

Anwendungsreife Bemessungs-  
vorschläge auf dem Gebiet der Stabilität  
von Schalen im Stahlbau

**T 1892**

T 1892

Dieser Forschungsbericht wurde mit modernsten Hochleistungskopierern auf Einzelanfrage hergestellt.

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

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

© by Fraunhofer IRB Verlag

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

**Fraunhofer IRB Verlag**

Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau

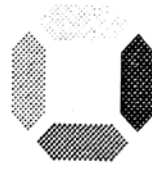
Postfach 80 04 69  
70504 Stuttgart

Nobelstraße 12  
70569 Stuttgart

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

E-Mail [irb@irb.fraunhofer.de](mailto:irb@irb.fraunhofer.de)

[www.baufachinformation.de](http://www.baufachinformation.de)



Universität  
Gesamthochschule  
Essen

Universität · Gesamthochschule · Essen · Postfach 103764 · 4300 Essen 1

Fachbereich 10  
Bauwesen  
**Stahlbau**  
Bericht 100230-10

# Anwendungsreife Bemessungsvorschläge auf dem Gebiet der Stabilität von Schalen im Stahlbau

Schlußbericht zum Forschungsvorhaben  
Geschäftszeichen : IV 1-5-419/85

Auftraggeber :  
Institut für Bautechnik  
Reichpietschufer 72-76  
1000 Berlin 30

19.06.87

Dieser Bericht hat 10 Seiten Text und 57 Blatt Anlagen

## 1 EINLEITUNG

Regelungen zur Schalenstabilität auf dem Niveau bauaufsichtlich eingeführter DIN-Normen gibt es in der Bundesrepublik bisher nur für einzelne konkrete Anwendungsfälle, so z.B. für Gärfutterbehälter (DIN 11622), Schornsteine (DIN 4133), Krane (DIN 15018) und Tankbauwerke (DIN 4119). Darüberhinaus gibt es als für den gesamten Stahlbau gültige vorläufige Richtlinien seit 1980 die DAST-Richtlinie 013 "Beulsicherheitsnachweise für Schalen" und seit 1981 die EKS-Richtlinie R4.6 "European Recommendations for Steel Construction - Buckling of Shells". Aus den "normungsreifen", d.h. bereits seit einigen Jahren gesicherten Erkenntnissen dieser Richtlinien soll gemäß Beschluß des Fachbereichs VIII im NABau die Stahlbaugrundnorm DIN 18800 Teil 4 erarbeitet werden. Neuere, aber für die Praxis ebenfalls wichtige Forschungsergebnisse und Erkenntnisse sollen nach dem Willen des Deutschen Ausschusses für Stahlbau in einer als Nachfolgewerk zur DAST-Ri 013 geplanten neuen DAST-Ri 017 erfaßt werden. Für eine fundierte Arbeit an diesen Regelwerken ist es unerlässlich, die in den letzten Jahren erarbeiteten Forschungsergebnisse aufzuarbeiten und für die Zwecke bautechnischer Bestimmungen nutzbar zu machen. Hierzu einen Beitrag zu leisten, war das Ziel des vorliegenden Vorhabens. Da der unterzeichnende Forschungsleiter gleichzeitig Obmann beider Arbeitsausschüsse ist, konnten bzw. können alle erarbeiteten Vorschläge und Beiträge unmittelbar in die Arbeit an den beiden genannten Regelwerken einfließen.

## 2 LITERATURZUSAMMENSTELLUNG

Die Sammlung in- und ausländischer Literatur zur Schalenstabilität im Fachgebiet Stahlbau der Universität GH Essen wurde weiter vervollständigt. Sie umfaßt jetzt ca. 750 Literaturstellen; eine auszugsweise Liste ist beigelegt.

## 3 AUSWERTUNG, AUFBEREITUNG UND VERGLEICH VON ERGEBNISSEN UND REGELVORSCHLÄGEN

### 3.1 Unversteifte Rotationsschalen - Normungsrelevante Beulfälle (DIN 18800 Teil 4)

#### 3.1.1 Gesamtkonzept des Tragsicherheitsnachweises für beulgefährdete Schalen

Das Konzept wird auf sogenannte " $\alpha$ -freie" Darstellung der Beulkurven umgestellt werden, um in der zukünftigen Stahlbau-Normengeneration alle Stabilitätsfälle einheitlich regeln zu können und damit untereinander vergleichbar zu machen (Anlage 1). Das erforderte zunächst Umrechnung der Beulkurven der DAST-Ri 013 auf die neue Darstellung (Anlage 2) und sodann eingehende Diskussion der aufgrund neuerer Erkenntnisse erforderlichen Modifizierungen und Änderungen. Die Diskussion im Arbeitsausschuß ist noch nicht abgeschlossen, der derzeitige Stand geht aus Anlage 3 hervor.

Die neueste Version des Entwurfes zur Normvorlage DIN 18800 Teil 4 (Stand 05/87) ist als Anlage 4 beigelegt.

#### 3.1.2 Kreiszylinderschalen unter Axialdruck.

Die Form der Beulkurve und der zugehörige Formel Ausdruck wurden im Arbeitsausschuß aufgrund der divergierenden Vorschläge von BORNSCHEUER und SCHULZ ausführlich diskutiert; die Anlagen 5 bis 7 sind vorbereitende Auftragungen hierfür.

Besonders wichtig ist die Frage des "plastischen Beulplateaus". Von den Unterzeichnenden wird - wie für alle druckbeanspruchten Bauteile - ein Zusammenhang gemäß Anlage 8 vermutet, der die Festlegung eines "Beulplateaus" rechtfertigen würde. Einige im

Rahmen Essener Diplomarbeiten durchgeführte Beulversuche stützen die Vermutung (Anlagen 9,10). Jedoch erlauben die Versuchsreihen und umfangreichen Auswertungen deutscher und internationaler Versuchsliteratur von SCHULZ und BORNSCHEUER keine solche Schlußfolgerung, weshalb mit einer speziellen Versuchsreihe an kompakten Kreiszyllindern die Existenz eines "Beulplateaus" für axialgedrückte Kreiszyllinderschalen nochmals überprüft werden soll (Förderung beim IfBt bewilligt).

Vorbehaltlich der endgültigen Klärung der "Plateau"-Frage wurde aufgrund einer Auswertung internationaler Regelwerke ein erster Vorschlag für die in DIN 18800 Teil 1 anzugebenden max  $d/t$  - Werte erarbeitet (Anlage 11).

### 3.1.3 Kreiszyllinderschalen unter Außendruck

Folgende, aus der Diskussion im NABau-Arbeitsausschuß entstandene Fragestellungen wurden bearbeitet:

- a)  $\alpha = 0.7$  sicher? Berücksichtigung von Randeinspannungen sicher und praktikabel?

Eine vergleichende Auswertung internationaler Regelwerke ergab gebräuchliche Abminderungsfaktoren  $\alpha = 0.45$  bis  $0.80$ . Neuere Versuche oder Schadensfälle, die im mittelschlanken und schlanken Bereich eine Absenkung gegenüber dem DAST-Ri 013-Wert  $\alpha = 0.7$  erfordern würden, sind nicht bekannt. Die Essener Versuche des vierten Unterzeichnenden - mit  $\alpha = 0.7$  und mit Berücksichtigung der Wölb- und Biegeeinspannung der Ränder ausgewertet (Anlage 12) - erwiesen die Vorgehensweise der DAST-Ri 013 auch im elastisch - plastischen Übergangsbereich im Sinne eines Tragsicherheitsnachweises als sicher, sofern die Herstellungstoleranzen modifiziert werden. Allerdings ist zu überlegen, ob man nicht nach Tragsicherheit und Gebrauchsfähigkeit differenzieren müßte, wobei für letztere u.U. ein kleinerer  $\alpha$ -Wert als  $0.7$  zu verwenden wäre. Der positive Einfluß von Randeinspannungen ist mit den vorgenannten Versuchen zweifelsfrei nachgewiesen. Es ist zu überlegen, ob nicht im Sinne eines "sauberen" mechanischen Modells  $C = 1.5$  statt  $C = 1.4$  zu verwenden wäre. Die aus der

DAST-Ri 013 entwickelte und für DIN 18800/4 vorgeschlagene - freie Beulkurve ist in Anlage 13 dargestellt.

b) Plastisches "Beulplateau"? Kompaktheitskriterium?

Die Regelung für dickwandige lange Kreiszylinderschalen unter Außendruck in DAST-Ri 013 ist unbefriedigend (Anlage 14). Eine ausführliche Literaturdurchsicht ergab keine Bedenken dagegen, das Kompaktheitskriterium des AD-Merkblattes B6 ( $r/t \leq 6$ ) zu übernehmen.

c) Sinnvollere Herstellungstoleranzen?

Ein Vorschlag für sinnvollere Herstellungstoleranzen für außen-druckbeanspruchte Kreiszyylinder, in Anlehnung an die norwegischen Offshore-Vorschriften (DNV-Rules) an die entsprechende Eigenform angepaßt, wurde erarbeitet (Anlage 15).

d) Beuldruckabminderung bei Überschreitung der Herstellungstoleranzen?

Es wurde der Frage nachgegangen, ob und wie für Kreiszyylinder mit "großen Vorbeulen", d.h. mit Vorverformungen, die die durch die Toleranzen vorgegebenen zulässigen Werte erheblich überschreiten, der Praxis einfache Regeln für eine Abschätzung der Rest-Tragfähigkeit an die Hand gegeben werden können. Das Literaturstudium führte zu der Erkenntnis, daß wohl keine bessere als die simple "0.5  $\alpha$ "-Regelung der DAST-Ri 013 realisierbar ist und daß bei über 2 zul  $t_v$  hinausgehenden Vorbeultiefen nur eine genaue nicht-lineare Berechnung mit genauer Erfassung der tatsächlichen Imperfektionen eine einigermaßen zutreffende Aussage erwarten läßt. Für die  $\alpha$ -freie Darstellung wurden Formelvorschläge erarbeitet (Anlage 16).

### 3.1.4 Kreiszylinderschalen unter Schub aus Torsion

In DAST-Ri 013 wird dieser Beulfall mit  $\alpha = 0.65$  behandelt. Die  $\alpha$ -freie Darstellung (Anlage 17) zeigt deutlich den geringen Unterschied zur außendruckbeanspruchten Kreiszylinderschale. Eine erneute Auswertung der einschlägigen Literatur erbrachte keine

Rechtfertigung für diesen geringen Unterschied. Es wurde deshalb vorgeschlagen, beide Beulfälle vereinfachend mit derselben Beulkurve nachzuweisen.

### 3.1.5 Kegelstumpfschalen unter Axialdruck

Die auf SEIDE zurückgehende Formel der DAST-Ri 013 für die ideale Axialdruckbeanspruchung wurde mit genaueren Lösungen aus dem Schrifttum überprüft (Anlage 18). Sie erwies sich als ausreichend genau und wurde deshalb auch für DIN 18800/4 vorgeschlagen.

Gemäß DAST-Ri 013 muß der rechnerische Nachweis an beiden Rändern einer Kegelstumpfschale geführt werden, weil im elastischen Bereich der größere Rand mit seinem größeren  $r/t$ -Verhältnis und seinem deshalb kleineren  $\alpha$ -Wert, im elastisch-plastischen Übergangsbereich dagegen der kleinere Rand mit seiner größeren Meridiandruckspannung, die früher die Fließgrenze erreicht, maßgebend wird. Im letzteren Fall erhebt sich die Frage nach der richtigen "vollplastischen Normalkraft" als Bezugsgröße. Die Verwendung der Querschnittsfläche am kleineren Kegelstumpfrand - wie in DAST-Ri 013 implizit gefordert - liegt ohne Zweifel theoretisch auf der sicheren Seite. Aus einigen, vom zweiten Unterzeichnenden durchgeführten Versuchen ist jedoch bekannt (Anlage 19), daß mit diesem Vorgehen die Beultraglasten z.T. erheblich unterschätzt werden. Ursache dafür ist der diesen Beulfall bestimmende plastische Ringbeulmechanismus, der für seine Ausbildung eine endliche Länge in Meridianrichtung benötigt (Anlage 20). Überlegungen, ob sich eine einfache Regel formulieren läßt, die es erlaubt, diesen Effekt wirtschaftlich nutzbar zu machen, mußten aber zurückgestellt werden, da eine Literaturrecherche keine weiteren Anhaltspunkte lieferte.

### 3.1.6 Kegelstumpfschalen unter Außendruck

Für diesen Beulfall ergab eine Überprüfung der ebenfalls auf SEIDE zurückgehenden Näherungsformel der DAST-Ri 013 für den idealen Beuldruck mit Hilfe genauerer Lösungen und vor allem mit Hilfe der neuen Parameterstudie von KOLLER, daß gewisse Tragreserven vorliegen (Anlage 21). Der inzwischen in die Normvorlage



DIN 18800/4 eingearbeitete, verbesserte Regelungsvorschlag von RESINGER aktiviert diese Reserven beim idealen Beuldruck.

### 3.1.7 Interaktion Axialdruck - Manteldruck

Die Regelung der DAST-Ri 013, daß der aus Deckeldruck bei hydrostatischem Außendruck resultierende Axialdruck in einer Kreiszyinderschale bereits im Beulsicherheitsnachweis des Manteldruckes enthalten sei, ist unbefriedigend (Anlage 22). Mehrere Vorschläge für verbesserte Interaktionsformeln, die diesen Sachverhalt "sauber" erfassen, wurden erarbeitet (Anlage 22,23). Aufgrund einer neueren Untersuchung von GREINER wurde jedoch für die jüngste Normvorlage (Anlage 4) wieder auf die Interaktionsformel der DAST-Ri 013 zurückgegriffen, dafür aber für den Lastfall "hydrostatischer Außendruck" - mechanisch konsequent - keine Sonderregelung hinsichtlich der Interaktion mehr vorgesehen.

Nach Versuchsauswertungen von ELLINAS et al. (Anlage 24) ist die DAST-Ri 013 - Interaktionsformel sowohl für Kreiszyinderschalen als auch für Kegelstumpfschalen auf der sicheren Seite.

### 3.1.8 Interaktion Axialdruck - Innendruck

Es ist gemäß einschlägiger Literatur unbestritten, daß Ringzugbeanspruchungen aus Innendruck stabilisierend auf die elastischen Axialbeullasten von Kreiszyylinder- und Kegelstumpfschalen wirken. Die stabilisierende Wirkung beruht nicht auf einer Erhöhung der idealen Beullast (für Kreiszyylinder liefert die lineare Beultheorie sogar eine vom Innendruck unabhängige Axialbeullast !), sondern auf einer Art "Glättung" des Imperfektionsmusters und einer daraus resultierenden geringeren Imperfektionsempfindlichkeit. Das darf nach DAST-Ri 013 durch eine Anhebung des Abminderungsfaktors  $\alpha$  um einen mit wachsendem Innendruck wachsenden Korrekturbetrag  $\Delta\alpha$  berücksichtigt werden. Diese  $\Delta\alpha$ -Regelung geht unseres Wissens auf einen NASA-Vorschlag zurück und beruht letztlich auf Versuchen von WEINGARTEN/MORGAN/SEIDE an Kunststoff-Modellschalen. Sie kann insbesondere bei schlanken und hochschlanken Kreiszyylinder- und Kegelstumpfschalen eine Anhebung der axialen Tragspannung auf das bis zu 3-fache bringen (Anlage 25-28).

In der  $\alpha$ -freien Darstellung des Entwurfes DIN 18800/4 stellen sich die aus der einfachen  $\Delta\alpha$ -Regelung der DAST-RI 013 resultierenden Zuwächse der bezogenen Tragspannung (bzw. der bezogenen realen Beulspannung) sehr kompliziert dar (Anlage 29,30). Da es sich aber sowieso um eine relativ grobe empirische Regelung handelt, wurde für die Erhöhung der bezogenen axialen Tragspannung eine einfache empirische Formel entwickelt, die den Sachverhalt näherungsweise beschreibt (Anlage 4, 30, 31).

Zwei Fragen sind derzeit noch in der Diskussion:

- a) Ist die stabilisierende Wirkung in der durch die vorgenannte Regelung beschriebenen Höhe bei baupraktischen Schalenkonstruktionen tatsächlich verifizierbar ?

Hierzu liegen neuere theoretische Untersuchungen von ESSLINGER für den Kegel und eine Arbeit von ROTTER/SEIDE für Zylinder vor; ihre Auswertung ist noch nicht abgeschlossen.

- b) Ist im elastisch-plastischen Übergangsbereich eine - wenn auch infolge der Begrenzung durch die Membran-Fließbedingung nicht sehr große (Anlage 31,32) - Stabilisierung durch den Innendruck überhaupt möglich? Muß der Innendruck dort nicht im Gegenteil eine gewisse abmindernde Wirkung haben (Anlage 32)?

Von SCHULZ wurde die stabilisierende Wirkung des Innendruckes bei plastischem Werkstoffverhalten aufgrund von Versuchsauswertungen schon früher in Frage gestellt. Bei Betrachtung von Anlage 20 wird deutlich, daß eine stabilisierende Wirkung des Innendruckes bei rotationssymmetrischem Beulmuster mechanisch nicht plausibel wäre. Zwei vom dritten Unterzeichnenden durchgeführte Testversuche (Anlage 33) brachten 10% Traglastabfall eines plastisch beulenden Kegelstumpfes infolge Innendruck. Obwohl die Frage - quantitativ gesehen - nicht sehr sicherheitsrelevant ist, da die formal nach DAST-Ri 013 derzeit mögliche Anhebung in dem infragekommenden Bereich ( $\bar{\lambda} \leq \text{ca. } 0.6$  mit  $\bar{\sigma}_{xu} \geq \text{ca. } 0.6$ ) durch den in jedem Falle zu führenden Membran-Vergleichsspannungsnachweis auf Beträge  $\leq \text{ca. } 10\%$  begrenzt wird (Anlage 32), sollte sie trotzdem geklärt werden.

### 3.2 Richtlinienrelevante Beulfälle (DAST-Ri 017)

#### 3.2.1 Gesamtkonzept der geplanten Richtlinie

Die AG "Schalen" des DAST-UA "Stabilität" hat etwa folgenden Inhalt der geplanten Ri 017 ins Auge gefaßt:

##### ZUSAMMENGESetzte ROTATIONSSCHALEN

- 1 Torisphärische und torikonische Behälterabschlüsse
- 2 Übergänge Zylinder/Kugelkappe und Zylinder/Kegel

##### VERSTEIFTE ROTATIONSSCHALEN

- 3 Ringversteifte Kreiszyinderschalen unter Außendruck
- 4 Längsversteifte Kreiszyinderschalen unter Axialdruck
- 5 Eng orthogonal oder ringversteifte Kreiszyinderschalen unter Axialdruck

##### ÖFFNUNGEN, STÖRSTELLEN, KRAFTEINLEITUNGEN

- 6 Kreiszyinderschalen mit Mantelöffnungen
- 7 Kreiszyinderschalen unter konzentrierten Lasten
- 8 Kugelschalen unter konzentrierten Lasten

##### RECHNERISCHER NACHWEIS DER BEULSICHERHEIT VON SCHALEN MIT HILFE VON FEM- ODER ÄHNLICHEN PROGRAMMEN

- 9 Rechnerischer Nachweis mit Hilfe einer Berechnung der geometrisch perfekten Schale
- 10 Rechnerischer Nachweis mit Hilfe einer Berechnung der imperfekten Schale

#### 3.2.2 Längsversteifte Kreiszyinderschalen unter Axialdruck

Das Fachschrifftum wurde hinsichtlich nachfolgend genannter Fragestellungen durchgesehen.

- a) Welche ausländischen oder internationalen Regelwerke enthalten Regeln für den Beulsicherheitsnachweis längsversteifter Kreiszyinderschalen? Wie sind diese zu beurteilen?

Bemessungsregeln für längsversteifte Kreiszyinder unter Axialdruck werden angegeben in den ECCS-Recommendations, im ASME-

Code und in den DNV-Rules. Die Anlagen 34 - 36 enthalten Ablaufschemata der Nachweisprozeduren.

b) Welche baupraktisch geeigneten Verschmierungskonzepte für eng längsversteifte Schalen gibt es?

Die in der Literatur angegebenen "Verschmierungstheorien" zur Ermittlung idealer Beullasten lassen sich auf der Ebene der Grundgleichungen wie folgt grob einteilen:

Flügge'sche Theorie,  
 Van der Neut'sche Theorie,  
 Donell'sche Theorie,  
 Sander'sche Theorie.

Vergleichende Auswertungen ergaben erwartungsgemäß nur geringfügige Unterschiede, so daß alle Konzepte zur Ermittlung der idealen Beullast als Bezugsgröße (bezogener Schlankheitsgrad) für die Festlegung realer Traglasten (Beulkurve) geeignet sind.

c) Wurden baupraktisch geeignete Grenzlasthypothesen veröffentlicht? Wie sind sie zu beurteilen?

Neben den unter a) genannten Regelwerken wurden die Grenzlasthypothesen für eng längsversteifte Kreiszyylinder von WALKER/SRIDHARAN und VALSGARD/STEEN sowie für diskret längsversteifte Kreiszyylinder von WALKER/SRIDHARAN auf ihre Praktikabilität geprüft; die Überlegungen sind noch nicht abgeschlossen.

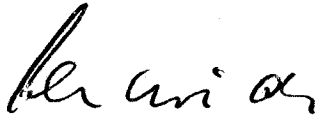
d) Sind die veröffentlichten Regeln bzw. Vorschläge ausreichend durch Versuche abgesichert?

Die empirischen Abminderungsfaktoren des ASME-Codes basieren auf der Versuchsauswertung von MILLER und sind - wie bereits unter a) erwähnt - sehr konservativ. Die Regeln der ECCS-Recommendations wurden von SAMUELSON/VANDEPITTE/PARIDAENS kürzlich durch Vergleich mit insgesamt 345 veröffentlichten Versuchen verifiziert; die diesen Versuchen zugrundeliegenden 18 Arbeiten wurden vom Zweitunterzeichnenden unabhängig nochmals auf ihre Zuverlässigkeit überprüft. Die ECCS-Regeln können also als aus-

reichend experimentell abgesichert betrachtet werden und sollen deshalb - möglicherweise modifiziert - in die DAST-Ri 017 übernommen werden.

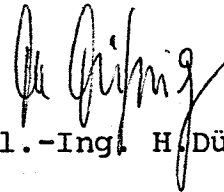
Betrachtet man allerdings diese "recommendations for circular cylindrical shells with longitudinal stiffeners and subjected to meridional compression" genauer, so drängt sich die Frage auf, ob sie nicht noch zu vereinfachen sind. Hieran wird zur Zeit gearbeitet.

Forschungsleiter:



(Prof. Dr.-Ing. H.Schmidt)

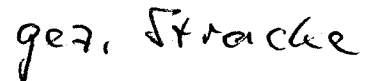
Bearbeiter:



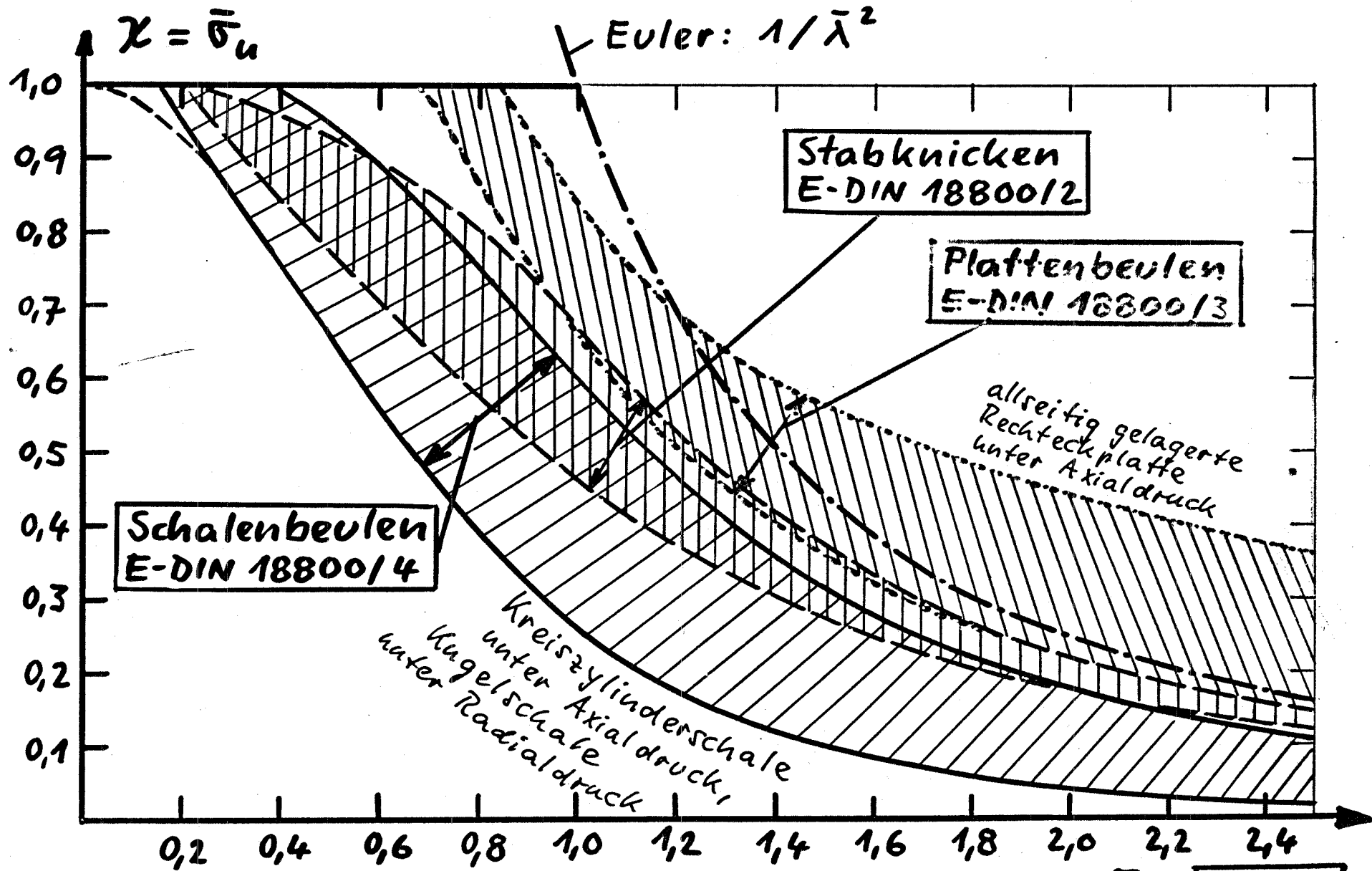
(Dipl.-Ing. H. Düsing)



(Dipl.-Ing. R.Krysik)



(Dr.-Ing. M.Stracke)

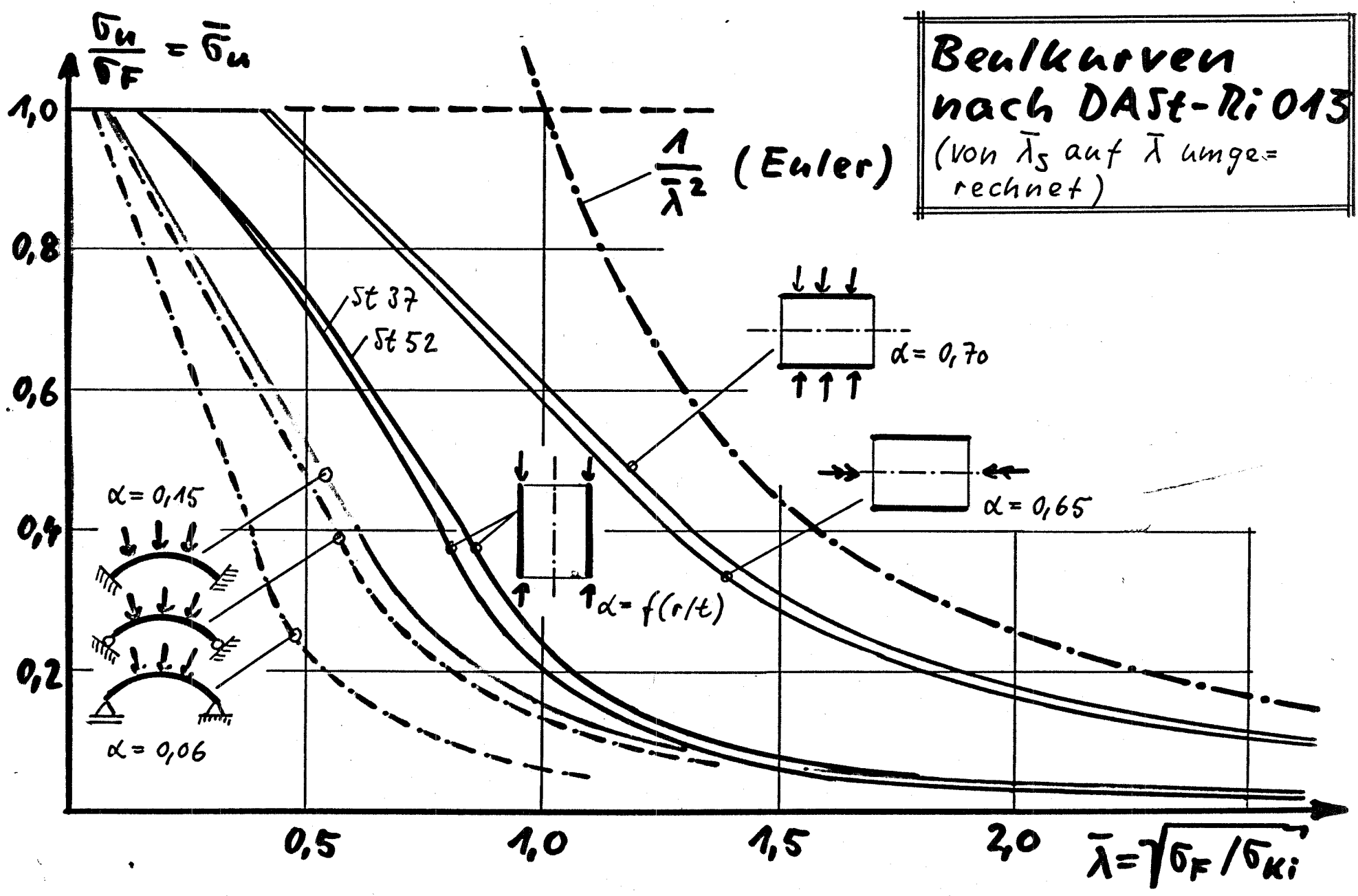


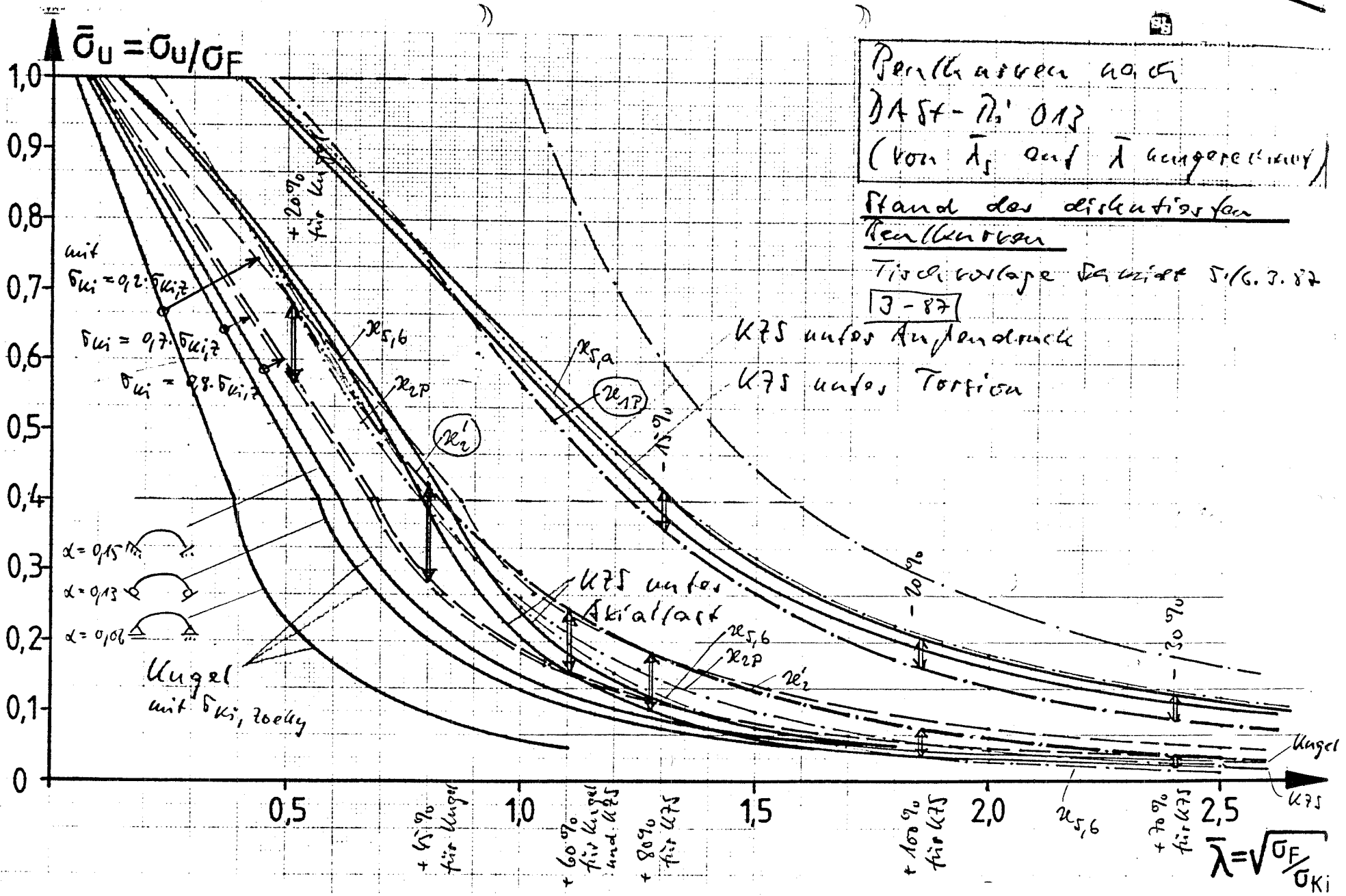
Knick- und Beulkurven

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\sigma_F / \sigma_{ki}}$$

Anlage 1

**Beulkurven  
nach DASt-Ri 013**  
(von  $\bar{\lambda}_S$  auf  $\bar{\lambda}$  umge-  
rechnet)





Anlage 3



Steel structures; stability;  
buckling of shells

Construction métalliques; stabilité;  
voilement des coques

NABau VIII 10/3  
Nr ..-87

Inhalt

	Seite
<b>1</b>	<b>Allgemeine Angaben .....</b>
1.1	Anwendungsbereich .....
1.2	Begriffe .....
1.3	Formelzeichen .....
1.4	Grundsätzliches zum Beulsicherheitsnachweis .....
<b>2</b>	<b>Vorgehen beim Beulsicherheitsnachweis ..</b>
<b>3</b>	<b>Herstellungstoleranzen .....</b>
<b>4</b>	<b>Nicht abgestufte Kreiszyinderschalen ..</b>
4.1	Formelzeichen, Randbedingungen .....
4.2	Ideale Beulspannung .....
4.2.1	Druckbeanspruchung in Axialrichtung ....
4.2.2	Druckbeanspruchung in Umfangsrichtung ..
4.2.3	Schubbeanspruchung .....
4.3	Reale Beulspannung .....
4.4	Spannungen infolge Einwirkungen .....
4.5	Kombinierte Beanspruchung .....
4.5.1	Druck in Axialrichtung, Druck in Umfangsrichtung und Schub .....
4.5.2	Druck in Axialrichtung und Zug in Umfangsrichtung aus Innendruck .....
<b>5</b>	<b>Abgestufte Kreiszyinderschalen .....</b>
<b>6</b>	<b>Kegelschalen .....</b>
6.1	Formelzeichen, Randbedingungen .....
6.2	Ideale Beulspannungen .....
6.3	Reale Beulspannung .....
6.4	Spannungen infolge Einwirkungen .....
6.5	Kombinierte Beanspruchung .....
<b>7</b>	<b>Kugelschalen .....</b>

Fortsetzung Seite 2 bis ...

Bei Berücksichtigung der entsprechenden Werkstoffkenngrößen können die Regelungen dieser Norm auch für Stahl bei anderen als in DIN 18 800 Teil 1 angegebenen Temperaturen und für Schalen aus anderen Metallen verwendet werden. Dabei ist gegebenenfalls zu berücksichtigen, daß in dieser Norm in den Formeln für die ideale Beulspannung die Querkontraktionszahl mit  $\mu = 0,3$  eingesetzt wurde.

Anmerkung: In den Erläuterungen soll hierzu ein Hinweis auf die ECCS-Richtlinie gegeben werden.

Bei den aufgeführten baupraktisch unvermeidbaren Einflüssen handelt es sich z. B. um Vorbeulen, (Schweiß-)Eigenspannungen und Fließen.

## 1 Allgemeine Angaben

### 1.1 Anwendungsbereich

#### Geltungsbereich

101 - Diese Norm gilt für Schalenkonstruktionen aus Stahl. Sie ist stets zusammen mit DIN 18 800 Teil 1 anzuwenden.

#### Zweck

102 - Diese Norm regelt den Beulsicherheitsnachweis von unverteiften Kreiszyylinder-, Kegel- und Kugelschalen bei vorwiegend ruhender Belastung.

Sie darf bei entsprechender Berücksichtigung der Randbedingungen auch für Teilschalen, Schalenfelder verteilte Schalen und Abschnitte zusammengesetzter Schalen angewendet werden.

Der Beulsicherheitsnachweis darf vereinfachend wie für ebene Platten unter Vernachlässigung der Krümmung, aber mit Beibehaltung der Lagerungsbedingungen und der Membranschnittkräfte geführt werden.

### 1.2 Begriffe

#### Ideale Beullast

103 - Die ideale Beullast ist die unter den idealisierenden Voraussetzungen

- perfekte Geometrie,
- perfekte Lasteinbringung und Lagerung

nach der Elastizitätstheorie ermittelte kleinste Verzweigungslast.

#### Ideale Beulspannung

104 - Die ideale Beulspannung ist die zur idealen Beullast gehörende Nenn-Membranspannung.

#### Reale Beulspannung

105 - Die reale Beulspannung ist die zur Erfassung der baupraktisch unvermeidbaren Einflüsse

- geometrische Imperfektionen,
- strukturelle Imperfektionen,
- nichtelastisches Werkstoffverhalten

gegenüber der idealen Beulspannung empirisch abgeminderte Nenn-Membranspannung.

#### Grenzbeulspannung

106 - Die Grenzbeulspannung ist die mit der realen Beulspannung und dem Teilsicherheitsbeiwert des Widerstandes ermittelte Bemessungswert der realen Beulspannung.

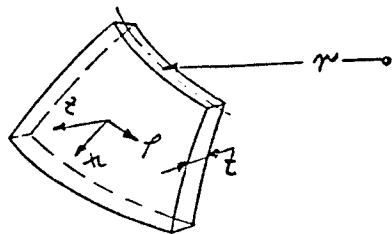


Bild E101. Geometrische Größen

Bei den Werkstoffwerten handelt es sich um die charakteristischen Werte nach DIN 18 800 Teil 1.

### 1.3 Formelzeichen

#### Geometrische Größen

107 -

- t      Wanddicke
- r      Breitenkreisradius der Schalenmittelfläche
- $x, \phi$     Koordinaten in der Schalenmittelfläche in Meridian- und Umfangsrichtung
- z      Koordinate normal zur Schalenmittelfläche
- u, v, w    Verschiebungen in den Koordinatenrichtungen  $x, \phi, z$

#### Werkstoffwerte

108 -

- E      Elastizitätsmodul
- $\mu$       Querkontraktionszahl
- $\beta_S$     Streckgrenze

#### (Lastgrößen; Beanspruchungsgrößen)

109 -

- q      Flächenlast normal zur Schalenmittelfläche
- p      Linienlast in Meridianrichtung in Schalenmittelfläche
- s      Linienlast in Umfangsrichtung in Schalenmittelfläche
- $\sigma_x, \sigma_\phi$     Membrannormalspannungen
- $\tau$       Membranschubspannungen
- $\sigma_{\chi ki}, \sigma_{\phi ki}, \tau_{ki}$     Ideale Beulspannungen
- $\sigma_{\chi u}, \sigma_{\phi u}, \tau_u$       Reale Beulspannungen

#### Systemwerte

110 -

- $\bar{\lambda}_S$     bezogener Schlankheitsgrad
- $\kappa_S$     Abminderungsfaktor  
(=  $\frac{\text{Reale Beulspannung}}{\text{Ideale Beulspannung}}$ )

### 1.4 Grundsätzliches zum Beulsicherheitsnachweis

#### Erforderlicher Nachweis

111 - Für Schalenkonstruktionen aus Stahl ist außer den Nachweisen nach DIN 18 800 Teil 1 ein Beulsicherheitsnachweis nach dieser Norm zu führen. Es ist nachzuweisen, daß die mit den Bemessungswerten der Einwirkungen ermittelte maßgebende Membranspannung die Grenzbeulspannung nicht überschreitet.

Anmerkung: Der Tragsicherheitsnachweis für Schalen ist in DIN 18 800 Teil 1 bislang nicht enthalten.

Die Regeln zur Berechnung der Bemessungswerte der Einwirkungen stehen in DIN 18 800 Teil 1, Abschnitte 7.2.1 und 7.2.2.

## Ermittlung der realen Beulspannung

112 - Die reale Beulspannung ist nach den in den folgenden Abschnitten aufgelisteten Regeln zu ermitteln. Dies setzt jedoch voraus, daß die für die einzelnen Schalenformen angegebenen Lastfälle und Randbedingungen genau vorliegen und die Herstellungstoleranzen nach Abschnitt 3 eingehalten werden. Der beullastabmindernde Einfluß von baupraktisch unvermeidlichen Unebenheiten der Auflagerung ist erfaßt, ungleichmäßige Nachgiebigkeiten der Auflagerung oder Bodensetzungen dagegen im allgemeinen noch nicht.

Anmerkung: In den Erläuterungen soll ein Hinweis gegeben werden, daß für Versuche nur erfahrene Institute heranzuziehen sind und gegebenenfalls erhöhte Sicherheiten angesetzt werden müssen.

Für in dieser Norm nicht angegebene Lastfälle und Randbedingungen darf die reale Beulspannung durch wirklichkeitsnahe und werkstoffgerechte Versuche ermittelt werden.

Bereits vorhandene Versuche sind zur Absicherung nur dann geeignet, wenn sie in den das Beulverhalten beherrschenden Parametern (z. B. Schlankheitsgrad, Imperfektionsempfindlichkeit) ähnlich sind.

Die reale Beulspannung darf für diese Fälle auch durch geeignete Berechnungsmethoden (z. B. FEM) ermittelt werden, sofern der Einfluß der Verformungen auf das Gleichgewicht und das wirkliche elastisch-plastische Materialverhalten berücksichtigt werden. Zur Berücksichtigung des Einflusses geometrischer und struktureller Imperfektionen müssen auf der sicheren Seite liegende Annahmen getroffen werden. Das Rechenverfahren ist durch Versuche abzusichern.

## 2 Vorgehen beim Beulsicherheitsnachweis

## Ideale Einzelbeulspannungen

Die in den Abschnitten ... bis ... angegebenen Formeln für die idealen Beulspannungen wurden überwiegend mit der klassischen linearen Beultheorie ermittelt. Berechnungen, die den zur Gleichgewichtsverzweigung führenden Vorbeulzustand der perfekten Schale genauer erfassen, können auch kleinere ideale Beulspannungen liefern. Dies ist mit den Abminderungsfaktoren nach Element 204 abgedeckt.

201 - Es sind die idealen Einzelbeulspannungen  $\sigma_{ki}$  bzw.  $\tau_{ki}$  mit den in den Abschnitten ... bis ... angegebenen Formeln zu ermitteln.

## Bezogener Schlankheitsgrad

202 - Mit der idealen Einzelbeulspannung ist ein bezogener Schlankheitsgrad  $\bar{\lambda}_S$  mit Gleichung (201) zu bestimmen.

$$\bar{\lambda}_S = \sqrt{\frac{\beta_S}{\sigma_{ki}}}$$

bzw.

(201)

$$\bar{\lambda}_S = \sqrt{\frac{\beta_S}{\sqrt{3} \cdot \tau_{ki}}}$$

## Reale Einzelbeulspannungen

203 - In Abhängigkeit von  $\bar{\lambda}_S$  ist ein Abminderungsfaktor  $\kappa_S$  zu bestimmen, mit dem die reale Einzelbeulspannung  $\sigma_U$  bzw.  $\tau_U$  nach Gleichung (202) ermittelt wird.

$$\sigma_U = \kappa_S \cdot \beta_S$$

bzw.

(202)

$$\tau_U = \kappa_S \frac{\beta_S}{\sqrt{3}}$$

Anmerkung: Die angegebenen Gleichungen für  $\kappa$  dienen zur Zeit lediglich als Platzhalter. Sie werden auf der Erläuterungsseite mit Angabe der "Plateau-Eckwerte" graphisch dargestellt.

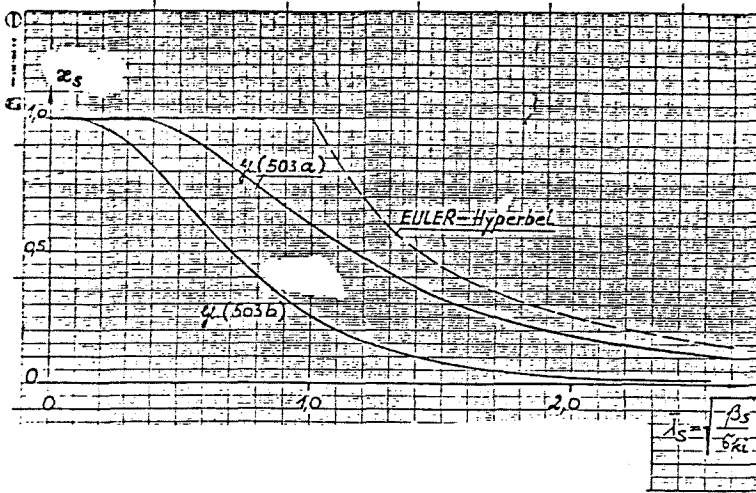


Bild E201. Abminderungsfaktoren für Schalenbeulen (Grundbeulkurven)

Die Grundbeulkurven erfassen die unterschiedliche Imperfektionsempfindlichkeit verschiedener Schalenkonfigurationen.

Angaben zum Vorgehen bei Überschreitung der zulässigen Vorbeultiefe sind in Element 304 gemacht.

Anmerkung: Es wird noch geprüft, ob für die Umfangsrichtung die zulässige Vorbeultiefe größer als 1 % sein kann.

Abminderungsfaktoren

204 - Der Abminderungsfaktor  $\kappa_s$  ergibt sich je nach Schalentyp und Belastungsart aus einer der Gleichungen (203 a) bis (203 c).

$$\kappa_{s,1} = \left[ \frac{1,05}{1 + \lambda^{3,0}} \right]^{0,8} \quad (203 \text{ a})$$

$$\kappa_{s,2} = \left[ \frac{1,005}{1 + \lambda^{2,4}} \right]^2 \quad (203 \text{ b})$$

$$\kappa_{s,3} = \dots \quad (203 \text{ c})$$

Der Abminderungsfaktor ist jedoch stets mit

$$\kappa_s \leq 1 \quad (204)$$

anzunehmen.

Nachweis

205 - Es ist je nach Belastungsfall einer der folgenden Nachweise zu führen:

$$\sigma_x \leq \sigma_{xu} / \gamma_M \quad (205 \text{ a})$$

$$\sigma_\phi \leq \sigma_{\phi u} / \gamma_M \quad (205 \text{ b})$$

$$\tau \leq \tau_u / \gamma_M \quad (205 \text{ c})$$

Hierin bedeuten:

$\sigma, \tau$  Membranspannungen infolge der Bemessungswerte der Einwirkungen nach Abschnitt ...

$\gamma_M = 1,1$  Teilsicherheitsbeiwert für den Widerstand

Kombinierte Beanspruchung

206 - Gegebenenfalls ist ein Nachweis unter kombinierter Beanspruchung mit jeweils angegebenen Interaktionsformeln zu führen.

3 Herstellungstoleranzen

Vorbeultiefe

301 - Die in dieser Norm angegebenen realen Beultenspannungen gelten nur, wenn die Vorbeultiefe  $t_v$  den Wert von 1 % der Meßlänge nicht überschreitet.

Die Meßlängen entsprechen in ihrer Größenordnung den Abmessungen des kritischen Nachbeulmusters des Kreiszylinders unter Axialdruck ( $l_m$ ) bzw. unter Außendruck ( $l_u$ ).

Meßlänge

302 - Die Meßlänge (siehe Bild 301) beträgt

- bei Kugeln in beliebiger und bei Kreiszylinder- und Kegelschalen in Meridianrichtung

$$l_m = 4 \sqrt{r \cdot t} \quad (301)$$

- bei Kreiszylinder- und Kegelschalen in Umfangsrichtung

$$l_u = 2,3 r \sqrt{\frac{r}{t}} \quad (...)$$

Im Bereich von Schweißnähten beträgt die Meßlänge jedoch höchstens 50 cm.

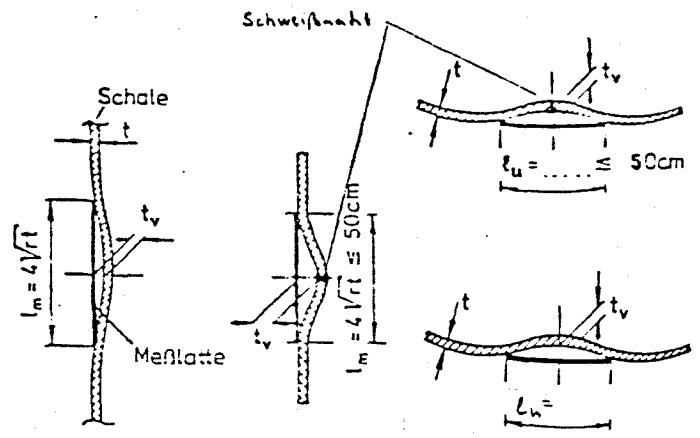


Bild 301. Meßlängen

Ovalitätsbegrenzung

303 - Kreiszylinder- und Kegelschalen sollen die Bedingung (302) einhalten

$$100 \frac{d_{\max} - d_{\min}}{2r} \leq 0,5 \% \quad (303)$$

Hierin sind  $d_{\max}$  und  $d_{\min}$  der jeweils größte und kleinste gemessene Durchmesser (siehe Bild 302).

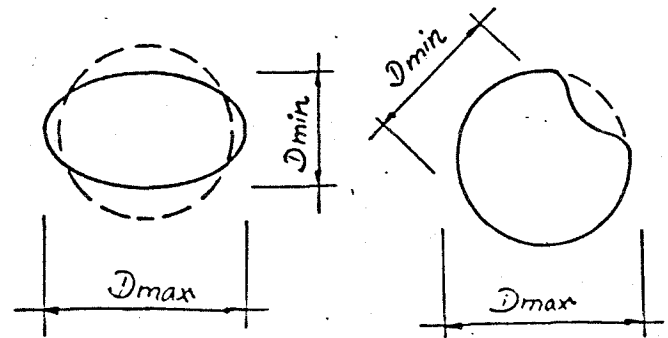


Bild 302. Ovalität

Überschreitung der Toleranzen

304 - Werden die Toleranzen nach den Elementen 301 und 303 bis zu ihrem doppelten Wert überschritten, so darf der Zustand belassen werden, wenn der Nachweis auch mit einem reduzierten Abminderungsfaktor nach Gleichung (304) geführt werden kann.

$$\text{red } \kappa_S = \kappa_S \left[ 1 - \frac{\bar{\lambda}_S}{3} \left( \frac{\text{vorh } t_v}{\text{zul } t_v} - 1 \right) \right]$$

für  $\bar{\lambda}_S < 1,5$

bzw. (304)

$$\text{red } \kappa_S = \kappa_S \left[ 1 - 0,5 \frac{\text{vorh } t_v}{\text{zul } t_v} \right]$$

für  $\bar{\lambda}_S \geq 1,5$

Hierin bedeuten:

- $\kappa_S$  Abminderungsfaktor nach Gleichung (203)
- zul  $t_v$  zulässige Vorbeultiefe nach Element 301
- vorh  $t_v$  vorhandene Vorbeultiefe (zul  $t_v \leq \text{vorh } t_v \leq 2 \text{ zul } t_v$ )

4 Nicht abgestufte Kreiszylinderschalen

4.1 Formelzeichen, Randbedingungen

Geometrische Größen

401 -

- $l$  Zylinderlänge
- $r$  Radius der Zylindermittelfläche

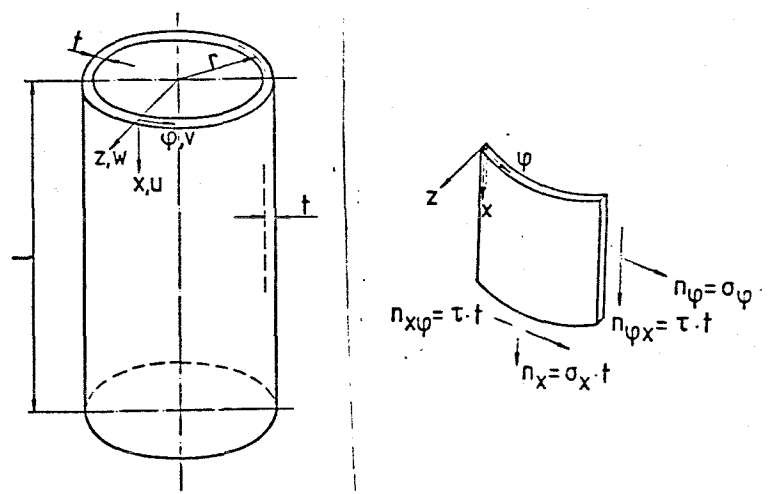


Bild 401. Geometrie und Schnittkräfte des Kreiszylinders

Beanspruchungsgrößen

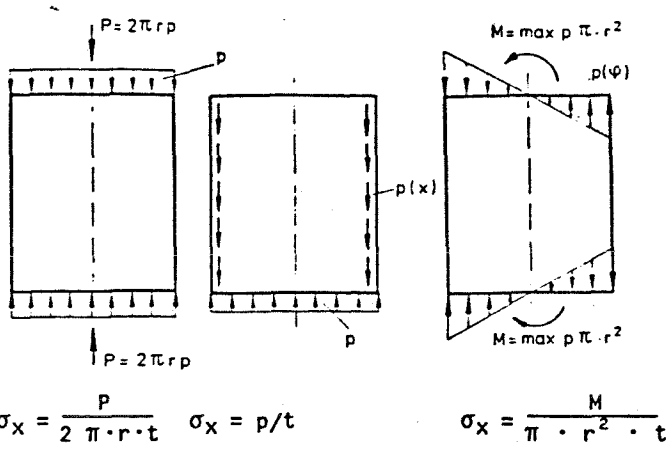
402 -

a) Druckbeanspruchung in Axialrichtung

$\sigma_x$  Axialdruckspannung

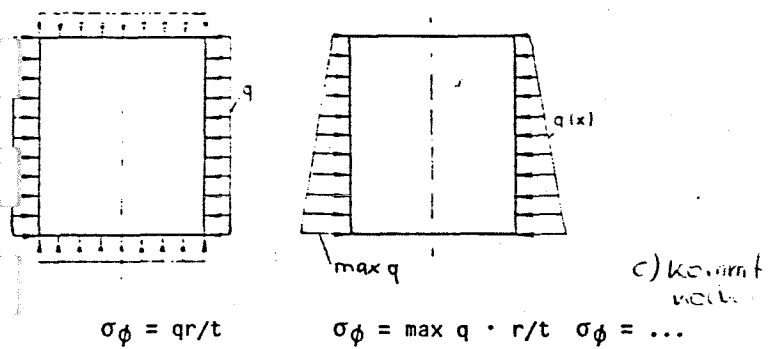
$\sigma_{xki}$  ideale Axialbeulspannung

$\sigma_{xu}$  reale Axialbeulspannung



- a) konstante Axiallast (z. B. aus Deckeldruck bei allseitigem Außen-  
druck)
- b) in Längsrichtung veränderliche Axiallast (z. B. Silobelastung)
- c) In Umfangsrichtung veränderliche Axiallast (z. B. Rohrbiegung)

Bild E401. Beispiele für Druckbeanspruchung in Axialrichtung



- a) Konstanter rotations-symmetrischer Manteldruck (z. B. aus allseitigem Außendruck oder innerem Unterdruck)
- b) In Längsrichtung veränderlicher rotations-symmetrischer Manteldruck
- c) Rotations-symmetrischer Manteldruck aus Trichter mit Füllast

Bild E402. Beispiele für Druckbeanspruchung in Umfangsrichtung

b) Druckbeanspruchung in Umfangsrichtung

$\sigma_\phi$  Umfangsdruckspannung

$\sigma_{\phi ki}$  ideale Umfangsbeulspannung

$\sigma_{\phi u}$  reale Umfangsbeulspannung

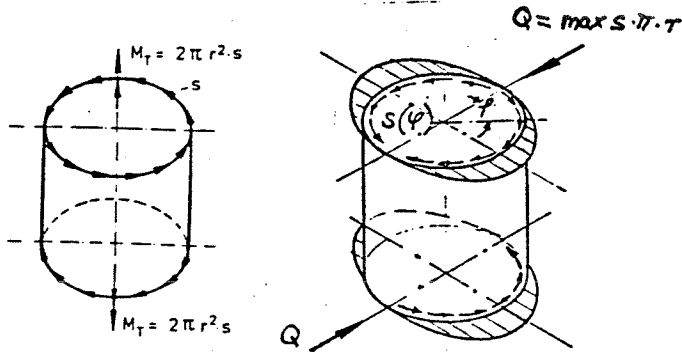


c) Schubbeanspruchung

$\tau$  Schubspannung

$\tau_{ki}$  ideale Schubbeulspannung

$\tau_u$  reale Schubbeulspannung



$$\tau = \frac{M_T}{2 \pi \cdot r^2 \cdot t}$$

$$\tau = \frac{Q}{\pi \cdot r \cdot t}$$

a) Konstante Schubbeanspruchung (z. B. aus Torsion)

b) In Umfangsrichtung veränderliche Schubbeanspruchung (z. B. aus Querkraft)

Bild E403. Beispiele für Schubbeanspruchung

Radiale Unverschieblichkeit kann bei Aussteifung durch Bodenbleche oder Dachschalen bzw. Dachgespärre angenommen werden. Beim Teilfeldnachweis ist sie an den Knotenlinien bildenden Ringsteifen (siehe Bild f) ebenfalls gegeben; die Stabilität der Ringsteifen ist gesondert nachzuweisen.

Axiale Unverschieblichkeit liegt bei Verankerung der Ränder oder deren Einbindung in steife Endplatten vor.

Randbedingungen

403 - Es werden die folgenden Randbedingungen (RB) unterschieden:

RB 1: radial und axial unverschieblicher, bei kurzen Kreiszylinderschalen auch eingespannter Rand

RB 2: radial unverschieblicher, axial verschieblicher, gelenkiger Rand

f RB 3: freier Rand

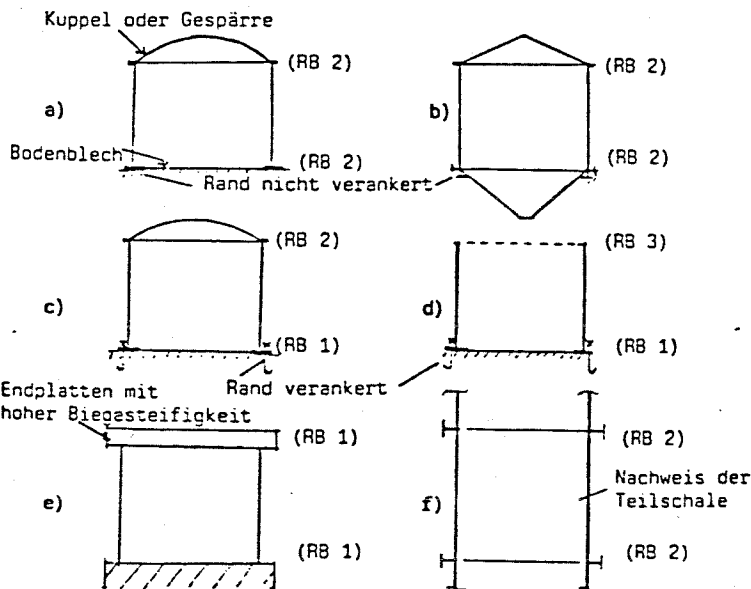


Bild E405. Konstruktive Erläuterungen und Beispiele zu den Randbedingungen

4.2 Ideale Beulspannung

4.2.1 Druckbeanspruchung in Axialrichtung

Voraussetzung

404 - Die folgenden Formeln für die ideale Beulspannung gelten nur für radial unverschiebliche Ränder (RB 1 oder RB 2).

Anmerkung: Der Zahlenwert 50 (Plateauwert) muß noch mit DIN 18 800 Teil 1 abgestimmt werden.

Gleichung (402) ergibt sich auf der Basis der klassischen linearen Beultheorie für die Kreiszylinderschale unter konstanter Axiallast (siehe Bild E401 a).

Anmerkung: Für kurze Kreiszyylinder ist noch eine 2. Darf-Regel mit gesonderten C-Beiwerten einzufügen.  
(Bornscheuer)

Der Beiwert C nach Gleichung (405) erfaßt den Abfall der auf der Basis der klassischen linearen Beultheorie ermittelten idealen Beulspannung im Übergangsbereich vom mittellangen Kreiszyylinder zum Knickstab.

Nachweis nicht erforderlich

405 - Für Kreiszyylinder nach Bedingung (401) braucht kein Beulsicherheitsnachweis geführt zu werden.

$$\frac{r}{t} \leq \frac{E}{50 \beta_S} \quad (401)$$

...

406 - Für Kreiszyylinder mit Druckbeanspruchung in Axialrichtung ist die ideale Beulspannung  $\sigma_{xKi}$  mit Gleichung (402) zu bestimmen

$$\sigma_{xKi} = 0,605 E \cdot C \frac{t}{r} \quad (402)$$

C ist in Abhängigkeit von der Schalenlänge nach den Elementen 407 bis ... zu bestimmen.

Mittellange und kurze Kreiszyylinder

407 - Für mittellange und kurze Kreiszyylinder nach Bedingung (403) ist C = 1.

$$\frac{l}{r} \leq 0,5 \sqrt{\frac{r}{t}} \quad (403)$$

Kurze Kreiszyylinder dürfen entsprechend Element 102 als Platte behandelt werden, auch wenn sich damit günstigere Ergebnisse ergeben.

Lange Kreiszyylinder

408 - Für lange Kreiszyylinder nach Bedingung (404) ist der Beiwert C in Abhängigkeit von den Randbedingungen mit  $\eta$  nach Tabelle 401 mit Gleichung (405) zu bestimmen.

$$\frac{l}{r} > 0,5 \sqrt{\frac{r}{t}} \quad (404)$$

$$C = 1 - \frac{0,4 \frac{l}{r} \sqrt{\frac{t}{r}} - 0,2}{\eta} \quad (405)$$

jedoch  $C \geq 0,6$ .

Tabelle 401. Beiwert  $\eta$  zur Ermittlung der idealen Beulspannungen bei langen Kreiszyindern

Fall	Randbedingungen (nach Element 403)	Beiwert $\eta$
1	(RB 1)	6
	(RB 1)	
2	(RB 2)	3
	(RB 1)	
3	(RB 2)	1
	(RB 2)	

### Biegeknicken von langen Kreiszyllindern

409 - Für lange Kreiszyllinder ist außer dem Beulsicherheitsnachweis ein Nachweis gegen Biegeknicken nach DIN 18 800 Teil 2 zu führen. Eine Interaktion mit dem Schalenbeulen braucht dabei nicht berücksichtigt zu werden.

#### Sehr lange Kreiszyllinder

410 - Für sehr lange Kreiszyllinder nach Bedingung (406) braucht kein Beulsicherheitsnachweis geführt zu werden.

Gleichung (406) ergibt sich aus ...

$$\frac{s_K}{r} \geq 6 \sqrt{\frac{r}{t}} \quad (406)$$

mit  $s_K$  Knicklänge nach DIN 18 800 Teil 2

#### 4.2.2 Druckbeanspruchung in Umfangsrichtung

##### Kein Nachweis erforderlich

411 - Für Kreiszyllinder nach Bedingung (407) braucht kein Beulsicherheitsnachweis geführt zu werden.

$$\frac{r}{t} \leq 6 \quad (407)$$

#### Mittellange Kreiszyllinder

412 - Für mittellange Kreiszyllinder nach Bedingung (408) ist die ideale Beulspannung  $\sigma_{\phi Ki}$  mit Gleichung (409) zu bestimmen, wobei der Beiwert  $C_\phi$  in Abhängigkeit von den Randbedingungen Tabelle 402 zu entnehmen ist.

Gleichung (409) ergibt sich auf der Basis der klassischen linearen Beultheorie für eine Kreiszyllinderschale unter Manteldruck.

$$\frac{20 C_\phi}{\sqrt{r \cdot t}} \leq \frac{l}{r} \leq 1,63 C_\phi \sqrt{\frac{r}{t}} \quad (408)$$

$$\sigma_{\phi Ki} = 0,92 C_\phi \cdot E \frac{r}{l} \left(\frac{t}{r}\right)^{1,5} \quad (409)$$

#### Kurze Kreiszyllinder

413 - Für kurze Kreiszyllinder nach Bedingung (410) ist in Gleichung (409) anstelle des Beiwertes  $C_\phi$  der Beiwert  $C_{\phi k}$  nach Tabelle 402 einzusetzen

$$\frac{l}{r} < \frac{20 C_\phi}{\sqrt{r/t}} \quad (410)$$

Tabelle 402. Beiwerte  $C_\phi$  und  $C_{\phi K}$ 

Fall	Randbedingungen (nach Element 403)	Beiwert $C_\phi$	Beiwert $C_{\phi K}$
1	(RB 1)	1,5	$1,5 + \frac{10,0}{\bar{l}^2} - \frac{5,0}{\bar{l}^3}$
	(RB 1)		
2	(RB 2)	1,25	$1,25 + \frac{8,0}{\bar{l}^2} - \frac{4,0}{\bar{l}^3}$
	(RB 1)		
3	(RB 2)	1,0	$1,0 + \frac{3,0}{\bar{l}^{1,35}}$
	(RB 2)		
4	(RB 3)	0,6	$0,6 + \frac{1,0}{\bar{l}^2} - \frac{0,3}{\bar{l}^3}$
	(RB 1)		
$\bar{l} = \dots$			

## Lange Kreiszyylinder

414 - Für lange Kreiszyylinder nach Bedingung (411) ist die ideale Beulspannung  $\sigma_{\phi Ki}$  mit Gleichung (412) zu bestimmen, wobei  $C_\phi$  aus Tabelle 402 zu entnehmen ist.

$$\frac{l}{r} > 1,63 C_\phi \sqrt{\frac{r}{t}} \quad (411)$$

Gleichung (412) erfaßt auf der Basis der klassischen linearen Beultheorie den Übergang zum unter Radialbelastung ausknickenden Kreisring als den Grenzfall der langen Kreiszyinderschale unter Manteldruck.

$$\sigma_{\phi Ki} = E \left(\frac{t}{r}\right)^2 \left[ 0,275 + 2,03 \left( \frac{C_\phi}{\frac{l}{r} \sqrt{\frac{t}{r}}} \right)^4 \right] \quad (412)$$

## 4.2.3 Schubbeanspruchung

## Voraussetzung

415 - Die folgenden Formeln für die ideale Beulspannung gelten nur für radial unverschiebliche Ränder (RB 1 oder RB 2).

## Mittellange und kurze Kreiszyylinder

416 - Für mittellange und kurze Kreiszyylinder nach Bedingung (413) ist die ideale Beulspannung  $\tau_{Ki}$  mit Gleichung (414) zu bestimmen.

$$\frac{l}{r} \leq 0,24 \frac{r}{t} \quad (413)$$

Gleichung (414) ergibt sich auf der Basis der klassischen linearen Beultheorie für die Kreiszyinderschale unter konstanter Torsionsbeanspruchung (siehe Bild E403 a).

$$\tau_{Ki} = 0,74 E \left(\frac{t}{r}\right)^{\frac{5}{4}} \left(\frac{r}{l}\right)^{\frac{1}{2}} \quad (414)$$

Anmerkung: Das Vorgehen bei langen Kreiszyklinderschalen muß noch geregelt werden.

#### Lange Kreiszyklinder

417 - Für lange Kreiszyklinder nach Bedingung (415) ist die ideale Schubbeulspannung  $\tau_{ki}$  mit Gleichung (416) zu bestimmen.

$$\frac{l}{r} > \dots \quad (415)$$

$$\tau_{ki} = \dots \quad (416)$$

#### 4.3 Reale Beulspannung

##### Druckbeanspruchung in Axialrichtung

418 - Die reale Beulspannung  $\sigma_{xu}$  für Druckbeanspruchung in Axialrichtung beträgt für Kreiszyklinderschalen mit einem bezogenen Schlankheitsgrad  $\lambda_s \leq 2,5$

$$\sigma_{xu} = \kappa_{s,2} \cdot \beta_s \quad (417)$$

mit  $\kappa_{s,2}$  nach Gleichung (203 b).

##### Druckbeanspruchung in Umfangsrichtung

419 - Die reale Beulspannung  $\sigma_{\phi u}$  für Druckbeanspruchung in Umfangsrichtung beträgt für Kreiszyklinderschalen mit einem bezogenen Schlankheitsgrad  $\lambda_s \leq \dots$

$$\sigma_{\phi u} = \kappa_{s,1} \cdot \beta_s \quad (418)$$

mit  $\kappa_{s,1}$  nach Gleichung (203 a).

##### Schubbeanspruchung

420 - Die reale Beulspannung  $\tau_u$  für Schubbeanspruchung beträgt für Kreiszyklinderschalen mit einem bezogenen Schlankheitsgrad  $\lambda_s \leq \dots$

$$\tau_u = \kappa_{s,1} \frac{\beta_s}{\sqrt{3}} \quad (419)$$

mit  $\kappa_{s,1}$  nach Gleichung (203 a).

#### 4.4 Spannungen infolge Einwirkungen

##### Membranspannungen

421 - Der Beulsicherheitsnachweis nach Element 205 ist stets mit den Größtwerten der maßgebenden Membranspannungen  $\sigma_x$ ,  $\sigma_\phi$  und  $\tau$  zu führen.

##### Windbelastung

422 - Bei Windbelastung an Kreiszyklinderschalen mit den Randbedingungen nach Tabelle 402 darf für die Ermittlung von  $\sigma_\phi$  die äußere Windbelastung durch einen konstanten rotationssymmetrischen Manteldruck nach Gleichung (420) ersetzt werden.

Die maßgebenden Membranspannungen sind nach DIN 18 800 Teil 1 und Element 111 stets mit den Bemessungswerten der Einwirkungen zu ermitteln.

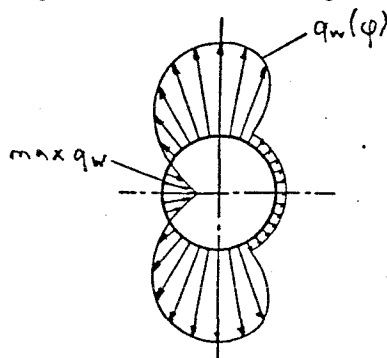


Bild E406. Beispiel für Winddruckbelastung

Der Beiwert  $\delta$  in Gleichung (420) berücksichtigt, daß die ideale Umfangsbeulspannung nach Gleichung (409) für konstanten Manteldruck ermittelt wurde und andere Umfangsdruckverteilungen günstiger wirken.

$$q = \delta \cdot \max q_w \quad (420)$$

für geschlossene Kreiszyklinder

Hierin bedeuten:

max  $q_w$  größter Druckwert im Staupunkt

$$\delta = 0,46 \left( 1 + 0,1 \sqrt{C_\phi \frac{r}{l} \sqrt{\frac{r}{t}}} \right) \leq 1 \quad (421)$$

mit  $C_\phi$  nach Tabelle 402 je nach Randbedingung.

Bei oben offenen oder belüfteten Kreiszyllindern ist zusätzlich zur äußeren Windbelastung ein konstanter rotationssymmetrischer Manteldruck von  $0,6 \max q_w$  zur Berücksichtigung des Windsogs im Zylinderinnern anzunehmen.

**Manteldruck bei sehr kurzen Kreiszyllindern**

423 - Bei sehr kurzen Kreiszyllinderschalen oder sehr kurzen Teilschalen von ringversteiften Zylindern ~~nach Bedingung (422)~~ darf  $\sigma_\phi$  nach Gleichung (423) ermittelt werden.

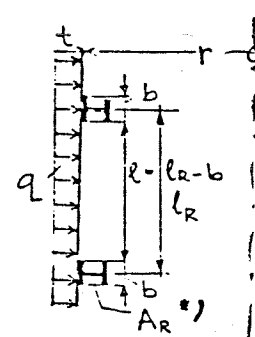
$$\frac{l}{r} \leq \frac{3,12}{\sqrt{r/t}} \quad (422)$$

$$\sigma_\phi = \beta \frac{q \cdot r}{t} \quad (423)$$

Der Beiwert  $\beta$  in Gleichung (423) berücksichtigt, daß bei sehr kurzen Kreiszyllinderschalen ein Teil des Manteldrucks unmittelbar von den Rändern bzw. von den Ringsteifen aufgenommen wird.

mit  $\beta$  nach Tabelle 403.

Tabelle 403. Beiwerte  $\beta$

	$l/r$	$\beta$
	$\leq \frac{1,56}{\sqrt{r/t}}$	
$\geq \frac{1,56}{\sqrt{r/t}}$		$1 - \frac{0,85 (2 - l/1,56 \sqrt{r \cdot t})}{1 + (b + 1,56 \sqrt{r \cdot t}) t/A_R}$
$\geq \frac{3,12}{\sqrt{r/t}}$		1

\*) Bei radial unverschieblichen Rändern gilt  $A_R = \infty$

**4.5 Kombinierte Beanspruchung**

**4.5.1 Druck in Axialrichtung, Druck in Umfangsrichtung und Schub**

424 - Bei Zusammenwirken einer Axialdruckspannung  $\sigma_x$ , einer Umfangsdruckspannung  $\sigma_\phi$  und einer Schubspannung  $\tau$  ist außer den Einzelnachweisen nach Element 205 ein Nachweis nach folgender Interaktionsbedingung zu führen.

$$\left( \frac{\sigma_x}{\sigma_{xu}/\gamma_M} \right)^{1,1} + \left( \frac{\sigma_\phi}{\sigma_{\phi u}/\gamma_M} \right)^{1,1} + \left( \frac{\tau}{\tau_u/\gamma_M} \right)^2 \leq 1 \quad (424)$$

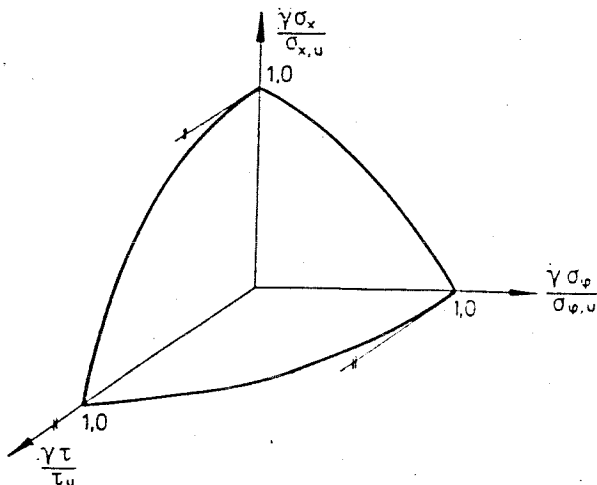


Bild E407. Interaktionsbedingung

#### 4.5.2 Druck in Axialrichtung und Zug in Umfangsrichtung aus Innendruck

##### Voraussetzung

425 - Die beullasterhöhende Wirkung eines Innendrucks  $q_i = -q$  darf nur dann in Rechnung gestellt werden, wenn die entlastende Wirkung mit Sicherheit vorhanden ist.

##### Mittellange Kreiszyylinder

426 - Für mittellange Kreiszyinderschalen nach Bedingung (408) darf der beullasterhöhende Einfluß des Innendrucks  $q_i$  durch Erhöhung des Abminderungsfaktors  $K_{S,2}$  nach Gleichung (425) berücksichtigt werden, sofern Bedingung (426) erfüllt ist.

$$\text{erh } K_{S,2} = K_{S,2} \left[ 1 + 1,2 \lambda_S \left( \frac{q_i}{E} \left( \frac{r}{t} \right)^2 \right)^{0,38} \right] \quad (425)$$

$$\text{erh } \lambda_{S,2} \leq 1 - \frac{q_i}{E} \left( \frac{r}{t} \right)^2 \frac{1}{0,605 \lambda_S^2} \quad (426)$$

Eine infolge des Innendrucks entlastende Deckellast darf in die Axiallast  $p$  einbezogen werden.

##### Kurze Kreiszyylinder

427 - Bei kurzen Kreiszyinderschalen nach Bedingung (410) darf keine Erhöhung des Abminderungsfaktors  $K_{S,2}$  in Rechnung gestellt werden, jedoch darf eine infolge des Innendrucks entlastende Deckellast in die Axiallast  $p$  einbezogen werden.

##### Lange Kreiszyylinder

428 - Für lange Kreiszyylinder darf keine beullasterhöhende Wirkung des Innendrucks in Rechnung gestellt werden. Bei durch Innendruck beanspruchten Röhren, bei denen wegen fehlender Deckel keine vom Innendruck herrührende Axialzugkraft entsteht, ist beim Stabilitätsnachweis als Stab eine zusätzliche Axialdruckkraft  $q_i \cdot r^2 \cdot \pi$  zu berücksichtigen.

#### 5 Abgestufte Kreiszyinderschalen

...

Besondere Vorsicht ist z. B. geboten bei Lasten aus Schüttgütern, die zur Brückenbildung neigen.

Anmerkung: Formel (425) und (426) werden noch überprüft und gegebenenfalls modifiziert.

Bedingung (426) stellt sicher, daß die Axialdruckspannung und die Umfangszugspannung die Fließhypothese nach Treska nicht verletzen.

6 Kegelschalen

6.1 Formelzeichen, Randbedingungen

Geometrische Größen

601 -

- h Kegelhöhe
- l Kegelmantellänge
- r, r<sub>1</sub>, r<sub>2</sub> Radien der Kegelmittelfläche
- ρ halber Öffnungswinkel

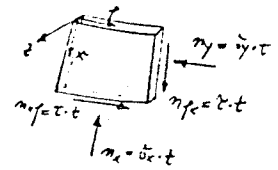
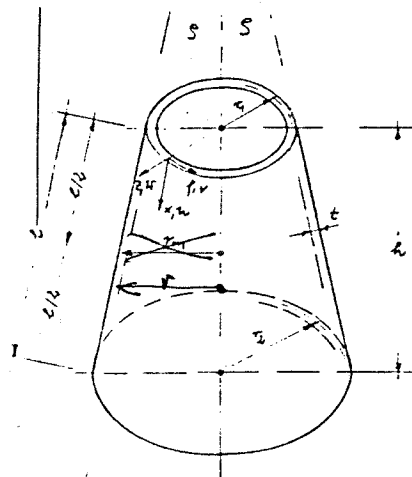


Bild 601. Geometrie und Schnittkräfte der Kegelschale

Beanspruchungsgrößen

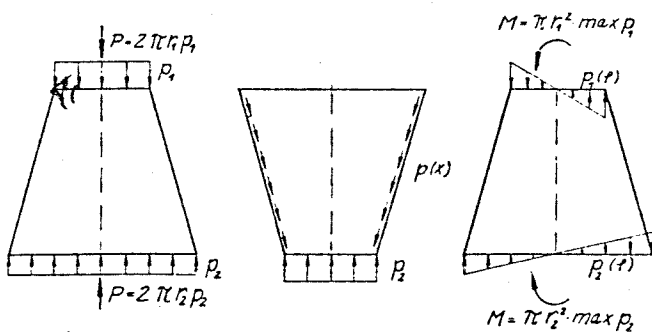
602 -

a) Druckbeanspruchung in Meridianrichtung

σ<sub>x</sub> Meridiandruckspannung

σ<sub>xKi</sub> ideale Meridianbeulspannung

σ<sub>xu</sub> reale Meridianbeulspannung

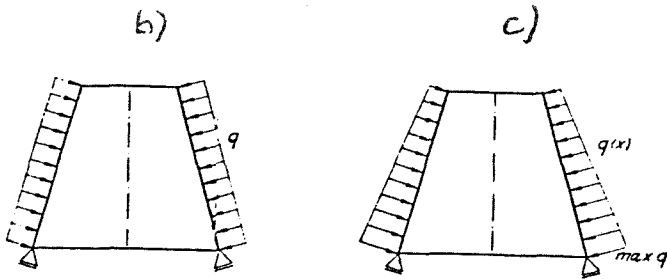


$$\sigma_x = \frac{P}{2\pi \cdot r_1 \cdot t \cdot \cos \rho} \quad \sigma_x = \frac{P_2}{t \cdot \cos \rho} \quad \sigma_x = \frac{M}{\pi \cdot r_1^2 \cdot t \cdot \cos \rho}$$

- a) Konstante Axiallast (z. B. aus Deckeldruck bei allseitigem Außen-~~druck~~)
- b) In Längsrichtung veränderliche Axiallast (z. B. Silobelastung)
- c) In Anfangsrichtung veränderliche Axiallast (z. B. Biegung)

Bild E601. Beispiele für Druckbeanspruchung in Meridianrichtung





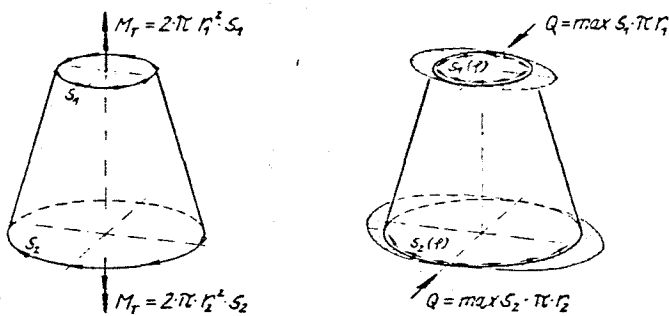
$$\sigma_{\phi} = q \frac{r_2}{t \cdot \cos \rho} \quad \sigma_{\phi} = \max q \frac{r_2}{t \cdot \cos \rho}$$

a) ...

b) Konstanter rotations-symmetrischer Manteldruck (z. B. aus allseitigem Außendruck oder innerem Unterdruck)

c) In Meridianrichtung veränderlicher rotationssymmetrischer Manteldruck

Bild E602. Beispiele für Druckbeanspruchung in Umfangsrichtung



$$\tau = \frac{M_T}{2 \pi \cdot r_1^2 \cdot t}$$

$$\tau = \frac{Q}{\pi \cdot r_1 \cdot t}$$

a) In Umfangsrichtung konstante Schubbeanspruchung (z. B. aus Torsion)

b) In Umfangsrichtung veränderliche Schubbeanspruchung (z. B. aus Querkraft)

Bild E603. Beispiele für Schubbeanspruchung

Die Erläuterungen für Kreiszylinderschalen (zu Element 403) gelten hier sinngemäß.

b) Druckbeanspruchung in Umfangsrichtung

$\sigma_{\phi}$  Umfangsdruckspannung

$\sigma_{\phi ki}$  ideale Umfangsbeulspannung

$\sigma_{\phi u}$  reale Umfangsbeulspannung

c) Schubbeanspruchung

$\tau$  Schubspannung

$\tau_{ki}$  ideale Schubbeulspannung

$\tau_u$  reale Schubbeulspannung

Randbedingungen

603 - Es werden die folgenden Randbedingungen (RB) unterschieden:

RB 1: radial und axial unverschieblicher, bei kurzen Schalen auch eingespannter Rand

RB 2: radial unverschieblicher, axial verschieblicher, gelenkiger Rand

6.2 Ideale Beulspannungen

...

604 - Die idealen Beulspannungen für Kegelschalen mit  $\rho \leq 60^\circ$  sind für gedachte Kreiszyylinder mit der rechnerischen Ersatzlänge  $l^*$  und dem rechnerischen Ersatzradius der Zylindermittelfläche  $r^*$  zu bestimmen.

**Druckbeanspruchung in Meridianrichtung**

605 - Bei Druckbeanspruchung in Meridianrichtung ist die rechnerische Ersatzlänge

$$l^* = l \quad (601)$$

((Erläuterung))

und dem rechnerischen Ersatzradius der Zylindermittefläche

$$r^* = \frac{r_1}{\cos \rho}$$

und (602)

$$r^* = \frac{r_2}{\cos \rho}$$

**Druckbeanspruchung in Umfangsrichtung**

606 - Bei Druckbeanspruchung in Umfangsrichtung ist die rechnerische Ersatzlänge

$$l^* = l \quad (603)$$

jedoch

$$l^* \leq \frac{r_2}{\sin \rho} \left( 0,53 + \frac{\rho}{8} \right) \quad (604)$$

Der rechnerische Ersatzradius beträgt

$$r^* = r_1 \quad (605)$$

für  $l^* = l$  (606)

$$r^* = r_2 - \frac{l - l^*}{l} (r_2 - r_1) \quad (607)$$

für  $l^* = \frac{r_2}{\sin \rho} \left( 0,53 + \frac{\rho}{8} \right)$  (608)

**Schubbeanspruchung**

607 - Bei Schubbeanspruchung beträgt die rechnerische Ersatzlänge

$$l^* = h \quad (609)$$

und der rechnerische Ersatzradius

$$r^* = 0,5 (r_1 + r_2) \quad (610)$$

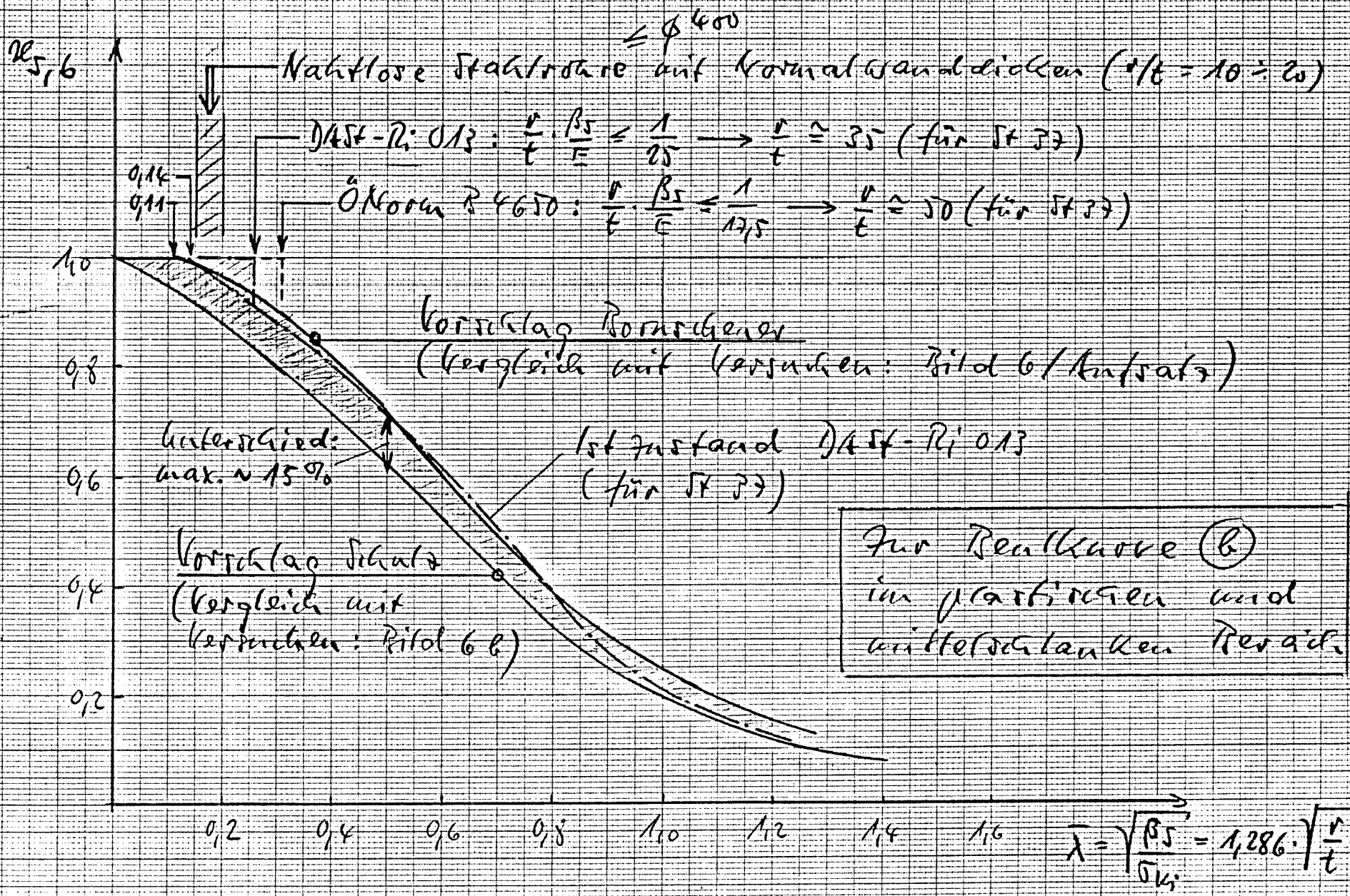
**6.3 Reale Beulspannung**

608 - Die realen Beulspannungen sind entsprechend Abschnitt 4.3 zu bestimmen.

**6.4 Spannungen infolge Einwirkungen**

...

**6.5 Kombinierte Beanspruchung**



3237

### Kreisgürtel unter Axialdruck

Vergleich der DAST-Ri mit den Kurven-Vorschlägen  
von B.F. u. F.H. Bornscheiner (mit Fließplattau)

Universität Essen - Gesamthochschule  
Fachbereich Bauwesen  
Prof. Dr.-Ing. H. Schmidt  
Universitätsstr. 15, Postfach 103754  
Tel. (0201) 183-2768/2710  
4300 Essen 1

$$\bar{\sigma}_u = \sigma_u / \sigma_F$$

10

0,11

0,5

$$\bar{\sigma}_u = \left[ \frac{1,005}{1 + \lambda^{2,4}} \right]^2$$

$$\bar{\sigma}_u = \left[ \frac{1,008}{1 + (\frac{\lambda}{0,8})^{2,4}} \right]^{1,4}$$

DAST-Ri 0,13

$$\lambda = \sqrt{\sigma_F / \sigma_u}$$

0,74

0,50

0,79

10

15

A4 210x297 mm



Produktions-Nr. 117711  
DIN 18 810 / 4 aus 25.1.85 in Frankfurt

MADE IN GERMANY

Anlage 6

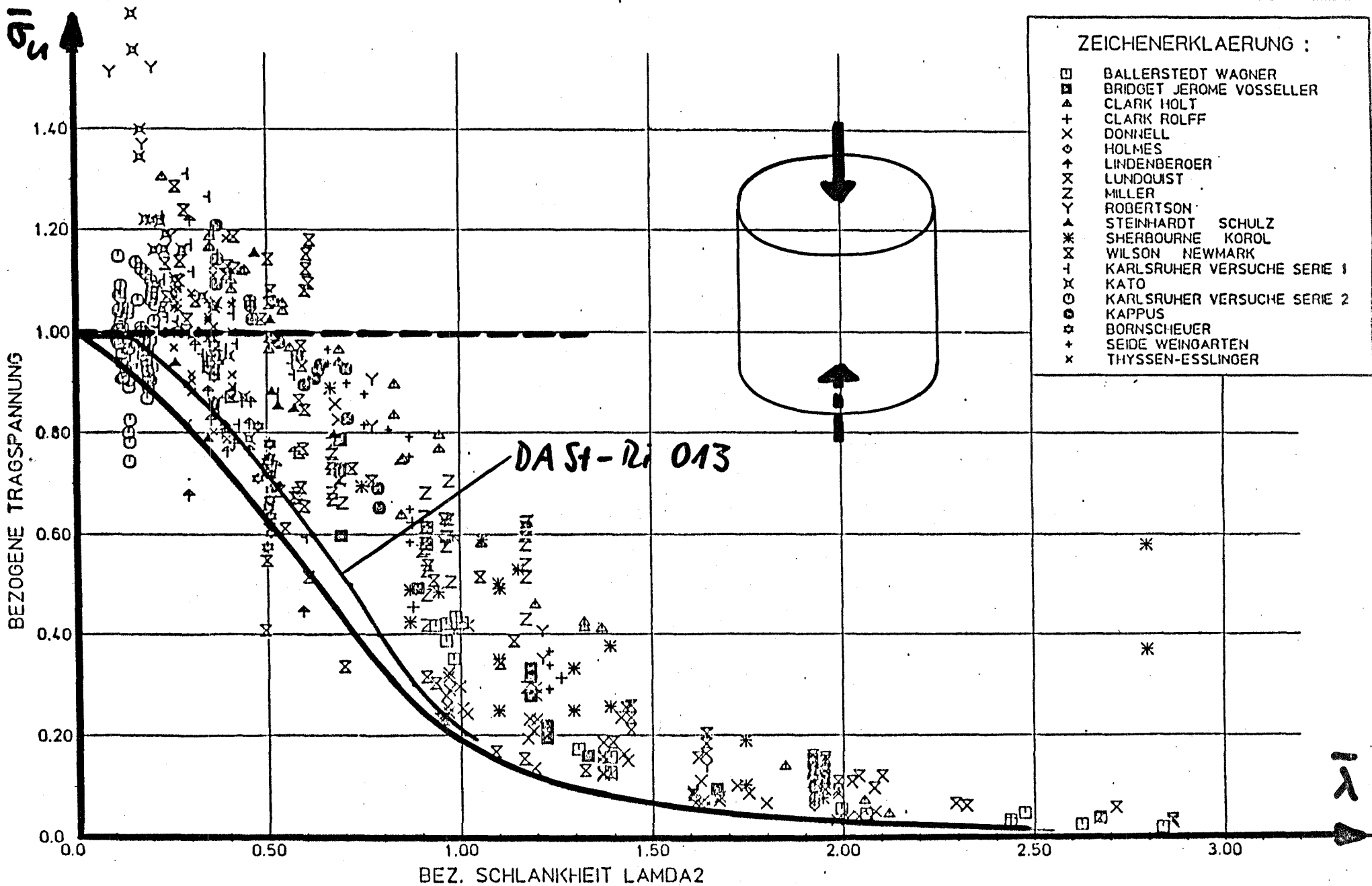
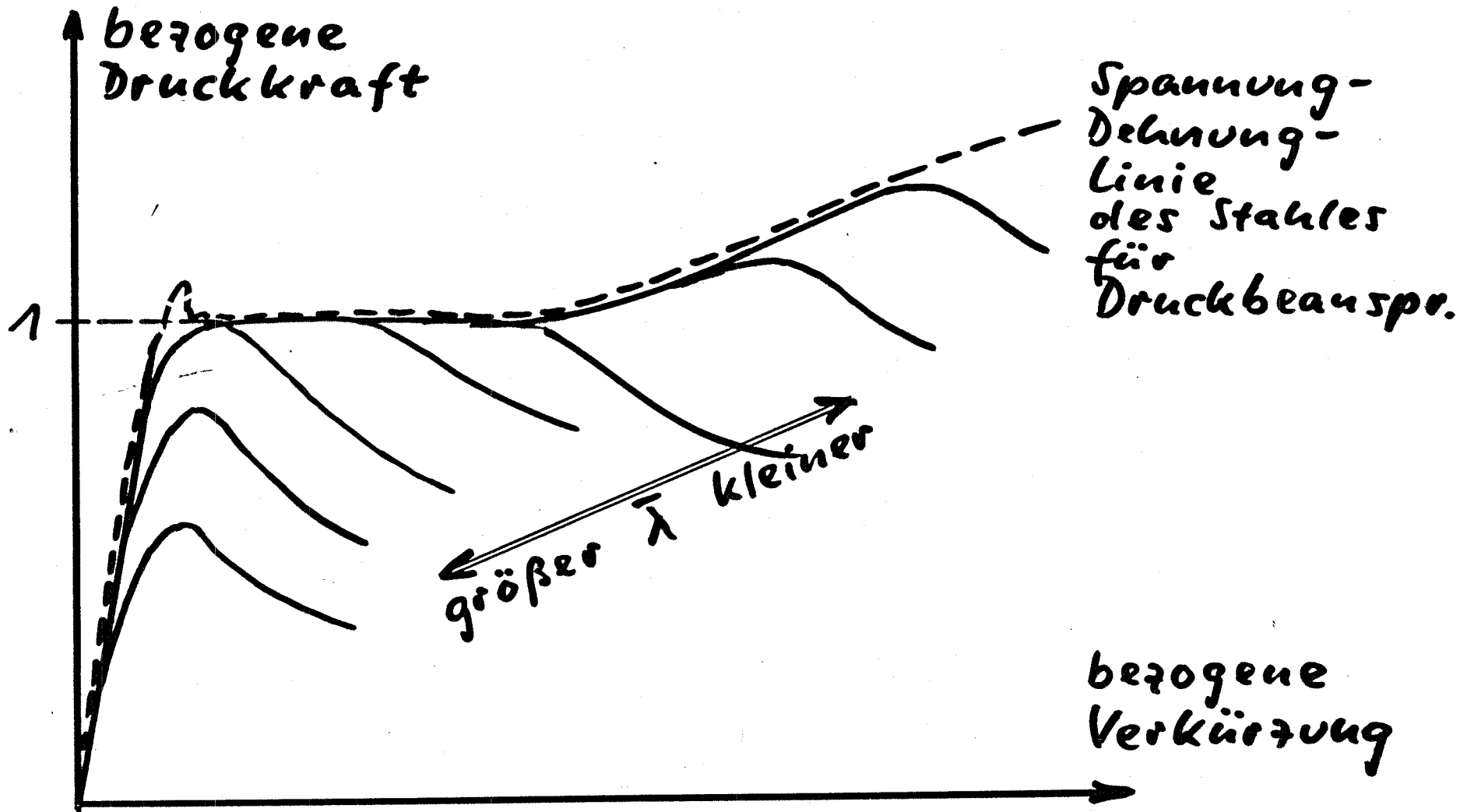
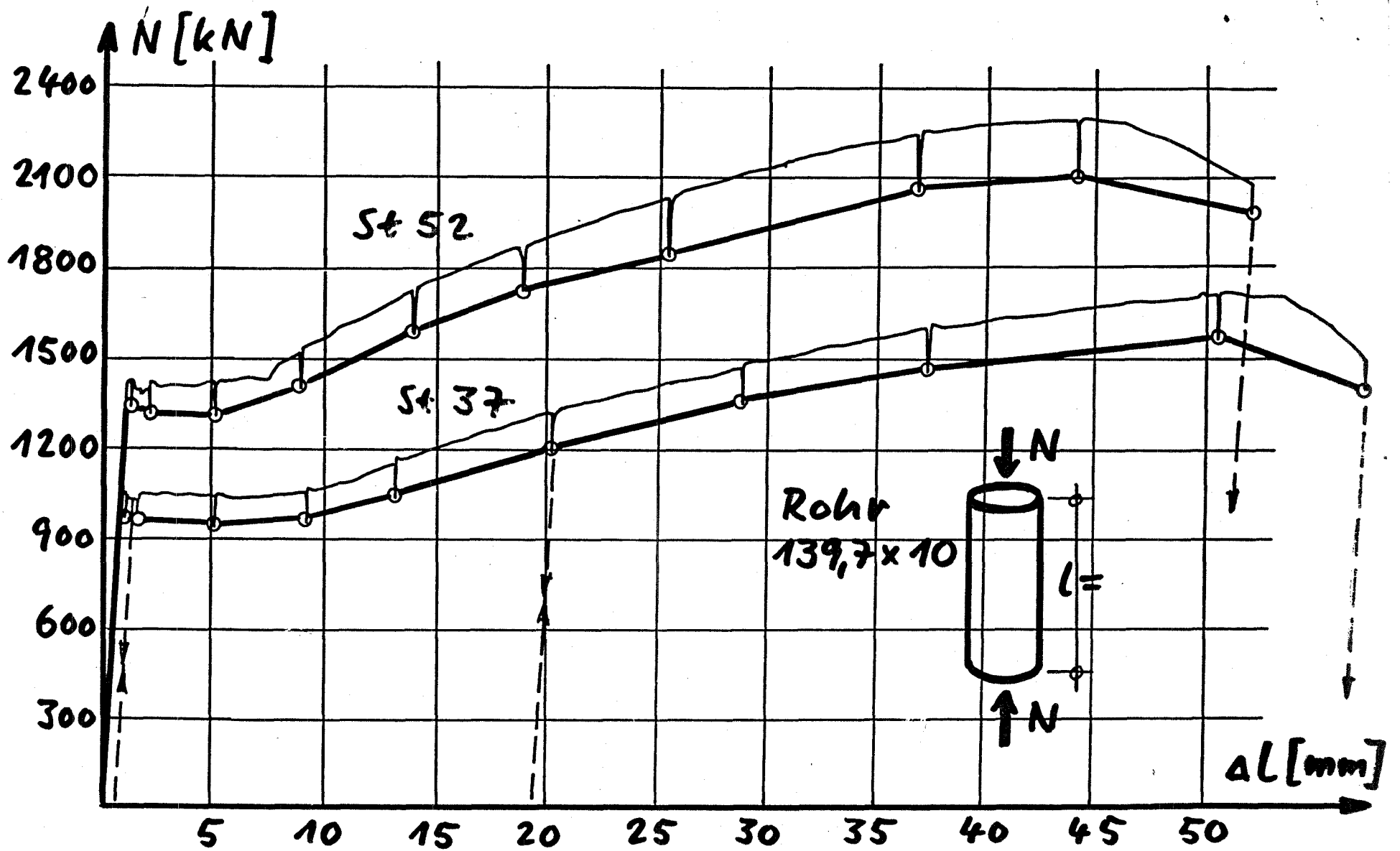


BILD 6b: BEZOGENE TRAGSPANNUNG IN ABHAENGIGKEIT VON DER SCHLANKHEIT  $\lambda_2$  -  
VORSCHLAG FUER DEN STABILITAETSNACHWEIS (nach SCHULZ)

12  
 Anlage 7

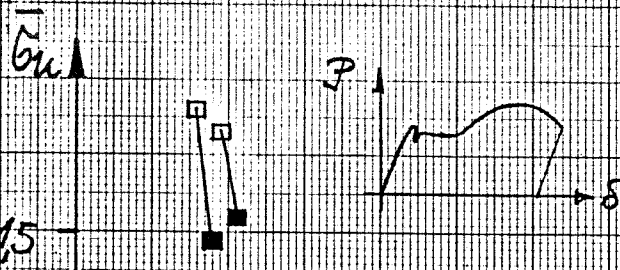


Last-Verformung-Kurven gedrückter Bauteile (schematisch)

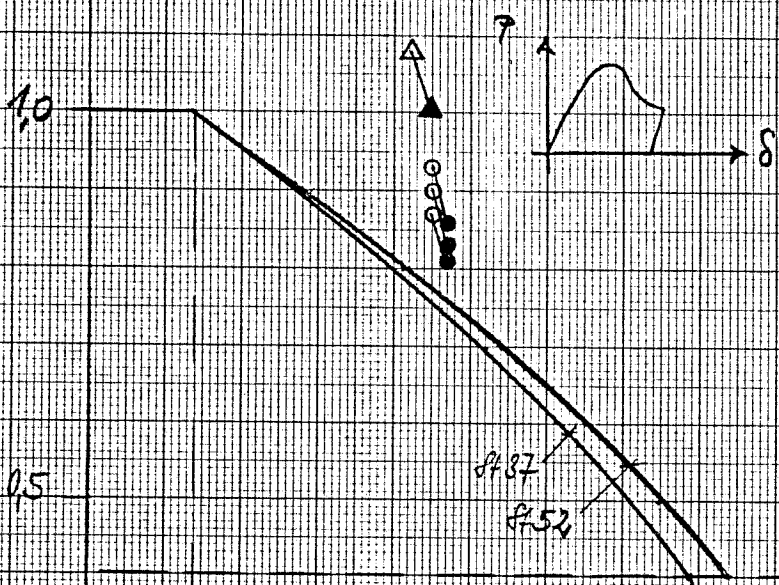


Last-Verkürzung-Kurven kürzer, dicker  
Kreiszyklinderschalen ("tubular stub columns")

# Aulage 10



	□	○	△	■	●	▲
Auswertung mit	$\beta_{ss}$			$\beta_{so}$		



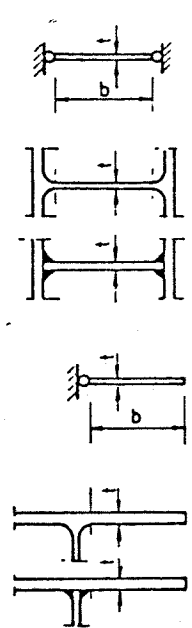
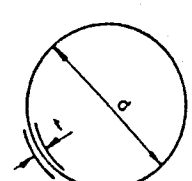
Vergleich des Beulkurves nach der DAST-R<sub>n</sub> 013  
 (α-freie Darstellung) mit ausgewählten Versuchen  
 aus Essener Diplomarbeiten  
 (KZS unter Araldit)



Tabelle 702. Grenzwerte  $\text{grenz } (b/t)$  und  $\text{grenz } (d/t)$  für volles Mitwirken von Querschnittsteilen unter Spannungen  $\sigma_x$  beim Nachweis nach dem Verfahren Elastisch-Elastisch

$\text{grenz } \sigma$  siehe Element 730

Voraussetzung: Schubspannungen  $\tau \leq 0,2 \cdot \text{grenz } \sigma$   
 ( $\sigma_x > 0 = \text{Druckspannung}$ )

Lagerung und Breite b von Querschnittsteilen	$\text{grenz } (b/t)$
	$0,665 \cdot \sqrt{k_\sigma \cdot \frac{E}{\sigma_x}}$ <p>mit <math>k_\sigma</math> Beulwert für linear verteilte Spannungen nach DIN 18 800 Teil 3</p>
Durchmesser d	$\text{grenz } (d/t)$
	$\left(100 - 30 \frac{N}{A \cdot \beta_S}\right) \frac{240}{\beta_S}$
mit $\beta_S$ in $N/mm^2$	

**Grenzspannungen**

730 - Für die Grenzspannungen gilt:

- Grenznormalspannung

$$\text{grenz } \sigma = \beta_S / \gamma_M \quad (718)$$

- Grenzscherbspannung

$$\text{grenz } \tau = (\beta_S / \sqrt{3}) / \gamma_M \quad (719)$$

Tabelle 703. Grenzwerte  $\text{grenz}(b/t)$  und  $\text{grenz}(d/t)$  für volles Mitwirken von Querschnittsteilen unter Spannungen  $\sigma_x$  beim Nachweis nach dem Verfahren Elastisch-Plastisch

Voraussetzung: Schubspannungen  $\tau \leq 0,2 \cdot \text{grenz} \sigma$  ( $\sigma_x > 0 = \text{Druckspannung}$ ).

Die Grenzwerte  $\text{grenz}(b/t)$  und  $\text{grenz}(d/t)$  beinhalten einen Teilsicherheitsbeiwert von  $\gamma_M = 1,1$ .

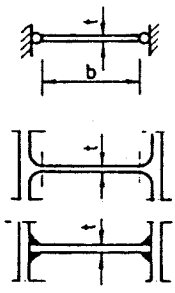
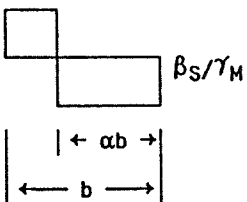
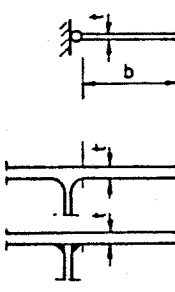
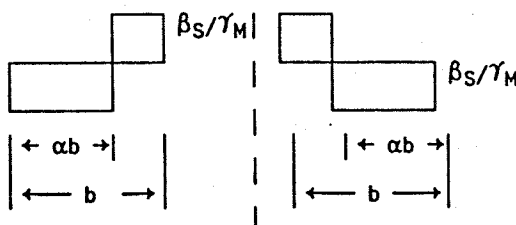
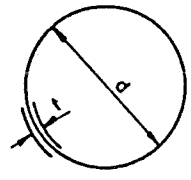
Lagerung und Breite $b$ von Querschnittsteilen	grenz $(b/t)$ für angegebene Verteilung von Spannungen $\sigma_x$
	 $\frac{37}{\alpha} \sqrt{\frac{240}{\beta_S}}$
	 $\frac{11}{\alpha \sqrt{\alpha}} \sqrt{\frac{240}{\beta_S}}$ $\frac{11}{\alpha} \sqrt{\frac{240}{\beta_S}}$
Durchmesser $d$	grenz $(d/t)$
	$70 \cdot \frac{240}{\beta_S}$
mit $\beta_S$ in $\text{N/mm}^2$	

Tabelle 707. Grenzwerte  $\text{grenz}(b/t)$  und  $\text{grenz}(d/t)$  für volles Mitwirken von Querschnittsteilen unter Spannungen  $\sigma_x$  beim Nachweis nach dem Verfahren Plastisch-Plastisch

Voraussetzung: Schubspannungen  $\tau \leq 0,2 \cdot \text{grenz} \sigma$  ( $\sigma_x > 0 = \text{Druckspannung}$ ).

Die Grenzwerte  $\text{grenz}(b/t)$  und  $\text{grenz}(d/t)$  beinhalten einen Teilsicherheitsbeiwert von  $\gamma_M = 1,1$ .

Lagerung und Breite b von Querschnittsteilen	$\text{grenz}(b/t)$ für angegebene Verteilung von Spannungen $\sigma_x$
	 $\frac{1}{\alpha} \sqrt{\frac{240}{\beta_s}}$
	 $\frac{9}{\alpha \sqrt{\alpha}} \sqrt{\frac{240}{\beta_s}} \quad \quad \quad \frac{9}{\alpha} \sqrt{\frac{240}{\beta_s}}$
Durchmesser d	$\text{grenz}(d/t)$
	$50 \cdot \frac{240}{\beta_s}$
mit $\beta_s$ in $\text{N/mm}^2$	

**Plastische Beanspruchbarkeiten**

741 - Die plastischen Grenzschnittgrößen sind nach dem Element 737 zu berechnen.

**Vereinfachte Berechnung der Beanspruchungen**

742 - Für den Nachweis nach Element 740 darf bei unverschieblichen Systemen die Lage der Fließgelenke beliebig angenommen werden, wenn die Grenzwerte  $\text{grenz}(b/t)$  und  $\text{grenz}(d/t)$  nach Tabelle 707 überall eingehalten sind.

ling pressures  $p_{u \max}$  are, together with  $p_{u1}$ , included in table 1. Average 12

The test was finished when no further buckle could be produced because of secondary plastic crippling at the edges between two buckles. The photographs No. 3 and 4 illustrate this secondary failure for a warping-restrained cylinder (No. 12.1) and a warping-free cylinder (No. 9.1) respectively.

### 3- TEST RESULTS

#### 3.1 Buckling pressures

For all test cylinders the ultimate buckling pressures, as predicted by the design procedures of ECCS-R 4.6 /1/ and DAST-Ri 013 /2/ respectively, were calculated. Fig. 4 shows the comparison between the two experimental buckling pressures  $p_{u1}$  and  $p_{u \max}$  and the predicted pressures, using  $f_{y,tu}$  as yield

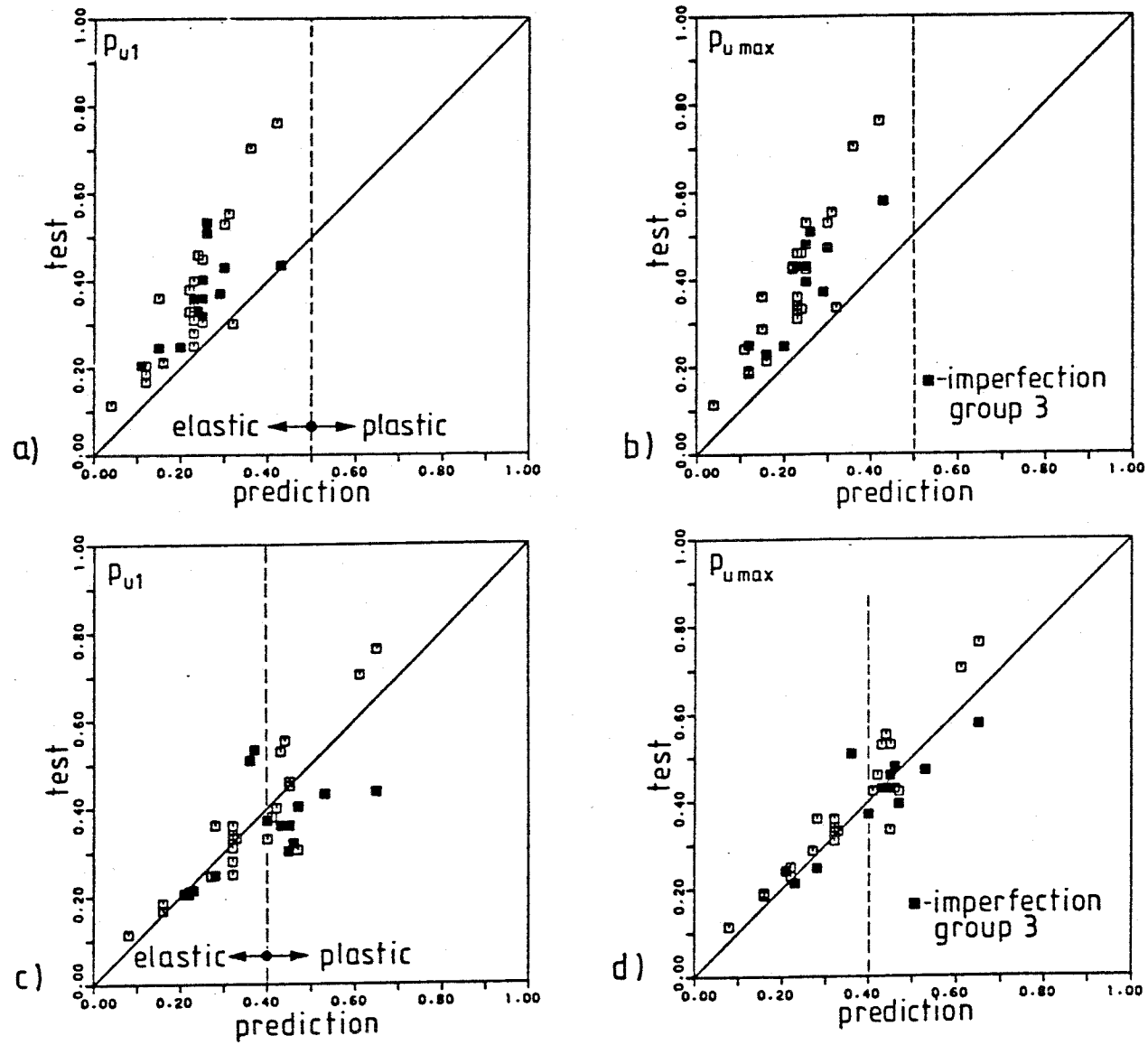
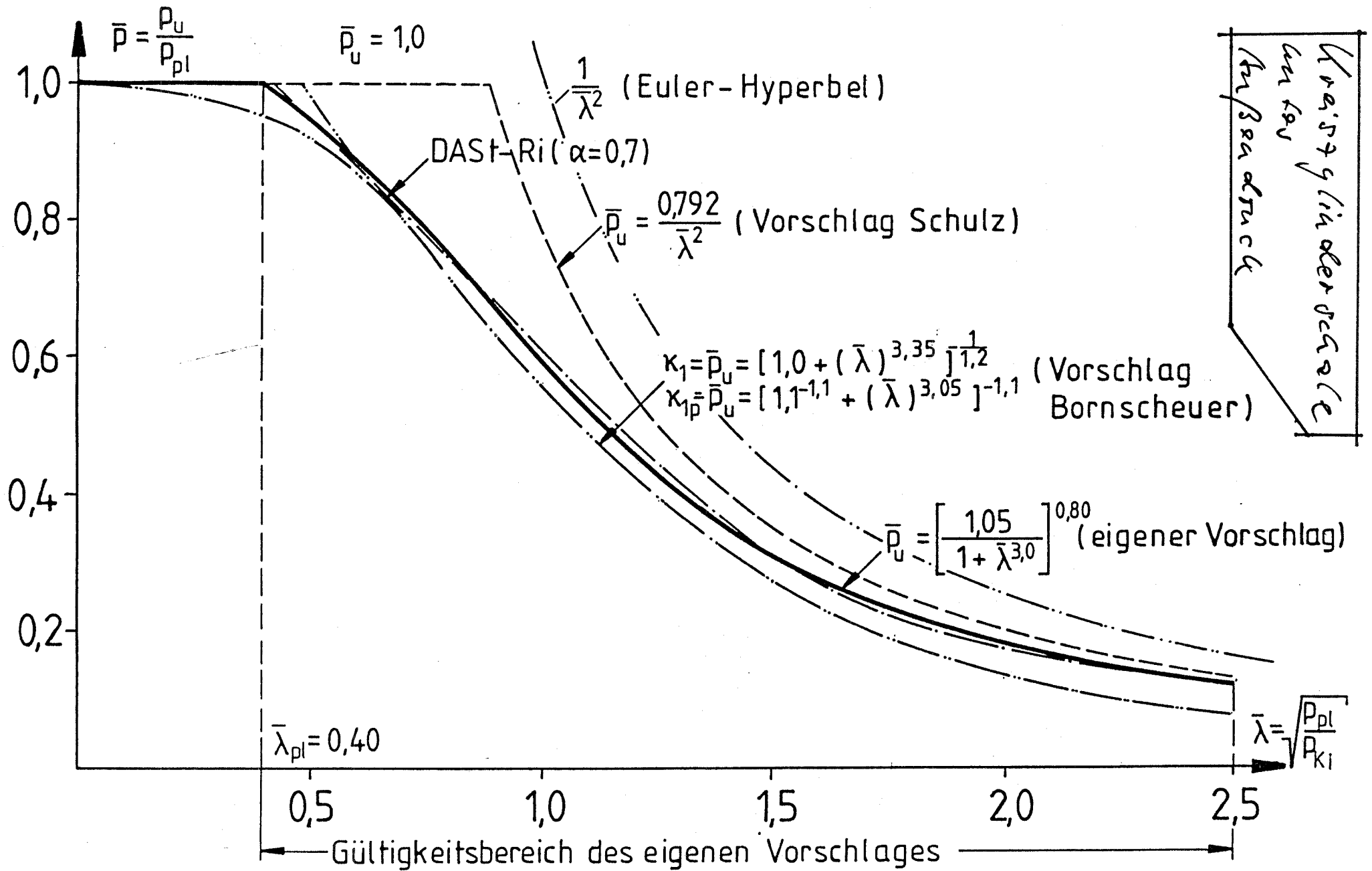
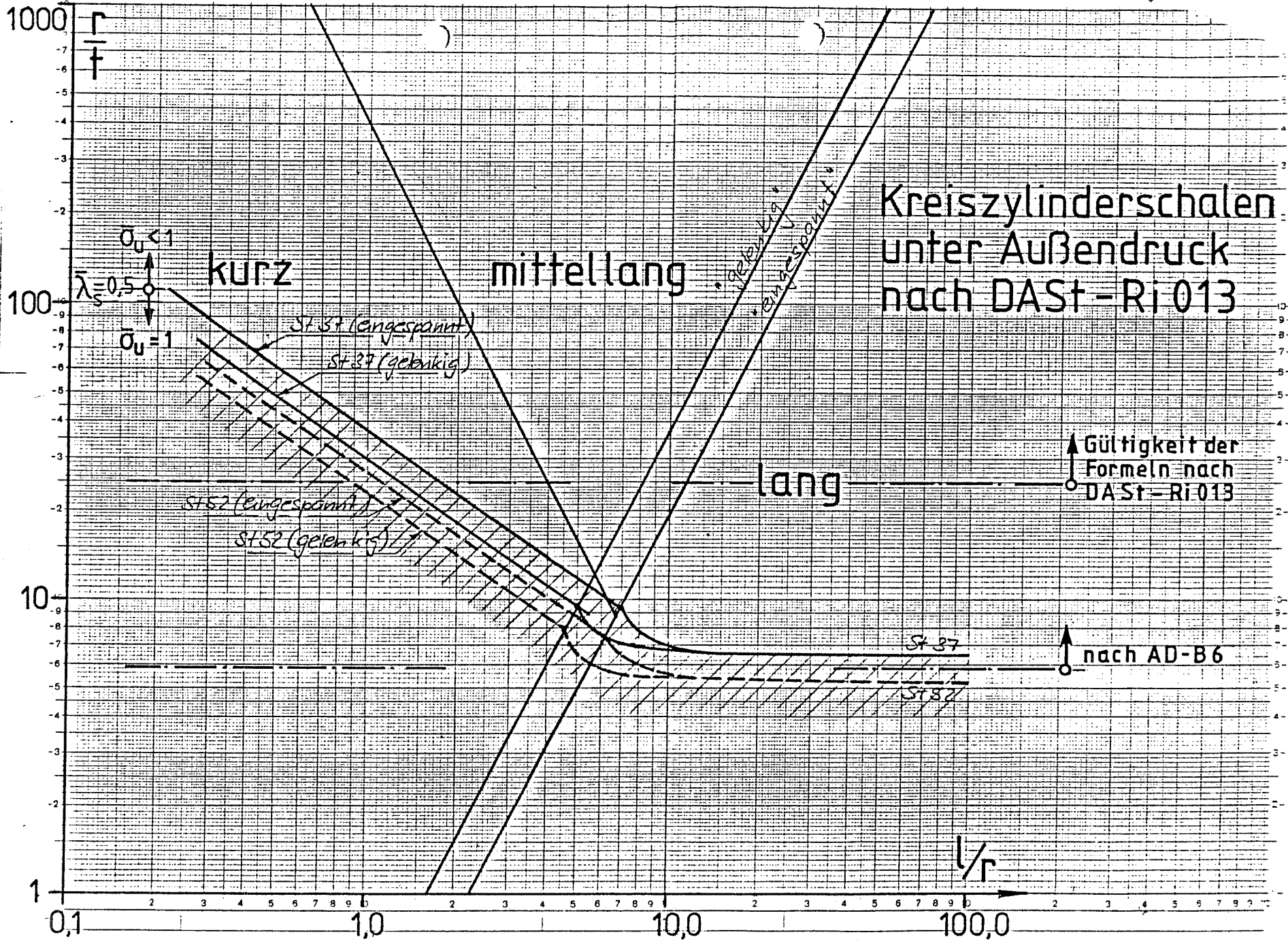
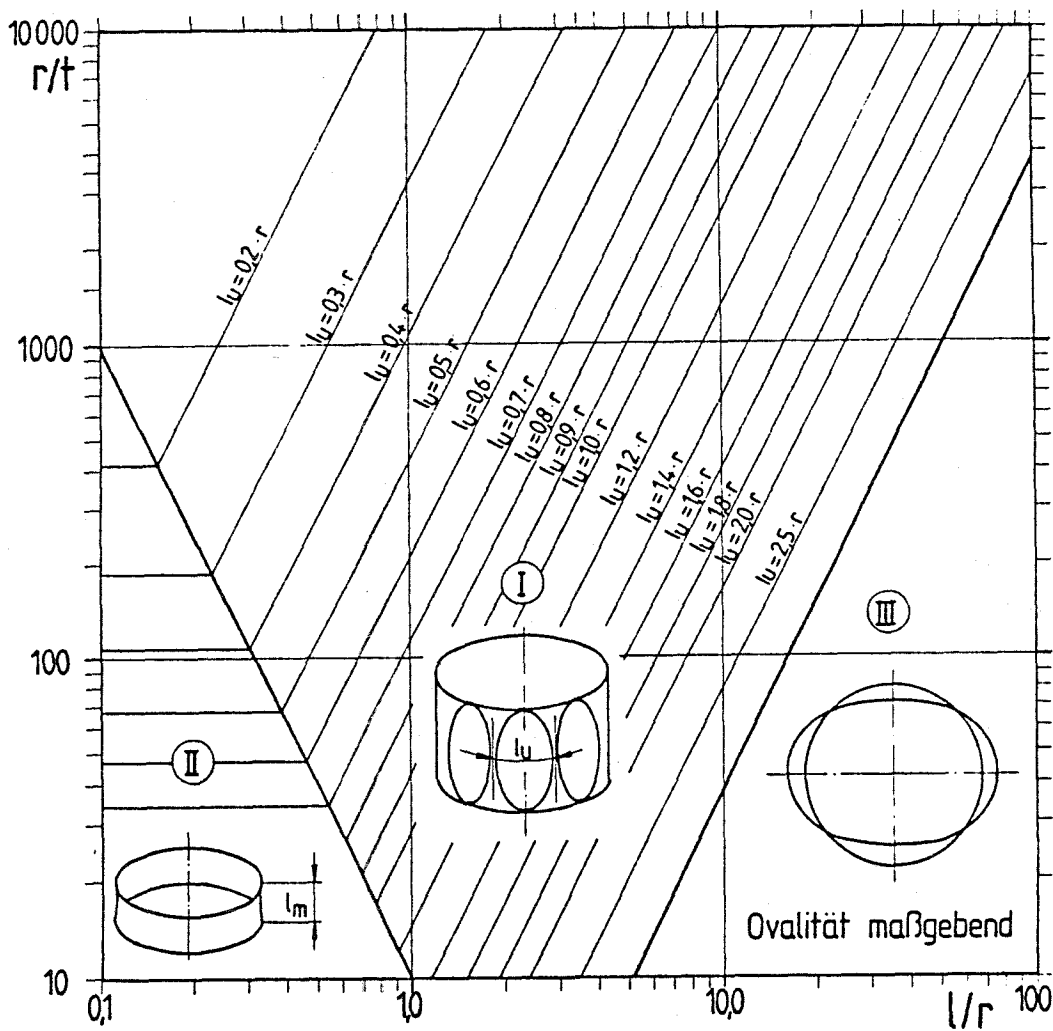


Fig. 4 Comparison between predicted and experimental relative buckling pressures  $p_u/p_{pl}$   
 a) ECCS-R 4.6 -  $p_{u1}$   
 b) ECCS-R 4.6 -  $p_{u \max}$   
 c) DAST-Ri 013 -  $p_{u1}$   
 d) DAST-Ri 013 -  $p_{u \max}$





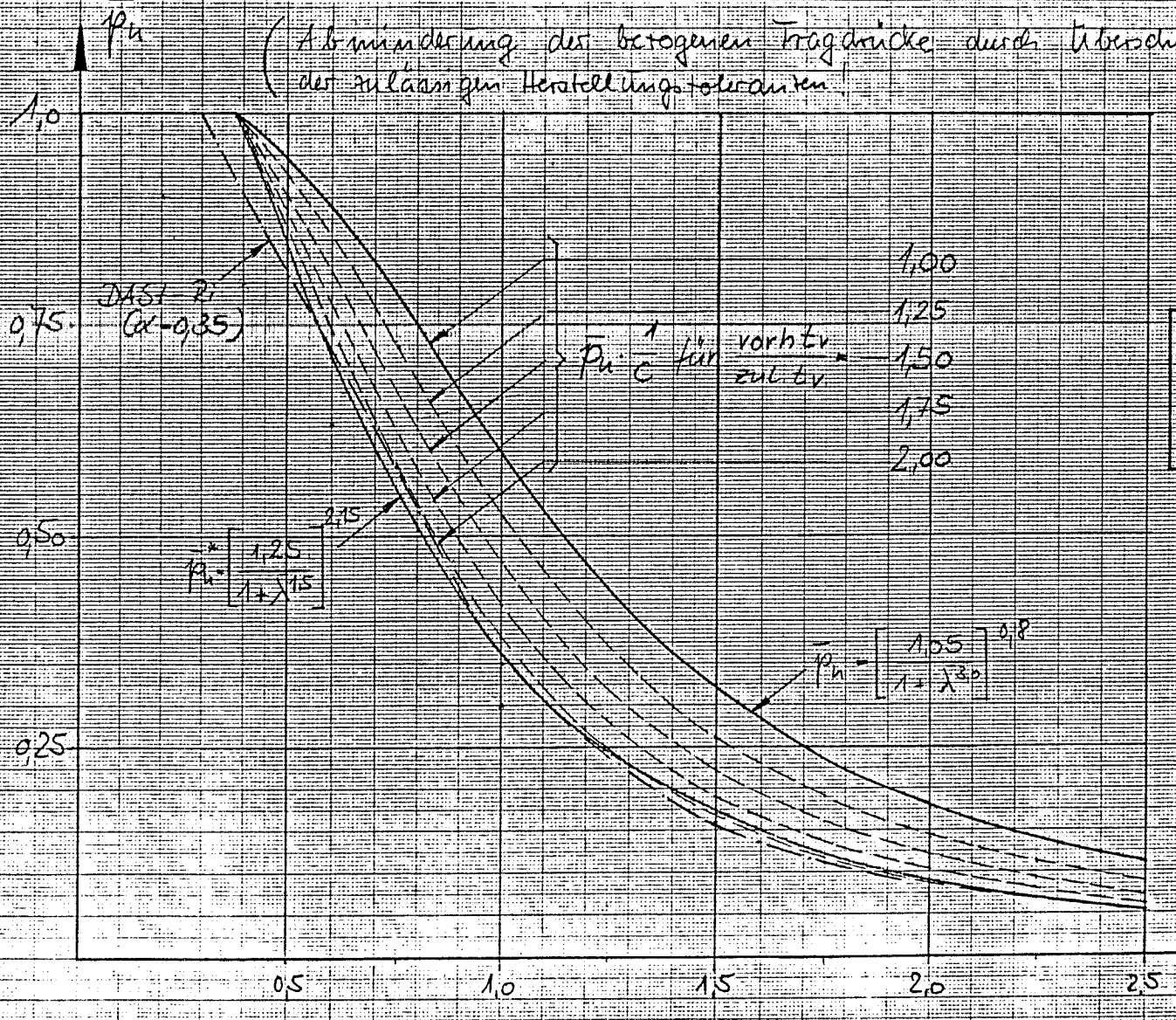
Anlage 14



Vorschlag für Meßlängen der Herstellungstoleranzen bei außendruckbeanspruchten KZS

# Kreiszylinderschalen unter Außendruck

(Abminderung des bezogenen Tragdrücke durch Überschreitung der zulässigen Herstellungstoleranzen)



- 1,00
- 1,25
- 1,50
- 1,75
- 2,00

$$G = 1 + \left( \frac{\text{vorh. tr.} - 1}{\text{zul. tr.}} \right) \left[ \lambda \cdot 0,48 - 0,19 + \sin(\lambda \cdot 1,5 - 0,6) \right]$$

für  $1,0 \leq \frac{\text{vorh. tr.}}{\text{zul. tr.}} \leq 2,0$

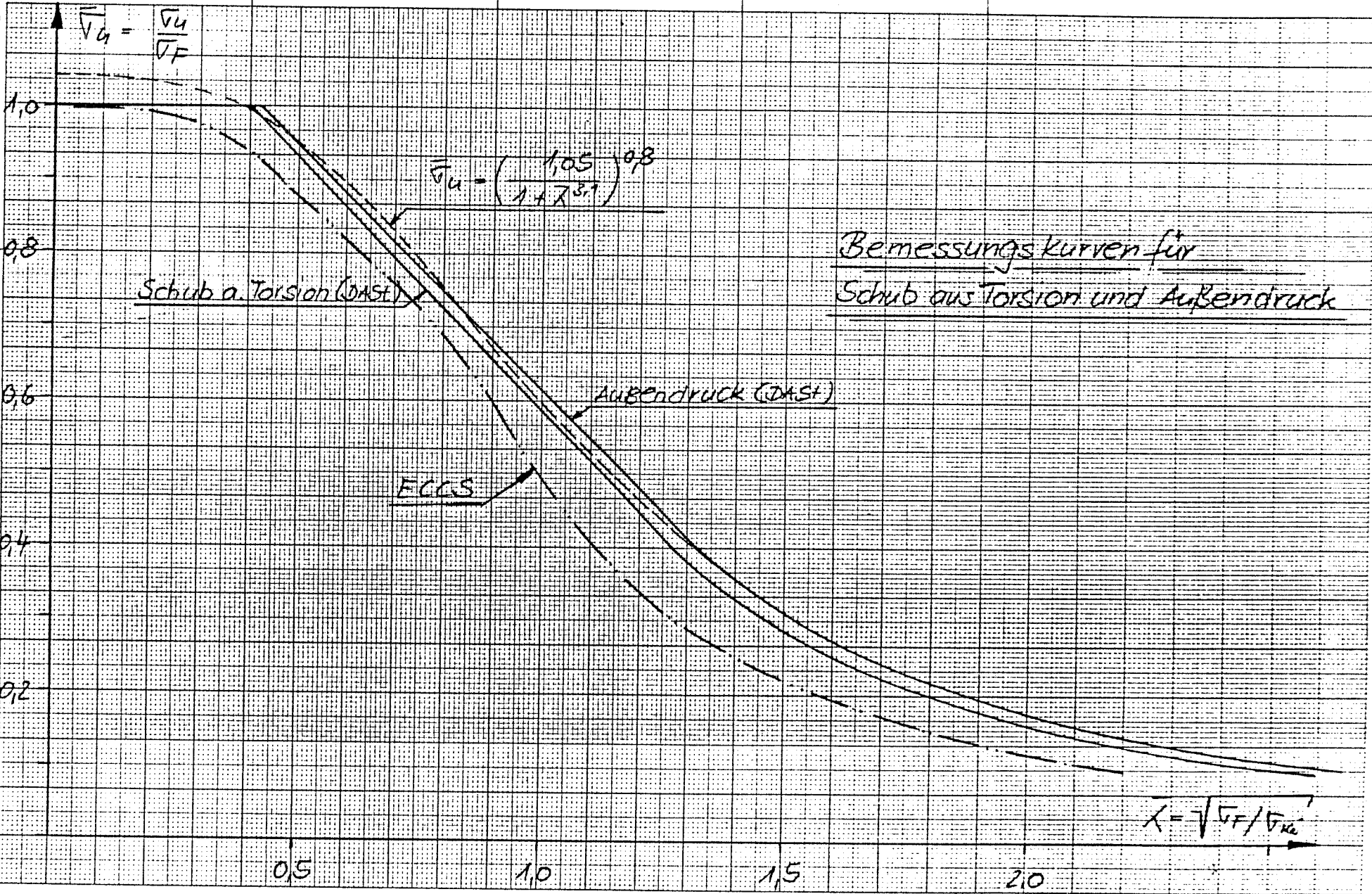
$$p_n^* = \left[ \frac{1,25}{1 + \lambda^{1,5}} \right]$$

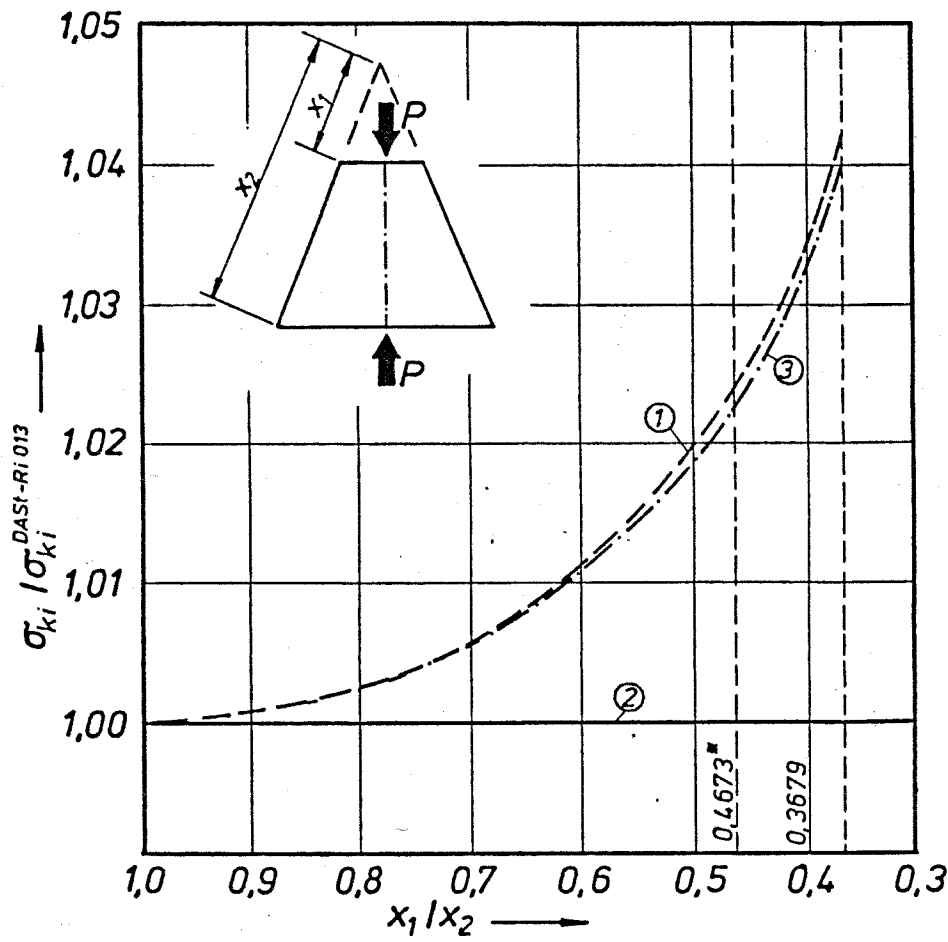
$$p_n = \left[ \frac{1,55}{1 + \lambda^{3,0}} \right]^{0,8}$$

10/10/7  
14-86

Tislerstraße 5/16.6.51/5

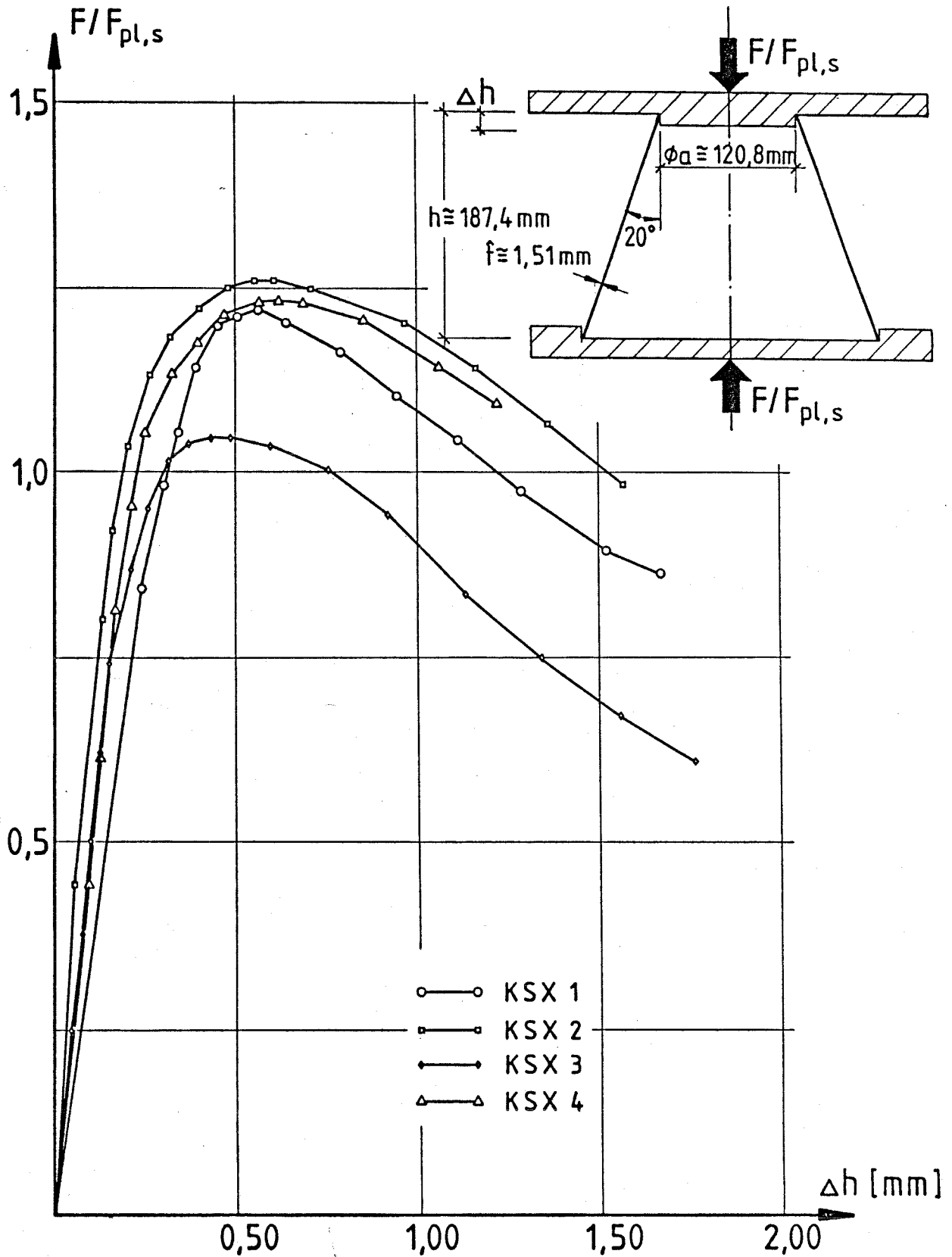




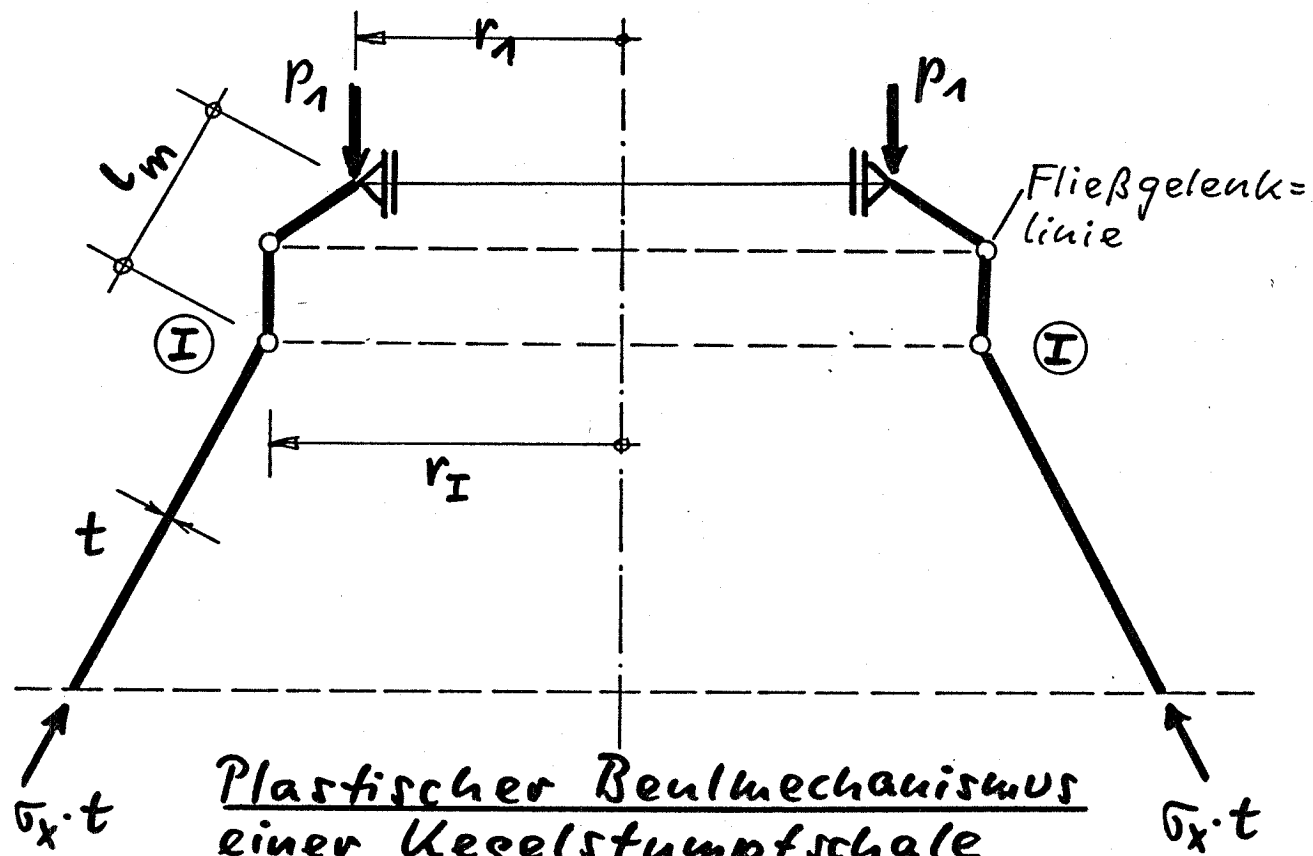


- ① Mushtari/Sachenkov
- ② Seide
- ③ Schnell
- Modellschale des Versuchs

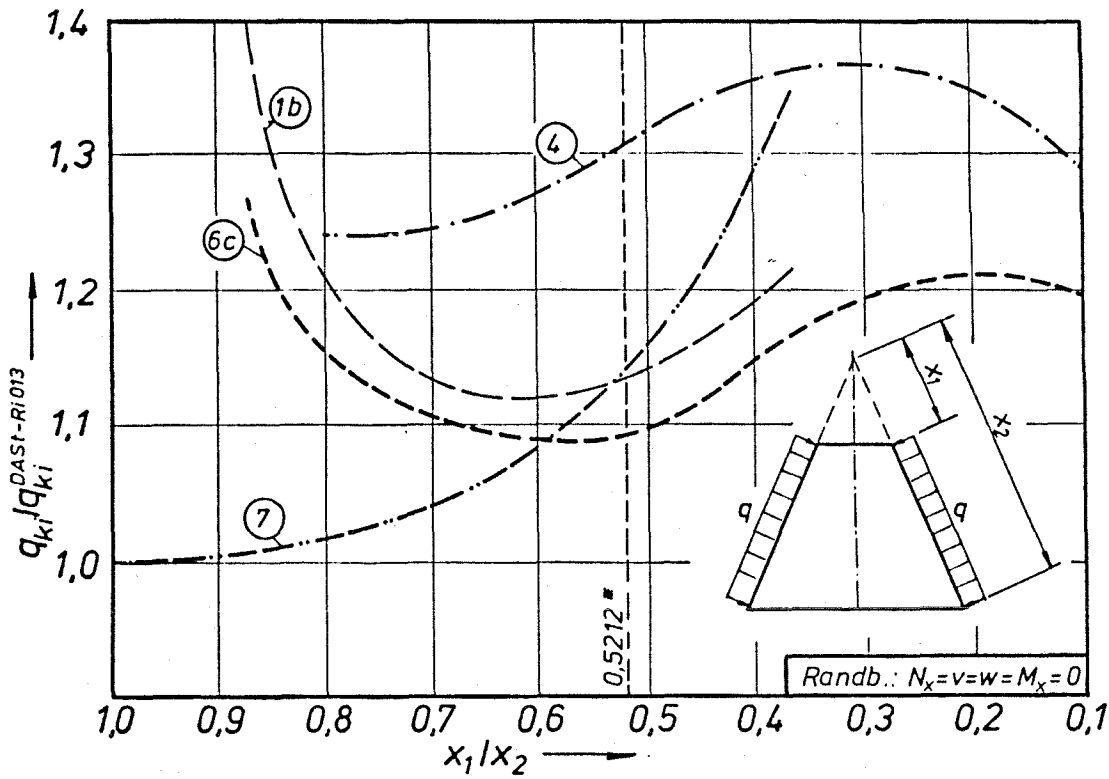
Ideale Beulspannungen - Kegelschale unter Axialdruck



Bezogene Last-Verkürzung-Kurven KSX 1-4

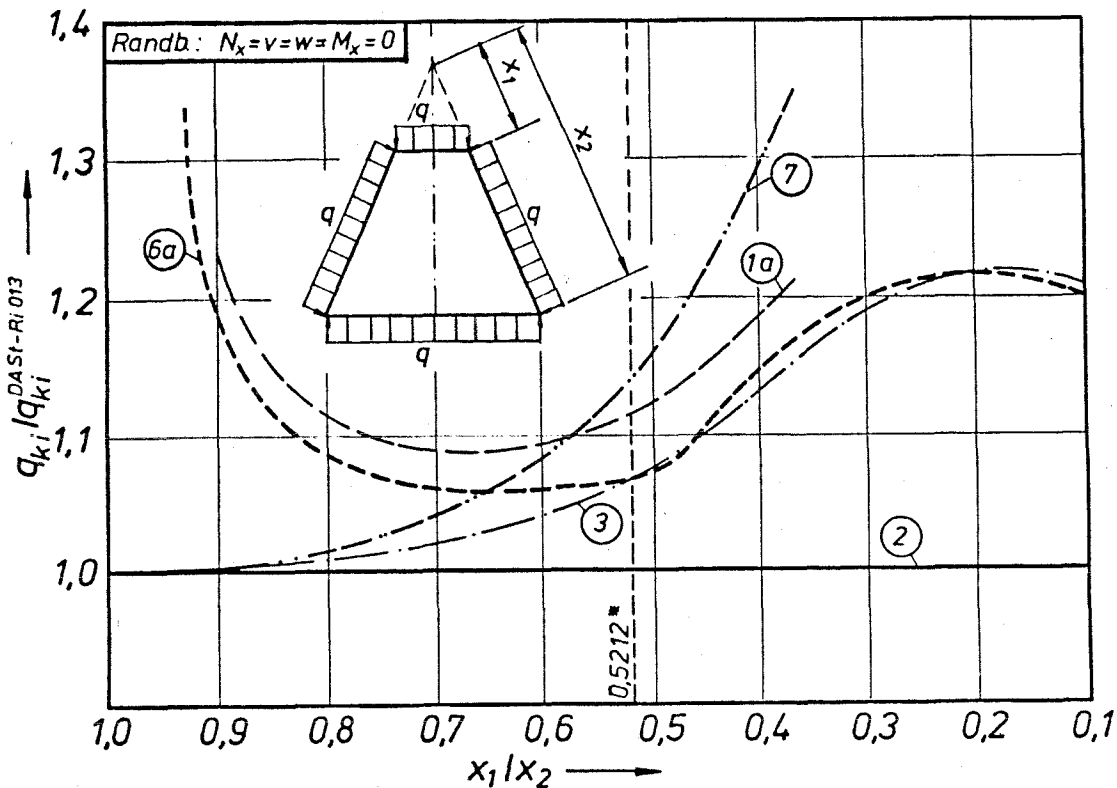


Plastischer Beulmechanismus einer Kegelstumpfschale unter Axialdruck



- ①b Mushtari / Sachenkov
- ④ Wolmir
- ⑥c Koller
- ⑦ Glg. (71), Abs. 2.10
- Modellschale des Versuchs

Idealer Mantelbeudruck einer Kegelstumpfschale



- ①a Mushtari / Sachenkov
- ② Seide
- ③ Baruch / Harari / Singer
- ⑥a Koller
- ⑦ Glg. (71), Abs. 2.10.
- Modellschale des Versuchs

Idealer Hydrostatischer Außenbeudruck einer Kegelstumpfschale

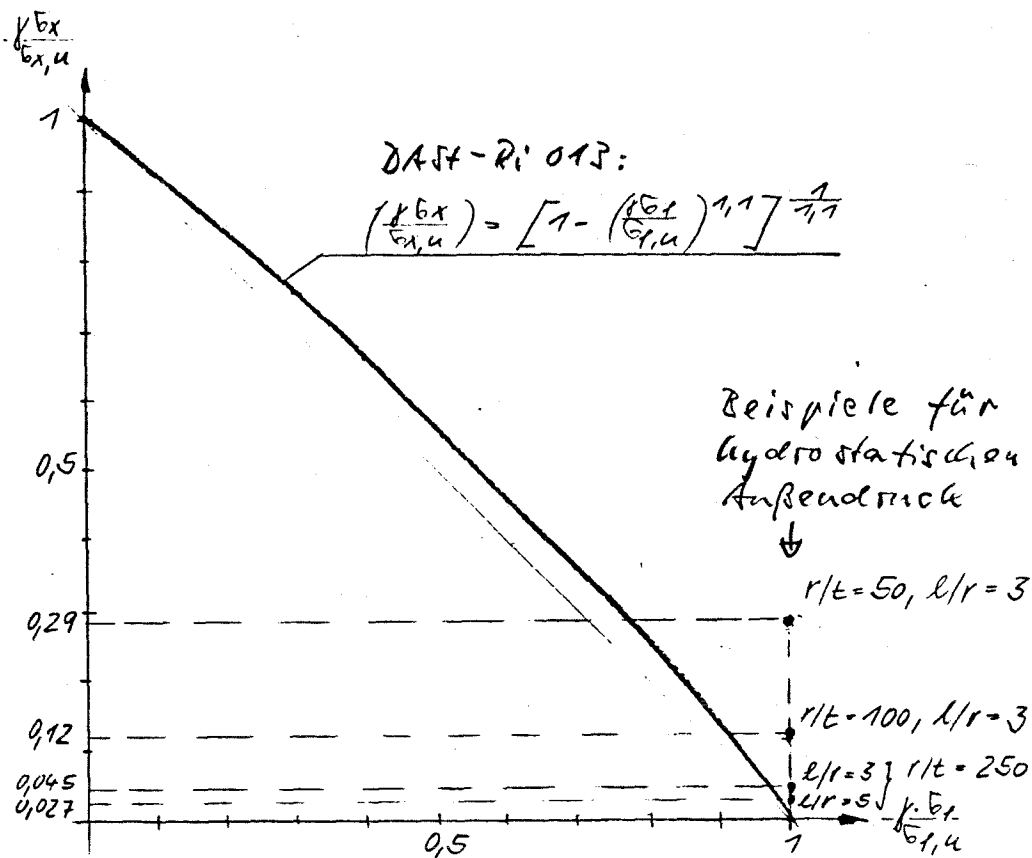
Interaktionsbeziehung nach DAST-Ri 013Lastfall: Hydrostatischer Außendruck

$$\gamma \cdot \sigma_f = \sigma_{f,u} = q_u \cdot \frac{r}{t}$$

$$\gamma \cdot \sigma_x = \frac{1}{2} \cdot q_u \cdot \frac{r}{t}$$

Zst-Zustand für Interaktion  $\sigma_f - \sigma_x$ :

$$\left( \frac{\gamma \cdot \sigma_x}{\sigma_{x,u}} \right)^{1,1} + \left( \frac{\gamma \cdot \sigma_f}{\sigma_{f,u}} \right)^{1,1} \leq 1$$

Interaktion wird für hydr. Außendruck nicht erfüllt:Vorschlag für die Interaktionsformel in DIN 18860/4

$$\left[ \gamma \left( \sigma_x - \frac{1}{2} \sigma_f \right) \right] \frac{1,1}{\sigma_{x,u}} + \left( \frac{\gamma \cdot \sigma_f}{\sigma_{f,u}} \right)^{1,1} \leq 1,1$$

Gültigkeit für  $\frac{1}{2} \sigma_f \leq \sigma_x$

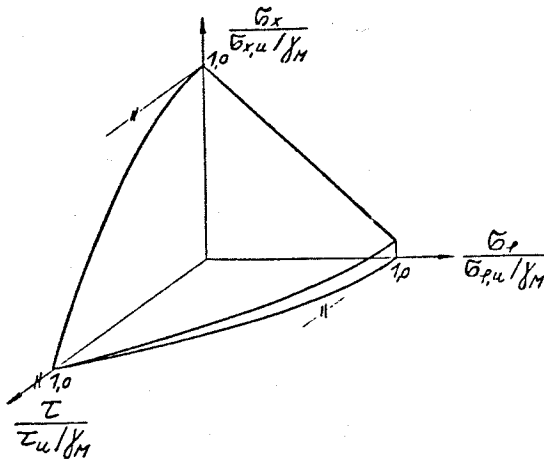


Bild E407. Interaktionsbedingung

Die Interaktionsbedingung (426) berücksichtigt, daß bei der Ermittlung von  $\sigma_{xu}$  die Axialdruckspannung aus dem Deckeldruck des allseitigen Außendrucks bereits enthalten ist.

Besondere Vorsicht ist z. B. geboten bei Lasten aus Schüttgütern, die zur Brückenbildung neigen.

Anmerkung: Formel (427) und (428) werden noch überprüft und gegebenenfalls modifiziert.

Bedingung (428) stellt sicher, daß die Axialdruckspannung und die Umfangszugspannung die Fließhypothese nach Treska nicht verletzen.

Anmerkung: Die Regel der DAST-Ri 013 muß noch einmal überprüft werden.

Biegebelastung

423 - ...

4.5 Kombinierte Beanspruchung

4.5.1 Druck in Axialrichtung, Druck in Umfangsrichtung und Schub

424 - Bei Zusammenwirken einer Axialdruckspannung  $\sigma_x$ , einer Umfangsdruckspannung  $\sigma_\phi$  und einer Schubspannung  $\tau$  ist außer den Einzelnachweisen nach Element 205 ein Nachweis nach folgender Interaktionsbedingung zu führen.

$$\frac{\sigma_x}{\sigma_{xu}/\gamma_M} - 0,5 \frac{\sigma_\phi}{\sigma_{\phi u}/\gamma_M} + \left(\frac{\tau}{\tau_u/\gamma_M}\right)^2 < 1 \quad (426 a)$$

wenn  $\sigma_x > 0,5 \sigma_\phi$

$$\frac{\sigma_\phi}{\sigma_{\phi u}/\gamma_M} + \left(\frac{\tau}{\tau_u/\gamma_M}\right)^2 < 1 \quad (426 b)$$

wenn  $\sigma_x < 0,5 \sigma_\phi$

4.5.2 Druck in Axialrichtung mit Zug in Umfangsrichtung aus Innendruck

Voraussetzung

425 - Die beullasterhöhende Wirkung eines Innendrucks  $q_i = -q$  darf nur dann in Rechnung gestellt werden, wenn die entlastende Wirkung mit Sicherheit vorhanden ist.

Mittellange Kreiszyylinder

426 - Für mittellange Kreiszyinderschalen nach Bedingung 409 darf der beullasterhöhende Einfluß des Innendrucks  $q_i$  durch Erhöhung des Abminderungsfaktors  $\kappa_{S,b}$  nach Gleichung (427) berücksichtigt werden, sofern Bedingung (428) erfüllt ist.

$$\text{erh } \kappa_{S,b} = \kappa_{S,b} \left[ 1 + 1,4 \bar{\lambda}_S \left( \frac{q_i}{E} \left( \frac{r}{t} \right)^2 \right)^{\frac{1}{3}} \right] \quad (427)$$

$$\text{erh } \bar{\lambda}_{S,b} < 1 - \frac{q_i}{E} \left( \frac{r}{t} \right)^2 \cdot \frac{1}{0,605 \cdot \bar{\lambda}_S^2} \quad (428)$$

Eine infolge des Innendrucks entlastende Deckellast darf in die Axiallast  $p$  einbezogen werden.

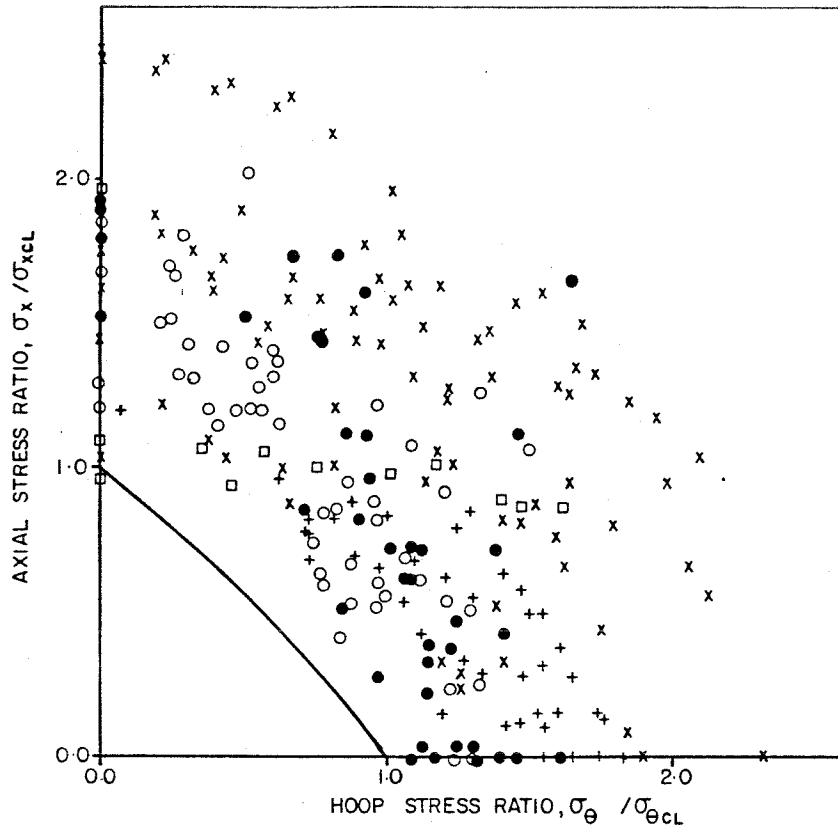
Kurze Kreiszyylinder

427 - Bei kurzen Kreiszyinderschalen nach Bedingung (411) darf keine Erhöhung des Abminderungsfaktors  $\kappa_{S,b}$  in Rechnung gestellt werden, jedoch darf eine infolge des Innendrucks entlastende Deckellast in die Axiallast  $p$  einbezogen werden.

Lange Kreiszyylinder

428 - Für lange Kreiszyylinder darf überhaupt keine beullasterhöhende Wirkung des Innendrucks in Rechnung gestellt werden.

FORTSETZUNG FOLGT !



c) DASI GUIDELINES

Figure II.6.1(c) Comparisons between test results and code recommendations for unstiffened cylinders subjected to combined axial compression and external lateral pressure.

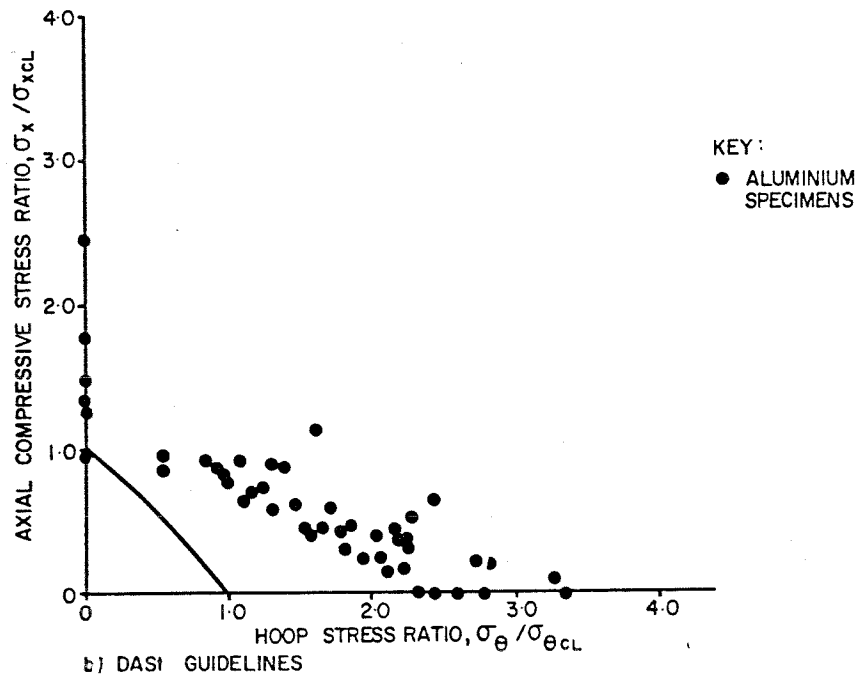
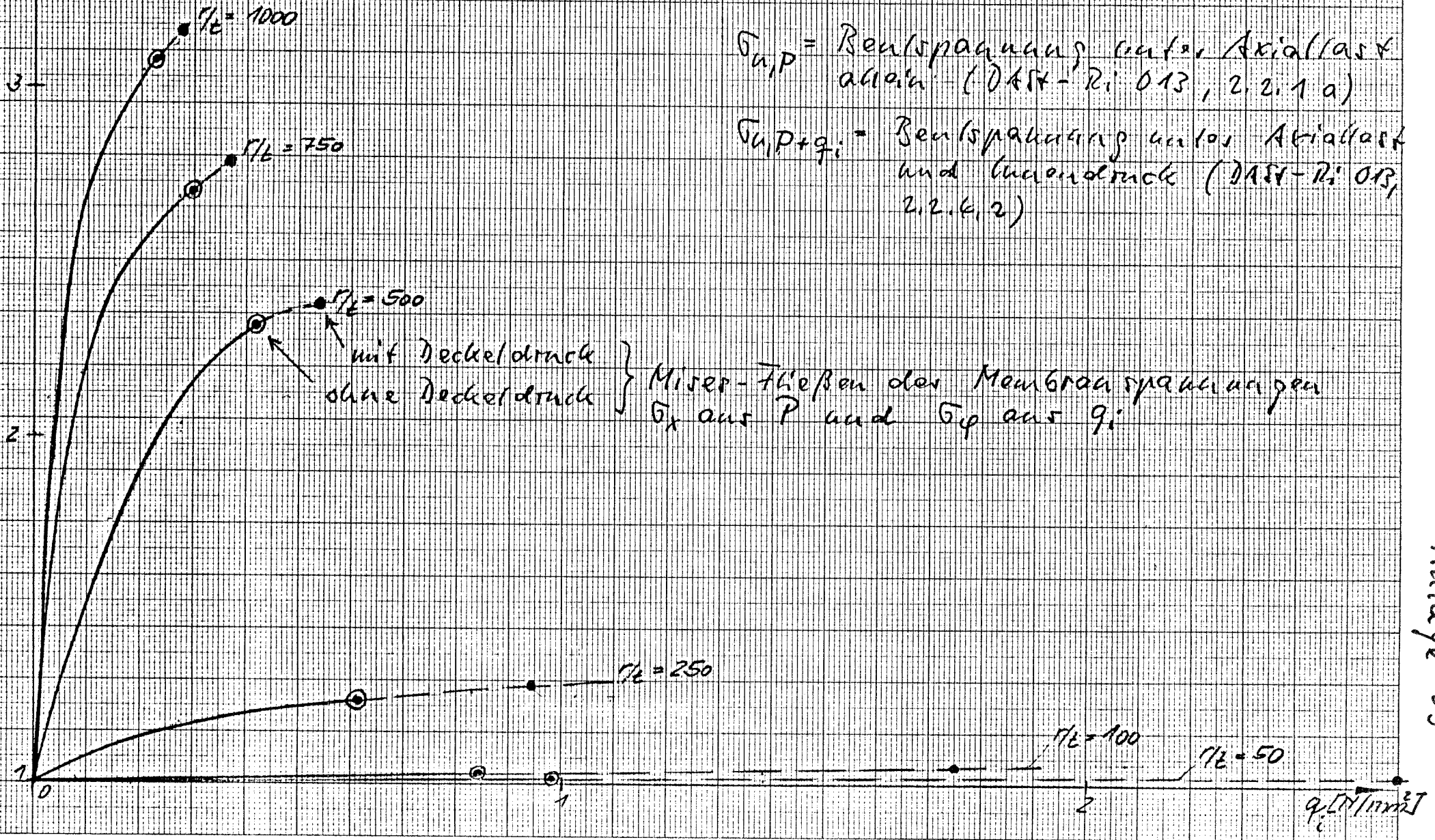


Figure V.3.11 Buckling of unstiffened conical shells subjected to combined axial compression-external lateral pressure. Comparisons between test results and code recommendations.

Ans: Ellinas et al.: Buckling of Offshore Structures

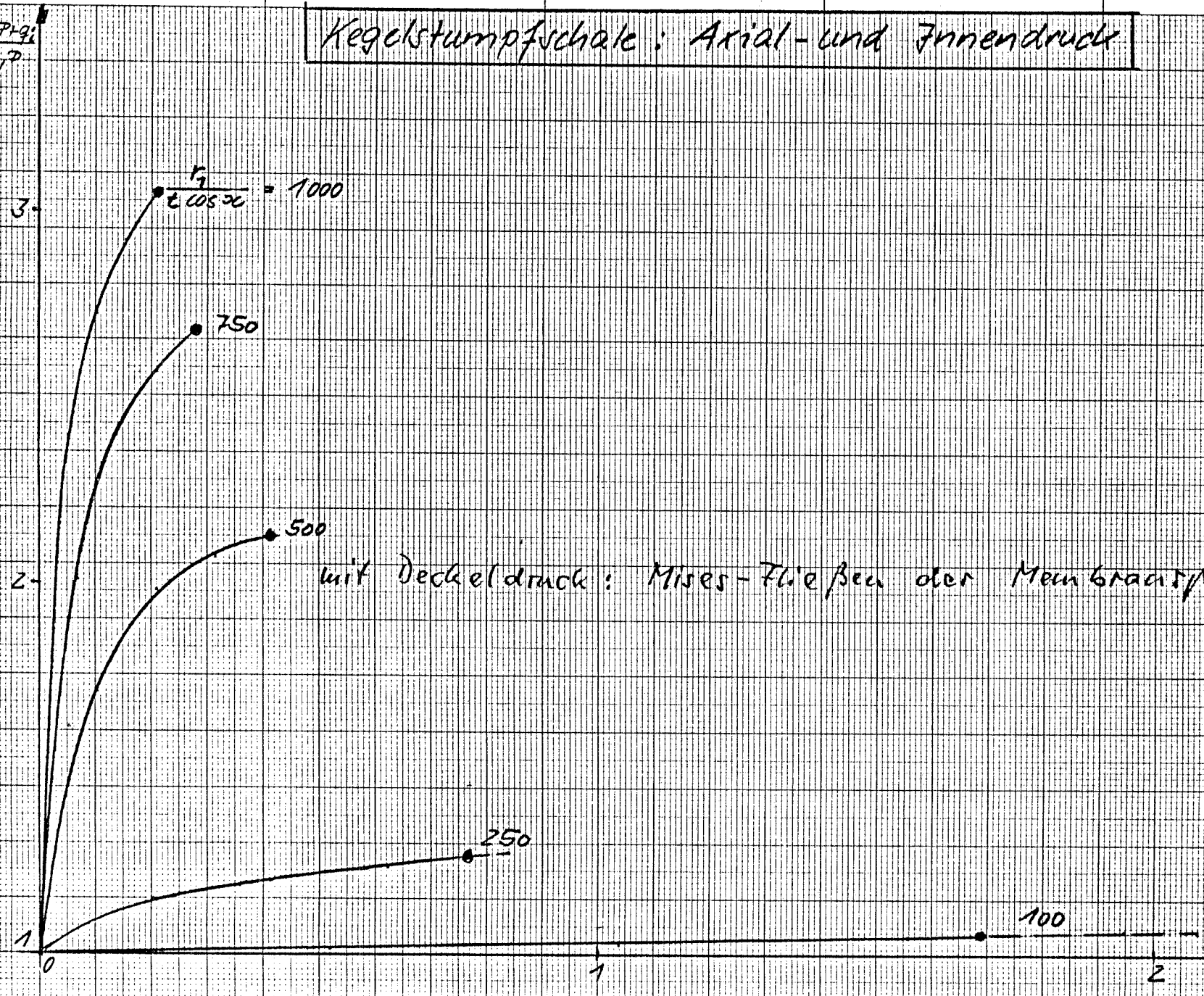
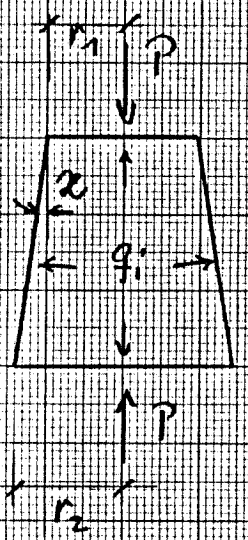


Kreiszyklinderschale : Axial- und Innendruck



**Kegelstumpfschale: Axial- und Innendruck**

$r_1/r_2 = 0,75$



Anlage 26

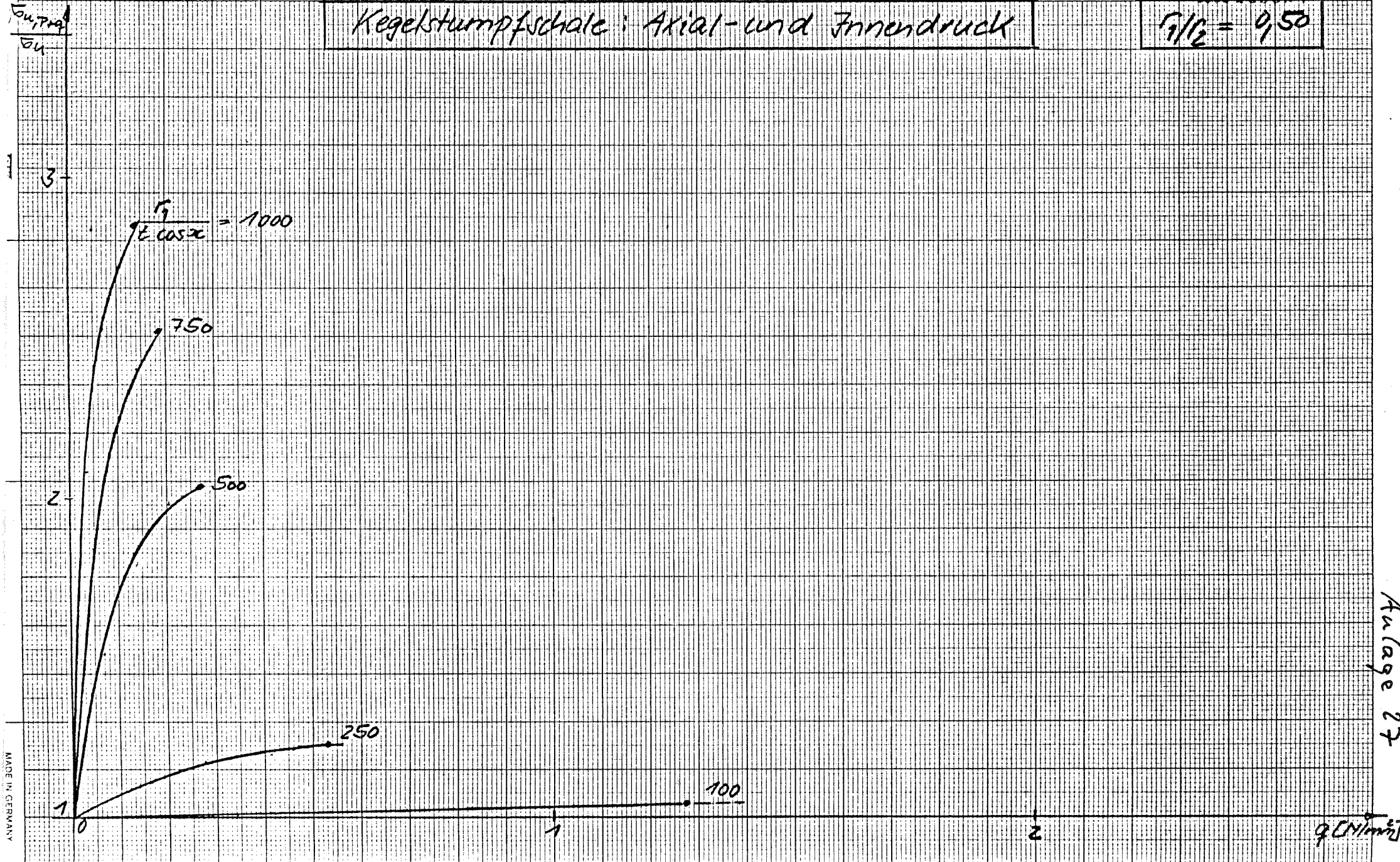
9.11/1997

A 4 210 x 297 mm

MADE IN GERMANY

Kegelstumpfschale: Axial- und Innendruck

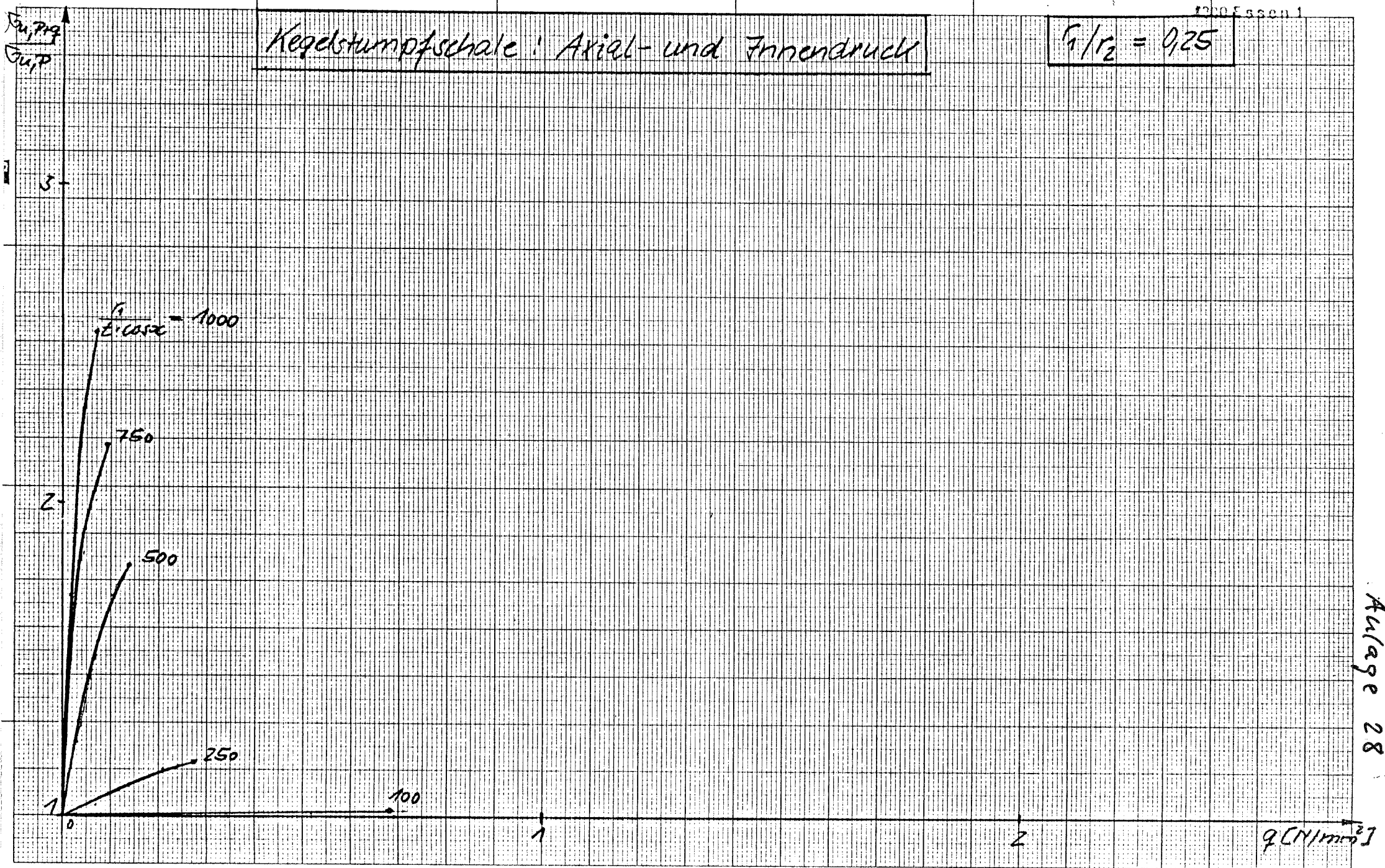
$r_1/r_2 = 0,50$



Auflage 27

Kegelstumpfschale: Axial- und Innendruck

$r_1/r_2 = 0,25$



Aufgabe 28

$\Delta \bar{\epsilon}_{xu}$

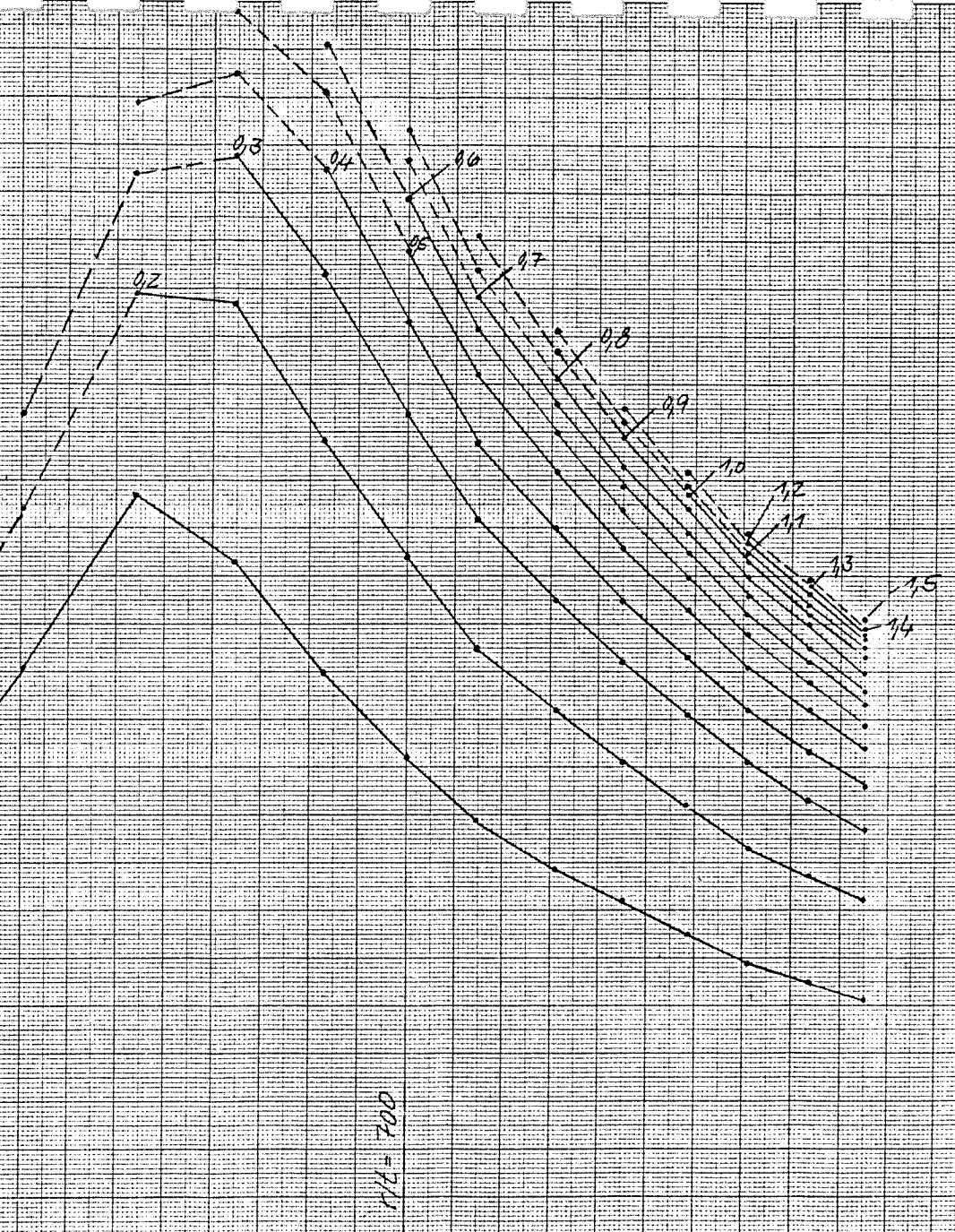
Kreiszylinderschale unter  
Axial- und Innendruck

Kurvenparameter:  $q_i \left(\frac{r}{e}\right)^2$

mit  $\Delta \alpha$  nach DAST-Prüfung

Darstellung von  $\bar{\lambda}$  nach DIN 18800 Teil 4

0,2  
0,15  
0,1  
0,05



$q_i = 700$

0 0,1 0,2 0,3 0,4 0,5 0,6 0,7 0,8 0,9 1,0 1,1 1,2 1,3 1,4 1,5 1,6 1,7

$\lambda - \frac{\Delta \bar{\epsilon}_{xu}}{\Delta \epsilon_{xi}}$

$\frac{\Delta \sigma_{x,u}}{\bar{\sigma}_{x,u}}$   
2,5

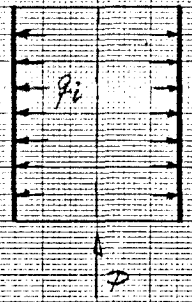
**Kreiszylinderschale unter Axial- und Innendruck**

Kurvenparameter:  $\frac{q_i}{E} \left(\frac{r}{E}\right)^2$

mit  $\alpha$  nach DAST-Ri 013

Darstellung von  $\lambda$  nach DIN 18800 Teil 4

$\Delta \bar{\sigma}_{x,u} = \bar{\sigma}_{x,u}^p - \bar{\sigma}_{x,u}^i = \bar{\sigma}_{x,u}^p$



$\alpha_{S,6}^{erh.} = \alpha_{S,6} \left( 1 + 1,4 \lambda \left[ \frac{q_i}{E} \left(\frac{r}{E}\right)^2 \right]^{0,33} \right)$

$\alpha_{S,6}^{erh.} \leq 1 - \frac{q_i}{E} \left(\frac{r}{E}\right)^2 \cdot \frac{1}{0,605 \lambda^2}$

Fließbedingung  
vor-  
zeit

2,0  
1,5  
1,0  
0,5  
0

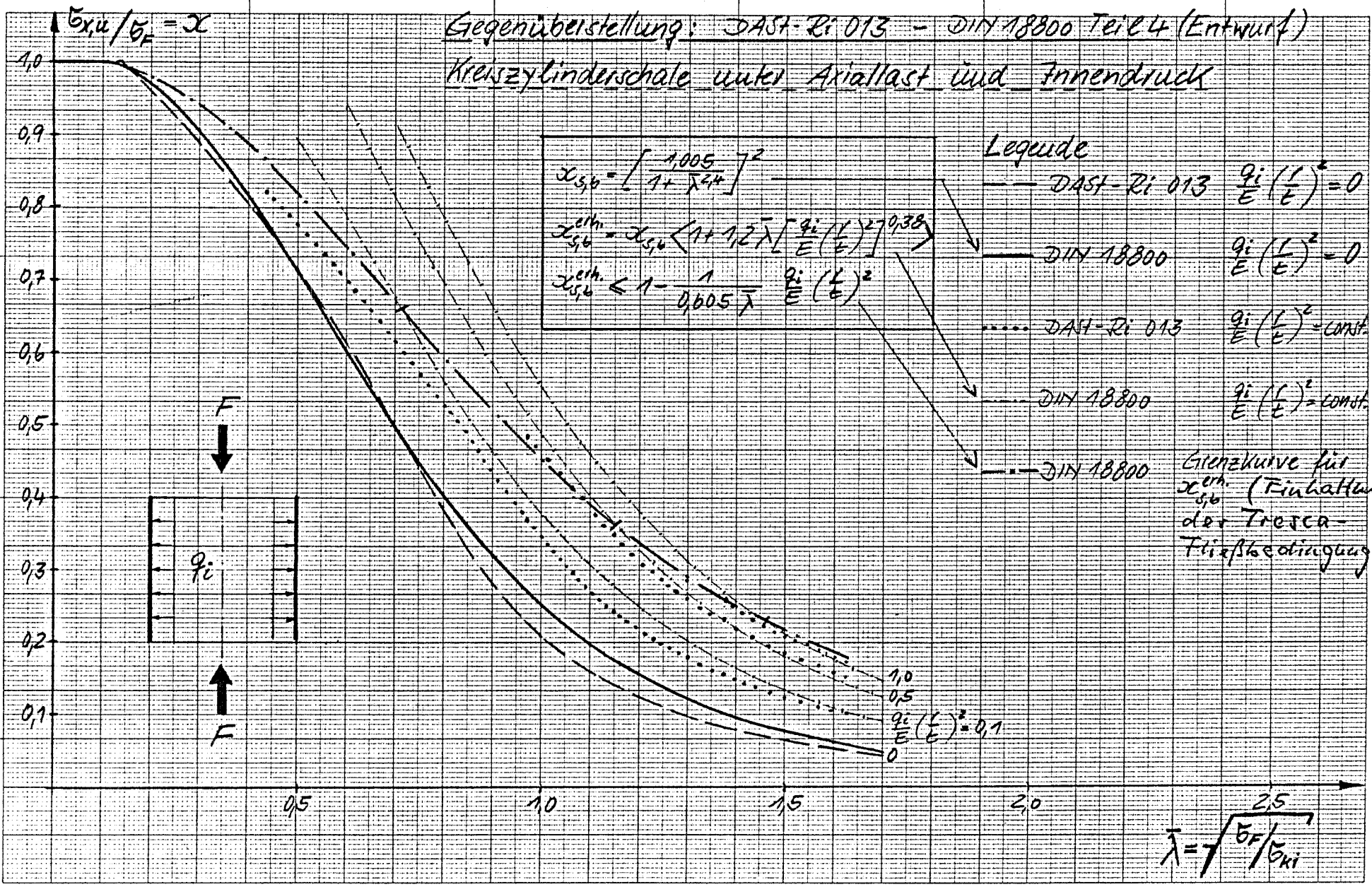
0,1 0,2 0,3 0,4 0,5 0,6 0,7 0,8 0,9 1,0 1,1 1,2 1,3 1,4 1,5 1,6 1,7

$\lambda = \sqrt{\frac{\sigma_{p,0,2}}{E}}$

$r/E = 700$

0,001  
0,01  
0,05  
0,1  
0,2  
0,3  
0,4  
0,5  
0,6  
0,7  
0,8  
0,9  
1,0  
1,1  
1,2  
1,3

Gegenüberstellung: DAST-Ri 013 - DIN 18800 Teil 4 (Entwurf)  
Kreiszylinderschale unter Axiallast und Innendruck



$$\alpha_{s,u} = \left[ \frac{1,005}{1 + \lambda^{2,4}} \right]^2$$

$$\alpha_{s,u}^{rech} = \alpha_{s,u} \left( 1 + 1,2 \lambda \left[ \frac{q_i \left( \frac{L}{E} \right)^2}{E} \right]^{0,38} \right)$$

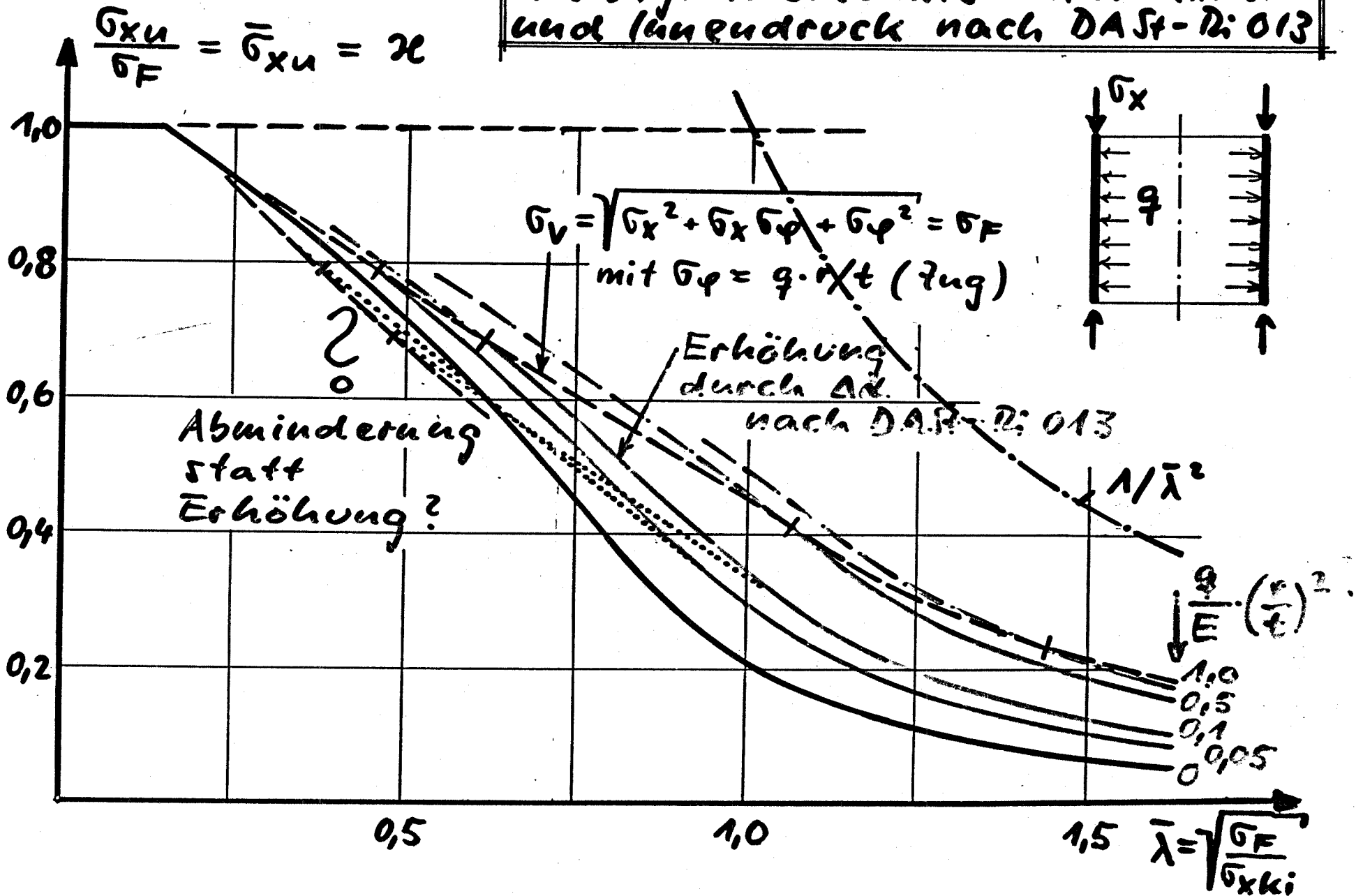
$$\alpha_{s,u}^{rech} \leq 1 - \frac{1}{0,605 \lambda} \frac{q_i \left( \frac{L}{E} \right)^2}{E}$$

- Legende
- DAST-Ri 013  $\frac{q_i \left( \frac{L}{E} \right)^2}{E} = 0$
  - DIN 18800  $\frac{q_i \left( \frac{L}{E} \right)^2}{E} = 0$
  - ..... DAST-Ri 013  $\frac{q_i \left( \frac{L}{E} \right)^2}{E} = const.$
  - ..... DIN 18800  $\frac{q_i \left( \frac{L}{E} \right)^2}{E} = const.$
  - DIN 18800 Grenzkurve für  $\alpha_{s,u}^{rech}$  (Einhaltung der Tresca-Tielfeldbedingung)

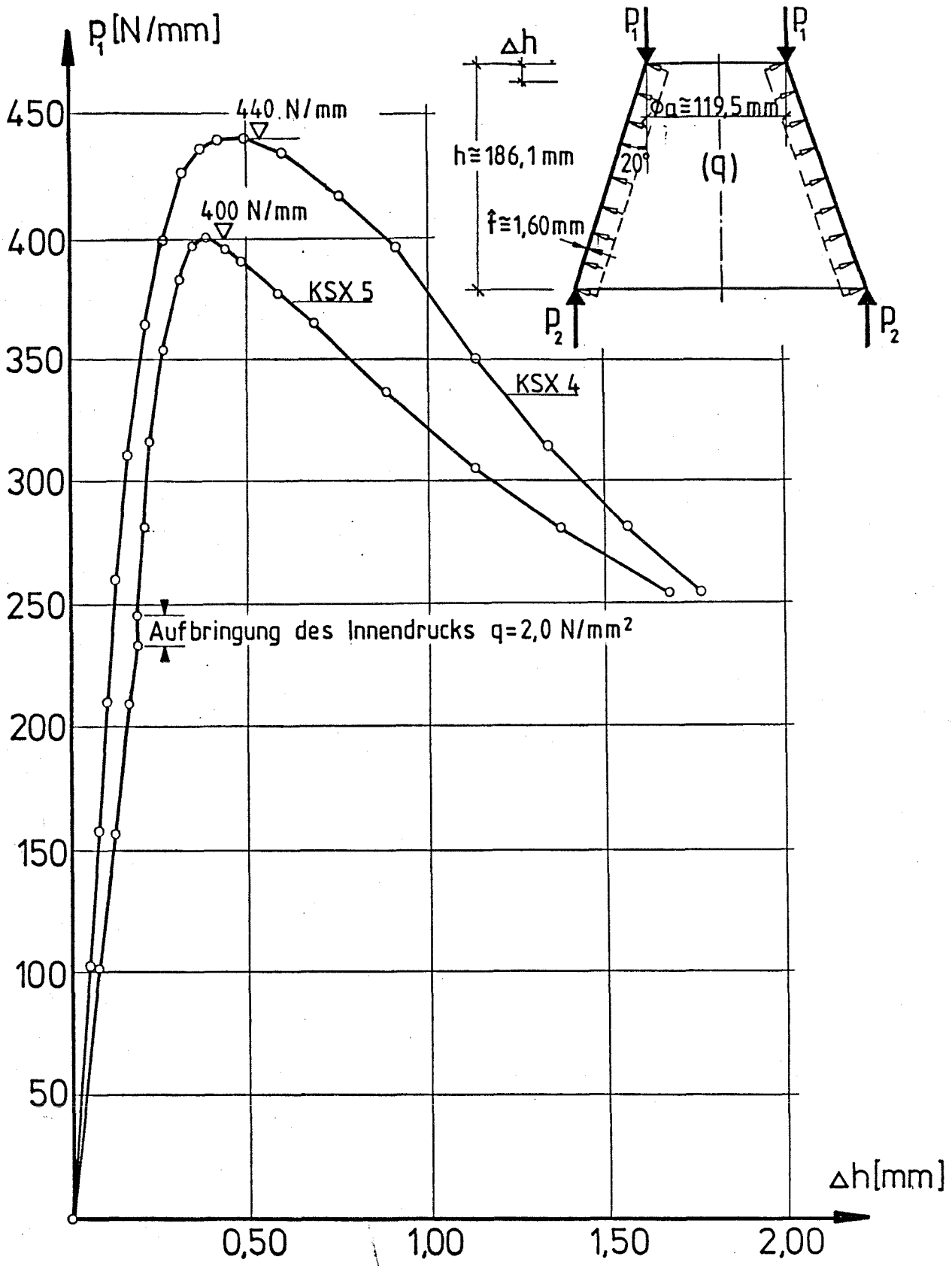
1,0  
0,5  
0,1  
 $\frac{q_i \left( \frac{L}{E} \right)^2}{E} = 0,1$   
0

$$\lambda = \sqrt{\frac{\sigma_F}{\sigma_{kl}}}$$

Kreiszylinderschale unter Axial- und Innendruck nach DAF-2: 013







Randlast - Verkürzung - Kurve KSX 4 u. 5

$$\sigma_{cr,p} = \text{minimum of } \frac{A_{33} + \frac{A_{12}A_{23} - A_{13}A_{22}}{A_{11}A_{22} - A_{12}^2} A_{13} + \frac{A_{12}A_{13} - A_{11}A_{23}}{A_{11}A_{22} - A_{12}^2} A_{23}}{\left(\frac{m\pi}{L}\right)^2 t_0} \quad (7.1)$$

$$\begin{aligned} A_{11} &= E_v \left(\frac{m\pi}{L}\right)^2 + G_{\psi 0} \left(\frac{\pi}{R}\right)^2 ; & A_{22} &= E_b \left(\frac{\pi}{R}\right)^2 + G_{z0} \left(\frac{m\pi}{L}\right)^2 \\ A_{33} &= D_v \left(\frac{m\pi}{L}\right)^4 + D_{\psi 0} \left(\frac{m\pi}{L}\right)^2 \left(\frac{\pi}{R}\right)^2 + D_b \left(\frac{\pi}{R}\right)^4 + \frac{E_0}{R^2} \\ A_{12} &= (E_{\psi 0} + G_{\psi 0}) \left(\frac{m\pi}{L}\right) \left(\frac{\pi}{R}\right) ; & A_{23} &= \frac{E_0}{R} \left(\frac{\pi}{R}\right) ; & A_{13} &= \frac{E_{\psi 0}}{R} \left(\frac{m\pi}{L}\right) + G_{\psi} \left(\frac{m\pi}{L}\right)^3 \\ E_{\psi} &= \frac{Et}{1-\nu^2} \left(\frac{b_e}{b}\right) + \frac{EA_b}{b} ; & E_{\psi 0} &= \frac{\nu Et}{1-\nu^2} ; & E_0 &= \frac{Et}{1-\nu^2} \\ G_{z0} &= G_{\psi 0} = \frac{Gt}{2} \left(\frac{b_e}{b} + 1\right) \\ D_v &= \frac{Et^3}{12(1-\nu^2)} \cdot \frac{b_e}{b} + \frac{EI_b}{b} + \frac{EA_b a^2}{b} ; & D_b &= \frac{Et^3}{12(1-\nu^2)} \\ D_{\psi 0} &= \frac{\nu Et^3}{6(1-\nu^2)} + \frac{Gt^3}{6} \left(1 + \frac{b_e}{b}\right) + \frac{GC_b}{b} ; & C_{\psi} &= \frac{EA_b a^2}{b} \end{aligned} \quad (7.2)$$

$$19 \cdot t \left(\frac{E}{6F}\right)^{\frac{1}{2}} \leq b_e = b \left(\frac{d_{cl} \cdot b_{cr,e}}{6\sigma_{cr,p}}\right)^{\frac{1}{2}} \leq b \quad (7.3)$$

$$d_{cl} \cdot b_{cr,e} = \max \left\{ \begin{aligned} &20 \cdot 0,605 E \cdot t / R \\ &0,83 \cdot 3,6 \cdot E (t/R)^2 \end{aligned} \right. \quad (7.4)$$

$$d_{sp} \cdot b_{cr,p} \leq 0,5 \cdot b_F \quad (7.5)$$

ja

$$\bar{b}_u = \frac{3}{4} \cdot d_{sp} \cdot b_{cr,p} \quad (7.6)$$

nein

$$\bar{b}_u = \left[ 1 - 0,4123 \left(\frac{b_F}{d_{sp} \cdot b_{cr,p}}\right)^{0,6} \right] b_F \quad (7.7)$$

Abminderungsfaktoren:

$$R/t < 212 : d_0 = \frac{0,83}{\sqrt{1 + 0,01 \cdot R/t}} \quad (7.8)$$

$$R/t > 212 : d_0 = \frac{0,70}{\sqrt{0,1 + 0,01 R/t}} \quad (7.9)$$

$$d_{sp} = 0,65 \text{ f\u00fcr } \frac{A_s}{b \cdot t} > 0,2 ; \quad (7.10)$$

$$d_{sp} = d_0 \text{ f\u00fcr } \frac{A_s}{b \cdot t} < 0,2$$

und  $R/t < 60$

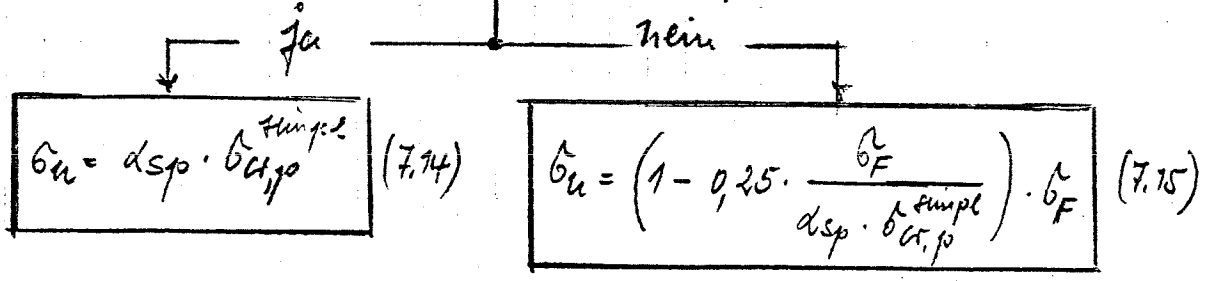
$$\sigma_{cr,p}^{simpl} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_{ef}}{(b t + A_s) \cdot L^2} + \sigma_0 \cdot \psi \cdot 0,605 \cdot E \cdot \frac{t}{R} \quad (7.11)$$

$\frac{R}{t} < 212 : L_0 = \frac{0,83}{\sqrt{1 + 0,01 \cdot R/t_s}} ; \quad (7.12)$   
 $\frac{R}{t} > 212 : L_0 = \frac{0,70}{\sqrt{0,1 + 0,01 \cdot R/t_s}} ; \quad t_s = t + \frac{A_s}{b \cdot t}$

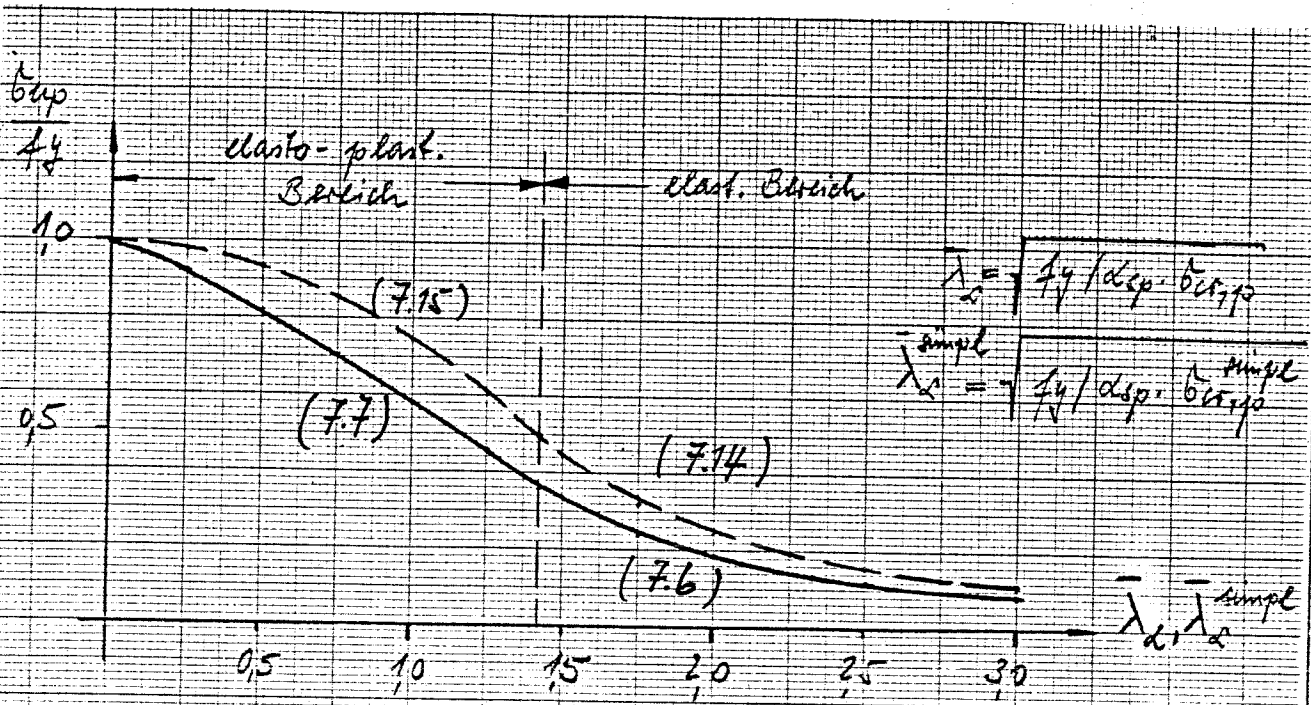
$I_{ef}$ : Trägheitsmoment der Kombination Steife /  
 Schalenhaut -  $b_0 = 1,9 \cdot \sqrt{E / \sigma_F} \leq b$  - bezogen  
 auf den gemeinsamen Schwerpunkt.

Steifenlage	innen	außen
$\psi$	$\frac{1}{1 + \frac{A_s}{b \cdot t}}$	1

$$d_{sp} \cdot \sigma_{cr,p}^{simpl} \leq 0,5 \cdot \sigma_F \quad (7.13)$$



Ablaufschema ECCS-Recommendations für längsversteifte KWS unter Axialdruck ("vereinfachter Nachweis")



Bezugsne Buckkurve - ECCS Recommendations

$$R/t \geq 600 : d_L = 0,207 \quad (7.16)$$

$$R/t < 600 : d_L = \min \begin{cases} 1,52 - 0,473 \log(R/t) \\ 10 \cdot 10^{-5} \cdot 6y - 0,033 \end{cases}$$

$$\frac{A_s}{b \cdot t} \geq 0,20 : d_G = 0,72 \quad (7.17)$$

$$0,06 \leq \frac{A_s}{b \cdot t} < 0,20 : d_G = (3,6 - 5 \cdot d_L) \cdot \frac{A_s}{b \cdot t} + d_L$$

$$b_e = b \quad \text{für } b \leq 1,288 t \cdot Q$$

$$b_e = 19 \cdot t \cdot Q \left( 1 - \frac{0,415 \cdot t \cdot Q}{b} \right) \quad \text{für } b > 1,288 t \cdot Q \quad (7.18)$$

$$\text{mit } Q = \sqrt{\frac{E}{G_{ki} \cdot d_G}} \geq \sqrt{\frac{E}{G_F}}$$

$b_{ki}$  nach Gleichung (7.1) [mit  $b_e$  nach (7.18)]

$$b_u = \max b_x \cdot FS = d_G \cdot \eta \cdot b_{ki} \quad (7.19)$$

$$\frac{b_x \cdot FS}{G_F} \leq 0,550 : \eta = 1,0 \quad (7.20)$$

$$0,550 < \frac{b_x \cdot FS}{G_F} \leq 0,738 : \eta = \frac{0,18}{1 - 0,45 G_F / b_x \cdot FS}$$

$$0,738 < \frac{b_x \cdot FS}{G_F} \leq 1,0 : \eta = 1,31 - 1,15 \frac{b_x \cdot FS}{G_F}$$

Abwärtsschema ASME-Code für längsverteigte KFS  
unter Axialdruck

Plate induced failure

Stiffener induced failure

wirksame Breite:

$$b_e/b = \frac{18}{\beta} - \frac{0,8}{\beta^2} \quad (7.22)$$

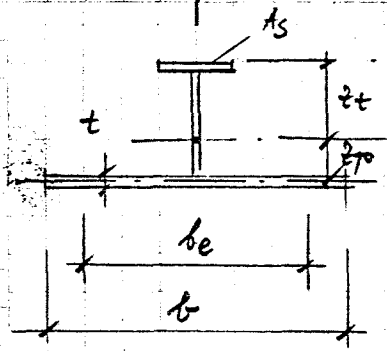
$$\beta = \frac{b}{t} \cdot \sqrt{\frac{6F'}{E}}$$

$$b_e/b = 1,1 - 0,1 \cdot \beta \leq 1 \quad (7.23)$$

Imperfektionsparameter:

$$\eta = \frac{\omega}{r^2} \cdot z_p$$

$$f_k = \sigma_F$$



$$\eta = 0,0015 \cdot L \cdot \frac{z_t}{r^2}$$

$$f_k = 0,95 \sigma_F$$

$$\omega = 0,0015L + z_p \left( \frac{A_t}{A_{te}} - 1 \right)$$

ideale Biegemomentspannung:

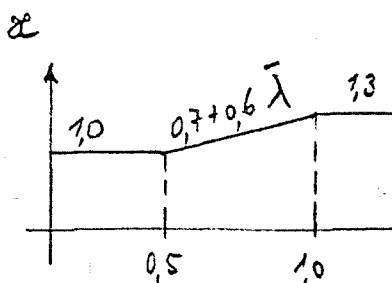
$$\sigma_{ki} = \pi^2 \cdot \frac{E \cdot J}{A_t \cdot L^2} ; \quad r = \sqrt{\frac{J}{A_t}} \quad (7.26)$$

rechnerische Tragspannung:

$$\frac{\sigma_m}{f_k} = \frac{\psi}{\gamma_m} \cdot \frac{A_{te}}{A_t} \cdot \frac{(1 + \delta + \eta) - \sqrt{(1 + \delta + \eta)^2 - 4\delta}}{2\delta} \quad (7.27)$$

$A_t$  : geometrische Querschnittsfläche

$A_{te}$  : wirksame Querschnittsfläche



$$\delta = f_k / \sigma_{ki}$$

$$\psi = 1,0 \text{ bzw. } 0,9$$

$$\gamma_m = 1,15$$

Ablaufschema Dnk-Regel

für längs verstreifte KES unter Axialdrücke

LITERATUR ZUR SCHALENSTABILITÄT

- /1/ Abramovich, H., Singer, J., Grunwald, A.  
Nondestructive determination of interaction curves for  
buckling of stiffened shells.  
TAE-Rep. 341 (1980)
- /2/ Abramovich, H., Singer, J., Yaffe, R.  
Imperfection characteristics of stiffened shells - group 1.  
TAE-Rep. 406 (1980)
- /3/ Abramovich, H., Yaffe, R., Singer, J.  
Evaluation of stiffened shell characteristics from  
imperfection measurements.  
23. Israel annual conf. on aviation and astronautics (1981),  
Selected papers, S.114-122
- /4/ Agelidis, N.  
Collapse of stringer stiffened cylinders.  
Ph. D. thesis, Imperial College, Univ. London (1984)
- /5/ Agelidis, N., Dowling P.J.  
The strength of stringer stiffened cylinders.  
In: Stability of metal structures,  
Int. Colloq., Final. Rep., Paris (1983), S.169-178
- /6/ Alexander, J.M.  
An approximate analysis of the collapse of thin cylindrical  
shells under axial loading.  
Quart. Jour. Mech. & Appl. Math. XIII (1960), T.1, S.10-15
- /7/ Almannai, A., Basar, Y., Mungan, I.  
Beuluntersuchungen an Rotationsschalen - Theorie und  
Versuch.  
Bauingenieur 54 (1979), S.205-211
- /8/ Almroth, B.O.  
Buckling of orthotropic cylinders under axial compression.  
Tech. Rep. LMSC 6-90-63-65
- /9/ Almroth, B.O.  
Postbuckling behaviour of orthotropic cylinders under axial  
compression.  
AIAA Jour. 2 (1964), H.10, S.1795-1799
- /10/ Almroth, B.O.  
Influence of edge conditions on the stability of axially  
compressed cylindrical shells.  
AIAA Jour. 4 (1966), H.1, S.134-140

- /11/ Almroth, B.O.  
Influence of imperfections and edge restraint on the buckling of axially compressed cylinders.  
NASA CR-432 (1966)
- /12/ Almroth, B.O., Burns, A.B., Pittner, E.V.  
Design criteria for axially loaded cylindrical shells.  
Jour. Spacecraft & Rockets 7 (1970), H.6, S.714-720
- /13/ American Petroleum Institute (Hrsg.)  
API RP2A Recommended practice for planning, designing and constructing fixed offshore platforms.  
Dallas: API Thirteenth Edition 1982
- /14/ American Society of Mechanical Engineers (Hrsg.)  
Boiler and pressure vessels code - nuclear components, section III, code case N-284.  
New York : ASME 1980
- /15/ Anderson, J.K.  
Bending tests of two large-diameter corrugated cylinders with eccentric ring-stiffeners.  
NASA TN D-3702, (1966)
- /16/ Anderson, J.K., Peterson, J.K.  
Buckling tests of two integrally stiffened cylinders subjected to bending.  
NASA TN D-6271 (1971)
- /17/ Andronicou, A., Walker, A.C.  
A plastic collapse mechanism for cylinders under uniaxial end compression.  
Jour. Constr. Steel Res. 1 (1981), H.4, S.23-34
- /18/ Appel, H.  
Buckling modes of orthotropic circular cylinders under axial compression for various combination of stiffenes parameter.  
Deut. Luft- und Raumf., DLR FB 65-47 (1965)
- /19/ Appel, H., Geier, B.  
Axialsymmetrische Verformungen von exzentrisch versteiften orthotropen Kreiszyklinderschalen.  
Deut. Luft- und Raumf., DLR FB 67-82 (1967)
- /20/ Arbocz, J.  
On the problem of limit point calculations.  
GALCIT SM 75-7 (1975)



- /21/ Arbocz, J.  
Past, present and future of shell stability analysis.  
Zschrft. Flugwiss. Weltraumf. (1981), S.335-348
- /22/ Arbocz, J.  
The Imperfection Data Bank, a mean to obtain realistic buckling loads.  
In: Buckling of shells, (Edit.: Ramm, E.), S.535-567  
Berlin, Heidelberg, New York: Springer 1982
- /23/ Arbocz, J.  
Collapse load calculation of axially compressed imperfect stringer stiffened shells.  
25. Struct., Structural Dyn. & Mat. Conf.,  
Palm Springs (1984), S.130-139
- /24/ Arbocz, J., Babcock, C.D.jr.  
Prediction of buckling loads based on experimentally measured initial imperfections.  
In: Buckling of structures, S.291-311  
Berlin, Heidelberg, New York: Springer 1974
- /25/ Arbocz, J., Sechler, E.E.  
On the buckling of axially compressed ring and stringer stiffened imperfect cylindrical shells.  
California Inst. Tech., GALCIT - Rep. SM 73-10, (1973)
- /26/ Arbocz, J., Sechler, E.E.  
On the buckling of stiffened imperfected cylindrical shells.  
AIAA Jour. 14 (1976), H.11, S.1611-1617
- /27/ Arbocz, J., Williams, J.G.  
Imperfection surveys on a 10-ft-diameter shell structure.  
AIAA Jour. 15 (1977), H.7
- /28/ Bach, C. von  
Die auf der kaiserlichen Werft Danzig von 1877 bis 1892 ausgeführten Versuche über die Widerstandsfähigkeit von Flammrohren.  
VDI-Z 38 (1894), S.689-696
- /29/ Baker, E.H., Kovalevsky, L., Rish, F.L.  
Structural analysis of shells.  
New York: Mc Graw Hill Book Co. 1972
- /30/ Ballerstedt, W., Wagner, H.  
Versuche über die Festigkeit dünner unversteifter Zylinder unter Schub- und Längskräften.  
Luftf.-Forsch. 13 (1936), H.9, S.309-312

- /31/ Baltrukonis, J.H.  
Influence coefficients for edge-loaded short, thin conical frustums.  
Jour. Appl. Mech. 25 (1959), S.241-245
- /32/ Baruch, M.  
Equilibrium and stability equations for stiffened shells.  
Israel Jour. Techny. 2 (1964), H.1, S.117-124
- /33/ Baruch, M.  
Equilibrium and stability equations for discretely stiffened shells.  
Israel Jour. Techny. 3 (1965), S.138-146
- /34/ Baruch, M., Harari, O., Singer, J.  
Influence of in-plane boundary conditions on the stability of conical shells under hydrostatic pressure.  
Israel Jour. Techny. 5 (1967), No.1-2, S.12-24
- /35/ Baruch, M., Harari, O., Singer, J.  
Low buckling loads of axially compressed conical shells.  
Jour. Appl. Mech., Trans. ASME (1970), S.384-392
- /36/ Baruch, M., Singer, J.  
Effect of eccentricity of stiffeners on the general instability of stiffened cylindrical shells under hydrostatic pressure.  
Jour. Mech. Eng. Sci. 5 (1963), H.1, S.23-27
- /37/ Baruch, M., Singer, J.  
General instability of stiffened circular conical shells under hydrostatic pressure.  
Aeron. Quart. (1965), S.187-204
- /38/ Baruch, M., Singer, J., Weller, T.  
Effect of eccentricity of stiffeners on the general instability of stiffened cylindrical shells under torsion.  
TAE Rep. 43 (1965)
- /39/ Basar, Y.  
Eine Schalentheorie endlicher Verformungen und ihre Anwendung zur Herleitung der Stabilitätstheorie.  
ZAMM 52 (1972), S.197-211
- /40/ Basar, Y., Krätzig, W.B.  
Struktur konsistenter Grundgleichungen für das Beul- und Nachbeulverhalten allgemeiner Flächentragwerke.  
Stahlbau 46 (1977), H.5, S. 138-146

- /41/ Batdorf, S.B.  
A simplified method of elastic stability analysis for thin cylindrical shells.  
NACA TR 874 (1947), S.285-309
- /42/ Batdorf, S.B., Schildcrout, M., Stein, M.  
Critical stresses of thin-walled cylinders in axial compression.  
NACA TN 1343 (1947)
- /43/ Batista, R.C., Croll, J.G.A.  
A design approach for axially compressed unstiffened cylinders.  
In: Stability problems in engineering structures and components, (Edit.: Richards, T.H., Stanley, P.), S.377-399, London : Appl. Sci. Publ. 1979
- /44/ Batterman, S.C.  
Plastic buckling of axially compressed cylindrical shells.  
AIAA Jour. 3 (1965), H.2, S.316-325
- /45/ Batterman, S.C.  
Tangent modulus theory for cylindrical shells: buckling under increasing load.  
Int. Jour. Solids Struct. 3 (1967), S.501
- /46/ Becker, H.  
Handbook of structural stability.  
Part VI - Strength of stiffened curved plates and shells.  
NACA TN 3786 (1958)
- /47/ Becker, H.  
General instability of stiffened cylinders.  
NACA TN 4237 (1958)
- /48/ Becker, H., Gerard, G.  
Elastic stability of orthotropic shells.  
Jour. Aeros. Sci. (1962), H.5, S.505-520
- /49/ Becker, H., Gerard, G., Winter, R.  
Experiments on axial compressive general instability of monolithic ring-stiffened cylinders.  
AIAA Jour. 1 (1963), H.7, S.1614-1618
- /50/ Berkovits, A., Singer, J., Weller, T.  
Buckling of unstiffened conical shells under combined loading.  
Exp. Mech. (1967), S.458-467

- /51/ Bienzeno, C.B., Koch, J.J.  
The effective width of cylinders periodically stiffened by circular rings.  
Proc. Kon. NL Akademie van Wetenschappen 48 (1945)
- /52/ Bijlaard, P.P.  
Buckling of conical shells under external pressure.  
Cornell Uni. and Bell Aerosystems Co. (1959), S.441-450
- /53/ Bijlaard, P.P.  
Theory and tests on the plastic stability of plates and shells.  
Jour. Aeron. Sci., 16 (1949), S.529-541
- /54/ Bijlaard, P.P.  
Buckling under external pressure of cylindrical shells evenly stiffened by rings only.  
Jour. Aero. Sci. (1957), S.437  
Bell Aircraft Corporation Rep. 02-984-010, (1953)
- /55/ Blachut, J., Galletey, G.D.  
Externally-pressurised hemispheres and shallow torispheres.  
In: Stability of plate and shell structures, Proc. Int. Colloq., Ghent (1987), S.361-366  
(Edit.: Dubas, P., Vandepitte, D.)
- /56/ Block, D.L.  
Influence of ring stiffeners on instability of orthotropic cylinders in axial compression.  
NASA TN D-2482 (1964)
- /57/ Block, D.L.  
Buckling of eccentrically stiffened orthotropic cylinders under pure bending.  
NASA TN D-3351, (1966)
- /58/ Block, D.L.  
Influence of prebuckling deformations, ring-stiffeners and load eccentricity on the buckling of stiffened cylinders.  
8th Structures structural dynamics and material conference (AIAA/ASME), Palm Springs, USA (1967)
- /59/ Block, D.L.  
Influence of discrete ring-stiffeners and prebuckling deformation on the buckling of eccentrically stiffened orthotropic cylinders.  
NASA TN D-4283 (1968)
- /60/ Block, D.L.  
Minimum Weight design of axially compressed ring- and stringer-stiffened cylindrical shells.  
NASA CR-1766, (1971).

- /61/ Block, D.L., Card, M.F., Mikulas, M.M.jr.  
Buckling of eccentrically stiffened orthotropic cylinders.  
NASA TN D-2960 (1965)
- /62/ Bodner, S.R.  
The analysis of the general instability of ring reinforced  
circular cylindrical shells by orthotropic shell theory.  
PIBAL Rep. 291, (1955)
- /63/ Bodner, S.R., Providence, R.I.  
General instability of a ring-stiffened, circular  
cylindrical shell under hydrostatic pressure.  
Jour. Appl. Mech. 24 (1957), H.2, S.269-277
- /64/ Bodner, S.R., Shaw, F.S.  
On the investigation of the general instability of  
reinforced shells by energy method.  
PIBAL Rep. 238, (1954)
- /65/ Boer, R. de, Pausch, K.  
Zur Berechnung von Flächentragwerken im elastisch-in-  
elastischen Bereich.  
ZAMM 65 (1984), H4, T125-T127
- /66/ Booton, M., Tennyson, R.C.  
Buckling of imperfect anisotropic circular cylinders under  
combined loading.  
AIAA Jour. 17 (1979), H.3, S.278-287
- /67/ Bornscheuer, B.F.  
Einheitliches Bemessungskonzept für gedrückte Schalen,  
Platten und Stäbe aus Baustahl.  
Stuttgart: Inst. f. Tragkonstruktionen u. Konstr. Entw.  
d. Uni. Stuttgart, Forschungsbericht Nr.19, Diss. (1984)
- /68/ Bornscheuer, B.F., Bornscheuer, F.W.  
Zur alpha-freien Bemessung dünnwandiger Schalen.  
Stahlbau 54 (1985), S.112-115
- /69/ Bornscheuer, F.W.  
Beulsicherheitsnachweise für Schalen (DAST-Richtlinie 013).  
Bautechnik (1981), S.313-317
- /70/ Bornscheuer, F.W.  
Plastisches Beulen von Kreiszylinderschalen unter  
Axialbelastung.  
Stahlbau 50 (1981), H.9, S.257-262

- /71/ Bornscheuer, F.W.  
To the problem of buckling safety of shells in the plastic range.  
In: Buckling of shells, (Edit.: Ramm, E.), S.601-619  
Berlin, Heidelberg, New York: Springer 1982
- /72/ Bornscheuer, F.W.  
Flächige, gekrümmte Bauteile - Beulsicherheitsnachweise für isotrope Schalen.  
In: Stahlbau Handbuch Bd.1, (Hrsg.: Deutscher Stahlbau Verband), S.552-566  
Köln: Stahlbau-Verlags-GmbH (1982)
- /73/ Bornscheuer, F.W., Bornscheuer, B.F.  
Contribution to simplified handling of the shell buckling concept without alpha-coefficient.  
In: Stability of plate and shell structures, Proc. Int. Colloq., Ghent (1987), S.261-272  
(Edit.: Dubas, P., Vandepitte, D.)
- /74/ Boros, I.E.  
Effect of shape imperfections on the buckling of stiffened cylinders.  
UTIAS Rep. 200  
University of Toronto, Inst. Aeros. Studies (1975)
- /75/ Brendel, B.  
Zur geometrisch nichtlinearen Elastostabilität.  
Uni. Stuttgart, Diss. (1979)
- /76/ Brendel, B., Ramm, E.  
Nichtlineare Stabilitätsuntersuchungen mit der Methode der Finiten Elemente.  
Ing.-Arch. 51 (1982), S.337-362
- /77/ Bridget, F.J., Jerome, C.C., Vosseller, A.B.  
Some new experiments on buckling of thin-wall construction.  
Trans. Amer. Soc. Mech. Eng. 56 (1934), H.8, S.569-578
- /78/ British Standards Institute  
Bs 5500 - specification for unfired welded pressure vessels.  
London: BSI 1976/1981
- /79/ Brush, D.O.  
Initial postbuckling behaviour of stiffened cylindrical shells.  
Lookheed Missiles and Space Co., Report 6-77-67-52, (1967)
- /80/ Brush, D.O.  
Imperfection sensitivity of stringer-stiffened cylinders.  
AIAA Jour. 6 (1968), H.12, S.2445-2447

- /81/ Budiansky, B., Hutchinson, J.W.  
Buckling of circular cylindrical shells under axial  
compression.  
IN: Contributions to the theory of aircraft structures,  
S.239-259., Delft: Univ. Press 1972
- /82/ Burns, A.B.  
Structural optimization of axially compressed cylinders,  
considering ring-stringer eccentricity effects.  
Jour. Spacecr. & Rockets 3 (1966), H.8, S.1263-1265
- /83/ Burns, A.B., Almroth, B.O.  
Structural optimization of axially compressed  
ring-stringer-stiffened cylinders.  
Jour. Spacecr. & Rockets 3 (1966), H.1, S.19-25
- /84/ Bushnell, D.  
BOSOR5 - Programm for buckling of elastic plastic shells of  
revolution including large deflections and creeps.  
Comp. & Struct. 6 (1976), S.221-239
- /85/ Card, M.F.  
Bending tests of large diameter stiffened cylinders  
susceptible to general instability.  
NASA TN D-2200 (1964)
- /86/ Card, M.F.  
Preliminary results of compression tests on cylinders with  
eccentric longitudinal stiffeners.  
NASA TMX-1004 (1964)
- /87/ Card, M.F., Jones, R.M.  
Experimental and theoretical results for buckling of  
eccentrically stiffened cylinders.  
NASA TN D-3639 (1966)
- /88/ Card, M.F., Peterson, J.P.  
On the instability of orthotropic cylidners.  
NASA TN D-1510 (1962), S.297-308
- /89/ Carlsen, C.A.  
Collapse of stiffened panels in compression.  
Rep. 1: Plate between stiffeners.  
DnV Rep. 76-306 (1976)
- /90/ Carlsen, C.A.  
Collapse of stiffened panels in compression.  
Rep. 2: Simplified stiffener collapse analysis.  
DnV Rep. 77-338 (1977)

- /91/ Carlsen, C.A.  
Collapse analysis of stiffeners subjected to compression and hydrostatic lateral load.  
DnV Rep. 78-549 (1978)
- /92/ Cervantes, J.A., Palazotto, A.N.  
Cutout reinforcement of stiffened cylindrical shells.  
AIAA Paper 78-512, Collect. Techn. Papers
- /93/ Chang, C.H.  
An asymptotic solution of conical shells of constant thickness.  
AIAA Jour. 5 (1967), No.11, S.2028-2033
- /94/ Chang, C.H.  
On the solution of conical shells if linearly varying thickness subjected to lateral normal loads.  
Int. Jour. Sol. & Struct. 3 (1967), S.177-190
- /95/ Chang, C.H., Katz, L.  
Buckling of axially compressed conical shells.  
Jour. Eng. Mech. Div. (1980), S.501-516
- /96/ Ciprian, J.  
Beulvorschriften für Zylinder unter Außendruck.  
Meersburger Schalenbeultagung (1976), Sonderheft der DFVLR.  
S.131-137
- /97/ Clark, R.A., Garibotti, J.F.  
Longitudinal bending of a conical shell.  
Douglas Missile and Space Systems Div.,  
Engineering Paper 1547 (1963), S.113-130
- /98/ Cohen, G.A.  
Buckling of axially compressed cylindrical shells with ringstiffened edges.  
AIAA Jour. 4 (1966), H.10, S.1859-1862
- /99/ Cohen, G.A.  
Computer analysis of imperfection sensitivity of ringstiffened orthotropic shells.  
AIAA Jour. 9 (1971), H.6, S.1032-1039
- /100/ Craig, J.I., Duggan, M.F.  
Nondestructive shell-stability estimation by a combined-loading technique.  
Exp. Mech. 13 (1973), H.9, S.381-388



- /101/ Crawford, R.F.  
Effects of asymmetric stiffening on buckling of shells.  
AIAA paper No. 65-371 (1965)
- /102/ Crawford, R.F., Libove, C.  
Shearing effectiveness of integral stiffening.  
NACA TN 3443 (1955)
- /103/ Croll, G.A., Ellinas, C.P.  
A design formulation for lower bounds to collapse of  
stiffened and unstiffened cylinders.  
In: Stability of metal structures  
Int. Colloq., Final Rep., Paris (1983), S.157-168
- /104/ Croll, J.G.A.  
Towards simple estimates of shell buckling loads.  
Stahlbau 44 (1975), H.8, S.243-248 u. H.9, S.283-285
- /105/ Croll, J.G.A.  
Lower bound elasto - plastic buckling of cylinders.  
Proc. Instn. Civ. Engrs., Part 2, 71 (1981), S.235-261
- /106/ Croll, J.G.A.  
Elastic - plastic buckling of pressure and axial loaded  
cylinders.  
Proc. Instn. Civ. Engrs., Part 2, 72 (1982), S.633-652
- /107/ Croll, J.G.A.  
Stiffened cylindrical shells under axial and pressure  
loading.  
In: Shell Structures - Stability and Strength,  
(Edit.: Narayanan, R.), S.19-56  
London, New York : Appl. Sci. Publ. 1985
- /108/ Croll, J.G.A., Batista, R.C.  
Explicit lower bounds for the buckling of axially loaded  
cylinders.  
Int. Jour. Mech. Sci. 23 (1981), H.6, S.331-343
- /109/ Czerwenka, G.  
Untersuchung von dünnen kurzen Zylindern, die durch Ring-  
Kleinstprofile enger und mittlerer Teilung verstärkt sind  
und unter Manteldruck stehen.  
Zschrft. Flugwiss. 9 (1961), H.6, S.163-190
- /110/ C.R.C. Japan  
Handbook of structural stability.  
Tokio: Corona 1971

- /111/ De Luzio, A., Stuhlmann, C.E., Almroth, B.  
Influence of stiffener eccentricity and end moment of  
stability of cylinders and compression.  
AIAA Jour. 4 (1966), H.5, S. 872-877
- /112/ Det Norske Veritas  
Rules for the design, construction and inspection of off-  
shore structures, Appendix C steel structures.  
Høvik: DNV 1982
- /113/ Deutscher Ausschluß für Stahlbau  
DAST-Richtlinie 013 - Beulsicherheitsnachweise für Schalen.  
Köln: Stahlbau-Verlag 1980
- /114/ Diack, A.  
Beitrag zur Stabilität diskret längsversteifter Kreis-  
zylinderschalen unter Axialdruck.  
Uni. Stuttgart, Diss. (1983)
- /115/ Diack, A., Ramm, E.  
A parametric study on the stability of stringer stiffened  
cylindrical shells under axial load.  
In: 3rd Int. Con. Stability of Metal Structures,  
preliminary report, S.357-366  
Paris: CTICM 1983
- /116/ Dickson, J.N., Broliar, R.H.  
The general instability of ring-stiffened corrugated  
cylinders under axial compression.  
NASA TN D-3089 (1966)
- /117/ Dickson, J.N., Broliar, R.H.  
The general instability of eccentrically stiffened  
cylindrical shells under axial compression and  
lateral pressure.  
NASA CR-1280 (1969)
- /118/ Dill, E.H.  
General theory of large deflections on thin shells with  
special applications to conical shells.  
NASA TN D-826 (1961)
- /119/ Dji-Djüän Dschou  
Die Druckfestigkeit versteifter zylindrischer Schalen.  
Luftfahrtforschung 11 (1935), H.8, S.223-234
- /120/ Donnell, L.H.  
Stability of thin-walled tubes under torsion.  
NACA TR No.479 (1933), S.95-116

- /121/ Donnell, L.H.  
A new theory for the buckling of thin cylinders under axial  
compression and bending.  
Trans. ASME 56 (1934), S.795-806
- /122/ Donnell, L.H.  
A new theory for the buckling of thin cylinders under axial  
compression.  
Jour. Aeron. Sci. 8 (1941), S.303-312
- /123/ Donnell, L.H.  
Beams, plates and shells.  
New York: Mc Graw-Hill Book Co. 1976
- /124/ Donnell, L.H., Wan, C.C.  
Effect of imperfektions on buckling of thin cylinders and  
columns under axial compression.  
Jour. Appl. Mech. 17 (1950), S.73-83
- /125/ Dowling, P.J., Harding, J.E.  
Experimental behaviour of ring and stringer stiffened shells  
In: Buckling of shells in offshore structures,  
(Edit.: Harding, J.E., et al), S.73-107  
London, Toronto, Sydney, New York: Granada 1982
- /126/ Dowling, P.J., Harding, J.E., Agelidis, N., Fahy, W.  
Buckling of orthogonally stiffened cylindrical shell used in  
offshore engineering.  
In: Buckling of shells, (Edit.: Ramm, E.), S.239-273  
Berlin, Heidelberg, New York: Springer 1982
- /127/ Dowling, P.J., Harding, J.E., Frieze, P.A.  
Steel plated structures.  
London : Granada 1977
- /128/ Dow, D.A.  
Buckling and post-buckling tests of ring-stiffened cylinders  
loaded by uniform external pressure.  
NASA TN D-3111 (1965)
- /129/ Dow, D.A., Peterson, J.P.  
Tests of a large-diameter ring-stiffened cylinder subjected  
to hydrostatic pressure.  
NASA TN D-3647 (1966)
- /130/ Dow, M.B., Peterson, J.P.  
Bending and compression tests of pressuized ring-stiffened  
cylinders.  
NASA TN D-360 (1960)

- /131/ Dow, N.F., Rosen, B.W.  
Structural efficiency to orthotropic cylindrical shells subjected to axial compression.  
AIAA Jour. 4 (1966), H.3, S.481-485
- /132/ Dulacska, E.  
On the critical load of shells.  
Bull. Int. Ass. Shell Struct., IASS 39 (1969), S.31-36
- /133/ Dunn, L.G.  
Some investigations of the general instability of stiffened metal cylinders.  
VIII - Stiffened metal cylinders subjected to pure torsion.  
NACA TN 1197 (1947)
- /134/ Dunn, L.G.  
Some investigations to the general instability of stiffened metal cylinders.  
IX-Criteria for the design of stiffened metal cylinders subjected to general instability failures.  
NACA TN 1198 (1947)
- /135/ Ebel, H.  
Das Beulen eines Kreiszyllinders unter axialem Druck nach der nichtlinearen Stabilitätstheorie.  
Stahlbau 27 (1958), H.2, S.45-53
- /136/ Ebner, H.  
Theoretische und experimentelle Untersuchungen über das Einbeulen zylindrischer Tanks durch Unterdruck.  
Stahlbau 21 (1952), H.9, S.153-159
- /137/ Ebner, H.  
Instabilitätserscheinungen bei dünnwandigen Baukörpern.  
VDI-Z 104 (1962), Nr. 34, S.1751-1794
- /138/ Ebner, W., Koller, H.  
Calculation of load distribution in stiffened cylindrical shells.  
NACA TM 866 (1938)
- /139/ Eckstein, U.  
Nichtlineare Stabilitätsberechnung elastischer Schalentragerwerke.  
Inst. Konst. Ing. - Bau, Ruhr - Uni. Bochum,  
Mittg. Nr 83-3 (1983)
- /140/ Edlund, B.L.O.  
Buckling of axially compressed thin-walled circular cylinders with asymmetric imperfections.  
Chalmers Tekniska Högskola, Göteborg, Sweden 1974

- /141/ Edlund, B.L.O.  
Buckling experiments on thin-walled elastic cylinders under axial compression.  
Chalmers Tekniska Högskola, Göteborg, Sweden 1974
- /142/ Edlund, B.L.O., Leopoldson, U.L.C.  
Stress and buckling analysis of end-stiffened thin-walled cylindrical shells under axial compression (in swedish).  
Chalmers Tekniska Högskola, Göteborg, Sweden 1973
- /143/ Edlund, B., Smidfelt, B., Svensson, U.  
Buckling of axially compressed thin-walled cylindrical steel shells (in swedish).  
Chalmers Tekniska Högskola, Göteborg, Sweden 1971
- /144/ Eggert, H.  
Ein Beitrag zum Problem der Mindeststeifigkeit bei Schalen.  
TH Darmstadt, Diss. (1965)
- /145/ Eggert, H.  
Ein Beitrag zum Problem der Mindeststeifigkeit bei Schalen.  
Stahlbau 34 (1965), H.12, S.353-358
- /146/ Egle, D.M., Sewall, J.L.  
An anylis of free vibration of orthogonally stiffened cylindrical shells with stiffeners treated as discrete elements.  
AIAA Jour. 6 (1968), S.518-526
- /147/ El Nashi, S.  
Abschätzung der unteren Stabilitätsgrenze einer örtlich ausgebeulten zylindrischen Schale unter Axialdruck.  
Bautechnik 53 (1976), H.5, S.163-164
- /148/ Ellinas, C.P., Batista, R.C., Croll, J.G.A.  
Overall buckling of stringer stiffened cylinders.  
Proc. Instn. Civ. Engrns., Part 2, 71 (1981), S.479-512
- /149/ Ellinas, C.P., Croll, J.G.A.  
Discussion of analysis of the behaviour of axially stringer-stiffened cylindrical shells.  
Proc. Instn. Civ. Engrns., Part 2, 71 (1981), S.563-568,
- /150/ Ellinas, C.P., Croll, J.G.A.  
Overall buckling of ring stiffened cylinders.  
Proc. Instn. Civ. Engrns., Part 2, 71 (1981) S.637-661
- /151/ Ellinas, C.P., Supple, W.J., Kenny, J.P.  
Buckling design of ring-stiffened cylinders.  
Offshore technology conference, Houston, Texas 1983

- /152/ Ellinas, C.P., Supple, W.J., Walker, A.C. (Edit.)  
Buckling of offshore structures - a state-of-the-art-review.  
London, Toronto, Sydney, New York: Granada 1984
- /153/ Ender, R.  
Das Stabilitätsverhalten der axial gedrückten Kegelstumpfschale.  
Mitteilungen des Instituts für Statik der Uni. Hannover,  
Mitt. Nr. 7 (1981)
- /154/ Ender, R.  
Beulsicherheitsnachweis für axial belastete Kegelschalen.  
Stahlbau 52 (1983), H.1, S.29-30
- /155/ Esslinger, M.  
Über das Ausbeulen von Kegelschalen.  
Stahlbau 22 (1953), H.11, S.254-257
- /156/ Esslinger, M.  
Eine Erklärung des Beulmechanismus von dünnwandigen Kreiszyklinderschalen.  
Stahlbau 36 (1967), S.366-371
- /157/ Esslinger, M.  
Ein Verfahren zur theoretischen Untersuchung des Beul- und Nachbeulverhaltens dünnwandiger Kreiszyklinder mit eingespannten Rändern.  
Deut. Luft- und Raumf., DLR FB 68-70 (1968)
- /158/ Esslinger, M.  
Beulastberechnung für ideale, axialsymmetrisch belastete, dünnwandige Kreiszyklinderschalen mit eingespannten Rändern.  
Deut. Luft- und Raumf., DLR FB 68-68 (1968)
- /159/ Esslinger, M.  
Beulen und Nachbeulen exzentrisch versteifter dünnwandiger Kreiszyklinder unter axialsymmetrischer Belastung.  
Deut. Luft- und Raumf., DLR FB 70-48 (1970)
- /160/ Esslinger, M.  
Unveröffentlichter Versuchsbericht. (1973)
- /161/ Esslinger, M.  
Versteifte und abgesetzte Schalen.  
Chemie Ing. Tech. 45 (1973), H.11, S.770-776
- /162/ Esslinger, M., Ciprian, J.  
Buckling of thin conical shells under axial loads with and without internal pressure.  
In: Buckling of shells, (Edit.: Ramm, E.), S.356-374  
Berlin, Heidelberg, New York: Springer 1982

- /163/ Esslinger, M., Geier, B.  
On the buckling behaviour of thin-walled isotropic circular cylinders subjected to external pressure.  
DFVLR IB 152-76/03, Braunschweig
- /164/ Esslinger, M., Geier, B.  
Buckling and postbuckling behaviour of thin walled circular cylinders.  
Deut. Luft- und Raumf., DLR FB 69-99 (1969)
- /165/ Esslinger, M., Geier, B.  
Buckling and postbuckling of discretely stiffened thin-walled circular cylinders.  
Zschrft. Flugwiss. 18 (1970), H.7, S.246-253
- /166/ Esslinger, M., Geier, B.  
Postbuckling behaviour of structures.  
Wien, New York: Springer 1975
- /167/ Esslinger, M., Geier, B.  
Berechnung der Spannungen und der endlich großen Deformationen von Rotationschalen unter großflächiger, axialsymmetrischer und nichtaxialsymmetrischer Belastung.  
Stahlbau 50 (1981), H.9, S.263-270
- /168/ Esslinger, M., Geier, B.  
Bemerkungen zur DAST-Richtlinie 013.  
Stahlbau 51 (1982), H.2, S.37-40 u. H.6, S.191-192
- /169/ Esslinger, M., Geier, B., Wendt, U.  
Berechnung der Spannungen und der endlichen Deformationen einer Rotationsschale unter axialsymmetrischer Belastung im elastoplastischen Bereich.  
DFVLR IB 131-83/06, Interner Bericht 1983
- /170/ Esslinger, M., Geier, B., Wendt, U.  
Berechnung der Spannungen und Deformationen von Rotationschalen im elasto-plastischen Bereich.  
Stahlbau 53 (1984), H.1, S.17-25
- /171/ Esslinger, M., Geier, B., Wendt, U.  
Berechnung der Traglast von Rotationsschalen im elasto-plastischen Bereich.  
Stahlbau 54 (1985), H.3, S.76-80
- /172/ Esslinger, M., Impe, R. van  
Theoretical buckling loads of conical shells.  
In: Stability of plate and shell structures, Proc. Int. Colloq., Ghent (1987), S.387-395  
(Edit.: Dubas, P., Vandepitte, D.)

- /173/ Esslinger, M., Wendt, U.  
Eingabebeschreibung für das Programm F04B08-Berechnung der Spannungen und Beullasten von Rotationsschalen unter axial-symmetrischer Belastung im elasto-plastischen Bereich.  
Inst. f. Strukturmechanik, IB 131-84/29  
Braunschweig: Selbstverlag 1984
- /174/ Esslinger, M., Wendt, U., Hey, H.  
Stabilitätsnachweis für eine 20 m hohe wassergefüllte Rotationsschale in Wespentailenform.  
Chemie-Ing.-Tech. 56 (1984), H.11, S.872-873
- /175/ Estefen, S.F., Harding, J.E.  
Ring stiffer behaviour and its interaction with cylindrical panel buckling.  
Proc. Instn. Civ. Engrs., Part 2, 73 (1983), S.243-264
- /176/ Europäische Konvention für Stahlbau  
European recommendations for steel construction  
4.6 - buckling of shells. 3rd edition.  
Brüssel: ECCS General Secretariat 1984
- /177/ Fahy, W.G.  
Collapse of longitudinally stiffened cylinders subjected to axial and pressure loading.  
Ph. D. thesis, Imperial College, Univ. London (1985)
- /178/ Famili, J.  
Asymmetric buckling of finitely deformed conical shells.  
AIAA Jour. 3 (1965), No.8, S.1456-1461
- /179/ Finzi, L., Poggi, C.  
Approximation formular for the design of conical shells under various loading conditions.  
In: Stability of plate and shell structures, Proc. Int. Colloq., Ghent (1987), S.397-404  
(Edit.: Dubas, P., Vandepitte, D.)
- /180/ Fischer, G.  
Über den Einfluß der gelenkigen Lagerung auf die Stabilität dünnwandiger Kreiszyklinderschalen unter Axiallast und Innendruck.  
Zschrft. Flugwiss. 11 (1963), H.3, S.111-119
- /181/ Fitch, J.R.  
The buckling and post-buckling behaviour of spherical caps under concentrated load.  
Int. Jour. Sol. Struct. 4 (1968), S.421-446
- /182/ Flügge, W.  
Die Stabilität der Kreiszyklinderschale.  
Ing.-Arch., Bd. III, 1932, S.463-506



- /183/ Flügge, W.  
Statik und Dynamik der Schalen.  
Berlin: Springer, 2.Aufl. 1963
- /184/ Förmsching, H.-W.  
Eigenschwingungen der axialsymmetrisch belasteten,  
orthotropen Kreis Kegelschale.  
Zschrft. Flugwiss. 17 (1969), H.3, S.73-92
- /185/ Fritz, H., Wittek, U.  
Zur Stabilität der Flächentragwerke.  
Inst. Konst. Ing.- Bau, Ruhr - Uni. Bochum,  
Mittg. Nr.74-6 (1974)
- /186/ Fritz, H., Wittek, U.  
Verzerrungsfreie Verbiegungen u. Stabilitätstheorie der  
Flächentragwerke.  
Ing.- Arch. 44 (1975), S.327-333
- /187/ Fritz, H., Wittek, U.  
Die Bedeutung dehnungsloser Beulzustände bei der  
Stabilitätsberechnung von Schalen.  
Stahlbau 46 (1977), S.40-45
- /188/ Fung, Y.C., Sechler, E.E.  
Buckling of thin-walled circular cylinders under axial  
compression and internal pressure.  
Jour. Aeron. Sci. 24 (1957), S.351-356
- /189/ Galletely, G.D.  
On elastic and elastic-plastic asymmetric buckling of  
pressurized combinations of thin shells.  
Stahlbau 48 (1979), H.11, S.340-346
- /190/ Galletely, G.D., Pemsing, K.  
On design procedures for the buckling of cylinders under  
combined axial compression and external pressure.  
Jour. Pressure Vessel Techn., Trans. ASME 106 (1984),  
S.134-142
- /191/ Galletly, G.D.  
Buckling of fabricated cylinders subjected to compressive  
axial loads and/or external pressure - a comparison of  
several codes.  
ASME "Pressure Vessel Design" Symposium, PVP Conference,  
Orlando Florida. 1982
- /192/ Galletly, G.D., Reynolds, T.E.  
A simple extension of Southwell's method for determining the  
elastic general instability pressure for ring-stiffened  
cylinders subjected to external hydrostatic pressure.  
Proc. Soc. of Exp. Stress Analysis 13 (1956), S.141-152

- /193/ Galletly, G.D., Slankard, R.C., Wenk, E.J.R.  
General instability of ring-stiffened cylindrical shells  
subjected to external hydrostatic pressure. - A comparison  
of theory and experiment.  
Jour. Appl. Mech. 25 (1958), S.259-266
- /194/ Garkisch, H.D.  
Experimentelle Untersuchung des Beulverhaltens von  
Kreiszyklinderschalen mit exzentrischen Längsversteifungen.  
Deut. Luft- und Raumf., DLR FB 67-75 (1967)
- /195/ Geckeler, J.W.  
Plastisches Knicken der Wandungen von Hohlzylindern und  
einige andere Faltungserscheinungen an Schalen u. Blechen.  
ZAMM 8 (1928), H.5, S.341-352
- /196/ Geier, B.  
Beullasten versteifter Kreiszyklinderschalen.  
Jahrbuch der WGLR, (1965), S.440-447
- /197/ Geier, B.  
Das Beulverhalten versteifter Zylinder.  
Teil 1: Differentialgleichung  
Zschrft. Flugwiss. 14 (1966) , H.7, 306-323
- /198/ Geier, B.  
Das Beulen orthotroper Kreiszyklinderschalen unter gleich-  
zeitiger Wirkung von Druckkräften in Längs- und  
Umfangsrichtung.  
Inst. f. Flugzeugbau, DFL-Mittgn. (1967), H.6, S.257-263
- /199/ Gellin, S.  
Effect of an axisymmetric imperfection on the plastic  
buckling of an axially compressed cylindrical shell.  
Jour. Appl. Mech. 46 (1979), S.125-131
- /200/ Gerard, G.  
Compressive and torsional buckling of thin-wall cylinders in  
the yield region.  
NACA TN 3726 (1956)
- /201/ Gerard, G.  
Plastic stability theory of thin shells.  
Jour. Aeron. Sci. 24 (1957), H.7, S.269-274
- /202/ Gerard, G.  
Elastic and plastic stability of orthotropic cylinders.  
NASA TN D-1510 (1962), S.277-295  
also : Jour. Aeros. Sci. (1962), S.1171-1189

- /203/ Gerard, G.  
Compressive stability of orthotropic cylinders.  
Jour. Aeros. Sci. 29 (1962), S.1171-1189
- /204/ Gerard, G.  
On the role of initial imperfections in plastic buckling  
of cylinders under axial compression.  
Jour. Aeros. Sci. 29 (1962), S.744-745
- /205/ Girkmann, K.  
Flächentragwerke , 6.Aufl.  
Wien, New York : Springer 1978
- /206/ Green, D.R., Nelson, H.M.  
Compression tests on large-scale, stringer-stiffened tubes.  
Proc. Intern. Con. Buckling of shells in offshore  
structures (1981), Imperial College, London
- /207/ Groth, H.  
Buckling of cylinders with longitudinal stiffeners  
subjected to axial compressions.  
Aeron. Res. Inst. Sweden, FFA TN HU-2148 (1979)
- /208/ Grove, T.  
Summary of buckling tests of stringer-stiffened cylinders.  
Chicago Iron & Bridge Co. (1981)
- /209/ Grove, T., Didriksen, T.  
Buckling experiments on 4 large axial-stiffened and 1  
ring-stiffened cylindrical shells.  
DnV Rep. 76-432 (1976)
- /210/ Grove, T., Didriksen, T.  
Buckling experiments on 4 large ring-stiffened  
cylindrical shells subjected to axial compression  
and lateral pressure.  
DnV Rep. 77-431 (1977)
- /211/ Hampe, E.  
Statik rotationssymmetrischer Flächentragwerke, Bd.1-5.  
Berlin: VEB Verlag für Bauwesen 1973
- /212/ Hampe, E.  
Stabilität rotationssymmetrischer Flächentragwerke.  
Berlin, München: Ernst & Sohn 1983
- /213/ Harari, O., Singer, J., Baruch, M.  
General instability of cylindrical shells with non-uniform  
stiffeners.  
Proc. 9th Israel annual con. on aviation and astronautics  
Israel Jour. Techny. 5 (1967), H.1, S.114-128

- /214/ Harding, J.E.  
The elasto-plastic analysis of imperfect cylinders.  
Proc. Instn. Civ. Engrs., Part 2, 65 (1978), S.875-892
- /215/ Harding, J.E.  
Ring - stiffened cylinders under axial and external  
pressure loading.  
Proc. Instn. Civ. Engrs. Part 2, 71 (1981), S.863-878
- /216/ Harding, J.E., Dowling, P.J.  
Analytical results for the behavior of ring- and stringer-  
-stiffened shells.  
In: Buckling of shells in offshore structures,  
(Edit.: Harding, J.E., et al), S.231-257  
London, Toronto, Sydney, New York: Granada 1981
- /217/ Harding, J.E., Dowling, P.J., Agelidis, N.E. (Edit.)  
Buckling of shells in offshore structures.  
London, Toronto, Sydney, New York: Granada 1981
- /218/ Harris, L.A., Suer, H.S., Skene, W.T., Benjamin, K.J.  
The stability of thin-walled unstiffened circular cylinders  
under axial compression including the effects of internal  
pressure.  
Jour. Aeron. Sci. 24 (1957), S.587-596
- /219/ Hausrath, A., Dittoe, F.A.  
Development of design strength levels for the elastic  
stability of monocoque cones under axial compression.  
NASA TN D-1510 (1962), S.45-56
- /220/ Hedgepeth, J.M.  
Design of stiffened cylinders in axial compression.  
NASA TN D-1510 (1962), S.77-83
- /221/ Hedgepeth, J.M., Hall, D.B.  
Stability of stiffened cylinders.  
2nd aerospace sciences meeting (1965), AIAA Paper 65-79
- /222/ Hedgepeth, J.M., Hall, D.B.  
Stability of stiffened cylinders.  
AIAA Jour. 3 (1965), H.12, S.2275-2286
- /223/ Heidermann, U.  
Versuche mit dünnwandigen isotropen Kegelstümpfen unter  
Axiallast, konstanten Innendruck mit Axiallast und unter  
allseitigem Außendruck.  
DFVLR - Mitt. 80-02, Braunschweig 1980

- /224/ Herzog, M.  
Die Tragfähigkeit unversteifter und versteifter Kreis-  
zylinderschalen aus Baustahl.  
Stahlbau 50 (1981), H.2, S.50-54
- /225/ Hess, T.E.  
Stability of orthotropic cylindrical shells under combined  
loading.  
ARS Jour. 31 (1961), H.2, S.237-246
- /226/ Hey, H., Grein, W.  
Stabilitätsversuche an Kegel- und Torusmodellen.  
Stahlbau 53 (1984), H.11, S.338-344
- /227/ Hillmann, I.  
Grenzlasten und Tragverhalten axial gestauchter Kreis-  
zylinderschalen im Vor- und Nachbeulbereich.  
Diss. Techn. Uni. Braunschweig 1985
- /228/ Hoffmeister, B.  
Vergleichende Untersuchungen zum Längeneinfluß bei  
stabilitätsgefährdeten stählernen Kreiszyllinderschalen  
unter Axial- und Außendruck.  
Diplomarbeit Uni. GH Essen Essen, (unveröffentlicht) 1985
- /229/ Hoff, N.J.  
The accuracy of Donnell's equations.  
Jour. Appl. Mech., 22 (1955), S.329-334
- /230/ Hoff, N.J.  
Discussion by F.W. Pohle of thin conical shells under  
arbitrary loads.  
Jour. Appl. Mech., Trans. ASME 78 (1956), S.322-323
- /231/ Hoff, N.J.  
Thin shells in aerospace structures.  
AIAA Paper 66-1022, (1966)
- /232/ Hoff, N.J., Brooklyn, N.Y.  
Thin circular conical shells under arbitrary loads.  
Jour. Appl. Mech. (1955), S.557-562
- /233/ Homewood, R.H., Birne, A.C., Johnson, C.  
Experimental investigations of the buckling instability of  
monocoque shells.  
Exp. Mech. (1961), H.1, S.88-96

- /234/ Horton, W.H., Durham, S.C.  
Repeated buckling of circular cylindrical shells and conical frusta by axial compressive forces.  
SUDAER Rep. No.175 (1963), Stanford University Department of Aeronautics and Astronautics.
- /235/ Hutchinson, J.W., Amazigo, J.C.  
Imperfection - sensitivity of eccentrically stiffened cylindrical shells.  
AIAA Jour. 5 (1967), H.3, S.392-401
- /236/ Hutchinson, J.W., Frauenthal, J.C.  
Elastic postbuckling behavior of stiffened and barreled cylindrical shells.  
Jour. Appl. Mech. 36 (1969), S.784-790
- /237/ Johnson, R.  
Design and fabrication of a ring-stiffened graphiteepoxy corrugated cylindrical shell.  
NASA CR 3026, (1978)
- /238/ Jones, R.E., Greene, B.E.  
Stiffness technique for nondestructive buckling testing.  
AIAA Paper 74-351, presented at the AIAA/ASME/SAE 15th structures, structural dynamics and materials conference, Las Vegas, Nevada, (1974)
- /239/ Jones, R.M.  
Plastic buckling of eccentrically stiffened circular cylindrical shells  
AIAA Jour. 5 (1967), H.6, S.1147-1152
- /240/ Jones, R.M.  
Buckling of circular cylindrical shells with multiple orthotropic layers and eccentric stiffeners.  
AIAA Jour. 6 (1968), H.12, S.2301-2305
- /241/ Jürcke, R.K.  
Zur Stabilität und Imperfektionempfindlichkeit elastischer Schalentragwerke - Finite Element Formulierung der Anfangs - Nachbeultheorie.  
Inst. Konst. Ing.-Bau, Ruhr-Uni. Bochum,  
Mittg. Nr.85-5 (1985)
- /242/ Jürcke, R.K., Krätzig, W.B., Wittek, U.  
Stabilitätsverhalten axialbelasteter Kreiszyinderschalen mit Regelimperfektionen nach DAST 013.  
Institut für konstruktiven Ingenieurbau  
Ruhr-Universität Bochum T-WM Nr.83-4

- /243/ Karman, Th. von, Dumm, L.G., Tsien, H.S.  
The influence of curvature on the buckling characteristics  
of structures.  
Jour. Aeron. Sci., 7 (1940), S.276-289
- /244/ Karman, Th. von, Tsien, H.S.  
Buckling of thin cylindrical shells under axial compression.  
Jour. Aeron. Sci. 8 (1941), S.302-312
- /245/ Kato, B.  
Local buckling of steel tubes in plastic region.  
Proc. of the Int. Coll. on Stability of Structures under  
Static and Dynamic Loads (1977), S.375-391
- /246/ Kato, B., Akiyama, H., Suzuki, H.  
Plastic local buckling of structural tubes subjected to  
axial compression (in Japanese).  
Trans. Architectural Inst. of Japan 204 (1973), S.9-17
- /247/ Katz, L.  
Compression tests on integrally stiffened cylinders.  
NASA TMX-55315, (1965)
- /248/ Kempner, J.  
Postbuckling behaviour of axially compressed circular  
cylindrical shells.  
Jour. Aeron. Sci. 21 (1954), S.329-335
- /249/ Kempner, J.  
Remarks on Donnell's Equations.  
Jour. Appl. Mech., 22 (1955), S.117-118
- /250/ Kempner, J.  
Stability equations for conical shells.  
Jour. Aeron. Sci. (1958), S.137-138
- /251/ Kempner, J.  
Postbuckling behaviour of circular cylindrical shells  
under hydrostatic pressure.  
Jour. Aeron. Sci. (1975), No.4, S.253-264
- /252/ Kendrick, S.B.  
The buckling under external pressure of circular cylindrical  
shells with evenly spaced, equal strength, circular ring  
frames. - Part I  
NCRE Rep. R 211 (1953)
- /253/ Kendrick, S.B.  
The buckling under external pressure of circular cylindrical  
shells with evenly spaced, equal strength, circular ring  
frames. - Part II.  
NCRE Rep. R243 (1953)

- /254/ Kendrick, S.B.  
The buckling under external pressure of circular cylindrical shells with evenly spaced, equal strength, circular ring frames. - Part III.  
NCRE Rep. R 244 (1953)
- /255/ Kendrick, S.B.  
The buckling under external pressure of ring-stiffened circular cylinders.  
Trans. Roy. Inst. Naval Architects 107 (1965), S.139-156
- /256/ Kendrick, S.B.  
Collapse of stiffened cylinders under external pressure.  
In: Proc. Jour. Mech. Engrs. con. on vessels under buckling conditions (1972), Paper C 190/72
- /257/ Kinra, R.K.  
Hydrostatic and axial collapse tests of stiffened cylinders.  
8th offshore techngy. conf., OTC Paper 2685  
Houston, USA (1976)
- /258/ Kirste, L.  
Abwickelbare Verformung dünnwandiger Kreiszyylinder.  
Österr. Ing.- Arch. 8 (1954), S.148-151
- /259/ Kjeoy, H., Foss, G.  
Pilot test on the compressive strength of an internal ring-stiffener.  
DnV, Rep. 80-0021, (1980)
- /260/ Kobayashi, S.  
The influence of prebuckling deformation on the buckling load of truncated conical shells under axial compression.  
NASA CR-707 (1967)
- /261/ Kobayashi, S.  
The influence of prebuckling deformation on the buckling load of orthotropic cylindrical shells under axial compression.  
Trans. Japan Society Aeron. Space Sci.19 (1968),  
H.11, S. 60-68
- /262/ Koiter, W.T.  
Buckling and postbuckling behaviour of a cylindrical panel under axial compression.  
Rep. Trans. Nat. Aero. Res. Inst. 20 (1956), S.71-84
- /263/ Koiter, W.T.  
A systematic simplification of the general equations in the linear theory of thin shells.  
Proc. Kon. Ned. Akad. Wet. B64 (1961), S.612-619



- /264/ Koiter, W.T.  
On the stability of elastic equilibrium (translation of  
"over de Stabiliteit van het elastisch evenwicht").  
Polytechnic Institute Delft,  
Publisher Amsterdam 1945, NASA TT F-10, 833 (1967)
- /265/ Koiter, W.T.  
On the stability of elastic equilibrium.  
NASA TT F - 10833 (1967)
- /266/ Koiter, W.T.  
General theory of mode interaction in stiffened plate and  
shell structures.  
Dept. Mech. Eng. TH Delft, WTHD Nr.91 (1976)
- /267/ Koiter, W.T.  
The application of the initial post-buckling analysis to  
shells.  
In: Buckling of shells, (Edit.: Ramm, E.), S.3-17  
Berlin, Heidelberg, New York: Springer 1982
- /268/ Kollar, L.  
Buckling of shells for engineers.  
New York, Brisbane, Toronto, Singapore : Wiley & Sons 1984
- /269/ Kollar, L., Dulacska, E.  
Schalenbeulen.  
Düsseldorf: Werner 1975
- /270/ Koller, S.  
Die Stabilität der Kegelschale unter Außendruck.  
Inst. f. Stahlbau, Holzbau u. Flächentragwerke d. Techn.  
Uni. Graz, Diss. (1980)
- /271/ Kornecki, A.  
Buckling of truncated conical shells under uniform static  
pressure.  
AIAA Jour. 5 (1967), No.11, S.2099-2101
- /272/ Krätzig, W.B.  
Optimale Schalengrundgleichungen und deren Leistungs-  
fähigkeit.  
ZAMM 54 (1974), S.265-276
- /273/ Krysik, R.  
Vergleichende Untersuchungen an stabilitätsgefährdeten  
stählernen Kegelstumpfschalen unter Axial- und Manteldruck.  
Diplomarbeit Uni. GH Essen, (unveröffentlicht) 1984

- /274/ Lackman, L., Penzien, J.  
Buckling of circular cones under axial compression.  
Jour. Appl. Mech., Trans. ASME (1960), S.458-460
- /275/ Lakshmikantham, C., Gerard, G., Milligan, R.  
General instability of orthotropically stiffened cylinders.  
Part II - Bending and combined compression and bending.  
Air Force Flight Dyn. Lab., AFFDL-TR-65-161,  
Part II, U.S. Air Force, (1965)
- /276/ Langhaar, H.L.  
A strain-energy expression for thin elastic shells.  
Jour. Appl. Mech., Trans. ASME 71 (1949), S.183-189
- /277/ Lee, L.H.N.  
Inelastic buckling of initially imperfect cylindrical shells  
subjected to axial compression.  
Jour. Aeros. Sci. 29 (1962), S.87-95
- /278/ Len'ko, O.N.  
The stability of orthotropic cylindrical shells.  
NASA TTF-9826, (1963)
- /279/ Lindenberger, H.  
Berichte über Druckversuche an Kreiszyinderschalen.  
In: Fortschritte im Stahlbrückenbau, S.53-64,  
Köln : Stahlbau - Verlag 1958
- /280/ Lofblad, R.P.  
Stability of thin walled cylinders and cones with internal  
pressure under axial compression.  
MIT-TN Nr.25-29 (1959)
- /281/ Lorenz, R.  
Achsensymmetrische Verzerrungen in dünnwandigen Hohlzylindern.  
VDI Zschrft. 52 (1908), H.43, S.1706-1713
- /282/ Lo, H., Crate, H., Schwartz, E.B.  
Buckling of thin walled cylinders under axial compression  
and internal pressure.  
NACA-Rep. 1027 (1951), S.647-655
- /283/ Lunchick, M.E.  
Plastic general - instability of ring - stiffened  
cylindrical shells.  
DTMB - Rep. 1587, (1963)

- /284/ Lundquist, E.E.  
Comparison of three methods of calculating the compressive strength of flat and slightly curved sheet and stiffener combinations.  
NACA TN 455, (1933)
- /285/ Lundquist, E.E.  
Strength tests of thin-walled duralumin cylinders in compression.  
NACA R473 (1933), S.585-602
- /286/ Lundquist, E.E., Schütte, E.H.  
Strength test of thin-wall truncated cones of circular section.  
NACA WR L-442 (1942)
- /287/ Mac Neal, R.H., Winemiller, A.F., Bailie, J.A.  
Elastic stability of cylindrical shells reinforced by one or two frames and subjected to external radial pressure.  
AIAA Jour. 4 (1966), H.8, S.1431-1433
- /288/ Marguerre, K.  
Zur Theorie der gekrümmten Platte großer Formänderung.  
Jahrbuch 1939 der deut. Luftfahrtforsch, S.413-418
- /289/ Marguerre, K.  
On the application of the energy method to stability problems.  
NACA TM 1138, (1947)
- /290/ Marlow, R.S.  
Collapse performance of fabricated cylinders under combined axial tension and external pressure.  
Southwest Res. Inst. Proj., No.03-6139, Final Report, (1981)
- /291/ Mayers, J., Meller, E.  
Material nonlinearity effects in optimization considerations of stiffened cylinders and interpretation of test data scatter for compressive buckling.  
Stanford Uni., USAARMDL Tech. Rep. 71-70, (1972)
- /292/ Mc Elman, J.A., Mikulas, M.M., Stein, M.  
Static and dynamic effects of eccentric stiffening of plates and cylindrical shells.  
AIAA Jour. 4 (1966), H.5, S.887-894
- /293/ Meincke, H.  
Berechnung und Konstruktion zylindrischer Behälter unter Außendruck.  
Konstruktion 11 (1959), H.4, S.131ff

- /294/ Meißner, E.  
Das Elastizitätsproblem für dünne Schalen von Ringflächen-,  
Kugel- oder Kegelform.  
Physik. Zschrft. XIV (1913), S.343-349
- /295/ Melcon, M.A., Ensrud, A.F.  
Analysis of stiffened curved panels under shear and  
compression.  
Jour. Aeron. Sci. 20 (1953), H.2, S.111-119, 126.
- /296/ Meriam, J.L.  
Stresses and displacements in a rotating conical shell.  
Jour. Appl. Mech., Trans. ASME 65 (1943), S.A-53 - A-61
- /297/ Midgley, W.R., Johnson, A.E.jr.  
Experimental buckling of internal integral ring-stiffened  
cylinders.  
Exp. Mech. 7 (1967), H.4, S.145-153
- /298/ Miller, C.D.  
Buckling of axially compressed cylinders.  
Jour. Strut. Div. 103 (1977), ST3, S.695-721
- /299/ Miller, C.D.  
Buckling stress of ring and stringer stiffened cylindrical  
shells under axial compressive load.  
Chicago Bridge and Iron Company, (1977)
- /300/ Miller, C.D.  
Summary of buckling tests on fabricated steel cylindrical  
shells in USA.  
In: Buckling of shells in offshore structures,  
(Edit.: Harding, J.E., et al), S.429-471  
London, Toronto, Sydney, New York: Granada 1982
- /301/ Miller, C.D., Kinra, R.K.  
External pressure tests of ring-stiffened fabricated steel  
cylinders.  
13th annual offshore techny. conf., Houston,  
OTC 4107, (1981)
- /302/ Milligan, R., Gerard, G., Lakshmikantham, C.  
General instability of orthotropically stiffened cylinders  
under axial compression.  
AIAA Jour. 4 (1966), H.11, S.1906-1913
- /303/ Milligan, R., Gerard, G., Lakshmikantham, C., Becker, H.  
General instability of orthotropically stiffened cylinders.  
Part I - Axial compression, torsion and hydrostatic pressure  
loadings.  
Air Force Flight Dyn. Lab., AFFDL - TR - 65 - 161,  
Part I, (1965)

- /304/ Mises, R. von  
Der kritische Außendruck zylindrischer Rohre.  
VDI-Z 58 (1914), Nr.19, S.750-755
- /305/ Mises, R. von  
Der kritische Außendruck für allseitig belastete  
zylindrische Rohre.  
Festschrift zum 70. Geburtstag von Prof. A. Stodola,  
Zürich 1939
- /306/ Moe, J.  
Stability of rib-reinforced cylindrical shells under  
lateral pressure.  
Publ. Inter. Ass. Bridge Struct. Engrns. 18 (1958),  
S.113-136
- /307/ Morgan, E.J., Seide, P., Weingarten, V.J.  
Semiannual report on development of design criteria for  
elastic stability of thin shell structures.  
Space Techn. Lab. Rep. STL/TR-59-0000-09959 (1959)
- /308/ Mungan, I.  
Schalenbeulung am Beispiel der Rotationsschalen.  
Stahlbau 49 (1980), H.2, S.41-45
- /309/ Mungan, I.  
Über den Einfluß der Geometrie auf die Beulfigur und die  
Beullast von Rotationsschalen.  
Bauingenieur 58 (1983), S.421-426
- /310/ Murray, N.W.  
Introduction to theory of thin-walled structures.  
Oxford: Clarendon Press 1984
- /311/ Mushtari, Kh.M.  
Some generalizations of the theory of thin shells with  
applications to the analysis of problems of the stability of  
elastic equilibrium (in russian).  
Prikladnaya Matematika i Mekhanika, Moscow 2 (1939), No.4,  
S.439-456
- /312/ Mushtari, Kh.M.  
The approximate solution of certain problems of stability  
of a thin-walled conic shell with a circular cross section  
(in russian).  
Prikladnaya Matematika i Mekhanika 7 (1943), No.3, S.155-166
- /313/ Mushtari, Kh.M., Galimov, K.M.  
Non-linear theory of thin elastic shells.  
Academy of Sciences USSR Kazan Branch, 1957, S.287-307.  
Translated and available as NASA-TT-F62 (1961)

- /314/ Mushtari, Kh.M., Sachenkov, A.V.  
Stability of cylindrical and conical shells of circular cross section with simultaneous action of axial compression and external normal pressure.  
NACA TM 1433, FFNo.672 (1965)
- /315/ Narayanan, R.  
Shell structures-stability and strength.  
London, New York : Elsevier appl. sci. publ. 1985
- /316/ Nash, W.A.  
General instability of ring reinforced cylindrical shells subject to hydrostatic pressure.  
Proc. 2. U.S. nat. cong. appl. mech., S.359-368, (1954)
- /317/ Nelson, H.M., Green, D.R., Phillips, D.V.  
Buckling tests of offshore structures. - Preliminary tests of stringer-stiffened cylinders.  
Uni. of Glasgow, Dept. of Civ. Engrng. Rep. OT-A-252 (1979)
- /318/ Neut, A. van der  
The general instability of stiffened cylindrical shells under axial compression.  
Nat. Aeron. Res. Inst., Amsterdam, Rep. No. 314, (1947)
- /319/ Neut, A. van der  
The general instability of stiffened cylindrical shells.  
NASA TN D-1510, (1962), S.309-321
- /320/ Neut, A. van der  
General instability of orthogonally stiffened cylindrical shells.  
NASA TN D-1510, (1962), S.309-321
- /321/ Newman, M., Reiss, E.L.  
Axisymmetric snap buckling of conical shells.  
NASA TN D-1510 (1962), S.451-462
- /322/ Nimmer, R.P., Mayers, J.  
Limit point buckling loads of axially compressed, circular cylindrical shells - the effect of nonlinear material behaviour.  
Jour. Appl. Mech. 46 (1979), S.586-392
- /323/ Niordson, F.  
Buckling of conical shells subjected to uniform external lateral pressure.  
Kungl. Tekniska Högskolans Handlingar, Trans. Royal Inst. Techn., Stockholm, Sweden 10 (1947)

- /324/ Nissen, O.  
Knickversuche mit versteiften Wellblechschalen bei reiner  
Druckbeanspruchung.  
Jahrbuch der deutschen Luftfahrtforschung (1937)
- /325/ Nollau, H.  
Der Spannungszustand der biegesteifen Kegelschale mit  
veränderlicher Wandstärke unter beliebiger Belastung.  
Zschrft. Angew. Math. u. Mech., 24 (1944), S.10-34
- /326/ N.N.  
Some investigations of the general instability of stiffened  
metal cylinders.I - Review of theory and bibliography.  
NACA TN 905 (1943)
- /327/ N.N.  
Some investigations of the general instability of stiffened  
metal cylinders.II - Preliminary tests of wire-braced  
specimens and theoretical studies.  
NACA TN 906 (1943)
- /328/ N.N.  
Some investigations of the general instability of stiffened  
metal cylinders.III - Continuations of tests of wire-braced  
specimens and preliminary tests of sheet-curved specimens.  
NACA TN 907 (1943)
- /329/ N.N.  
Some investigations of the general instability of stiffened  
metal cylinders.IV - Continuation of tests of sheet-curved  
specimens and studies of buckling phenomena of unstiffened  
circular cylinders.  
NACA TN 908 (1943)
- /330/ N.N.  
Some investigations of the general instability of stiffened  
metal cylinders.V - Stiffened metal cylinders subjected to  
pure bending.  
NACA TN 909 (1943)
- /331/ N.N.  
Some investigations of the general instability of stiffened  
metal cylinders.VI - Stiffened metal cylinders subjected to  
combined bending and transverse shear.  
NACA TN 910 (1943)
- /332/ N.N.  
Some investigations of the general instability of stiffened  
metal cylinders.VII - Stiffened metal cylinders subjected  
to combined bending and torsion.  
NACA TN 911 (1943)

- /333/ N.N.  
Rules for the design and construction and inspection of  
off-shore structures.  
DnV, Oslo (1977)
- /334/ N.N.  
Recommended practice for planning, designing and  
construction fixed offshore platforms.  
API- Rep. 2A, 11th Edition (1982)
- /335/ Odland, I., Faulkner, D.  
Buckling of curved steel structures-design formulations.  
International 2nd Symposium on integrity of offshore  
structures, Glasgow University (1981), Paper 25
- /336/ Odland, J.  
Buckling of slightly curved panels subject to axial  
compression.  
DnV, Rep. 78-679, (1978)
- /337/ Odland, J.  
Buckling resistance of unstiffened and stiffened circular  
cylindrical shell structures.  
Norw. Maritime Res. 6 (1978), H.3, S.2-22
- /338/ Odland, J.  
General buckling of stringer-stiffened cylindrical shells.  
DnV, Rep. 79-0042 (1979)
- /339/ Odland, J.  
An experimental investigation of the buckling strength of  
ring-stiffened cylindrical shells under axial compression.  
Norwegian Maritime Res. 9 (1981), H.4, S.22-39
- /340/ ÖNORM B 4650  
Teil 4: Stahlbau, Beulung von Kreiszylinderschalen.  
(1977).
- /341/ Öry, H.  
Die praktische Auslegung orthotrop versteifter Zylinder-  
schalen und die Grenzen dieses Verfahrens.  
Schalenbeultagung Darmstadt (1979), Vorträge und  
Diskussionen. Hrsg.: Esslinger, M.
- /342/ Olk, T.  
Beanspruchungen von Höhenflugzeug-Druckkammern im Bereich  
der Versteifungsringe.  
Zschrft. Flugwiss. 11 (1963), H.2, S.45-58-und H.3,  
S.93-103



- /343/ Paridaens, R., Vandepitte, D., Lagae, G., Rathe, J.,  
Steen, A. van den  
Design equations accounting for elastic buckling of liquid-  
-filled conical shells.  
In: Stability of plate and shell structures, Proc. Int.  
Colloq., Ghent (1987), S.425-430  
(Edit.: Dubas, P., Vandepitte, D.)
- /344/ Petersen, C.  
Statik und Stabilität der Baukonstruktionen.  
Braunschweig: Vieweg & Sohn 1986
- /345/ Peterson, J.P.  
Experimental investigation of stiffened circular cylinders  
subjected to combined torsion and compression.  
NACA TN 2188 (1950)
- /346/ Peterson, J.P.  
Bending tests of ring-stiffened circular cylinders.  
NACA TN 3735 (1956)
- /347/ Peterson, J.P.  
Buckling of stiffened cylinders in axial compression and  
bending.- A review of test data.  
NASA TN D-5561 (1969)
- /348/ Peterson, J.P., Anderson, J.K.  
Bending tests of large diameter ring-stiffened corrugated  
cylinders.  
NASA TN D-3336 (1966)
- /349/ Peterson, J.P., Dow, M.B.  
Compressive test on circular cylinders stiffened longi-  
-tudinally by closely spaced Z-section stringers.  
NASA Memo 2-12-59L (1959)
- /350/ Peterson, J.P., Dow, M.B.  
Structural behaviour of pressurized, ring-stiffened, thin  
wall cylinders subjected to axial compression.  
NASA TN D-506 (1960)
- /351/ Peterson, J.P., Whitley, R.O., Deaton, J.W.  
Structural behaviour and compressive strength of circular  
cylinders with longitudinal stiffening.  
NASA TN D-1251 (1962)
- /352/ Pfeiffer, M.  
Ein Berechnungsverfahren für rotationssymmetrische  
orthotrope Kreiszyklinderschalen im Stahlbau.  
Uni. Karlsruhe, Diss. (1981)

- /353/ Pfeiffer, M.  
Beitrag zur angestrebten Regelung der Berechnung  
längsversteifter Kreiszyinderschalen unter Axialdruck.  
Bauing. 56 (1981), S.137-138
- /354/ Pfeiffer, M.  
Tragsicherheitsnachweise für axialdruckbelastete orthotrope  
Kreiszyinderschalen.  
In: Stahlbau Handbuch Bd.1, (Hrsg.: Deutscher Stahlbau  
Verband), S.567-578  
Köln: Stahlbau-Verlags-GmbH (1982)
- /355/ Pfeiffer, M.  
Praktische Beullasten orthotroper Kreiszyinderschalen in  
Theorie und Versuch.  
Versuchsanstalt für Stahl, Holz und Steine der  
Uni. Karlsruhe, 4. Folge - H.5 (1982)
- /356/ Pflüger, A.  
Stabilität dünner Kegelschalen.  
Ing.-Archiv, VIII (1937), H.3, S.151-172
- /357/ Pflüger, A.  
Zur Stabilität der dünnen Kegelschale.  
Ing.-Archiv, XIII (1942), H.2, S.59-72
- /358/ Pflüger, A.  
Zur Axial gedrückten Kreiszyinderschale.  
Braunsch. Wiss. Gesellschaft XIV (1962), S.91-109
- /359/ Pflüger, A.  
Zur praktischen Berechnung der axial gedrückten  
Kreiszyinderschale.  
Stahlbau 32 (1963), H.6, S.161-165
- /360/ Pflüger, A.  
Elementare Schalenstatik.  
Berlin, Heidelberg, New York: Springer 1967
- /361/ Pflüger, A.  
Stabilitätsprobleme der Elastostatik, 3. Aufl.  
Berlin, Heidelberg, New York : Springer 1975
- /362/ Pietraszkiewicz, W.  
Lagrangian description and incremental formulation in the  
non - linear theory of thin shells.  
Int. Jour. Non. - Lin. Mech. 19 (1983), H.2, S.115-140
- /363/ Pochhammer, L.  
Beitrag zur Theorie der Biegung des Kreiszyinders.  
Jour. f. Math. LXXXI (1875), H.1, S.33-61

- /364/ Poggi, C.  
The collapse strength of ring stiffened cones under axial compression and external pressure.  
In: Stability of plate and shell structures, Proc. Int. Colloq., Ghent (1987), S.405-410  
(Edit.: Dubas, P., Vandepitte, D.)
- /365/ Rafel, N.  
Effects of normal pressure on the critical compressive stress of curved sheets.  
NACA WR L-258 (1942)
- /366/ Ramm, E.  
Buckling of shells.  
Berlin, Heidelberg, New York: Springer 1982
- /367/ Reddy, B.D.  
Buckling of elastic-plastic discretely stiffened cylinders in axial compression.  
Int. Jour. Sol. & Struct. 16 (1980), S.313-328
- /368/ Rehfield, L.W., Hallauer, W.L.jr.  
Edge restraint effect on buckling of compressed curved panels.  
AIAA Jour. 6 (1968), H.1, S.187-189
- /369/ Rehfield, L.W.  
Design of stiffened cylinders to resist axial compression.  
Jour. Spacecraft & Rockets 10 (1973), H.5, S.346-349
- /370/ Rensch, H.J.  
Elastoplastisches Beulen und Imperfektionsempfindlichkeit Torisphärischer Schalen.  
Inst. Konst. Ing.- Bau, Ruhr - Uni. Bochum,  
Mittg. Nr.82-13 (1982)
- /371/ Resinger, F.  
Unversteifte Kegelschalen unter Außendruck - Regelungsvorschlag.  
In: Stability of plate and shell structures, Proc. Int. Colloq., Ghent (1987), S.417-423  
(Edit.: Dubas, P., Vandepitte, D.)
- /372/ Reynolds, T.E.  
A graphical method for determining the general instability strength of stiffened cylindrical shells.  
DTMB Rep. 1106, (1957)
- /373/ Robertson, A.  
The strength of tubular struts, Rep. & Memo. No 1185.  
In: Tech. Rep. Aeron. Res. Com., Vol III,  
(1928-1929), S.935-975

- /374/ Rohwer, K.  
Beul - und Nachbeulverhalten schwach gekrümmter Schalen.  
Deut. Forschungs- u. Versuchsanst. f. Luft- u. Raumfahrt.,  
DFVLR IB 131 - 84/20 (1984)
- /375/ Rosen, A., Singer, J.  
Vibrations of axially loaded stiffened cylindrical shells.  
Jour. Sound & Vibration 34 (1974), H.3, S.357-378
- /376/ Rosen, A., Singer, J.  
Experimental studies of vibrations and buckling of heavily  
stiffened cylindrical shells with elastic restraints.  
TAE Rep. 210 (1975)
- /377/ Rosen, A., Singer, J.  
Further experimental studies on buckling of integrally  
stiffened cylindrical shells.  
TAE Rep. 207 (1975)
- /378/ Rosen, A., Singer, J.  
Vibration and buckling of axially loaded stiffened  
cylindrical shells with elastic restraints.  
Int. Jour. Sol. & Struct. 12 (1976), S.577-588
- /379/ Rosen, A., Singer, J.  
Vibration and buckling of eccentrically loaded stiffened  
cylindrical shells.  
Exp. Mech. 16 (1976), H.3, S.88-94
- /380/ Ross, C.T.F.  
The instability of ring-stiffened circular cylindrical  
shells under uniform external pressure.  
Trans. RINA 107 (1965), S.157-163
- /381/ Ross, C.T.F.  
The collapse of ring-reinforced cylinders under uniform  
external pressure.  
Trans. RINA 107 (1965), H.3, S. 375-394
- /382/ Ross, C.T.F.  
Collapse of ring-reinforced circular cylinders.  
Engineer (1966). S.162-163
- /383/ Ross, C.T.F., Aylward, W.R., Boltwood, D.T  
General instability of ring-reinforced circular cylinders  
under external pressure.  
Supplementary Papers RINA 113 (1971), S.73-82

- /384/ Rotter, M.A.  
Buckling of ground-supported cylindrical steel bins under vertical compressive wall loads.  
Proc. Metal Structures Conference Institution of Engineers, Melbourne, Australia (1985)
- /385/ Ryder, E.I.  
General instability of semi-monocoque cylinders.  
Dept. Commerce., Air. Com. Bull. 9 (1938), S.291-346
- /386/ Saal, H.  
Der Einfluß von Ausschnitten auf die Beullasten von Kreis-  
zylinderschalen.  
Stahlbau 45 (1976), S.279-284
- /387/ Saal, H.  
Buckling of circular cylindrical shells under combined axial compression and internal pressure.  
In: Stability of steel structures, Second Int. Colloq., Preliminary Rep., Liege (1977)
- /388/ Saal, H.  
Zuschrift zu "H. Herzog: Die Traglast unversteifter, dünnwandiger Stahlrohre mit Imperfektionen und Eigenspannungen nach Versuchen".  
Stahlbau 48 (1979), S.63-64
- /389/ Saal, H.  
Buckling of long liquid-filled cylindrical shells.  
In: Buckling of shells, (Edit.: Ramm, E.), S.333-352  
Berlin, Heidelberg, New York: Springer 1982
- /390/ Saal, H., Kahmer, H., Hein, J.C.  
Experimentelle und theoretische Untersuchung an beulgefährdeten, langen Kreisrohren.  
Stahlbau 48 (1979), S.353-359
- /391/ Saal, H., Kahmer, H., Reif, A.  
Beullasten axial gedrückter Kreiszylinderschalen mit Innendruck - Neue Versuche und Vorschriften.  
Stahlbau 48 (1979), S.262-269
- /392/ Saal, H., Reif, A.  
Der Spannungs- und Stabilitätsnachweis für horizontale Zylinder mit beliebiger Flüssigkeitsteilfüllung.  
Stahlbau 50 (1981), S.1-13
- /393/ Saal, H., Saal, G.  
Die Berechnung zylindrischer Stützen in schwach gekrümmten Schalen.  
Stahlbau 48 (1974), S.147 u. S.211,  
Berichtigung u. Ergänzung in: Stahlbau 44 (1975), S.223-224

- /394/ Salerno, V.L., Pulos, J.G.  
Stress distribution in a circular shell under hydrostatic pressure supported by equally spaced circular ring frames. PIBAL Rep. 171-A, (1951)
- /395/ Samuelson, A.  
Practical analysis methods for design of circular cylinders with longitudinal stiffeners to axial compression.  
In: Buckling of shells, (Edit.: Ramm, E.), S.621-644  
Berlin, Heidelberg, New York: Springer 1982
- /396/ Samuelson, A., Vestergren, P.  
Analysis of axially loaded stringer-stiffened circular cylinders.  
Aeron. Res. Inst. Sweden, FFA TN-2134, (1979)
- /397/ Samuelson, L.A., Vandepitte, D., Paridaens, R.  
The background to the ECCS - Recommendations for buckling of stringer stiffened cylinders.  
In: Stability of plate and shell structures, Proc. Int. Colloq., Ghent (1987),  
(Edit.: Dubas, P., Vandepitte, D.), S.513-522
- /398/ Sanden, K.V., Günther, K.  
Über das Festigkeitsproblem querversteifter Hohlzylinder unter allseitig gleichmäßigen Außendruck.  
Werft & Reederei 1 (1920), H.8, 9, 10,  
S.163-168, 189-198, 216-221
- /399/ Sanders, J.L.  
An improved first - approximation theory for thin shells.  
NASA TR R-24 (1959)
- /400/ Sanders, J.L.  
Nonlinear theories for thin shells.  
Quart. Appld. Math. 21 (1963), H.1, S.21-36
- /401/ Schapitz, E.  
The twisting of thin-walled stiffened circular cylinders.  
NACA TM 878, (1938)
- /402/ Schapitz, E., Krümling, G.  
Load tests on a stiffened circular cylindrical shell.  
NACA TM 864, (1938)
- /403/ Schiffner, K.  
Stress and stability investigations on thin walled conical shells for axially symmetric boundary conditions.  
NASA TM X-59676 (1967)

- /404/ Schmidt, R., Pietraszkiewicz, W.  
Variational Principles in the geometrically non - linear  
theory of shells undergoing moderate rotations.  
Ing.- Arch. 50 (1981), S.187-201
- /405/ Schnell, W.  
Krafteinleitung in versteiften Zylinderschalen.  
Zschrft. f. Flugwiss. 3 (1955), H.12, S.385-399
- /406/ Schnell, W.  
Die dünnwandige Kegelschale unter Axial- und Innendruck.  
Zschrft. Flugwiss. 10 (1962), H.4, S.154-160 u. H.5,  
S.314-321
- /407/ Schnell, W.  
Einfluß der Randbedingungen auf die Beulwerte von  
Zylinderschalen unter Manteldruck.  
Stahlbau 34 (1965), H.6, S.187ff
- /408/ Schnell, W., Brühl, Chr.  
Die längsgedrückte orthotrope Kreiszylinderschale bei  
Innendruck.  
Zschrft. Flugwiss. 7 (1959), H.7, S.201-207
- /409/ Schnell, W., Schiffner, K.  
Experimentelle Untersuchungen des Stabilitätsverhaltens von  
dünnwandigen Kegelschalen unter Axiallast und Innendruck.  
DVL-Nr.243 (1962)
- /410/ Schulz, U.  
Zur Beulstabilität anisotroper Zylinderschalen aus  
glasfaserverstärktem Kunststoff (GFK).  
Bauing. 47 (1972), H.5, S.157-163
- /411/ Schulz, U.  
Der Stabilitätsnachweis bei Schalen.  
Ber. Versuchsanstalt f. Stahl, Holz, u. Steine,  
Uni. Karlsruhe, 4.Folge - Heft 2, (1981)
- /412/ Schulz, U.  
Das Stabilitätsverhalten von torusförmigen Schalen.  
Stahlbau 52 (1983), H.11, S.321-328
- /413/ Schulz, U.  
Die Stabilität von Zylinderschalen im plastisch-elastischen  
Bereich.  
Ber. Versuchsanstalt f. Stahl, Holz u. Steine,  
Uni. Karlsruhe, 4.Folge - Heft 9 (1984)

- /414/ Schweigerer, S., Konejung, A.  
Die Festigkeitsberechnung von Flammrohren.  
Konstruktion 2 (1950), H.1, S.17
- /415/ Seggelke, P., Geier, B.  
Das Beulverhalten versteifter Zylinderschalen.  
Teil 2: Beullasten.  
Zschrft. Flugwiss., (1967), H.12, S.477-490
- /416/ Seide, P.  
Axisymmetrical buckling of circular cones under axial  
compression.  
Jour. Appl. Mech. (1956), S.625-628
- /417/ Seide, P.  
A Donnell-type theory for asymmetrical bending and buckling  
of thin conical shells.  
Jour. Appl. Mech. (1957), S.547-552
- /418/ Seide, P.  
Note on "Stability equations for conical shells".  
Jour. Aeron. Sci. (1958), S.342
- /419/ Seide, P.  
The stability of thin conical frustums subjected to axial  
compression and internal or external uniform hydrostatic  
pressure.  
Space Techn. Lab. Rep. 7102-0014-Ru00, Los Angeles 1961
- /420/ Seide, P.  
Buckling of circular cones under axial compression.  
Jour. Appl. Mech. 28 (1961), No.2, S.315
- /421/ Seide, P.  
On the stability of internally pressurized conical shells  
under axial compression.  
Proc. of the 4th U.S. Nat. Cong. of Appl. Mech.,  
Uni. of California, Berkeley 1962, S.761-773,  
Aeros. Corp. Rep. TDR-930 (2570-30) TN-1, 1961
- /422/ Seide, P.  
A survey of buckling theory and experiment for circular  
conical shells of constant thickness.  
NASA TN D-1510 (1962), S.401-426
- /423/ Seide, P.  
Calculation for the stability of thin conical frustrums  
subjected to external uniform hydrostatic pressure and axial  
compression.  
Jour. Aeros. Sci. 28 (1962), No.8, S.951-955



- /424/ Sendelbeck, R.L., Singer, J.  
Further experimental studies of buckling of electroformed conical shells.  
AIAA Jour. (1970), No.8, S.1532-1534
- /425/ Sewell, M.  
Plastic buckling.  
Stability, SM Study No.6, Uni. Waterloo, Ontario, Canada, (1972), S.85-198
- /426/ Shang, J.C., Marulic, W.J., Sturm, R.G.  
Buckling of longitudinally stiffened cylinders.  
Jour. Strut. Div. 90 (1964), ST5, S.161-195
- /427/ Shanley, F.R.  
Simplified analysis of general instability of stiffened shells in pure bending.  
Jour. Aeron. Sci. (1949), S.590-592
- /428/ Shao, W.J., Chen, T.Y.  
Effects of large deflections and initial imperfections on the general plastic stability of circular cylindrical shells reinforced by closely spaced rings under hydrostatic press..  
DnV Rep. 80-0130, (1980)
- /429/ Sheinman, I., Simiteses, G.J.  
Buckling analysis of geometrically imperfect stiffened cylinders under axial compression.  
AIAA Jour. 15 (1977), H.3, S.374-382
- /430/ Short, R.D., Bart, R.  
Analysis for determining stresses in stiffened cylindrical shells near structural discontinuities.  
DTMB Rep. 1065, (1959)
- /431/ Shroeder, F.J., Kusterer, B.S., Hirsch, R.A.  
An experimental determination of the stability of conical shells.  
Aircraft Armaments, Inc. Rep. ER-1361 (1958)
- /432/ Simiteses, G.J.  
Instability of orthotropic cylindrical shells under combined torsion and hydrostatic pressure.  
AIAA Jour. 5 (1967), H.8, S.1463-1469
- /433/ Simiteses, G.J.  
Buckling of eccentrically stiffened cylinders under torsion.  
AIAA Jour. 6 (1968), H.10, S.1856-1860

- /434/ Singer, J.  
The influence of stiffener geometry and spacing on the buckling of axially compressed cylindrical and conical shells.  
In: Theory of Thin Shells, (Edit.: Njordson, F.I.), S.234-262  
Berlin, Heidelberg, New York: Springer 1969
- /435/ Singer, J.  
Buckling of circular conical shells under axisymmetrical external pressure.  
Jour. Mech. Eng. Sci. 3 (1961), No.4, S.330-339
- /436/ Singer, J.  
The effect of axial constraint on the instability of thin conical shells under external pressure.  
Jour. Appl. Mech., Trans. ASME (1962), S.212-214
- /437/ Singer, J.  
Correlation of the critical pressure of conical shells with that of equivalent cylindrical shells.  
AIAA Jour. 1 (1963), No.11, S.2675-2676
- /438/ Singer, J.  
Donnell-type equations for bending and buckling of orthotropic conical shells.  
Jour. Appl. Mech., Trans. ASME (1963), S.303-305
- /439/ Singer, J.  
On experimental technique for interaction curves of buckling of shells.  
Exp. Mech. 4 (1964), H.9, S.279-280
- /440/ Singer, J.  
On the buckling of unstiffened orthotropic and stiffened conical shells.  
7. Cong. Int. Aeronautique, Paris (1965), S.1-22
- /441/ Singer, J.  
Buckling of circular conical shells under uniform axial compression.  
AIAA Jour. 3 (1965), No.5, S.985-987
- /442/ Singer, J.  
Buckling of clamped conical shells under external pressure.  
AIAA Jour. 4 (1966), No.2, S.328-337
- /443/ Singer, J.  
Buckling of integrally stiffened cylindrical shells.  
A review of experiments and theory.  
Contributions to the theory of aircraft structures.  
Rotterdam, Delft Uni. Press (1972), S.325-357

- /444/ Singer, J.  
Buckling, vibrations and postbuckling of stiffened metal cylindrical shells.  
Proc. Int. Conf. Behaviour of Off-Shore Struct.  
BOSS'76: Norwegian Inst. of Techny., 1976
- /445/ Singer, J.  
Buckling experiments on shells. - A review of recents developments.  
TAE Rep. 403 (1980)
- /446/ Singer, J.  
The status of experimental buckling investigations of shells.  
In: Buckling of shells, (Edit.: Ramm, E.), S.501-533  
Berlin, Heidelberg, New York: Springer 1982
- /447/ Singer, J., Abramovich, H., Yaffe, R.  
Initial imperfection measurements of integrally stringer-stiffened shells.  
TAE Rep. 330 (1978)
- /448/ Singer, J., Abramovich, H., Yaffe, R.  
Initial imperfection measurements of stiffened shells and buckling predictions.  
Israel Jour. Techny. 17 (1979), S.324-338
- /449/ Singer, J., Arbocz, J., Babcock, C.D.  
Buckling of imperfect stiffened cylindrical shells under axial compression.  
AIAA Jour. 9 (1971), S.68-75
- /450/ Singer, J., Baruch, M.  
Buckling of circular conical shells under combined torsion and external or internal pressure.  
Topies in Appl. Mech., Amsterdam 1965, Elsevier Publishing, S.65-88
- /451/ Singer, J., Baruch, M.  
Recent studies on optimization for elastic stability of cylindrical and concils shells.  
Proc. of the 5th Cong. of the int. Council of the Aeron. Sci. and Royal Aeron. Centenary, London (1966), S.751-782
- /452/ Singer, J., Baruch, M., Harari, O.  
Further remarks on the effect of eccentricity of stiffeners on the general instability of stiffened cylindrical shells.  
TAE Rep. 42 (1965)
- /453/ Singer, J., Baruch, M., Harari, O.  
On the stability of eccentrically stiffened cylindrical shells under axial compression.  
TAE Rep. 44 (1965)

- /454/ Singer, J., Baruch, M., Harari, O.  
Inversion of the eccentricity effect in stiffened cylindrical shells buckling under external pressure.  
Jour. Mech. Eng. Sci. 8 (1966), H.4, S.363-373
- /455/ Singer, J., Baruch, M., Harari, O.  
On the stability of eccentrically stiffened cylindrical shells under axial compression.  
Int. Jour. Sol. & Struct. 3 (1967), S.445-470
- /456/ Singer, J., Baruch, M., Reichenthal, J.  
Influence of in-plane boundary conditions on the buckling of clamped conical shells.  
Israel Jour. Techny. 9 (1971), No.1-2, S.127-139
- /457/ Singer, J., Bendavid, D.  
Buckling of electroformed conical shells under hydrostatic pressure.  
AIAA Jour. 6 (1968), No.12, S.2332-2338
- /458/ Singer, J., Berkovits, A., Weller, T., Ishai, O., Baruch, M., Harari, O.  
Experimental and theoretical studies on buckling of conical and cylindrical shells under combined loading.  
TAE Rep. No.48 (1966)
- /459/ Singer, J., Haftka, R.  
Buckling of discretely ring-stiffened cylindrical shells.  
TAE Rep. 67 (1968)
- /460/ Singer, J., Haftka, R.  
Buckling of discretely stringer-stiffened cylindrical shells and elastically restrained panels.  
AIAA Jour. 13 (1975), H.7, S.849-850
- /461/ Singer, J., Rosen, A.  
The influence of boundary conditions on the buckling of stiffened cylindrical shells.  
Proc. IUTAM Symp. on Buckling of structures. S.227-250  
Berlin, Heidelberg, New York: Springer 1976
- /462/ Singer, J., Rosen, A.  
Design criteria for buckling and vibration of imperfect stiffened shells.  
Proc. of the 9th cong. of ICAS, Haifa, Israel, 1974.  
S.495-517  
Jerusalem: Weizmann Sci. Press 1974
- /463/ Slankard, R.C., Nash, W.A.  
Tests on elastic stability of a ring-stiffened cylindrical shell, Model B12-5 ( $\lambda=1.705$ ) subjected to hydrostatic pressure.  
Washington D.C.: DTMB Report 822 US Navy 1953

- /464/ Sobel, L.H.  
Effects of boundary conditions on the stability of cylinders  
subject to lateral and axial pressures.  
AIAA Jour. (1964), No.8, S.1437ff
- /465/ Sobel, L.H., Weller, T., Agarwal  
Buckling of cylindrical panels under axial compression.  
Com.& Struct. 6 (1976), S.29-35
- /466/ Soong, T.C.  
Influence of boundary constraints on the buckling of  
eccentrically stiffened orthotropic cylinders.  
7th Int. Symp. Space Techn. & Sci., Tokio (1967)
- /467/ Soong, T.C.  
Buckling of cylindrical shells with intermittently attached  
stiffeners.  
AIAA Jour. 8 (1970), S.928-936
- /468/ Sridharan, S., Walker, A.C.  
Experimental investigation of the buckling behaviour of  
stiffened cylindrical shells.  
Dept. Energy, Rep. OT-R-7835, London, (1980)
- /469/ Sridharan, S., Walker, A.C., Andronicou, A.  
Local plastic collapse of ring-stiffened cylinders.  
Uni. Surrey, Dept. Mechcl. Eng. Rep., (1980)
- /470/ Sridharan, S., Walker, A.C., Andronicou, A.  
Local plastic collapse of ring-stiffened cylinders.  
Proc. Instn. Civ. Engrs., Part.2, 71 (1981), S.341-367
- /471/ Steinhardt, O., Pfeiffer, M.  
Stabilitätsuntersuchungen an orthotropen Kreiszyliner-  
schalen unter einfacher Axialbelastung sowie gleichzeitigem  
Innendruck.  
Festschr. "Otto Jungbluth-60 Jahre", TH Darmstadt (1978)
- /472/ Steinhardt, O., Pfeiffer, M.  
Über die Traglast axialdruckbelasteter orthotroper  
Kreiszyinderschalen.  
Bauing. 55 (1980), S.281-284
- /473/ Stein, M., Mayers, J.  
Compressive buckling of simply supported curved plates and  
cylinders of sandwich construction.  
NACA TN 2601 (1952)
- /474/ Stein, M., Sanders, S.L., Crate, H.  
Critical Stress of ring stiffened cylinders.  
NACA Rep. 989 (1951)

- /475/ Stracke, M.  
Stabilität kurzer stählerner Kreiszyinderschalen unter  
Außendruck.  
Uni. GH Essen, Diss. (1987)  
Düsseldorf: Deutscher Verlag für Schweißtechnik 1987
- /476/ Stracke, M., Düsing, H., Krysik, R., Schmidt, H.  
Belastungs- und Beulversuche an axialsymmetrisch belasteten  
Rotationsschalen aus Metall im elastisch-plastischen Be-  
reich zur Überprüfung nichtlinearer Rechenprogramme.  
Forschungsberichte aus dem Fachbereich Bauwesen der  
Uni. GH Essen, Nr.38, 1986
- /477/ Stracke, M., Schmidt, H.  
Beulversuche an längsnahtgeschweißten stählernen Kreis-  
zyinderschalen unter Außendruck im elasto-plastischen  
Bereich.  
Forschungsberichte aus dem Fachbereich Bauwesen der  
Uni. GH Essen, Nr. 28, 1984
- /478/ Stumpf, H.  
On the linear and nonlinear stability analysis in the theory  
of thin elastic shells.  
Ing.- Arch. 51 (1981), S.195-213
- /479/ Syngellakis, S., Walker, A.C.  
Elastic local buckling of longitudinally stiffened  
cylinders.  
Conf. on stability problems in engineering. Structures and  
components., Cardiff (1978)
- /480/ Syngellakis, S., Walker, A.C.  
Elastic buckling of stiffened cylindrical shells.  
Int. symp. Integrity of offshore structures.,  
Glasgow, (1978), S.12.1-12.30
- /481/ Tani, J., Yamaki, N.  
Buckling of truncated conical shells under axial  
compression.  
AIAA Jour. 8 (1970), No.3, S.568-571
- /482/ Taylor, J.L.  
Stability of a monocoque cylinder in compression.  
R&M No.1679, British A.R.C. (1935)
- /483/ Tenerelli, D.J., Horton, W.H.  
An experimental study of the local buckling of  
ring-stiffened cylinders subjected to axial compression.  
Israel Jour. Techny. 7 (1969), S.181-194

- /484/ Tennyson, R.C.  
The effect of shape imperfections and stiffening on the buckling of circular cylinders.  
In: Buckling of Structures, (IUTAM - Symposium), S.251-273  
Berlin, Heidelberg, New York: Springer 1974
- /485/ Thielemann, W.F.  
New development in the nonlinear theories of the buckling of thin cylindrical shells.  
In: Aeronautics and Astronautics  
(Edit.: Hoff, N.J., Vincenti, W.G.), S.76-121  
Oxford, London, New York, Paris: Pergamon 1960
- /486/ Thielemann, W.F., Esslinger, M.  
Einfluß der Randbedingungen auf die Beullast von Kreiszylinderschalen.  
Stahlbau 33 (1964), H.12, S.353-361
- /487/ Thielemann, W.F., Esslinger, M.  
Über den Einfluß der Exzentrizität von Längssteifen auf die axiale Beullast dünnwandiger Kreiszylinderschalen.  
Stahlbau 34 (1965), H.11, S.332-333
- /488/ Thielemann, W.F., Schnell, W., Fischer, G.  
Beul- und Nachbeulverhalten orthotroper Kreiszylinderschalen unter Axial- und Außendruck.  
Zschrft. Flugwiss. 8 (1960), S.284-293
- /489/ Thielemann, W., Esslinger, M.  
Beul- und Nachbeulverhalten isotroper Zylinder unter Außendruck.  
Stahlbau 36 (1967), S.161-175
- /490/ Thierauf, G.  
Die Vernachlässigungen bei der Ableitung der Grundgleichungen für Zylinderschalen.  
Bauing. 45 (1970), H.3, S.93-96
- /491/ Thurston, G.A.  
A numerical solution for thin conical shells under asymmetrical loads.  
Proc. 4th Midwestern Conf. on solid Mech.,  
Uni. of Texas, Austin, Texas (1959), S.171-194
- /492/ Thurston, G.A.  
Effect of boundary conditions on the buckling of conical shells under hydrostatic pressure.  
Jour. Appl. Mech., Trans. ASME (1965), S.208-209
- /493/ Timoshenko, S.P.  
Einige Stabilitätsprobleme aus der Elastizitätstheorie.  
Zschrft. Math. & Phy. 58 (1910), H.4, S.378

- /494/ Timoshenko, S.P., Gere, J.M.  
Theory of elastic stability.  
New York: Mc Graw-Hill Book Co. 1961
- /495/ Tokugawa, T.  
Model experiments on the elastic stability of closed and cross-stiffened circular cylinders under uniform external pressure.  
Proc. World Engrng. Cong., Tokio (1929), Vol.29, Paper 651, S.249-279
- /496/ Tsang, S.K., Harding, J.E.  
A plastic mechanism formulation for the general instability of ring-stiffened cylinders under pressure dominated loadings.  
Dep. of Civ. Eng., Imperial College of Sci. and Techny., London SW7 2AZ
- /497/ Tsang, S.K., Harding, J.E.  
A mechanism approach for the prediction of collapse strength of ring-stiffened cylinders under axial compression and external pressure.  
Thin-Walled Struct. 2 (1984), S.325-353
- /498/ Tsien, H.S.  
The buckling of spherical shells by external pressure.  
Jour. Aeron. Sci. 7 (1939), H.2, S.43-50
- /499/ Tsien, H.S.  
The buckling of thin cylindrical shells under axial compression.  
Jour. Aeron. Sci. 8 (1941), H.8, S.303-312
- /500/ Tsuyoshi, H.  
Torsional buckling of orthogonal anisotropic cylinders.  
8th Int. Cong. Theor. & Appl. Mechcs., Istanbul, Türkei, (1952), S.189-190
- /501/ Tzivanidis, G.  
Einfluß der Randbedingungen auf das Beulverhalten von orthotropen Kreiszyklinderschalen unter Manteldruck.  
Stahlbau 35 (1966), H.10, S.309-313
- /502/ Valsgard, S., Foss, G.  
Buckling research in Det Norske Veritas.  
In: Buckling of shells in offshore structures, (Edit.: Harding, J.E., et al), S.491-549  
London, Toronto, Sydney, New York: Granada 1982
- /503/ Valsgard, S., Shao, W.J., Steen, E.  
Data collection on geometry and design loads for stiffened cylindrical shells in marine structures.  
DnV Rep. 80-0156 (1980)



- /504/ Valsgard, S., Steen, E.  
Simplified strength analysis of narrow panelled stringer-stiffened cylinders under axial compression and lateral load.  
DnV Rep. 80-0590 (1980)
- /505/ Vandepitte, D.  
Stability of shells,  
ECCS and other activity in the field of shell buckling  
In: Stability of metal structures,  
Int. Colloq., Final Rep., Paris (1983), S.139-143
- /506/ Vandepitte, D.  
Instability not induced by local shell buckling, of liquid-filled vertical cones.  
In: Stability of plate and shell structures, Proc. Int. Colloq., Ghent (1987), S.431-436  
(Edit.: Dubas, P., Vandepitte, D.)
- /507/ Vandepitte, D., Lagae, G.  
Theoretical and experimental investigation of buckling of liquid-filled conical shells.  
Stability of metal structures, Paris (1983),  
Preliminary Rep., S.399-406
- /508/ Vandepitte, D., Rathe, J.  
Buckling of circular cylindrical shells under axial load in the elastic-plastic region.  
Stahlbau 49 (1980), H.12, S.369-373
- /509/ Vandepitte, D., Rathe, J., Verhegghe, B., Paridaens, R., Verschaeve, C.  
Experimental Investigations of buckling of hydrostatically loaded, conical shells and practical evaluation of the buckling load.  
In: Buckling of shells, (Edit.: Ramm, E.), S.375-399  
Berlin, Heidelberg, New York: Springer 1982
- /510/ Vereinigung der Technischen Überwachungs-Vereine e.V. Essen  
AD-Merkblatt B6-Zylindrische Mäntel unter äußerem Überdruck.  
Berlin: Heymanns/Beuth 1983
- /511/ Walker, A. C., Sridharan, S.  
Buckling of compressed, longitudinally stiffened cylindrical shells.  
Proc. Int. Conf. Behaviour of Off-Shore Struct.  
BOOS'79: Imp. College, London, 1979, S.341-356
- /512/ Walker, A.C., Andronicou, A., Sridharan, S.  
Experimental investigation of the buckling of stiffened shells using small scale models.  
In: Buckling of shells in offshore structures,  
(Edit.: Harding, J.E., et al), S.45-71  
London, Toronto. New York: Granada 1982

- /513/ Walker, A.C., Andronicou, A., Sridharan, S.  
Theoretical analysis of stringer- and ring-stiffened shells.  
In: Buckling of shells in offshore structures,  
(Edit.: Harding, J.E., et al)  
London, Toronto, New York: Granada 1982
- /514/ Walker, A.C., Davis, P.  
The collapse of stiffened cylinders.  
In: Steel plated structures, (Edit.: Dowling, J.P., et al),  
S.791-801  
London: Crosby Lockwood Staple 1976
- /515/ Walker, A.C., Kemp, K.O.  
Buckling of stringer-stiffened welded steel cylinders.  
Proc. Int. Conf. Behaviour of Off-Shore Struct.  
BOSS'76: Imp. College, London, 1979, S.528-534
- /516/ Walker, A.C., Murray, N.W.  
Analysis for stiffened panel buckling.  
Rep. 2/(1974), Uni. of Monash, Melbourne, Australia
- /517/ Walker, A.C., Murray, N.W.  
A plastic collapse mechanism for compressed plates.  
Int. Assoc. for Bridge and Structural Engineering, 35-I  
(1975), S.217-236
- /518/ Walker, A.C., Sridharan, S.  
Experimental investigation of the buckling behaviour  
of stringer-stiffened cylinders.  
Rep. OT-R 7835, Dept. of Energy, (1979)
- /519/ Walker, A.C., Sridharan, S.  
Analysis of the behaviour of axially compressed stringer-  
stiffened cylindrical shells.  
Proc. Inst. Civ. Engrs., Part.2, 69 (1980), S.447-472
- /520/ Wang, J.T.S.  
Orthogonally stiffened cylindrical shells subjected to  
internal pressure.  
AIAA Jour. 8 (1970), S.455-461
- /521/ Wang, J.T.S., Lin, Y.J.  
Stability of discretely stringer-stiffened cylindrical  
shells.  
AIAA Jour. 11 (1973), S.810-814
- /522/ Weingarten, I.  
Buckling of thin-walled circular cylinders.  
NASA SP-8007 (1968)

- /523/ Weingarten, V.I., Morgan, E.J., Seide, P.  
Final report on development of design criteria for elastic stability of thin shell structures.  
Space Techn. Lab. STL/TR-60-0000-19425, Los Angeles 1960
- /524/ Weingarten, V.I., Morgan, E.J., Seide, P.  
Elastic stability of thin-walled cylindrical and conical shells under combined internal pressure and axial compression.  
AIAA Jour. 3 (1965), No.6, S.1118-1125
- /525/ Weingarten, V.J., Morgan, E.J., Seide, P.  
Elastic stability of thin-walled cylindrical and conical shells under axial compression.  
AIAA Jour. 3 (1965), No.3, S.500-505
- /526/ Weingarten, V.J., Seide, P.  
Elastic stability of thin-walled cylindrical and conical shells under combined external pressure and axial compression.  
AIAA Jour. 3 (1965), No.5, S.913-920
- /527/ Weller, T.  
Further studies on the effect of in-plane boundary conditions on the buckling of stiffened cylindrical shells.  
TAE Rep. 120 (1974)
- /528/ Weller, T., Baruch, M., Singer, J.  
Influence of in-plane boundary condition on buckling under axial compression of ring-stiffened cylindrical shells.  
Israel Jour. Techny. 9 (1971), H.4, S.397-410  
also: TAE Rep. 101 (1970)
- /529/ Weller, T., Singer, J.  
Experimental studies on buckling of 7075-T6 aluminium alloy integrally stringer-stiffened shells.  
TAE Rep. 135 (1971)
- /530/ Weller, T., Singer, J.  
Further experimental studies on buckling of interally ring-stiffened cylindrical shells under axial compression.  
TAE Rep. 138, (1972)
- /531/ Weller, T., Singer, J.  
Further experimental studies on buckling of integrally ring-stiffened cylindrical shells under axial compression.  
Exp. Mech. 14 (1974), H. 7, S.267-273
- /532/ Weller, T., Singer, J.  
Experimental studies on the buckling under axial compression of intgrally stringer-stiffened circular cylindrical shells.  
Jour. Appl. Mech. 44 (1977), No.4, S.721-730

- /533/ Weller, T., Singer, J., Baternann, S.C.  
Influence of eccentricity of loading on buckling of  
stringer-stiffened cylindrical shells.  
In: Thin shell structures - Theory, Experiment and Design  
(Edit.: Fung, Y.C., Sechler, E.E.), S.305-324  
London, Sydney, Toronto, New Dehli, Tokyo:Prentice Hall 1974
- /534/ Weller, T., Singer, J., Nachmani, S.  
Recent experimental studies on the buckling of integrally  
stringer-stiffened cylindrical shells.  
TAE Rep. 100 (1970)
- /535/ Wessels, M.  
Das statische und dynamische Durchschlagproblem der imper-  
fekten Kugelschale bei elastischer rotations-symmetrischer  
Verformung.  
Inst. f. Statik d. Th Hannover, Mittg. Nr.23 (1977)
- /536/ Wilson, L.B.  
The deformation under uniform pressure of a circular  
cylindrical shell supported by equally spaced circular  
ring frames.  
NCRE Rep.337.B, (1956)
- /537/ Windenburg, D., Trilling, C.  
Collapse by instability of the cylindrical shells under  
external pressure.  
U.S. Experiment Model Basin, Navy Yard, Washington, 1934,  
Rep. No. 385, and Trans. ASME 56 (1934), No.11
- /538/ Winter, P. de  
Deformation capacity of steel tubes in deep water.  
Annual Offshore Technology Conference Houston, TX, 1981
- /539/ Wittek, U.  
Beitrag zum Verhalten der Strukturen bei endlichen  
Verformungen unter besonderer Beachtung des Nachbeul-  
mechanismus dünner Flächentragwerke.  
Inst. Konst. Ing.- Bau, Ruhr-Uni. Bochum,  
Mittg. Nr.80-1 (1980)
- /540/ Wittek, U.  
Kriterium für ungünstigste geometrische Imperfektionen der  
Schalenbeulung.  
ZAMM 61 (1981), S. T71-T73
- /541/ Wolmir, A.S.  
Biegsame Platten und Schalen.  
Berlin: VEB Verlag für Bauwesen 1962

- /542/ Wurm, P.  
Modellversuche zum Studium des Beulverhaltens doppelt  
positiv gekrümmter Schalen.  
Bauingenieur 50 (1975), S.397-403
- /543/ Yamaki, N.  
Influence of prebuckling deformations on the buckling of  
circular cylindrical shells under external pressure.  
AIAA Jour. (1969), No.3, S.753ff
- /544/ Yamaki, N.  
Elastic stability of cylindrical shells.  
Amsterdam, New York, Oxford : North-Holland 1984
- /545/ Yang, T.Y., Kazuo Kumoo  
Buckling of cylindrical shells with smeared - out and  
discrete orthogonal stiffeners.  
AIAA Jour. 15 (1977), H.12, S.1704-1711
- /546/ Yoshimura, Y.  
On the mechanism of buckling of a circular cylindrical shell  
under end compression.  
NACA TM-1390 (1955)
- /547/ Zielnica, J.  
Elastic-plastic buckling of sandwich conical shells under  
axial compression and external pressure.  
6.Bulletin de l'academie Polonaise des sciences. Serie des  
sciences techniques XXIX (1981), No.11-12, S.239-251
- /548/ Zielnica, J., Kwiek, M.  
Wyboczenie cienkiej powloki przy obciazeniach obrotowo  
symetrycznych poza granica sprzystosci (in polish).  
Mechanika Teoretyczna i Stosowana.2, 19 (1981), S.181-201
- /549/ Ziolkowski, J.  
Randstörungsgrößen zylindrischer Stahlbehälter in der  
Verbindung des Mantels mit dem Boden.  
Stahlbau 54 (1985), H.1, S.17-20