

**Ermittlung geometrischer Ersatz-  
imperfektionen für Verbundstützen  
mit hochfesten Stählen**

**T 2970**

**T 2970**

Dieser Forschungsbericht wurde mit modernsten Hochleistungskopierern auf Einzelanfrage hergestellt.

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

Im Originalmanuskript enthaltene Farbvorlagen, wie z.B. Farbfotos, können nur in Grautönen wiedergegeben werden. Liegen dem Fraunhofer IRB Verlag die Originalabbildungen vor, können gegen Berechnung Farbkopien angefertigt werden. Richten Sie Ihre Anfrage bitte an die untenstehende Adresse.

© by Fraunhofer IRB Verlag

2001, ISBN 3-8167-5993-9

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 [info@irb.fhg.de](mailto:info@irb.fhg.de)

URL <http://www.IRBbuch.de>

Prof. Dr.-Ing. G. Hanswille  
Dr.-Ing. R. Bergmann

**Forschungsbericht:**

**Ermittlung geometrischer  
Ersatzimperfektionen für  
Verbundstützen mit  
hochfesten Stählen**

**Aktenzeichen P3-5-17.10-992/01**

**Auftraggeber:**

**Deutsches Institut für Bautechnik  
Berlin**



**Ingenieurgesellschaft mbH  
Kohlenstr. 38  
44795 Bochum**

**Bochum**

**Oktober 2001**

# Inhalt

	Seite
1 Einleitung	
2 Grundlagen der durchgeführten Untersuchungen	
3 Einordnung in Knickspannungskurven und geometrische Ersatzimperfectionen	1
4 Einfluss des hochfesten Stahls bei Druck und Biegung	2
5 Zusammenfassung	3
	8
<b>Anhang I:</b>	12
Vergleich des Berechnungsergebnisse mit den Knickspannungskurven bei zentrischer Beanspruchung	
<b>Anhang II</b>	
Vergleich des Näherungsverfahrens nach EDIN 18800-5 und prEN 1994-1-1 mit der exakten Berechnung bei Beanspruchung durch Normalkräfte und Biegemomente für $r=1,0$	
<b>Anhang III</b>	
Vergleich des Näherungsverfahrens nach EDIN 18800-5 und prEN 1994-1-1 mit der exakten Berechnung bei Beanspruchung durch Normalkräfte und Biegemomente für $r=0$	
<b>Anhang IV</b>	
Vergleich des Näherungsverfahrens nach EDIN 18800-5 und prEN 1994-1-1 mit der exakten Berechnung bei Beanspruchung durch Normalkräfte und Biegemomente für $r=-1$	

## Zusammenfassung

Mit Erarbeitung der neuen deutschen Verbundbaunorm EDIN18800 Teil 5 (1999) wurde gegenüber DIN 18806:1984 und DIN EN 1994-1-1 ein modifiziertes Bemessungskonzept für Verbundstützen auf der Grundlage der Elastizitätstheorie II. Ordnung eingeführt. Dieses Bemessungsverfahren ist zwischenzeitlich auch in den Entwurf der EN-Fassung des Eurocode 4-1-1 aufgenommen worden, da es im Vergleich zu dem in DIN 18806 enthaltenen Bemessungsverfahren auf der Grundlage des Ersatzstabverfahrens insbesondere bei seitlich verschieblichen Rahmentragwerken Vorteile bietet. Im neuen Bemessungsverfahren wird der Imperfektionseinfluss nicht mehr indirekt über das Querschnittsinteraktionsdiagramm erfasst, sondern direkt in Abhängigkeit vom Querschnittstyp und der entsprechenden Versagensachse durch geometrische Ersatzimperfektionen erfasst.

Für Verbundstützen mit Profilen der Stahlgüten S235 und S355 wurden die geometrischen Ersatzimperfektionen, die den Einfluss der geometrischen und strukturellen Imperfektionen abdecken, in mehreren Forschungsvorhaben ermittelt. Bei hochfesten Stählen ist der Frage nachzugehen, ob die den vereinfachten Bemessungsverfahren zugrundeliegende vollplastische Querschnittsinteraktionskurve weiterhin verwendet werden kann, da sich bei Stützen aus hochfesten Stählen relativ große Bereiche im Stahlquerschnitt ergeben, die nicht plastizieren. Mit der nun vorliegenden Untersuchung ist es möglich, Verbundstützenquerschnitte mit hochfestem Stahl in Bezug auf ihre Einordnung in die Knickspannungskurven und in Hinblick auf den Nachweis unter kombinierter Normalkraft- und Momentenbeanspruchung zu beurteilen. Im Vergleich zu Verbundstützen mit Stahlprofilen aus S235 und S355 ist bei der Einstufung in die Knickspannungskurven und bei der Festlegung der geometrischen Ersatzimperfektionen keine Änderung erforderlich. Beim Nachweis für Druck und Biegung muss jedoch der Reduktionsfaktor  $\alpha_M=0,9$  bei hochfesten Stählen auf  $\alpha_M=0,8$  reduziert werden.

## Summary

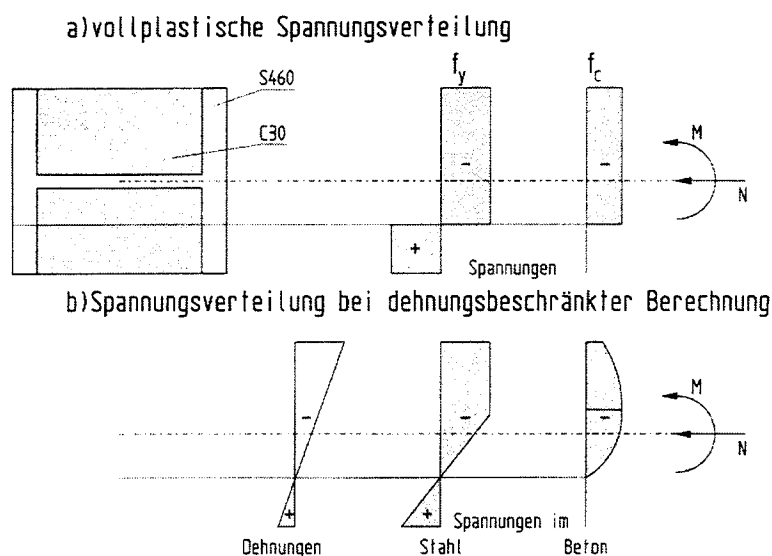
Compared to DIN 18806:1984 and Eurocode 4-1-1:1994, a modified design concept based on second order theory was introduced in the revised German building code DIN 18800 part 5. This new design concept was then further introduced into the EN-Version of Eurocode 4-1-1, because this design concept shows advantages especially for sway frames compared to the old method in DIN18806, based on the effective length of the column. In the new method, the influences of imperfection are taken into account by equivalent initial bow imperfections depending on the type of cross section and the relevant axis of failure.

These equivalent geometrical initial bow imperfections, which cover the influence of geometrical and structural imperfections, were determined by several research projects for composite columns with steel grades S235 and S355. The question arises for high strength steel, whether full plastic interaction curve can be used, because a large part of the cross sectional area will not yield for columns of high strength steel. With the results of the most recent research, it is possible to design composite cross sections of high strength steel according to its classification into buckling curves regarding the design of combined compression and bending. Compared to composite columns with steel grades S235 and S355 steel, no change is necessary for the classification into the buckling curves and for the determination of geometrical initial bow imperfection. However, for the design of combined compression and bending the reduction factor of  $\alpha_M = 0,9$  has to be reduced to  $\alpha_M = 0,8$  for steel grade S460.

## 1 Einleitung

Mit Erarbeitung der neuen deutschen Verbundbaunorm EDIN18800 Teil 5 [1] wurde gegenüber DIN 18806 [2] und DIN EN 1994-1-1 [3] ein modifiziertes Bemessungskonzept für Verbundstützen auf der Grundlage der Elastizitätstheorie II. Ordnung eingeführt. Dieses Bemessungsverfahren wurde zwischenzeitlich auch in prEN 1994-1-1 [4] aufgenommen, da es im Vergleich zu dem in DIN 18806 enthaltenen Bemessungsverfahren auf der Grundlage des Ersatzstabverfahrens insbesondere bei seitlich verschieblichen Rahmentragwerken Vorteile bietet. Im neuen Bemessungsverfahren wird der Imperfektionseinfluss nicht mehr indirekt über das Querschnittsinteraktionsdiagramm erfasst, sondern explizit in Abhängigkeit vom Querschnittstyp und der entsprechenden Versagensachse durch geometrische Ersatzimperfektionen erfasst und bei der Berechnung der Schnittgrößen nach Theorie 2. Ordnung mit berücksichtigt. [5,6,7].

Für Verbundstützen mit Profilen der Stahlgüten S235 und S355 wurden die geometrischen Ersatzimperfektionen, die den Einfluss der geometrischen und strukturellen Imperfektionen abdecken, in [8] ermittelt. Für die Verwendung von hochfesten Stählen bei Verbundstützen wurde in [9] ein vereinfachtes Bemessungsverfahren auf der Grundlage des Ersatzstabverfahrens entwickelt.



**Bild 1:** Beispiel für die angenommene (a) und reale (b) Spannungsverteilung im Querschnitt

Bei hochfesten Stählen ist der Frage nachzugehen, ob die den vereinfachten Bemessungsverfahren zugrundeliegende vollplastische Querschnittsinteraktionskurve weiterhin verwendet werden kann. Bild 1 zeigt exemplarisch den Unterschied zwischen der angesetzten vollplastischen (a) und der sich aus der Dehnungsverteilung tatsächlich ergebenden Spannungsverteilung (b). Bild 1 verdeutlicht, dass sich bei Stützen aus hochfesten Stählen relativ große Bereiche im Stahlquerschnitt ergeben, die nicht plastizieren. Für den Anhang H von ENV 1994-1-1 wurden bereits diesbezügliche Untersuchungen durchgeführt [9]. Allerdings war die Beurteilungsbasis von der heutigen vollkommen unterschiedlich.

Grundlage des Anhangs H bildet der Nachweis nach dem Ersatzstabverfahren nach [3]. Zusätzlich wurden alle Verbundstützenquerschnitte unabhängig von Form und Biegeachse für den zentrischen Ausgangswert in die Knickspannungskurve a eingestuft und die Einflüsse aus Eigenspannungen und geometrischen Imperfektionen durch Reduzierung der Abminderungsbeiwerte der Knickspannungslinie a sowie durch eine weitere Abminderung der Tragfähigkeit bei gleichzeitiger Beanspruchung durch Normalkräfte und Biegemomente erfasst.

Im Rahmen diese Forschungsvorhabens werden die in DIN 18800-5 und prEN 1994-1-1 enthaltenen Bemessungsverfahren auf der Grundlage der Elastizitätstheorie II. Ordnung auf den Anwendungsbereich für hochfeste Stähle erweitert. Hierzu werden zunächst die für dieses Nachweisverfahren benötigten geometrischen Ersatzimperfektionen ermittelt. In einem zweiten Schritt werden erweiterte Regelungen für den Nachweis bei Druck und Biegung hergeleitet.

## 2 Grundlagen der durchgeführten Untersuchungen

Mit einem FE-Programm, das nach den Regeln einer genauen Bemessungsmethode arbeitet und in [7] und [10] ausführlich beschrieben ist, werden verschiedene Querschnittsformen untersucht, die auch bereits bei der Ermittlung der Vorverformungen für den Normalbeton [8] als repräsentativ ausgewählt worden waren. Mit dieser Auswahl sollen die Anwendungsgrenzen des vereinfachten Verfahrens in DIN 18800-5 und prEN 1994-1-1 abgedeckt werden. Weiterhin wurden Querschnitte ergänzt, die sich im Verlauf der Untersuchungen als signifikant herausgestellt haben bzw. zwischenzeitlich in prEN 1994 aufgenommen wurden. Die gewählten Querschnitte sind in der Tabelle 1 mit ihren maßgebenden Parametern zusammengefasst. In Vorberechnungen wurde festgestellt, dass die Materialkombination „Hochfester Stahl mit niedrigfestem Beton“, die ungünstigste Kombination ist. Somit wurden alle Berechnungen mit den Materialgüten:

- Stahl S460 mit  $f_{y,k} = 460 \text{ N/mm}^2$
- Beton C30 mit  $f_{c,k} = 30 \text{ N/mm}^2$
- Bewehrung S500 mit  $f_{s,k} = 500 \text{ N/mm}^2$

durchgeführt. Weiterhin erfolgt für diejenigen Querschnitte, die nicht punktsymmetrisch sind, jeweils eine Berechnung für Biegung um die starke und schwache Querschnittsachse.

Als geometrische Vorverformung für die genaue Berechnung wird eine sinusförmige Vorverformung mit einem Stich  $f_m = L/1000$  angesetzt. Zusätzlich werden bei I-Profilen Eigenspannungen im Stahlprofil angenommen. Als Randspannung der Flansche werden dabei 50% der Streckgrenze des St37, d.h.  $12 \text{ kN/cm}^2$  als Druckeigenspannung gewählt. In Flanschmitte werden entsprechend  $6 \text{ kN/cm}^2$  Zugeigenspannung in Rechnung angenommen. Die Mittelordinate des Steges ergibt sich dann jeweils aus Gleichgewicht. Die exakten Traglastberechnungen wurden unter Zugrundelegung der charakteristischen Werte der Materialfestigkeiten sowie der zugehörigen Spannungsdehnungslinien durchgeführt, da das Ergebnis der Traglastrechnung als simulierter Traglastversuch gewertet wird.

	Lfd. Nr.	Profil	Betonabmessung	Bewehrung	
		Typ	h x b [mm]	n ø [mm]	Prozentsatz
I-Profile	1	HE1000M	1612 x 543	52 ø 28	3,9
	2	HE1000M	1612 x 543	4 ø 28	0,3
	3	HE200M	350 x 370	12 ø 20	3,2
	4	HE200M	350 x 370	4 ø 12	0,4
	5	HE1000M	Kammerbeton	16 ø 28	3,8
	6	HE1000M	Kammerbeton	4 ø 16	0,3
	7	HE200M	Kammerbeton	4 ø 12	1,4
	8	HE200M	Kammerbeton	4 ø 6	0,4
	9	2 HE1000A gekreuzt	Kammerbeton	16 ø 28	1,6
	10	2 HE600A gekreuzt	Kammerbeton	16 ø 20	2,0
Hohlprofile	11	Rohr 800x10			
	12	Rohr 800x10		8 ø 28	1,0
	13	Rohr 800x10		16 ø 28	2,1
	14	Rohr 800x10		28 ø 28	3,6
	15	Rohr 406,5x5		24 ø 20	6,1
	16	Rechteck 500x300x12		8 ø 28	3,7
	17	Rohr 800x15 + HE600A			
	18	Rohr 406,5x5 + HE220M			
	19	Rohr 406,5 + HE100A			

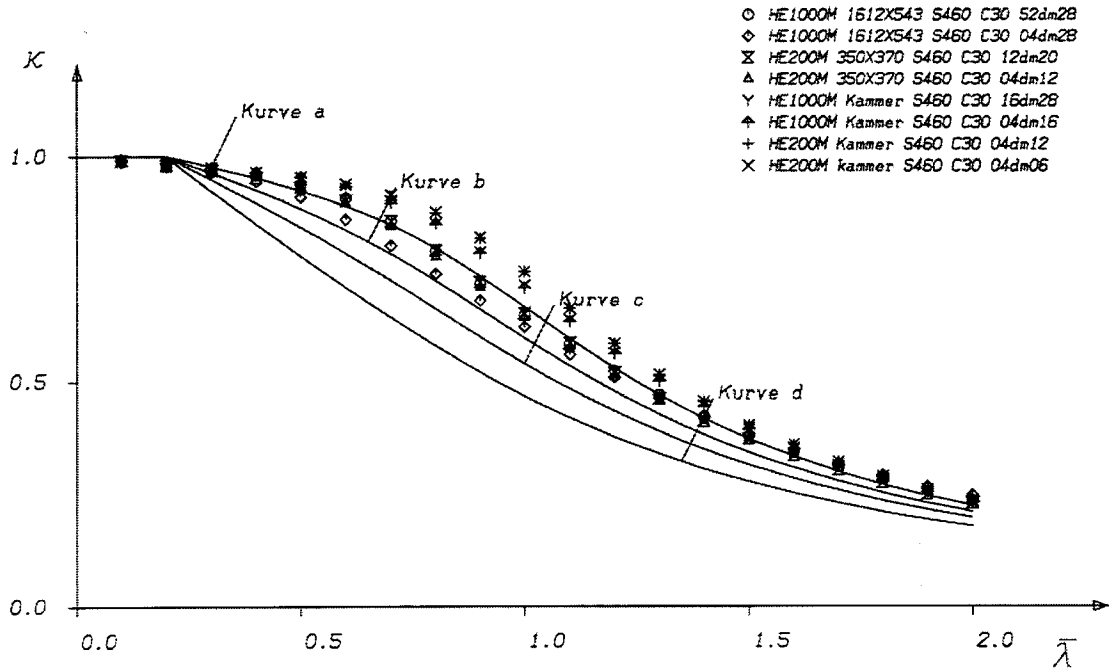
**Tabelle 1:** Übersicht über die repräsentativen Querschnitte

### 3 Einordnung in Knickspannungskurven und geometrische Ersatzimperfektionen

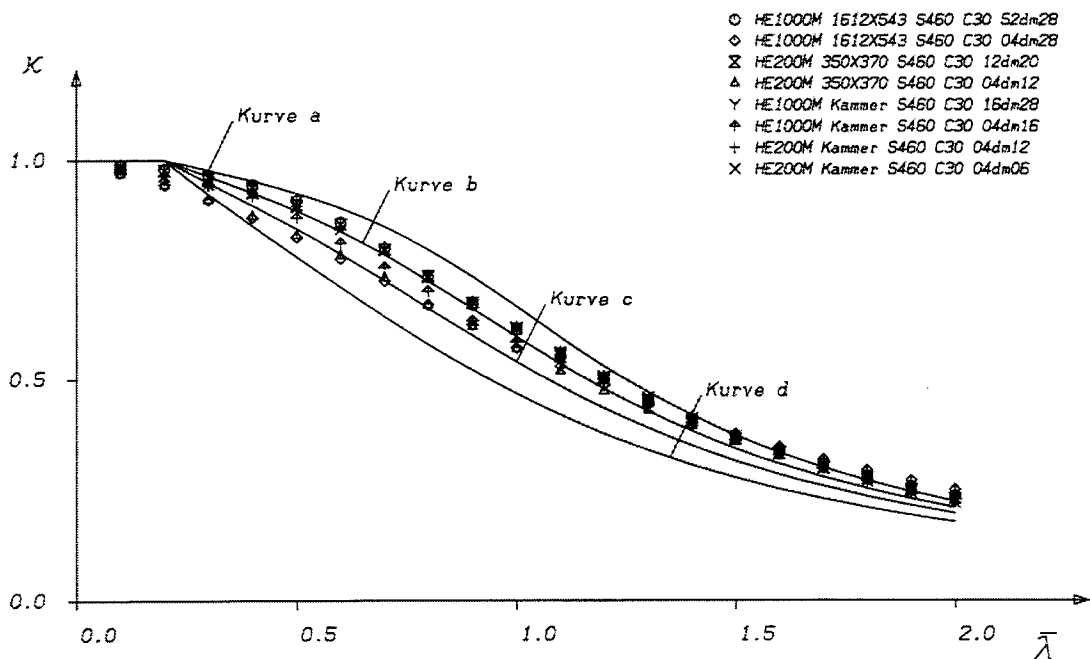
Die Berechnungsergebnisse für planmäßig zentrische Beanspruchung sind im Anhang I für alle Querschnitte einzeln angegeben. Die Bilder 2 bis 6 zeigen Ergebnisse für Querschnittsgruppen. Die Knickspannungskurven sind in den Bildern mit ihren Kennungsbuchstaben a, b, c oder d angegeben.

Bild 2 gibt die Ergebnisse für I-Profile mit Versagen um die starke Stahlprofilachse wieder. Die Profile sind sowohl vollständig als auch teilweise (Kammer) einbetoniert (Querschnitte 1 bis 8 der Tabelle 1). Die Berechnungsergebnisse liegen oberhalb der Ergebnisse, die für S235 und S355 bekannt sind. Diese Querschnitte können auf der sicheren Seite liegend in die Knickspannungskurve „b“ entsprechend der Zuordnung für S235 und S355 eingeordnet werden. Für Biegung um die schwache Achse des Stahlprofils zeigen sich ähnliche Ergebnisse (Bild 3). Auch diese Querschnitte können wie für S235 und S355 in die Knickspannungskurve „c“ eingeordnet werden.



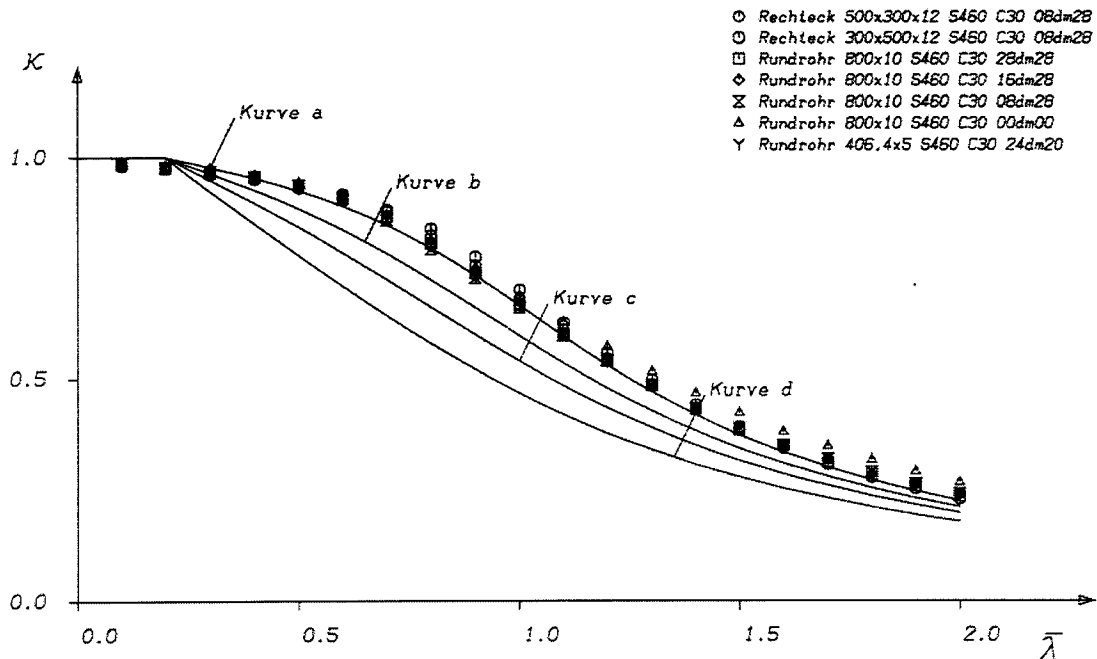


**Bild 2:** Vergleich mit den Knickspannungskurven für vollständig und teilweise einbetonierte I-Profile (Ausweichen um die starke Achse)



**Bild 3:** Vergleich mit den Knickspannungskurven für vollständig und teilweise einbetonierte I-Profile (Ausweichen um die schwache Achse)

Bei den betongefüllten Hohlprofilen (Bild 4) kann die Einstufung wie bei den normalen Stahlgüten in die Knickspannungslinie a erfolgen. Bei der Beurteilung des Einflusses des Bewehrungsgrades kann die in prEN 1994-1-1 für die Stahlgüten S235 und S355 angegebene Differenzierung in Abhängigkeit vom Bewehrungsprozentsatz entfallen.

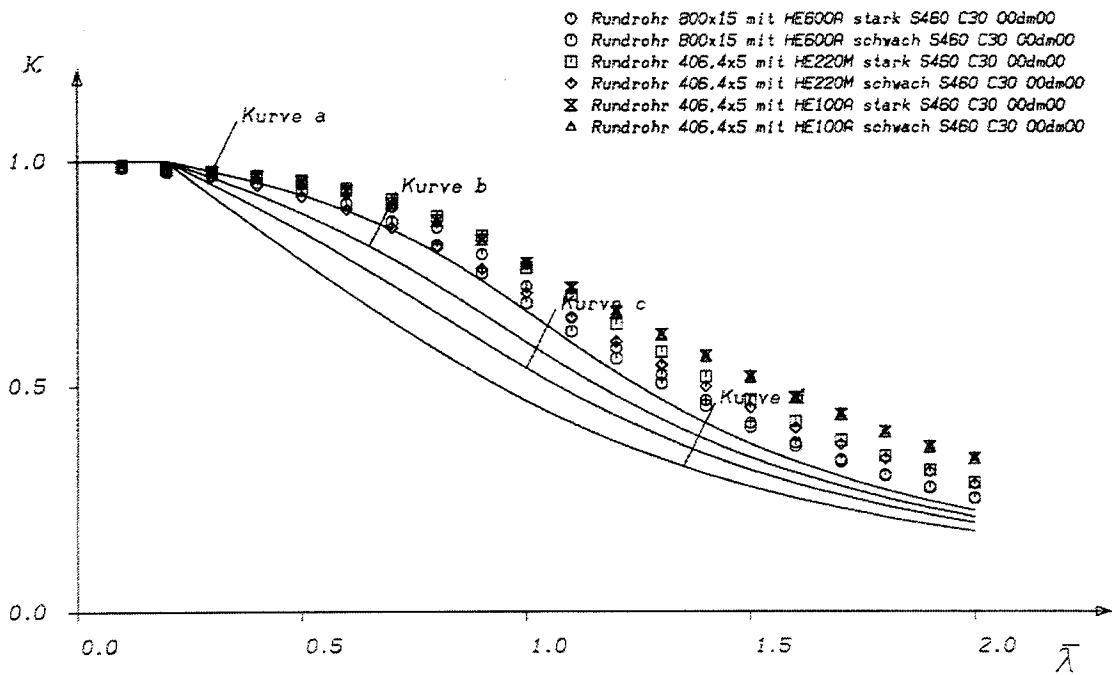


**Bild 4:** Vergleich mit den Knickspannungskurven für ausbetonierte Hohlprofile mit zusätzlicher Bewehrung

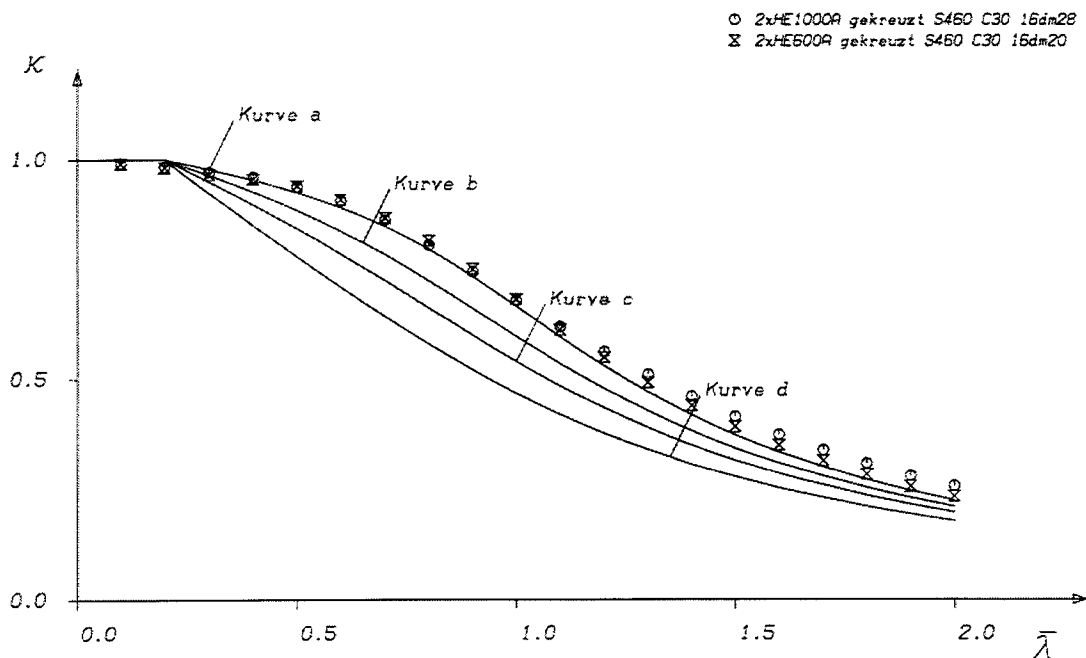
Für betongefüllte Hohlprofile mit Einstellprofilen (Bild 5) wird ebenfalls vorgeschlagen, die Zuordnung zu den Knickspannungskurven genauso wie bei normalfestem Stahl vorzunehmen. Die Berechnungsergebnisse liegen dabei stets auf der sicheren Seite. Entsprechendes kann bei den gekreuzten I-Profilen mit Beton in den Kammern (Bild 6) festgestellt werden.

Im Anhang I sind alle durchgeführten Berechnungen für zentrische Beanspruchung angegeben. Da die anzusetzenden Vorverformungen von den Knickspannungskurven abhängig sind, können die zugehörigen Vorverformungen übernommen werden.

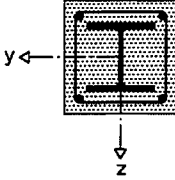
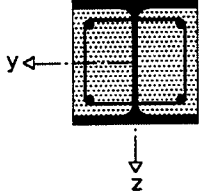
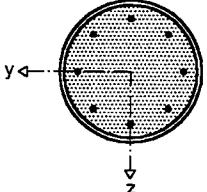
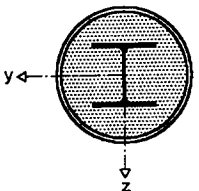
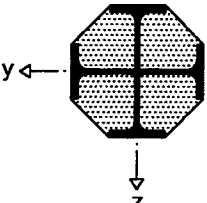
Für den Weißdruck von EDIN 18805 sowie für EN 1994-1-1 können daher die in Tabelle 2 zusammengestellten Zuordnungen und geometrischen Ersatzimperfektionen empfohlen werden.



**Bild 5:** Vergleich mit den Knickspannungskurven für ausbetonierte Hohlprofile mit zusätzlichen Einstellprofilen



**Bild 6:** Vergleich mit den Knickspannungskurven für Verbundstützen mit gekreuzten I-Profilen

Querschnittstyp	Grenzwerte	Ausweichen um die Achse	Knickspannungskurve		Geometrische Ersatzimperfection	
			S235 S355	S460	S235 S355	S460
Vollständig einbetonierte Profile 		y-y	b	b	L/200	L/200
		z-z	c	c	L/150	L/150
teilweise einbetonierte Profile 		y-y	b	b	L/200	L/200
		z-z	c	c	L/150	L/150
runde und rechteckige Ausbetonierte Hohlprofile 	$\rho_s \leq 3\%$	jede	a	a	L/300	L/300
	$3\% < \rho_s \leq 6\%$	jede	b	a	L/200	L/300
runde Hohlprofile mit Einstellprofilen 		y-y	b	b	L/200	L/200
		z-z	b	b	L/200	L/200
teilweise einbetonierte gekreuzte Profile 		jede	b	b	L/200	L/200

**Tabelle 2:** Vorschlag für die Einstufung von Verbundstützen aus hochfestem Stahl und zugehörige geometrische Ersatzimperfectionen – Vergleich mit der Einstufung nach prEN 1994-1-1

#### 4 Einfluss des hochfesten Stahles bei Druck und Biegung

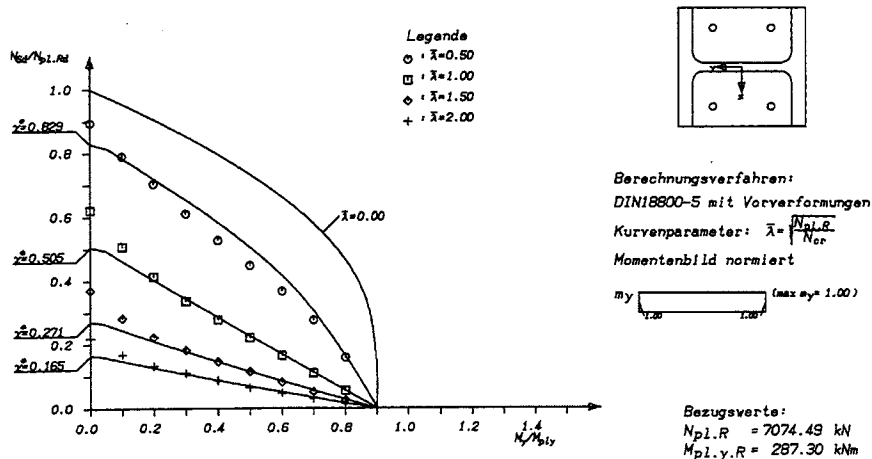
Der Nachweis bei Biegung und Druck wird nach EDIN 18800-5 und prEN 1994-1-1 auf der Grundlage der vollplastischen Querschnittsinteraktionskurve geführt. Das aus der Querschnittsinteraktionskurve resultierende aufnehmbare vollplastische Biegemoment wird dabei mit dem Faktor 0,9 abgemindert. Diese Abminderung deckt sowohl den vereinfachten Ansatz einer vollplastischen Spannungsverteilung ohne Berücksichtigung von Dehnungsbeschränkungen bei der Ermittlung der Querschnittstragfähigkeit ab als auch die vereinfachten Annahmen hinsichtlich der über die Stützenlänge konstant angenommenen Biegesteifigkeit bei der Berechnung der Schnittgrößen nach Elastizitätstheorie II. Ordnung. Da der Einfluss aus der Querschnittsplastizierung bei Stützen mit hochfesten Stählen stärker durchschlägt, ist zu erwarten, dass bei Stützen mit hochfesten Stählen die o. g. Reduzierung der vollplastischen Momententragfähigkeit mit dem Faktor 0,9 nicht immer auf der sicheren Seite liegt. Zur Überprüfung wurden verschiedene Querschnittstypen für die Beanspruchungskombination Druck und Biegung untersucht.

Die Berechnungen erfolgten nach Elastizitätstheorie II. Ordnung nach dem vereinfachten Verfahren nach EDIN 18800-5 und prEN 1994-1-1. Dabei wurden geometrische Ersatzimperfectionen nach Kapitel 3 und der Reduktionsfaktors  $\alpha_M=0,9$  für Momente zugrunde gelegt. Die Ergebnisse sind in den nachfolgenden Bildern 7 bis 9 exemplarisch für ein teilweise einbetoniertes I-Profil (HE 200) mit Biegung um die schwache Achse als durchgezogene Linie dargestellt. Die genaue Traglastberechnung (Einzelpunkte) erfolgt für Momente von 0,0 bis 0,8  $M_{pl}$  in Schritten von 0,1  $M_{pl}$ . Bild 7 zeigt den Vergleich für eine konstante Momentenverteilung ( $r = 1,0$ ), Bild 8 den entsprechenden Vergleich für das einseitige Randmoment ( $r = 0,0$ ), d.h. mit dreieckförmigem Momentenverlauf und Bild 9 zeigt die Ergebnisse für ein durchschlagendes Moment ( $r = -1,0$ ). Die Berechnungskurven wurden für die bezogenen Schlankheitsgrade  $\bar{\lambda} = 0,5$ ,  $\bar{\lambda} = 1,0$ ,  $\bar{\lambda} = 1,5$  und  $\bar{\lambda} = 2,0$  erstellt:

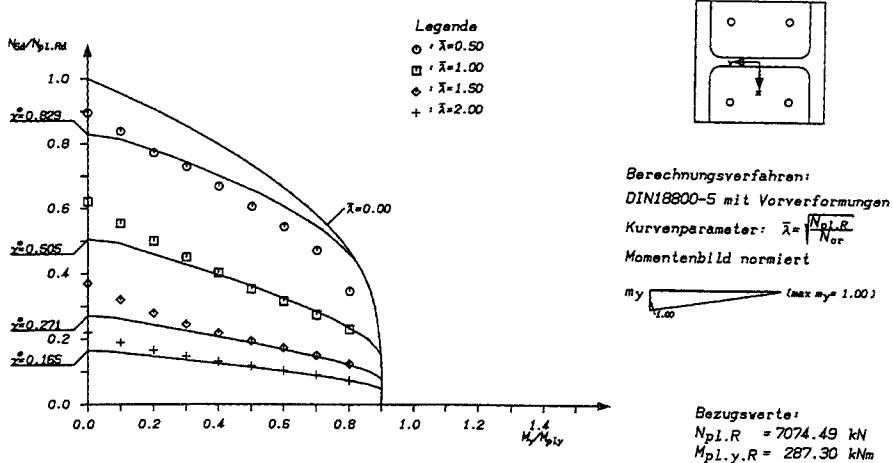
Die Bilder 7 bis 9 verdeutlichen, dass sich infolge des in Bild 1 dargestellten Plastizierungsverhaltens des hochfesten Stahles insbesondere bei größeren Momentenbeanspruchungen und mittleren Schlankheiten Abweichungen gegenüber der genauen Rechnung ergeben, die zur unsicheren Seite gehen.

Zur Abdeckung der auf der unsicheren Seite liegenden Abweichungen wird eine Modifikation des vereinfachten Verfahrens vorgeschlagen. Der Nachweis der Momententragfähigkeit sollte nicht gegen 0,9  $M_{pl}$ , sondern gegen ein weiter reduziertes vollplastische Moment mit  $\alpha_M=0,8$  geführt werden. Die Bilder 10 bis 12 zeigen die Vergleiche mit der exakten Berechnung unter Ansatz eines Reduktionsfaktors  $\alpha_M=0,8$ . Die vollständigen Berechnungsergebnisse enthalten die Anhänge II bis IV zusammengestellt. Die bei Ansatz von  $\alpha_M=0,8$  noch vorhandenen geringen Abweichungen können als akzeptabel angesehen werden. Für den Nachweis von Verbundstützen mit hochfesten Stählen gilt somit beim Nachweis für Druck und Biegung (Gl. 1) mit  $\alpha_M$  nach Tabelle 3:

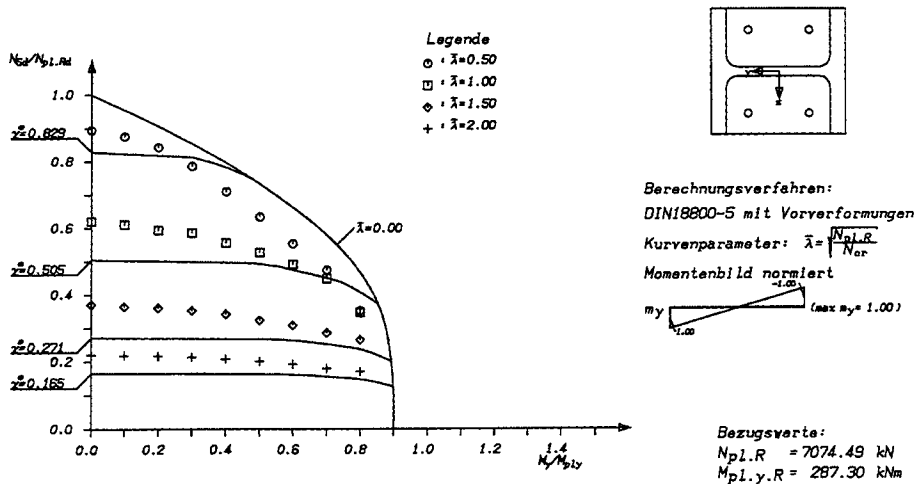
$$\frac{M_{Sd}}{M_{pl,Rd}} \leq \alpha_M \quad (1)$$



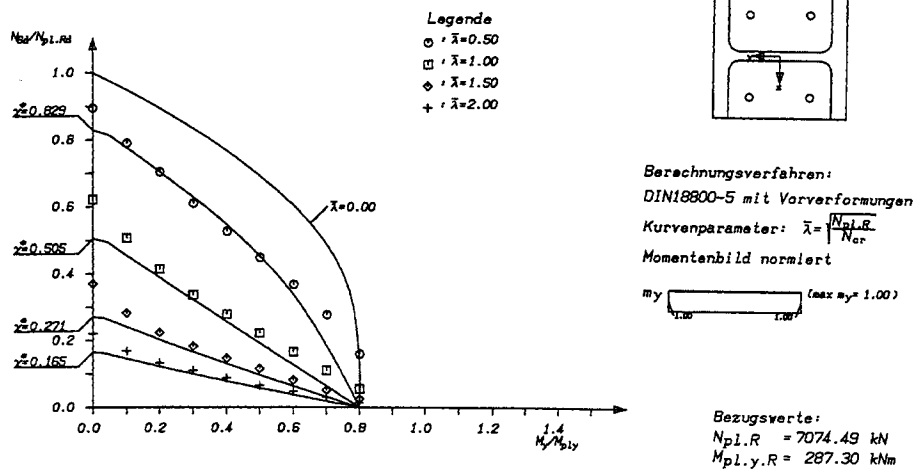
**Bild 7:** Vergleich der exakten Berechnung mit dem Näherungsverfahren für einen konstanten Momentenverlauf ( $r = 1,0$ ) und  $\alpha_M=0,9$



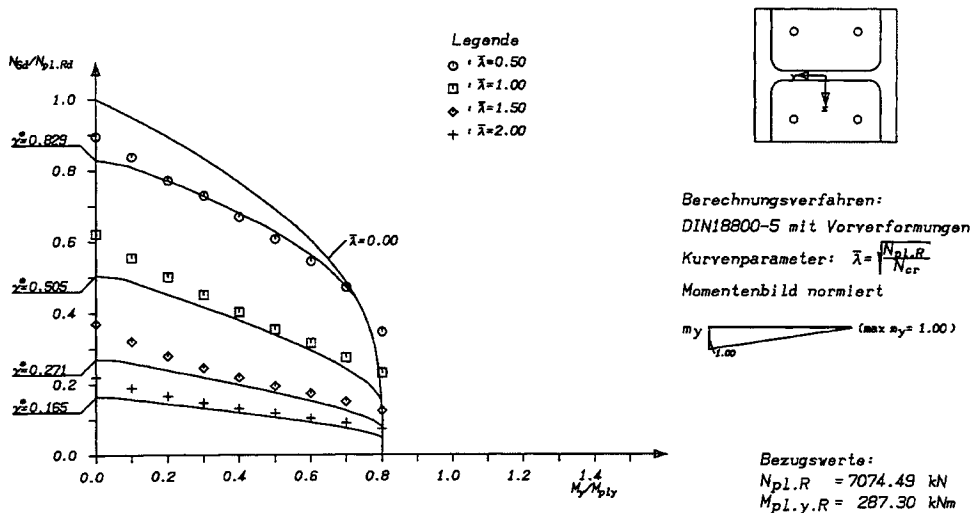
**Bild 8:** Vergleich der exakten Berechnung mit dem Näherungsverfahren für ein einseitiges Randmoment ( $r = 0,0$ ) und  $\alpha_M=0,9$



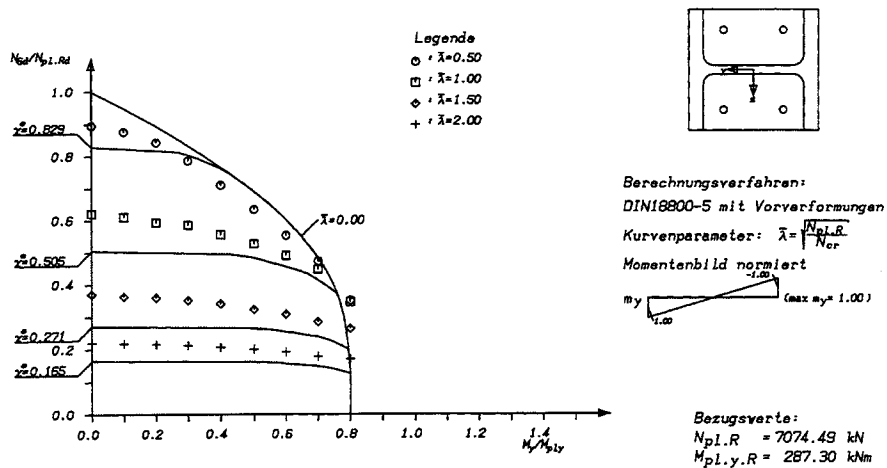
**Bild 9:** Vergleich der exakten Berechnung mit dem Näherungsverfahren für einen durchschlagenden Momentenverlauf ( $r = -1,0$ ) und  $\alpha_M=0,9$



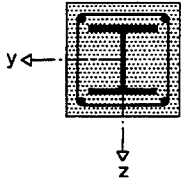
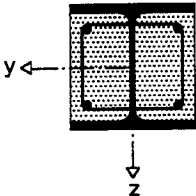
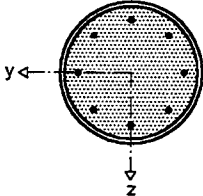
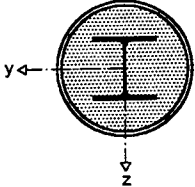
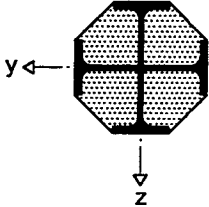
**Bild 10:** Vergleich der exakten Berechnung mit dem Näherungsverfahren für einen konstanten Momentenverlauf ( $r = 1,0$ ) und Begrenzung auf  $0,8 M_{pl}$



**Bild 11:** Vergleich der exakten Berechnung mit dem Näherungsverfahren für einen konstanten Momentenverlauf ( $r = 0$ ) und Begrenzung auf  $0,8 M_{pl}$



**Bild 12:** Vergleich der exakten Berechnung mit dem Näherungsverfahren für einen konstanten Momentenverlauf ( $r = -1$ ) und Begrenzung auf  $0,8 M_{pl}$

Querschnittstyp	Ausweichen um die Achse	Knickspannungskurve	Vorverformung	Momentenfaktor $\alpha_M$
vollständig einbetonierte I-Profile 	y-y	b	$L/200$	0,8
	z-z	c	$L/150$	
teilweise einbetonierte I-Profile 	y-y	b	$L/200$	
	z-z	c	$L/150$	
runde und rechteckige Hohlprofile 	jede	a	$L/300$	
runde Hohlprofile mit Einstellprofilen 	y-y	b	$L/200$	
	z-z	b	$L/200$	
teilweise einbetonierte gekreuzte I-Profile 	jede	b	$L/200$	

**Tabelle 3:** Einordnung in Knickspannungskurven, geometrische Ersatzimperfektionen Momentenfaktoren für Baustahl S460



## 5 Zusammenfassung

Mit der nun vorliegenden Untersuchung ist es möglich, Verbundstützenquerschnitte mit hochfestem Stahl in Bezug auf ihre Einordnung in die Knickspannungskurven und in Hinblick auf den Nachweis unter kombinierter Normalkraft- und Momentenbeanspruchung zu beurteilen. Im Vergleich zu Verbundstützen mit Stahlprofilen aus S235 und S355 ist bei der Einstufung in die Knickspannungskurven und bei der Festlegung der geometrischen Ersatzimperfectionen keine Änderung erforderlich. Beim Nachweis für Druck und Biegung muss jedoch bei Verwendung von Stählen S460 der Reduktionsfaktor 0,9 auf den Wert  $\alpha_M=0,8$  reduziert werden.

## 6 Literatur

- [1] EDIN 18800-5: Stahlbauten , Teil 5: Verbundtragwerke aus Stahl und Beton, Bemessung und Konstruktion, Fassung 4/1999
- [2] DIN 18806 . Verbundkonstruktionen, Teil 1: Verbundstützen, März 1984
- [3] DIN V ENV 1994-1-1: Eurocode 4: Bemessung und Konstruktion von Verbundtragwerken aus Stahl und Beton, Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln, Bemessungsregeln für den Hochbau, Februar 1994
- [4] prEN 1994-1-1: Eurocode 4: Design of composite steel and concrete structures, Part 1-1: General rules and rules for buildings, Draft No. 3, March 2001
- [5] Hanswille, G., Bergmann R.: Die neue Verbundbaunorm EDIN 18800-5 mit Kommentar und Beispielen, Stahlbaukalender 2000
- [6] Hanswille, G.: Handbuch für Bauingenieure, Kapitel 3.5: Verbundkonstruktionen, Springer Verlag, 2001
- [7] Roik, K., Bergmann, R.: Composite Columns, Chapter 4.2 of Constructional Steel Design, an international guide, Elsevier Applied Science, London, 1992
- [8] Lindner, J., Bergmann, R.: Zum Nachweis von Verbundstützen nach DIN 18800 Teil5, Der Stahlbau 7/1998
- [9] Bergmann, R.: Use of steel grade S460 in composite columns, Technical Paper B2 to EC4 Part 1 Annex H, 1996
- [10] Bergmann, R.: Traglastberechnung von Verbundstützen, Techn.-wissenschaftliche Mitteilungen, Heft 81-2, Institut für Konstruktiven Ingenieurbau, Ruhr-Universität Bochum, Bochum, 1981

Prof. Dr.-Ing. G. Hanswille

Dr.-Ing. R. Bergmann

**Forschungsbericht:**

**Ermittlung geometrischer  
Ersatzimperfektionen für  
Verbundstützen mit  
hochfesten Stählen**

**Aktenzeichen P3-5-17.10-992/01**

**Auftraggeber:**

Deutsches Institut für Bautechnik  
Berlin

**Anhang I**  
Vergleich der  
Berechnungsergebnisse mit  
den Knickspannungskurven bei  
zentrischer Beanspruchung



Ingenieurgesellschaft mbH  
Kohlenstr. 38  
44795 Bochum

Bochum

Oktober 2001

# Knickspannungskurven nach Eurocode 4

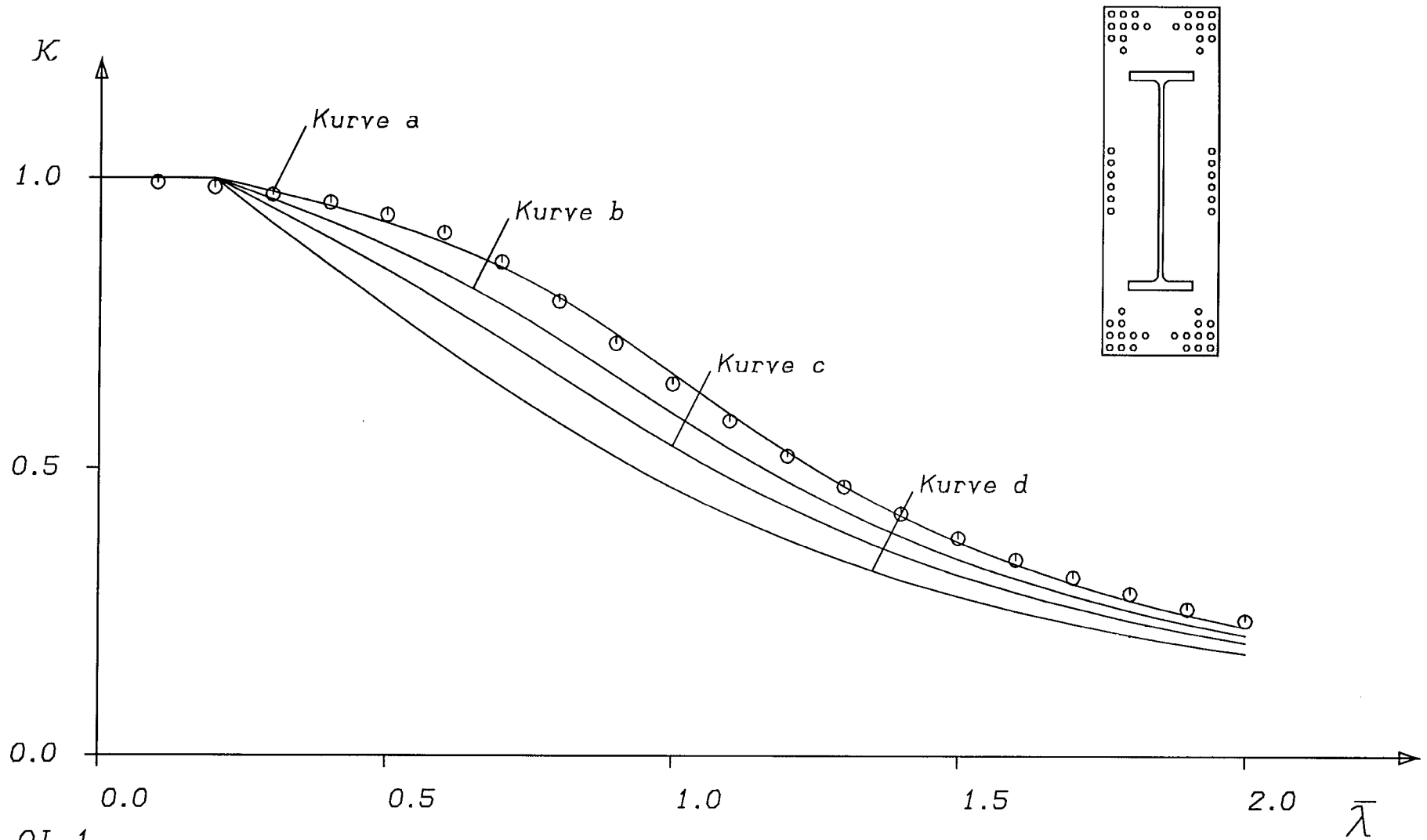


Bild AI-1

Vergleich mit Knickspannungskurve a  
HE1000M 1612X543 S460 C30 52dm28

Dr. R. Bergmann  
Ruhr-Universität  
Bochum

# Knickspannungskurven nach Eurocode 4

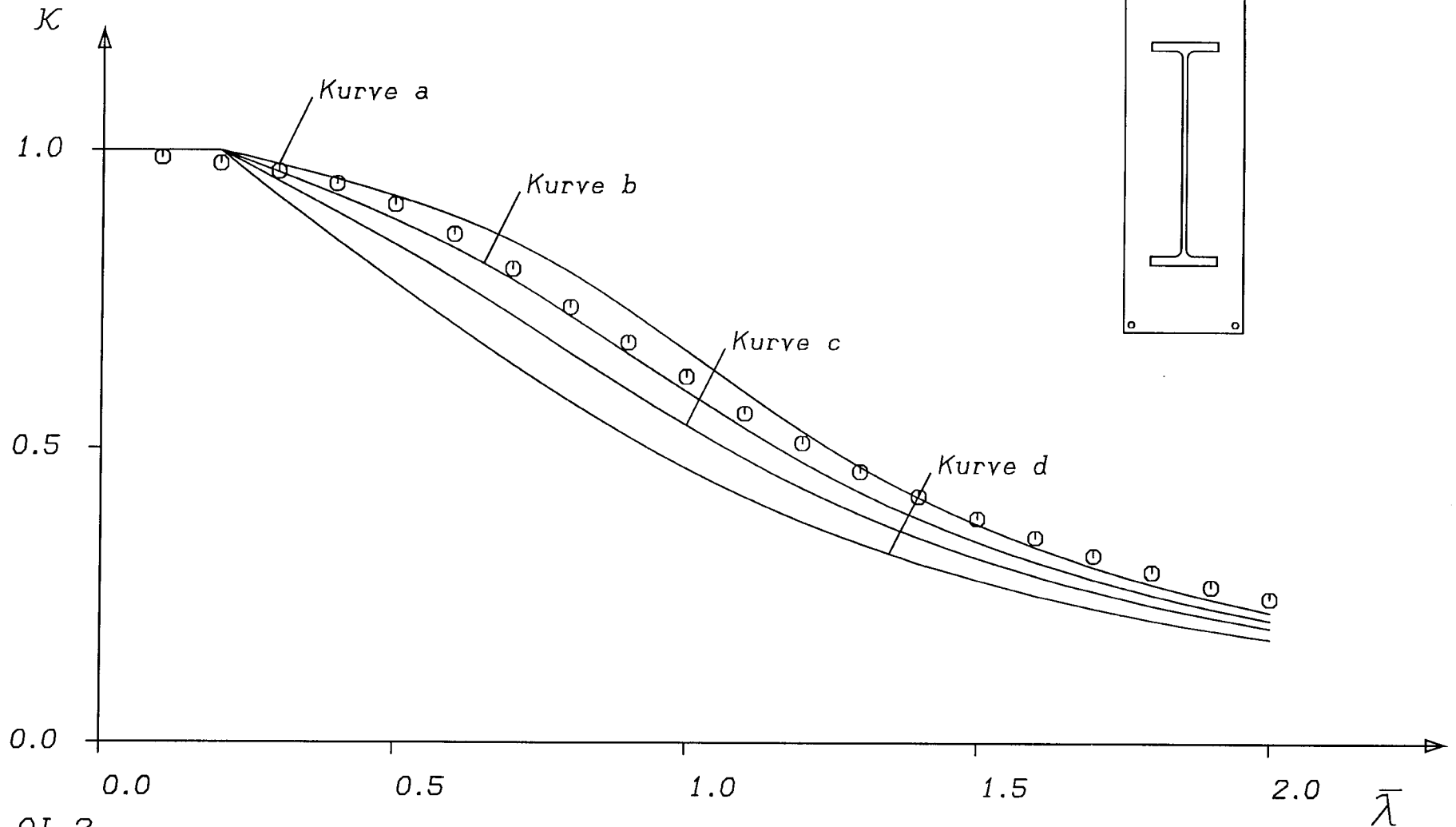


Bild AI-2

Vergleich mit Knickspannungskurve a  
HE1000M 1612X543 S460 C30 04dm28

Dr. R. Bergmann  
Ruhr-Universität  
Bochum

# Knickspannungskurven nach Eurocode 4

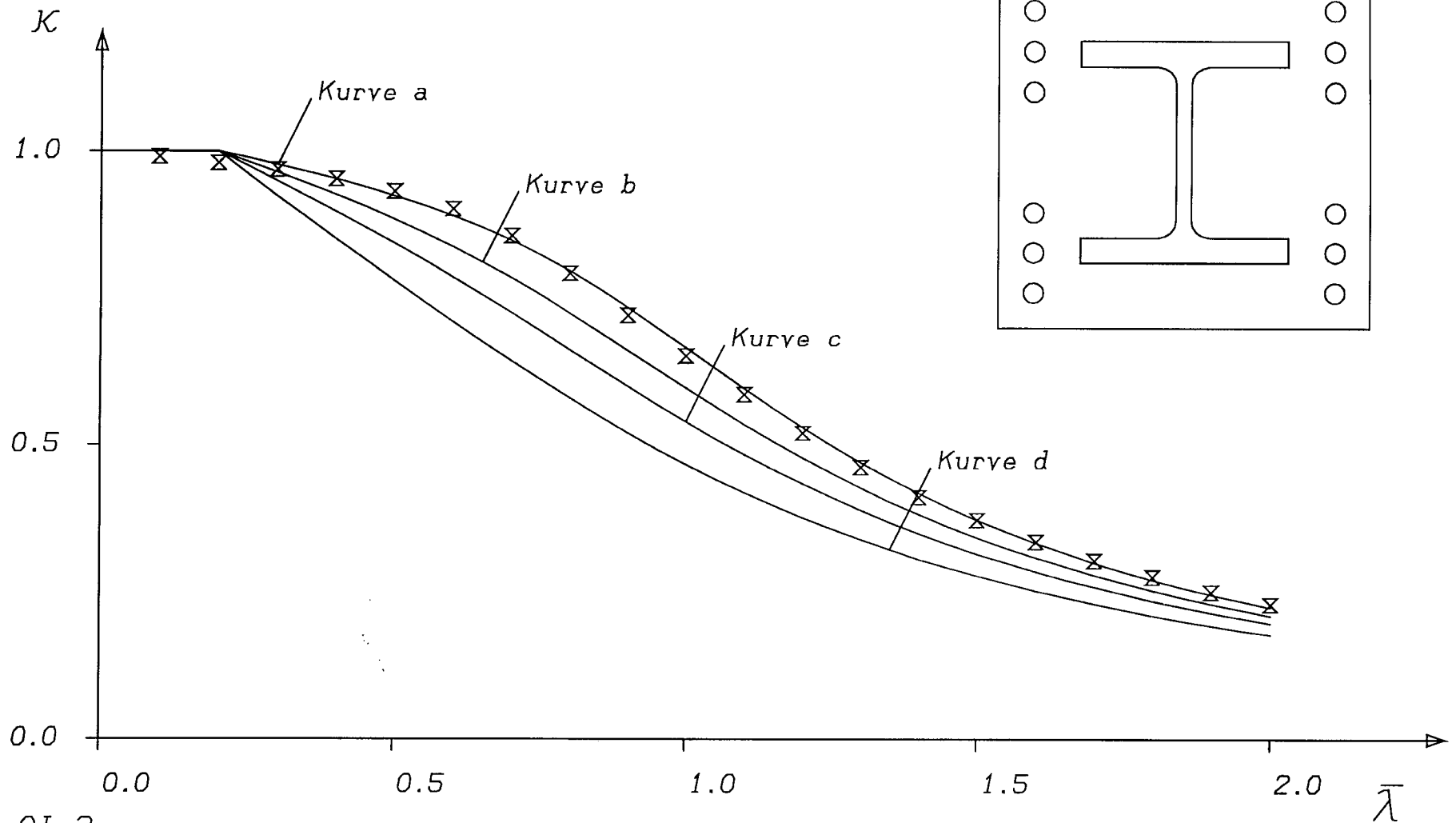


Bild AI-3

Vergleich mit Knickspannungskurve a  
HE200M 350X370 S460 C30 12dm<sup>2</sup>0

Dr. R. Bergmann  
Ruhr-Universität  
Bochum

# Knickspannungskurven nach Eurocode 4

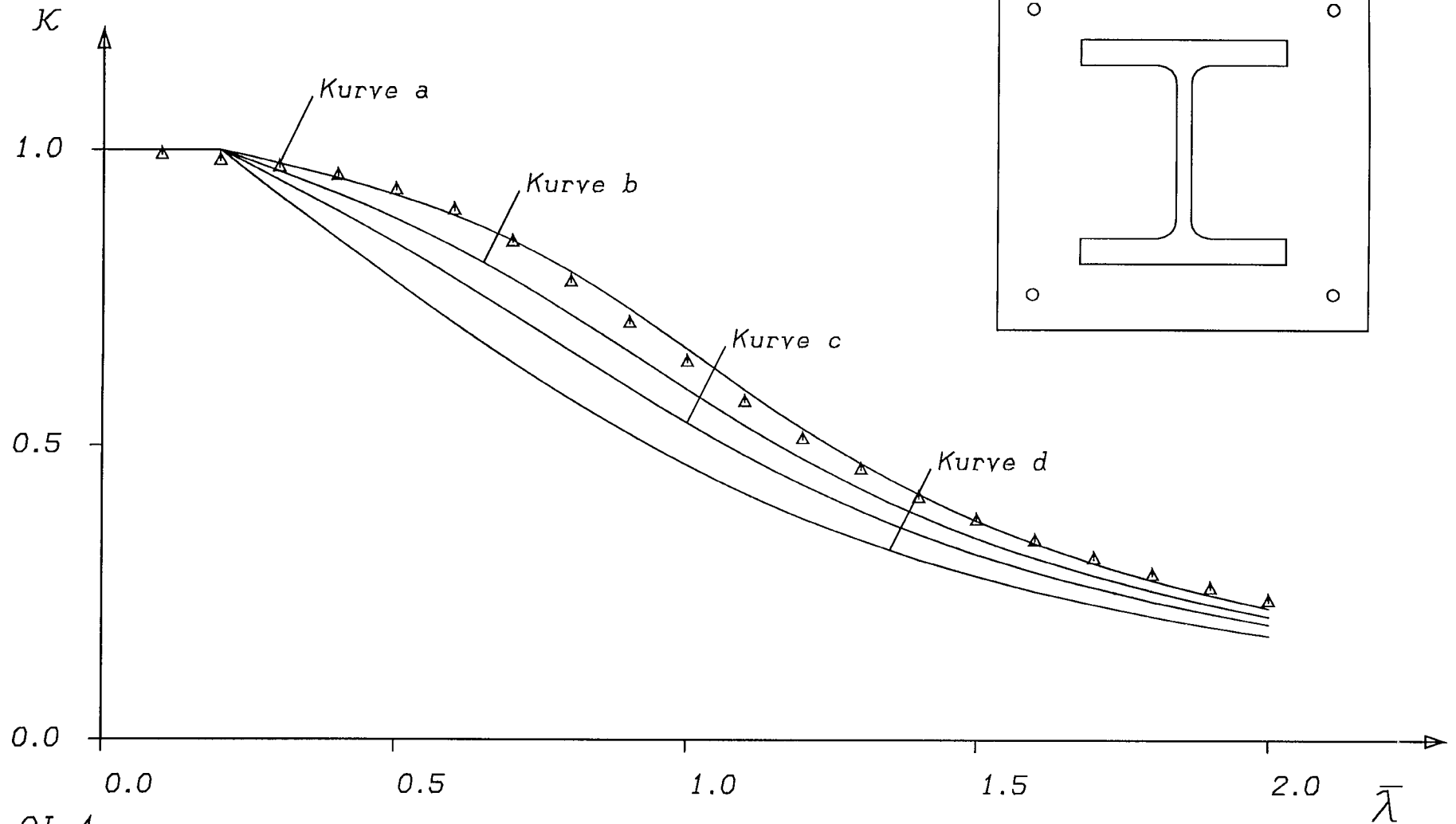


Bild AI-4

Vergleich mit Knickspannungskurve a  
HE200M 350X370 S460 C30 04dm12

Dr. R. Bergmann  
Ruhr-Universität  
Bochum

# Knickspannungskurven nach Eurocode 4

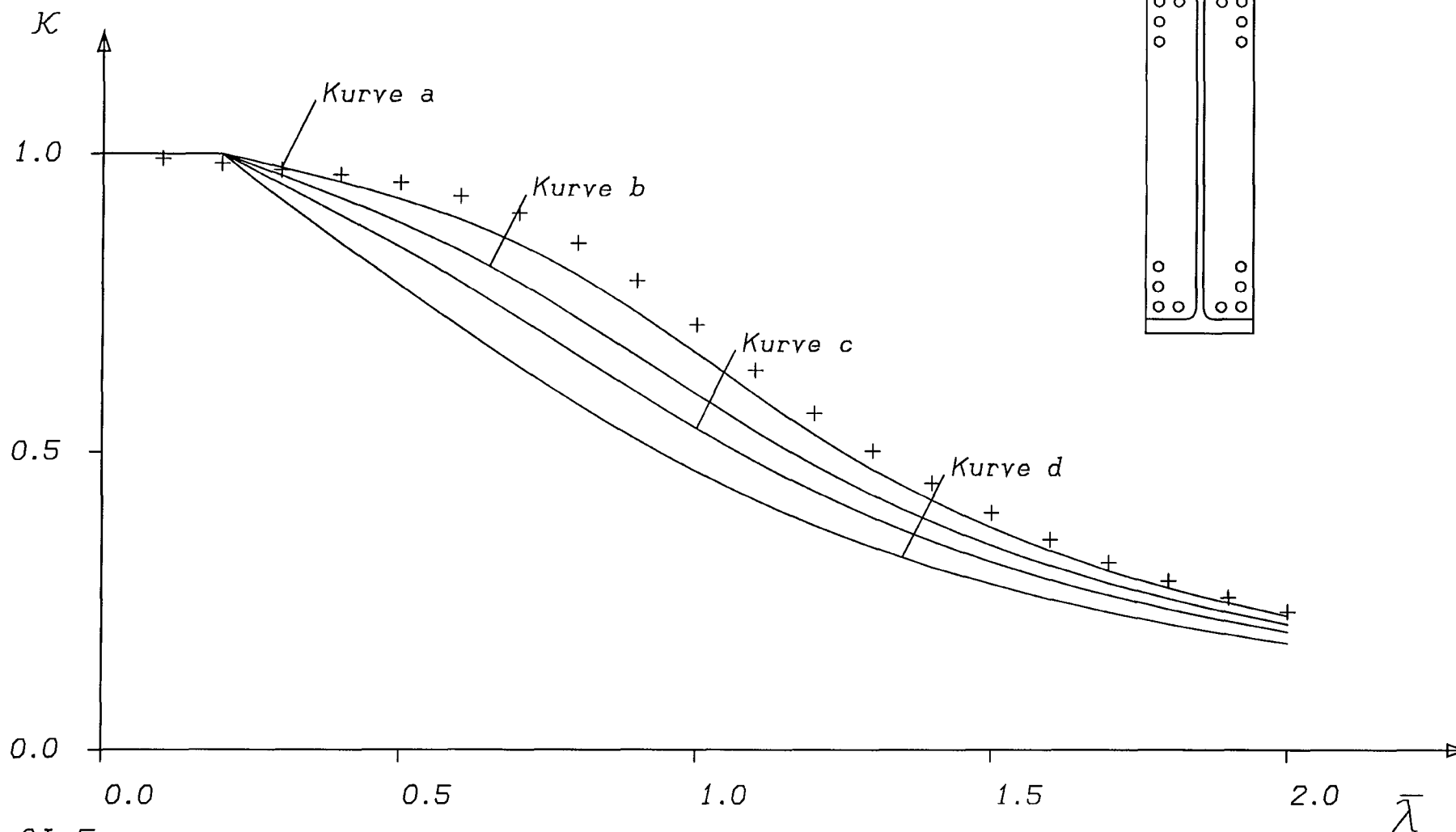


Bild AI-5

Vergleich mit Knickspannungskurve a  
HE1000M Kammer S460 C30 16dm28

Dr. R. Bergmann  
Ruhr-Universität  
Bochum

# Knickspannungskurven nach Eurocode 4

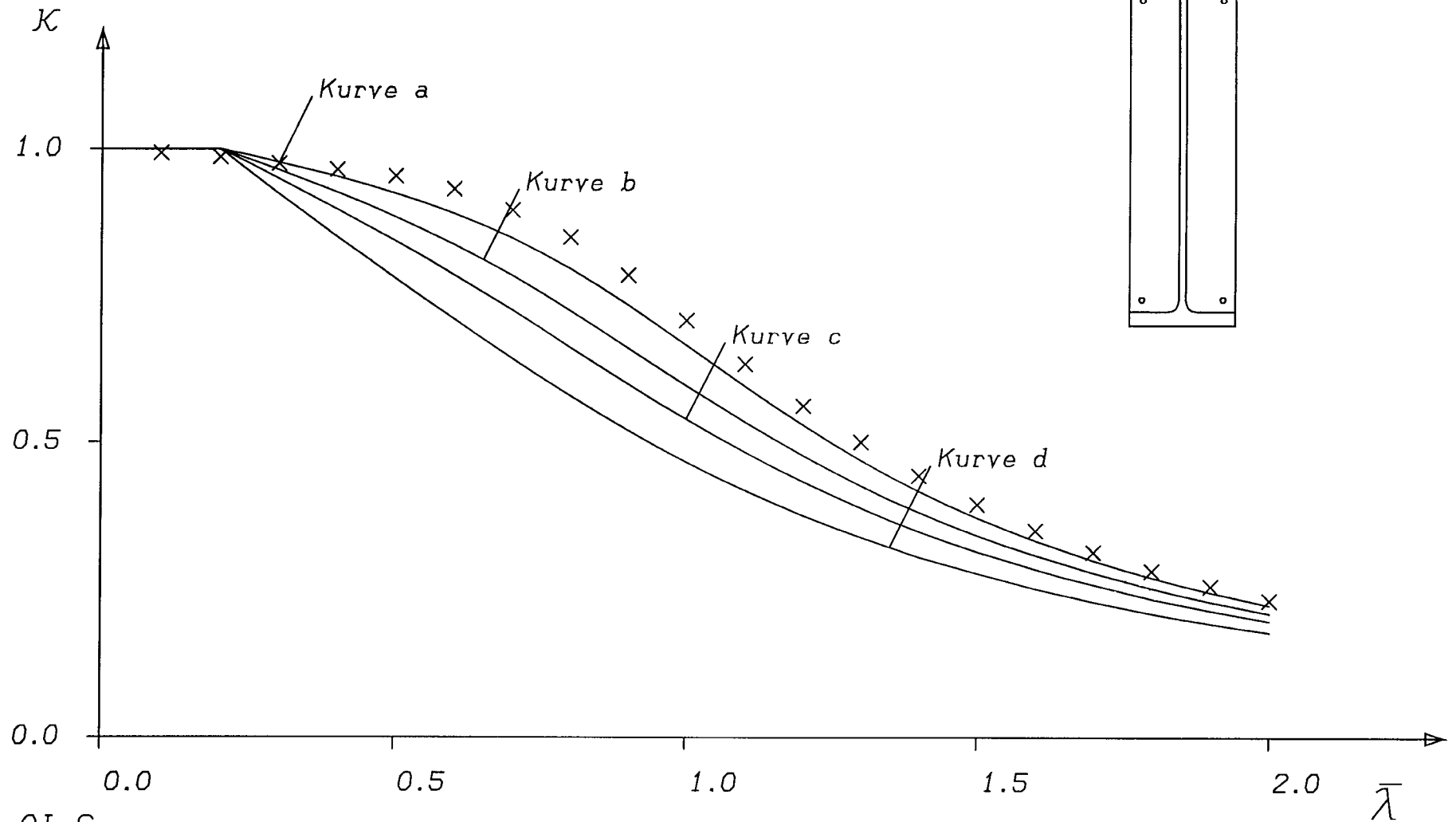


Bild AI-6

Vergleich mit Knickspannungskurve a  
HE1000M Kammer S460 C30 04dm16

Dr. R. Bergmann  
Ruhr-Universität  
Bochum



# Knickspannungskurven nach Eurocode 4

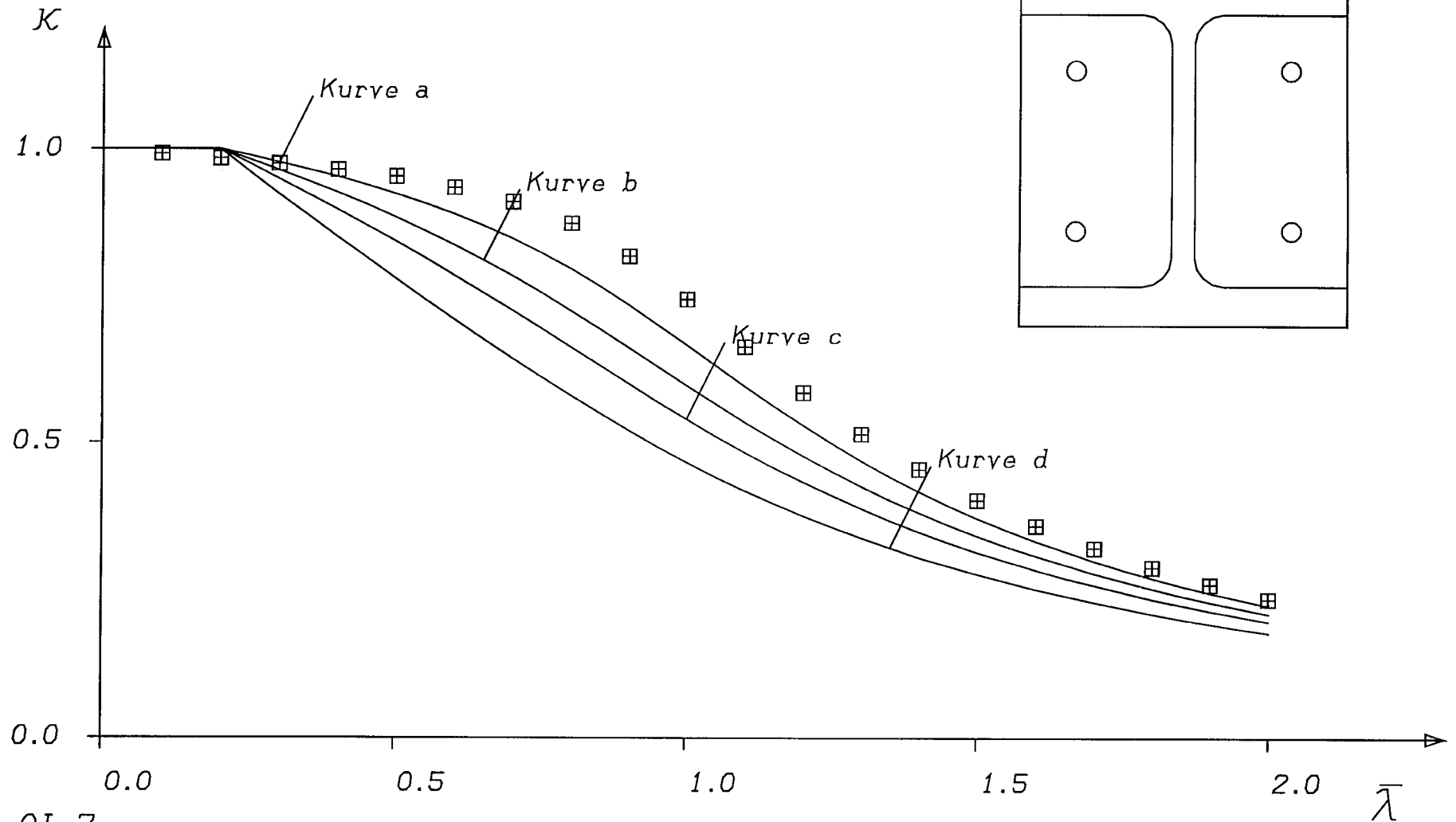


Bild AI-7

Vergleich mit Knickspannungskurve a  
HE200M Kammer S460 C30 04dm12

Dr. R. Bergmann  
Ruhr-Universität  
Bochum

# Knickspannungskurven nach Eurocode 4

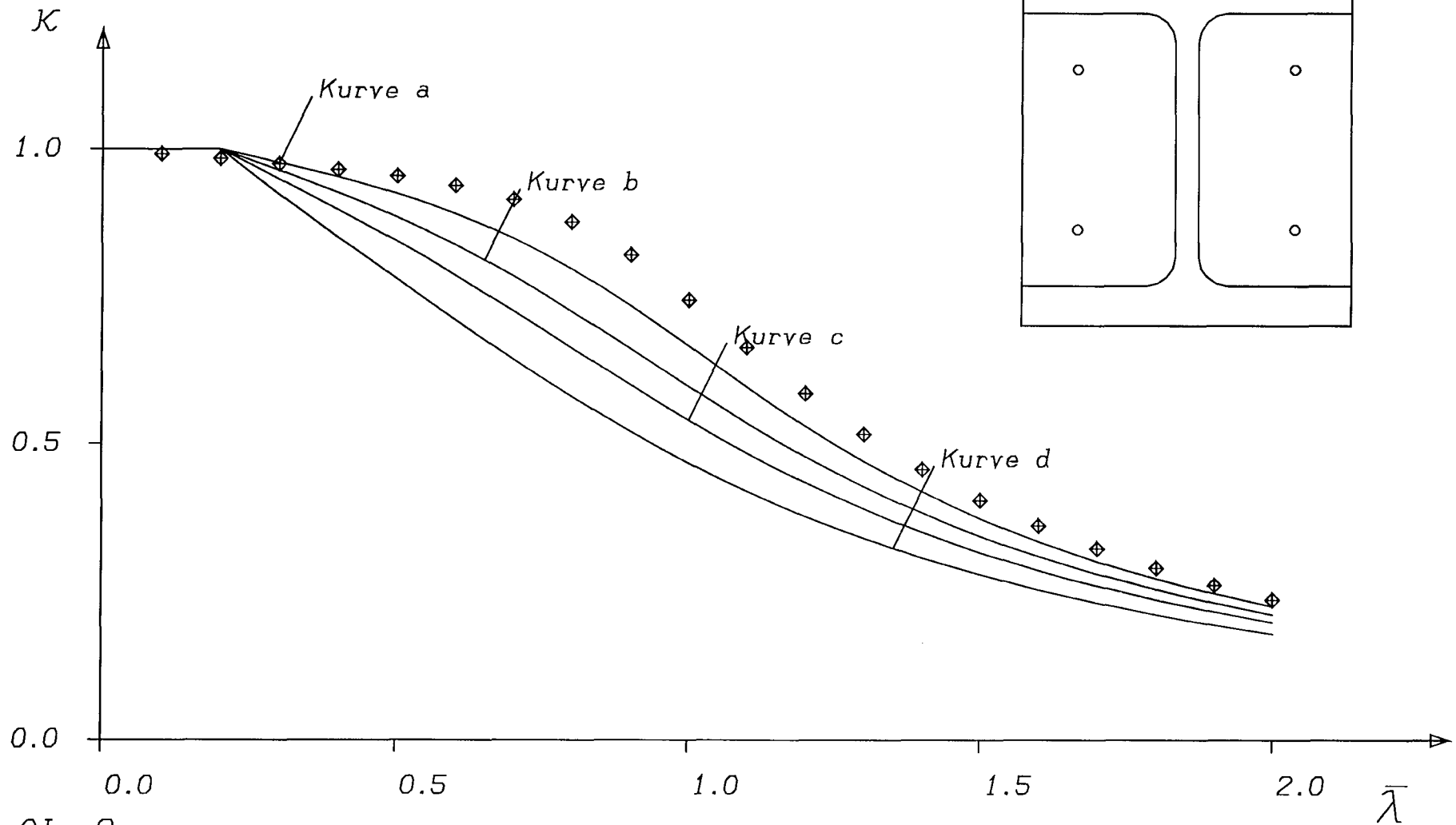


Bild AI- 8

Vergleich mit Knickspannungskurve a  
HE200M kammer S460 C30 04dm06

Dr. R. Bergmann  
Ruhr-Universität  
Bochum

# Knickspannungskurven nach Eurocode 4

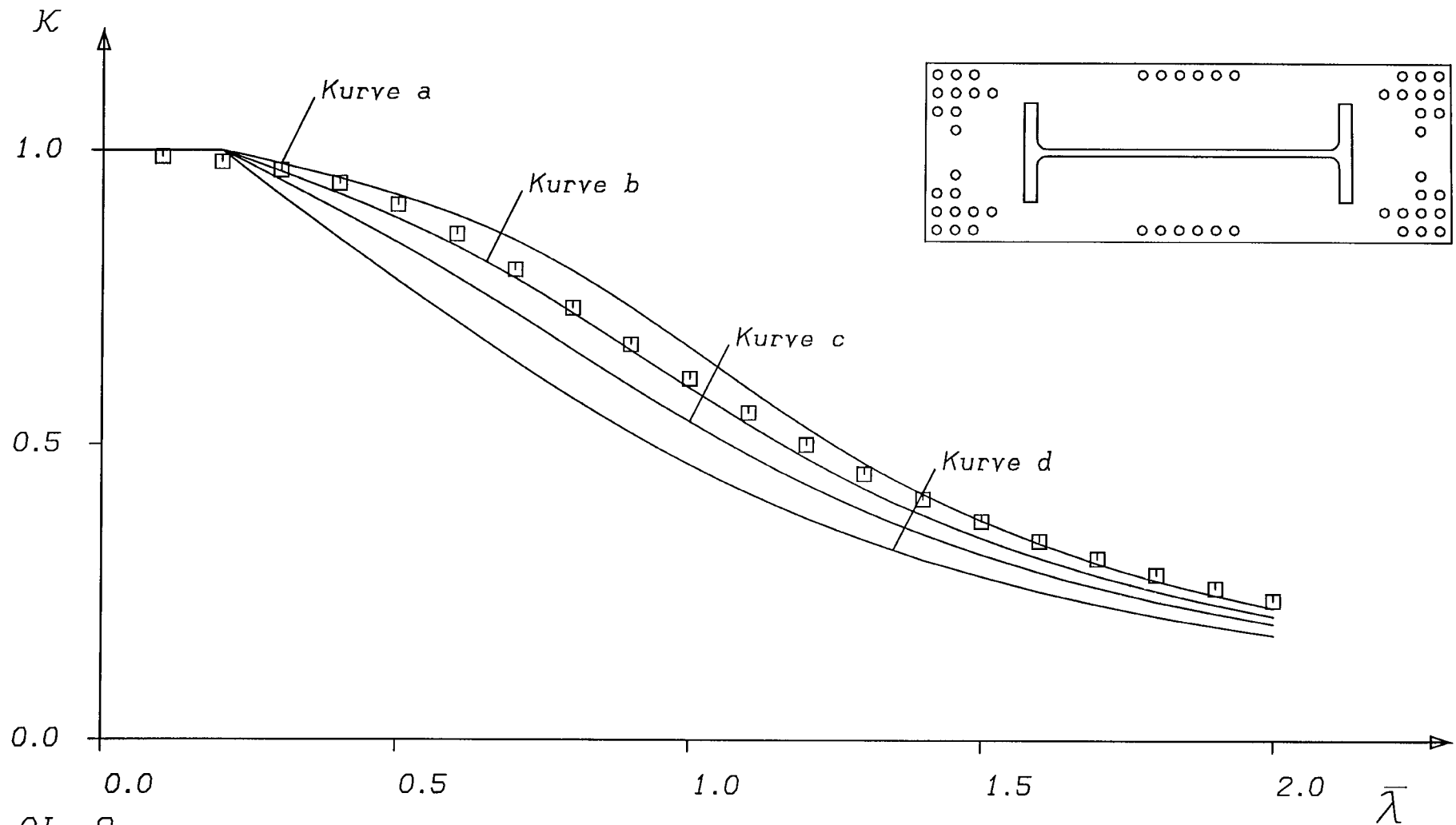


Bild AI- 9

Vergleich mit Knickspannungskurve a  
HE1000M 1612X543 S460 C30 52dm28

Dr. R. Bergmann  
Ruhr-Universität  
Bochum

# Knickspannungskurven nach Eurocode 4

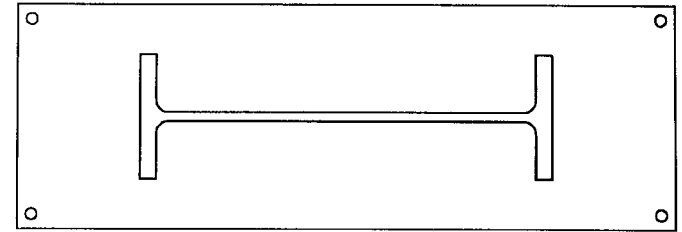
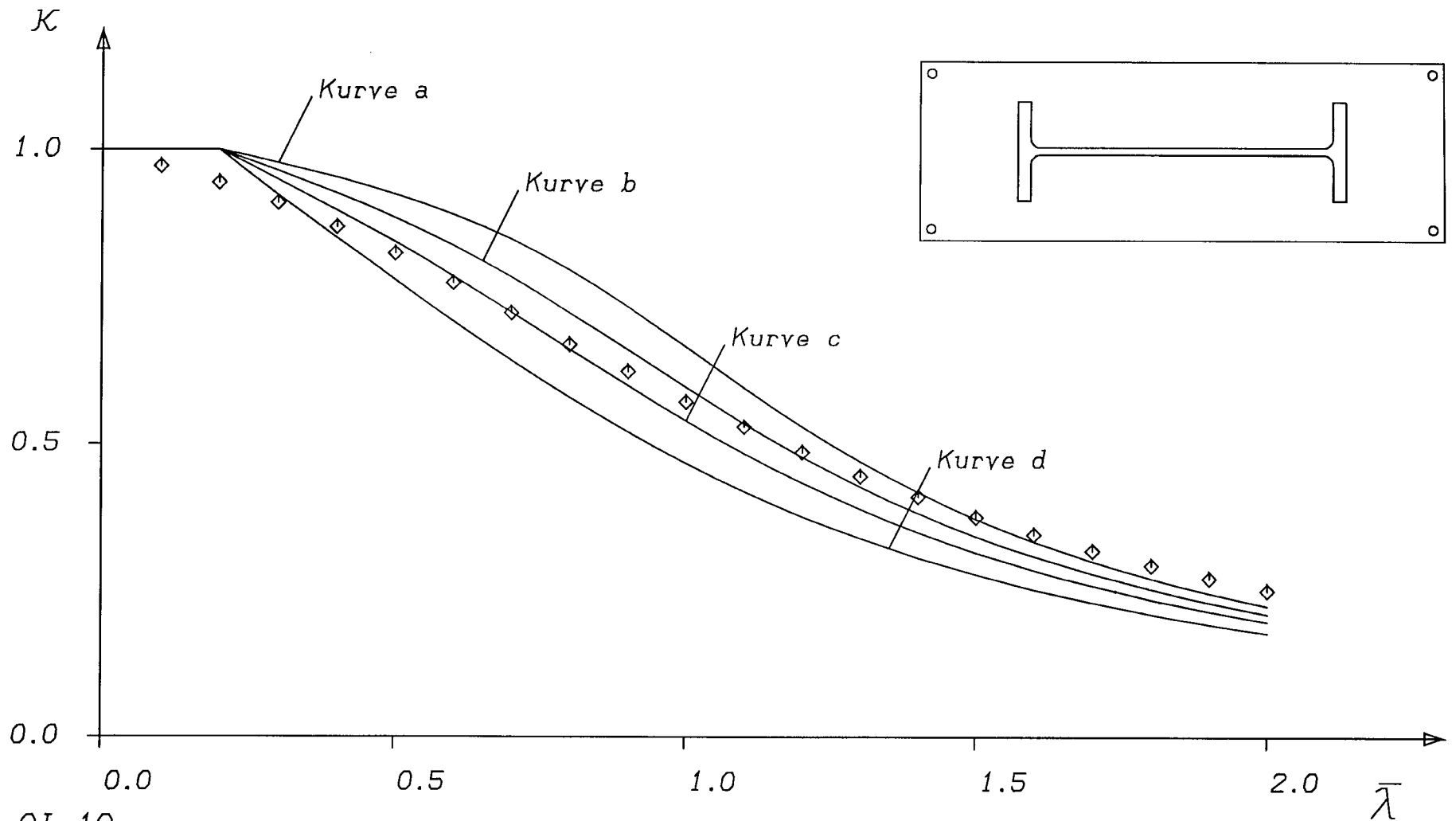


Bild AI-10

Vergleich mit Knickspannungskurve a  
HE1000M 1612X543 S460 C30 04dm28

Dr. R. Bergmann  
Ruhr-Universität  
Bochum

# Knickspannungskurven nach Eurocode 4

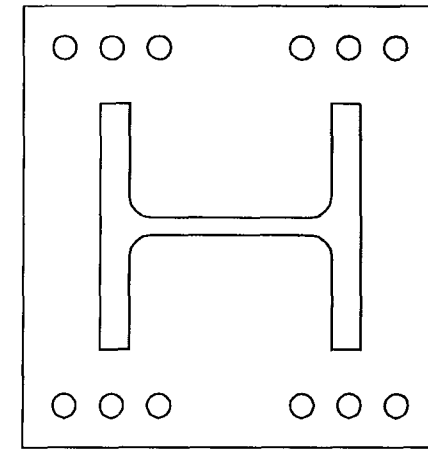
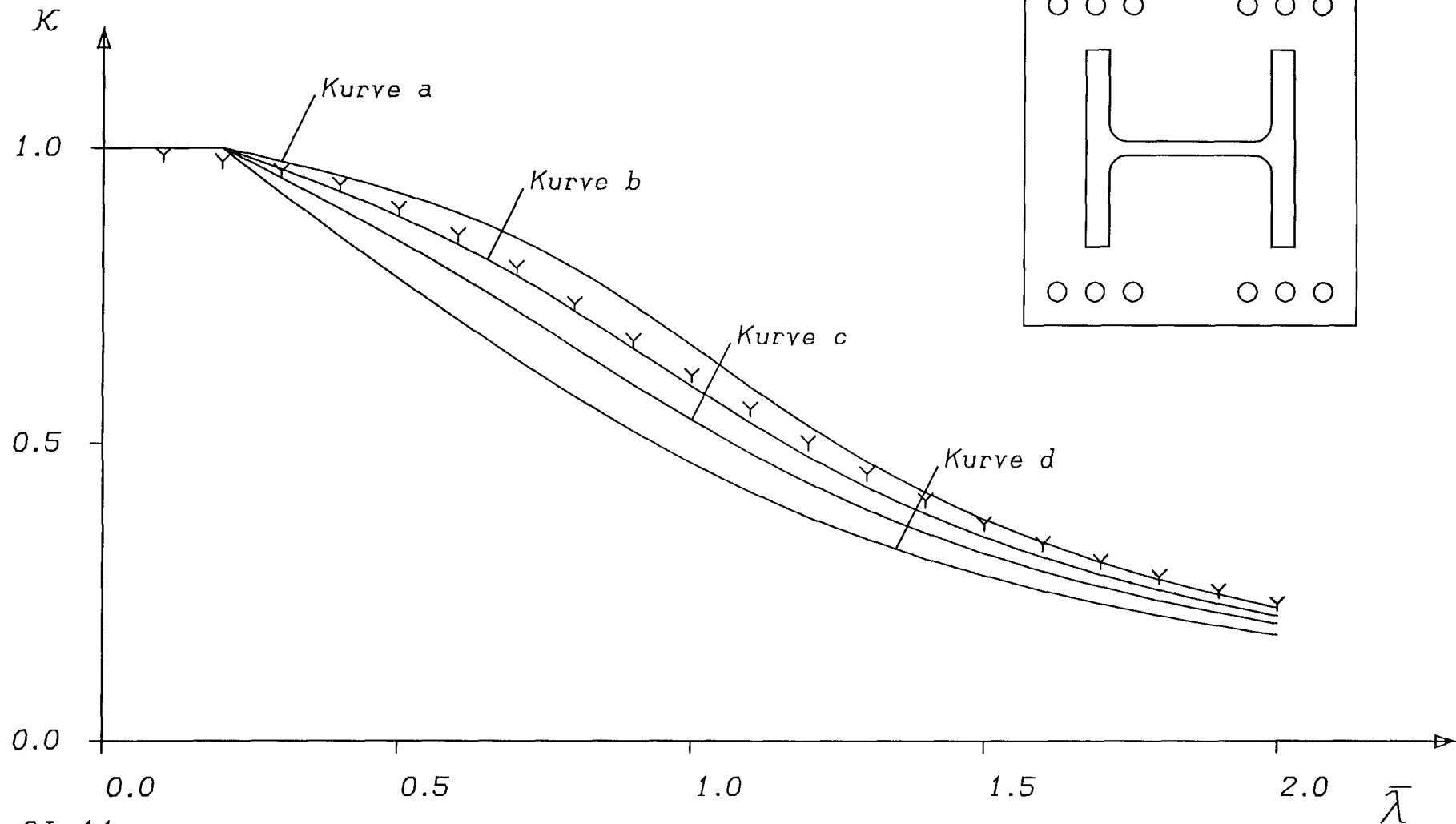


Bild AI-11

Vergleich mit Knickspannungskurve a  
HE200M 350X370 S460 C30 12dm<sup>2</sup>0

Dr. R. Bergmann  
Ruhr-Universität  
Bochum

# Knickspannungskurven nach Eurocode 4

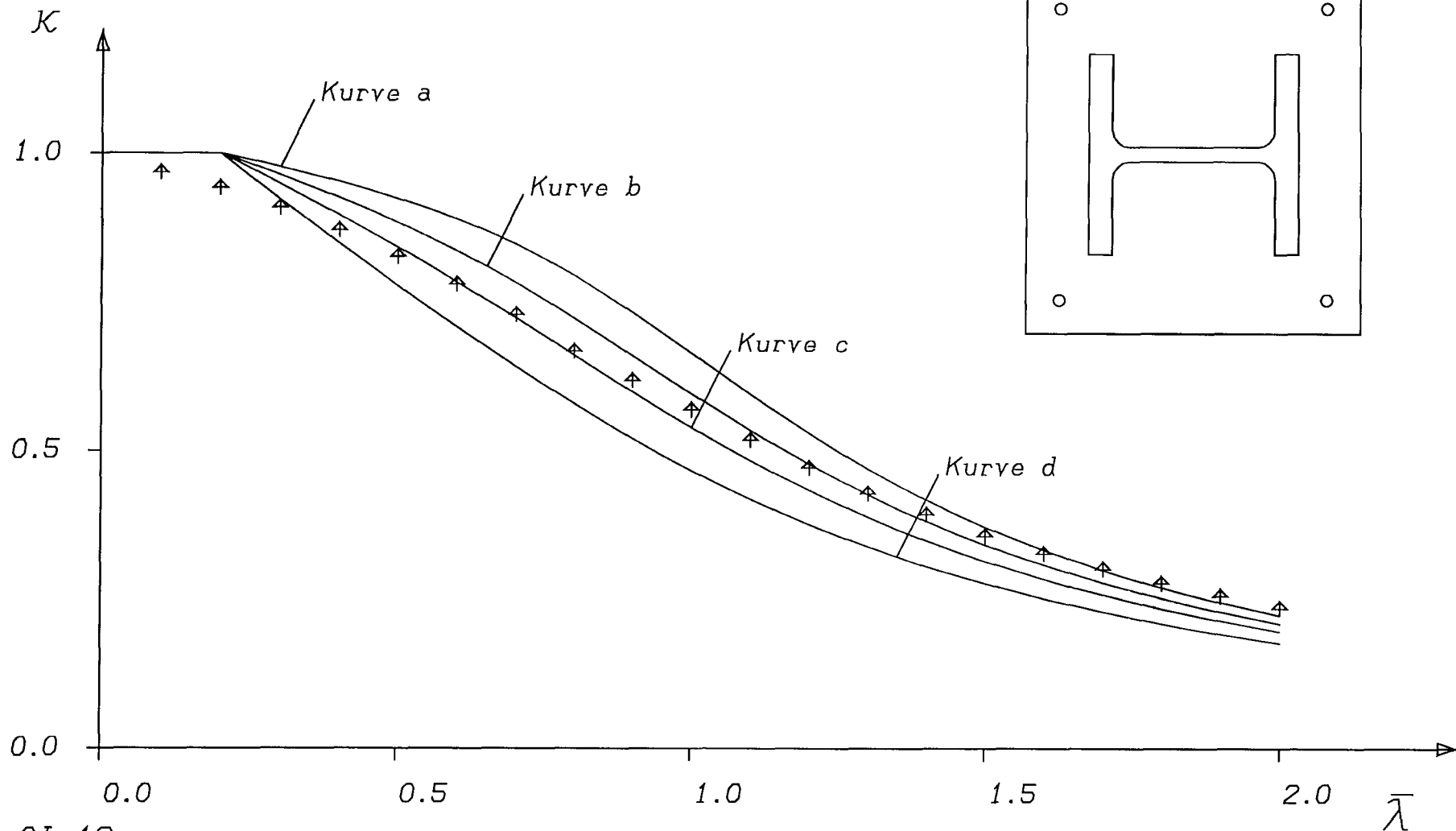


Bild AI-12

Vergleich mit Knickspannungskurve a  
HE200M 350X370 S460 C30 04dm12

Dr. R. Bergmann  
Ruhr-Universität  
Bochum

# Knickspannungskurven nach Eurocode 4

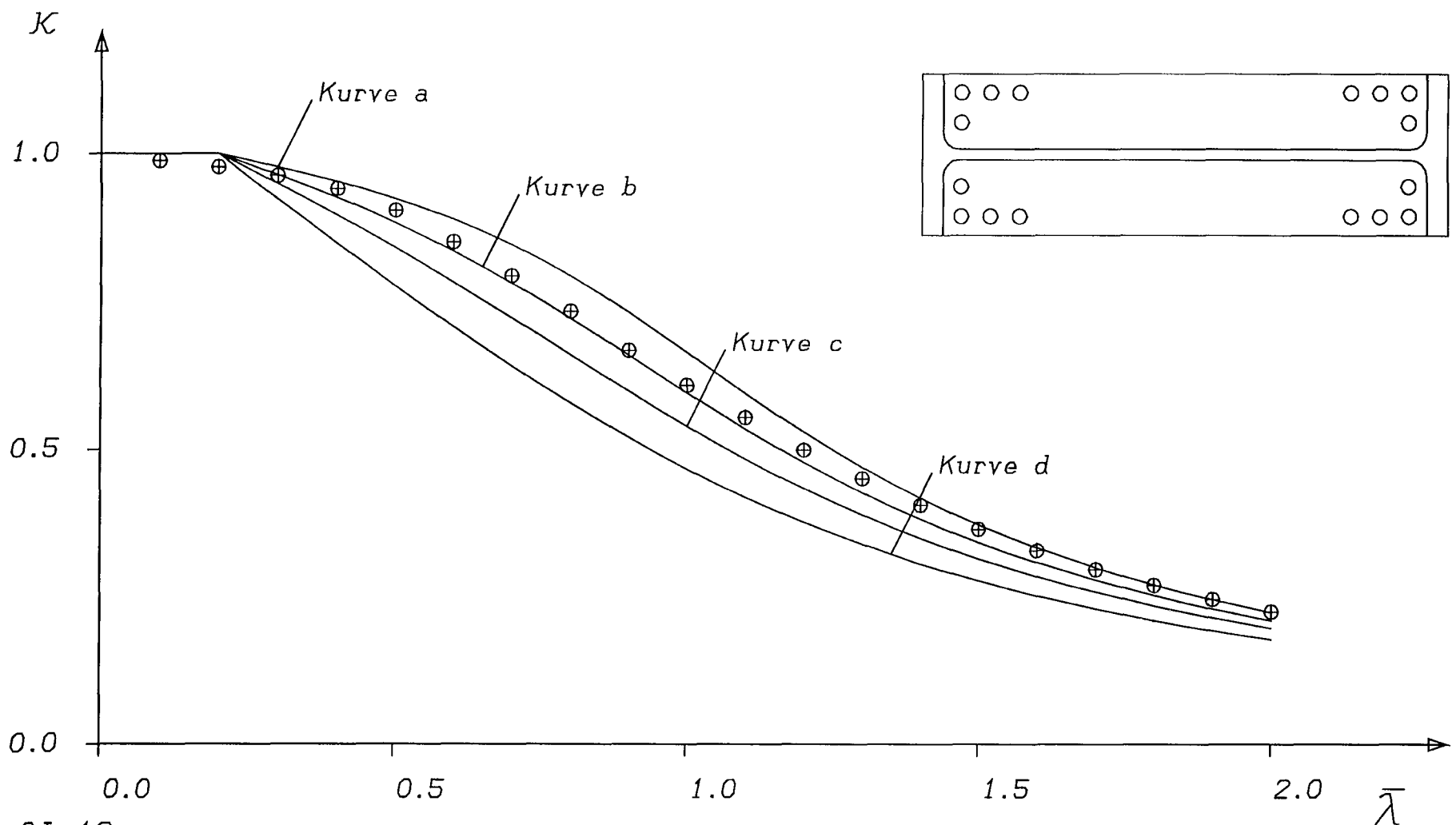


Bild AI-13

Vergleich mit Knickspannungskurve a  
HE1000M Kammer S460 C30 16dm28

Dr. R. Bergmann  
Ruhr-Universität  
Bochum

# Knickspannungskurven nach Eurocode 4

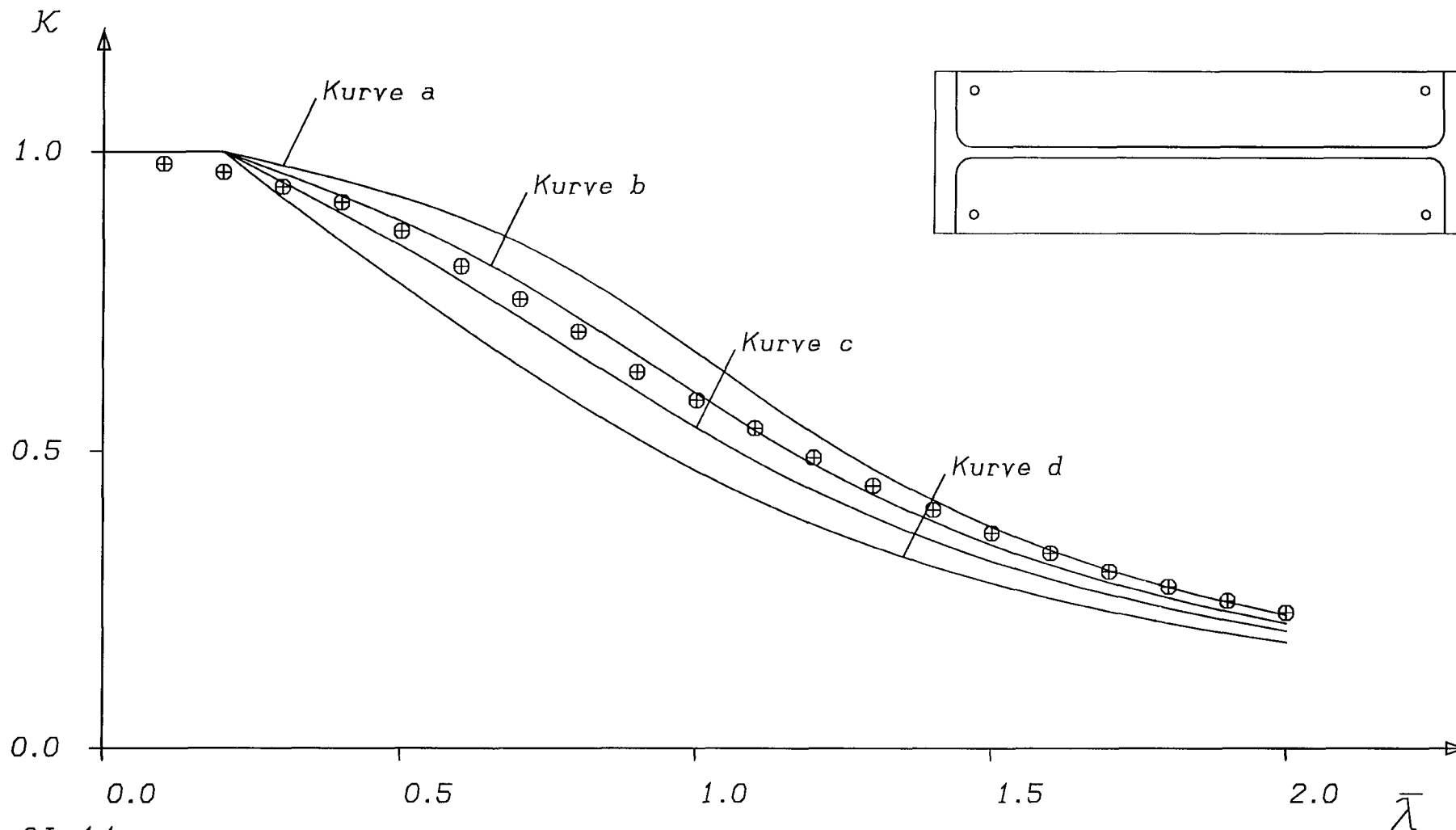


Bild AI-14

Vergleich mit Knickspannungskurve a  
HE1000M Kammer S460 C30 04dm16

Dr. R. Bergmann  
Ruhr-Universität  
Bochum



# Knickspannungskurven nach Eurocode 4

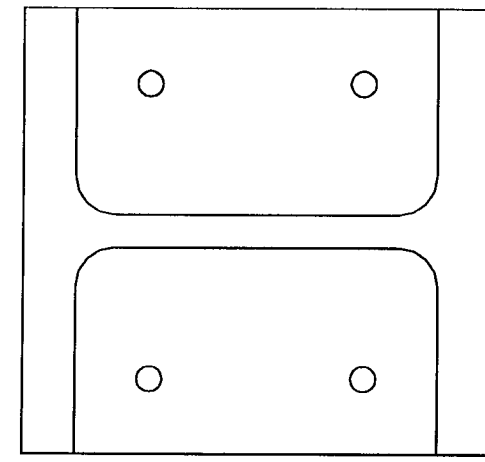
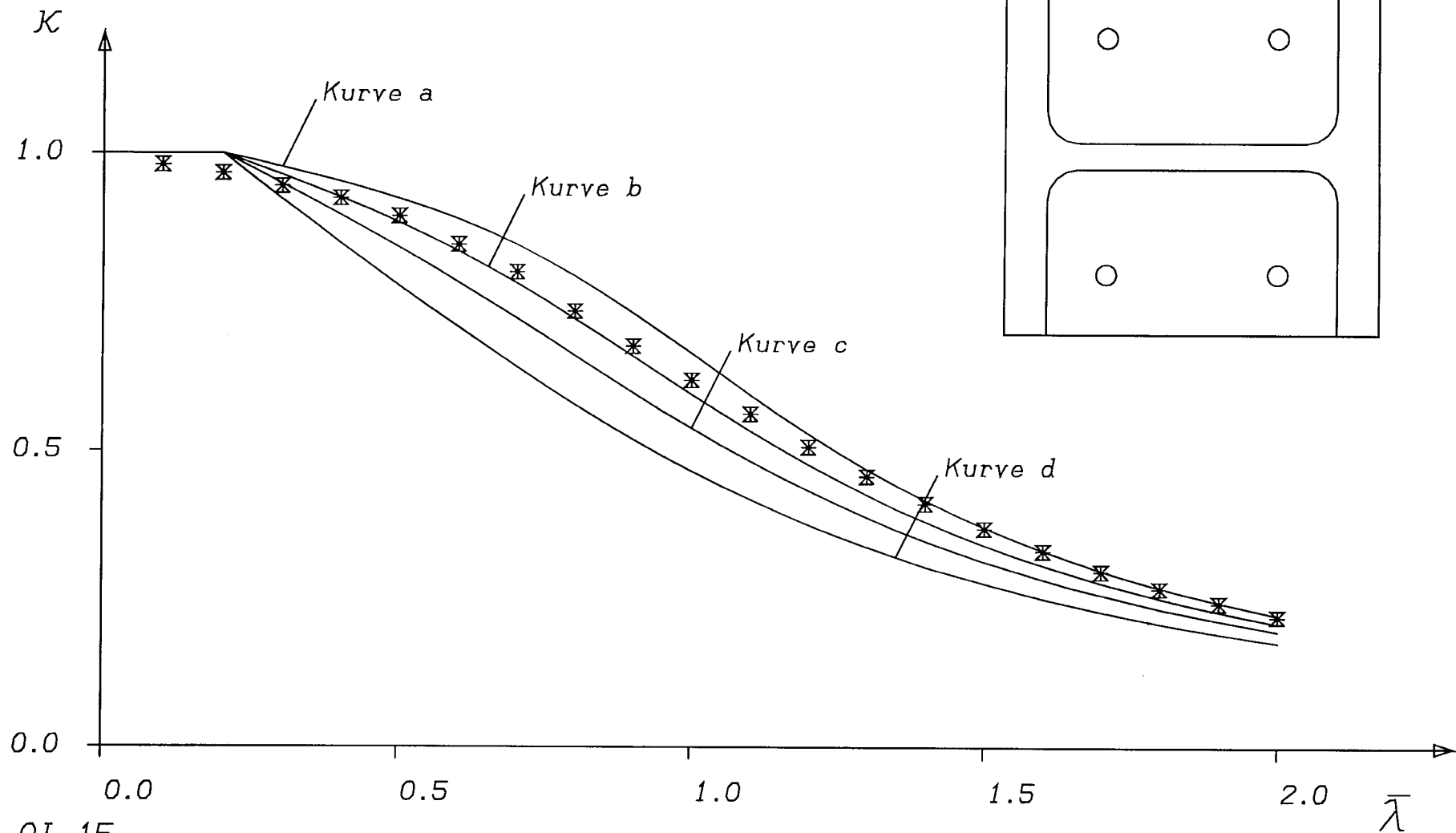


Bild AI-15

Vergleich mit Knickspannungskurve a  
HE200M Kammer S460 C30 04dm12

Dr. R. Bergmann  
Ruhr-Universität  
Bochum

# Knickspannungskurven nach Eurocode 4

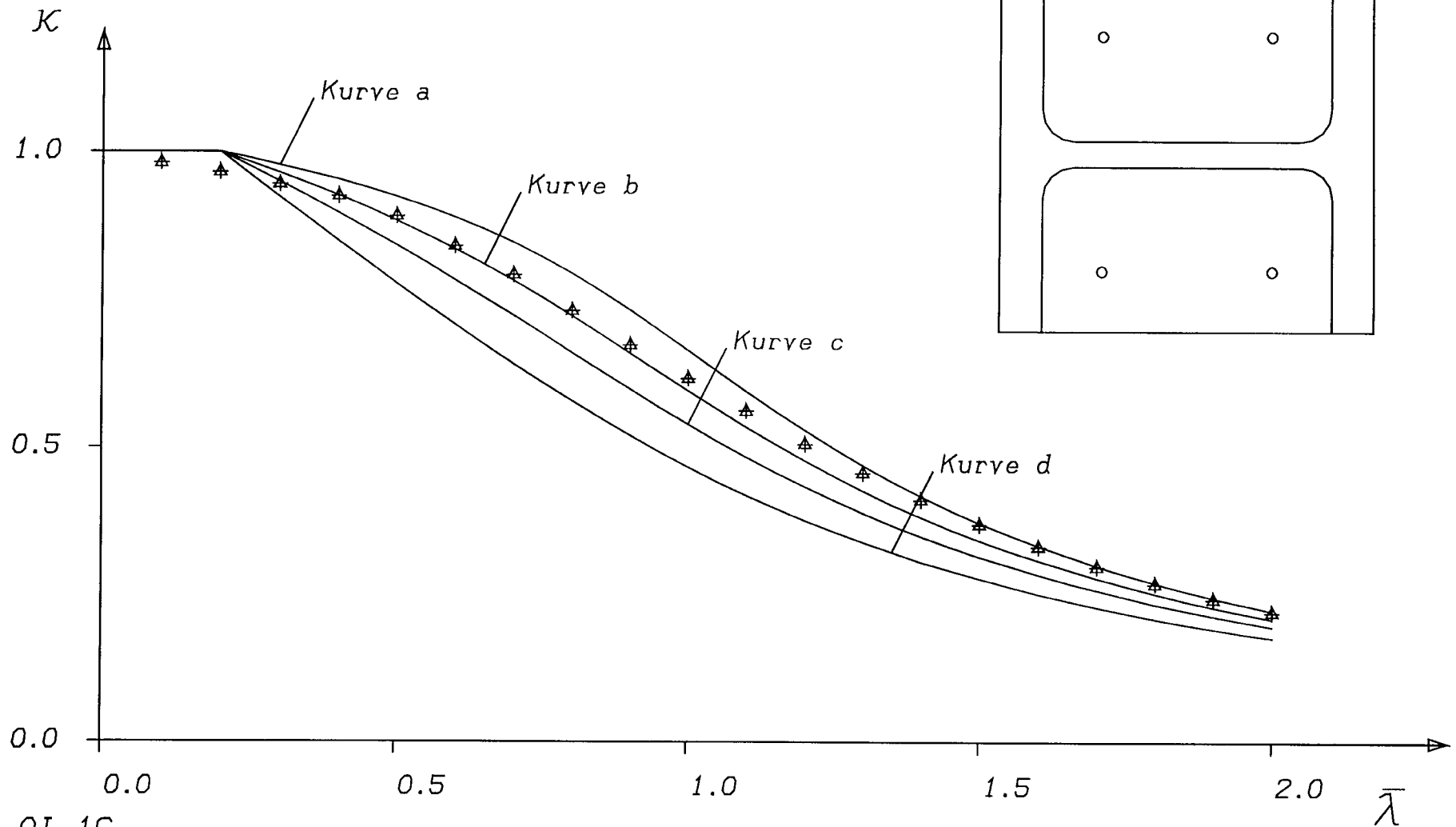


Bild AI-16

Vergleich mit Knickspannungskurve a  
HE200M Kammer S460 C30 04dm06

Dr. R. Bergmann  
Ruhr-Universität  
Bochum

# Knickspannungskurven nach Eurocode 4

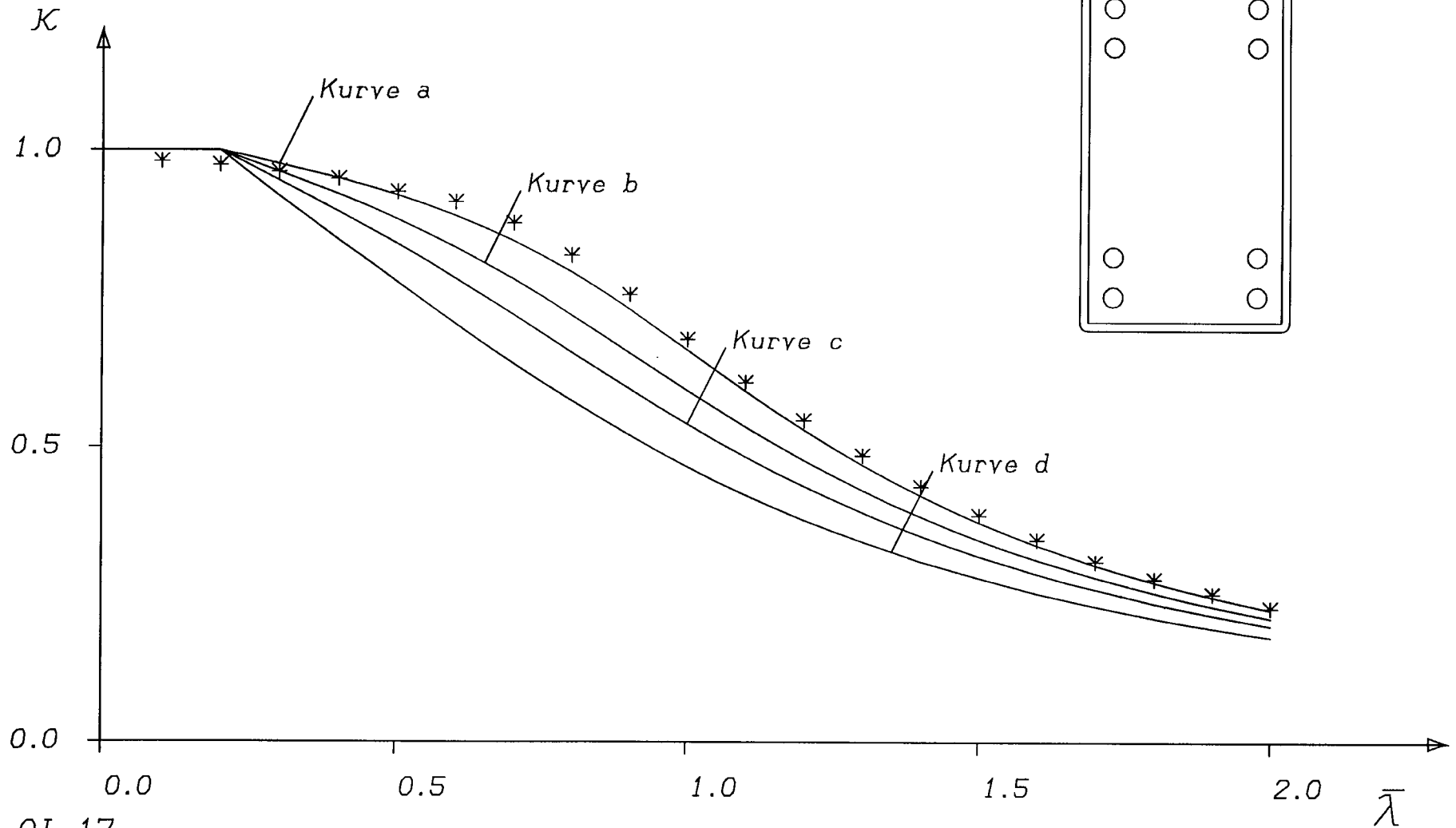


Bild AI-17

Vergleich mit Knickspannungskurve a  
Rechteck 500x300x12 S460 C30 08dm28

Dr. R. Bergmann  
Ruhr-Universität  
Bochum

# Knickspannungskurven nach Eurocode 4

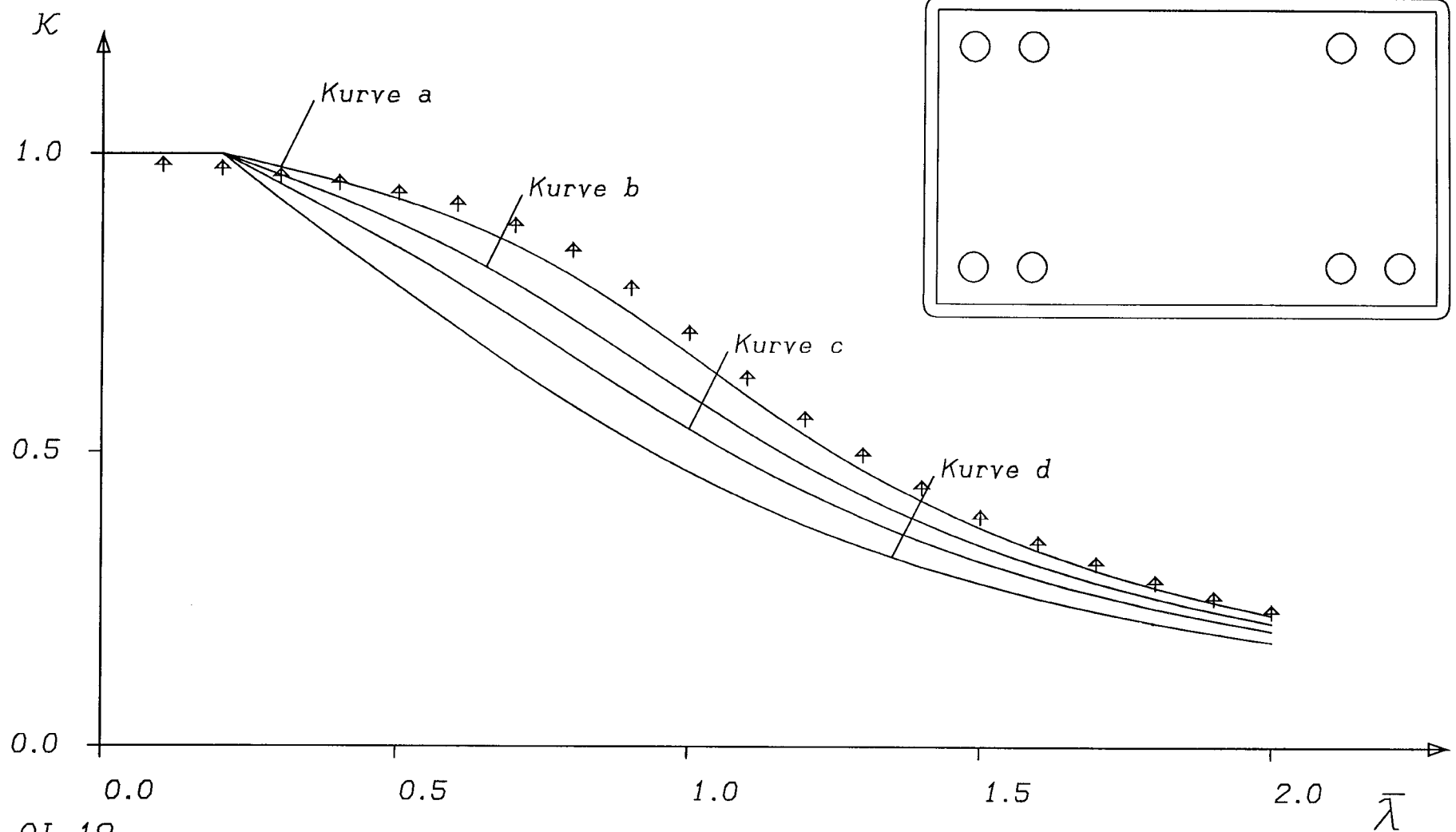


Bild AI-18

Vergleich mit Knickspannungskurve a  
Rechteck 300x500x12 S460 C30 08dm28

Dr. R. Bergmann  
Ruhr-Universität  
Bochum

# Knickspannungskurven nach Eurocode 4

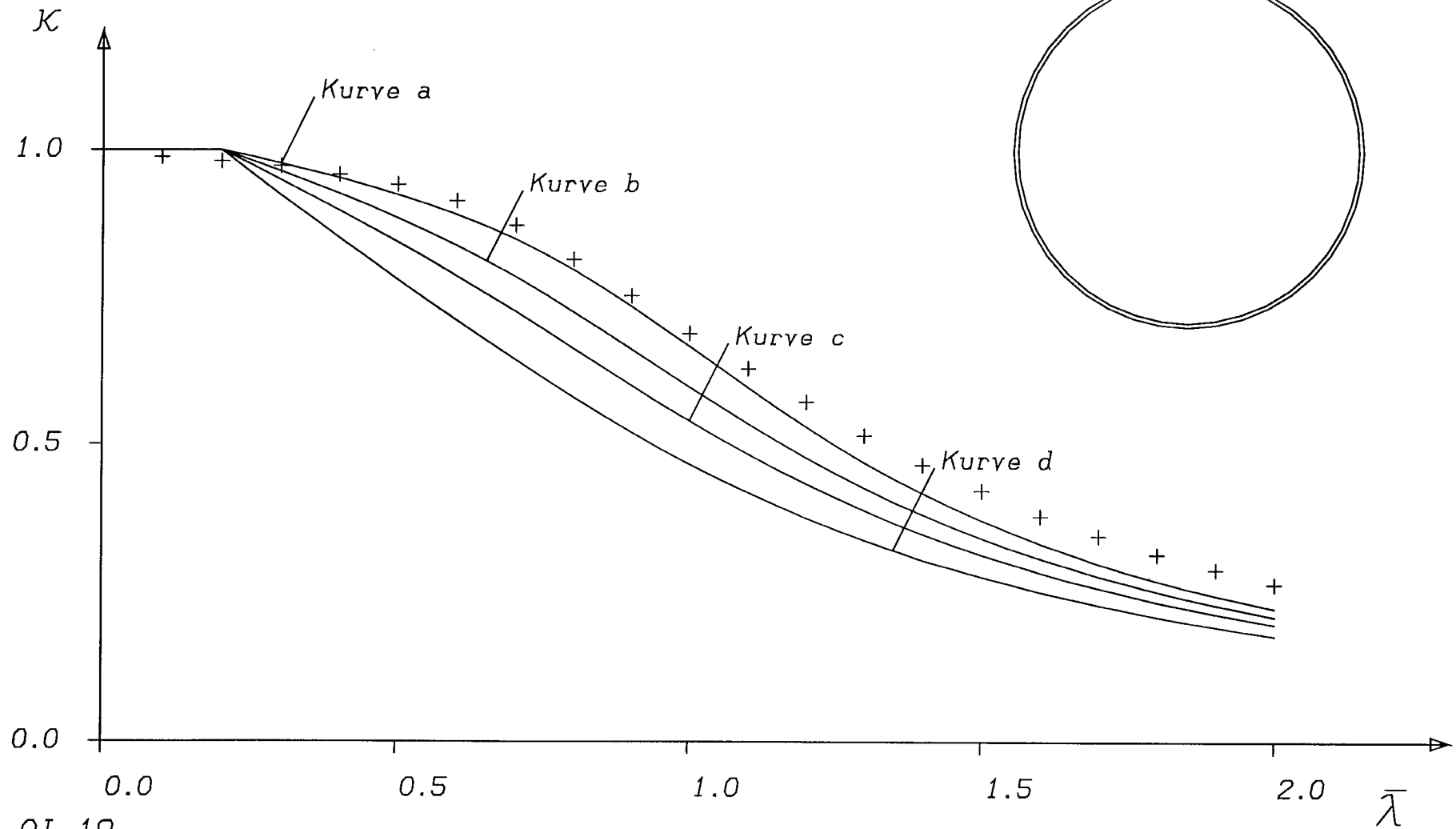


Bild AI-19

Vergleich mit Knickspannungskurve a  
Rundrohr 800x10 S460 C30 00dm00

Dr. R. Bergmann  
Ruhr-Universität  
Bochum

# Knickspannungskurven nach Eurocode 4

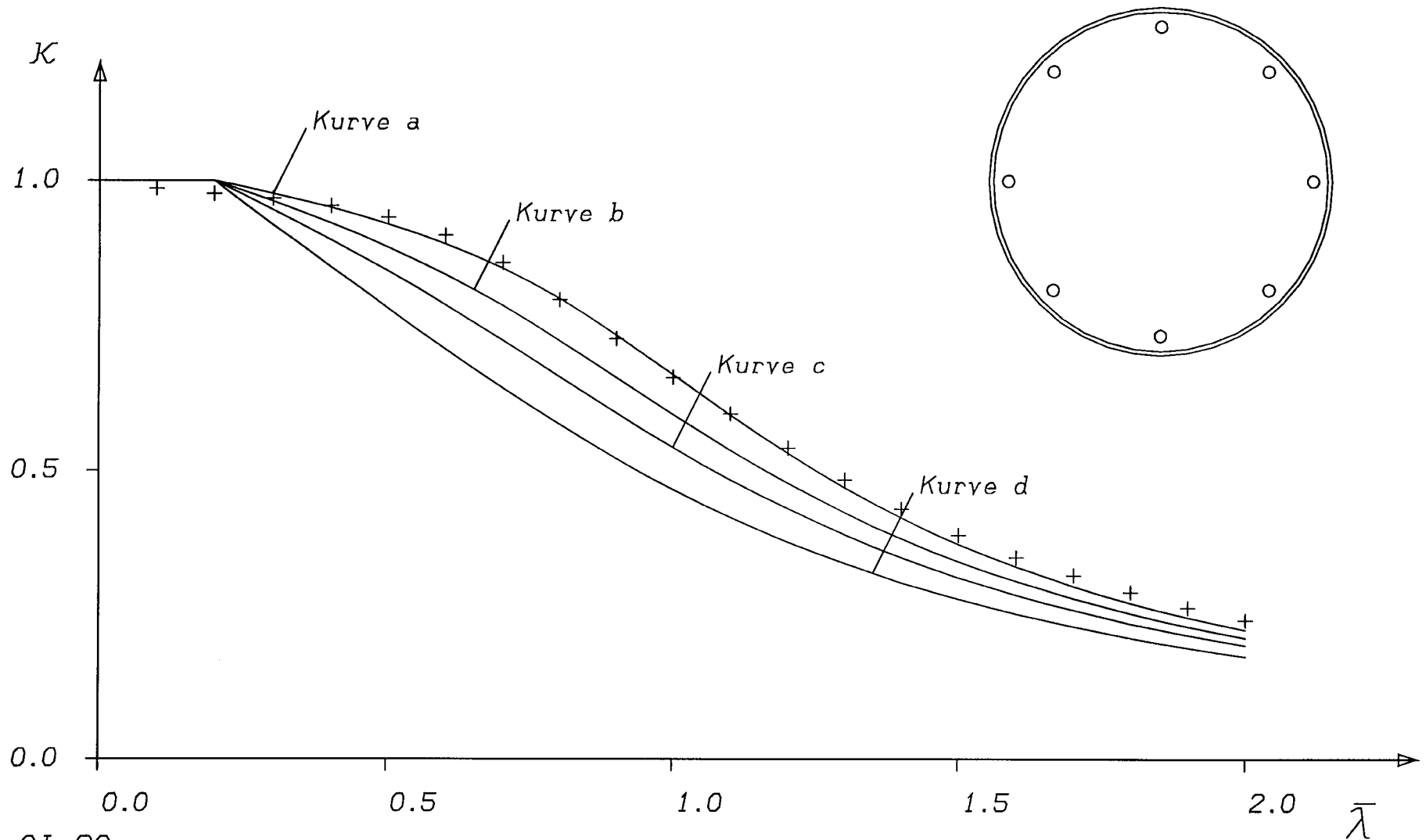


Bild AI-20

Vergleich mit Knickspannungskurve a  
Rundrohr 800x10 S460 C30 08dm28

Dr. R. Bergmann  
Ruhr-Universität  
Bochum

# Knickspannungskurven nach Eurocode 4

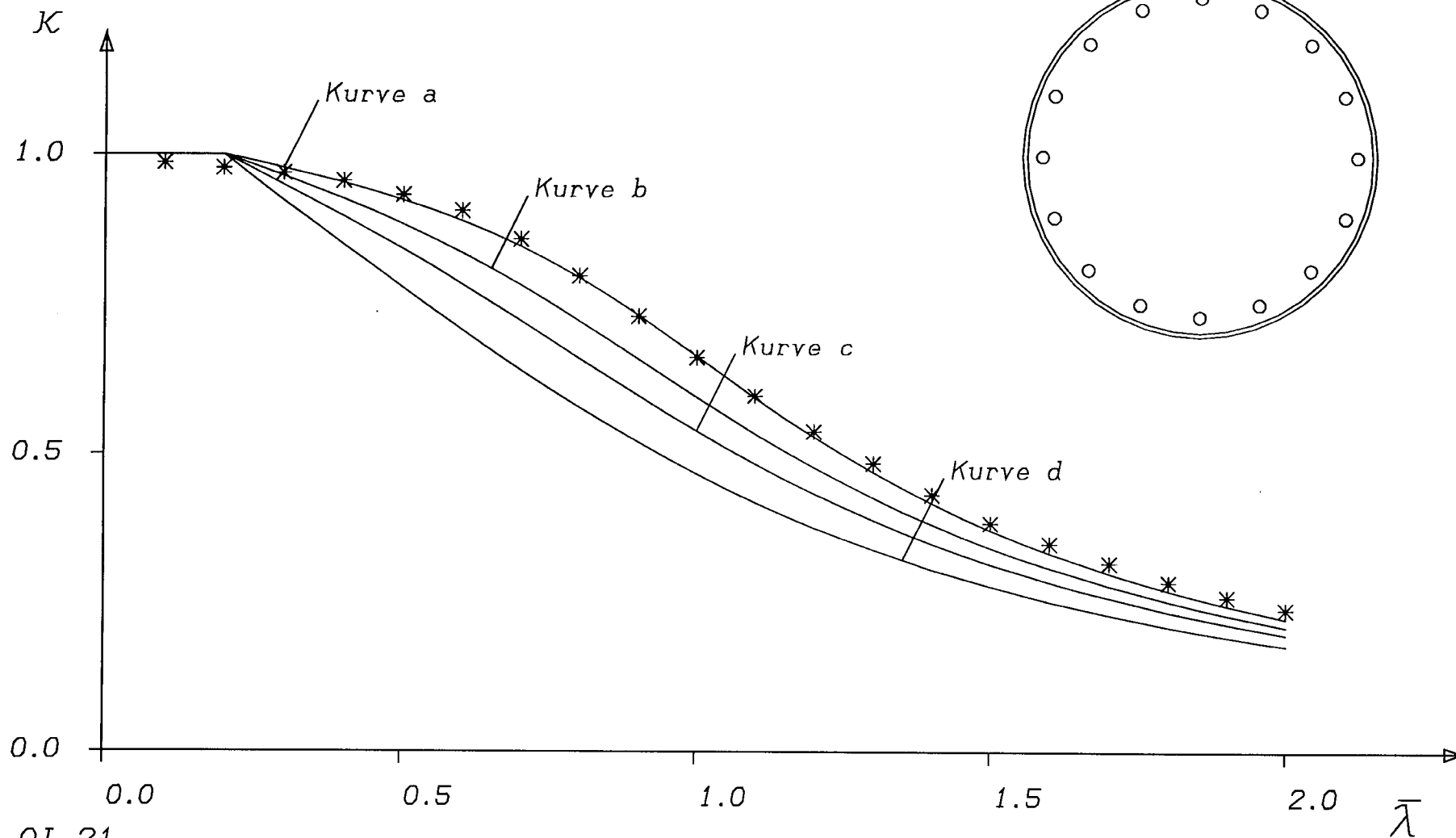


Bild AI-21

Vergleich mit Knickspannungskurve a  
Rundrohr 800x10 S460 C30 16dm28

Dr. R. Bergmann  
Ruhr-Universität  
Bochum

# Knickspannungskurven nach Eurocode 4

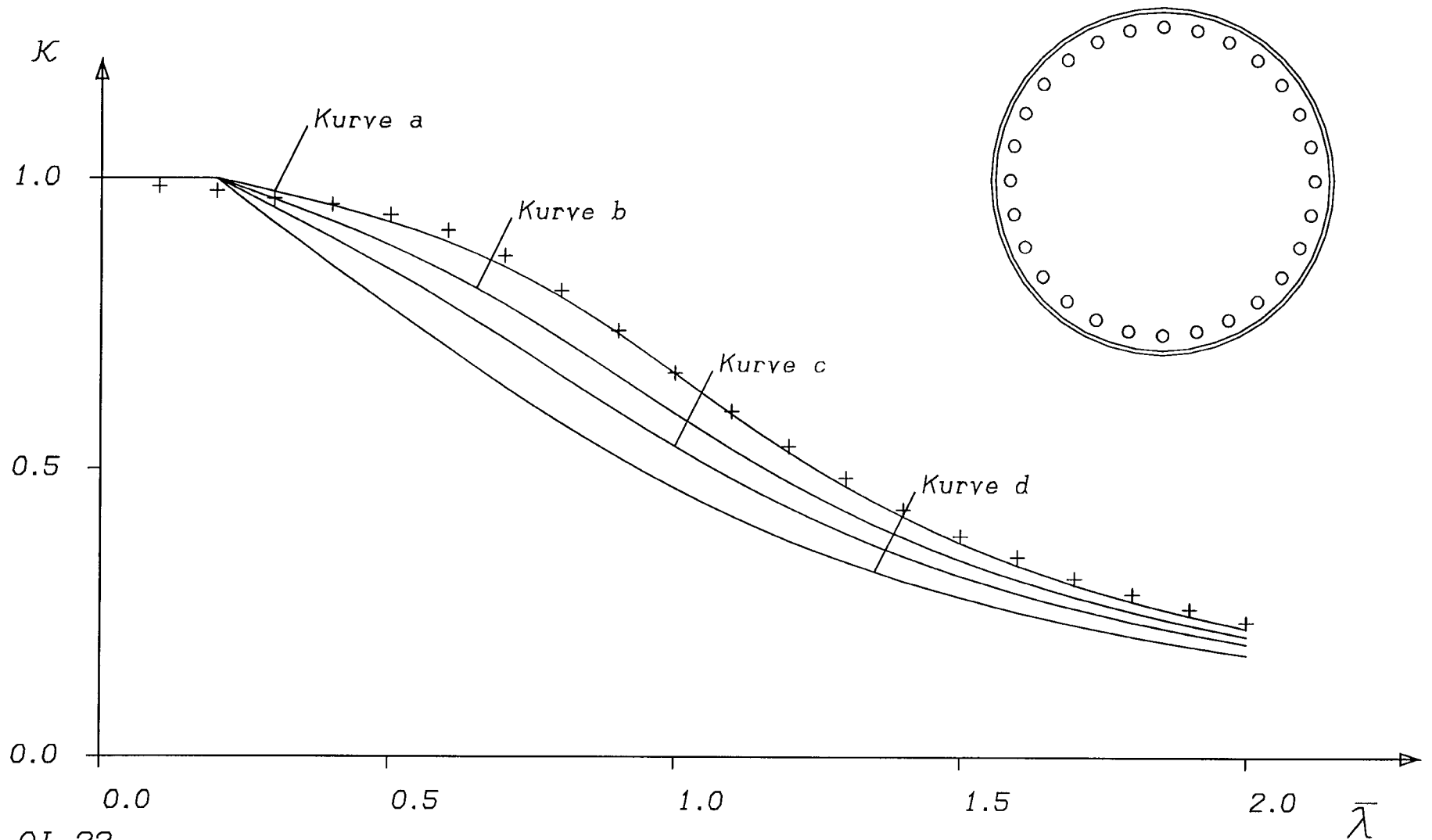


Bild AI-22

Vergleich mit Knickspannungskurve a  
Rundrohr 800x10 S460 C30 28dm28

Dr. R. Bergmann  
Ruhr-Universität  
Bochum



# Knickspannungskurven nach Eurocode 4

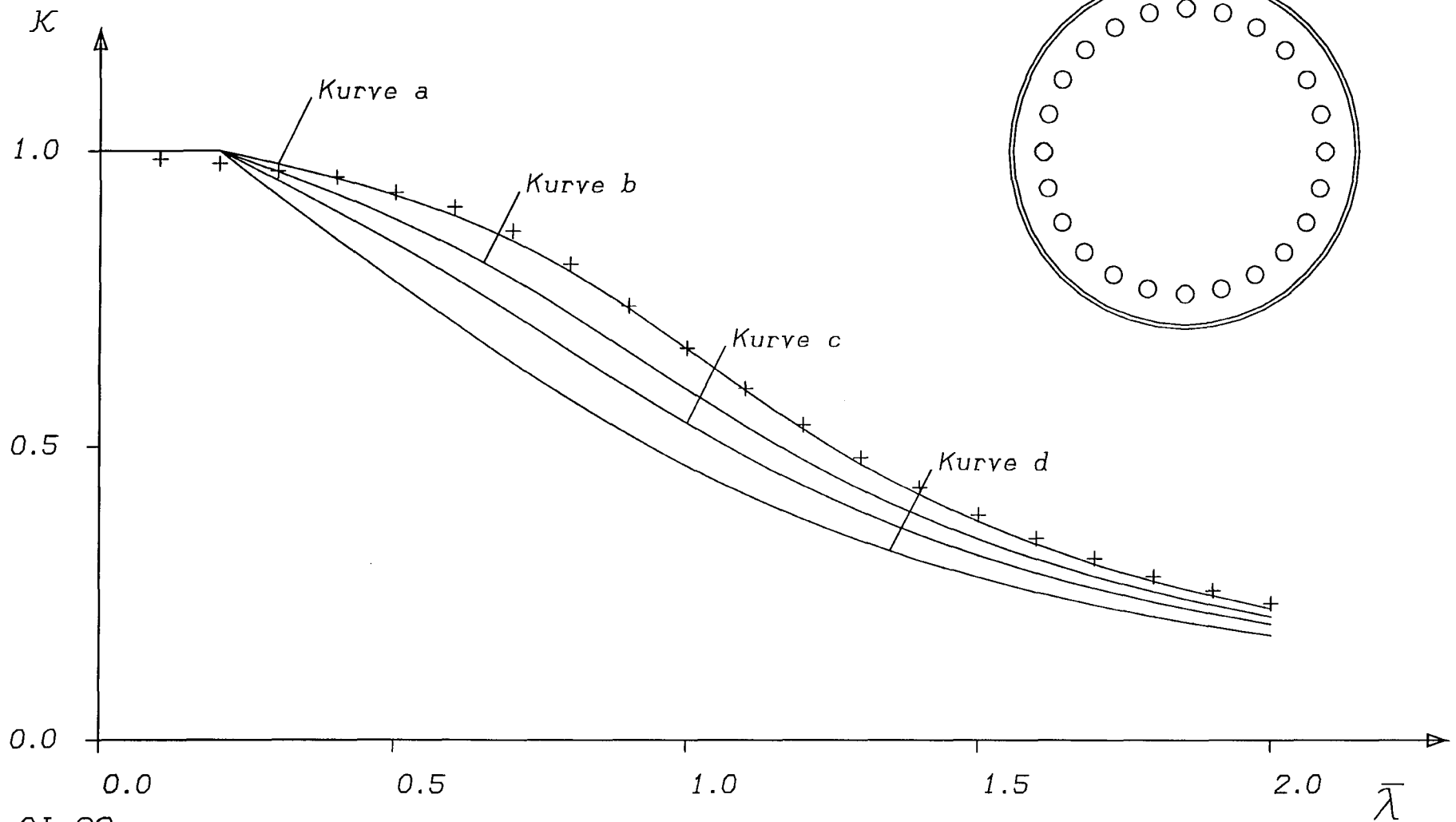


Bild AI-23

Vergleich mit Knickspannungskurve a  
Rundrohr 406,4x5 S460 C30 24dm20

Dr. R. Bergmann  
Ruhr-Universität  
Bochum

# Knickspannungskurven nach Eurocode 4

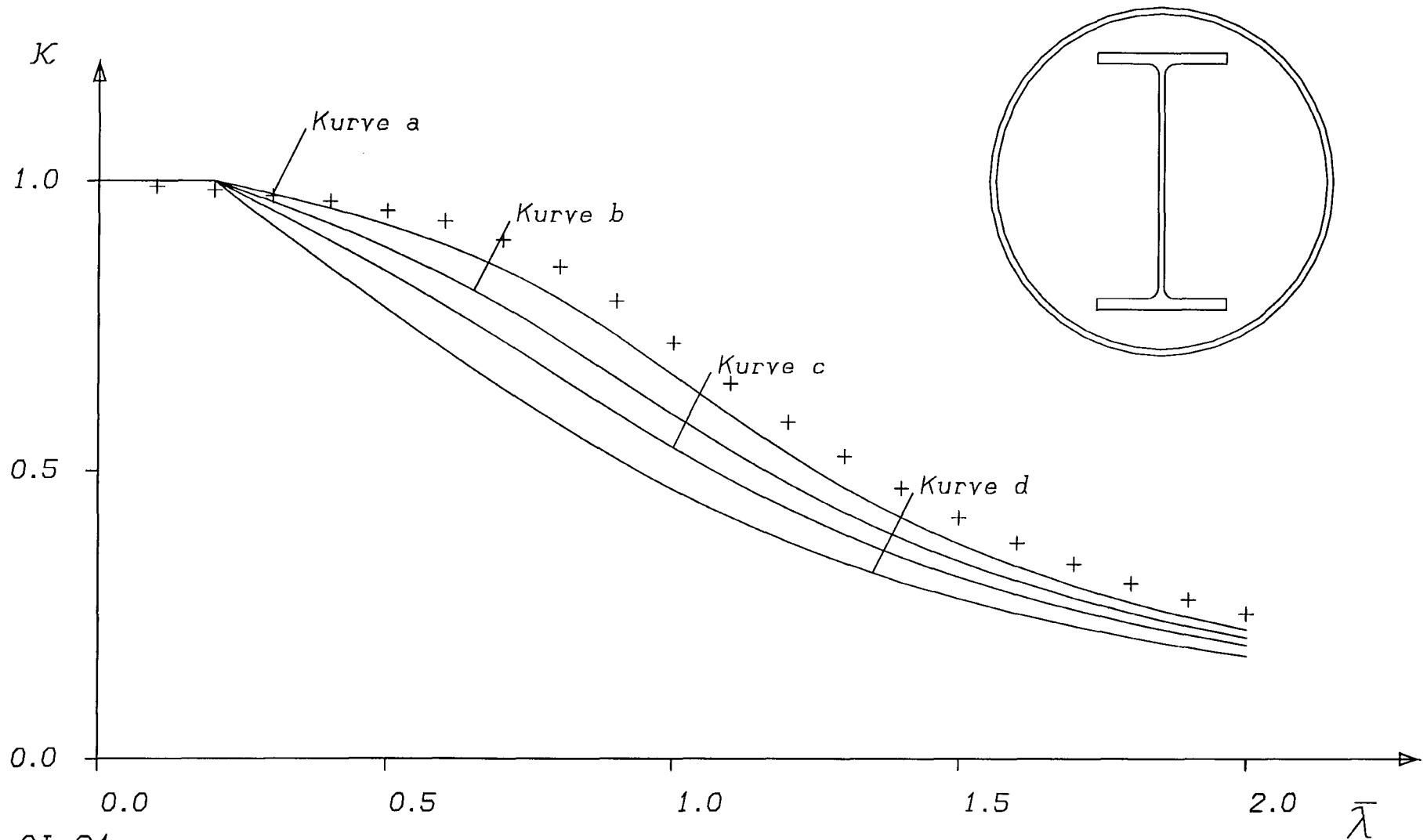


Bild AI-24

Vergleich mit Knickspannungskurve a  
Rundrohr 800x15 mit HE600A stark S460 C30 00dm00

Dr. R. Bergmann  
Ruhr-Universität  
Bochum

# Knickspannungskurven nach Eurocode 4

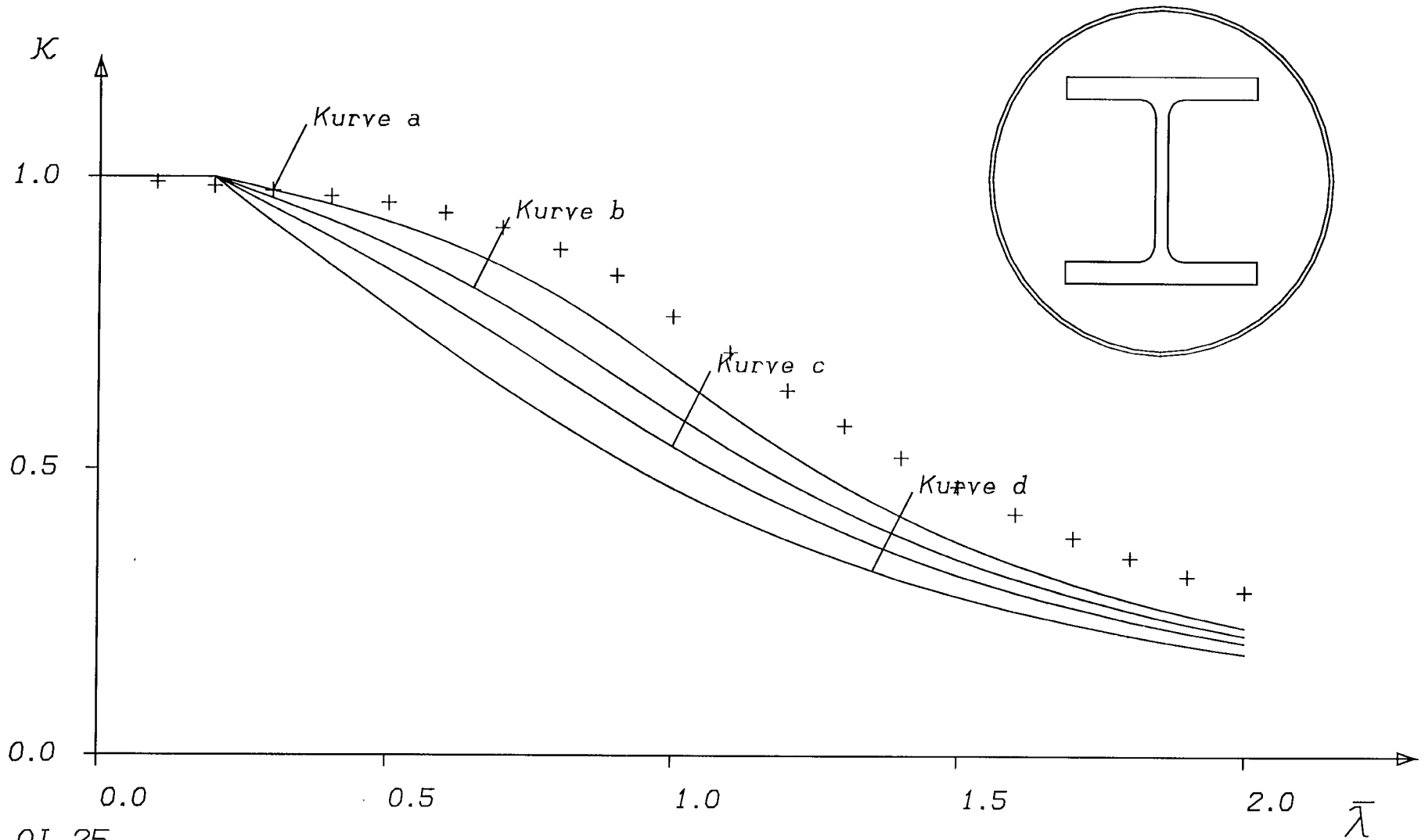


Bild AI-25

Vergleich mit Knickspannungskurve a  
 Rundrohr 406,4x5 mit HE220M stark S460 C30 00dm00

Dr. R. Bergmann  
 Ruhr-Universität  
 Bochum

# Knickspannungskurven nach Eurocode 4

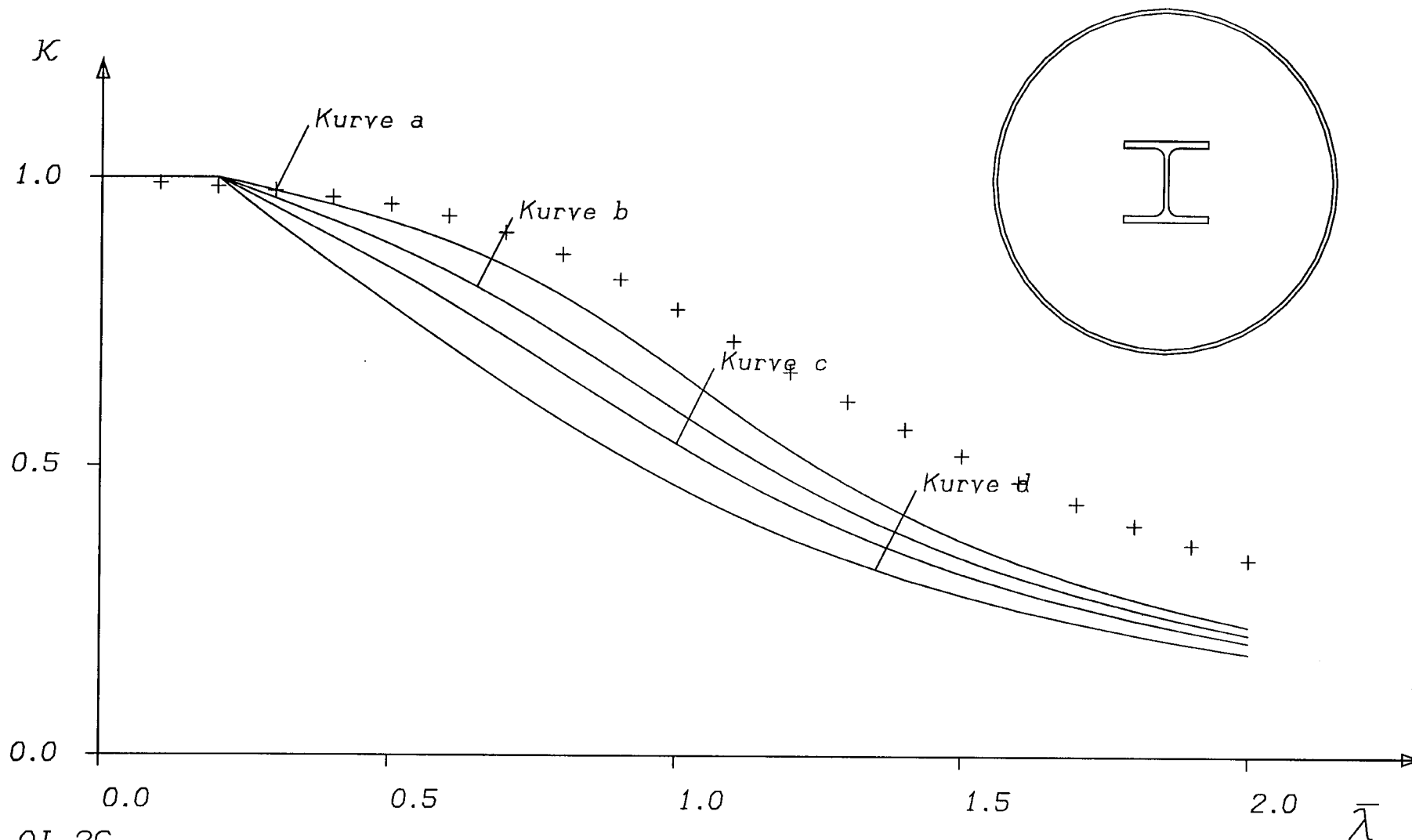


Bild AI-26

Vergleich mit Knickspannungskurve a  
 Rundrohr 406,4x5 mit HE100A stark S460 C30 00dm00

Dr. R. Bergmann  
 Ruhr-Universität  
 Bochum

# Knickspannungskurven nach Eurocode 4

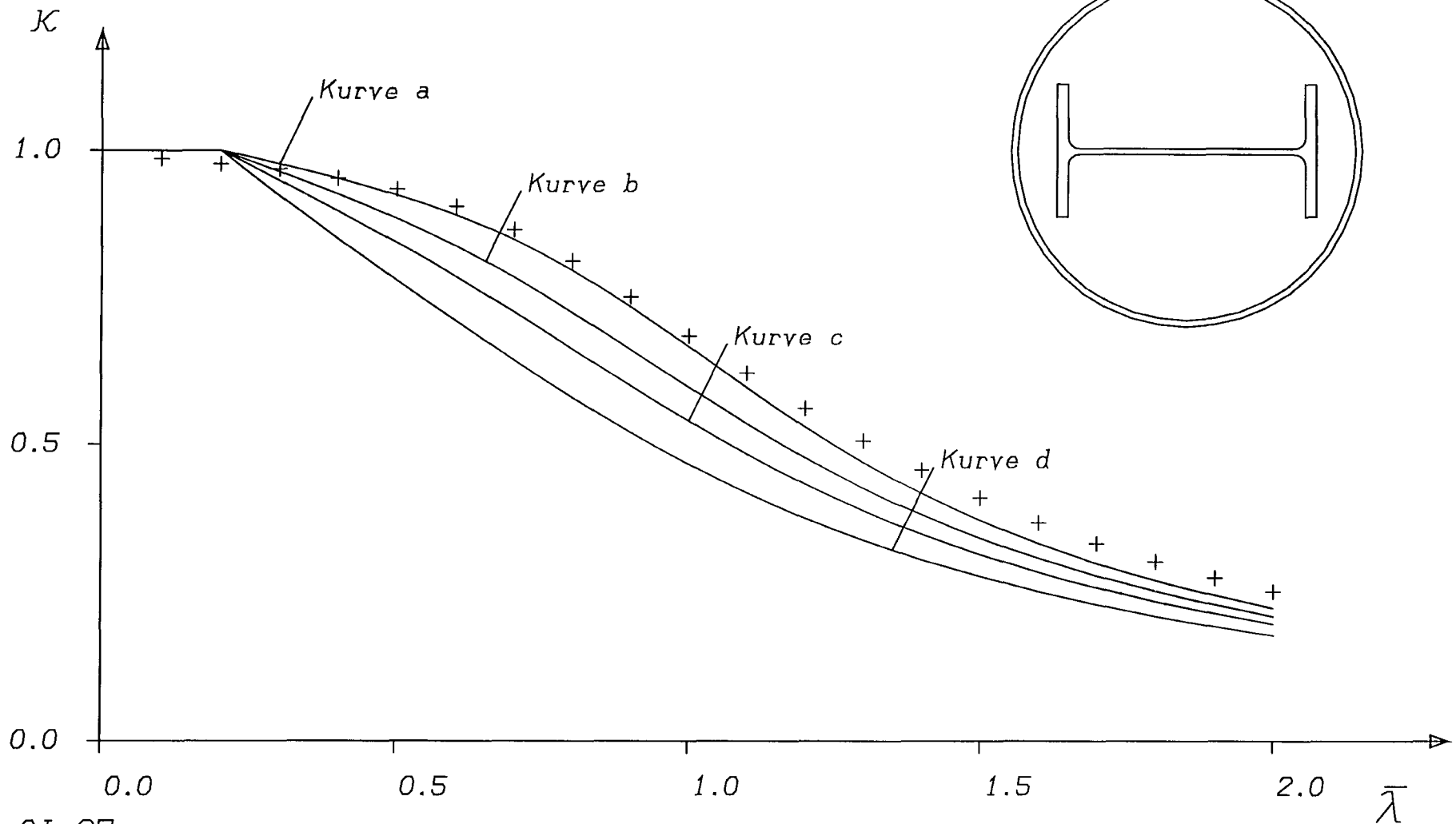


Bild AI-27

Vergleich mit Knickspannungskurve a  
Rundrohr 800x15 mit HE600A schwach S460 C30 00dm00

Dr. R. Bergmann  
Ruhr-Universität  
Bochum

# Knickspannungskurven nach Eurocode 4

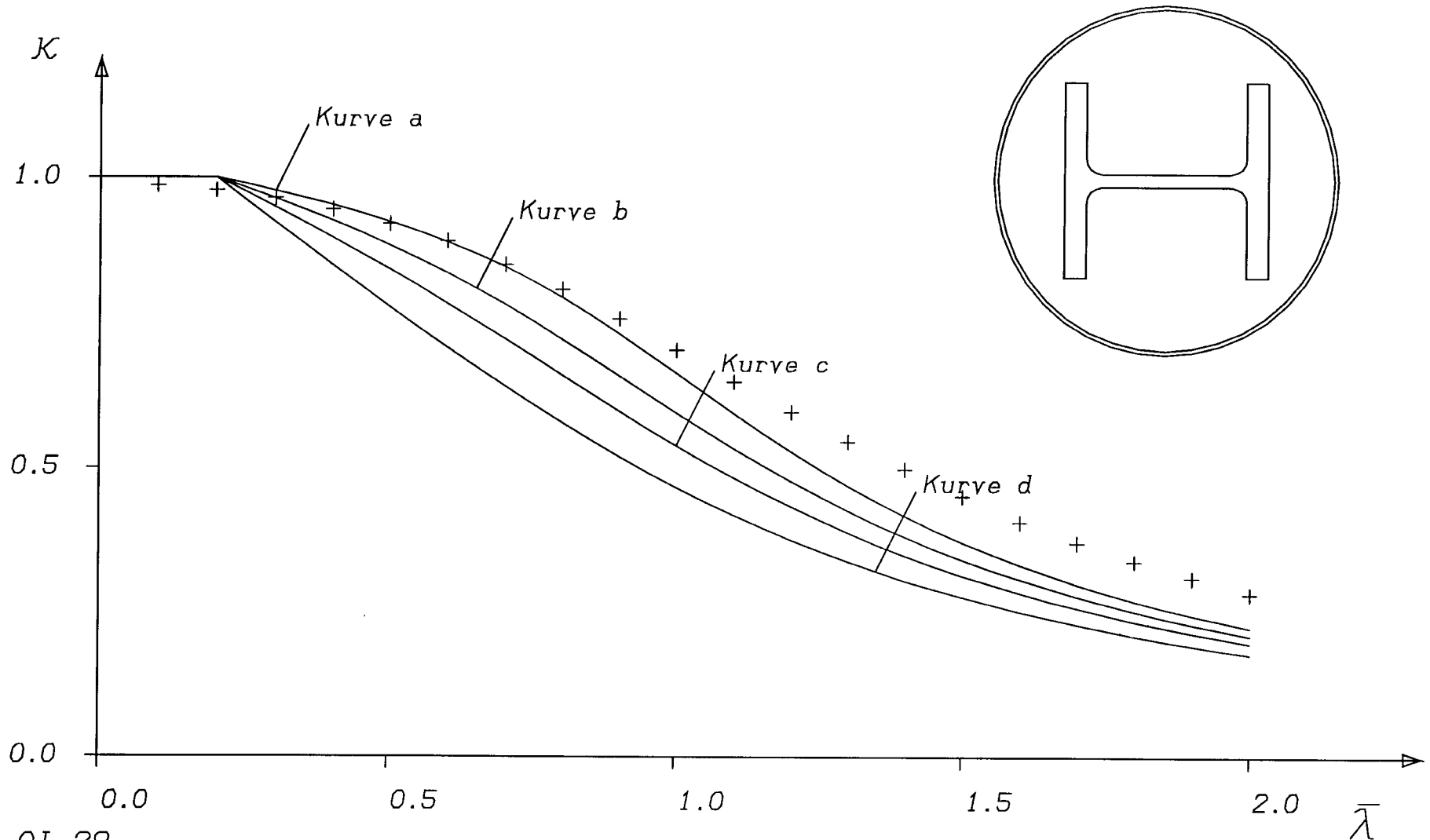


Bild AI-28

Vergleich mit Knickspannungskurve a  
 Rundrohr 406,4x5 mit HE220M schwach S460 C30 00dm00

Dr. R. Bergmann  
 Ruhr-Universität  
 Bochum

# Knickspannungskurven nach Eurocode 4

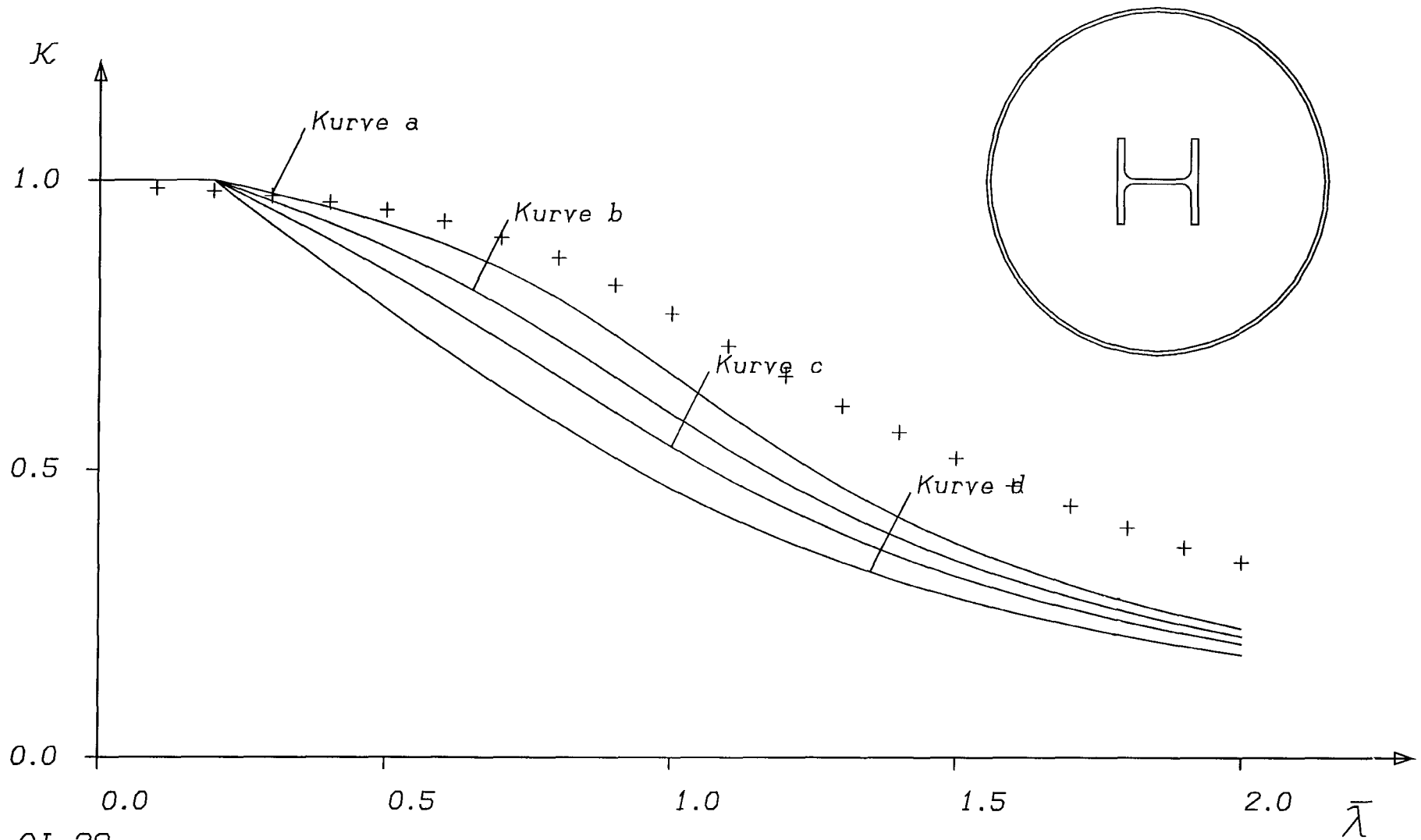


Bild AI-29

Vergleich mit Knickspannungskurve a  
Rundrohr 406,4x5 mit HE100A schwach S460 C30 00dm00

Dr. R. Bergmann  
Ruhr-Universität  
Bochum

# Knickspannungskurven nach Eurocode 4

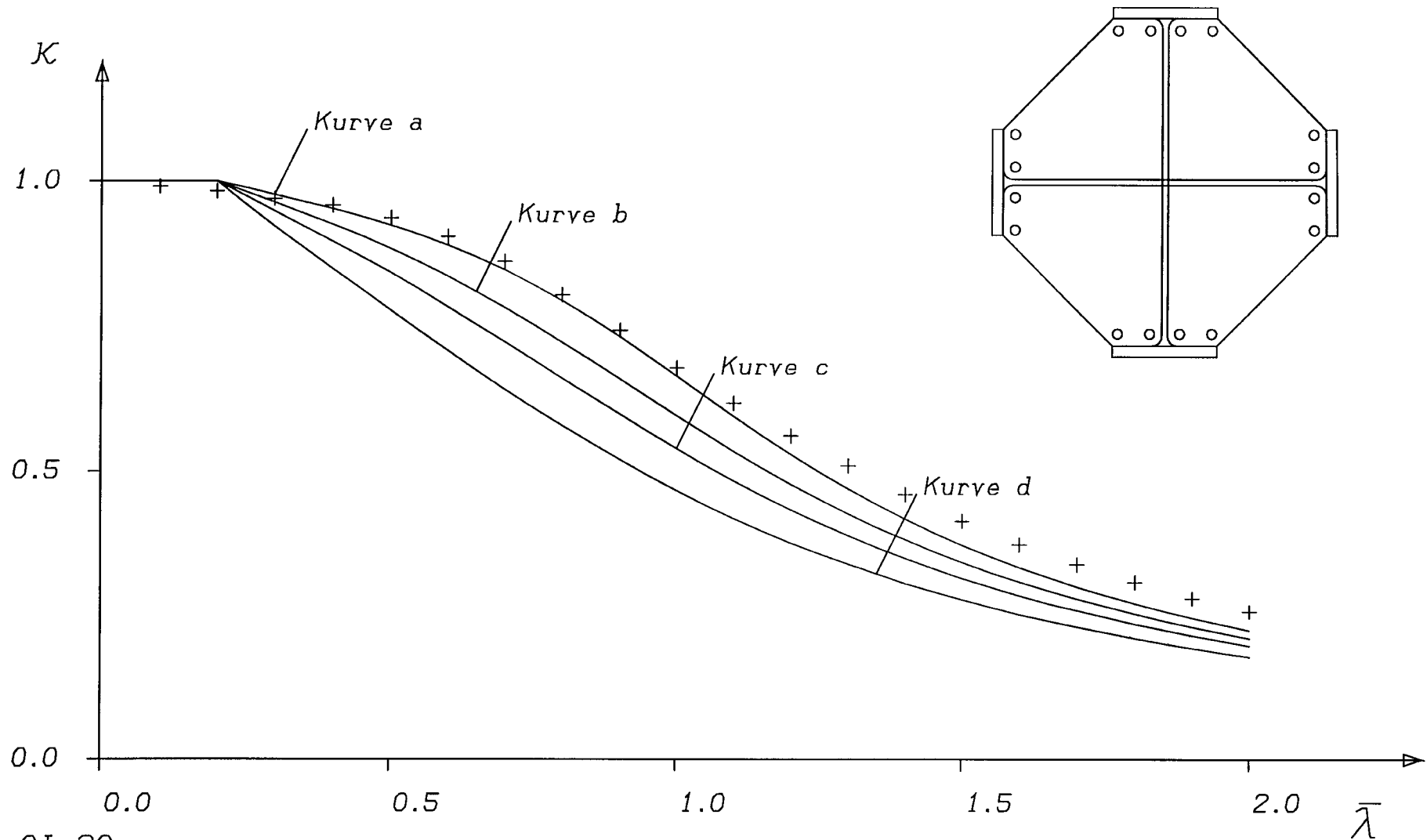


Bild AI-30

Vergleich mit Knickspannungskurve a  
 2xHE1000A gekreuzt S460 C30 16dm28

Dr. R. Bergmann  
 Ruhr-Universität  
 Bochum



# Knickspannungskurven nach Eurocode 4

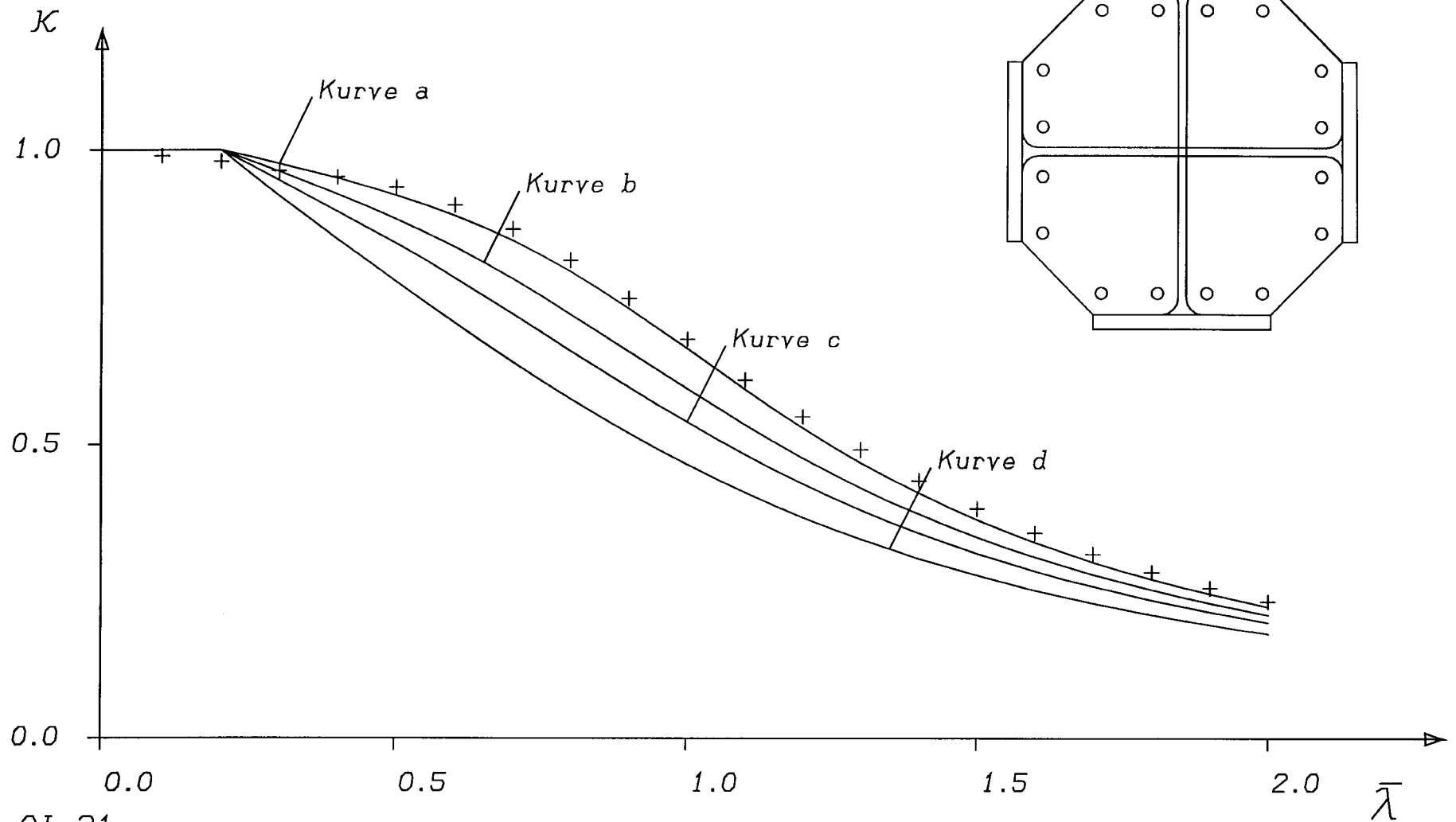


Bild AI-31

Vergleich mit Knickspannungskurve a  
2xHE600A gekreuzt S460 C30 16dm20

Dr. R. Bergmann  
Ruhr-Universität  
Bochum

Prof. Dr.-Ing. G. Hanswille  
Dr.-Ing. R. Bergmann

**Forschungsbericht:**

**Ermittlung geometrischer  
Ersatzimperfektionen für  
Verbundstützen mit  
hochfesten Stählen**

**Aktenzeichen P3-5-17.10-992/01**

**Auftraggeber:**

Deutsches Institut für Bautechnik  
Berlin

**Anhang II**

Vergleich des Näherungs-  
verfahrens nach EDIN 18800-5  
und prEN 1994-1-1  
mit der exakten Berechnung  
bei Beanspruchung durch  
Normalkräfte und  
Biegemomente für  $r=1,0$

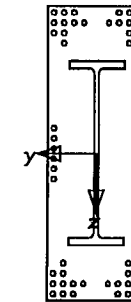
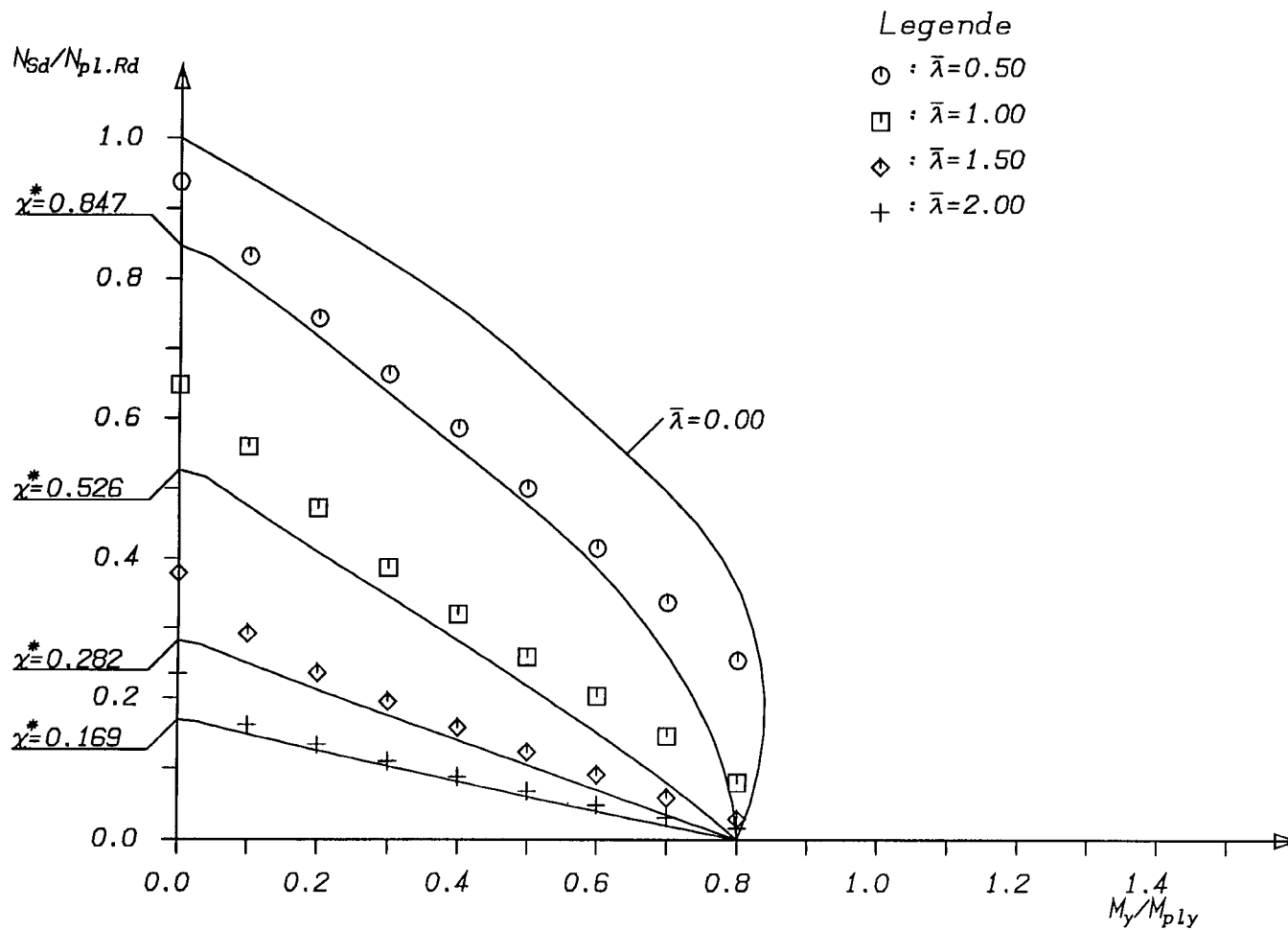


Ingenieurgesellschaft mbH  
Kohlenstr. 38  
44795 Bochum

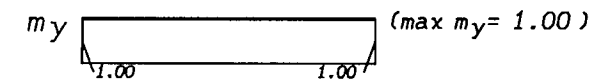
Bochum

Oktober 2001

# Traglastkurven für Verbundstützen



Berechnungsverfahren:  
DIN18800-5 mit Vorverformungen  
Kurvenparameter:  $\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{N_{pl.R}}{N_{cr}}}$   
Momentenbild normiert

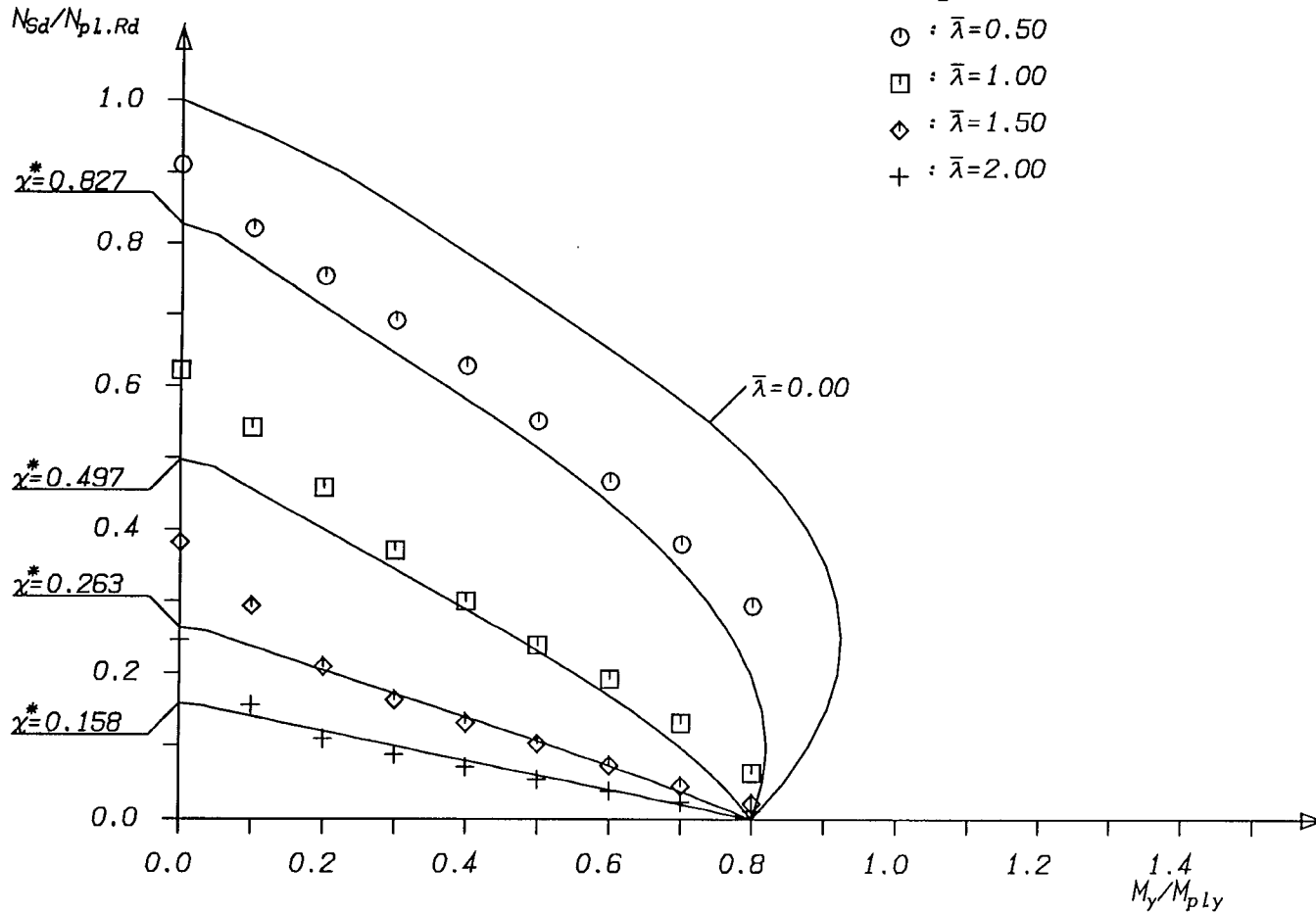


Bezugswerte:  
 $N_{pl.R} = 56814.39 \text{ kN}$   
 $M_{pl.y.R} = 19756.57 \text{ kNm}$

Bild AII-1

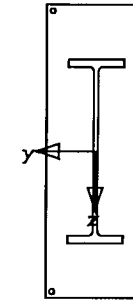
HE1000M 1612X543 S460 C30 52dm28  $\alpha_M=0.80$

# Traglastkurven für Verbundstützen



Legende

- :  $\bar{\lambda} = 0.50$
- :  $\bar{\lambda} = 1.00$
- ◇ :  $\bar{\lambda} = 1.50$
- +



Berechnungsverfahren:

DIN18800-5 mit Vorverformungen

Kurvenparameter:  $\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{N_{pl.R}}{N_{cr}}}$

Momentenbild normiert

$m_y$  (max  $m_y = 1.00$ )

Bezugswerte:

$N_{pl.R} = 42790.00 \text{ kN}$

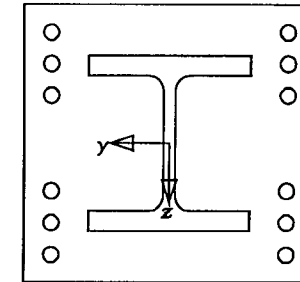
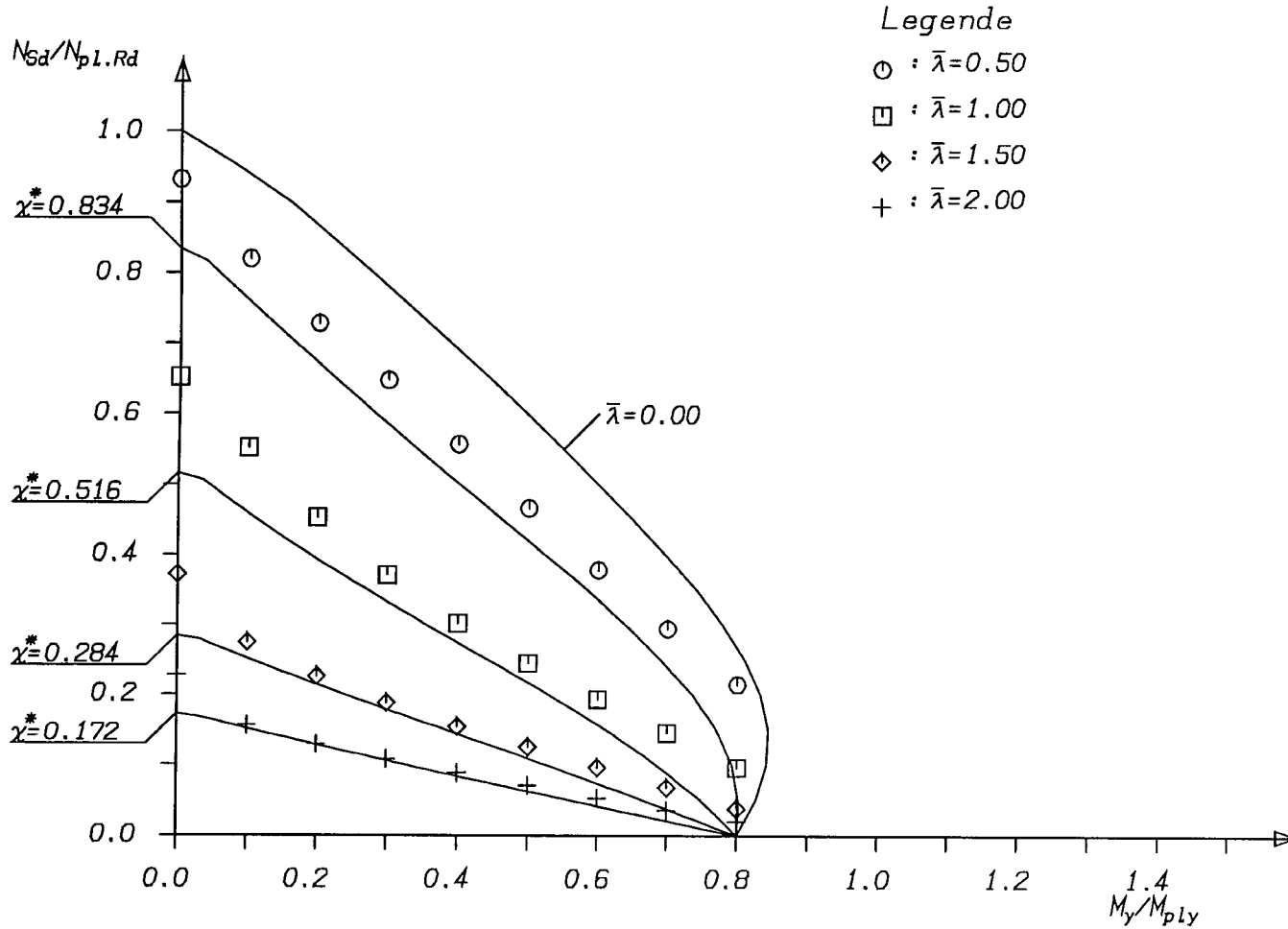
$M_{pl.y.R} = 11123.33 \text{ kNm}$

Bild AII-2

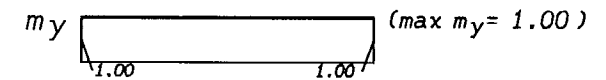
HE1000M 1612X543 S460 C30 04dm28  $\alpha_M = 0.80$

Dr. R. Bergmann  
Bauingenieur  
Hitten

# Traglastkurven für Verbundstützen



Berechnungsverfahren:  
 DIN18800-5 mit Vorverformungen  
 Kurvenparameter:  $\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{N_{p1.R}}{N_{cr}}}$   
 Momentenbild normiert



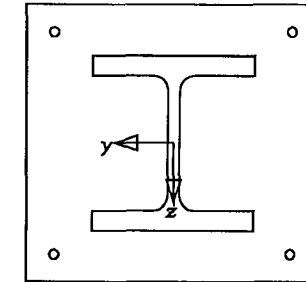
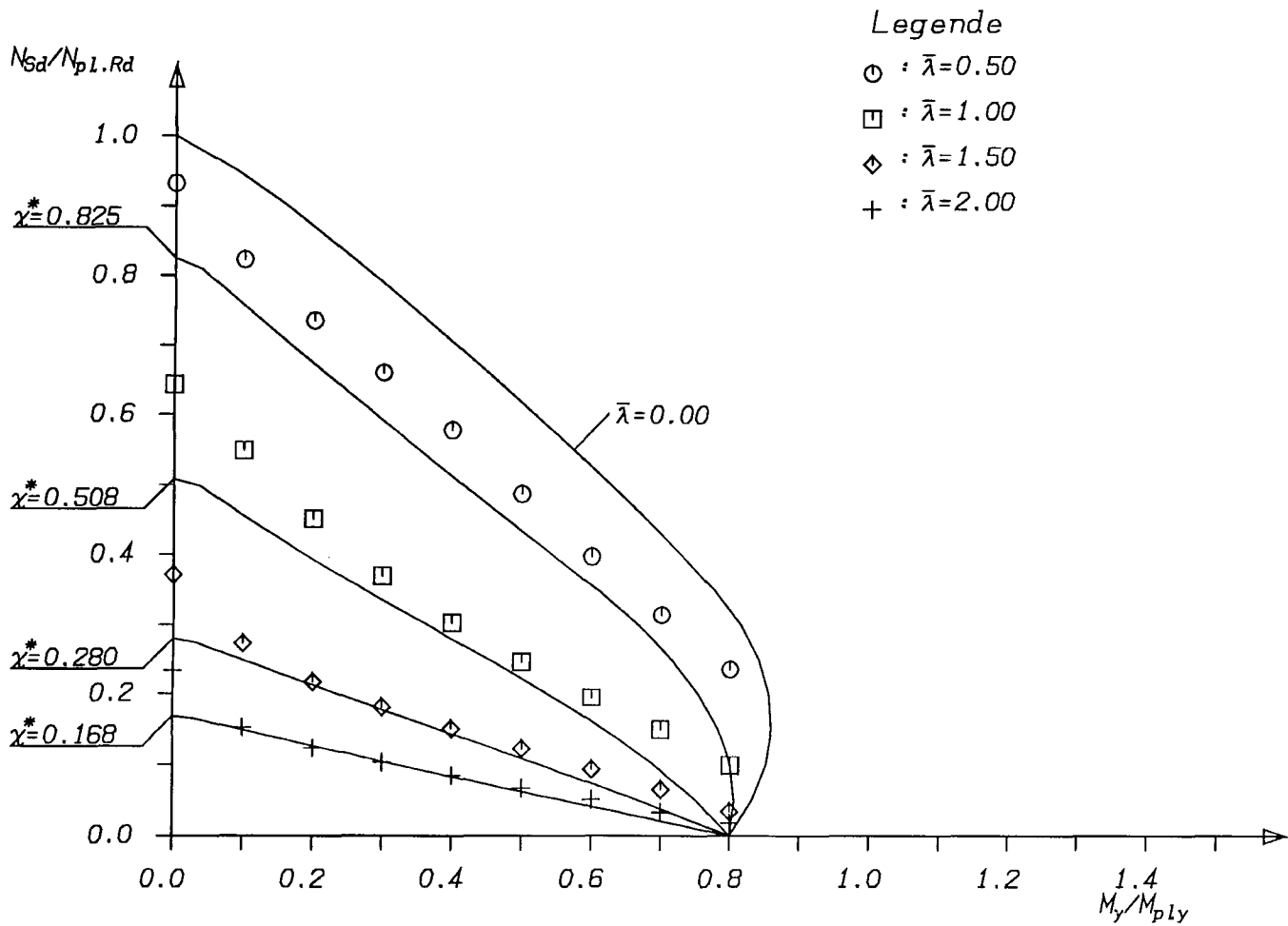
Bezugswerte:  
 $N_{p1.R} = 10795.24 \text{ kN}$   
 $M_{p1.y.R} = 791.67 \text{ kNm}$

Bild AII-3

HE200M 350X370 S460 C30 · 12dm20  $\alpha_M=0.80$

Dr. R. Bergmann  
 Bauingenieur  
 Witten

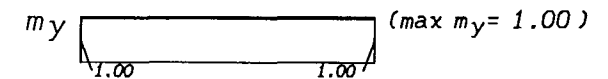
# Traglastkurven für Verbundstützen



Berechnungsverfahren:  
DIN18800-5 mit Vorverformungen

Kurvenparameter:  $\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{N_{pL.R}}{N_{cr}}}$

Momentenbild normiert



Bezugswerte:

$N_{pL.R} = 9221.08 \text{ kN}$

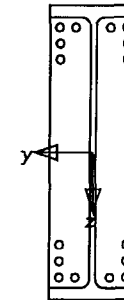
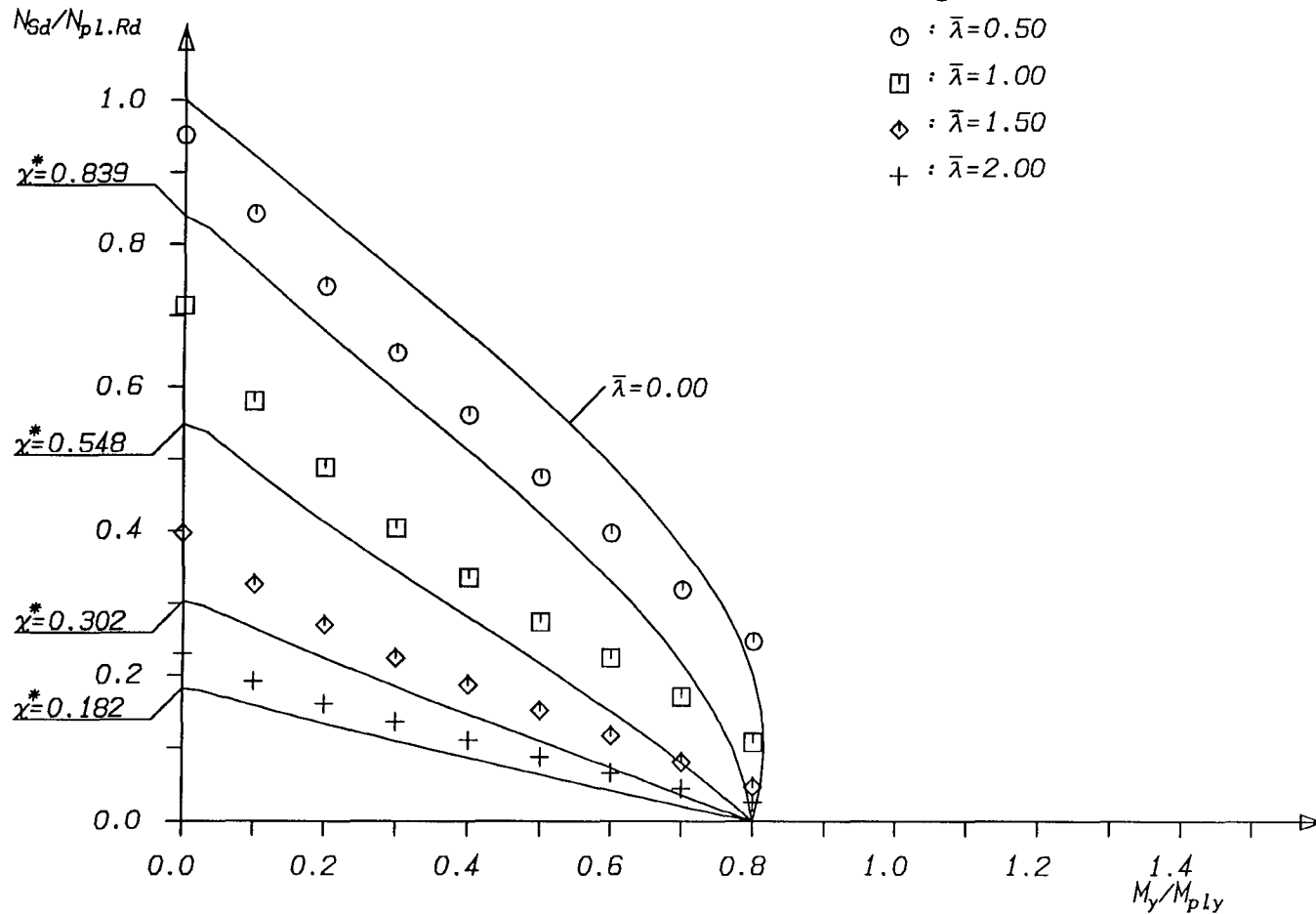
$M_{pLy.R} = 635.23 \text{ kNm}$

Bild AII-4

HE200M 350X370 S460 C30 04dm12  $\alpha_M = 0.80$

Dr. R. Bergmann  
Bauingenieur  
Witten

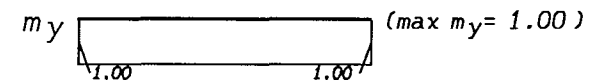
# Traglastkurven für Verbundstützen



Berechnungsverfahren:  
DIN18800-5 mit Vorverformungen

Kurvenparameter:  $\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{N_{p1.R}}{N_{cr}}}$

Momentenbild normiert



Bezugswerte:

$N_{p1.R} = 31738.13 \text{ kN}$

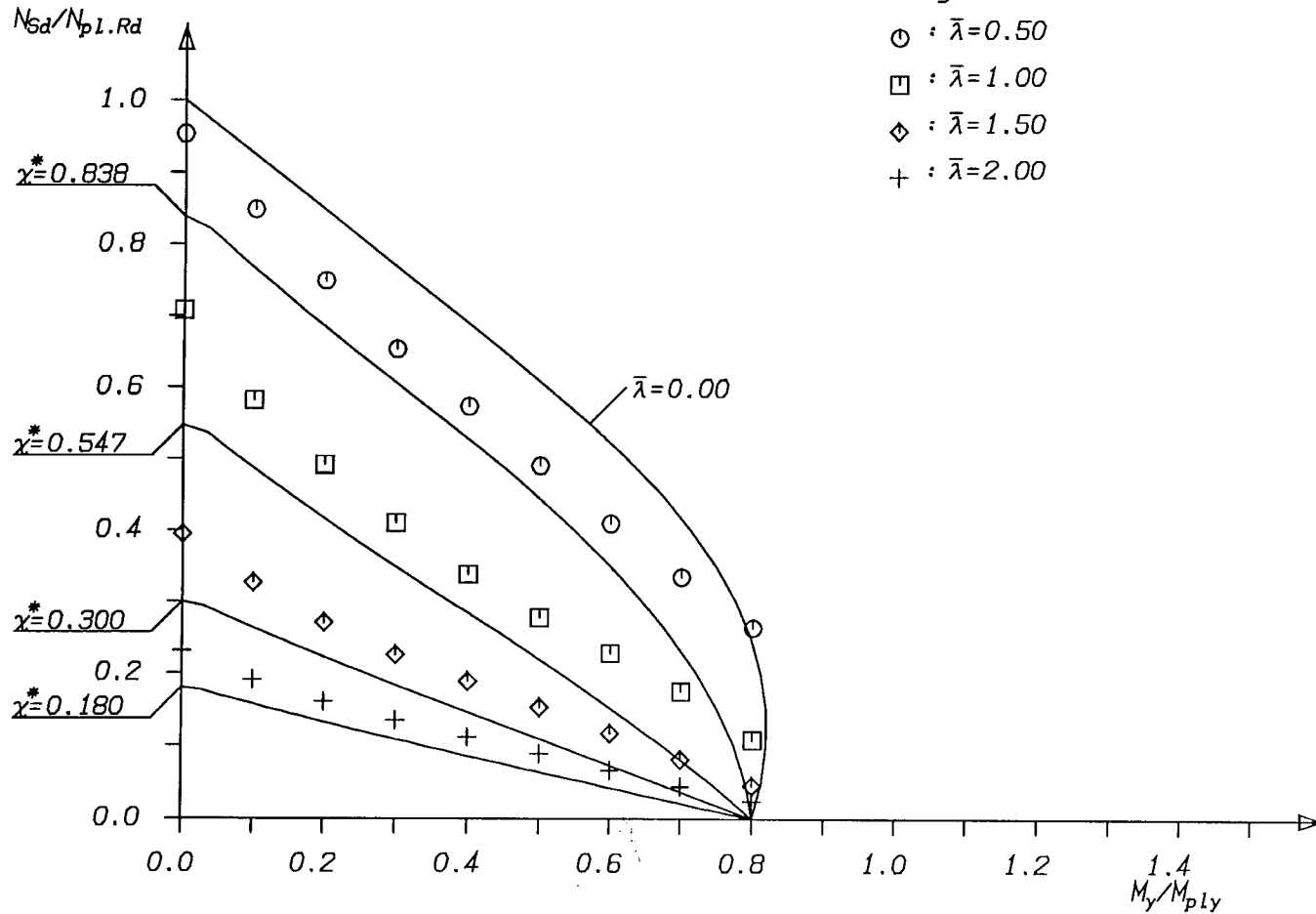
$M_{p1.y.R} = 10053.84 \text{ kNm}$

Bild AII-5

HE1000M Kammer S460 C30 16dm28  $\alpha_M=0.80$

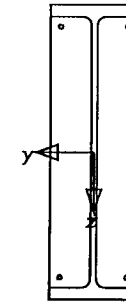
Dr. R. Bergmann  
Bauingenieur  
Witten

# Traglastkurven für Verbundstützen



Legende

- :  $\bar{\lambda} = 0.50$
- :  $\bar{\lambda} = 1.00$
- ◇ :  $\bar{\lambda} = 1.50$
- +

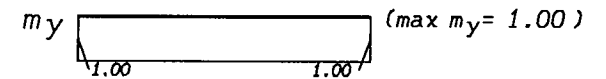


Berechnungsverfahren:

DIN18800-5 mit Vorverformungen

Kurvenparameter:  $\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{N_{pl.R}}{N_{cr}}}$

Momentenbild normiert



Bezugswerte:

$N_{pl.R} = 27444.96 \text{ kN}$

$M_{pl.y.R} = 8350.06 \text{ kNm}$

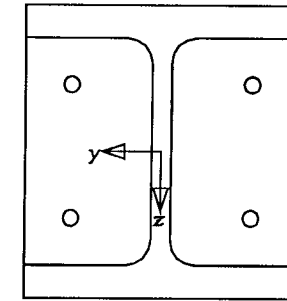
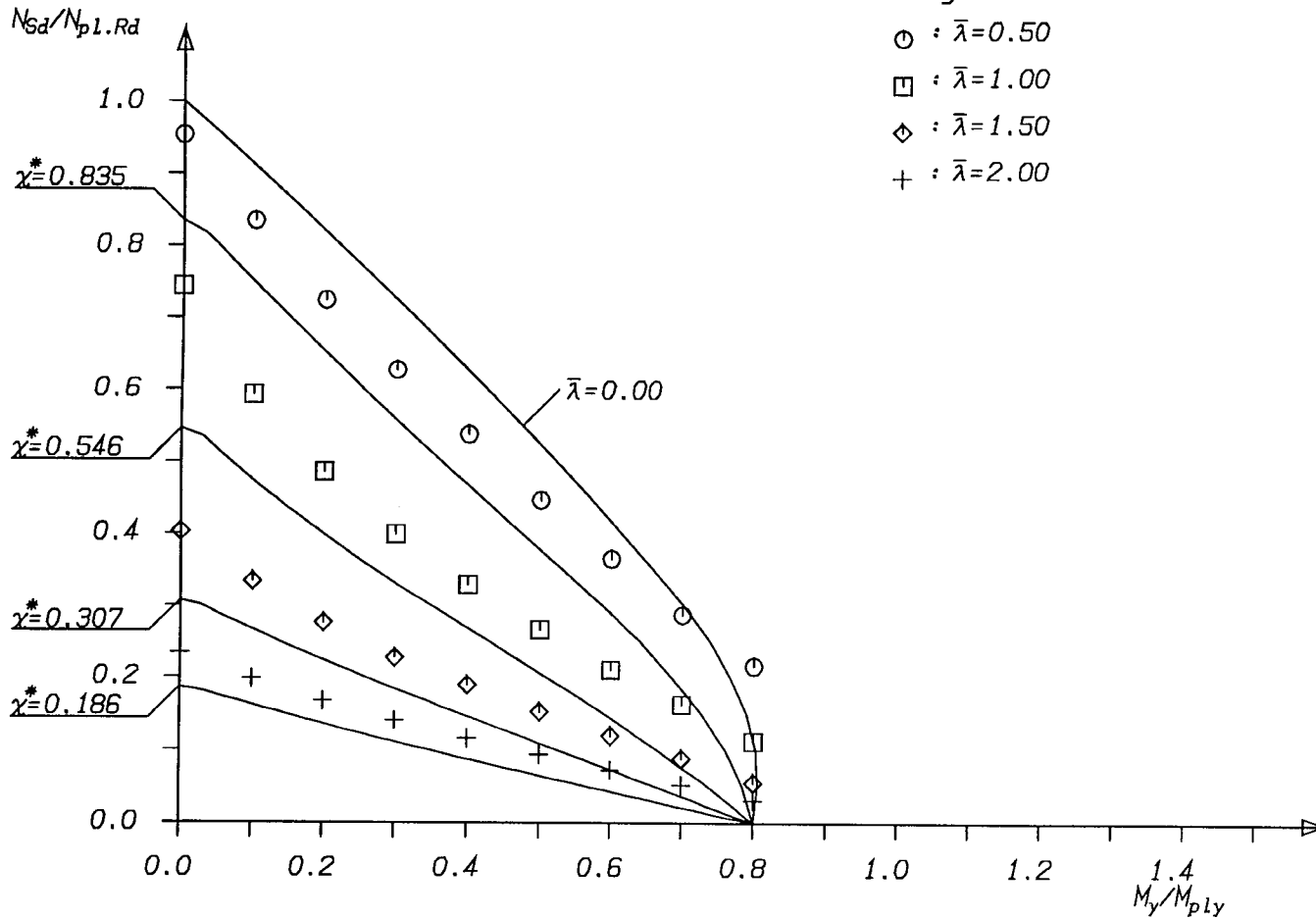
Bild AII-6

HE1000M Kammer S460 C30 04dm16  $\alpha_M = 0.80$

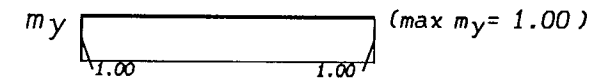
Dr. R. Bergmann  
Bauingenieur  
Mitten



# Traglastkurven für Verbundstützen



Berechnungsverfahren:  
 DIN18800-5 mit Vorverformungen  
 Kurvenparameter:  $\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{N_{pL.R}}{N_{cr}}}$   
 Momentenbild normiert

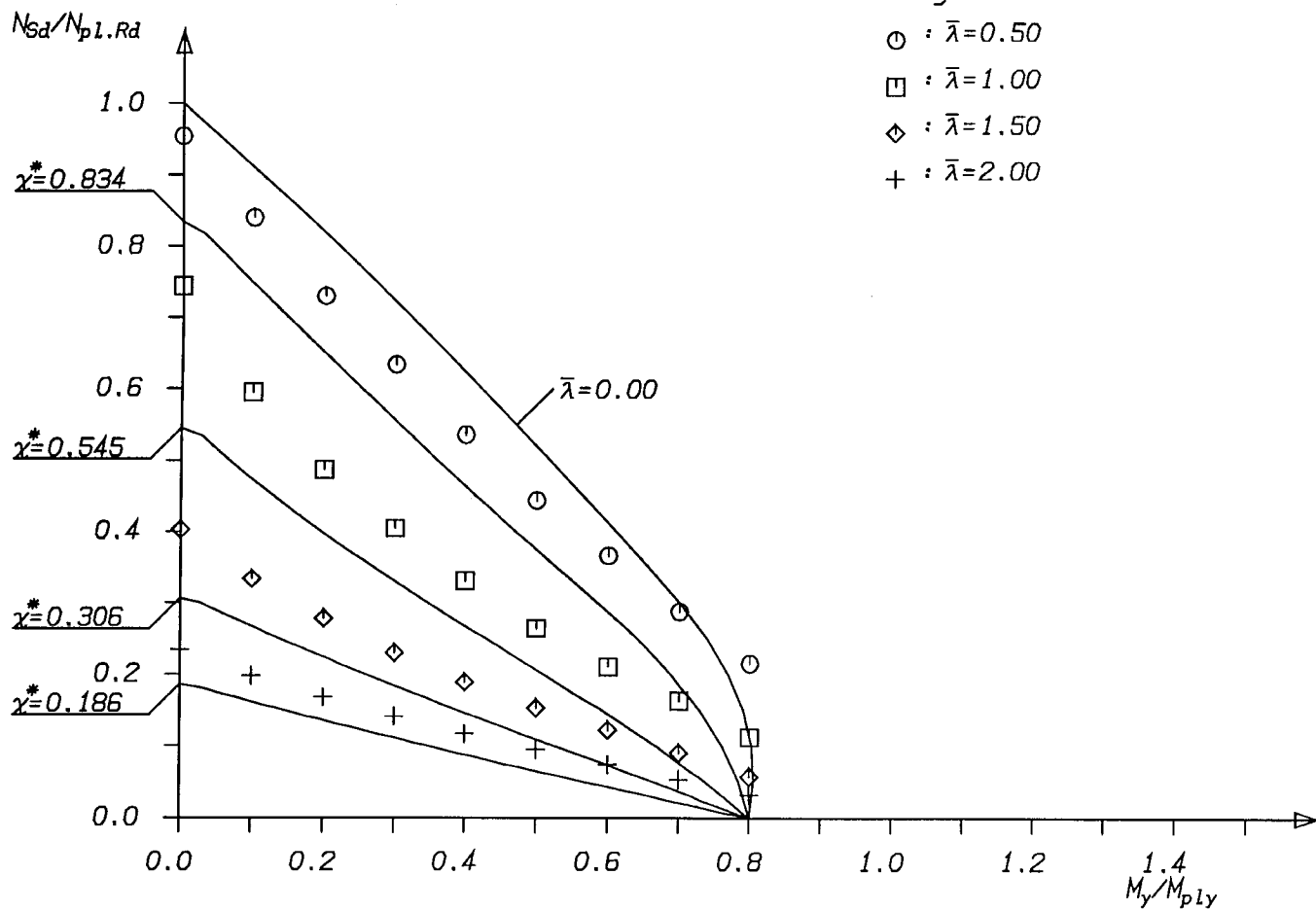


Bezugswerte:  
 $N_{pL.R} = 7074.49 \text{ kN}$   
 $M_{pL.y.R} = 546.11 \text{ kNm}$

Bild AII-7

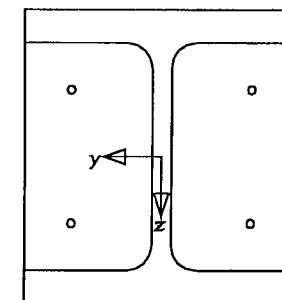
HE200M Kammer S460 C30 04dm12  $\alpha_M = 0.80$

# Traglastkurven für Verbundstützen



## Legende

- :  $\bar{\lambda}=0.50$
- :  $\bar{\lambda}=1.00$
- ◇ :  $\bar{\lambda}=1.50$
- +

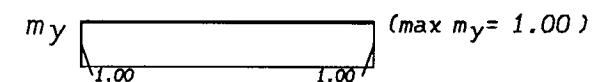


Berechnungsverfahren:

DIN18800-5 mit Vorverformungen

Kurvenparameter:  $\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{N_{pL.R}}{N_{cr}}}$

Momentenbild normiert



Bezugswerte:

$N_{pL.R} = 6913.50 \text{ kN}$

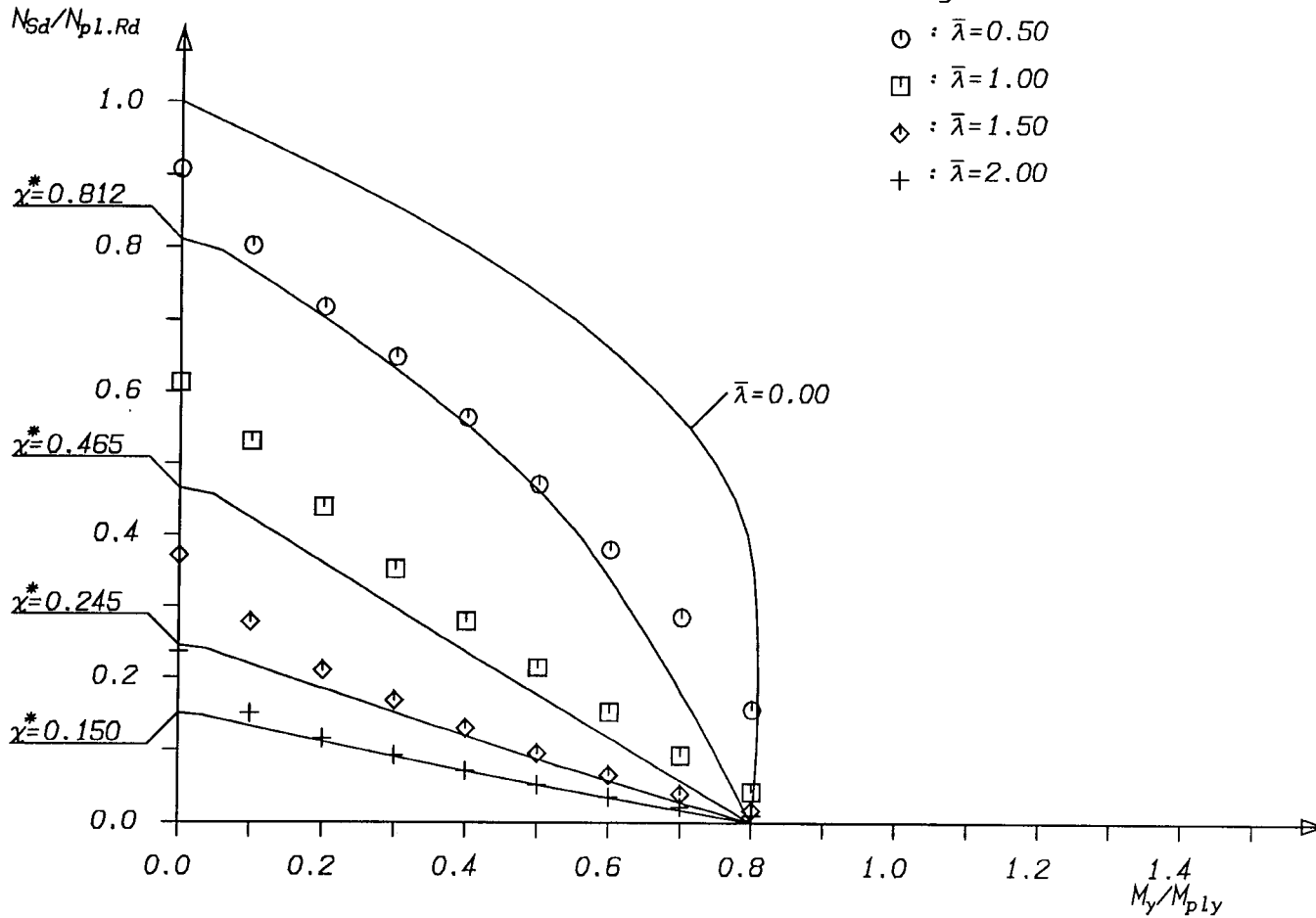
$M_{pL.y.R} = 537.75 \text{ kNm}$

Bild AII- 8

HE200M kammer S460 C30 04dm06  $\alpha_M=0.80$

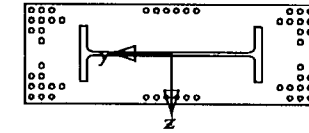
Dr. R. Bergmann  
Bauingenieur  
H i t t e n

# Traglastkurven für Verbundstützen



## Legende

- :  $\bar{\lambda} = 0.50$
- :  $\bar{\lambda} = 1.00$
- ◇ :  $\bar{\lambda} = 1.50$
- ⊕ :  $\bar{\lambda} = 2.00$

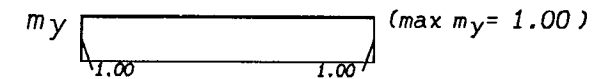


Berechnungsverfahren:

DIN18800-5 mit Vorverformungen

Kurvenparameter:  $\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{N_{pl.R}}{N_{cr}}}$

Momentenbild normiert



Bezugswerte:

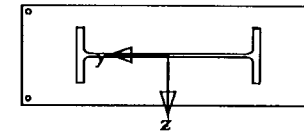
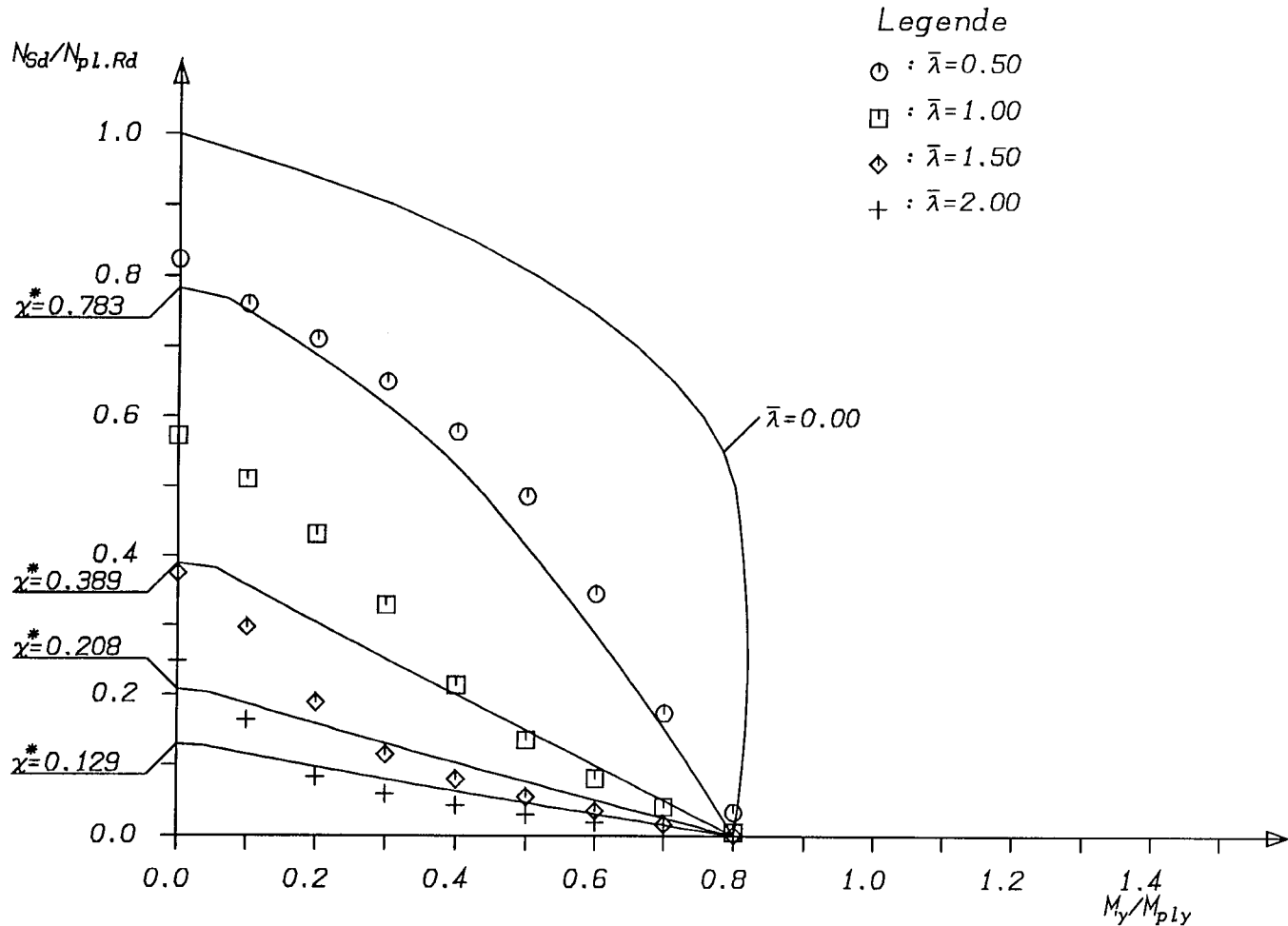
$N_{pl.R} = 56814.39 \text{ kN}$

$M_{pl.y.R} = 5277.74 \text{ kNm}$

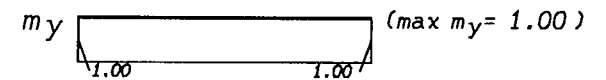
Bild AII- 9

HE1000M 1612X543 S460 C30 52dm28  $\alpha_M = 0.80$

# Traglastkurven für Verbundstützen



Berechnungsverfahren:  
 DIN18800-5 mit Vorverformungen  
 Kurvenparameter:  $\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{N_{pl.R}}{N_{cr}}}$   
 Momentenbild normiert



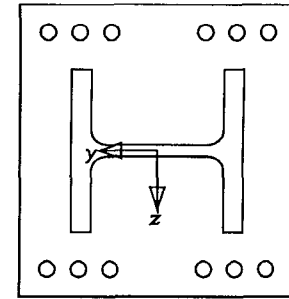
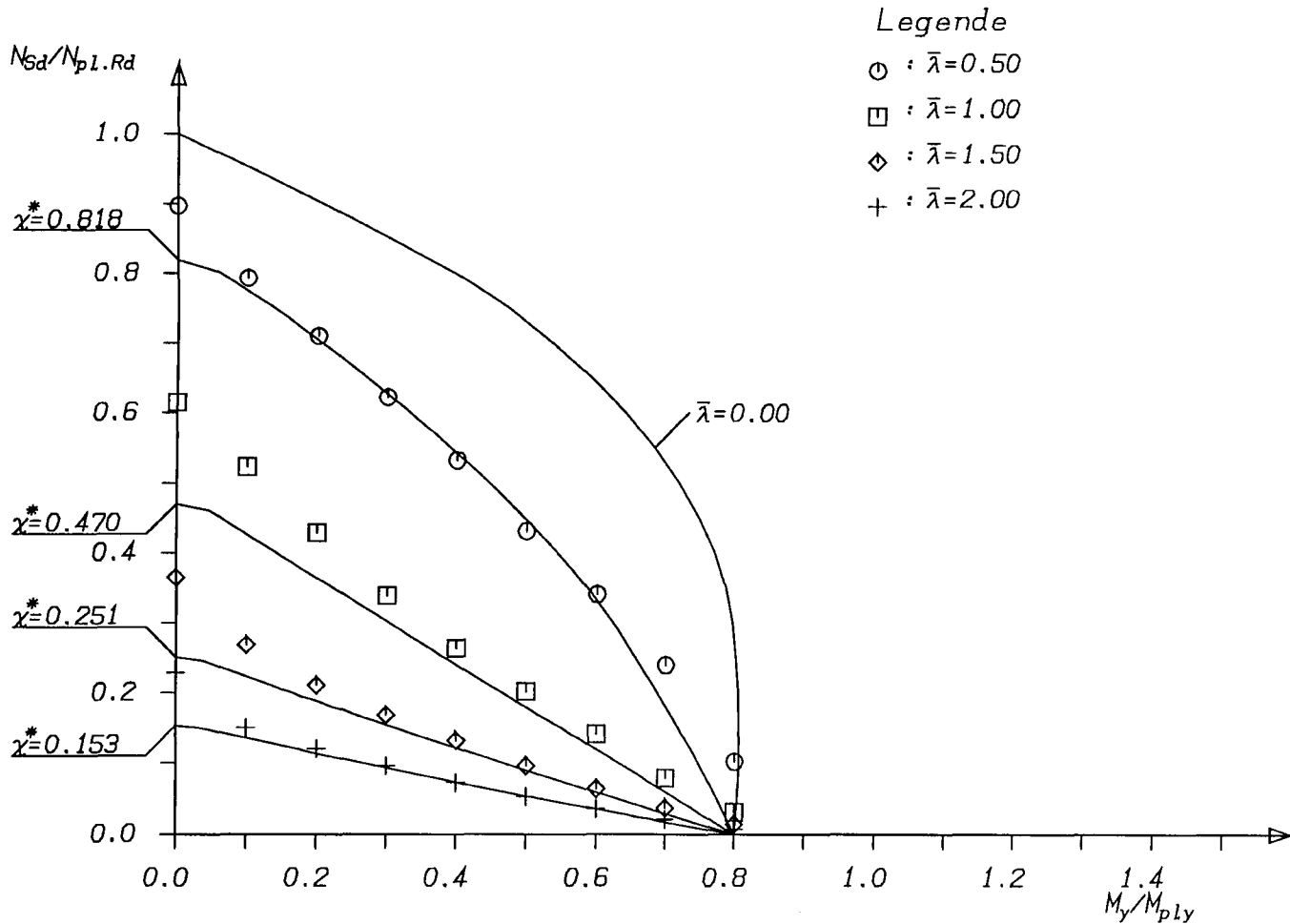
Bezugswerte:  
 $N_{pl.R} = 42790.00 \text{ kN}$   
 $M_{pl.y.R} = 2605.96 \text{ kNm}$

Bild AII-10

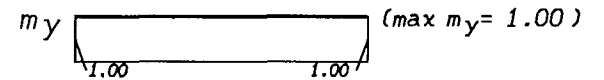
HE1000M 1612X543 S460 C30 04dm28  $\alpha_M = 0.80$

Dr. R. Bergmann  
 Bauingenieur  
 Hitten

# Traglastkurven für Verbundstützen



Berechnungsverfahren:  
 DIN18800-5 mit Vorverformungen  
 Kurvenparameter:  $\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{N_{pl.R}}{N_{cr}}}$   
 Momentenbild normiert



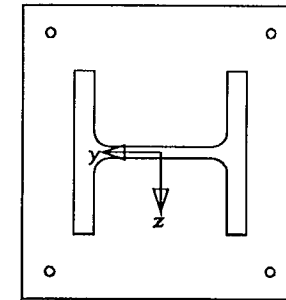
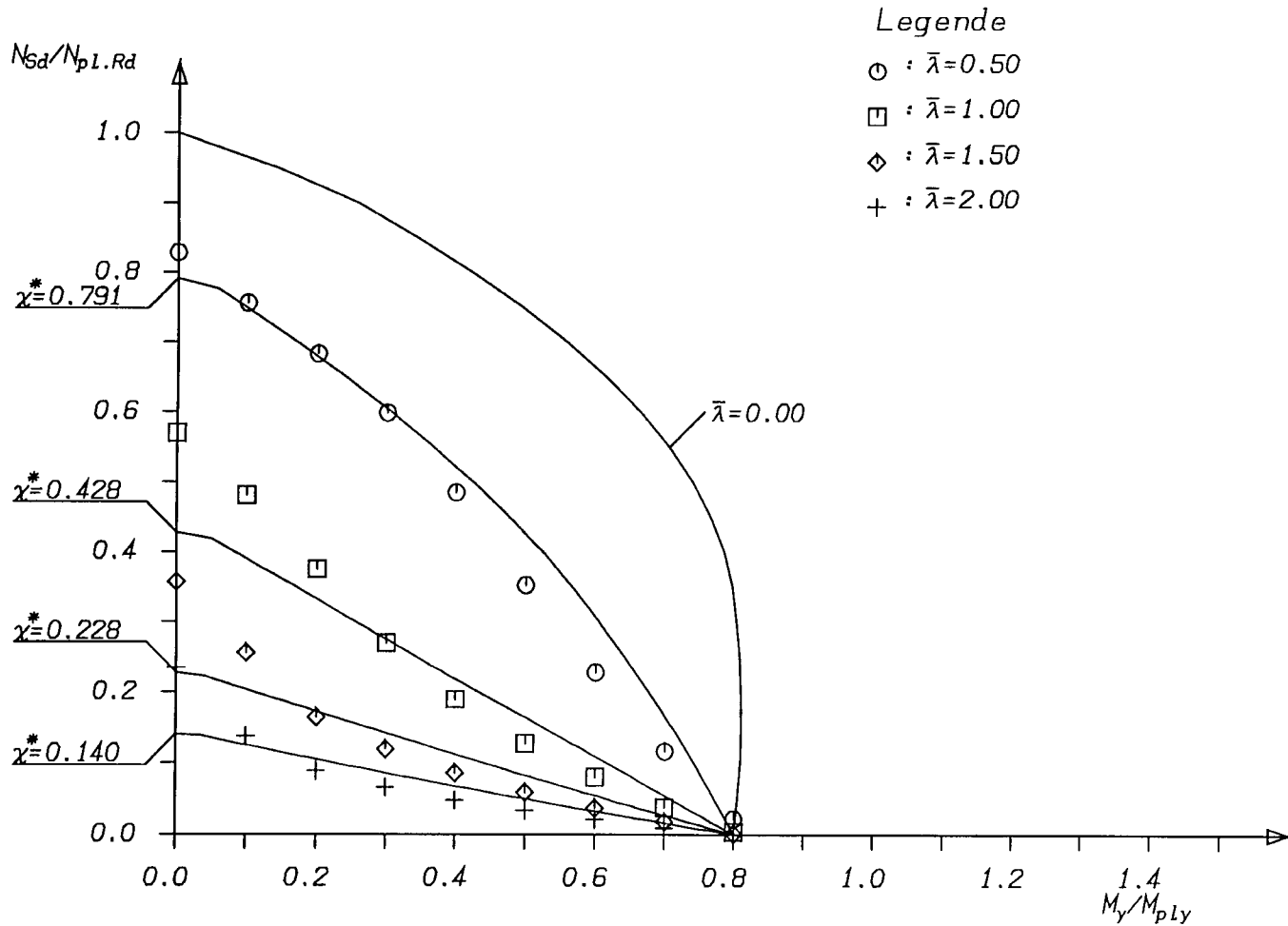
Bezugswerte:  
 $N_{pl.R} = 10795.24 \text{ kN}$   
 $M_{pl.y.R} = 666.21 \text{ kNm}$

Bild AII-11

HE200M 350X370 S460 C30 12dm20  $\alpha_M=0.80$

Dr. R. Bergmann  
 Bauingenieur  
 Witten

# Traglastkurven für Verbundstützen



Berechnungsverfahren:  
DIN18800-5 mit Vorverformungen

Kurvenparameter:  $\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{N_{pl.R}}{N_{cr}}}$

Momentenbild normiert

$m_y$  (max  $m_y = 1.00$ )

Bezugswerte:

$N_{pl.R} = 9221.08 \text{ kN}$

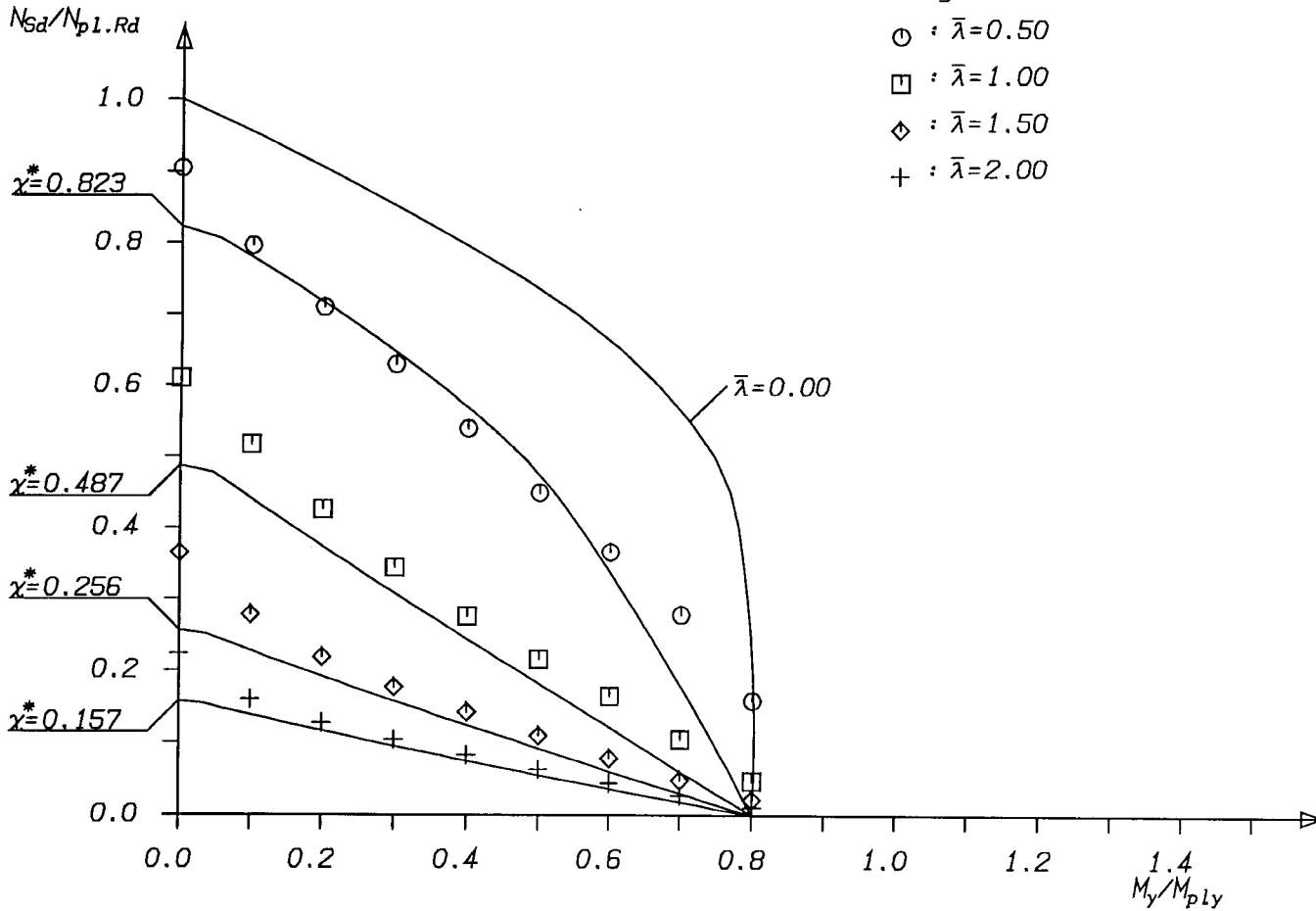
$M_{pl.y.R} = 423.44 \text{ kNm}$

Bild AII-12

HE200M 350X370 S460 C30 04dm12  $\alpha_M = 0.80$

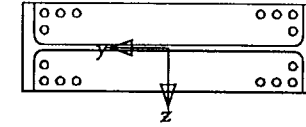
Dr. R. Bergmann  
Bauingenieur  
Hitten

# Traglastkurven für Verbundstützen



Legende

- :  $\bar{\lambda}=0.50$
- :  $\bar{\lambda}=1.00$
- ◇ :  $\bar{\lambda}=1.50$
- ⊕ :  $\bar{\lambda}=2.00$

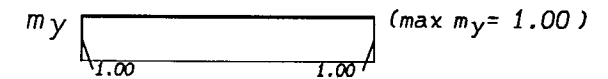


Berechnungsverfahren:

DIN18800-5 mit Vorverformungen

Kurvenparameter:  $\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{N_{pL.R}}{N_{cr}}}$

Momentenbild normiert



Bezugswerte:

$N_{pL.R} = 31738.13 \text{ kN}$

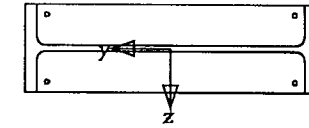
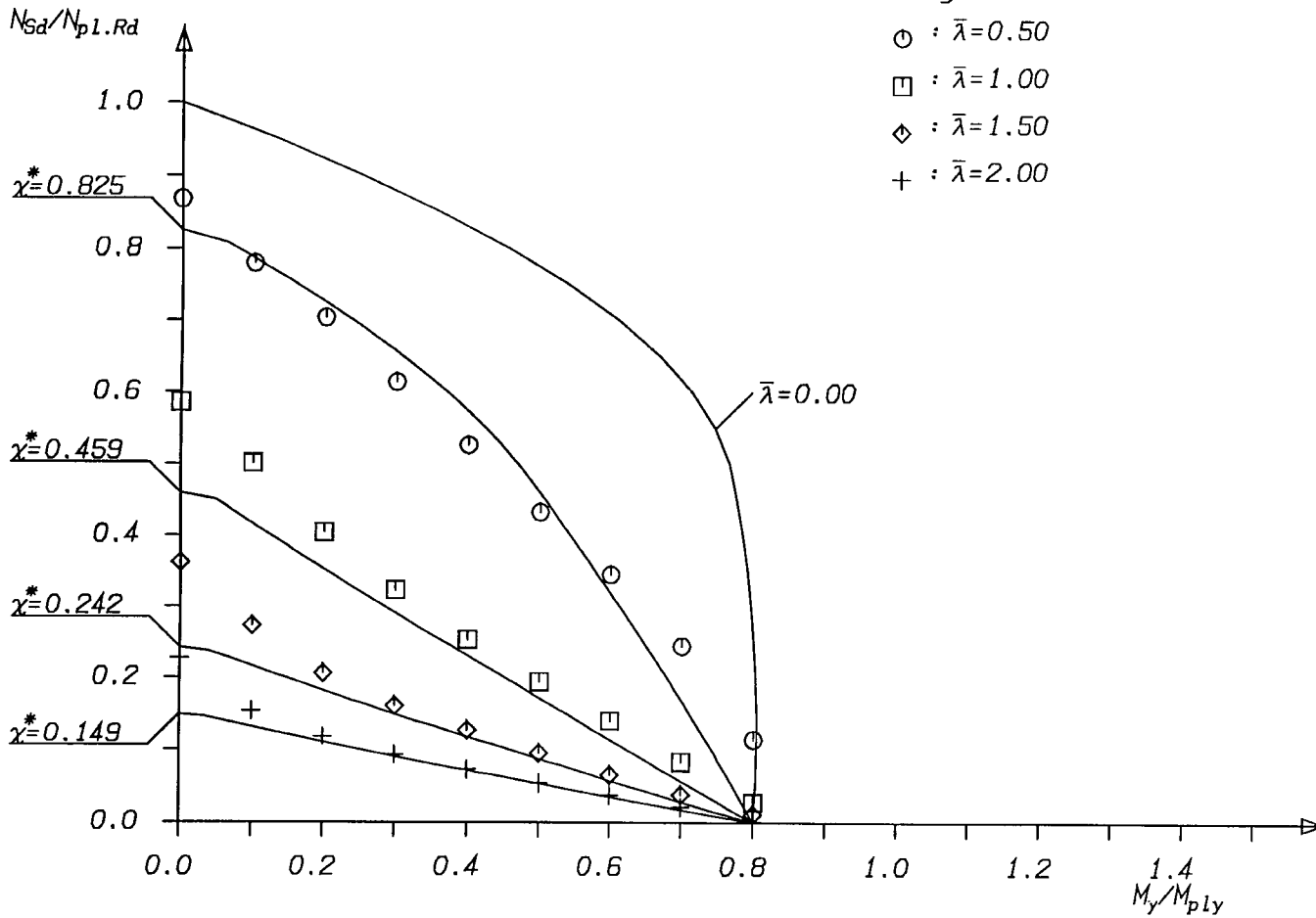
$M_{pL.y.R} = 1644.72 \text{ kNm}$

Bild AII-13

HE1000M Kammer S460 C30 16dm28  $\alpha_M=0.80$

Dr. R. Bergmann  
Bauingenieur  
Hitten

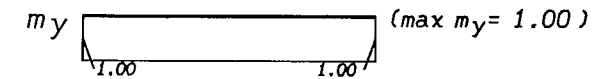
# Traglastkurven für Verbundstützen



Berechnungsverfahren:  
DIN18800-5 mit Vorverformungen

Kurvenparameter:  $\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{N_{pl.R}}{N_{cr}}}$

Momentenbild normiert



Bezugswerte:

$N_{pl.R} = 27444.96 \text{ kN}$

$M_{pl.y.R} = 1200.13 \text{ kNm}$

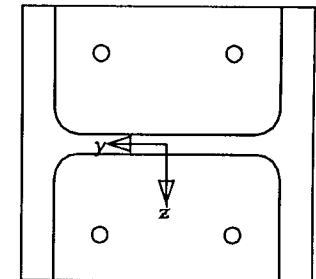
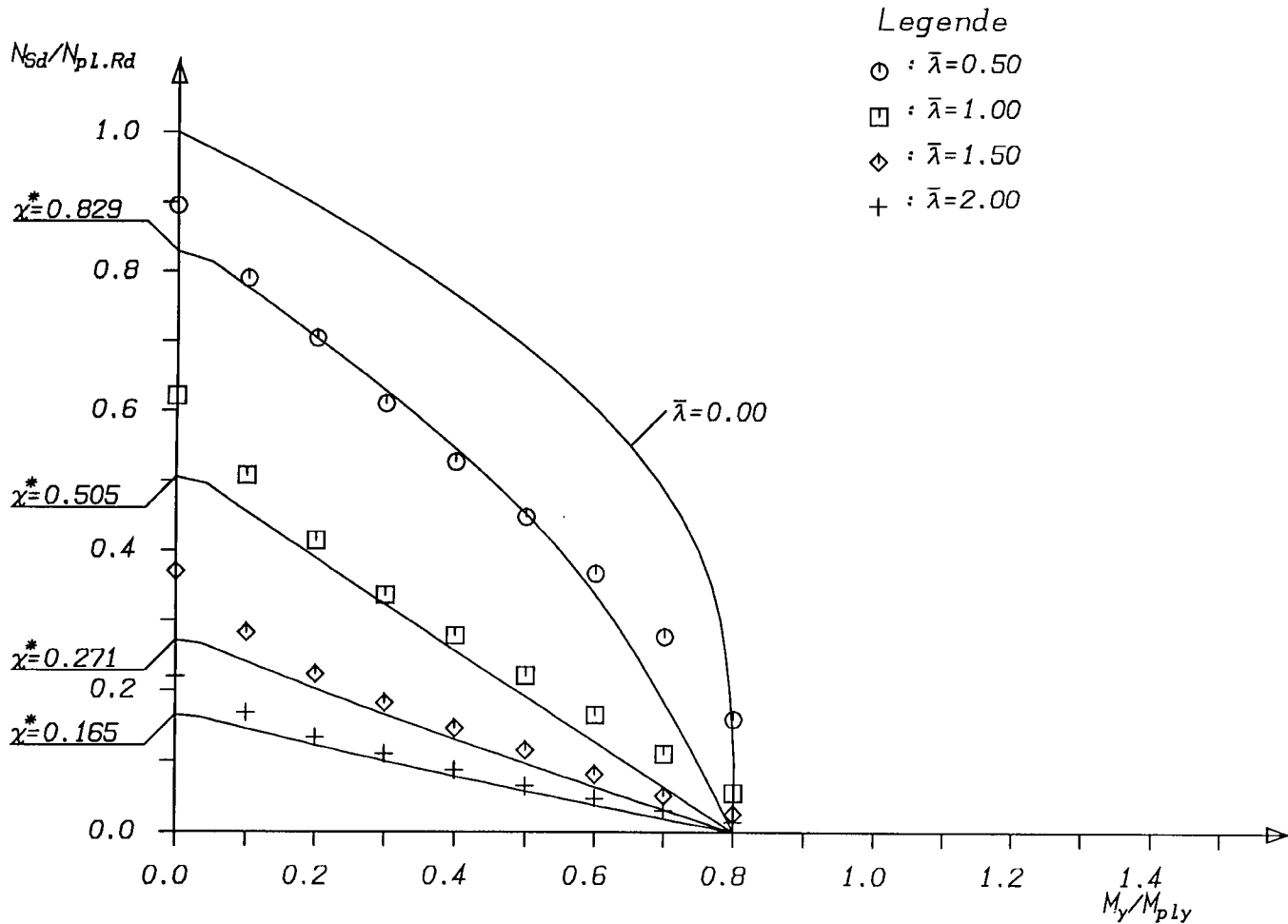
Bild AII-14

HE1000M Kammer S460 C30 04dm16  $\alpha_M = 0.80$

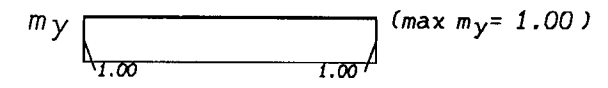
Dr. R. Bergmann  
Bauingenieur  
Hitten



# Traglastkurven für Verbundstützen



Berechnungsverfahren:  
 DIN18800-5 mit Vorverformungen  
 Kurvenparameter:  $\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{N_{pL,R}}{N_{cr}}}$   
 Momentenbild normiert



Bezugswerte:  
 $N_{pL,R} = 7074.49 \text{ kN}$   
 $M_{pLy,R} = 287.30 \text{ kNm}$

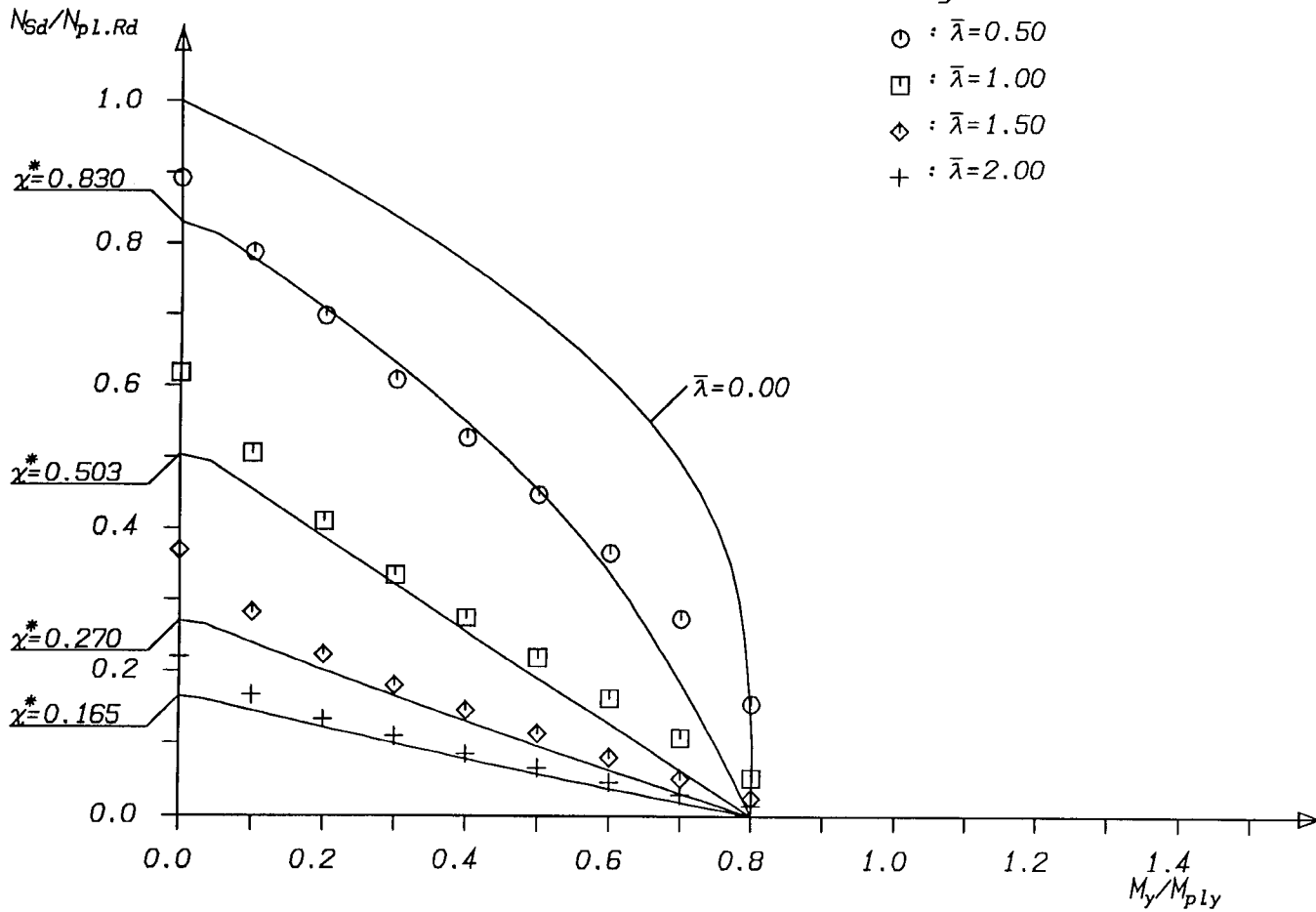
Bild AII-15

HE200M Kammer S460 C30 04dm12  $\alpha_M=0.80$

Dr. R. Bergmann  
 Bauingenieur  
 Witten

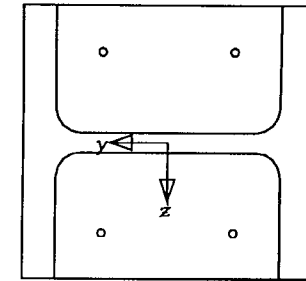
Hansjelle / Bergmann Abschlussbericht Anhang II - Seite 16

# Traglastkurven für Verbundstützen



Legende

- :  $\bar{\lambda}=0.50$
- :  $\bar{\lambda}=1.00$
- ◇ :  $\bar{\lambda}=1.50$
- + :  $\bar{\lambda}=2.00$



Berechnungsverfahren:

DIN18800-5 mit Vorverformungen

Kurvenparameter:  $\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{N_{pL.R}}{N_{cr}}}$

Momentenbild normiert

$m_y$  (max  $m_y = 1.00$ )

Bezugswerte:

$N_{pL.R} = 6913.50 \text{ kN}$

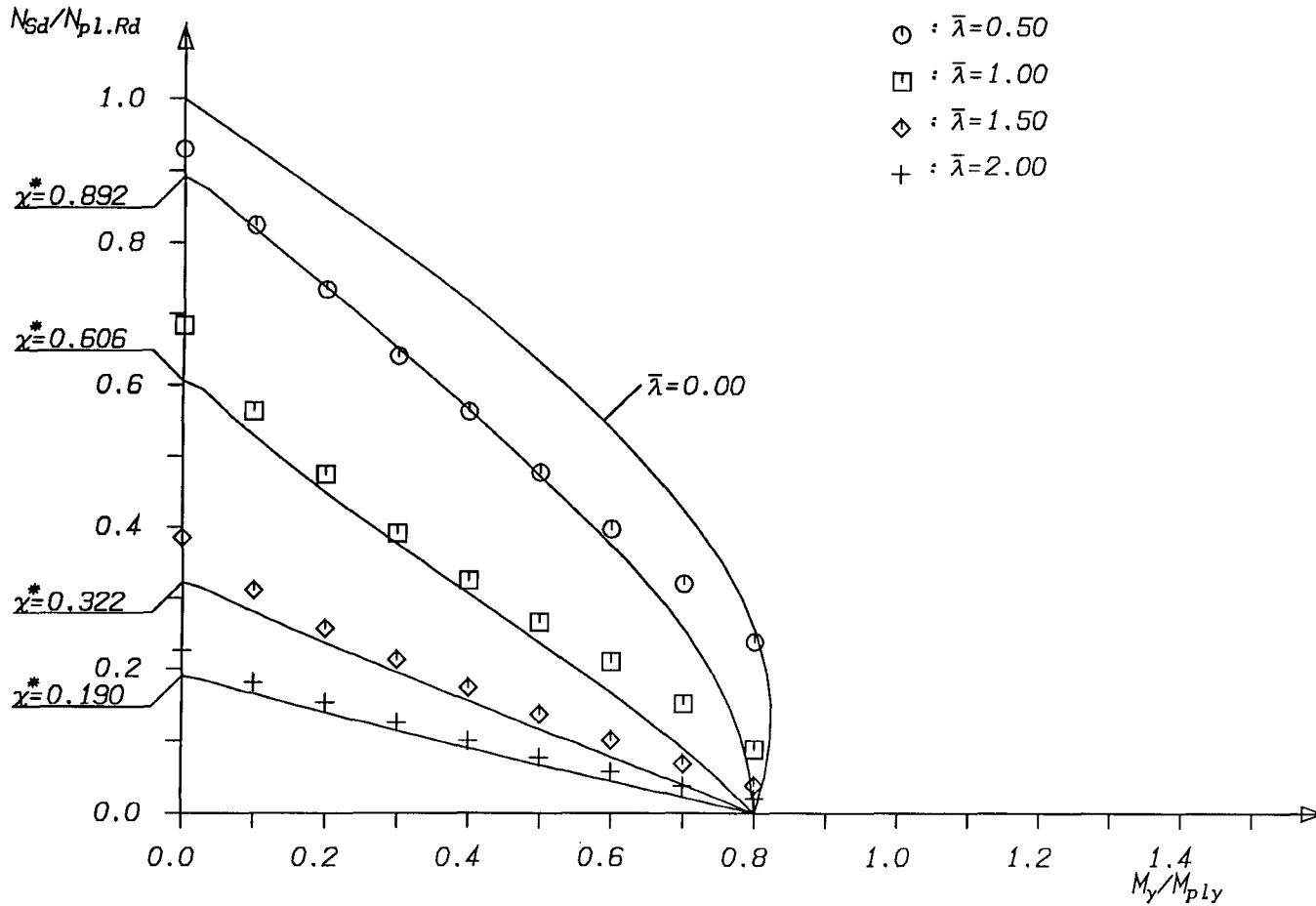
$M_{pLy.R} = 276.05 \text{ kNm}$

Bild AII-16

HE200M Kammer S460 C30 04dm06  $\alpha_M=0.80$

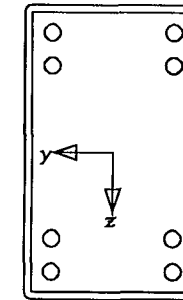
Dr. R. Bergmann  
Bauingenieur  
Hitten

# Traglastkurven für Verbundstützen



## Legende

- :  $\bar{\lambda} = 0.50$
- :  $\bar{\lambda} = 1.00$
- ◇ :  $\bar{\lambda} = 1.50$
- ⊕ :  $\bar{\lambda} = 2.00$



Berechnungsverfahren:

DIN18800-5 mit Vorverformungen

Kurvenparameter:  $\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{N_{pL.R}}{N_{cr}}}$

Momentenbild normiert

$m_y$  (max  $m_y = 1.00$ )

Bezugswerte:

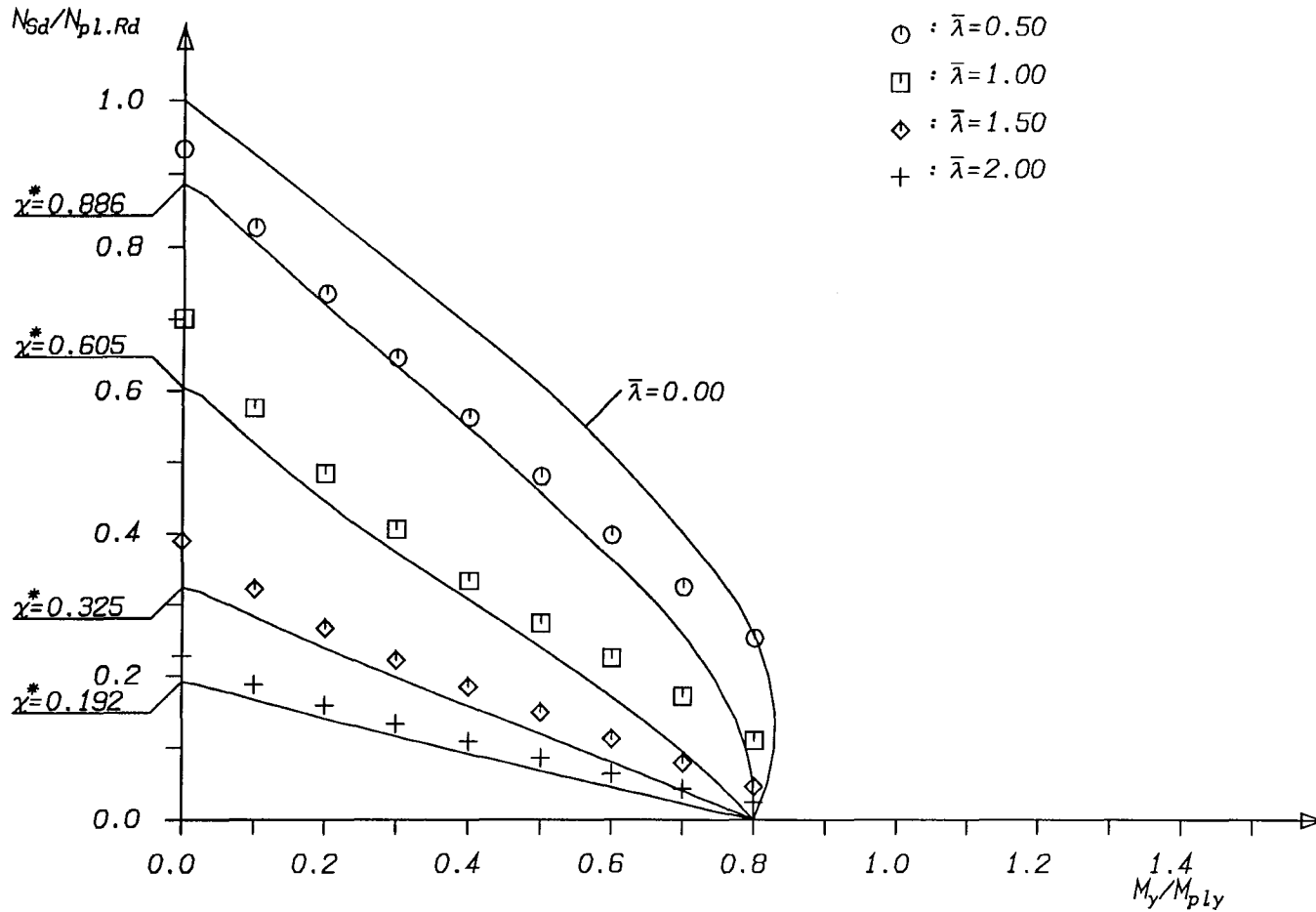
$N_{pL.R} = 14766.67 \text{ kN}$

$M_{pL.y.R} = 2012.77 \text{ kNm}$

Bild AII-17

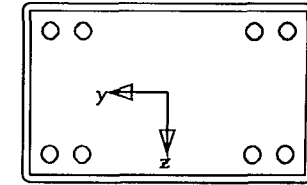
Rechteck 500x300x12 S460 C30 08dm28  $\alpha_M = 0.80$

# Traglastkurven für Verbundstützen



Legende

- :  $\bar{\lambda} = 0.50$
- :  $\bar{\lambda} = 1.00$
- ◇ :  $\bar{\lambda} = 1.50$
- ⊕ :  $\bar{\lambda} = 2.00$

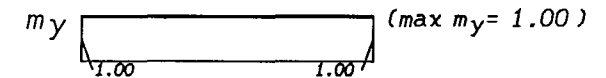


Berechnungsverfahren:

DIN18800-5 mit Vorverformungen

Kurvenparameter:  $\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{N_{pL.R}}{N_{cr}}}$

Momentenbild normiert



Bezugswerte:

$N_{pL.R} = 14766.67 \text{ kN}$

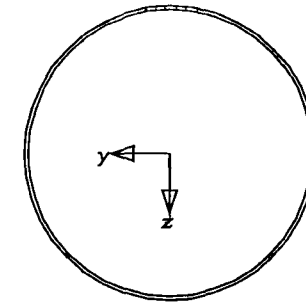
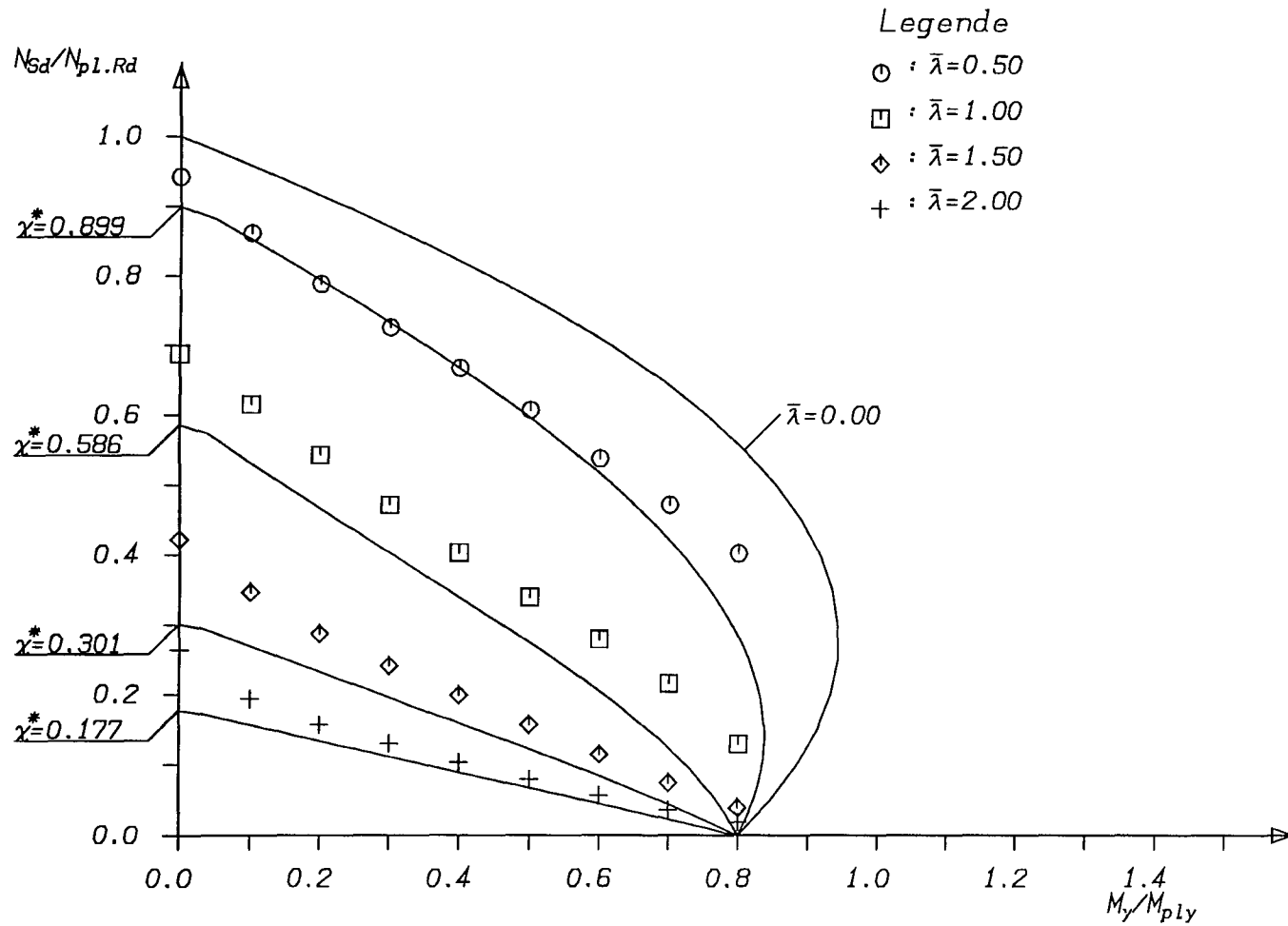
$M_{pL.y.R} = 1329.33 \text{ kNm}$

Bild AII-18

Rechteck 300x500x12 S460 C30 08dm28  $\alpha_M = 0.80$

Dr. R. Bergmann  
Bauingenieur  
Witten

# Traglastkurven für Verbundstützen



Berechnungsverfahren:

DIN18800-5 mit Vorverformungen

Kurvenparameter:  $\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{N_{pl,R}}{N_{cr}}}$

Momentenbild normiert

$m_y$  (max  $m_y = 1.00$ )

Bezugswerte:

$N_{pl,R} = 25751.62 \text{ kN}$

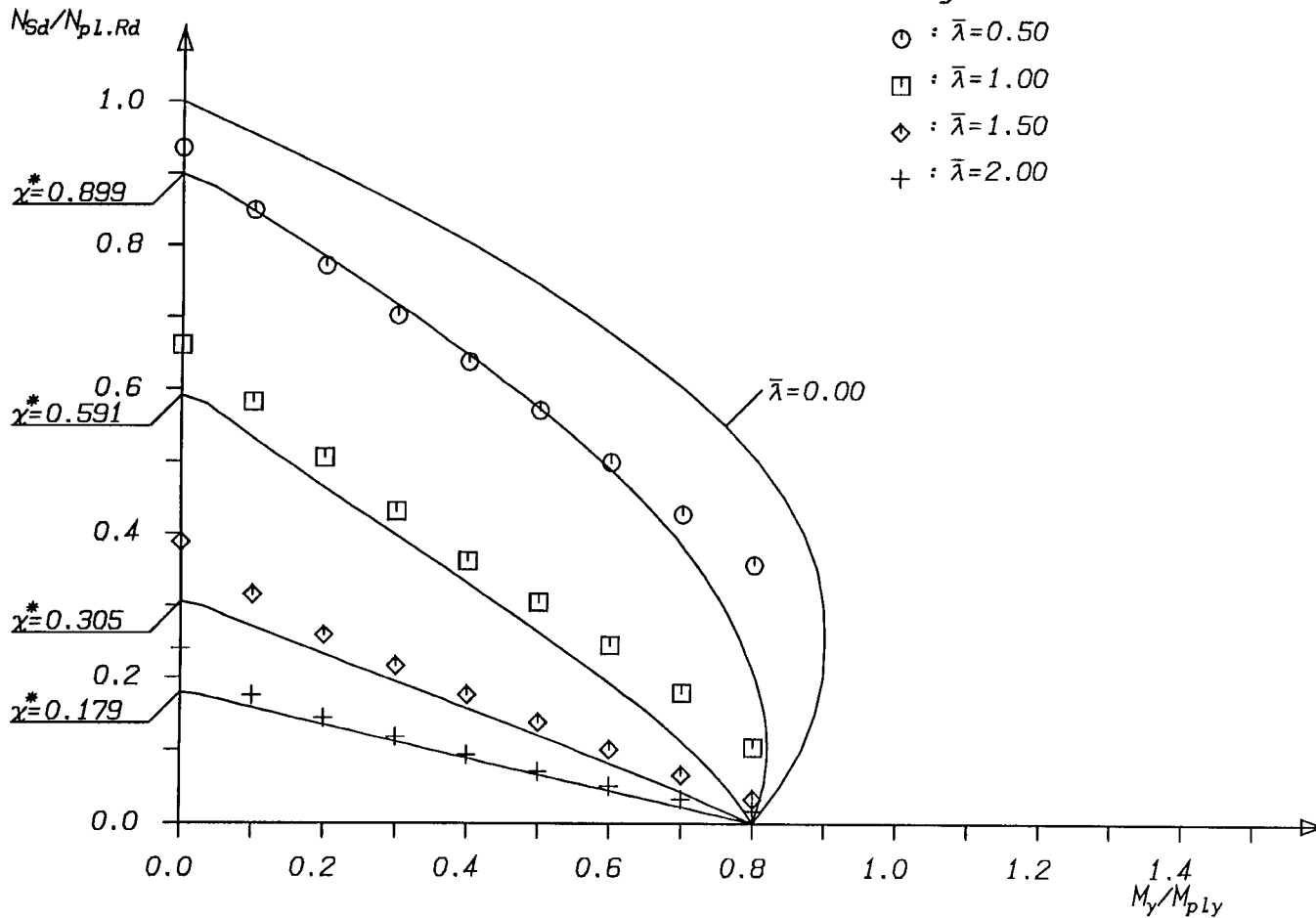
$M_{pl,y,R} = 3441.72 \text{ kNm}$

Bild AII-19

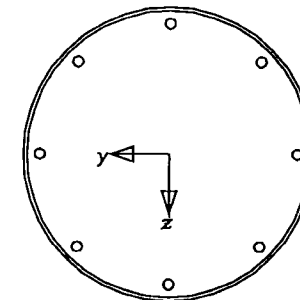
Rundrohr 800x10 S460 C30  $\alpha_M=0.80$

Dr. R. Bergmann  
Bauingenieur  
Hitten

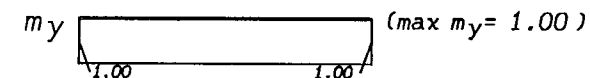
# Traglastkurven für Verbundstützen



- Legende
- :  $\bar{\lambda} = 0.50$
  - :  $\bar{\lambda} = 1.00$
  - ◇ :  $\bar{\lambda} = 1.50$
  - ⊕ :  $\bar{\lambda} = 2.00$



Berechnungsverfahren:  
 DIN18800-5 mit Vorverformungen  
 Kurvenparameter:  $\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{N_{pL.R}}{N_{cr}}}$   
 Momentenbild normiert



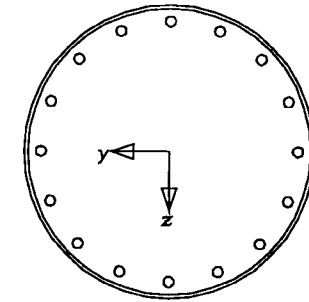
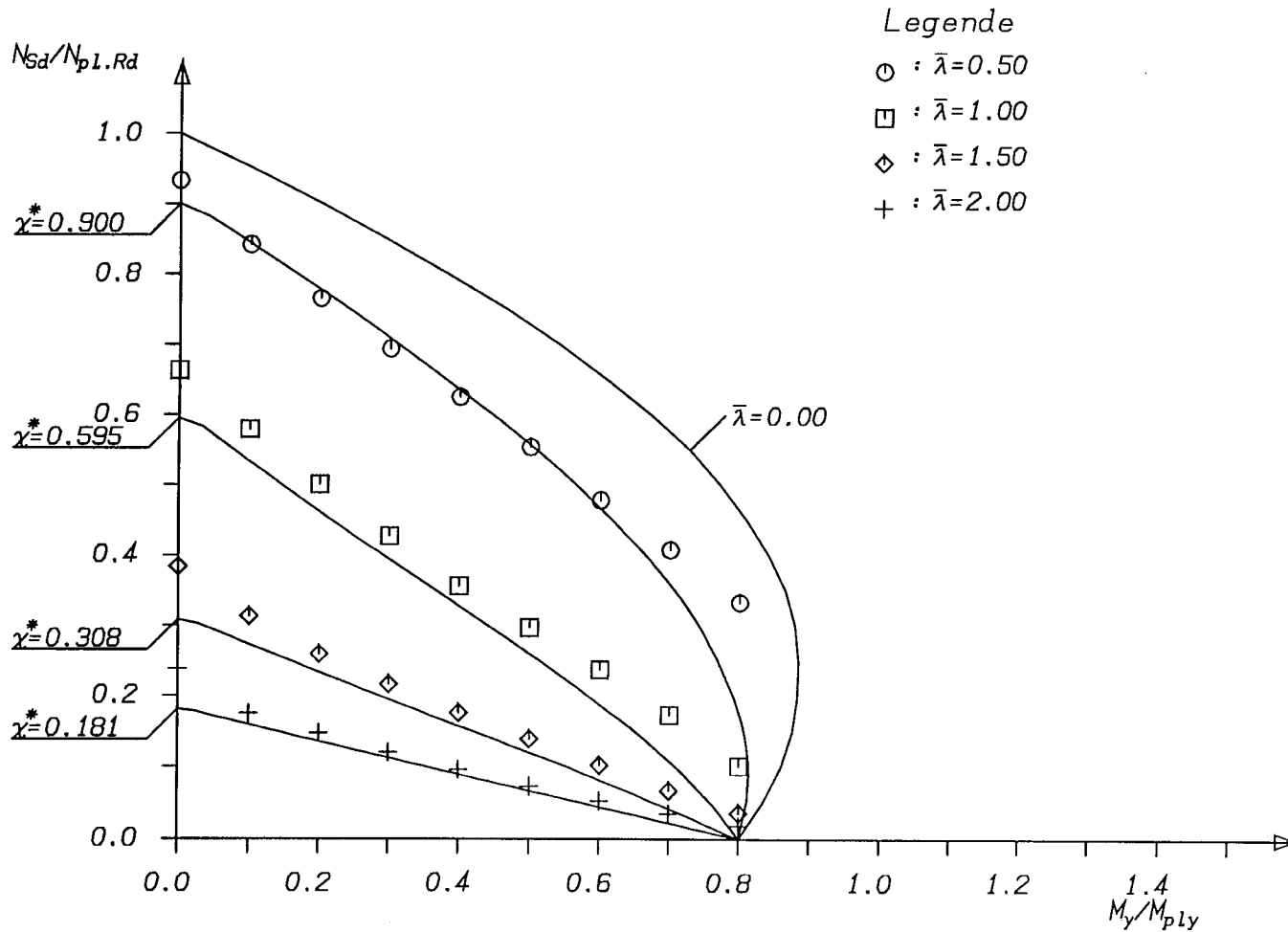
Bezugswerte:  
 $N_{pL.R} = 28066.84 \text{ kN}$   
 $M_{pL.y.R} = 4063.64 \text{ kNm}$

Bild AII-20

Rundrohr 800x10 S460 C30 08dm28  $\alpha_M = 0.80$

Dr. R. Bergmann  
 Bauingenieur  
 Witten

# Traglastkurven für Verbundstützen



Berechnungsverfahren:  
DIN18800-5 mit Vorverformungen

Kurvenparameter:  $\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{N_{pL.R}}{N_{cr}}}$

Momentenbild normiert

$m_y$  (max  $m_y = 1.00$ )

Bezugswerte:

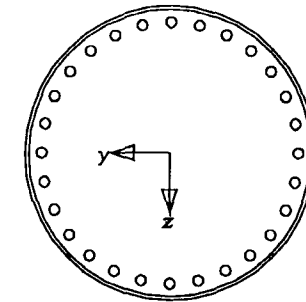
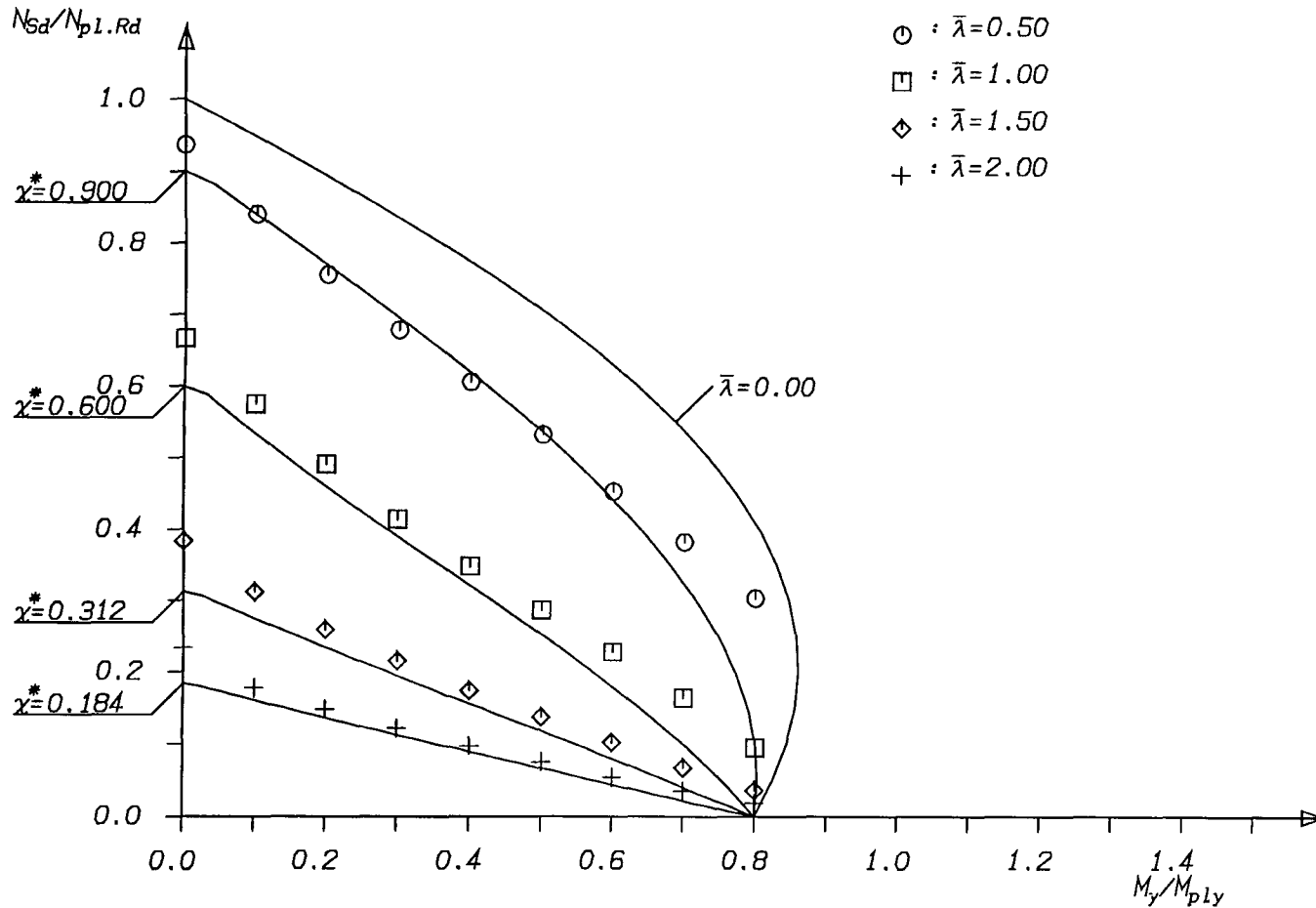
$N_{pL.R} = 30382.07 \text{ kN}$

$M_{pL.y.R} = 4639.51 \text{ kNm}$

Bild AII-21

Rundrohr 800x10 S460 C30 16dm28  $\alpha_M=0.80$

# Traglastkurven für Verbundstützen



Berechnungsverfahren:  
DIN18800-5 mit Vorverformungen

Kurvenparameter:  $\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{N_{p1.R}}{N_{cr}}}$

Momentenbild normiert

$m_y$  (max  $m_y = 1.00$ )

Bezugswerte:

$N_{p1.R} = 33854.91 \text{ kN}$

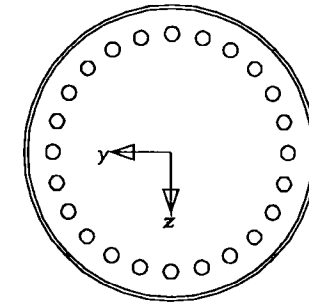
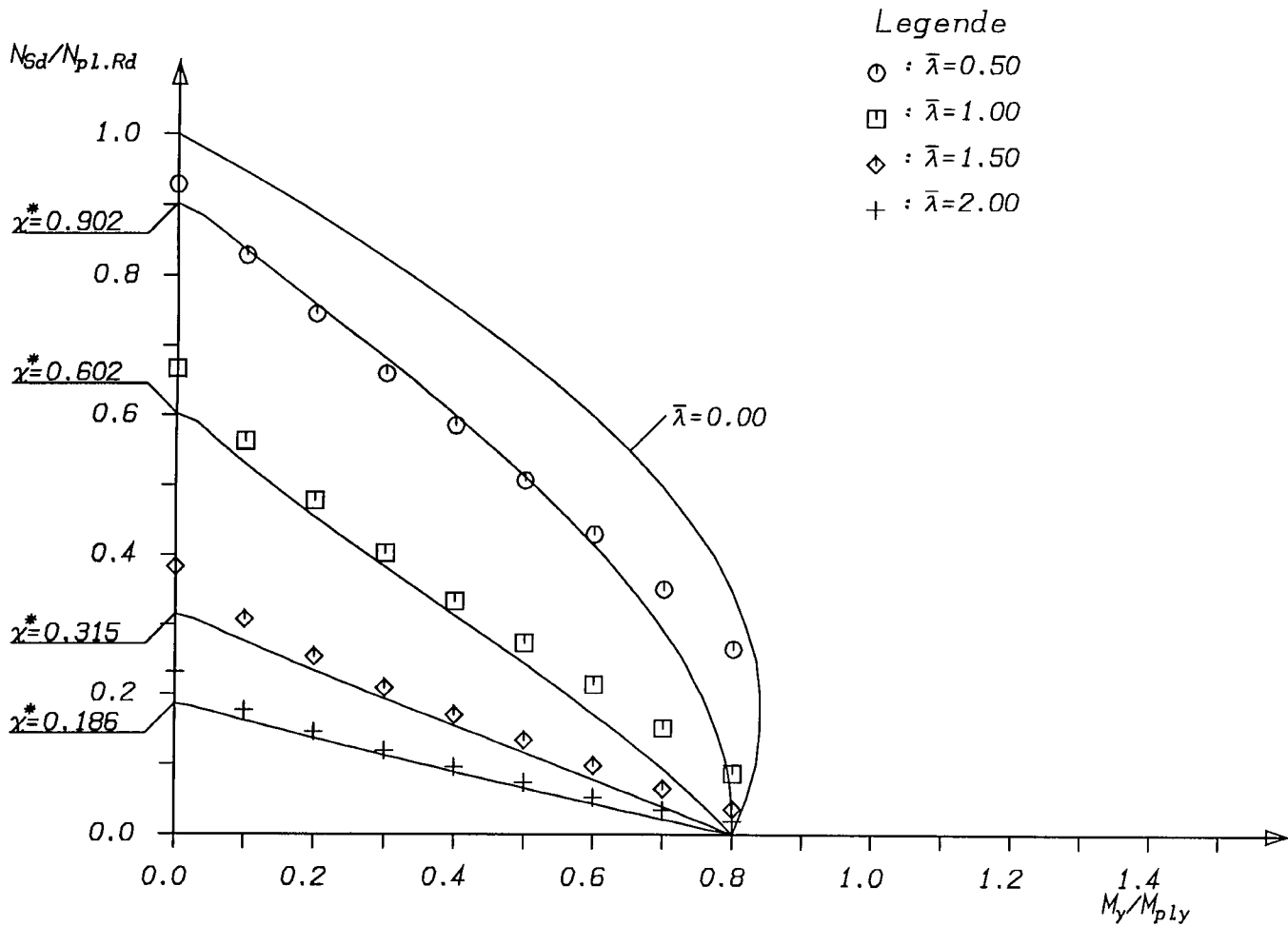
$M_{p1.y.R} = 5531.37 \text{ kNm}$

Bild AII-22

Rundrohr 800x10 S460 C30 28dm28  $\alpha_M = 0.80$



# Traglastkurven für Verbundstützen



Berechnungsverfahren:  
DIN18800-5 mit Vorverformungen

Kurvenparameter:  $\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{N_{pl.R}}{N_{cr}}}$

Momentenbild normiert

$m_y$  (max  $m_y = 1.00$ )

Bezugswerte:

$N_{pl.R} = 10146.45 \text{ kN}$

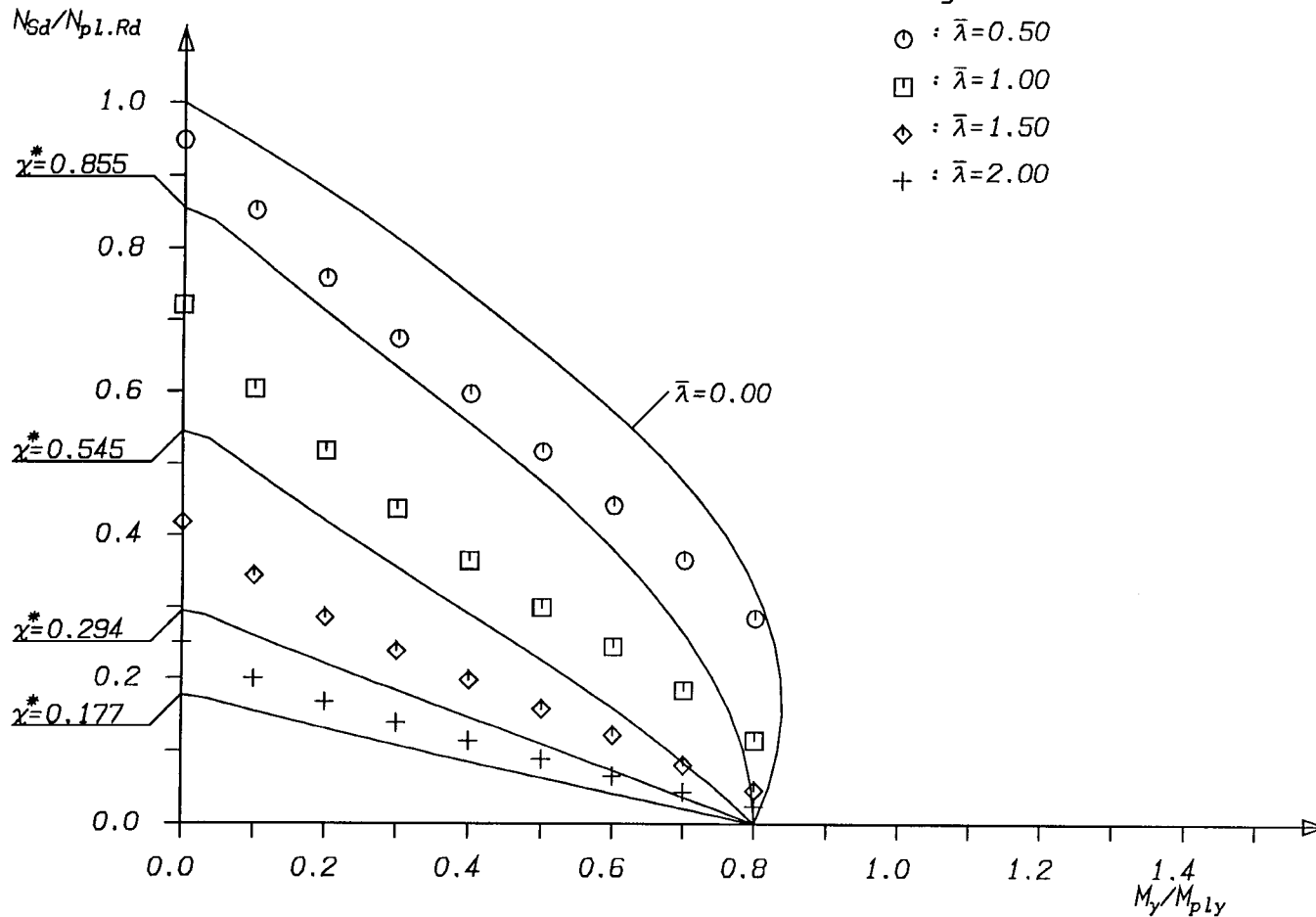
$M_{pl.y.R} = 863.15 \text{ kNm}$

Bild AII-23

Rundrohr 406,4x5 S460 C30 24dm20  $\alpha_M = 0.80$

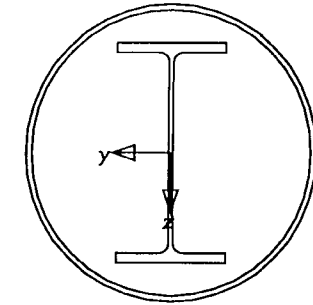
Dr. R. Bergmann  
Bauingenieur  
Hitten

# Traglastkurven für Verbundstützen



## Legende

- :  $\bar{\lambda}=0.50$
- :  $\bar{\lambda}=1.00$
- ◇ :  $\bar{\lambda}=1.50$
- + :  $\bar{\lambda}=2.00$



Berechnungsverfahren:

DIN18800-5 mit Vorverformungen

Kurvenparameter:  $\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{N_{pL,R}}{N_{cr}}}$

Momentenbild normiert

$m_y$  (max  $m_y = 1.00$ )

Bezugswerte:

$N_{pL,R} = 40723.99 \text{ kN}$

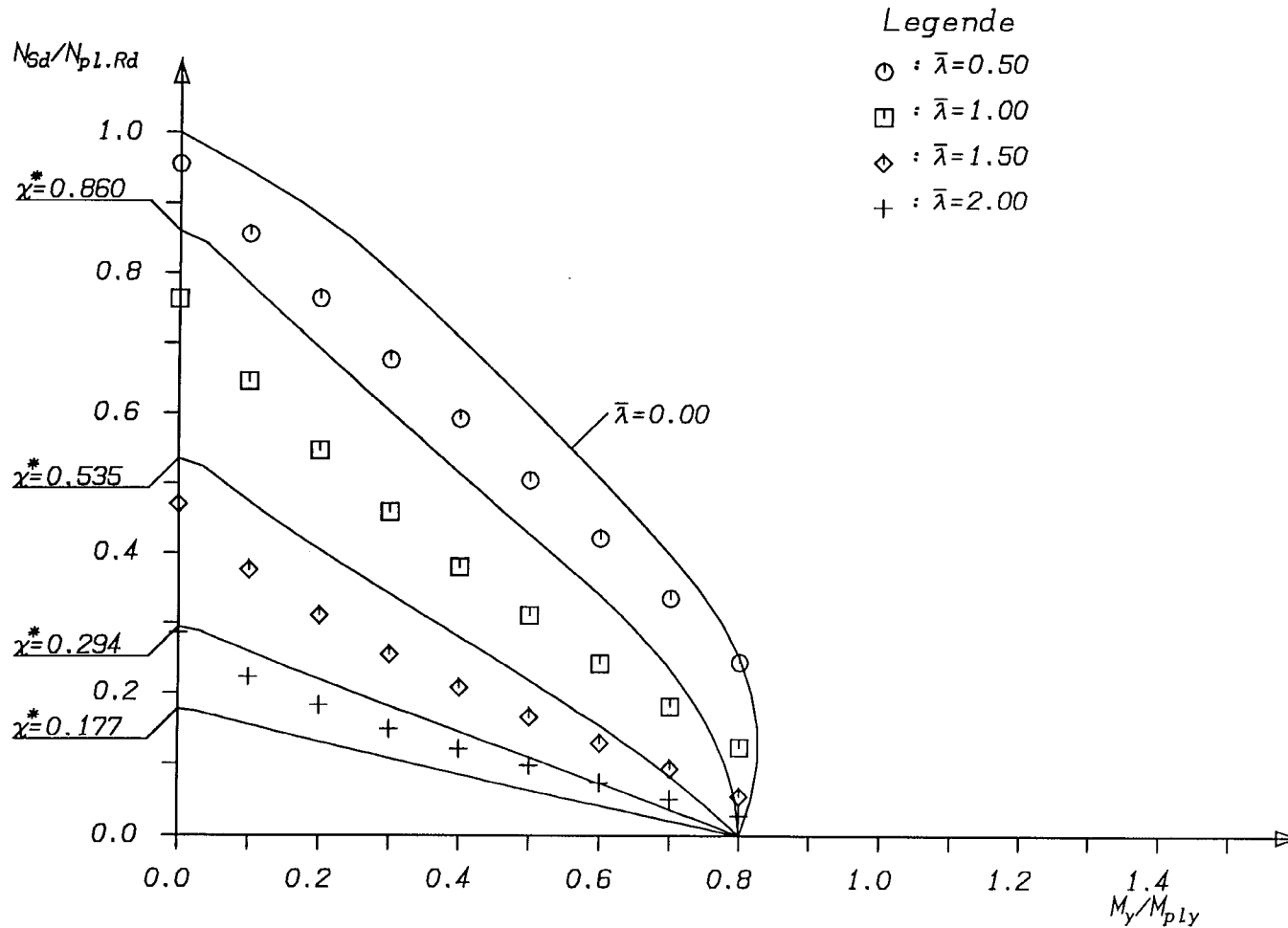
$M_{pL,y,R} = 7420.28 \text{ kNm}$

Bild AII-24

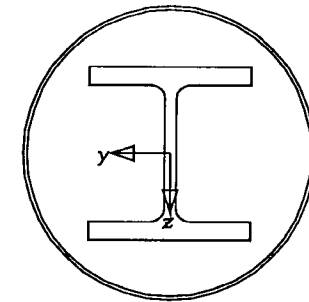
Rundrohr 800x15 mit HE600A stark S460 C30  $\alpha_M=0.80$

Dr. R. Bergmann  
Bauingenieur  
Mitten

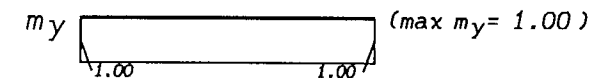
# Traglastkurven für Verbundstützen



- Legende
- :  $\bar{\lambda} = 0.50$
  - :  $\bar{\lambda} = 1.00$
  - ◇ :  $\bar{\lambda} = 1.50$
  - ⊕ :  $\bar{\lambda} = 2.00$



Berechnungsverfahren:  
 DIN18800-5 mit Vorverformungen  
 Kurvenparameter:  $\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{N_{pl.R}}{N_{cr}}}$   
 Momentenbild normiert



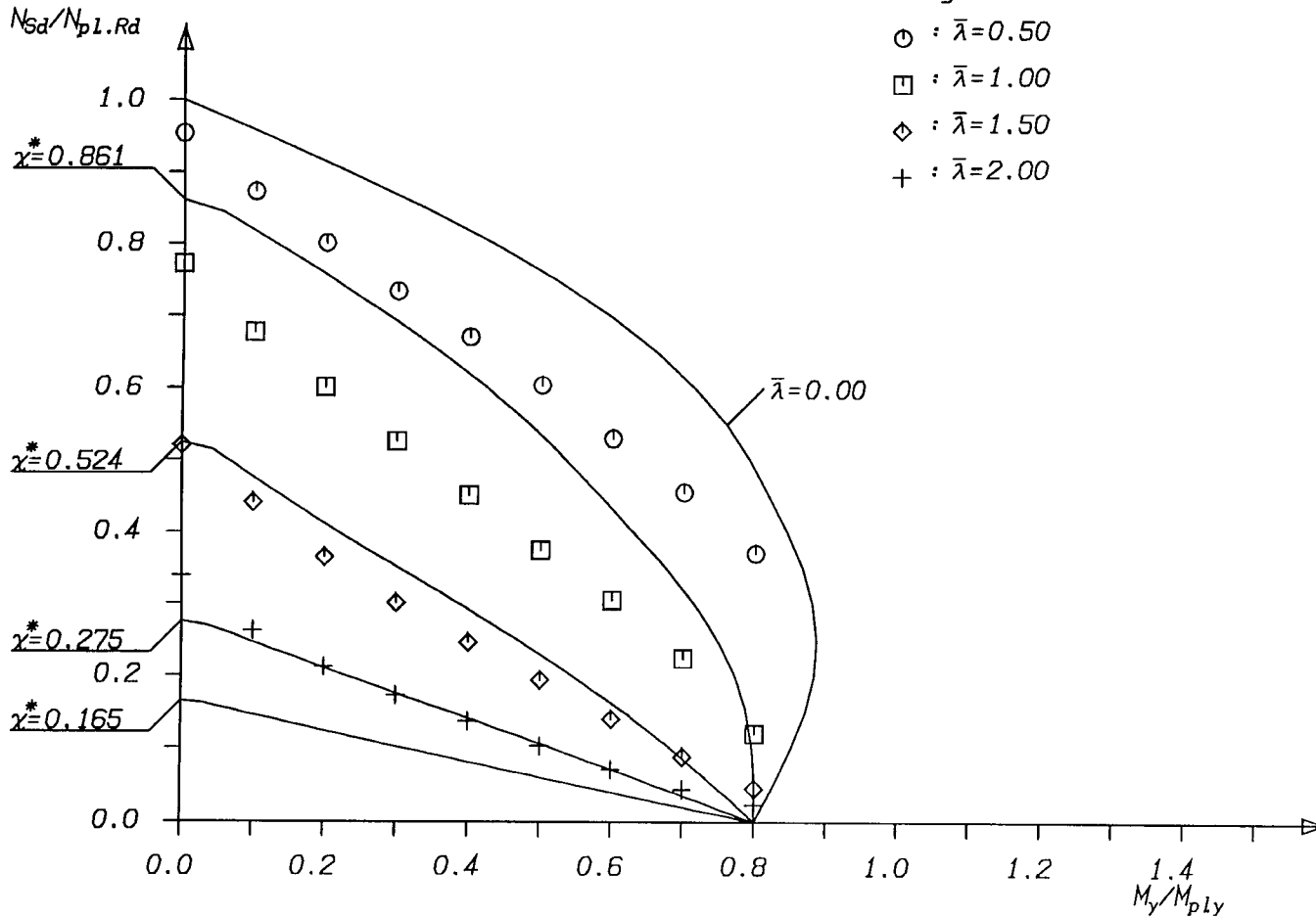
Bezugswerte:  
 $N_{pl.R} = 13028.71 \text{ kN}$   
 $M_{pl.y.R} = 1120.02 \text{ kNm}$

Bild AII-25

Rundrohr 406,4x5 mit HE220M stark S460 C30  $\alpha_M = 0.80$

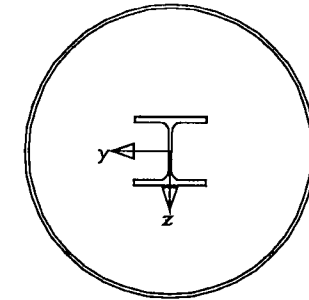
Dr. R. Bergmann  
 Bauingenieur  
 Hitten

# Traglastkurven für Verbundstützen



Legende

- :  $\bar{\lambda} = 0.50$
- :  $\bar{\lambda} = 1.00$
- ◇ :  $\bar{\lambda} = 1.50$
- +



Berechnungsverfahren:

DIN18800-5 mit Vorverformungen

Kurvenparameter:  $\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{N_{pL.R}}{N_{cr}}}$

Momentenbild normiert

$m_y$  (max  $m_y = 1.00$ )

Bezugswerte:

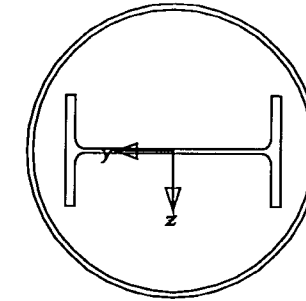
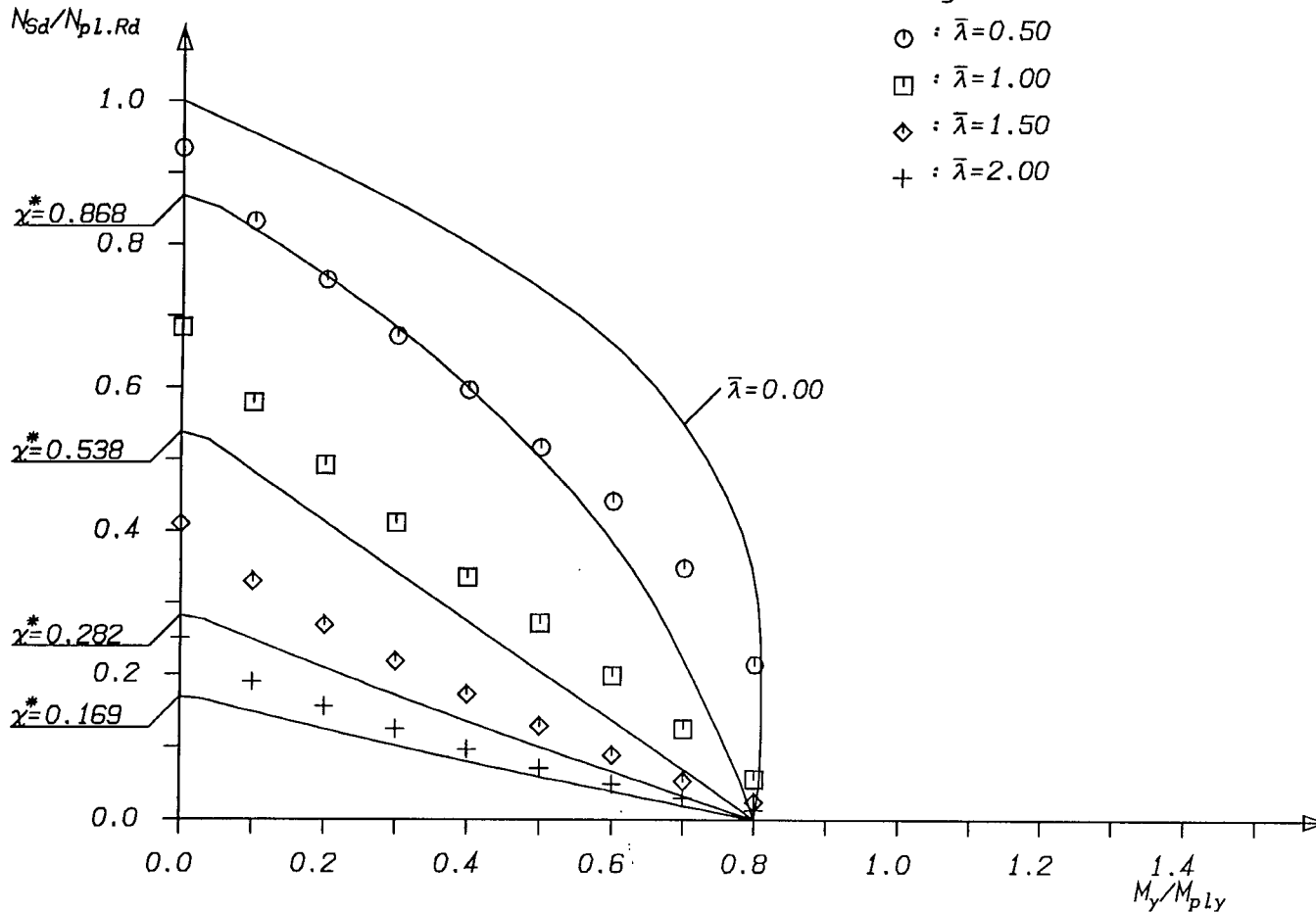
$N_{pL.R} = 7515.89 \text{ kN}$

$M_{pL.y.R} = 508.55 \text{ kNm}$

Bild AII-26

Rundrohr 406,4x5 mit HE100A stark S460 C30  $\alpha_M = 0.80$

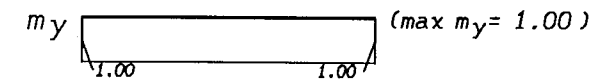
# Traglastkurven für Verbundstützen



Berechnungsverfahren:  
DIN18800-5 mit Vorverformungen

Kurvenparameter:  $\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{N_{pL.R}}{N_{cr}}}$

Momentenbild normiert



Bezugswerte:

$N_{pL.R} = 40723.99 \text{ kN}$

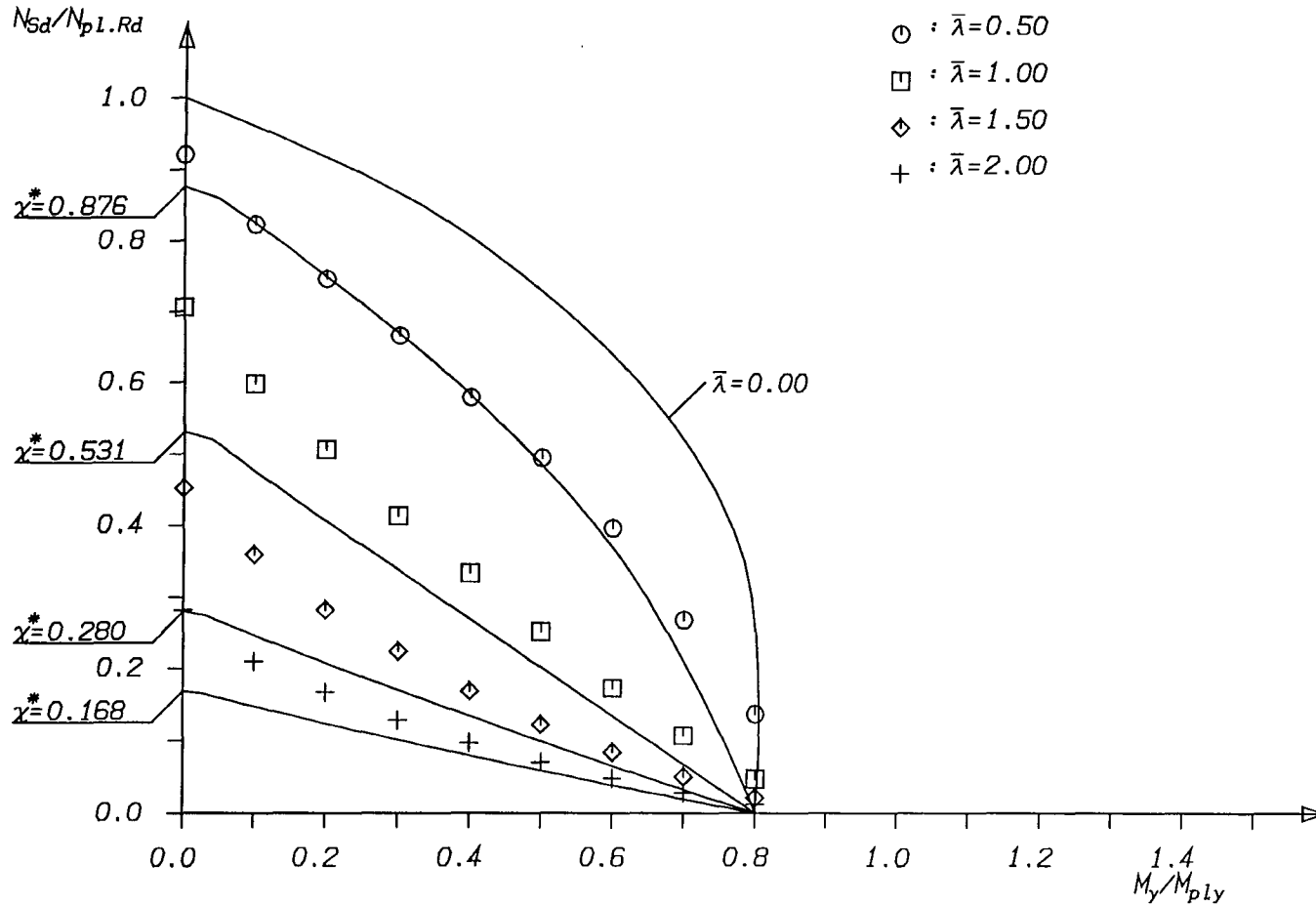
$M_{pLy.R} = 5839.19 \text{ kNm}$

Bild AII-27

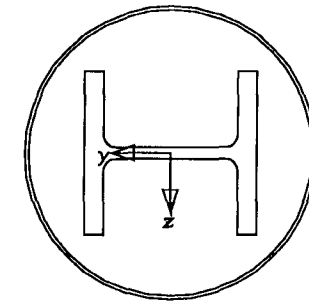
Rundrohr 800x15 mit HE600A schwach S460 C30  $\alpha_M=0.80$

Dr. R. Bergmann  
Bauingenieur  
Hitten

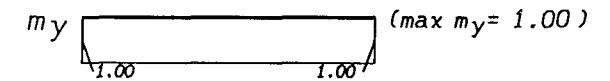
# Traglastkurven für Verbundstützen



- Legende
- :  $\bar{\lambda}=0.50$
  - :  $\bar{\lambda}=1.00$
  - ◇ :  $\bar{\lambda}=1.50$
  - ⊕ :  $\bar{\lambda}=2.00$



Berechnungsverfahren:  
 DIN18800-5 mit Vorverformungen  
 Kurvenparameter:  $\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{N_{p1.R}}{N_{cr}}}$   
 Momentenbild normiert

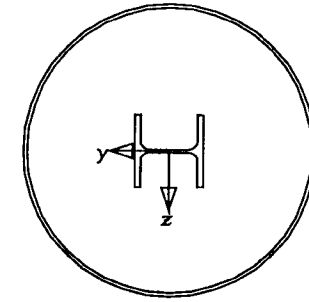
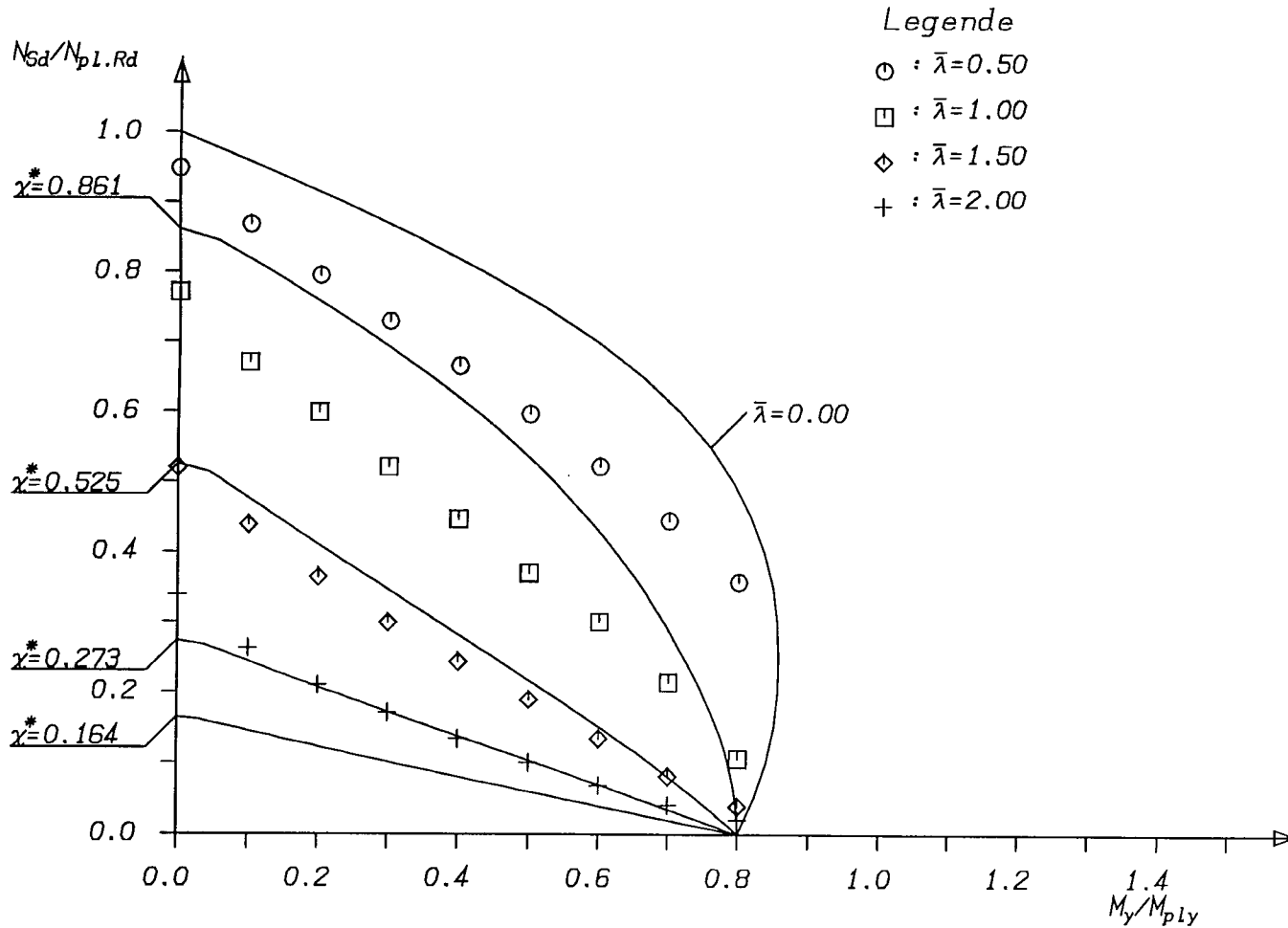


Bezugswerte:  
 $N_{p1.R} = 13028.71 \text{ kN}$   
 $M_{p1.y.R} = 822.63 \text{ kNm}$

Bild AII-28

Rundrohr 406,4x5 mit HE220M schwach S460 C30  $\alpha_M=0.80$

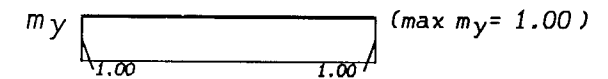
# Traglastkurven für Verbundstützen



Berechnungsverfahren:  
DIN18800-5 mit Vorverformungen

Kurvenparameter:  $\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{N_{pL.R}}{N_{cr}}}$

Momentenbild normiert



Bezugswerte:

$N_{pL.R} = 7515.89 \text{ kN}$

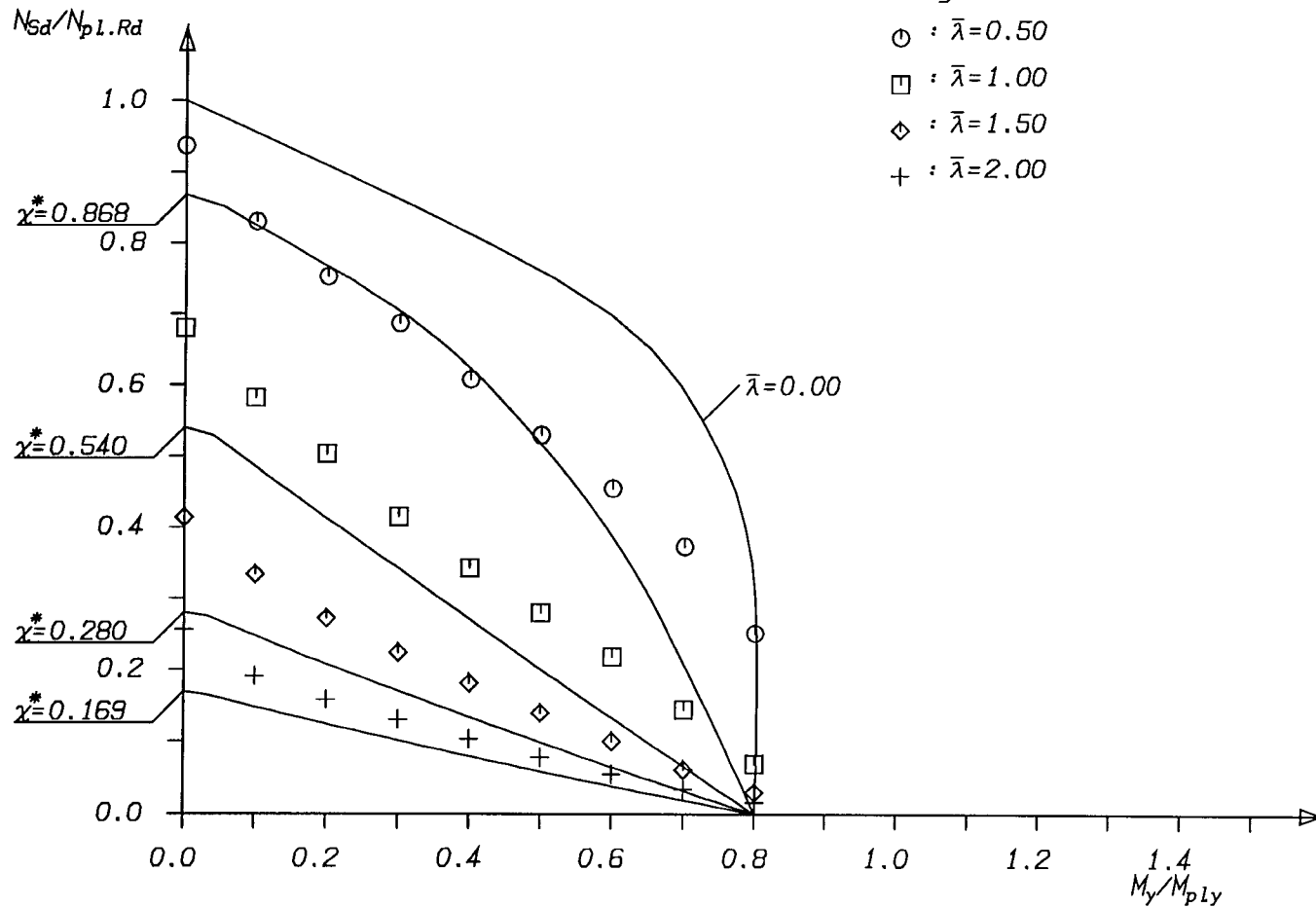
$M_{pL.y.R} = 508.50 \text{ kNm}$

Bild AII-29

Rundrohr 406,4x5 mit HE100A schwach S460 C30  $\alpha_M=0.80$

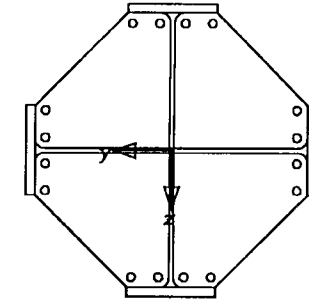
Dr. R. Bergmann  
Bauingenieur  
Hitten

# Traglastkurven für Verbundstützen



Legende

- :  $\bar{\lambda} = 0.50$
- :  $\bar{\lambda} = 1.00$
- ◇ :  $\bar{\lambda} = 1.50$
- ⊕ :  $\bar{\lambda} = 2.00$



Berechnungsverfahren:

DIN18800-5 mit Vorverformungen

Kurvenparameter:  $\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{N_{pl.R}}{N_{cr}}}$

Momentenbild normiert

$m_y$  (max  $m_y = 1.00$ )

Bezugswerte:

$N_{pl.R} = 52577.77 \text{ kN}$

$M_{pl.y.R} = 9377.08 \text{ kNm}$

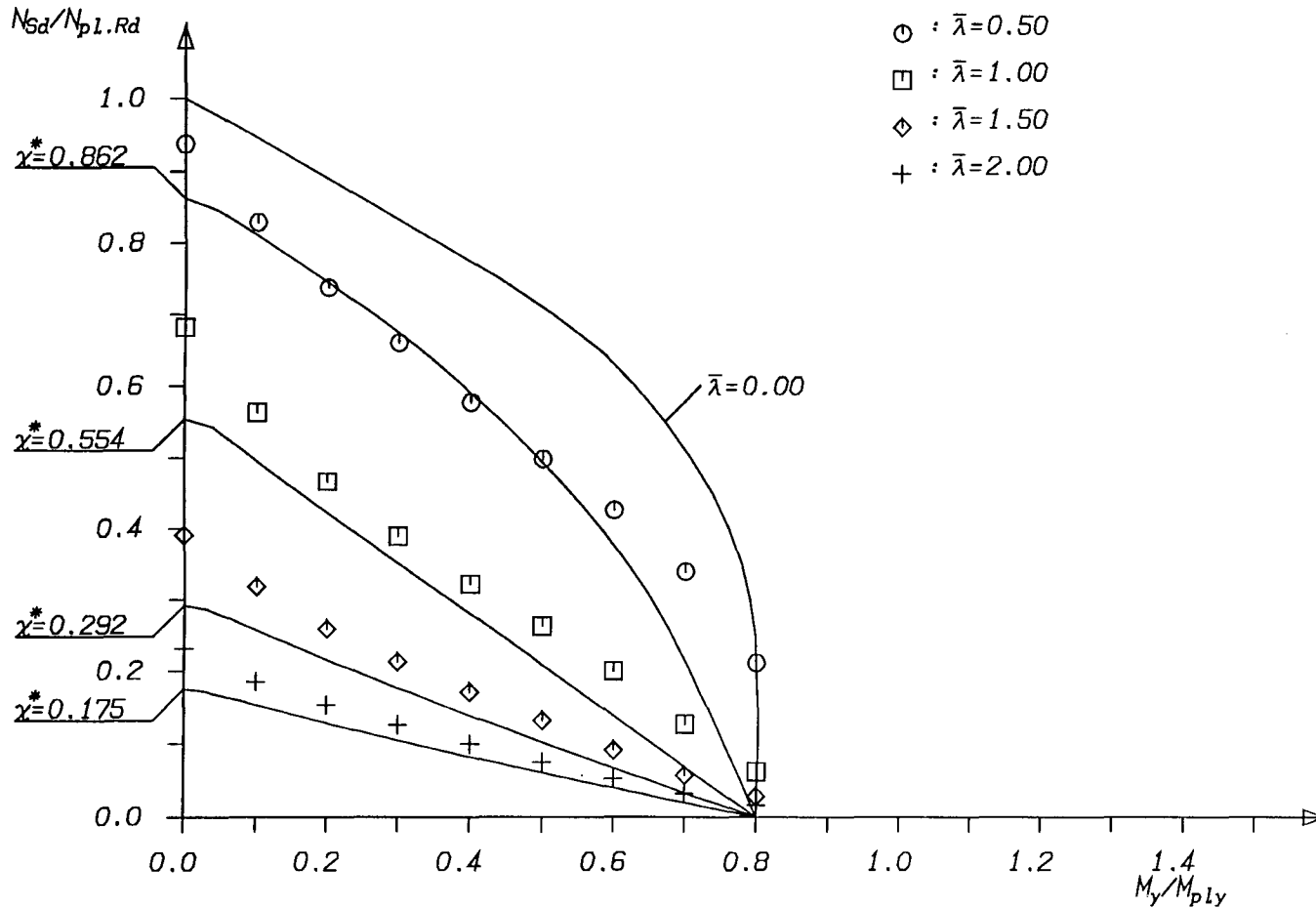
Bild AII-30

2xHE1000A gekreuzt S460 C30 16dm28  $\alpha_M = 0.80$

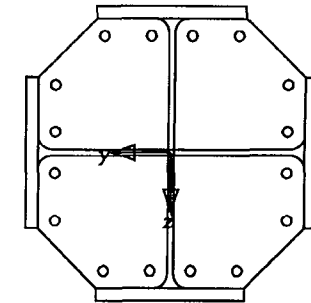
Dr. R. Bergmann  
Bauingenieur  
Hiltl • n



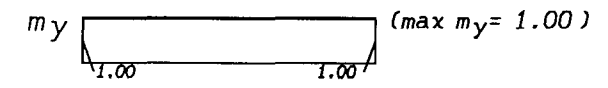
# Traglastkurven für Verbundstützen



- Legende
- :  $\bar{\lambda}=0.50$
  - :  $\bar{\lambda}=1.00$
  - ◇ :  $\bar{\lambda}=1.50$
  - ⊕ :  $\bar{\lambda}=2.00$



Berechnungsverfahren:  
 DIN18800-5 mit Vorverformungen  
 Kurvenparameter:  $\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{N_{pL.R}}{N_{cr}}}$   
 Momentenbild normiert



Bezugswerte:  
 $N_{pL.R} = 29457.25 \text{ kN}$   
 $M_{pLy.R} = 3782.75 \text{ kNm}$

Bild AII-31

2xHE600A gekreuzt S460 C30 16dm20  $\alpha_M=0.80$

Dr. R. Bergmann  
 Bauingenieur  
 Hiltl

Prof. Dr.-Ing. G. Hanswille  
Dr.-Ing. R. Bergmann

**Forschungsbericht:**

**Ermittlung geometrischer  
Ersatzimperfektionen für  
Verbundstützen mit  
hochfesten Stählen**

**Aktenzeichen P3-5-17.10-992/01**

**Auftraggeber:**  
Deutsches Institut für Bautechnik  
Berlin

**Anhang III**

Vergleich des Näherungs-  
verfahrens nach EDIN 18800-5  
und prEN 1994-1-1  
mit der exakten Berechnung  
bei Beanspruchung durch  
Normalkräfte und  
Biegemomente für  $r=0,0$

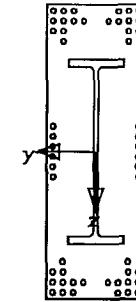
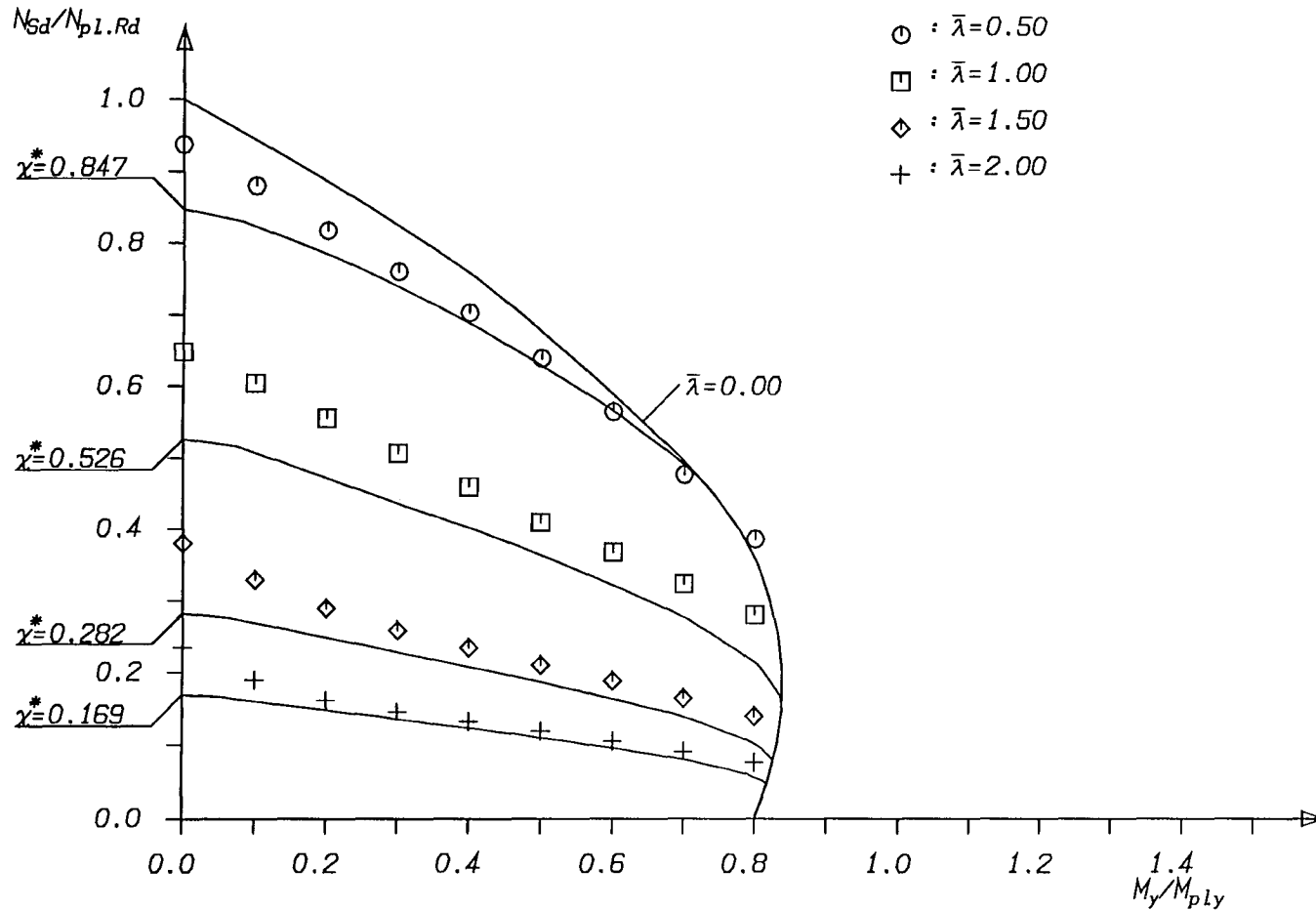


Ingenieurgesellschaft mbH  
Kohlenstr. 38  
44795 Bochum

Bochum

Oktober 2001

# Traglastkurven für Verbundstützen



Berechnungsverfahren:

DIN18800-5 mit Vorverformungen

Kurvenparameter:  $\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{N_{pL.R}}{N_{cr}}}$

Momentenbild normiert



Bezugswerte:

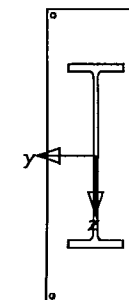
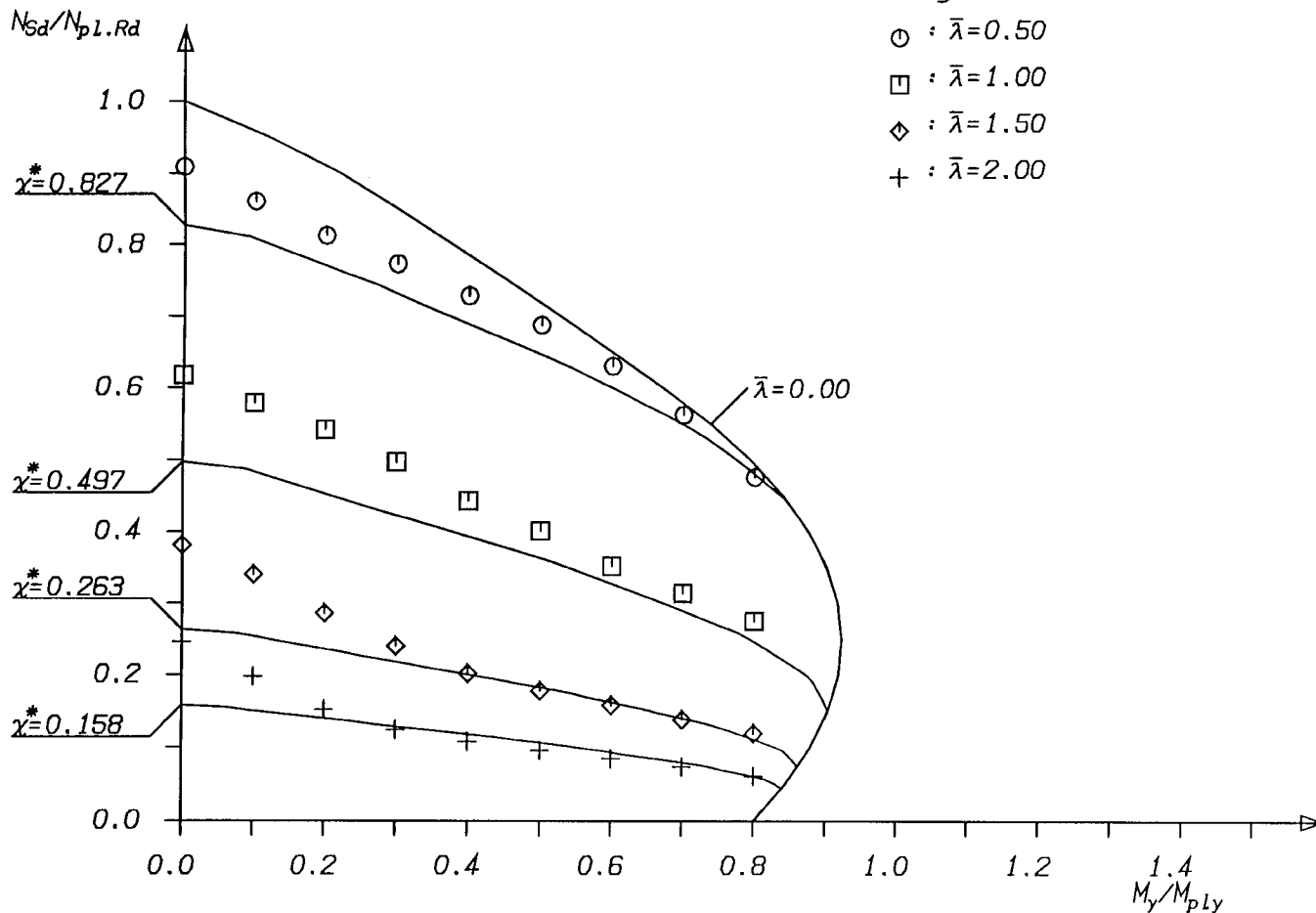
$N_{pL.R} = 56814.39 \text{ kN}$

$M_{pL.y.R} = 19756.57 \text{ kNm}$

Bild AIII-1

HE1000M 1612X543 S460 C30 52dm28  $\alpha_M=0.80$

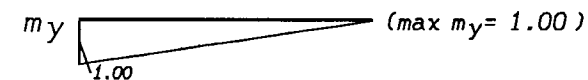
# Traglastkurven für Verbundstützen



Berechnungsverfahren:  
DIN18800-5 mit Vorverformungen

Kurvenparameter:  $\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{N_{pL,R}}{N_{cr}}}$

Momentenbild normiert



Bezugswerte:

$N_{pL,R} = 42790.00 \text{ kN}$

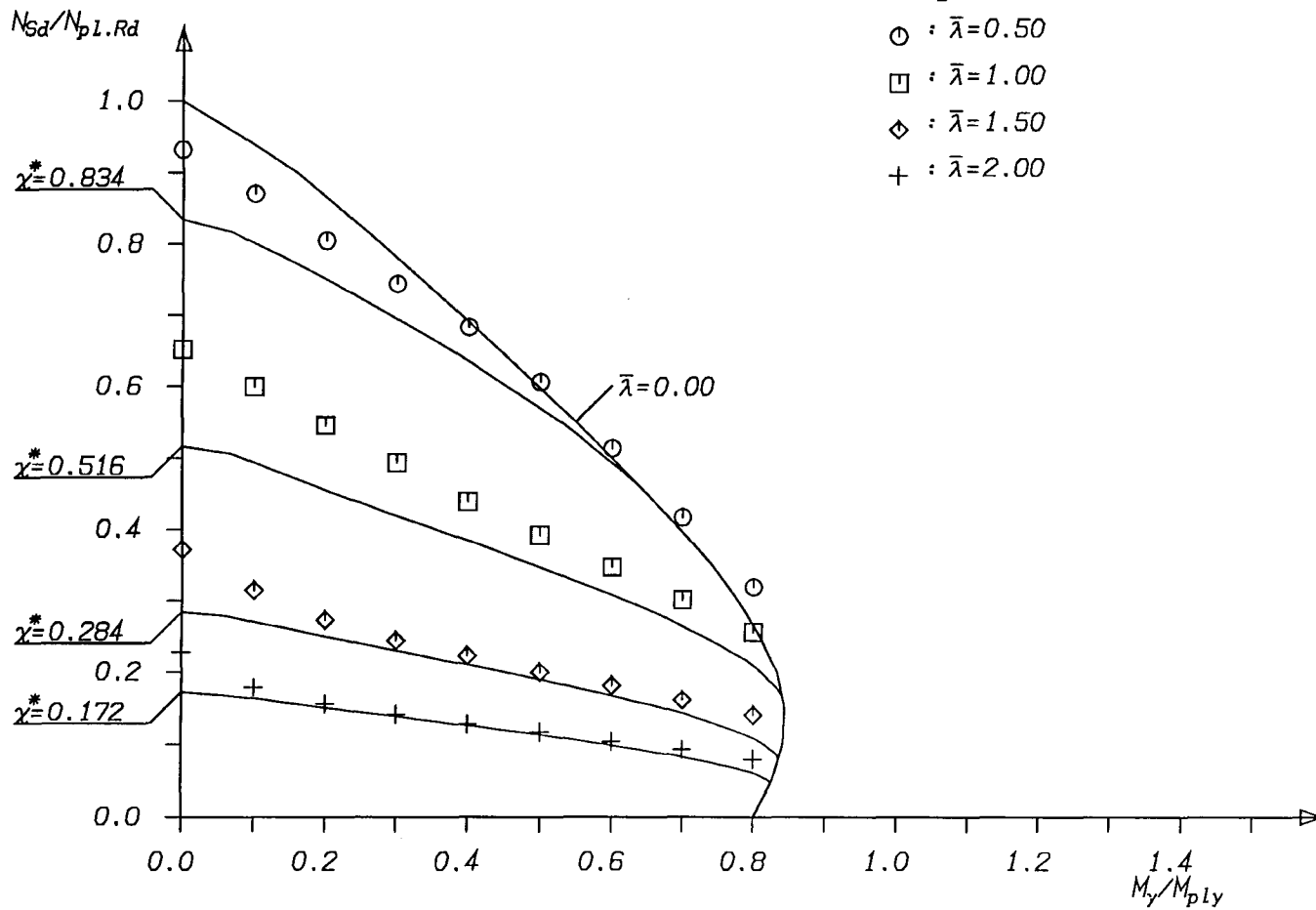
$M_{pL,y,R} = 11123.33 \text{ kNm}$

Bild AIII-2

HE1000M 1612X543 S460 C30 04dm28  $\alpha_M = 0.80$

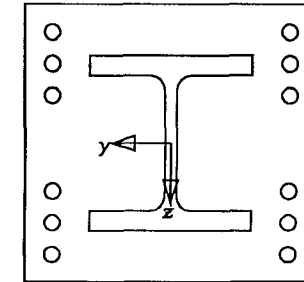
Dr. R. Bergmann  
Bauingenieur  
Witten

# Traglastkurven für Verbundstützen



## Legende

- :  $\bar{\lambda} = 0.50$
- :  $\bar{\lambda} = 1.00$
- ◇ :  $\bar{\lambda} = 1.50$
- ⊕ :  $\bar{\lambda} = 2.00$



Berechnungsverfahren:

DIN18800-5 mit Vorverformungen

Kurvenparameter:  $\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{N_{pL.R}}{N_{cr}}}$

Momentenbild normiert



Bezugswerte:

$N_{pL.R} = 10795.24 \text{ kN}$

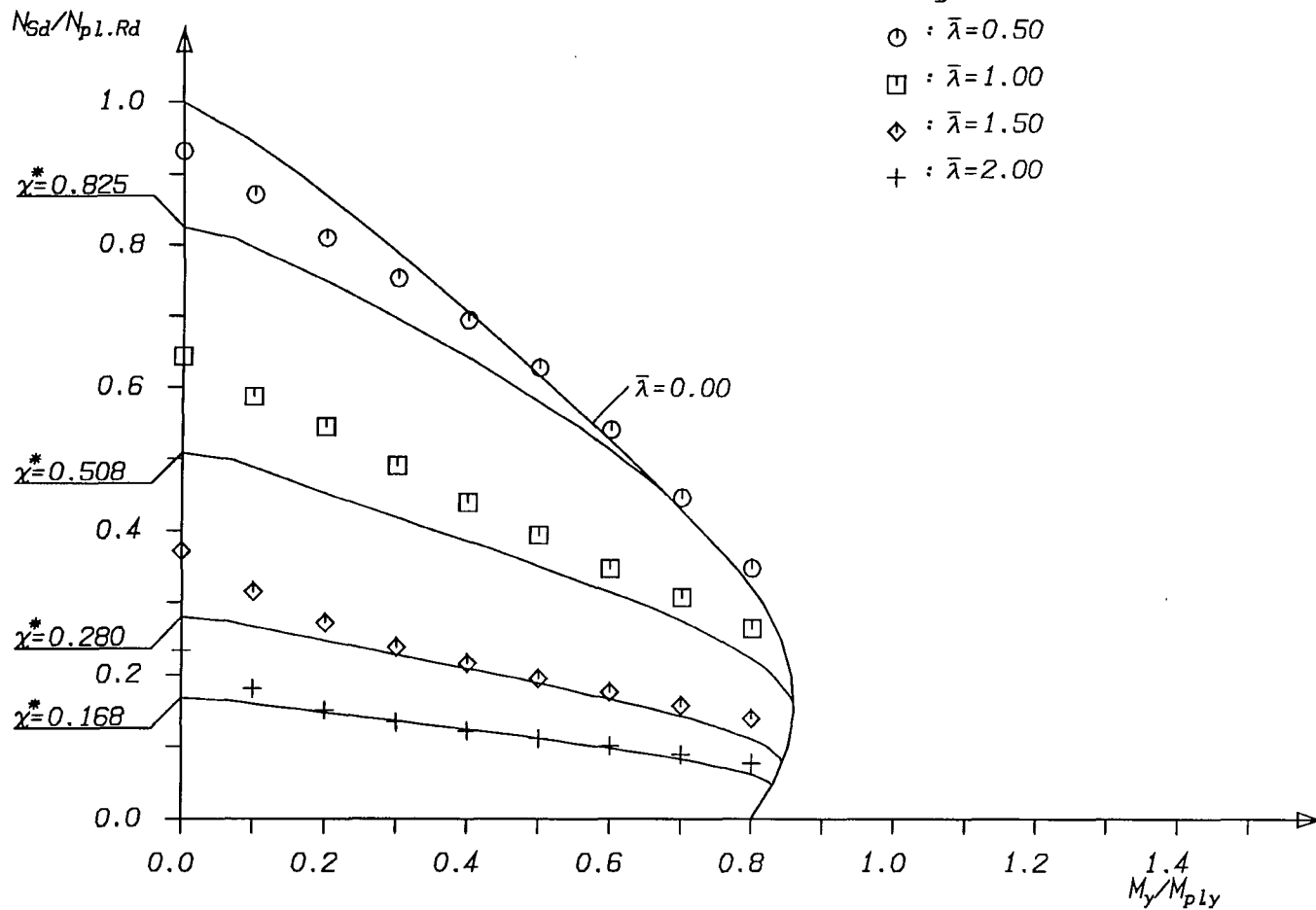
$M_{pL.y.R} = 791.67 \text{ kNm}$

Bild AIII-3

HE200M 350X370 S460 C30 12dm20  $\alpha_M = 0.80$

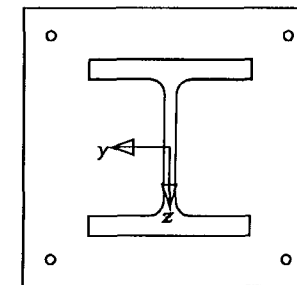
Dr. R. Bergmann  
Bauingenieur  
Hitten

# Traglastkurven für Verbundstützen



## Legende

- :  $\bar{\lambda} = 0.50$
- :  $\bar{\lambda} = 1.00$
- ◇ :  $\bar{\lambda} = 1.50$
- ⊕ :  $\bar{\lambda} = 2.00$

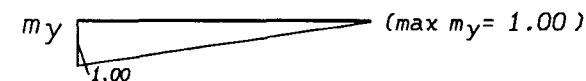


Berechnungsverfahren:

DIN18800-5 mit Vorverformungen

Kurvenparameter:  $\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{N_{pl,R}}{N_{cr}}}$

Momentenbild normiert



Bezugswerte:

$N_{pl,R} = 9221.08 \text{ kN}$

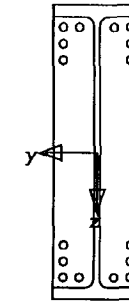
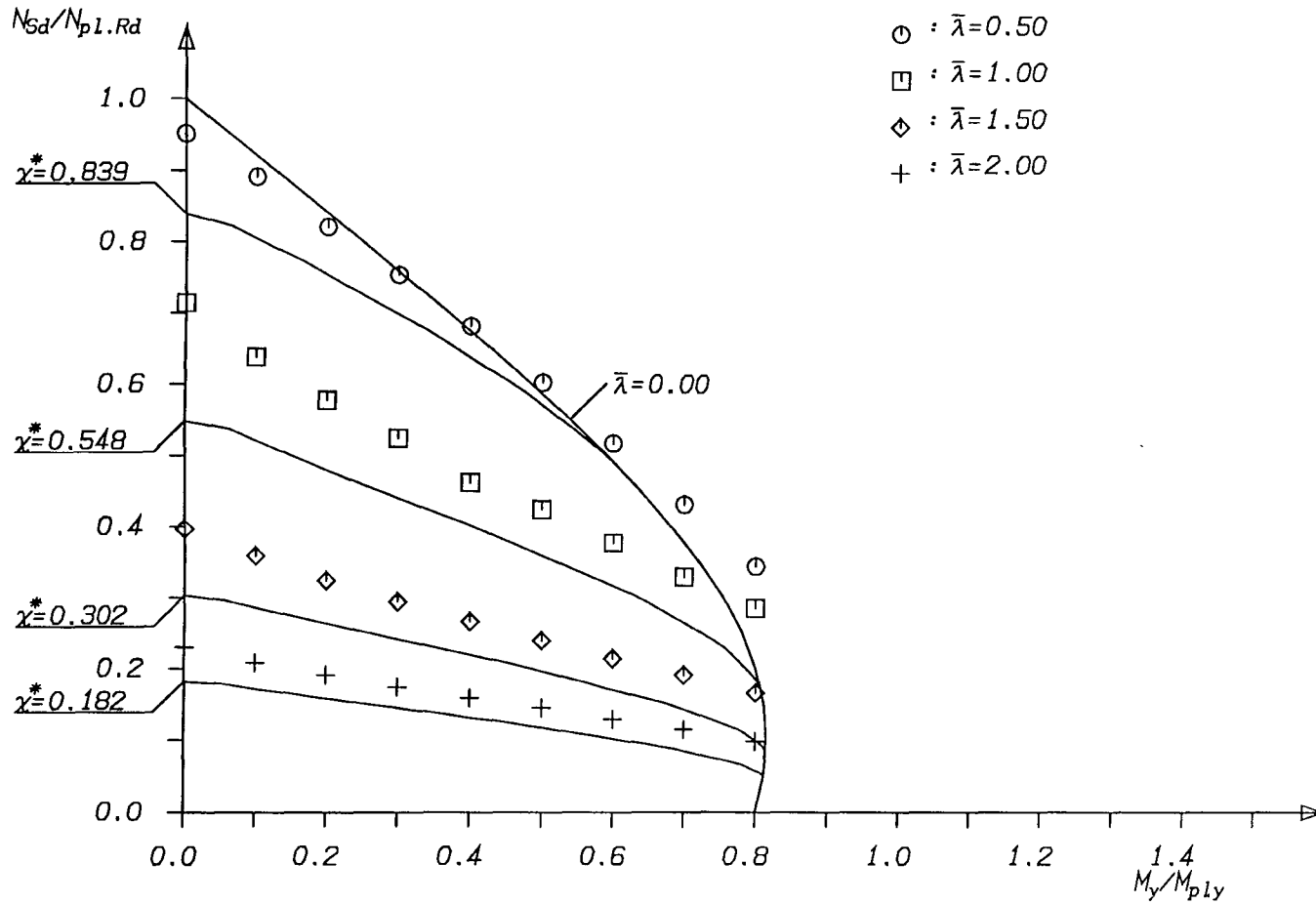
$M_{pl,y,R} = 635.23 \text{ kNm}$

Bild AIII-4

HE200M 350X370 S460 C30 04dm12  $\alpha_M = 0.80$

Dr. R. Bergmann  
Bauingenieur  
Hitten

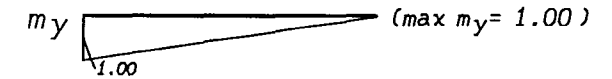
# Traglastkurven für Verbundstützen



Berechnungsverfahren:  
DIN18800-5 mit Vorverformungen

Kurvenparameter:  $\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{N_{pl.R}}{N_{cr}}}$

Momentenbild normiert



Bezugswerte:

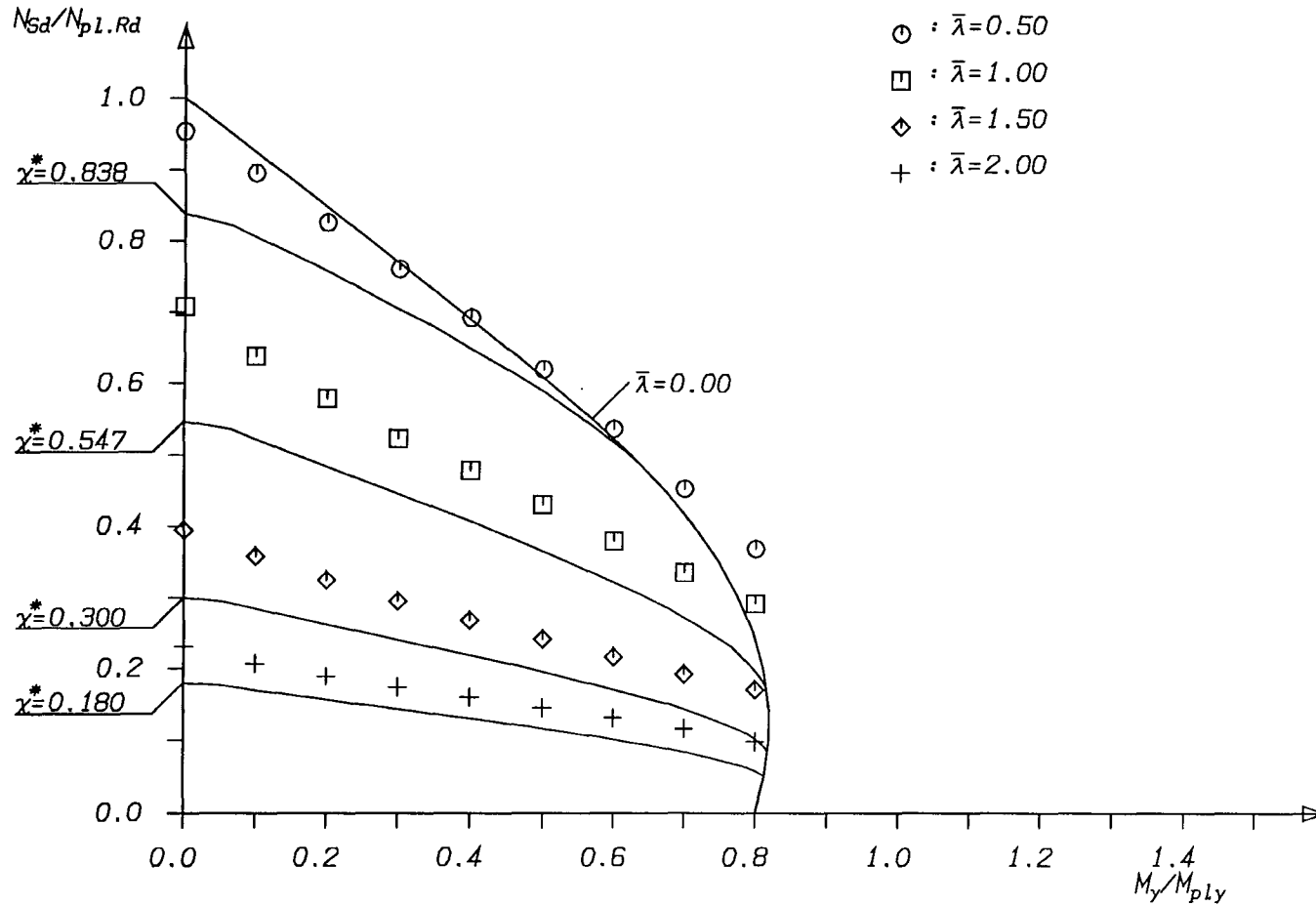
$N_{pl.R} = 31738.13 \text{ kN}$   
 $M_{pl.y.R} = 10053.84 \text{ kNm}$

Bild AIII-5

HE1000M Kammer S460 C30 16dm28  $\alpha_M = 0.80$

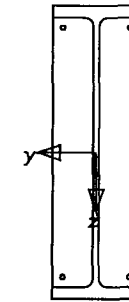
Dr. R. Bergmann  
Bauingenieur  
Witten

# Traglastkurven für Verbundstützen



## Legende

- :  $\bar{\lambda} = 0.50$
- :  $\bar{\lambda} = 1.00$
- ◇ :  $\bar{\lambda} = 1.50$
- ⊕ :  $\bar{\lambda} = 2.00$

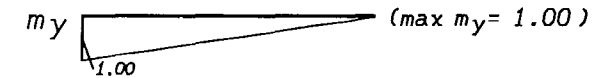


Berechnungsverfahren:

DIN18800-5 mit Vorverformungen

Kurvenparameter:  $\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{N_{pL.R}}{N_{cr}}}$

Momentenbild normiert



Bezugswerte:

$N_{pL.R} = 27444.96 \text{ kN}$

$M_{pL.y.R} = 8350.06 \text{ kNm}$

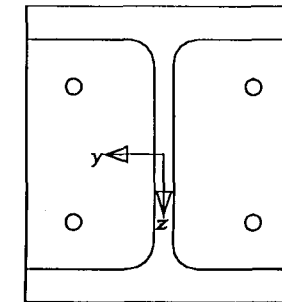
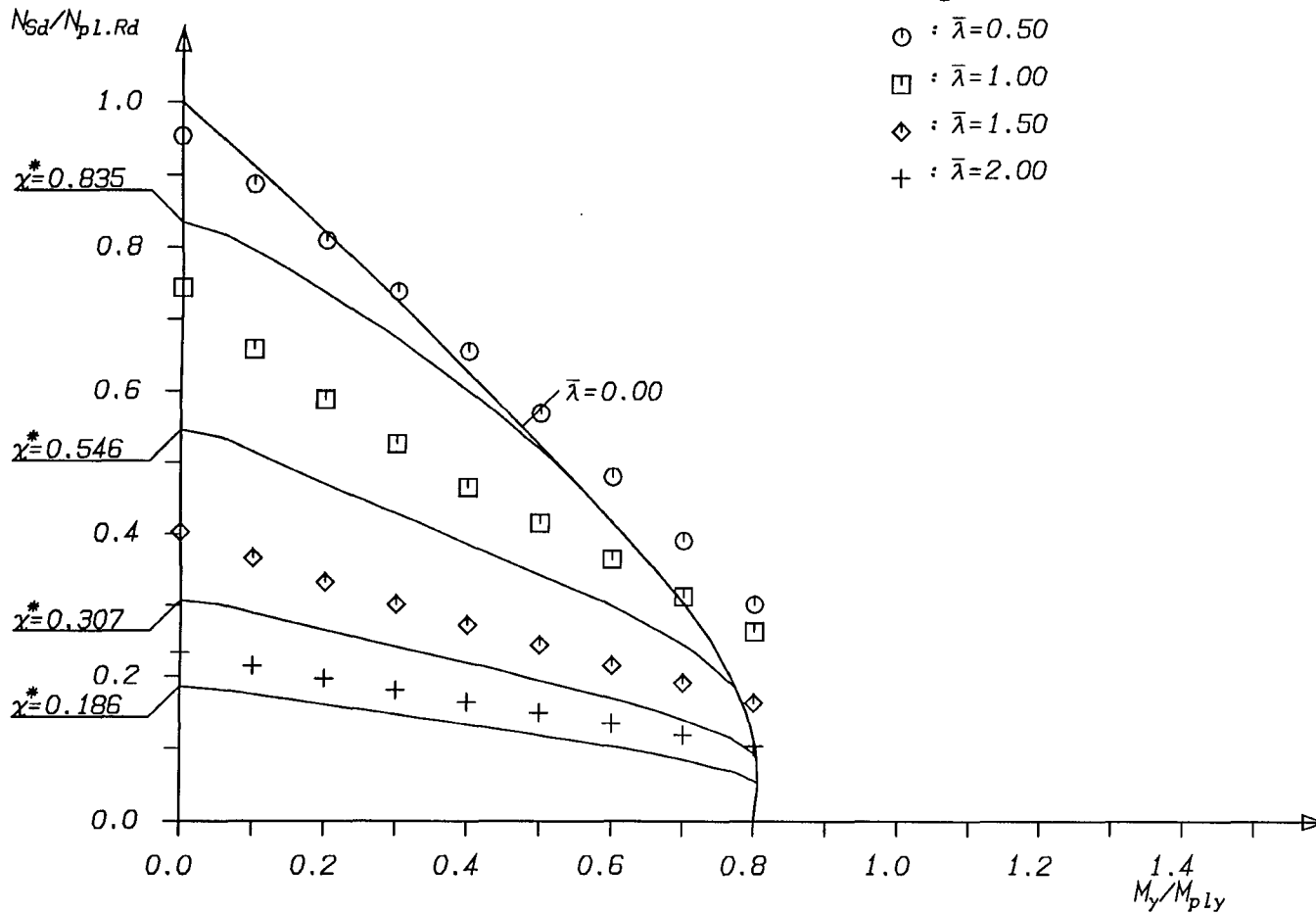
Bild AIII-6

HE1000M Kammer S460 C30 04dm16  $\alpha_M = 0.80$

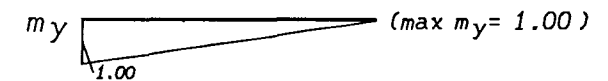
Dr. R. Bergmann  
Bauingenieur  
Mitten



# Traglastkurven für Verbundstützen



Berechnungsverfahren:  
 DIN18800-5 mit Vorverformungen  
 Kurvenparameter:  $\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{N_{pL.R}}{N_{cr}}}$   
 Momentenbild normiert



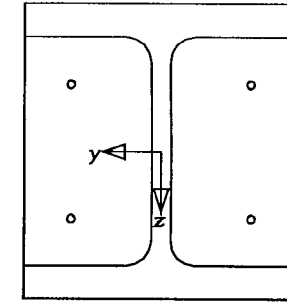
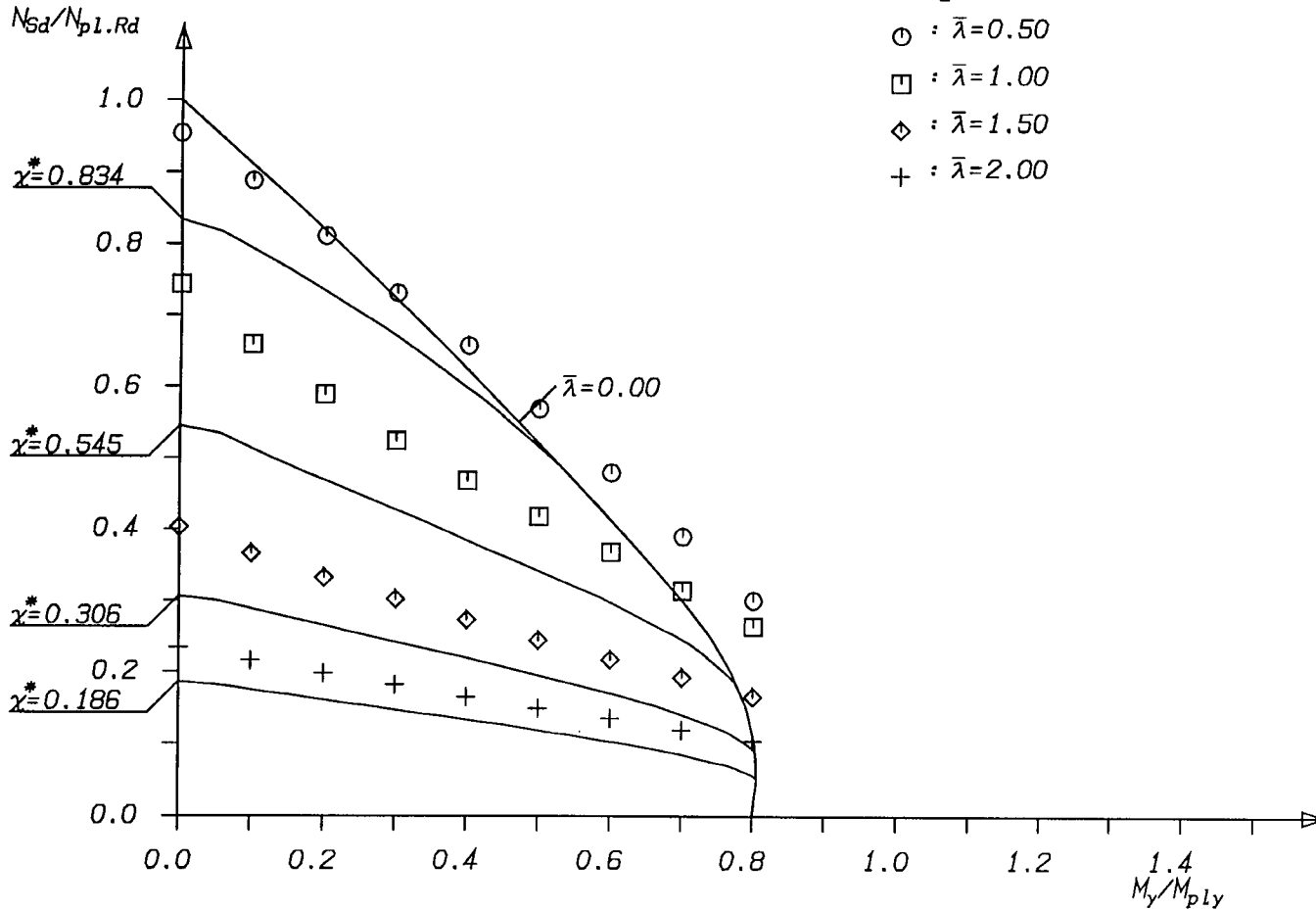
Bezugswerte:  
 $N_{pL.R} = 7074.49 \text{ kN}$   
 $M_{pL.y.R} = 546.11 \text{ kNm}$

Bild AIII-7

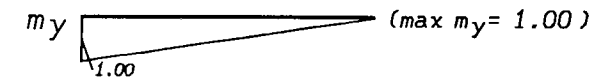
HE200M Kammer S460 C30 04dm12  $\alpha_M = 0.80$

Dr. R. Bergmann  
 Bauingenieur  
 Hitten

# Traglastkurven für Verbundstützen



Berechnungsverfahren:  
DIN18800-5 mit Vorverformungen  
Kurvenparameter:  $\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{N_{pL.R}}{N_{cr}}}$   
Momentenbild normiert



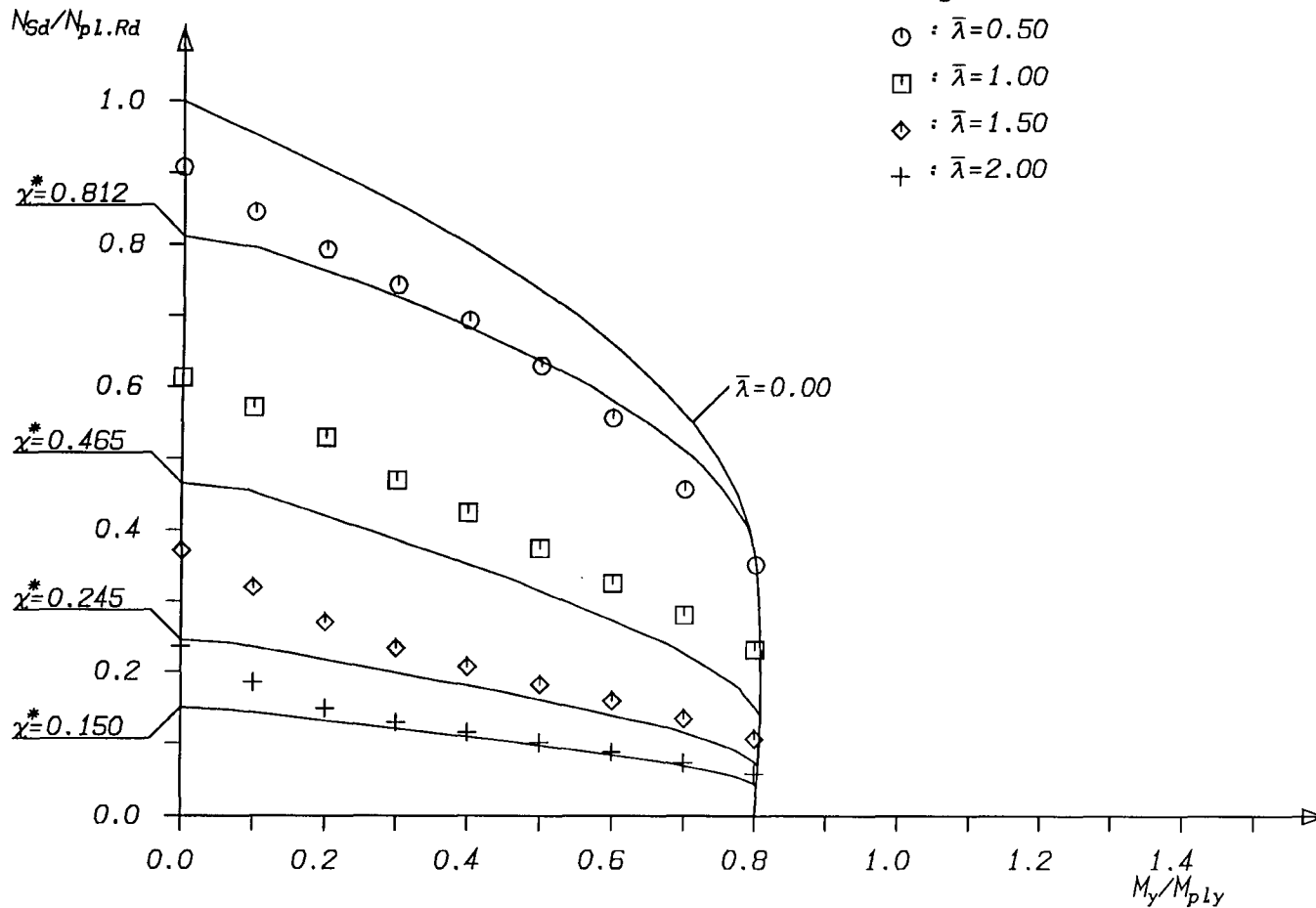
Bezugswerte:  
 $N_{pL.R} = 6913.50 \text{ kN}$   
 $M_{pL.y.R} = 537.75 \text{ kNm}$

Bild AIII- 8

HE200M kammer S460 C30 04dm06  $\alpha_M=0.80$

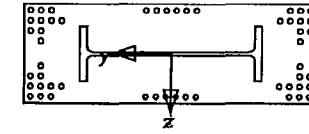
Dr. R. Bergmann  
Bauingenieur  
Hitten

# Traglastkurven für Verbundstützen



## Legende

- :  $\bar{\lambda} = 0.50$
- :  $\bar{\lambda} = 1.00$
- ◇ :  $\bar{\lambda} = 1.50$
- ⊕ :  $\bar{\lambda} = 2.00$

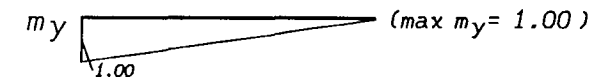


Berechnungsverfahren:

DIN18800-5 mit Vorverformungen

Kurvenparameter:  $\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{N_{pl.R}}{N_{cr}}}$

Momentenbild normiert



Bezugswerte:

$N_{pl.R} = 56814.39 \text{ kN}$

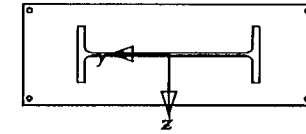
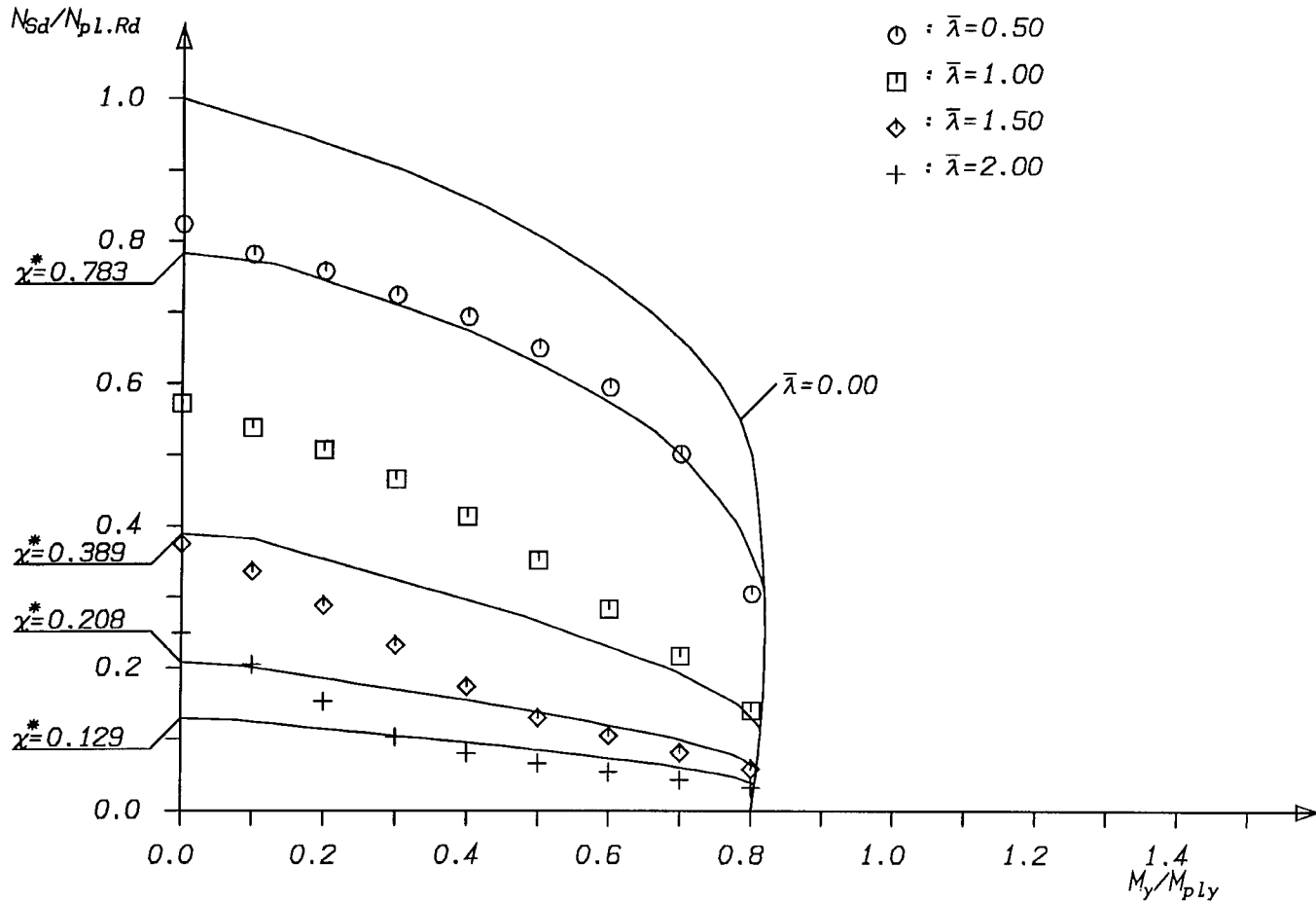
$M_{pl.y.R} = 5277.74 \text{ kNm}$

Bild AIII- 9

HE1000M 1612X543 S460 C30 52dm28  $\alpha_M = 0.80$

Dr. R. Bergmann  
Bauingenieur  
Witten

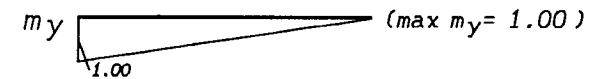
# Traglastkurven für Verbundstützen



Berechnungsverfahren:  
DIN18800-5 mit Vorverformungen

Kurvenparameter:  $\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{N_{pL.R}}{N_{cr}}}$

Momentenbild normiert



Bezugswerte:

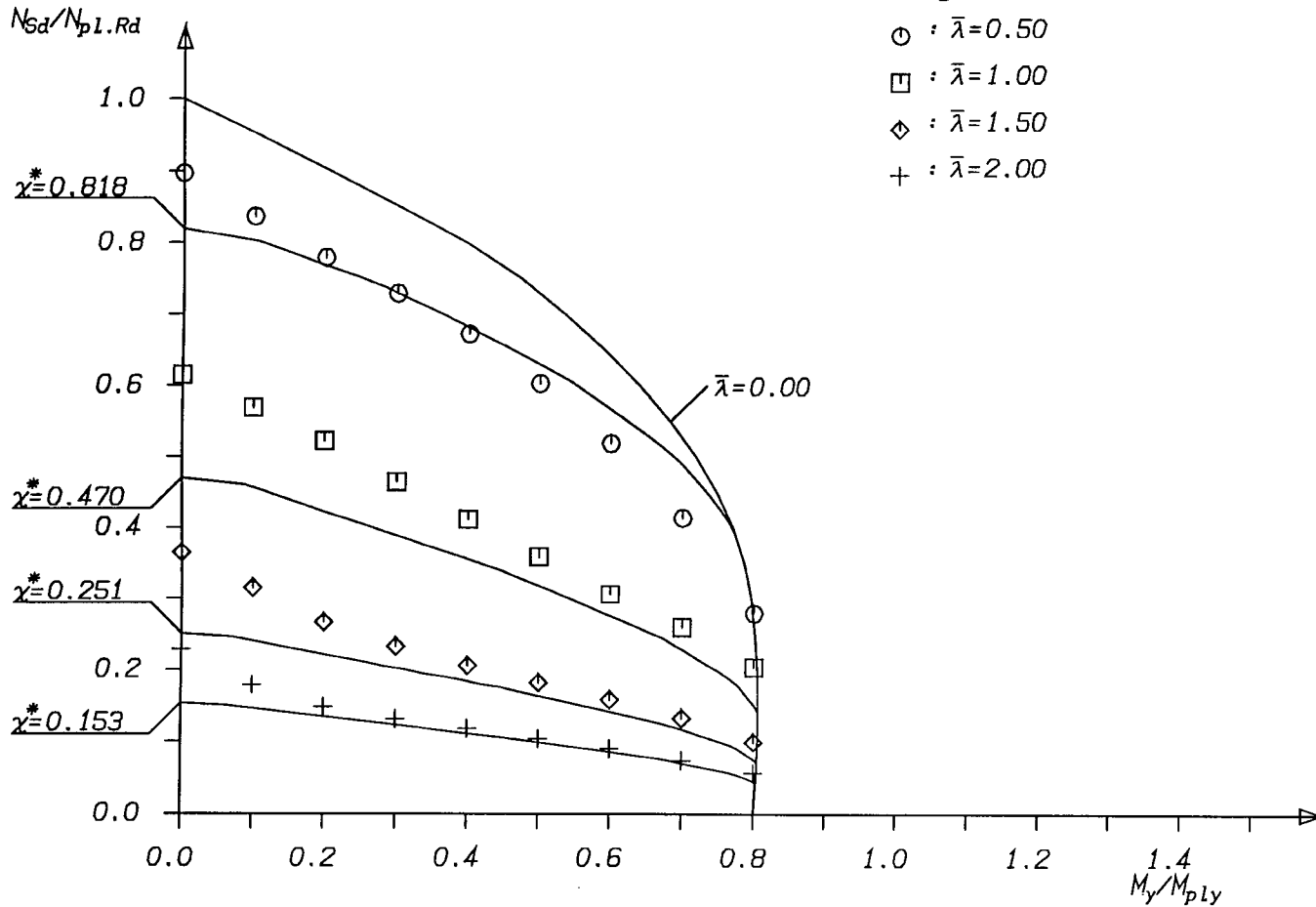
$N_{pL.R} = 42790.00 \text{ kN}$   
 $M_{pLy.R} = 2605.96 \text{ kNm}$

Bild AIII-10

HE1000M 1612X543 S460 C30 04dm28  $\alpha_M=0.80$

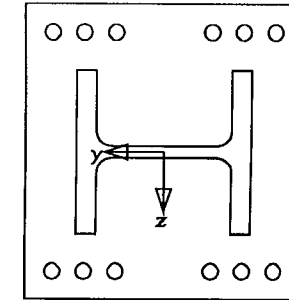
Dr. R. Bergmann  
Bauingenieur  
Hitten

# Traglastkurven für Verbundstützen



## Legende

- :  $\bar{\lambda} = 0.50$
- :  $\bar{\lambda} = 1.00$
- ◇ :  $\bar{\lambda} = 1.50$
- ⊕ :  $\bar{\lambda} = 2.00$

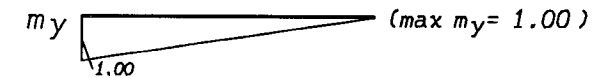


Berechnungsverfahren:

DIN18800-5 mit Vorverformungen

Kurvenparameter:  $\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{N_{p1.R}}{N_{cr}}}$

Momentenbild normiert



Bezugswerte:

$N_{p1.R} = 10795.24 \text{ kN}$

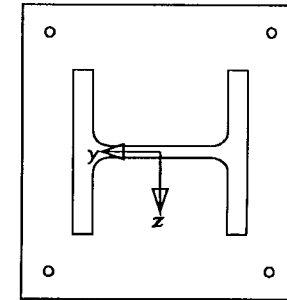
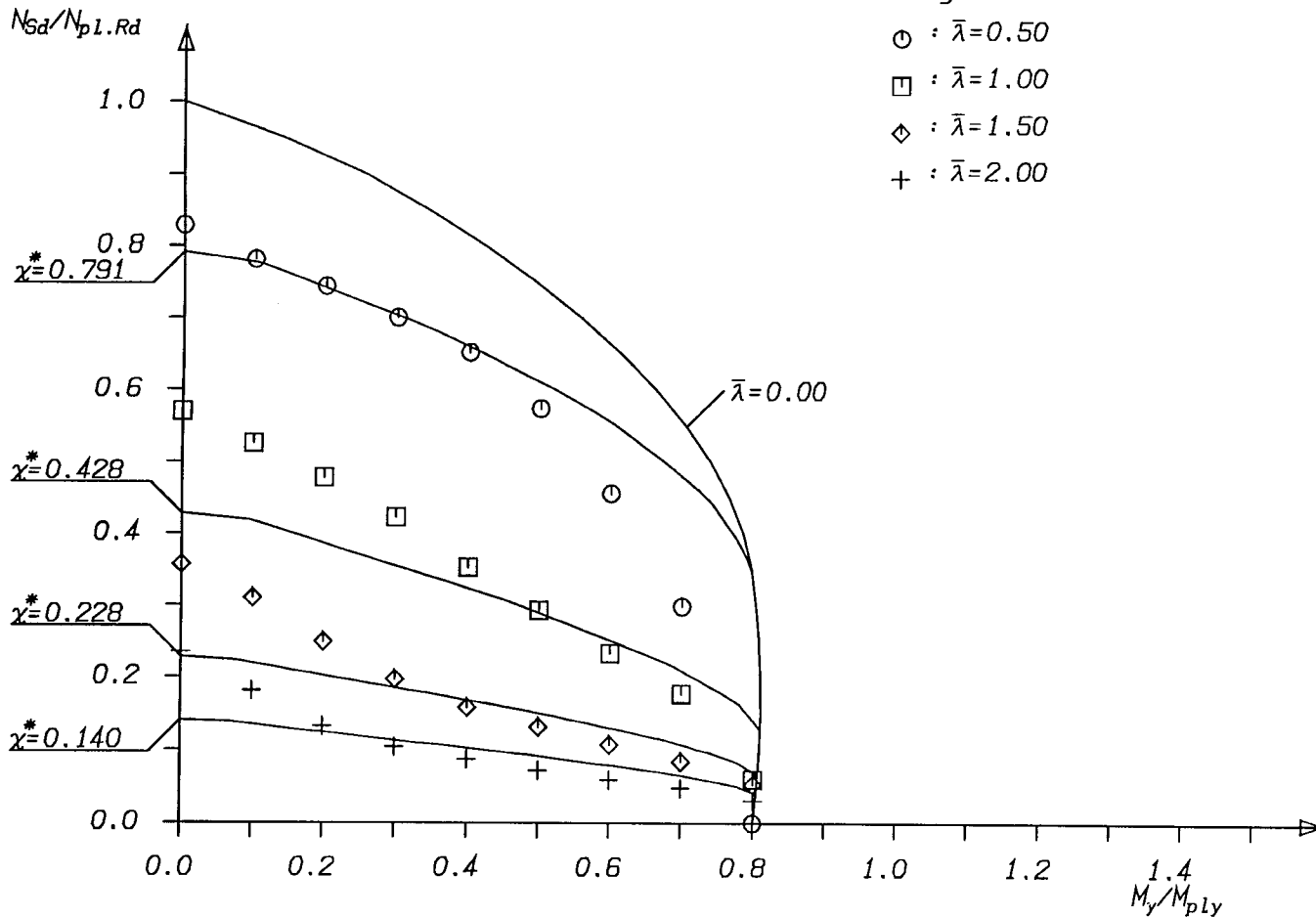
$M_{p1.y.R} = 666.21 \text{ kNm}$

Bild AIII-11

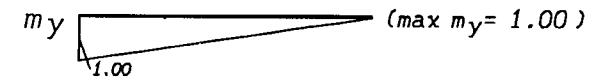
HE200M 350X370 S460 C30 12dm20  $\alpha_M = 0.80$

Dr. R. Bergmann  
 Bauingenieur  
 Witten

# Traglastkurven für Verbundstützen



Berechnungsverfahren:  
 DIN18800-5 mit Vorverformungen  
 Kurvenparameter:  $\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{N_{pl,R}}{N_{cr}}}$   
 Momentenbild normiert

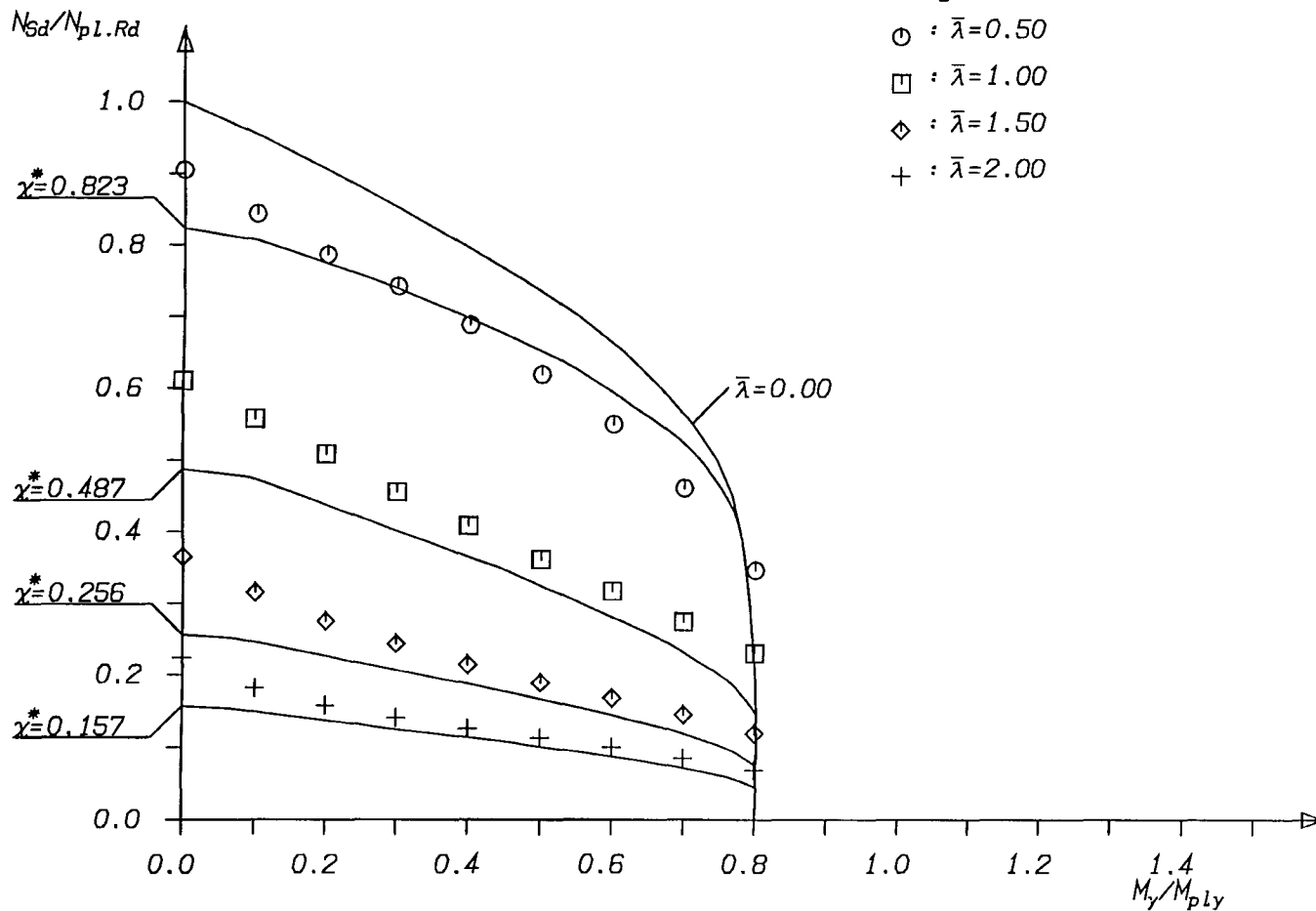


Bezugswerte:  
 $N_{pl,R} = 9221.08 \text{ kN}$   
 $M_{pl,y,R} = 423.44 \text{ kNm}$

Bild AIII-12

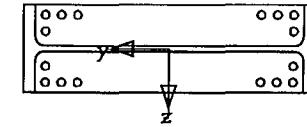
HE200M 350X370 S460 C30 04dm12  $\alpha_M=0.80$

# Traglastkurven für Verbundstützen



## Legende

- :  $\bar{\lambda} = 0.50$
- :  $\bar{\lambda} = 1.00$
- ◇ :  $\bar{\lambda} = 1.50$
- ⊕ :  $\bar{\lambda} = 2.00$

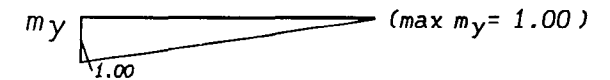


Berechnungsverfahren:

DIN18800-5 mit Vorverformungen

Kurvenparameter:  $\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{N_{pL,R}}{N_{cr}}}$

Momentenbild normiert



Bezugswerte:

$N_{pL,R} = 31738.13 \text{ kN}$

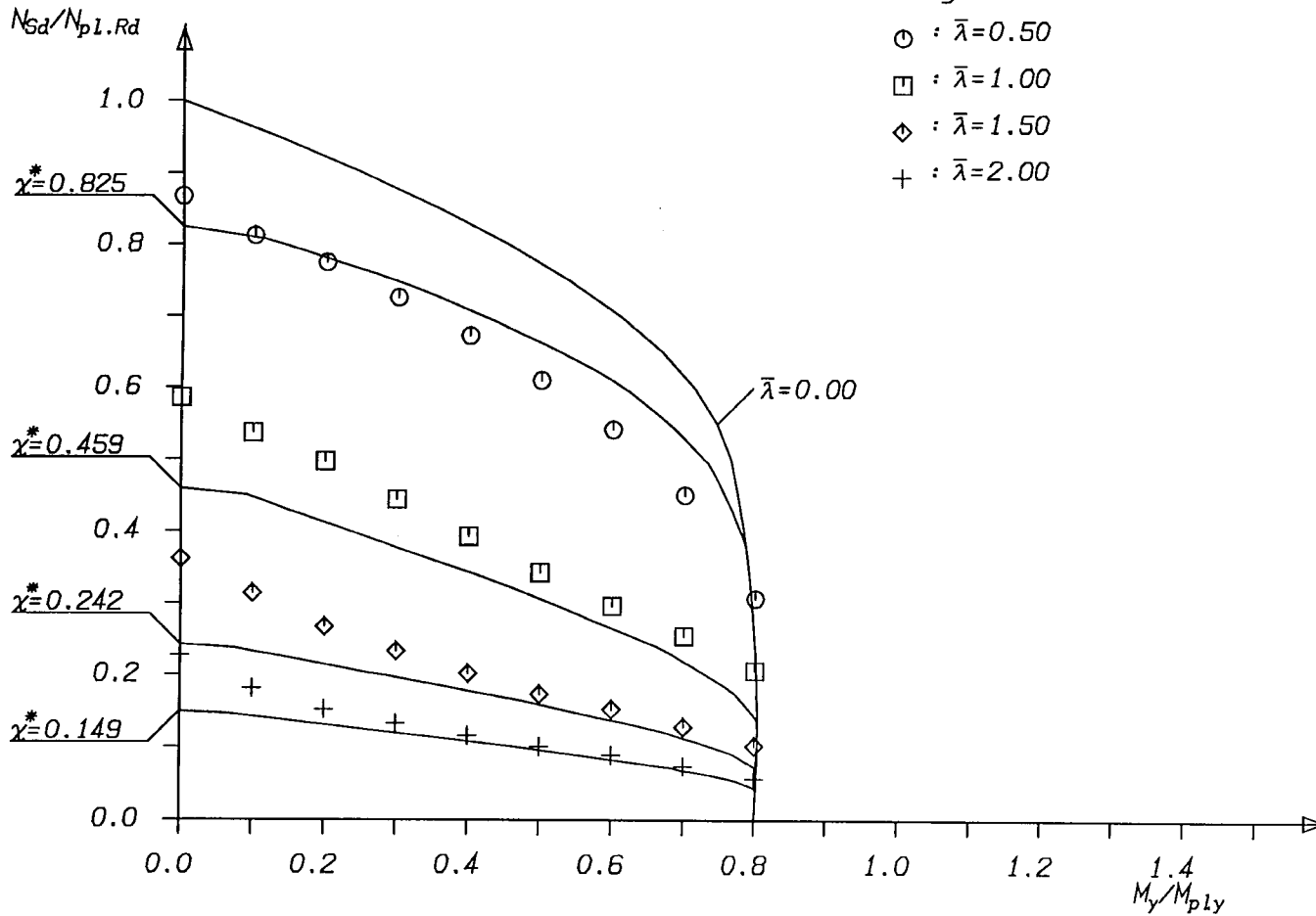
$M_{pL,y,R} = 1644.72 \text{ kNm}$

Bild AIII-13

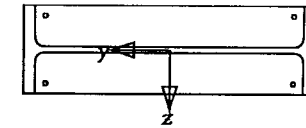
HE1000M Kammer S460 C30 16dm28  $\alpha_M = 0.80$

Dr. R. Bergmann  
Bauingenieur  
Mitten

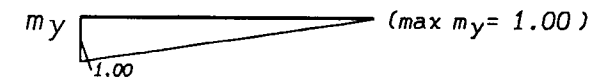
# Traglastkurven für Verbundstützen



- Legende
- :  $\bar{\lambda} = 0.50$
  - :  $\bar{\lambda} = 1.00$
  - ◇ :  $\bar{\lambda} = 1.50$
  - ⊕ :  $\bar{\lambda} = 2.00$



Berechnungsverfahren:  
 DIN18800-5 mit Vorverformungen  
 Kurvenparameter:  $\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{N_{p1,R}}{N_{cr}}}$   
 Momentenbild normiert



Bezugswerte:  
 $N_{p1,R} = 27444.96 \text{ kN}$   
 $M_{p1,y,R} = 1200.13 \text{ kNm}$

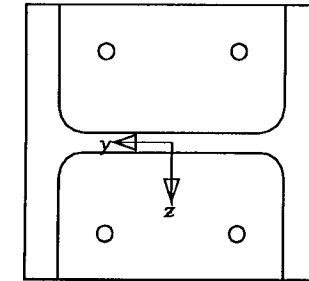
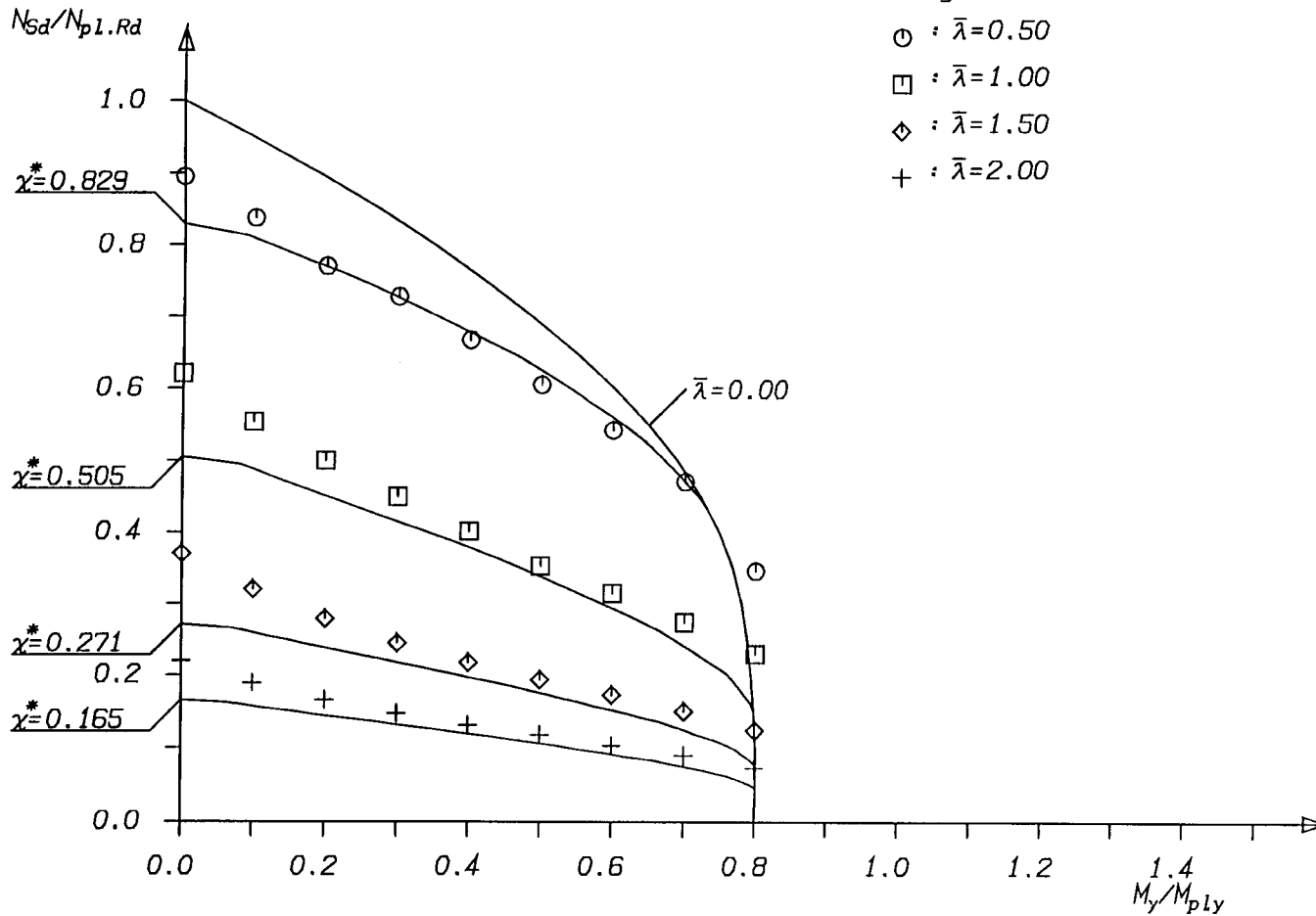
Bild AIII-14

HE1000M Kammer S460 C30 04dm16  $\alpha_M = 0.80$

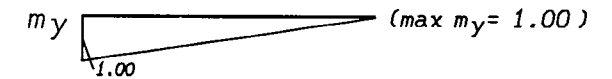
Dr. R. Bergmann  
 Bauingenieur  
 Witten



# Traglastkurven für Verbundstützen



Berechnungsverfahren:  
 DIN18800-5 mit Vorverformungen  
 Kurvenparameter:  $\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{N_{pl.R}}{N_{cr}}}$   
 Momentenbild normiert



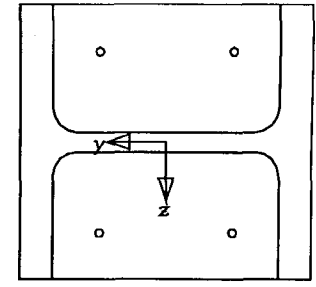
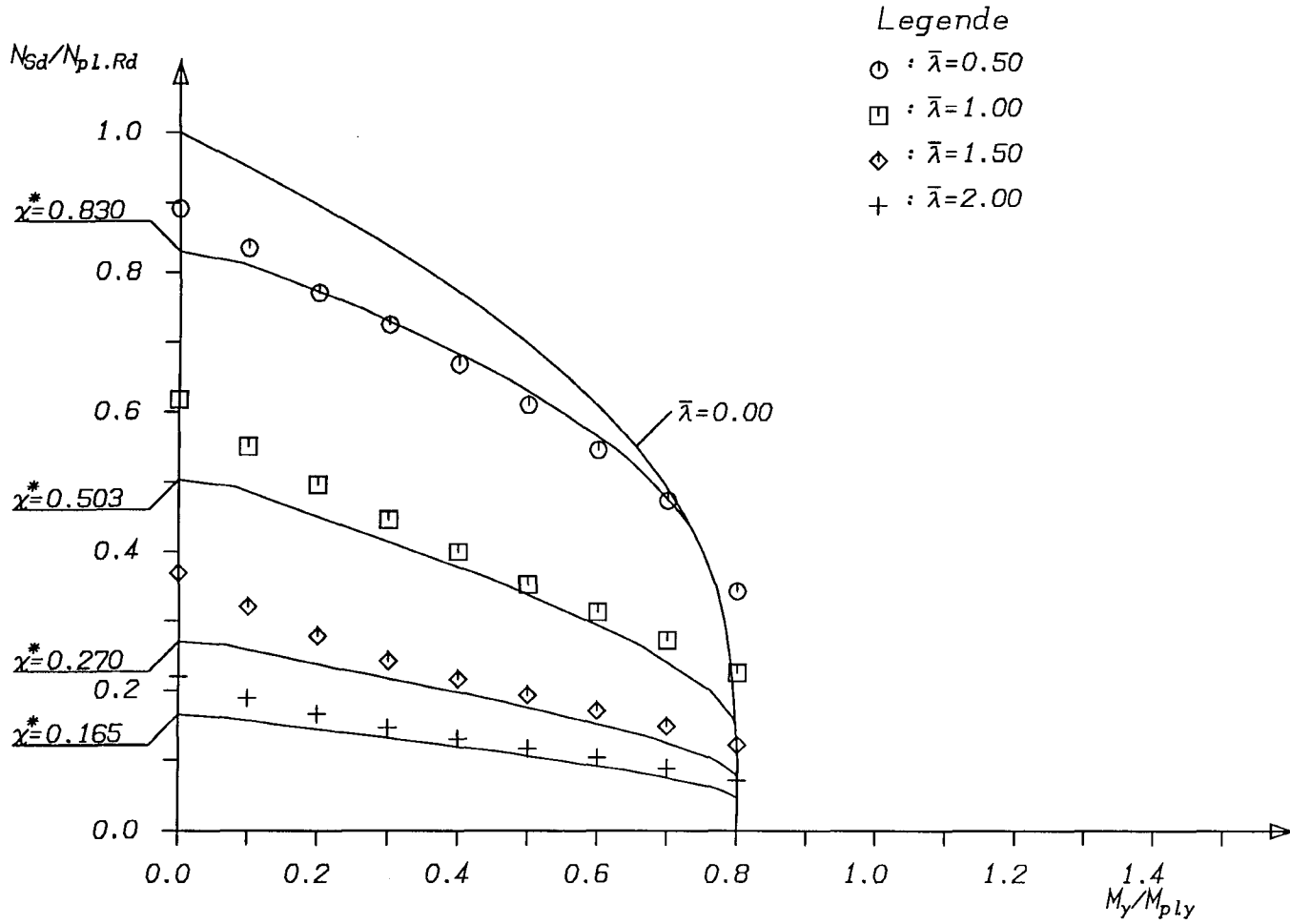
Bezugswerte:  
 $N_{pl.R} = 7074.49 \text{ kN}$   
 $M_{pl.y.R} = 287.30 \text{ kNm}$

Bild AIII-15

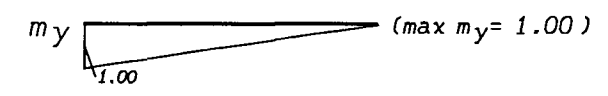
HE200M Kammer S460 C30 04dm12  $\alpha_M=0.80$

Dr. R. Bergmann  
 Bauingenieur  
 Hiltl

# Traglastkurven für Verbundstützen



Berechnungsverfahren:  
 DIN18800-5 mit Vorverformungen  
 Kurvenparameter:  $\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{N_{pL.R}}{N_{cr}}}$   
 Momentenbild normiert



Bezugswerte:  
 $N_{pL.R} = 6913.50 \text{ kN}$   
 $M_{pLy.R} = 276.05 \text{ kNm}$

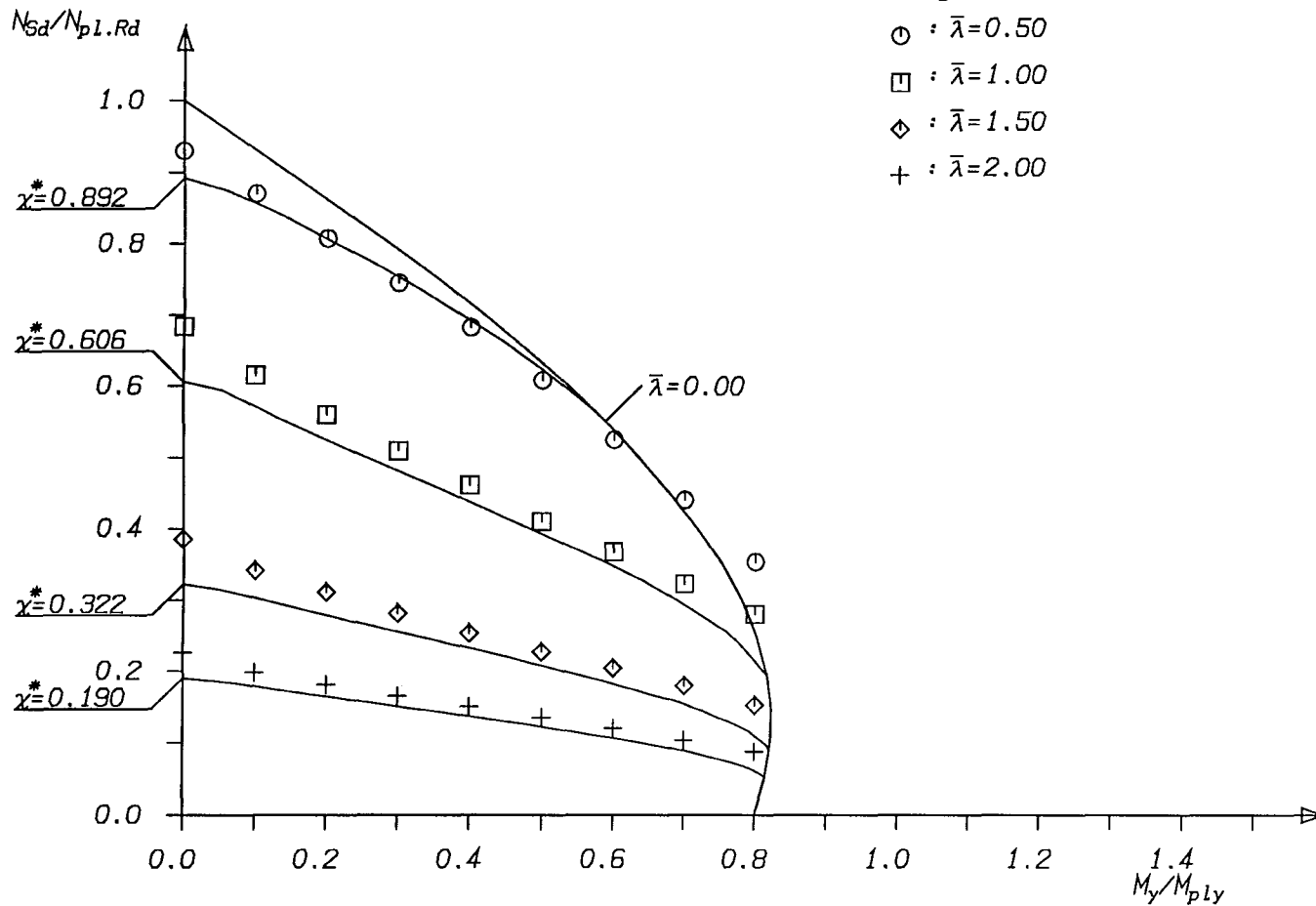
Bild AIII-16

HE200M Kammer S460 C30 04dm06  $\alpha_M=0.80$

Dr. R. Bergmann  
 Bauingenieur  
 Witten

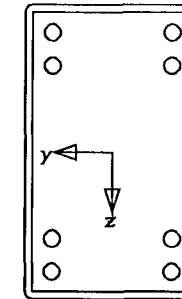
Hansville / Bergmann Abschlussbericht Anhang III - Seite 17

# Traglastkurven für Verbundstützen



## Legende

- :  $\bar{\lambda} = 0.50$
- :  $\bar{\lambda} = 1.00$
- ◇ :  $\bar{\lambda} = 1.50$
- ⊕ :  $\bar{\lambda} = 2.00$

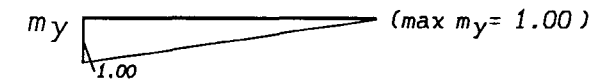


Berechnungsverfahren:

DIN18800-5 mit Vorverformungen

Kurvenparameter:  $\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{N_{p1.R}}{N_{cr}}}$

Momentenbild normiert



Bezugswerte:

$N_{p1.R} = 14766.67 \text{ kN}$

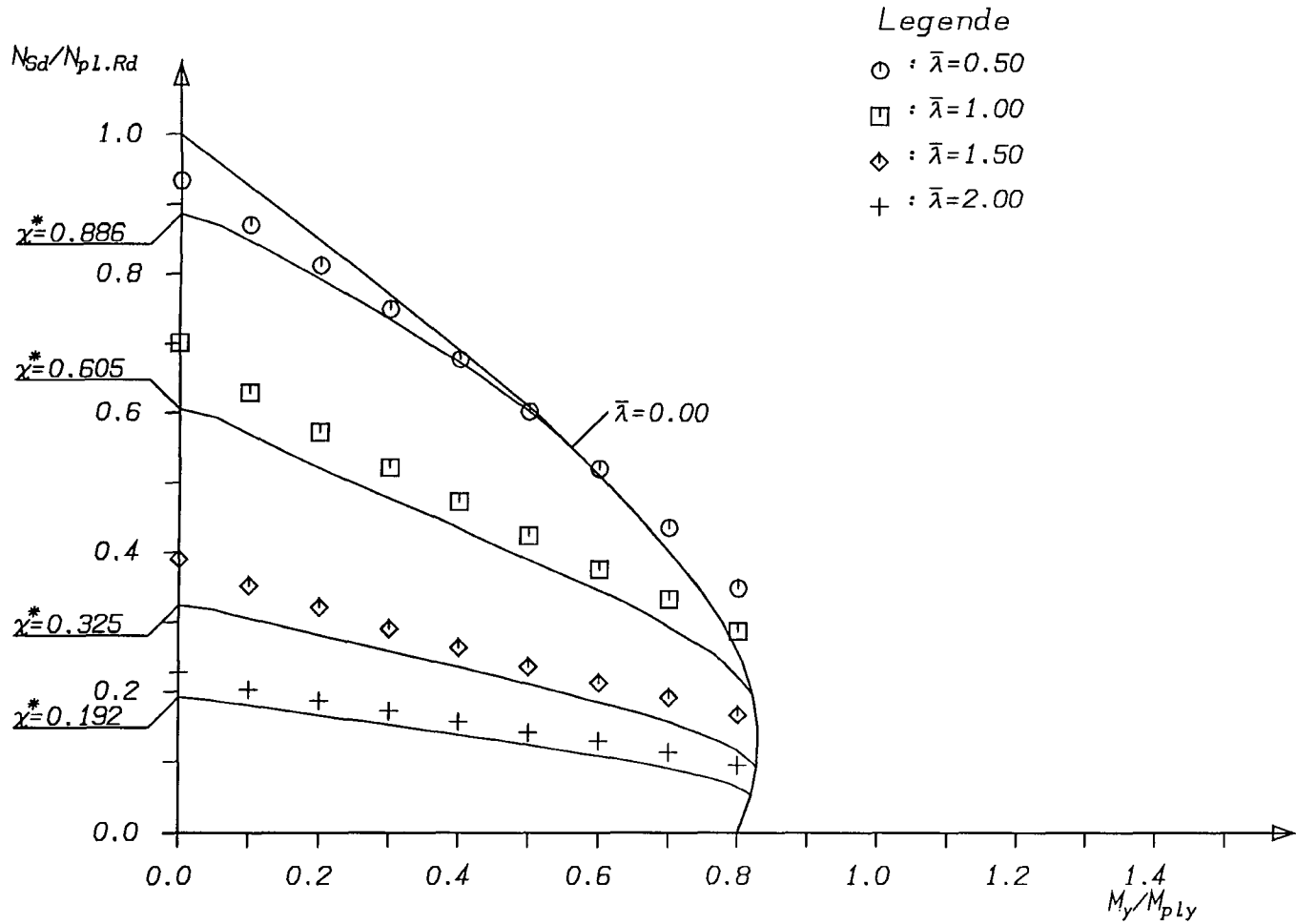
$M_{p1.y.R} = 2012.77 \text{ kNm}$

Bild AIII-17

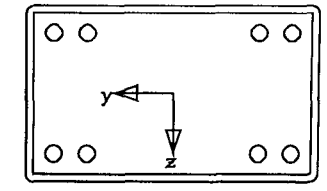
Rechteck 500x300x12 S460 C30 08dm28  $\alpha_M = 0.80$

Dr. R. Bergmann  
Bauingenieur  
Hitten

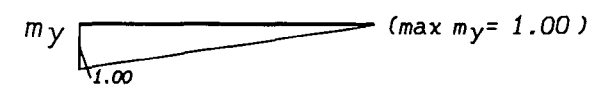
# Traglastkurven für Verbundstützen



- Legende
- :  $\bar{\lambda} = 0.50$
  - :  $\bar{\lambda} = 1.00$
  - ◇ :  $\bar{\lambda} = 1.50$
  - +



Berechnungsverfahren:  
 DIN18800-5 mit Vorverformungen  
 Kurvenparameter:  $\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{N_{pL,R}}{N_{cr}}}$   
 Momentenbild normiert



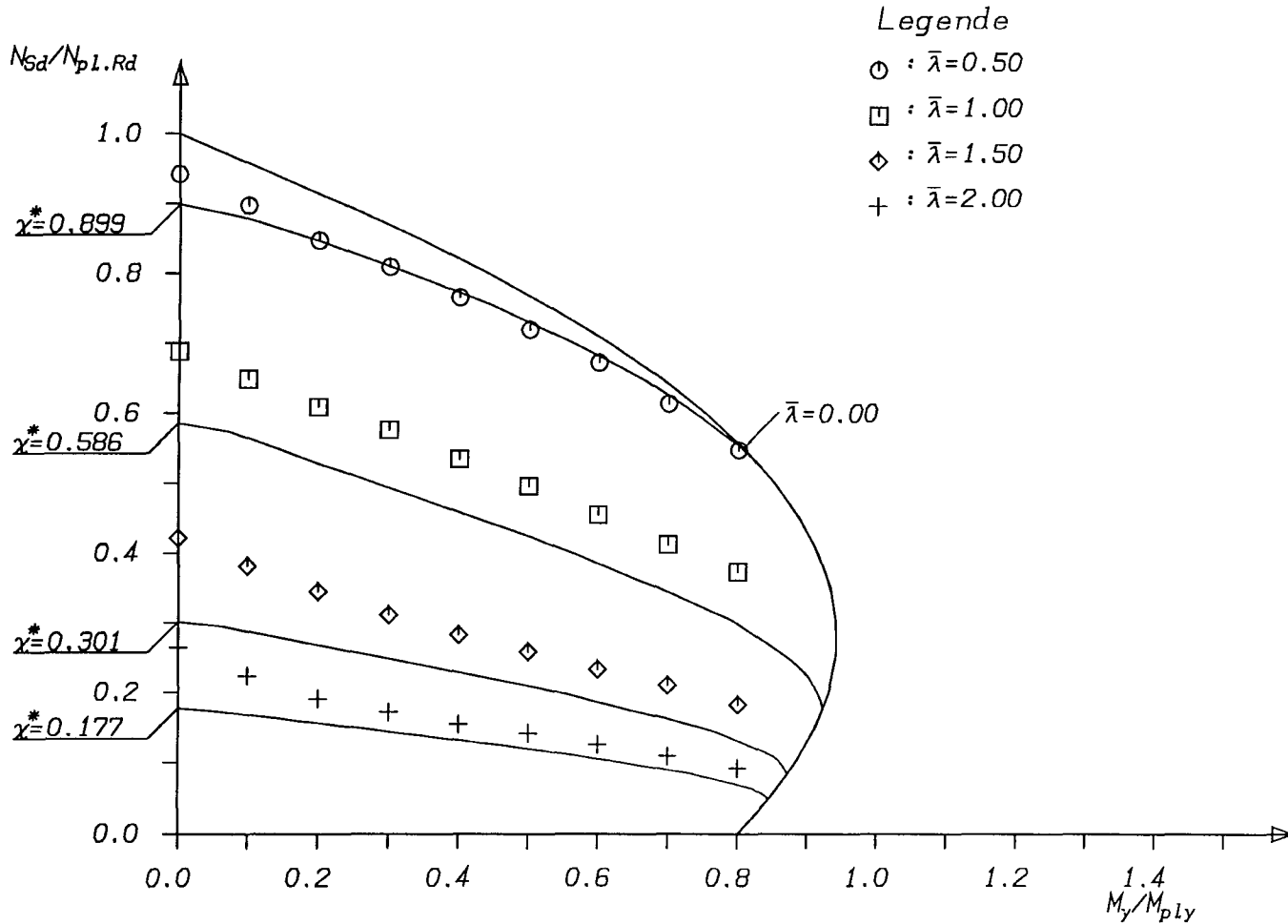
Bezugswerte:  
 $N_{pL,R} = 14766.67 \text{ kN}$   
 $M_{pL,y,R} = 1329.33 \text{ kNm}$

Bild AIII-18

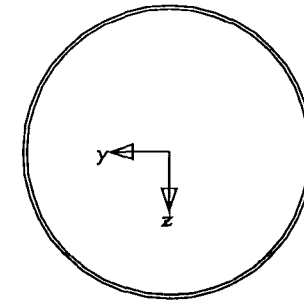
Rechteck 300x500x12 S460 C30 08dm28  $\alpha_M = 0.80$

Dr. R. Bergmann  
 Bauingenieur  
 Witten

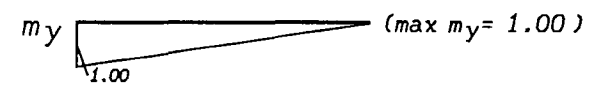
# Traglastkurven für Verbundstützen



- Legende
- :  $\bar{\lambda} = 0.50$
  - :  $\bar{\lambda} = 1.00$
  - ◇ :  $\bar{\lambda} = 1.50$
  - ⊕ :  $\bar{\lambda} = 2.00$



Berechnungsverfahren:  
 DIN18800-5 mit Vorverformungen  
 Kurvenparameter:  $\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{N_{pl,R}}{N_{cr}}}$   
 Momentenbild normiert



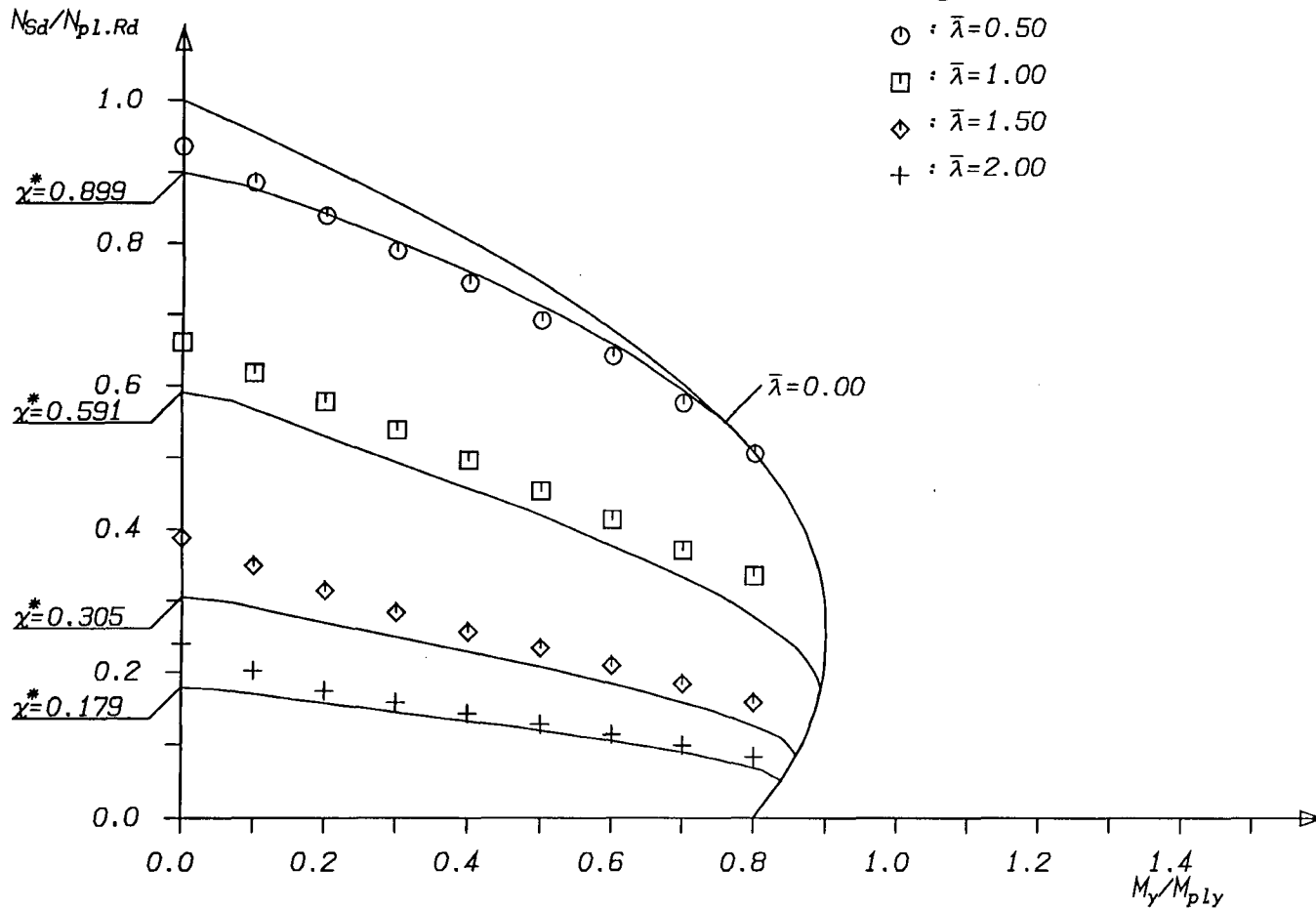
Bezugswerte:  
 $N_{pl,R} = 25751.62 \text{ kN}$   
 $M_{pl,y,R} = 3441.72 \text{ kNm}$

Bild AIII-19

Rundrohr 800x10 S460 C30  $\alpha_M = 0.80$

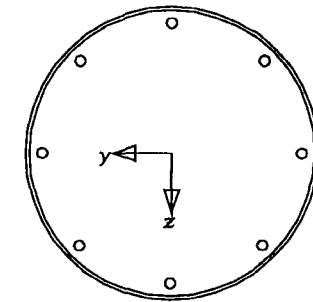
Dr. R. Bergmann  
 Bauingenieur  
 H i t t e n

# Traglastkurven für Verbundstützen



## Legende

- :  $\bar{\lambda} = 0.50$
- :  $\bar{\lambda} = 1.00$
- ◇ :  $\bar{\lambda} = 1.50$
- ⊕ :  $\bar{\lambda} = 2.00$



Berechnungsverfahren:

DIN18800-5 mit Vorverformungen

Kurvenparameter:  $\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{N_{p1.R}}{N_{cr}}}$

Momentenbild normiert



Bezugswerte:

$N_{p1.R} = 28066.84 \text{ kN}$

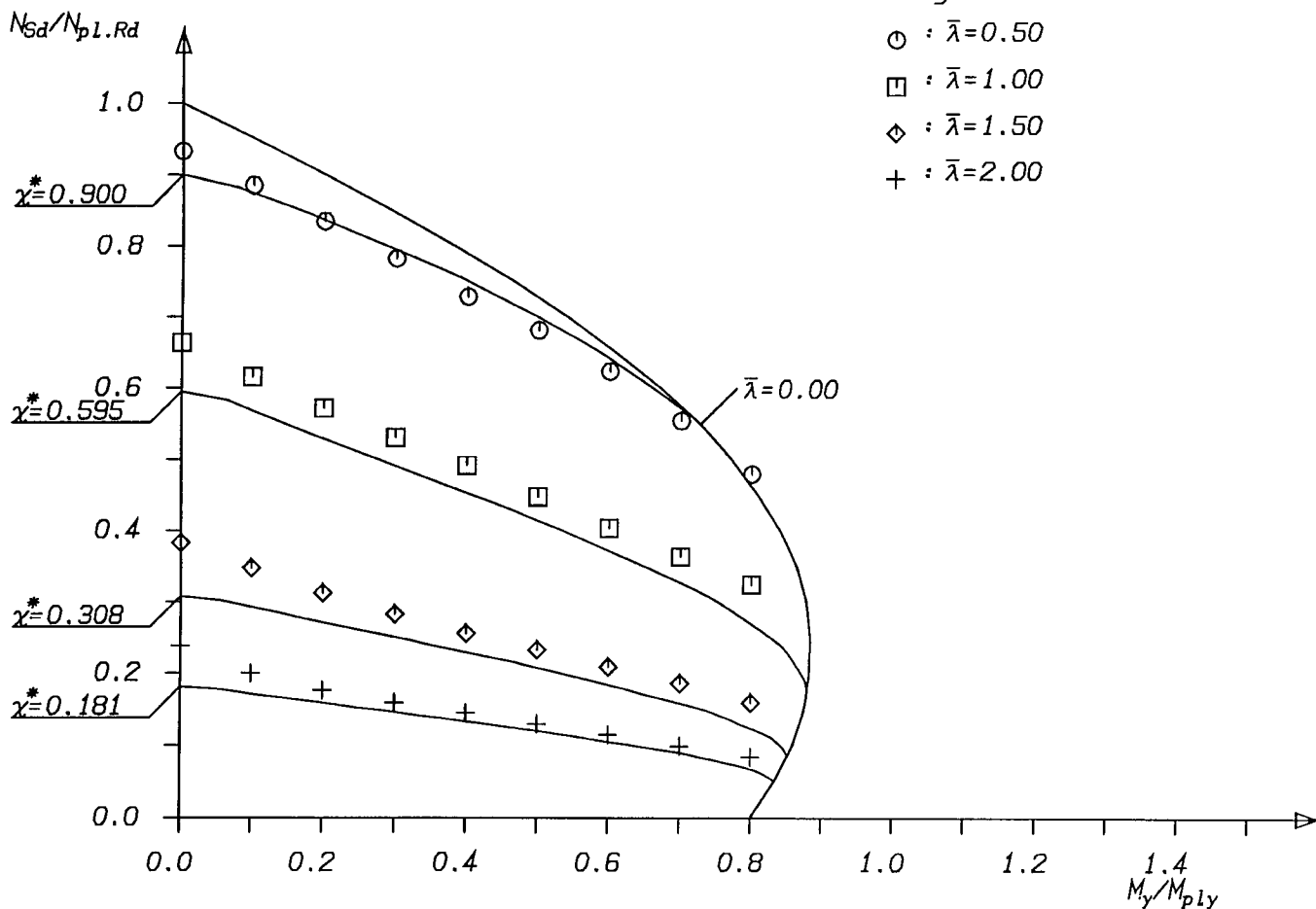
$M_{p1.y.R} = 4063.64 \text{ kNm}$

Bild AIII-20

Rundrohr 800x10 S460 C30 08dm28  $\alpha_M = 0.80$

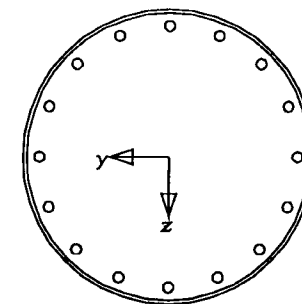
Dr. R. Bergmann  
Bauingenieur  
Hitten

# Traglastkurven für Verbundstützen



## Legende

- :  $\bar{\lambda} = 0.50$
- :  $\bar{\lambda} = 1.00$
- ◇ :  $\bar{\lambda} = 1.50$
- ⊕ :  $\bar{\lambda} = 2.00$

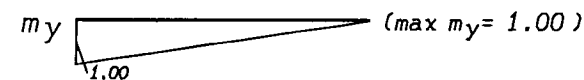


Berechnungsverfahren:

DIN18800-5 mit Vorverformungen

Kurvenparameter:  $\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{N_{pl.R}}{N_{cr}}}$

Momentenbild normiert



Bezugswerte:

$N_{pl.R} = 30382.07 \text{ kN}$

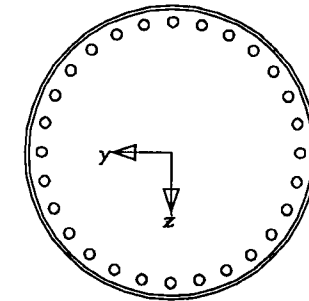
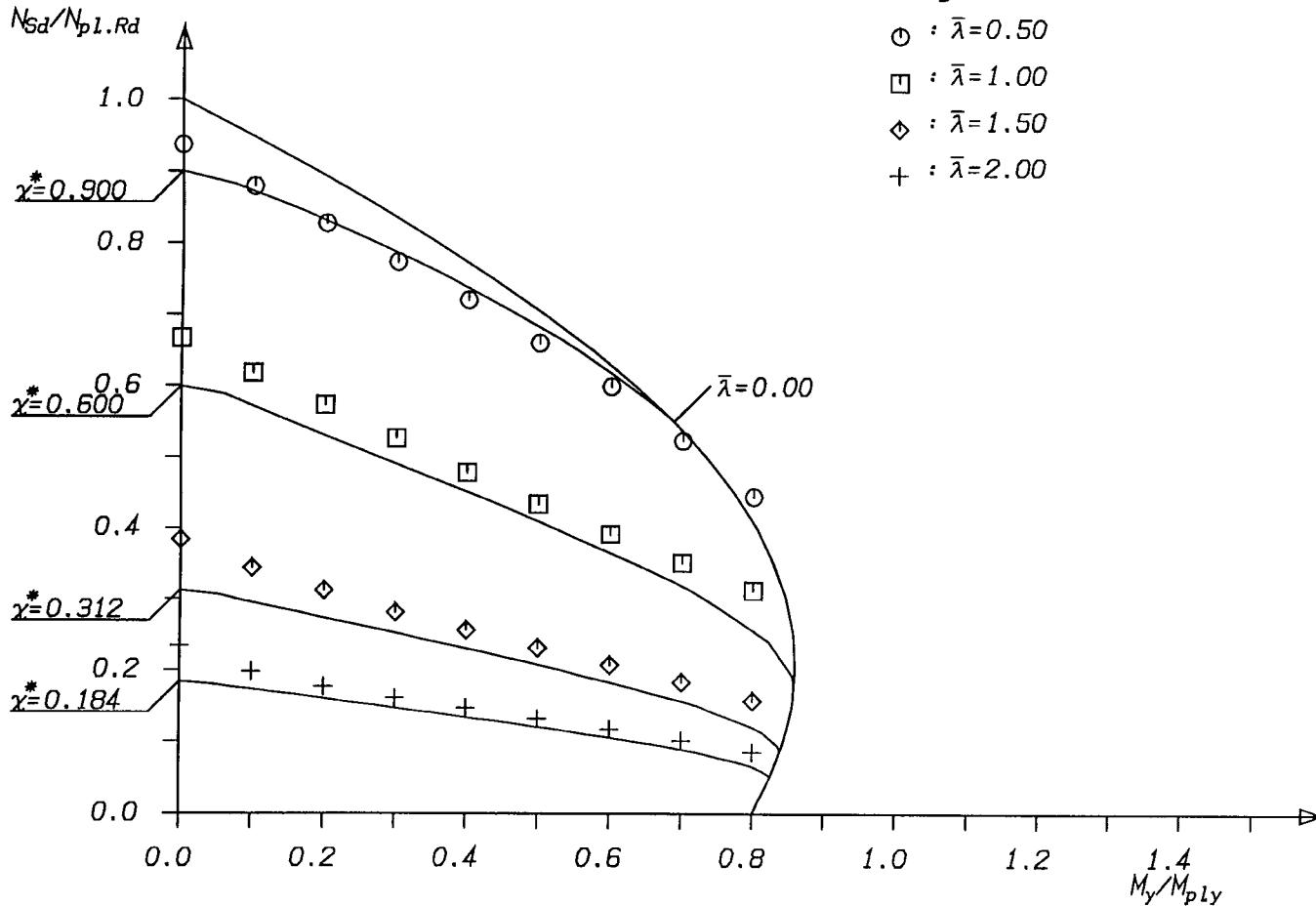
$M_{pl.y.R} = 4639.51 \text{ kNm}$

Bild AIII-21

Rundrohr 800x10 S460 C30 16dm28  $\alpha_M = 0.80$

Dr. R. Bergmann  
Bauingenieur  
Mitten

# Traglastkurven für Verbundstützen



Berechnungsverfahren:

DIN18800-5 mit Vorverformungen

Kurvenparameter:  $\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{N_{pL.R}}{N_{cr}}}$

Momentenbild normiert

$m_y$  (max  $m_y = 1.00$ )

Bezugswerte:

$N_{pL.R} = 33854.91 \text{ kN}$

$M_{pL.y.R} = 5531.37 \text{ kNm}$

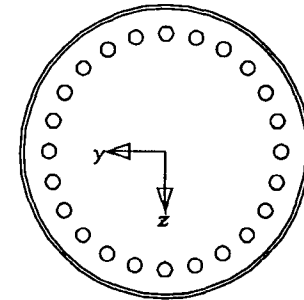
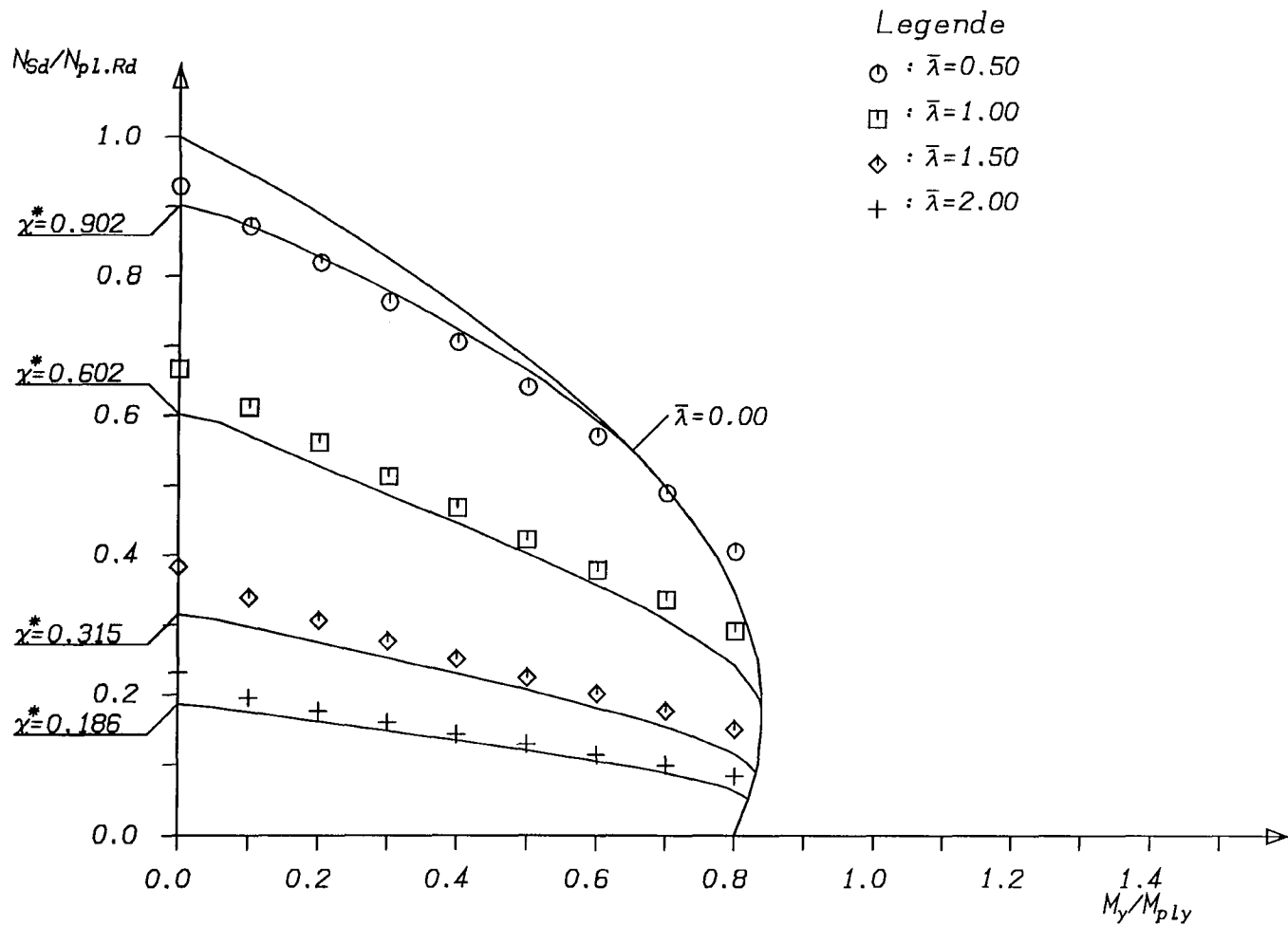
Bild AIII-22

Rundrohr 800x10 S460 C30 28dm28  $\alpha_M=0.80$

Dr. R. Bergmann  
Bauingenieur  
Hitten



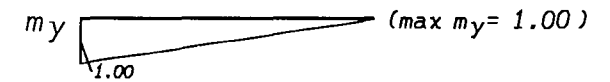
# Traglastkurven für Verbundstützen



Berechnungsverfahren:  
 DIN18800-5 mit Vorverformungen

Kurvenparameter:  $\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{N_{pL.R}}{N_{cr}}}$

Momentenbild normiert



Bezugswerte:

$N_{pL.R} = 10146.45 \text{ kN}$

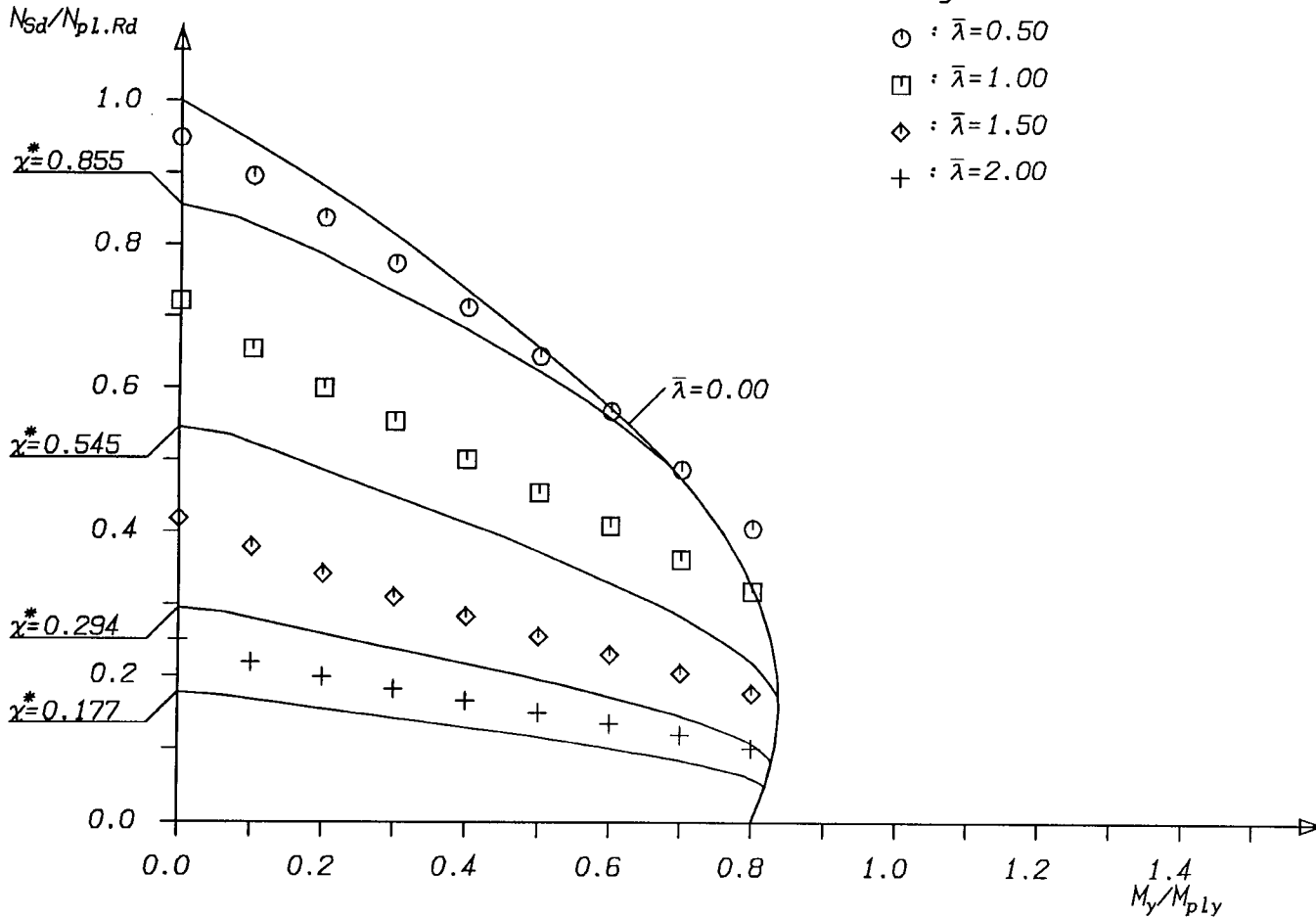
$M_{pLy.R} = 863.15 \text{ kNm}$

Bild AIII-23

Rundrohr 406,4x5 S460 C30 24dm20  $\alpha_M=0.80$

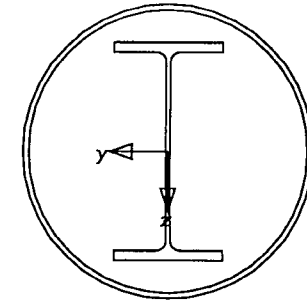
Dr. R. Bergmann  
 Bauingenieur  
 Hitten

# Traglastkurven für Verbundstützen



## Legende

- :  $\bar{\lambda} = 0.50$
- :  $\bar{\lambda} = 1.00$
- ◇ :  $\bar{\lambda} = 1.50$
- ⊕ :  $\bar{\lambda} = 2.00$



Berechnungsverfahren:

DIN18800-5 mit Vorverformungen

Kurvenparameter:  $\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{N_{pl.R}}{N_{cr}}}$

Momentenbild normiert

$m_y$  (max  $m_y = 1.00$ )

Bezugswerte:

$N_{pl.R} = 40723.99 \text{ kN}$

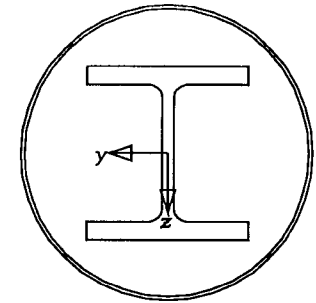
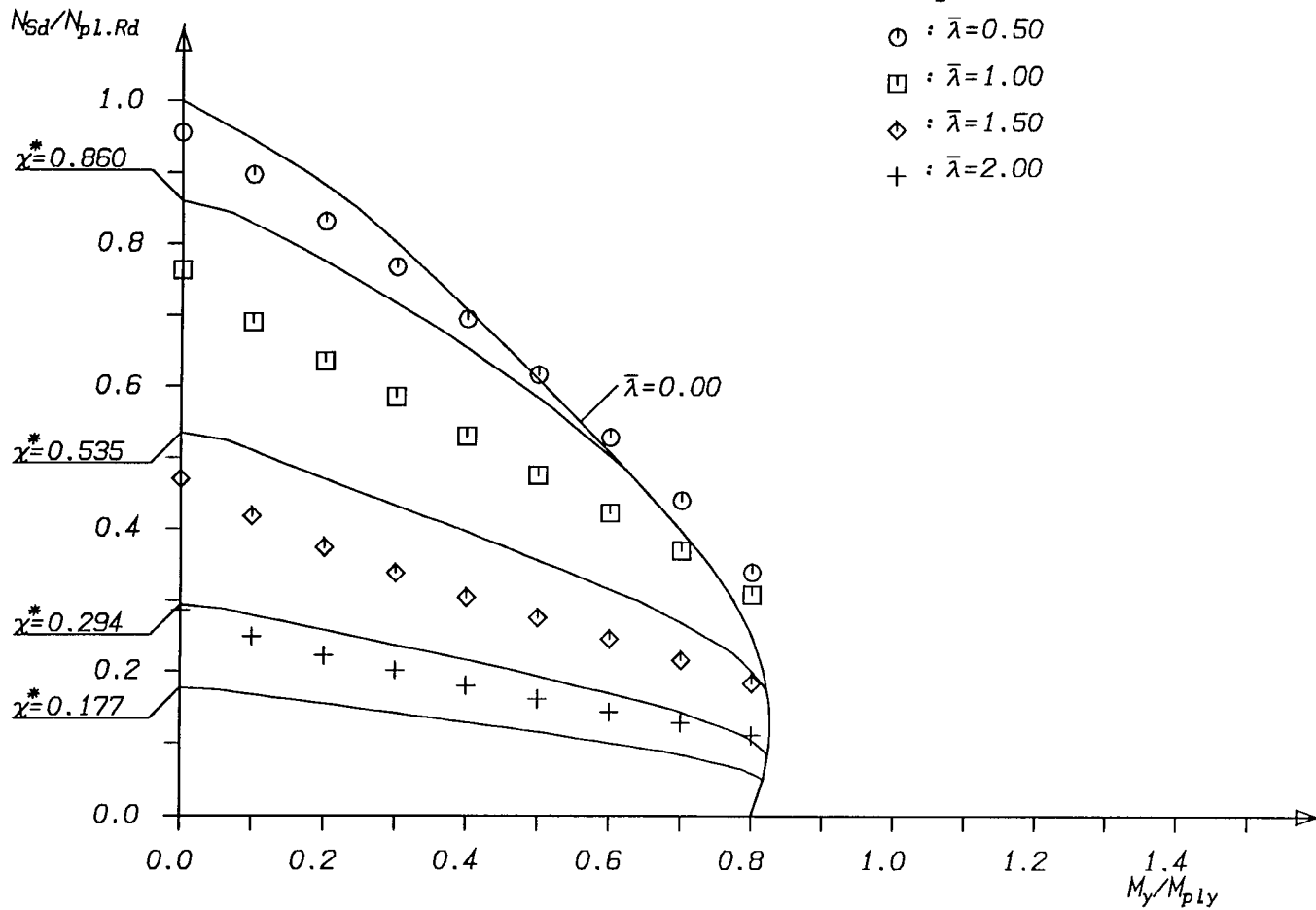
$M_{pl.y.R} = 7420.28 \text{ kNm}$

Bild AIII-24

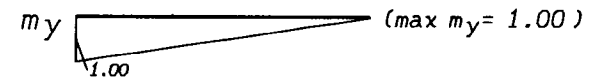
Rundrohr 800x15 mit HE600A stark S460 C30  $\alpha_M = 0.80$

Dr. R. Bergmann  
Bauingenieur  
Witten

# Traglastkurven für Verbundstützen



Berechnungsverfahren:  
 DIN18800-5 mit Vorverformungen  
 Kurvenparameter:  $\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{N_{p1.R}}{N_{cr}}}$   
 Momentenbild normiert

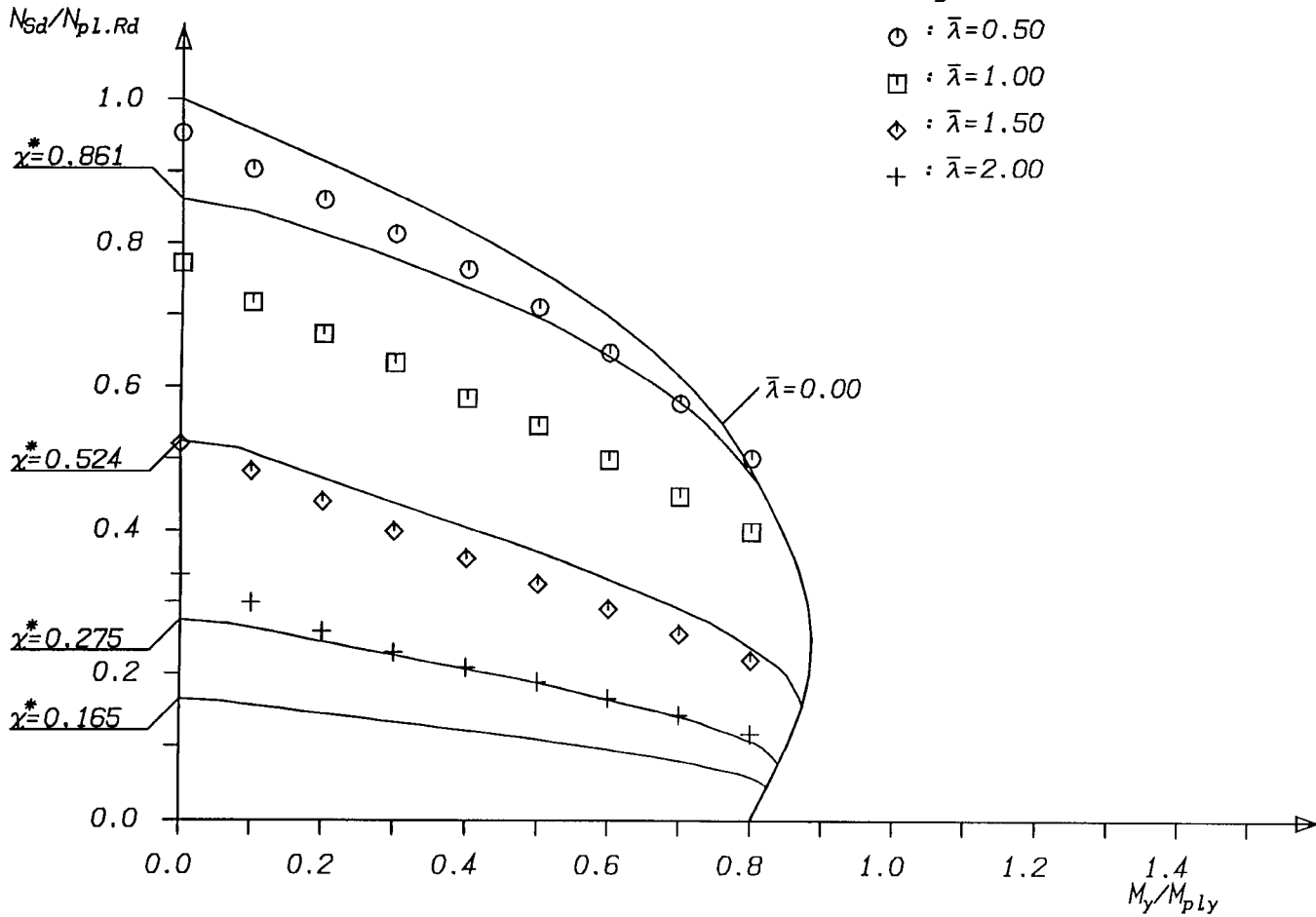


Bezugswerte:  
 $N_{p1.R} = 13028.71 \text{ kN}$   
 $M_{p1.y.R} = 1120.02 \text{ kNm}$

Bild AIII-25

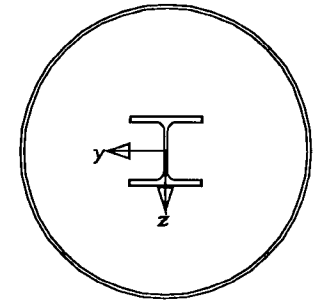
Rundrohr 406,4x5 mit HE220M stark S460 C30  $\alpha_M=0.80$

# Traglastkurven für Verbundstützen



Legende

- :  $\bar{\lambda} = 0.50$
- :  $\bar{\lambda} = 1.00$
- ◇ :  $\bar{\lambda} = 1.50$
- ⊕ :  $\bar{\lambda} = 2.00$

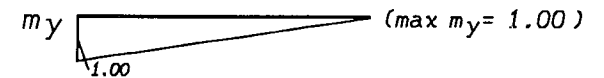


Berechnungsverfahren:

DIN18800-5 mit Vorverformungen

Kurvenparameter:  $\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{N_{pL.R}}{N_{cr}}}$

Momentenbild normiert



Bezugswerte:

$N_{pL.R} = 7515.89 \text{ kN}$

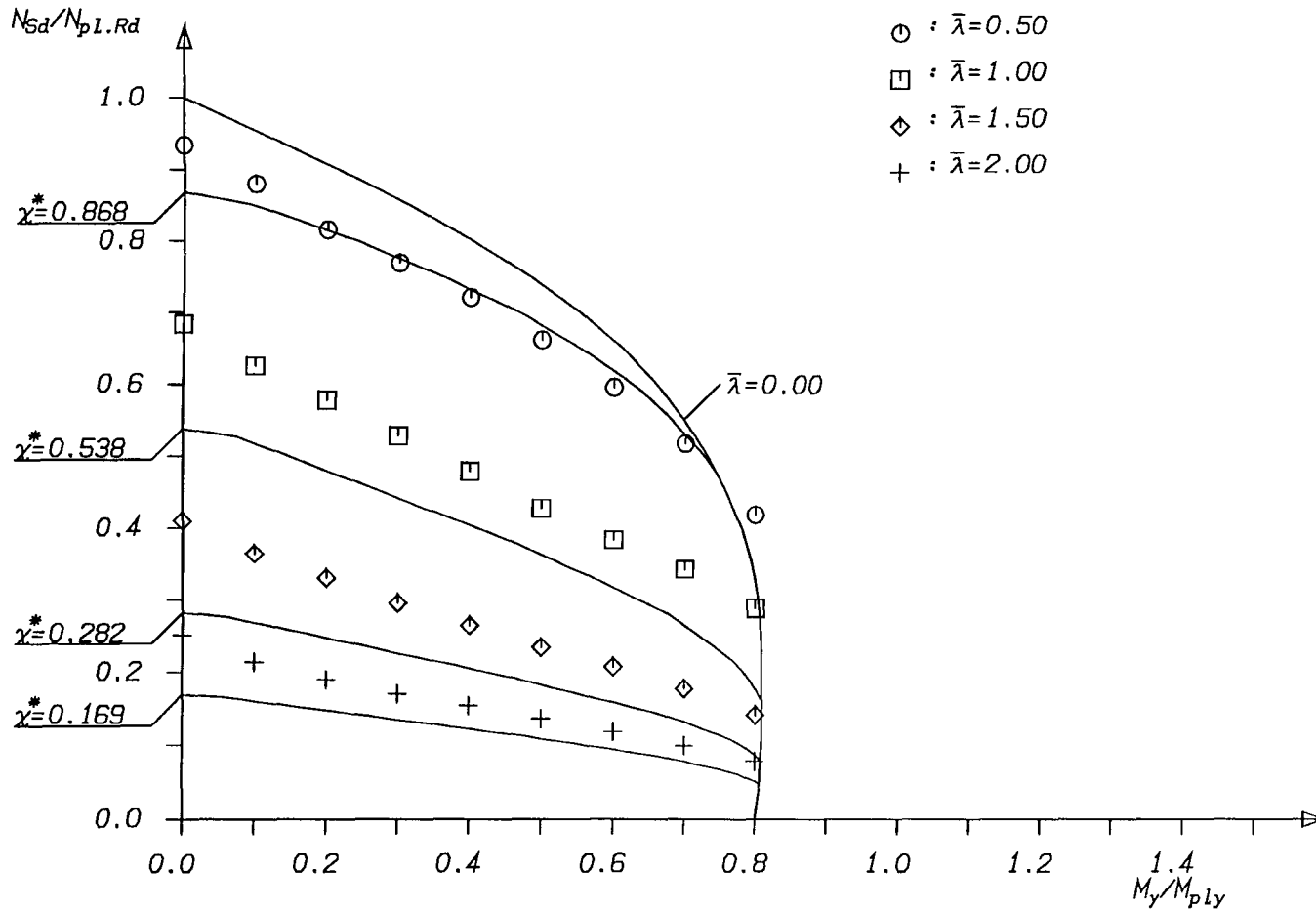
$M_{pLy.R} = 508.55 \text{ kNm}$

Bild AIII-26

Rundrohr 406,4x5 mit HE100A stark S460 C30  $\alpha_M = 0.80$

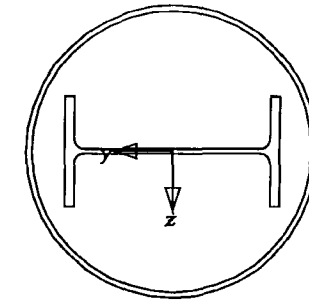
Dr. R. Bergmann  
Bauingenieur  
Hitten

# Traglastkurven für Verbundstützen



## Legende

- :  $\bar{\lambda} = 0.50$
- :  $\bar{\lambda} = 1.00$
- ◇ :  $\bar{\lambda} = 1.50$
- + :  $\bar{\lambda} = 2.00$

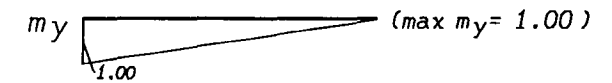


Berechnungsverfahren:

DIN18800-5 mit Vorverformungen

Kurvenparameter:  $\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{N_{pL.R}}{N_{cr}}}$

Momentenbild normiert



Bezugswerte:

$N_{pL.R} = 40723.99 \text{ kN}$

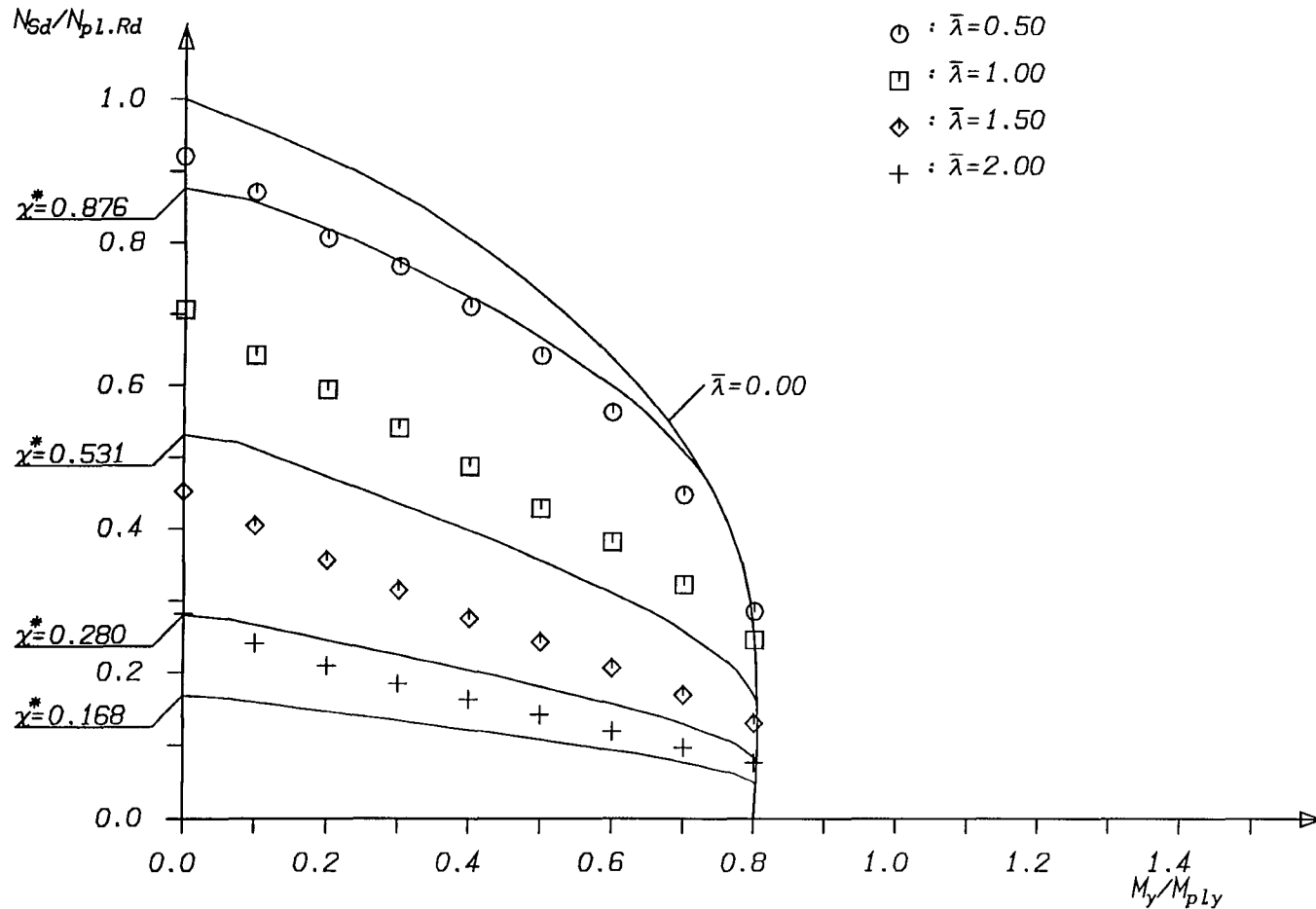
$M_{pL.y.R} = 5839.19 \text{ kNm}$

Bild AIII-27

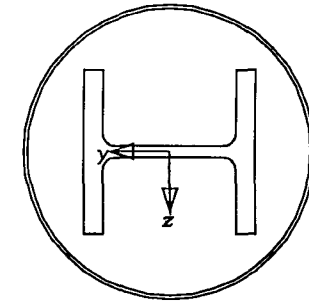
Rundrohr 800x15 mit HE600A schwach S460 C30  $\alpha_M = 0.80$

Dr. R. Bergmann  
 Bauingenieur  
 Hitten

# Traglastkurven für Verbundstützen



- Legende
- :  $\bar{\lambda} = 0.50$
  - :  $\bar{\lambda} = 1.00$
  - ◇ :  $\bar{\lambda} = 1.50$
  - +

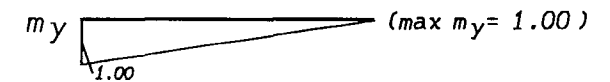


Berechnungsverfahren:

DIN18800-5 mit Vorverformungen

Kurvenparameter:  $\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{N_{pl.R}}{N_{cr}}}$

Momentenbild normiert



Bezugswerte:

$N_{pl.R} = 13028.71 \text{ kN}$

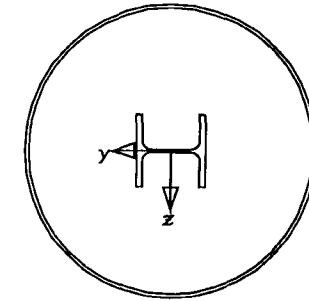
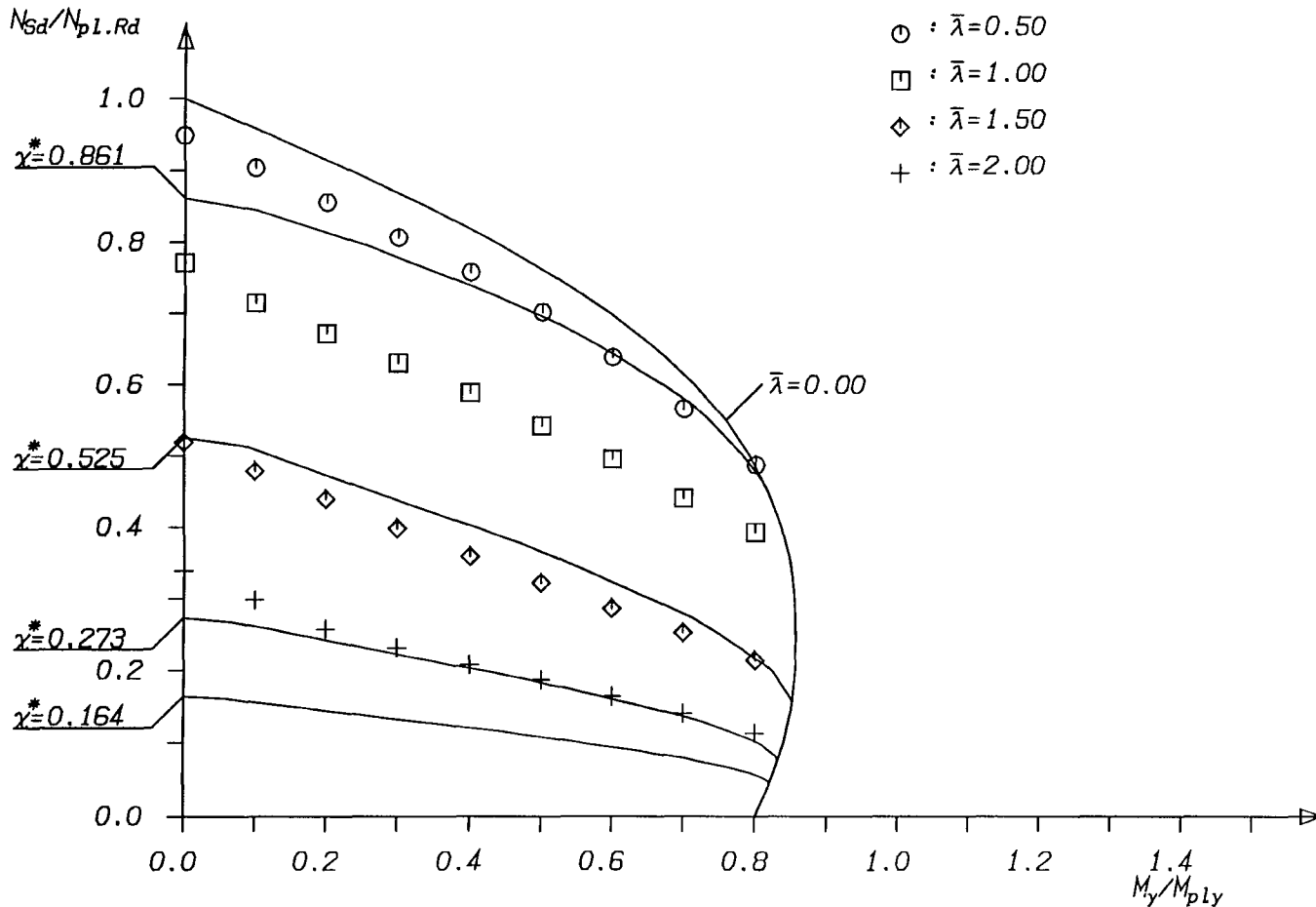
$M_{pl.y.R} = 822.63 \text{ kNm}$

Bild AIII-28

Rundrohr 406,4x5 mit HE220M schwach S460 C30  $\alpha_M = 0.80$

Dr. R. Bergmann  
 Bauingenieur  
 Hitten

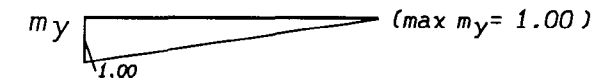
# Traglastkurven für Verbundstützen



Berechnungsverfahren:  
DIN18800-5 mit Vorverformungen

Kurvenparameter:  $\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{N_{pL.R}}{N_{cr}}}$

Momentenbild normiert



Bezugswerte:

$N_{pL.R} = 7515.89 \text{ kN}$

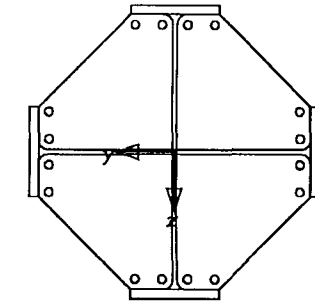
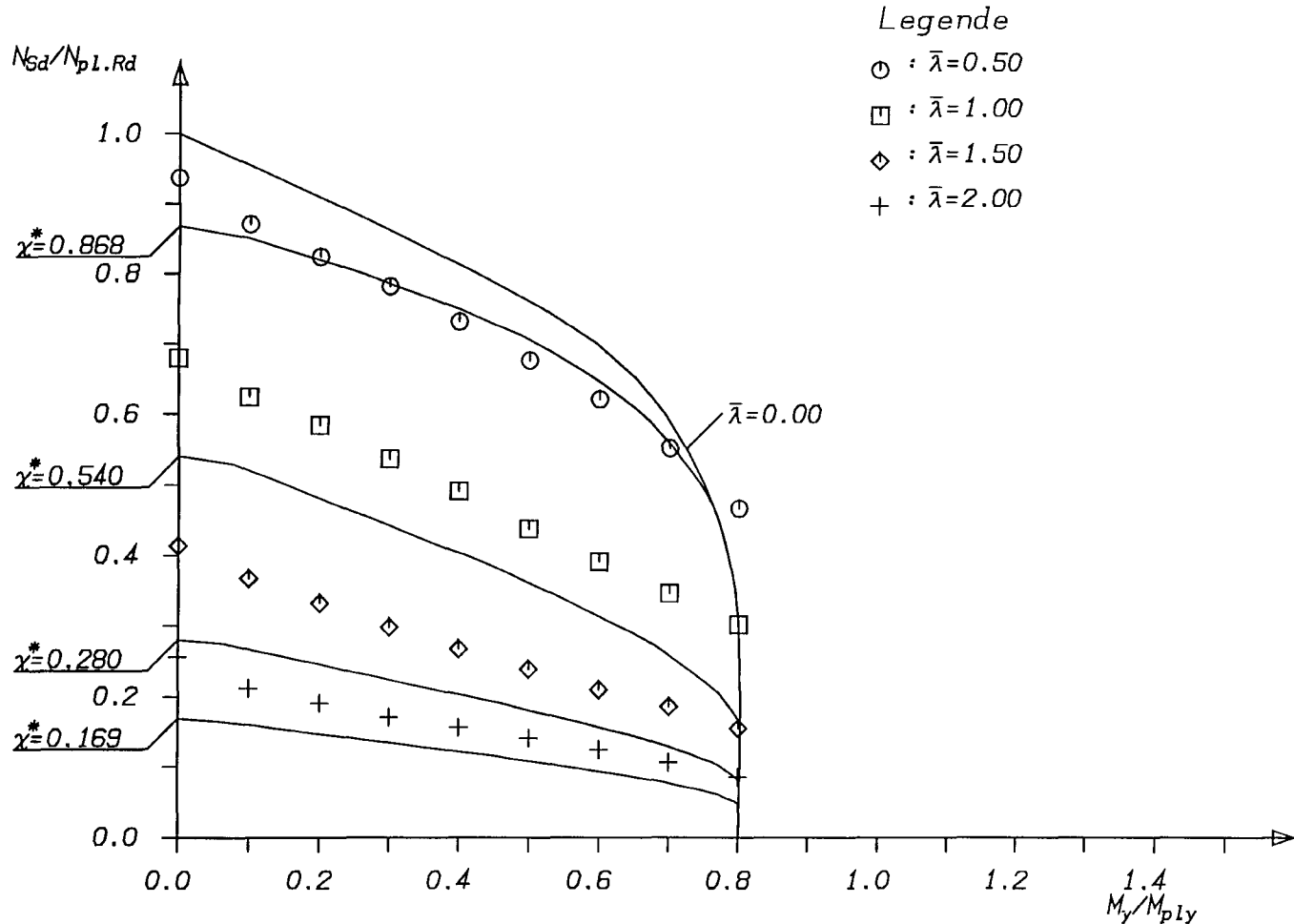
$M_{pLy.R} = 508.50 \text{ kNm}$

Bild AIII-29

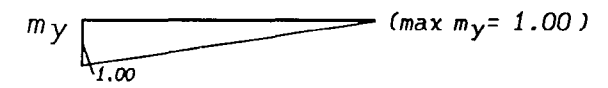
Rundrohr 406,4x5 mit HE100A schwach S460 C30  $\alpha_M=0.80$

Dr. R. Bergmann  
Bauingenieur  
Hitten

# Traglastkurven für Verbundstützen



Berechnungsverfahren:  
 DIN18800-5 mit Vorverformungen  
 Kurvenparameter:  $\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{N_{pl.R}}{N_{cr}}}$   
 Momentenbild normiert



Bezugswerte:  
 $N_{pl.R} = 52577.77 \text{ kN}$   
 $M_{pl.y.R} = 9377.08 \text{ kNm}$

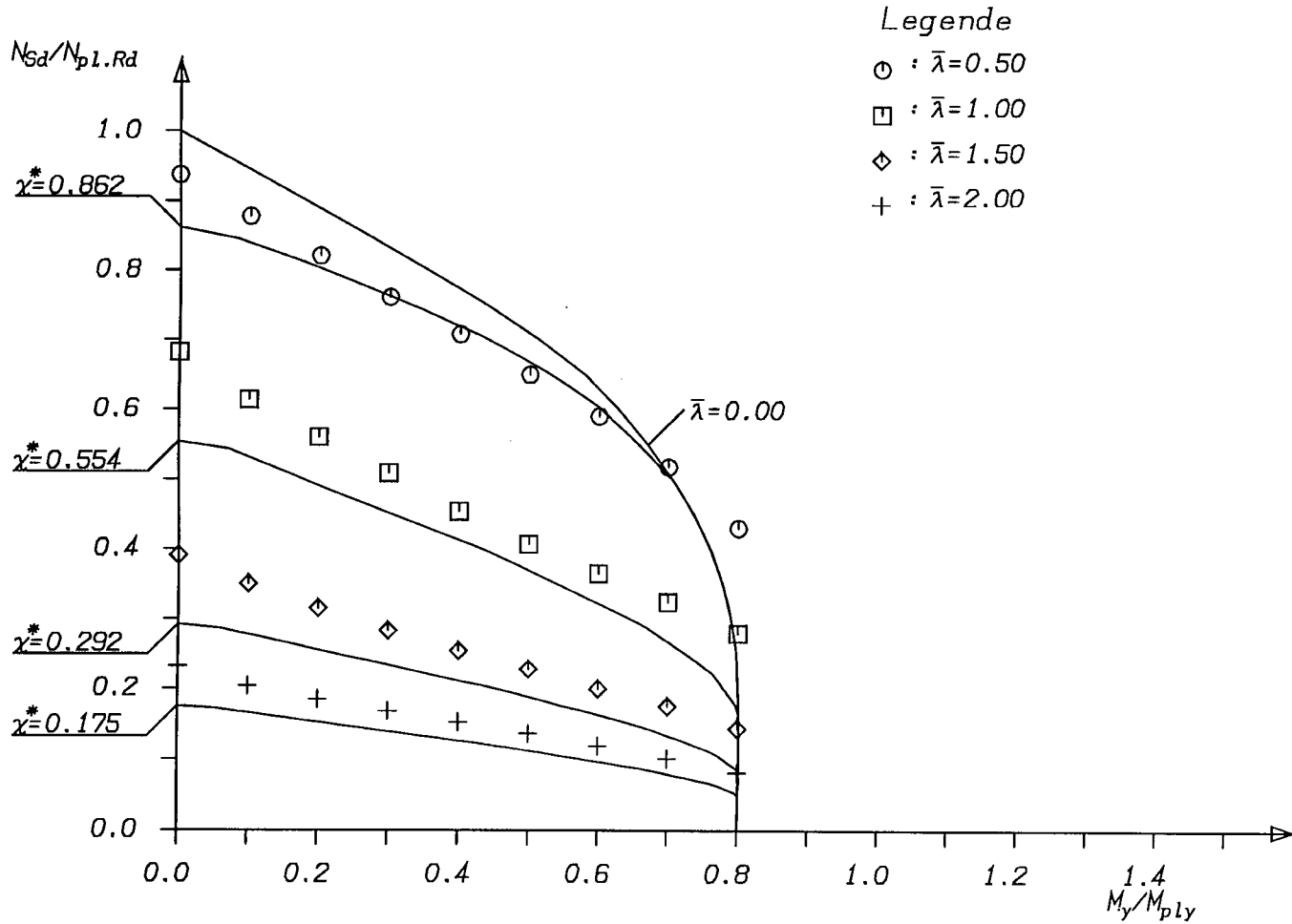
Bild AIII-30

2xHE1000A gekreuzt S460 C30 16dm28  $\alpha_M = 0.80$

Dr. R. Bergmann  
 Bauingenieur  
 Hitten

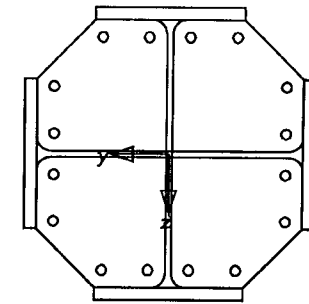


# Traglastkurven für Verbundstützen



## Legende

- :  $\bar{\lambda} = 0.50$
- :  $\bar{\lambda} = 1.00$
- ◇ :  $\bar{\lambda} = 1.50$
- +

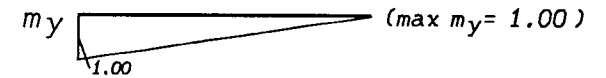


Berechnungsverfahren:

DIN18800-5 mit Vorverformungen

Kurvenparameter:  $\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{N_{p1.R}}{N_{cr}}}$

Momentenbild normiert



Bezugswerte:

$N_{p1.R} = 29457.25 \text{ kN}$

$M_{p1.y.R} = 3782.75 \text{ kNm}$

Bild AIII-31

2xHE600A gekreuzt S460 C30 16dm20  $\alpha_M = 0.80$

Prof. Dr.-Ing. G. Hanswille  
Dr.-Ing. R. Bergmann

**Forschungsbericht:**

**Ermittlung geometrischer  
Ersatzimperfektionen für  
Verbundstützen mit  
hochfesten Stählen**

**Aktenzeichen P3-5-17.10-992/01**

**Auftraggeber:**

Deutsches Institut für Bautechnik  
Berlin

**Anhang IV**

Vergleich des Näherungs-  
verfahrens nach EDIN 18800-5  
und prEN 1994-1-1  
mit der exakten Berechnung  
bei Beanspruchung durch  
Normalkräfte und  
Biegemomente für  $r=-1,0$

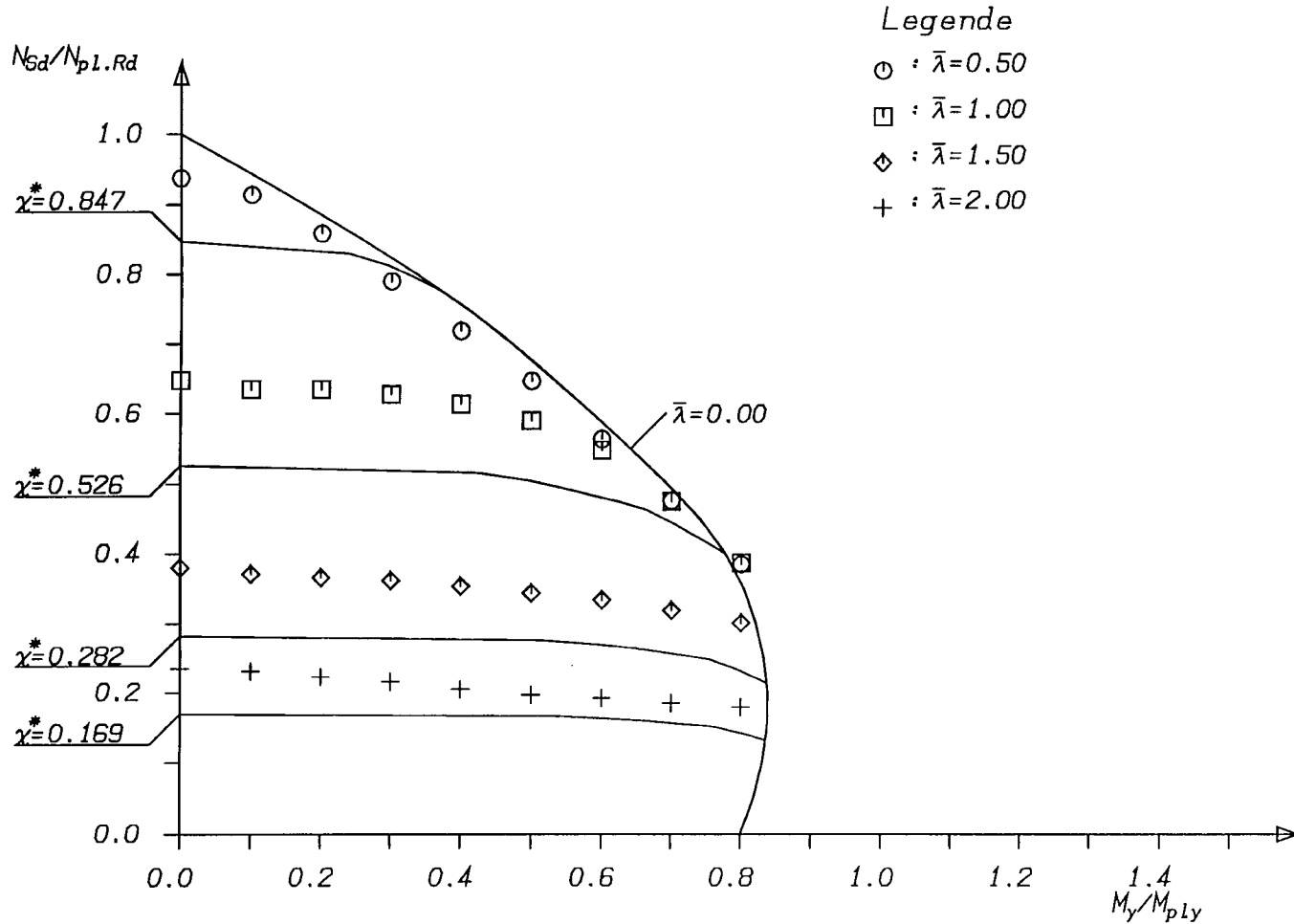


Ingenieurgesellschaft mbH  
Kohlenstr. 38  
44795 Bochum

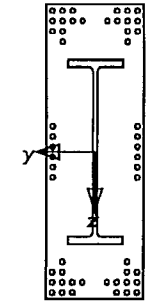
Bochum

Oktober 2001

# Traglastkurven für Verbundstützen



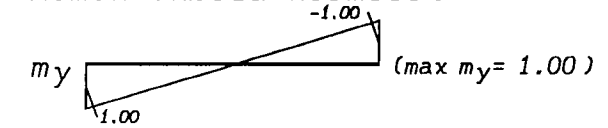
Legende  
 ○ :  $\bar{\lambda}=0.50$   
 □ :  $\bar{\lambda}=1.00$   
 ◇ :  $\bar{\lambda}=1.50$   
 + :  $\bar{\lambda}=2.00$



Berechnungsverfahren:  
 DIN18800-5 mit Vorverformungen

Kurvenparameter:  $\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{N_{pl.R}}{N_{cr}}}$

Momentenbild normiert



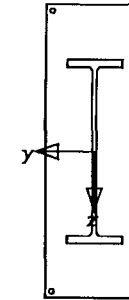
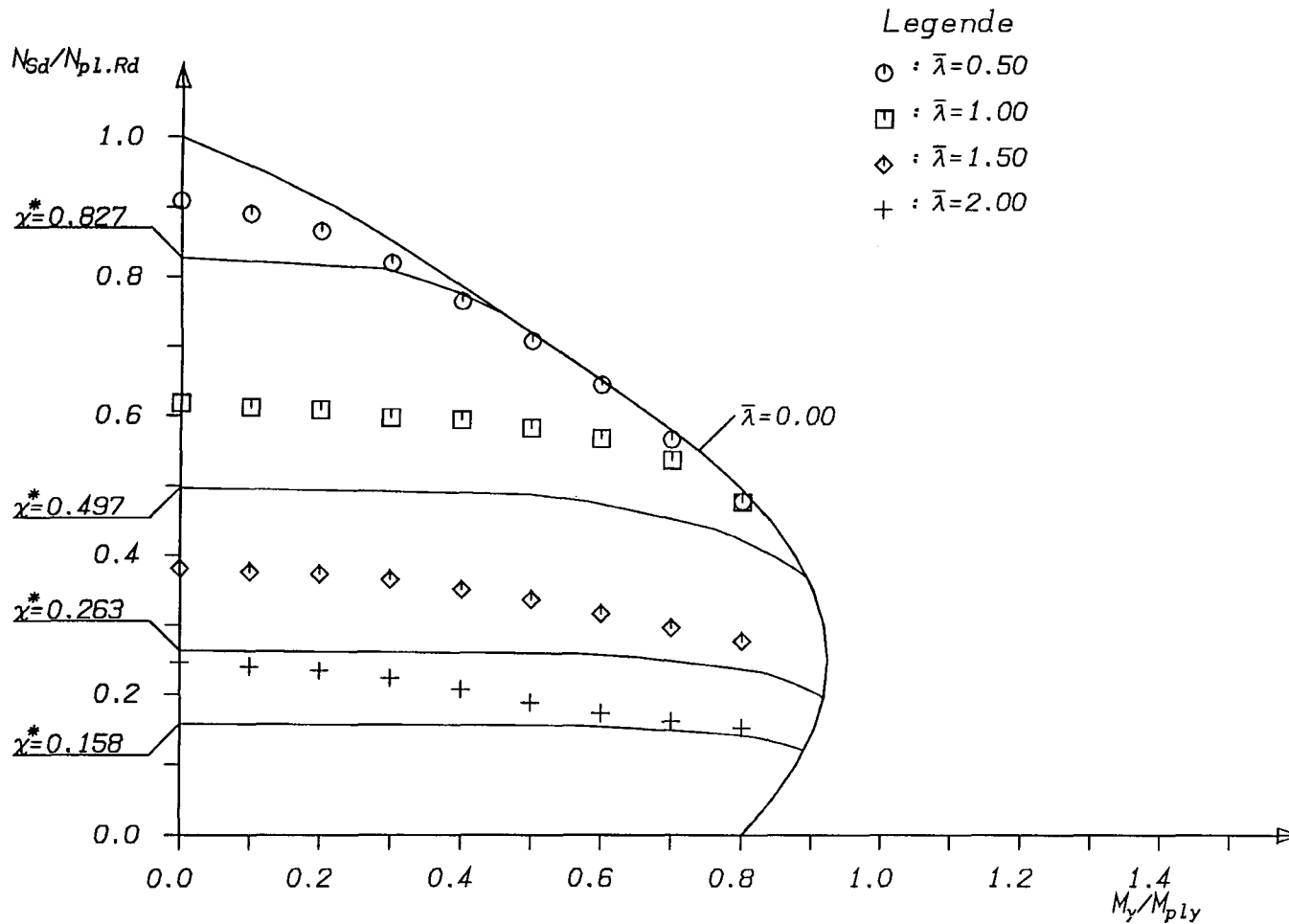
Bezugswerte:  
 $N_{pl.R} = 56814.39 \text{ kN}$   
 $M_{pl.y.R} = 19756.57 \text{ kNm}$

Bild AIV-1

HE1000M 1612X543 S460 C30 52dm28  $\alpha_M=0.80$

Dr. R. Bergmann  
 Bauingenieur  
 Witten

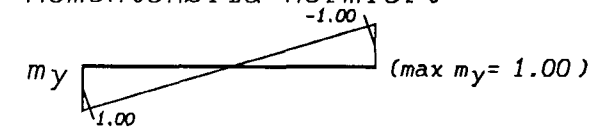
# Traglastkurven für Verbundstützen



Berechnungsverfahren:  
DIN18800-5 mit Vorverformungen

Kurvenparameter:  $\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{N_{pl,R}}{N_{cr}}}$

Momentenbild normiert



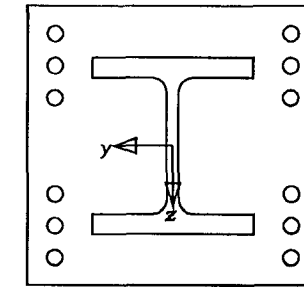
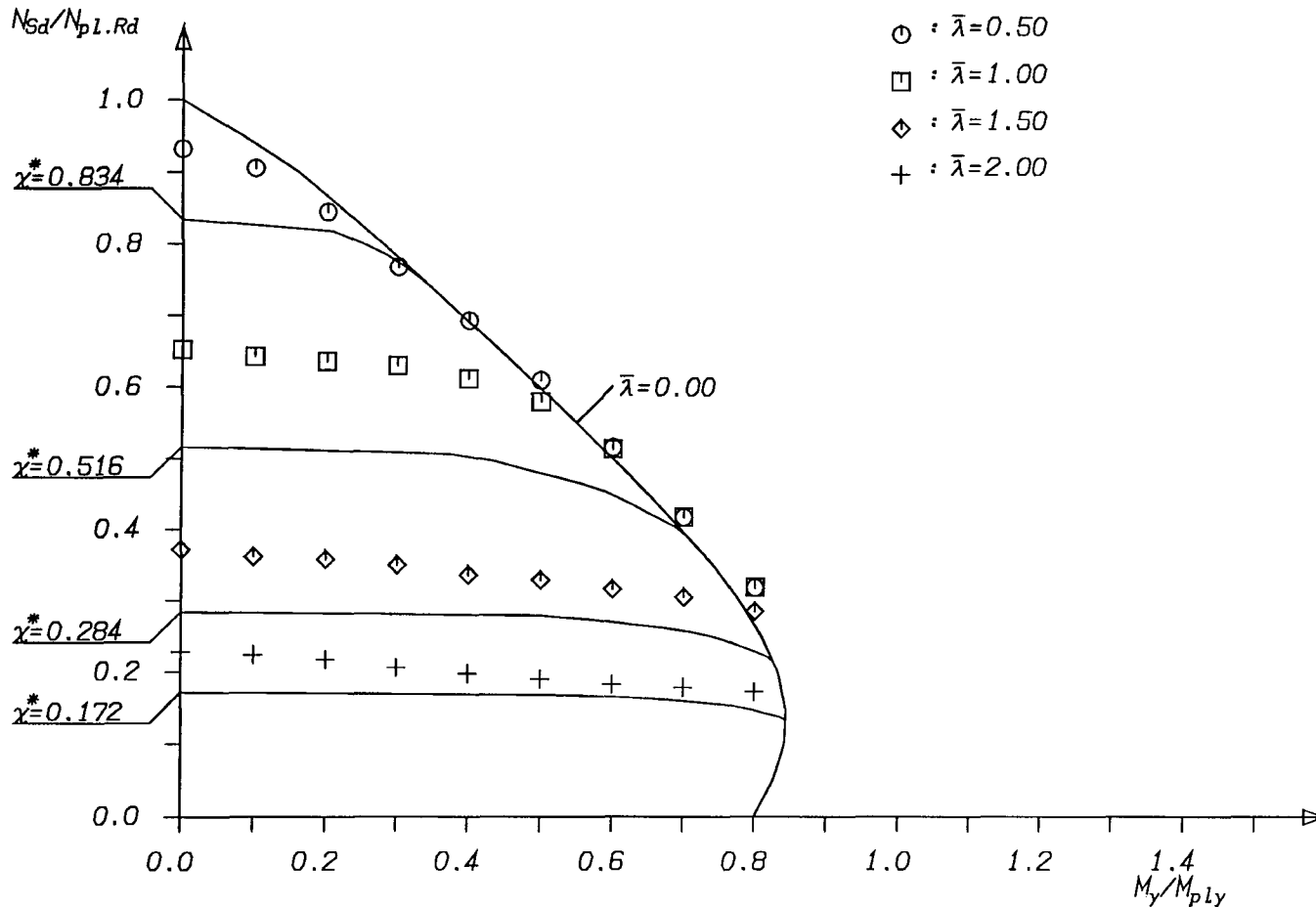
Bezugswerte:

$N_{pl,R} = 42790.00 \text{ kN}$   
 $M_{pl,y,R} = 11123.33 \text{ kNm}$

Bild AIV-2

HE1000M 1612X543 S460 C30 04dm28  $\alpha_M = 0.80$

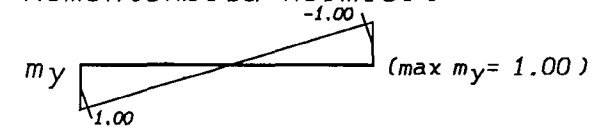
# Traglastkurven für Verbundstützen



Berechnungsverfahren:  
DIN18800-5 mit Vorverformungen

Kurvenparameter:  $\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{N_{pL,R}}{N_{cr}}}$

Momentenbild normiert



Bezugswerte:

$N_{pL,R} = 10795.24 \text{ kN}$

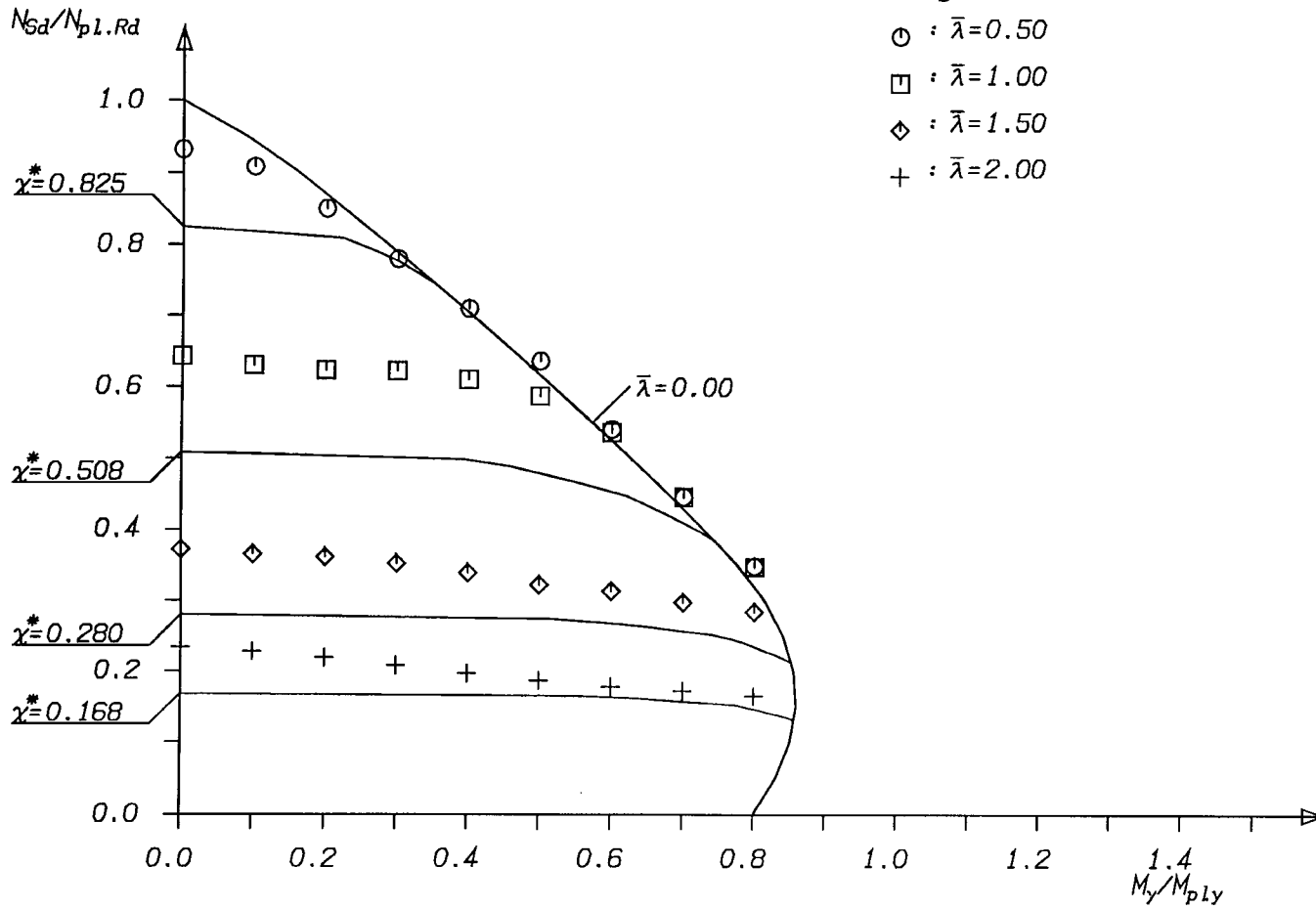
$M_{pL,y,R} = 791.67 \text{ kNm}$

Bild AIV-3

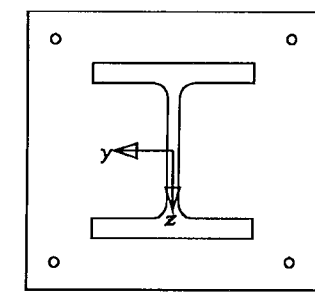
HE200M 350X370 S460 C30 12dm20  $\alpha_M = 0.80$

Dr. R. Bergmann  
Bauingenieur  
Hitten

# Traglastkurven für Verbundstützen



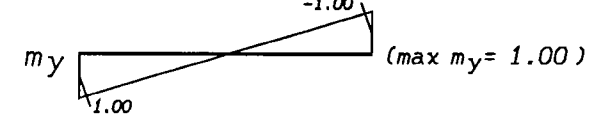
- Legende
- :  $\bar{\lambda} = 0.50$
  - :  $\bar{\lambda} = 1.00$
  - ◇ :  $\bar{\lambda} = 1.50$
  - ⊕ :  $\bar{\lambda} = 2.00$



Berechnungsverfahren:  
DIN18800-5 mit Vorverformungen

Kurvenparameter:  $\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{N_{pl,R}}{N_{cr}}}$

Momentenbild normiert



Bezugswerte:

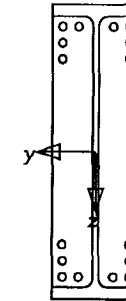
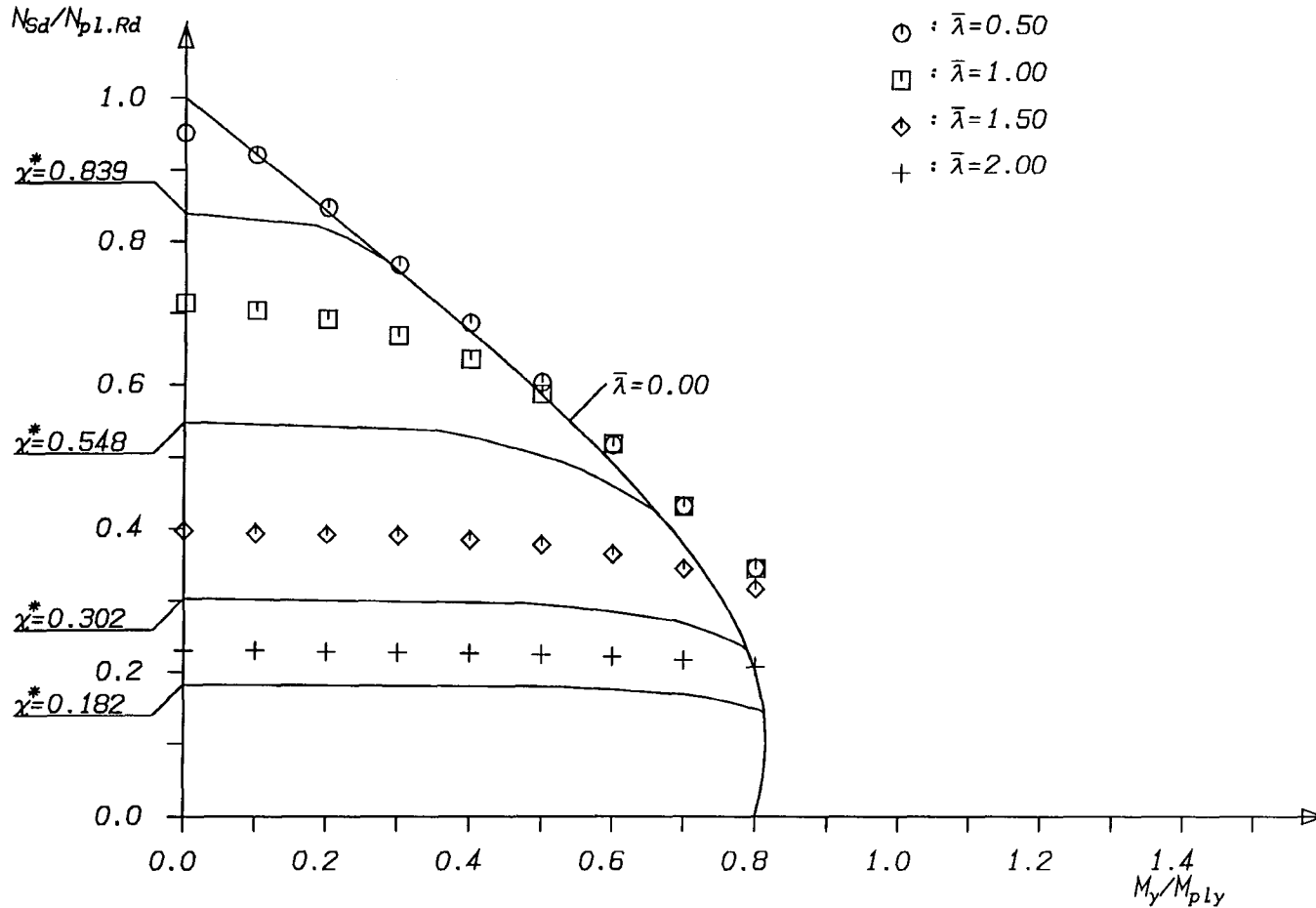
$N_{pl,R} = 9221.08 \text{ kN}$   
 $M_{pl,y,R} = 635.23 \text{ kNm}$

Bild AIV-4

HE200M 350X370 S460 C30 04dm12  $\alpha_M = 0.80$

Dr. R. Bergmann  
Bauingenieur  
Hitten

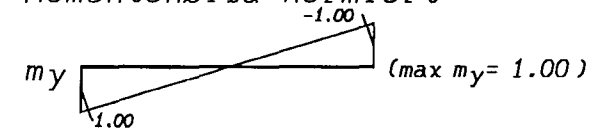
# Traglastkurven für Verbundstützen



Berechnungsverfahren:  
DIN18800-5 mit Vorverformungen

Kurvenparameter:  $\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{N_{pl.R}}{N_{cr}}}$

Momentenbild normiert



Bezugswerte:

$N_{pl.R} = 31738.13 \text{ kN}$

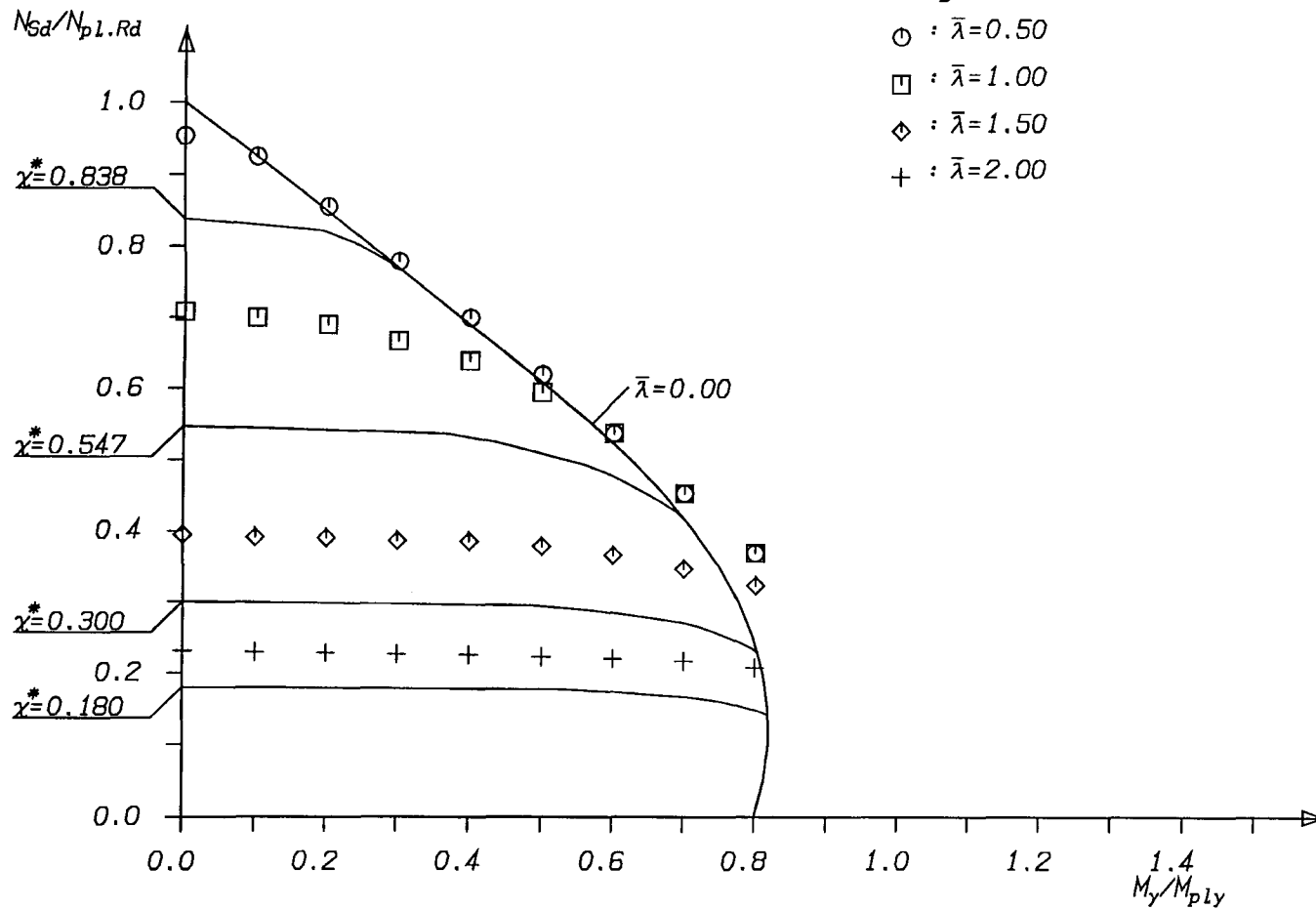
$M_{pl.y.R} = 10053.84 \text{ kNm}$

Bild AIV-5

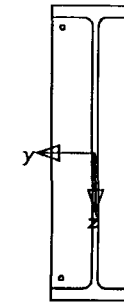
HE1000M Kammer S460 C30 16dm28  $\alpha_M=0.80$

Dr. R. Bergmann  
Bauingenieur  
Hitten

# Traglastkurven für Verbundstützen



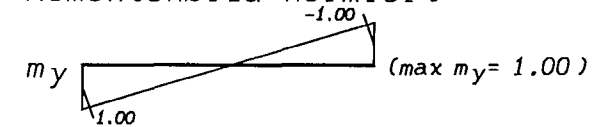
- Legende
- :  $\bar{\lambda} = 0.50$
  - :  $\bar{\lambda} = 1.00$
  - ◇ :  $\bar{\lambda} = 1.50$
  - +



Berechnungsverfahren:  
DIN18800-5 mit Vorverformungen

Kurvenparameter:  $\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{N_{pl.R}}{N_{cr}}}$

Momentenbild normiert



Bezugswerte:

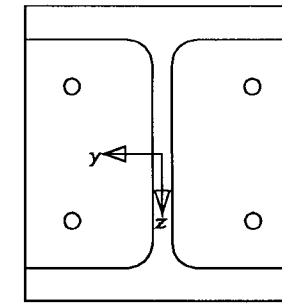
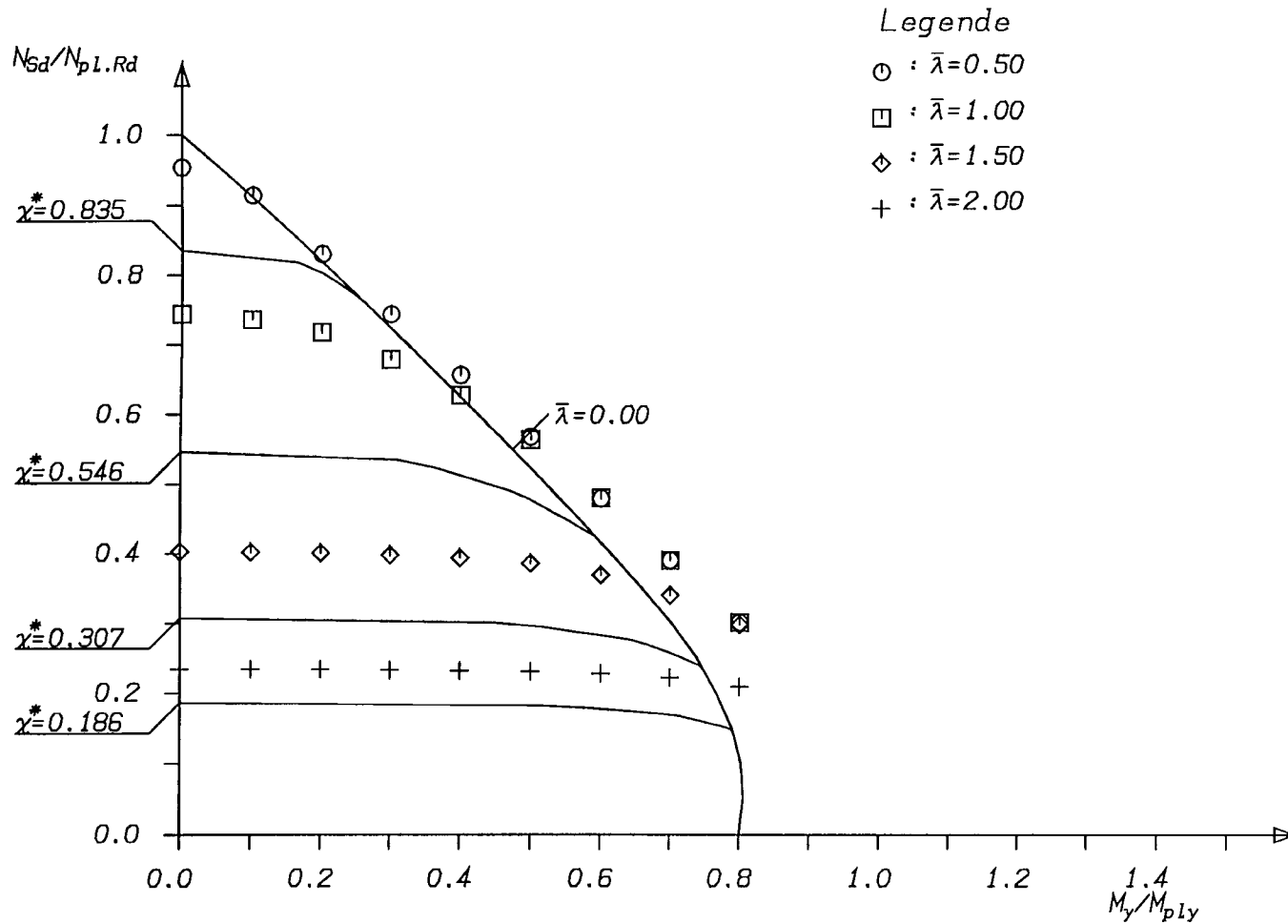
$N_{pl.R} = 27444.96 \text{ kN}$   
 $M_{pl.y.R} = 8350.06 \text{ kNm}$

Bild AIV-6

HE1000M Kammer S460 C30.04dm16  $\alpha_M = 0.80$



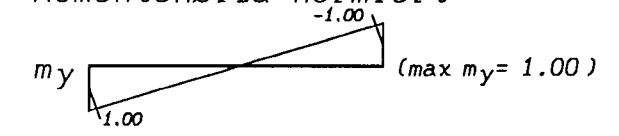
# Traglastkurven für Verbundstützen



Berechnungsverfahren:  
DIN18800-5 mit Vorverformungen

Kurvenparameter:  $\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{N_{p1.R}}{N_{cr}}}$

Momentenbild normiert



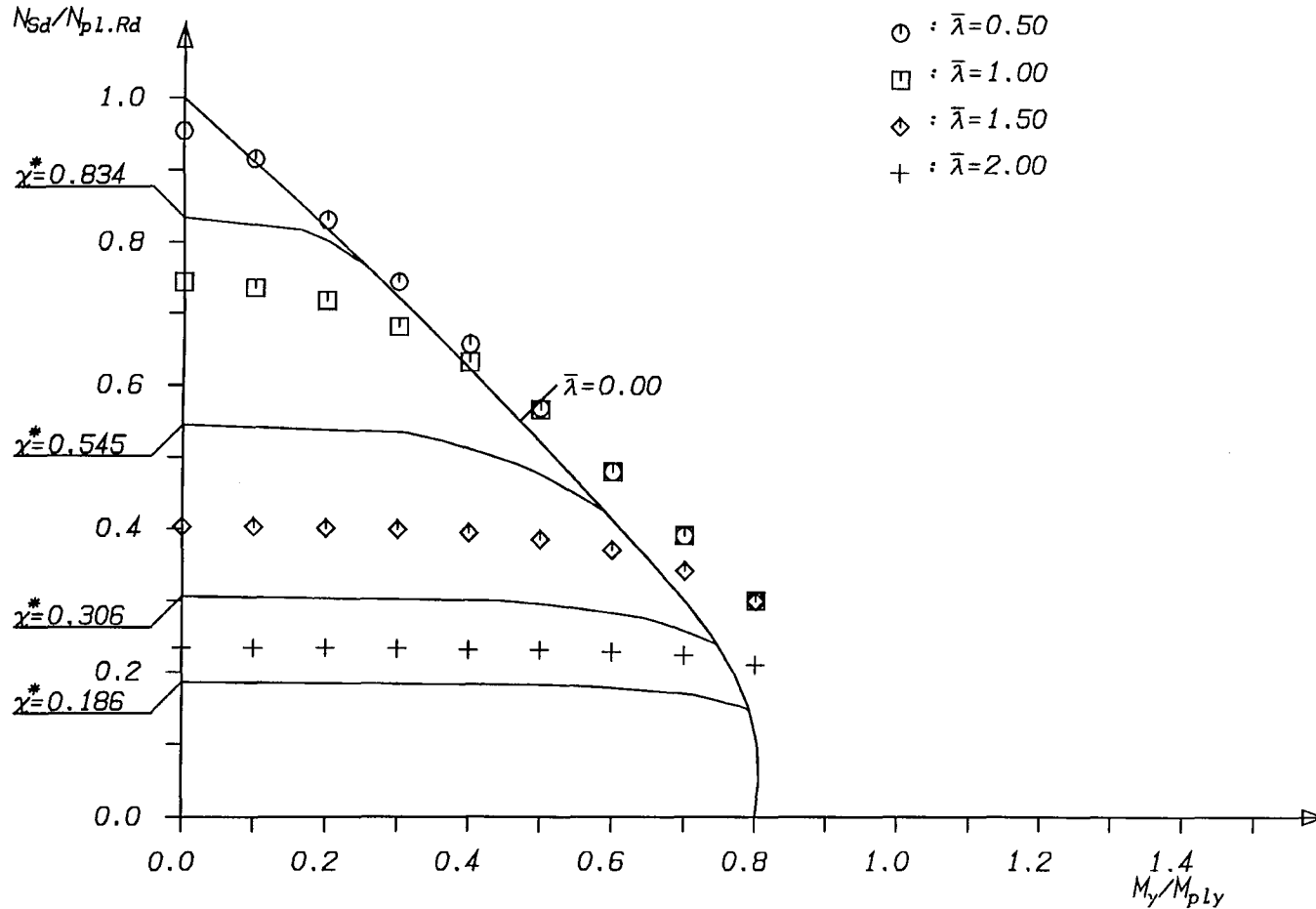
Bezugswerte:  
 $N_{p1.R} = 7074.49 \text{ kN}$   
 $M_{p1.y.R} = 546.11 \text{ kNm}$

Bild AIV-7

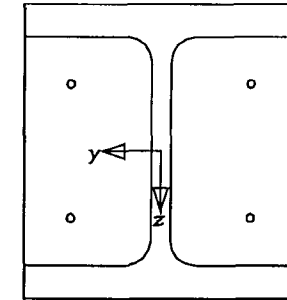
HE200M Kammer S460 C30 04dm12  $\alpha_M=0.80$

Dr. R. Bergmann  
Bauingenieur  
K i t t e n

# Traglastkurven für Verbundstützen



- Legende
- :  $\bar{\lambda} = 0.50$
  - :  $\bar{\lambda} = 1.00$
  - ◇ :  $\bar{\lambda} = 1.50$
  - +

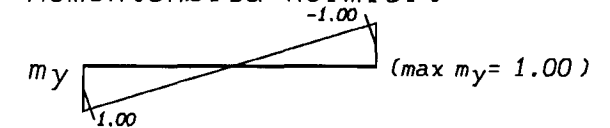


Berechnungsverfahren:

DIN18800-5 mit Vorverformungen

Kurvenparameter:  $\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{N_{p1.R}}{N_{cr}}}$

Momentenbild normiert



Bezugswerte:

$N_{p1.R} = 6913.50 \text{ kN}$

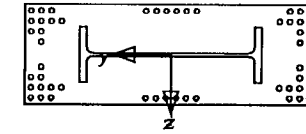
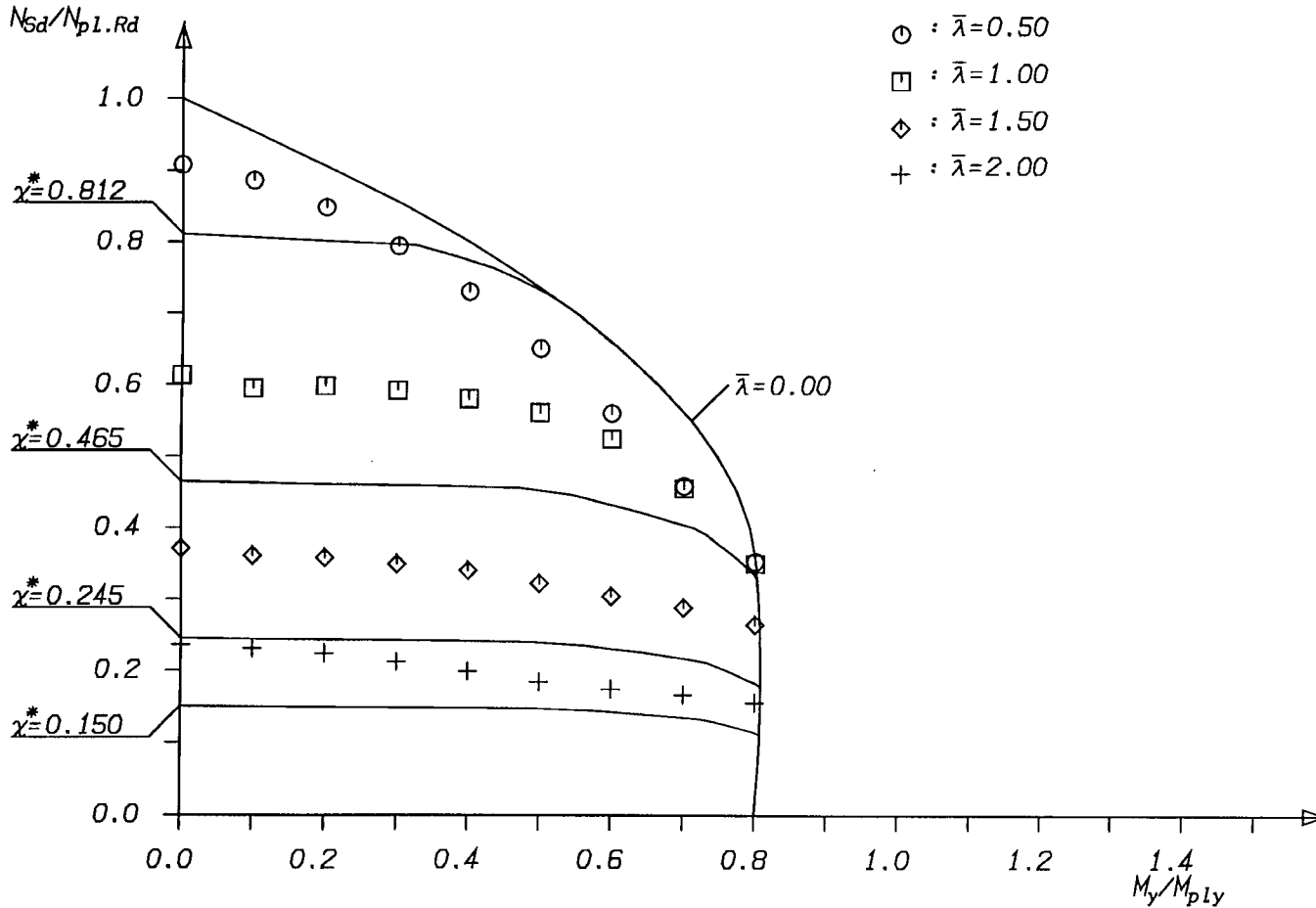
$M_{p1.y.R} = 537.75 \text{ kNm}$

Bild AIV- 8

HE200M kammer S460 C30 04dm06  $\alpha_M = 0.80$

Dr. R. Bergmann  
 Bauingenieur  
 Witten

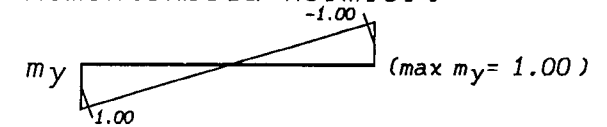
# Traglastkurven für Verbundstützen



Berechnungsverfahren:  
DIN18800-5 mit Vorverformungen

Kurvenparameter:  $\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{N_{p1.R}}{N_{cr}}}$

Momentenbild normiert



Bezugswerte:

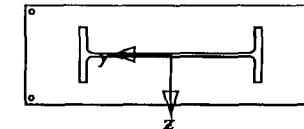
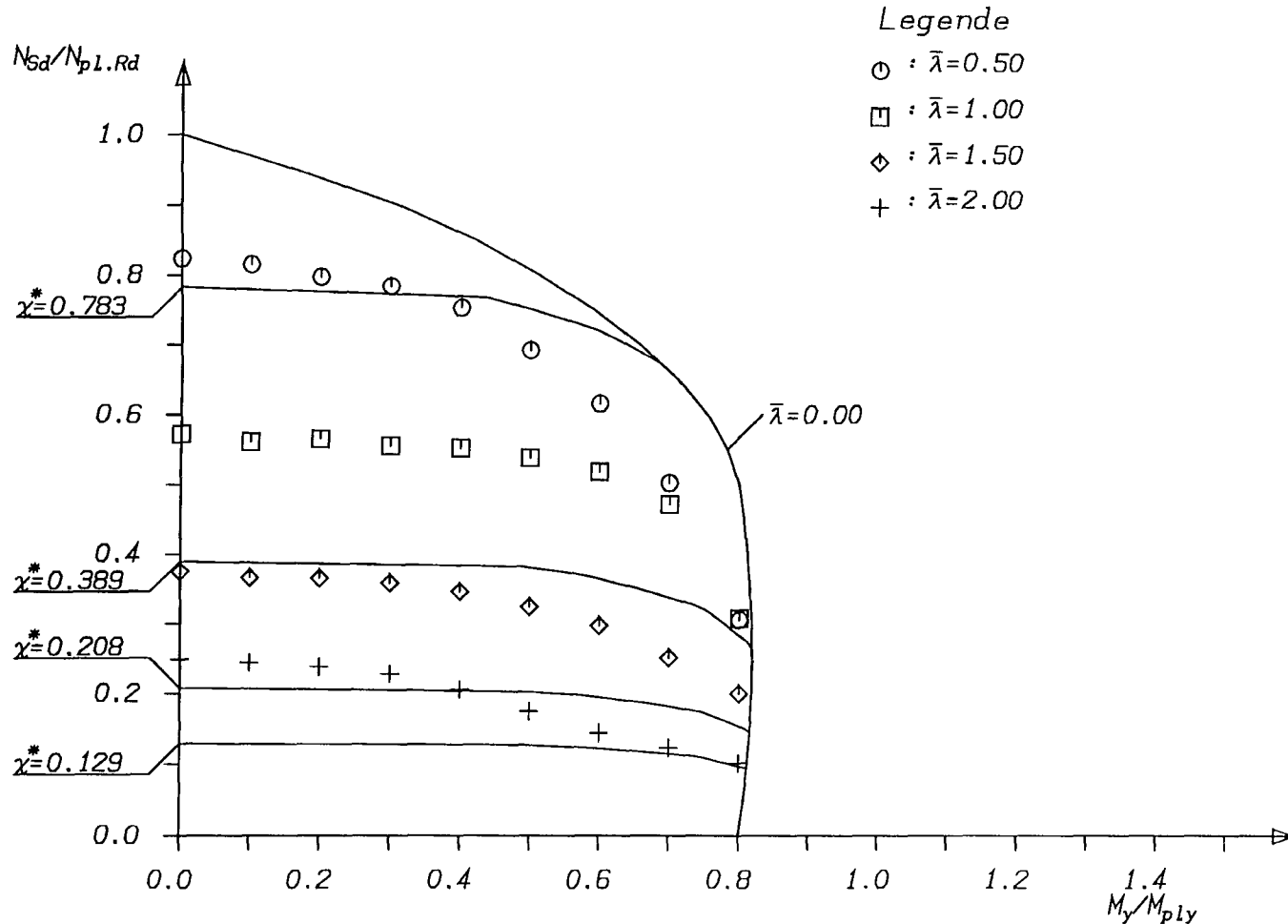
$N_{p1.R} = 56814.39 \text{ kN}$

$M_{pl.y.R} = 5277.74 \text{ kNm}$

Bild AIV- 9

HE1000M 1612X543 S460 C30 52dm28  $\alpha_M = 0.80$

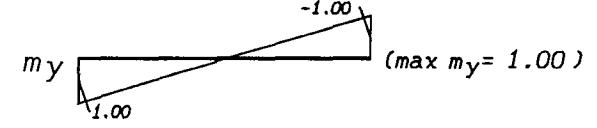
# Traglastkurven für Verbundstützen



Berechnungsverfahren:  
DIN18800-5 mit Vorverformungen

Kurvenparameter:  $\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{N_{pL,R}}{N_{cr}}}$

Momentenbild normiert



Bezugswerte:

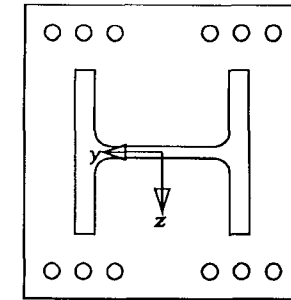
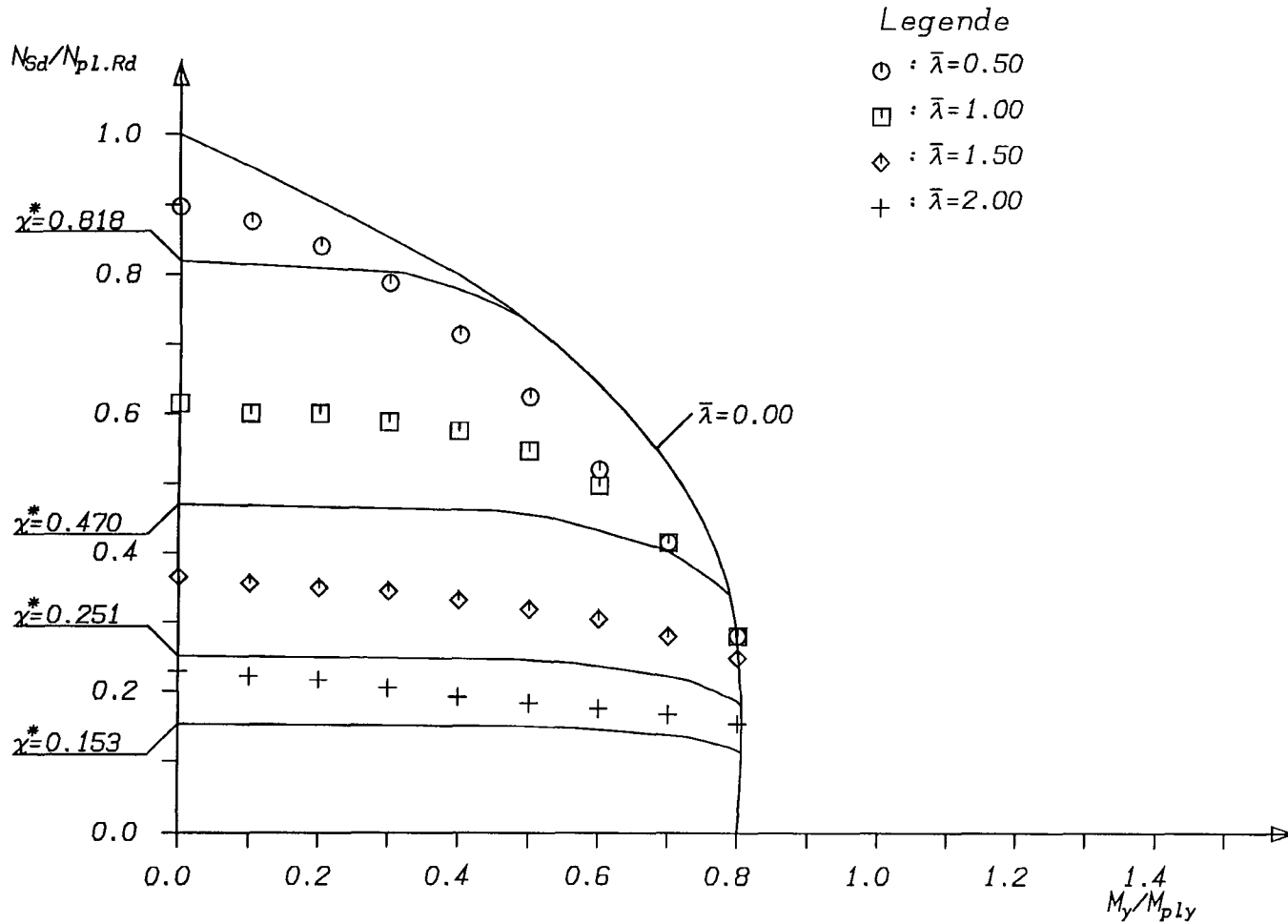
$N_{pL,R} = 42790.00 \text{ kN}$   
 $M_{pL,y,R} = 2605.96 \text{ kNm}$

Bild AIV-10

HE1000M 1612X543 S460 C30 04dm28  $\alpha_M=0.80$

Dr. R. Bergmann  
Bauingenieur  
H i t t e n

# Traglastkurven für Verbundstützen

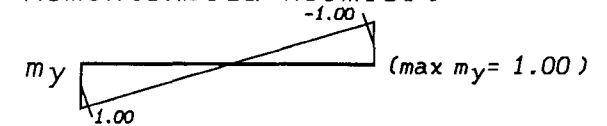


Berechnungsverfahren:

DIN18800-5 mit Vorverformungen

Kurvenparameter:  $\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{N_{p1.R}}{N_{cr}}}$

Momentenbild normiert



Bezugswerte:

$N_{p1.R} = 10795.24 \text{ kN}$

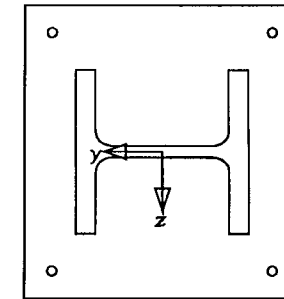
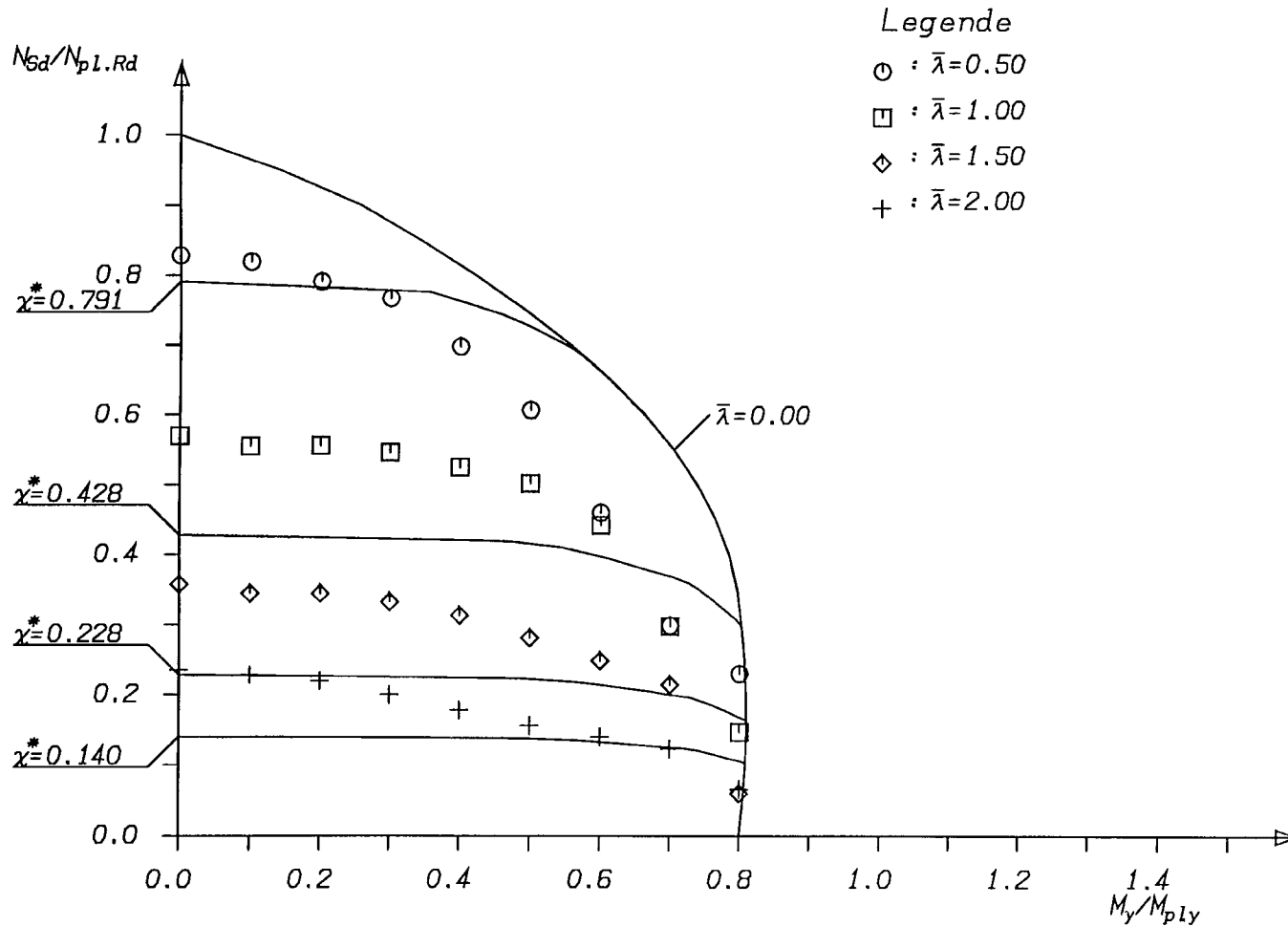
$M_{p1.y.R} = 666.21 \text{ kNm}$

Bild AIV-11

HE200M 350X370 S460 C30 12dm20  $\alpha_M = 0.80$

Dr. R. Bergmann  
 Bauingenieur  
 Hiltl

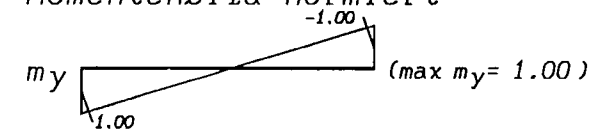
# Traglastkurven für Verbundstützen



Berechnungsverfahren:  
DIN18800-5 mit Vorverformungen

Kurvenparameter:  $\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{N_{pl.R}}{N_{cr}}}$

Momentenbild normiert



Bezugswerte:

$N_{pl.R} = 9221.08 \text{ kN}$

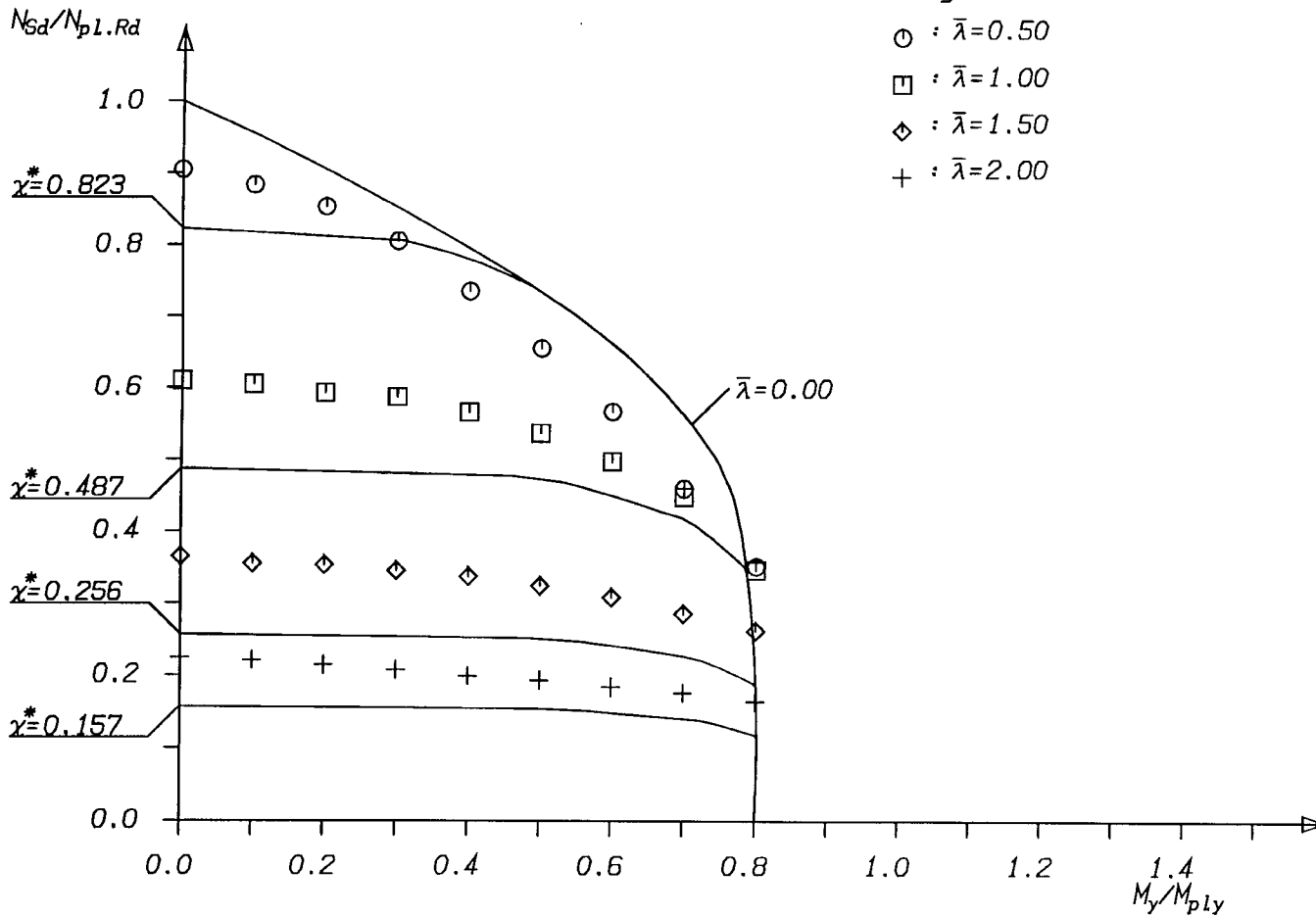
$M_{pl.y.R} = 423.44 \text{ kNm}$

Bild AIV-12

HE200M 350X370 S460 C30 04dm12  $\alpha_M=0.80$

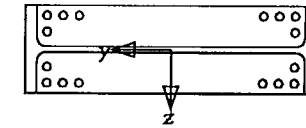
Dr. R. Bergmann  
Bauingenieur  
Hitten

# Traglastkurven für Verbundstützen



## Legende

- :  $\bar{\lambda} = 0.50$
- :  $\bar{\lambda} = 1.00$
- ◇ :  $\bar{\lambda} = 1.50$
- +

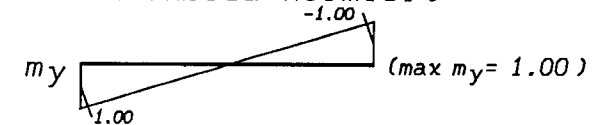


Berechnungsverfahren:

DIN18800-5 mit Vorverformungen

Kurvenparameter:  $\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{N_{pL.R}}{N_{cr}}}$

Momentenbild normiert



Bezugswerte:

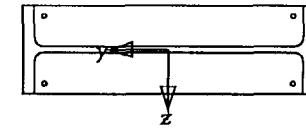
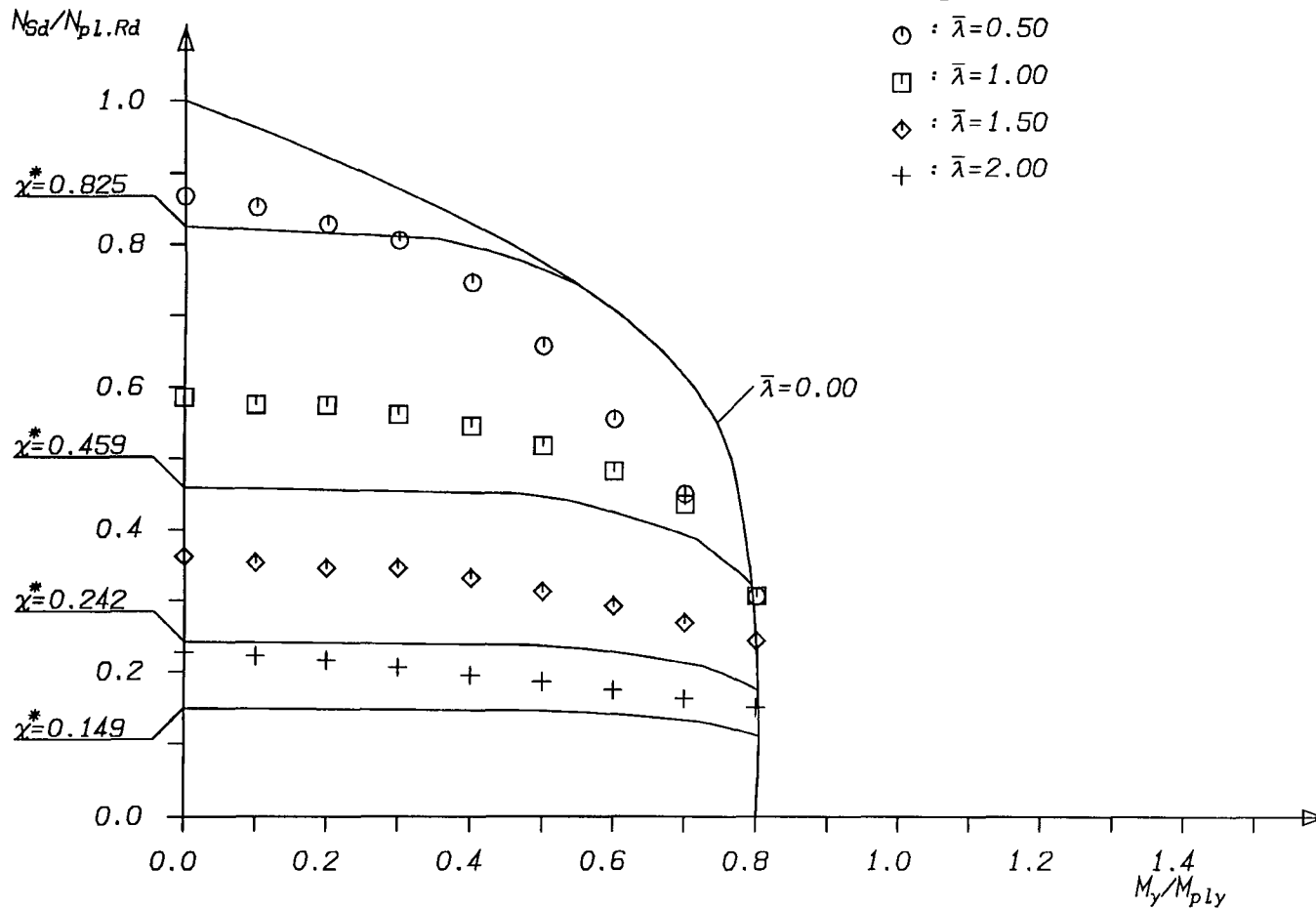
$N_{pL.R} = 31738.13 \text{ kN}$

$M_{pl.y.R} = 1644.72 \text{ kNm}$

Bild AIV-13

HE1000M Kammer S460 C30 16dm28  $\alpha_M = 0.80$

# Traglastkurven für Verbundstützen

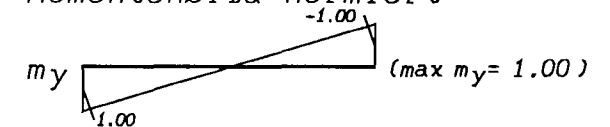


Legende  
 ○ :  $\bar{\lambda}=0.50$   
 □ :  $\bar{\lambda}=1.00$   
 ◇ :  $\bar{\lambda}=1.50$   
 + :  $\bar{\lambda}=2.00$

Berechnungsverfahren:  
 DIN18800-5 mit Vorverformungen

Kurvenparameter:  $\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{N_{pl.R}}{N_{cr}}}$

Momentenbild normiert



Bezugswerte:

$N_{pl.R} = 27444.96 \text{ kN}$   
 $M_{pl.y.R} = 1200.13 \text{ kNm}$

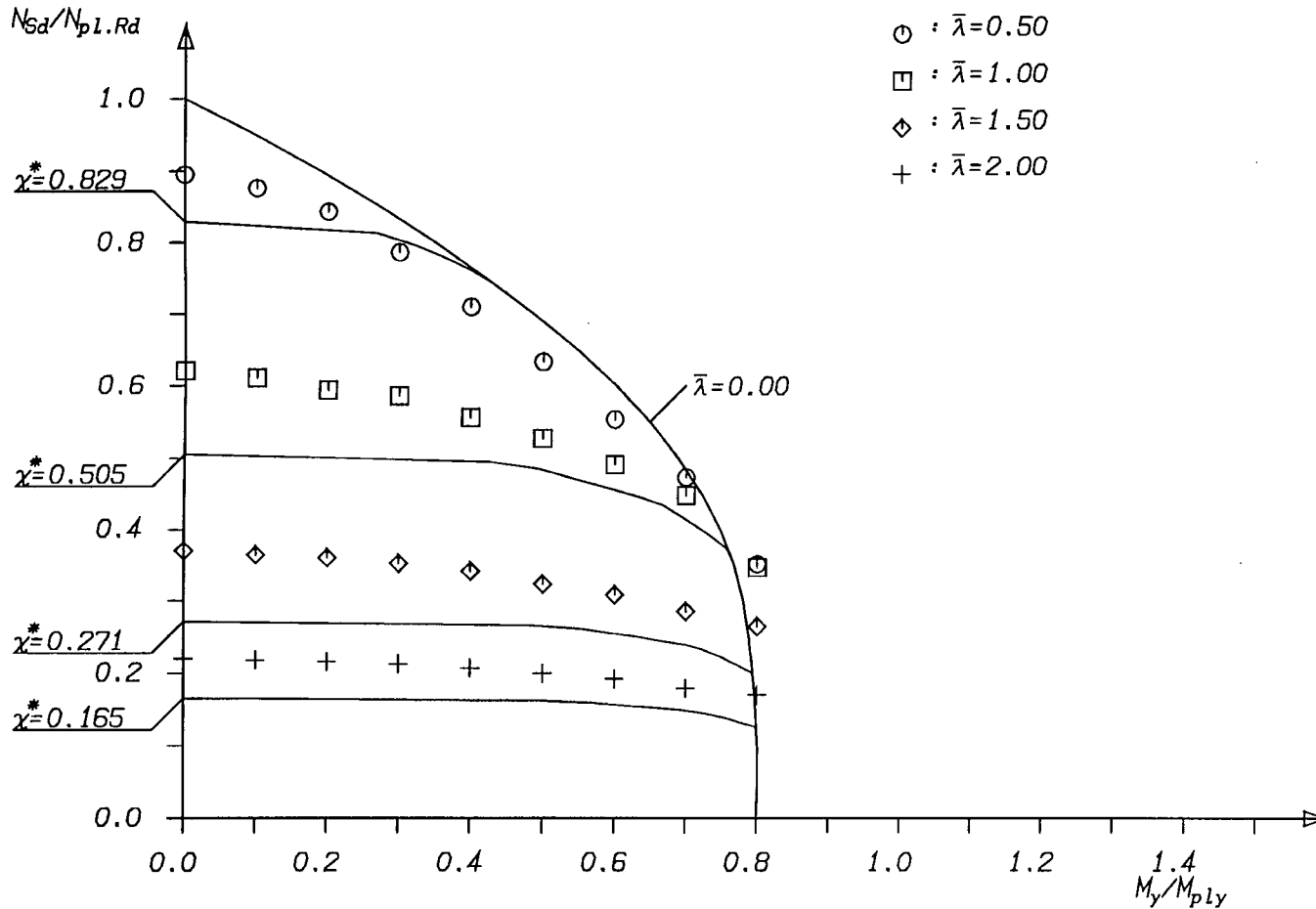
Bild AIV-14

HE1000M Kammer S460 C30 04dm16  $\alpha_M=0.80$

Dr. R. Bergmann  
 Bauingenieur  
 Witten

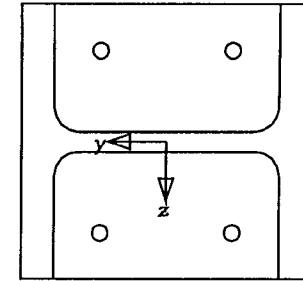


# Traglastkurven für Verbundstützen



Legende

- :  $\bar{\lambda}=0.50$
- :  $\bar{\lambda}=1.00$
- ◇ :  $\bar{\lambda}=1.50$
- + :  $\bar{\lambda}=2.00$

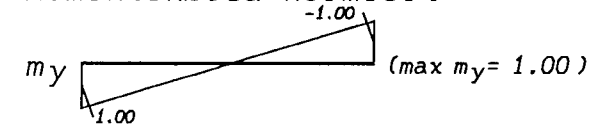


Berechnungsverfahren:

DIN18800-5 mit Vorverformungen

Kurvenparameter:  $\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{N_{pl.R}}{N_{cr}}}$

Momentenbild normiert



Bezugswerte:

$N_{pl.R} = 7074.49 \text{ kN}$

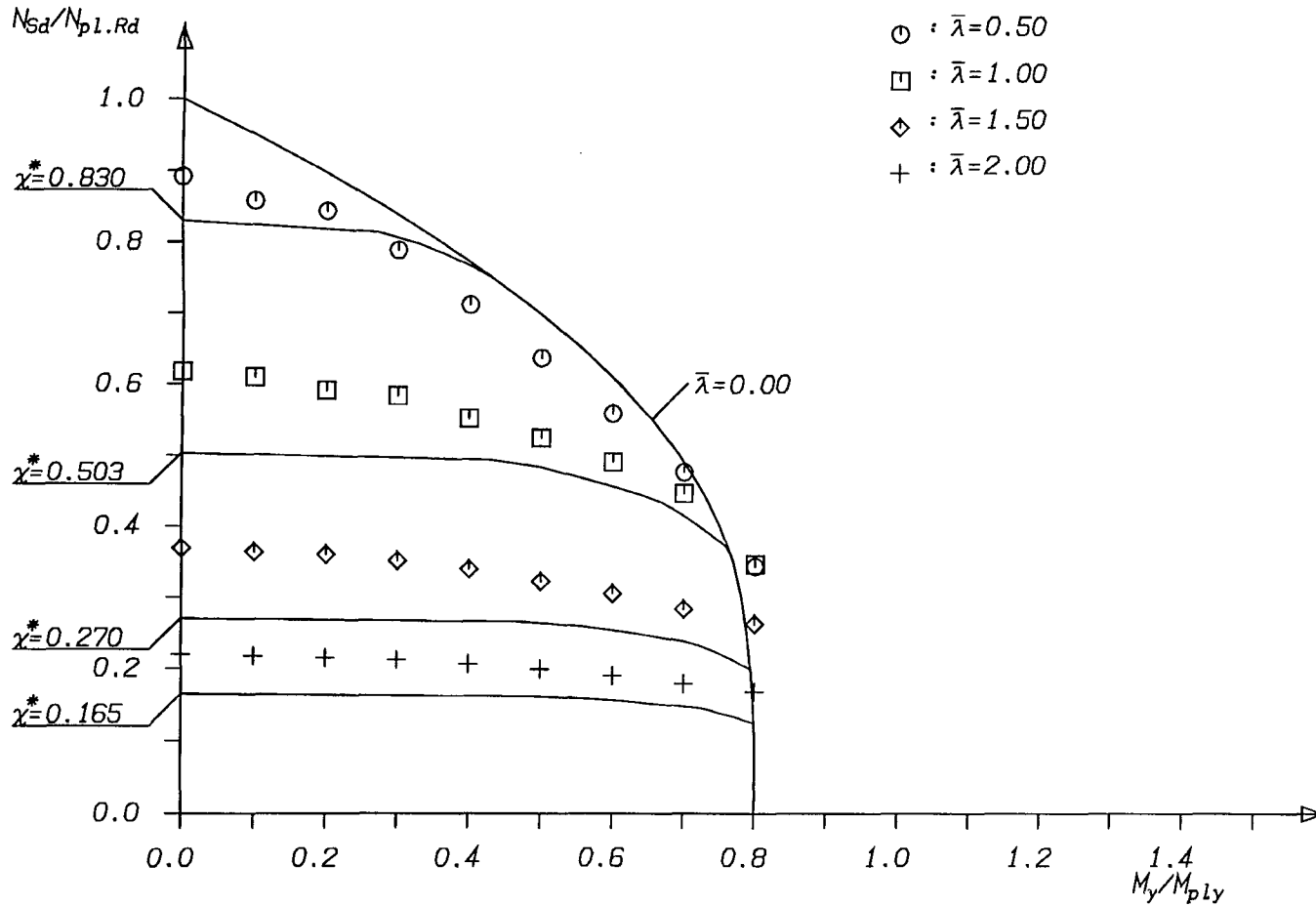
$M_{pl.y.R} = 287.30 \text{ kNm}$

Bild AIV-15

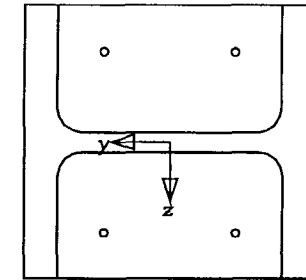
HE200M Kammer S460 C30 04dm12  $\alpha_M=0.80$

Dr. R. Bergmann  
Bauingenieur  
H i t t e n

# Traglastkurven für Verbundstützen



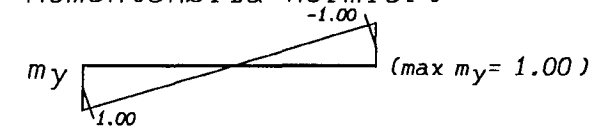
Legende  
 $\circ$  :  $\bar{\lambda} = 0.50$   
 $\square$  :  $\bar{\lambda} = 1.00$   
 $\diamond$  :  $\bar{\lambda} = 1.50$   
 $+$  :  $\bar{\lambda} = 2.00$



Berechnungsverfahren:  
 DIN18800-5 mit Vorverformungen

Kurvenparameter:  $\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{N_{pl.R}}{N_{cr}}}$

Momentenbild normiert



Bezugswerte:

$N_{pl.R} = 6913.50 \text{ kN}$

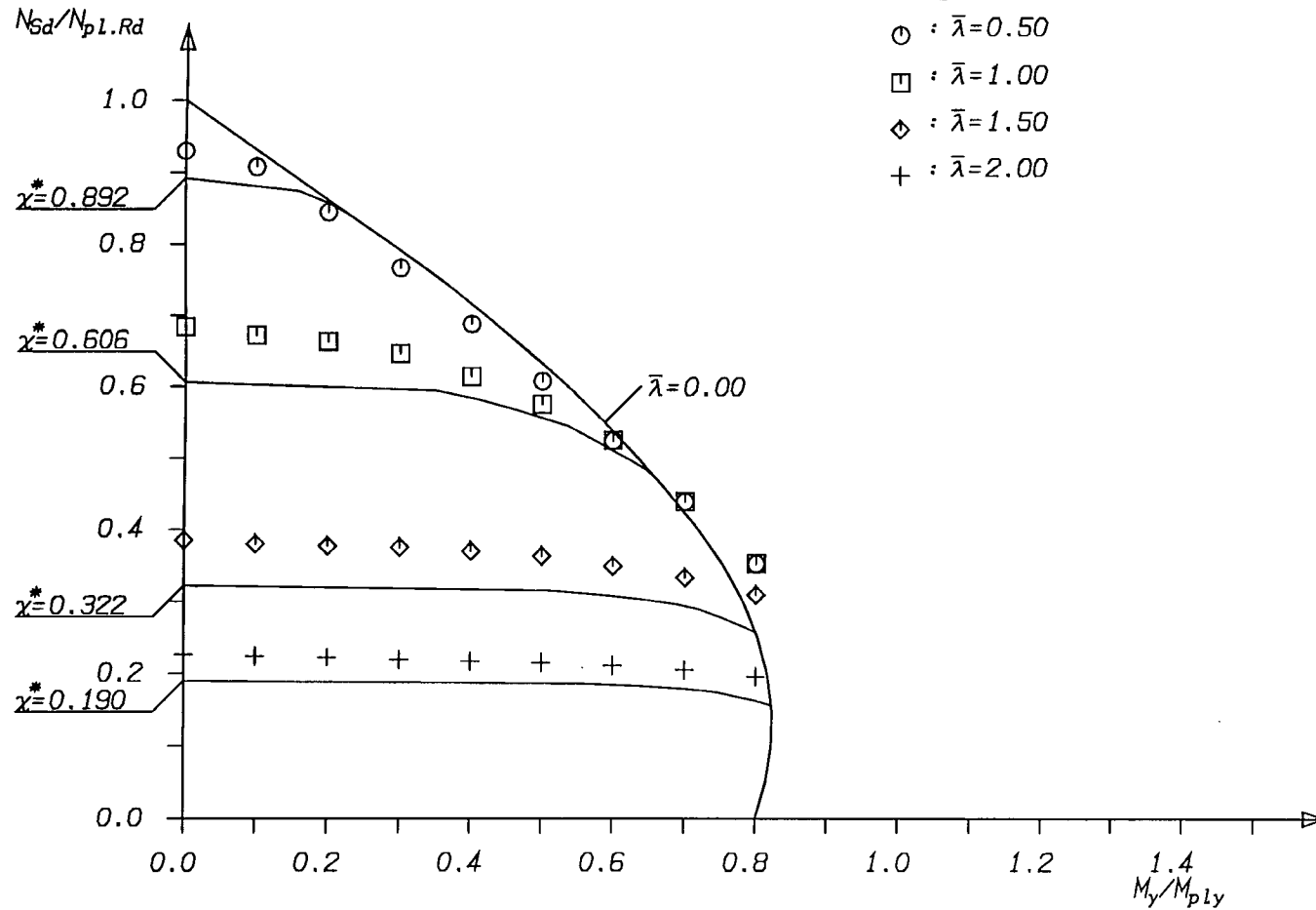
$M_{pl.y.R} = 276.05 \text{ kNm}$

Bild AIV-16

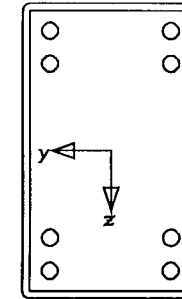
HE200M Kammer S460 C30 04dm06  $\alpha_M = 0.80$

Dr. R. Bergmann  
 Bauingenieur  
 Hiltl

# Traglastkurven für Verbundstützen



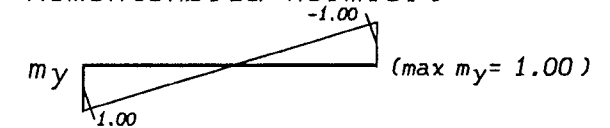
- Legende
- :  $\bar{\lambda} = 0.50$
  - :  $\bar{\lambda} = 1.00$
  - ◇ :  $\bar{\lambda} = 1.50$
  - +



Berechnungsverfahren:  
 DIN18800-5 mit Vorverformungen

Kurvenparameter:  $\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{N_{p1,R}}{N_{cr}}}$

Momentenbild normiert



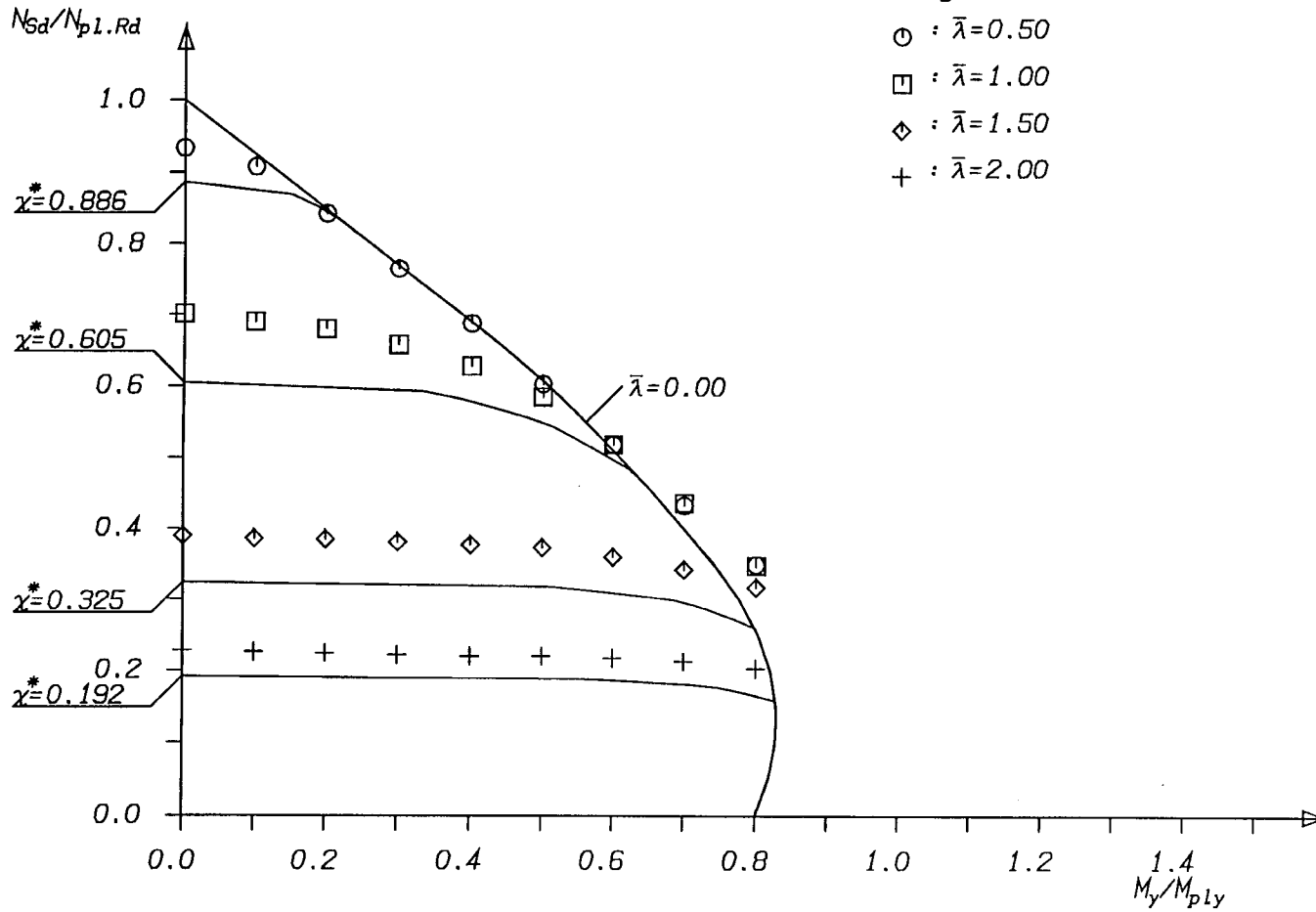
Bezugswerte:

$N_{p1,R} = 14766.67 \text{ kN}$   
 $M_{p1,y,R} = 2012.77 \text{ kNm}$

Bild AIV-17

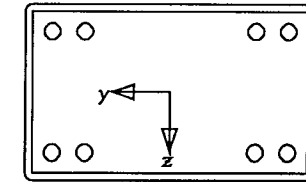
Rechteck 500x300x12 S460 C30 08dm28  $\alpha_M = 0.80$

# Traglastkurven für Verbundstützen



## Legende

- :  $\bar{\lambda} = 0.50$
- :  $\bar{\lambda} = 1.00$
- ◇ :  $\bar{\lambda} = 1.50$
- ⊕ :  $\bar{\lambda} = 2.00$

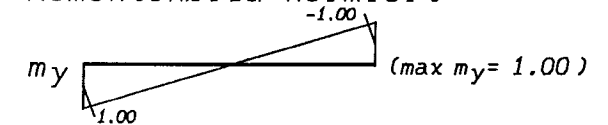


Berechnungsverfahren:

DIN18800-5 mit Vorverformungen

Kurvenparameter:  $\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{N_{p1.R}}{N_{cr}}}$

Momentenbild normiert



Bezugswerte:

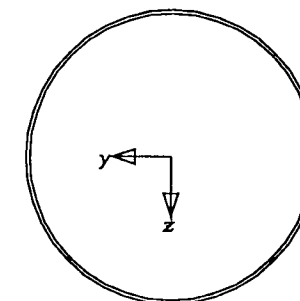
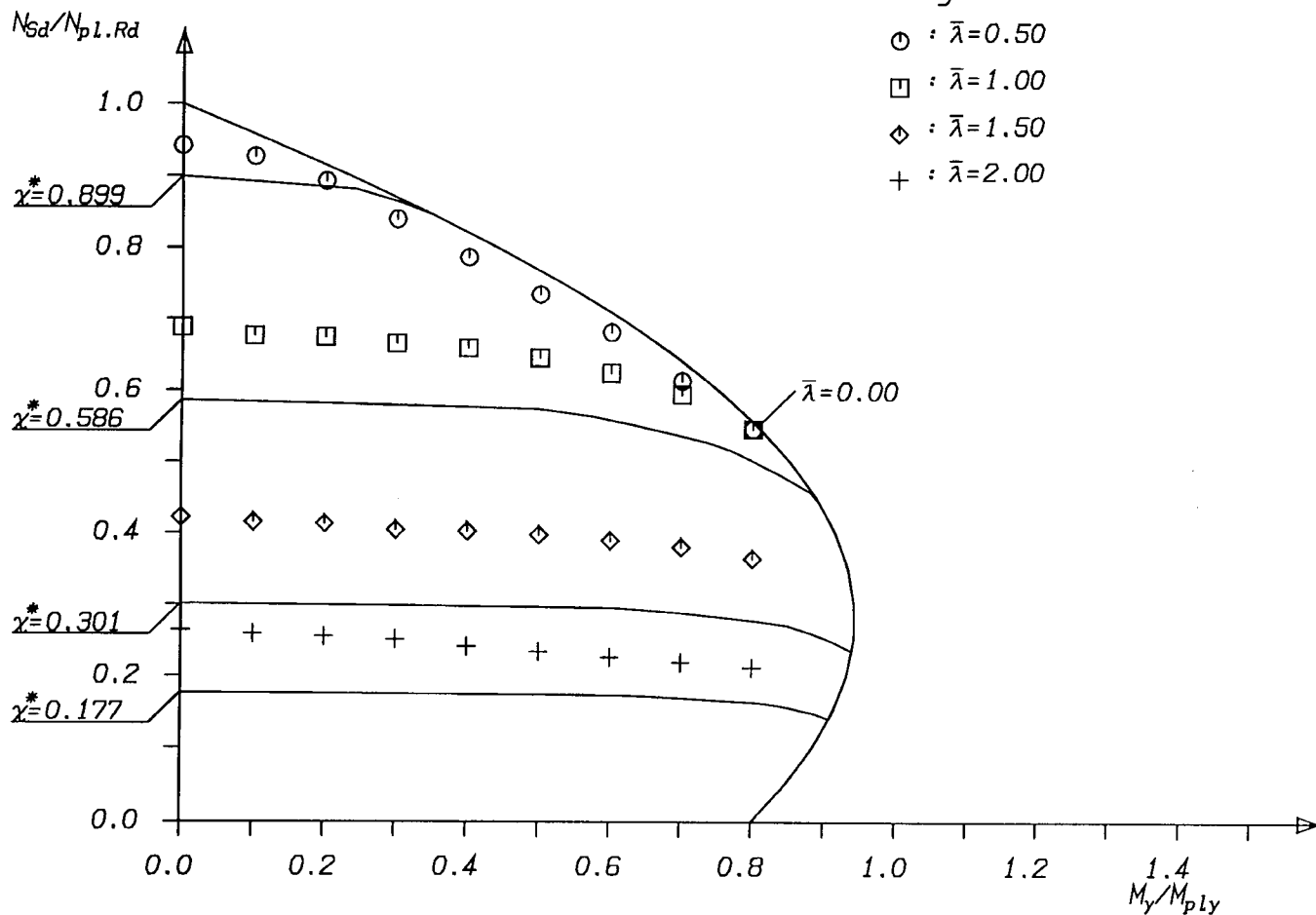
$N_{p1.R} = 14766.67 \text{ kN}$

$M_{p1.y.R} = 1329.33 \text{ kNm}$

Bild AIV-18

Rechteck 300x500x12 S460 C30 08dm28  $\alpha_M = 0.80$

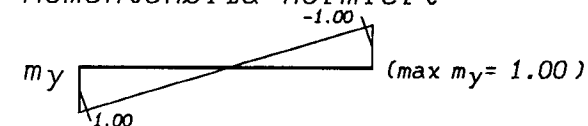
# Traglastkurven für Verbundstützen



Berechnungsverfahren:  
DIN18800-5 mit Vorverformungen

Kurvenparameter:  $\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{N_{pL.R}}{N_{cr}}}$

Momentenbild normiert



Bezugswerte:

$N_{pL.R} = 25751.62 \text{ kN}$

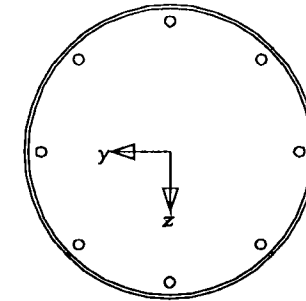
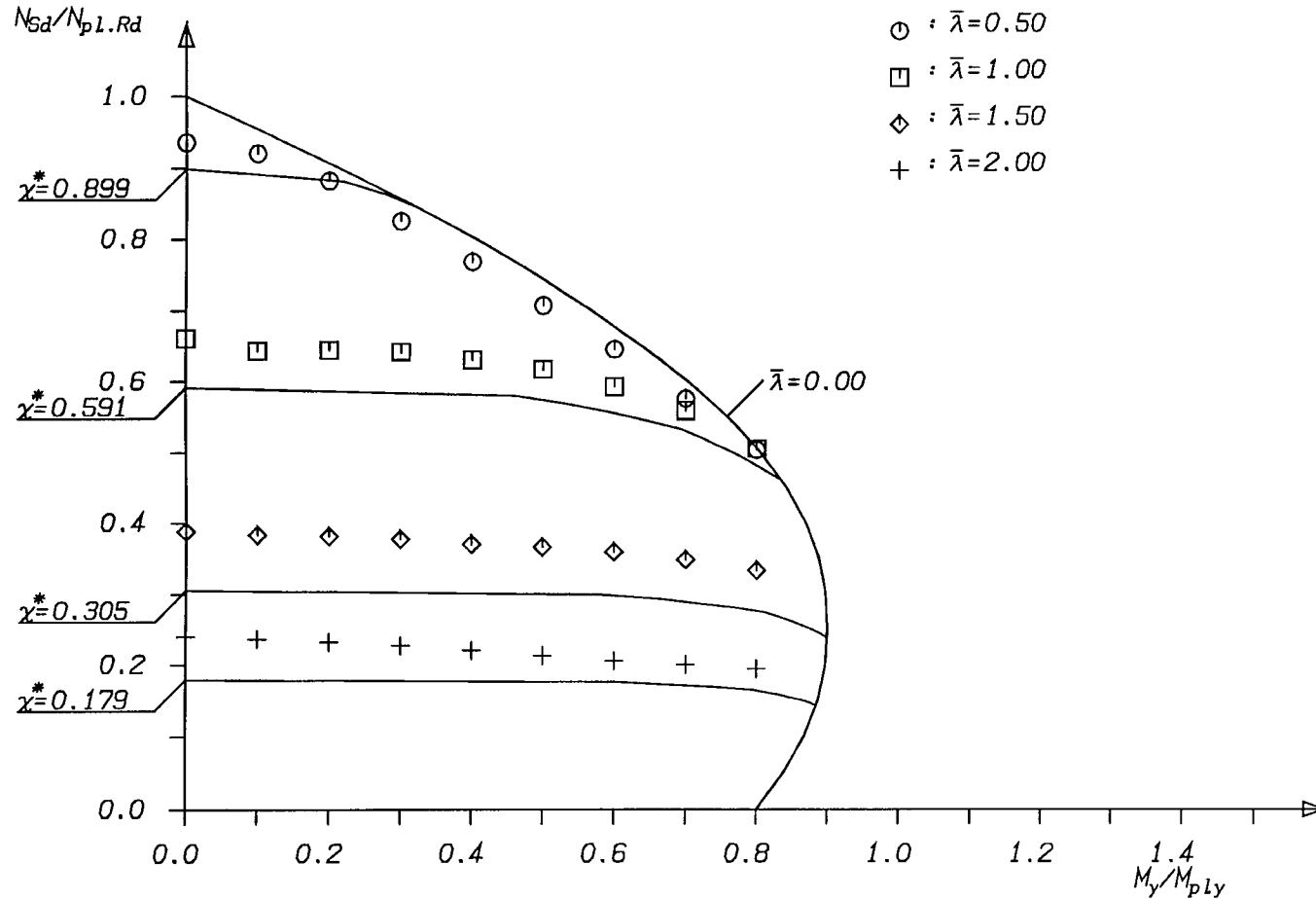
$M_{pL.y.R} = 3441.72 \text{ kNm}$

Bild AIV-19

Rundrohr 800x10 S460 C30  $\alpha_M = 0.80$

Dr. R. Bergmann  
Bauingenieur  
Witten

# Traglastkurven für Verbundstützen

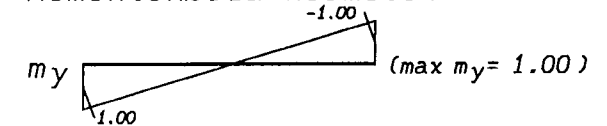


Berechnungsverfahren:

DIN18800-5 mit Vorverformungen

Kurvenparameter:  $\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{N_{p1.R}}{N_{cr}}}$

Momentenbild normiert



Bezugswerte:

$N_{p1.R} = 28066.84 \text{ kN}$

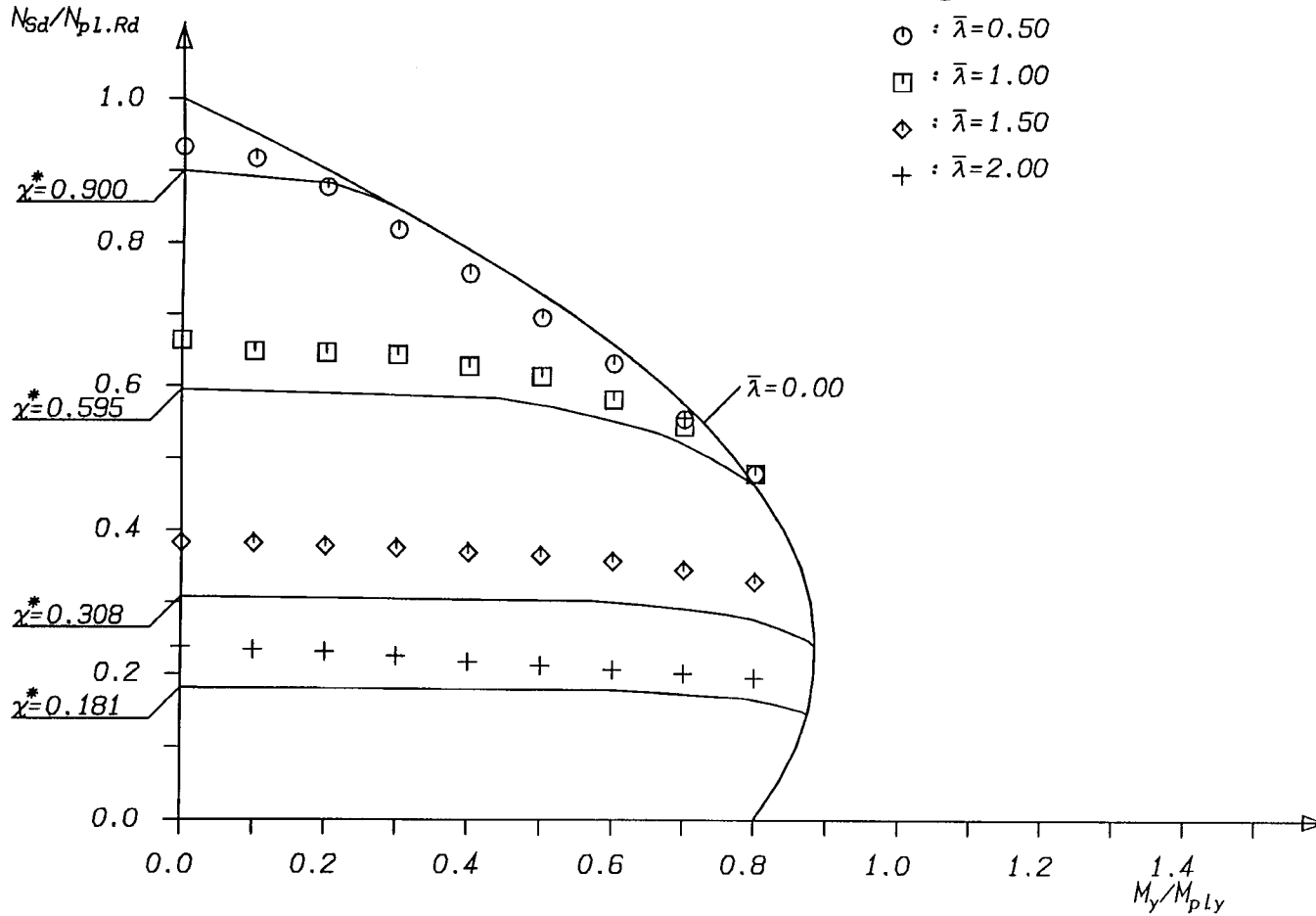
$M_{p1.y.R} = 4063.64 \text{ kNm}$

Bild AIV-20

Rundrohr 800x10 S460 C30 08dm28  $\alpha_M=0.80$

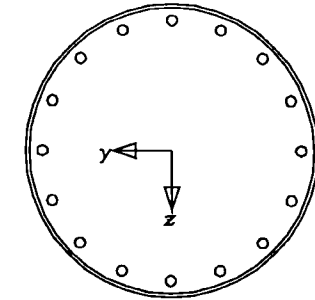
Dr. R. Bergmann  
Bauingenieur  
Mitten

# Traglastkurven für Verbundstützen



## Legende

- :  $\bar{\lambda} = 0.50$
- :  $\bar{\lambda} = 1.00$
- ◇ :  $\bar{\lambda} = 1.50$
- +

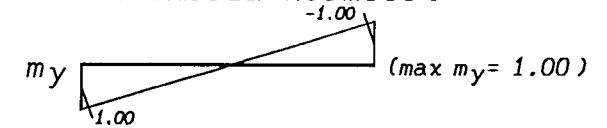


Berechnungsverfahren:

DIN18800-5 mit Vorverformungen

Kurvenparameter:  $\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{N_{pL.R}}{N_{cr}}}$

Momentenbild normiert



Bezugswerte:

$N_{pL.R} = 30382.07 \text{ kN}$

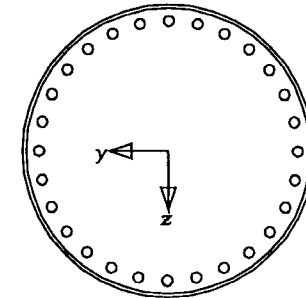
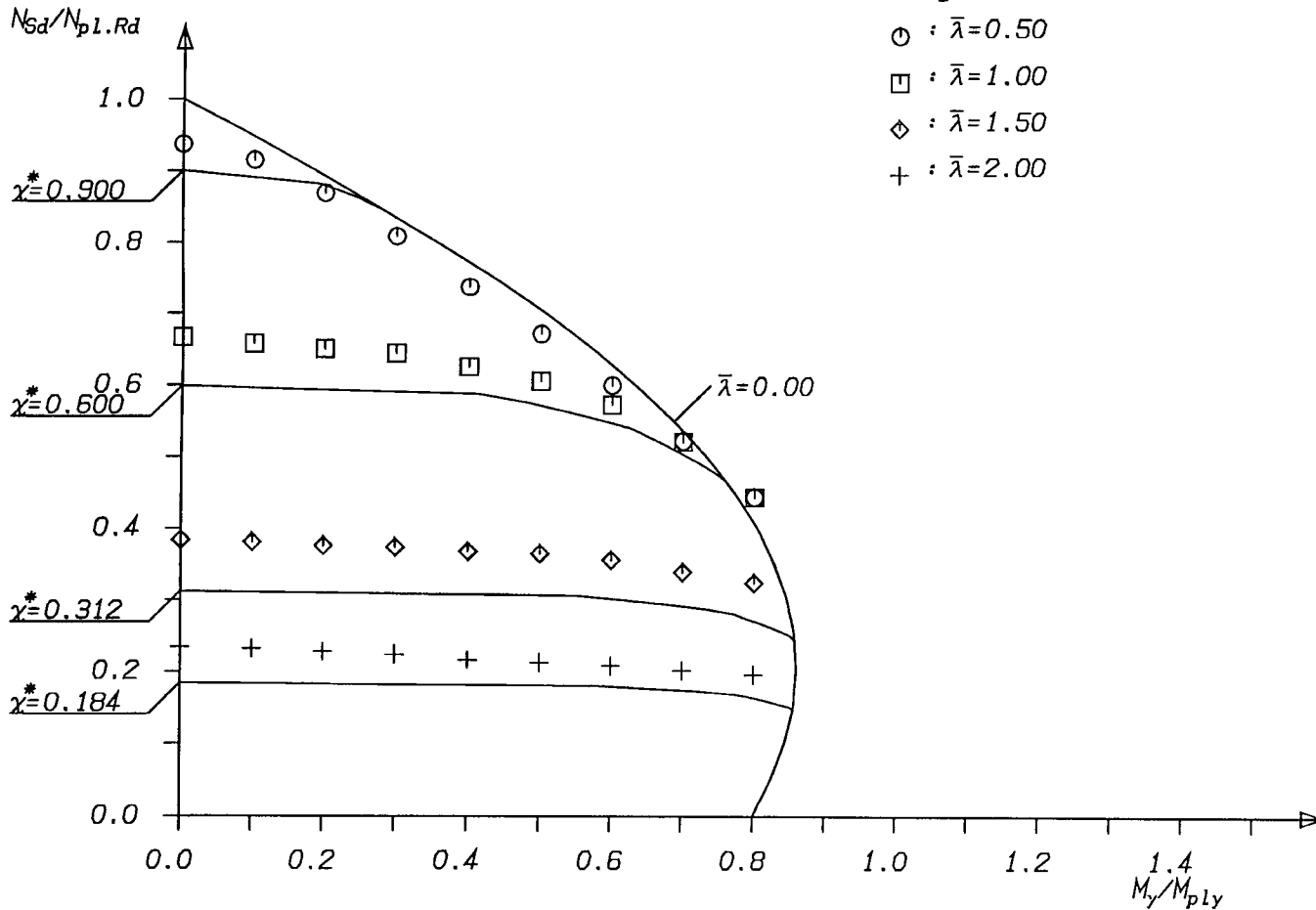
$M_{pL.y.R} = 4639.51 \text{ kNm}$

Bild AIV-21

Rundrohr 800x10 S460 C30 16dm28  $\alpha_M = 0.80$

Dr. R. Bergmann  
 Bauingenieur  
 Hitten

# Traglastkurven für Verbundstützen

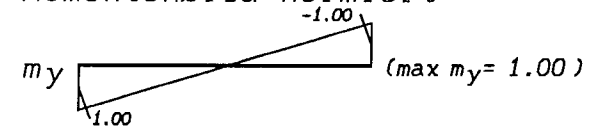


Berechnungsverfahren:

DIN18800-5 mit Vorverformungen

Kurvenparameter:  $\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{N_{pl.R}}{N_{cr}}}$

Momentenbild normiert



Bezugswerte:

$N_{pl.R} = 33854.91 \text{ kN}$

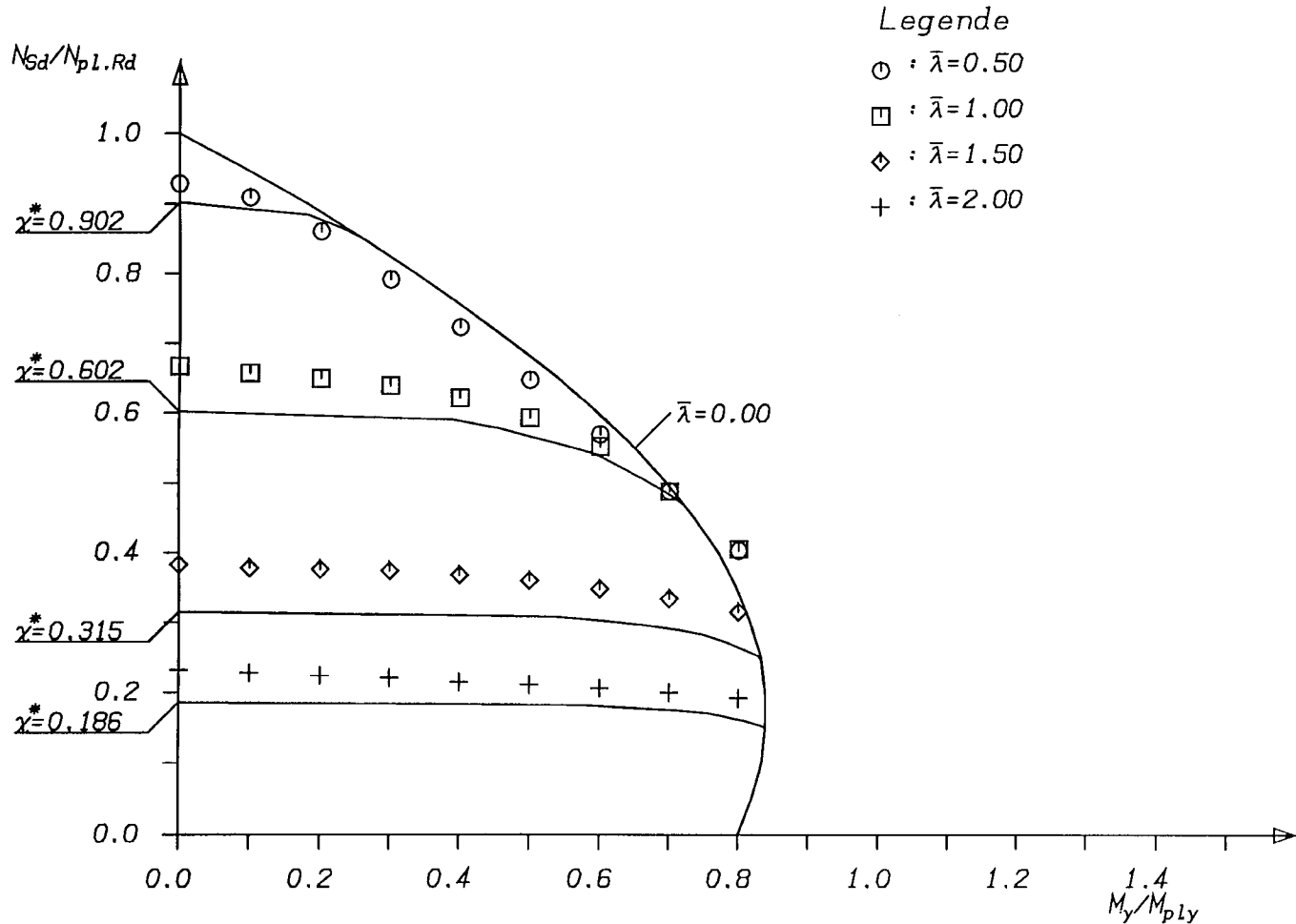
$M_{pl.y.R} = 5531.37 \text{ kNm}$

Bild AIV-22

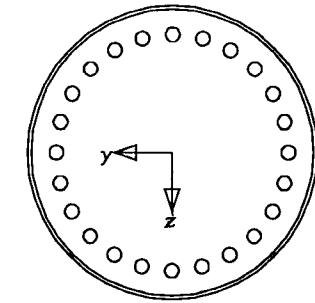
Rundrohr 800x10 S460 C30 28dm28  $\alpha_M=0.80$



# Traglastkurven für Verbundstützen



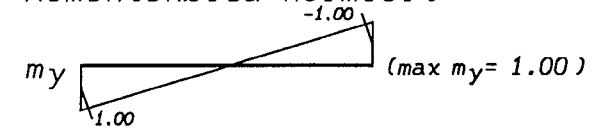
- Legende
- :  $\bar{\lambda} = 0.50$
  - :  $\bar{\lambda} = 1.00$
  - ◇ :  $\bar{\lambda} = 1.50$
  - ⊕ :  $\bar{\lambda} = 2.00$



Berechnungsverfahren:  
DIN18800-5 mit Vorverformungen

Kurvenparameter:  $\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{N_{pL.R}}{N_{cr}}}$

Momentenbild normiert



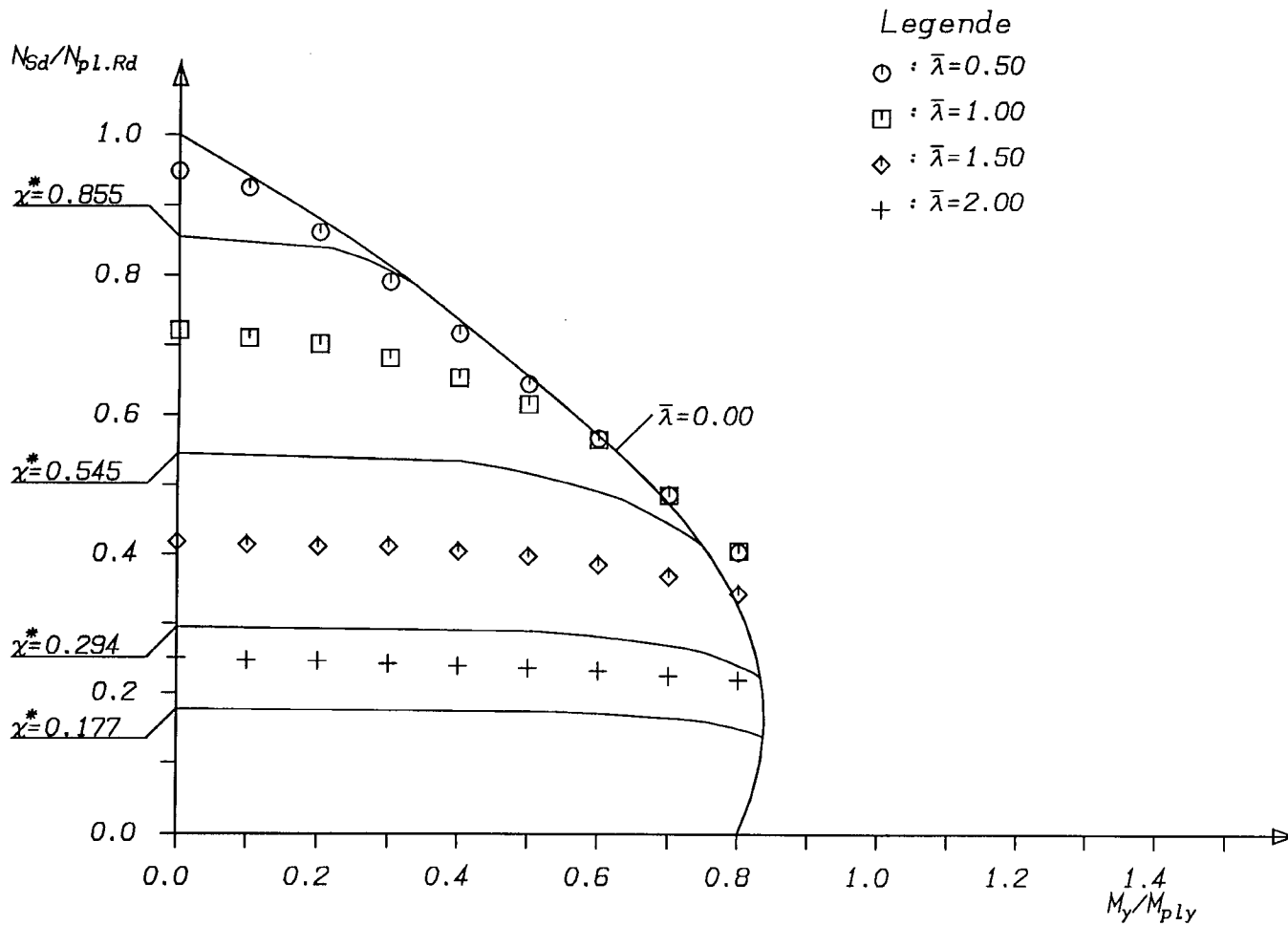
Bezugswerte:

$N_{pL.R} = 10146.45 \text{ kN}$   
 $M_{pL.y.R} = 863.15 \text{ kNm}$

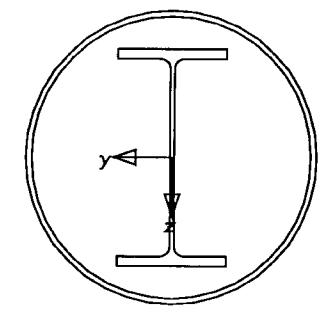
Bild AIV-23

Rundrohr 406,4x5 S460 C30 24dm20  $\alpha_M = 0.80$

# Traglastkurven für Verbundstützen



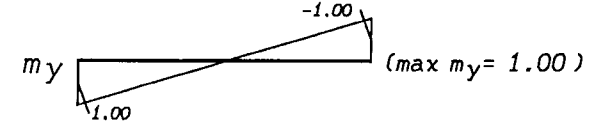
- Legende
- :  $\bar{\lambda} = 0.50$
  - :  $\bar{\lambda} = 1.00$
  - ◇ :  $\bar{\lambda} = 1.50$
  - ⊕ :  $\bar{\lambda} = 2.00$



Berechnungsverfahren:  
DIN18800-5 mit Vorverformungen

Kurvenparameter:  $\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{N_{pL.R}}{N_{cr}}}$

Momentenbild normiert



Bezugswerte:

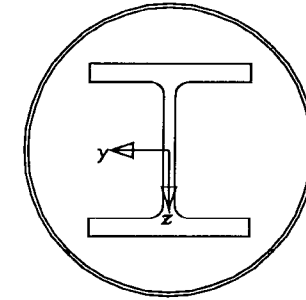
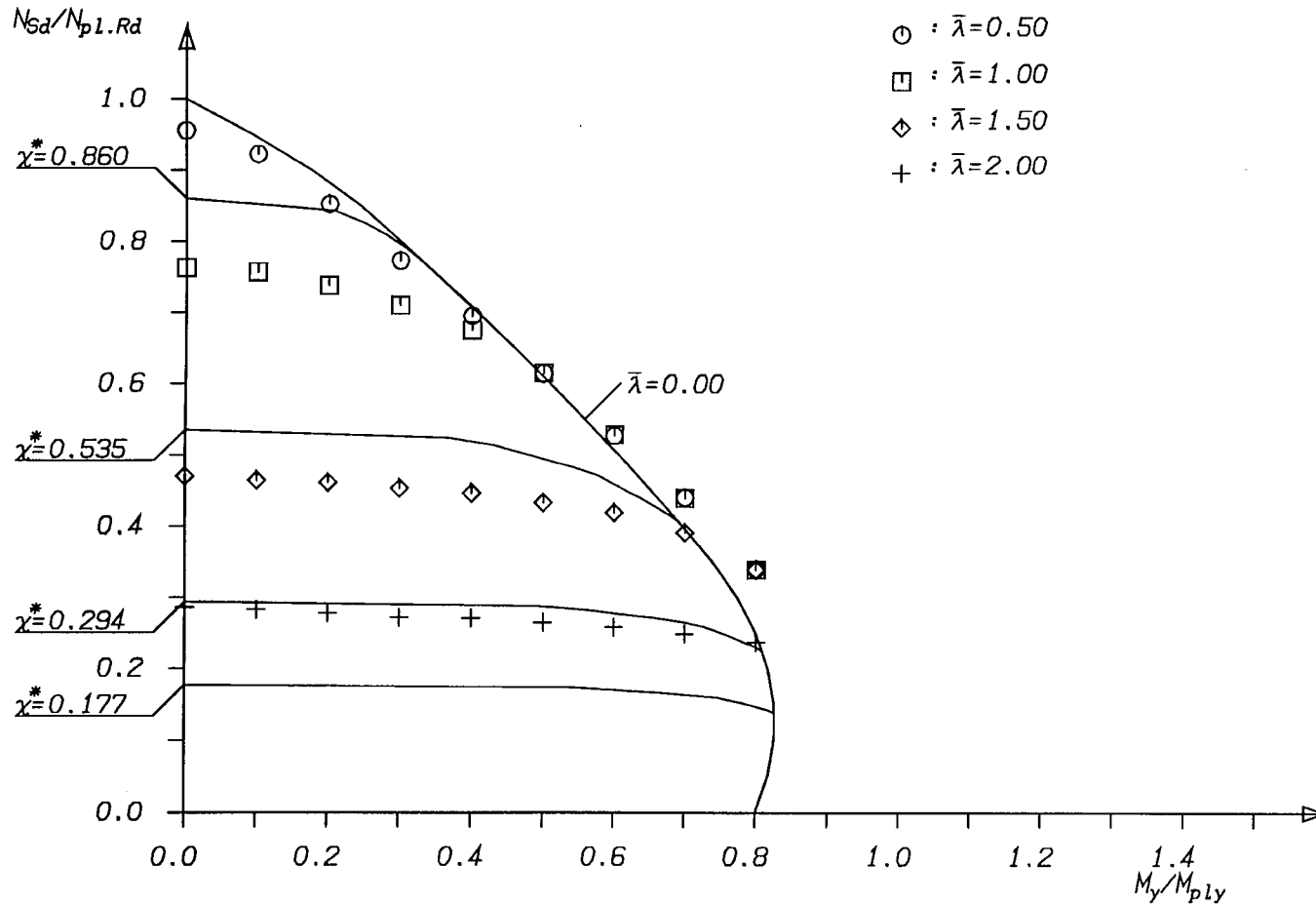
$N_{pL.R} = 40723.99 \text{ kN}$   
 $M_{pL.y.R} = 7420.28 \text{ kNm}$

Bild AIV-24

Rundrohr 800x15 mit HE600A stark S460 C30  $\alpha_M = 0.80$

Dr. R. Bergmann  
Bauingenieur  
Witten

# Traglastkurven für Verbundstützen

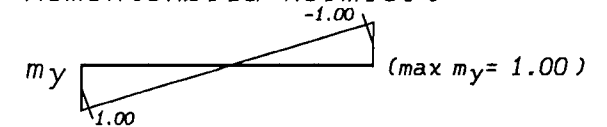


Berechnungsverfahren:

DIN18800-5 mit Vorverformungen

Kurvenparameter:  $\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{N_{pL.R}}{N_{cr}}}$

Momentenbild normiert



Bezugswerte:

$N_{pL.R} = 13028.71 \text{ kN}$

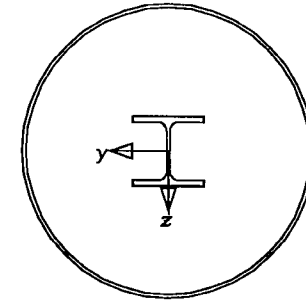
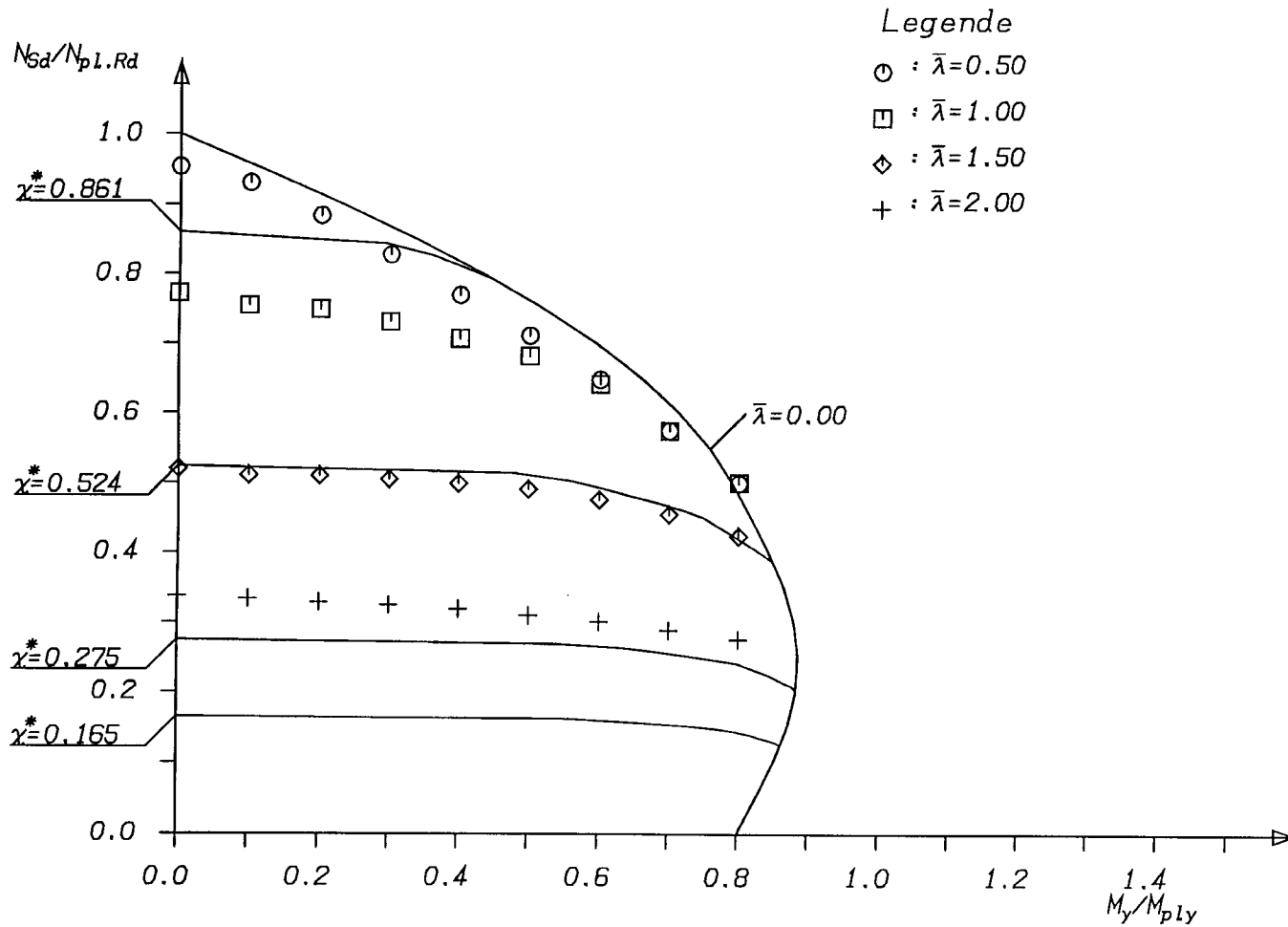
$M_{pL.y.R} = 1120.02 \text{ kNm}$

Bild AIV-25

Rundrohr 406,4x5 mit HE220M stark S460 C30  $\alpha_M = 0.80$

Dr. R. Bergmann  
Bauingenieur  
Hitten

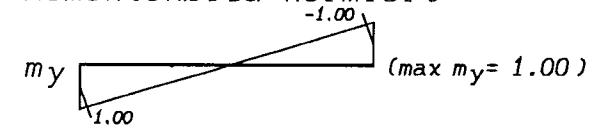
# Traglastkurven für Verbundstützen



Berechnungsverfahren:  
DIN18800-5 mit Vorverformungen

Kurvenparameter:  $\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{N_{pl.R}}{N_{cr}}}$

Momentenbild normiert



Bezugswerte:

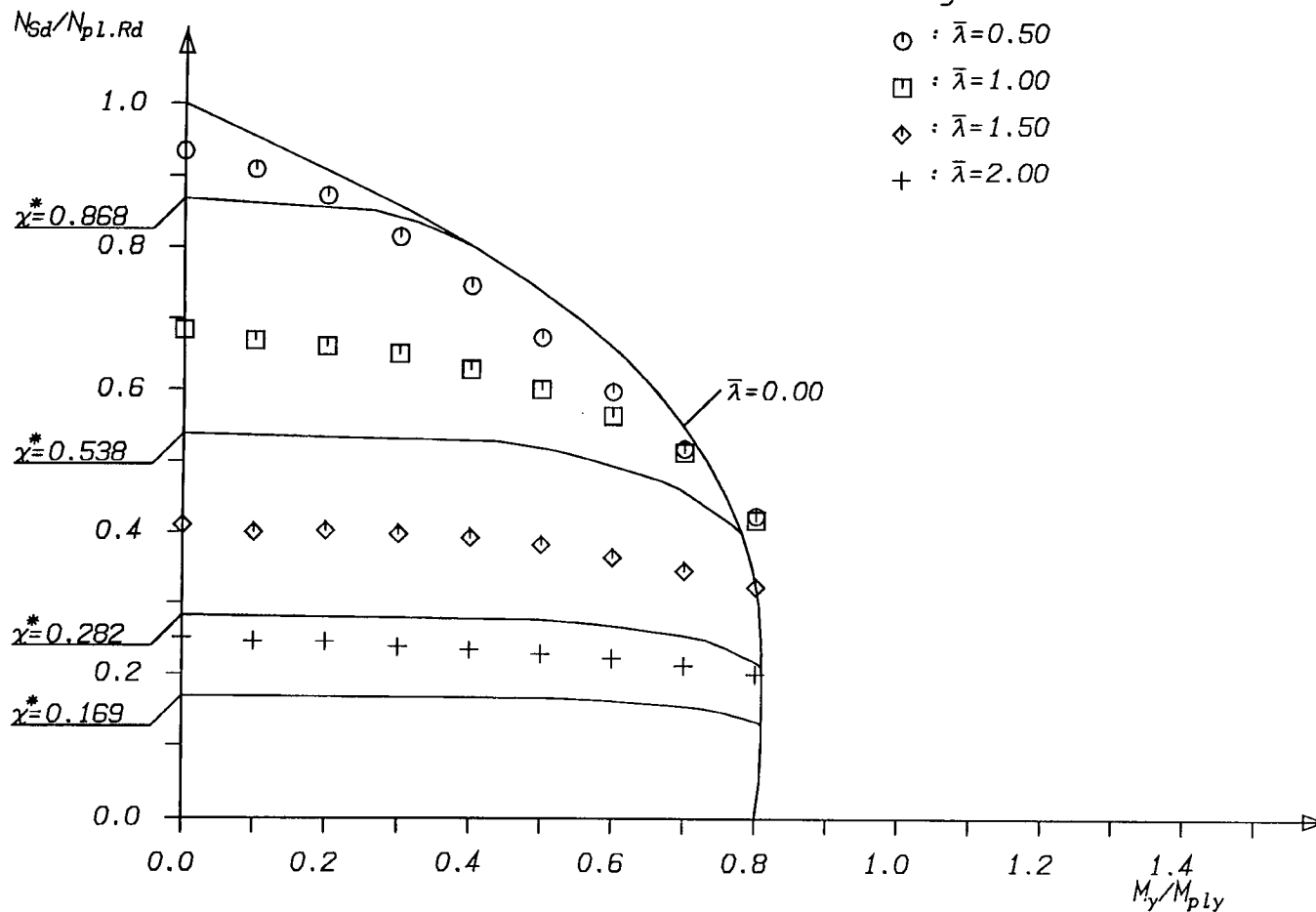
$N_{pl.R} = 7515.89 \text{ kN}$

$M_{pl.y.R} = 508.55 \text{ kNm}$

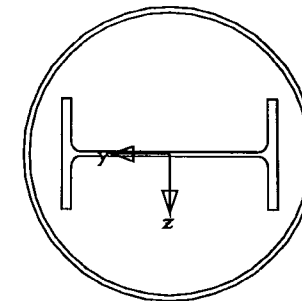
Bild AIV-26

Rundrohr 406,4x5 mit HE100A stark S460 C30  $\alpha_M=0.80$

# Traglastkurven für Verbundstützen



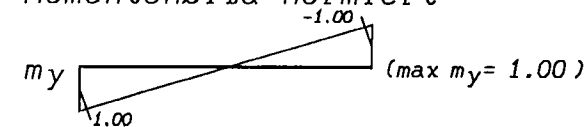
- Legende
- :  $\bar{\lambda}=0.50$
  - :  $\bar{\lambda}=1.00$
  - ◇ :  $\bar{\lambda}=1.50$
  - ⊕ :  $\bar{\lambda}=2.00$



Berechnungsverfahren:  
DIN18800-5 mit Vorverformungen

Kurvenparameter:  $\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{N_{p1.R}}{N_{cr}}}$

Momentenbild normiert



Bezugswerte:

$N_{p1.R} = 40723.99 \text{ kN}$

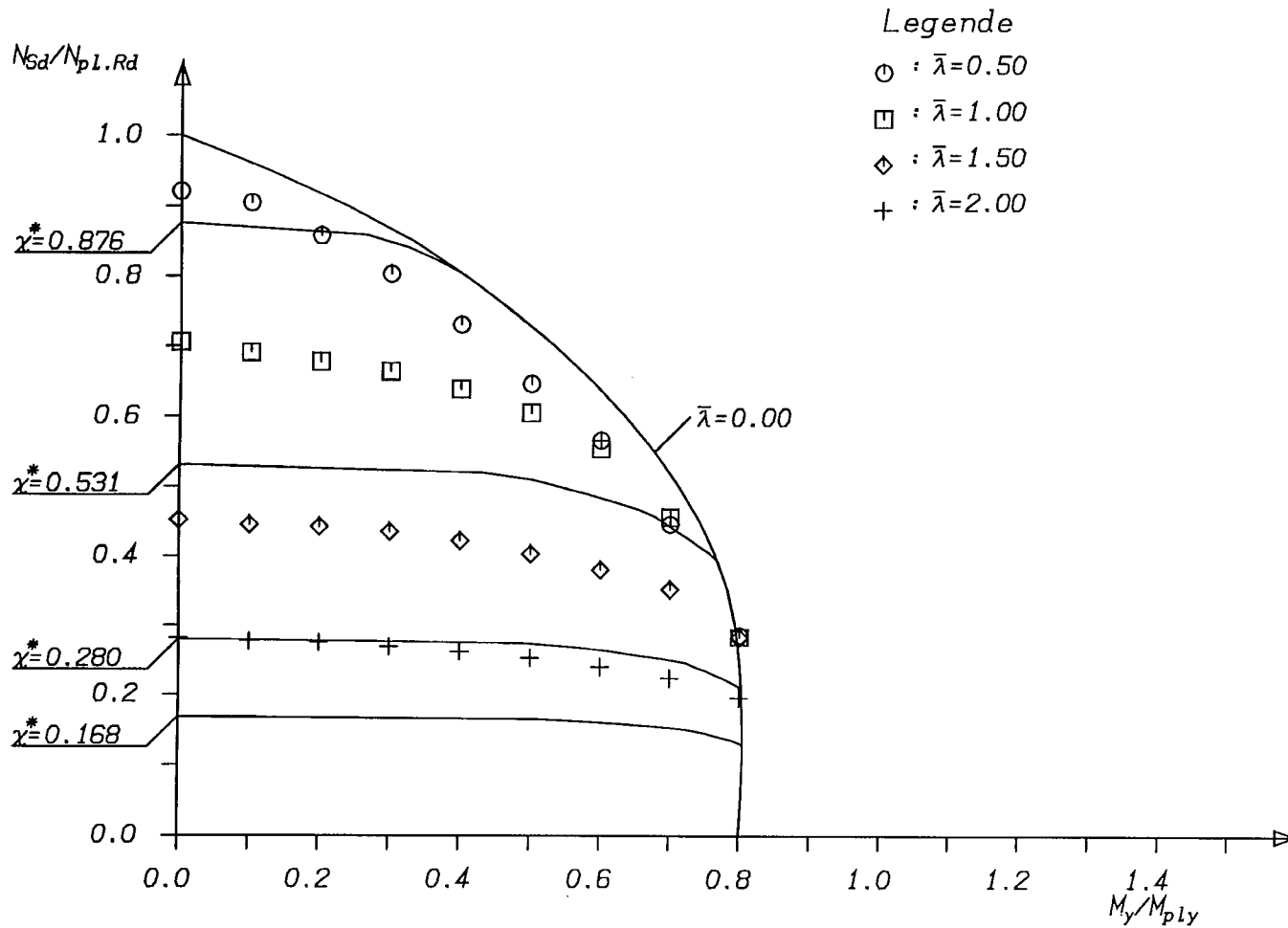
$M_{p1.y.R} = 5839.19 \text{ kNm}$

Bild AIV-27

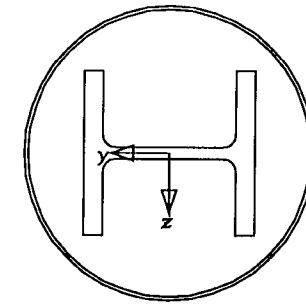
Rundrohr 800x15 mit HE600A schwach S460 C30  $\alpha_M=0.80$

Dr. R. Bergmann  
Bauingenieur  
Mitten

# Traglastkurven für Verbundstützen



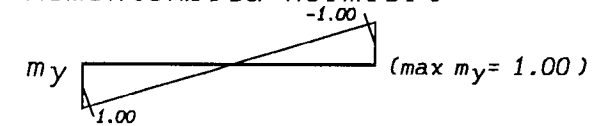
- Legende
- :  $\bar{\lambda} = 0.50$
  - :  $\bar{\lambda} = 1.00$
  - ◇ :  $\bar{\lambda} = 1.50$
  - ⊕ :  $\bar{\lambda} = 2.00$



Berechnungsverfahren:  
DIN18800-5 mit Vorverformungen

Kurvenparameter:  $\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{N_{pL.R}}{N_{cr}}}$

Momentenbild normiert



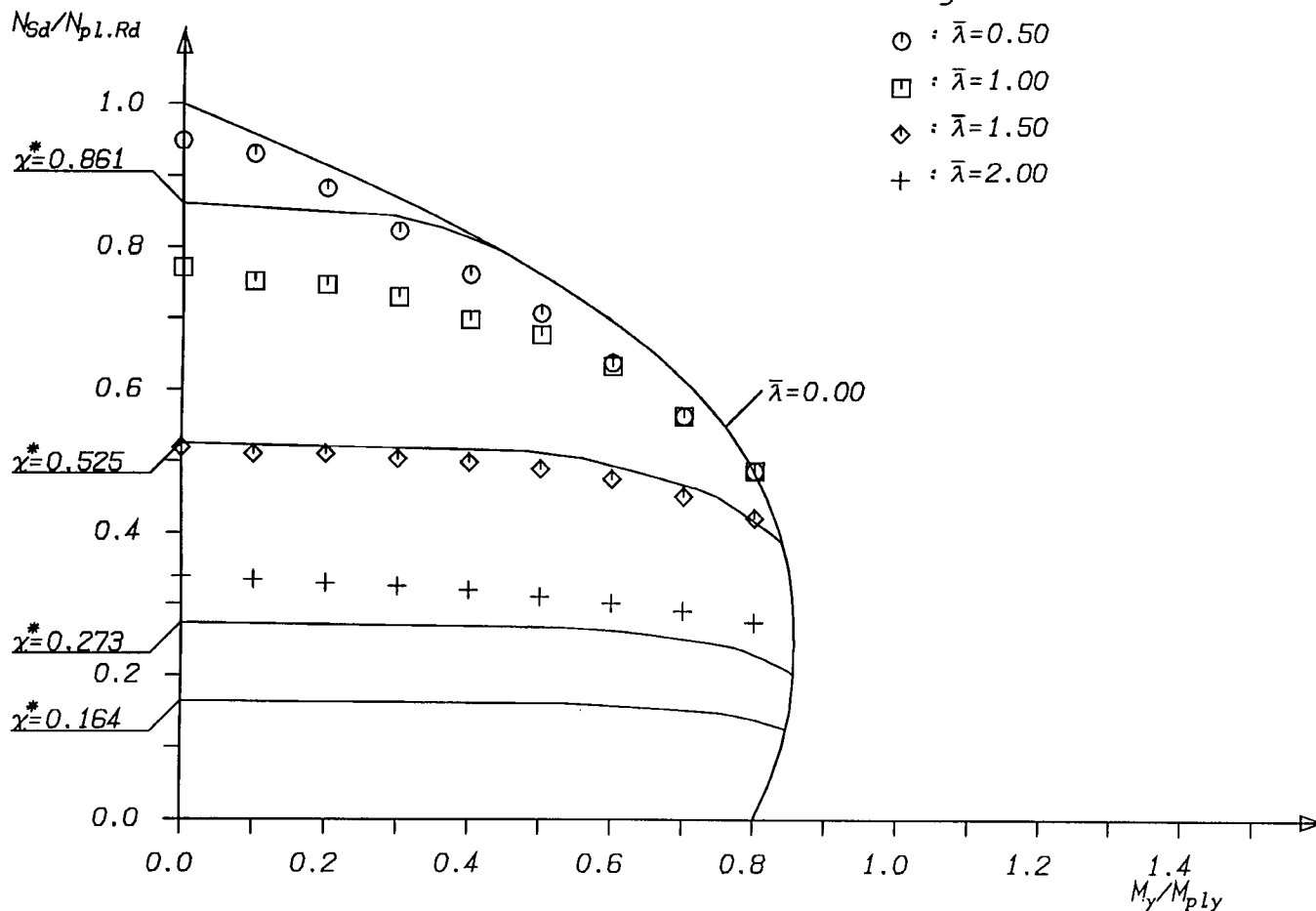
Bezugswerte:

$N_{pL.R} = 13028.71 \text{ kN}$   
 $M_{pL.y.R} = 822.63 \text{ kNm}$

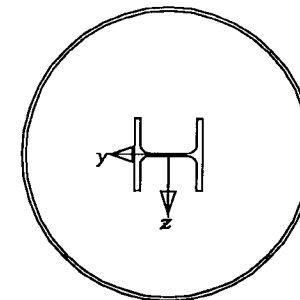
Bild AIV-28

Rundrohr 406,4x5 mit HE220M schwach S460 C30  $\alpha_M = 0.80$

# Traglastkurven für Verbundstützen



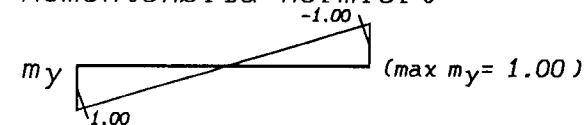
- Legende
- :  $\bar{\lambda} = 0.50$
  - :  $\bar{\lambda} = 1.00$
  - ◇ :  $\bar{\lambda} = 1.50$
  - +



Berechnungsverfahren:  
DIN18800-5 mit Vorverformungen

Kurvenparameter:  $\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{N_{pl.R}}{N_{cr}}}$

Momentenbild normiert



Bezugswerte:

$N_{pl.R} = 7515.89 \text{ kN}$

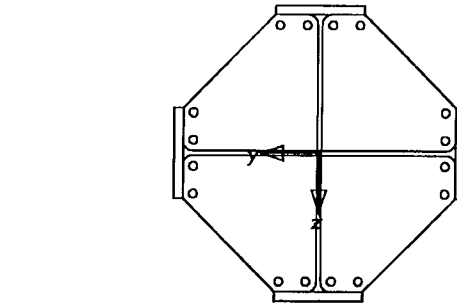
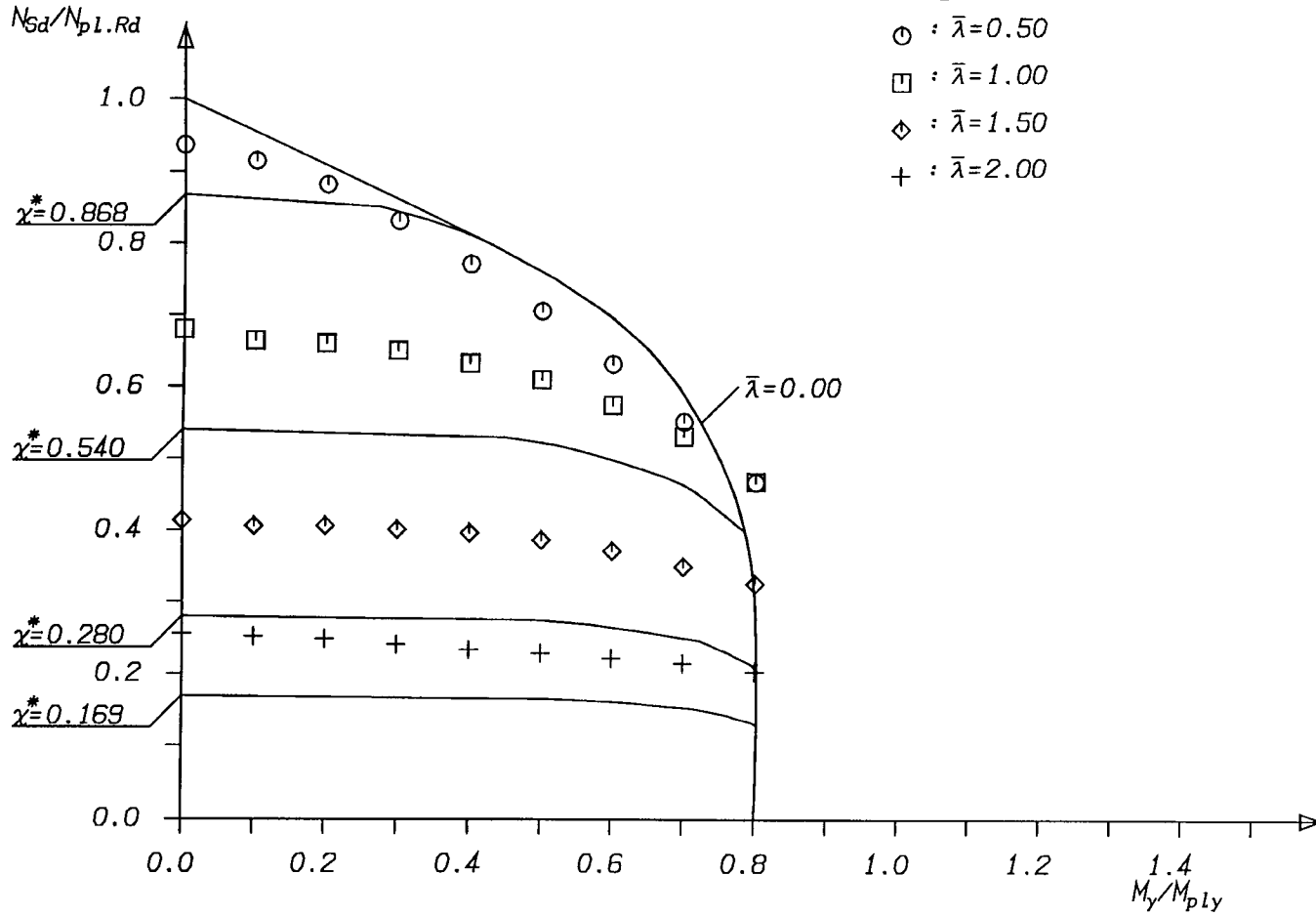
$M_{pl.y.R} = 508.50 \text{ kNm}$

Bild AIV-29

Rundrohr 406,4x5 mit HE100A schwach S460 C30  $\alpha_M = 0.80$

Dr. R. Bergmann  
Dauingenieur  
Hitt en

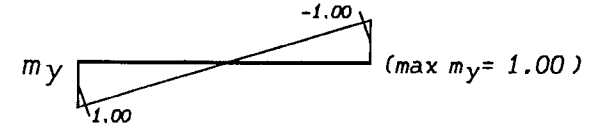
# Traglastkurven für Verbundstützen



Berechnungsverfahren:  
DIN18800-5 mit Vorverformungen

Kurvenparameter:  $\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{N_{pl.R}}{N_{cr}}}$

Momentenbild normiert



Bezugswerte:

$N_{pl.R} = 52577.77 \text{ kN}$

$M_{pl.y.R} = 9377.08 \text{ kNm}$

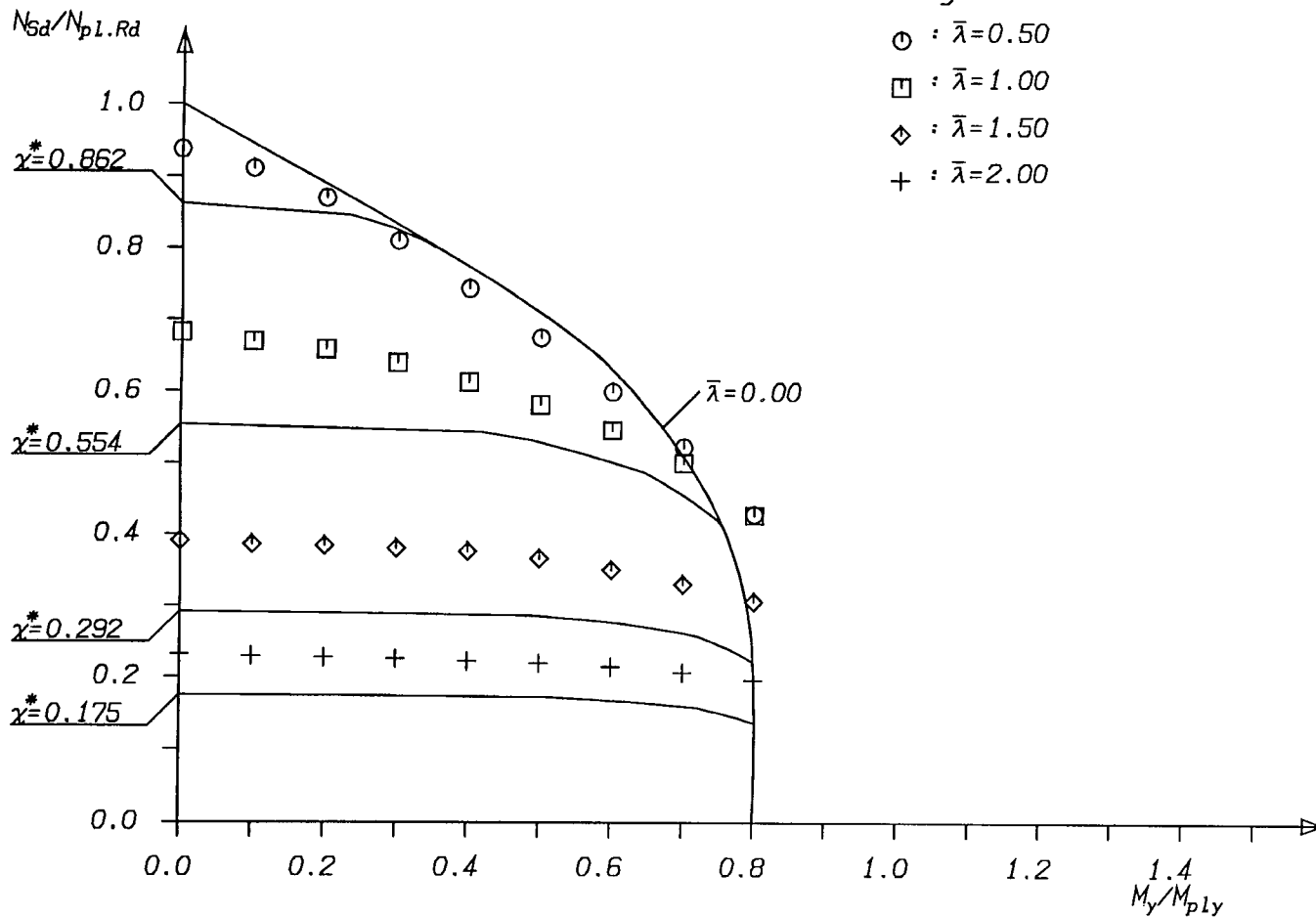
Bild AIV-30

2xHE1000A gekreuzt S460 C30 16dm28  $\alpha_M=0.80$

Dr. R. Bergmann  
Bauingenieur  
Hitten

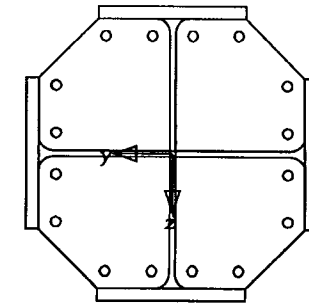


# Traglastkurven für Verbundstützen



## Legende

- :  $\bar{\lambda} = 0.50$
- :  $\bar{\lambda} = 1.00$
- ◇ :  $\bar{\lambda} = 1.50$
- ⊕ :  $\bar{\lambda} = 2.00$

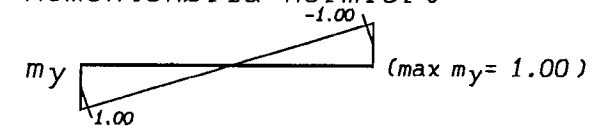


Berechnungsverfahren:

DIN18800-5 mit Vorverformungen

Kurvenparameter:  $\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{N_{p1.R}}{N_{cr}}}$

Momentenbild normiert



Bezugswerte:

$N_{p1.R} = 29457.25 \text{ kN}$

$M_{p1.y.R} = 3782.75 \text{ kNm}$

Bild AIV-31

2xHE600A gekreuzt S460 C30 16dm20  $\alpha_M = 0.80$

Dr. R. Bergmann  
Bauingenieur  
Hitten