

ISBN 3-88314-921-7

Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM), Berlin

Forschungsbericht 162

Untersuchungen zur Tragfähigkeit großer Glasscheiben

von Dipl.-Ing. Wolfgang Brünner

Juli 1989

114 Seiten, 101 Abbildungen, 7 Tabellen

Abschlußbericht zum Vorhaben
BAM Vh-Nr. 02216
Die Tragfähigkeit großer Glasscheiben
bei gleichmäßig verteilter Flächenbelastung

Finanzielle Förderung:
Insitut für Bautechnik, Berlin
AZ.: IV 1-5-409/84

Herausgegeben von der
Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM)
Unter den Eichen 87, 1000 Berlin 45
Telefon (030) 8104-1 Telex 183 261 bamb d
Telefax (030) 8 112 029 Teletex 2 627-308 372=bamb

Copyright © 1989 by Wirtschaftsverlag NW
Verlag für neue Wissenschaft GmbH, Bremerhaven

Verlag und Vertrieb:
Wirtschaftsverlag NW
Verlag für neue Wissenschaft GmbH
Postfach 10 11 10, 2850 Bremerhaven 1
Telefon (0471) 46093-95

Zusammenfassung

Im Rahmen eines vom Institut für Bautechnik finanziell geförderten und von der Glasindustrie mit Versuchsmaterial unterstützten Forschungsprogrammes wurden in der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM) Versuche an 1 m x 1 m bis 2 m x 3 m Scheiben aus 6 mm und 10 mm dickem vorgespannten und nicht vorgespannten Spiegelglas, zwei- oder vierseitig aufgelagert, unter gleichmäßig verteilter Flächenbelastung durchgeführt. Die Belastung wurde bei den vierseitig aufgelagerten Scheiben durch Unterdruck erzeugt. Bei den zweiseitig aufgelagerten Scheiben brachte ein Luftkissen die Flächenbelastung auf, das sich gegen eine biegsame Platte abstützte, die zusätzlich in gleicher Weise wie die Scheibe verformt wurde. Dabei wurden Durchbiegungen sowie Dehnungen und über sie die Spannungen in Abhängigkeit von der Belastungshöhe und die Bruchlast ermittelt. Vorher war dem Einfluß der Auflagerungsart (Ecken frei oder fixiert, Scheibe frei oder zwischen Rahmen) nachgegangen worden.

Die Übereinstimmung der Meßergebnisse und der mit Hilfe der Differenzenrechnung auf der Grundlage der Plattentheorie von v. Karman ermittelten Ergebnisse ist zufriedenstellend.

Die Bruchausgangsstellen fielen eindeutig bei dem nicht vorgespannten Glas in der Mehrzahl und bei dem vorgespannten Glas immer noch häufig nicht mit dem Ort der größten Hauptzugspannung zusammen, d. h. die gemessenen maximalen Spannungen an den Bruchstellen liegen zum großen Teil deutlich unter den gemessenen größten Zugspannungen in den Scheiben.

Im Bericht werden die Versuchseinrichtungen und die Durchführung der Versuche ausführlich beschrieben. Die Ergebnisse aller Versuche zur Bestimmung der Bruchlasten werden mitgeteilt, und in einem Anhang sind die Ergebnisse der in großer Zahl durchgeführten Durchbiegungs- und Dehnungsmessungen und die aus Dehnungsmessungen ermittelten Spannungen in den Glasscheiben graphisch dargestellt.

An dem gleichen Material von denselben Herstellern sind auch Balken-Biegeversuche nach DIN 52 303 Teil 1 und Doppelring-Biegeversuche nach DIN 52 292 Teil 2 durchgeführt worden [2]. Die Ergebnisse beider Vorhaben sind vergleichend in [3] ausgewertet.

Summary

Within the scope of a research program executed with financial support of the Institut für Bautechnik, the Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM) carried out tests on prestressed and not prestressed sheets of mirror glass with dimensions of 1 m x 1 m up to 2 m x 3 m and 6 mm as well as 10 mm of thickness which were supported on two or four sides and subjected to an uniformly distributed surface load. The test material was placed at BAM's disposal by the glass industry. In the case of the sheets of glass supported on four sides the load was produced by depression. In the case of the sheets of glass supported on two sides the load was applied by means of an air cushion resting on a flexible plate which, in addition, was subjected to the same deformations as the sheet of glass. In these tests deflections as well as elongations and on the basis of these values the stresses as a function of the load applied and, last not least, the load at rupture were determined. Precisely, the influence of the support condition (free or fixed corners, sheet of glass with or without frame) had been examined.

The conformity of the values measured with the results obtained by means of the difference calculus on the basis of the plate theory by v. Karman was quite satisfactory.

The points of rupture did obviously not coincide, for the not prestressed glass in the majority of cases and for the prestressed glass quite often, with the point of the maximum tensile load, i.e. that the maximum stresses measured at the points of rupture are to a great extent definitely less important than the maximum tensile stresses measured in the sheets of glass.

The testing devices as well as the execution of the tests are described in detail in the test report. Furthermore the results of all tests carried out in order to determine the ultimate loads are indicated and the results of the great number of deflection and elongation measurements as well as the stresses in the sheets of glass determined on the basis of the elongation measurements are traced in graphs in an appendix.

Corresponding to DIN 52 303 part 1 and DIN 52 292 part 2 tests with the same material were carried out and described in [2].

The results of this report and those of [2] are together analysed and interpreted in [3].

Inhaltsverzeichnis	Seite		
1	Einleitung	7	
2	Umfang der Untersuchungen	9	
3	Vorbereitende Arbeiten	11	
3.1	Prüfeinrichtung für vierseitig aufgelagerte Scheiben	11	
3.2	Prüfeinrichtung für zweiseitig aufgelagerte Scheiben	13	
3.3	Computer-Programme für Berechnung und Auswertung	13	
3.4	Weitere Vorbereitungen	15	
4	Durchführung der Versuche	16	
5	V Versuchsergebnisse	20	
5.1	Kurzbezeichnungen	20	
5.2	Ergebnisse der Vorversuche	22	
5.3	Durchbiegungs- und Dehnungsuntersuchungen an vierseitig aufgelagerten Scheiben	26	
5.3.1	ESG-Scheibe 1 m x 1 m x 6 mm (Serie A1)	28	
5.3.2	ESG-Scheibe 1 m x 2 m x 6 mm (Serien A2.1 und 2.2)	28	
5.3.3	ESG-Scheibe 2 m x 2 m x 6 mm (Serie A3)	28	
5.3.4	ESG-Scheibe 2 m x 3 m x 10 mm (Serie A4)	29	
5.4	Ermittlung von Bruchlasten und Bruchspannungen	29	
5.4.1	Floatglas 1 m x 2 m x 6 mm (Serie B1)	30	
5.4.2	Floatglas 2 m x 2 m x 6 mm (Serie B2)	32	
5.4.3	Floatglas 1 m x 1 m x 6 mm (Serie B3)	38	
5.4.4	ESG-Scheiben 1 m x 1 m x 6 mm (Serie C1)	39	
5.4.5	ESG-Scheiben 0,9 m x 1,5 m x 6 mm (Serie D1.1)	40	
5.4.6	ESG-Scheiben 1,5 m x 0,9 m x 6 mm (Serie D1.2)	45	
5.4.7	ESG-Scheiben 0,9 m x 2,0 m x 10 mm (Serie D2)	50	
6	Hinweise zur Abhängigkeit der Bruchlasten großer Scheiben von der Biegefestigkeit von Flachglas	54	
	Literatur	55	
	Anhang:		
	Ergebniskurven der Durchbiegungs- und Dehnungsmessungen an vierseitig aufgelagerten ESG-Scheiben	57	
1.	Versuchsserie A1 ESG-Scheibe 1 m x 1 m x 6 mm, 4seitig gelagert auf Gummi	57	
2.	Versuchsserie C1 (Bruchversuch), ESG-Scheibe 1 m x 1 m x 6 mm, 4seitig gelagert auf Gummi	67	
3.	Versuchsserie A2.1 ESG-Scheibe 1 m x 2 m x 6 mm, 4seitig gelagert auf Gummi	73	
4.	Versuchsserie A2.2 ESG-Scheibe 1 m x 2 m x 6 mm, 4seitig gelagert auf Messing	79	
5.	Versuchsserie A3 ESG-Scheibe 2 m x 2 m x 6 mm, 4seitig gelagert auf Gummi	83	
6.	Versuchsserie A4 ESG-Scheibe 2 m x 3 m x 10 mm, 4seitig gelagert auf Gummi	95	

Schlagwörter:

Glasscheiben - Floatglas - Einscheibensicherheitsglas -
Flächenbelastung - Tragfähigkeit - Verformungs- und Dehnungs-
messung - Spannungsermittlung

1. Einleitung

Die zunehmende Verwendung von Glas für Fassadenbekleidungen, absturzsichernde Bauteile und großflächige Verglasungen verlangt die Überprüfung und Ergänzung der Grundlagen für die Beurteilung der Tragfähigkeit von Glasscheiben.

In dem vorliegenden Forschungsvorhaben ist durch Versuche die Tragfähigkeit großer Glasscheiben unter gleichmäßig verteilter Belastung bei weitgehend realistischen Randauflagerungen der Scheiben untersucht worden. Die Untersuchungen erstreckten sich sowohl auf Spiegelglas (nicht vorgespanntes Floatglas, im folgenden als Floatglas bezeichnet) als auch auf Einscheibensicherheitsglas (thermisch vorgespanntes Floatglas, im folgenden als ESG bezeichnet).

Ursprünglich bestand die Absicht, zahlreiche Serien großer Glasscheiben mit unterschiedlichen Dicken, Seitenverhältnissen und Auflagerbedingungen zu belasten und so deren Tragfähigkeit systematisch zu untersuchen. Da in den Forschungsvorhaben [2] und [4] bereits umfangreiche Untersuchungen an Kleinproben zur Ermittlung der Biegefestigkeit und zum anderen theoretische Untersuchungen und sehr aufwendige Berechnungen nach dem Finite-Element-Verfahren durchgeführt wurden, konnte man sich hier auf die stichprobenartige Untersuchung weniger Versuchsserien beschränken. Die Anzahl der Bruchversuche mit den teuren großen Glasscheiben wurde reduziert zugunsten eines größeren meßtechnischen Aufwandes. Auf diese Weise war es möglich, neben den Bruchlasten, Durchbiegungen und Bruchbildern auch noch einen besseren Aufschluß über die tatsächliche Größe und Verteilung der Beanspruchungen in den untersuchten Scheiben zu erhalten.

Für die Berechnungen und für die Ermittlung von Spannungen aus gemessenen Dehnungen wurden für Floatglas ein Elastizitätsmodul von $E = 74\ 000\ \text{N/mm}^2$ und für ESG ein Elastizitätsmodul von $E = 71\ 000\ \text{N/mm}^2$ sowie eine Querdehnungszahl von $\mu = 0,25$ für beide Glasarten angenommen.

Die Versuche waren Kurzzeitversuche. Das Aufbringen der Belastung erfolgte zügig und kontinuierlich ohne Unterbrechungen oder Zwischenentlastungen bis zur angestrebten Höchstlast oder

Bruchlast in einem Zeitraum von weniger als 10 Minuten.
Alle wichtigen Daten und Ergebnisse der durchgeführten Versuche sind in diesem Bericht bzw. im Anhang zu diesem Bericht in Form von Tabellen oder Kurven zusammengestellt.

2. Umfang der Untersuchungen

Vor den eigentlichen Untersuchungen, deren Ergebnisse hier ausführlich mitgeteilt werden, mußten zahlreiche Vorversuche durchgeführt werden. Sie dienten hauptsächlich der Entwicklung und Erprobung der Versuchstechnik. Eine ganze Reihe von Vorversuchen mußte aber auch gefahren werden, um Erkenntnisse über das Verhalten der Scheiben bei bestimmten Randbedingungen zu gewinnen. So war vor allem dem Einfluß unterschiedlicher Auflagerbedingungen auf die Spannungen in den Scheiben nachzugehen, um die Hauptversuchsserien unter praxisnahen Verhältnissen mit erträglichem Aufwand durchführen zu können.

Zu den Hauptversuchen gehören Versuche, die nur der Dehnungs- bzw. Spannungsermittlung in den Scheiben dienen und Versuche, die hauptsächlich der Bestimmung von Bruchlast und Bruchspannung dienen. Während die Bruchversuche sowohl an Floatglas- als auch an ESG-Scheiben ausgeführt wurden, erfolgten die reinen Spannungsuntersuchungen (Dehnungsmessungen) wegen der höheren Belastbarkeit stets an ESG-Scheiben. Durchbiegungsmessungen an mehreren Stellen der Scheiben wurden bei allen Versuchen vorgenommen.

In der folgenden Übersicht sind die einzelnen Versuchsserien zusammengestellt:

A. Durchbiegungs- und Dehnungsuntersuchungen an vierseitig aufgelagerten ESG-Scheiben

- A1 ESG-Scheibe 1015 mm x 1015 mm x 5,9 mm (auf Gummi)
- A2.1 ESG-Scheibe 1015 mm x 2015 mm x 5,9 mm (auf Gummi)
- A2.2 ESG-Scheibe 1015 mm x 2015 mm x 5,9 mm (auf Messing)
- A3 ESG-Scheibe 2015 mm x 2015 mm x 5,9 mm (auf Gummi)
- A4 ESG-Scheibe 2015 mm x 3015 mm x 10,0 mm (auf Gummi)

B. Bruchlastermittlung mit Dehnungsmessung an vierseitig auf Gummi gelagerten Floatglasscheiben

- B1 Floatglas-Scheiben 1015 mm x 2015 mm x 5,9 mm (10 Stck)
- B2 Floatglas-Scheiben 2015 mm x 2015 mm x 5,9 mm (10 Stck)
- B3 *) Floatglas-Scheiben 1015 mm x 1015 mm x 5,9 mm (3 Stck)

C. Bruchlastermittlung mit Dehnungsmessung an vierseitig auf Gummi gelagerten ESG-Scheiben

- C1 *) ESG-Scheiben 1015 mm x 1015 mm x 5,9 mm (2 Stck)

D. Bruchlastermittlung mit Dehnungsmessung an zweiseitig auf

Gummi gelagerten ESG-Scheiben (rechn. Stützweite = 2. Längenangabe)

D1.1 ESG-Scheiben 943 mm x 1515 mm x 5,8 mm (10 Stck)

D1.2 ESG-Scheiben 1570 mm x 918 mm x 5,9 mm (10 Stck)

D2 ESG-Scheiben 943 mm x 2015 mm x 10 mm (5 Stck)

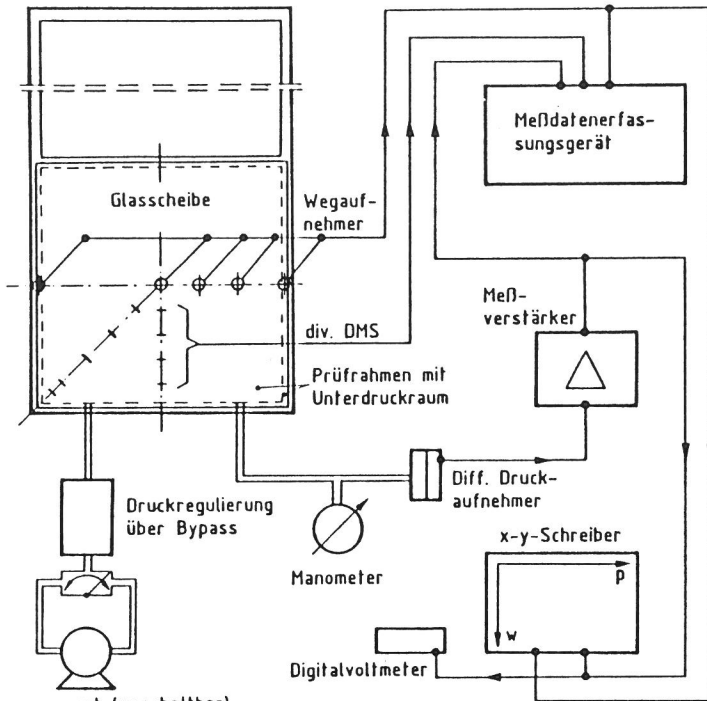
Die mit *) gekennzeichneten Serien wurden mit im Handel gekauften Scheiben durchgeführt. Alle anderen Scheiben waren kostenlos von der Glasindustrie zur Verfügung gestellt worden.

3. Vorbereitende Arbeiten

Die Vorarbeiten für die Durchführung des Vorhabens reichten von der Schaffung von Möglichkeiten für Lagerung, Transport und Vorbereitung der großen Proben bis hin zur Beschaffung von geeigneten Computer-Programmen für die Abschätzung von Verformungen und Beanspruchungen in den zu untersuchenden Scheiben und für die Auswertung und Darstellung der Versuchsergebnisse. Die zunächst wichtigste und aufwendigste Vorarbeit war jedoch die Entwicklung, Herstellung und Erprobung der Prüfeinrichtungen.

3.1 Prüfeinrichtung für vierseitig aufgelagerte Scheiben

Zur Erzeugung einer gleichmäßig verteilten Flächenbelastung bot sich für vierseitig aufzulagernde Scheiben die Unterdruckmethode an. Dabei wird die Probe in einen Prüfraumen mit darunter befindlichem Unterdruckraum (in dem zur Kompensation des Eigengewichts zu Beginn eines Versuchs auch Überdruck erzeugt werden kann) gut abgedichtet eingebaut. Durch Absenken des Druckes im Unterdruckraum wird infolge der Druckdifferenz zwischen Umgebungsluft und Unterdruckraum auf der Scheibe eine gleichmäßige Flächenbelastung erzeugt. Es ist bei dieser Methode möglich, die gesamte Scheibe während der Belastung zu beobachten und Verformungsmessungen an jeder beliebigen Stelle der Oberfläche vorzunehmen. Ein weiterer Vorteil ist die relativ einfach herzustellende Abdichtung der Scheibe gegenüber dem Rahmen mittels Klebebandstreifen (Bewegungsbehinderungen am Scheibenrand wurden durch Schlaufen im Dichtungsmaterial vermieden). Die Konstruktion erlaubt die Prüfung unterschiedlicher Scheibenformate. Durch Abschottungen im Unterdruckraum und durch die Verwendung unterschiedlicher Auflagerrahmen ist die Belastung von Scheiben der Größe 0,5 m x 1,0 m bis 2,0 m x 3,0 m möglich. Der Rahmen erlaubt die Verwendung beliebiger Materialien für die unmittelbare Auflagerung der Scheiben. Normalerweise erfolgte die Auflagerung auf Gummizwischenlagen (Shore-A-Härte 45) von 4 mm Dicke. Das Aufbiegen der Scheibenecken bei einer Belastung kann durch winkelförmige Druckstücke, die durch drei Schrauben justierbar sind, verhindert werden. Eine Prinzipskizze der gesamten Belastungs- und Meßeinrichtung und Detailzeichnungen zu Prüfraumen und Unterdruckraum für die vierseitig aufgelagerten Scheiben zeigen die Bilder 1 und 2.



Pumpenaggregat (umschaltbar) für Über- bzw. Unterdruck

Bild 1
Prinzip der Belastungs- und Meßeinrichtung zur Prüfung großformatiger Glasscheiben

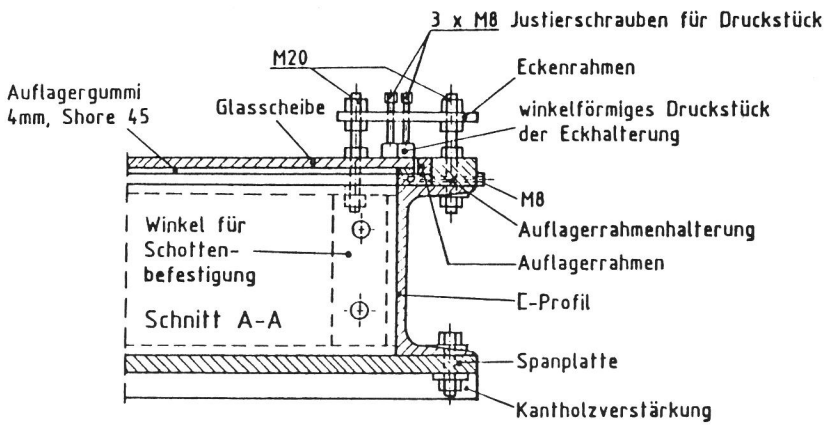
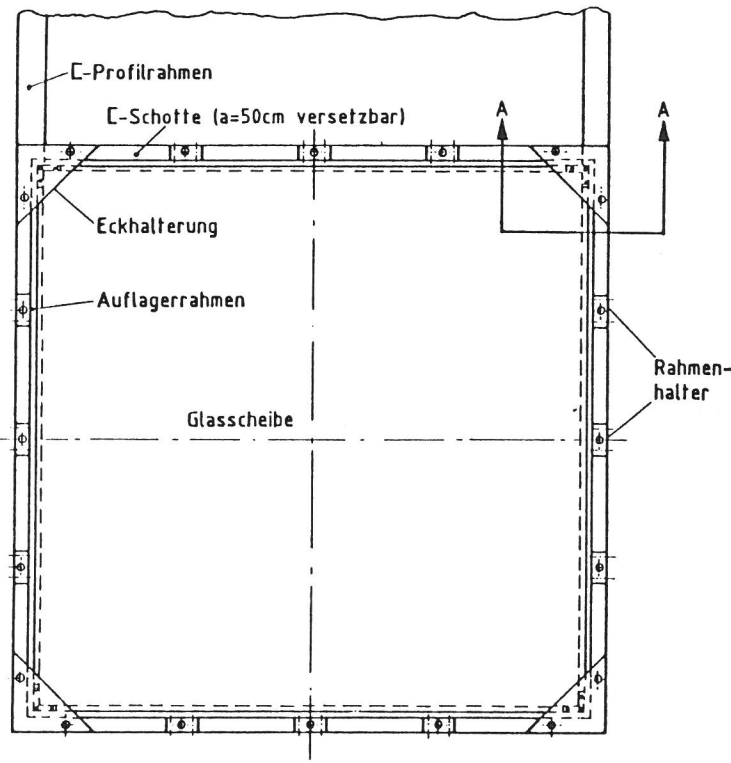


Bild 2
Konstruktiver Aufbau der Belastungseinrichtung für vierseitig aufgelagerte Glasscheiben bis 2 m x 3 m Größe

3.2 Prüfeinrichtung für zweiseitig aufgelagerte Scheiben

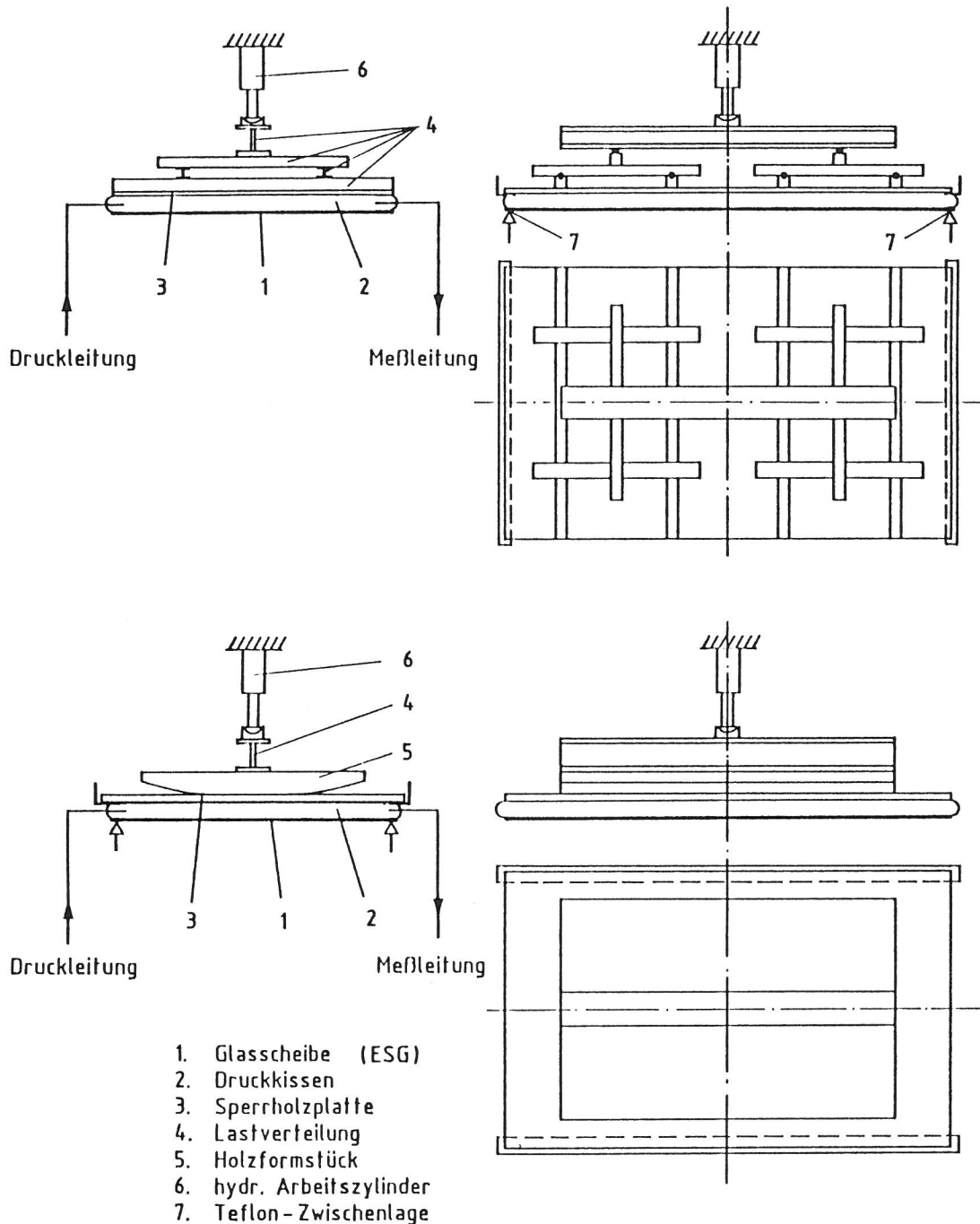
ESG-Scheiben wurden nur zweiseitig (an zwei gegenüberliegenden Kanten) aufgelagert bis zum Bruch belastet. Wegen der enormen Durchbiegungen dieser Scheiben konnte die Unterdruckmethode nicht mehr angewendet werden. Zur Erzeugung der Flächenlasten wurden daher Luftkissen eingesetzt. Da die großen Durchbiegungen der Glasplatten jedoch auch Kissendeformationen und damit Probleme bei der Lasteinleitung verursachten, mußten zur Gewährleistung gleichmäßig verteilter Flächenlasten aufwendige Zusatzmaßnahmen getroffen werden: Es wurden relativ flache Luftkissen mit einem flexiblen Kissenwiderlager eingesetzt. Das Kissenwiderlager bestand aus einer biegsamen Platte, die etwa die Steifigkeit der zu prüfenden Glasscheiben besaß und während der Belastung in gleicher Weise wie die Scheibe verformt wurde.

Ein besonderes versuchstechnisches Problem stellten noch die unterschiedlich großen Gleitwege der Scheiben auf den beiden Auflagern bei größeren Durchbiegungen dar. Deshalb mußten Teflon-Folien zwischen Gummi-Auflager und Glasscheiben angeordnet werden. Dadurch wurden zwar die Auflagerbedingungen gegenüber denen der praktischen Anwendung erheblich verändert, da die Scheiben aber nur im mittleren Bereich zwischen den gestützten Rändern durch hohe Zugspannungen belastet wurden und auch nur dort zu Bruch gingen, hatte diese Maßnahme kaum Einfluß auf die Höhe der bruchauslösenden Spannungen. Die Bilder 3 und 4 zeigen Prinzipskizzen dieser Prüfmethode.

3.3 Computer-Programme für Berechnung und Auswertung

Für die rechnerische Abschätzung von Verformungen und Beanspruchungen, vor allem der zu untersuchenden vierseitig gestützten Scheiben, wurde ein bereits früher entwickeltes Programm erweitert und auf die Belange dieses Vorhabens zugeschnitten. Es handelt sich dabei um ein Iterationsprogramm, welches in Anlehnung an die von K. Egnér aufgezeigte Berechnung mit Hilfe der Differenzenrechnung erstellt worden war. Grundlage sind die partiellen Differentialgleichungen für Platten mit großen Verformungen nach der Theorie von v. Karman. Darin wird eine freidrehbare, aber unnachgiebige Lagerung der Plattenränder vorausgesetzt. Dies trifft bei der Mehrzahl der hier untersuchten Scheiben, die gummielastisch gelagert werden, nicht zu, so daß die mit o. a. Rechenprogramm gefundenen Ergebnisse nur als Näherungen anzusehen sind.

Weiterhin wurde ein EDV-Programm erarbeitet, das es ermöglicht, die Vielzahl der von der Vielstellenmeßanlage während der Versuche gemessenen und registrierten Daten sehr schnell zu bearbeiten und in Tabellen und Zeichnungen darzustellen.



Bilder 3 und 4
 Prüfung zweiseitig aufgelagerter ESG-Scheiben mittels Luftkissen
 und flexiblem Kissenwiderlager
 oben: Kurze Seiten aufgelagert (große Stützweite)
 unten: Lange Seiten aufgelagert (kleine Stützweite)

3.4 Weitere Vorbereitungen

Für die Bestimmung der Dicke im mittleren Bereich der großen Glasscheiben waren die vorhandenen Meßgeräte nicht geeignet, so daß ein Dickenmeßgerät für Scheiben bis zu 2 m Breite entwickelt werden mußte. Nach Voruntersuchungen mit verschiedenen Meßverfahren (Induktion, Ultraschall, Meßuhr) wurde in den eigenen Werkstätten ein Tastgerät mit Meßuhr gebaut, das auf der Kante der aufrecht stehenden Glasscheibe verfahren werden kann und so eine relativ einfache und ausreichend genaue systematische Dickenmessung erlaubt (s. Bild 5).

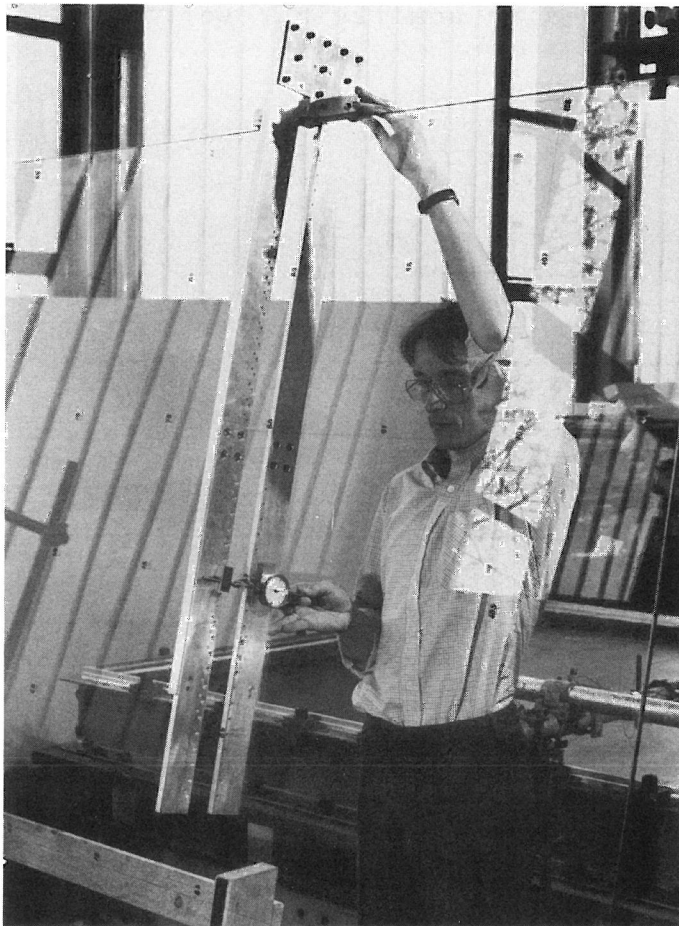


Bild 5
Dickenmessung an einer
2,0 m x 3,0 m großen
Scheibe

Weiterhin war noch eine ganze Reihe größerer und kleinerer Probleme im Zusammenhang mit der Probenvorbereitung und Versuchsdurchführung zu lösen. Hier nur einige Stichworte: Bestimmung von Bad- bzw. Luftseiten der Scheiben, Kleben von DMS, Belastungsregelung, Splitterschutz, Aufnahme von Bruchbildern. Von großem Vorteil, vor allem für die Darstellung der Versuchsergebnisse, hat sich die Schaffung eines einheitlichen Systems für die Kurzbezeichnung von Meßgrößen der Platten erwiesen.

4. Durchführung der Versuche

Bei allen Versuchen war die Vorbereitung der Proben gleich: Nach der Feststellung der Luft- bzw. Badseite mittels UV-Licht sowie dem Wiegen, Vermessen, Säubern und Anzeichnen der Scheiben wurden diese auf ihrer der Belastung zugewandten Seite mit einer Folie, die dem Splitterschutz und der Konservierung der Bruchfigur diente, beklebt. Dann wurden die DMS (Einzelstreifen oder Rosetten) appliziert, verdrahtet und überprüft, und danach erfolgte der Einbau in die Prüfapparatur (vgl. 3.2 bzw. 3.3) mit dem Ansetzen der Wegaufnehmer für Durchbiegungsmessungen. Bild 6 zeigt eine vierseitig gelagerte Scheibe unmittelbar vor Versuchsbeginn.

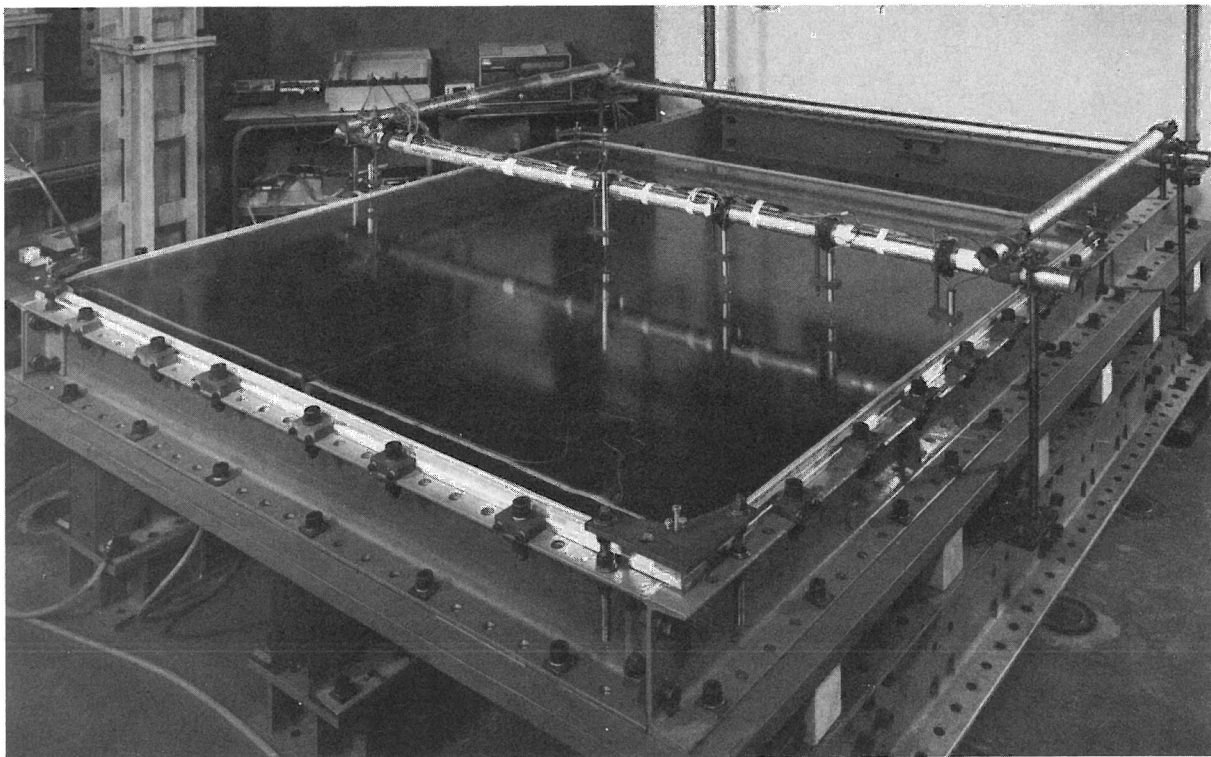


Bild 6
Floatglasscheibe 2 m x 2 m, vierseitig aufgelagert, mit DMS, Randabdichtung, Eckenfixierung, Wegaufnehmern und Schutzfolie in der Prüfapparatur

Bei den vierseitig aufgelagerten Scheiben erhöhte man zunächst den Druck im "Unterdruckraum", bis das Eigengewicht der Scheibe kompensiert war, die Scheibe gleichsam schwebte, um eine "Nullablesung" aller Meßwertaufnehmer vorzunehmen. Bei den zweiseitig aufgelagerten Scheiben war das nicht möglich, da wurde die erste Ablesung bei Belastung durch das Eigengewicht der Probe vorgenommen und die "Nullablesung" später bei der Auswertung rechnerisch extrapoliert.

Bei vierseitig gelagerten Scheiben wurden ggf. unmittelbar nach der "Nullablesung" die Eckpunkte der Scheiben am Auflagergummi lose anliegend fixiert. Dann wurde die Belastung kontinuierlich bis zu der vorgesehenen Größe oder bis zum Bruch der Probe gesteigert. Die Flächendruck-Zeit-Kurve hatte in fast allen Versuchen mit guter Näherung die Form einer Geraden. In der folgenden Tabelle sind die Durchschnittswerte der Belastungsgeschwindigkeiten für die bis zum Bruch beanspruchten Proben zusammengestellt.

Versuchsserie	Flächenlast kPa/min	max. Zugspannung N/mm ² /min	Versuchsdauer min
Floatglas 1 m x 2 m x 6 mm	5	9	2
Floatglas 2 m x 2 m x 6 mm	1	18	5
ESG 1 m x 2 m x 10 mm	0,8	26	5
ESG 0,9 m x 1,5 m x 6 mm	0,5	25	4
ESG 1,5 m x 0,9 m x 6 mm	6	100	2

Während der Belastung wurden alle Meßwertaufnehmer (Druck, Wege, DMS) in festen, vom Flächendruck abhängigen Intervallen von der Vielstellenmeßanlage "abgefragt". Die Abfragegeschwindigkeit der Anlage war so groß, daß eine Unterbrechung der Laststeigerung nicht erforderlich war. Sämtliche Meßwerte wurden auf Bandkassette abgespeichert. Zur Kontrolle des Versuchsablaufes zeichnete ein x-y-Schreiber mindestens eine Meßgröße (meistens die Mittendurchbiegung) in Abhängigkeit von der Belastung (Druck) auf. Die Höhe der Bruchbelastung wurde von einem Digitalvoltmeter mit Extremwertspeicherung festgehalten (vgl. Bild 1).

Bei Versuchen bis zum Bruch der Proben erfolgten dann noch die Aufnahme der Bruchfigur (Foto) und die Vermessung der Lage der Bruchausgangspunkte. Die Bilder 7 bis 9 zeigen Aufnahmen der Prüfeinrichtungen für die drei unterschiedlichen Prüfungsarten (vgl. auch die Bilder 2, 3 und 4). Bild 10 vermittelt einen Eindruck von der großen Verformungsfähigkeit einer ESG-Scheibe. Unmittelbar nach Versuchsende wurden die Meßdaten in die Recheneinrichtung übertragen und konnten dann mit Hilfe des Auswerteprogramms sehr schnell bearbeitet und in Form von Tabellen und Kurven dargestellt werden.

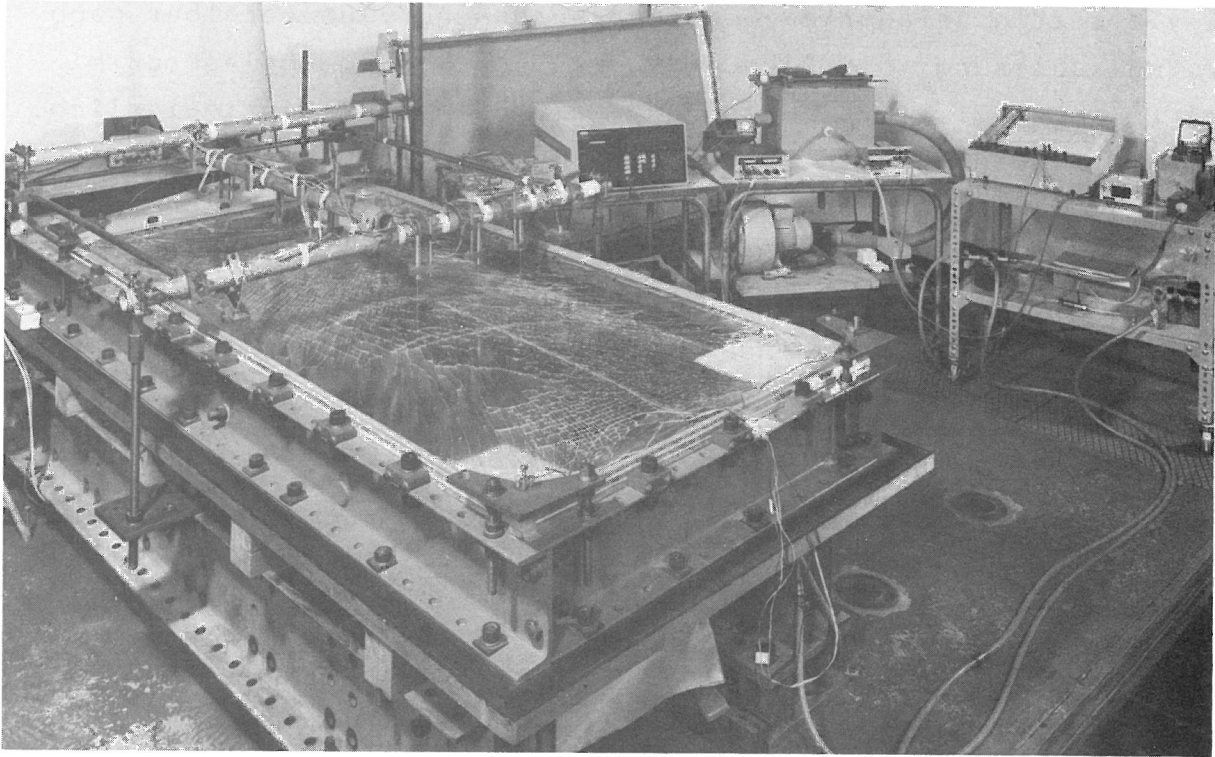


Bild 7
Prüfeinrichtung für vierseitig aufgelagerte Scheiben (Unterdruckmethode)

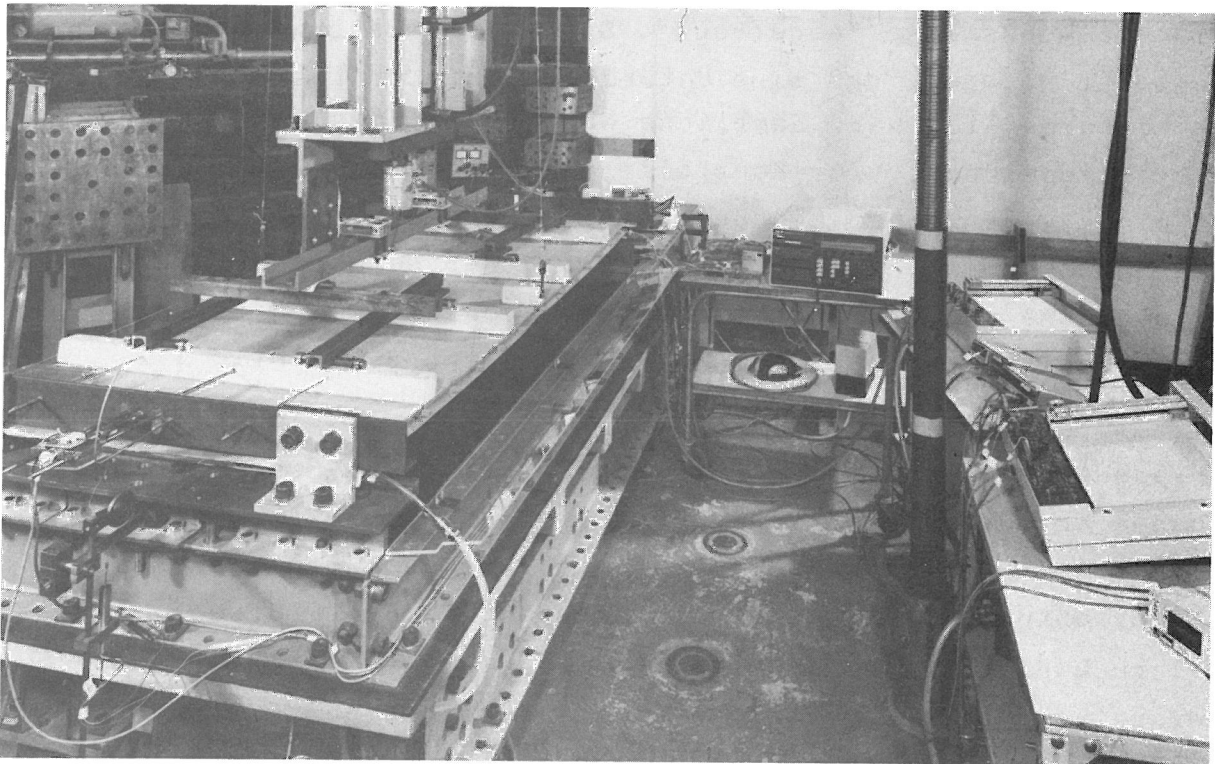


Bild 8
Prüfeinrichtung für zweiseitig aufgelagerte Scheiben (Luftkissen mit flexiblem Widerlager, große Stützweite)

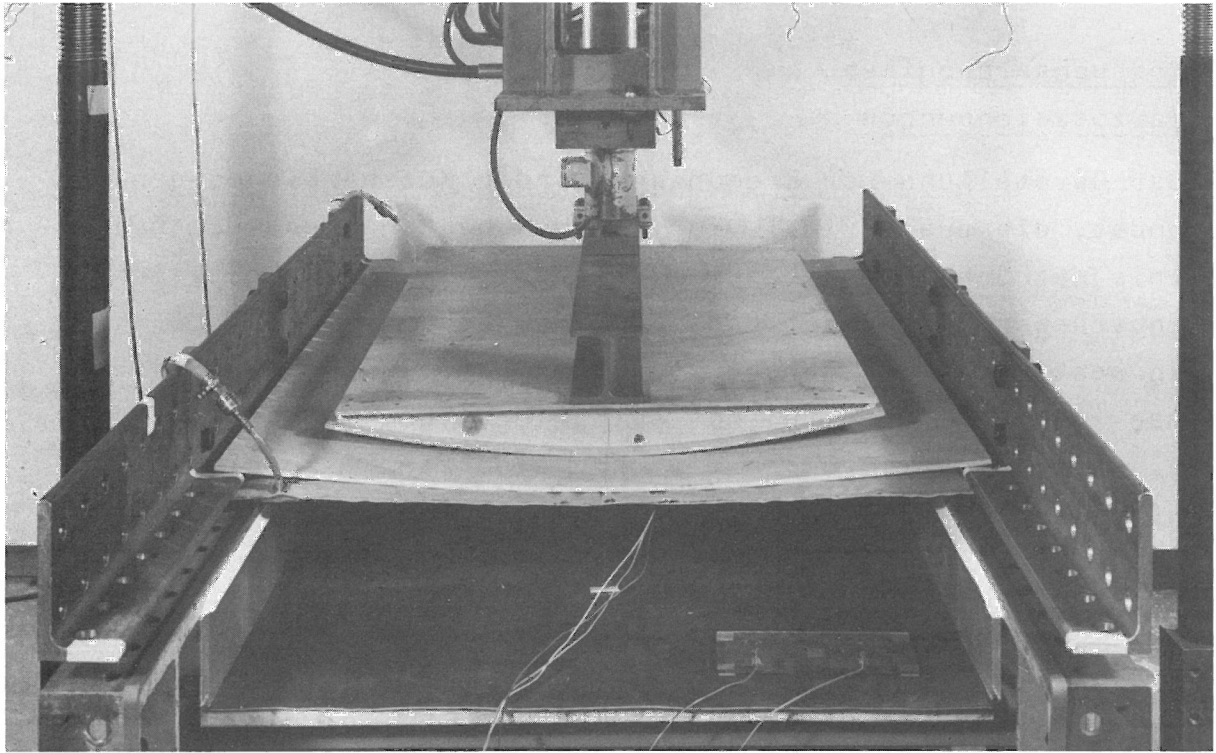


Bild 9
Prüfeinrichtung für zweiseitig aufgelagerte Scheiben (Luftkissen mit flexiblem Widerlager, kleine Stützweite)

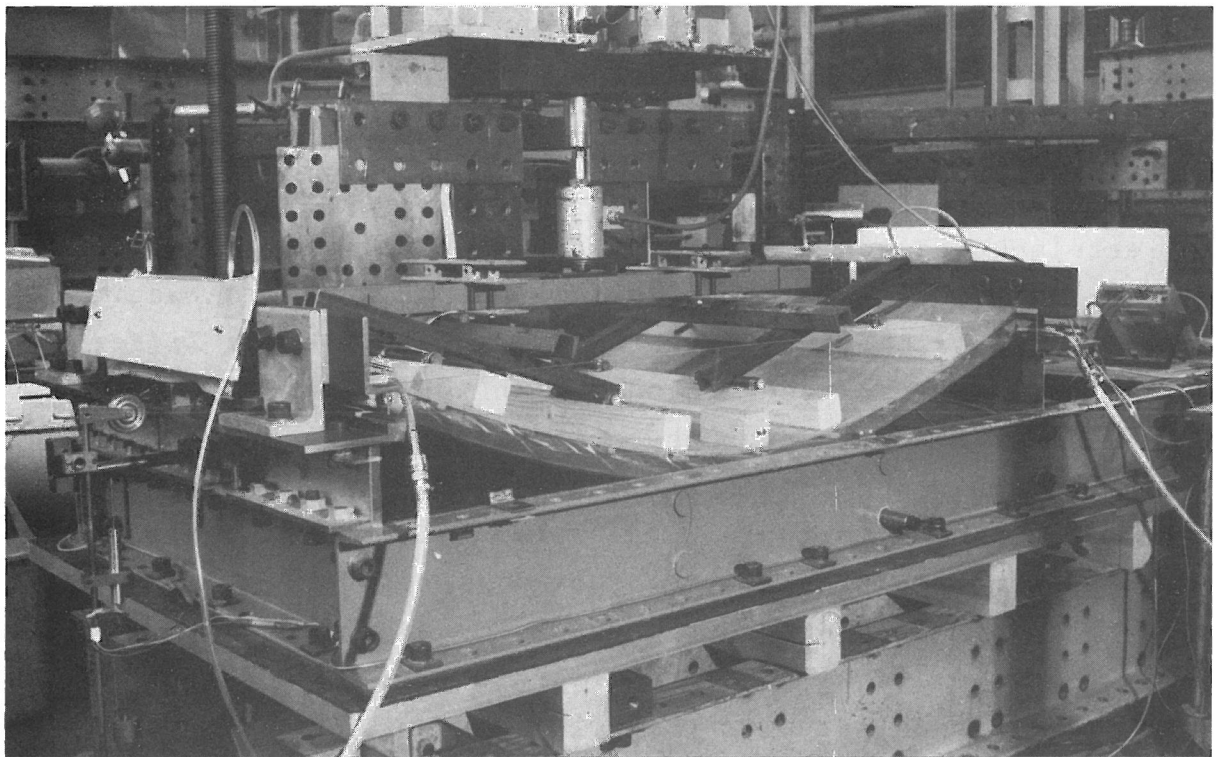


Bild 10
ESG-Scheibe 943 mm x 1515 mm x 5,9 mm während des Versuchs unmittelbar vor Erreichen der Bruchlast (Durchbiegung ca. 190 mm bei 3 kPa Flächenbelastung)

5. Versuchsergebnisse

5.1 Kurzbezeichnungen

Bei der Darstellung der Ergebnisse werden Kurzbezeichnungen verwendet, die aus maximal vier Zeichen bestehen und die bei Kenntnis der Scheibenabmessungen und ggf. einiger zusätzlicher Vereinbarungen die betreffende Meßgröße nach Art und Lage eindeutig bestimmen: Das Achsenkreuz (x-Achse || kürzerer Seite, y-Achse || längerer Seite) hat seinen Ursprung in der Scheibenmitte. Aus Symmetriegründen wird nur eine Viertelscheibe betrachtet.

Das erste Zeichen ist ein Buchstabe und bedeutet:

W = Weg, Durchbiegung

H = Hauptspannung (größere), bestimmt aus DMS-Messungen

K = Hauptspannung (kleinere), bestimmt aus DMS-Messungen

X = Dehnung aus Einzel-DMS in x-Richtung

Y = Dehnung aus Einzel-DMS in y-Richtung

D = Dehnung aus Einzel-DMS in Richtung der Winkelhalbierenden im Eckbereich der Scheibe (45° gegen die x-Achse)

G = Dehnung aus Einzel-DMS senkrecht zur Winkelhalbierenden im Eckbereich der Scheibe (135° gegen die x-Achse)

Die folgenden zwei bis drei Zeichen dienen der Ortsbestimmung: Die Viertelscheibe vom 0-Punkt bis zur theoretischen Auflagerlinie bzw. bis zum Rand ist in x-Richtung und in y-Richtung jeweils in 10 gleiche Abschnitte unterteilt. Die erste Ziffer gibt die Anzahl der ganzen Abschnitte in x-Richtung, die zweite Ziffer die Anzahl der ganzen Abschnitte in y-Richtung (jeweils vom Scheibenmittelpunkt gerechnet) bis zu der betrachteten Stelle an. Eine Ausnahme bildet die Rand- bzw. Auflagerlinie, hier wird als zweites bzw. drittes Zeichen ein "R" angegeben. Fällt eine Stelle mit einem Kreuzungspunkt zweier Rasterlinien (Unterteilungen) zusammen, so wird kein 4. Zeichen benötigt, solange man sich auf der der Belastung abgewandten ("Zug-")Seite der Platte befindet. Liegt diese Stelle auf der belasteten Seite ("oben"), so ist zur Unterscheidung an der 4. Stelle der Kurzbezeichnung ein "0" zu setzen.

Stellen der Scheibenoberfläche, die nicht mit Kreuzungspunkten zusammenfallen, werden mit Hilfe des 4. Zeichens der Kurzbezeichnung besonders vereinbart. Dieses 4. Zeichen darf kein "0"

sein. Die Vereinbarungen werden in einer Skizze, in der die Lage der betreffenden Punkte bezüglich des Rasters angegeben ist, festgelegt und gelten sinngemäß in allen anderen Rasterteilflächen.

In Bild 11 ist eine Viertelscheibe dargestellt, in die zur Erläuterung einige Kurzbezeichnungen eingetragen sind. (Bei Hauptspannungen sind die Richtungen der DMS, aus deren Meßwerten diese Spannungen ermittelt wurden, angegeben.) Die dazugehörige Vereinbarung für nicht auf Schnittpunkte von Rasterlinien fallende Stellen ist in Bild 12 zu finden.

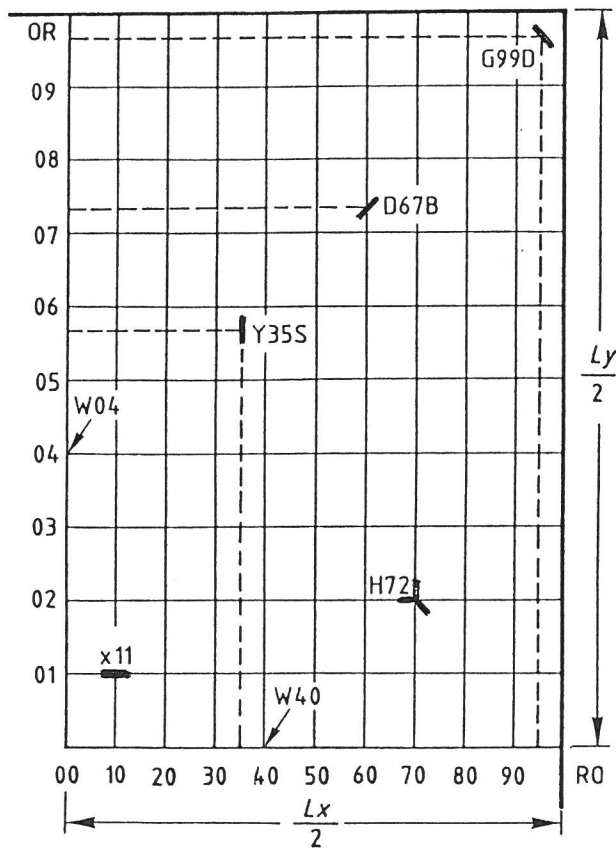


Bild 11
Erläuterung der Kurzbezeichnungen für Meßgrößen. In der durch Rasterlinien unterteilten Viertelscheibe sind verschiedene Meßgrößen entsprechend ihrer Lage und Richtung eingetragen (s. a. Bild 12)

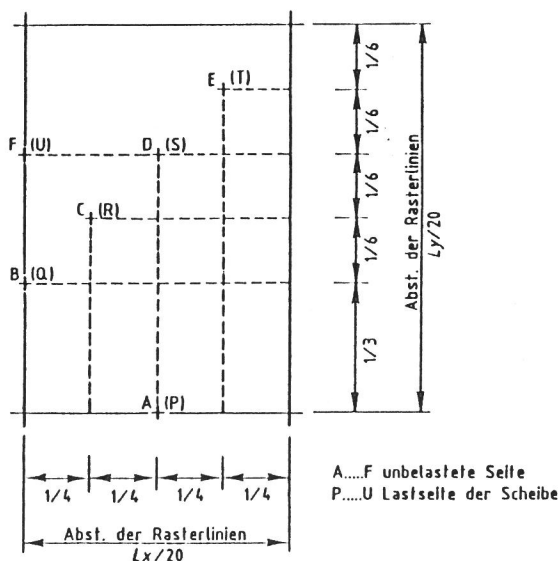


Bild 12
Von Rasterlinien begrenzte Teilfläche mit Vereinbarungen für die 4. Zeichen der Kurzbezeichnungen (Beispiel)

5.2 Ergebnisse der Vorversuche

In den Vorversuchen wurden hauptsächlich die Versuchstechnik ausprobiert und der Einfluß bestimmter Randbedingungen auf das Tragverhalten der Scheiben untersucht. Darüber hinaus haben die Ergebnisse und Erkenntnisse aus Voruntersuchungen ein gezieltes Vorgehen bei den Hauptversuchsserien und eine Verringerung des Aufwandes bei diesen Prüfungen ermöglicht.

Eine der wichtigsten Untersuchungen in diesem Zusammenhang war die Überprüfung, ob die für die Versuche an vierseitig gelagerten Scheiben vorgesehene einfache Auflagerung mit niedergehaltenen Ecken auch den Bedingungen der Praxis entsprach. Aus diesem Grund wurden an einer 1 m x 2 m großen und 6 mm dicken ESG-Scheibe mehrere Belastungsversuche durchgeführt:

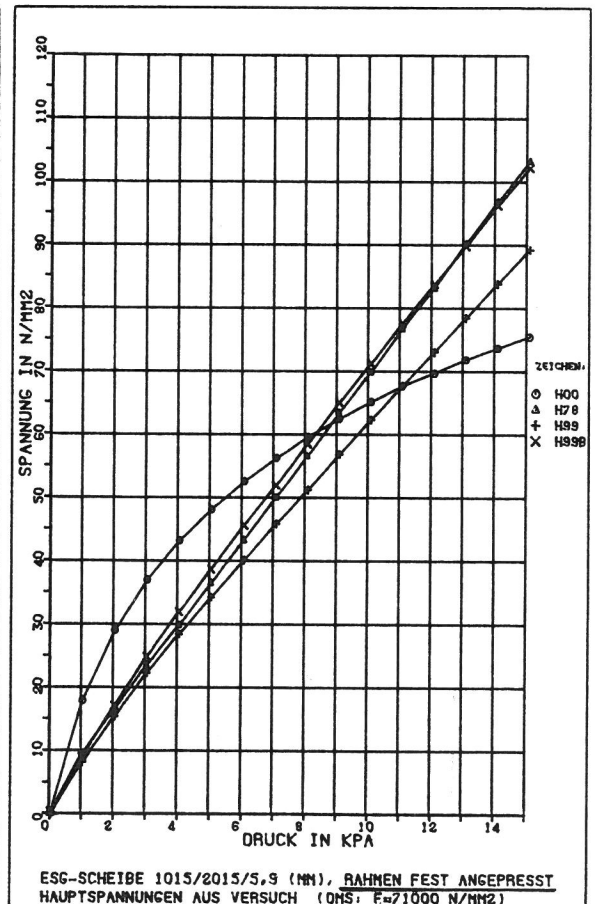
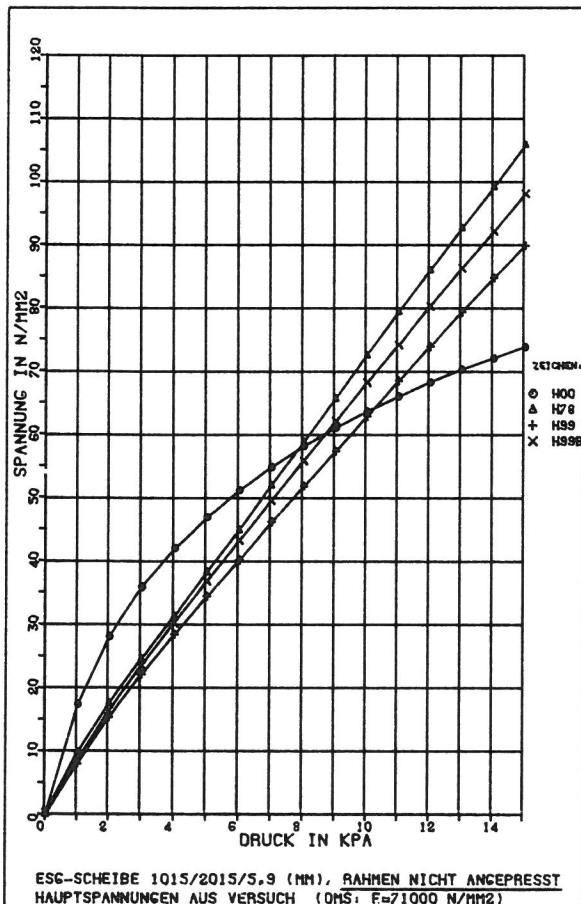
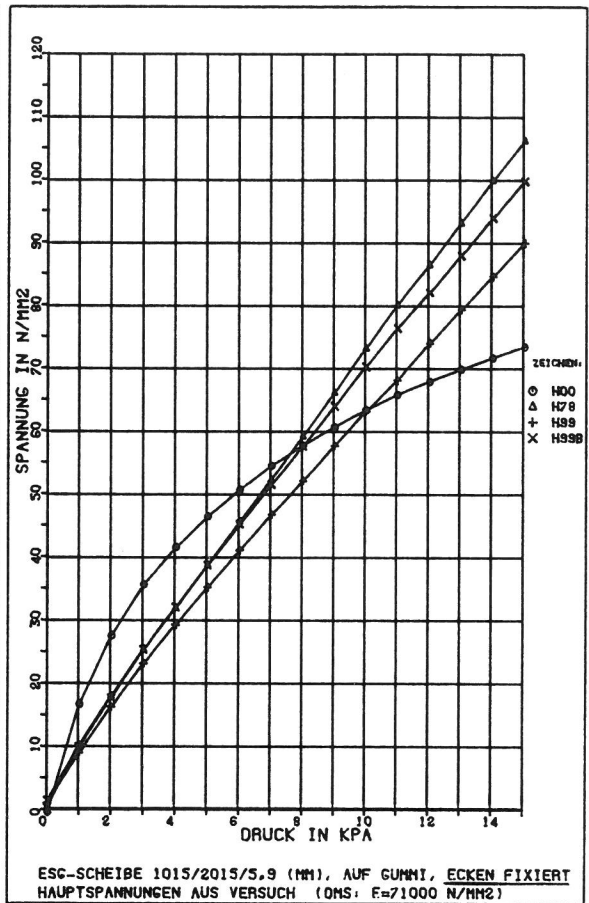
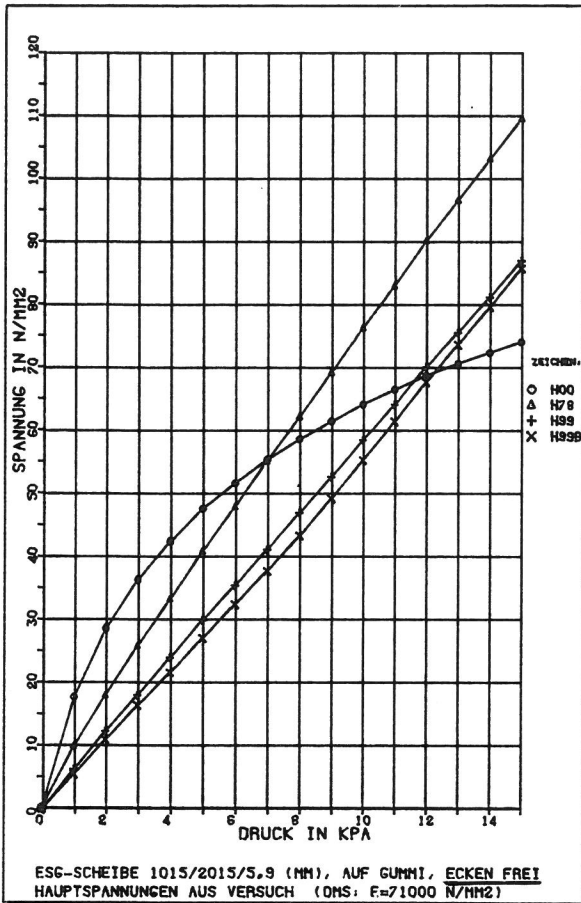
1. Scheibe rundum frei auf Gummi gelagert (Ecken frei)
2. Scheibe rundum frei auf Gummi gelagert (Ecken fixiert)
3. Scheibe rundum zwischen Gummi und lose aufgesetztem, aber unverschieblichem Rahmen gelagert
4. Scheibe rundum zwischen Gummi und fest angepreßtem unverschieblichem Rahmen gelagert.

Es zeigte sich, daß die Art der Auflagerung in Scheibenmitte nur geringen, in den ecknahen Bereichen jedoch erheblichen Einfluß auf die Größe der Spannungen hat.

Die höchsten Spannungswerte wurden an der Stelle 78 der völlig frei aufgelagerten Scheibe (1.) gemessen. Auch lieferte diese Scheibe erwartungsgemäß die kleinsten Spannungswerte in der Nähe der Ecken.

Die Unterschiede zwischen den Spannungen der beiden in einem doppelten Rahmen gelagerten Scheiben (3. u. 4.) fielen geringer aus, als es zunächst erwartet worden war.

Für die Durchführung der Versuchsserien mit vierseitiger Auflagerung der Scheiben war die Lagerung nach (2.) vorgesehen. Entsprechend (1.) gelagerte Scheiben sind in der Praxis kaum anzutreffen. Umfangsgelagerte Scheiben werden normalerweise so ausgeführt, daß die Ränder von beiden Seiten festgehalten werden. Daher ist hier ein Vergleich der Ergebnisse der Lagerungsart (2.) mit den Ergebnissen der Lagerungsarten (3.) und (4.) besonders interessant. Die Bilder 13 bis 16 zeigen die bei diesen Versuchen gefundenen Hauptzugspannungen an vier Scheibenpunkten in Abhängigkeit von der Flächenbelastung. Es ist zu erkennen,



Bilder 13 bis 16

Hauptzugspannungen an vier Stellen einer vierseitig auf Gummi gelagerten ESG-Scheibe bei unterschiedlicher Ausbildung der Auflagerung

daß die Kurven der Lagerungsart (2.) (Diagramm oben rechts) sehr gut die Kurven der Lagerungsarten (3.) und (4.) (untere Diagramme) abdecken, und daß die Unterschiede in den Spannungsgrößtwerten mit Rücksicht auf die Streuung der Ergebnisse unbedeutend sind.

Auf Grund dieser Untersuchung ist u. E. die versuchsmäßig weniger aufwendige und besser reproduzierbare freie Auflagerung mit fixierten Eckpunkten auch sinnvoll: Sie entspricht etwa den beiden in der Praxis anzutreffenden extremalen Lagerungsbedingungen und auch den normalerweise in den Berechnungen angenommenen Randbedingungen.

Weiterhin wurde bereits bei den Vorversuchen gefunden, daß die Ergebnisse der Berechnungen nach dem Differenzenverfahren (vgl. 3.3) in Bezug auf die Durchbiegungen gut mit den Werten der Belastungsversuche übereinstimmen. Bei den Hauptspannungen gab es dagegen z. T. deutliche Abweichungen. So wurden in den ecknahen Bereichen der 1 m x 2 m großen und 6 mm dicken Scheiben Unterschiede bis zu etwa 8 % zwischen Versuchs- und Rechnungsergebnissen gefunden. Das Bild 17 zeigt die rechnerisch ermittelten Hauptspannungen für die vier Punkte der weiter oben gegenübergestellten Diagramme.

Die Abweichungen sind nicht dadurch erklärbar, daß die Voraussetzungen bezüglich der Lagerung (gummielastisch statt starr) nicht stimmen, denn in einer weiteren Versuchsserie, die bei den Hauptversuchen noch beschrieben wird, wurden die Scheiben auf Messinggrundprofilen aufgelagert und lieferten teilweise noch stärker abweichende Ergebnisse (vgl. Seite 81 des Anhangs). Bei einer großen Scheibe von 6 m² Fläche (2 m x 3 m), deren Form allerdings bereits merklich von einer Ebene abwich, wurden für Spannungen in den ecknahen Bereichen sogar Unterschiede zur Rechnung bis zu 30 % gefunden.

Für qualitative Vergleiche und vor allem für die Abschätzung von Spannungen sind die Ergebnisse der Differenzenrechnung u. E. jedoch sehr gut zu verwenden, wenn gleichzeitig Versuchsergebnisse zur Verfügung stehen, mit deren Hilfe eine Kalibrierung der Rechenwerte in den betrachteten Bereichen vorgenommen werden kann. Bei den Versuchen, die später bis zum Bruch der Scheiben gefahren wurden, ist zur Abschätzung der Spannungsmaxima vielfach in dieser Weise verfahren worden.

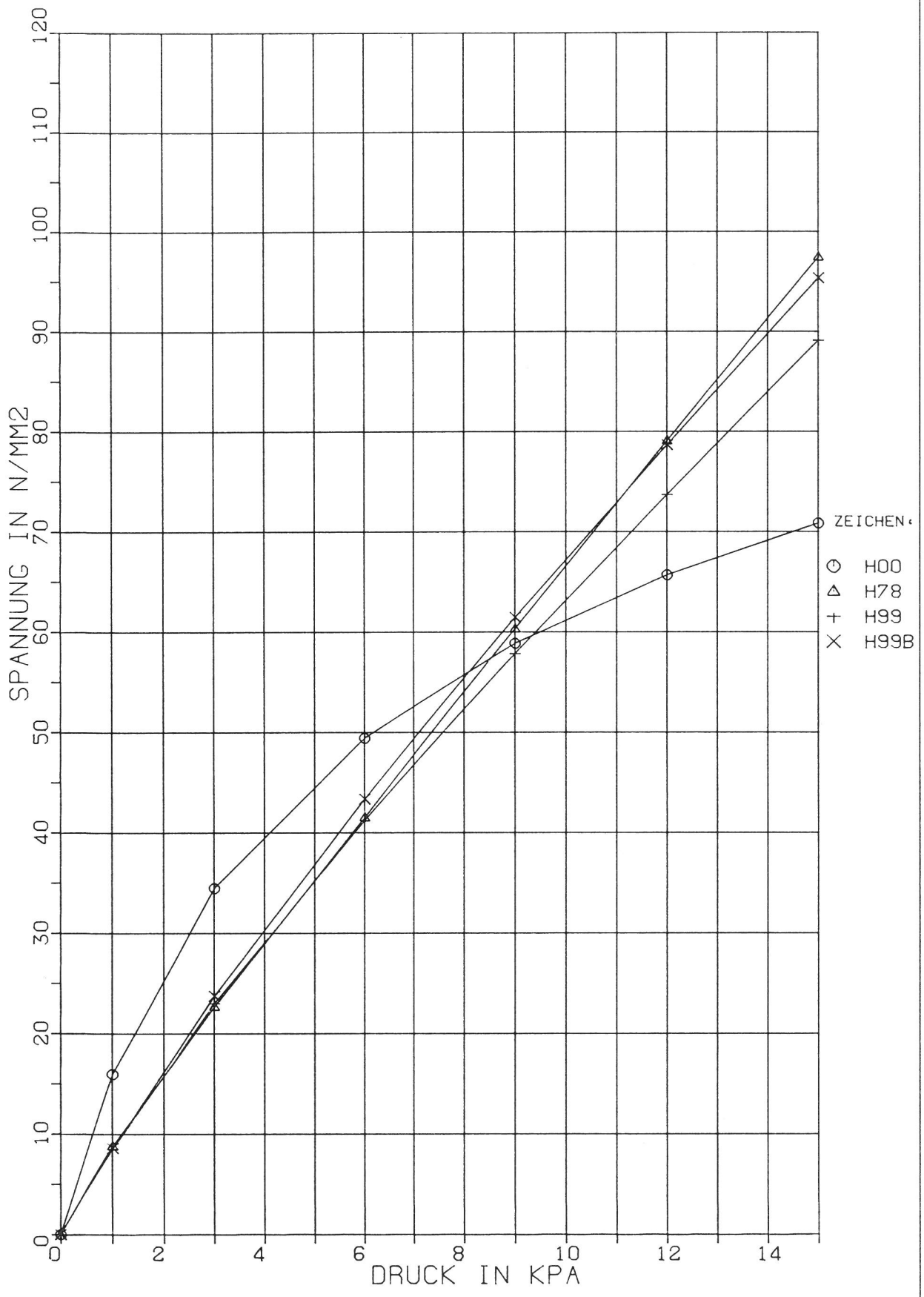


Bild 17

ESG-SCHEIBE 1015/2015/5,9 (MM), ECKEN FIXIERT
 HAUPTSPANNUNGEN AUS RECHNUNG (DIFF.-VERF., E=71000 N/MM2)

5.3 Durchbiegungs- und Dehnungsuntersuchungen an vierseitig aufgelagerten Scheiben

Die Ermittlung von Dehnungen und Spannungen erfolgte stets über Dehnungsmessungen mittels auf der Glasoberfläche aufgeklebter DMS. Verwendet wurden Folien-DMS in Form von Einzelstreifen (Meßgitterlänge 6 mm) und Rosetten ($0^\circ/45^\circ/90^\circ$, Durchmesser 10 mm, Meßgitterlänge 3,85 mm). Bild 18 zeigt die Anordnung und teilweise Verdrahtung von DMS für Dehnungsuntersuchungen an einer ESG-Scheibe.

Normalerweise wurden DMS-Rosetten verwendet, da sich aus deren Meßwerten, wie im folgenden beschrieben, die Hauptdehnungen und damit auch die Hauptspannungen errechnen lassen. Neben den DMS-Rosetten wurden vielfach noch Einzel-DMS in Richtung der Hauptdehnungsrichtungen (Rand, in Richtung von Symmetrieachsen oder senkrecht dazu) angeordnet. Spannungen können aus den Messungen dieser Einzelstreifen bestimmt werden, wenn die senkrecht zur Meßrichtung des DMS wirkende Hauptspannung oder Hauptdehnung bekannt ist. Andernfalls kann nur die betreffende Hauptdehnung angegeben werden.

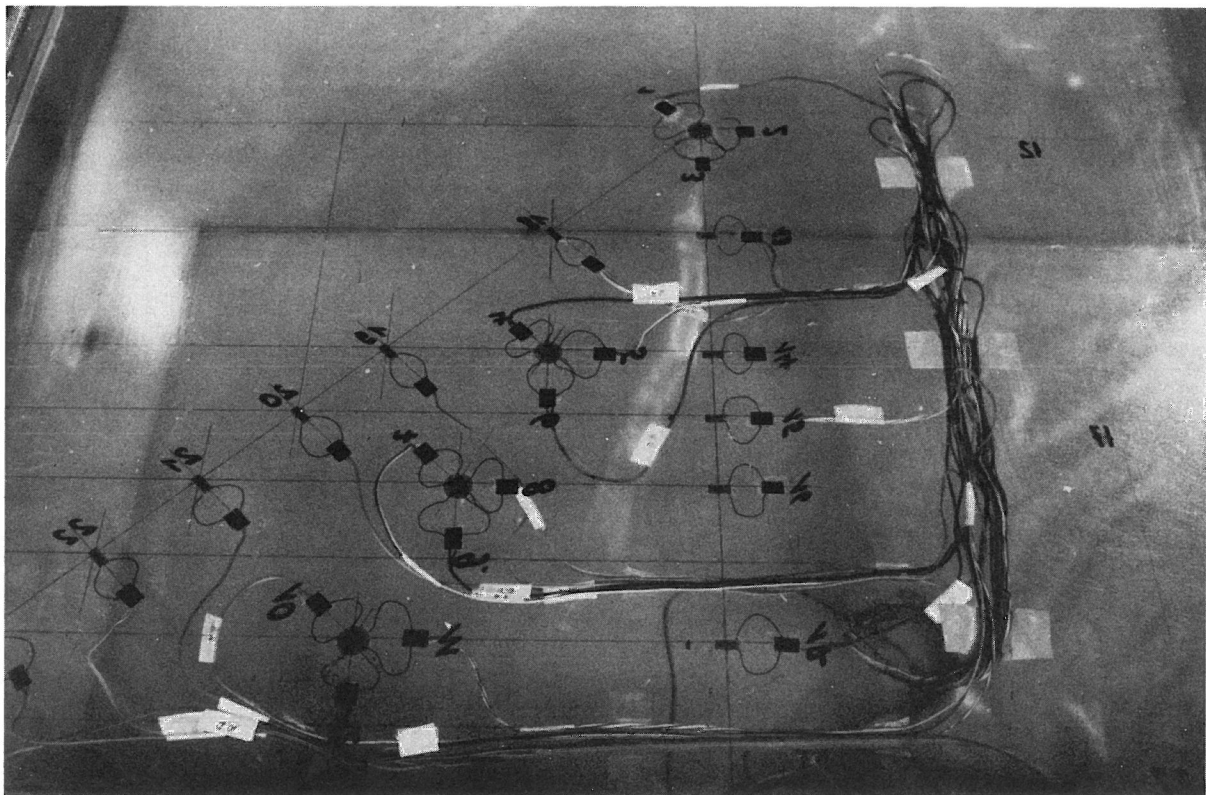


Bild 18
Anordnung von Dehnungsmeßstreifen für Spannungsuntersuchungen an einer ESG-Scheibe

Für die Errechnung der Spannungen aus den Dehnungen wurde für ESG ein E-Modul von 71 000 N/mm² und für Floatglas ein E-Modul von 74 000 N/mm² angenommen. Hauptzugspannungen können aus den drei Einzelmessungen der Rosetten bestimmt werden:

Sind ϵ_x , ϵ_y und ϵ_D die drei aus Meßwerten einer DMS-Rosette ermittelten Dehnungen (die Richtung von ϵ_D ist um 45° gegen die x-Achse geneigt), so berechnen sich die Hauptdehnungen zu:

$$\epsilon_{I,II} = \frac{\epsilon_x + \epsilon_y}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{\epsilon_x - \epsilon_y}{2}\right)^2 + \left(\epsilon_D - \frac{\epsilon_x + \epsilon_y}{2}\right)^2}$$

Die Hauptspannungen ergeben sich dann zu:

$$\sigma_I = \frac{E}{1-\mu^2} (\epsilon_I + \mu \cdot \epsilon_{II})$$

$$\sigma_{II} = \frac{E}{1-\mu^2} (\epsilon_{II} + \mu \cdot \epsilon_I)$$

Da für die Tragfähigkeit des Glases nur die Zugspannungen interessant sind, wird stets die größere der beiden Hauptspannungen ermittelt. Sind Spannungen mehrfach (in verschiedenen Versuchen) unter gleichen Bedingungen bestimmt worden und weichen diese etwas voneinander ab, so wird in diesem Bericht immer die Meßreihe mit den größten (ungünstigsten) Werten angegeben.

Dehnungs- bzw. Spannungsuntersuchungen erfolgten stets an ESG-Scheiben, da diese höher belastbar und weniger bruchempfindlich sind als Floatglasscheiben. Bei den Versuchen wurden die Scheiben mehrfach belastet und in der Prüfapparatur auch gewendet und dann von der anderen Seite ebenfalls belastet. Die Auflagerung der Scheiben erfolgte normalerweise auf 15 mm breiten Gummistreifen. Das theoretische Auflager wird in der Mitte dieser Streifen angenommen. Bei der Auflagerung auf Messing wird die Berührungslinie zwischen Glas und Messinggrundmaterial im unbelasteten Zustand als Auflager angenommen. Da die Scheiben nicht absolut eben, sondern mehr oder weniger schüsselförmig waren, wurde gelegentlich ein regelrechtes "Durchschlagen" (Beulen) im Bereich kleiner Flächenlasten beobachtet. Dieser Effekt ist auch bei einigen Belastungs-Spannungs-Kurven deutlich zu erkennen. Die Abweichungen in der Geometrie der Scheiben sind u. E. in starkem Maße mit verantwortlich für Unterschiede zwischen errechneten und gemessenen Spannungen und sind auch eine der Hauptursachen für unterschiedliche Ergebnisse bei sonst gleichartigen Versuchen.

Bei Größenangaben der Scheiben ist stets die theoretische Stützweite (von Auflagermitte zu Auflagermitte) gemeint. Nur bei nicht unterstützten Rändern stimmt die Angabe mit der äußeren Abmessung der Scheibe überein.

5.3.1 ESG-Scheibe 1015 mm x 1015 mm x 5,9 mm (Versuchsserie A1)

Die für diese Versuchsserie benutzte Scheibe war nicht wie die anderen Scheiben der A-Serien von der Glasindustrie zur Verfügung gestellt, sondern bereits für Voruntersuchungen im Handel gekauft worden. Die Belastung der Scheibe erfolgte bei vierseitiger Lagerung auf Gummi (15 mm breit, 4 mm dick, Shore-A 45) bis zu einer Höhe von 15 kPa. Dabei wurden Durchbiegungs- und Dehnungsmessungen bei frei aufliegender Scheibe mit und ohne fixierten Eckpunkten vorgenommen. Nach dem Wenden der Scheibe in der Prüfapparatur konnten an den gleichen DMS auch die entsprechenden Dehnungen auf der der Last zugewandten Seite bestimmt werden. Eine Übersicht über die untersuchten Stellen und die Durchbiegungs-, Dehnungs- und Spannungskurven zu dieser Versuchsserie befindet sich auf den Seiten 57 bis 65 des Anhangs. Die Scheibe ist später bis zum Bruch belastet worden und erreichte eine Flächenbelastung von über 50 kPa (vgl. 5.4.4). Die bei diesem Bruchversuch gewonnenen Verformungs- und Spannungskurven befinden sich auf den Seiten 67 bis 71 des Anhangs.

5.3.2 ESG-Scheiben 1015 mm x 2015 mm x 5,9 mm (Versuchsserien A2.1 und A2.2)

Mit dieser Scheibe wurden zwei Versuchsserien gefahren, die sich nur durch die Verwendung unterschiedlicher Auflagermaterialien unterschieden. In der Serie A2.1 erfolgte die vierseitige Auflagerung auf Gummi (vgl. 5.3.1) und in Serie A2.2 auf Messing-Rundprofilen. Bei beiden Serien wurden Durchbiegungs- und Dehnungsmessungen wie bei Serie A1 (vgl. 5.3.1) bis zu einer Lasthöhe von 15 kPa vorgenommen. Eine Übersicht über die untersuchten Stellen und die Ergebniskurven befindet sich auf den Seiten 73 bis 77 bzw. 79 bis 82 des Anhangs.

5.3.3 ESG-Scheibe 2015 mm x 2015 mm x 5,9 mm (Versuchsserie A3)

Diese Scheibe wurde eingehend untersucht. Auf ihr waren insgesamt 72 Dehnungsmeßstellen (16 DMS-Rosetten à 3 DMS und 24 Einzel-DMS) angeordnet. Auflagerung und Belastung der Scheibe erfolgte in gleicher Weise wie unter 5.3.1 beschrieben. Die Durch-

biegungs- und Dehnungsmessungen wurden bis zu einer Lasthöhe von ca. 6,25 kPa vorgenommen. Die Scheibe hatte im unbelasteten Zustand eine leicht schüsselförmige Gestalt. Das wurde erst nach dem Wenden in der Prüfapparatur durch die veränderte Lastaufnahme (Durchschlageffekt) bei kleinen Lasten bemerkt. Auch in den Last-Verformungs-, Last-Spannungs- und Last-Dehnungskurven ist dieser Effekt zu beobachten. Die Ergebniskurven sind auf den Seiten 83 bis 94 des Anhangs zu finden.

5.3.4 ESG-Scheibe 2015 mm x 3015 mm x 10,0 mm (Versuchsserie A4)

Auch diese Scheibe ist sehr eingehend untersucht worden. Es waren insgesamt 84 Dehnungsmeßstellen (19 DMS-Rosetten à 3 DMS und 27 Einzel-DMS) auf der Glasoberfläche angeordnet. Auflagerung und Belastung der Scheibe erfolgte in gleicher Weise wie unter 5.3.1 beschrieben. Die Scheibe wurde ebenfalls von beiden Seiten belastet, und auch hier wurde der bereits bei Serie A3 beschriebene Durchschlageffekt infolge einer leicht schüsselförmigen Gestalt der unbelasteten Scheibe beobachtet. Die Durchbiegungs- und Dehnungsmessungen wurden bis zu einer Lasthöhe von 9 kPa vorgenommen. Die Ergebniskurven befinden sich auf den Seiten 95 bis 110 des Anhangs.

5.4 Ermittlung von Bruchlasten und Bruchspannungen

Die Bruchlasten der Scheiben ließen sich relativ einfach aus den Druckmessungen an den Luftkissen oder im Unterdruckraum bestimmen. Die Ermittlung der Bruchspannung ¹⁾, d. h. der Spannung, die an der Bruchausgangsstelle zum Zeitpunkt des Versagens der Scheibe herrschte, war dagegen nur auf dem Wege der Schätzung möglich. Da die Scheiben einer Serie jedoch untereinander sehr gleichmäßig waren und Dickenabweichungen sich nur in der Größe von 1/100 Millimetern bewegten, ist die hier angewandte Schätzmethode für die Bruchspannung recht zuverlässig, was auch durch Mehrfachmessungen bestätigt wurde.

Waren von einer Scheibe die Bruchlast und die Bruchausgangsstelle bekannt, so wurde beim nächsten Versuch mit einer gleichartigen Scheibe an der entsprechenden Stelle eine DMS-Rosette angeordnet und die Spannung in Abhängigkeit von der Belastung

1) Die Bruchspannung ist nicht zwangsläufig die größte in der Scheibe auftretende Zugspannung, sie kann erheblich kleiner sein.

bestimmt. Durch Extra- bzw. Interpolation konnte nun mit Hilfe der Bruchlast für die erste Scheibe die Bruchspannung abgeschätzt werden. Da die eindeutige Bestimmung der Rißrichtung im Ursprung kaum möglich war, wird als Bruchspannung stets die größere Hauptzugspannung angegeben.

5.4.1 Floatglas-Scheiben_1015 mm_x_2015 mm_x_5,9 mm (Serie B1)

Die Versuchsserie umfaßt 10 Glasscheiben, die bei vierseitiger Auflagerung auf Gummi mit fixierten Ecken bis zum Bruch belastet wurden. Bei drei Scheiben erfolgte die Belastung auf der sog. "Badseite" und bei den restlichen sieben Scheiben auf der sog. "Luftseite" der Floatglasscheiben. ¹⁾ Neben Durchbiegungsmessungen an 5 Stellen der Scheibenfläche erfolgten bei allen Versuchen noch Dehnungsmessungen für die Spannungsermittlung an einigen ausgesuchten Scheibenpunkten. Dazu gehörten eine Vergleichsmeßstelle in Scheibenmitte, die "Bruchstelle" des Vorversuchs und noch eine oder mehrere weitere Stellen, über die noch Informationen fehlten. Alle wichtigen Daten dieser Versuchsserie sind in Tabelle I zusammengestellt. Die in dieser und den folgenden Tabellen angegebenen Spannungen wurden entweder direkt über DMS-Messungen ermittelt oder unter Berücksichtigung von Ergebnissen aus den Versuchen und der Plattenberechnung nach dem Differenzenverfahren abgeschätzt. Das Bild 19 zeigt die Lage der

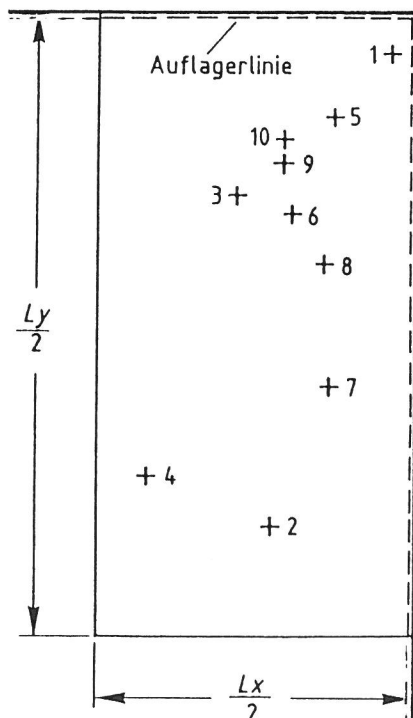


Bild 19
Übersicht über die Lage der
Bruchstellen der Serie B1
(Alle Bruchstellen wurden in eine
Viertelscheibe projiziert)

¹⁾ Die Bezeichnungen "Badseite" und "Luftseite" beziehen sich auf den Herstellungsprozeß der Scheiben.

einzelnen Bruchausgangsstellen, die zur besseren Übersicht alle in eine Viertelscheibe eingetragen sind. Die Last-Durchbiegungskurven und Last-Spannungskurven dieser Versuchsserie entsprechen den in Serie A2.1 an einer gleichartigen ESG-Scheibe gefundenen Kurven. Wesentliche Unterschiede wurden nicht beobachtet.

Tabelle I: Versuchsdaten Serie B1
Floatglas-Scheiben 1015/2015/5,9 (mm), 4seitig gelagert, Ecken fixiert, Hersteller B

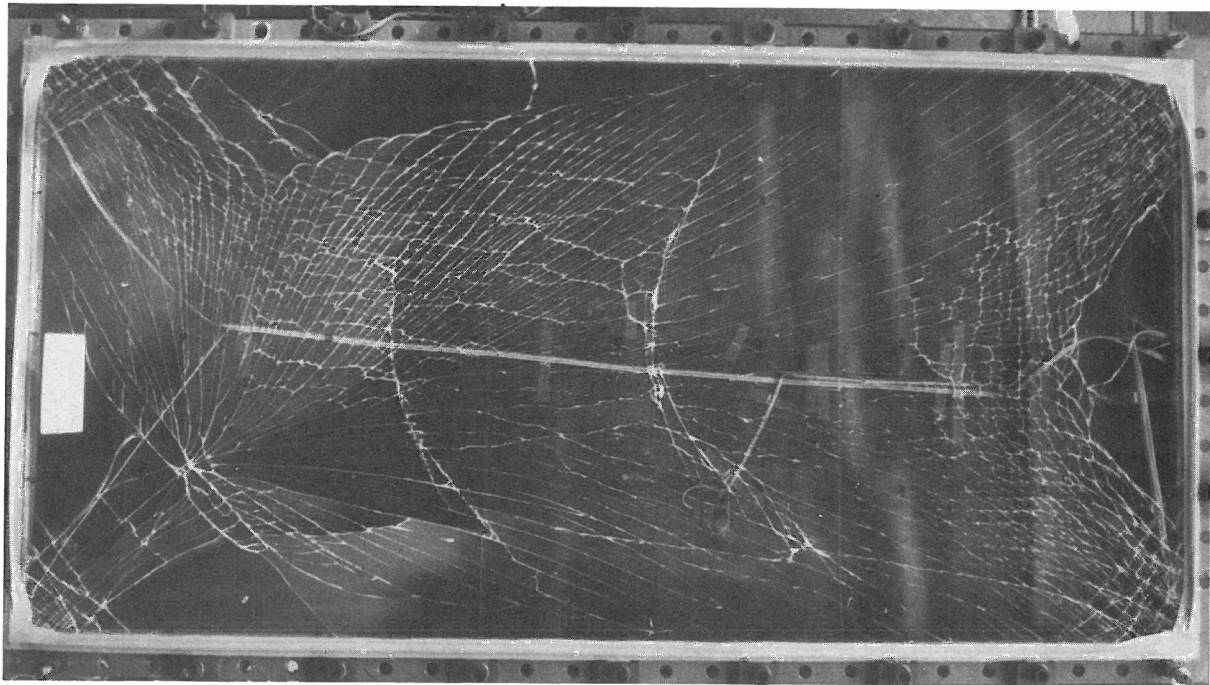
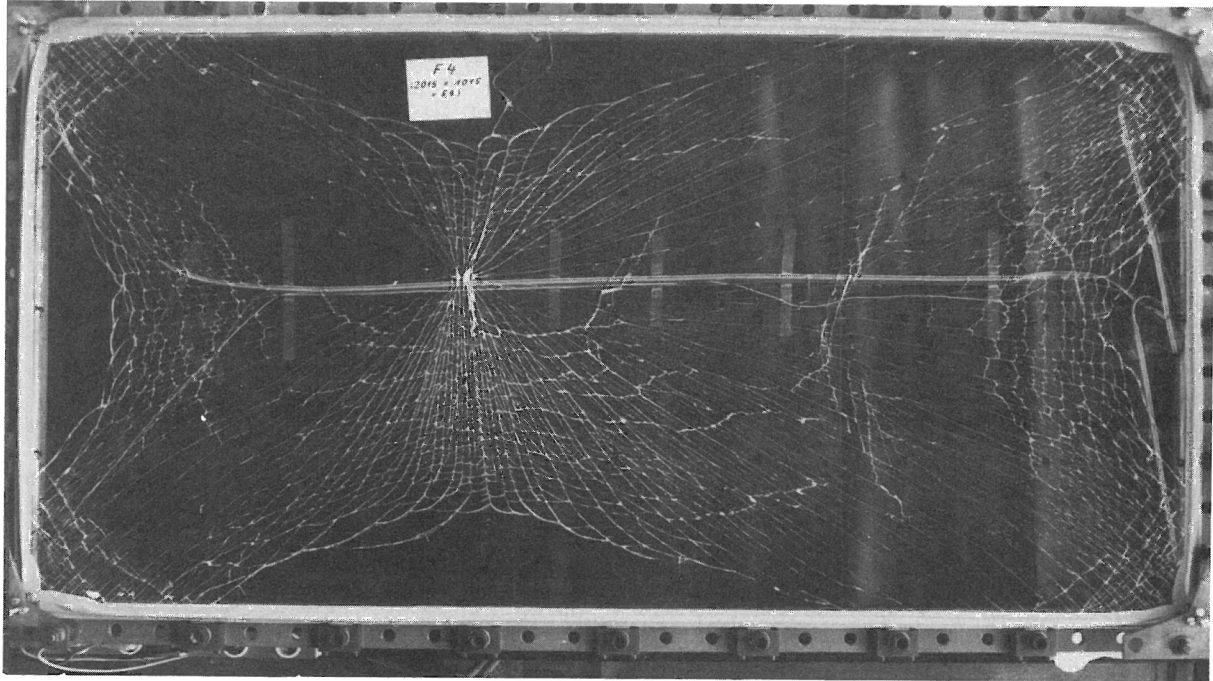
Versuch Nr.	Scheibendicke	Auf-lager	Zug-seite	Anz. d. Meßstellen			Bruch-		Bruchstelle		max. Mitten-durchbiegung	max. Span-nung 2)
				Wege	DMS-Ros.	DMS	last	spannung ¹⁾	x- y-Koordinaten	mm		
-	mm	-	-	-	-	-	kN/m ²	N/mm ²	mm	mm	mm	N/mm ²
1	5,90	Gummi	Bad	8	5	2	6,15	45,8	469	943	25,1	55
2	5,91		Bad	8	5	7	8,83	60,2	275	175	30,4	67
3	5,91		Bad	8	3	11	6,74	50,3	221	712	26,2	57
4	5,90		Bad	8	3	11	7,18	56,3	75	261	27,4	59
5	5,92		Bad	8	1	13	8,84	62,6	377	837	30,3	67
6	5,91		Luft	8	5	2	9,72	71,7	305	684	32,3	72
7	5,91		Luft	8	5	1	11,40	58,9	369	405	36,3	81
8	5,90		Luft	8	5	3	9,70	61,3	360	605	32,5	72
9	5,92		Bad	8	6	1	8,21	62,2	297	764	29,3	63
10	5,86		Bad	8	6	2	9,54	69,1	295	808	32,1	71

1) max. Spannung an Bruchstelle

2) max. Zugspannung in der Scheibe (geschätzt)

Die an den hier untersuchten Floatglasscheiben ermittelten Spannungen waren bei vergleichbaren Belastungen zwischen 1 % und 9 %, i. M. etwa 4 % größer, als die für die ESG-Scheibe ermittelten Spannungen infolge äußerer Last. Wegen des größeren E-Moduls sind die höheren Spannungen in den Floatglasscheiben der Tendenz nach richtig, die Berechnung nach der Differenzen-Methode liefert jedoch nur Unterschiede in der Größe von 1 % - 2 %.

Die Bilder 20 und 21 zeigen Aufnahmen typischer Bruchfiguren dieser Versuchsserie.



Bilder 20 und 21
 Typische Bruchfiguren der Serie B1
 (Floatglas 1 m x 2 m x 6 mm, gummielagert, Eckpunkte fixiert)

5.4.2 Floatglas-Scheiben 2015 mm x 2015 mm x 5,9 mm (Serie B2)

Die Versuchsserie umfaßt 10 Glasscheiben, die in gleicher Weise, wie unter 5.41 beschrieben, geprüft wurden. Hier wurde bei der Hälfte der Proben die "Badseite" und bei der anderen Hälfte die "Luftseite" der Floatglasscheiben belastet. Wegen der quadratischen Form der Scheiben erfolgten Durchbiegungsmessungen nur an drei Scheibenpunkten. Für fünf der zehn Scheiben war eine Abschätzung der Bruchspannung, wie oben beschrieben, nicht mög-

lich, da die Bruchausgangsstellen unmittelbar am Rand in der Nähe der Ecken lagen oder von einer bereits vor dem Versuch festgestellten Verletzung der Scheibe am Rand ausgingen. Alle wichtigen Daten dieser Versuchsserie sind in Tabelle II zusammengestellt. Bild 22 zeigt die Lage der Bruchausgangsstellen, die wieder zur besseren Übersicht in eine Viertelscheibe einge-

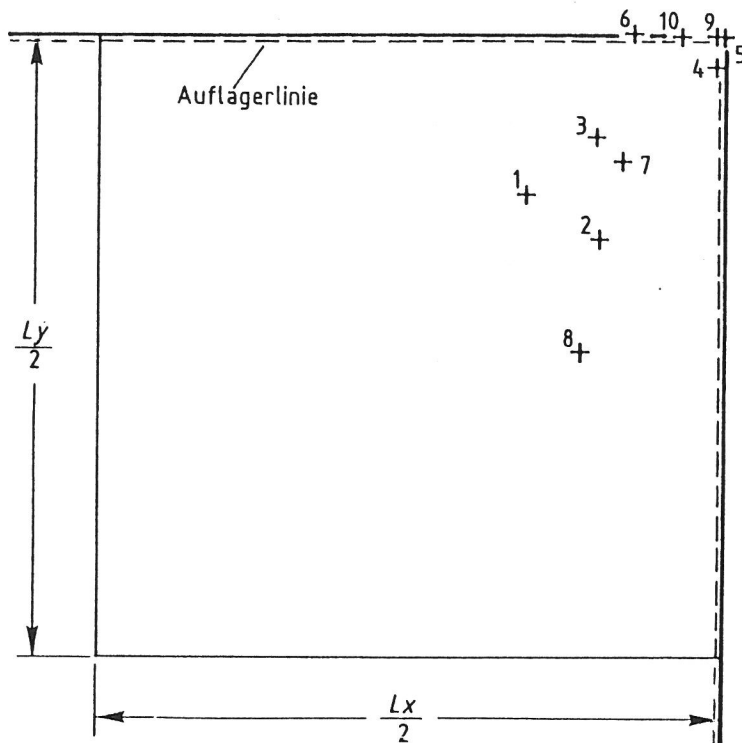


Bild 22
Übersicht über die Lage der Bruchstellen der Serie B2
(Alle Bruchstellen wurden in eine Viertelplatte projiziert)

Tabelle II: Versuchsdaten Serie B2
Floatglas-Scheiben 2015/2015/5,9 (mm), 4seitig gelagert, Ecken fixiert, Hersteller B

Versuch Nr.	Scheibendicke	Auflager	Zugseite	Anz. d. Meßstellen			Bruchspannung ¹⁾		Bruchstelle x- y-Koordinaten		max. Mittendurchbiegung	max. Spannung ²⁾
				Wege	DMS-Ros.	DMS	last	N/mm ²	mm	mm		
-	mm	-	-	-	-	-	kN/m ²	N/mm ²	mm	mm	mm	N/mm ²
1	5,91	Gummi	Bad	5	1	6	2,75	40,7	685	750	30,2	44
2	5,92		Bad	5	1	7	4,55	62,1	805	680	40,8	70
3	5,92		Bad	5	-	-	5,37	76,0	800	845	46,6	81
4	5,96		Bad	5	3	2	4,45	x)	993	960	40,7	68
5	5,91		Bad	5	1	3	4,00	x)	1011	1002	39,4	62
6	5,89		Luft	5	1	2	3,17	x)	859	1015	36,5	50
7	5,88		Luft	5	1	2	5,16	73,9	840	805	45,8	78
8	5,89		Luft	5	2	2	4,57	52,0	775	495	43,3	70
9	5,90		Luft	5	2	2	6,76	x)	995	1011	51,5	100
10	5,90		Luft	5	1	2	5,48	x)	940	1011	46,6	83

1) max. Spannung an Bruchstelle
2) max. Zugspannung in der Scheibe (geschätzt)
x) Spannung konnte nicht ermittelt werden

tragen sind. Die erhaltenen Durchbiegungs-, Dehnungs- und Spannungskurven der einzelnen Versuche sind untereinander jeweils gleich, sie weichen von den entsprechenden Kurven der ESG-Scheibe (Serie A3) jedoch deutlich ab. Die Floatglasscheiben dieser Serie lieferten sowohl bei den Durchbiegungen als auch bei den Dehnungen um 10 % bis 15 % höhere Meßwerte. Ein kleiner Anteil dieser Ergebnisdifferenz, namentlich bei den Dehnungen bzw. Spannungen, ist wie bei Serie B1 (vgl. S. 31) durch den größeren E-Modul der Floatglasscheiben zu erklären. Der Hauptgrund für die relativ großen Unterschiede in den Meßwerten dürfte u. E. jedoch in der von einer Ebene erheblich abweichenden Form der ESG-Scheibe (Schüsselform) zu suchen sein. Die Bilder 23 bis 25 zeigen Gegenüberstellungen von Kurven beider Scheibenarten.

Aufnahmen von typischen Bruchfiguren dieser Versuchsserien zeigen die Bilder 26 bis 29.

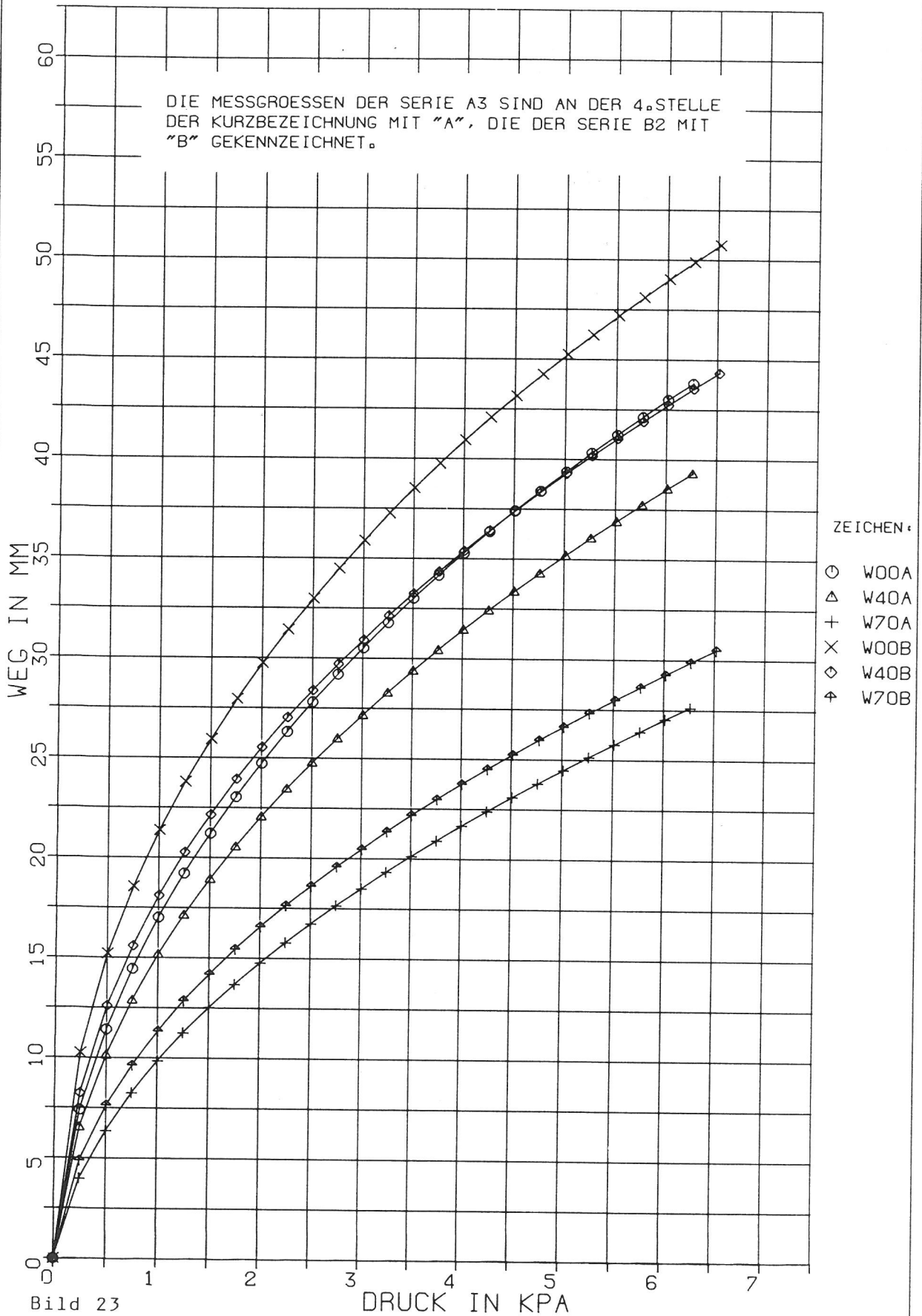


Bild 23

DURCHBIEGUNGSMESSUNGEN AN SCHEIBEN 2015/2015/5,9 (MM)
GEGENUEBERSTELLUNG VON ERGEBNISSEN DER SERIEN A3 U. B2

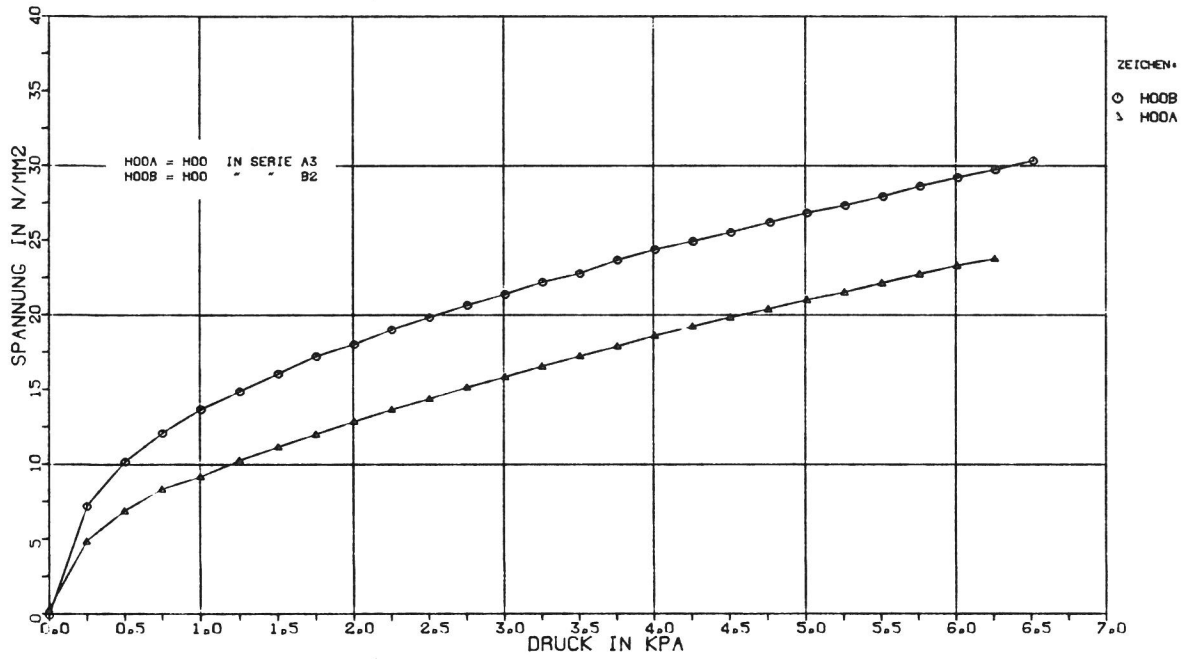


Bild 24
 Spannungsermittlung an Scheiben 2015/2015/5,9 (mm)
 Gegenüberstellung von Ergebnissen der Serien A3 und B2

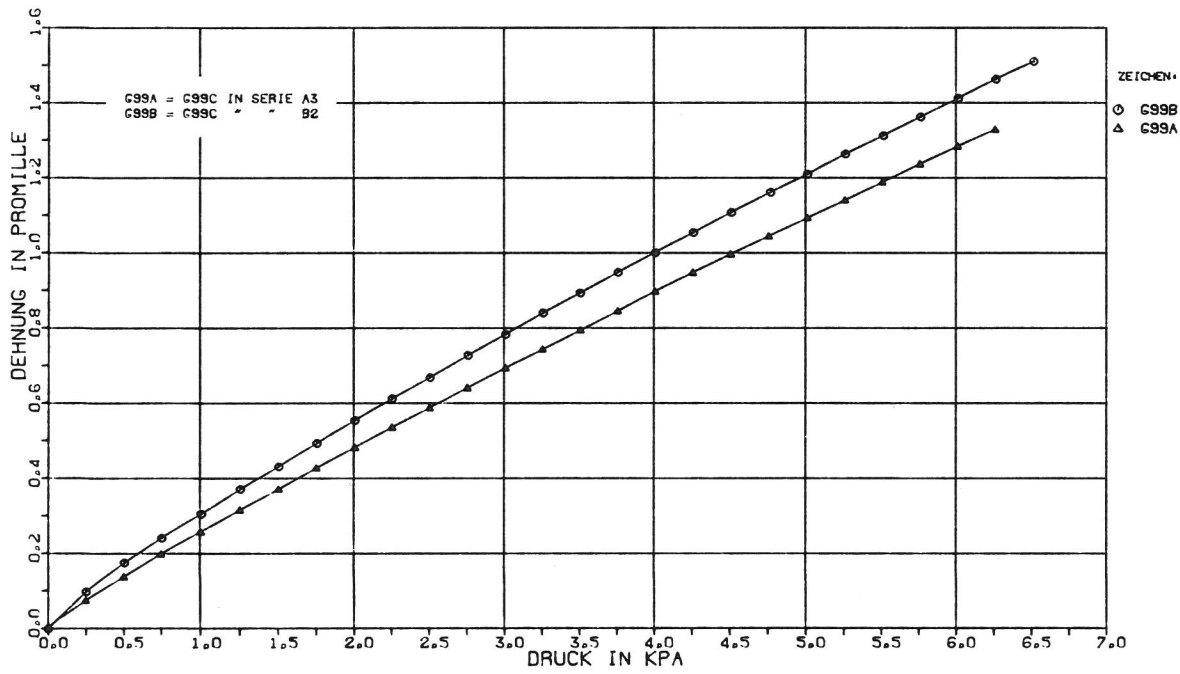
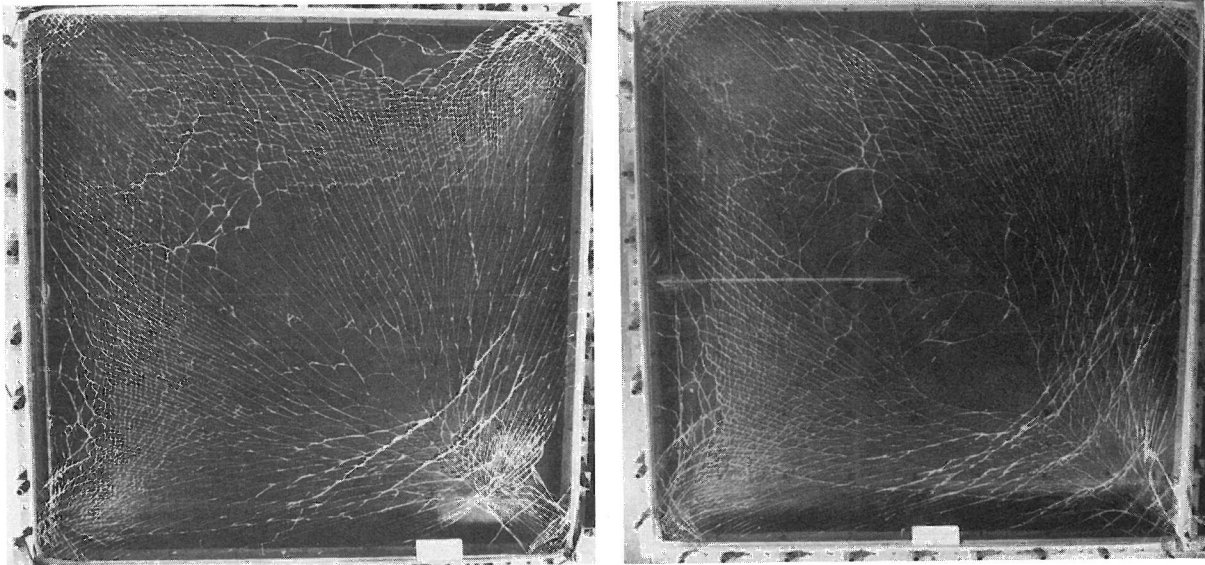
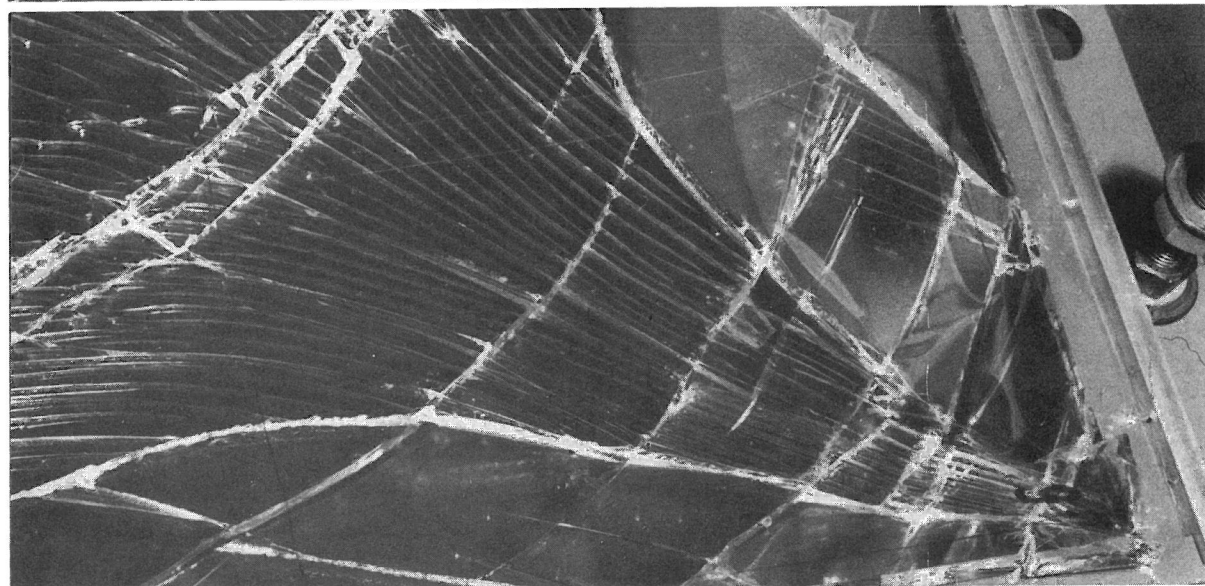
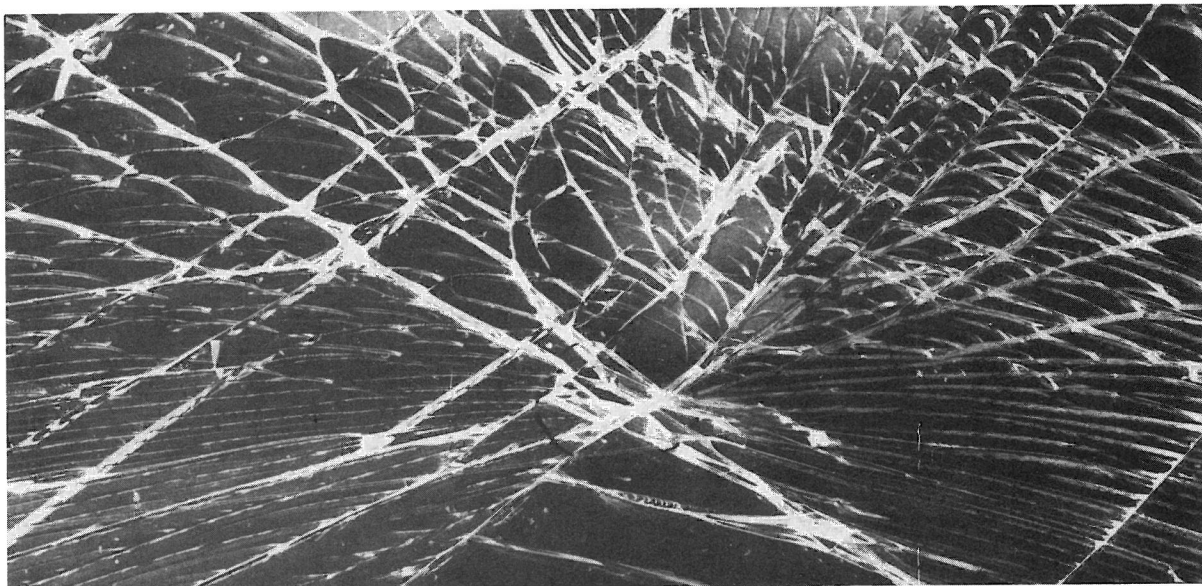


Bild 25
 Dehnungsermittlung an Scheiben 2015/2015/5,9 (mm)
 Gegenüberstellung von Ergebnissen der Serien A3 und B2



Bilder 26 und 27
Typische Bruchfiguren der Serie B2
(Floatglas 2 m x 2 m x 6 mm, gummigelagert, Eckpunkte fixiert)



Bilder 28 und 29
Detailaufnahmen zu den Bildern 26 und 27:
Ausgangspunkte der Bruchfiguren der Scheiben

5.4.3 Floatglasscheiben 1015 mm x 1015 mm x 5,9 mm (Serie B3)

Diese Serie umfaßt drei Versuche, die eigentlich zu den Vorversuchen gehören, deren Ergebnisse hier aber mit aufgeführt werden. Die Scheiben sind im Handel gekauft und in gleicher Weise wie unter 5.4.1 beschrieben geprüft worden. Sie lieferten bezüglich der Bruchlasthöhe sehr unterschiedliche Ergebnisse. Die Versuchsdaten sind in Tabelle III zusammengestellt; Bild 30 zeigt die Lage der Bruchausgangspunkte, und die Bilder 31 und 32 zeigen Bruchfiguren dieser Serie.

Die bei diesen Versuchen ermittelten Durchbiegungen und Dehnungen waren gleich oder nur geringfügig höher als die in Serie A1 (vgl. 5.3.2) an einer ESG-Scheibe gefundenen Spannungen (ein direkter Vergleich war nicht möglich, da die Lage der Meßstellen in beiden Serien etwas differierte).

Ein Vergleich der Bruchspannungen mit denen von den Tabellen I und II zeigt, daß die von den Herstellern speziell für die Untersuchungen zur Verfügung gestellten Scheiben sich nicht in unvertretbarem Maße von den im Handel gekauften unterscheiden.

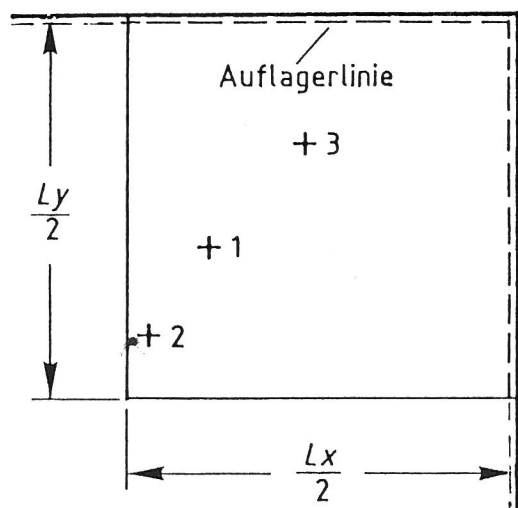
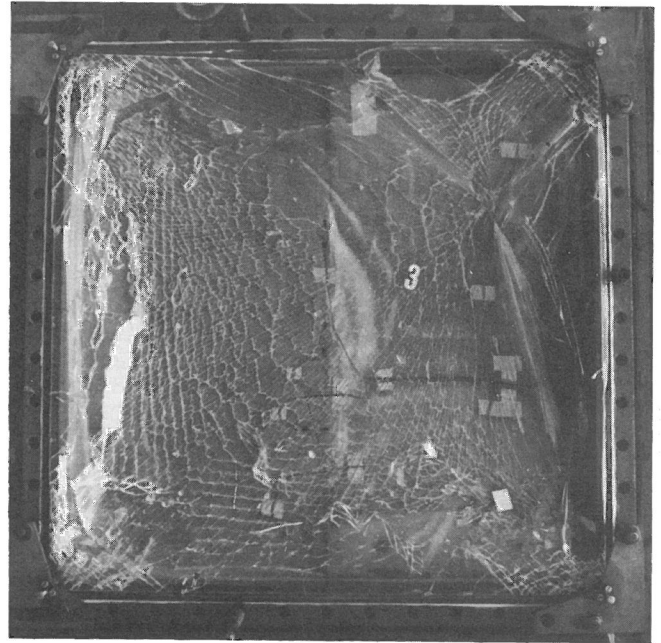
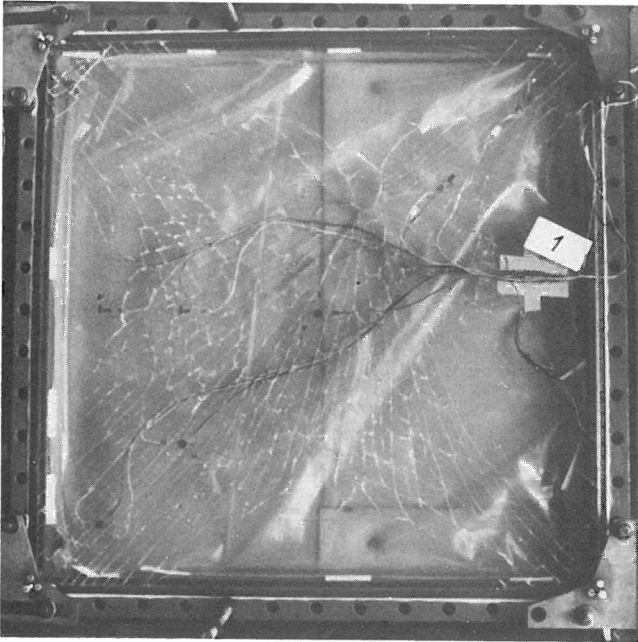


Bild 30
Übersicht über die Lage der Bruchstellen der Serie B3
(Alle Bruchstellen wurden in eine Viertelscheibe projiziert)

Tabelle III: Versuchsdaten Serie B3
Floatglas-Scheiben 1015/1015/5,9 (mm), 4seitig gelagert,
Ecken fixiert (im Handel gekauft)

Versuch Nr.	Scheibendicke	Auf-lager	Zug-seite	Anz. d. Meßstellen			Bruch-		Bruchstelle		max. Mittendurchbiegung	max. Spannung ²⁾
				Wege	DMS-Ros.	DMS	last	spannung ¹⁾	x- y-Koordinaten			
-	mm	-	-	-	-	-	kN/m ²	N/mm ²	mm	mm	mm	N/mm ²
1	5,92	Gummi	Luft	5	3	9	6,44	36,4	105	200	12,7	37
2	5,91		Luft	5	2	2	7,90	37,6	30	85	14,0	40
3	5,88		Bad	5	-	6	18,31	73,1	230	340	21,5	76



Bilder 31 und 32
 Bruchfiguren von Scheiben der Serie B3
 (Floatglas 1 m x 1 m x 6 mm, gummigelagert, Eckpunkte fixiert)

5.4.4 ESG-Scheiben_1015 mm_x_1015 mm_x_5,9 mm (Serie_C1)

In dieser "Serie" wurden zwei vierseitig auf Gummi aufgelagerte ESG-Scheiben mit fixierten Eckpunkten bis zum Bruch belastet. Die Scheiben wurden auch im Handel gekauft und, wie unter 5.4.1 beschrieben, belastet. Wegen der großen Bruchlasten bzw. der großen aufgespeicherten Energie wurden die Scheiben beim Bruch so stark zertrümmert, daß die Bruchausgangspunkte nicht mehr bestimmt werden konnten und eine Abschätzung der Bruchspannung nicht möglich war.

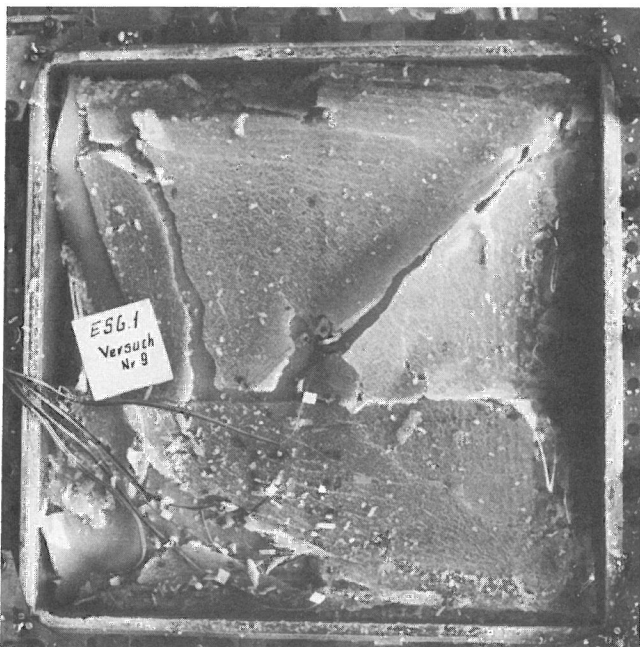


Bild 33
 Zertrümmerte ESG-Scheibe
 (1 m x 1 m x 6 mm, 4seitig gelagert)
 der Serie C1

Die wichtigsten Versuchsdaten sind in Tabelle IV zu finden. Kurven der Meßwerte zeigen die Bilder 67 bis 71 des Anhangs. In Bild 33 ist eine zertrümmerte Scheibe nach einer Belastung von rd. 50 kPa zu sehen.

Tabelle IV: Versuchsdaten Serie C1
ESG-Scheiben 1015/2015/5,9 (mm), 4seitig gelagert, Ecken fixiert (im Handel gekauft)

Versuch Nr.	Scheibendicke	Auflager	Zugseite	Anz. d. Meßstellen			last	Bruchspannung ¹⁾	Bruchstelle		max. Mittendurchbiegung	max. Spannung ²⁾
				Wege	DMS-Ros.	DMS			x- Koordinaten	y- Koordinaten		
-	mm	-	-	-	-	-	kN/m ²	N/mm ²	mm	mm	mm	N/mm ²
1	5,87	Gummi	x)	5	3	11	50,30	-	-	-	34,0	187
2	5,87		x)	5	-	6	50,75	-	-	-	33,1	189

- 1) max. Spannung an Bruchstelle
2) max. Zugspannung in der Scheibe (geschätzt)
x) nicht bestimmt

5.4.5 ESG-Scheiben 943 mm x 1515 mm x 5,8 mm (Serie D1.1)

Die Versuchsserie umfaßt 10 ESG-Scheiben, die bei zweiseitiger Auflagerung (kurze Seiten unterstützt) auf Gummi bis zum Bruch belastet wurden. Es war auch hier beabsichtigt, die Hälfte der Scheiben durch Belastung der "Badseite" und die andere Hälfte durch Belastung der "Luftseite" bis zum Versagen zu prüfen. Bei den Scheiben Nr. 6 und Nr. 10 war jedoch die Bruchlast bei Belastung der "Badseite" mit der Versuchsanordnung nicht zu erreichen, da die Scheiben infolge der großen Durchbiegungen nicht mehr genügend Auflagerbreite zur Verfügung hatten. Die beiden Versuche mußten bei einer Belastung von 3,2 kPa abgebrochen werden. Die Scheiben wurden gewendet und "luftseitig" belastet bis zum Bruch gefahren.

Im Mittelschnitt der Scheiben, d. h. in der Mitte zwischen den beiden Auflagern, wurden sowohl Durchbiegungs- als auch Dehnungsmessungen vorgenommen. Die Meßpunkte befanden sich in Scheibenmitte und an den beiden freien (nicht unterstützten) Rändern. Weitere DMS waren noch an den jeweiligen "Bruchstellen der vorangegangenen Versuche" zur Abschätzung der Bruchspannungen angebracht. Die Ergebnisse dieser Versuchsserie sind in Tabelle V zusammengestellt. In Bild 34 sind alle Bruchausgangsstellen in den Umriß einer Viertelscheibe eingetragen. Bild 35 zeigt den Verlauf der Durchbiegungen und Bild 36 den Verlauf der Dehnungen an den Meßstellen im Mittelschnitt der Scheiben. Bei diesen Kurven ist zu beachten, daß zwischen Scheibe und Gummi-

Tabelle V: Versuchsdaten Serie D1.1
 ESG-Scheiben 943/1515/5,8 (mm), 2seitig gelagert
 (kurze Seiten gestützt), Hersteller B

Versuch Nr.	Scheibendicke	Auf-lager	Zug-seite	Anz. d. Meßstellen			Bruch-spannung ¹⁾		Bruchstelle		max. Mittendurchbiegung	max. Spannung ²⁾
				Wege	DMS-Ros.	DMS	last	N/mm ²	x-Koordinaten	y-Koordinaten		
-	mm	-	-	-	-	-	kN/m ²	N/mm ²	mm	mm	mm	N/mm ²
1	5,82	Gummi und Teflon	Bad	5	-	3	2,46	117,1	96	235	141	128
2	5,86		Bad	5	1	3	3,05	163,0	40	75	179	166
3	5,86		Bad	5	1	3	3,05	164,9	12	30	177	166
4	5,85		Bad	5	1	5	2,66	137,4	461	70	153	140
5	5,85		Bad	5	1	6	3,14	150,1	452	275	188	172
6	5,82		(Luft)	5	1	-	(>3,18) 2,93	152,3	445	70	(196) 176	(174) 158
			Bad									
7	5,82		Luft	5	1	-	2,88	147,8	321	180	170	155
8	5,85		Luft	5	-	-	3,24	174,7	466	205	196	179
9	5,84		Luft	5	1	1	3,05	167,9	466	30	185	168
10	5,85	(Luft)	5	-	-	(>3,21) 2,92	142,4	86	231	(194) 171	(176) 157	
		Bad										

1) max. Spannung an Bruchstelle

2) max. Zugspannung in der Scheibe (geschätzt)

Die Versuche 6 und 10 mußten bei Belastung der Badseite (Zugseite = Luftseite) wegen zu großer Deformationen abgebrochen werden.

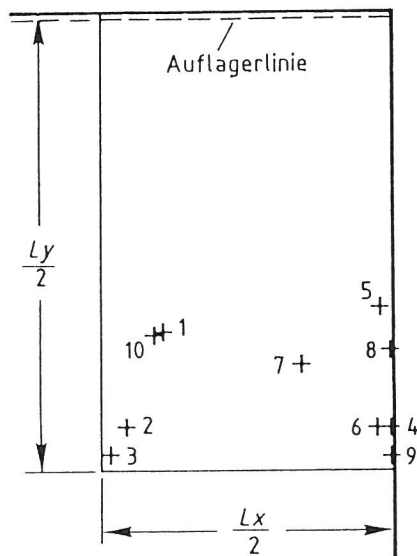


Bild 34

Übersicht über die Lage der Bruchstellen der Serie D1.1

(Alle Bruchstellen wurden in eine Viertelscheibe projiziert)

auflager Teflon-Folien angeordnet waren und die Scheibe sich auf den Auflagern nahezu reibungslos verschieben konnte (vgl. 3.2).

Während für die drei Meßpunkte (Plattenmittelpunkt und die beiden Mitten der freien Ränder) die Durchbiegungskurven sehr genau übereinstimmen, zeigen die Dehnungskurven für die Randpunkte etwa 7 % größere Werte als für den Mittelpunkt an. Da am Rand die Spannung senkrecht zur Randlinie gleich Null ist, errechnet sich die (Haupt-)Spannung parallel zur Randlinie:

$$\sigma_I = \sigma_y = \epsilon_y \cdot E$$

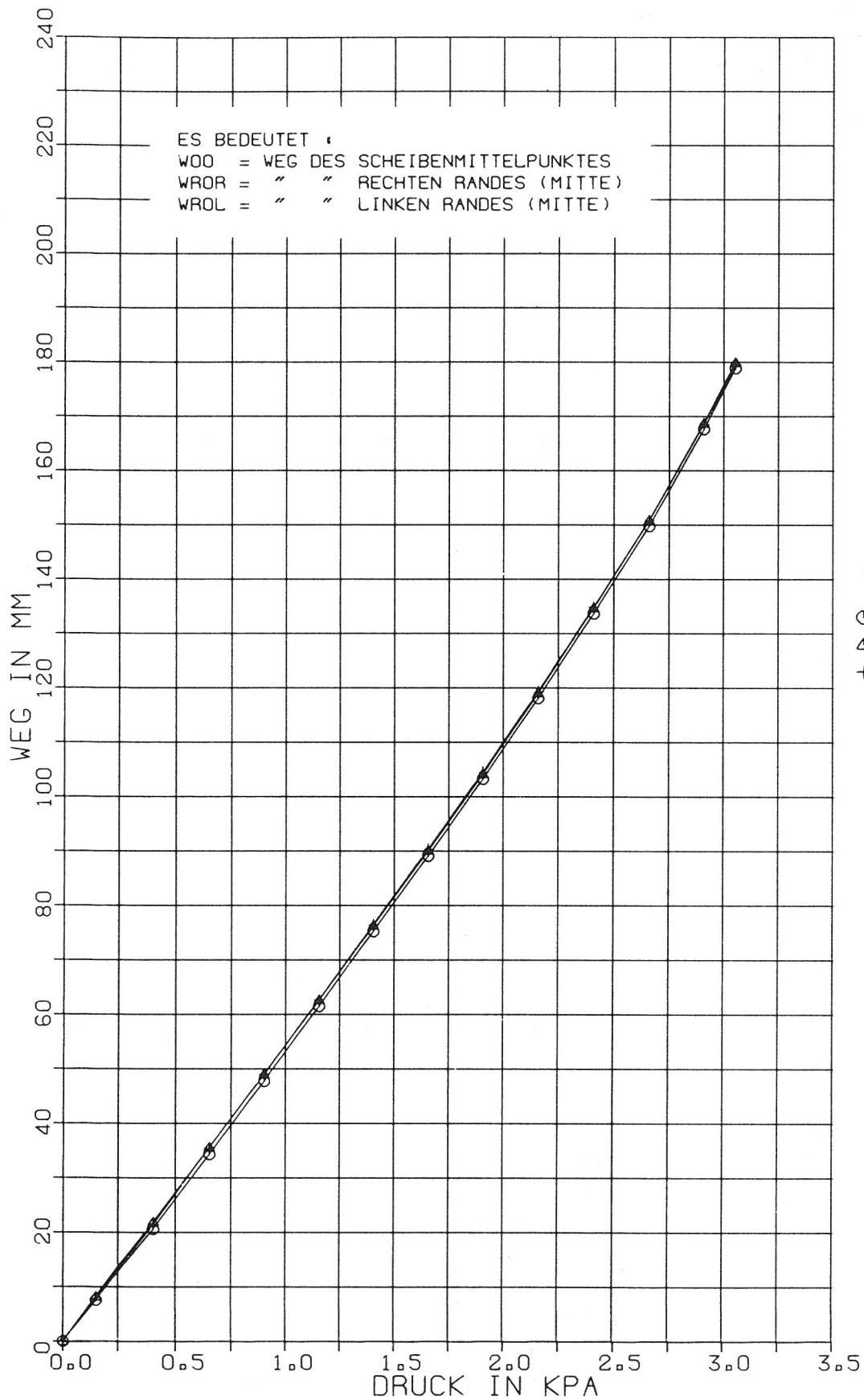


Bild 35

ESG-SCHEIBE 943/1515/5.8 (MM), 2-SEIT. AUFGELAGERT
 DURCHBIEGUNG IM MITTELSCHNITT (KURZE SEITEN GESTUETZT)

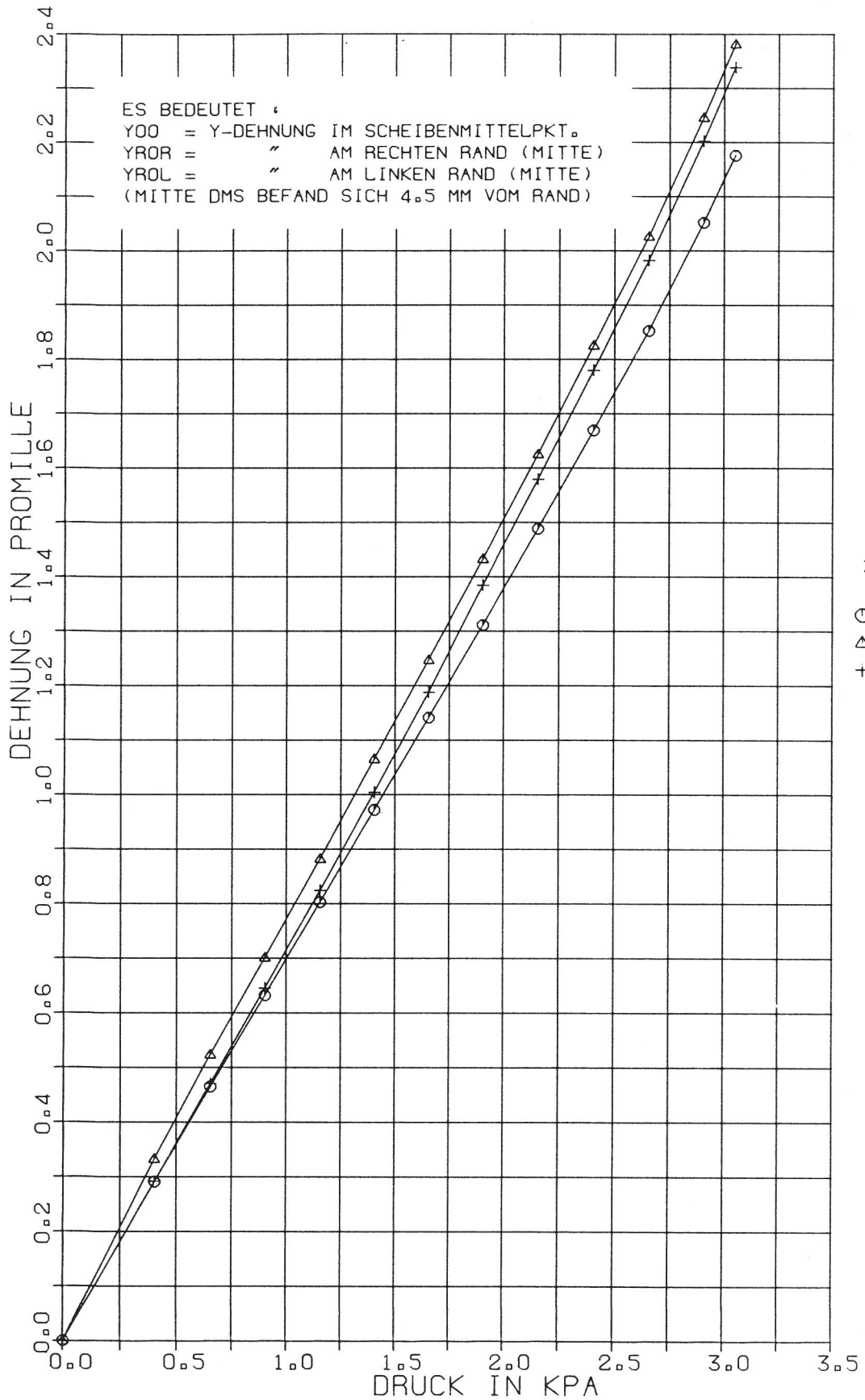


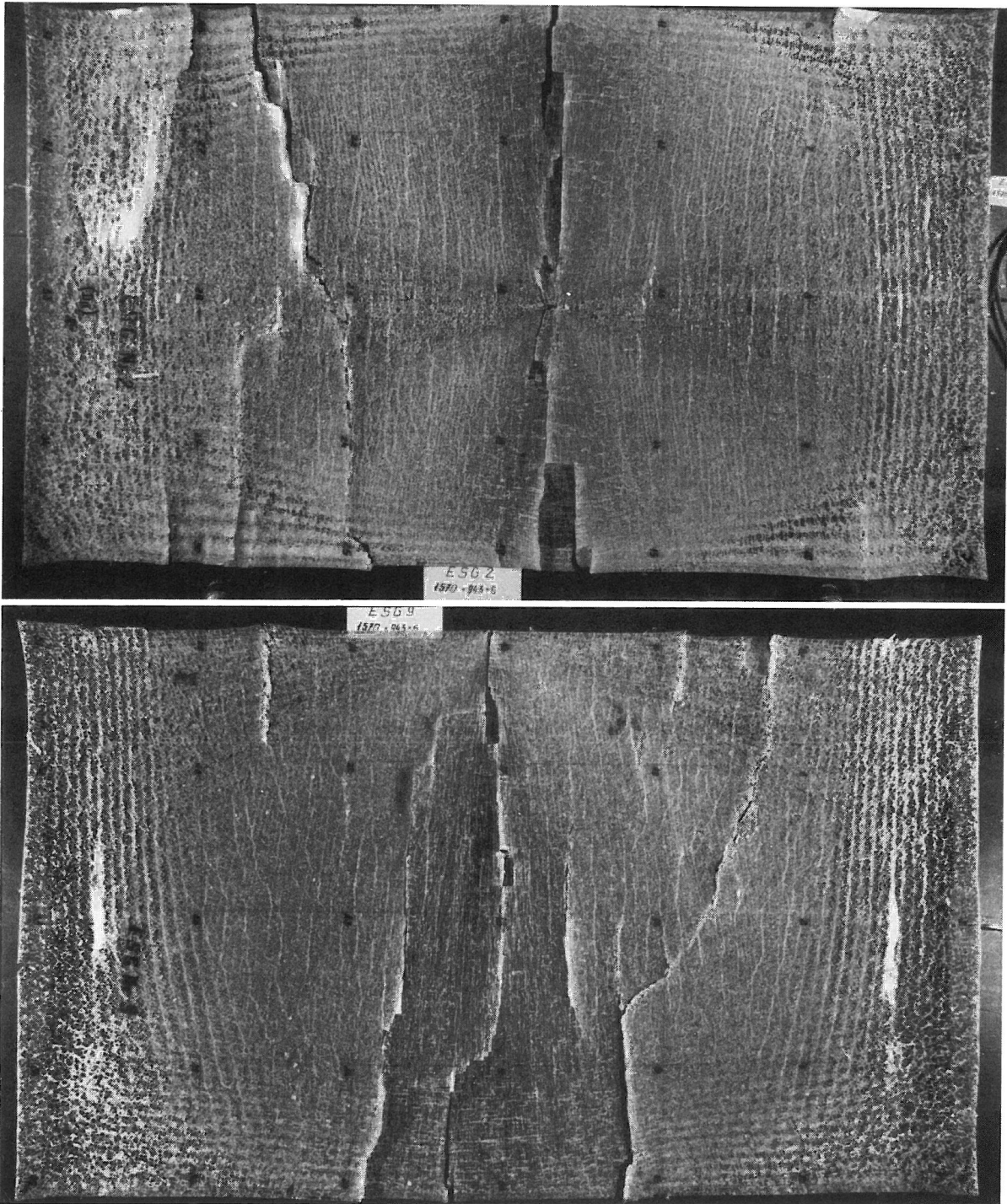
Bild 36

ESG-SCHEIBE 943/1515/5.8 (MM), 2-SEIT. AUFGELAGERT
 DEHNUNGEN IM MITTELSCHNITT (KURZE SEITEN GESTUETZT)

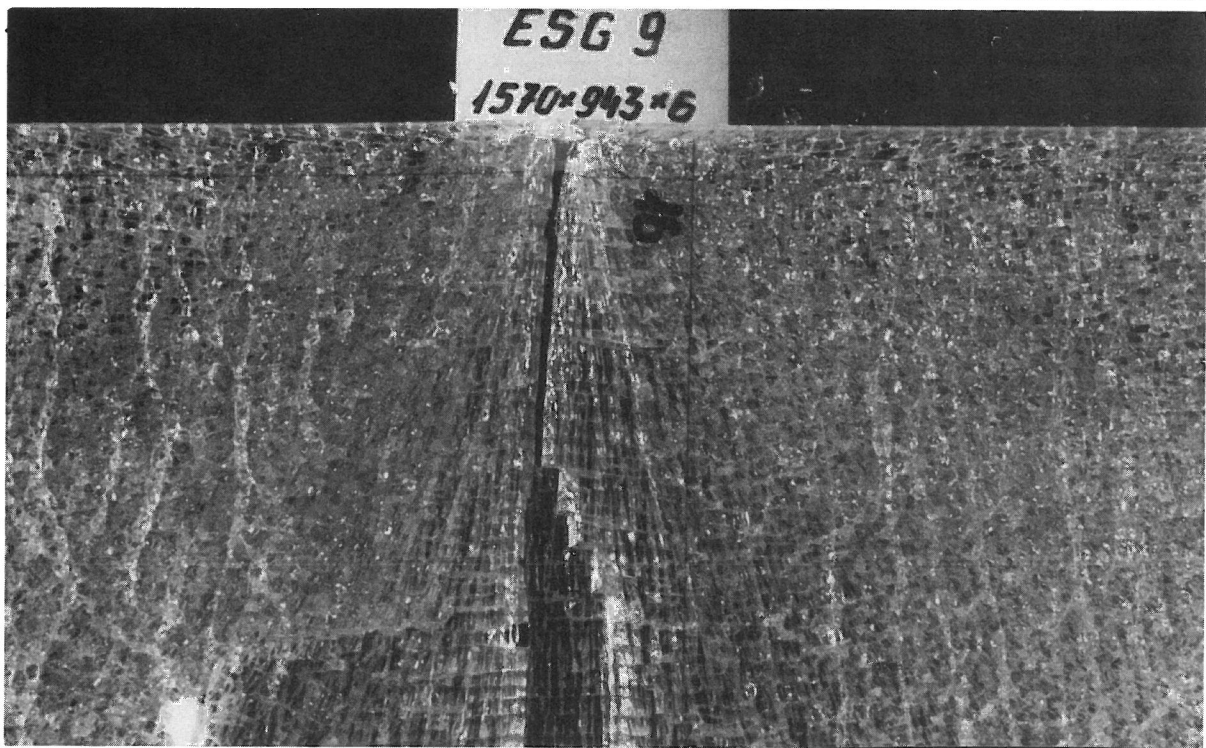
Für die Scheibenmitte, für die die Dehnung in x-Richtung (quer zur Spannrichtung der Scheibe) $\epsilon_x \approx 0$ gemessen wurde, errechnet sich die Hauptspannung:

$$\sigma_I = \sigma_y = \frac{E}{1-\mu^2} \cdot \epsilon_y$$

Bei Annahme von $\mu = 0,25$ bedeuten 7 % höhere Dehnungen am Rand, daß die Spannungen (auf der Zugseite der Scheibe) in der Mitte und am Rand etwa gleich groß waren. Die Bilder 37 bis 40 zeigen Aufnahmen einiger typischer Bruchfiguren der Scheiben.



Bilder 37 und 38
Typische Bruchfiguren der Serie D1.1
(ESG 0,9 m x 1,5 m x 6 mm, 2seitig gummigelagert, kurze Seiten gestützt)



Bilder 39 und 40
Detailaufnahmen zu den Bildern 37 und 38:
Ausgangspunkte der Bruchfiguren der Scheiben

5.4.6 ESG-Scheiben 1570 mm x 918 mm x 5,9 mm (Serie D1.2)

Die 10 Scheiben dieser Versuchsserie hatten die gleichen Abmessungen wie die Scheiben der Serie D1.1 (vgl. 5.4.5). Im Gegensatz zur Serie D1.1 wurden die Scheiben bei ihrer zweiseitigen Auflagerung an den langen Seiten unterstützt, d. h. die Stützweite und demzufolge die Durchbiegung der Scheiben waren wesent-

lich kleiner. Belastung, Durchbiegungs- und Dehnungsmessungen erfolgten in gleicher Weise wie unter 5.4.5 beschrieben. Wegen der kleineren Durchbiegungen konnten hier jedoch die Teflon-Folien zwischen Glasplatte und Gummiauflagern entfallen. Die Ergebnisse sind in Tabelle VI zusammengestellt. In Bild 41 sind alle Bruchausgangsstellen in den Umriß einer Viertelscheibe eingezeichnet, und in den Bildern 42 und 43 sind die Durchbiegungen und Dehnungen im Mittelschnitt der Scheibe in Abhängigkeit von der Belastung dargestellt. Ähnlich wie bei Serie D1.1 sind auch hier die Durchbiegungskurven für die drei Punkte des Mittelschnittes der Scheibe (y-Richtung) nahezu identisch. Die Dehnungskurven für die Randpunkte liegen um rd. 10 % über der

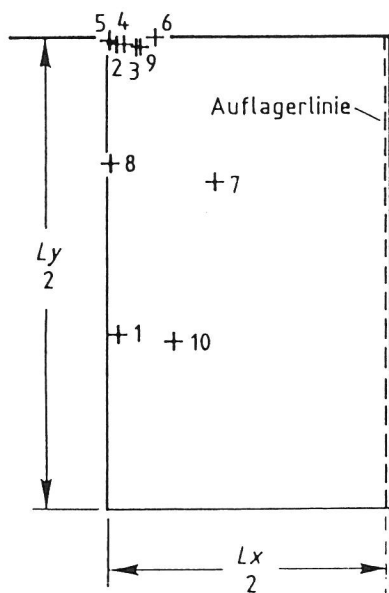


Bild 41
Übersicht über die Lage der Bruchstellen der Serie D1.2
(Alle Bruchstellen wurden in eine Viertelscheibe projiziert)

Tabelle VI: Versuchsdaten Serie D1.2
ESG-Scheiben 1570/918/5,9 (mm), 2seitig gelagert
(lange Seiten gestützt), Hersteller A

Versuch Nr.	Scheibendicke	Auf-lager	Zug-seite	Anz. d. Meßstellen			last	Bruch-spannung ¹⁾	Bruchstelle		max. Mittendurchbiegung	max. Span-nung ²⁾
				Wege	DMS-Ros.	DMS			x-Koordinaten	y-Koordinaten		
-	mm	-	-	-	-	-	kN/m ²	N/mm ²	mm	mm	mm	N/mm ²
1	5,87	Gummi	Bad	3	1	2	9,27	163,5	14	290	63	165
2	5,86		Bad	3	1	3	10,05	170,8	12	775	68	180
3	5,87		Bad	3	-	3	10,24	174,3	45	785	68	175
4	5,87		Bad	3	-	3	10,07	166,7	23	785	67	175
5	5,86		Bad	3	-	3	7,30	130,0	4	781	49	130
6	5,87		Luft	3	-	3	10,77	178,3	77	785	69	184
7	5,86		Luft	3	-	3	12,32	182,2	174	550	79	210
8	5,87		Luft	3	1	3	10,58	179,0	3	582	69	182
9	5,90		Luft	3	1	3	9,49	163,9	51	770	63	172
10	5,89		Luft	3	-	4	10,08	169,3	104	282	66	180

1) max. Spannung an Bruchstelle

2) max. Zugspannung in der Scheibe (geschätzt)

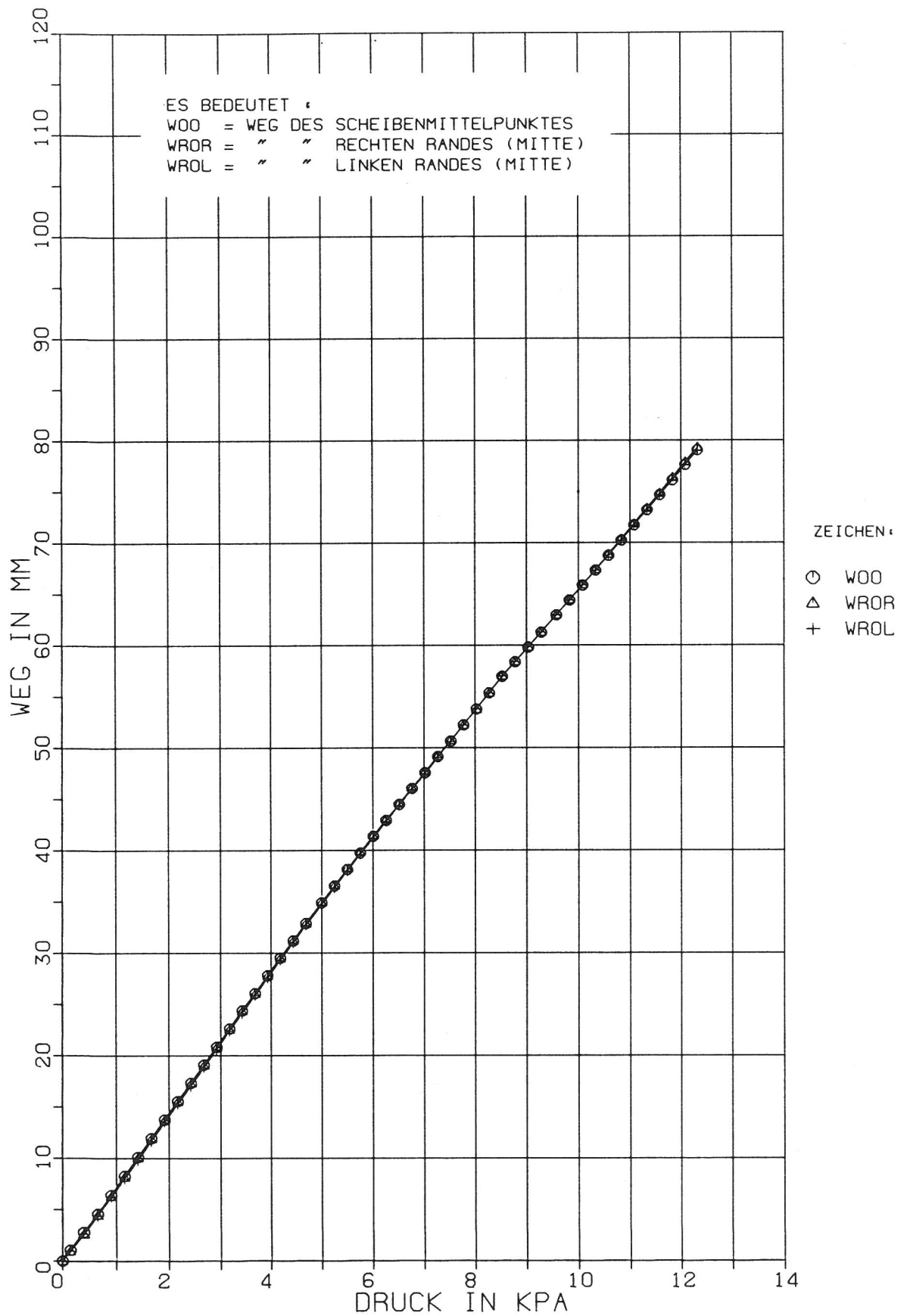


Bild 42

ESG-SCHEIBE 1570/918/5,9 (MM), 2-SEIT. AUFGELAGERT
 DURCHBIEGUNG IM MITTELSCHNITT (LANGE SEITEN GESTUETZT)

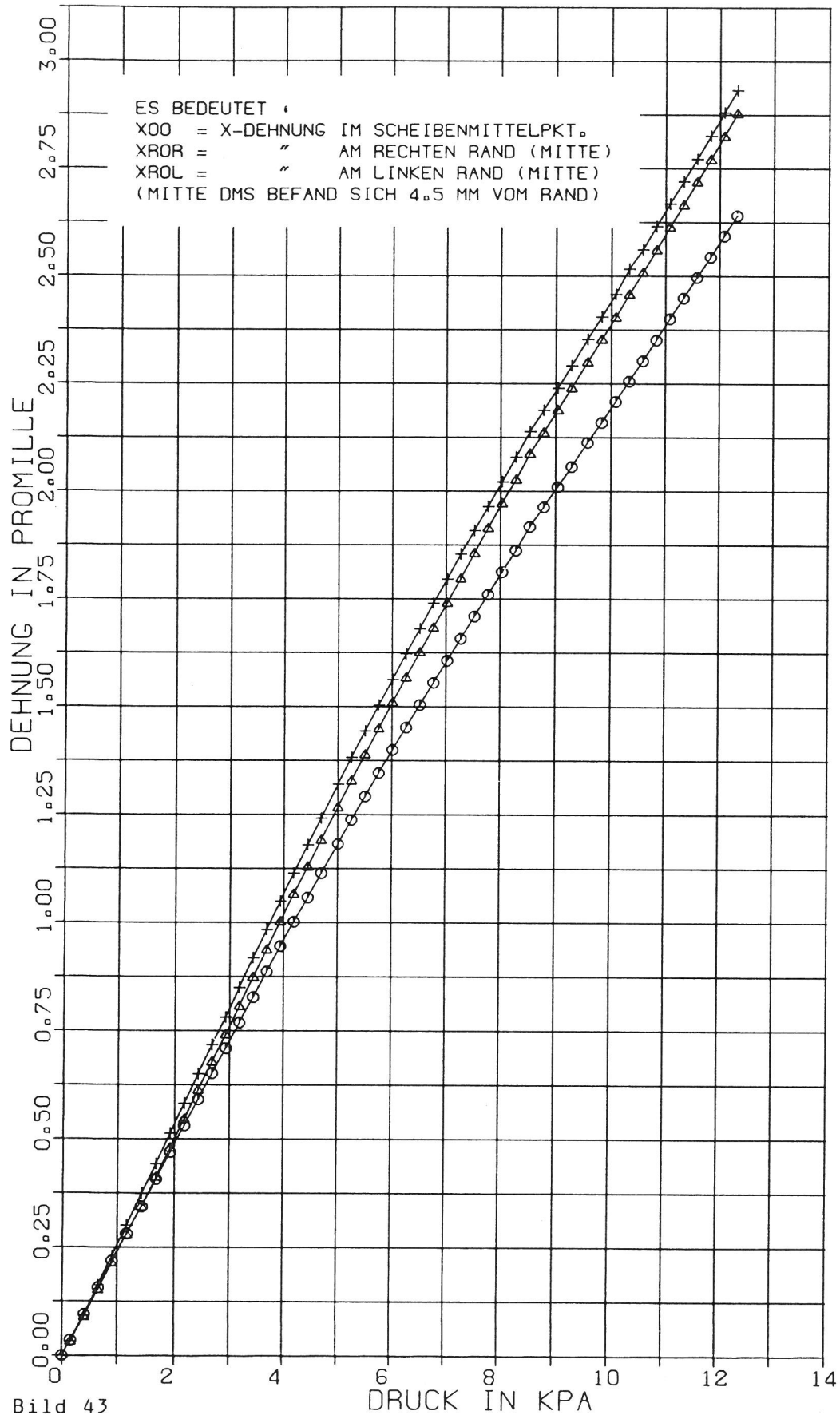
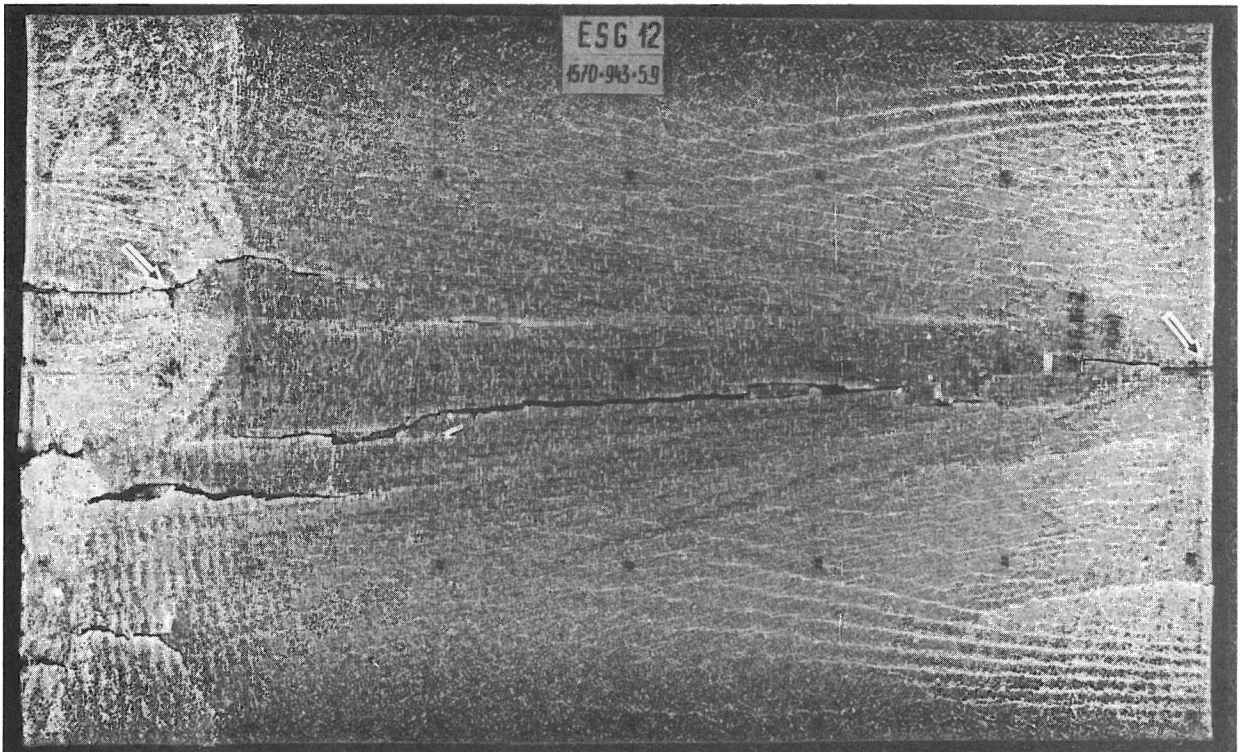
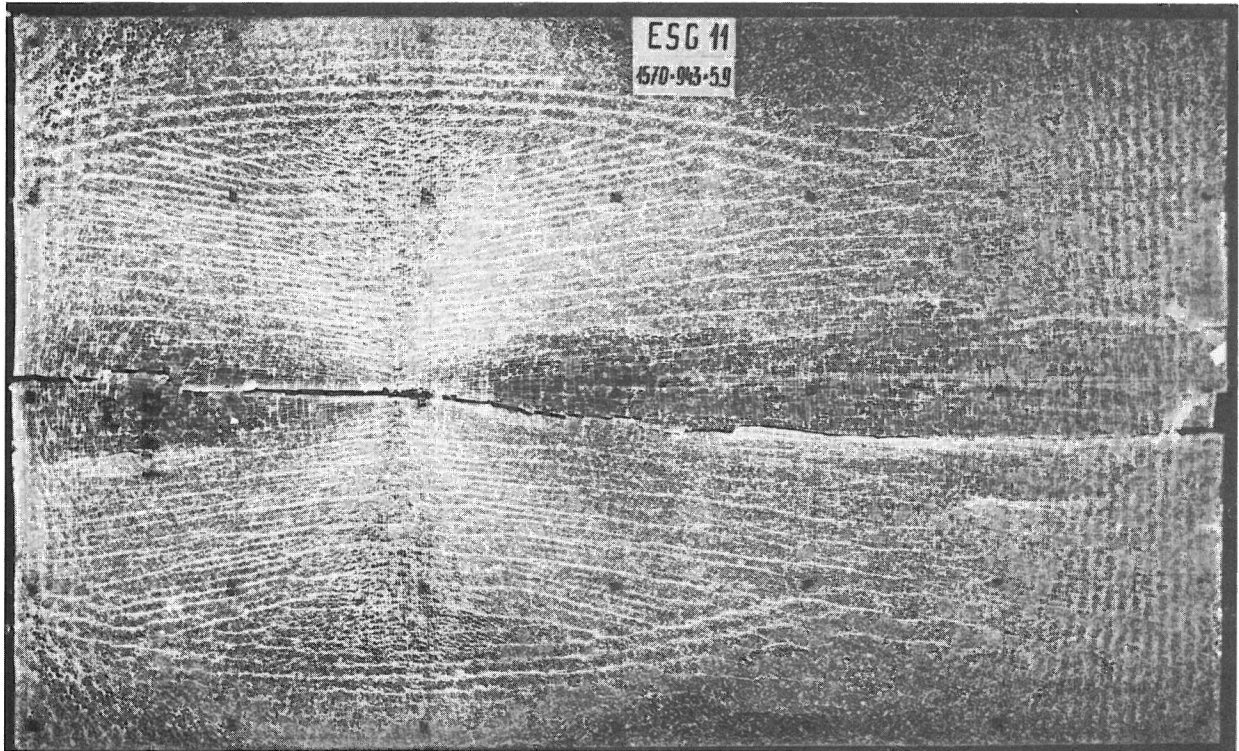


Bild 43

ESG-SCHEIBE 1570/918/5.9 (MM), 2-SEIT. AUFGELAGERT
 DEHNUNGEN IM MITTELSCHNITT (LANGE SEITEN GESTUETZT)

für den Scheibenmittelpunkt. Die Spannungen am Scheibenrand sind hier somit rd. 3 % höher als in Scheibenmitte, da auch bei diesen Scheiben für den Mittelpunkt $\epsilon_x \approx 0$ gemessen wurde (vgl. 5.4.5). Die Bilder 44 und 45 zeigen Aufnahmen typischer Bruchfiguren der Scheiben.



Bilder 44 und 45
Aufnahmen von Bruchfiguren der Serie D1.2
(ESG 0,9 m x 1,6 m x 6 mm, 2seitig gummigelagert, lange Seite gestützt)
Im Bild 45 sind zwei Bruchausgangsstellen zu erkennen.

5.4.7 ESG-Scheiben 943 mm x 2015 mm x 10 mm (Serie D2)

Die 5 Scheiben dieser Versuchsserie waren 50 cm länger und rd. 4 mm dicker als die Scheiben der Versuchsserie D1.1. Abgesehen von der größeren Stützweite wurden sie in gleicher Weise, wie unter Punkt 5.4.5 beschrieben, geprüft. Alle Scheiben wurden auf der "Luftseite" belastet. Die Ergebnisse sind in der Tabelle VII zusammengestellt. Auch hier ist zu berücksichtigen, daß die Scheiben sich wegen der Teflon-Folien auf den Auflagern nahezu reibungslos verschieben konnten (vgl. 3.2). Eine Übersicht über die Lage der Bruchausgangsstellen ist in Bild 46 zu finden. In den Bildern 47 und 48 sind die Durchbiegungen und Dehnungen im Mittelschnitt der Scheibe in Abhängigkeit von der Belastung dargestellt. Wie bei den beiden anderen Versuchsserien mit zweiseitig aufgelagerten ESG-Scheiben sind die Durchbiegungen im

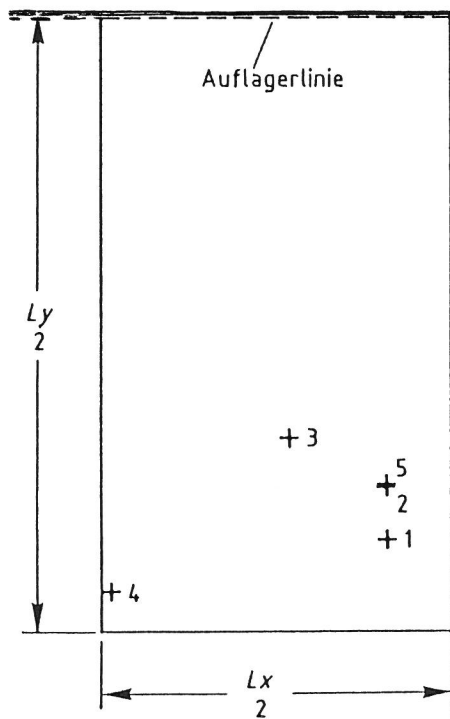


Bild 46
Übersicht über die Lage der Bruchstellen der Serie D2
(Alle Bruchstellen wurden in eine Viertelscheibe projiziert)

Tabelle VII: Versuchsdaten Serie D2
ESG-Scheiben 943/2015/10 (mm), 2seitig gelagert
(kurze Seiten gestützt), Hersteller A

Versuch Nr.	Scheibendicke	Auflager	Zugseite	Anz. d. Meßstellen	Anz. d. Meßstellen		last	Bruchspannung ¹⁾	Bruchstelle		max. Mittendurchbiegung	max. Spannung ²⁾
					Wege	DMS-Ros.			DMS	x-Koordinaten		
-	mm	-	-	-	-	-	kN/m ²	N/mm ²	mm	mm	mm	N/mm ²
1	10,04	Gummi und Teflon	Bad	5	3	-	5,01	167,4	457	150	177	170
2	10,07		Bad	5	1	3	4,50	140,2	462	235	154	148
3	10,05		Bad	5	4	8	5,18	148,9	302	315	182	176
4	10,04		Bad	5	-	16	5,17	165,6	16	65	186	176
5	10,06		Bad	5	3	3	5,07	159,0	462	240	180	172

1) max. Spannung an Bruchstelle

2) max. Zugspannung in der Scheibe (geschätzt)

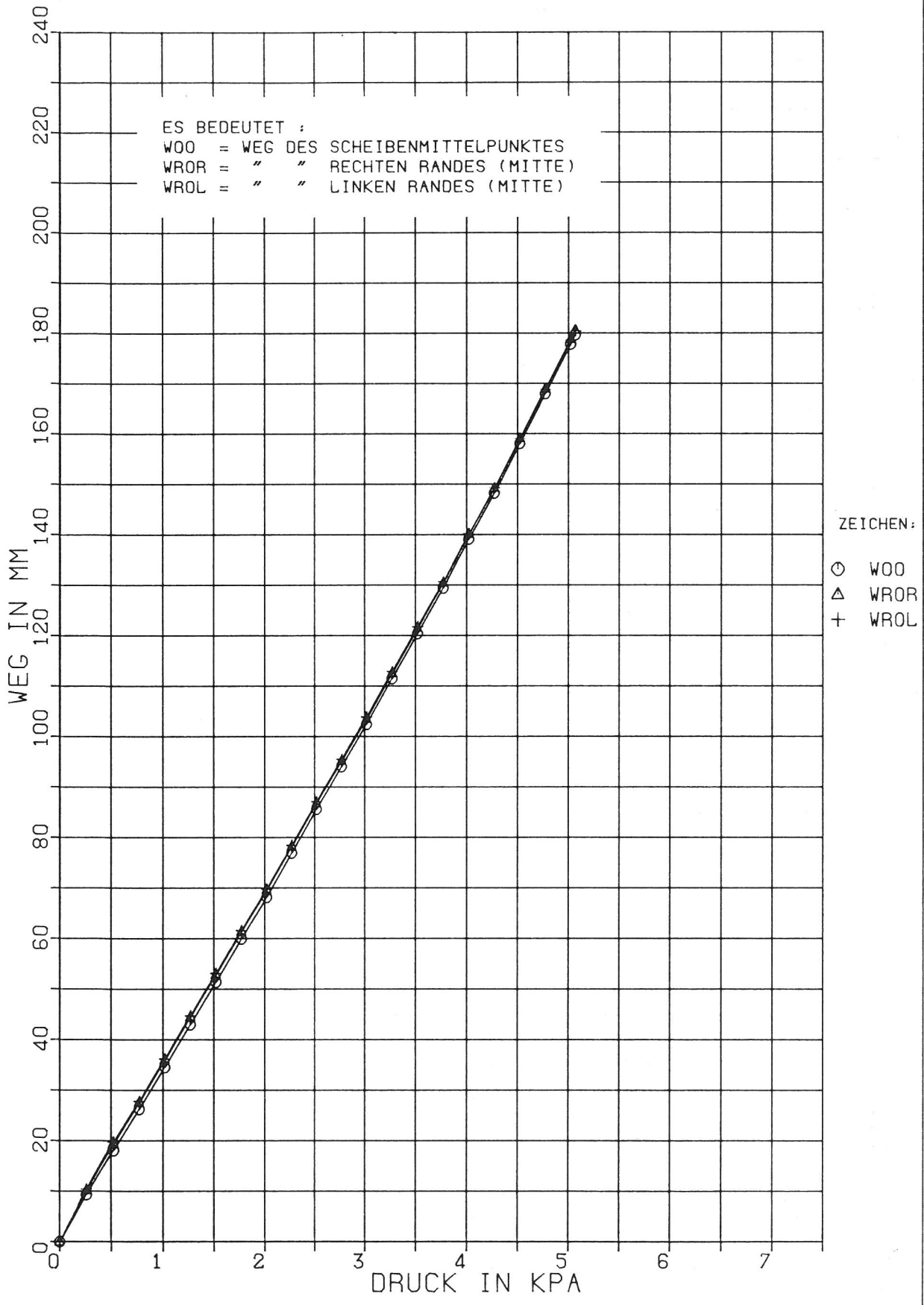


Bild 47
 ESG-SCHEIBE 943/2015/10.0 (MM), 2-SEIT. AUFGELAGERT
 DURCHBIEGUNG IM MITTELSCHNITT (KURZE SEITEN GESTUETZT)

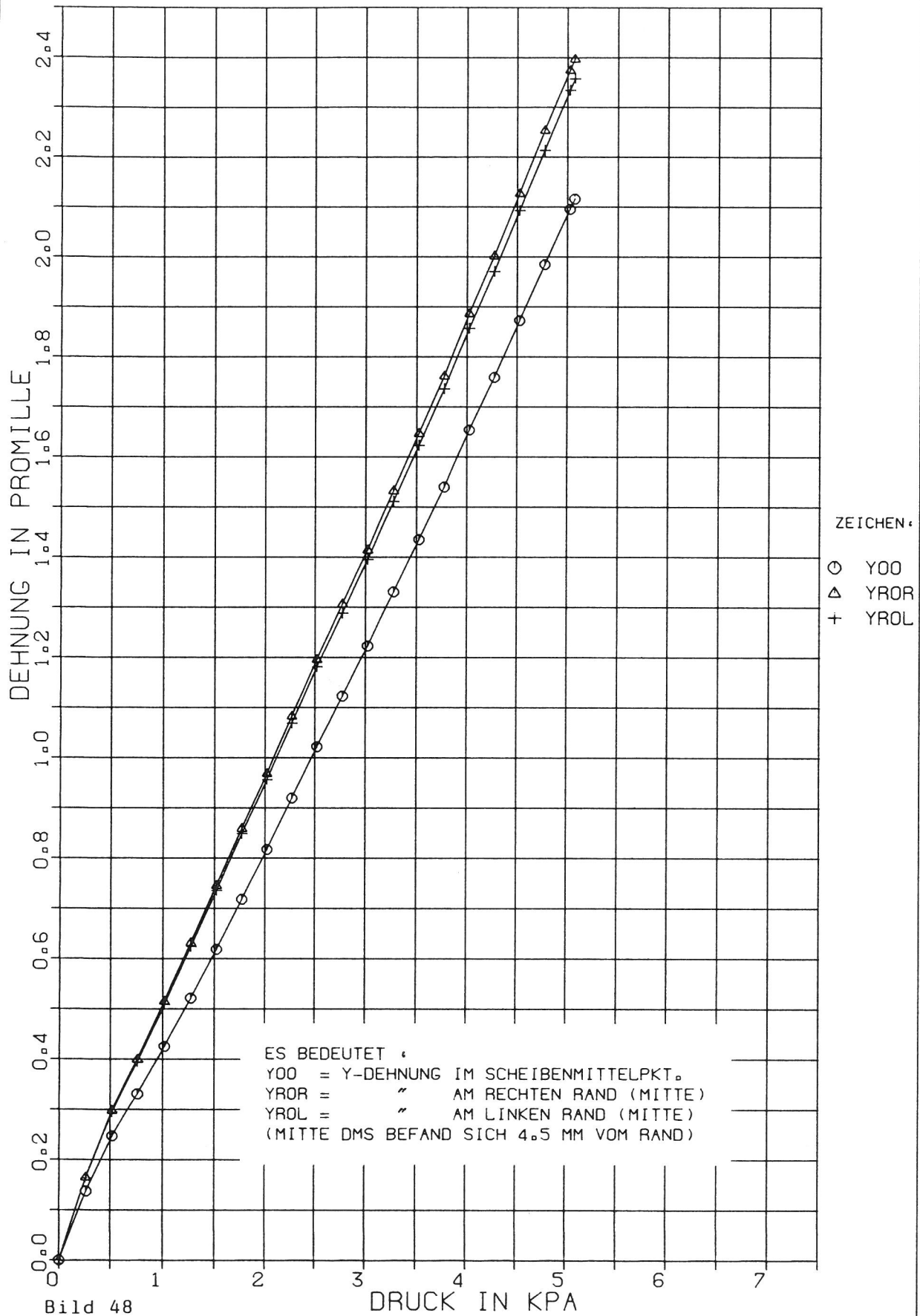
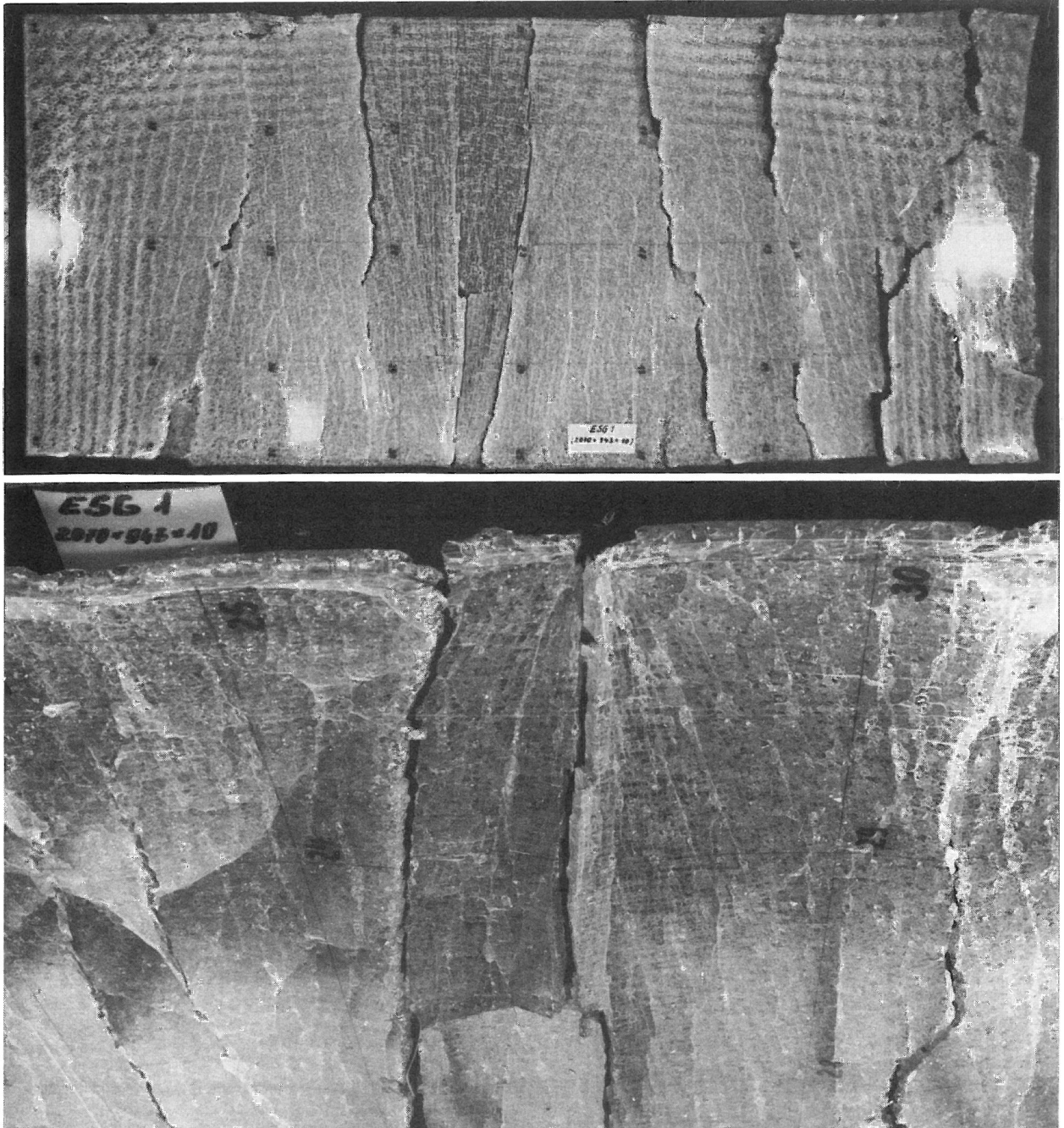


Bild 48

ESG-SCHEIBE 943/2015/10.0 (MM), 2-SEIT. AUFGELAGERT
 DEHNUNGEN IM MITTELSCHNITT (KURZE SEITEN GESTUETZT)

Mittelpunkt und an den Mitten der freien Ränder gleich groß und die Dehnungen auf der Zugseite der Scheibe am Rand größer (ca. 12 %) als in der Mitte. Da in Scheibenmitte senkrecht zur Spannrichtung Dehnungsmessungen nur sehr kleine Werte lieferten, waren die Hauptspannungen im Randbereich um rd. 5 % größer als in Scheibenmitte (vgl. 5.4.5).

Die Bruchfiguren dieser Versuchsserie entsprechen den Bruchfiguren der Serie D1.2. Die Bilder 49 und 50 zeigen Aufnahmen einer geprüften Scheibe der Serie D2.



Bilder 49 und 50

Aufnahme der Bruchfigur und Detailaufnahme des Bruchausgangspunktes einer Scheibe der Serie D2

(ESG 0,9 m x 2,0 m x 10 mm, 2seitig gummigelagert, kurze Seiten gestützt)

6. Hinweise zur Abhängigkeit der Bruchlasten großer Scheiben von der Biegefestigkeit von Flachglas

Die in [2] und hier beschriebenen Untersuchungen sollen u. a. als Grundlagen zur Beantwortung der Frage nach der Übertragbarkeit der an kleinen Probekörpern gewonnenen Ergebnisse von Biegeversuchen auf die Grenztragfähigkeit biegebelasteter großer Glasscheiben dienen.

Die Erfahrung lehrt - und die hier beschriebenen Versuche haben es bestätigt -, daß die Bruchausgangsstellen bei biegebelasteten großen Glasscheiben häufig nicht am Ort der höchsten Beanspruchung liegen. Das Beurteilungsverfahren der Grenztragfähigkeit von Baukonstruktionen der klassischen Bauweisen geht aber davon aus daß die potentielle Versagensstelle und der Ort höchster Beanspruchung zusammentreffen. Somit ist das bei den klassischen Bauweisen gebräuchliche Verfahren nicht von vornherein in der Glasbauweise anwendbar.

Bei der Berechnung der Grenztragfähigkeit einer Glasscheibe muß auch die Wahrscheinlichkeit berücksichtigt werden, daß ein Materialelement mit geringerer Festigkeit als dasjenige an der höchstbeanspruchten Stelle der Scheibe bis zum Versagen beansprucht werden kann, obwohl es in einem Bereich geringer Beanspruchung liegt. Außerdem versagt ein Glasbauteil, wenn an einer Stelle die dort vorhandene Beanspruchbarkeit erreicht wird. Die Beanspruchung kann z. B. durch die Stützwirkung benachbarter Materialelemente o. ä. nicht umgelagert werden.

Dieses gilt grundsätzlich auch für die Probekörper, an denen die Biegeversuche nach Norm zur Ermittlung von Kennwerten für die Beurteilung der Biegefestigkeit des Materials durchgeführt werden. Als anschauliches Modell für diese Versagensart kann das Kettenmodell dienen: Der Grenzwiderstand der mit konstanter Zugspannung beanspruchten Fläche (Traglast der Kette) ist erreicht, wenn die Zugspannung (Zugkraft in der Kette) die Festigkeit an irgendeiner Stelle (die Traglast irgendeines Kettengliedes) erreicht. Streuen die Festigkeitswerte der Materialelemente in dieser Fläche, so steigt die Versagenswahrscheinlichkeit mit der Größe der Fläche (Kettenlänge). Die in den Normversuchen ermittelten Ergebnisse sind also keine Materialkennwerte im

Sinne einer Materialfestigkeit (Traglast eines Kettengliedes), sondern Bruchlasten von kleinen Scheiben unter konstanter Beanspruchung (Traglasten von Ketten geringer Länge). Sie sind zu den Bruchlasten großer Scheiben mit örtlich unterschiedlicher Beanspruchung (Traglasten langer Ketten mit abschnittsweise unterschiedlicher Zugkraft) in Beziehung zu setzen.

Die in [2] und hier dokumentierten Versuchsergebnisse werden in dem vorstehend beschriebenen Sinne in [3] ausgewertet.

Literatur

- [1] Egner, K.. Ermittlung der zulässigen Biegebeanspruchungen großer Glasscheiben bei gleichmäßig verteilter Flächenbelastung.
Berichte aus der Bauforschung, Heft 83, Wilhelm Ernst & Sohn, Berlin 1973
- [2] Mellmann, G., Maultzsch, M.: Untersuchungen zur Biegefestigkeit von Flachglas.
Abschlußbericht zum BAM-Vorhaben Nr. 2127, Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM), Berlin, Juli 1989
- [3] Brünner, W., Mellmann, G., Struck, W.: Biegefestigkeit und Tragfähigkeit von Scheiben aus Flachglas für bauliche Anlagen.
Zusammenfassende Auswertung zu den BAM-Vorhaben Nr. 2127 und 2216. Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM), Berlin, Juli 1989
- [4] Bath, H., Kuns, J., Willms, W.: Spannungs- und Verformungsanalyse für rechteckige Glasplatten bei großen Durchbiegungen.
Abschlußbericht zum Forschungsvorhaben Nr. 5704. Institut für Technische Mechanik der RWTH Aachen (Direktor Prof. Dr.rer.nat. Georg Rieder), Aachen, April 1986

Ergebniskurven der Durchbiegungs- und
Dehnungsmessungen
an vierseitig aufgelagerten ESG-Scheiben

Versuchsserie : A1

Stützweite : $L_x = 1015\text{mm}$
 $L_y = 1015\text{mm}$

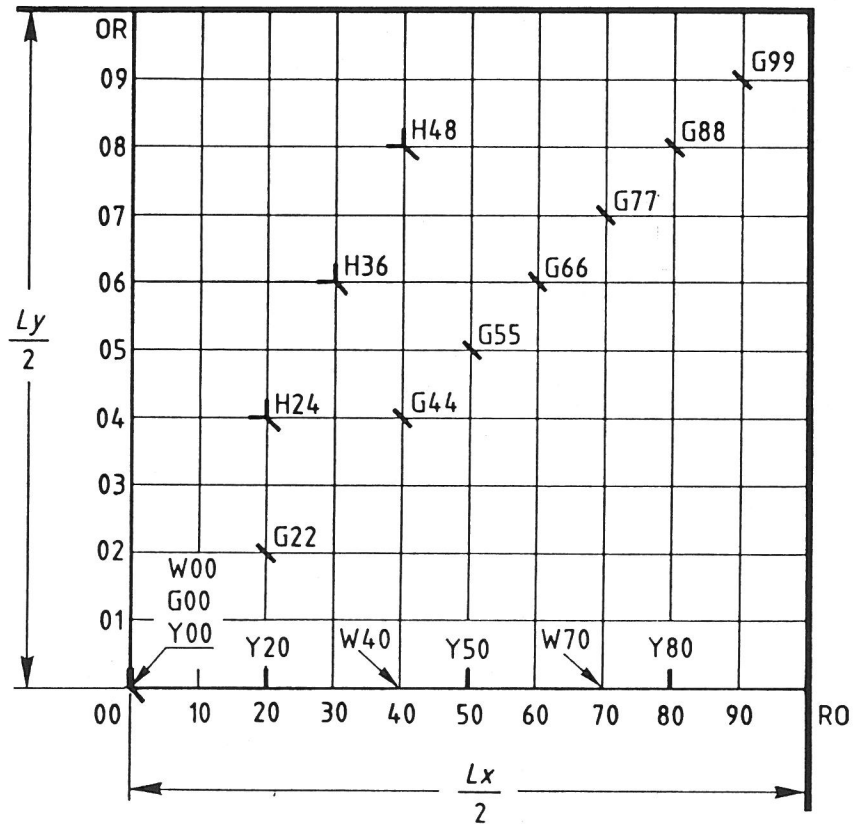
Seitenverhältnis : $L_x/L_y = 1:1$

Scheibendicke : $D = 5,9\text{mm}$

Auflager : Gummi (45 Shore-A) $4\text{mm} \times 15\text{mm}$

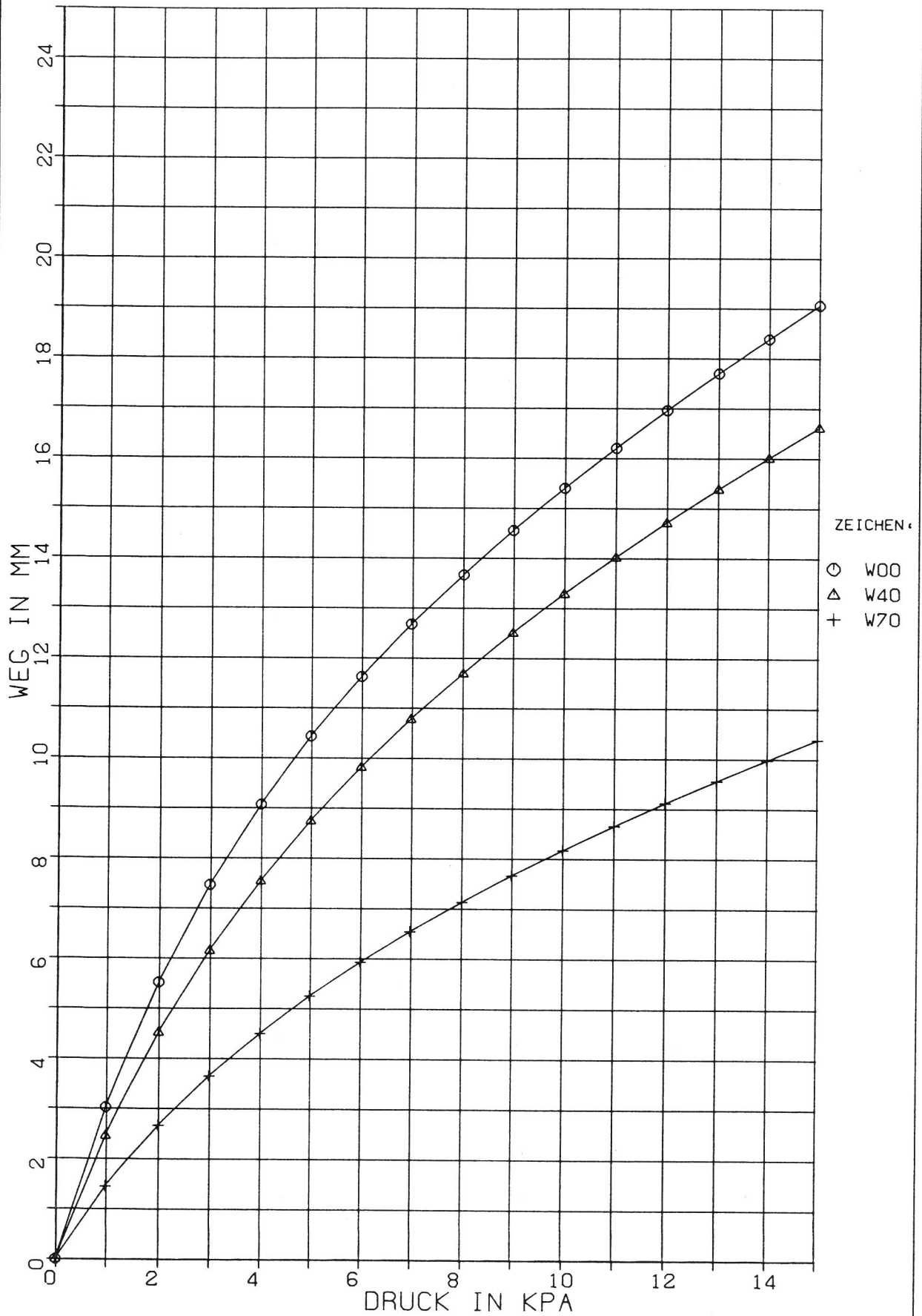
Lage und Bezeichnung der Meßgrößen:

Die eingetragenen Bezeichnungen gelten für die unbelastete
Scheibenseite. Bei Meßgrößen der Lastseite wird ein "0" angehängt.

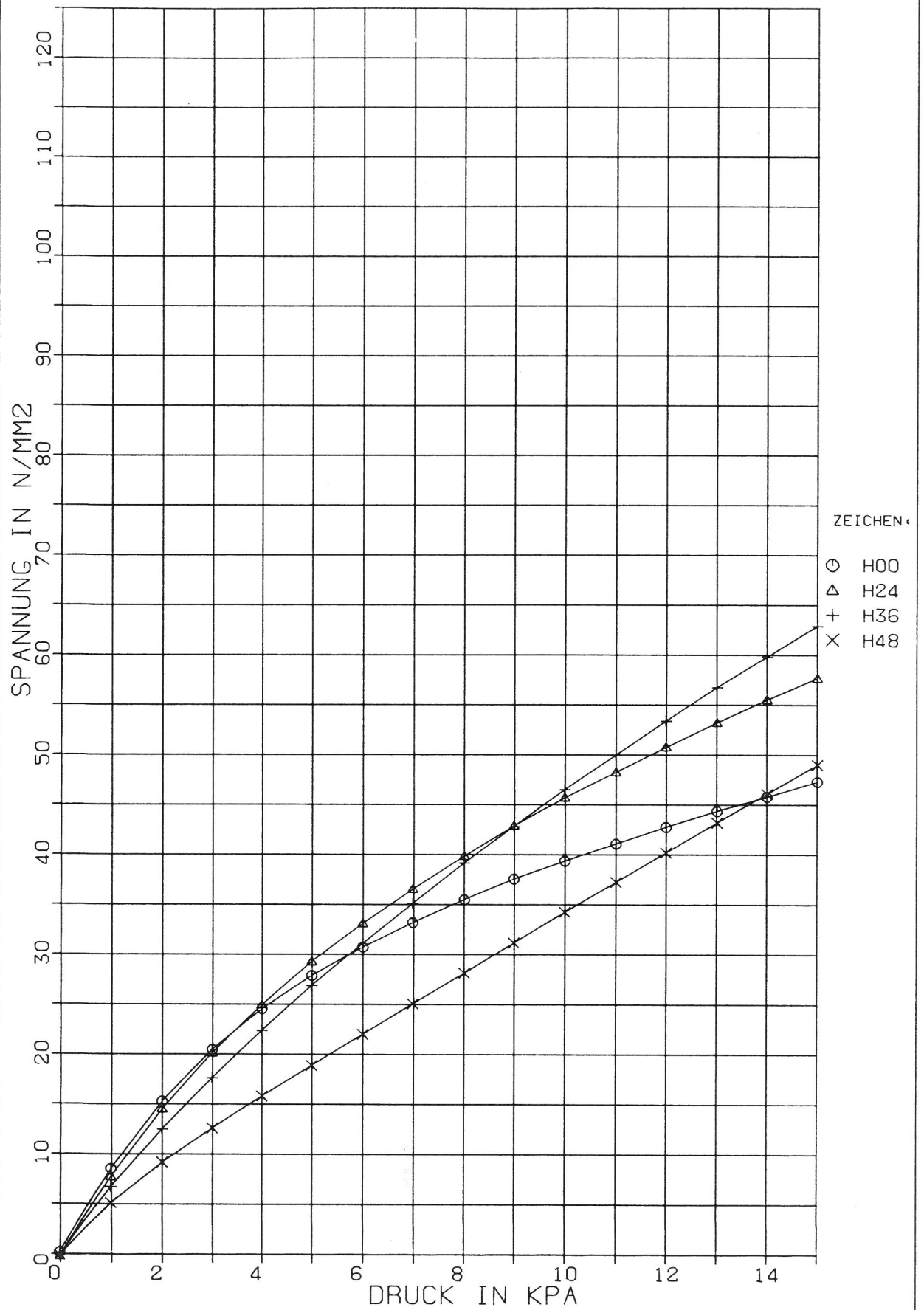


Rasterlinienabstand : x-Richtung, $R_x = 50,75\text{mm}$
y-Richtung, $R_y = 50,75\text{mm}$

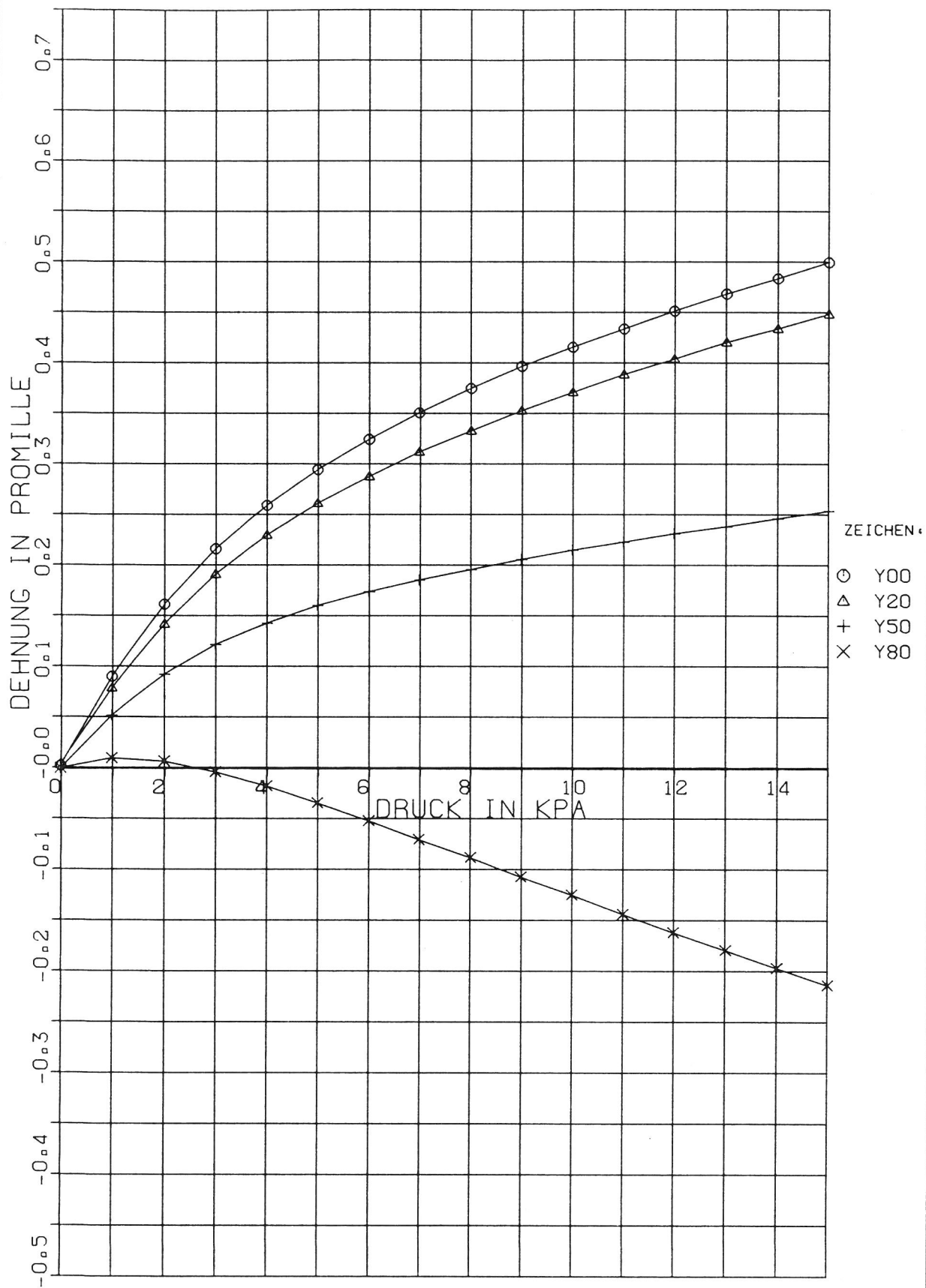
Erläuterung der Kurzbezeichnungen siehe Punkt 5.1 des Berichtes



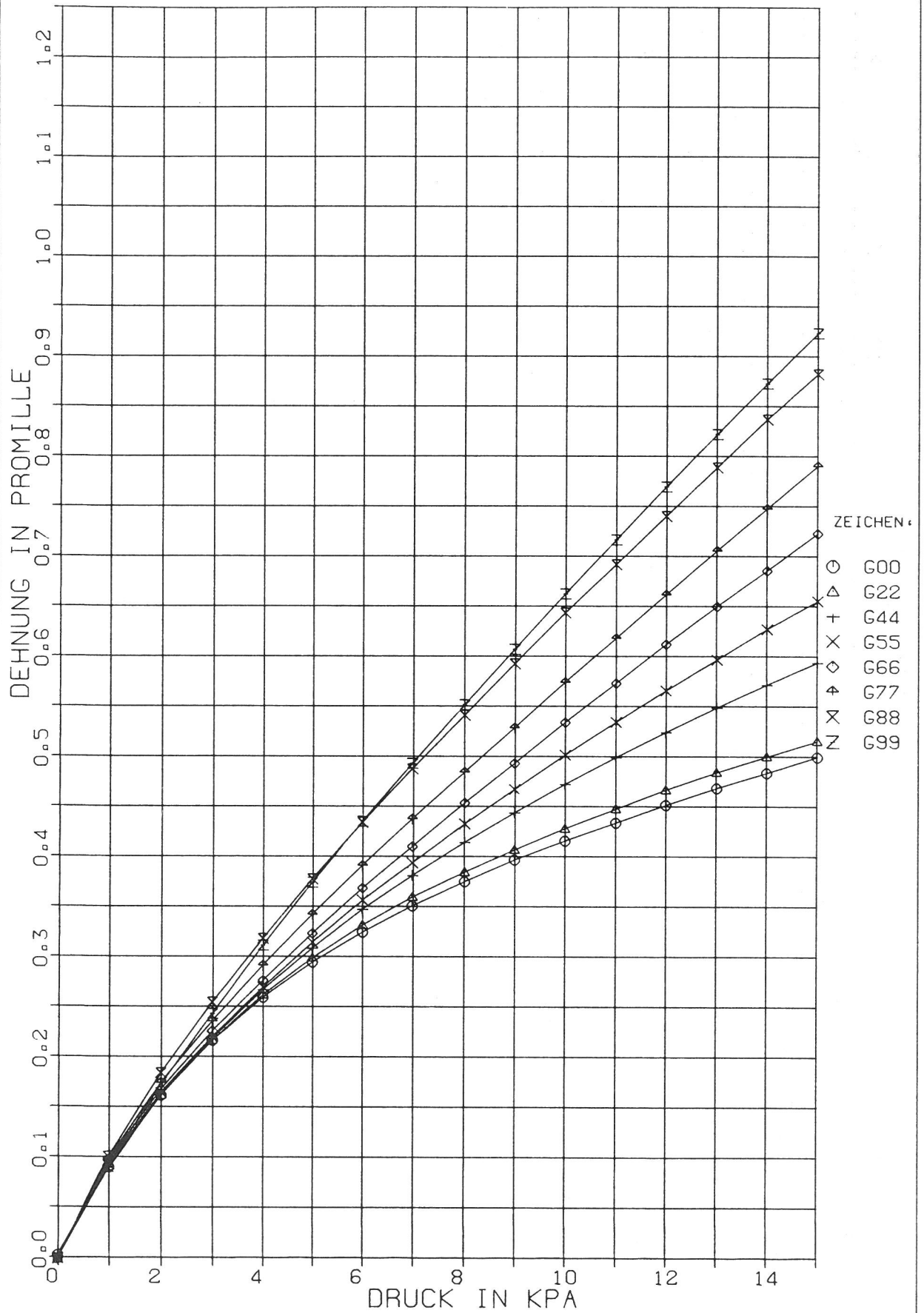
ESG-SCHEIBE 1015/1015/5.9 (MM), 4SEIT. GUMMIGELAGERT
 DURCHBIEGUNGEN DER SCHEIBE (ECKEN FIXIERT)



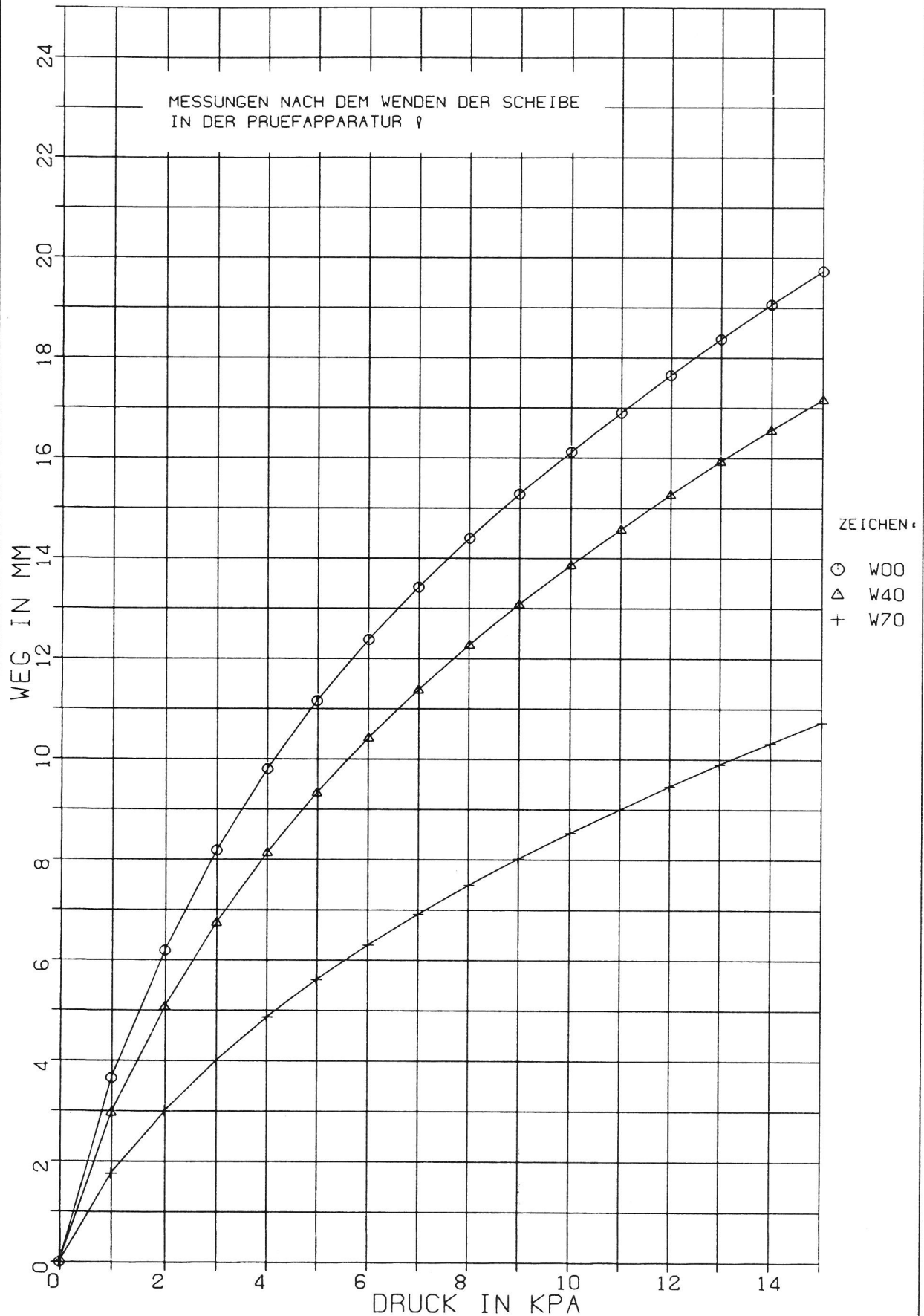
ESG-SCHEIBE 1015/1015/5.9 (MM), 4SEIT. GUMMIGELAGERT
 SPANNUNGEN AUS DMS (E=71000 N/MM2, ECKEN FIXIERT)



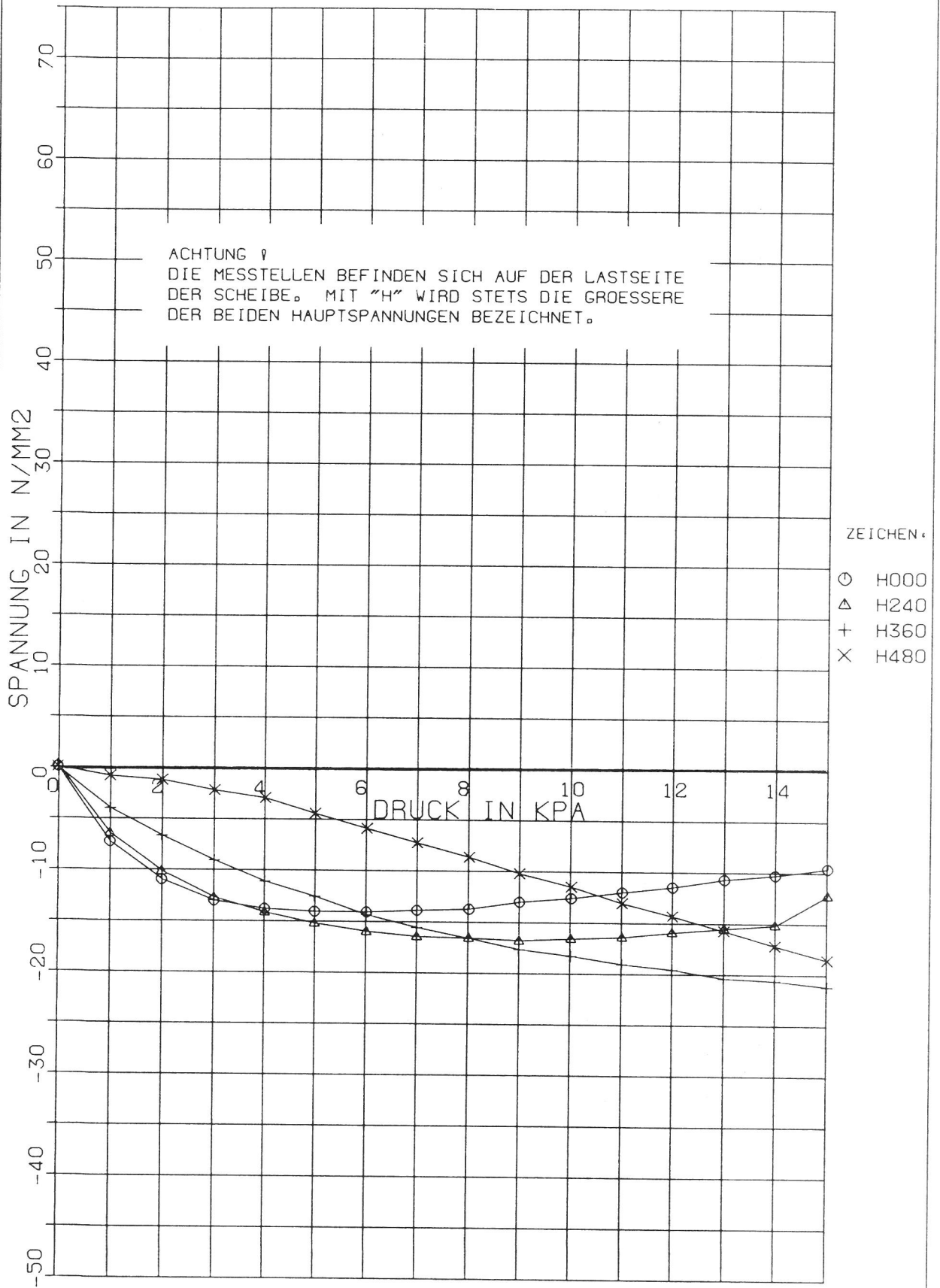
ESG-SCHEIBE 1015/1015/5.9 (MM), 4SEIT. GUMMIGELAGERT
 DEHNUNGEN AUS EINZEL-DMS (ECKEN FIXIERT)



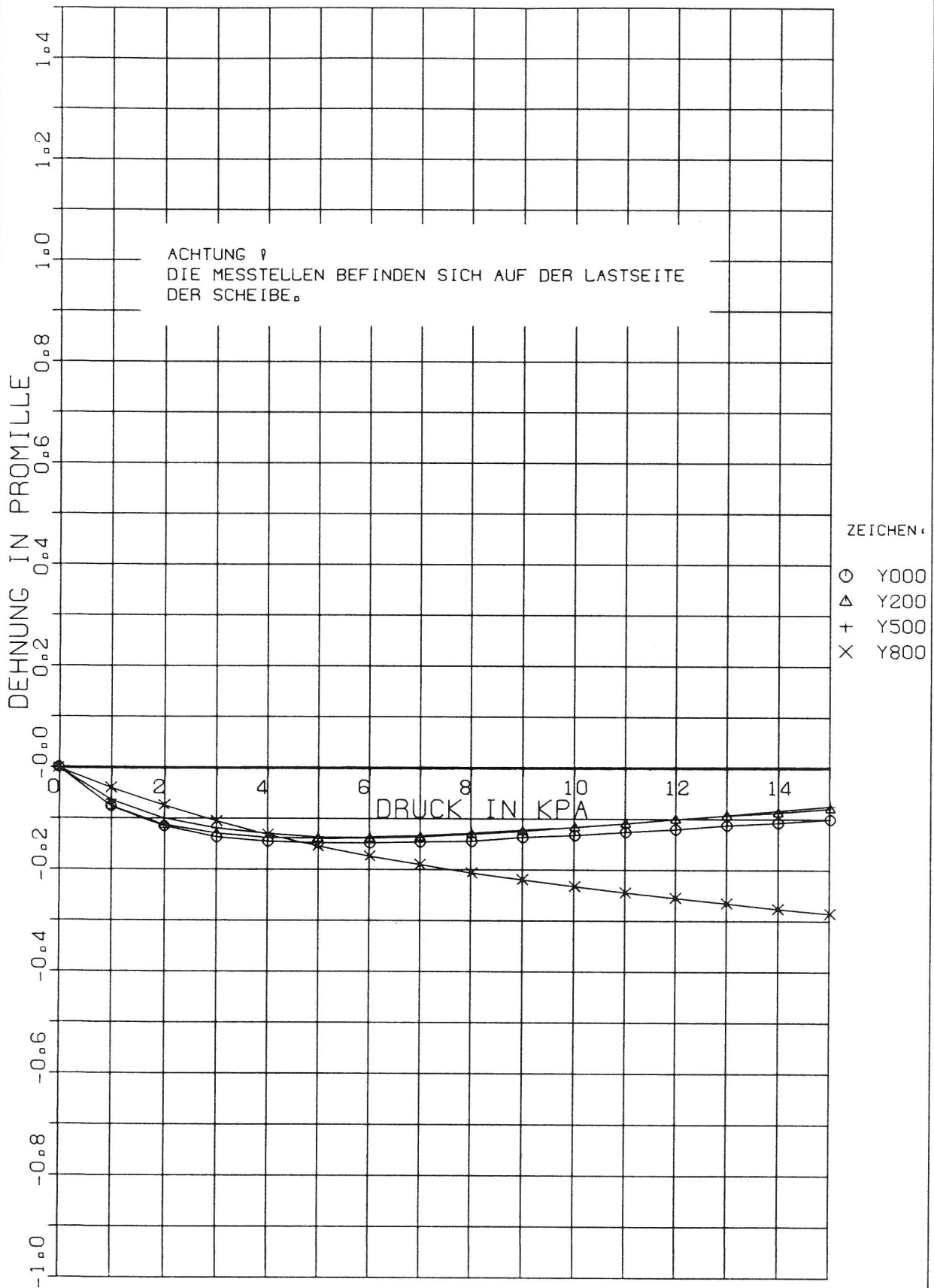
ESG-SCHEIBE 1015/1015/5.9 (MM), 4SEIT. GUMMIGELAGERT
 DEHNUNGEN AUS EINZEL-DMS (ECKEN FIXIERT)



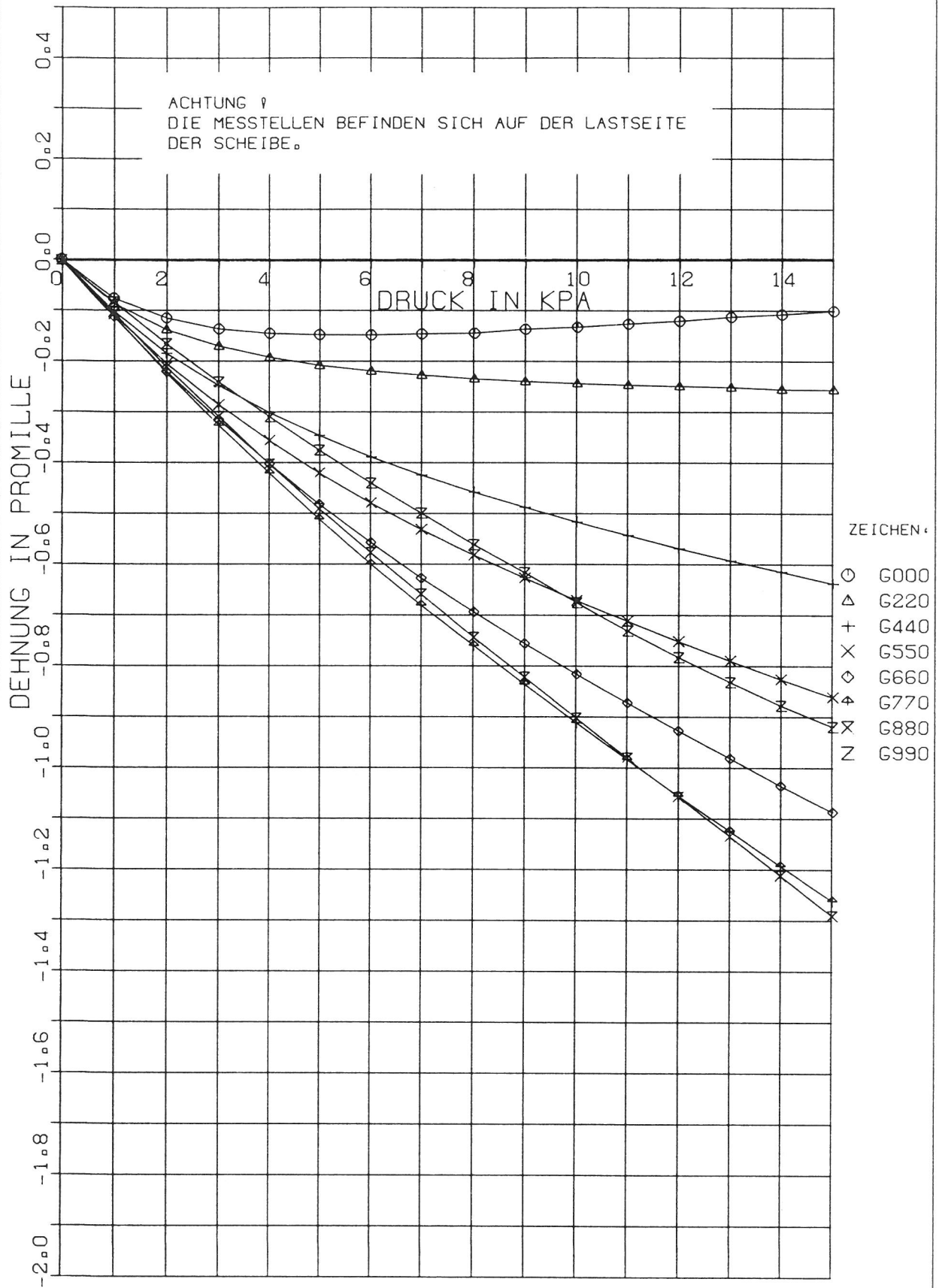
ESG-SCHEIBE 1015/1015/5.9 (MM), 4SEIT. GUMMIGELAGERT
DURCHBIEGUNGEN DER SCHEIBE (ECKEN FIXIERT)



ESG-SCHEIBE 1015/1015/5,9 (MM), 4SEIT. GUMMIGELAGERT
SPANNUNGEN AUS DMS (E=71000 N/MM2, ECKEN FIXIERT)



ESG-SCHEIBE 1015/1015/5.9 (MM), 4SEIT. GUMMIGELAGERT
DEHNUNGEN AUS EINZEL-DMS (ECKEN FIXIERT)



ESG-SCHEIBE 1015/1015/5.9 (MM), 4SEIT. GUMMIGELAGERT
DEHNUNGEN AUS EINZEL-DMS (ECKEN FIXIERT)

Versuchsserie : C1 (Bruchversuche)

Stützweite : $L_x = 1015\text{mm}$

$L_y = 1015\text{mm}$

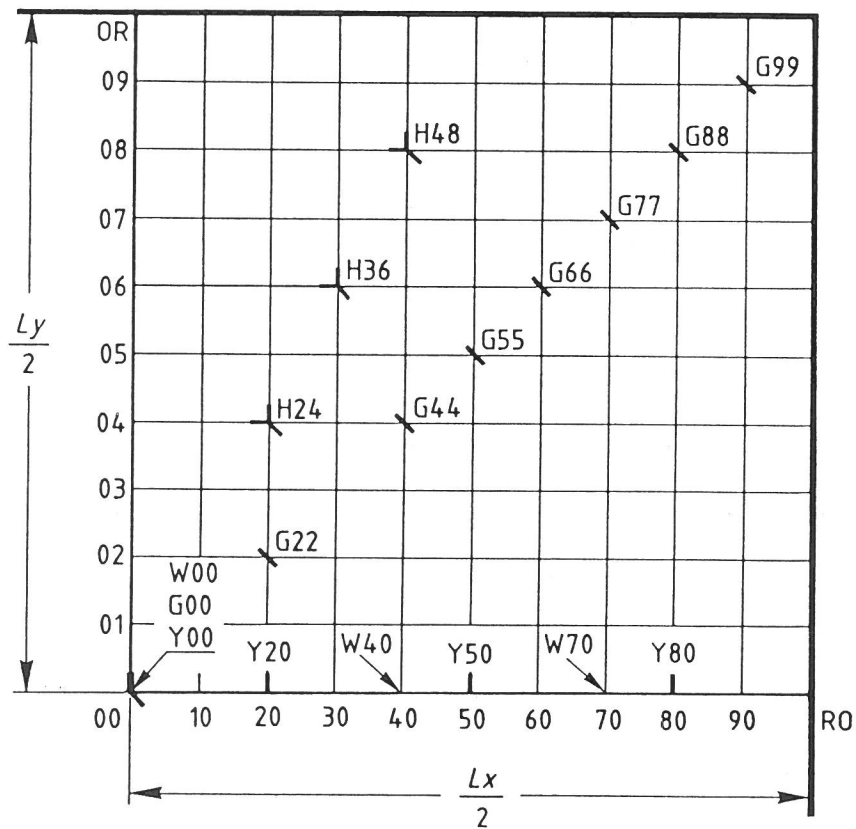
Seitenverhältnis : $L_x/L_y = 1:1$

Scheibendicke : $D = 5,9\text{mm}$

Auflager : Gummi (45 Shore-A) $4\text{mm} \times 15\text{mm}$

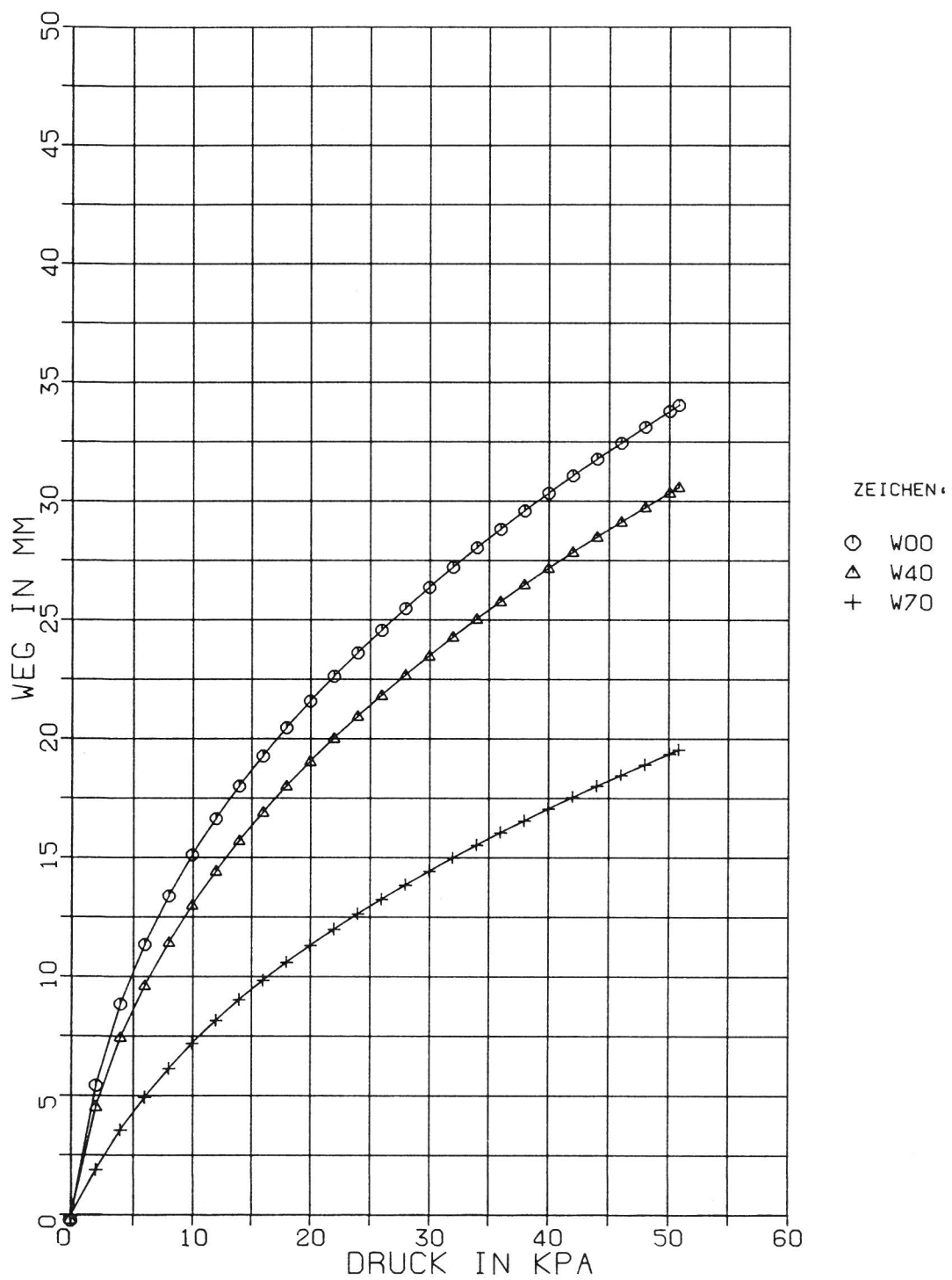
Lage und Bezeichnung der Meßgrößen:

Die eingetragenen Bezeichnungen gelten für die unbelastete Scheibenseite. Bei Meßgrößen der Lastseite wird ein "0" angehängt.

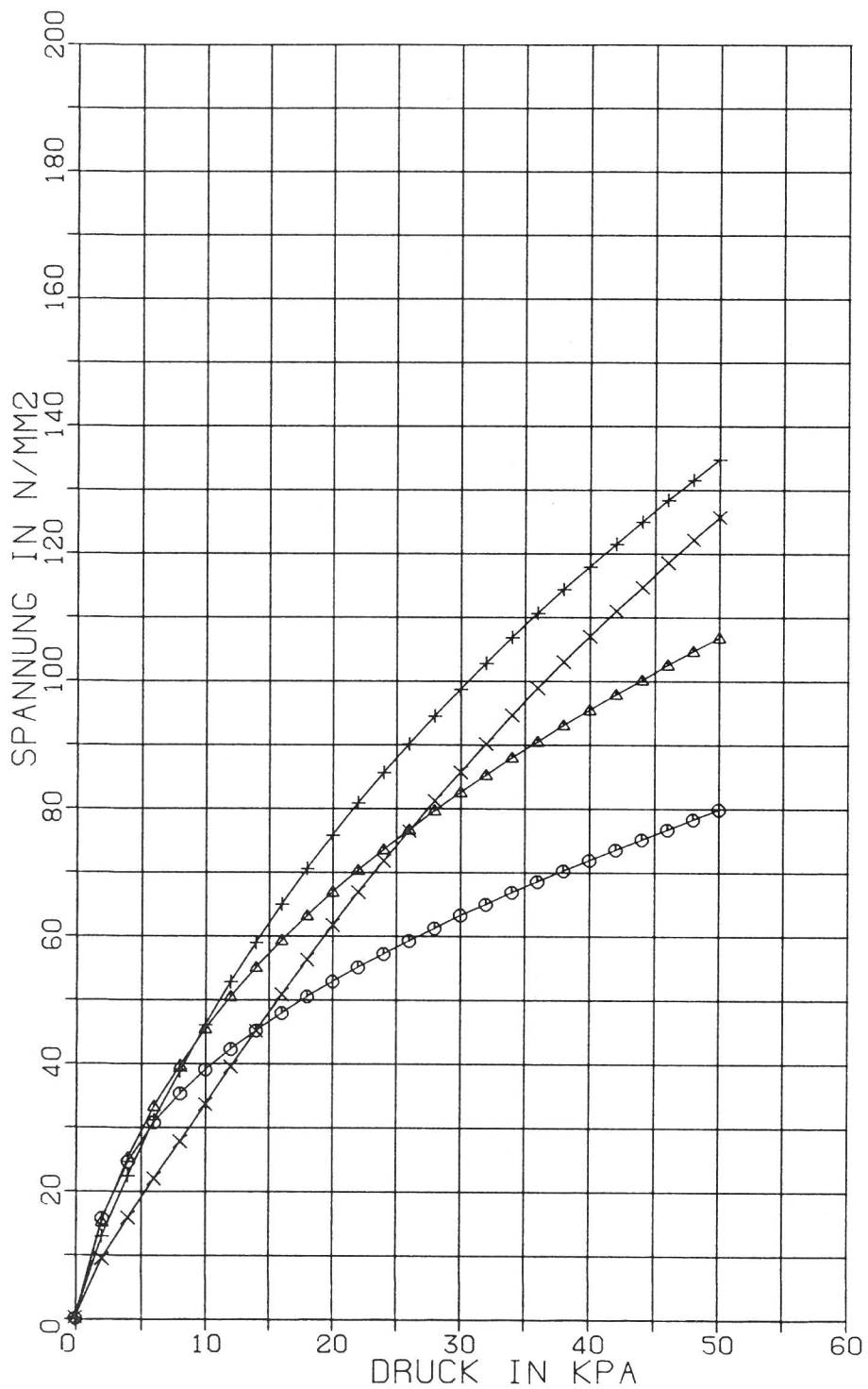


Rasterlinienabstand : x -Richtung, $R_x = 50,75\text{mm}$
 y -Richtung, $R_y = 50,75\text{mm}$

Erläuterung der Kurzbezeichnungen siehe Punkt 5.1 des Berichtes

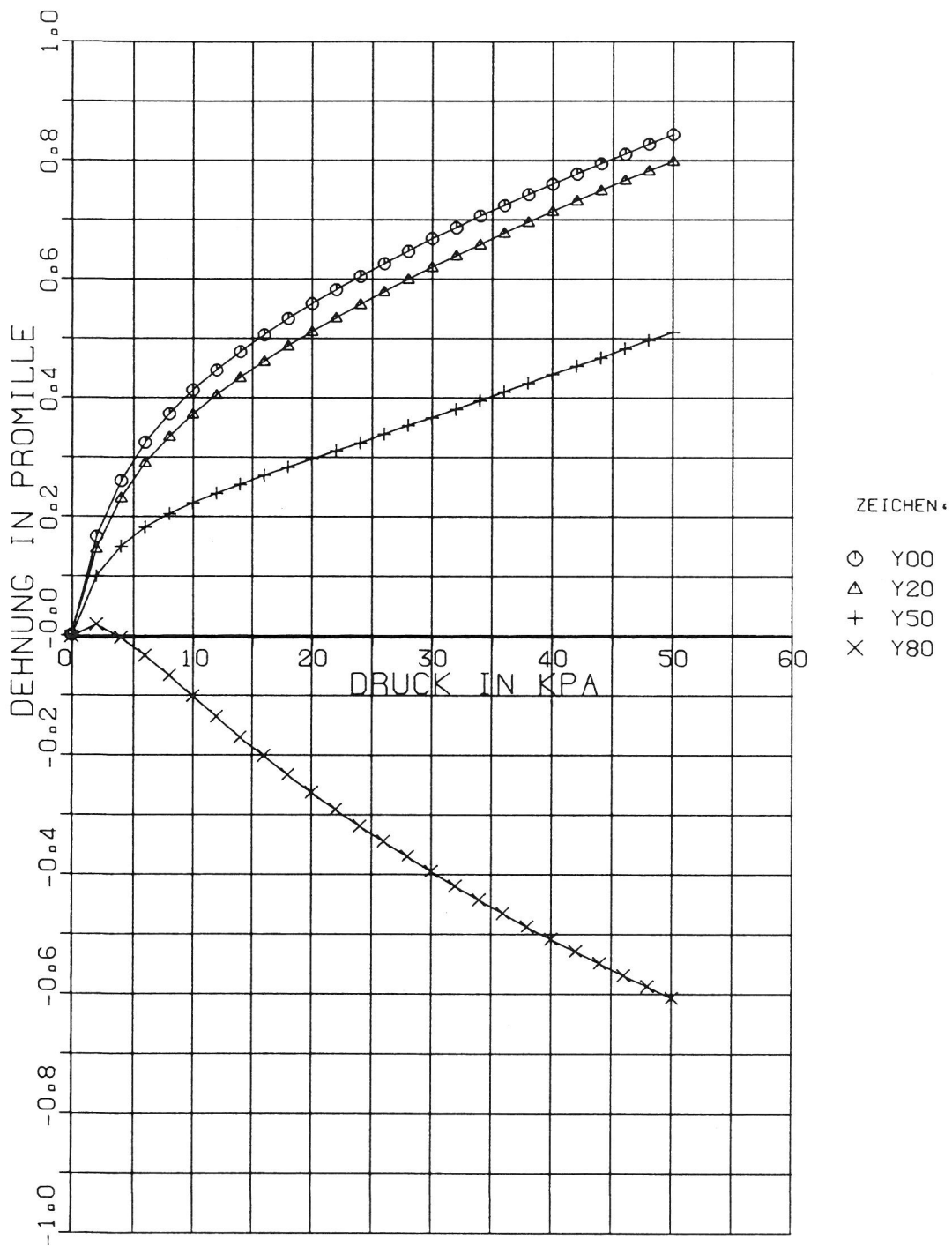


ESG-SCHEIBE 1015/1015/5.9 (MM), 4SEIT. GUMMIGELAGERT
 DURCHBIEGUNGEN DER SCHEIBE (ECKEN FIXIERT)

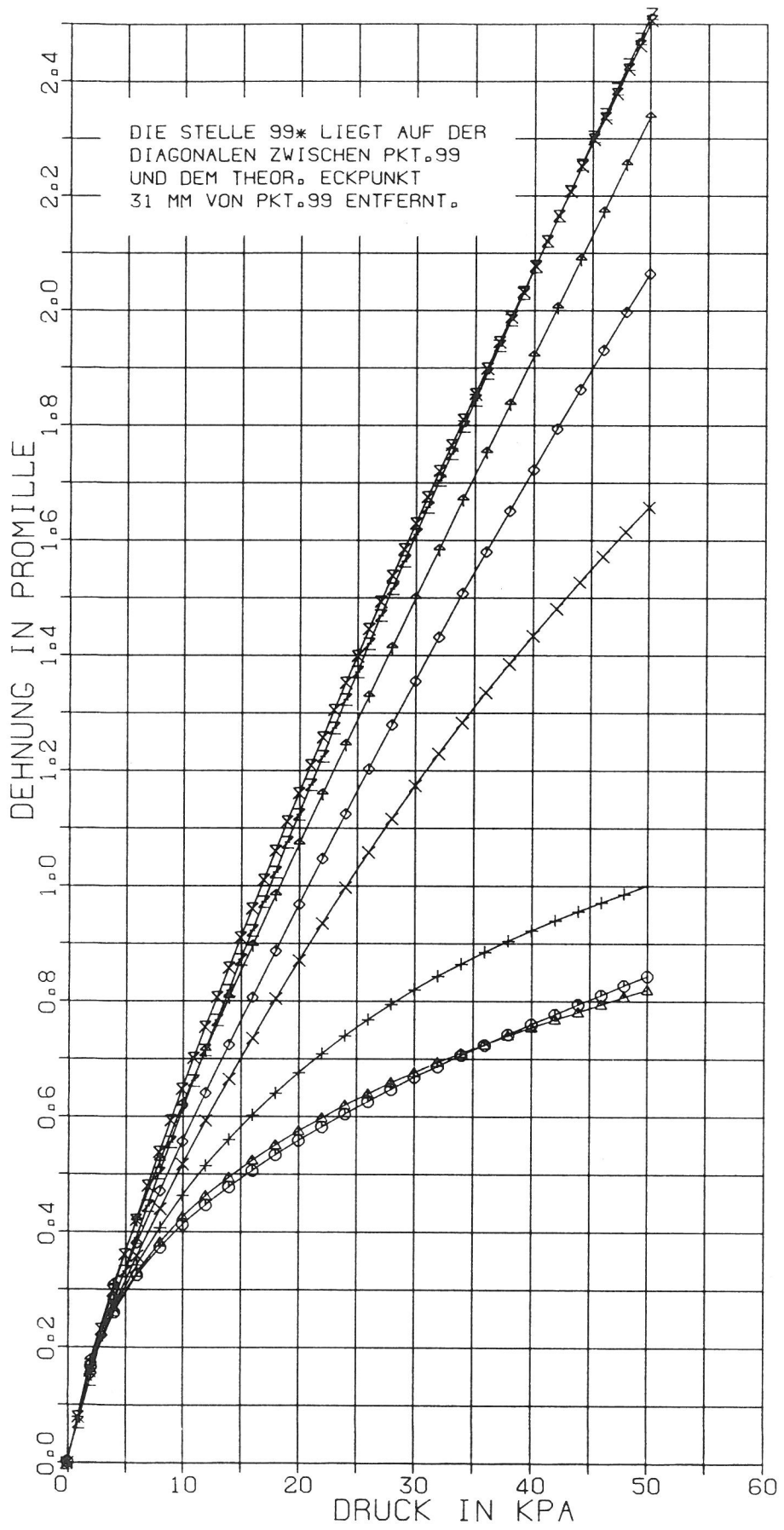


ZEICHEN:
 ○ H00
 △ H24
 + H36
 × H48

ESG-SCHEIBE 1015/1015/5.9 (MM), 4SEIT. GUMMIGELAGERT
 SPANNUNGEN AUS DMS (E=71000 N/MM2, ECKEN FIXIERT)



ESG-SCHEIBE 1015/1015/5.9 (MM), 4SEIT. GUMMIGELAGERT
 DEHNUNGEN AUS EINZEL-DMS (ECKEN FIXIERT)



ESG-SCHEIBE 1015/1015/5.9 (MM), 4SEIT. GUMMIGELAGERT
DEHNUNGEN AUS EINZEL-DMS (ECKEN FIXIERT)

Versuchsserie : A2.1

Stützweite : $L_x = 1015 \text{ mm}$

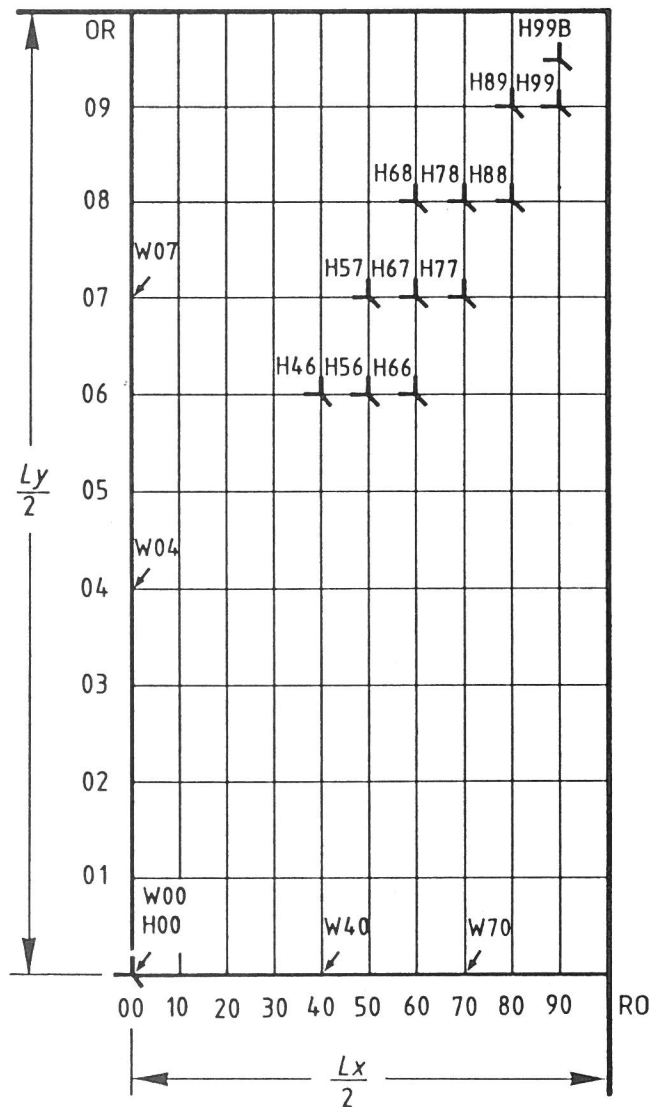
: $L_y = 2015 \text{ mm}$

Seitenverhältnis : $L_x/L_y = 1 : 2$

Scheibendicke : $D = 5,9 \text{ mm}$

Auflager : Gummi (45 Shore-A), 4 mm x 15 mm

Lage und Bezeichnung der Meßgrößen:



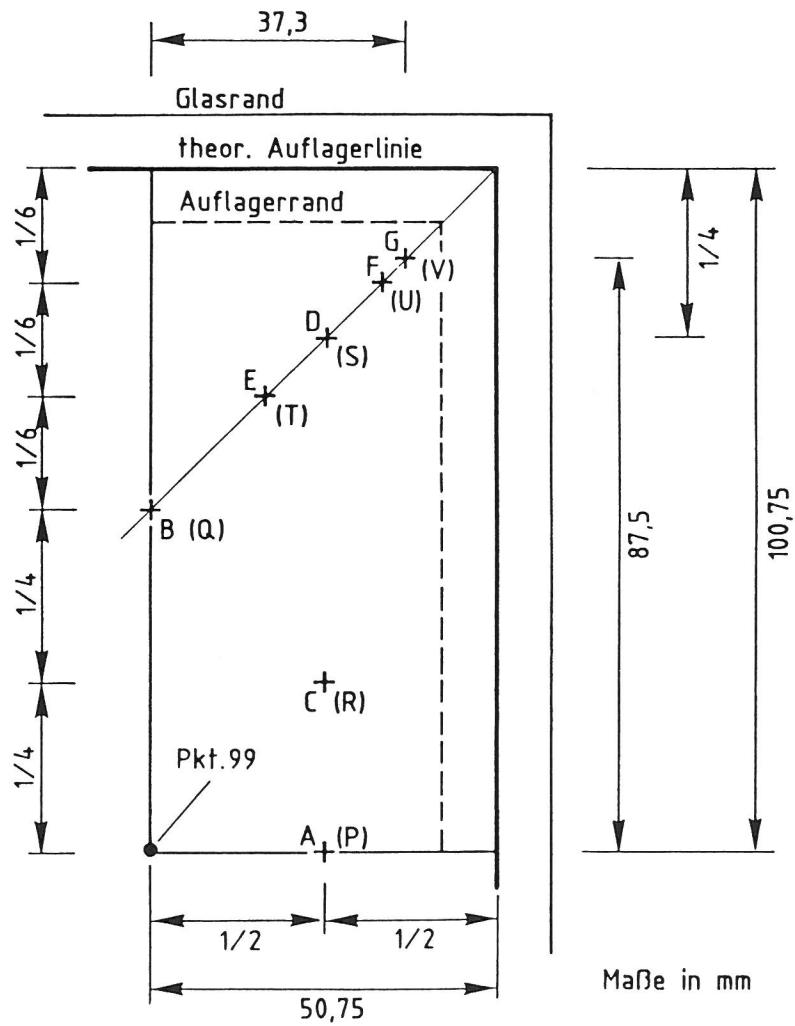
Rasterlinienabstand : x-Richtung, $R_x = 50,75 \text{ mm}$
 y-Richtung, $R_y = 100,75 \text{ mm}$

Erläuterung der Kurzbezeichnungen siehe Pkt.5.1 des Berichtes
 Vereinbarung des vierten Zeichens dazu siehe Seite 74 des Anhangs

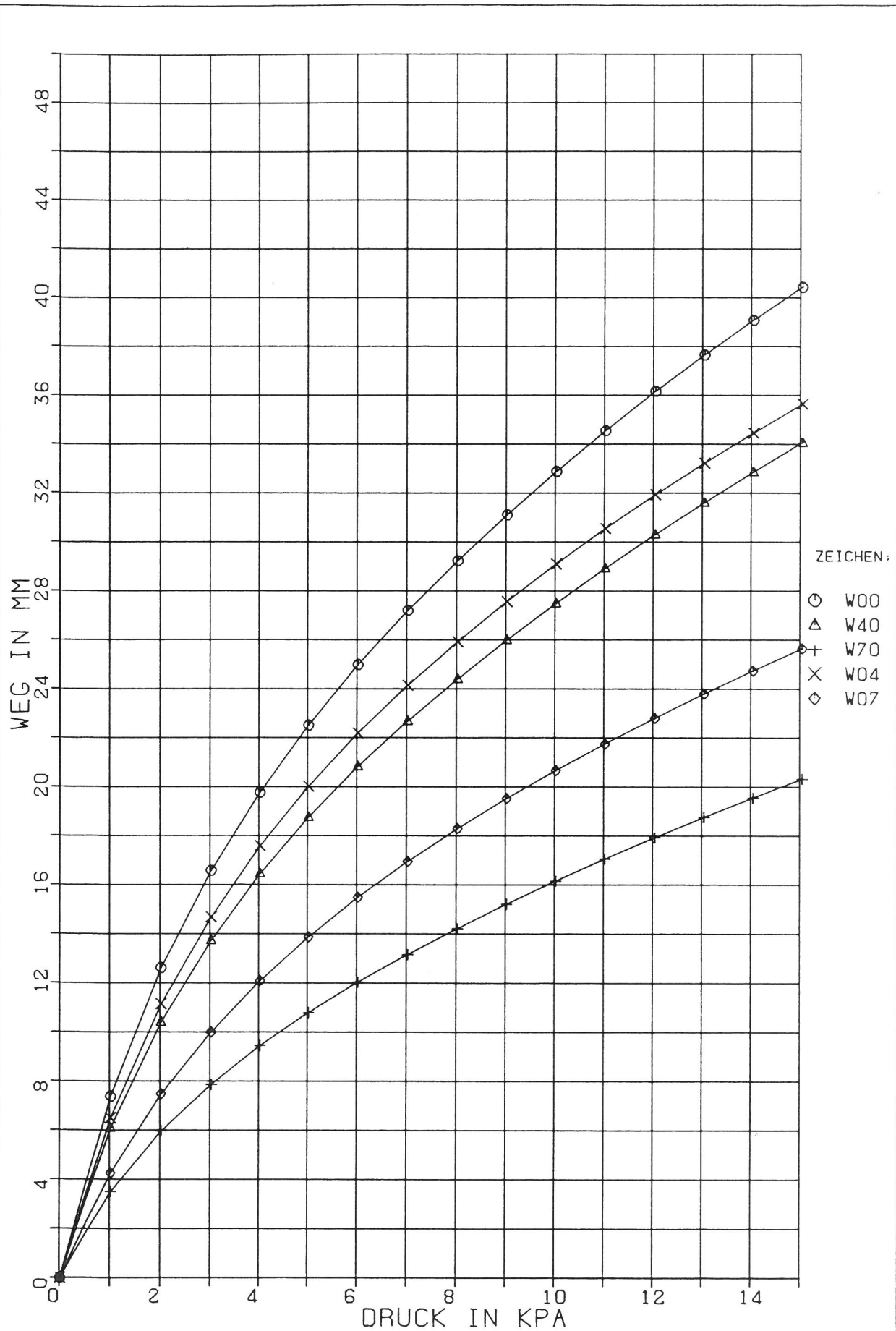
Glasscheiben 1015mm × 2015mm × 5,9mm

Vereinbarung der Kurzbezeichnungen für Meßgrößen auf der unbelasteten Scheibenseite

(Liegen die Meßstellen auf der belasteten Seite der Scheibe, so sind an die 4.Stelle der Kurzbezeichnungen die in Klammern angegebenen Zeichen zu setzen.)

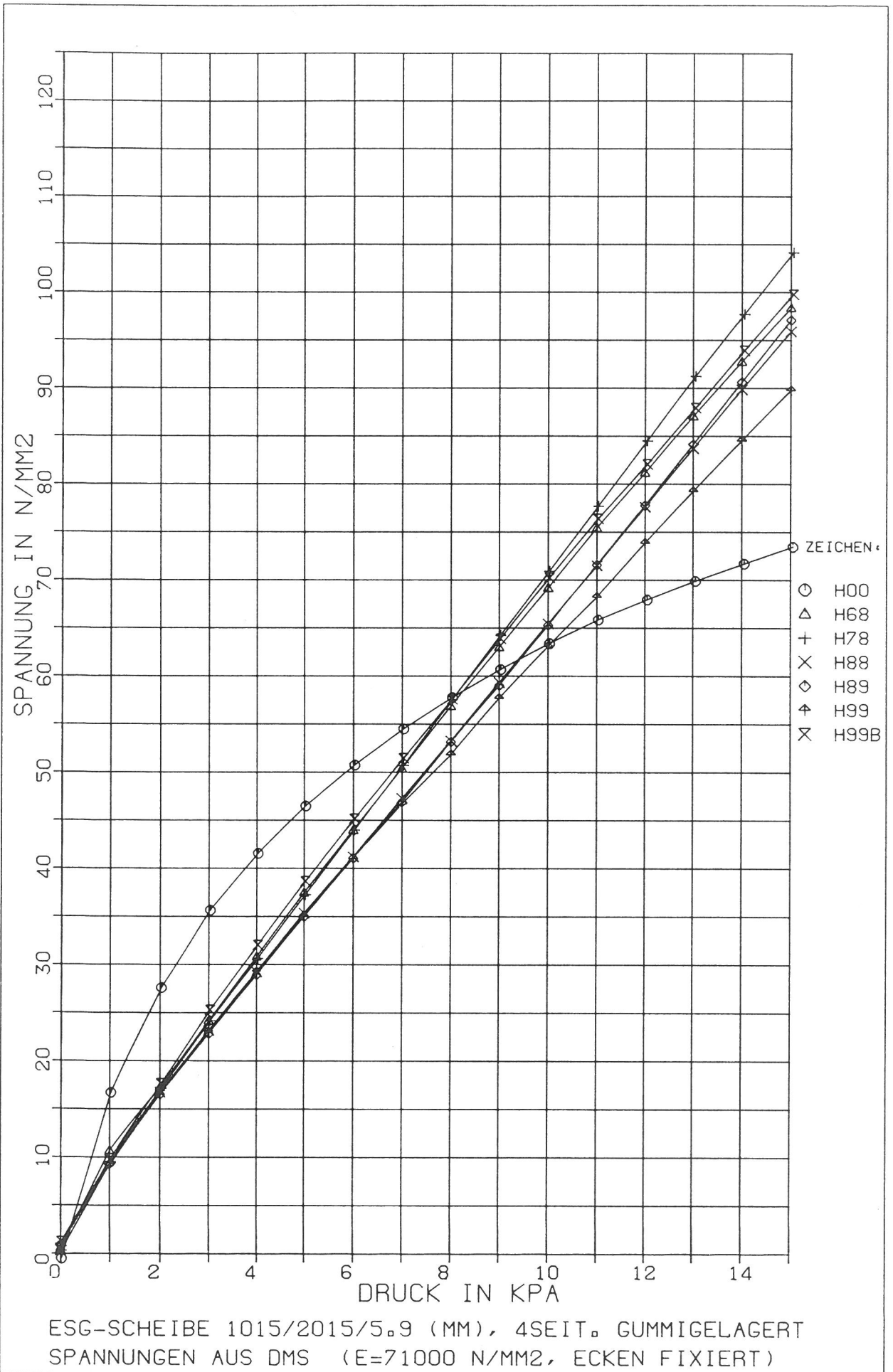


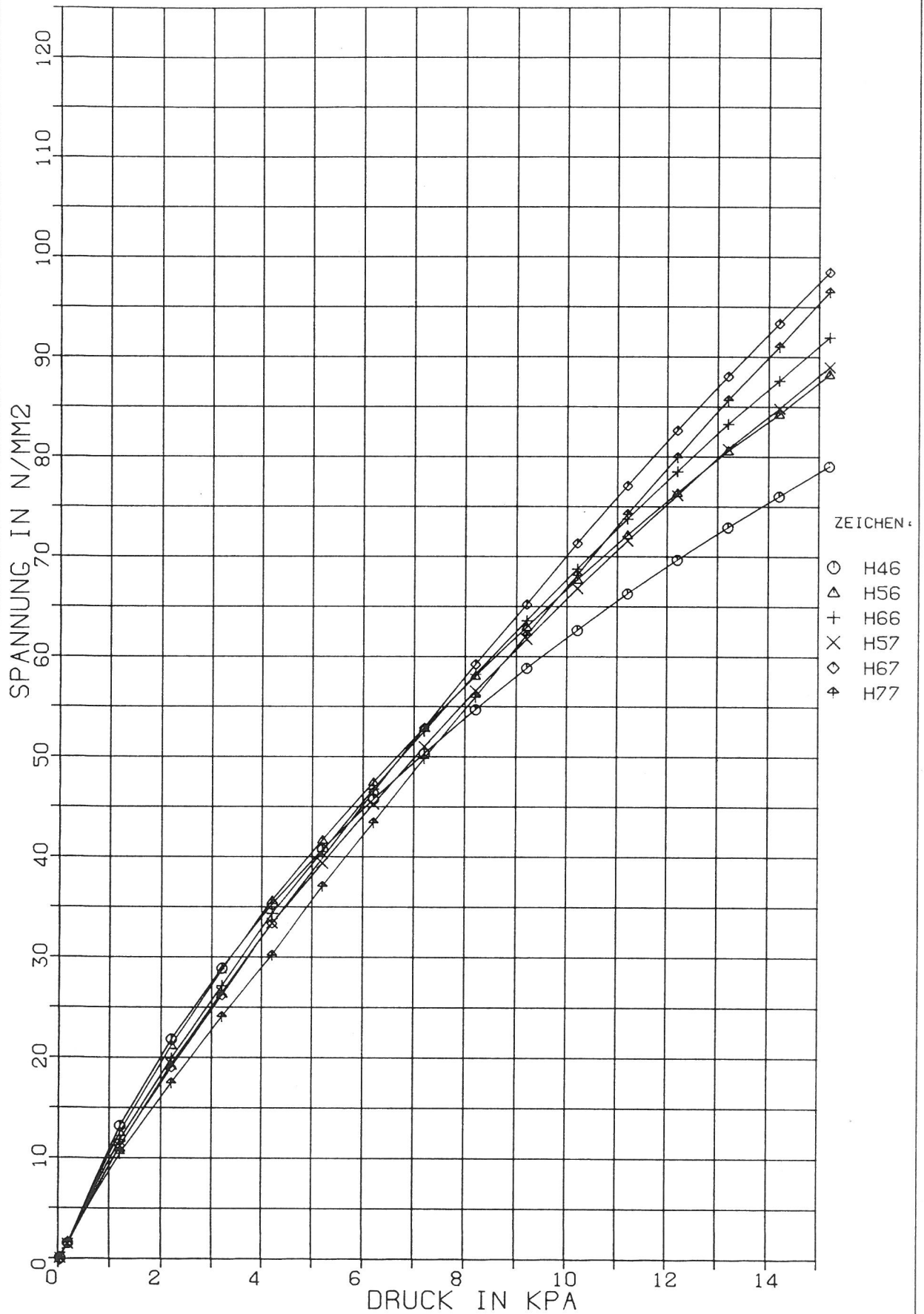
Die Bezeichnungen gelten sinngemäß für alle Raster-Teilflächen der Scheibe.



ZEICHEN:
 ○ W00
 △ W40
 + W70
 × W04
 ◇ W07

ESG-SCHEIBE 1015/2015/5,9 (MM), 4SEIT. GUMMIGELAGERT
 DURCHBIEGUNGEN DER SCHEIBE (ECKEN FIXIERT)





ESG-SCHEIBE 1015/2015/5.9 (MM), 4SEIT. GUMMIGELAGERT
 SPANNUNGEN AUS DMS (E=71000 N/MM2, ECKEN FIXIERT)

Versuchsserie : A 2.2

Stützweite : $L_x = 1015 \text{ mm}$

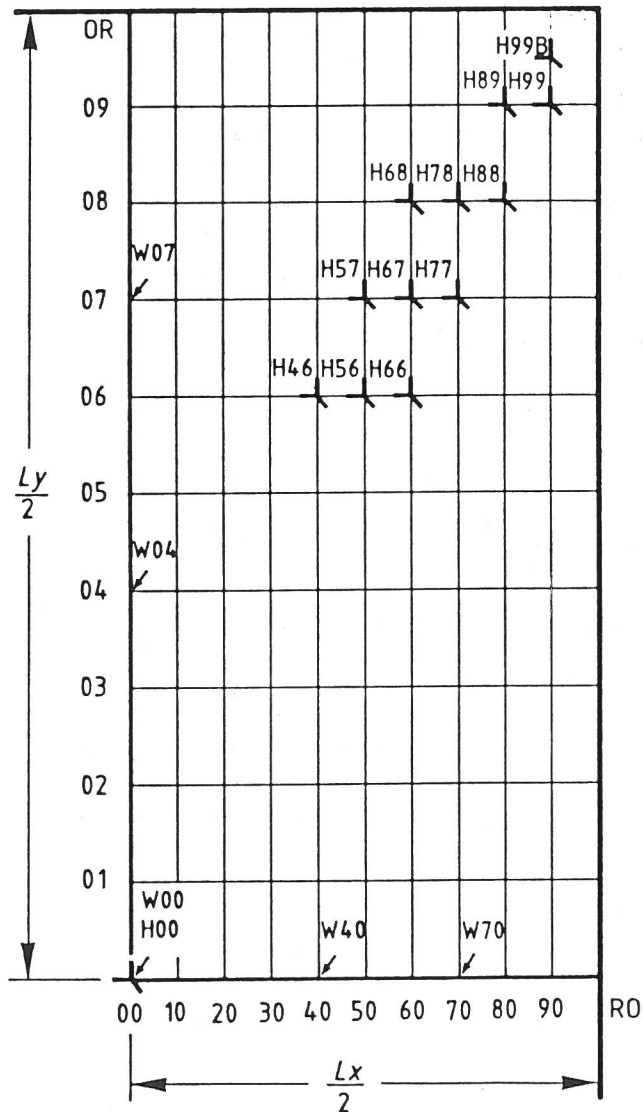
: $L_y = 2015 \text{ mm}$

Seitenverhältnis : $L_x/L_y = 1 : 2$

Scheibendicke : $D = 5,9 \text{ mm}$

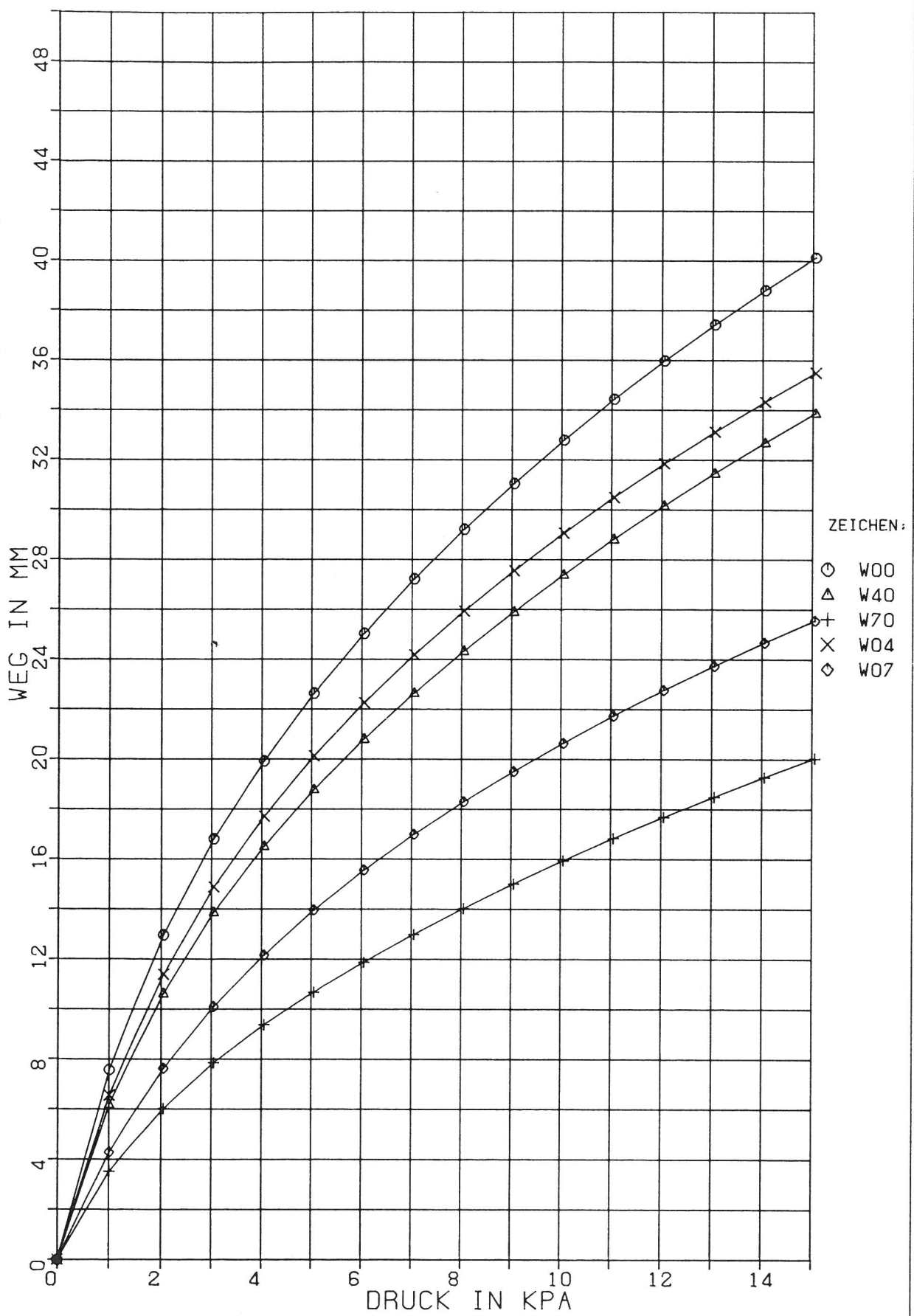
Auflager : Messing-Rundmaterial, $R = 10 \text{ mm}$

Lage und Bezeichnung der Meßgrößen:



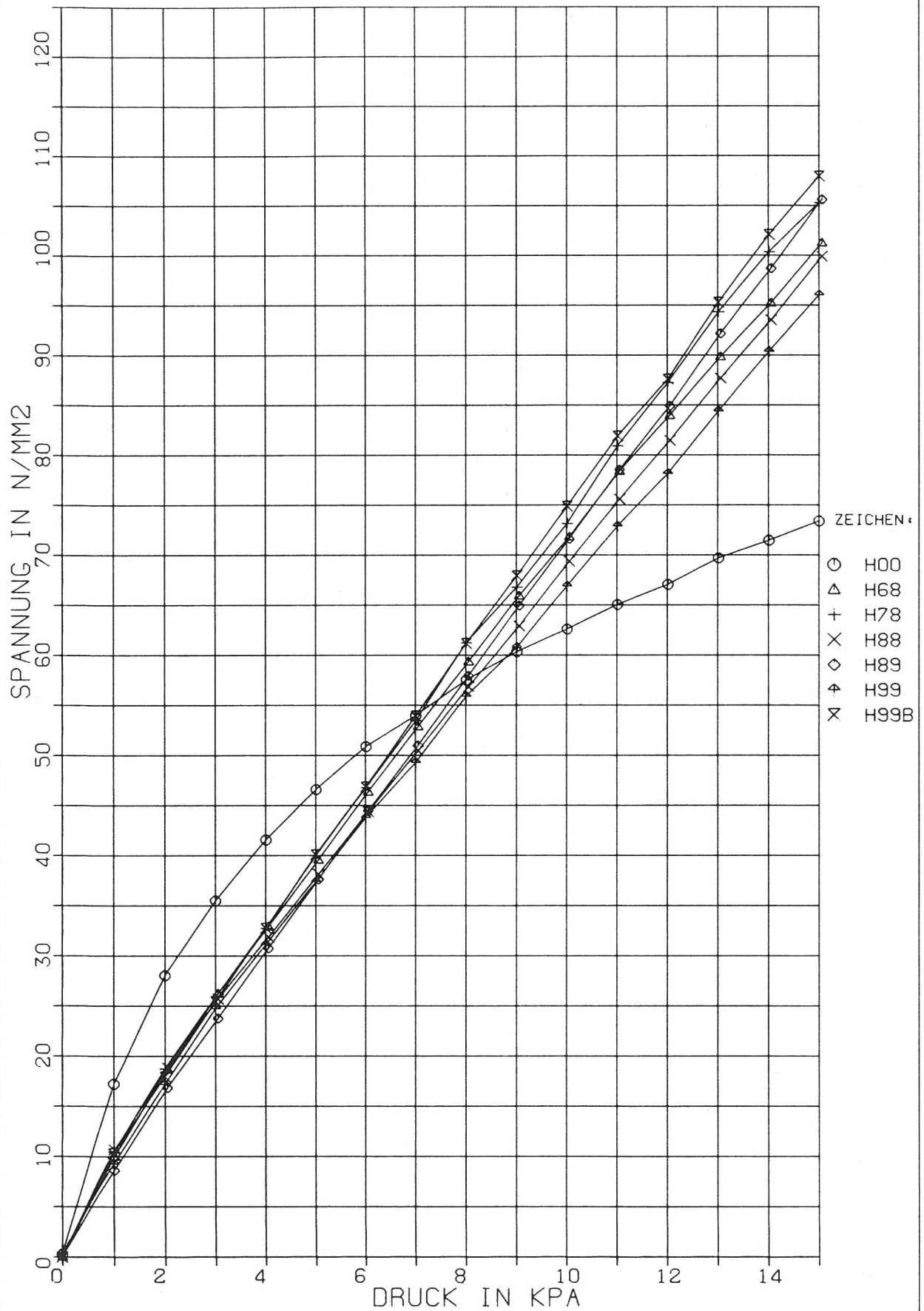
Rasterlinienabstand : x -Richtung, $R_x = 50,75 \text{ mm}$
 y -Richtung, $R_y = 100,75 \text{ mm}$

Erläuterung der Kurzbezeichnungen siehe Pkt.5.1 des Berichtes
 Vereinbarung des vierten Zeichens dazu siehe Seite 74 des Anhangs

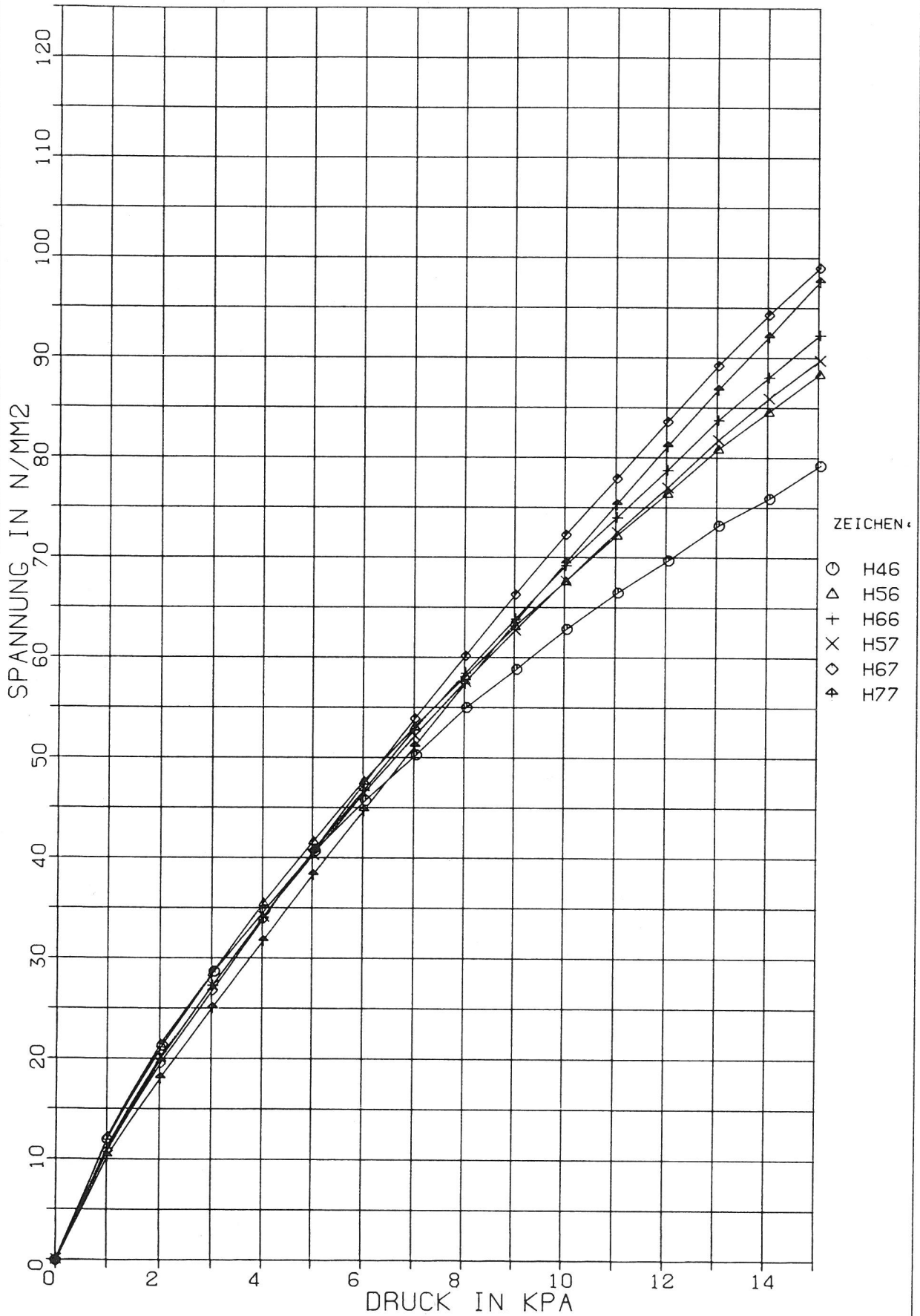


ZEICHEN:
 ○ W00
 △ W40
 + W70
 × W04
 ◇ W07

ESG-SCHEIBE 1015/2015/5.9 (MM), 4SEIT. AUF MESSING
 DURCHBIEGUNGEN DER SCHEIBE (ECKEN FIXIERT)



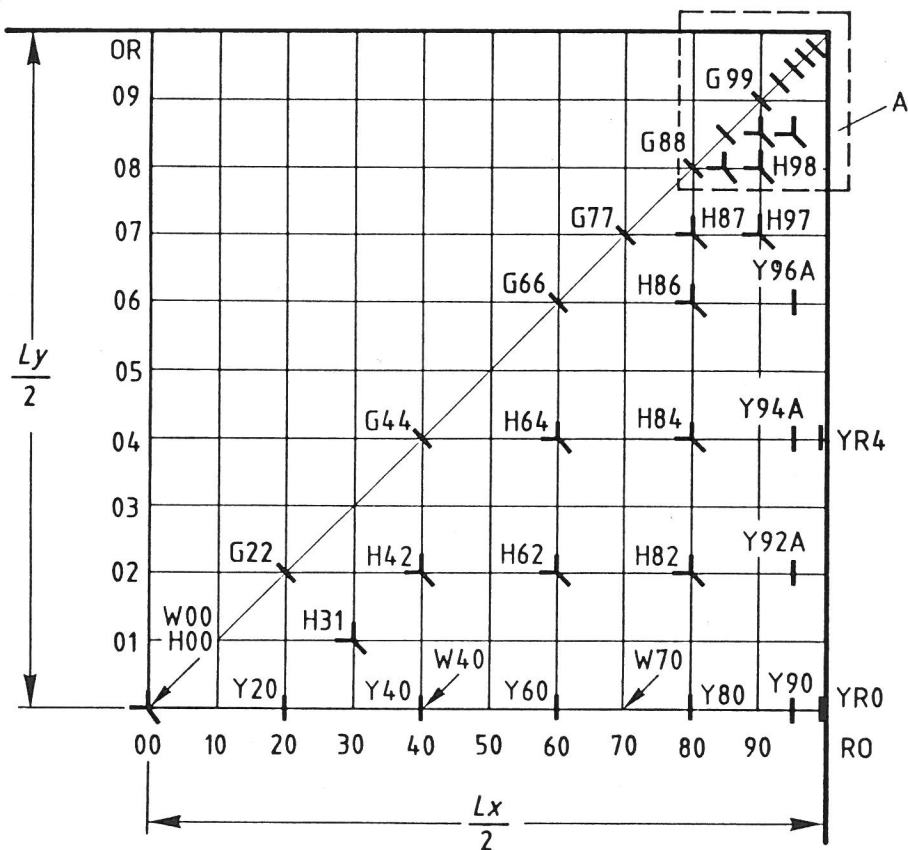
ESG-SCHEIBE 1015/2015/5,9 (MM), 4SEIT. AUF MESSING
 SPANNUNGEN AUS DMS (E=71000 N/MM2, ECKEN FIXIERT)



ESG-SCHEIBE 1015/2015/5.9 (MM), 4SEIT. AUF MESSING
 SPANNUNGEN AUS DMS (E=71000 N/MM², ECKEN FIXIERT)

Versuchsserie : A 3
 Stützweite : $L_x = 2015\text{mm}$
 : $L_y = 2015\text{mm}$
 Seitenverhältnis : $L_x/L_y = 1:1$
 Scheibendicke : $D = 5,9\text{mm}$
 Auflager : Gummi (45 Shore-A), $4\text{mm} \times 15\text{mm}$

Lage und Bezeichnung der Meßgrößen:



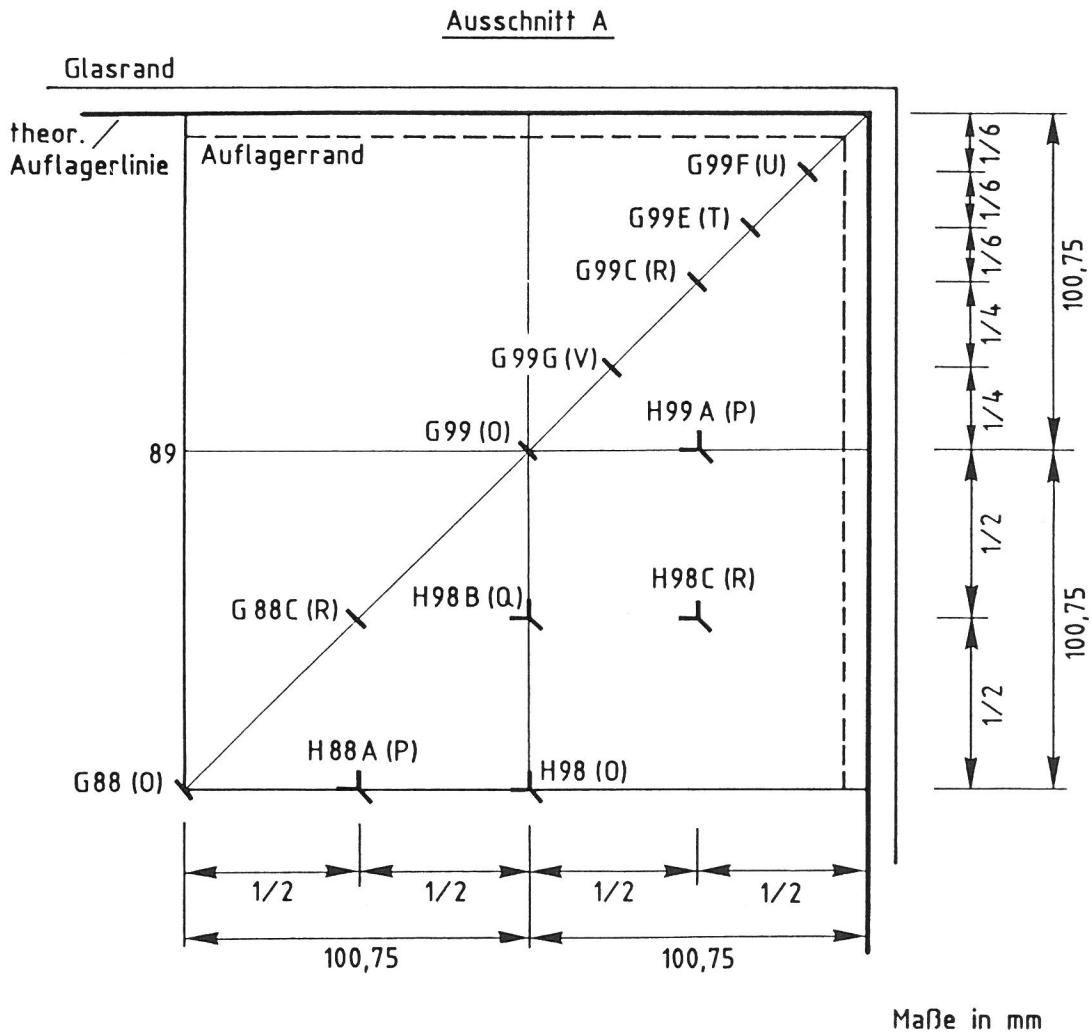
Rasterlinienabstand : x-Richtung, $R_x = 100,75\text{mm}$
 y-Richtung, $R_y = 100,75\text{mm}$

Erläuterung der Kurzbezeichnungen siehe Punkt 5.1 des Berichtes
 Vereinbarung des vierten Zeichens dazu siehe Seite 84 des Anhangs.

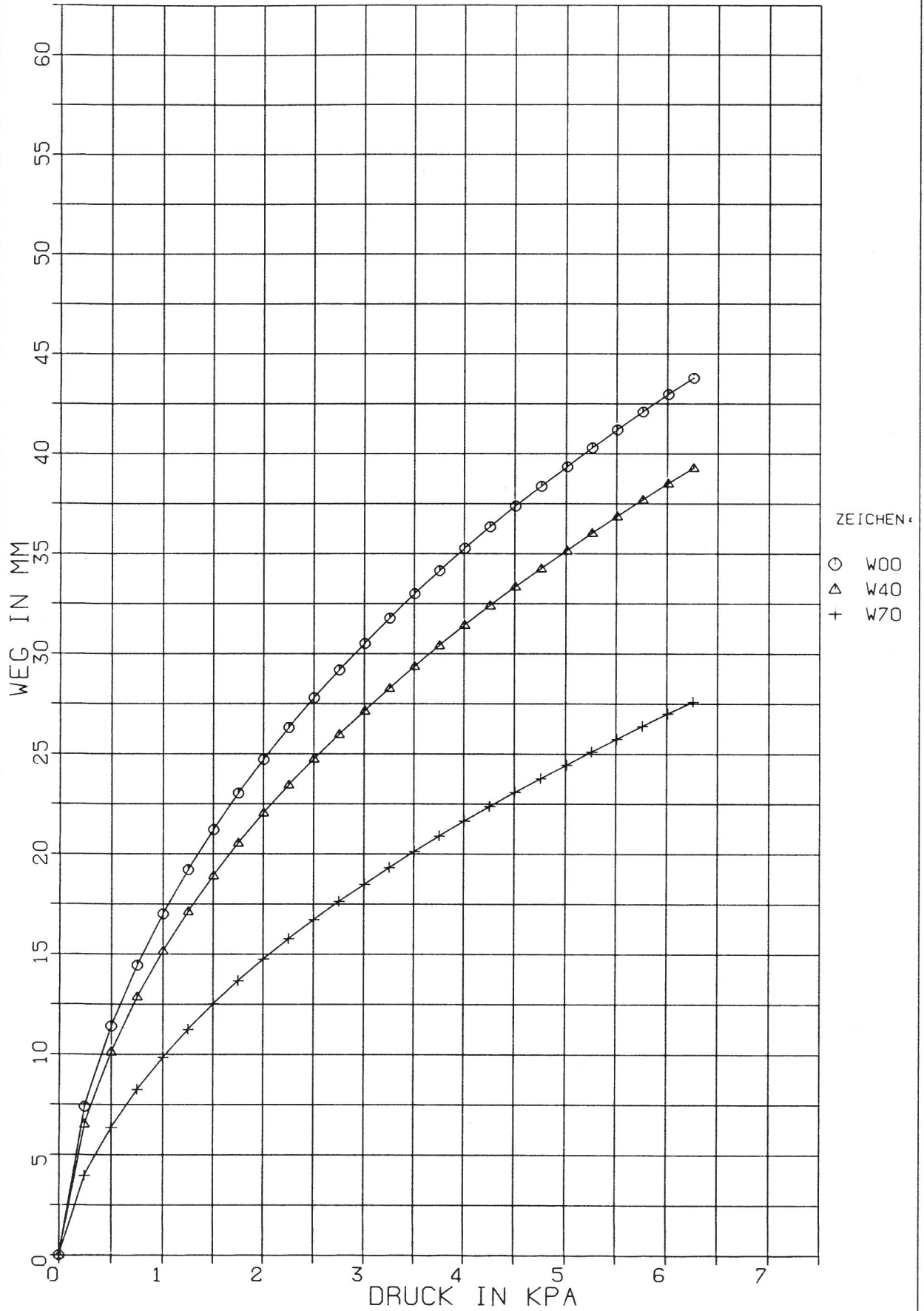
Glasscheiben 2015mm × 2015mm × 5,9 mm

Vereinbarung der Kurzbezeichnungen für Meßgrößen auf der unbelasteten Scheibenseite

(Liegen die Meßstellen auf der belasteten Seite der Scheibe, so sind an die 4.Stelle der Kurzbezeichnungen die in Klammern angegebenen Zeichen zu setzen.)

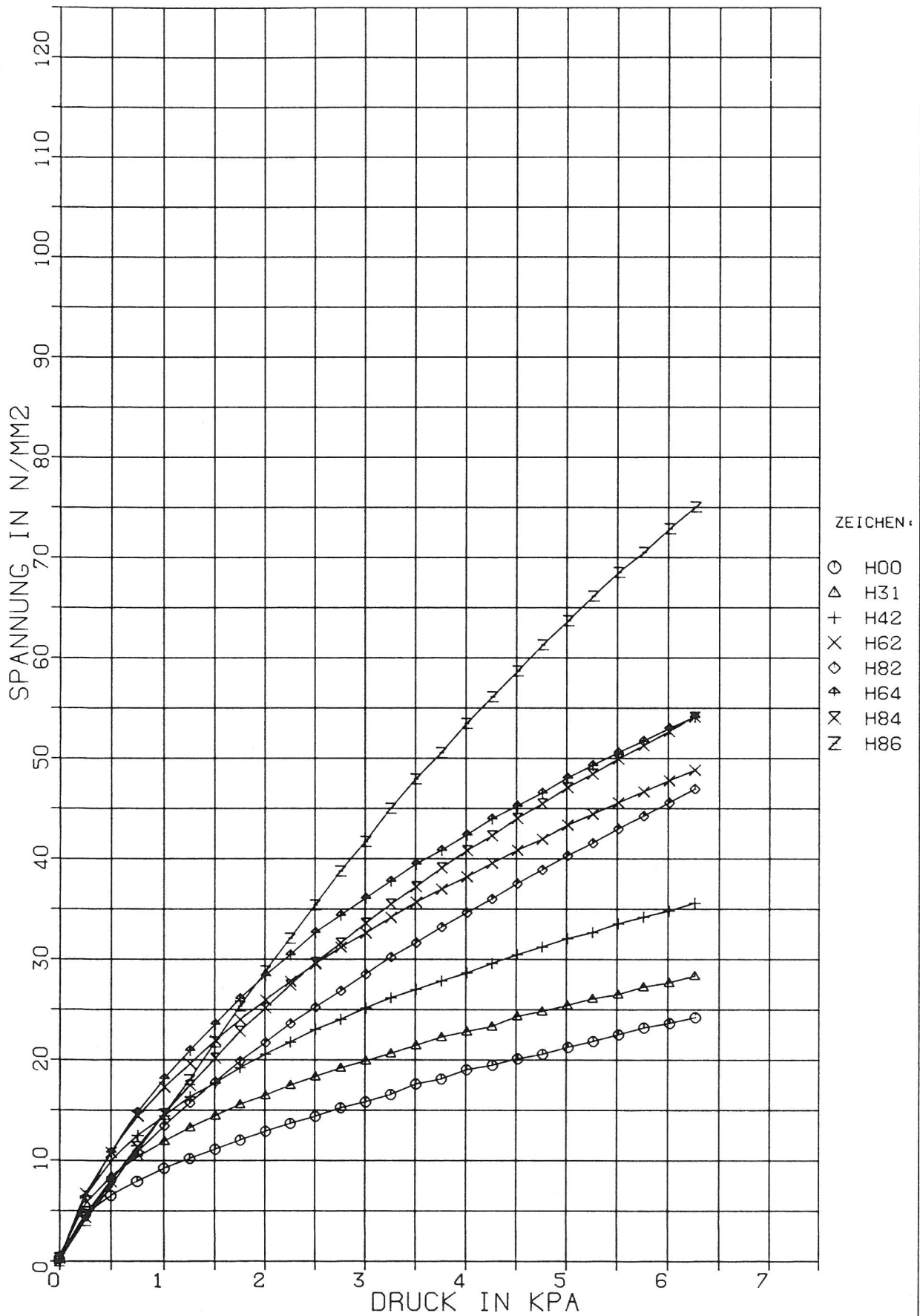


Die Bezeichnungen gelten sinngemäß für alle Raster-Teilflächen der Scheibe

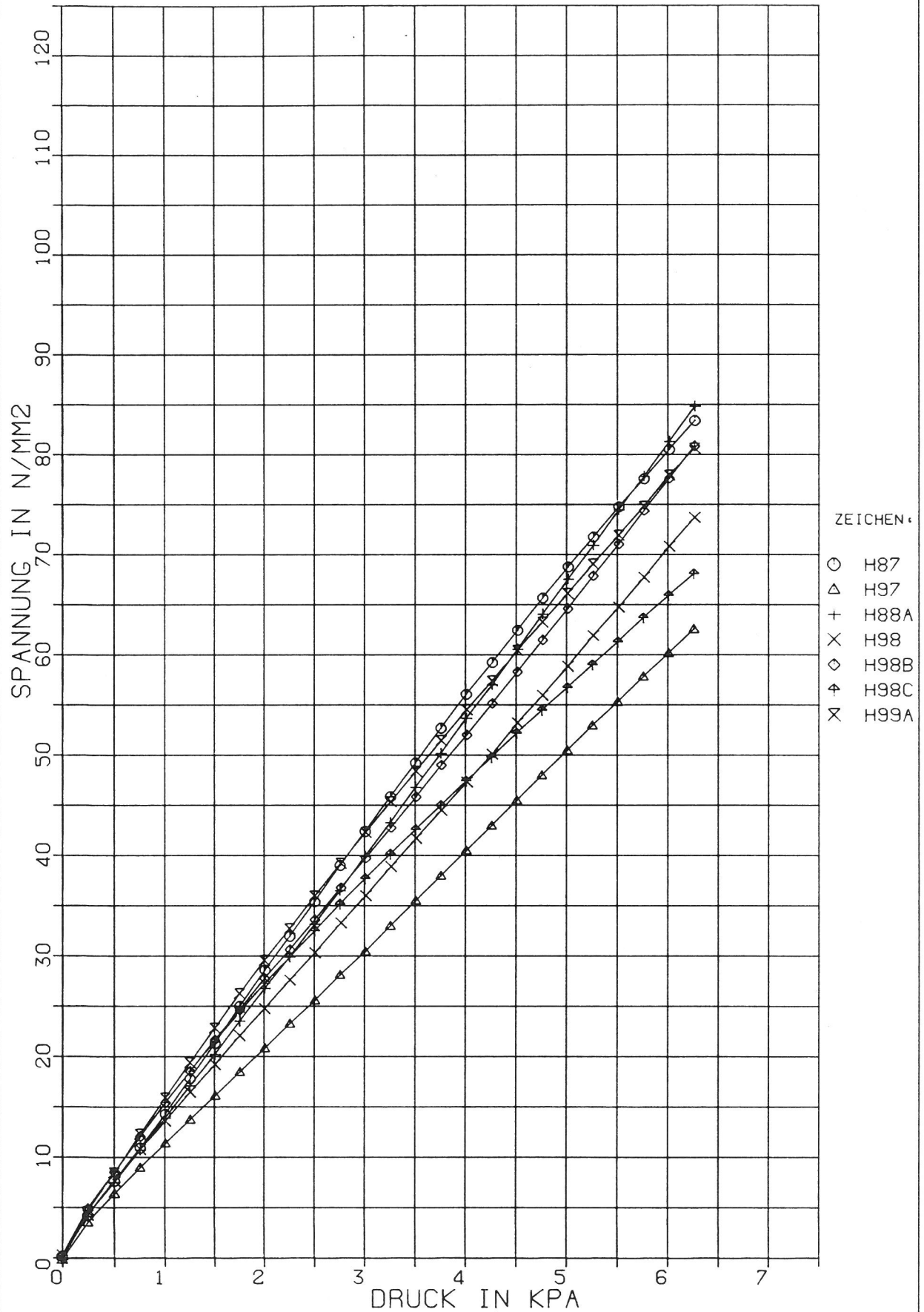


ZEICHEN:
 ○ W00
 △ W40
 + W70

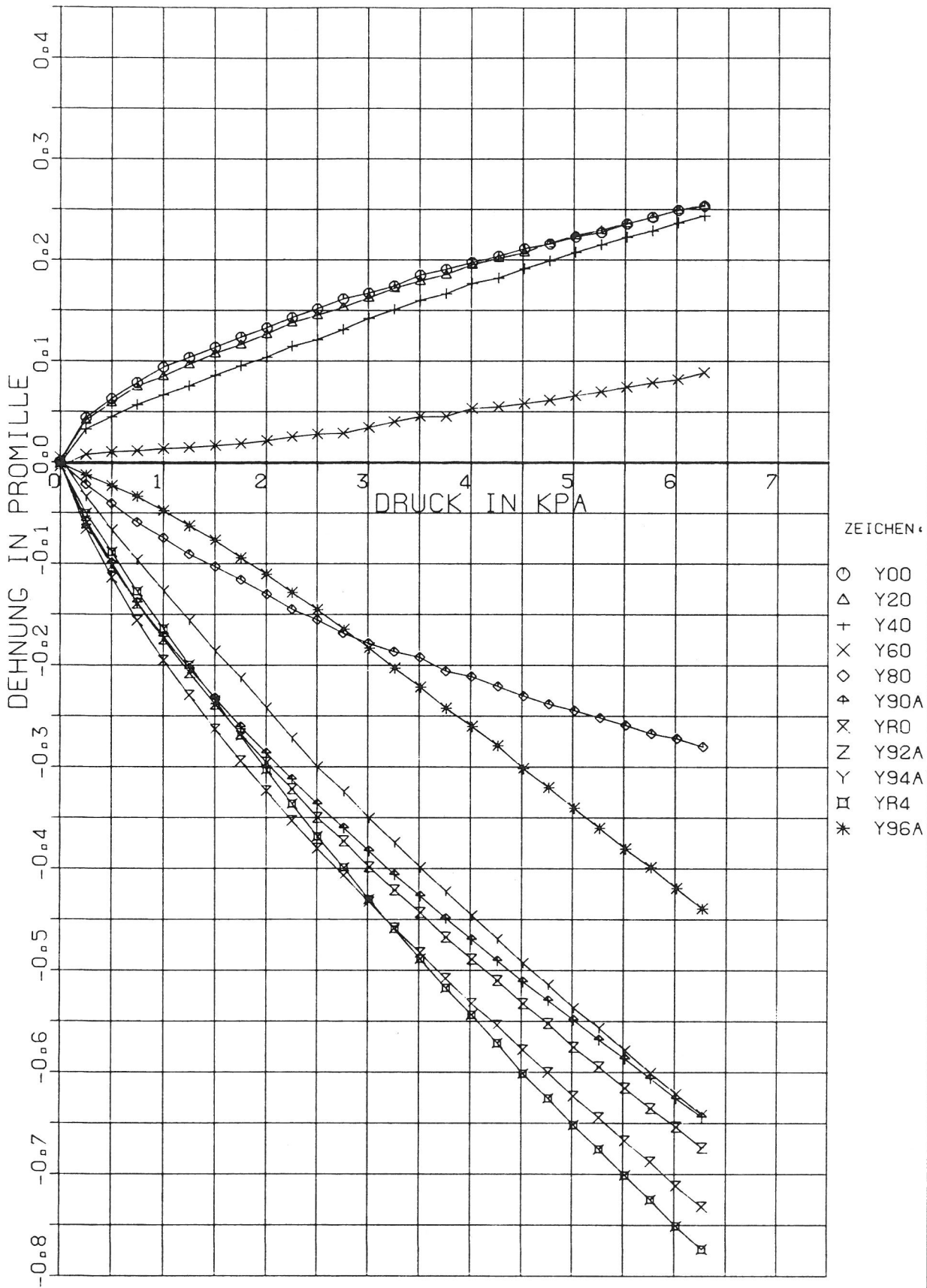
ESG-SCHEIBE 2015/2015/5.9 (MM), 4SEIT. GUMMIGELAGERT
 DURCHBIEGUNGEN DER SCHEIBE (ECKEN FIXIERT)



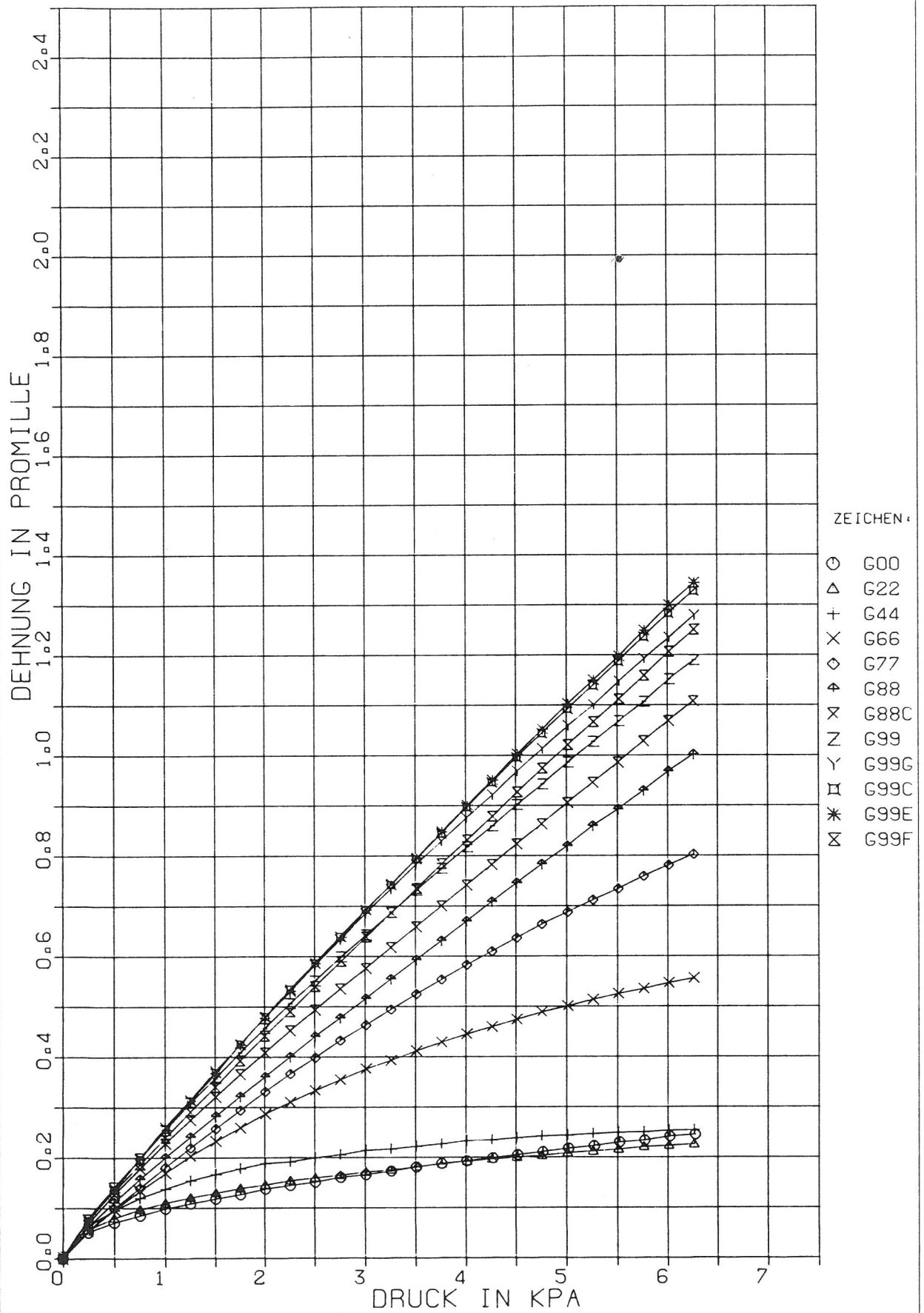
ESG-SCHEIBE 2015/2015/5.9 (MM), 4SEIT. GUMMIGELAGERT
 SPANNUNGEN AUS DMS (E=71000 N/MM2, ECKEN FIXIERT)



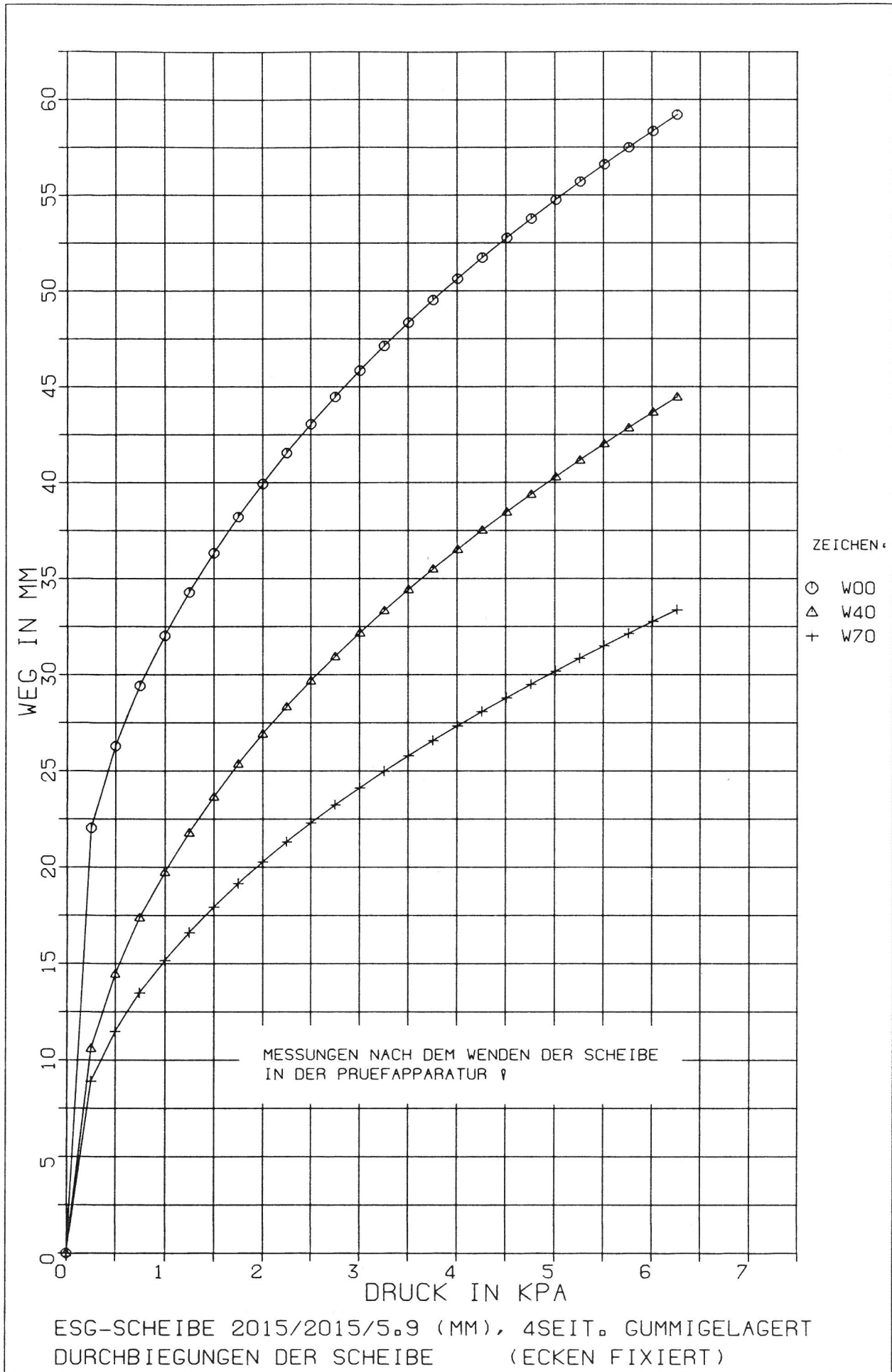
ESG-SCHEIBE 2015/2015/5.9 (MM), 4SEIT. GUMMIGELAGERT
 SPANNUNGEN AUS DMS (E=71000 N/MM2, ECKEN FIXIERT)

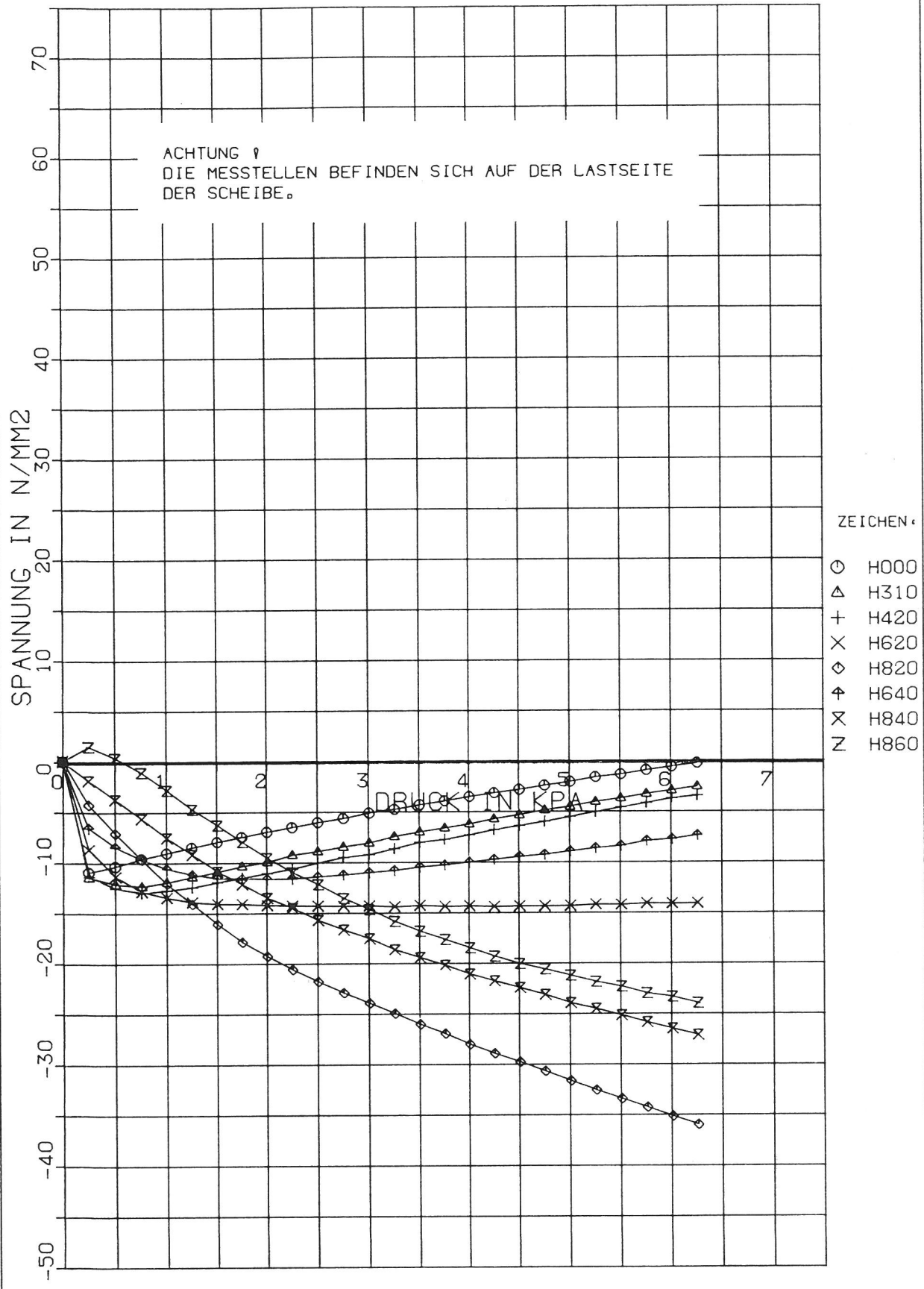


ESG-SCHEIBE 2015/2015/5.9 (MM), 4SEIT. GUMMIGELAGERT
 DEHNUNGEN AUS EINZEL-DMS (ECKEN FIXIERT)

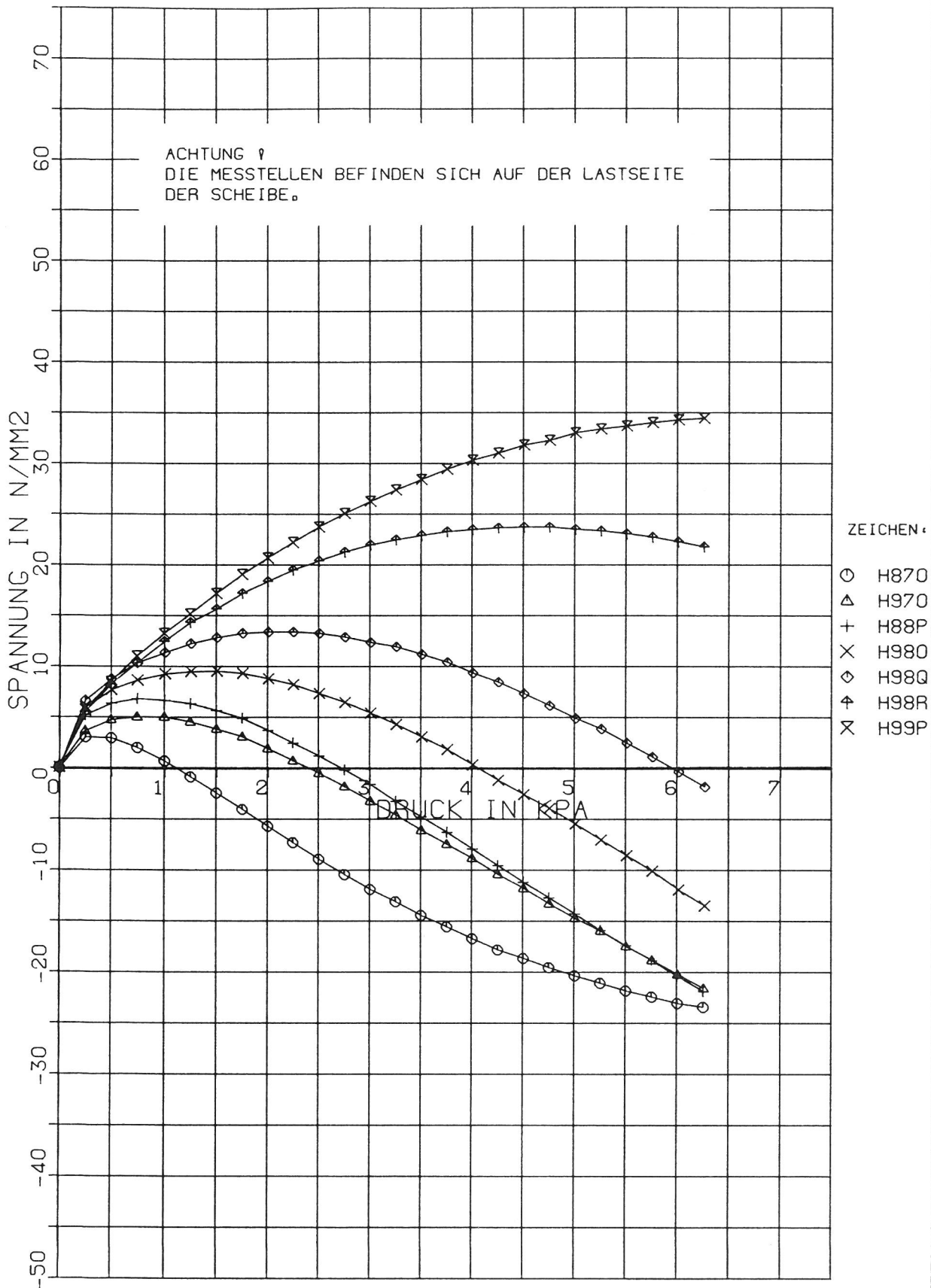


ESG-SCHEIBE 2015/2015/5.9 (MM), 4SEIT. GUMMIGELAGERT
 DEHNUNGEN AUS EINZEL-DMS (ECKEN FIXIERT)

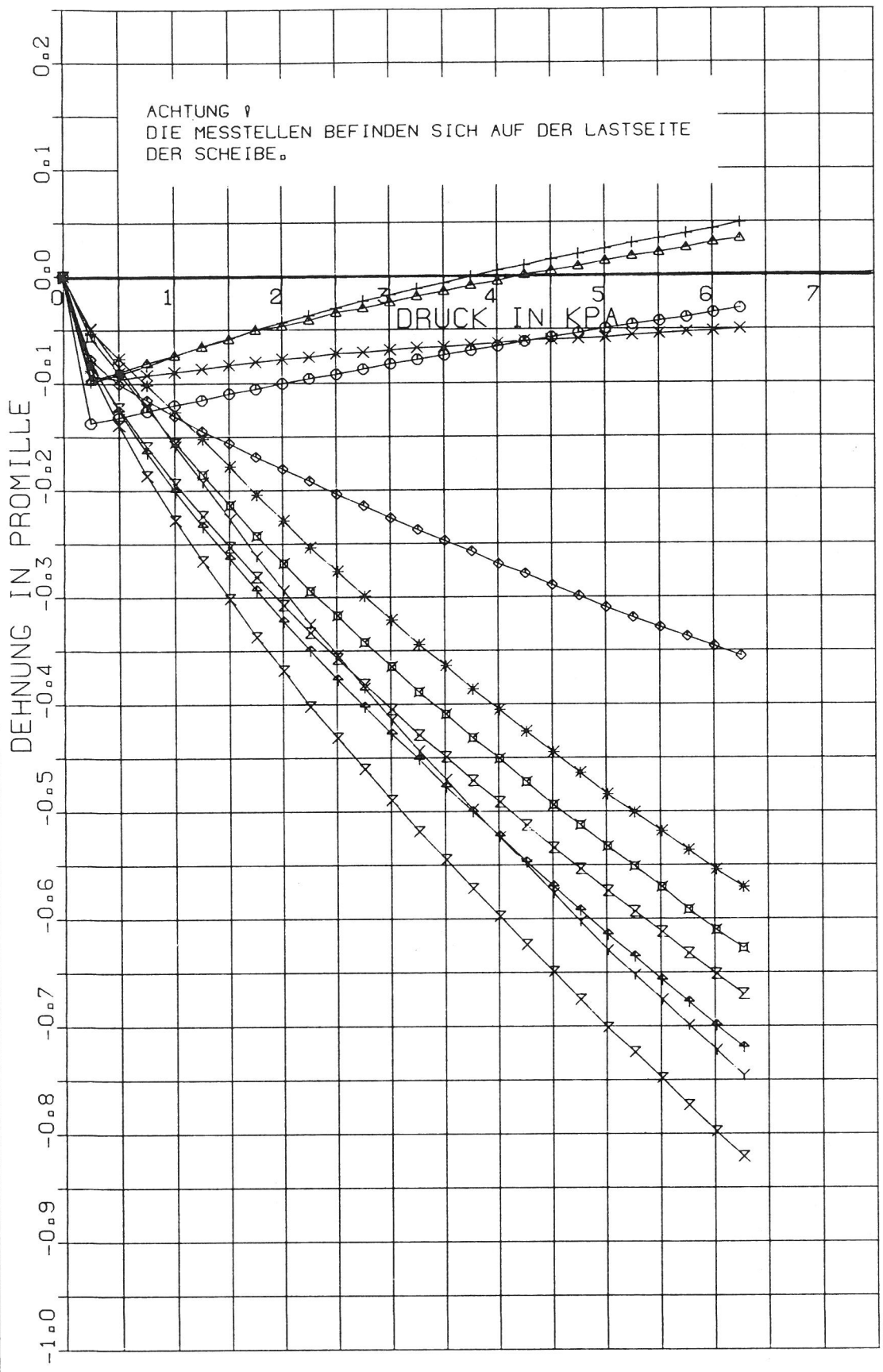




ESG-SCHEIBE 2015/2015/5.9 (MM), 4SEIT. GUMMIGELAGERT
SPANNUNGEN AUS DMS (E=71000 N/MM2, ECKEN FIXIERT)



ESG-SCHEIBE 2015/2015/5.9 (MM), 4SEIT. GUMMIGELAGERT
SPANNUNGEN AUS DMS (E=71000 N/MM2, ECKEN FIXIERT)



ACHTUNG !
DIE MESSTELLEN BEFINDEN SICH AUF DER LASTSEITE
DER SCHEIBE.

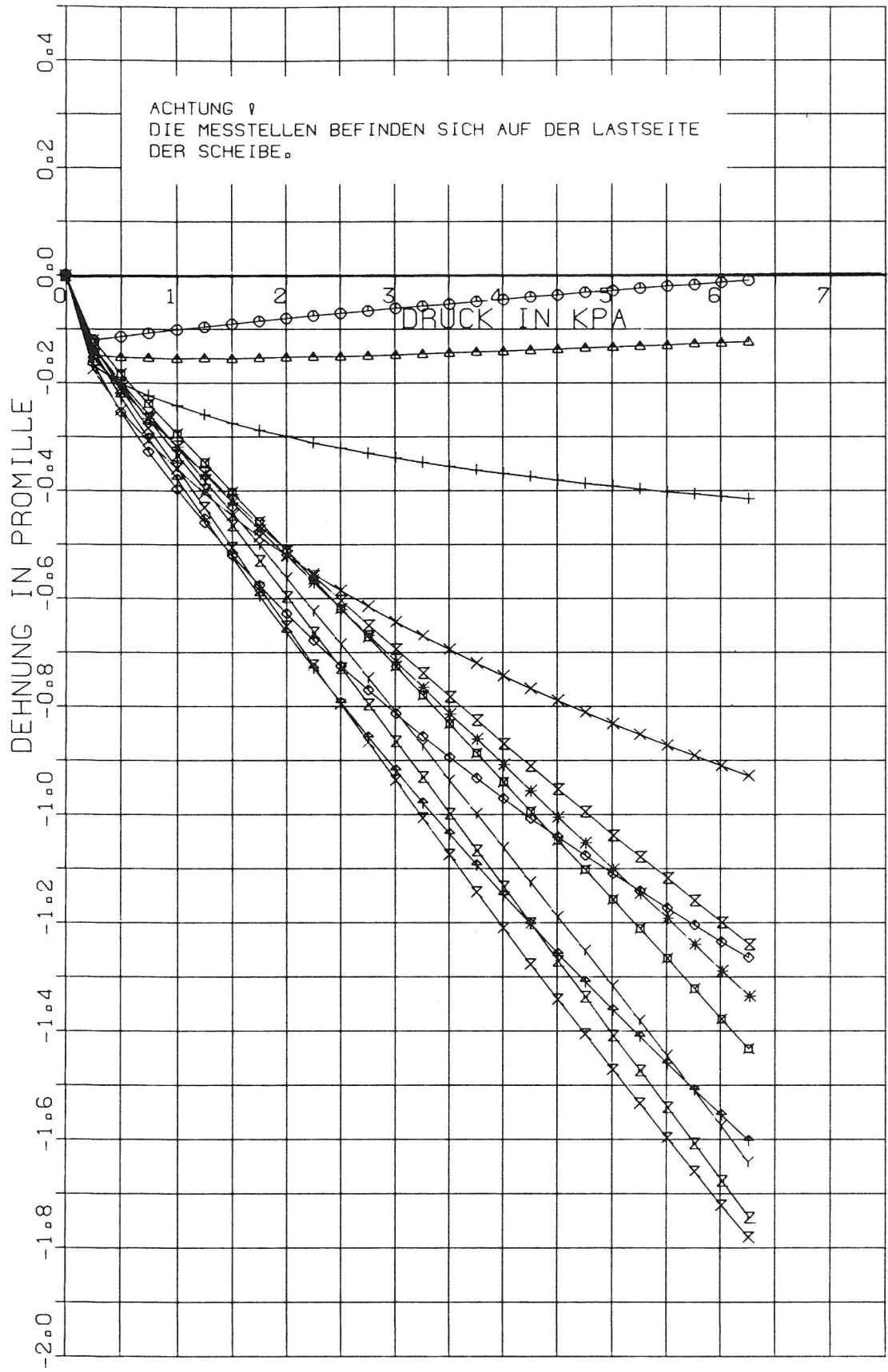
DRUCK IN KPA

DEHNUNG IN PROMILLE

ZEICHEN :

- Y000
- △ Y200
- + Y400
- × Y600
- ◇ Y800
- ◻ Y90P
- ⊗ YR00
- Z Y92P
- Y Y94P
- ◻ YR40
- * Y96P

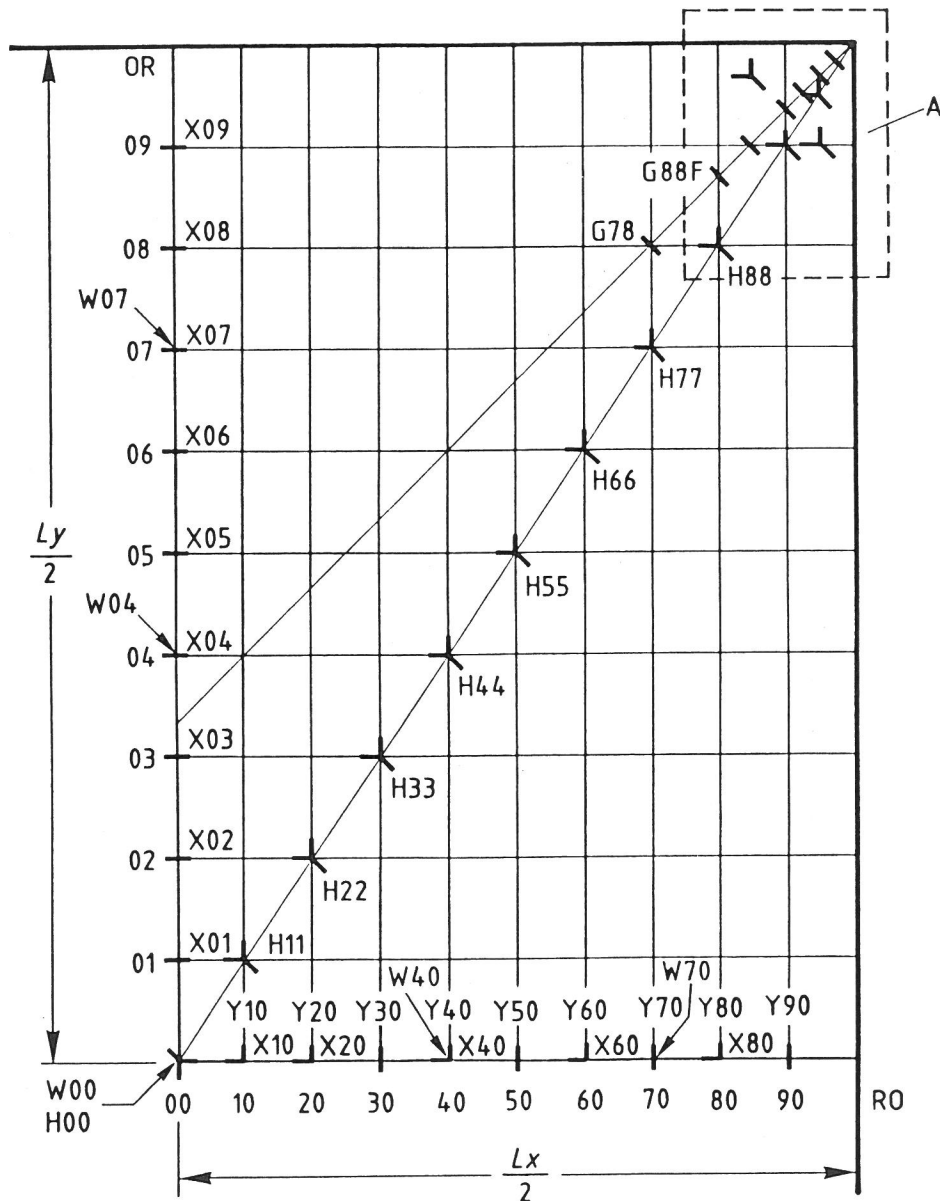
ESG-SCHEIBE 2015/2015/5.9 (MM), 4SEIT. GUMMIGELAGERT
DEHNUNGEN AUS EINZEL-DMS (ECKEN FIXIERT)



ESG-SCHEIBE 2015/2015/5.9 (MM), 4SEIT. GUMMIGELAGERT
DEHNUNGEN AUS EINZEL-DMS (ECKEN FIXIERT)

Versuchsserie : A4
 Stützweite : $L_x = 2015\text{mm}$
 : $L_y = 3015\text{mm}$
 Seitenverhältnis : $L_x/L_y = 1:1,5$
 Scheibendicke : $D = 10\text{mm}$
 Auflager : Gummi (45 Shore-A), $4\text{mm} \times 15\text{mm}$

Lage und Bezeichnung der Meßgrößen:



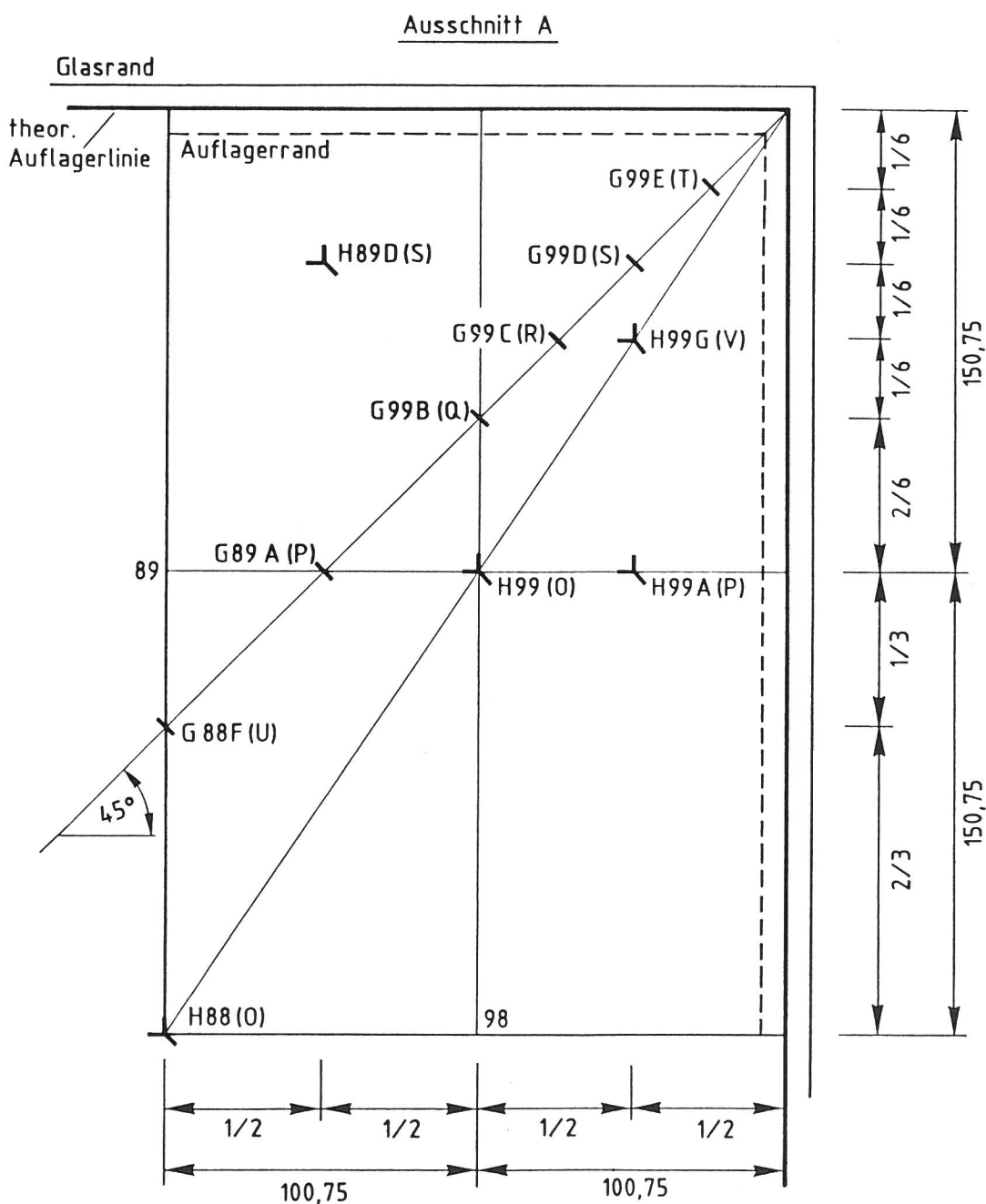
Rasterlinienabstand : x -Richtung, $R_x = 100,75\text{mm}$
 y -Richtung, $R_y = 150,75\text{mm}$

Erläuterung der Kurzbezeichnungen siehe Punkt 5.1 des Berichtes.
 Vereinbarung des vierten Zeichens dazu siehe Seite 96 des Anhangs.

Glasscheiben 2015mm × 3015mm × 10mm

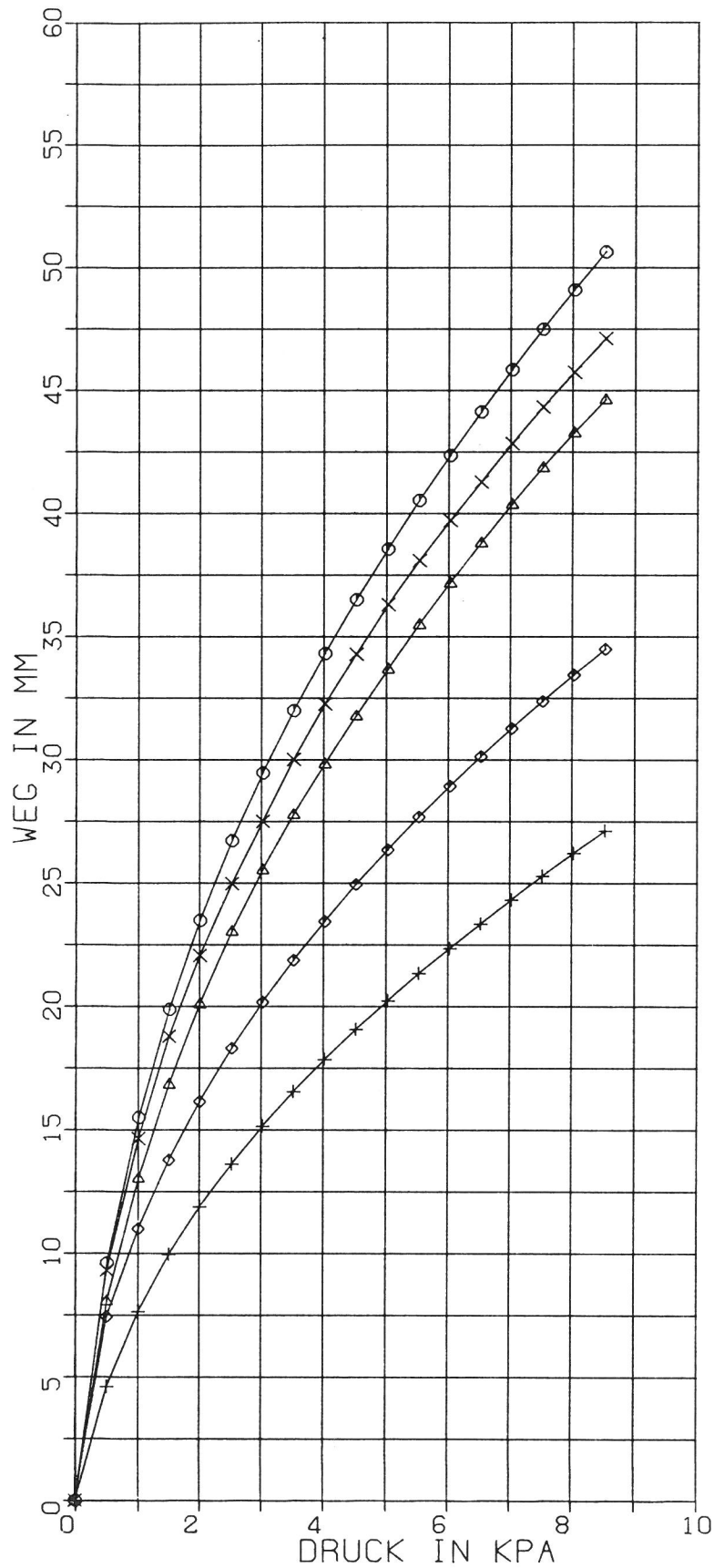
Vereinbarung der Kurzbezeichnungen für Meßgrößen auf der unbelasteten Scheibenseite

(Liegen die Meßstellen auf der belasteten Seite der Scheibe, so sind an die 4.Stelle der Kurzbezeichnungen die in Klammern angegebenen Zeichen zu setzen.)



Maße in mm

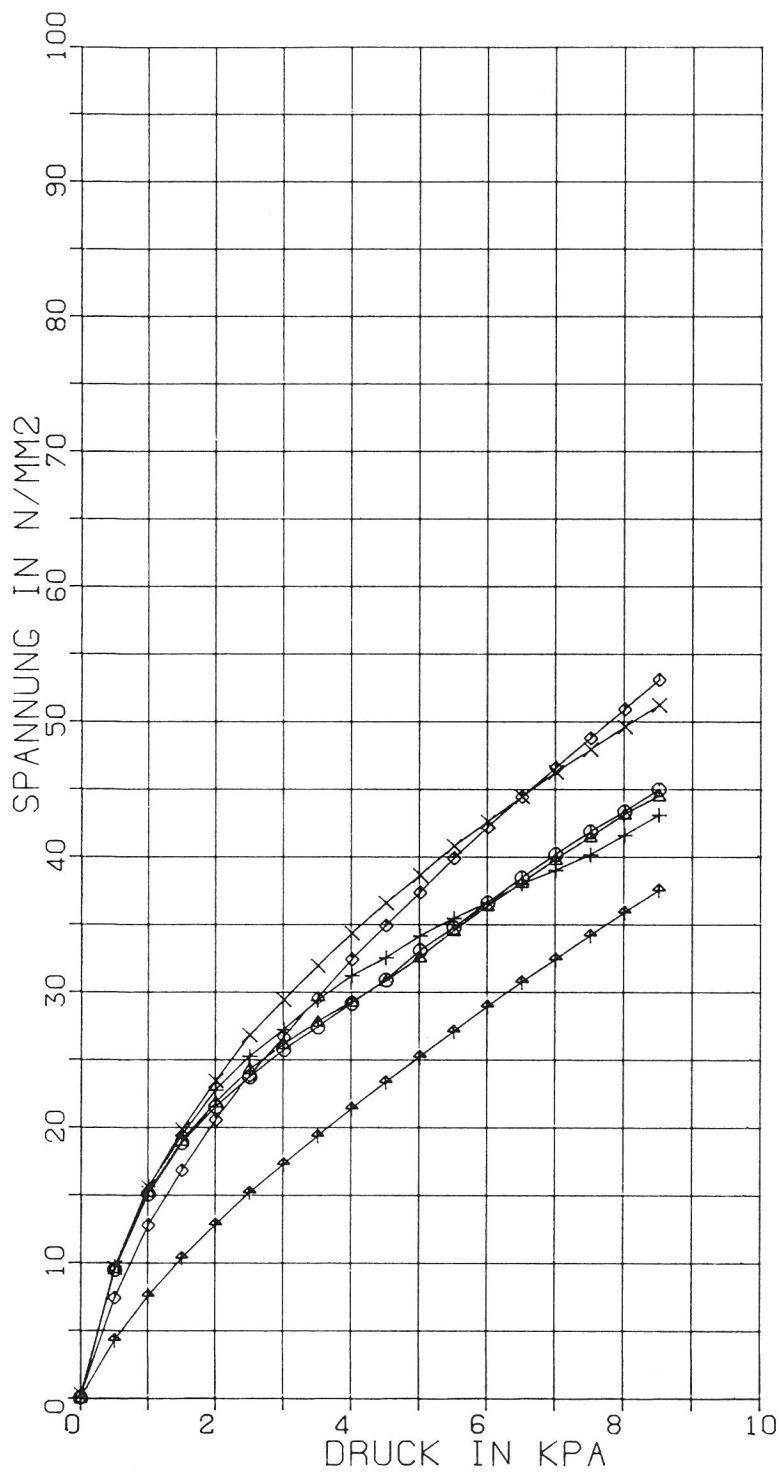
Die Bezeichnungen gelten sinngemäß für alle Raster-Teilflächen der Scheibe



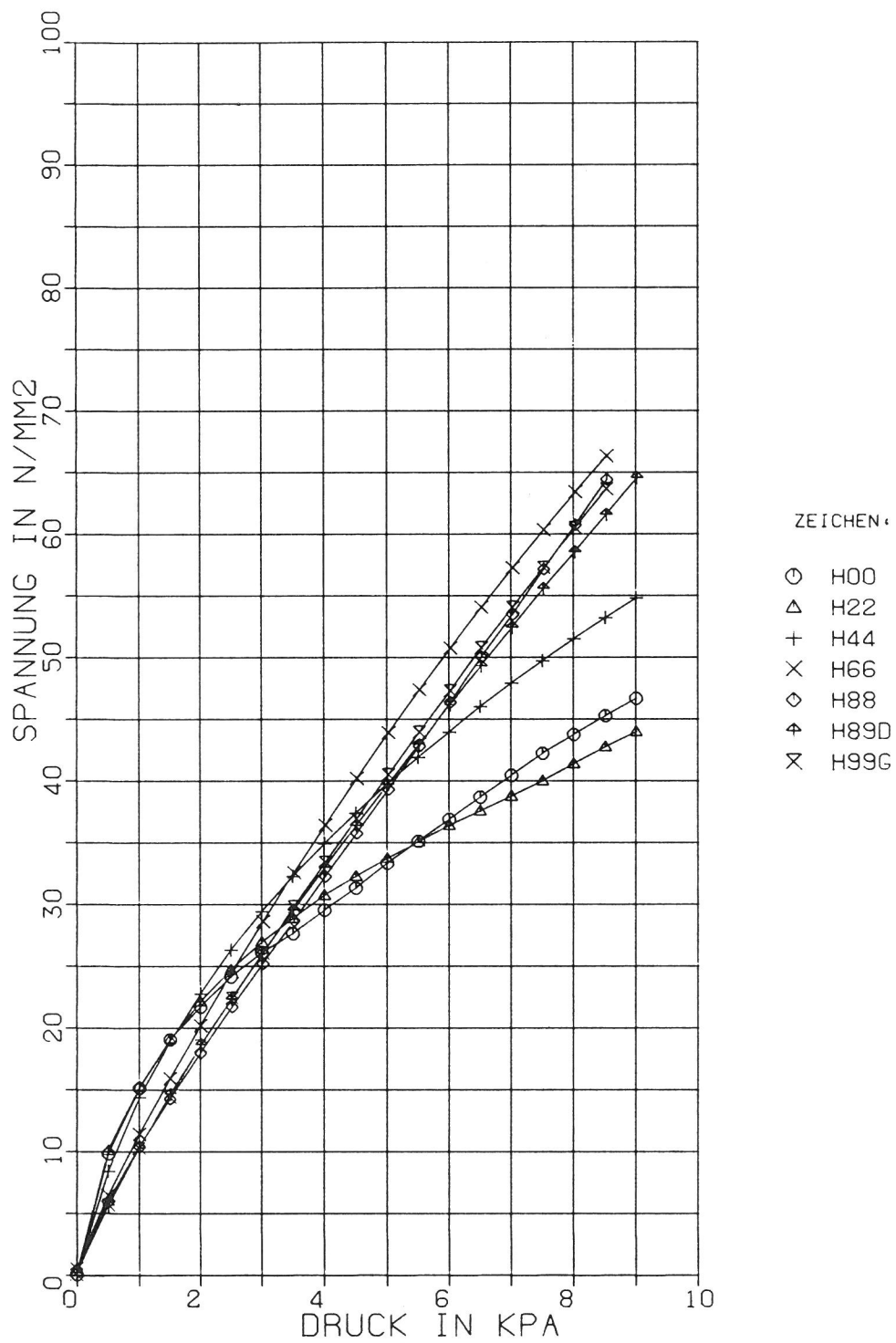
ZEICHEN:

- W00
- △ W40
- + W70
- × W04
- ◇ W07

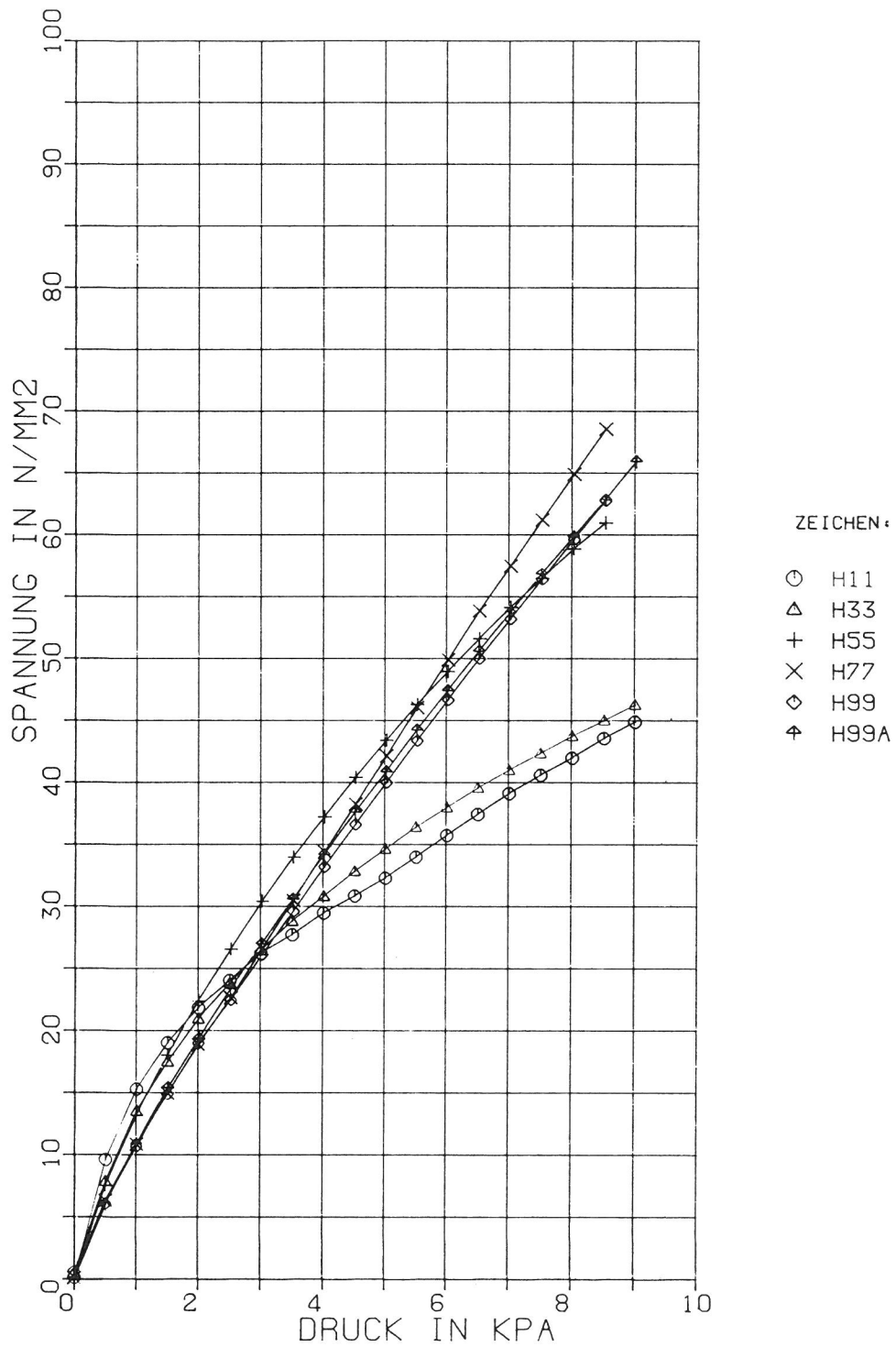
ESG-SCHEIBE 2015/3015/10.0 (MM), 4SEIT. GUMMIGELAGERT
 DURCHBIEGUNGEN DER SCHEIBE (ECKEN FIXIERT)



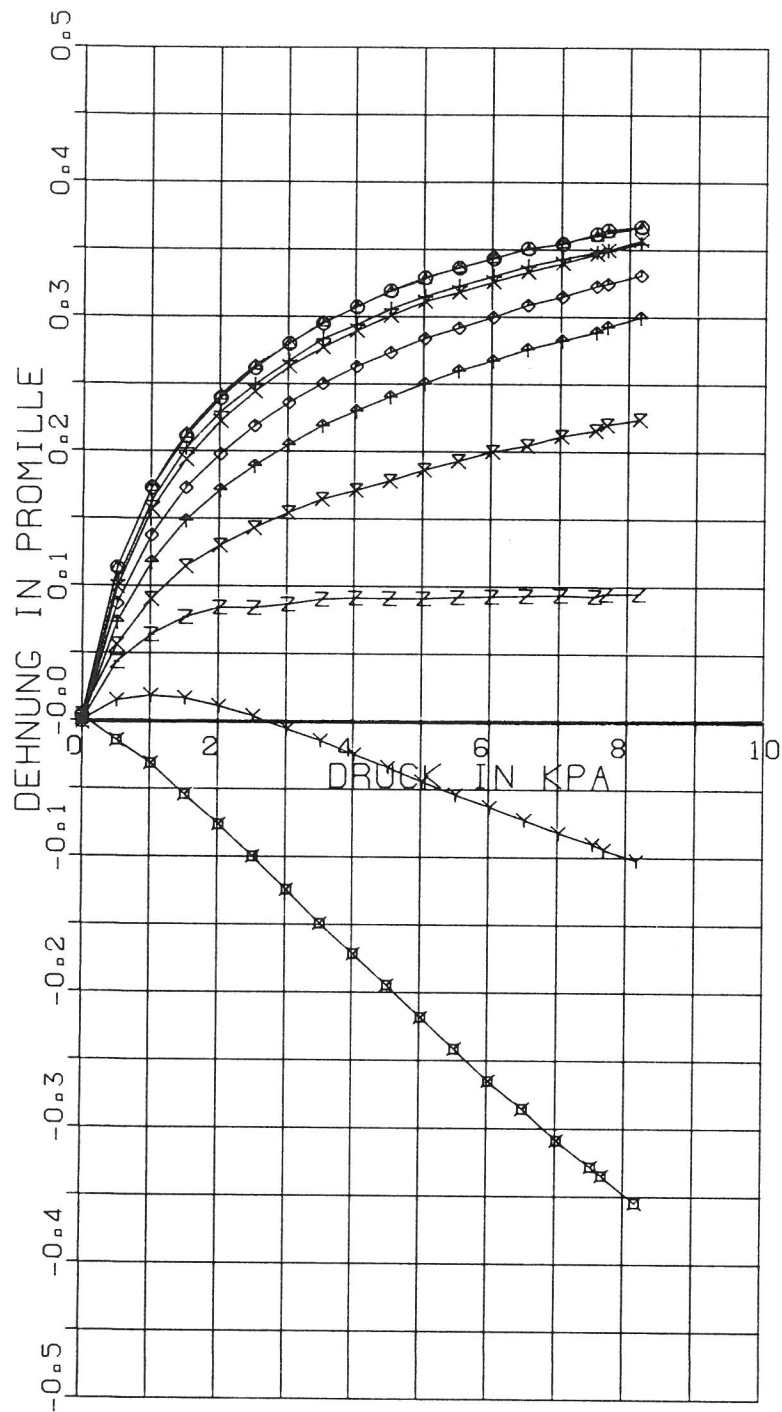
ESG-SCHEIBE 2015/3015/10.0 (MM), 4SEIT. GUMMIGELAGERT
 SPANNUNGEN AUS DMS (E=71000 N/MM2, ECKEN FIXIERT)



ESG-SCHEIBE 2015/3015/10.0 (MM), 4SEIT. GUMMIGELAGERT
 SPANNUNGEN AUS DMS (E=71000 N/MM2, ECKEN FIXIERT)



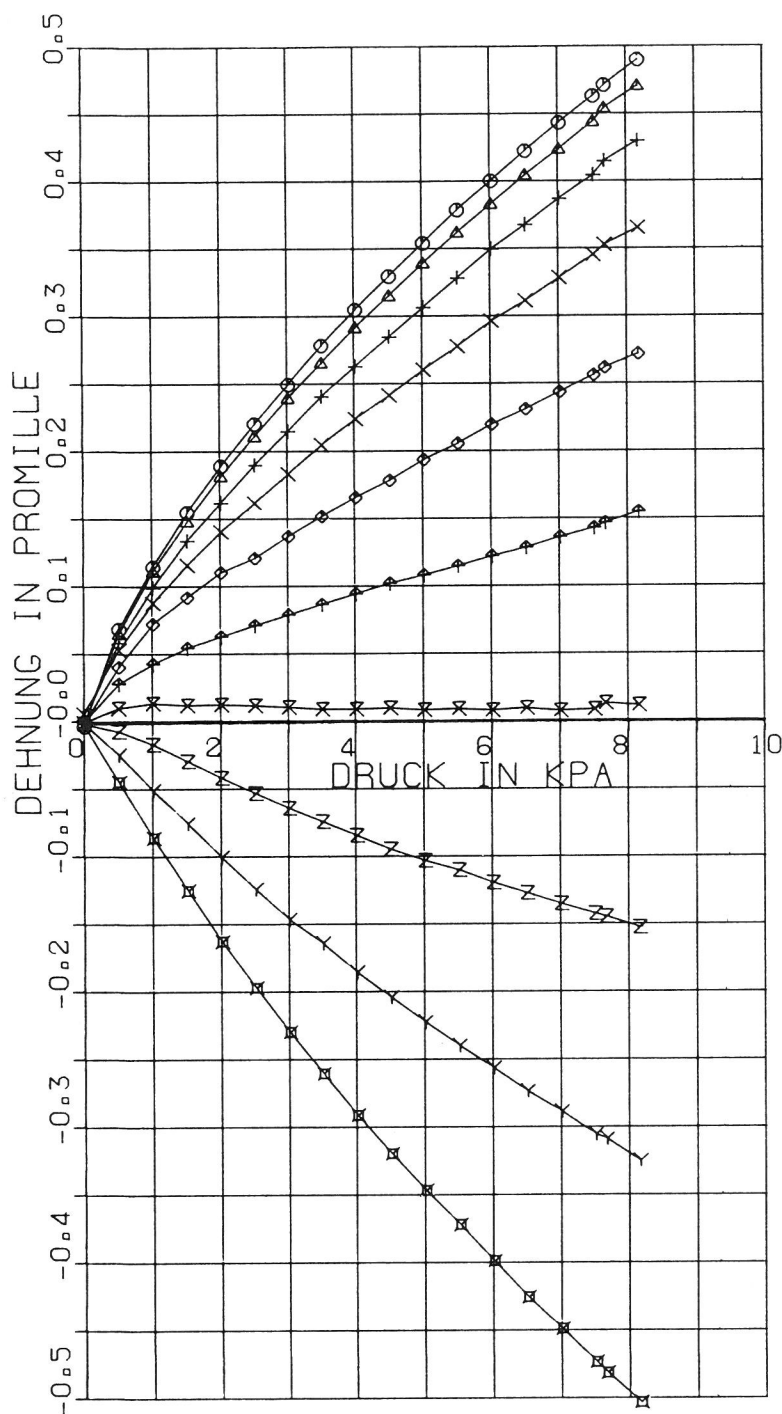
ESG-SCHEIBE 2015/3015/10.0 (MM), 4SEIT. GUMMIGELAGERT
 SPANNUNGEN AUS DMS (E=71000 N/MM2, ECKEN FIXIERT)



ZEICHEN:

- X00
- △ X01
- + X02
- × X03
- ◇ X04
- * X05
- ⊗ X06
- z X07
- Y X08
- X09

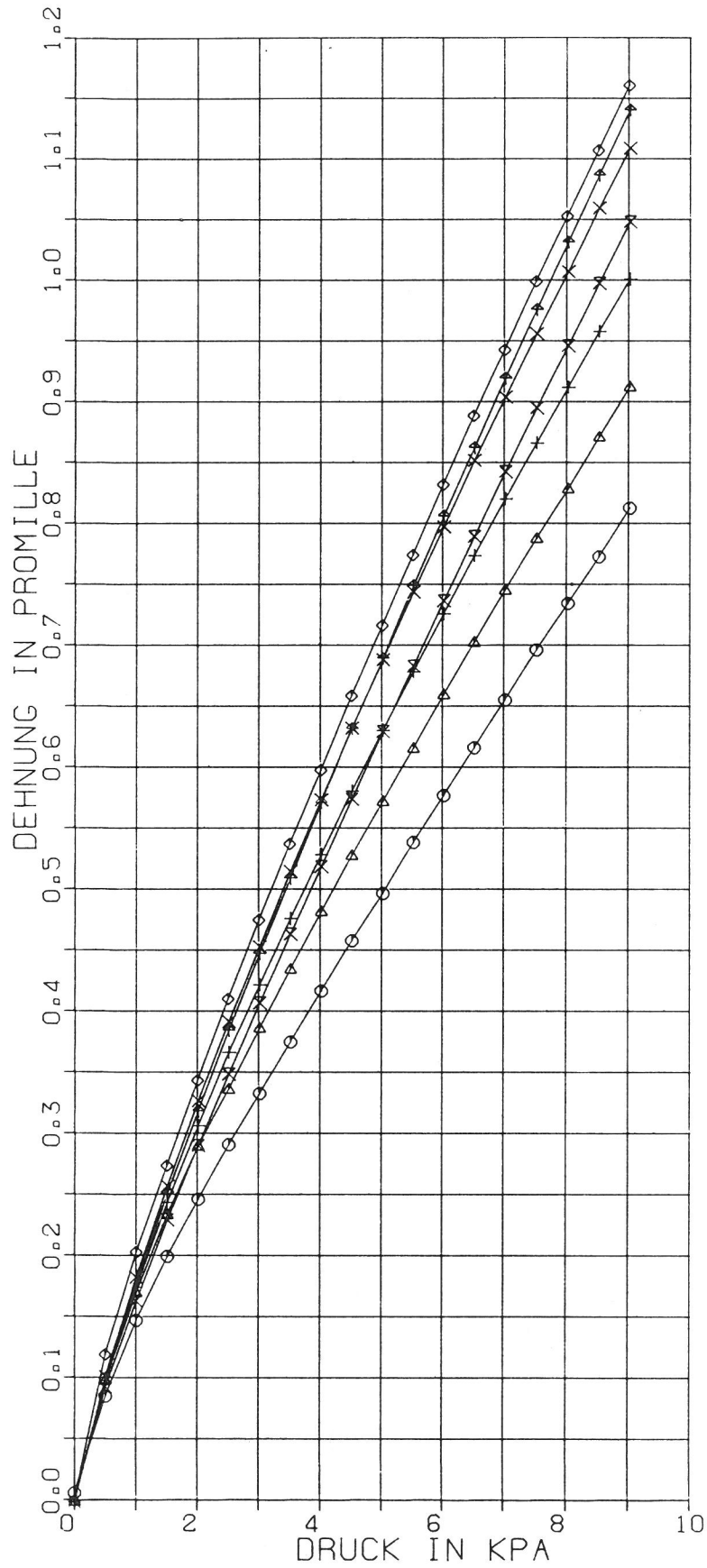
ESG-SCHEIBE 2015/3015/10.0 (MM), 4SEIT. GUMMIGELAGERT
 DEHNUNGEN AUS EINZEL-DMS (ECKEN FIXIERT)



ZEICHEN:

- Y00
- △ Y10
- + Y20
- × Y30
- ◇ Y40
- ⊠ Y50
- * Y60
- z Y70
- y Y80
- ⊠ Y90

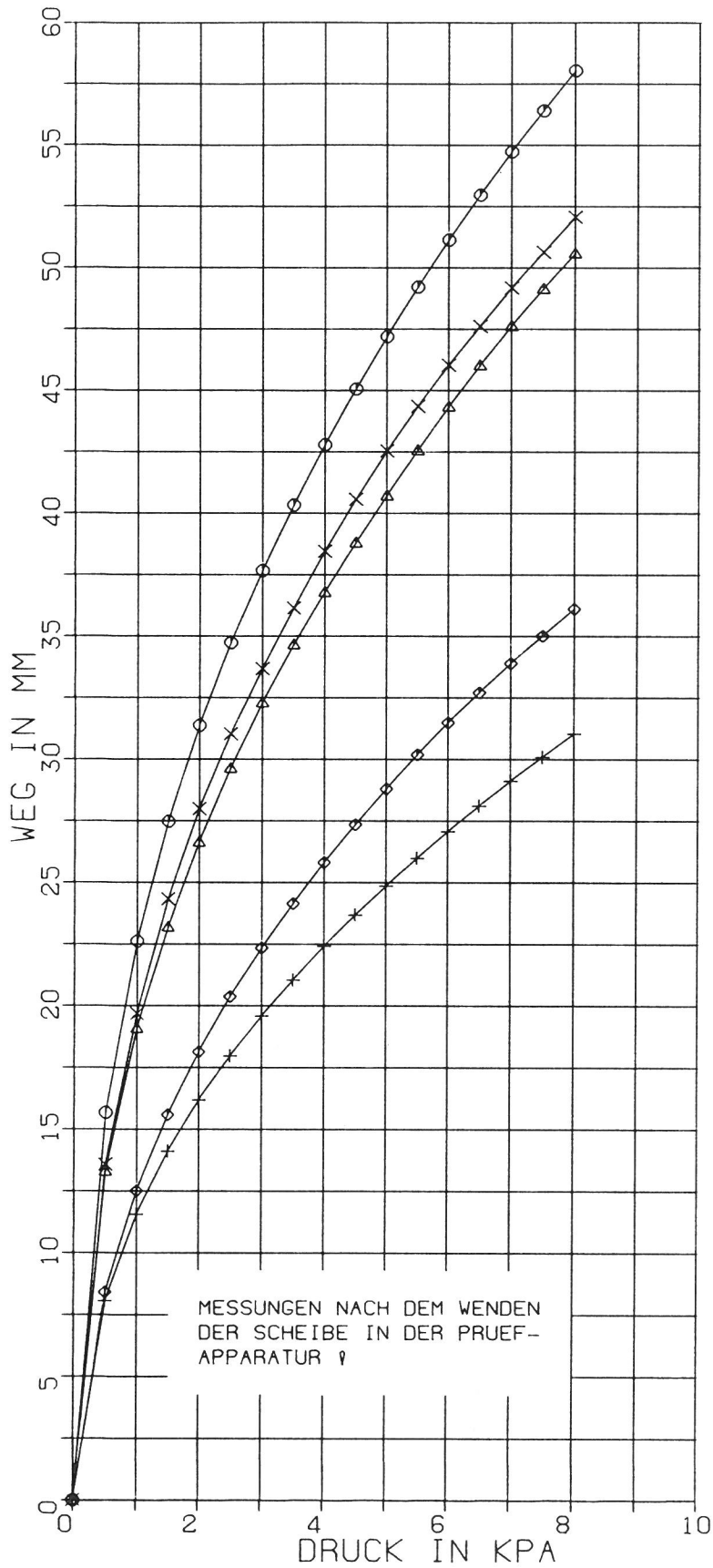
ESG-SCHEIBE 2015/3015/10.0 (MM), 4SEIT. GUMMIGELAGERT
 DEHNUNGEN AUS EINZEL-DMS (ECKEN FIXIERT)



ZEICHEN:

- G78
- △ G88F
- + G89A
- × G99B
- ◇ G99C
- ✱ G99D
- X G99E

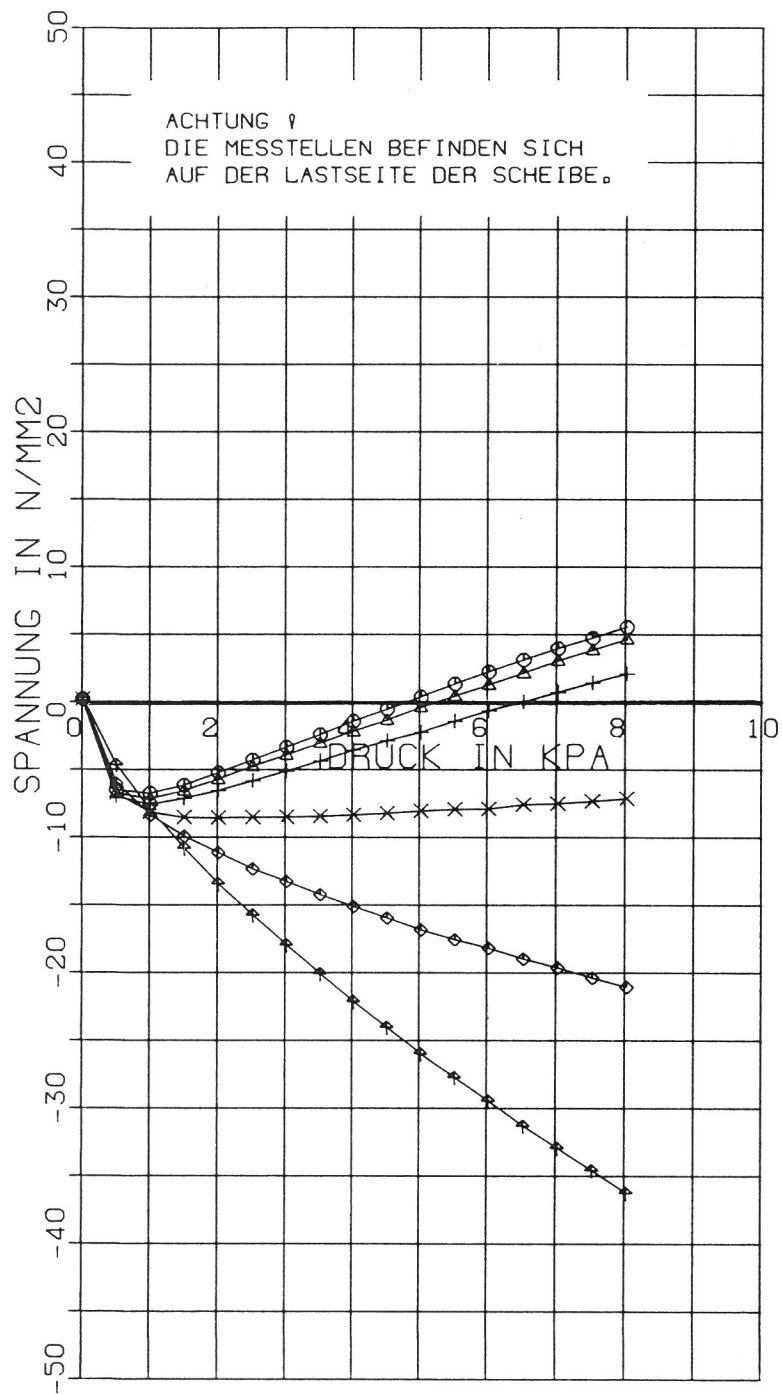
ESG-SCHEIBE 2015/3015/10.0 (MM), 4SEIT. GUMMIGELAGERT
 DEHNUNGEN AUS EINZEL-DMS (ECKEN FIXIERT)



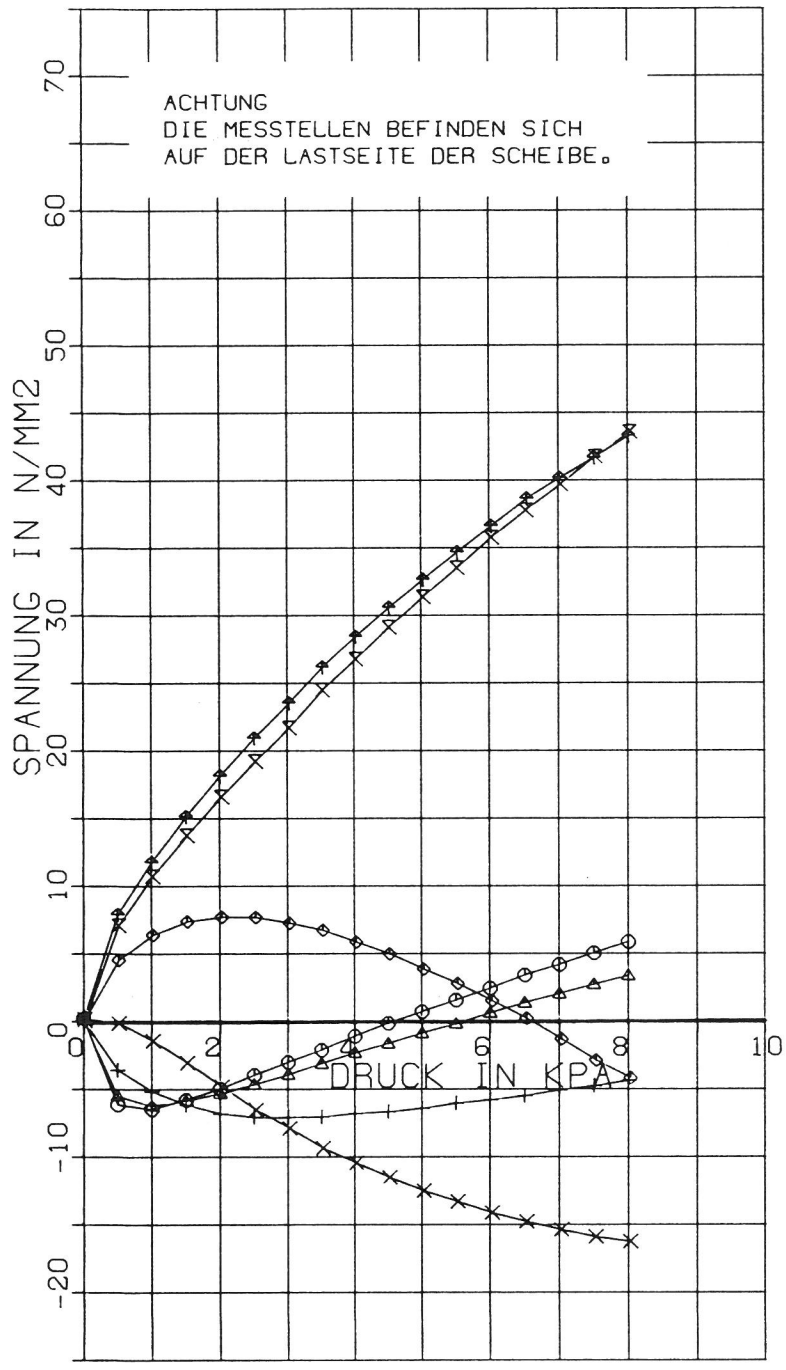
ZEICHEN:

- W00
- △ W40
- + W70
- × W04
- ◇ W07

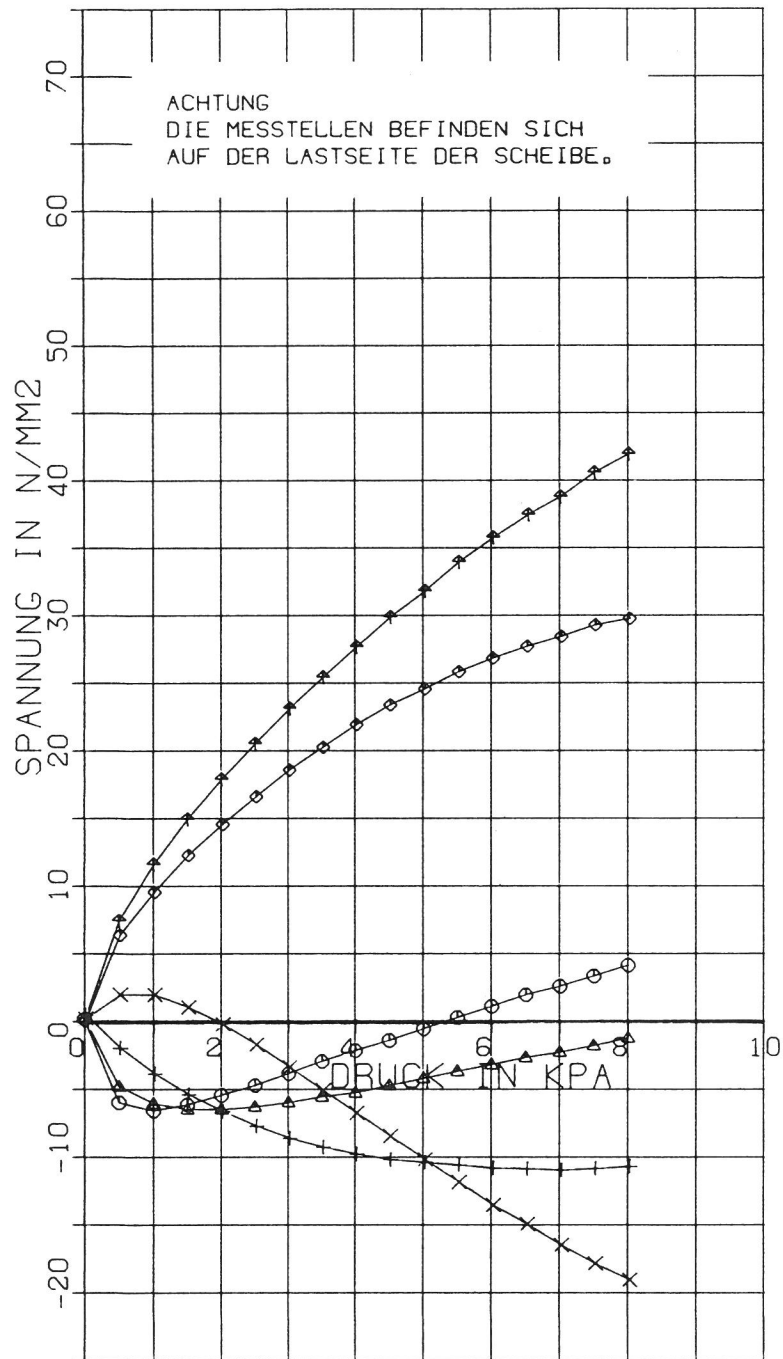
ESG-SCHEIBE 2015/3015/10.0 (MM), 4SEIT. GUMMIGELAGERT
DURCHBIEGUNGEN DER SCHEIBE (ECKEN FIXIERT)



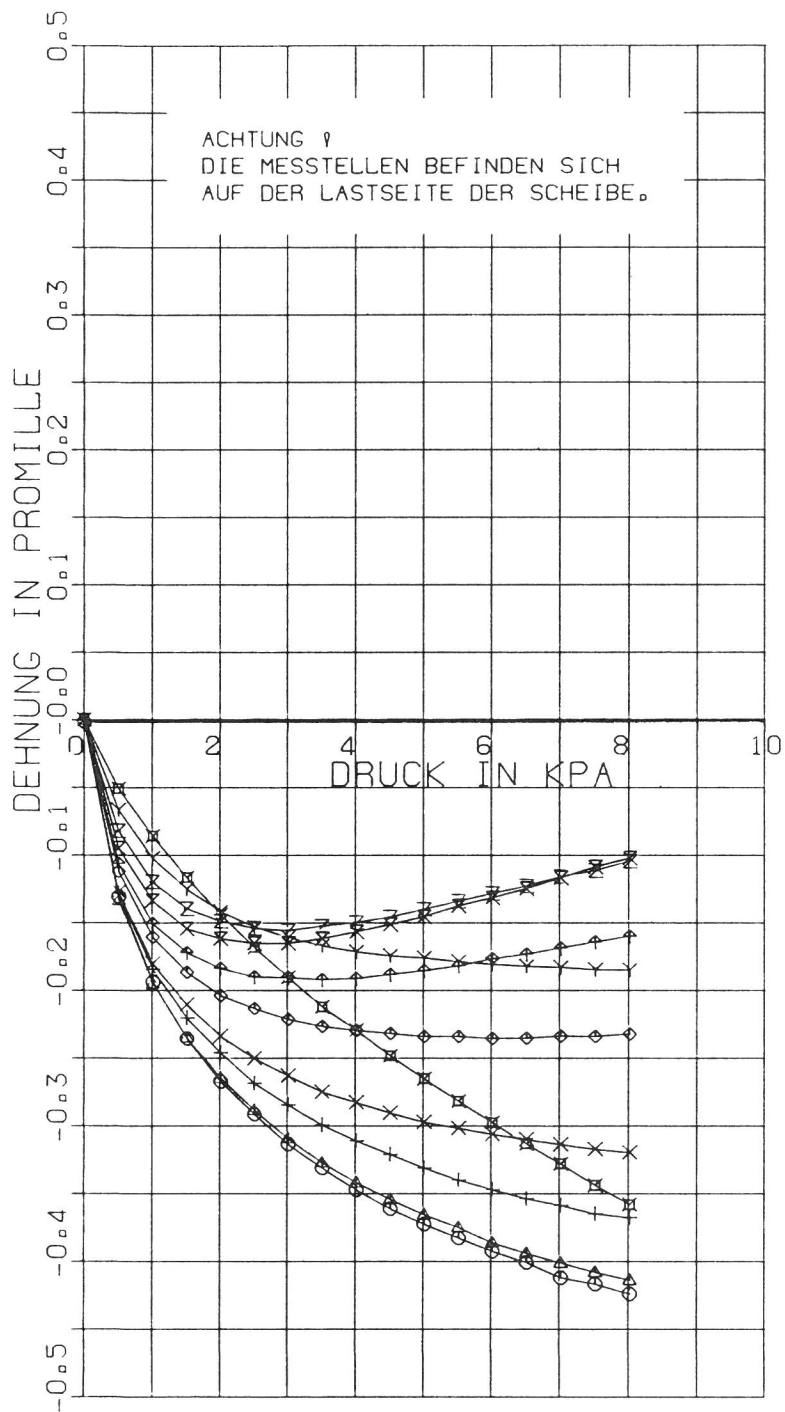
ESG-SCHEIBE 2015/3015/10.0 (MM), 4SEIT. GUMMIGELAGERT
SPANNUNGEN AUS DMS (E=71000 N/MM2, ECKEN FIXIERT)



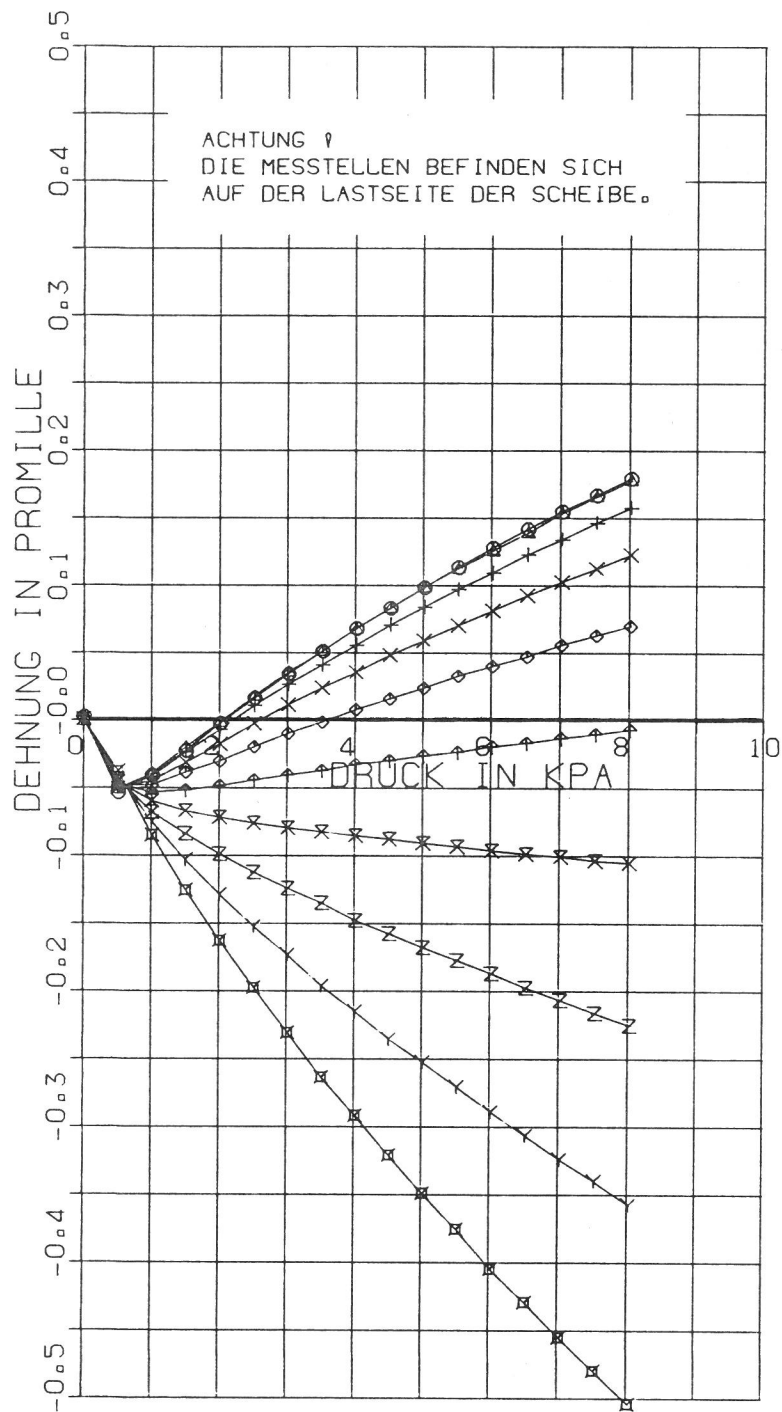
ESG-SCHEIBE 2015/3015/10,0 (MM), 4SEIT. GUMMIGELAGERT
 SPANNUNGEN AUS DMS (E=71000 N/MM2, ECKEN FIXIERT)



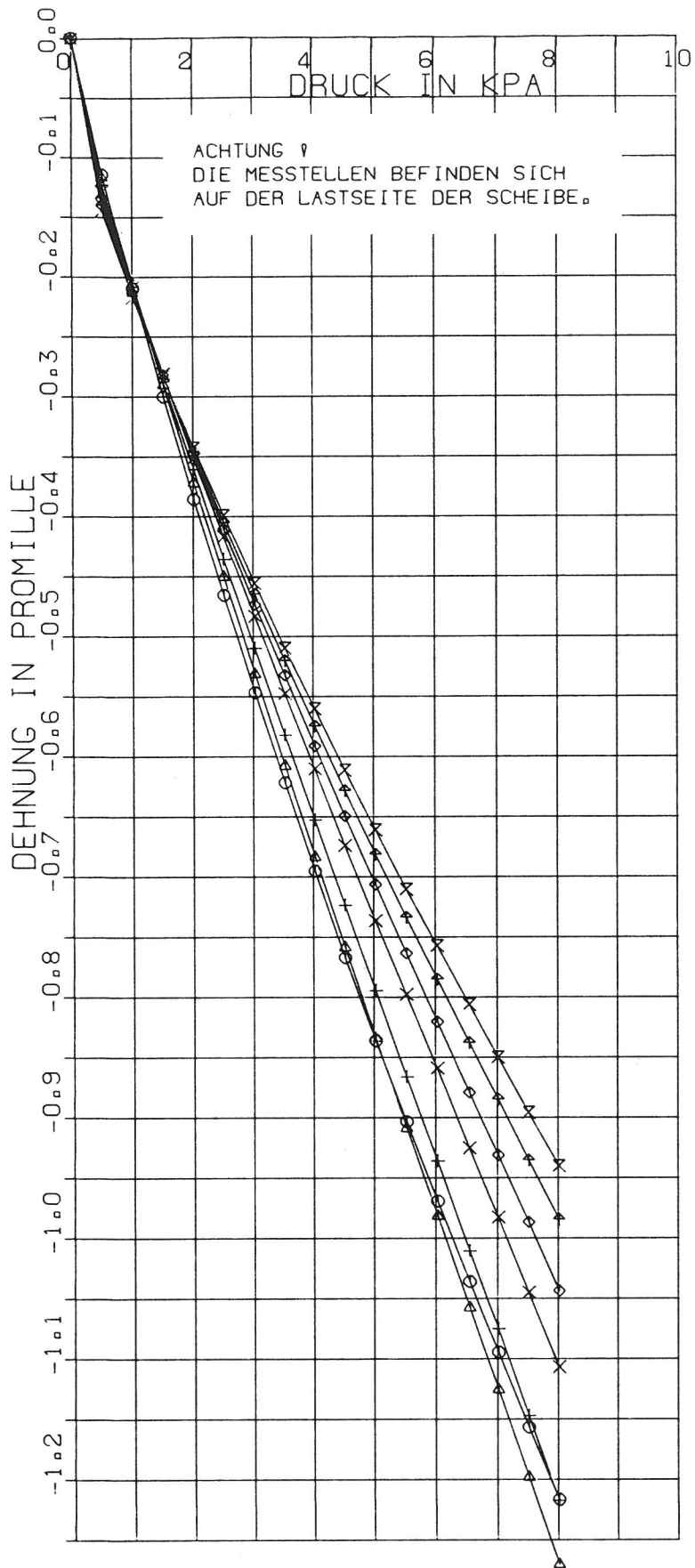
ESG-SCHEIBE 2015/3015/10,9 (MM), 4SEIT. GUMMIGELAGERT
SPANNUNGEN AUS DMS (E=71000 N/MM2, ECKEN FIXIERT)



ESG-SCHEIBE 2015/3015/10.0 (MM), 4SEIT. GUMMIGELAGERT
DEHNUNGEN AUS EINZEL-DMS (ECKEN FIXIERT)



ESG-SCHEIBE 2015/3015/10.0 (MM), 4SEIT. GUMMIGELAGERT
DEHNUNGEN AUS EINZEL-DMS (ECKEN FIXIERT)



ESG-SCHEIBE 2015/3015/10.0 (MM), 4SEIT. GUMMIGELAGERT
DEHNUNGEN AUS EINZEL-DMS (ECKEN FIXIERT)

Bisher erschienene Forschungsberichte der BAM

- Nr. 1/September 1968
Forschung und Entwicklung in der Bundesanstalt für Materialprüfung (BAM)
Rechenschaftsbericht für den Bundesminister für Bildung und Wissenschaft
- Nr. 2/Juli 1970 (vergriffen)
Zum Problem des Feuchtigkeitsschutzes von Dehnungsmeßstreifen und Halbleitergebern
von Dr.-Ing. Götz Andreae
- Nr. 3/September 1970 (vergriffen)
Über das mechanische Verhalten von Aluminium-Stahl-Freileitungsseilen als Beispiel für Verbundbauteile
von Dr.-Ing. Josef Ziebs
- Nr. 4/Dezember 1970 (vergriffen)
Formbeständigkeit von Holz gegenüber Feuchtigkeit — Grundlagen und Vergütungsverfahren
von Dr. rer. nat. Arno Burmester
- Nr. 5/März 1971
Die Bedeutung der Netzstellenart und der Netzwerkentendichte für die Beschreibung der elastischen Eigenschaften und des Abbaus von elastomeren Netzwerken
von Dr. rer. nat. Norbert Steiner
- Nr. 6/April 1971
Zur Problematik der Prüfung und Beurteilung des Luftschallschutzes von Bauelementen bei unterschiedlichen Einbaubedingungen
von Prof. Dr.-Ing. Paul Schneider
- Nr. 7/Juli 1971
Chromatographie und chemische Konstitution — Untersuchungen über den Einfluß der Struktur organischer Verbindungen auf das Verhalten bei der Dünnschicht-Chromatographie
von Dr.-Ing. Hans-Joachim Petrowitz
- Nr. 8/November 1971
Zum Spannungs-Dehnungs-Verhalten von Baustählen bei Wechselbeanspruchung
von Dr.-Ing. Helmut Veith
- Nr. 9/November 1971
Untersuchung über die sichernde Wirkung poröser Massen in Acetylenflaschen
von Dr.-Ing. Karl-Heinz Möller
- Nr. 10/Januar 1972
Untersuchungen über die Korngrößenbestimmung mit Ultraschall zur Entwicklung einer für die Praxis geeigneten zerstörungsfreien Meßmethode
von Dr.-Ing. Dietmar Aurich und Prof. Dr. phil. Erich Martin
- Nr. 11/Februar 1972
Beitrag zur Kenntnis der Schnittriefenbildung und Schnittgütwerte beim Brennschneiden
von Dr.-Ing. Hans-Joachim Krause
- Nr. 12/Mai 1972
Über Veränderungen von Nylon-6-Fasern beim Texturieren
von Dir. u. Prof. Dr. rer. nat. Hubert Feuerberg
- Nr. 13/Juni 1972
Festkörpergleitreibung und Verschleiß von Eisen, Kobalt, Kupfer, Silber, Magnesium und Aluminium in einem Sauerstoff-Stickstoff-Gemisch zwischen 760 und $2 \cdot 10^{-7}$ Torr
von Dr.-Ing. Karl-Heinz Habig (Berichter), Prof. Dr.-Ing. Kurt Kirschke, Dr.-Ing. Wolfgang-Werner Maennig und Dipl.-Phys. Harald Tischer
- Nr. 14/Juli 1972
Untersuchungen zur Amplitudenabhängigkeit der Ultraschalldämpfung in Metallen bei 20 kHz
von Eberhard Fischer
- Nr. 15/August 1972
Studie und Probleme der chemischen Edelmetall-Analyse
von Dir. u. Prof. Dr.-Ing. Heinz Pohl
- Nr. 16/August 1972
Über Ausführung und Aussagefähigkeit des Normbrandversuches nach DIN 4102, Blatt 2, im Hinblick auf die Nachbildung natürlicher Schadensfeuer
von Dr.-Ing. Erwin Knublauch
- Nr. 17/August 1972
Aktivierungsanalyse mit schnellen Neutronen, Photonen und geladenen Teilchen
von Dr.-Ing. Peter Reimers
- Nr. 18/Januar 1973
Das Sprödbruchverhalten des Baustahles R St 37-2 N in geschweißten Konstruktionen, dargestellt mit Hilfe der Methode des Temperaturvergleiches
von Dr.-Ing. Werner Struck
- Nr. 19/Januar 1973
Die Bestimmung von Grenzflächentemperaturen bei tribologischen Vorgängen
Literaturrecherche von Dipl.-Phys. K. Kaffanke und Dr.-Ing. H. Czichos
- Nr. 20/April 1973
Brandrisiko elektrischer Leitungen und Installationen in Wänden
von Dipl.-Ing. R. Rudolphi
- Nr. 21/Juli 1973
Die kontinuumsmechanische Erfassung des zeitlichen Ablaufs der elastisch-plastischen Dehnungen bei der Zerrüttung
Literaturrecherche von Dipl.-Phys. D. Klaffke und Dr.-Ing. W. Maennig
- Nr. 22/Juli 1973
Untersuchungen für ein Prüfverfahren zur Bemessung der Brandschutzbekleidung von Stahlstützen
von Dipl.-Ing. R. Rudolphi und Dr.-Ing. E. Knublauch
- Nr. 23/November 1973
Reichs- und preußische Landesanstalten in Berlin Ihre Entstehung und Entwicklung als außeruniversitäre Forschungsanstalten und Beratungsorgane der politischen Instanzen
von Prof. Dr. rer. nat. habil. Walter Ruske
- Nr. 24/November 1973
Das Brandverhalten von Holzstützen unter Druckbeanspruchung
von Dipl.-Ing. J. Stanke, Ing. grad. E. Klement und Dipl.-Ing. R. Rudolphi
- Nr. 25/Dezember 1973
Über das Brandgeschehen vor der Fassade eines brennenden Gebäudes unter besonderer Berücksichtigung der Feuerbeanspruchung von Außenstützen
von Dr.-Ing. E. Knublauch
- Nr. 26/August 1974
Der Elektronen-Linearbeschleuniger der BAM — Eigenschaften und erste Anwendungen —
von Dipl.-Ing. P. Jost, Dr.-Ing. P. Reimers und Dr.-Ing. P. Weise
- Nr. 27/August 1974
Untersuchungen zum Schallfeld von Winkelprüfköpfen für die Materialprüfung mit Ultraschall
von Dr.-Ing. Hermann Wüstenberg
- Nr. 28/August 1974
Zum Ablauf von Gasexplosionen in mit Rohrleitungen verbundenen Behältern
von Prof. Dr. rer. nat. Hans-Jürgen Heinrich
- Nr. 29/August 1974
Theorie der dissipativen Luftschalldämmung bei einem idealisotropen porösen Material mit starrem Skelett für senkrechten, schrägen und allseitigen Schalleinfall
von Prof. Dr.-Ing. P. Schneider
- Nr. 30/September 1974 (vergriffen)
The Application of Systems Thinking and Systems Analysis to Tribology
von Dr. Horst Czichos und Dr. Geert Salomon
- Nr. 31/August 1975
Untersuchungen zur Klärung des Verhaltens thermoplastischer Kunststoffe bei Wechseldehnungsbeanspruchung
von Dr.-Ing. Gerhard Fuhrmann
- Nr. 32/September 1975
Ein thermo-elektrisches Netzwerkverfahren zur Berechnung stationärer Temperatur- und Wärmestromverteilungen mit Anwendungsbeispielen
von Dipl.-Ing. Reinald Rudolphi und Dr.-Ing. Bernhard Böttcher
- Nr. 33/November 1975
Die Bestimmung der Temperaturleitfähigkeit von Baustoffen mit Hilfe eines nichtstationären Meßverfahrens
von Dipl.-Ing. Armin Wagner, Dipl.-Phys. Gerhard Kieper und Dipl.-Ing. Reinald Rudolphi
- Nr. 34/Januar 1976 (vergriffen)
Untersuchungen zur Vergütung von Holzwerkstoffen
von Dipl.-Forsting. Dr. rer. sylv. Hans-Joachim Deppe
- Nr. 35/Januar 1976
Der Widerstand von Platten, die als Beplankungsmaterial leichter Wände verwendet werden, gegenüber dem Aufprall harter Körper — Vorschlag für ein Prüfverfahren —
von Dipl.-Ing. Ernst Limberger
- Nr. 36/Januar 1976 (vergriffen)
Wärme- und Feuchtigkeitsleitung in Beton unter Einwirkung eines Temperaturgefälles
von Dipl.-Ing. Jürgen Hundt
- Nr. 37/Februar 1976
Die stoßartige Beanspruchung leichter, nichttragender Bauteile durch einen mit der Schulter gegenprallenden Menschen — Vorschlag für ein Prüfverfahren —
von Dr.-Ing. Werner Struck
- Nr. 38/Juni 1976
Verschleißuntersuchungen an gas-, bad- und ionisiertem Stahl 42 CrMo 4
von Dr.-Ing. Karl-Heinz Habig
- Nr. 39/Juni 1976
Untersuchung der viskoelastischen Eigenschaften von Flüssigkeiten (mit nicht-Newtonschem Fließverhalten) insbesondere bei höherer Scherbeanspruchung
von Prof. Dr.-Ing. K. Kirschke und Dipl.-Phys. G. Kempf
- Nr. 40/Juni 1976
Zum Untergrundabzug bei energiedispersiven Spektren nach verschiedenen Verfahren
von Dr. rer. nat. H. Hantsche
- Nr. 41/Okttober 1976
Optische Eigenschaften cholesterinischer Flüssigkeiten
von Dr. rer. nat. Bernhard Böttcher
- Nr. 42/Okttober 1976
Ermittlung der Mindestzündenergie brennbarer Gase in Mischung mit Luft
von Dr.-Ing. Siegmund Dietlen
- Nr. 43/Okttober 1976
Das Sprödbruchverhalten geschweißter Bauteile aus Stahl mit zäh-sprödem Übergang im Bruchverhalten, dargestellt mit Hilfe der Methode des Temperaturvergleiches
von Dr.-Ing. Werner Struck
- Nr. 44/November 1976
Berechnung von räumlichen, linear elastischen Systemen, die aus finiten Stab- und Balkenelementen zusammengesetzt sind, unter Verwendung des Programms „Stab-Werk“
von Dipl.-Ing. W. Matthees
- Nr. 45/Dezember 1976
Untersuchung des Elektrodenverhaltens im Vakuum aufgedampfter Metallschichten
von Dr.-Ing. W. Paatsch
- Nr. 46/Mai 1977 (vergriffen)
Versuchsergebnisse zur Festigkeit und Verformung von Beton bei mehraxialer Druckbeanspruchung Results of Test Concerning Strength and Strain of Concrete Subjected to Multiaxial Compressive Stresses
von Dipl.-Ing. Gerald Schickert und Dipl.-Ing. Helmut Winkler
- Nr. 47/Juni 1977
Bautechnische Einflüsse auf die Tragfähigkeit von Kunststoffdübeln für Fassadenbekleidungen
von Dr.-Ing. Arno Plank
- Nr. 48/Oktober 1977
Setzung von Fundamenten infolge dynamischer Last, angewendet auf die Fundamente einer geplanten Schnellbahn
von Dr.-Ing. U. Holzlöhner
- Nr. 49/Dezember 1977
Untersuchungen zur Anwendung von Mikrowellen in der zerstörungsfreien Prüfung
von Dr.-Ing. Günther Wittig
- Nr. 50/Juni 1978 (vergriffen)
Zur Meßtechnik für die Sicherheitsbeurteilung und -überwachung von Spannbeton-Reaktordruckbehältern
von Prof. Dipl.-Phys. Norbert Czaika, Dipl.-Phys. Norbert Mayer, Dipl.-Ing. Claus Amberg, Dipl.-Ing. Götz Magiera, Dr.-Ing. Götz Andreae und Dipl.-Ing. Winfried Markowski
- Nr. 51/Juni 1978
Auswirkung von chemischen und physikalisch-technologischen Einflußfaktoren auf das Beständigkeitsverhalten von Oberflächenbeschichtungen auf der Basis von Reaktionsbeschichtungsstoffen
von Dr. rer. nat. J. Sickfeld
- Nr. 52/August 1978
Zum Einfluß der Gleitgeschwindigkeit auf das tribologische Verhalten von Werkstoffen hoher Härte bei reiner Festkörperreibung
von Dr.-Ing. Aleksandar Tomov
- Nr. 53/Okttober 1978
Bemessung und Optimierung beheizbarer Straßen- und Brückenbeläge
von Rolf Günter Rohrmann und Reinald Rudolphi

- Nr. 54/Okttober 1978
Magnetisches Verhalten dünner Eisenschichten bei mechanischer Wechselbeanspruchung
von Dr.-Ing. Harro Sander
- Nr. 55/November 1978
Beobachtung und Orientierungsbestimmung der Oberflächenkristallite polykristalliner 99,999 %-Al-Proben bei Biegewechselbeanspruchung
von Dr.-Ing. Dieter Klaffke
- Nr. 56/Januar 1979
Stabilität von Sandwichbauteilen
von Dipl.-Ing. W. Brünner und Prof. Dr.-Ing. C. Langlie
- Nr. 57/März 1979
Untersuchungen an Prüfmitteln für die Magnetpulverprüfung
Investigations on Inspection-Media for Magnetic Particle-Testing
von Dipl.-Ing. Meinhard Stadthaus
- Nr. 58/März 1979
Ermittlung des Bauteilwiderstandes aus Versuchsergebnissen bei vereinbartem Sicherheitsniveau
von Dr.-Ing. Werner Struck
- Nr. 59/Juli 1979
Ermittlung der Verformungen biegebeanspruchter Stahlbetonbalken mit der Methode der Finiten Elemente unter besonderer Berücksichtigung des Verbundes zwischen Beton und Stahl
von Dr.-Ing. Günther Plauk
- Nr. 60/August 1979
Untersuchungen zur Erfassung der Kaltformbarkeit von Feinblechen beim Strecken
von Dr.-Ing. H. Spreckelmeyer, Dr.-Ing. R. Helms und Dr.-Ing. J. Ziebs
- Nr. 61/Dezember 1979
Beschreibung von Problemen der höheren Farbmetrik mit Hilfe des Gegenfarbensystems
von Dr. Klaus Richter
- Nr. 62/Dezember 1979
Geomagnetobiologisch bedingter Zusammenhang zwischen der Fraßaktivität von Termiten und der Zahl der Sterbefälle
von Dir. u. Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Gerisch und Prof. Dr. habil. Dr. h. c. Günther Becker
- Nr. 63/Dezember 1979
Untersuchungen an Stopfbuchsen von Ventilen und Schiebern für Gase
von Dipl.-Ing. E. Behrend und Dipl.-Ing. J. Ludwig
- Nr. 64/Februar 1980
Ermittlung der Schwingungserregung beim Betrieb schienengebundener Fahrzeuge in Tunneln sowie Untersuchung des Einflusses einzelner Parameter auf die Ausbreitung von Erschütterungen im Tunnel und dessen Umgebung
von Dr.-Ing. Werner Rücker
- Nr. 65/Februar 1980
Untersuchungen über den Einfluß des Spannungszustandes auf bruchmechanische Kennwerte
von Dr.-Ing. Peter Schmidt, Dr.-Ing. Dietmar Aurich, Dr.-Ing. Rolf Helms, Dr.-Ing. Helmut Veith und Dr.-Ing. Josef Ziebs
- Nr. 66/Mai 1980
Auswirkung von Druckentlastungsvorgängen auf die Umgebung
von Dr. rer. nat. Martin Hattwig
- Nr. 67/Mai 1980
Beitrag zur dynamischen Analyse von vorgespannten und vorbelasteten Feder-Masse-Systemen mit veränderlicher Gliederung unter stoßartiger Beanspruchung
von Dr.-Ing. Wolfgang Matthees
- Nr. 68/Mai 1980
Oberflächenmeßverfahren unter besonderer Berücksichtigung der Stereomeßtechnik. Entwicklung eines vollzentrischen Präzisions-Goniometers
von Dr. rer. nat. Dieter Petersohn
- Nr. 69/Juni 1980
Untersuchungen zur Integrität des Liners von Reaktorsicherheitshüllen (Containments) in Stahlbeton- und Spannbetonbauweise
von Dr.-Ing. Frank Buchhardt und Dipl.-Ing. Peter Brandl
- Nr. 70/August 1980 (vergriffen)
Schwellenwerte beim Betondruckversuch
von Dr.-Ing. Gerald Schickert
- Nr. 71/August 1980
Untersuchungen über durch den Boden gekoppelte dynamische Wechselwirkungen benachbarter Kernkraftwerksbauten großer Masse unter seismischen Einwirkungen
von Dr.-Ing. Wolfgang Matthees und Dipl.-Ing. Götz Magiera
- Nr. 72/September 1980
Übertragbarkeit der Ergebnisse von Brandprüfungen am Beispiel von Stahl- und Holzstützen
von Dr.-Ing. Reinald Rudolphi
- Nr. 73/November 1980
Vergleichende Untersuchungen zum Tragverhalten von Klemmkupplungen für Stahlrohrgerüste nach bestehenden deutschen Prüfvorschriften und geplanten europäischen bzw. internationalen Prüfnormen
von Dipl.-Ing. Peter Wegener
- Nr. 74/November 1980
ALGOL-Computerprogramm zur Berechnung zweidimensionaler instationärer Temperaturverteilungen mit Anwendungen aus dem Brand- und Wärmeschutz
von Dr.-Ing. Reinald Rudolphi und Dipl.-Inform. Renate Müller
- Nr. 75/November 1980
Beitrag zur Kenntnis des zeitlichen und örtlichen Druckverlaufs bei der plötzlichen Entlastung unter Druck stehender Behälter und Behälterkombinationen
von Dir. u. Prof. Dr. Hans-Jürgen Heinrich
- Nr. 76/November 1980
Deformationsverhalten von Rein- und Reinstaluminium sowie Cu 99,9 und St 37 bei Biegewechselbeanspruchung im Rasterelektronenmikroskop
von Dr.-Ing. Dieter Klaffke und Prof. Dr.-Ing. Wolfgang-Werner Maennig
- Nr. 77/April 1981
Untersuchung des Verhaltens von Lagerzementen
von Dipl.-Ing. Michael Gierloff und Dr.-Ing. Matthias Maultzsch
- Nr. 78/September 1981
Dynamische Wechselwirkung eines Schienen-Schwellensystems mit dem Untergrund
von Dr.-Ing. Werner Rücker
- Nr. 79/Dezember 1981
Ein Beitrag zur Untersuchung der wasserstoffbeeinflussten Kaltritzneigung höherfester niedriglegierter Feinkornbaustähle mit dem Implantversuch
von Dr.-Ing. Volker Neumann
- Nr. 80/Dezember 1981
Ursachen des Teileinsturzes der Kongreßhalle in Berlin-Tiergarten
von Dr.-Ing. Arno Plank, Dr.-Ing. Werner Struck und Dr.-Ing. Manfred Tzschätzsch
- Nr. 81/Dezember 1981
Graphisch-rechnerisches Verfahren zum Erfassen der Zündhäufigkeit zündbarer Stoffe; Anwendung auf Datenmaterial aus dem Bereich der Statistik
von Dipl.-Ing. Jürgen Schmidt
- Nr. 82/April 1982
Zur werkstoffmechanischen Beurteilung des Kerbschlagbiegeversuches
Assessment of the mechanical behaviour of materials in the notched bar impact test
von Rolf Helms, Hans-Joachim Kühn und Siegmund Ledworski
- Nr. 83/Juli 1982
Tribologisches Verhalten von thermoplastischen Kunststoffen
— Kontaktdeformation, Reibung und Verschleiß, Oberflächenuntersuchungen —
von Prof. Dr.-Ing. Horst Czichos und Dr.-Ing. Paul Feinle
- Nr. 84/Juli 1982
Übertragbarkeit der Ergebnisse von Brandprüfungen im Kleinprüfstand (Vergleichsversuche)
von Dipl.-Inform. Renate Müller und Dr.-Ing. Reinald Rudolphi
- Nr. 85/ISBN 3-88314-231-X/Oktober 1982
Technische Materialforschung und -prüfung
— Entwicklungstendenzen und Rahmenvorschläge für ein EG-Programm „Basic Technological Research“ —
Materials Research and Testing
— Development Trends and Outline Proposals for a Community Programme “Basic Technological Research“ —
von Prof. Dr. Horst Czichos
- Nr. 86/ISBN 3-88314-232-8/November 1982
Zur quantitativen Kennzeichnung des Verwitterungsverhaltens von Naturwerksteinen anhand ihrer Gefügemerkmale
von Dr.-Ing. Konrad Niesel und Dr. rer. nat. Peter Schimmelwitz
- Nr. 87/ISBN 3-88314-240-9/Dezember 1982
Einfluß baupraktischer Umgebungsbedingungen auf das Korrosionsverhalten von Spannstählen vor dem Injizieren
von Dr.-Ing. Bernd Isecke und Dr.-Ing. Wolfgang Stichel
- Nr. 88/ISBN 3-88314-254-9/Februar 1983
Untersuchungen zur Ausbreitung von Longitudinalwellen an Oberflächen bei der Materialprüfung mit Ultraschall
von Dr.-Ing. Anton Erhard
- Nr. 89/ISBN 3-88314-263-8/April 1983
Untersuchungen zur Zerfallsfähigkeit von Distickstoffoxid
von Dr. rer. nat. Dietrich Conrad und Dr.-Ing. Siegmund Dietlen
- Nr. 90/ISBN 3-88314-264-6/April 1983
Kinetische Grenztragfähigkeit von stoßartig belasteten Stahlbetonbauteilen
Kinetic Load Bearing Capacity of Impulsively Loaded Reinforced Concrete Members
von Dr.-Ing. Klaus Brandes, Dipl.-Ing. Ernst Limberger und Dipl.-Ing. Jürgen Herter
- Nr. 91/ISBN 3-88314-265-4/April 1983
Dreidimensionale Analyse von unbewehrtem Beton mit nichtlinear-elastischem Materialgesetz
von Dr.-Ing. Michael Weber
- Nr. 92/ISBN 3-88314-266-2/August 1983
Ausbreitung von Erschütterungen durch den Boden
von Dipl.-Ing. Lutz Auersch
- Nr. 93/ISBN 3-88314-283-2/August 1983
Unterdrückung stick-slip-induzierter Kurvengeräusche schienengebundener Fahrzeuge durch eine physikalisch-chemische Oberflächenbehandlung der Schienen
von Dr. rer. nat. Peter Studt
- Nr. 94/ISBN 3-88314-284-0/August 1983
Untersuchungen der Störschwingungen beim Kerbschlagbiegeversuch und deren Abschwächungen
von Dr.-Ing. Xian-Quan Dong
- Nr. 95/ISBN 3-88314-289-1/August 1983
Über die Fokussierung des Schallfeldes von Ultraschall-Prüfköpfen mit Fresnelschen Zonenplatten
von Dr.-Ing. Manfred Römer
- Nr. 96/ISBN 3-88314-296-4/Oktober 1983
Verbundverhalten zwischen festem Beton und geripptem Betonstahl sowie sein Einfluß auf inelastische Verformungen biegebeanspruchter Stahlbetonbalken
von Dr.-Ing. Heinz Eifler
- Nr. 97/ISBN 3-88314-297-2/November 1983
Typische Bruchflächenbildung thermoplastischer Kunststoffe nach wechselnder mechanischer Beanspruchung
von Dipl.-Ing. Gerhard Fuhrmann und Prof. Dr. rer. nat. Wolfram Schwarz
- Nr. 98/ISBN 3-88314-312-X/Dezember 1983
Bestimmung des elastischen Verhaltens von Maschinenwaren
— Stretch- und Erholungsvermögen —
von Dr. rer. nat. Edmund Schnabel
- Nr. 99/ISBN 3-88314-317-0/Dezember 1983
Kinetische Grenztragfähigkeit von stoßartig belasteten Stahlbetonbauteilen
Kinetic Load Bearing Capacity of Impulsively Loaded Reinforced Concrete Members
von Dr.-Ing. Klaus Brandes, Dipl.-Ing. Ernst Limberger und Dipl.-Ing. Jürgen Herter
- Nr. 100/ISBN 3-88314-298-0/Januar 1984
Untersuchungen zur Prüfung von Beton auf Frostwiderstand
von Günter Klamrowski und Paul Neustupny
- Nr. 101/ISBN 3-88314-327-8/Februar 1984
Röntgen- und Gammastrahlen Computer-Tomographie
von Dr.-Ing. Peter Reimers, Dr. rer. nat. Jürgen Goebbels, Dr.-Ing. Heinrich Heidt, Dr.-Ing. Hans-Peter Weise und Dipl.-Phys. Kay Wilding
- Nr. 102/ISBN 3-88314-335-9/März 1984
Weiterentwicklung des hydraulischen Kompensationsverfahrens zur Druckspannungsmessung in Beton
von Dr.-Ing. Götz Magiera
- Nr. 103/ISBN 3-88314-328-6/März 1984
Radiographie mit Elektronen aus Metallverstärkerfolien
von Dr.-Ing. Dierk Schnitger
- Nr. 104/ISBN 3-88314-339-1/April 1984
Beeinflussung von Betoneigenschaften durch Zusatz von Kunststoffdispersionen
von Dr.-Ing. Michael Gierloff
- Nr. 105/ISBN 3-88314-345-6/Juni 1984
Beitrag zum Bremsverhalten energieumwandelnder Aufsetzpuffer in Aufzugsanlagen
von Dr.-Ing. Bernd Schulz-Forberg
- Nr. 106/ISBN 3-88314-360-X/Oktober 1984
Setzung von Fundamenten infolge dynamischer Last
von Dr.-Ing. Jan Lehnert

- Nr. 107/ISBN 3-88314-361-8/Oktober 1984
Korrosion von Stahlradiatoren
von Dr.-Ing. Wolfgang Stichel und Jörg Ehreke
- Nr. 108/ISBN 3-88314-363-4/Oktober 1984
Durch Bodenerschütterungen angeregte Gebäudeschwingungen — Ergebnisse von Modellrechnungen
von Dipl.-Ing. Lutz Auersch
- Nr. 109/ISBN 3-88314-381-2/Februar 1985
Zur Wirkung der Schrupfbehinderung auf den Schweißelastizitätswitz und das Sprödbruchverhalten von unterpulverschweißten Blechen aus St E 460 N
von Dr.-Ing. Mohamed Omar
- Nr. 110/ISBN 3-88314-382-0/Februar 1985
Wasserstoff als Energieträger
von Dr. Hermann Walde (Mitglied des Kuratoriums der BAM i. R.) und Dr. Bernhard Kropp
- Nr. 111/ISBN 3-88314-383-9/Februar 1985
Über den Einfluß der Initiierung auf die detonative Umsetzung von Anđex-Sprengstoffen unter Berücksichtigung sicherheitstechnischer Gesichtspunkte
von Dr.-Ing. Kurt Ziegler
- Nr. 112/ISBN 3-88314-409-6/Juli 1985
Zeitstandverhalten und strukturelle Veränderungen von vielfach wiederverarbeiteten Polyethylenen
von Dr.-Ing. Wolfgang Lützw
- Nr. 113/ISBN 3-88314-410-X/Juli 1985
Untersuchungen zum Frequenzeinfluß auf die Schwingungskorrosion von Offshore-Konstruktionen
von Rolf Helms, Horst Henke, Gerhard Oelrich (BAM, Berlin) und Tetsuya Saito (NRIM, Japan)
- Nr. 114/ISBN 3-88314-419-3/Juli 1985
Neue Verfahren für die Prüfung von Reaktorkomponenten mittels Röntgen- und Gammastrahlen
von Dipl.-Ing. Peter Rose, Dipl.-Ing. Peter Raabe, Dipl.-Ing. Werner Daum und Andreas Szameit
- Nr. 115/ISBN 3-88314-420-7/Juli 1985
Farbempfindungsmerkmal Elementaruntun und Buntheitsabstände als Funktion von Farbart und Leuchtdichte von In- und Umfeld
von Privatdozent Dr. Klaus Richter
- Nr. 116/ISBN 3-88314-460-6/Oktober 1985
Theoretische Ermittlung des Wärmedurchgangskoeffizienten von Fensterkonstruktionen unter besonderer Berücksichtigung der Rahmenproblematik
von Dr. rer. nat. Franz-Josef Kasper, Dipl.-Inform. Renate Müller, Dr.-Ing. Reinald Rudolphi und Dr.-Ing. Armin Wagner
- Nr. 117/ISBN 3-88314-468-1/Oktober 1985
Materials Technologies and Techno-Economic Development
A study for the German Foundation for International Development (Deutsche Stiftung für Internationale Entwicklung)
by Prof. Dr. H. Czichos in cooperation with Dr. G. Sievers, Bundesministerium für Forschung und Technologie (BMFT), Bonn
- Nr. 118/ISBN 3-88314-469-X/Oktober 1985
Brand- und Explosionsgefahren explosionsgefährlicher Stoffe bei Herstellung und Lagerung
Modellversuche mit pyrotechnischen Sätzen und Gegenständen
von Dr. rer. nat. Hartwig Treumann, Dipl.-Ing. Hilmar Andre, Dr. rer. nat. Eduard Blossfeld, Dr. rer. nat. Norbert Pfeil und Ing. grad. Matthias-Michael Zindler
- Nr. 119/ISBN 3-88314-472-X/November 1985
Kinetische Grenztragfähigkeit von stoßartig belasteten Stahlbetonbauteilen
Versuche an Stahlbetonplatten, Teil I
Kinetic Load Bearing Capacity of Impulsively Loaded Reinforced Concrete Members
Tests on Reinforced Concrete Slabs, Part I
von Dipl.-Ing. Jürgen Herter, Dr.-Ing. Klaus Brandes und Dipl.-Ing. Ernst Limberger
- Nr. 120/ISBN 3-88314-514-9/April 1986
Zerstörungsfreie Korngrößenbestimmung an austenitischen Feinblechen mit Hilfe der Ultraschallrückstreuung
von Dr.-Ing. Andreas Hecht
- Nr. 121/ISBN 3-88 314-530-0/Juni 1986
Versagenskriterien von Stahlgleitpaarungen unter Mischreibungsbedingungen: Einflüsse von Stahlsammensetzung und Wärmebehandlung
von Dr.-Ing. Paul Feinle und Prof. Dr.-Ing. Karl-Heinz Habig
- Nr. 122/ISBN 3-88 314-521-1/Juli 1986
Entsorgung kerntechnischer Anlagen
von J. Mischke
Sonderkolloquium der Bundesanstalt für Materialprüfung (BAM) am 10. 12. 1985 mit Beiträgen von B. Schulz-Forberg, K. E. Wieser und B. Droste
- Nr. 123/ISBN 3-88 314-531-9/Juli 1986
Physikalisch-chemische Analyse sowie toxische Beurteilung der beim thermischen Zerfall organisch-chemischer Baustoffe entstehenden Brandgase
von Dr. rer. nat. Detlef Rennoch
- Nr. 124/ISBN 3-88 314-538-6/Juli 1986
Zur Anwendung des Impuls-Wirbelstromverfahrens in der zerstörungsfreien Materialprüfung
von Dr.-Ing. Hans-Martin Thomas
- Nr. 125/ISBN 3-88 314-540-8/Juli 1986 (vergriffen)
Untersuchungen zur Wirksamkeit der Brandschutzisolierung von Flüssiggas-Lagertanks
von Dr.-Ing. Bernhard Droste und Dipl.-Ing. Ulrich Probst
- Nr. 126/ISBN 3-88 314-547-5/August 1986
Korrosion und Korrosionsschutz von Metallen in Schwimmhallen
von Dr.-Ing. Wolfgang Stichel
- Nr. 127/ISBN 3-88 314-564-5/November 1986 (vergriffen)
Kinetische Grenztragfähigkeit von stoßartig belasteten Stahlbetonbauteilen
Kinetic Load Bearing Capacity of Impulsively Loaded Reinforced Concrete Members
Versuche an Stahlbetonbalken, Teil I
Tests on Reinforced Concrete Beams, Part I
von / by Dipl.-Ing. Ernst Limberger, Dr.-Ing. Klaus Brandes, Dipl.-Ing. Jürgen Herter und Dipl.-Ing. Klaus Berner
- Nr. 128/ISBN 3-88 314-568-8/November 1986 (vergriffen)
Kinetische Grenztragfähigkeit von stoßartig belasteten Stahlbetonbauteilen
Kinetic Load Bearing Capacity of Impulsively Loaded Reinforced Concrete Members
Versuche an Stahlbetonbalken, Teil II
Tests on Reinforced Concrete Beams, Part II
von / by Dipl.-Ing. Ernst Limberger, Dr.-Ing. Klaus Brandes, Dipl.-Ing. Jürgen Herter und Dipl.-Ing. Klaus Berner
- Nr. 129/ISBN 3-88 314-569-6/November 1986 (vergriffen)
Kinetische Grenztragfähigkeit von stoßartig belasteten Stahlbetonbauteilen
Kinetic Load Bearing Capacity of Reinforced Concrete Members under Impact Load
Zugversuche an Betonstahl mit erhöhter Dehngeschwindigkeit
Reinforcing Steel Tension Tests with high strain rates
von / by Dr.-Ing. Klaus Brandes, Dipl.-Ing. Ernst Limberger, Dipl.-Ing. Jürgen Herter und Dipl.-Ing. Klaus Berner
- Nr. 130/ISBN 3-88 314-570-X/November 1986
Einfache Abschätzung der Durchbiegung und der Energieaufnahme von Trägern aus duktilem Material bei Belastung durch eine Einzelkraft
von Dr.-Ing. Werner Struck
- Nr. 131/ISBN 3-88 314-585-8/November 1986
Kinetische Grenztragfähigkeit von stoßartig belasteten Stahlbetonbauteilen
Kinetic Load Bearing Capacity of Reinforced Concrete Members under Impact Load
Versuche an Stahlbetonplatten, Teil II
Tests on Reinforced Concrete Slabs, Part II
von / by Dipl.-Ing. Ernst Limberger, Dr.-Ing. Klaus Brandes und Dipl.-Ing. Jürgen Herter
- Nr. 132/ISBN 3-88 314-595-5/Januar 1987
Ermittlung der Ursachen von Schäden an bituminösen Dachabdichtungen unter besonderer Berücksichtigung klimatischer Beanspruchungen
von Dipl.-Ing. Christian Herold und Dipl.-Ing. Frank-Ulrich Vogdt
- Nr. 133/ISBN 3-88 314-609-9/Januar 1987 (vergriffen)
Technisch-physikalische Grundlagen zum tribologischen Verhalten keramischer Werkstoffe
von Dipl.-Ing. Mathias Woydt und Prof. Dr.-Ing. Karl-Heinz Habig
- Nr. 134/ISBN 3-88 314-615-3/Februar 1987
Über den Kernstrahlungseinfluß auf Dehnungsmeßstreifen
von Dr. Götz Andreae und Gottfried Niessen
- Nr. 135/ISBN 3-88 314-618-8/Februar 1987
Untersuchungen über das Verhalten von Tankcontainern für unter Druck verflüssigte Gase bei Fallbeanspruchungen
von Dipl.-Ing. Jörg Ludwig, Dipl.-Ing. Wolf-Dietrich Mischke und Dipl.-Ing. Armin Ulrich
- Nr. 136/ISBN 3-88314-636-6/April 1987
Untersuchung zur Beurteilung von Brettschichtverleimungen für den Holzbau
von Prof. Dr. rer. silv. Hans-Joachim Deppe und Klaus Schmidt
- Nr. 137/ISBN 3-88314-637-4/Mai 1987
Analyse und Weiterentwicklung bruchmechanischer Versagenskonzepte auf der Grundlage von Forschungsergebnissen auf dem Gebiet der Komponentensicherheit
Projektleiter: Dr. Dietmar Aurich
- Nr. 138/ISBN 3-88314-635-8/Mai 1987
Zur geowissenschaftlichen Einordnung des Gebietes der Bundesrepublik Deutschland und einer sicheren Auslegung technischer Systeme gegen den Lastfall Erdbeben.
von Dipl.-Geol. Michael Dogunke und Dr.-Ing. Frank Buchhardt
- Nr. 139/ISBN 3-88314-658-7/Juni 1987
Numerische Untersuchung zum Verhalten des Hochtemperaturwerkstoffes Nimonic PE 16 unter monotoner und zyklischer Belastung bei Verwendung verschiedener plastischer und viskoplastischer Materialmodelle.
von Dipl.-Ing. Jürgen Olschewski und Sven-Peter Scholz
- Nr. 140/ISBN 3-88314-643-9/Juni 1987
Kinetische Grenztragfähigkeit von stoßartig belasteten Stahlbetonbauteilen
Kinetic Load Bearing Capacity of Impulsively Loaded Reinforced Concrete Members
von / by Dr.-Ing. Klaus Brandes, Dipl.-Ing. Ernst Limberger und Dipl.-Ing. Jürgen Herter
- Nr. 141/ISBN 3-88314-694-3/Oktober 1987
Zum Einfluß des Sicherheits- und Auslegungserdbebens auf die Bemessung von Kernkraftwerken
von Dr.-Ing. Frank Buchhardt, Dr.-Ing. Wolfgang Matthees, Dr.-Ing. Götz Magiera und Dr.-Ing. Friedrich Mathiak
- Nr. 142/ISBN 3-88314-695-1/Oktober 1987
Sicherheitstechnische Kenndaten und Gefahrzahlen binärer Mischungen aus oxidierenden und verbrennlichen Substanzen
von Dr. rer. nat. Hartwig Treumann, Ing. Günter Krüger, Dr. rer. nat. Norbert Pfeil und Dr. rer. nat. Sigrid von Zahn-Ullmann
- Nr. 143/ISBN 3-88314-701-X/November 1987
Kinetische Grenztragfähigkeit von stoßartig belasteten Stahlbetonbauteilen
Kinetic Load Bearing Capacity of Impulsively Loaded Reinforced Concrete Members
Experimentelle und numerische Untersuchungen zum Trag- und Verformungsverhalten von Stahlbetonbauteilen bei Stoßbelastung
Experimental and numerical Investigations concerning Load Bearing Behaviour of Reinforced Concrete Members under Impact Load
von/by Dr.-Ing. Klaus Brandes, Dipl.-Ing. Ernst Limberger, Dipl.-Ing. Jürgen Herter
- Nr. 144/ISBN 3-88314-702-8/November 1987
Nichtlineare dynamische Berechnungen zum Penetrationsverhalten des AVR-Reaktorgebäudes
von Dr.-Ing. Frank Buchhardt, Dr.-Ing. Götz Magiera, Dr.-Ing. Wolfgang Matthees, Dr.-Ing. Michael Weber, Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM)
Dr.-Ing. Jürgen Altes, Kernforschungsanlage Jülich GmbH (KFA)
- Nr. 145/ISBN 3-88314-711-7/November 1987
Untersuchung selbstähnlicher Systeme zur Bestimmung von Materialeigenschaften von Reibungsböden
von Dr.-Ing. Ulrich Holzlöhner
- Nr. 146/ISBN 3-88314-714-1/November 1987
Untersuchungen zur Wirksamkeit von Wasserberieselungseinrichtungen als Brandschutzmaßnahme für Flüssiggas-Lagertanks
von Dipl.-Ing. Wolfgang Schön und Dipl.-Ing. Michael Mallon
- Nr. 147/ISBN 3-88314-720-6/Dezember 1987
Lösung dynamischer Biege- und Torsionsprobleme von Stabsystemen aus dünnwandigen elastischen Stäben mit offenem Querschnitt mittels frequenzabhängiger Ansatzfunktionen
von Dipl.-Ing. Hans-Dieter Kleinschrodt
- Nr. 148/ISBN 3-88314-774-5/Mai 1988
Theoretische Untersuchung von Variationsprinzipien für elastoplastisches Materialverhalten sowie Entwicklung und numerische Erprobung von Finite-Element-Verfahren für den ebenen Spannungszustand
von Dipl.-Ing. Wilfried Müller
- Nr. 149/ISBN 3-88314-775-3/Mai 1988
Bestimmung baugrunddynamischer Kenngrößen aus der Untersuchung von Bodenproben
von Dr.-Ing. Ulrich Holzlöhner

- Nr. 150/ISBN 3-88314-776-1/Mai 1988
VG3D Zeichenprogramm für die Vektorgraphische Darstellung dreidimensionaler Strukturen
 von Dr.-Ing. Michael Weber
- Nr. 151/ISBN 3-88314-785-0/Juni 1988
Wechselwirkung starrer und flexibler Strukturen mit dem Baugrund insbesondere bei Anregung durch Bodenerschütterungen
 von Dipl.-Ing. Lutz Auersch-Saworski
- Nr. 152/ISBN 3-88314-796-6/Juli 1988
Untersuchung des baulichen Zustandes und der Tragfähigkeit vorgespannter Riegel von Verkehrszeichenbrücken der Berliner Stadtautobahn
 von Dr.-Ing. Günther Plauk, Dipl.-Ing. Günter Kretschmann, Dipl.-Ing. Rolf-G. Rohrmann
- Nr. 153/ISBN 3-88314-797-4/Juli 1988
Magnetisches Verhalten von Eisenproben bei mechanischer Wechselbeanspruchung
 von Dr.-Ing. Harro Sander, Professor Dr.-Ing. Wolfgang-Werner Maennig
- Nr. 154/ISBN 3-88314-822-9/Okttober 1988
Druckgesinterte Stähle als zertifiziertes Referenzmaterial für die Spektrometrie
 von Dr. rer. nat. Konrad Breitreutz, Dr. rer. nat. Rüdiger Uttech, Dr.-Ing. Kurt Haedecke
- Nr. 155/ISBN 3-88314-825-3/Okttober 1988
Zur Entstehung und Ausbreitung von Schienenverkehrerschütterungen: Theoretische Untersuchungen und Messungen am Hochgeschwindigkeitszug Intercity Experimental
 von Dr.-Ing. Lutz Auersch
- Nr. 156/ISBN 3-88314-887-3/April 1989
Untersuchungen zur Dauerhaftigkeit von Faserzementen
 von Dr.-Ing. Günter Klamrowski, Dipl.-Ing. Paul Neustupny, Prof. Dr. habil. Hans-Joachim Deppe, Ing. Klaus Schmidt und Dr.-Ing. Jürgen Hundt
- Nr. 157/ISBN 3-88314-888-1/April 1989
Versuche zum Verhalten von Stahlbetonbalken mit Übergreifungsstößen der Zugbewehrung unter stoßartiger Belastung
 von Dipl.-Ing. Ernst Limberger und Dr.-Ing. Klaus Brandes
- Nr. 158/ISBN 3-88314-889-X/April 1989
Physikalisch-chemische Grundlagen der Feststoffschmierung — Literaturübersicht —
 von Dr.-Ing. Rolf Wäsche und Prof. Dr.-Ing. Karl-Heinz Habig
- Nr. 159/ISBN 3-88314-890-3/Mai 1989
Berechnung des Wärmedurchlaßwiderstandes und der Temperaturverteilung im Querschnitt von Hausschornsteinen nach DIN 18160 Teil 6
 von Dipl.-Inform. Renate Müller und Dr.-Ing. Reinald Rudolphi
- Nr. 160/ISBN 3-88314-917-9/Juli 1989
Entwicklung eines Makroelementes durch Kondensation am Beispiel der Lastfälle Flugzeugabsturz und Erdbeben bei Boden-Bauwerk-Wechselwirkung mit biegeweichen Fundamenten
 von Dr.-Ing. Wolfgang Mathees
- Nr. 161/ISBN 3-88314-920-9/Juli 1989
Untersuchung zur Ermittlung der Biegefestigkeit von Flachglas für bauliche Anlagen
 von Dipl.-Ing. Günter Mellmann, Dr.-Ing. Matthias Maultzsch
- Nr. 162/ISBN 3-88314-921-7/Juli 1989
Untersuchungen zur Tragfähigkeit großer Glasscheiben
 von Dipl.-Ing. Wolfgang Brünner
- Nr. 163/ISBN 3-88314-922-5/Juli 1989
Biegefestigkeit und Tragfähigkeit von Scheiben aus Flachglas für bauliche Anlagen
 von Dipl.-Ing. Wolfgang Brünner, Dipl.-Ing. Günter Mellmann, Dr.-Ing. Werner Struck