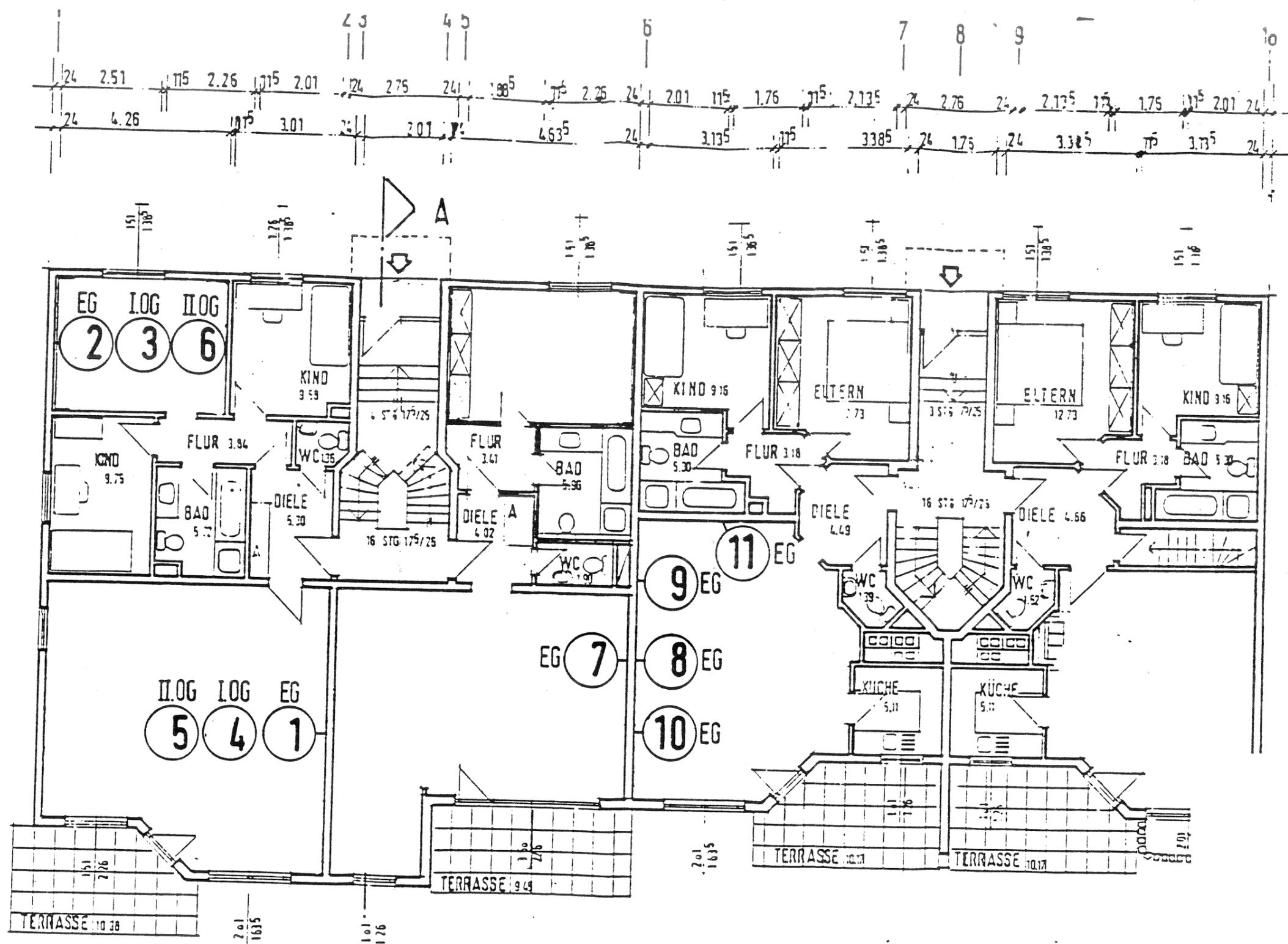




Gesamtgebäude



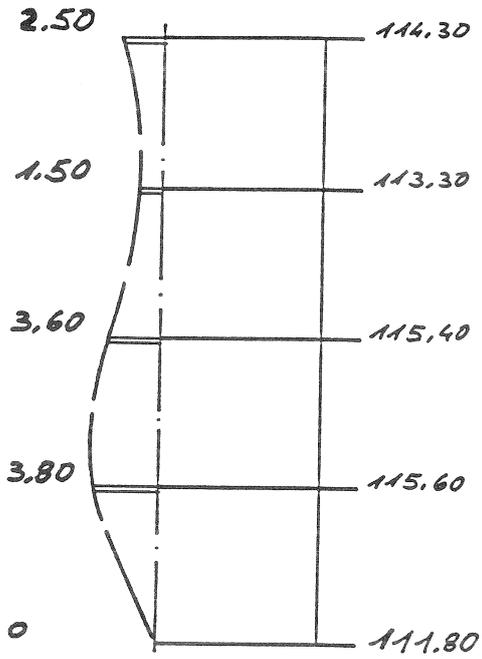
Meßstelle



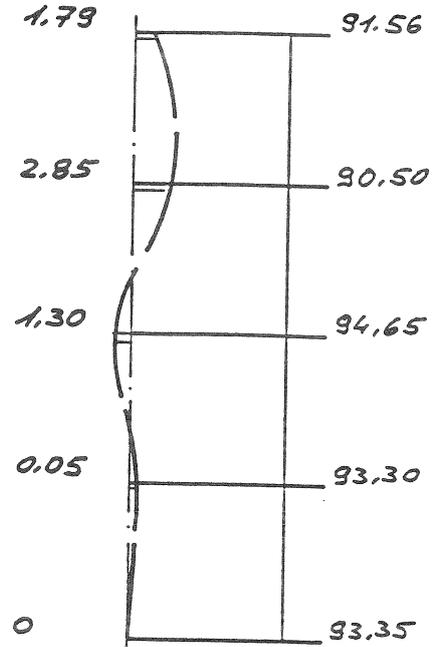
C Gebäudegrundrisse

Ingenieurgruppe Bauen	Hübschstr. 21	
	7500 Karlsruhe	
Ingenieursozietät BGS	Zweigbüro Hannover	
	Andreaestraße 7	
	3000 Hannover 1	
Meßvorhaben		
Gebäude C: Mehrfamilienhäuser in Liederboch		
Forschungsvorhaben: Ungewaltete Ausmitte		
Grundriss mit Meßstelleneintragung		
Auftrags Nr.	Bearb.	Datum
3881055	Sch/Gi	7.3.89

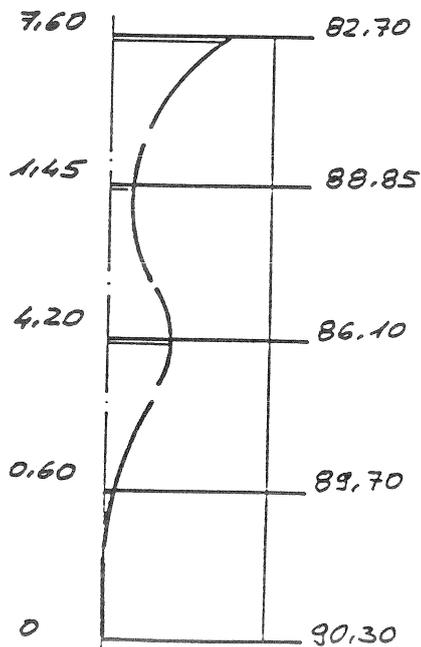
C	1	KS	d = 24
	-	10DF	h _s = 2,62



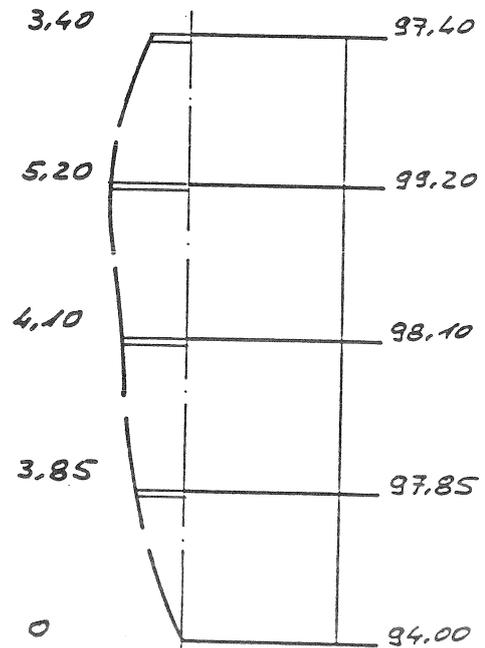
C	2	Hohlbl. St. Beton	d = 24
	-	49,5·24·23,8	h _s = 2,62



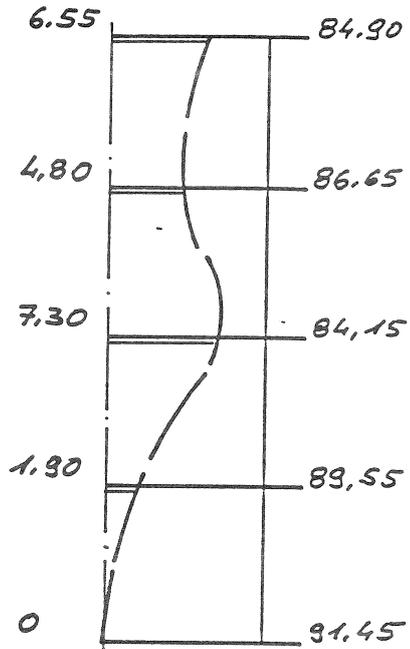
C	3	Hohlbl. St. Beton	d = 24
	-	49,5·24·23,8	h _s = 2,62



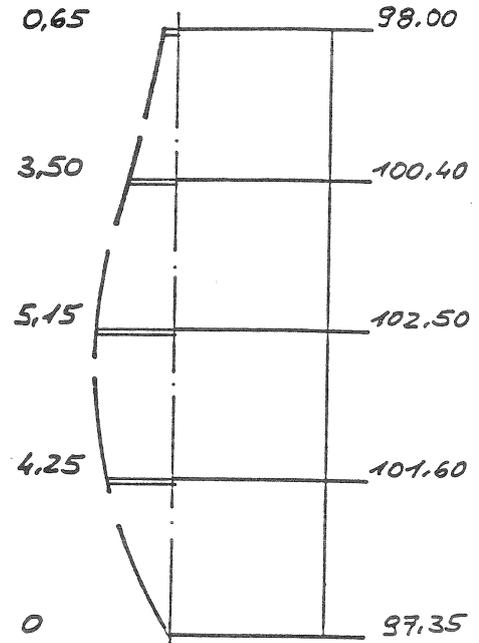
C	4	KS	d = 24
	-	10DF	h _s = 2,62



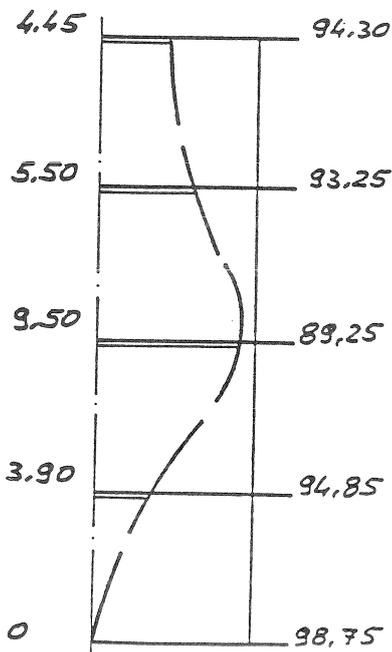
C	5	KS	d = 24
	-	10 DF	h _s = 2,62



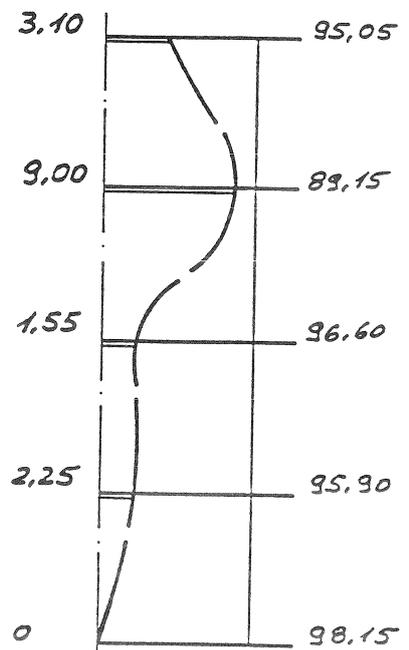
C	6	Hohlbl. sh. Behr u	d = 24
	-	49,5 · 24 · 238	h _s = 2,62



C	9	KS	d = 24
	-	10 DF	h _s = 2,62

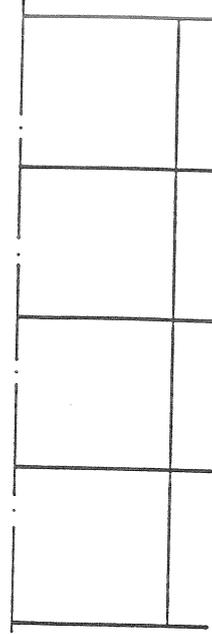
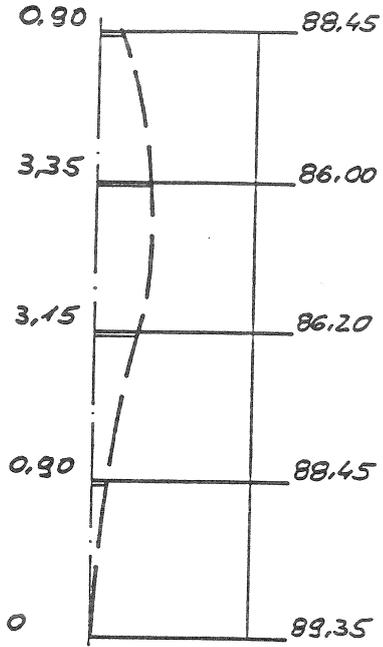


C	10	KS	d = 24
	-	10 DF	h _s = 2,62



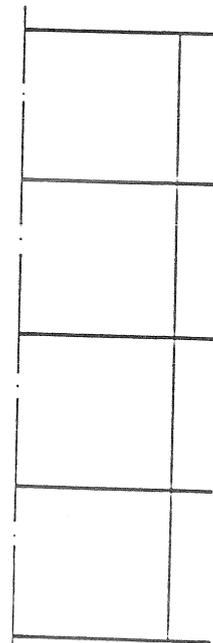
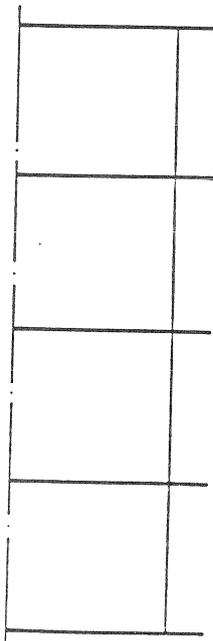
C	11	KS	d = 24
	-	10 DF	h _s = 2,62

			d =
			h _s =



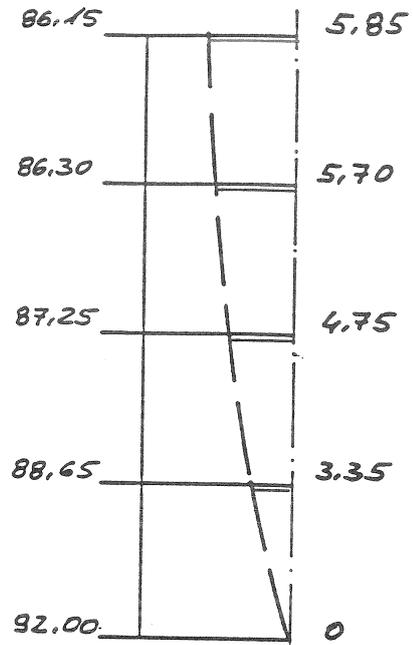
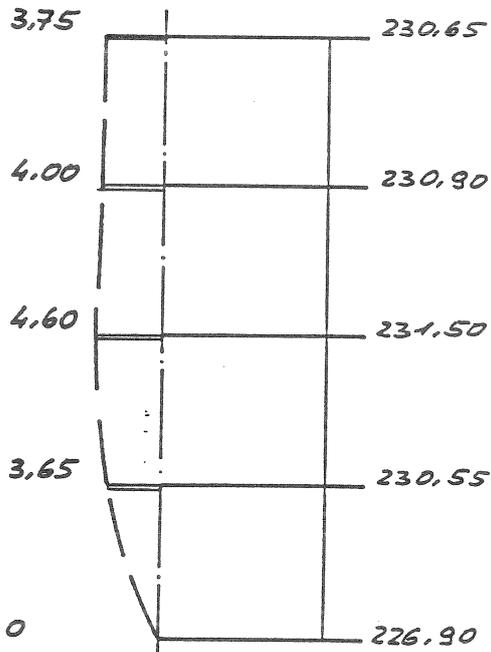
			d =
			h _s =

			d =
			h _s =

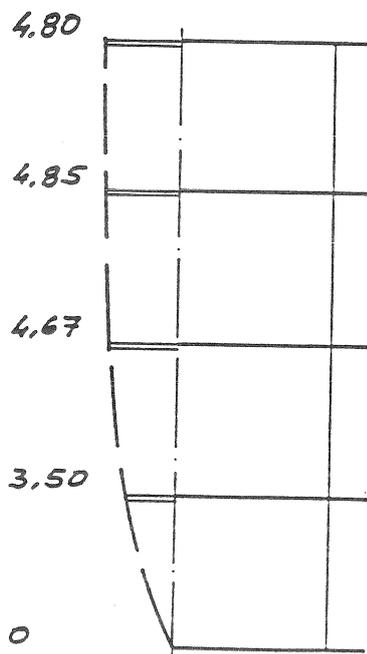


C	7		d=
	(8)		h _s =

C	8		d=
	(7)		h _s =



C	$\frac{7+8}{2}$
---	-----------------



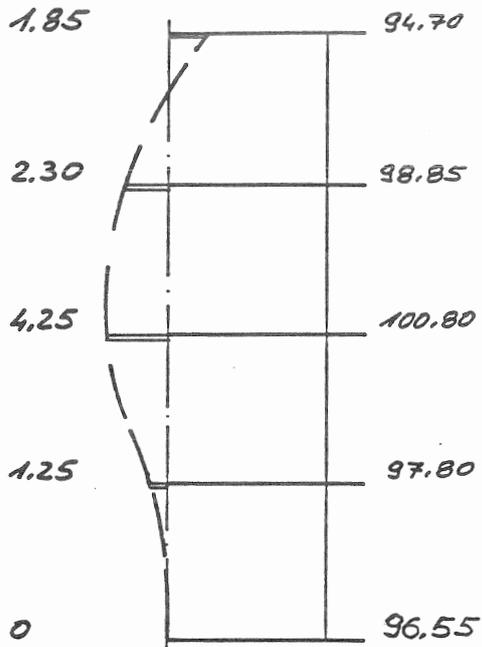


Gesamtgebäude

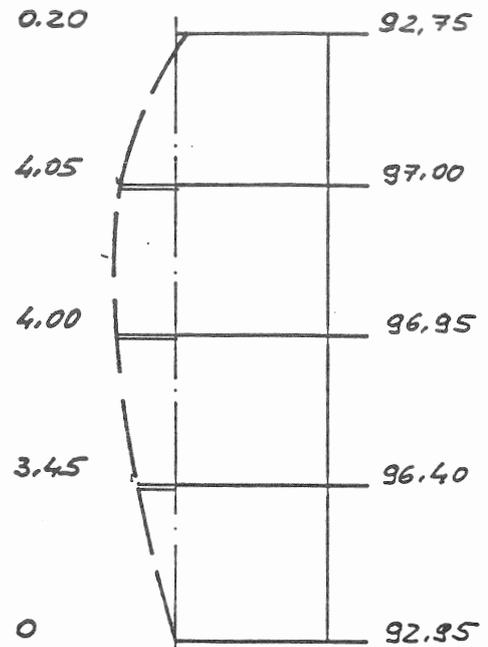


Meßstelle

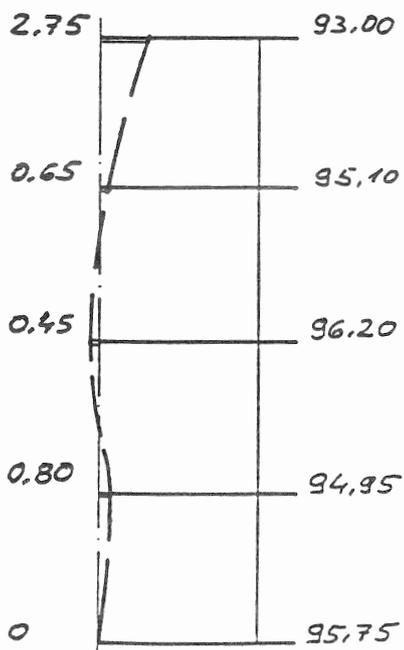
D	1	KS	d = 24
	-	3DF	h _s = 3,18



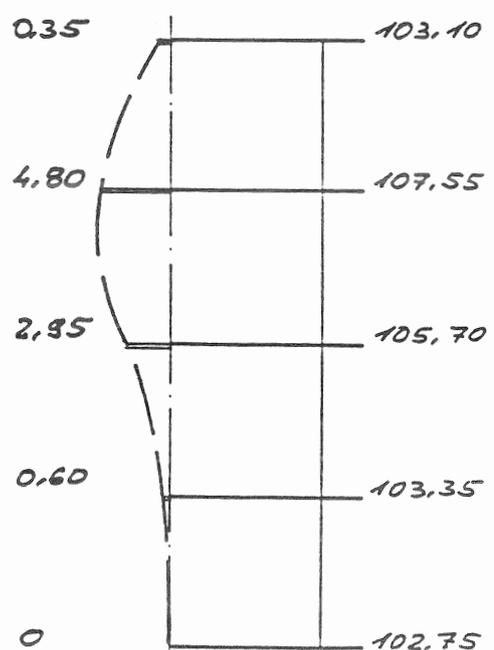
D	2	KS	d = 24
	-	3DF	h _s = 3,18



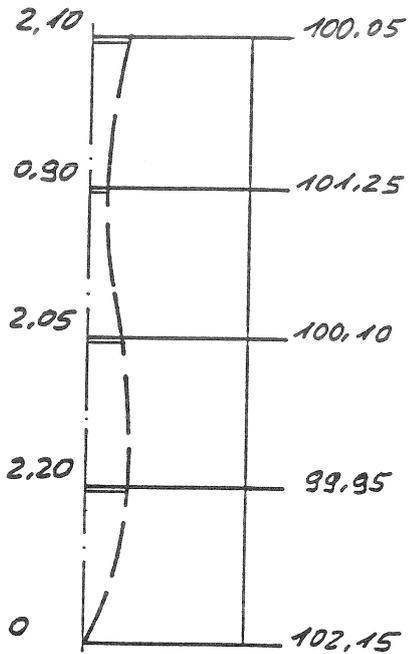
D	3	KS	d = 24
	-	3DF	h _s = 2,53



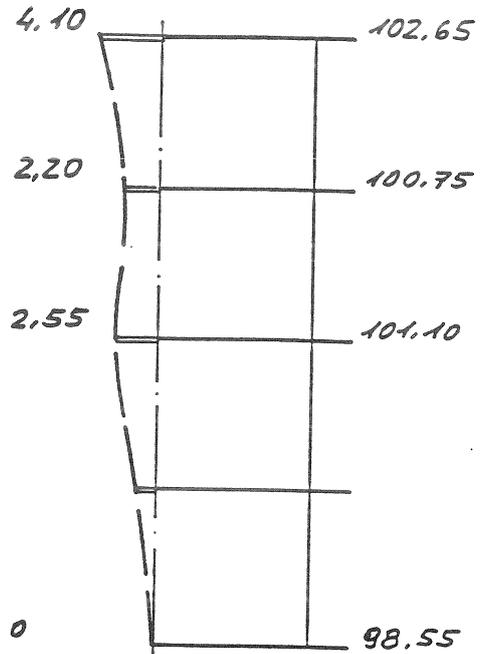
D	4	KS	d = 24
	-	3DF	h _s = 2,67



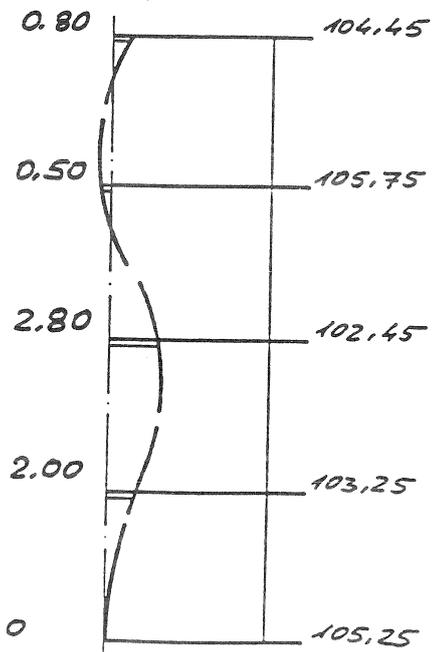
D	5	KS	d = 24
	-	3DF	h _s = 2,67



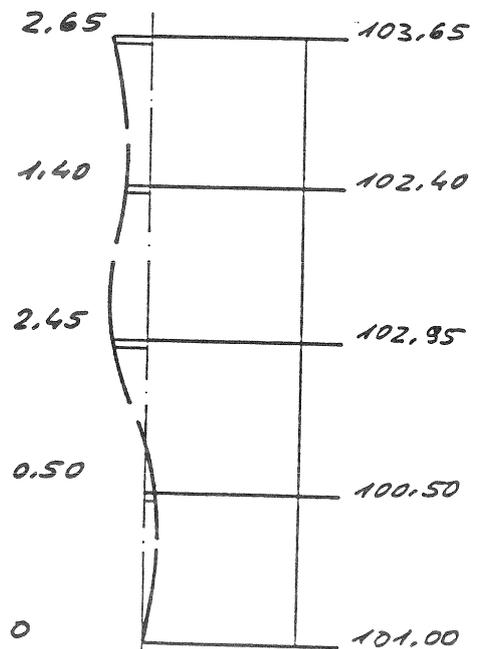
D	6	KS	d = 24
	-	3DF	h _s = 2,62



D	9	KS	d = 24
	-	3DF	h _s = 2,62

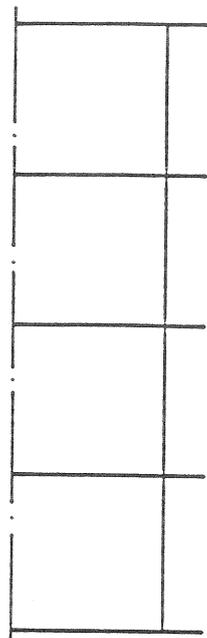
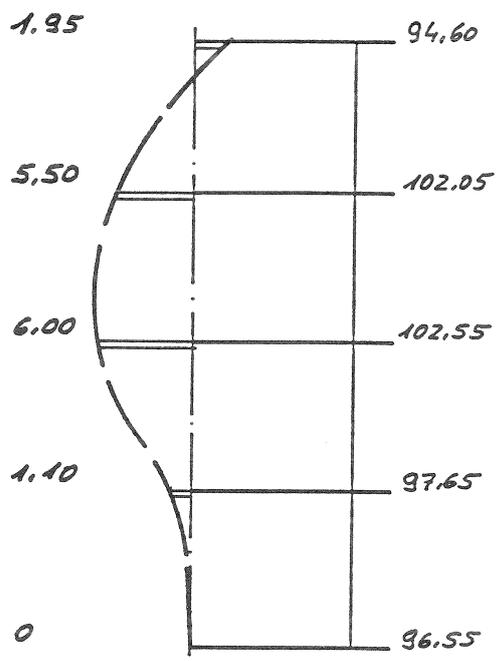


D	10	KS	d = 24
	-	3DF	h _s = 2,62



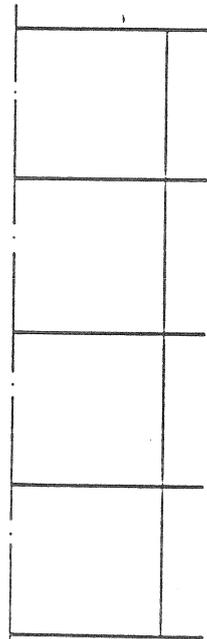
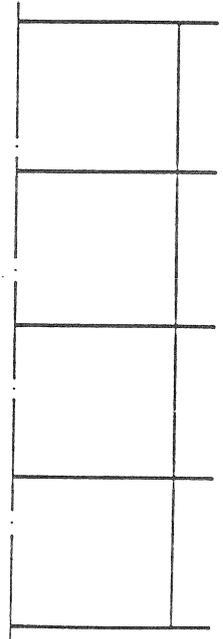
D	15	KS	d = 24
	-	3 DF	h _s = 2,62

			d =
			h _s =



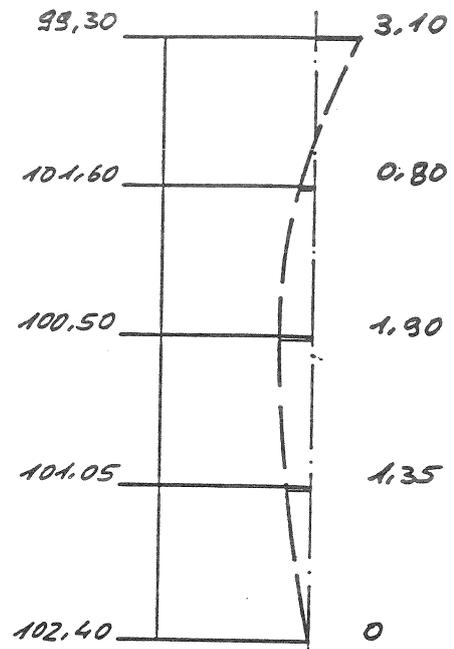
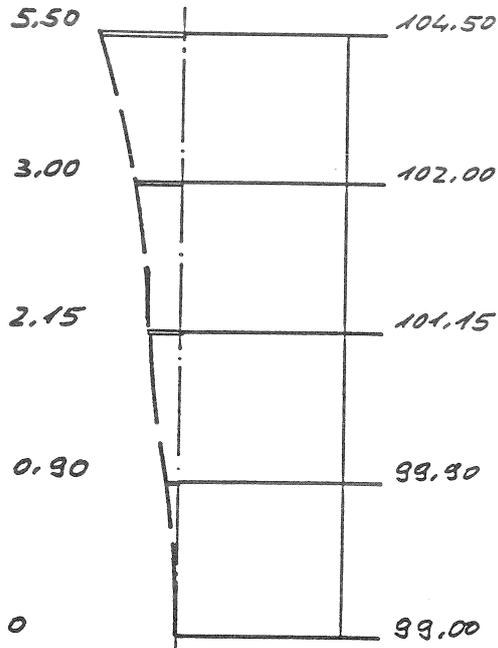
			d =
			h _s =

			d =
			h _s =

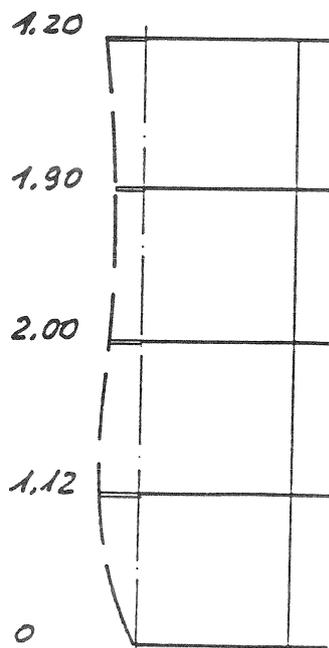


D	7	KS	d = 24
	(8)	3DF	h _s = 2,62

D	8	KS	d = 24
	(7)	3DF	h _s = 2,62

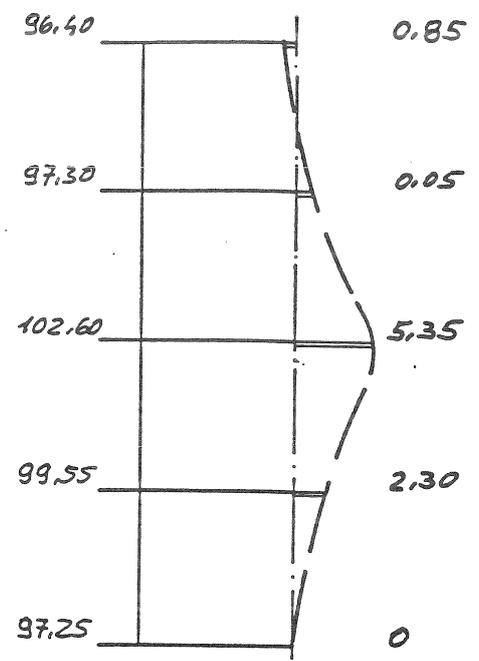
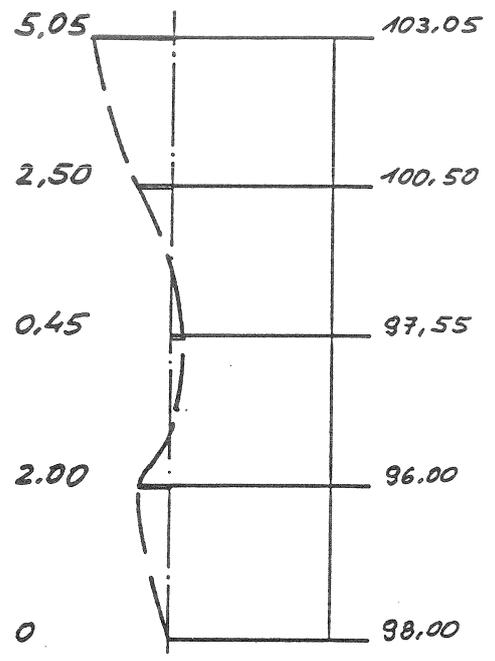


D	$\frac{7+8}{2}$
---	-----------------

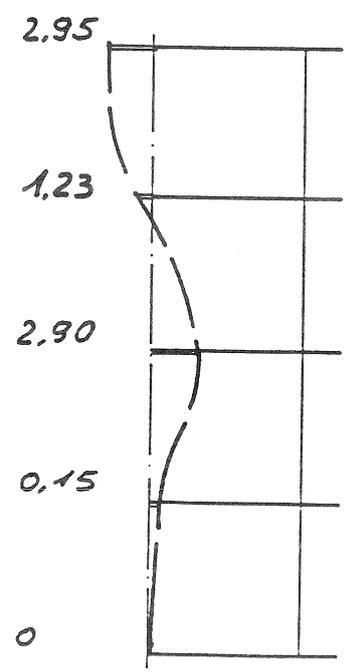


D	11	KS	d = 24
	(12)	3DF	h _s = 2,62

D	12	KS	d = 24
	(11)	3DF	h _s = 2,62

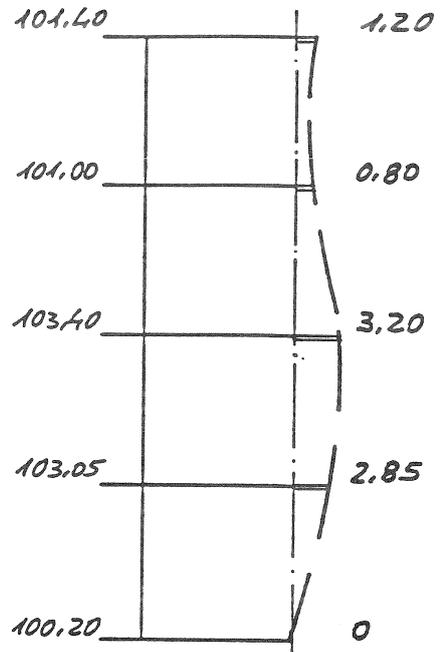
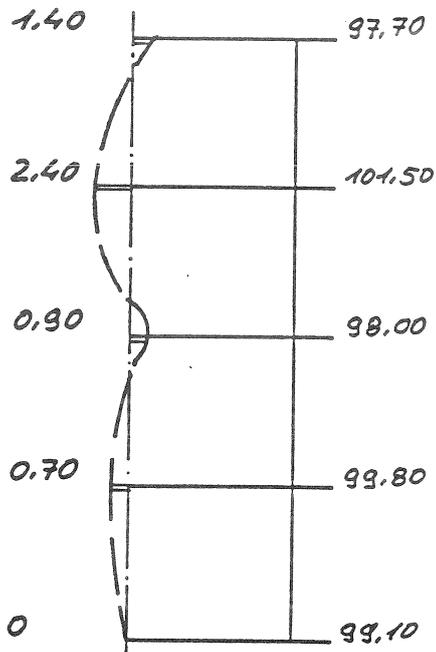


D	$\frac{11+12}{2}$
---	-------------------

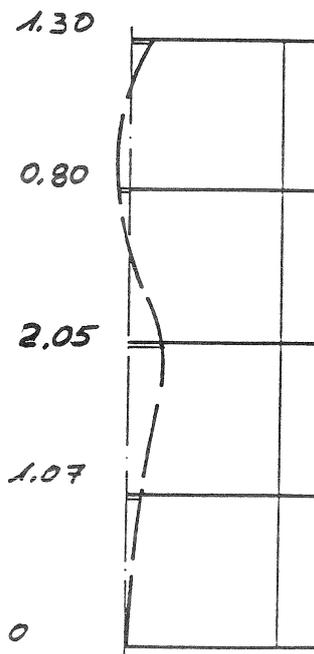


D	13	KS	d = 24
	(14)	3DF	h _s = 2,62

D	14	KS	d = 24
	(13)	3DF	h _s = 2,62

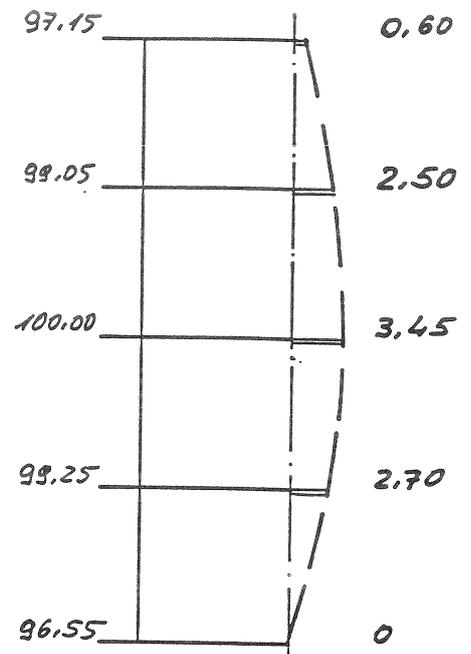
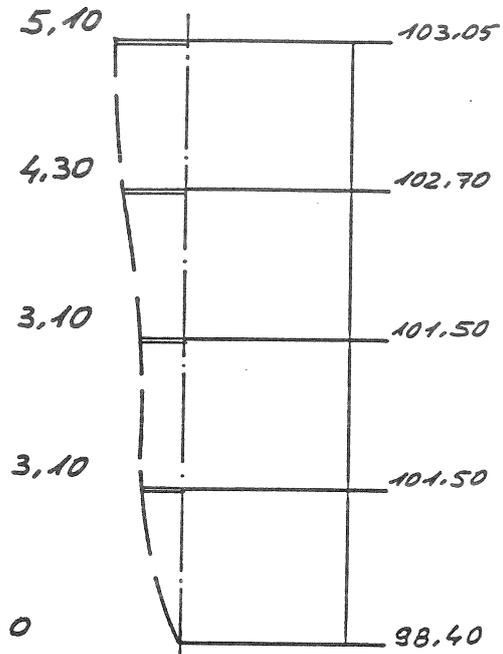


D	$\frac{13+14}{2}$
---	-------------------

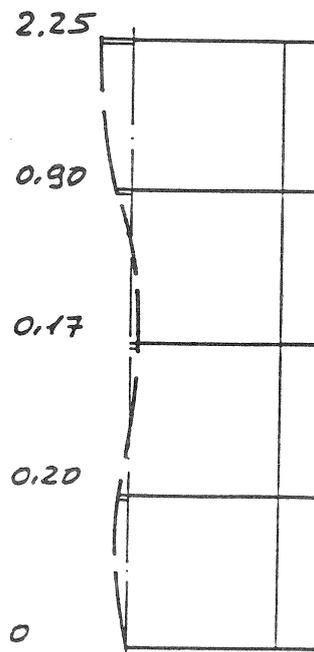


D	16	KS	d = 24
	(17)	3 DF	h _s = 2,62

D	17	KS	d = 24
	(16)	3 DF	h _s = 2,62

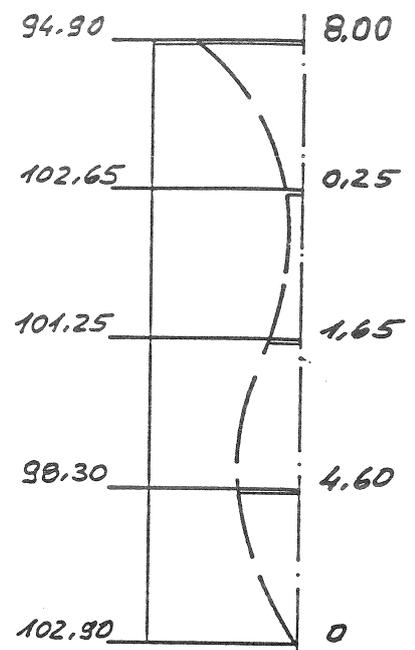
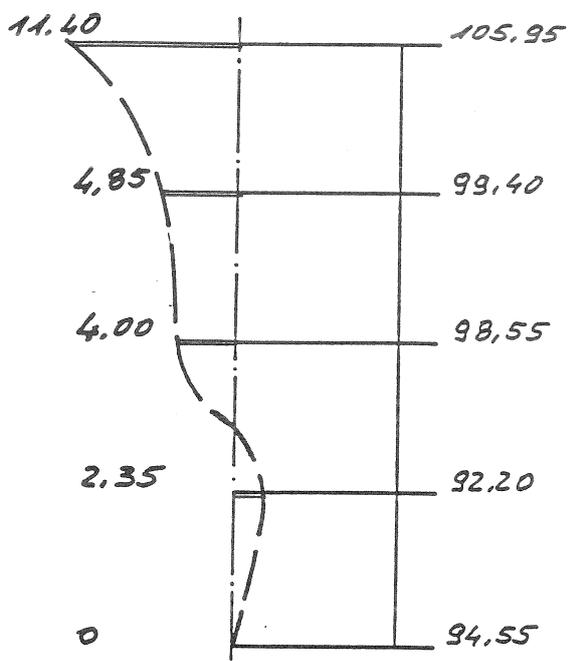


D	$\frac{16+17}{2}$
---	-------------------

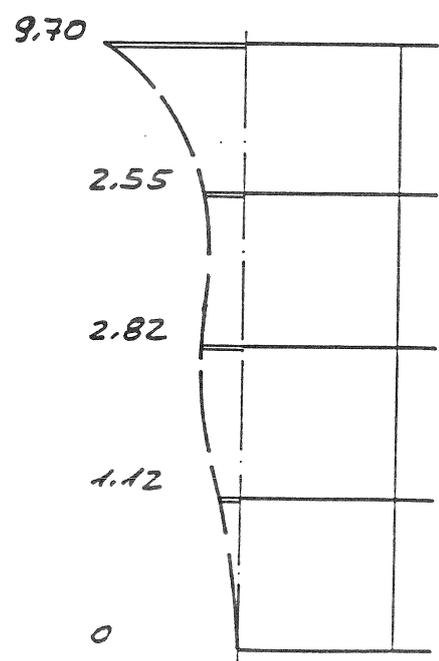


D	18	KS	d = 24
	(19)	3 DF	h _s = 2,62

D	19	KS	d = 24
	(18)	3 DF	h _s = 2,62

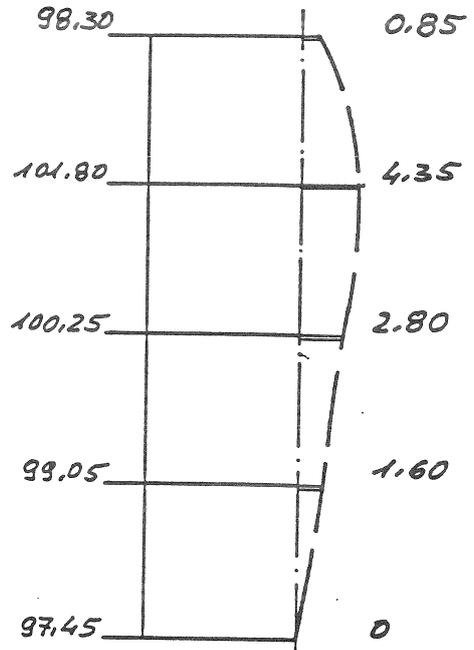
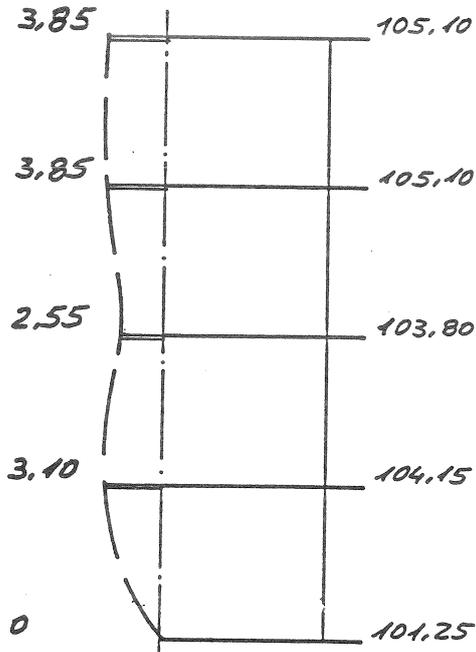


D	$\frac{18+19}{2}$
---	-------------------

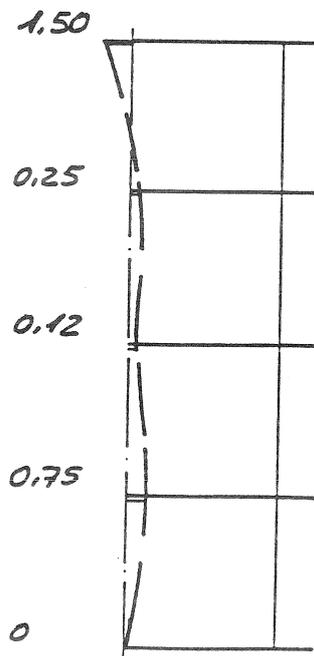


D	20	Ks	d = 24
	(21)	3 DF	h _s = 2,62

D	21	Ks	d = 24
	(20)	3 DF	h _s = 2,62



D	$\frac{20+21}{2}$
---	-------------------

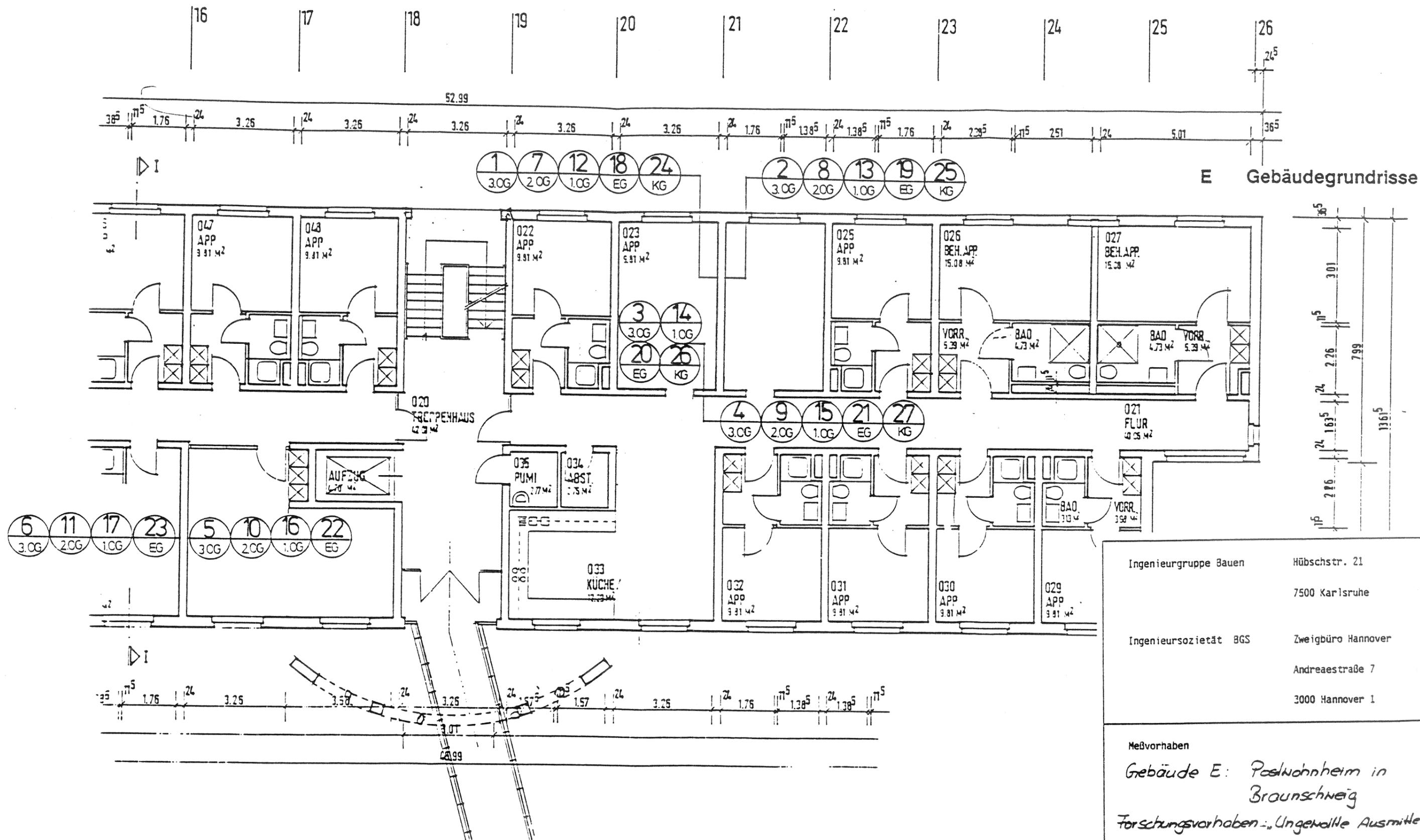




Gesamtgebäude



Meßstelle

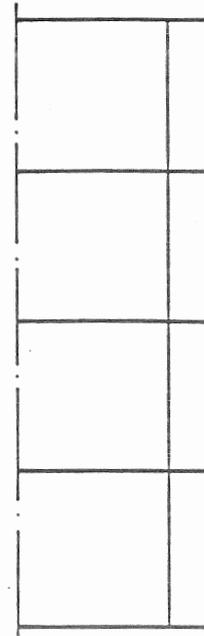
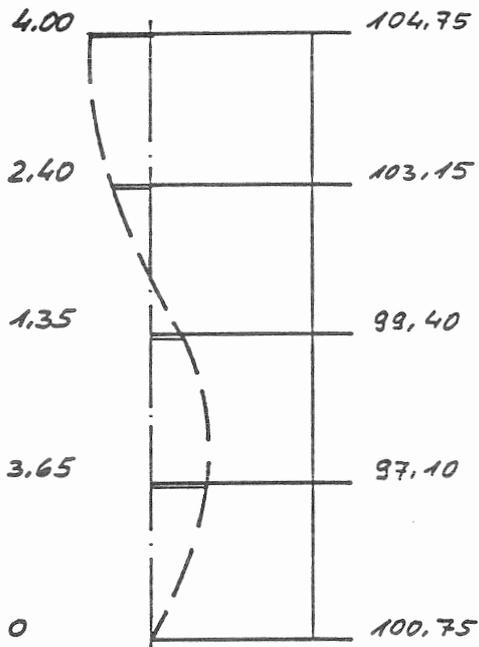


E Gebäudegrundrisse

Ingenieurgruppe Bauen	Hübschstr. 21
	7500 Karlsruhe
Ingenieursozietät BGS	Zweigbüro Hannover
	Andreaestraße 7
	3000 Hannover 1
Meßvorhaben	
Gebäude E: Postwohnheim in Braunschweig	
Forschungsvorhaben: „Ungewollte Ausmittel“	
Grundriss mit Meßstelleneintragung	
Auftrags Nr.	Bearb.
3881055	Sch/6i
	Datum
	16.3.89

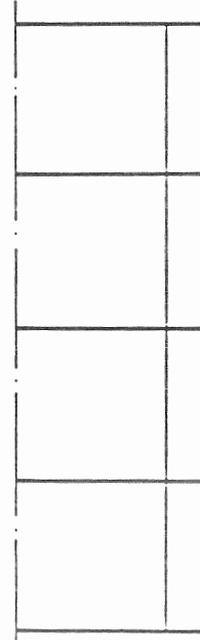
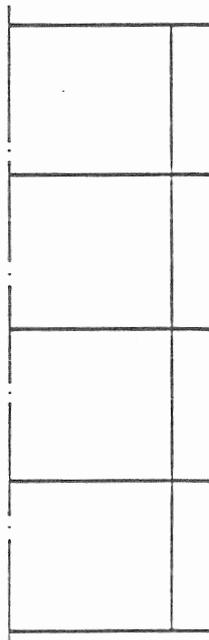
E	9	KS	d = 24
	-	24x25x50	h _s = 2,62

			d =
			h _s =



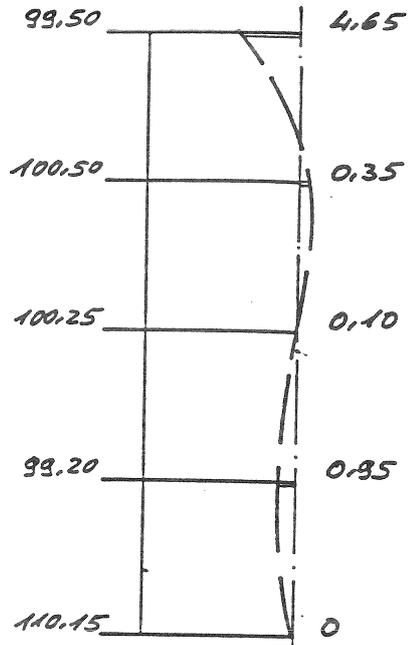
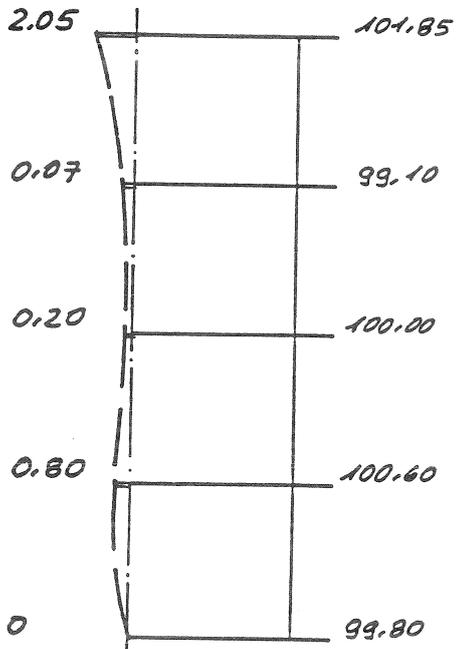
			d =
			h _s =

			d =
			h _s =

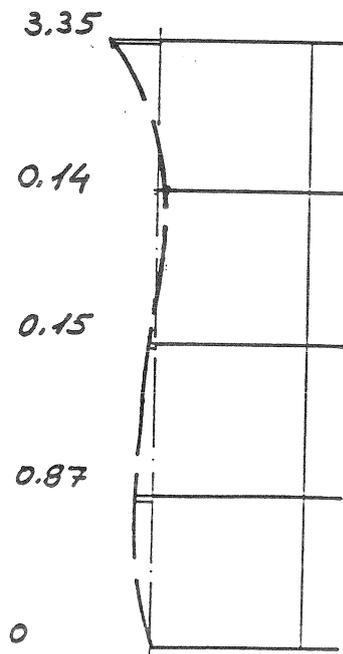


E	1	KS	d = 24
	(2)	24 x 25 x 50	h _S = 2,62

E	2	KS	d = 24
	(1)	24 x 25 x 50	h _S = 2,62

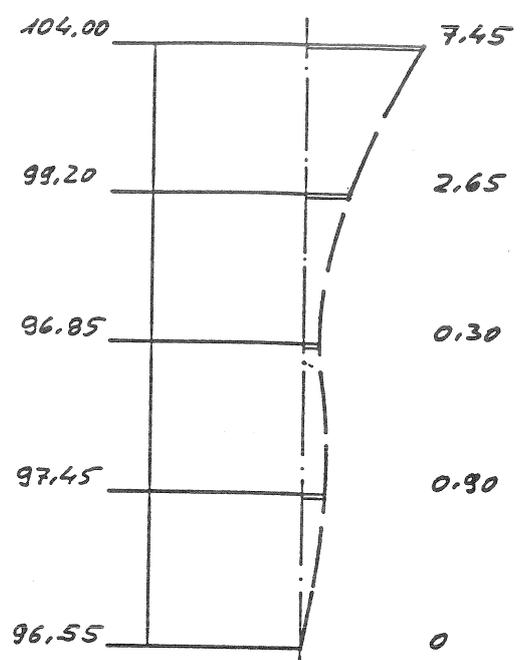
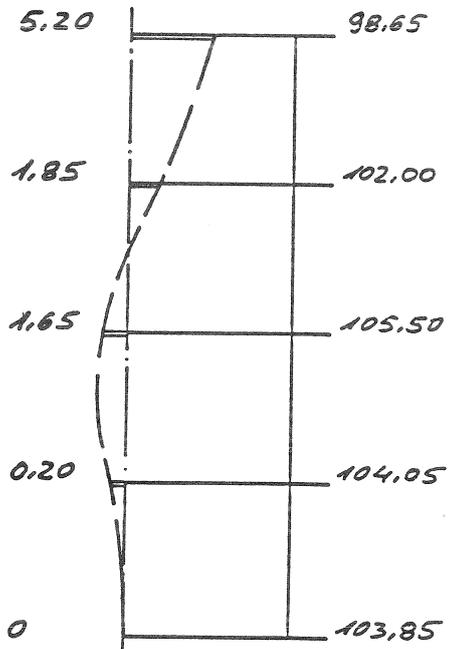


E	$\frac{1+2}{2}$
---	-----------------

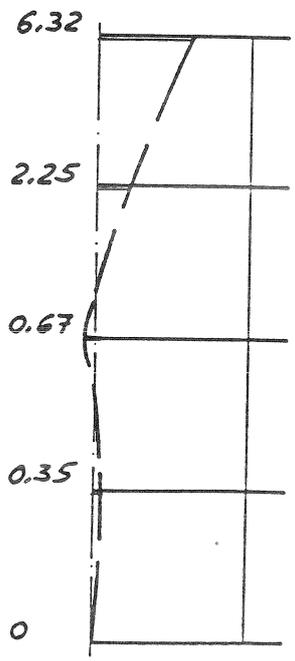


E	3	KS	d = 24
	(4)	24x25x50	h _s = 262

E	4	KS	d = 24
	(3)	24x25x50	h _s = 262

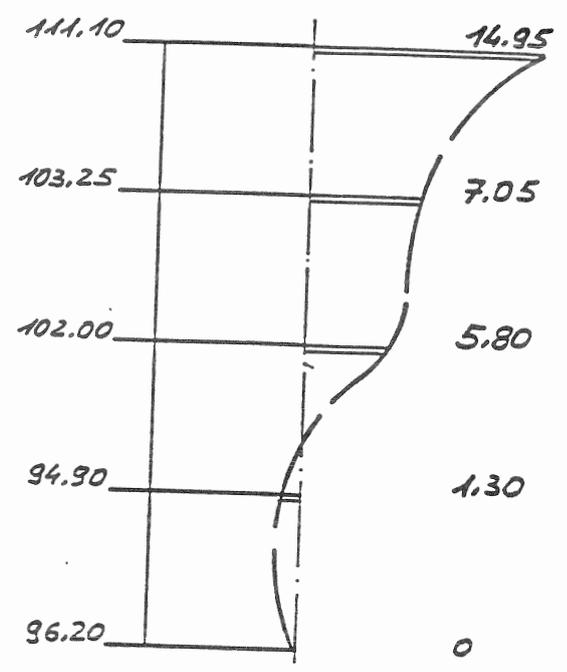
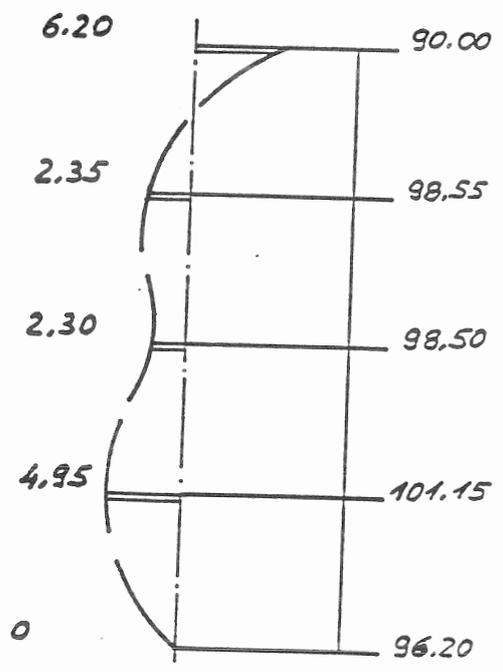


E	$\frac{3+4}{2}$
---	-----------------

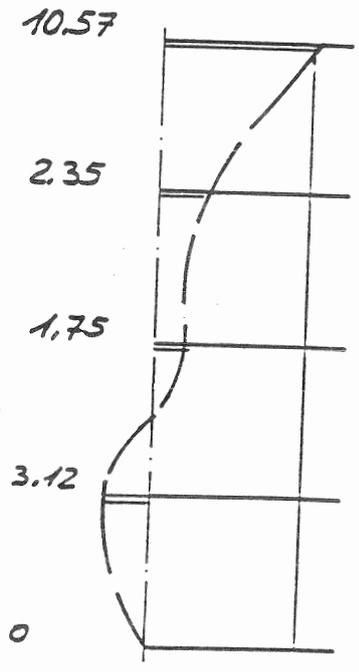


E	5	KS	d = 24
	(6)	24 x 50 x 25	h _s = 2,62

E	6	KS	d = 24
	(5)	24 x 25 x 50	h _s = 2,62

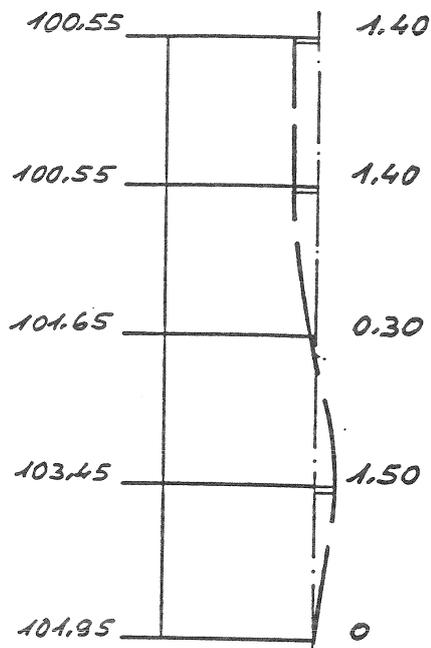
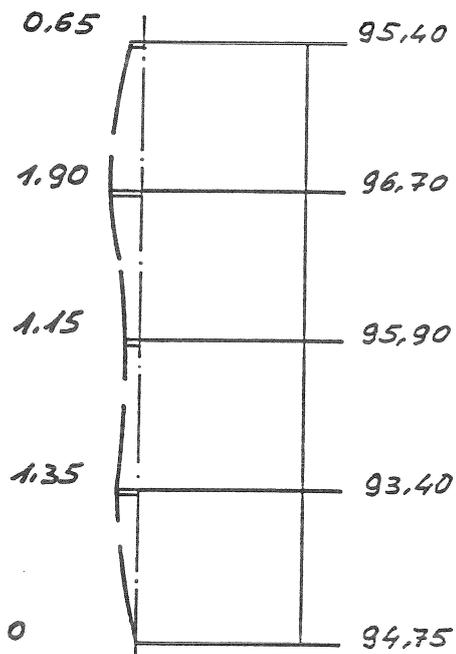


E	$\frac{5+6}{2}$
---	-----------------

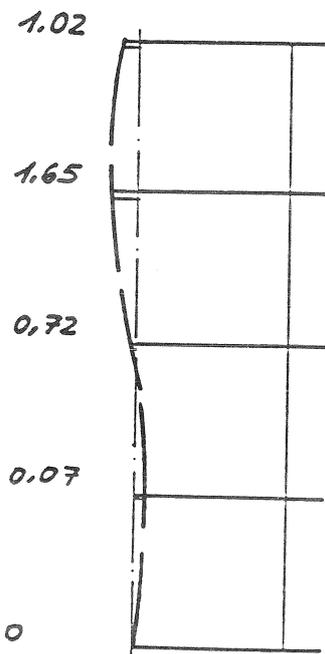


E	7	KS	d = 24
	(8)	24x25x50	h _s = 2,62

E	8	KS	d = 24
	(7)	24x25x50	h _s = 2,62

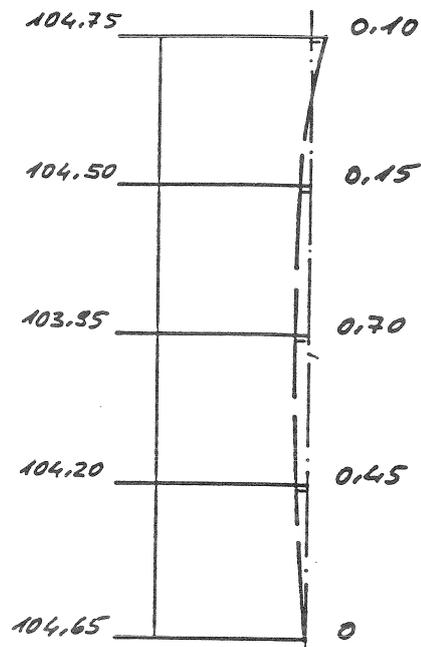
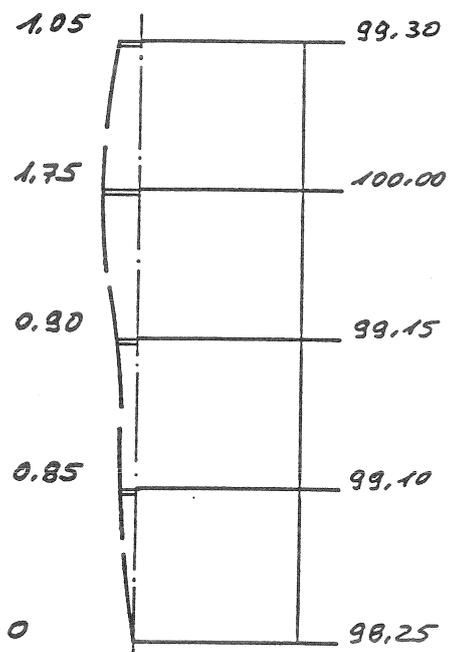


E	7+8
	2

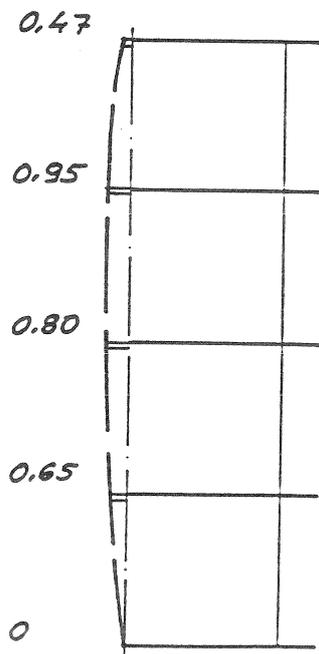


E	10	KS	d = 24
	(11)	24x25x50	h _s = 262

E	11	KS	d = 24
	(10)	24x25x50	h _s = 262

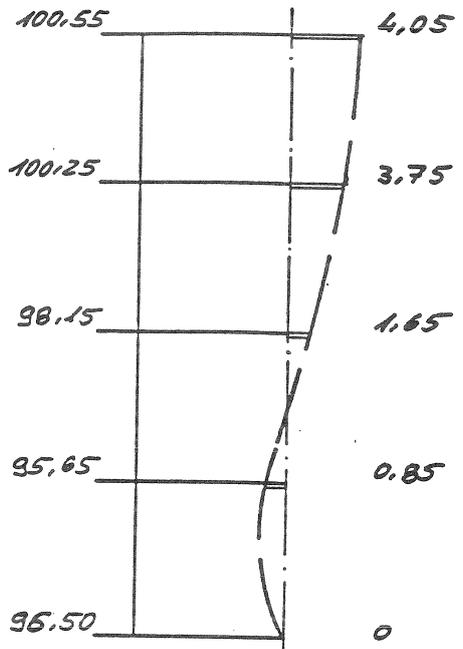
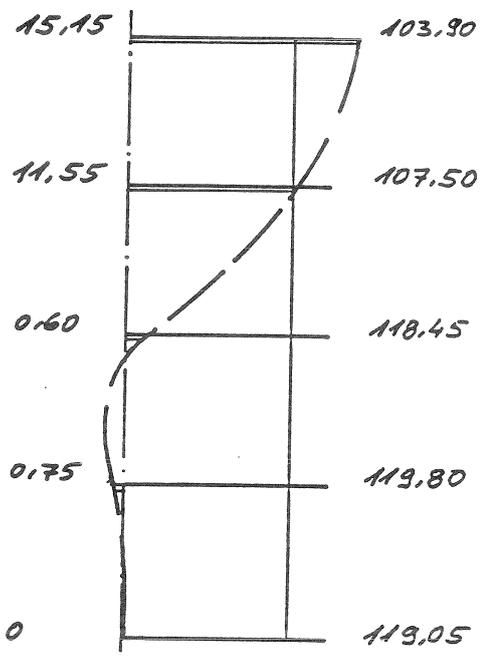


E	$\frac{10+11}{2}$
---	-------------------

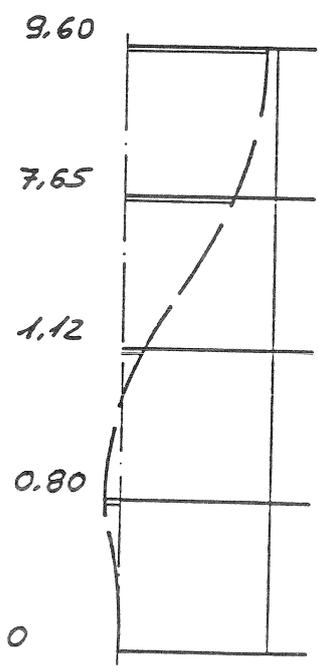


E	12	KS	d = 24
	(13)	24x25x50	h _s = 2,62

E	13	KS	d = 24
	(12)	24x25x50	h _s = 2,62

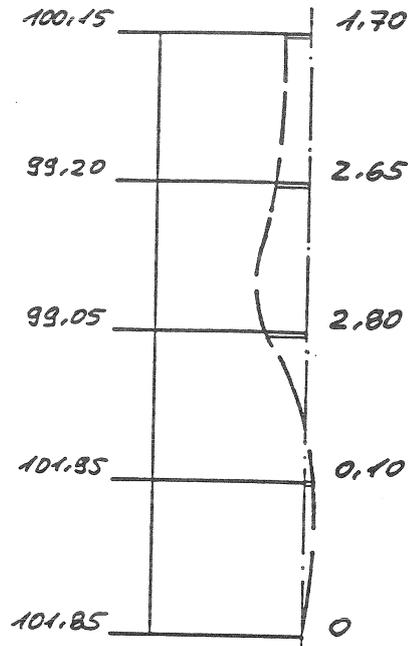
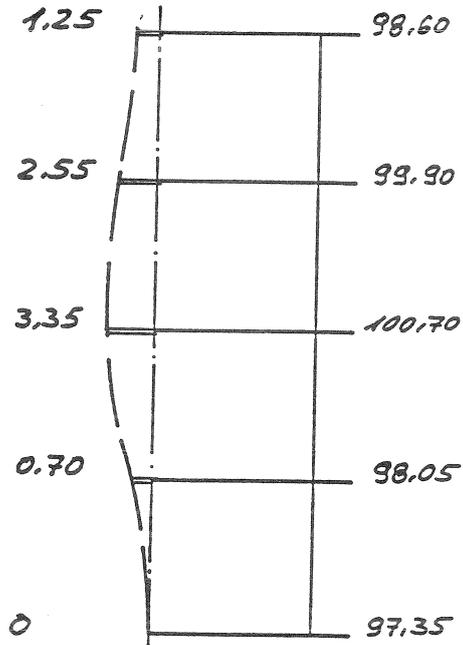


E	$\frac{12+13}{2}$
---	-------------------

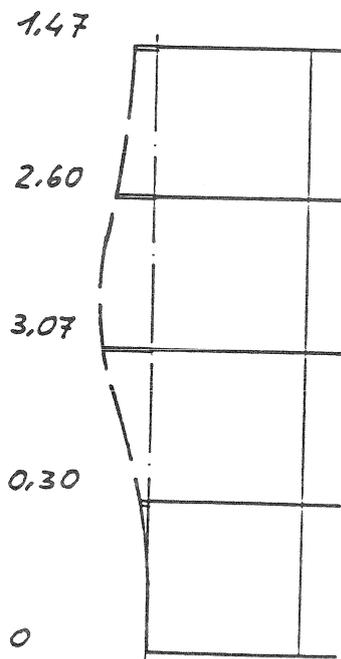


E	14	KS	d = 24
	(15)	24 x 25 x 50	h _s = 2,62

E	15	KS	d = 24
	(14)	24 x 25 x 50	h _s = 2,62

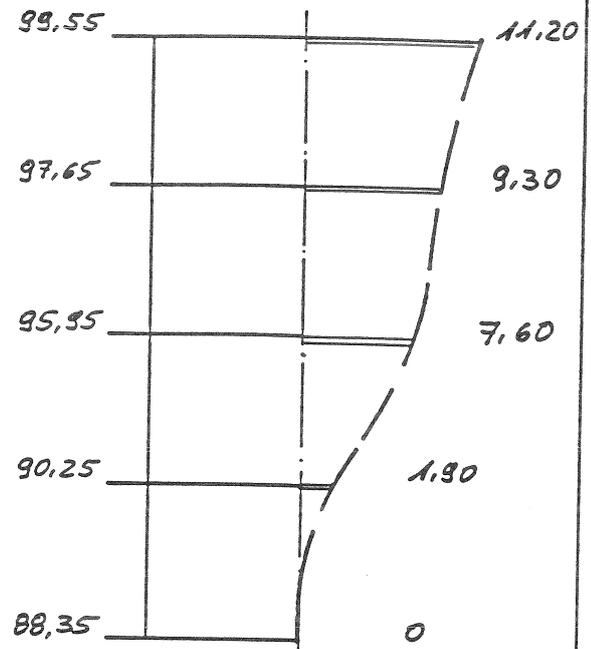
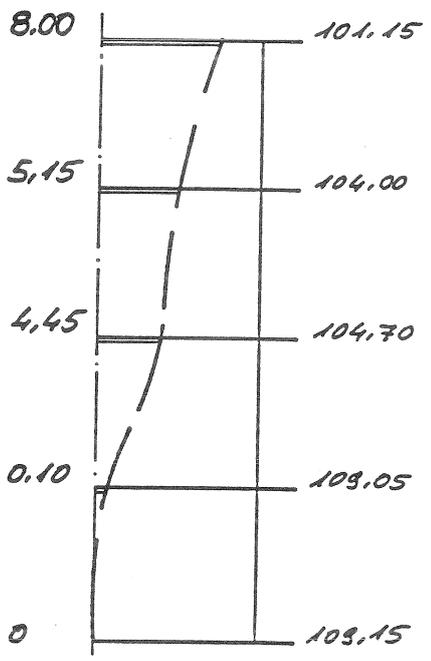


E	$\frac{14+15}{2}$
---	-------------------

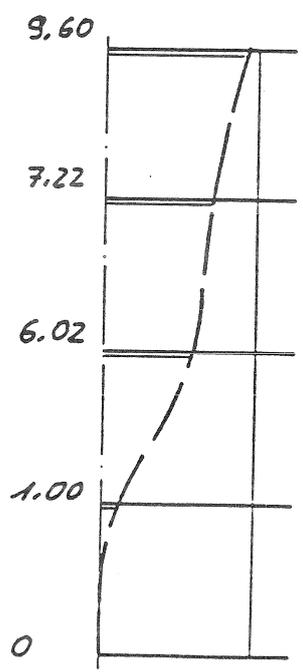


E	16	KS	d = 24
	(17)	24x25x50	h _s = 262

E	17	KS	d = 24
	(16)	24x25x50	h _s = 262

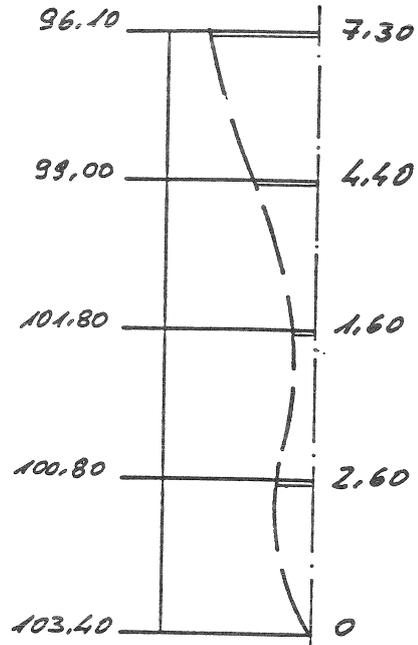
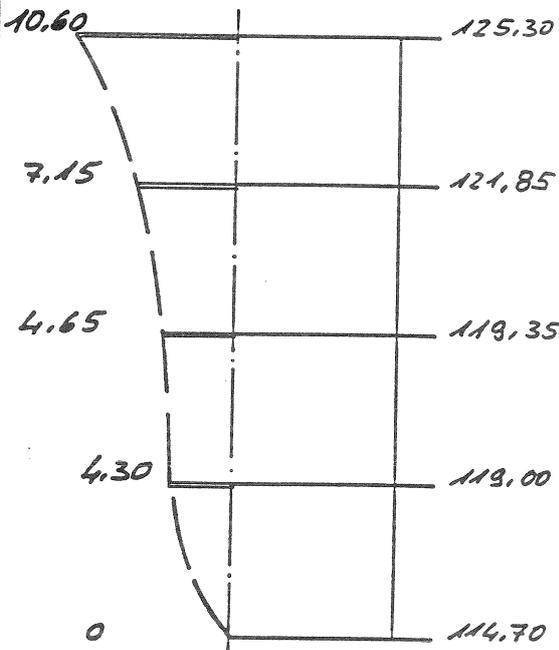


E	$\frac{16+17}{2}$
---	-------------------

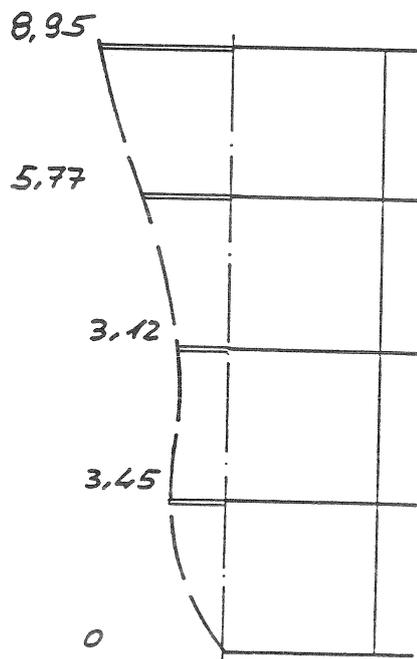


E	18	KS	d = 27
	(19)	24x25x50	h _s = 2,62

E	19	KS	d = 24
	(18)	24x25x50	h _s = 2,62

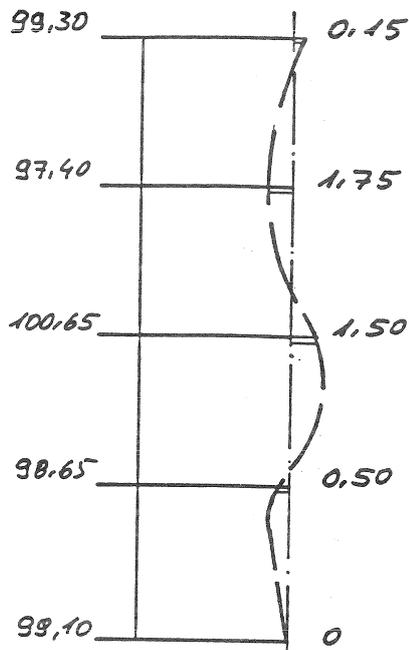
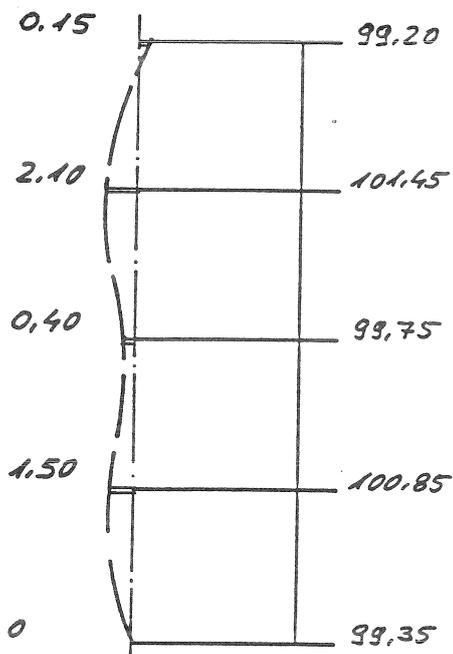


E	$\frac{18+19}{2}$
---	-------------------

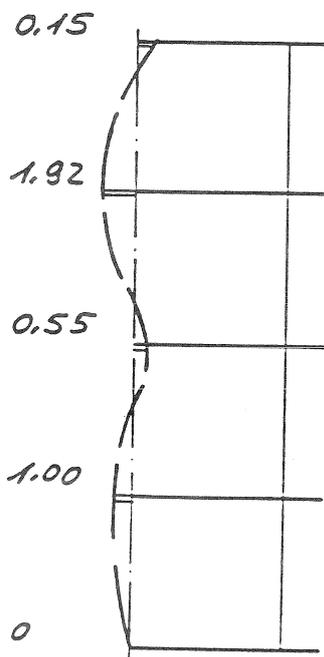


E	20	KS	d = 24
	(21)	24x50x25	h _s = 2,62

E	21	KS	d = 24
	(20)	24x50x25	h _s = 2,62

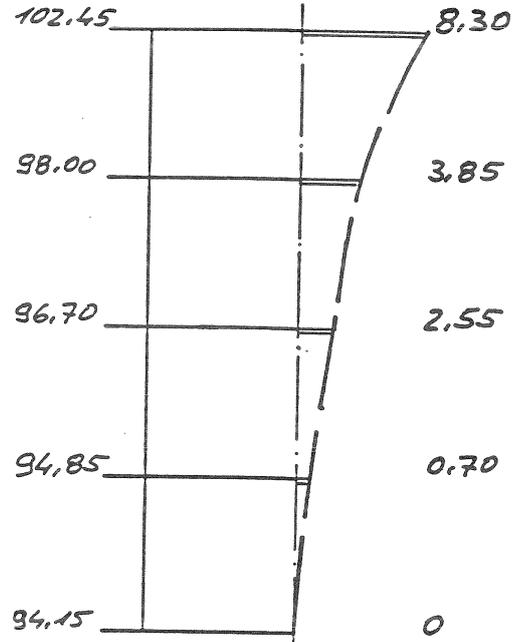
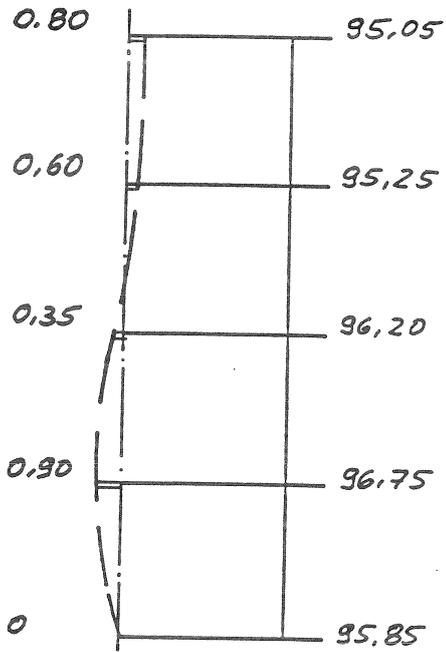


E	$\frac{20+21}{2}$
---	-------------------

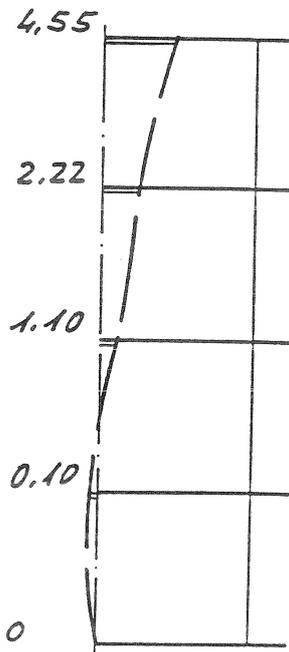


E	22	KS	d = 24
	(23)	24x25x50	h _s = 262

E	23	KS	d = 24
	(22)	24x25x50	h _s = 262

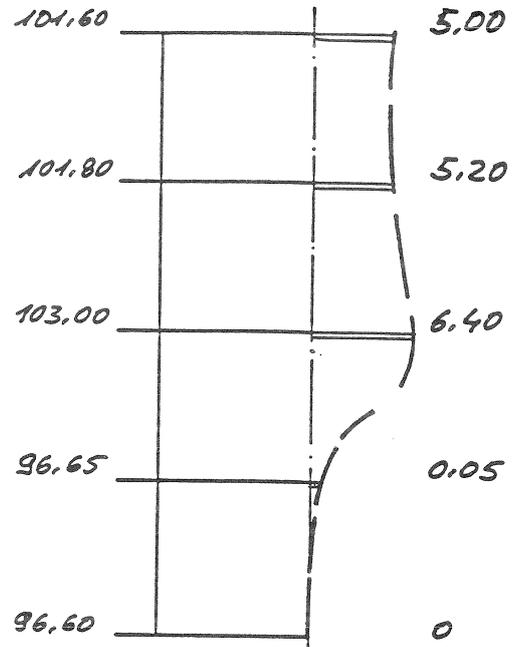
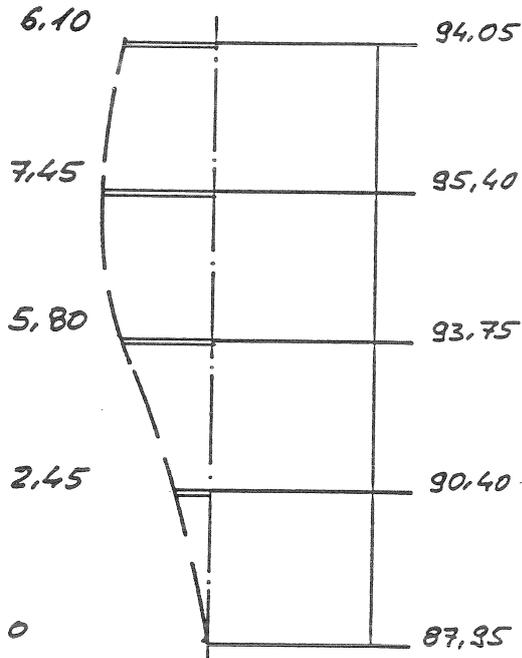


E	$\frac{22+23}{2}$
---	-------------------

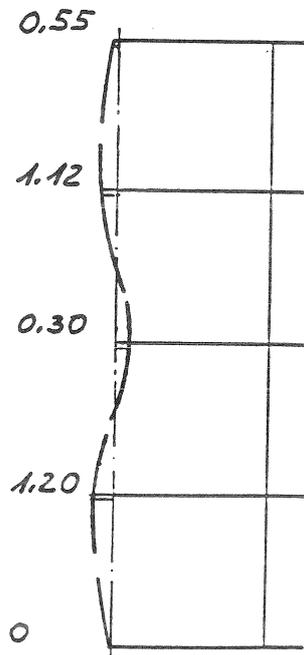


E	24	KS	d = 24
	(25)	24x25x50	h _s = 2,62

E	25	KS	d = 24
	(24)	24x25x50	h _s = 2,62

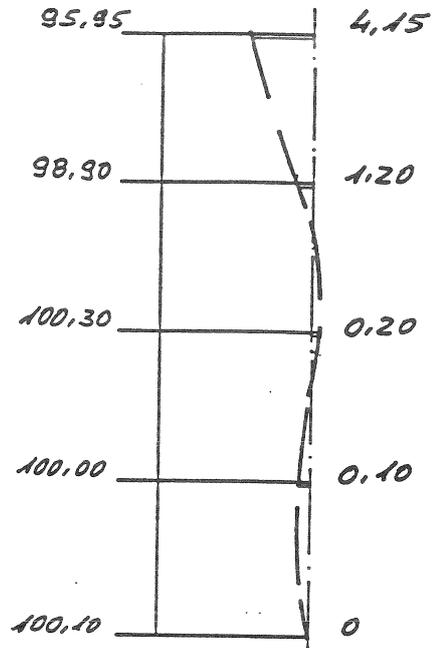
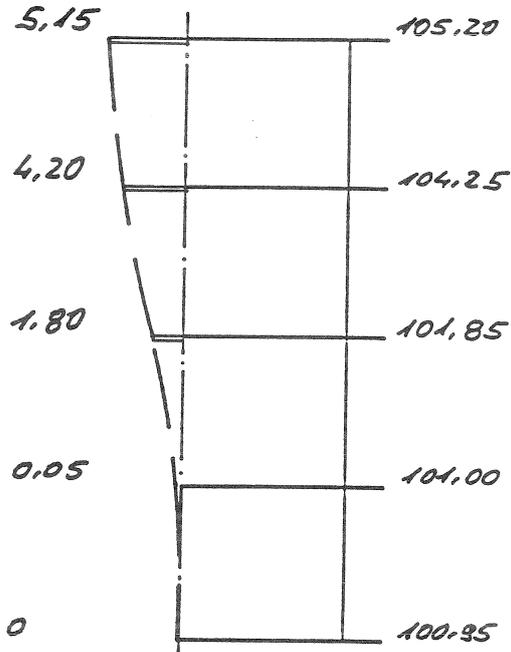


E	$\frac{24+25}{2}$
---	-------------------

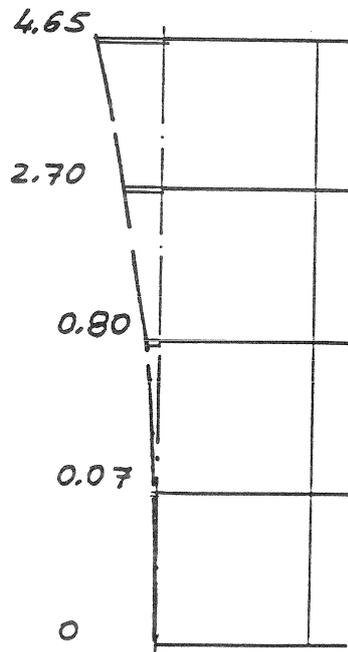


E	26	KS	d = 24
	(27)	24x25x50	h _s = 262

E	27	KS	d = 24
	(26)	24x25x50	h _s = 262



E	$\frac{26+27}{2}$
---	-------------------

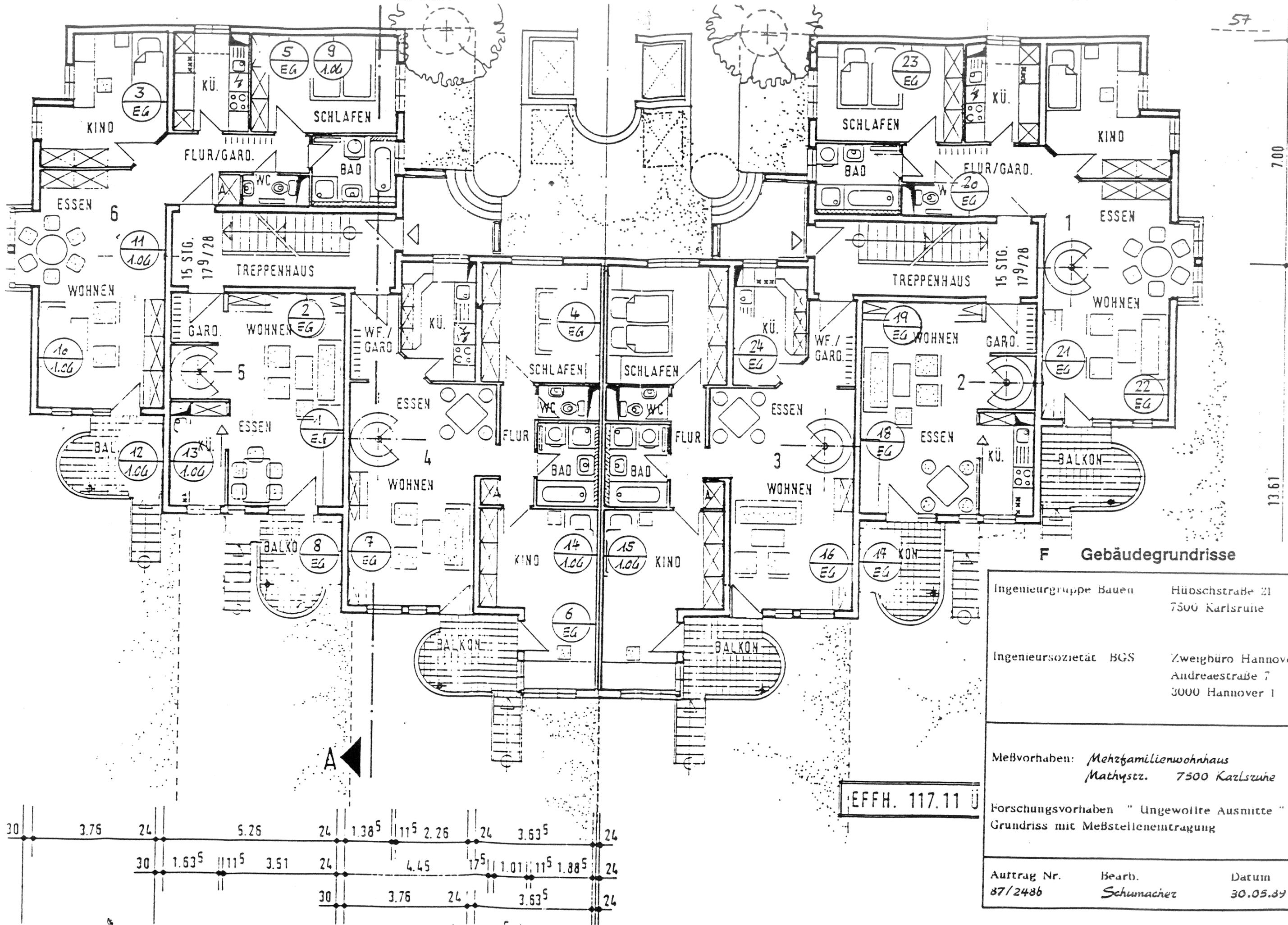




Gesamtgebäude



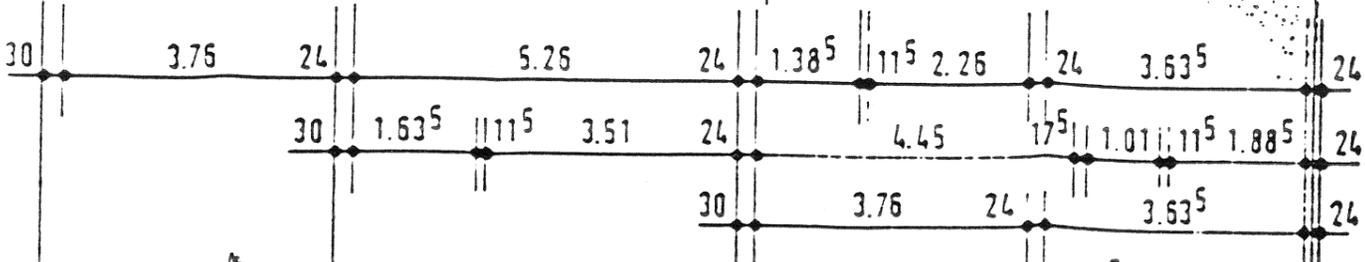
Meßstelle



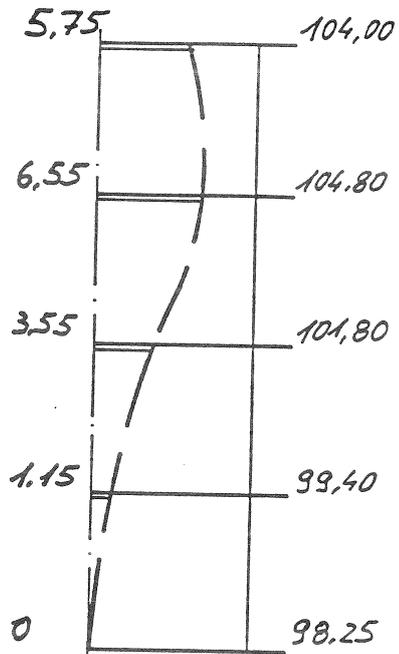
F Gebäudegrundrisse

Ingenieurgruppe Bauen	Hübschstraße 21 7500 Karlsruhe	
Ingenieursozietät BGS	Zweigbüro Hannover Andreaestraße 7 3000 Hannover 1	
Maßvorhaben: <i>Mehrfamilienwohnhaus</i> <i>Mathystr. 7500 Karlsruhe</i>		
Forschungsvorhaben "Ungewollte Ausmitte" Grundriss mit Maßstelleneintragung		
Auftrag Nr. 87/248b	Bearb. <i>Schumacher</i>	Datum 30.05.89

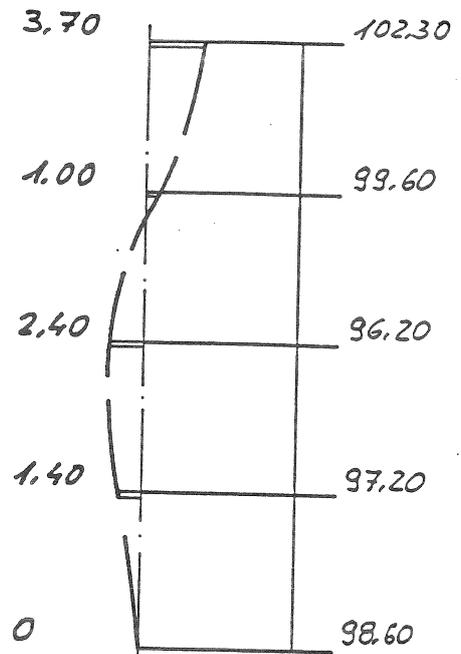
EFFH. 117.11 Ü



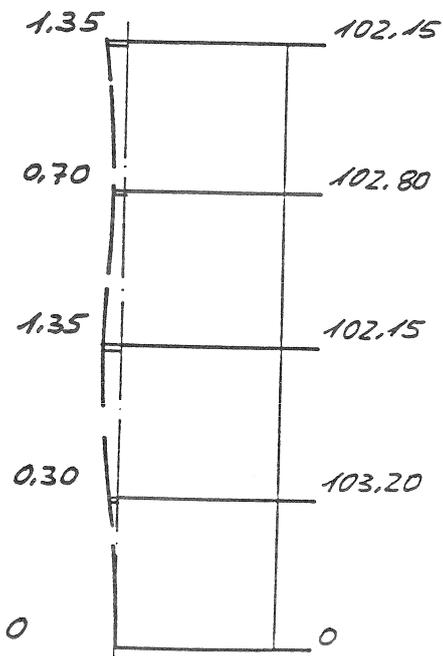
F	1	KS	d = 24
	-	10 DF	h _s = 2.50



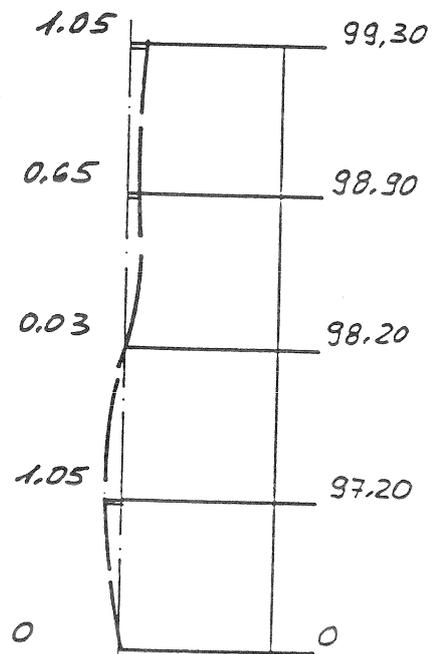
F	2	KS	d = 24
	-	10 DF	h _s = 2.50



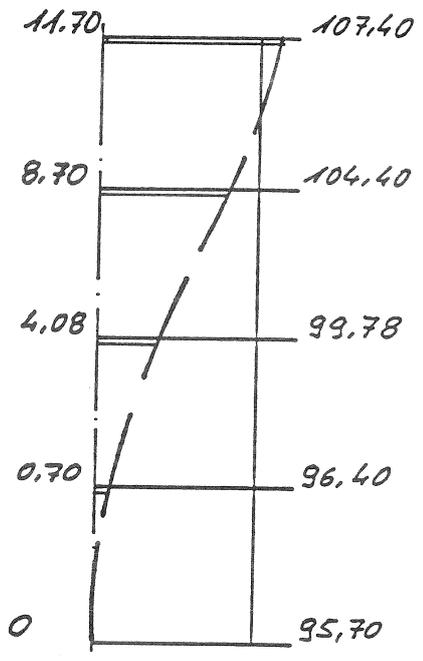
F	3	KS	d = 24
	-	10 DF	h _s = 2.50



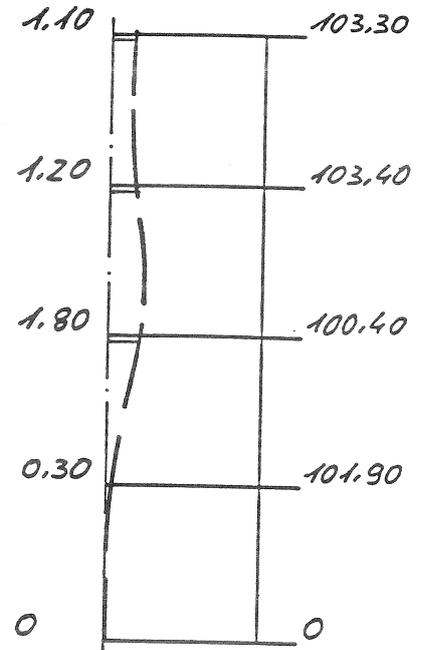
F	4	KS	d = 24
	-	10 DF	h _s = 2.50



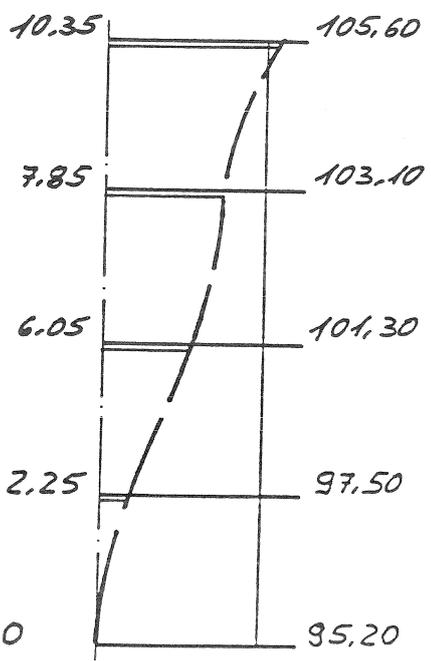
F	5	Mauerziegel	d = 30
	-	15 DF	h _s = 2.50



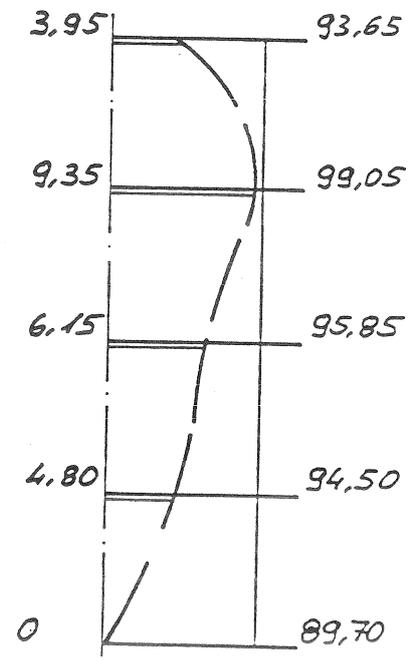
F	6	KS	d = 24
	-	10 DF	h _s = 2.50



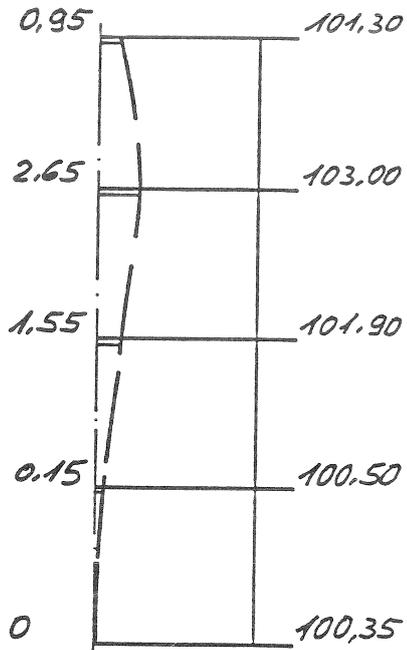
F	9	Mauerziegel	d = 30
	-	15 DF	h _s = 2.50



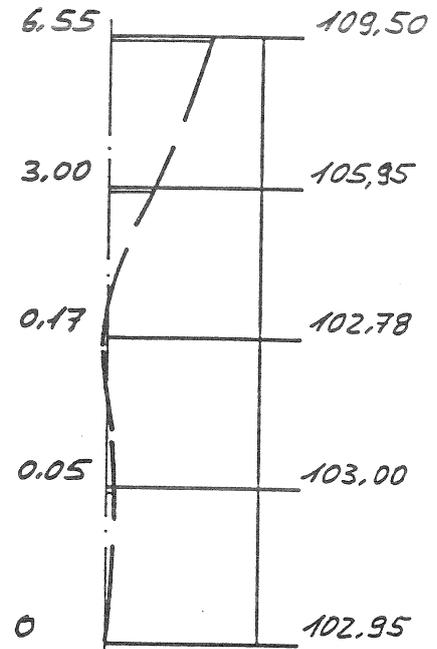
F	10	Mauerziegel	d = 30
	-	15 DF	h _s = 2.50



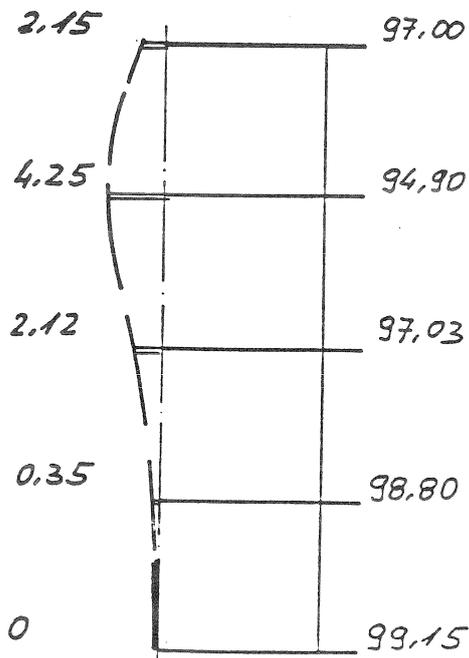
F	11	KS	d = 24
	-	10 DF	h _s = 2,50



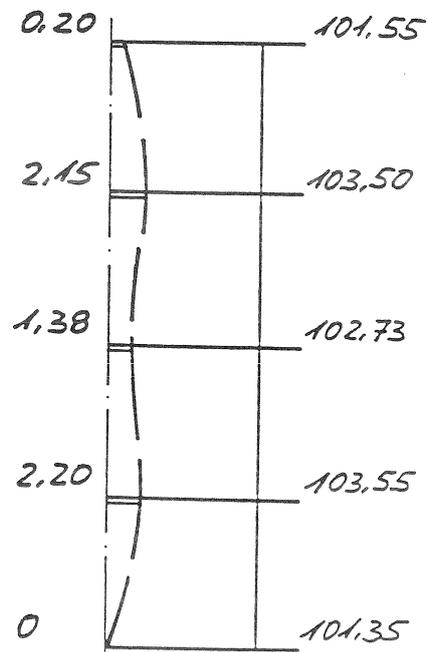
F	14	KS	d = 24
	-	10 DF	h _s = 2,50



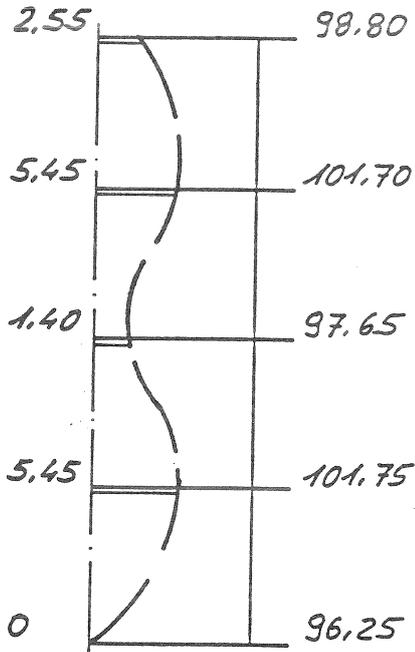
F	15	KS	d = 24
	-	10 DF	h _s = 2,50



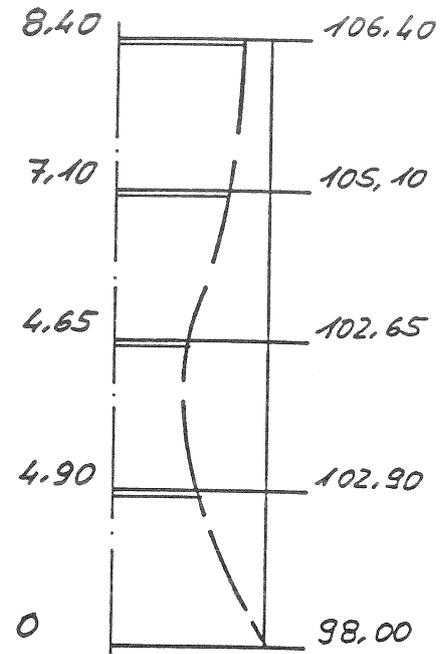
F	18	KS	d = 24
	-	10 DF	h _s = 2,50



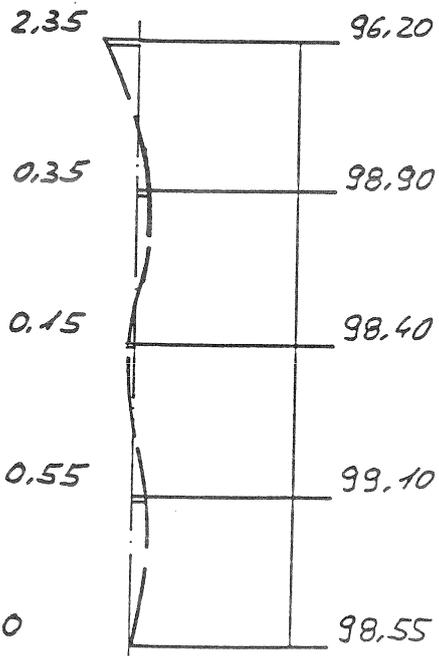
F	19	KS	d = 24
	-	10 DF	h _s = 2.50



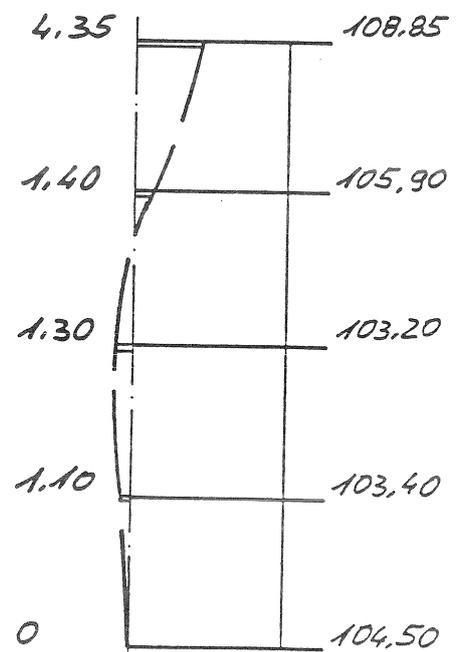
F	20	KS	d = 24
	-	10 DF	h _s = 2.50



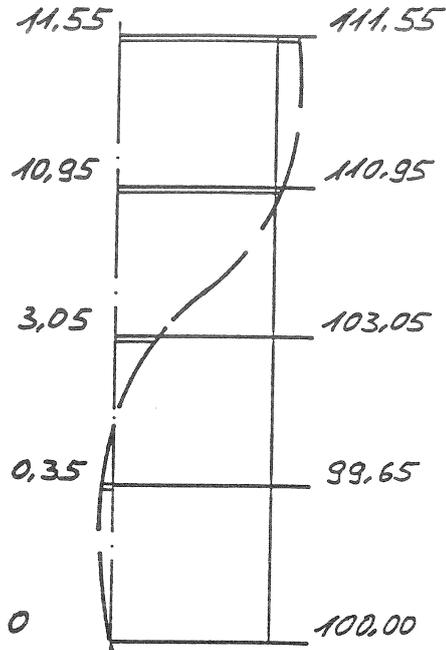
F	21	KS	d = 24
	-	10 DF	h _s = 2.50



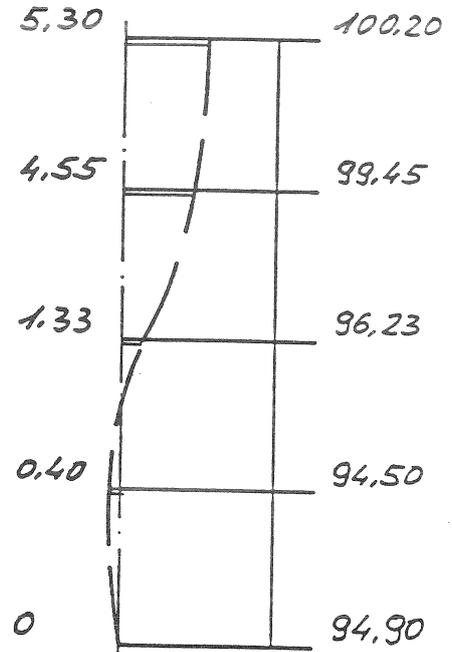
F	22	Mauer- ziegel	d = 30
	-	15 DF	h _s = 2.50



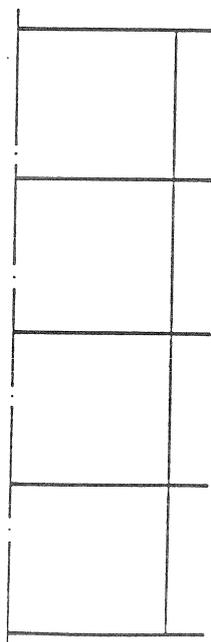
F	23	Mauer- ziegel	d = 30
	-	15 DF	h _s = 2,50



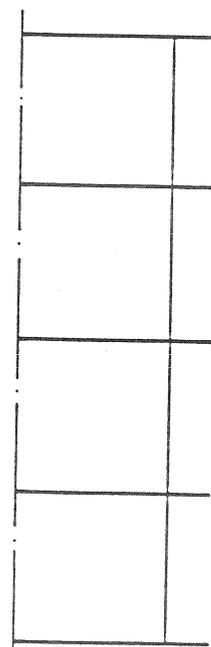
F	24	KS	d = 24
	-	10 DF	h _s = 2,50



			d =
			h _s =

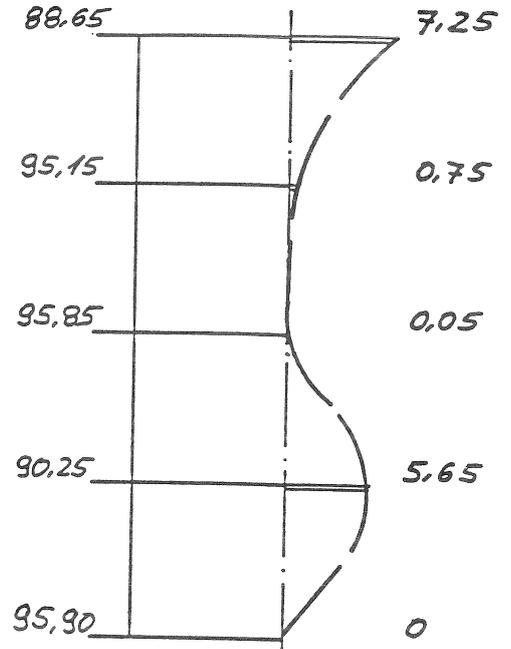
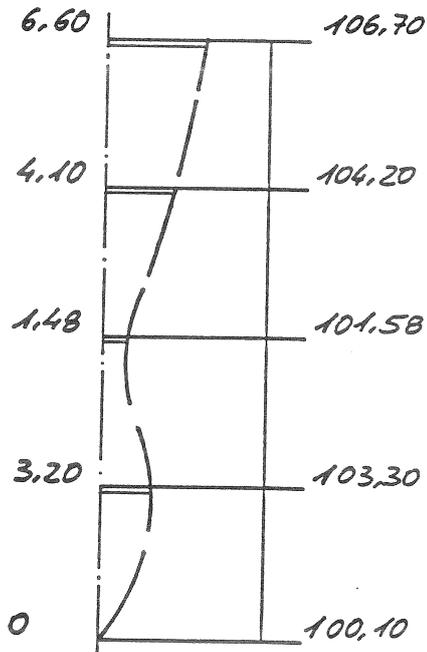


			d =
			h _s =

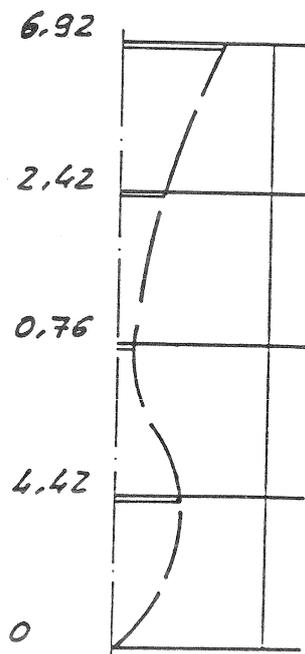


F	7	Mauer- ziegel	d = 30
	(8)	15DF	h _s = 2,50

F	8	Mauer- ziegel	d = 30
	(7)	15DF	h _s = 2,50

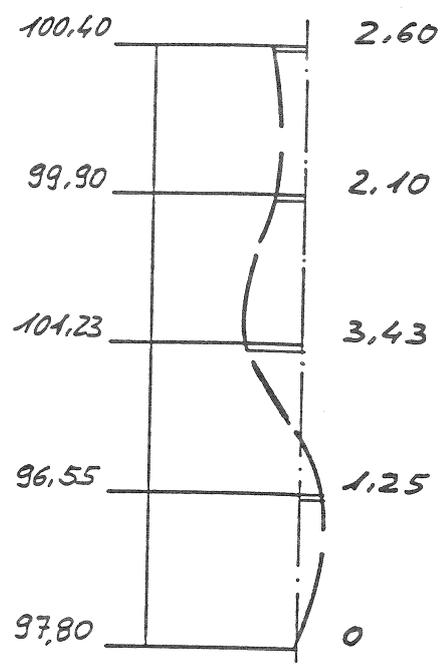
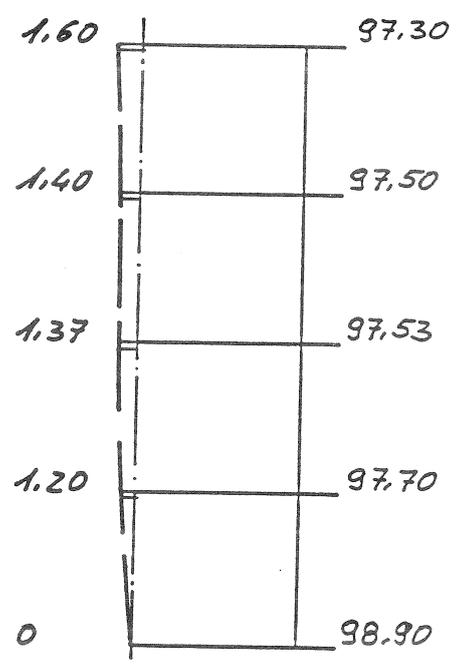


F	$\frac{7+8}{2}$
---	-----------------

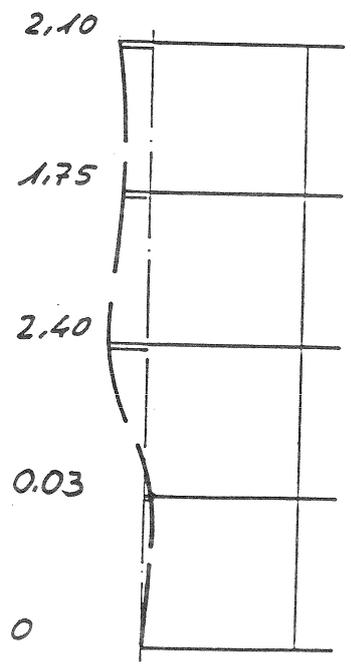


F	12	Mauer- ziegel	d = 30
	(13)	15DF	h _s = 2,50

F	13	Mauer- ziegel	d = 30
	(12)	15DF	h _s = 2,50

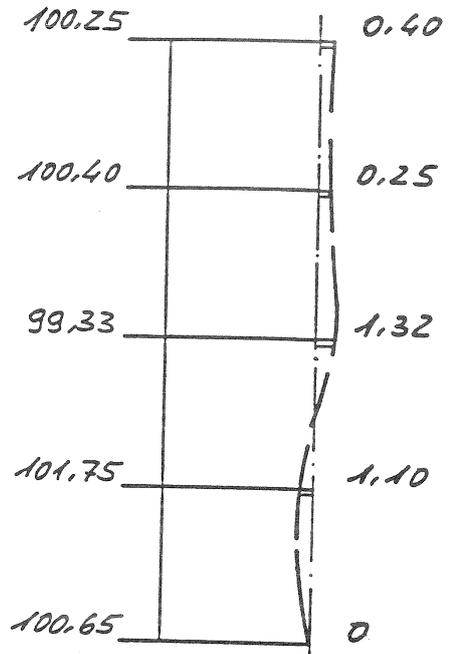
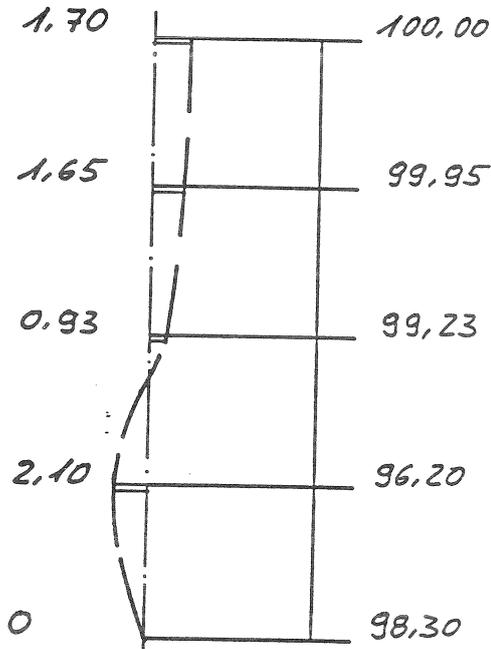


F	$\frac{12+13}{2}$
---	-------------------

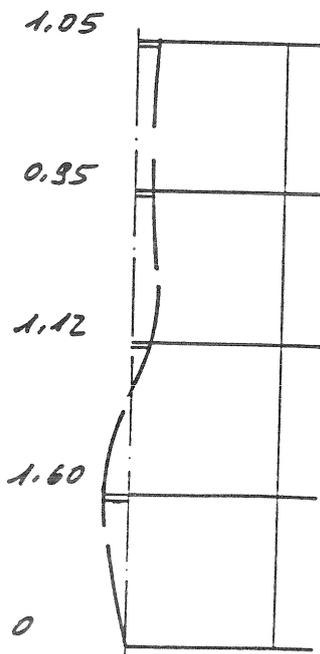


F	16	Mauer- ziegel	d = 30
	(17)	15 DF	h _s = 2,50

F	17	Mauer- ziegel	d = 30
	(16)	15 DF	h _s = 2,50



F	$\frac{16+17}{2}$
---	-------------------



Reihenhäuser in
Viernheim

G Fotos



Gesamtgebäude



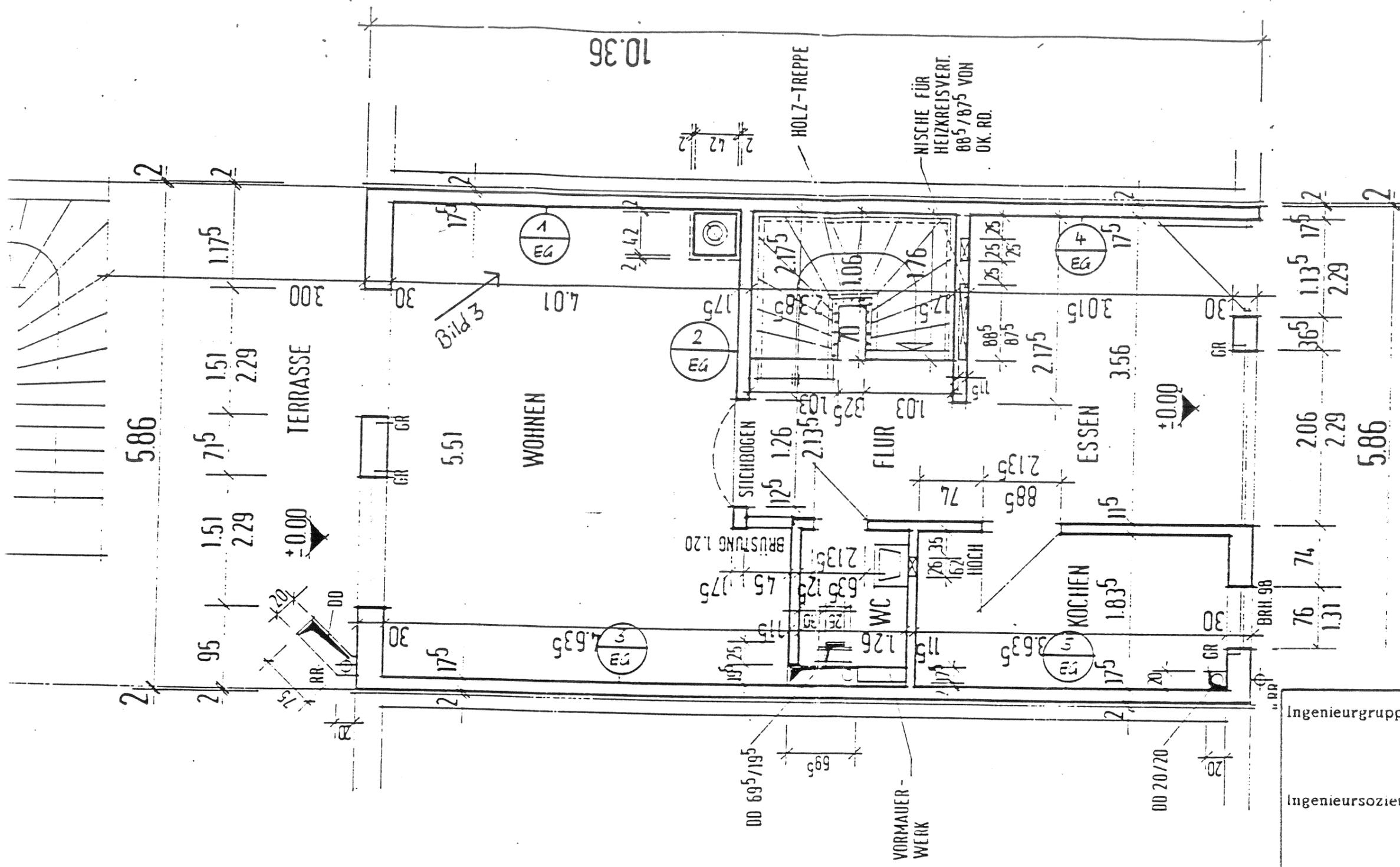
Gesamtgebäude



Meßsteile

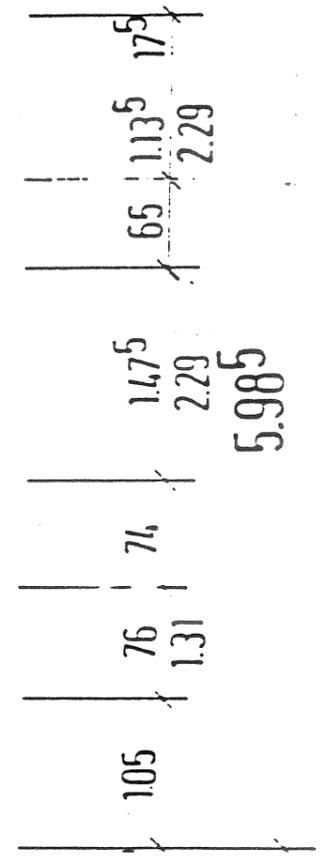
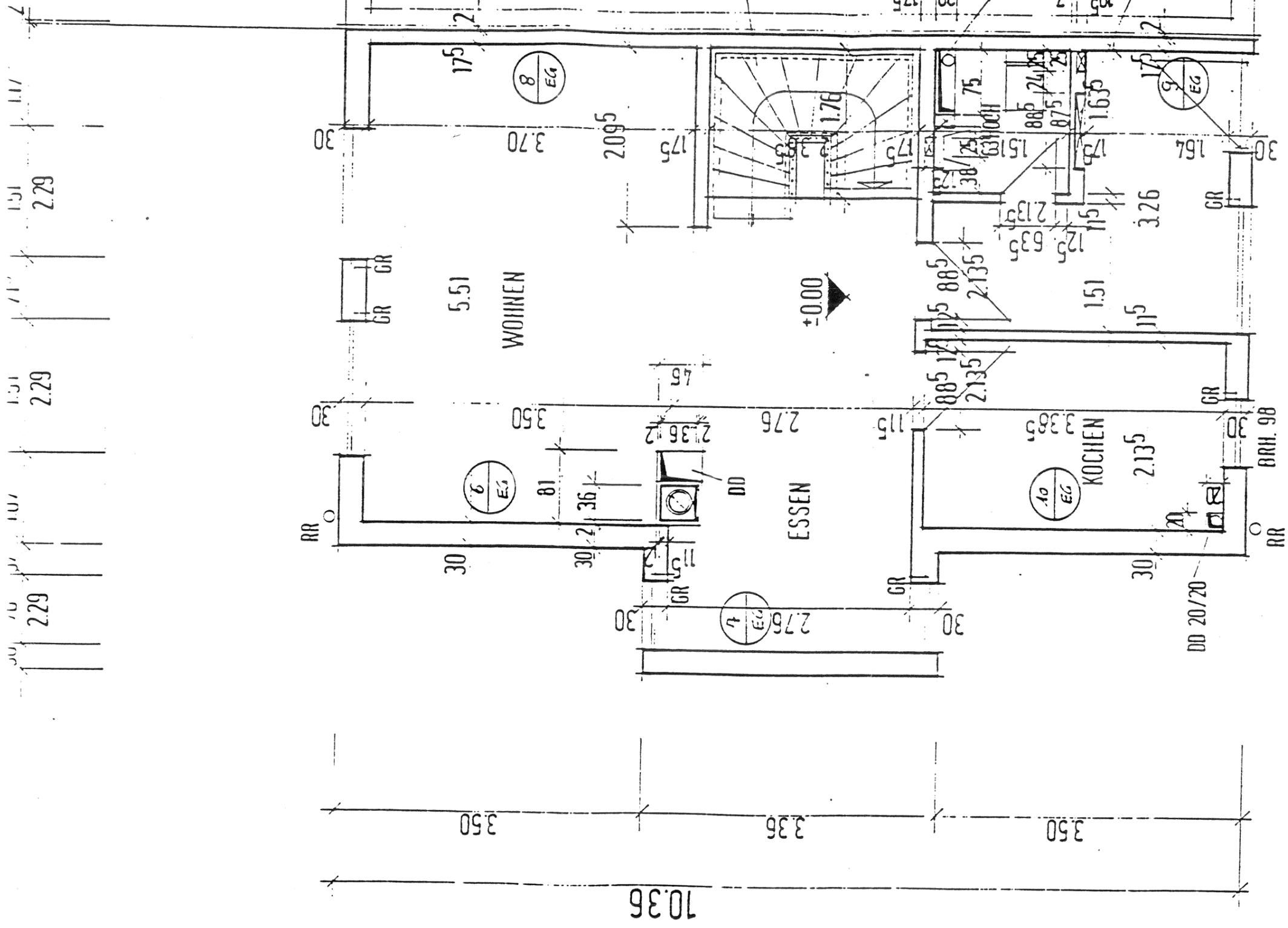


Meßstelle

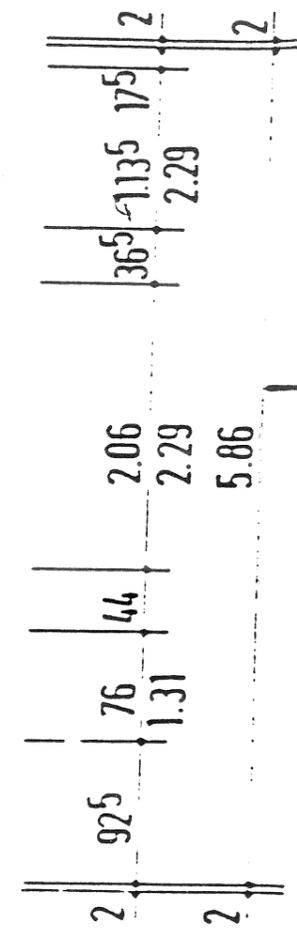
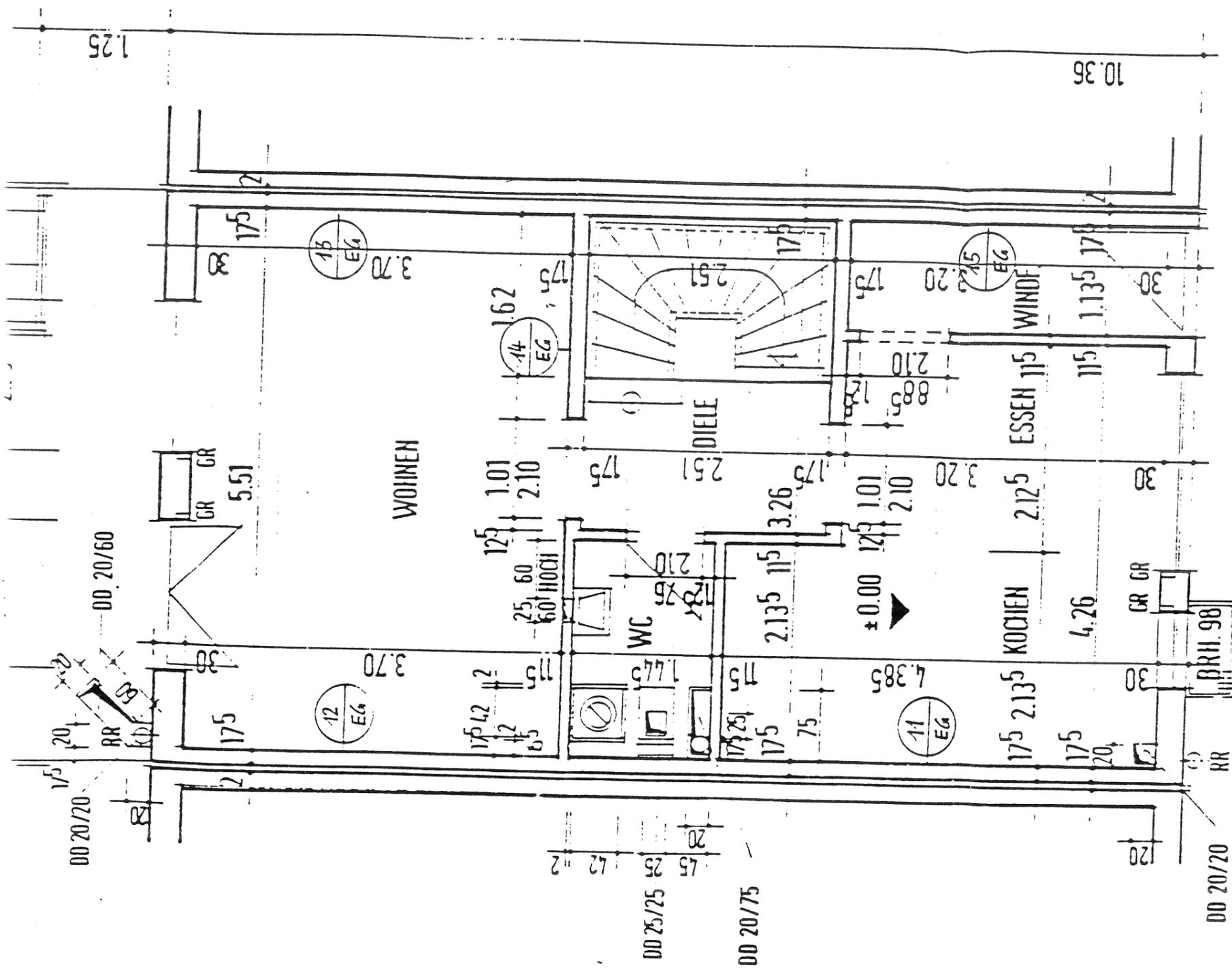


G Gebäudegrundrisse

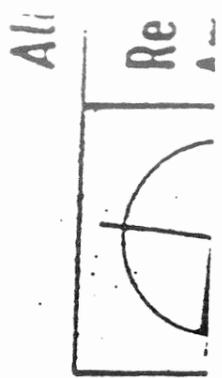
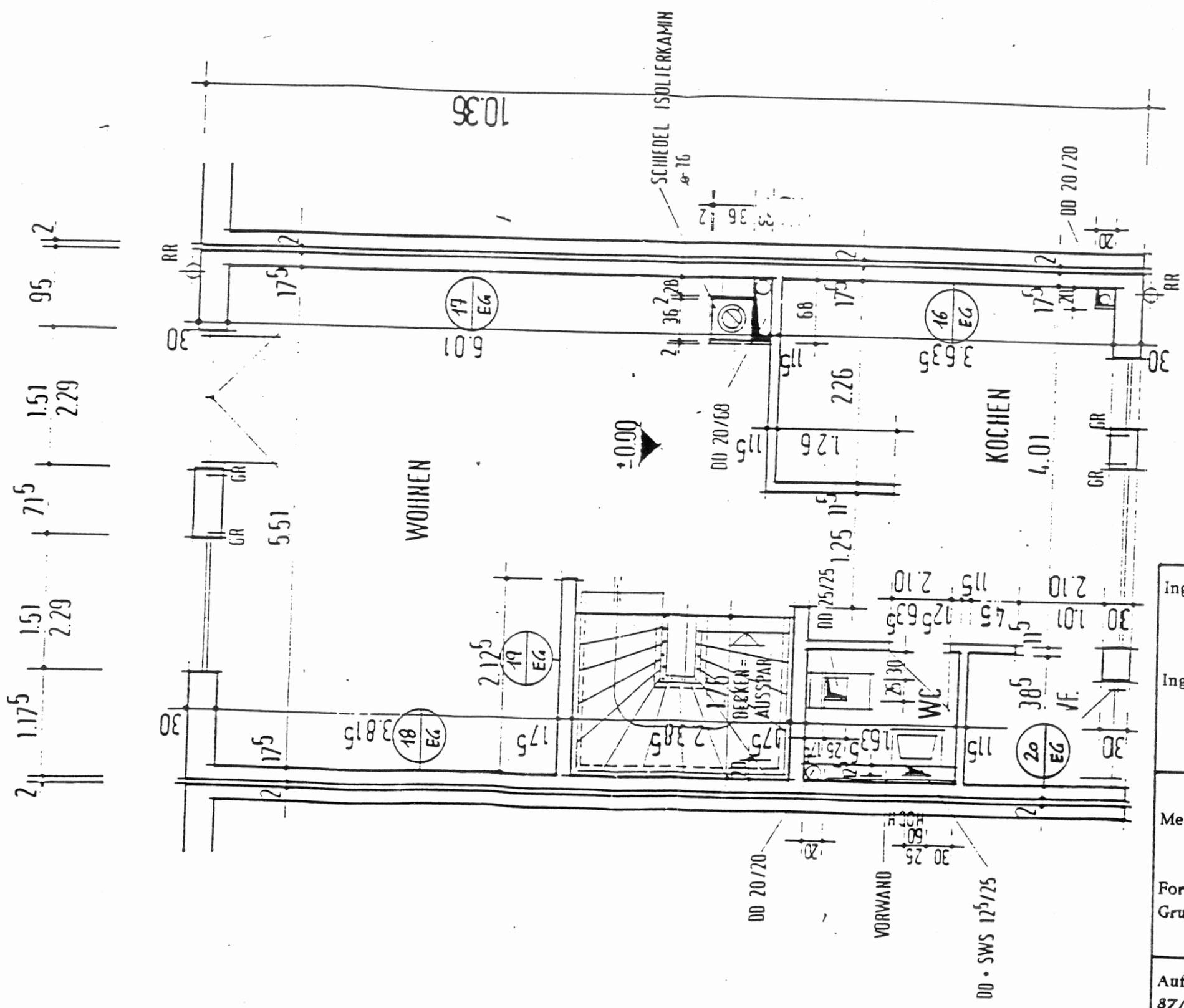
Ingenieurgruppe Bauen	Hübschstraße 21 7500 Karlsruhe
Ingenieursozietät BGS	Zweigbüro Hannover Andreestraße 7 3000 Hannover 1
Maßvorhaben: <i>Reihenhäuser</i> 6806 Dierzheim	
Forschungsvorhaben " Ungewollte Ausmitte " Grundriss mit Maßstelleneintragung	
Auftrag Nr. 87/248b	Bearb. Schumacher
	Datum 23.05.89



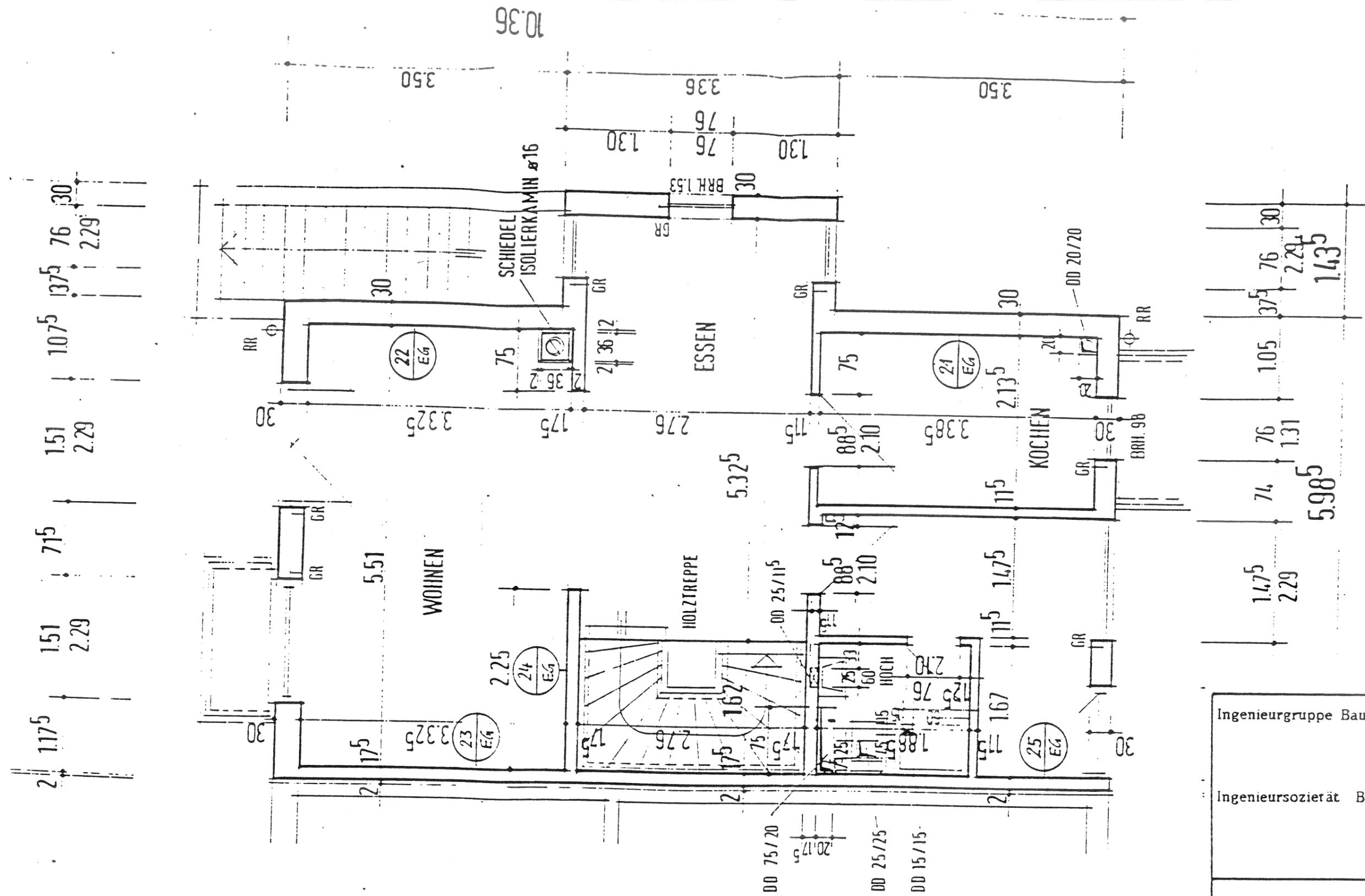
Ingenieurgruppe Bauen	Hübschstraße 21 7500 Karlsruhe
Ingenieursozietät BGS	Zweigbüro Hannover Andreastraße 7 3000 Hannover 1
Maßvorhaben: <i>Reihenhäuser</i> 6806 Uternheim	
Forschungsvorhaben " Ungewollte Ausmitte "	
Grundriss mit Meßstelleneintragung	
Auftrag Nr. 87/2486	Bearb. <i>Schumacher</i>
Datum 23.05.89	



Ingenieurgruppe Bauen		Hübschstraße 21 7500 Karlsruhe
Ingenieursozietät BGS		Zweigbüro Hannover Andreaestraße 7 3000 Hannover 1
Maßvorhaben: <i>Reihenhäuser 6806 Viernheim</i>		
Forschungsvorhaben " Ungewollte Ausmitte " Grundriss mit Maßstelleneintragung		
Auftrag Nr.	Bearb.	Datum
87/2486	Schumacher	23.05.89



Ingenieurgruppe Bauen	Hübschstraße 21 7500 Karlsruhe	
Ingenieursozietät BGS	Zweibüro Hannover Andreastraße 7 3000 Hannover 1	
Maßvorhaben: <i>Reihenhäuser</i> 6806 Ulenheim		
Forschungsvorhaben "Ungewollte Ausmitte" Grundriss mit Maßstelleneintragung		
Auftrag Nr. 87/248b	Bearb. <i>Schumacher</i>	Datum 23.05.89



Ingenieurgruppe Bauen Hübschstraße 21
7500 Karlsruhe

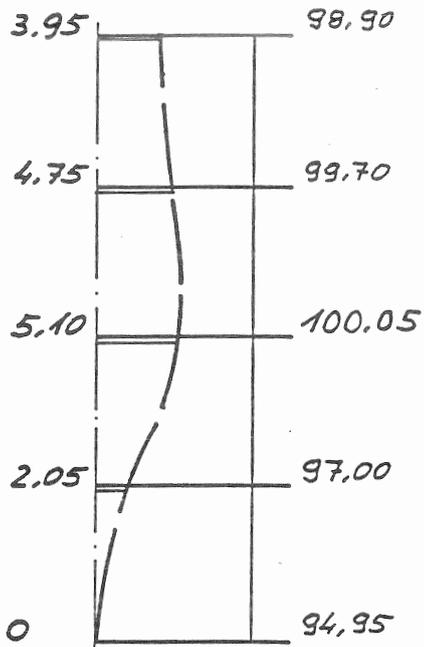
Ingenieursozietät BGS Zweigbüro Hannover
Andreaestraße 7
3000 Hannover 1

Meßvorhaben: *Reihenhäuser*
6806 Uernheim

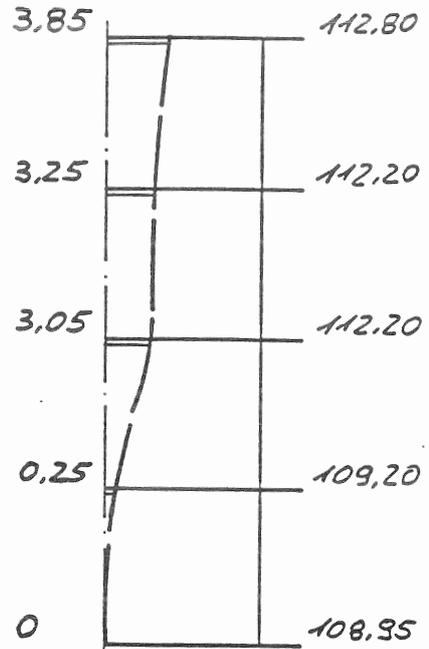
Forschungsvorhaben " Ungewollte Ausmitte "
Grundriss mit Meßstelleneintragung

Auftrag Nr.	Bearb.	Datum
87/248b	Schumacher	23.05.89

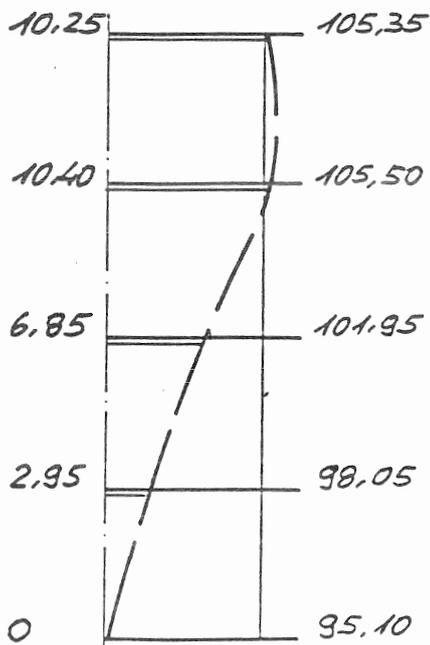
G	1	KS	d = 17,5
	-	12 DF	h _s = 2,585



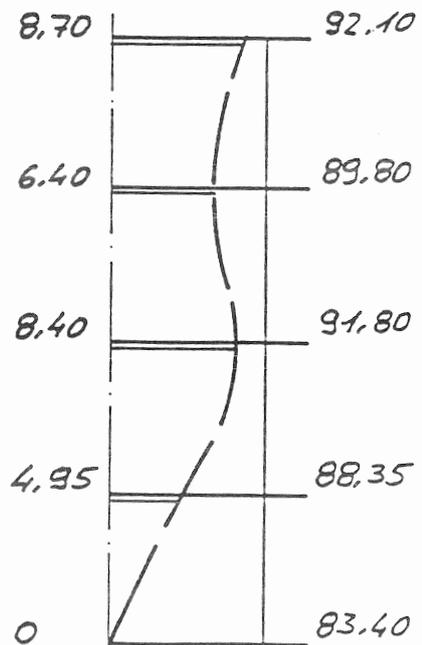
G	2	KS	d = 17,5
	-	12 DF	h _s = 2,585



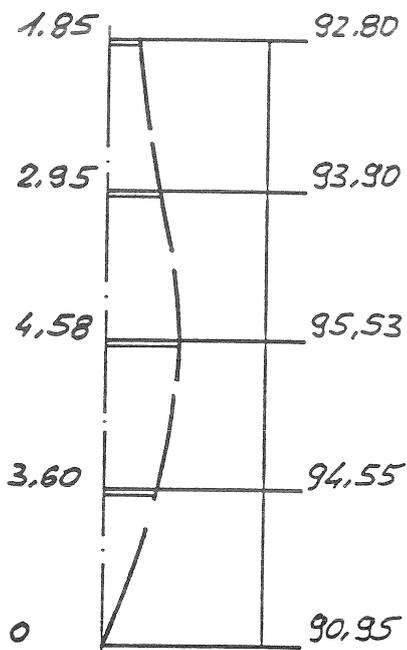
G	3	KS	d = 17,5
	-	12 DF	h _s = 2,585



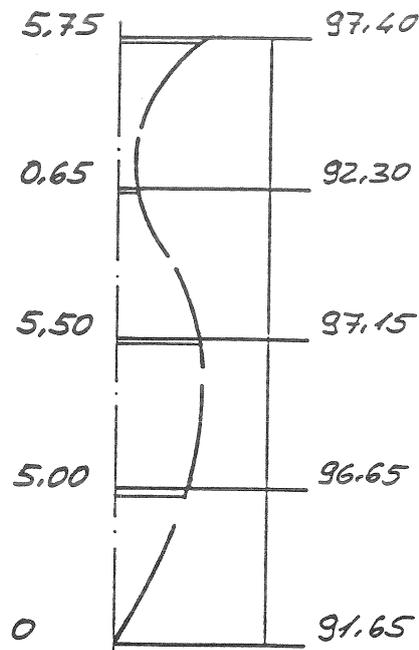
G	4	KS	d = 17,5
	-	12 DF	h _s = 2,585



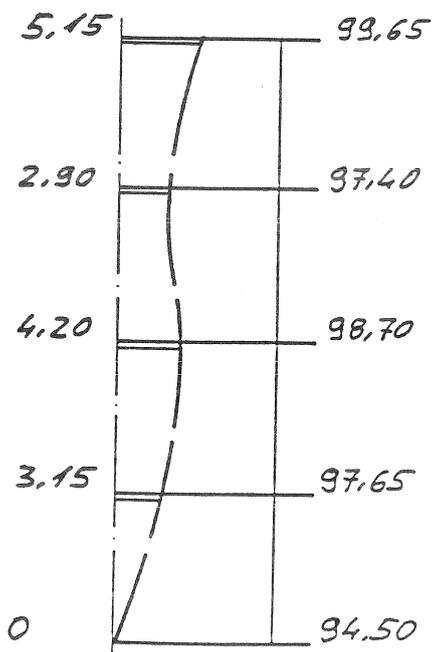
G	5	KS	d = 17,5
	-	12 DF	h _s = 2.585



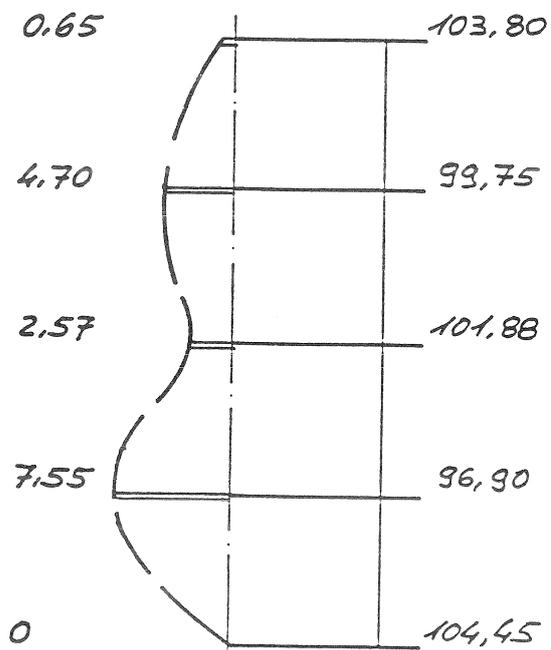
G	6	Mauerziegel	d = 30
	-	20 DF	h _s = 2.585



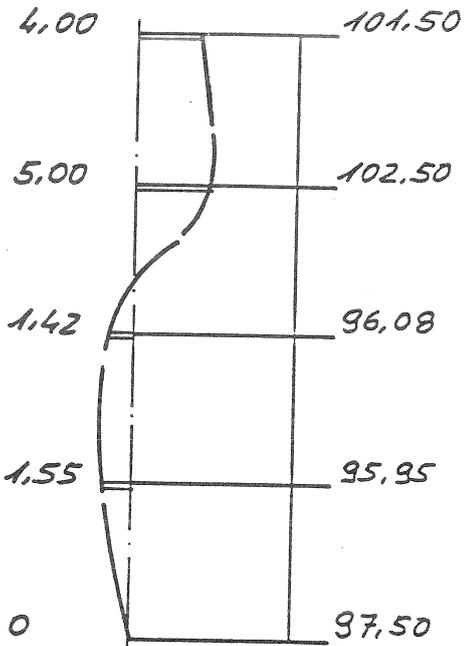
G	7	Mauerziegel	d = 30
	-	20 DF	h _s = 2.585



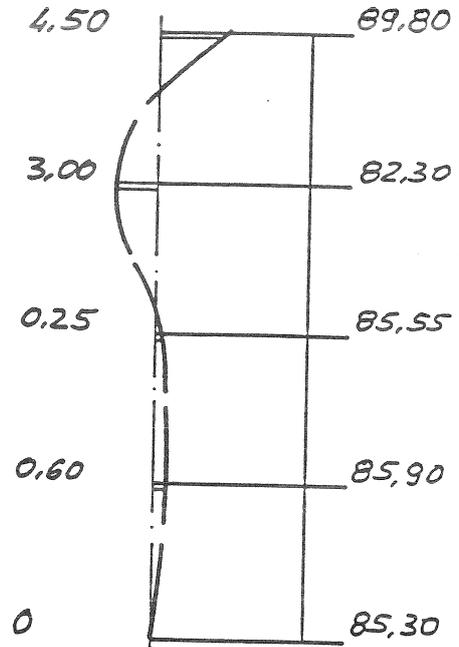
G	8	KS	d = 17,5
	-	12 DF	h _s = 2.585



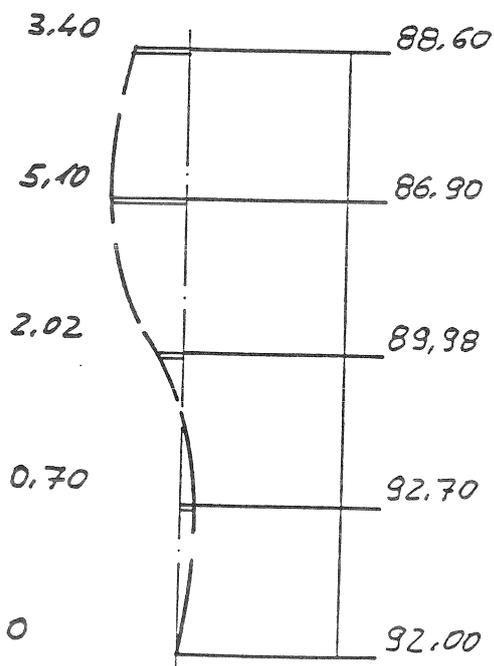
G	9	KS	d = 17,5
	-	12 DF	h _s = 2,585



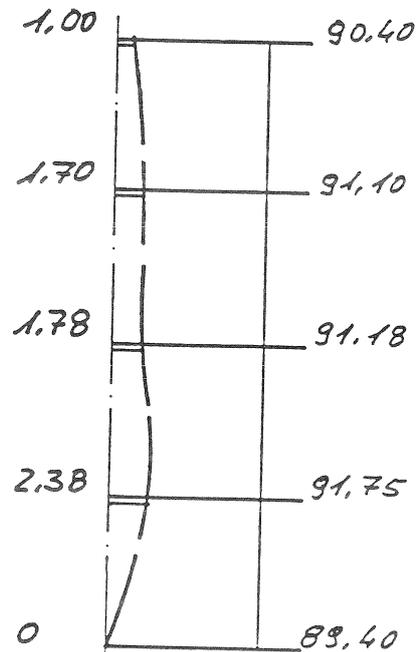
G	10	Mauerziegel	d = 30
	-	20 DF	h _s = 2,585



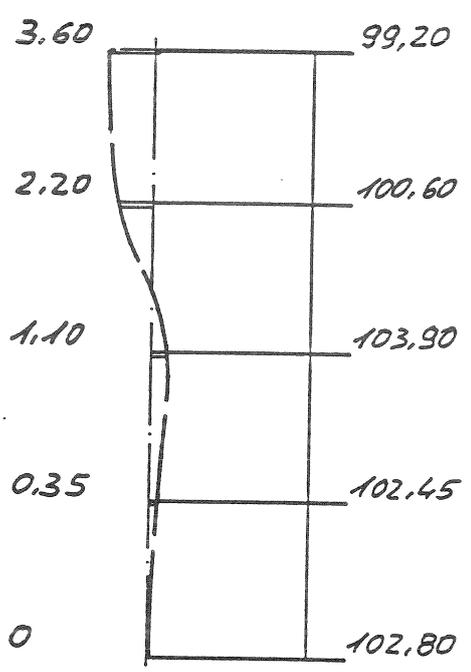
G	11	KS	d = 17,5
	-	12 DF	h _s = 2,585



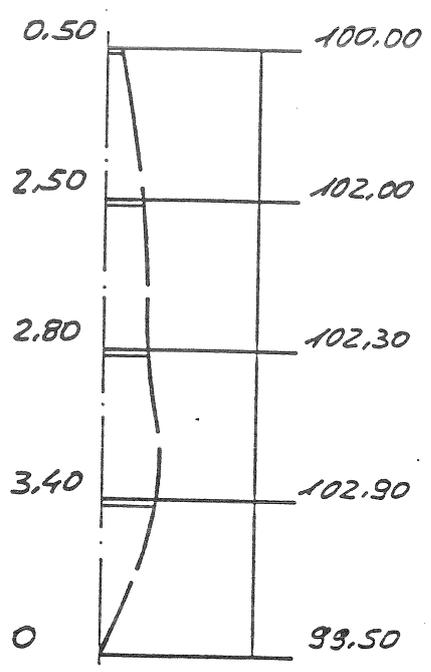
G	12	KS	d = 17,5
	-	12 DF	h _s = 2,585



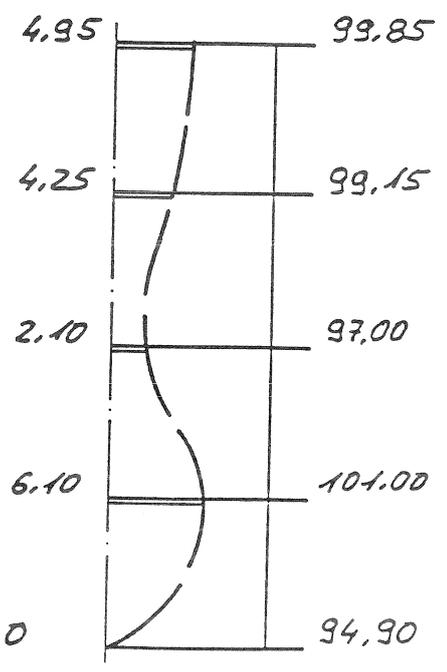
G	13	KS	d = 17.5
	-	12 DF	h _s = 2.585



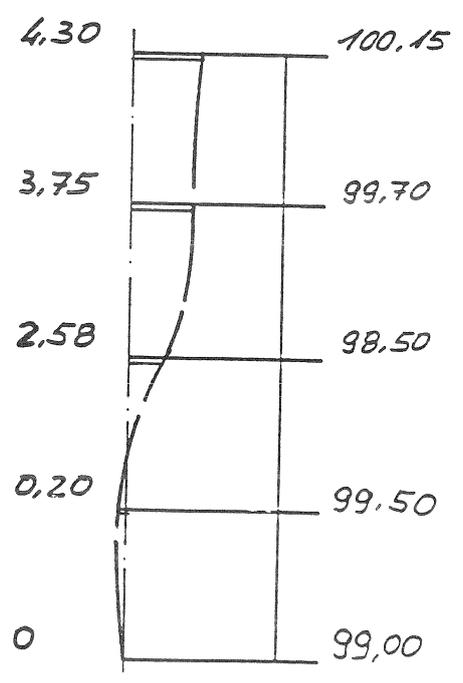
G	14	KS	d = 17.5
	-	12 DF	h _s = 2.585



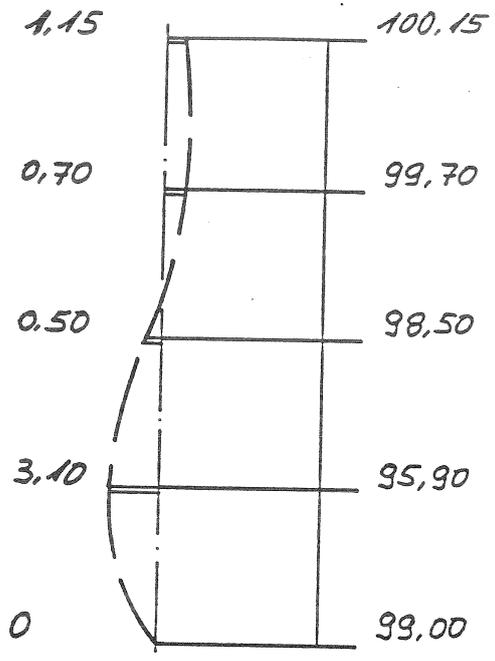
G	15	KS	d = 17.5
	-	12 DF	h _s = 2.585



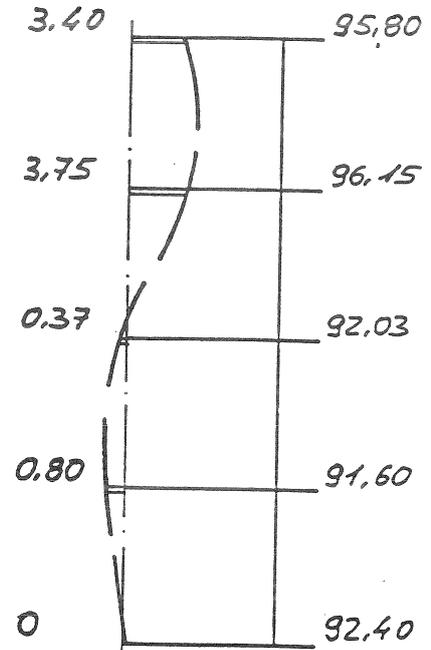
G	16	KS	d = 17.5
	-	12 DF	h _s = 2.585



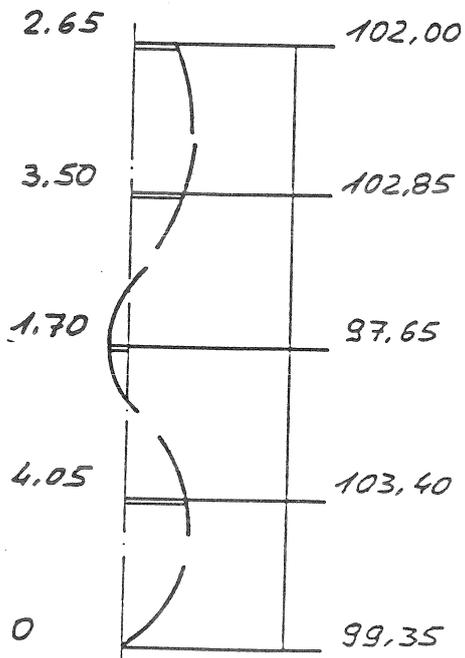
G	17	KS	d = 17,5
	-	12 DF	h _s = 2,585



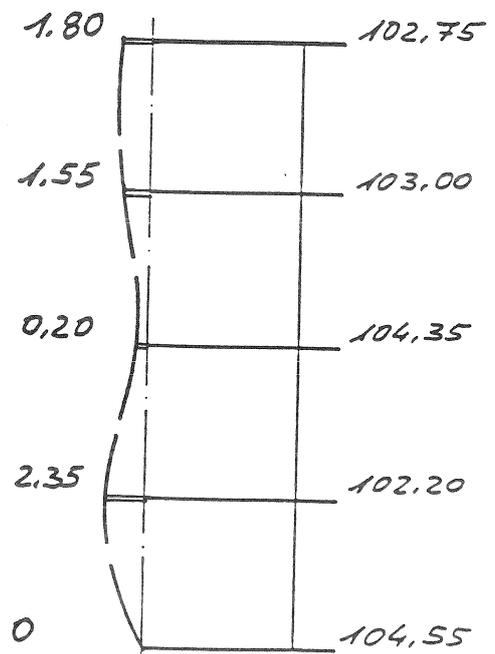
G	18	KS	d = 17,5
	-	12 DF	h _s = 2,585



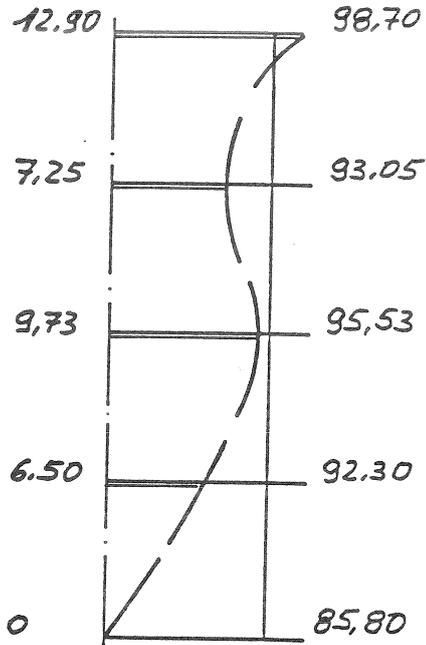
G	19	KS	d = 17,5
	-	12 DF	h _s = 2,585



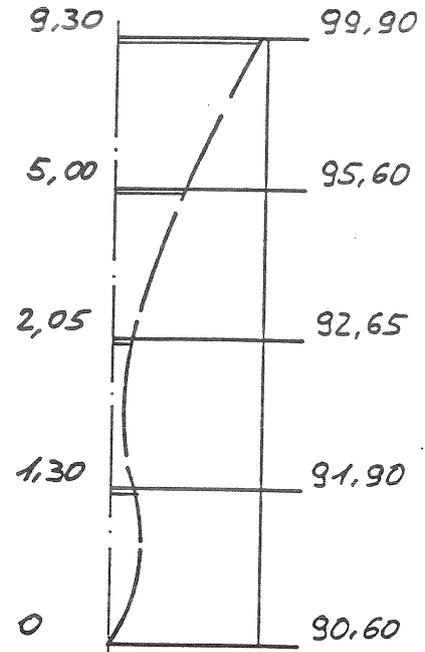
G	20	KS	d = 17,5
	-	12 DF	h _s = 2,585



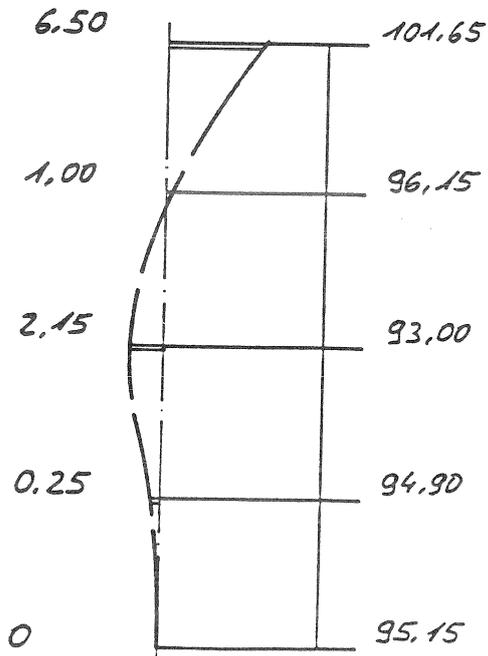
G	21	Mauer- ziegel	d = 30
	-	20 DF	h _s = 2,585



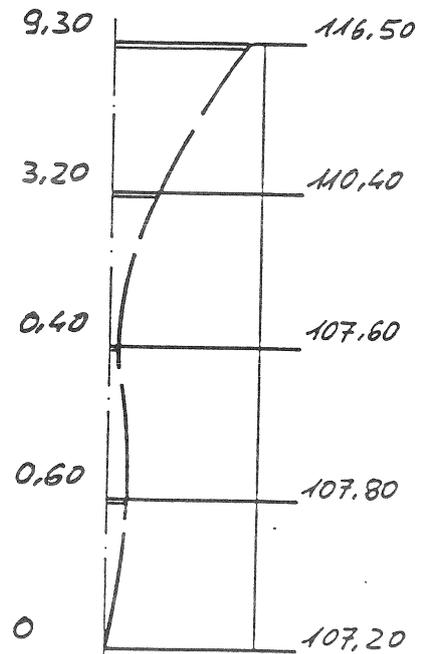
G	22	Mauer- ziegel	d = 30
	-	20 DF	h _s = 2,585



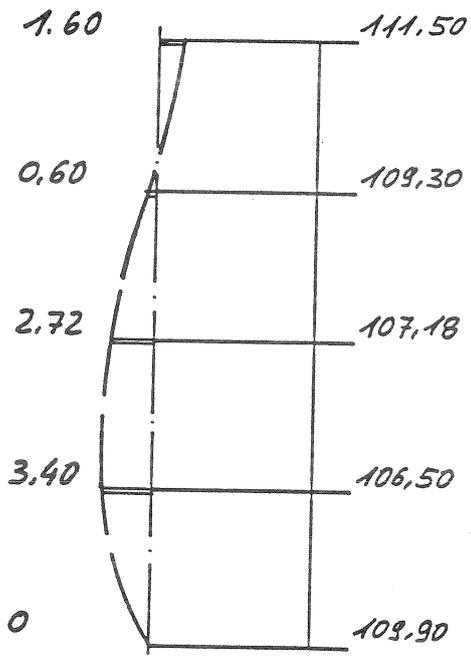
G	23	KS	d = 17,5
	-	12 DF	h _s = 2,585



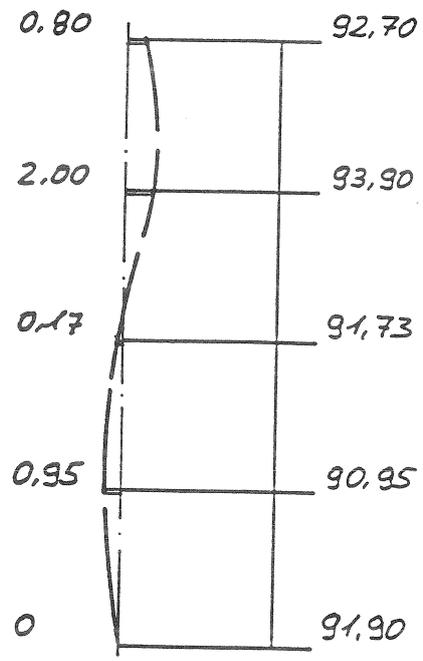
G	24	KS	d = 17,5
	-	12 DF	h _s = 2,585



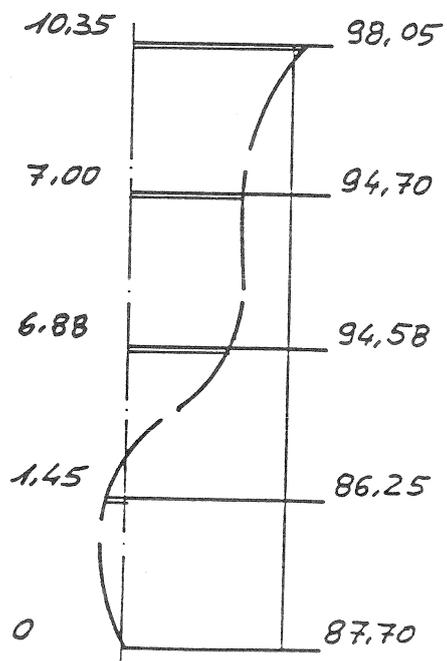
G	25	KS	d = 17.5
	-	12 DF	h _s = 2,585



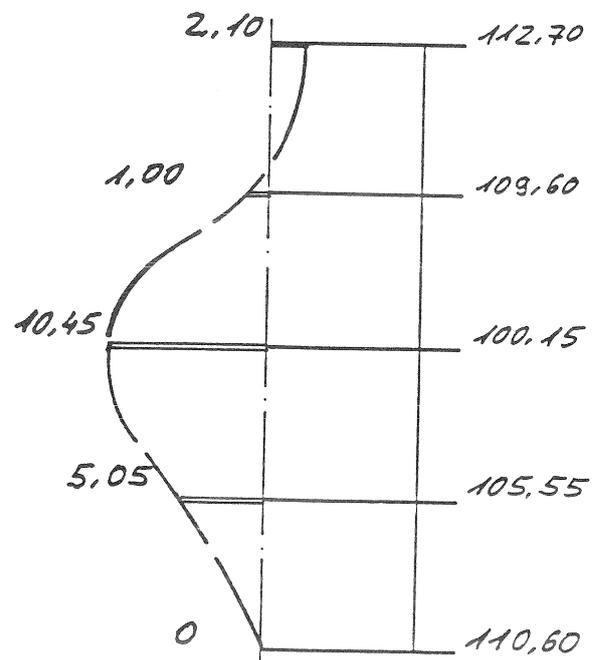
G	26	Mauerziegel	d = 11.5
	-	8 DF	h _s = 3,01



G	27	Mauerziegel	d = 11.5
	-	8 DF	h _s = 3,01

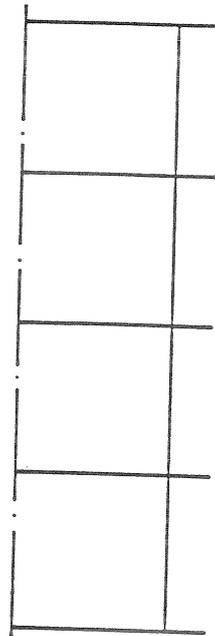
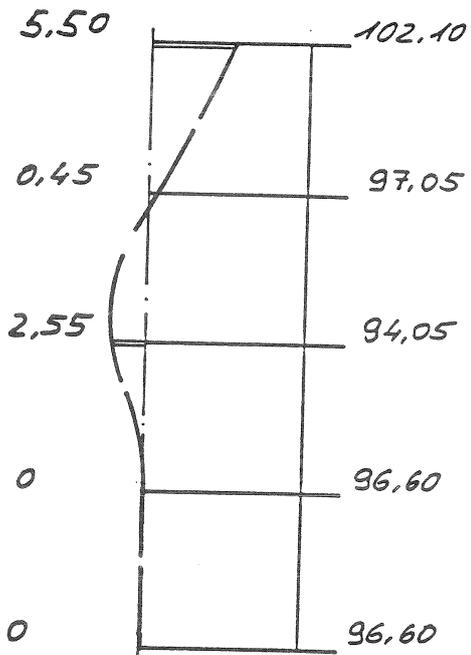


G	28	Mauerziegel	d = 30
	-	20 DF	h _s = 3,01



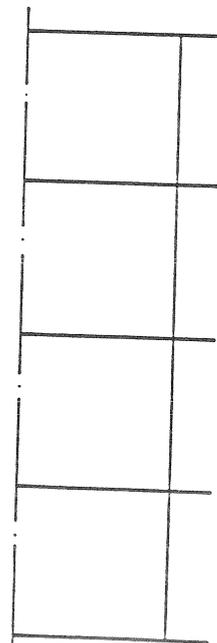
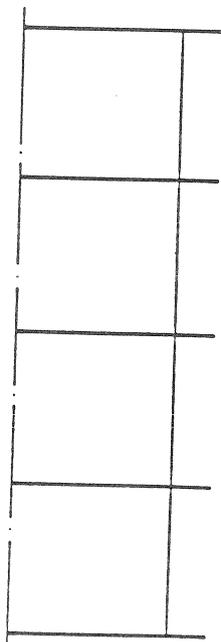
G	29	Mauerziegel	d = 11,5
	-	BDF	h _s = 3,01

			d =
			h _s =



			d =
			h _s =

			d =
			h _s =

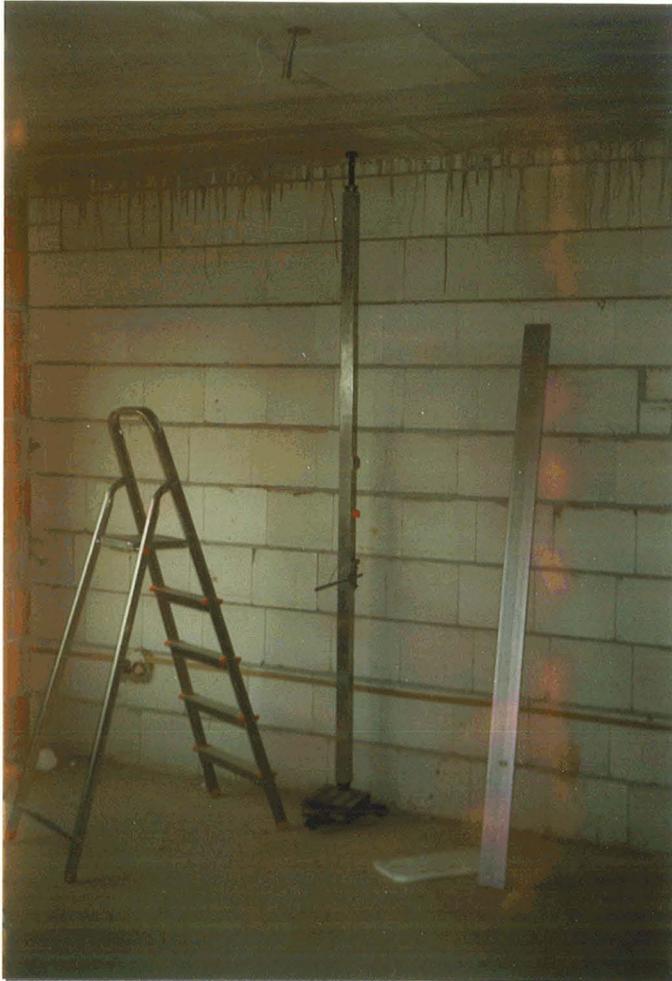




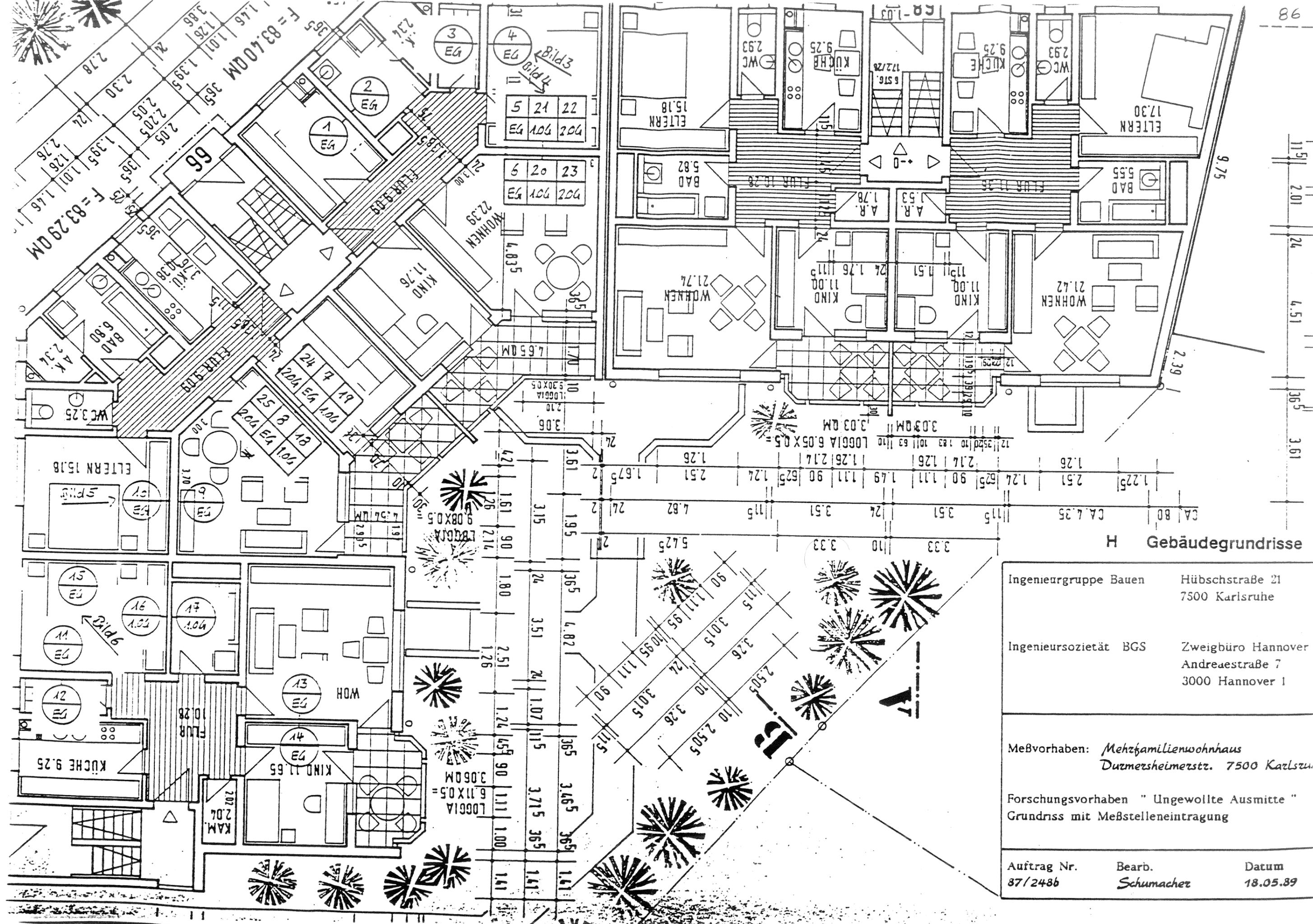
Gesamtgebäude



Meßstelle



Meßstelle

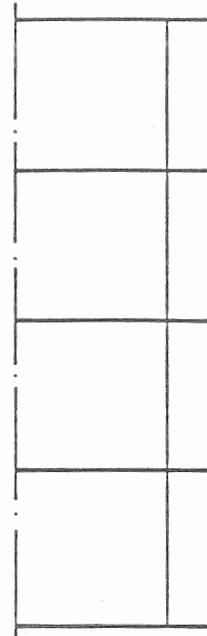
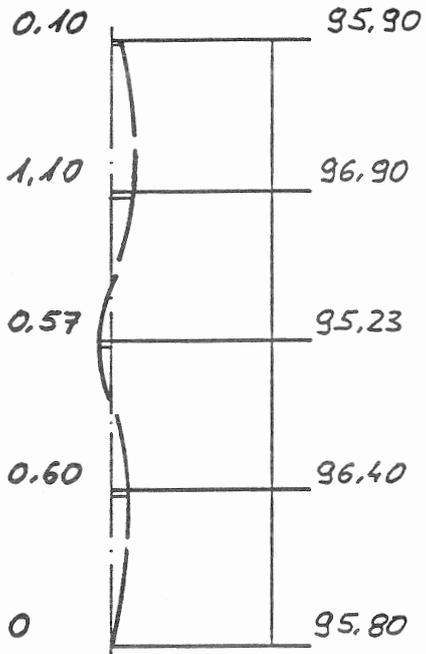


H Gebäudegrundrisse

Ingenieurgruppe Bauen	Hübschstraße 21 7500 Karlsruhe	
Ingenieursozietät BGS	Zweibüro Hannover Andreaestraße 7 3000 Hannover 1	
Maßvorhaben: <i>Mehrfamilienwohnhaus</i> <i>Durmersheimerstr. 7500 Karlsruhe</i>		
Forschungsvorhaben "Ungewollte Ausmitte" Grundriss mit Maßstelleneintragung		
Auftrag Nr. 87/2486	Bearb. <i>Schumacher</i>	Datum 18.05.89

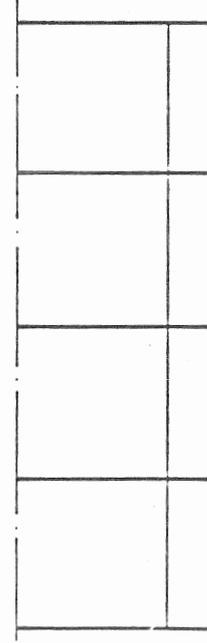
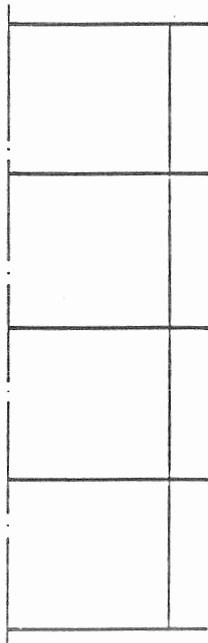
H	15	KS	d = 24
	-	BDF	h _s = 2.57

			d =
			h _s =



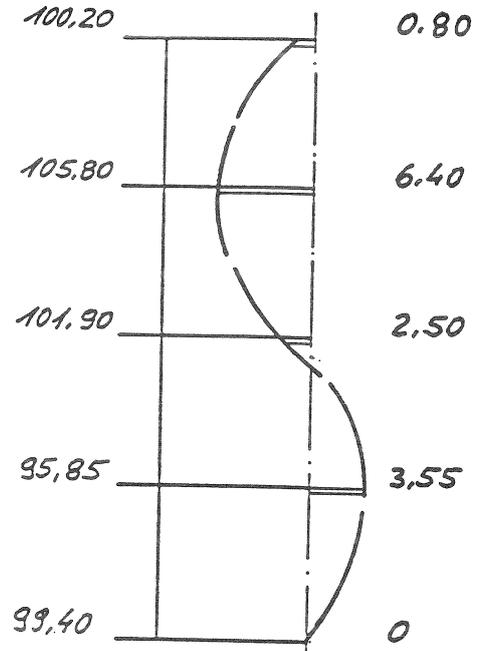
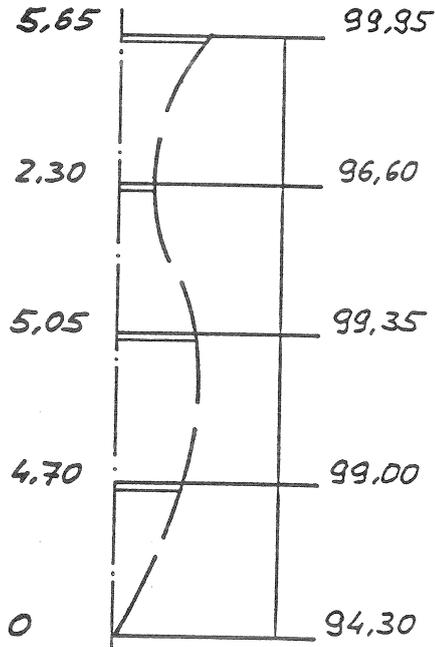
			d =
			h _s =

			d =
			h _s =

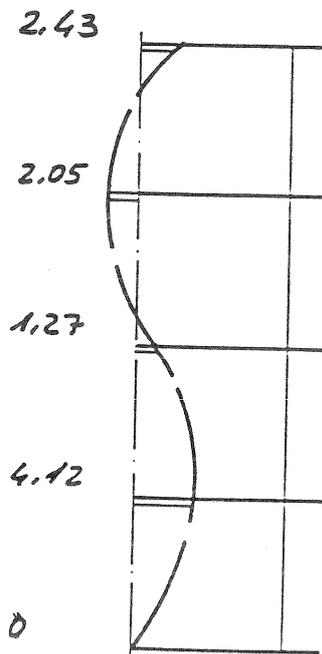


H	1	Mauer- ziegel	d = 24
	(2)	16 DF	h _s = 2,57

H	2	Mauer- ziegel	d = 24
	(1)	16 DF	h _s = 2,57

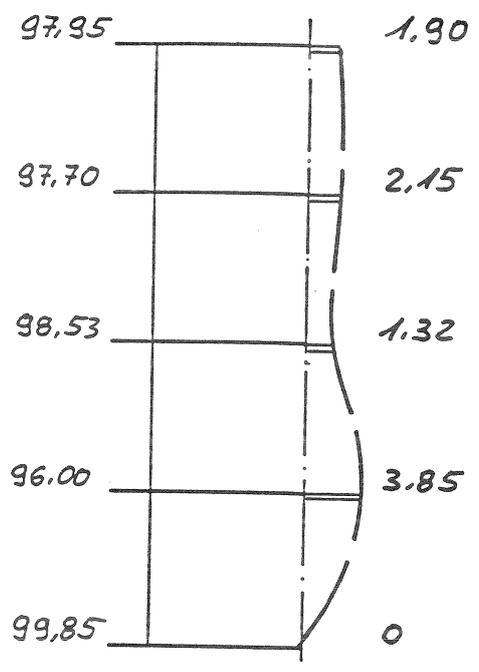
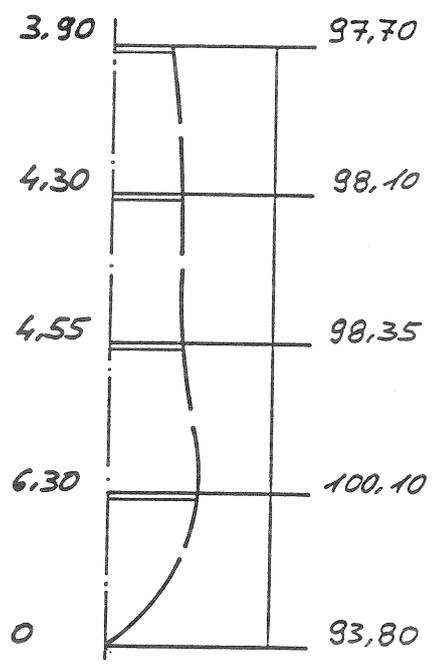


H	$\frac{1+2}{2}$
---	-----------------

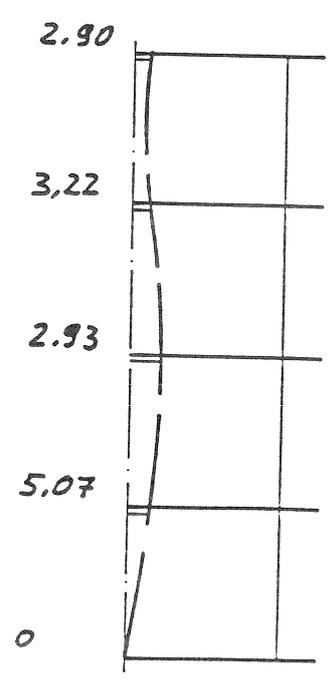


H	3	Mauerziegel	d = 24
	(4)	16 DF	h _s = 2,57

H	4	Mauerziegel	d = 24
	(3)	16 DF	h _s = 2,57

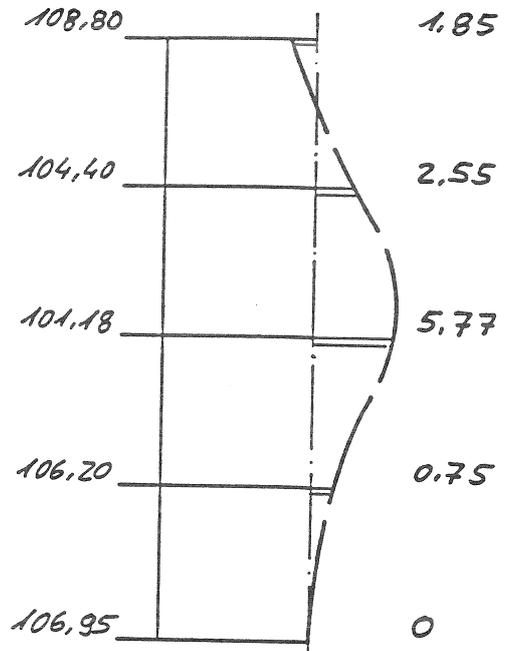
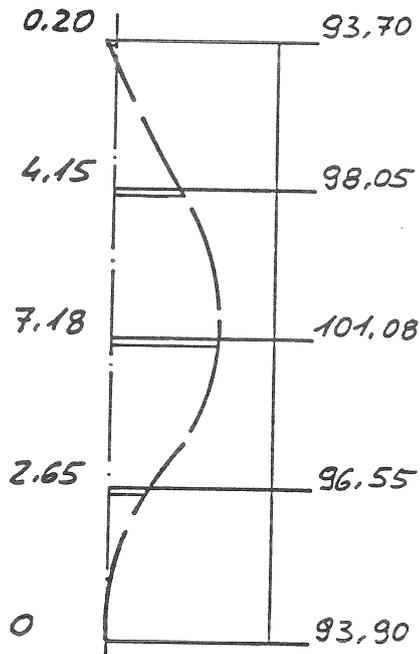


H	$\frac{3+4}{2}$
---	-----------------

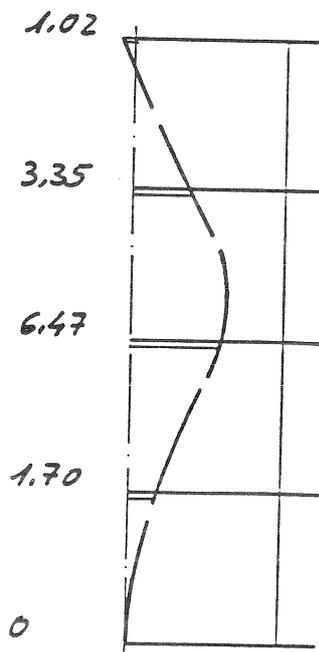


H	5	Mauerziegel	d = 24
	(6)	16 DF	h _s = 2,57

H	6	Mauerziegel	d = 24
	(5)	16 DF	h _s = 2,57

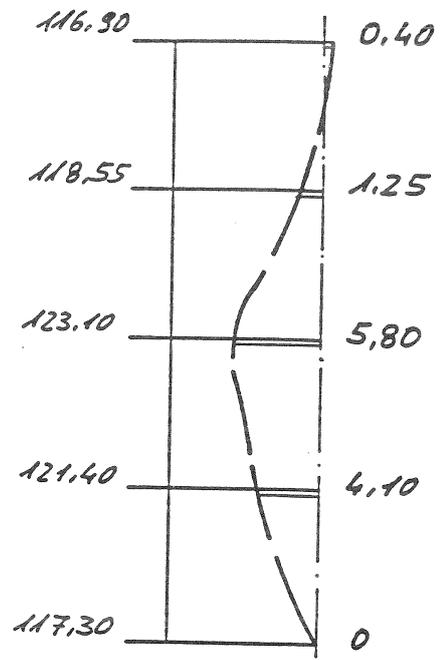
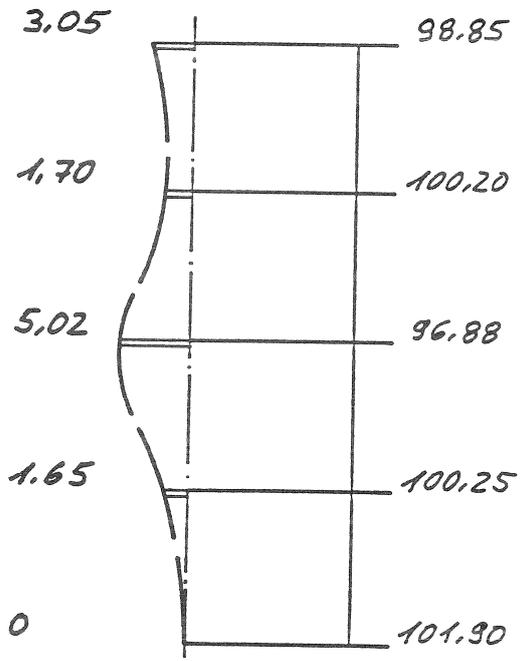


H	$\frac{5+6}{2}$
---	-----------------

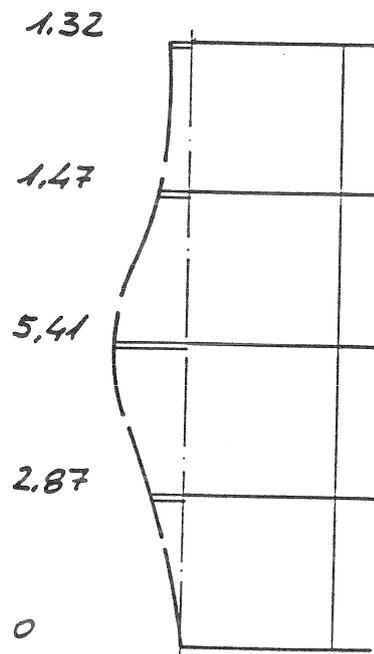


H	7	Mauerziegel	d = 11.5
	(8)	8 DF	h _s = 2.57

H	8	Mauerziegel	d = 11.5
	(7)	8 DF	h _s = 2.57

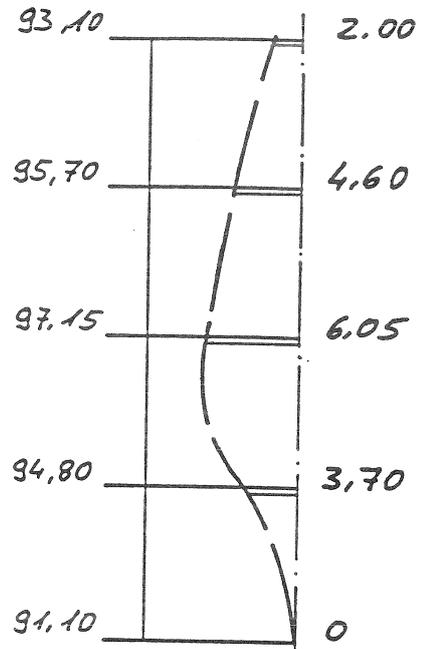
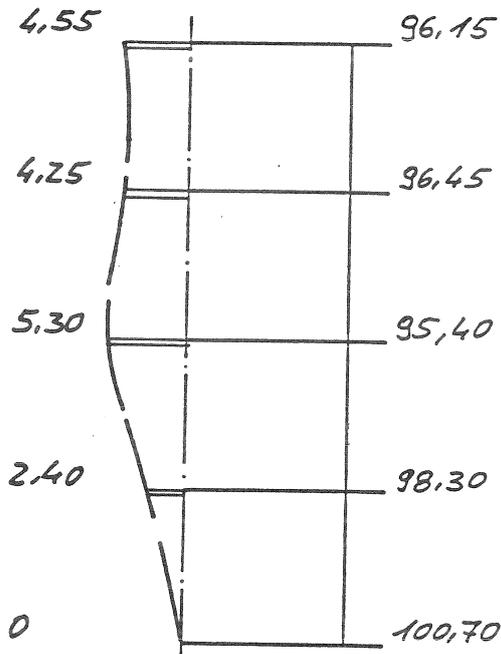


H	$\frac{7+8}{2}$
---	-----------------

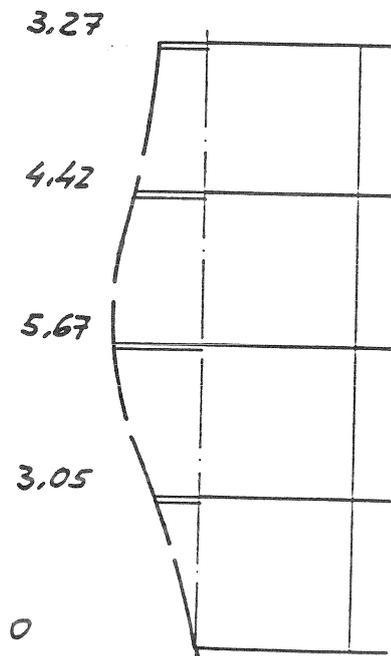


H	9	Mauerziegel	d = 24
	(10)	16DF	h _s = 2.57

H	10	Mauerziegel	d = 24
	(9)	16DF	h _s = 2.57

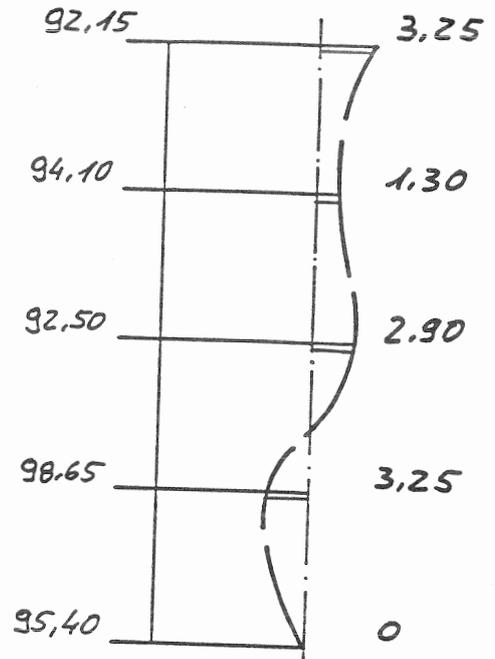
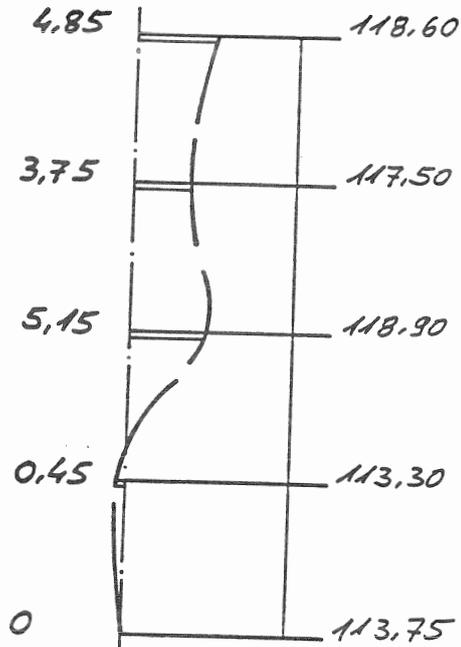


H	$\frac{9+10}{2}$
---	------------------

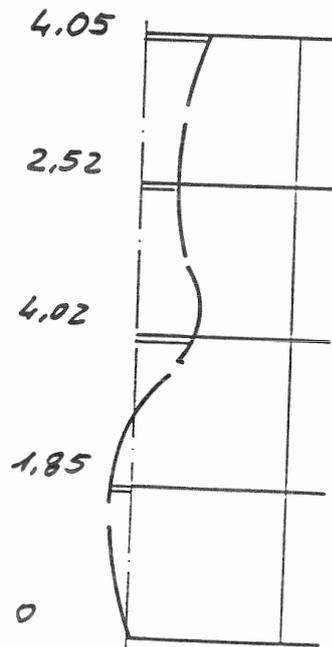


H	11	Mauerziegel	d = 24
	(12)	12 DF	h _s = 2,57

H	12	Mauerziegel	d = 24
	(11)	12 DF	h _s = 2,57

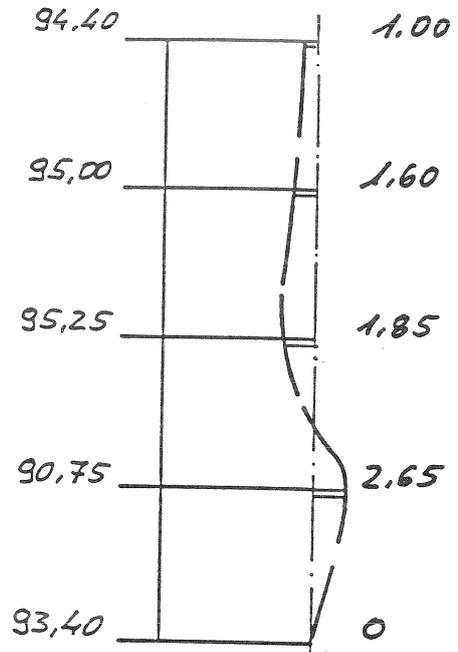
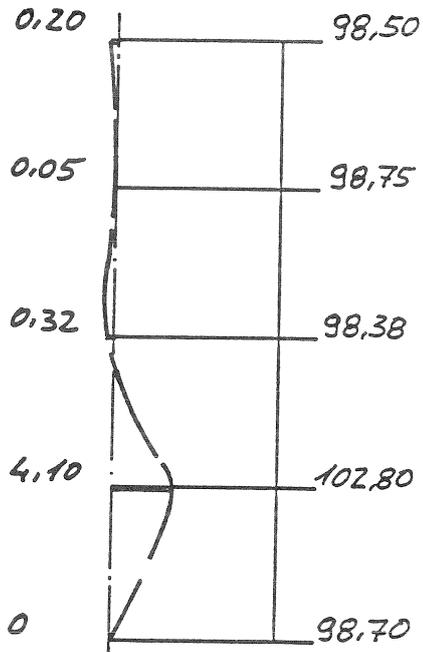


H	11+12
	$\frac{2}{2}$

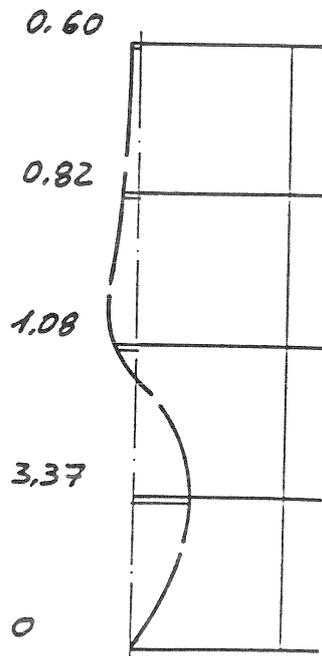


H	13	Mauerziegel	d = 11,5
	(14)	8DF	h _s = 2,57

H	14	Mauerziegel	d = 11,5
	(13)	8DF	h _s = 2,57

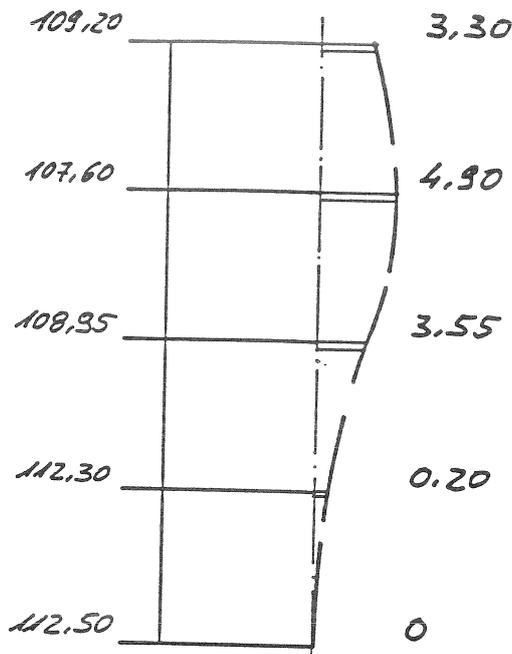
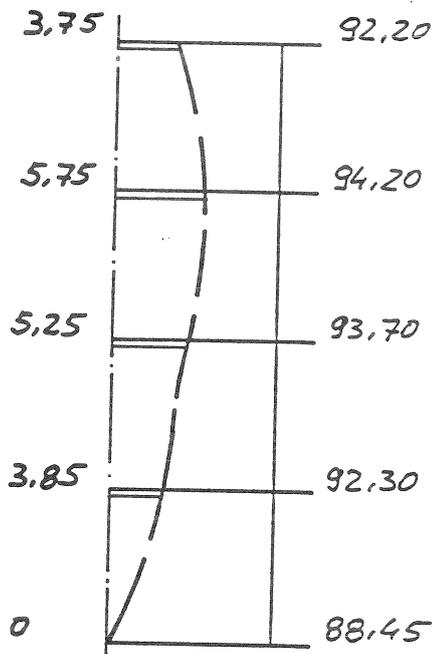


H	13+14
	2

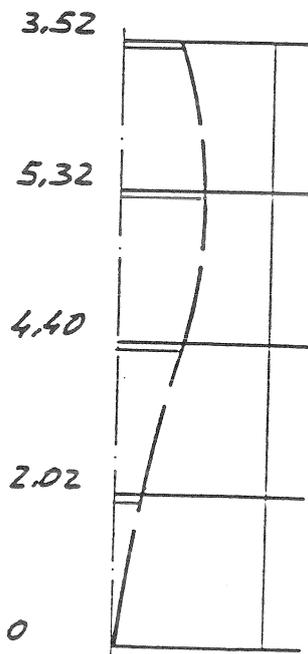


H	16	Mauerziegel	$d = 11.5$
	(17)	8DF	$h_s = 2.57$

H	17	Mauerziegel	$d = 11.5$
	(16)	8DF	$h_s = 2.57$

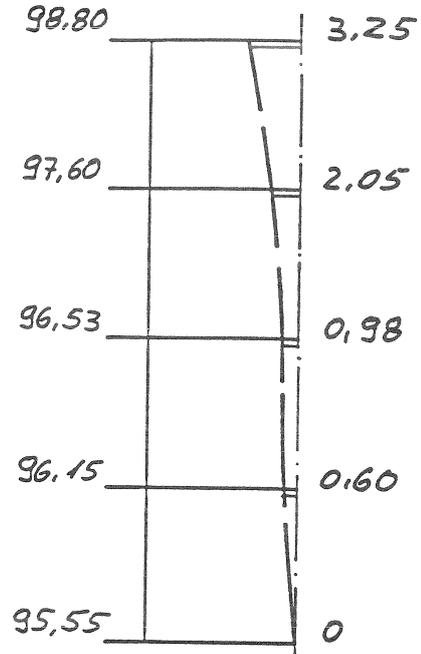
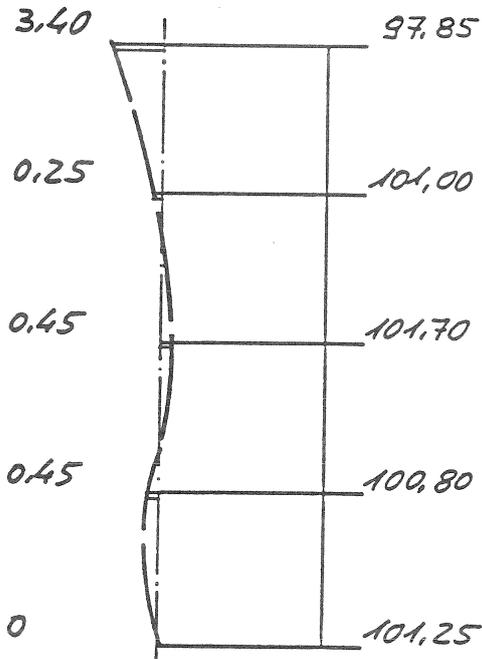


H	$\frac{16+17}{2}$
---	-------------------

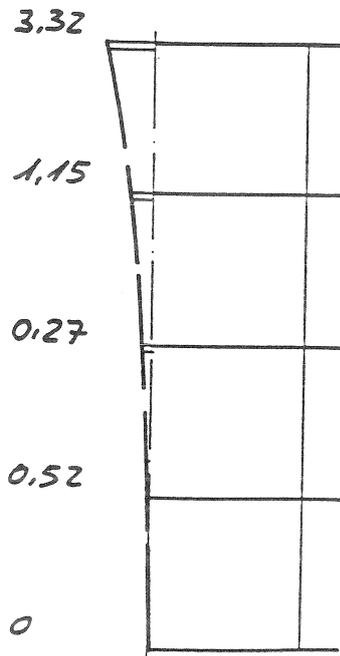


H	18	Mauer- ziegel	d = 11.5
	(19)	8DF	h _s = 2.57

H	19	Mauer- ziegel	d = 11.5
	(18)	8DF	h _s = 2.57

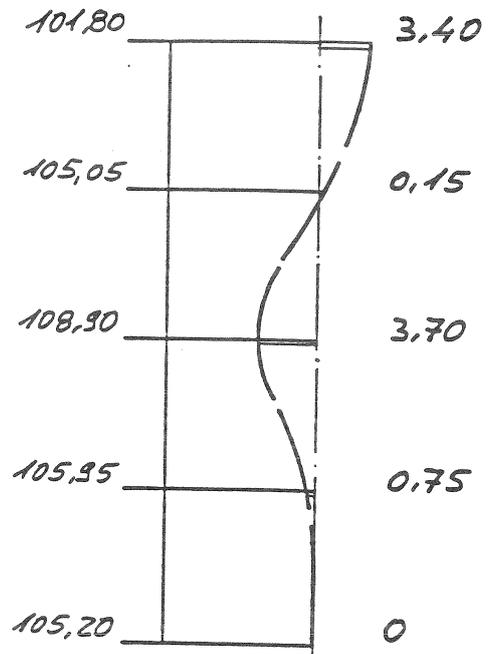
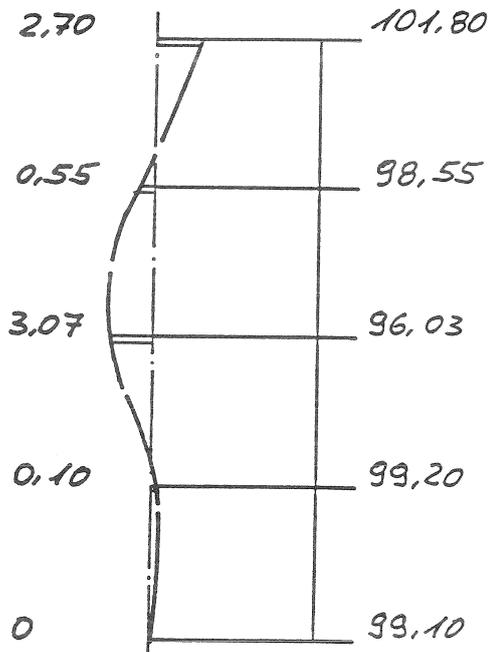


H	$\frac{18+19}{2}$
---	-------------------

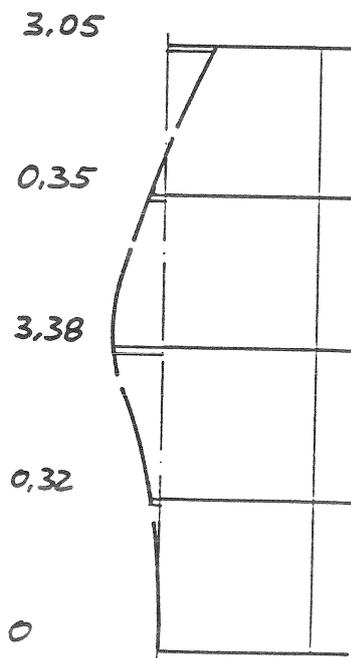


H	20	Mauerziegel	d = 24
	(21)	16 DF	h _s = 2,57

H	21	Mauerziegel	d = 24
	(20)	16 DF	h _s = 2,57

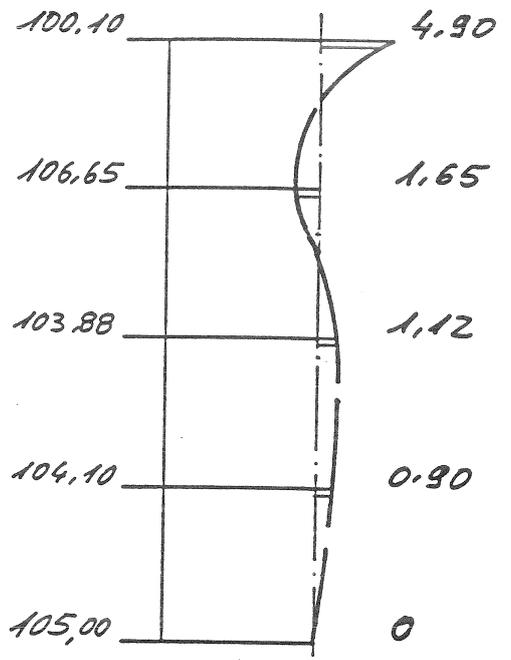
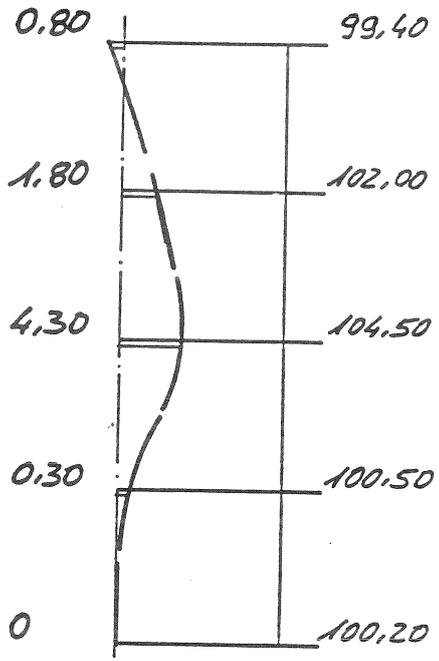


H	$\frac{20+21}{2}$
---	-------------------

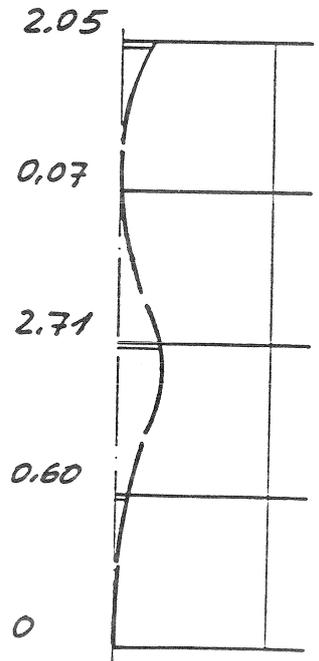


H	22	Mauerziegel	d = 24
	(23)	16 DF	h _s = 2.57

H	23	Mauerziegel	d = 24
	(22)	16 DF	h _s = 2.57

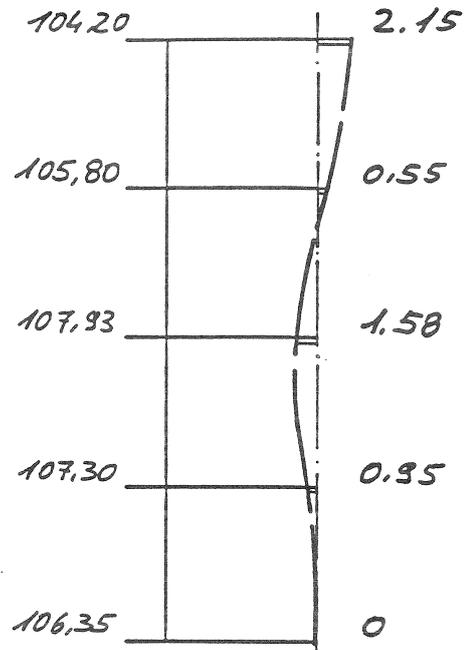
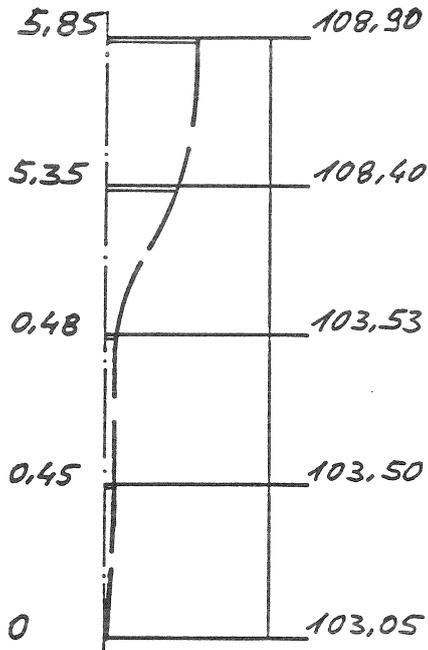


H	$\frac{22+23}{2}$
---	-------------------

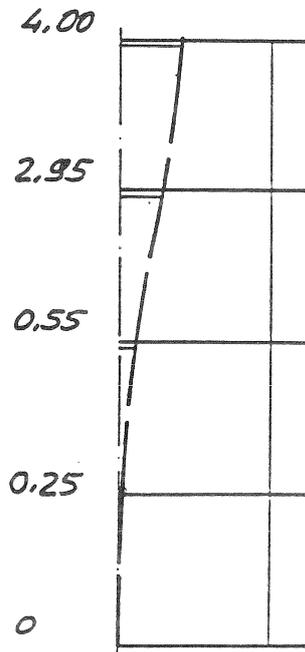


H	24	Mauerziegel	d = 11,5
	(25)	BDF	h _s = 2,57

H	25	Mauerziegel	d = 11,5
	(24)	BDF	h _s = 2,57



H	$\frac{24+25}{2}$
---	-------------------





Gesamtgebäude

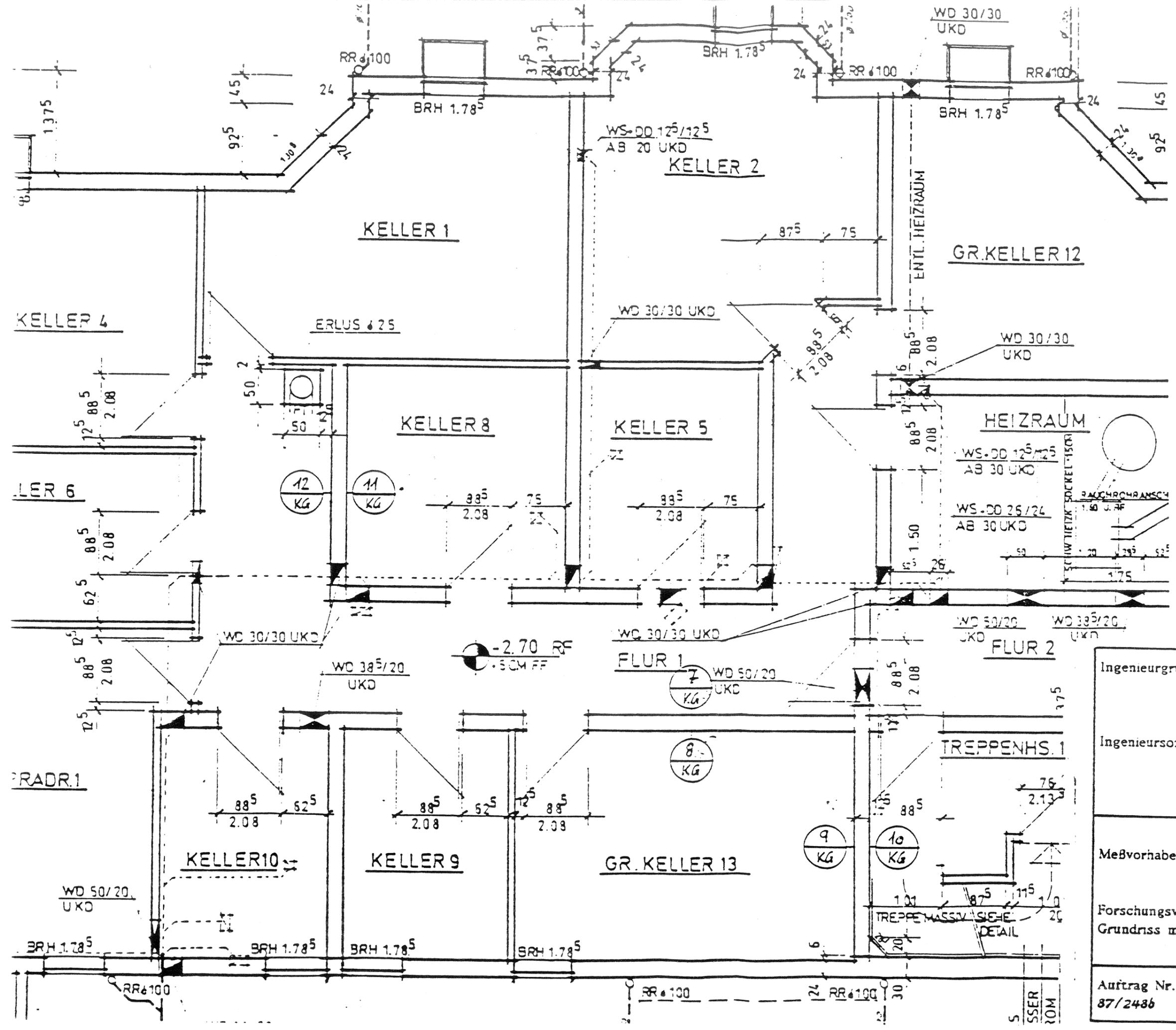
101



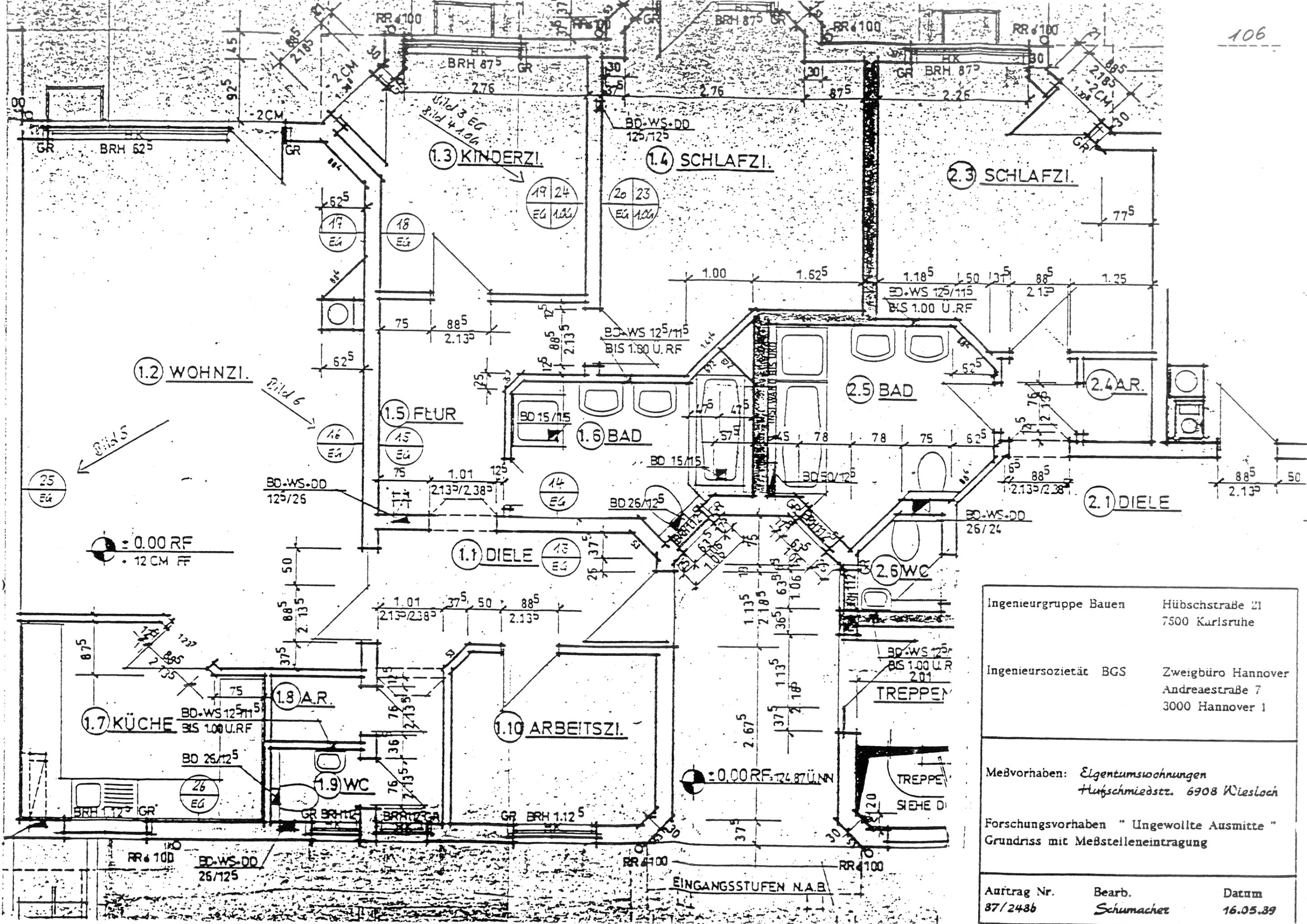
Meßstelle



Meßstelle



Ingenieurgruppe Bauen	Hübschstraße 21 7500 Karlsruhe	
Ingenieursozietät BGS	Zweibüro Hannover Andreaestraße 7 3000 Hannover 1	
Maßvorhaben: <i>Eigentumswohnungen</i> <i>Aufschmiedstz. 6908 Wiesloch</i>		
Forschungsvorhaben "Ungewollte Ausmitte" Grundriss mit Maßstelleneintragung		
Auftrag Nr. 87/2486	Bearb. <i>Schumacher</i>	Datum 16.05.89



Ingenieurgruppe Bauen Hübschstraße 21
7500 Karlsruhe

Ingenieursozietät BGS Zweigbüro Hannover
Andreastraße 7
3000 Hannover 1

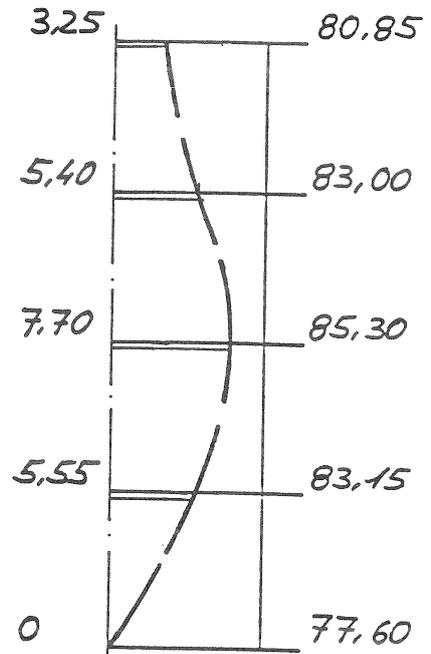
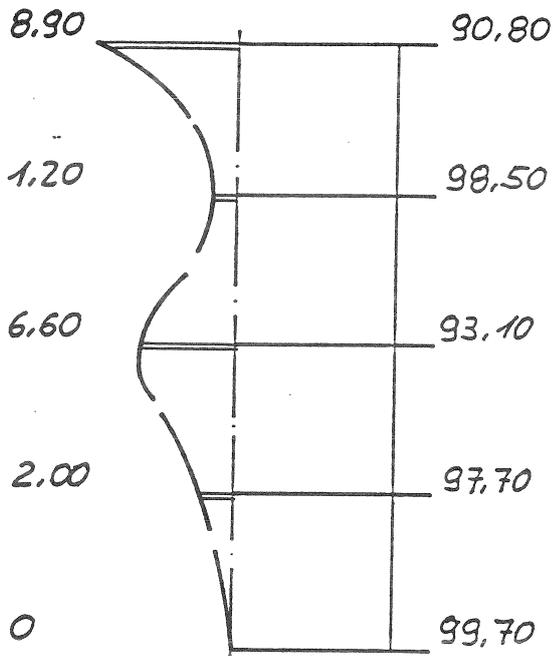
Meßvorhaben: *Eigentumswohnungen*
Hufschmiedstr. 6908 Wiesloch

Forschungsvorhaben "Ungewollte Ausmitte"
Grundriss mit Meßstelleneintragung

Auftrag Nr. 87/248b	Bearb. Schumacher	Datum 16.05.89
------------------------	----------------------	-------------------

I	25	Mauer- ziegel	d = 30
	-	20 DF	h _s = 2,62

I	26	Mauer- ziegel	d = 30
	-	20 DF	h _s = 2,62

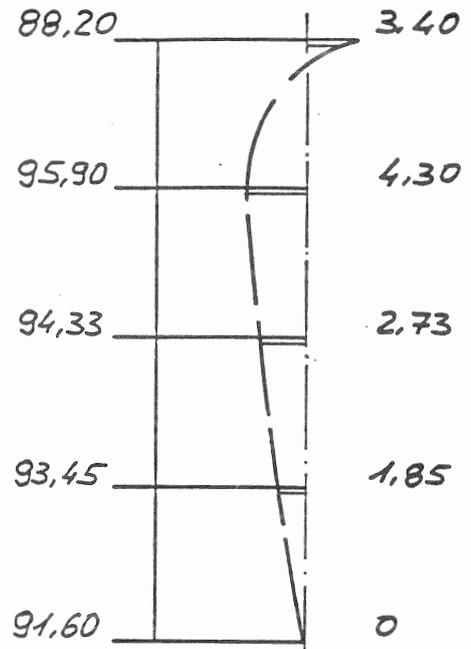
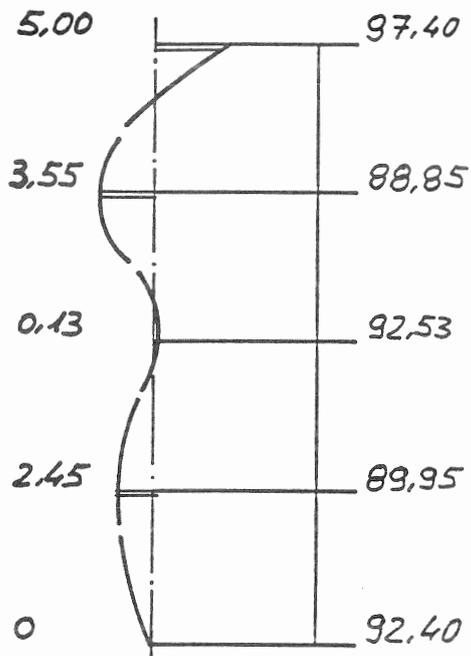


			d =
			h _s =

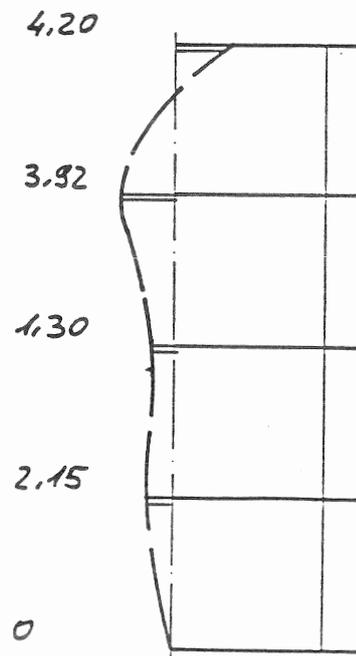
			d =
			h _s =

I	1	Mauer- ziegel	d = 24
	(2)	16 DF	h _s = 2.62

I	2	Mauer- ziegel	d = 24
	(1)	16 DF	h _s = 2.62

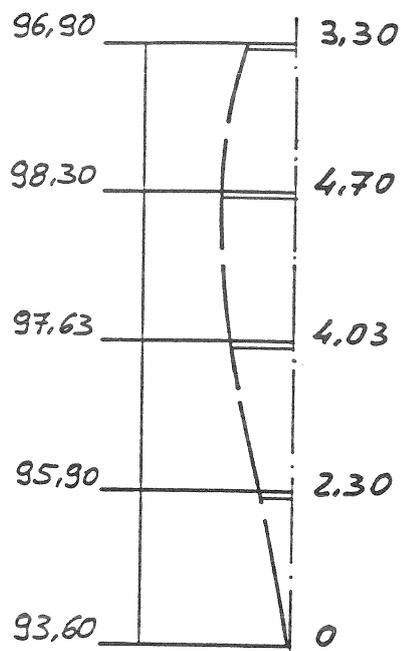
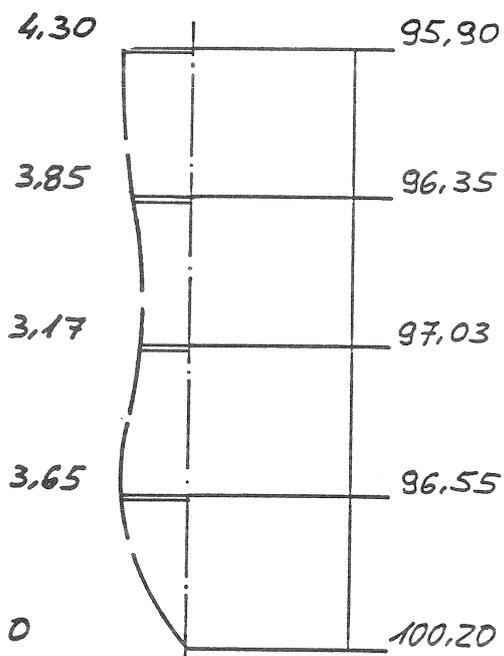


I	$\frac{1+2}{2}$
---	-----------------

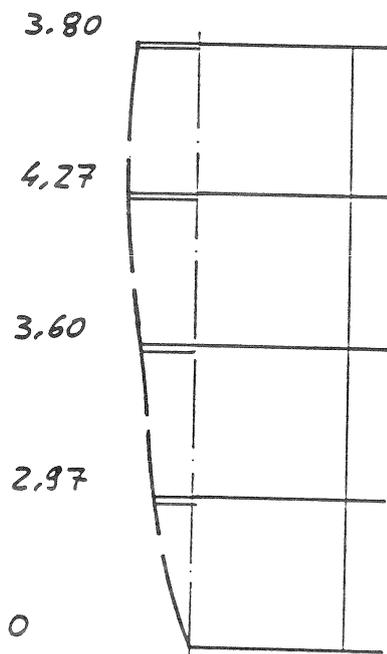


I	3	Mauerziegel	d = 11,5
	(4)	8DF	h _s = 2,50

I	4	Mauerziegel	d = 11,5
	(3)	8DF	h _s = 2,50

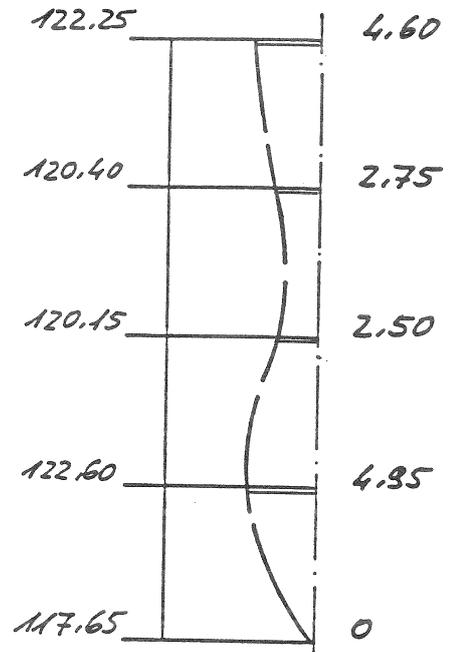
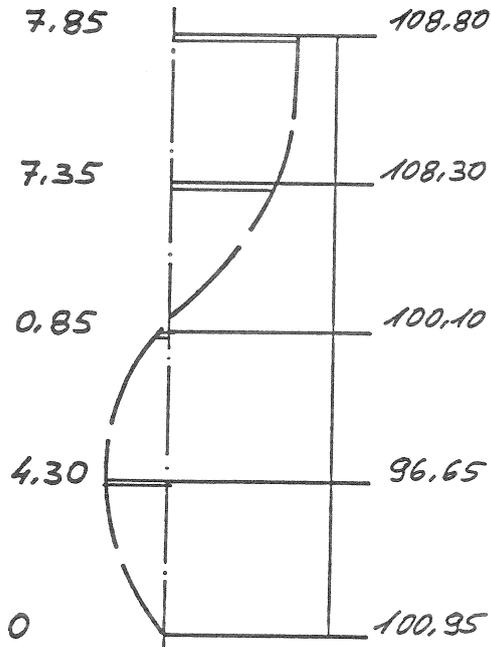


I	$\frac{3+4}{2}$
---	-----------------

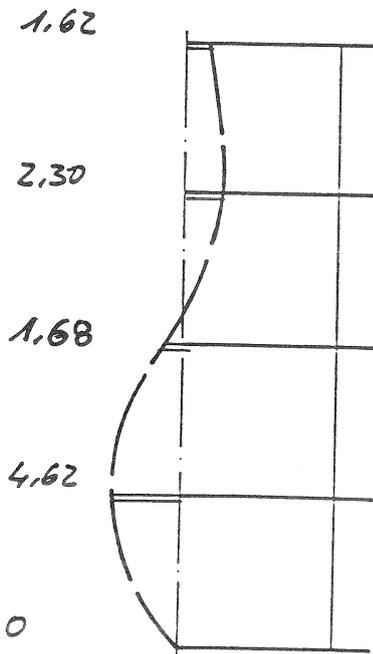


I	5	Mauer- ziegel	d = 24
	(6)	16 DF	h _s = 2,50

I	6	Mauer- ziegel	d = 24
	(5)	16 DF	h _s = 2,50

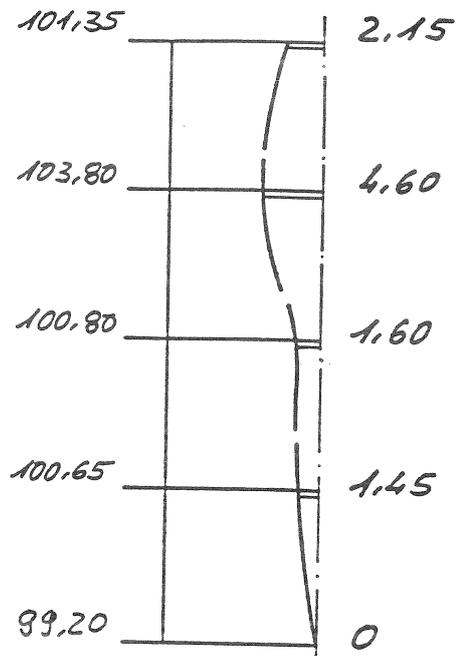
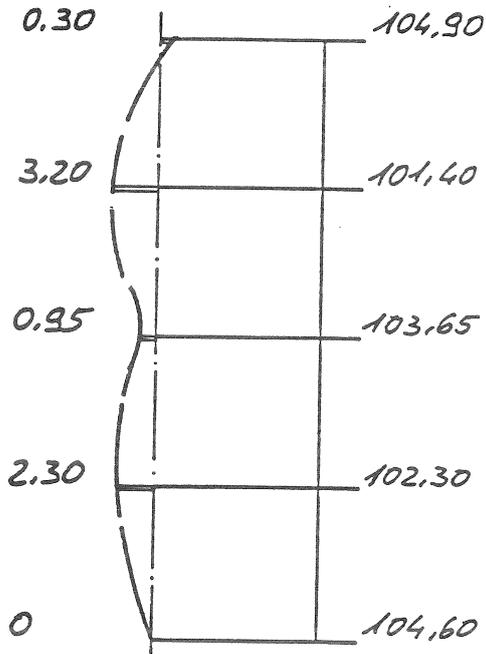


I	$\frac{5+6}{2}$
---	-----------------

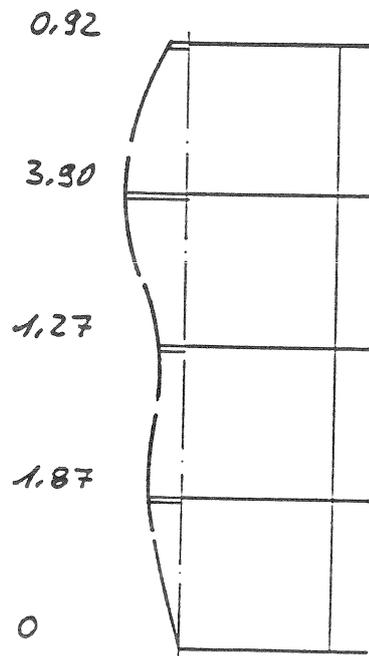


I	7	Mauer- ziegel	d = 24
	(8)	16 DF	h _s = 2,50

I	8	Mauer- ziegel	d = 24
	(7)	16 DF	h _s = 2,50

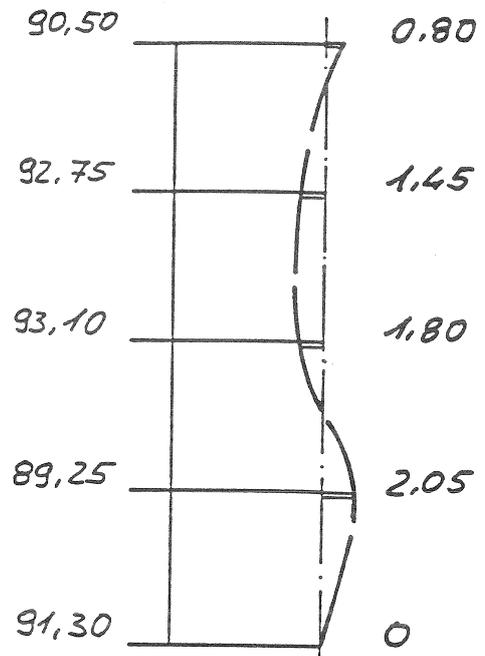
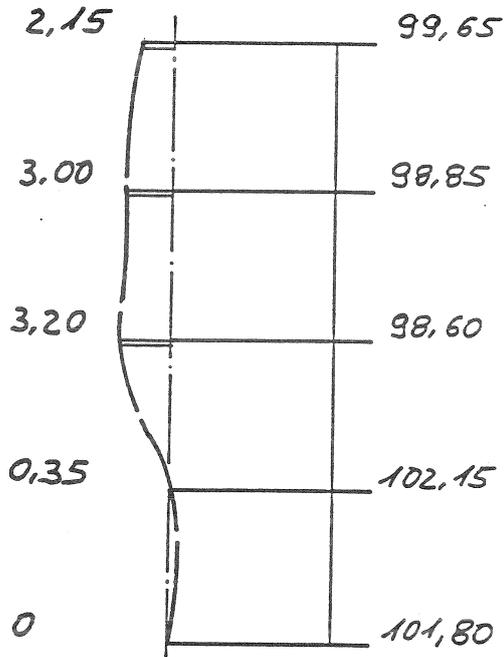


I	7+8
	2

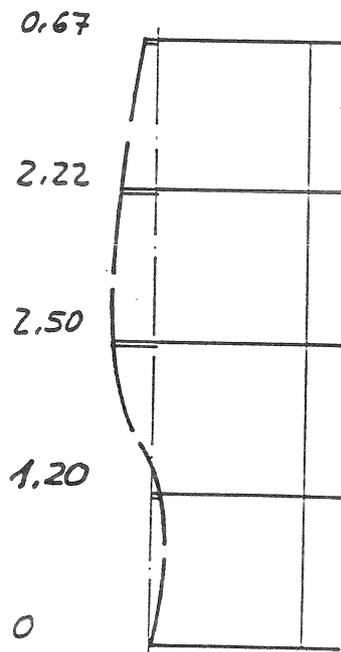


I	9	Mauerziegel	d = 24
	(10)	16 DF	h _s = 2,50

I	10	Mauerziegel	d = 24
	(9)	16 DF	h _s = 2,50

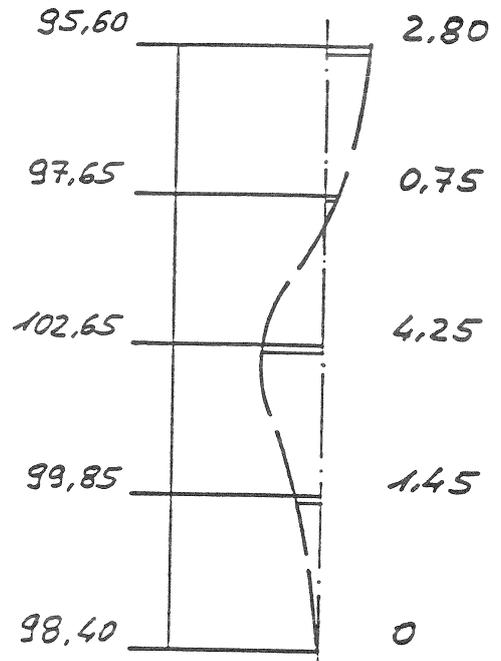
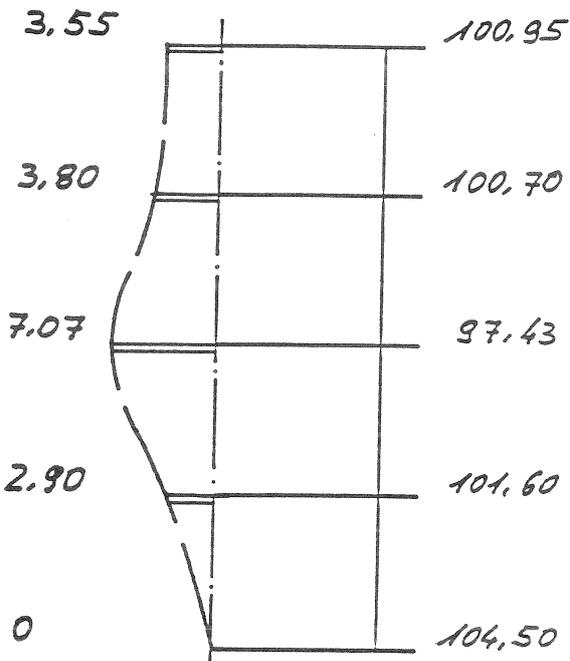


I	$\frac{9+10}{2}$
---	------------------

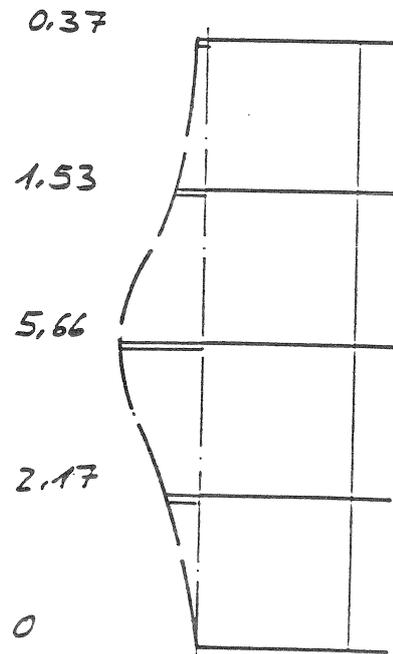


I	11	Mauerziegel	d = 24
	(12)	16 DF	h _s = 2.50

I	12	Mauerziegel	d = 24
	(11)	16 DF	h _s = 2.50

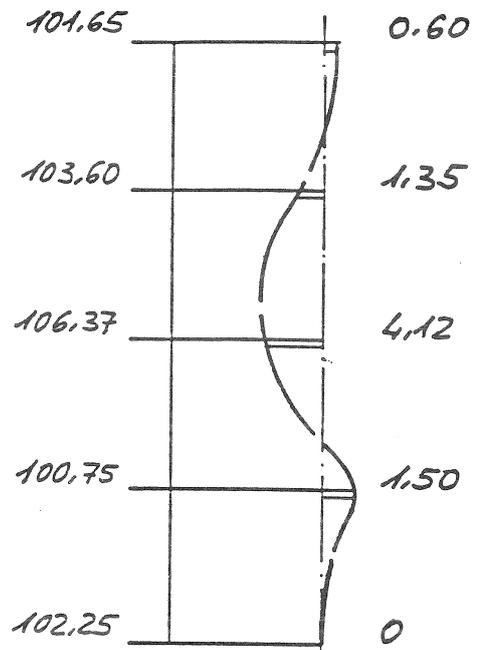
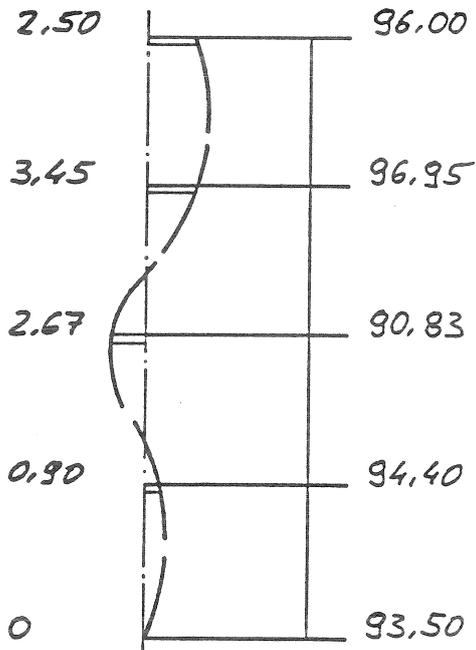


I	$\frac{11+12}{2}$
---	-------------------

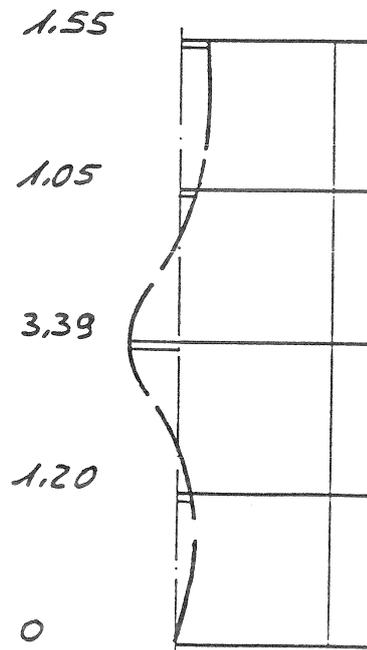


I	13	Mauerziegel	d = 24
	(14)	16 DF	h _s = 2,62

I	14	Mauerziegel	d = 24
	(13)	16 DF	h _s = 2,62

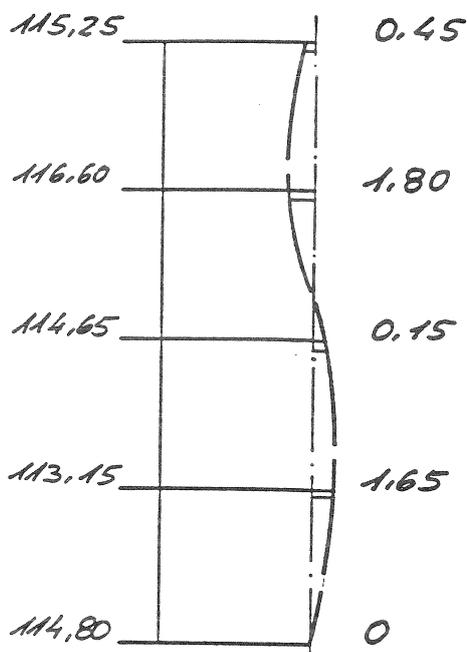
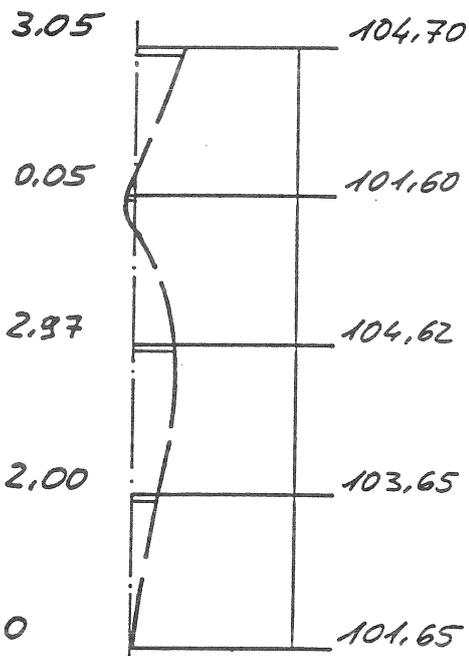


I	13+14
	2

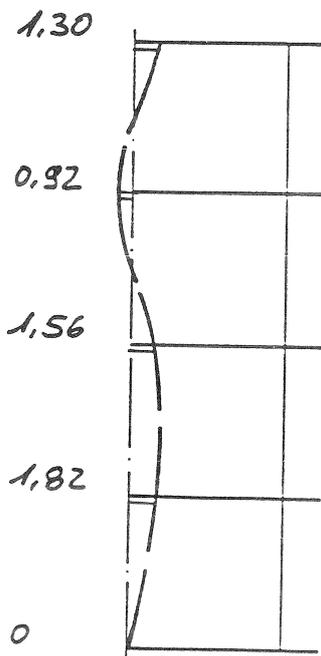


I	15	Mauerziegel	d = 24
	(16)	16 DF	h _s = 2,62

I	16	Mauerziegel	d = 24
	(15)	16 DF	h _s = 2,62

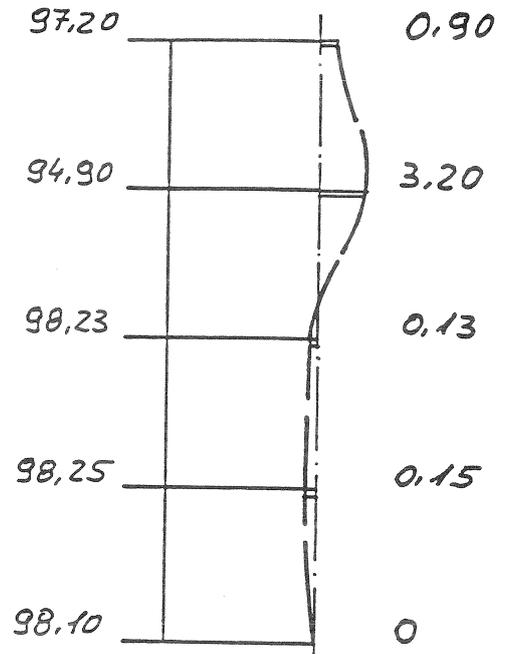
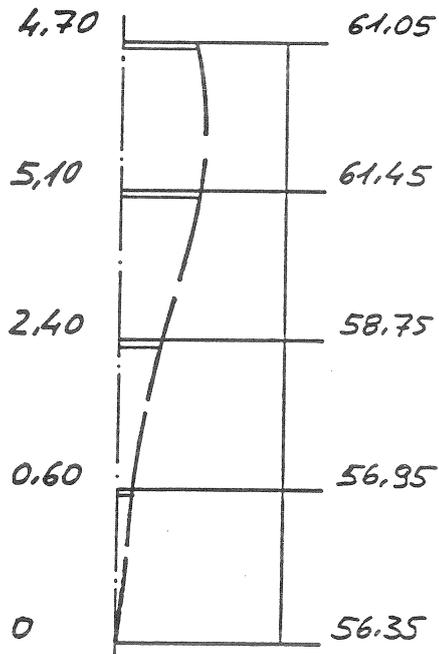


I	15+16
	$\frac{\quad}{2}$

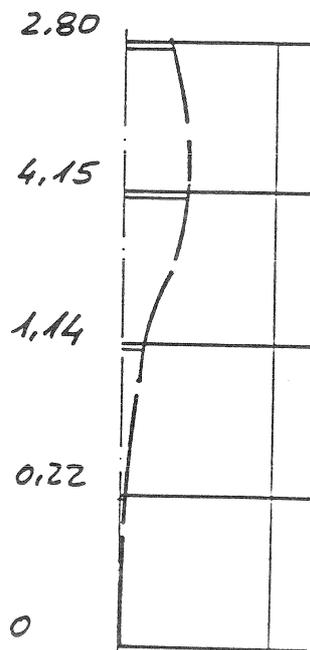


I	17	Mauer- ziegel	d = 24
	(18)	16 DF	h _s = 2,62

I	18	Mauer- ziegel	d = 24
	(17)	16 DF	h _s = 2,62

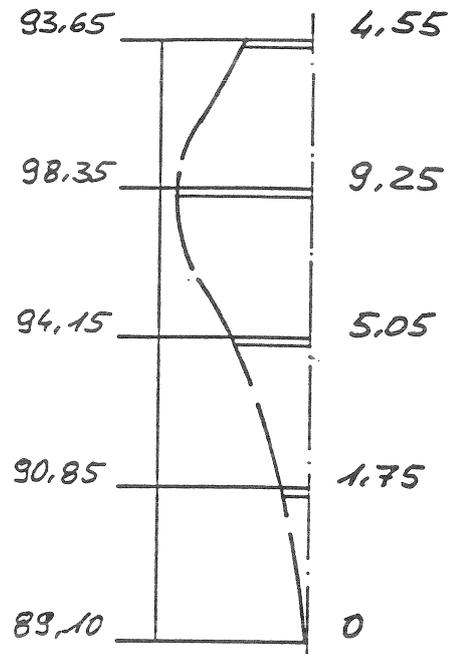
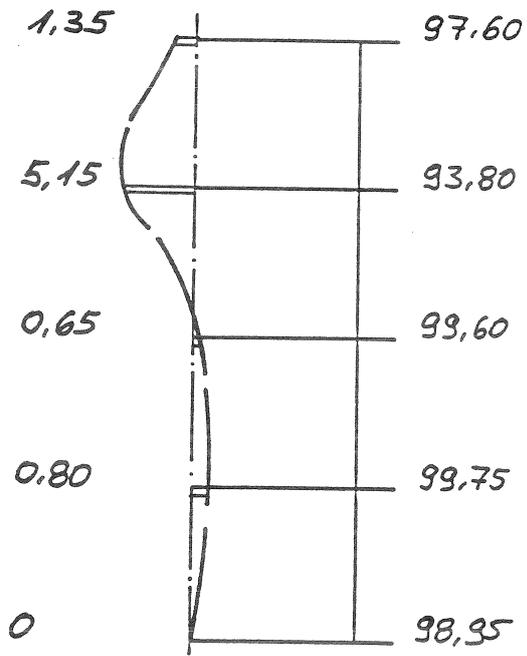


I	17+18
	$\frac{\quad}{2}$

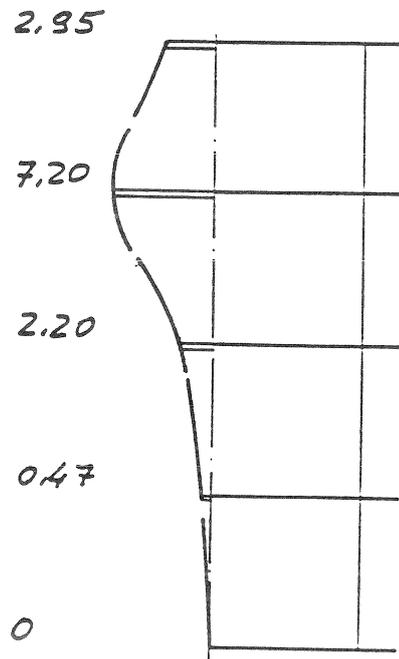


I	19	Mauer- ziegel	d = 24
	(20)	16 DF	h _s = 2,62

I	20	Mauer- ziegel	d = 24
	(19)	16 DF	h _s = 2,62

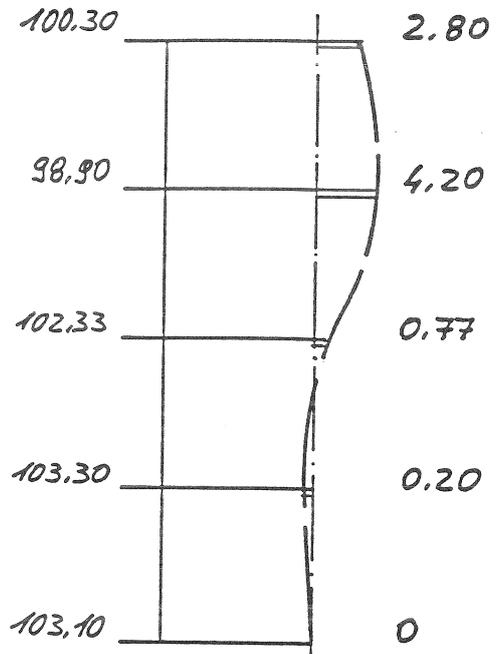
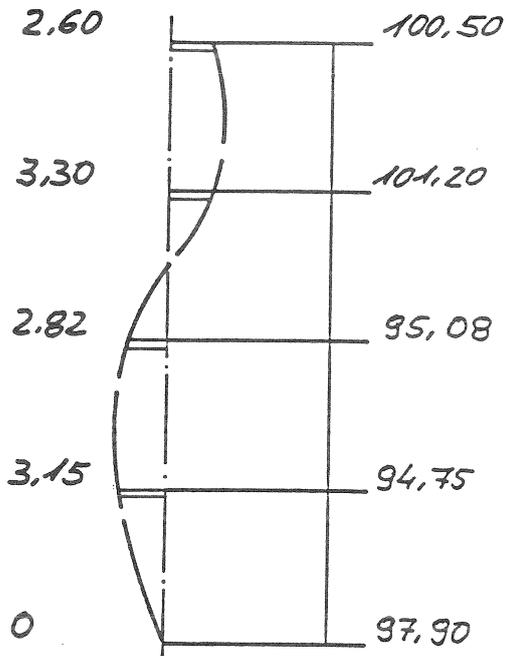


I	19+20
	$\frac{\quad}{2}$

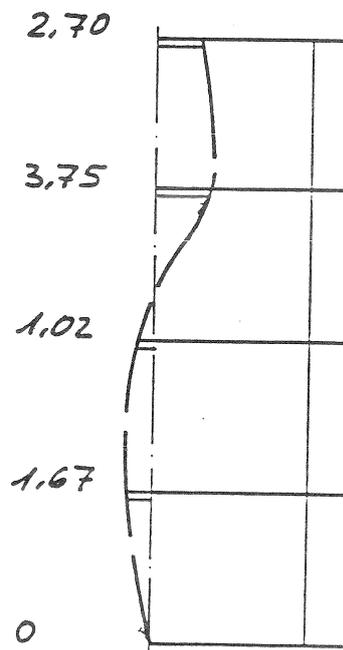


I	21	Mauer- ziegel	d = 11.5
	(22)	8 DF	h _s = 2.62

I	22	Mauer- ziegel	d = 11.5
	(21)	8 DF	h _s = 2.62

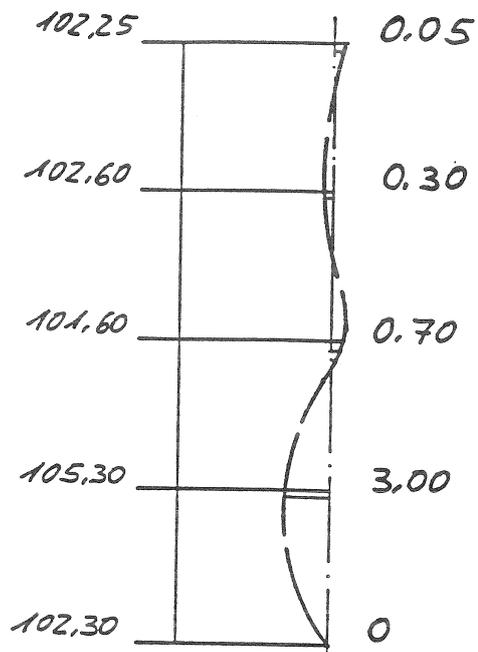
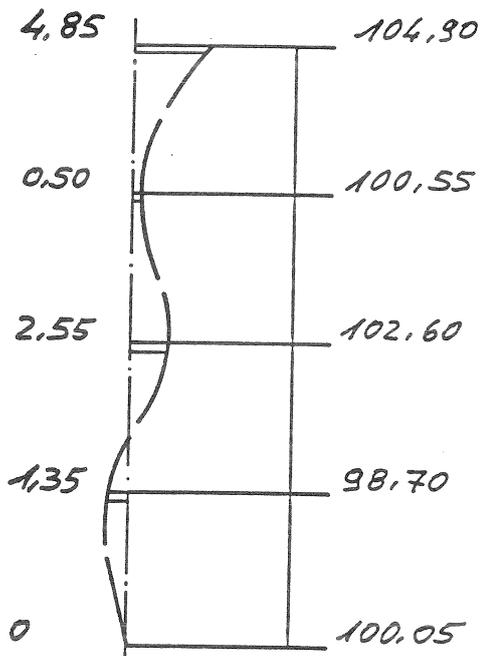


I	$\frac{21+22}{2}$
---	-------------------

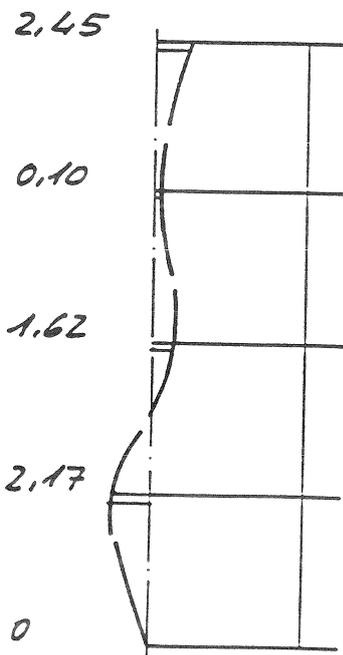


I	23	Mauer- ziegel	d = 24
	(24)	16 DF	h _s = 2.62

I	24	Mauer- ziegel	d = 24
	(23)	16 DF	h _s = 2.62



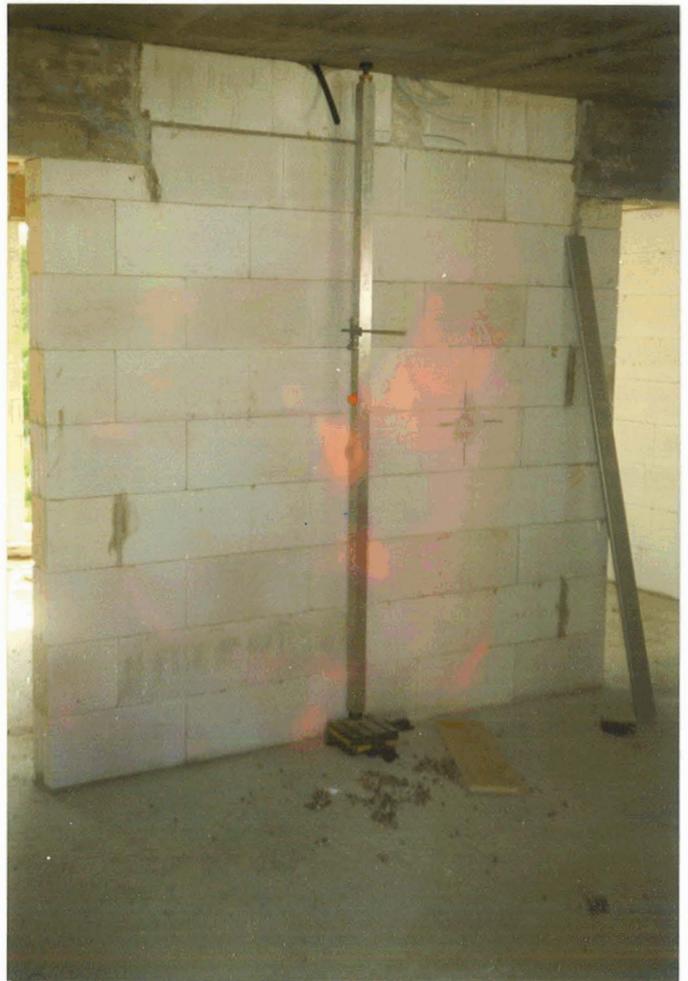
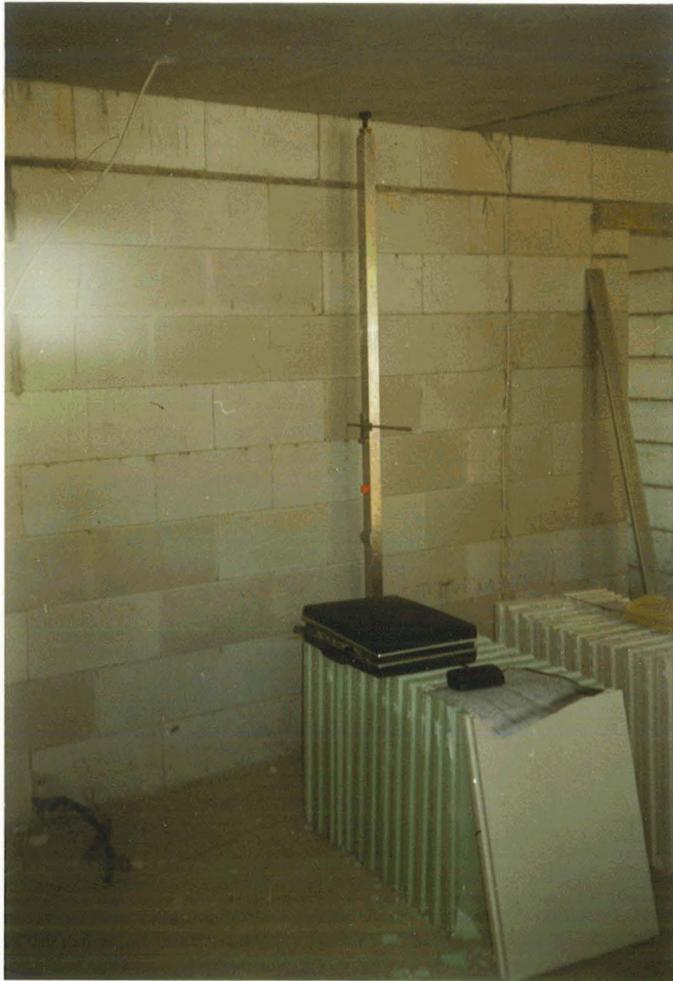
I	$\frac{23+24}{2}$
---	-------------------



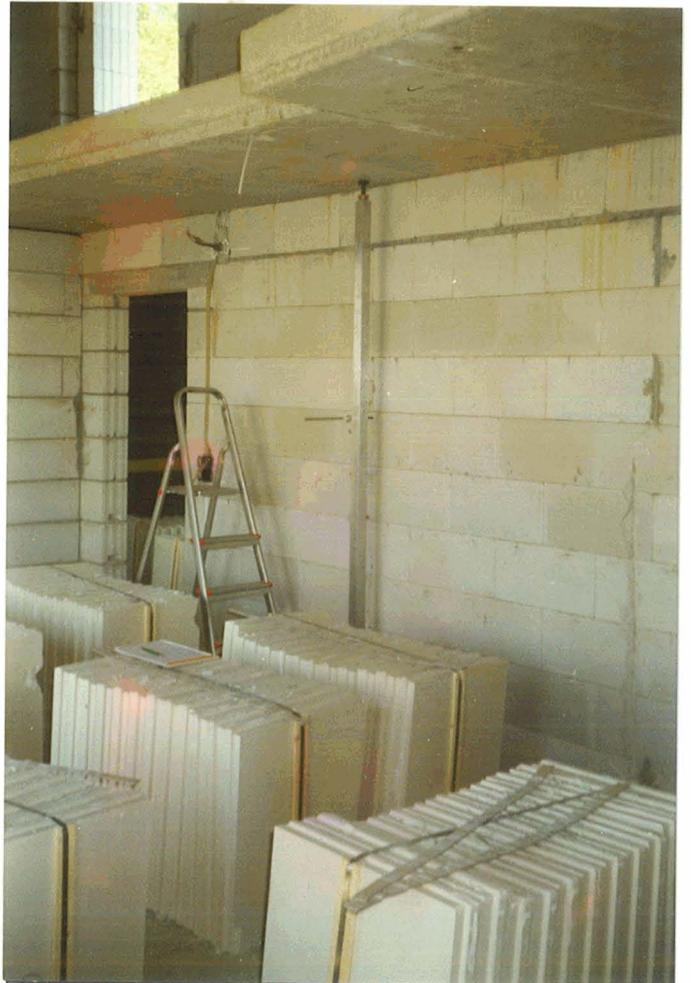


Gesamtgebäude

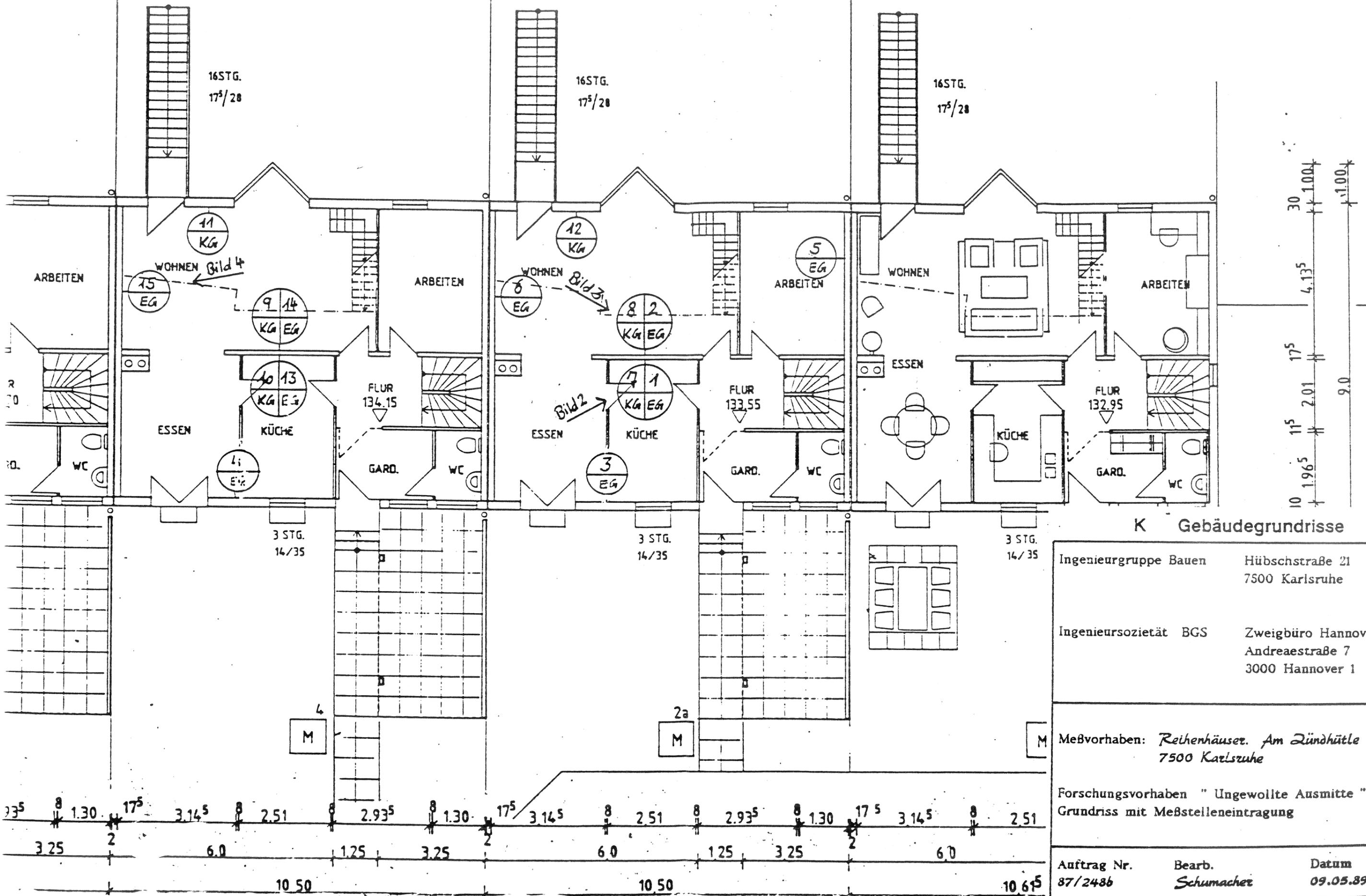
121



Meßstelle

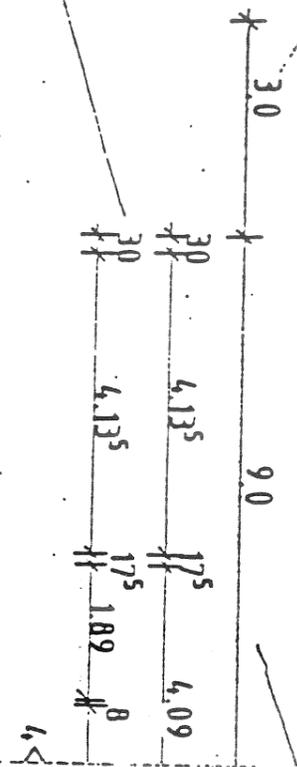
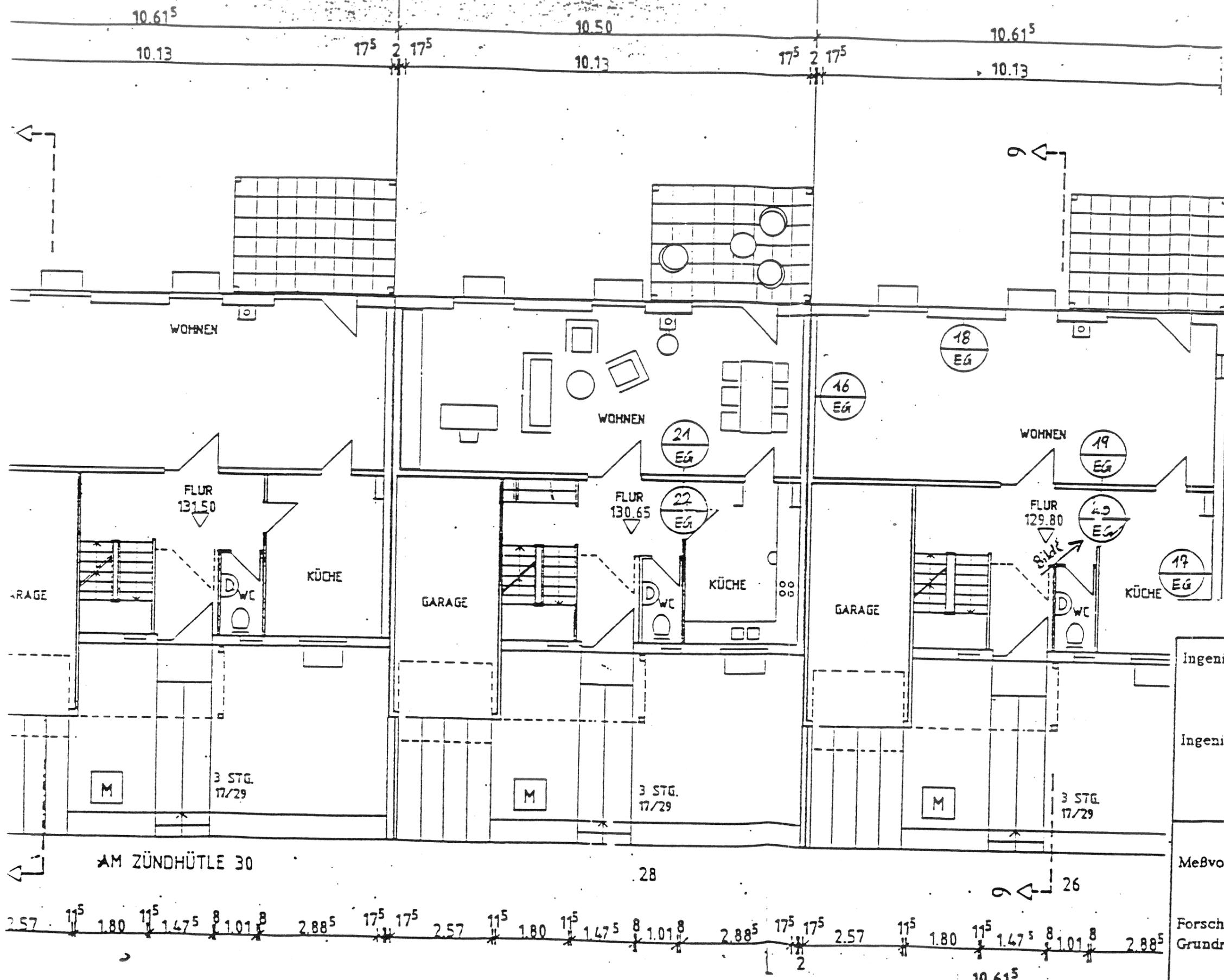


Meßstelle



K Gebäudegrundrisse

Ingenieurgruppe Bauen	Hübschstraße 21 7500 Karlsruhe
Ingenieursozietät BGS	Zweigbüro Hannover Andreaestraße 7 3000 Hannover 1
Meßvorhaben: <i>Reihenhäuser. Am Zündhütte 7500 Karlsruhe</i>	
Forschungsvorhaben "Ungewollte Ausmitte" Grundriss mit Meßstelleneintragung	
Auftrag Nr. 87/248b	Bearb. <i>Schumacher</i>
Datum 09.05.89	



Ingenieurgruppe Bauen Hübschstraße 21
7500 Karlsruhe

Ingenieursozietät BGS Zweigbüro Hannover
Andreaestraße 7
3000 Hannover 1

Meßvorhaben: *Reihenhäuser. Am Zündhüttele*
7500 Karlsruhe

Forschungsvorhaben "Ungewollte Ausmitte"
Grundriss mit Meßstelleneintragung

Auftrag Nr. 87/2486	Bearb. Schumacher	Datum 09.05.39
------------------------	----------------------	-------------------

AM ZÜNDHÜTLE 30

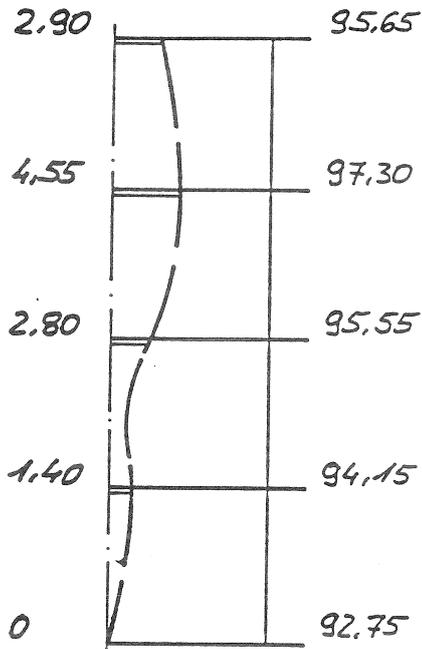
28

26

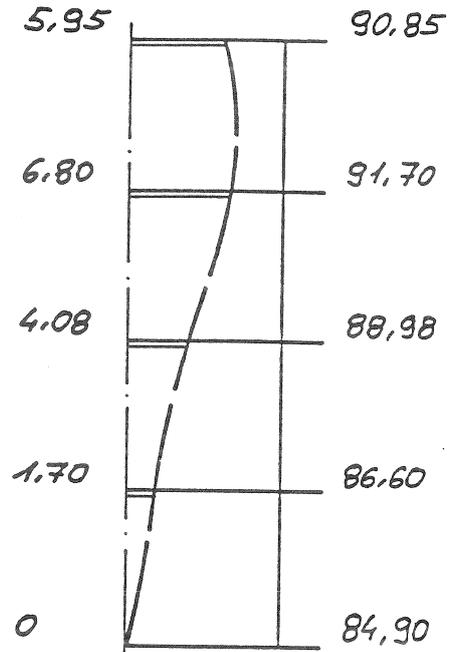
2.57 1.80 1.475 1.018 2.885 1.75 1.75 2.57 1.80 1.475 1.018 2.885 1.75 1.75 2.57 1.80 1.475 1.018 2.885

10.615

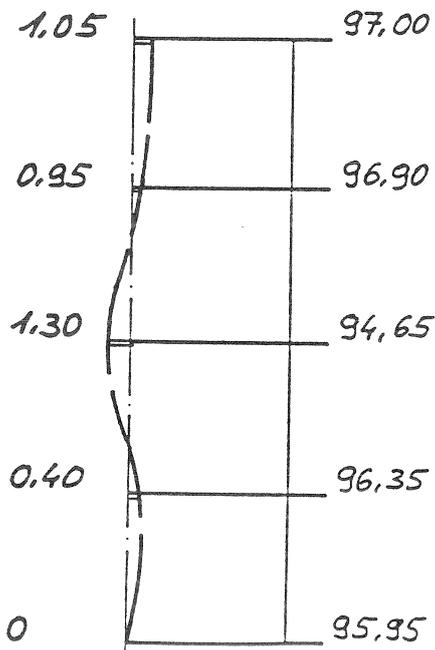
K	3	KS	d = 24
	-	12 DF	$h_s = 2,52$



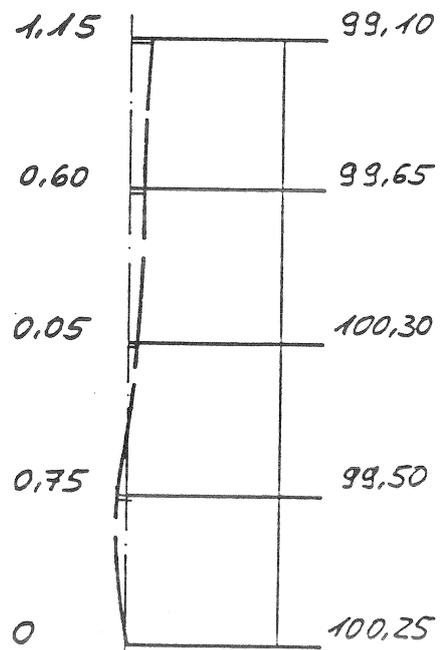
K	4	KS	d = 24
	-	12 DF	$h_s = 2,52$



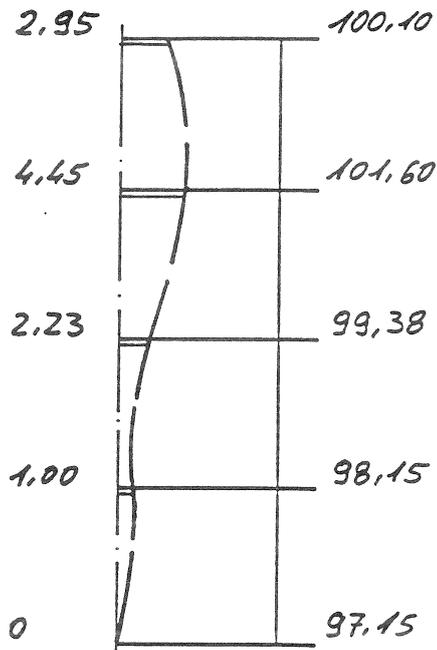
K	5	KS	d = 17,5
	-	12 DF	$h_s = 2,52$



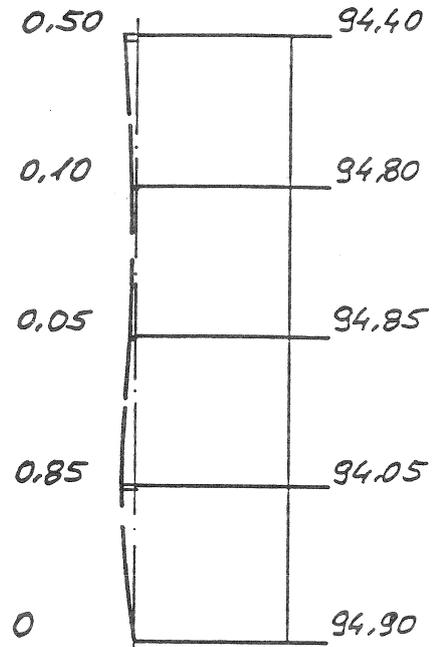
K	6	KS	d = 17,5
	-	12 DF	$h_s = 2,52$



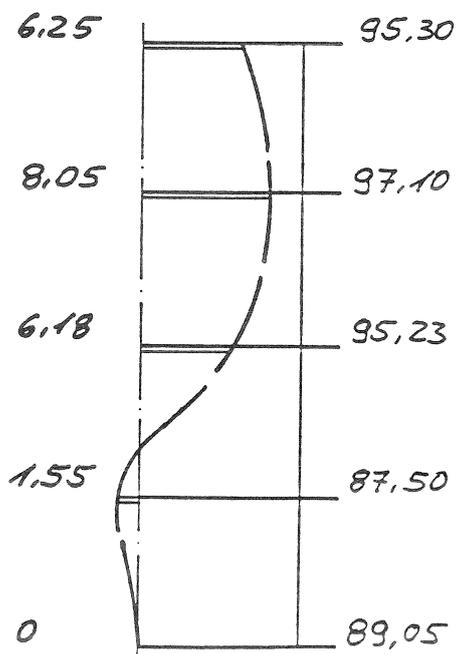
K	11	KS	d = 30
	-	15 DF	h _s = 2.52



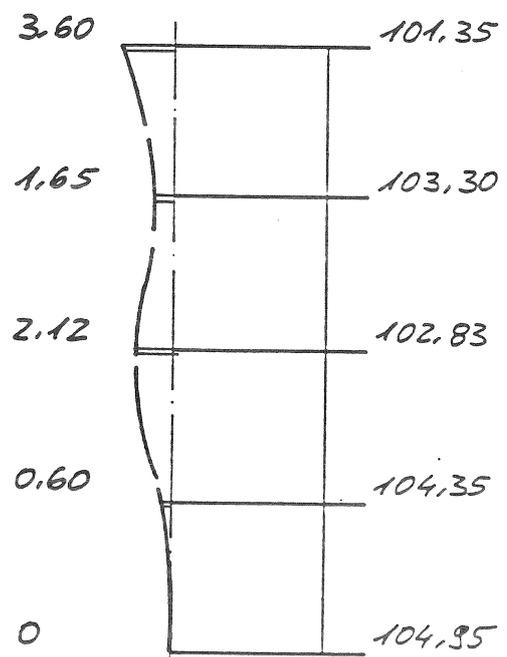
K	12	KS	d = 30
	-	15 DF	h _s = 2.52



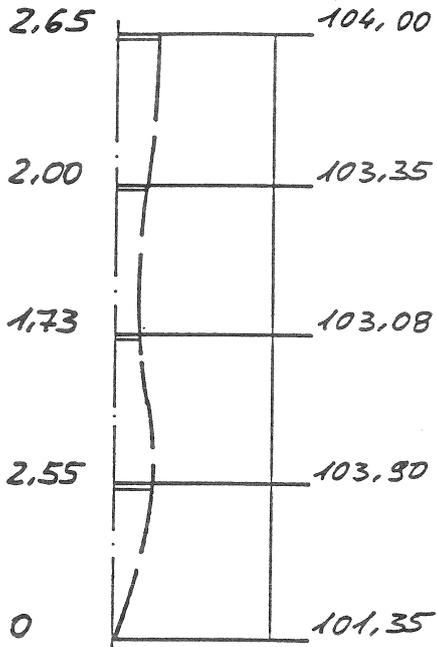
K	15	KS	d = 17.5
	-	12 DF	h _s = 2.52



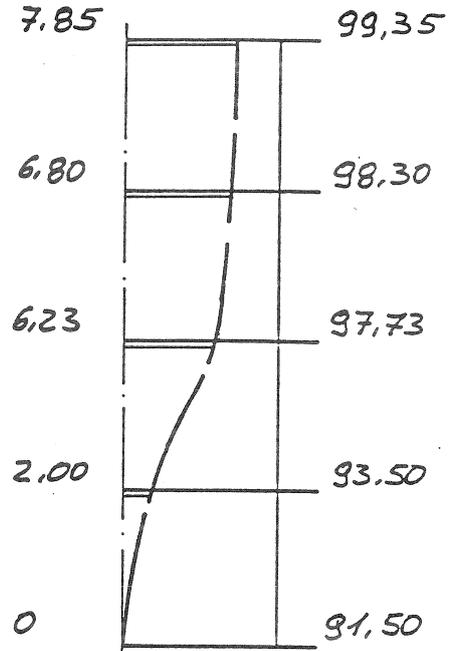
K	16	KS	d = 17.5
	-	12 DF	h _s = 2.52



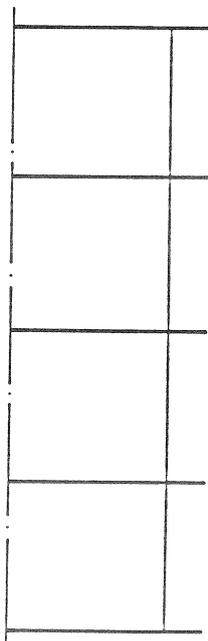
K	17		d=
	-		h _s =



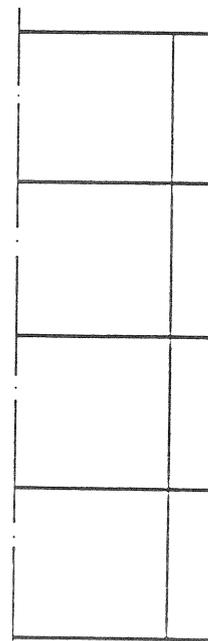
K	18		d=
	-		h _s =



			d=
			h _s =

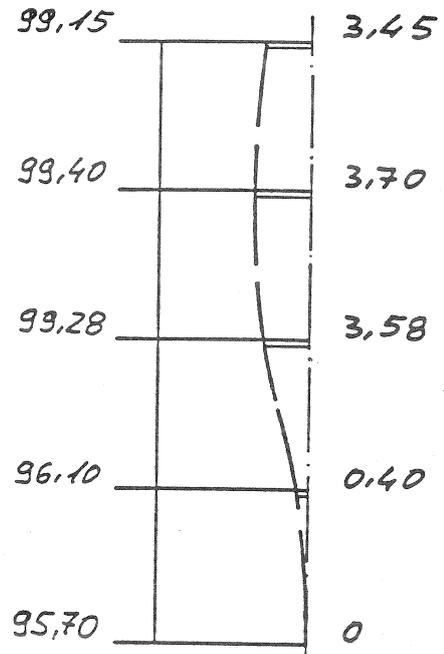
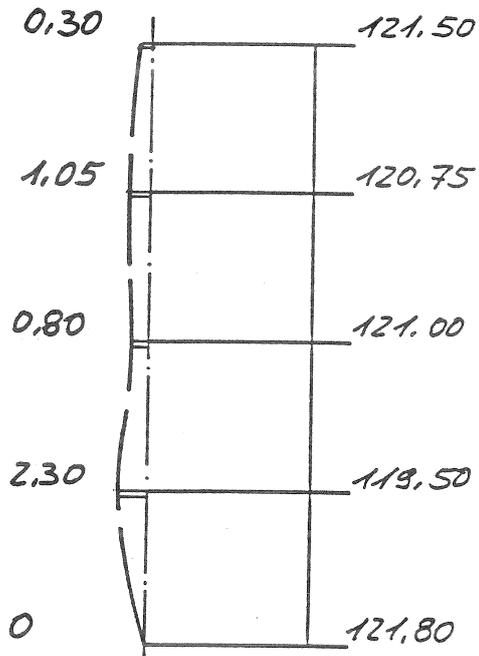


			d=
			h _s =

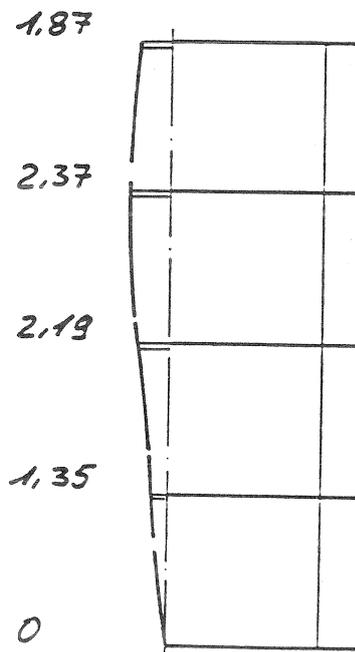


K	1	KS	d = 17,5
	(2)	12 DF	h _s = 2,52

K	2	KS	d = 17,5
	(1)	12 DF	h _s = 2,52

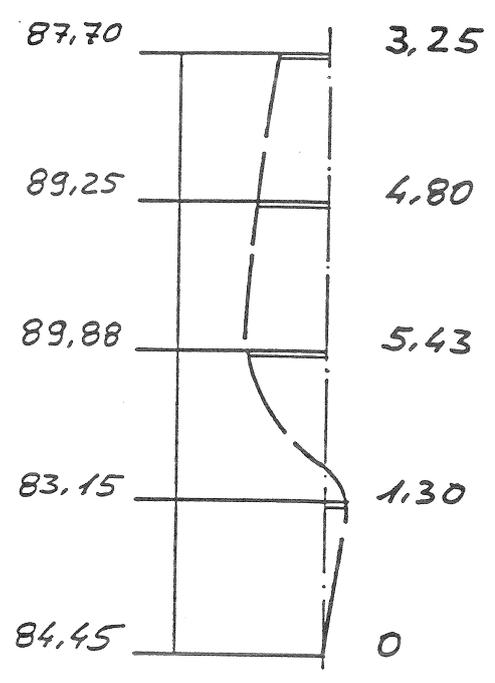
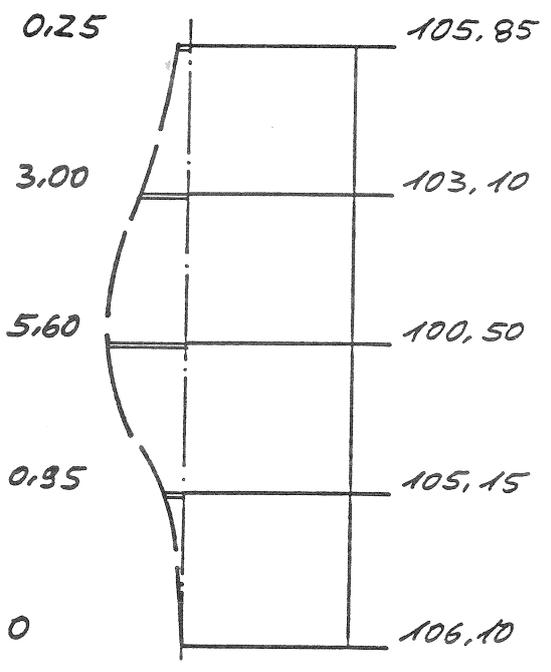


K	$\frac{1+2}{2}$
---	-----------------

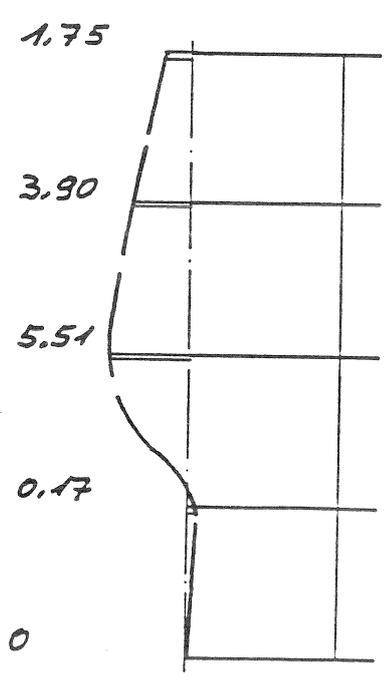


K	7	KS	d = 17,5
	(8)	12 DF	h _s = 2,52

K	8	KS	d = 17,5
	(7)	12 DF	h _s = 2,52

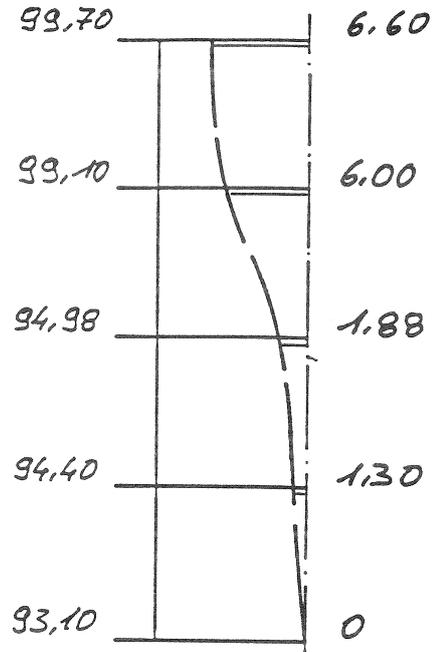
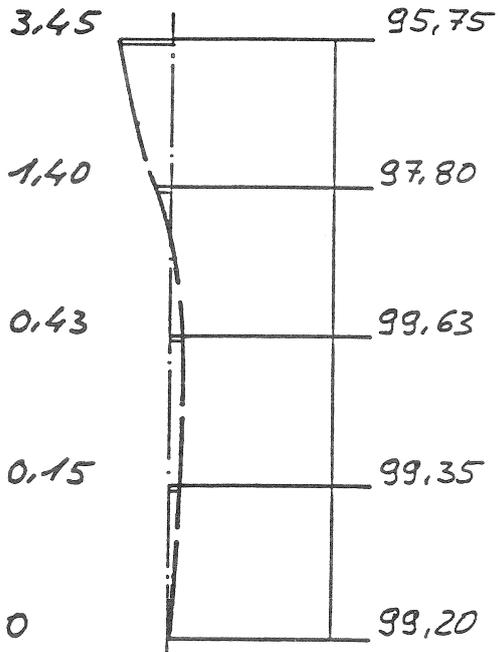


K	7+8
	2

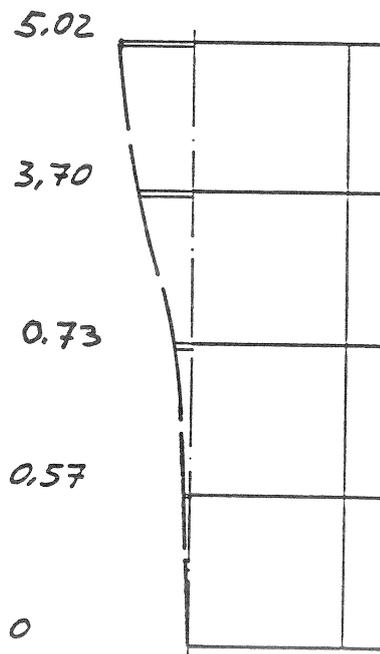


K	9	KS	d = 17,5
	(10)	12 DF	h _s = 2,52

K	10	KS	d = 17,5
	(9)	12 DF	h _s = 2,52

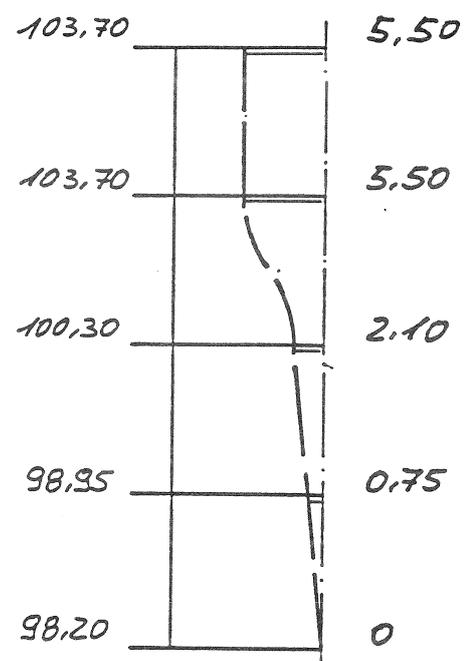
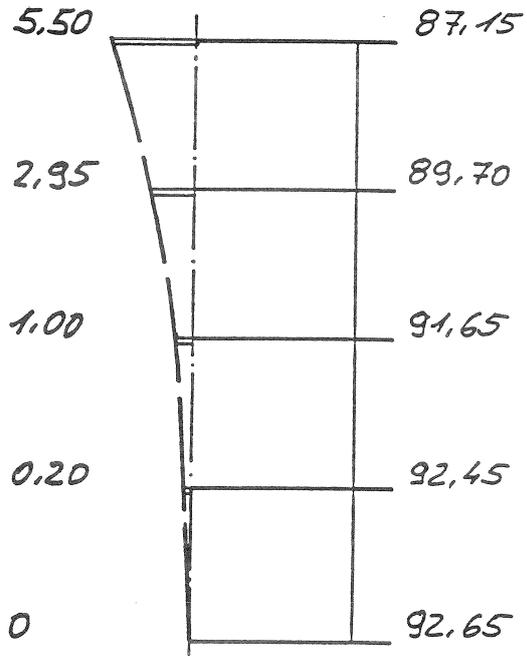


K	$\frac{9+10}{2}$
---	------------------

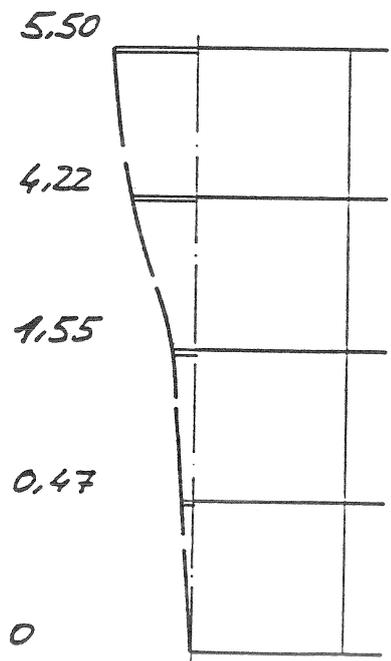


K	13	KS	d = 17.5
	(14)	12 DF	h _s = 2.52

K	14	KS	d = 17.5
	(13)	12 DF	h _s = 2.52

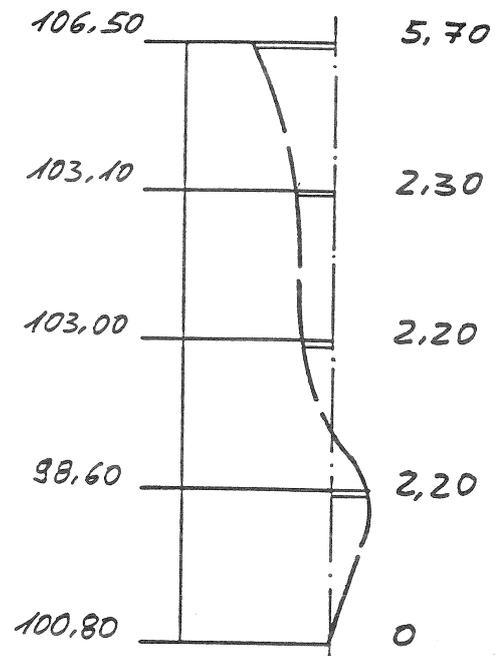
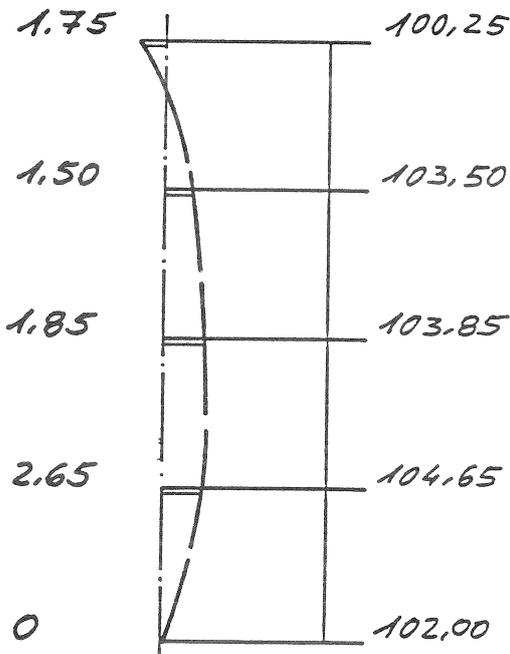


K	$\frac{13+14}{2}$
---	-------------------

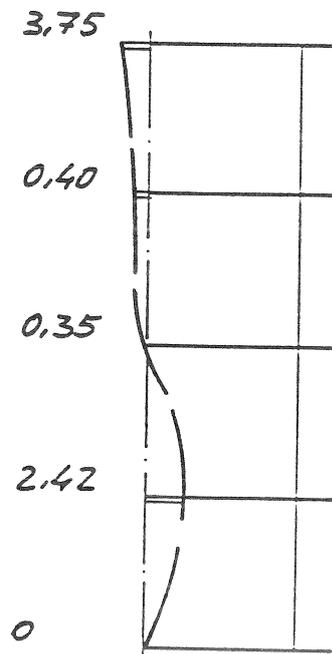


K	19	KS	d = 17,5
	(20)	12 DF	h _s = 2,52

K	20	KS	d = 17,5
	(19)	12 DF	h _s = 2,52

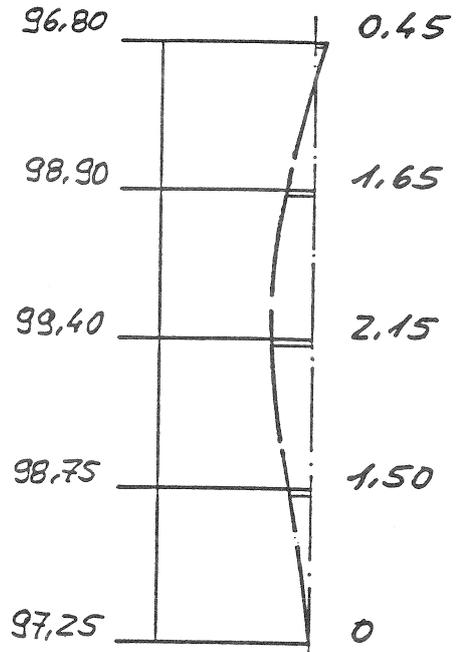
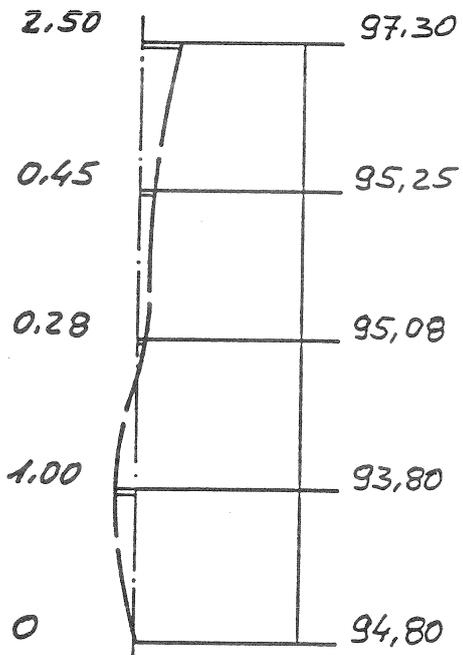


K	19+20
	2



K	21	KS	d = 17.5
	(22)	12 DF	h _s = 2.52

K	22	KS	d = 17.5
	(21)	12 DF	h _s = 2.52



K	$\frac{21+22}{2}$
---	-------------------

