

Stabilität im Stahlbau Teil IV

T 1258

Abschließende Auswertung nationaler und internationaler Forschungsergebnisse auf dem Gebiet der Stabilität im Stahlbau und darauf aufbauende Ausarbeitung von Bemessungsvorschlägen für die Normen DIN 18800 Teil 2, Teil 3 und Teil 4

T 1258

Dieser Forschungsbericht wurde mit modernsten Hochleistungskopierern auf Einzelanfrage hergestellt.

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

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

© by Fraunhofer IRB Verlag

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

Fraunhofer IRB Verlag

Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau

Postfach 80 04 69
70504 Stuttgart

Nobelstraße 12
70569 Stuttgart

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

E-Mail irb@irb.fraunhofer.de

www.baufachinformation.de

T 1258: Abschließende Auswertung nationaler und internationaler Forschungsergebnisse auf dem Gebiet der Stabilität im Stahlbau und darauf aufbauende Ausarbeitung von Bemessungsvorschlägen für die Normen DIN 18800 Teil 2, Teil 3 und Teil 4

16.34

Prof. Dr.-Ing. O. Jungbluth
Technische Hochschule
DARMSTADT
Institut für Statik u. Stahlbau

FORSCHUNGSBERICHT

Nr. 30 / 84

über: Abschließende Auswertung nationaler und
internationaler Forschungsergebnisse.....
Kurztitel : Stabilität im Stahlbau, Teil IV

Forschungsleiter: Prof. Dr.-Ing. Otto Jungbluth

Sachbearbeiter: Dipl.-Ing. U. Fritzsche u. a.

Forschungsförderung: Institut für Bautechnik, Berlin

Berichtszeitraum: 1.1.1982 - 31.1.1984

Forschungsbericht

Nr.: 30/84

über: Abschließende Auswertung nationaler und internationaler Forschungsergebnisse auf dem Gebiet der Stabilität im Stahlbau und darauf aufbauende Ausarbeitung von Bemessungsvorschlägen für die Normen DIN 18800 Teil 2, Teil 3 und Teil 4

Kurztitel: Stabilität im Stahlbau, Teil IV

Forschungsleiter: Prof. Dr.-Ing. Otto Jungbluth

Sachbearbeiter: Dipl.-Ing. U. Fritzsche u.a.

Forschungsförderung: Institut für Bautechnik, Berlin

Berichtszeitraum: 1.1.1982 - 31.1.1984

Inhaltsverzeichnis	Seite
1. Vorbemerkungen	1
2. Zusammenstellung der durchgeführten Arbeiten	2
3. Vergleichende Untersuchung über "Vereinfachter Nachweis und Elastizitätstheorie II. Ordnung" und "Vereinfachter Nachweis nach dem Ersatzverfahren"	4
4. Kurzfassung	16
Literatur	18
Anlagen	19

1. Vorbemerkungen

Die Zielsetzung des Forschungsvorhabens "Stabilität im Stahlbau IV" besteht in der abschließenden Bearbeitung der Entwürfe zum Gelbdruck der DIN 18800 Teil 3 und Teil 4 sowie der Bearbeitung der Einsprüche des bereits erschienenen Gelbdrucks der DIN 18800 Teil 2 und der sich daraus ergebenden Erarbeitung der endgültigen Normvorlage.

Aufgrund der sehr umfangreichen Einsprüche zu Teil 2 der DIN 18800 wurde die Weiterbearbeitung der Teile 3 und 4 zunächst zugunsten einer zügigen Behandlung der Einsprüche zurückgestellt.

Dabei stellte sich heraus, daß aufgrund der eingegangenen Einsprüche und neuerer Erkenntnisse ganze Abschnitte und einzelne Regeln zu ersetzen bzw. ganz zu streichen waren. Teilweise mußten auch infolge des nachträglichen Einbaus des Ersatzstabverfahrens neue Regelungen gefunden und bei der Überarbeitung des Gelbdrucks mit berücksichtigt werden.

Die Bearbeitung der sehr zahlreich eingegangenen Einsprüche zum Gelbdruck von DIN 18800 Teil 2 erforderte zeitweise einen zusätzlichen Mitarbeiter, um eine kontinuierliche Sichtung, Ausarbeitung und Auswertung zu gewährleisten. Die Darstellung dieser Arbeiten erfolgte in Form von Arbeitspapieren.

Bei der Berücksichtigung dieser Einsprüche sowie des inzwischen vorliegenden Eurocode-Entwurfs und deren Umsetzung in einen neuen Gelbdruckentwurf stellte sich zudem heraus, daß eine textliche Überarbeitung bei gleichzeitiger Umsortierung einzelner Teile des Entwurfs zur Vermeidung von Mißverständnissen und zur Schaffung einer besseren Übersichtlichkeit notwendig wurde. Zu diesem Zweck wurde eine Arbeitsgruppe zur redaktionellen Überarbeitung eingesetzt.

2. Durchgeführte Arbeiten

Zunächst wurde zu Beginn des Forschungsvorhabens noch der Gelbdruckentwurf der DIN 18800 Teil 3 bearbeitet.

Dabei galt es, zwei zusätzliche Entwürfe auf ihre Durchführbarkeit und Auswirkungen auf den vorgeschlagenen Entwurf zu überprüfen. Diese Beratungen wurden jedoch dann vertagt, um eine zügigere Bearbeitung der Einsprüche zu DIN 18800 Teil 2 zu ermöglichen.

Die insgesamt ca. 50 Einsprüche mit zusammen mehr als 200 einzelnen Stellungnahmen zu den entsprechenden Teilen der Norm wurden auf ihre Richtigkeit und Aussagekraft hin überprüft. Dabei waren sowohl konkrete Vorschläge als auch subjektive Meinungen einzelner Einsprecher zu bewerten und ggf. für einen zu erstellenden neuen Entwurf zu berücksichtigen.

Im kleinen Arbeitskreis wurde jeder Einspruch gesichtet und auf seine Anwendbarkeit für den neuen Entwurf hin untersucht. Dabei wurden in 3 Sitzungen in Karlsruhe und Darmstadt entsprechende Arbeitspapiere erstellt, die eine Bearbeitung der Einsprüche im Arbeitsausschuß ermöglichten. Die Arbeitspapiere dienten dabei als Diskussionsgrundlage.

Als Ergebnis dieser Arbeiten und auch aufgrund eines sehr umfangreichen kompletten Gegenentwurfs zu DIN 18800 Teil 2 wurde beschlossen, den bereits bestehenden Gelbdruck nochmals insgesamt zu überarbeiten. Dabei sollten sowohl die Einsprüche als auch neue Regelungen und Erkenntnisse anderer Forschungsvorhaben /1,2/ im Rahmen einer Umsortierung und textlichen Neufassung berücksichtigt werden.

Neben der textlichen Überarbeitung mußten mehrere Kapitel und Unterabschnitte gestrichen, ergänzt oder erneuert werden. Durch eine geänderte Gliederung und durch Aufnahme neuer Regelungen konnte das Kapitel 3.2.1 des Gelbdrucks entfallen.

Kapitel 7 des Entwurfs wurde als entsprechender Unterabschnitt zu Kapitel 2 hinzugefügt. Neubearbeitet wurden die Kapitel 3 und 5. Dabei gestaltete sich die Behandlung des Ersatzstabverfahrens /3/ sowie dessen Einarbeitung in die entsprechenden Kapitel des Neuentwurfs als ausgesprochen schwierig.

Zur Darstellung der redaktionellen Arbeiten wurden Arbeitspapiere erstellt, die bei der Diskussion innerhalb des Arbeitsausschusses fortgeschrieben und ergänzt wurden. Außerdem wurden Vorschläge und Stellungnahmen, die sich außerhalb des Arbeitsausschusses ergaben, mit berücksichtigt.

Für das überarbeitete Kapitel 5 des Normentwurfs wurde eine vergleichende Untersuchung zwischen Abschnitt 5.3.1.1 "Vereinfachte Berechnung nach Elastizitätstheorie II. Ordnung" einerseits und Abschnitt 5.3.1.3 "Vereinfachte Berechnung nach dem Ersatzstabverfahren" andererseits durchgeführt (Anlage 3). Die Ergebnisse dieser Arbeit und die Bewertung beider Verfahren werden im folgenden ausführlich dargestellt.

3. Vergleichende Untersuchung über "Vereinfachte Berechnung nach Elastizitätstheorie II. Ordnung" und "Vereinfachte Berechnung nach dem Ersatzstabverfahren" (Anlage 3)

3.1 Einleitung

Der Entwurf der Norm DIN 18800 Teil 2: "Stabilitätsfälle" sieht im Abschnitt 5.3.1 für die Berechnung von verschieblichen ebenen Rahmen zwei Näherungsverfahren vor, die innerhalb bestimmter Grenzen angewendet werden dürfen:

1. "Vereinfachte Berechnung nach der Elastizitätstheorie II. Ordnung"
2. "Vereinfachte Berechnung nach dem Ersatzstabverfahren"

Beide Verfahren sollen dem Anwender der Norm die Möglichkeit geben, ohne aufwendige Berechnung, auf der sicheren Seite liegend die Tragsicherheit von verschieblichen Stockwerksrahmen nachzuweisen.

Das Ersatzstabverfahren wurde bei der Beratung der Norm bezüglich der Genauigkeit und Anwendbarkeit angezweifelt. Dies ist vor allem darin begründet, daß die realen Schnittgrößen eines Systems durch das Ersatzstabverfahren nicht erfaßt werden, sondern nur Schnittgrößen in einem gedachten "Ersatzquerschnitt". Das Ersatzstabverfahren wurde von einzelnen Ausschußmitgliedern auch als überflüssig betrachtet, da bereits ein vereinfachendes Näherungsverfahren durch die "vereinfachte Berechnung nach Theorie II. Ordnung" vorgegeben sei.

Dieser Beitrag soll die beiden Verfahren bezüglich ihres Aufwandes, der Verständlichkeit und der Sicherheit betrachten, um als zusätzliche Diskussionsgrundlage dienen zu können.

3.2 Betrachtung zu Umfang und Aufwendigkeit der Verfahren

3.2.1 Vereinfachte Berechnung nach Theorie II. Ordnung

Dieses Verfahren ist ein Iterationsverfahren, das nach wenigen Iterationsschritten genügend genaue, auf der sicheren Seite liegende Ergebnisse liefert. Zunächst sind für das Tragwerk Ersatzimperfectionen zu ermitteln, die wie bei der "genauen" Berechnung nach Theorie II. Ordnung angesetzt werden müssen. Mit den äußeren Lasten und den Ersatzimperfectionen wird eine Berechnung der Tragwerksverformung nach Theorie I. Ordnung durchgeführt. Aus diesen Verformungen werden zusätzliche Abtriebskräfte ermittelt, die mit dem Faktor 1,2 multipliziert werden. Zusammen mit diesen 1,2-fachen Abtriebskräften werden weitere Berechnungen nach Theorie I. Ordnung durchgeführt, bis kein wesentlicher Verformungszuwachs mehr auftritt. Der Faktor 1,2 soll dabei auf der sicheren Seite liegend den Einfluß der Krümmung der gedrückten Stäbe berücksichtigen. Durch eine gute Vorschätzung der endgültigen Verformungen und deren Berücksichtigung im 1. Iterationsschritt ist es möglich, mit nur zwei Iterationsschritten die endgültigen Schnittgrößen zu berechnen.

Das Verfahren hat den Vorteil, daß einmal aufgestellte allgemeine Gleichungen für die Schnittkräfte nach Theorie I. Ordnung im zweiten Iterationsschritt verwendet werden können. Dies ist vor allem bei Verwendung von Kleinrechnern von Bedeutung.

In den Fällen, in denen die Zahl η_r für alle Stockwerke ≥ 4 ist (Definition siehe DIN 18800 -2- 5.3.1.1), genügt ein Iterationsschritt, wenn die Stockwerksquerkraft nach folgender Formel angesetzt wird:

$$Q_r = \frac{1}{1 - \frac{1}{\eta_r}} \cdot (Q_r^H + \psi_0 \cdot V_r) \quad (29)$$

Erläuterungen hierzu siehe DIN 18800 - 2.

Die Berechnung nach Formel (28) des Entwurfs ist demnach nur für kleinere Stockwerkssteifigkeiten als $\eta_r = 4$ erforderlich.

Zusätzlich zur Schnittkraftermittlung ist die Anwendbarkeit des Verfahrens durch Ermittlung der Stabkennzahlen $\varepsilon = 1\sqrt{\frac{N}{EJ}} \leq 1,6$ aller Stiele zu überprüfen.

Das Verfahren kommt ohne sonstige Vorberechnungen (z.B. der Knicklänge) aus, die bereits vorhandene Lösungen ähnlicher Systeme voraussetzen und von vorhandener Literatur abhängig sind. Dies kann für den Anwender sowohl beim Aufstellen als auch beim Prüfen einer Berechnung von Vorteil sein.

3.2.2 Vereinfachte Berechnung nach dem Ersatzstabverfahren

Für die Anwendung dieses Verfahrens sind in /4/ keine Grenzen außer der Stabschlankheit $\bar{\lambda} \leq 3$ angegeben. Diese Grenze wird jedoch nicht ausdrücklich erwähnt, sondern ist nur durch die Angabe der Abminderungsfaktoren κ für Werte von $\bar{\lambda} \leq 3$ vorgegeben.

Zusätzlich zu den äußeren Lasten sind für an die aussteifenden Systeme angeschlossene Pendelstäbe Ersatzimperfectionen zu ermitteln (DIN 18800 - 2, Bild 14). Die Imperfectionen der Rahmenstäbe sind im Ersatzstabnachweis bereits enthalten.

Mit den äußeren Lasten und den Ersatzimperfectionen wird eine Berechnung der Schnittgrößen nach Theorie I. Ordnung durchgeführt. Für den Ersatzstab ist sodann die Knicklänge s_k zu ermitteln, um die Längskraft N_{ki} unter der kleinsten Verzweigungslast bestimmen zu können.

Hierfür stehen in der Literatur zahlreiche allgemeine Lösungen zur Verfügung, die in den häufigsten Fällen angewandt werden können. In manchen Fällen kann die Knicklänge auch einfach geschätzt werden.

Mit der bekannten Knicklänge können die Nachweise für den Ersatzstab unter Anwendung der europäischen Knickspannungslinien geführt werden.

Für längskraftfreie Stäbe und Stäbe mit nur geringer Längskraft ist ein Nachweis möglich, bei dem zusätzlich zu den Biegemomenten das 1,4-fache Verhältnis zwischen vorhandener Längskraft zur Verzweigungslast des angrenzenden, längskraftbeanspruchten Tragwerkteils berücksichtigt wird (DIN 18800 -2- Formel 3o). Für die Berücksichtigung der Schnittkraft-Interaktion Biegemoment-Querkraft ist keine Nachweisformel vorgesehen.

3.2.3 Wertung beider Verfahren

Für beide Verfahren ist in der Regel zunächst die Ermittlung der Ersatzimperfektionen erforderlich. Dies kann beim Ersatzstabverfahren nur in Ausnahmefällen entfallen, in denen die aussteifenden Systeme nicht zur Aussteifung weiterer Tragwerksteile herangezogen werden.

Beide Verfahren erfordern für das Gesamtsystem zunächst eine Schnittgrößenermittlung nach Theorie I. Ordnung. Diese wird für die vereinfachte Berechnung nach Theorie II. Ordnung zweckmäßigerweise mit Einheitslasten, zumindest für Horizontal- und Vertikalkräfte getrennt durchgeführt. Die vereinfachte Berechnung nach Theorie II. Ordnung erfordert zunächst zusätzlich eine Verformungsberechnung, die in der Regel zusammen mit der Schnittgrößenbestimmung durchgeführt wird und deshalb nur wenig Arbeitsaufwand verursacht. Aus den Verformungen werden Abtriebskräfte ermittelt, die in der Regel analog zu den Imperfektionsannahmen behandelt werden. Die weiteren Iterationsschritte nach Theorie I. Ordnung sind nur ein geringer zusätzlicher Aufwand, wenn aus dem ersten Iterationsschritt schon die Lösung für Einheitslasten vorliegt.

Beim Ersatzstabverfahren ist zusätzlich zur Schnittgrößenberechnung auch die Ermittlung der kleinsten Verzweigungslast des Gesamtsystems erforderlich.

Für einfache Systeme, für die bereits bekannte Lösungen für die Verzweigungslast existieren, ist das in der Regel mit der Auswertung von 2-3 Formeln möglich. In diesen Fällen kann das Ersatzstabverfahren geringfügige Vorteile gegenüber der vereinfachten Berechnung nach Theorie II. Ordnung haben.

Als wesentlicher Nachteil des Ersatzstabverfahrens muß angesehen werden, daß die realen Schnittgrößen auch nicht angenähert ermittelt werden. Es wird so ein völlig falsches Bild von der Tragwirkung erzeugt, das bei der Dimensionierung und Konstruktion zu falschen Entscheidungen führen kann.

Aus dem gleichen Grund ist es zudem erforderlich, daß alle Stäbe mit ihren vollplastischen Schnittgrößen angeschlossen werden. Diese Forderung kann im übrigen nicht immer eingehalten werden, nämlich dann nicht, wenn zwei Bauteile mit unterschiedlichen plastischen Querschnittswerten verbunden werden (z.B. "schwacher" Stiel und "starker" Riegel einer Rahmenecke). Dann können im Prinzip nur die vollplastischen Schnittgrößen des "schwächeren" Bauteils angeschlossen werden, da dieser die vollplastischen Schnittgrößen des "stärkeren" Bauteils nicht aufnehmen kann.

3.3 Zur Verständlichkeit der Verfahrensbeschreibung in der Norm

3.3.1 Vereinfachte Berechnung nach der Elastizitätstheorie II. Ordnung

Die Anwendung des Verfahrens wird eingeschränkt auf Tragwerke, bei denen in allen Stielen $\varepsilon \leq 1,6$ ist. Die Definition der Stabkennzahl ε wird im Abschnitt 1.2.1 der Norm mit

$$\varepsilon = l \sqrt{\frac{N}{EJ}}$$

gegeben, worin l die Länge des Stabes (Systemlänge) ist. Die Festlegung der Stabkennzahl als Anwendungsgrenze des Berechnungsverfahrens ist unverständlich, da zwischen der Traglast

und der Stablänge ein nichtlinearer Zusammenhang besteht, was durch diese Bestimmung der Norm nicht genügend zum Ausdruck gebracht wird.

Für die Ermittlung der Zahl η_r sollten in Abschnitt 5.3.1.1 eindeutigere Festlegungen für die Behandlung von einseitig gelenkig angeschlossenen Riegeln bzw. Stielen von mehrfeldrigen und mehrgeschossigen Rahmen getroffen werden, eventuell durch Beispiele im Beiblatt.

Die zur Zeit vorgesehenen Definitionen sind nicht auf alle Systeme anwendbar.

In Gleichung (27) sollte die "Querkraft im Stockwerk r aus äußeren Horizontallasten" wie in Gleichung (28) mit Q_r^H bezeichnet werden, da in beiden Fällen die gleiche Kraft gemeint ist.

3.3.2 Vereinfachte Berechnung nach dem Ersatzstabverfahren

Für die Anwendbarkeit dieses Verfahrens wird keine Grenze angegeben. Hierdurch bleibt ungeklärt, ob das Verfahren in Verbindung mit Abschnitt 3.2.2 der Normvorlage auch auf Systeme angewendet werden kann, deren Stäbe Knicklängen besitzen, die größer als die doppelte Stablänge sind. Dies ist in Abschnitt 3.2.1 für einseitig eingespannte Stäbe ausdrücklich ausgeschlossen. Andererseits liefert das Ersatzstabverfahren in Verbindung mit Abschnitt 3.2.2 auch bei Systemen mit Knicklängen der Stäbe $S_k > 2 l$ auf der sicheren Seite liegende Ergebnisse (siehe Abschnitt 4).

In Bild 14 der Normvorlage sollten für die Ermittlung der Ersatzbelastung nicht die äußeren Lasten $\alpha_i \cdot P$ sondern die Längskräfte $N_i = \alpha_i \cdot P$ dargestellt werden (z.B. als Auflagerreaktion), da dann auch die Behandlung von Lasten, die nicht unmittelbar über den Pendelstabstielen angreifen, eindeutig definiert ist.

Über anerkannte Verfahren zur Ermittlung der kleinsten Verzweigungslast ist in der Norm kein Hinweis zu finden. Dies kann vor allem bei späteren Anwendern, die nicht mehr mit der DIN 4114 und ihren Regelungen vertraut sind, trotz vorliegender Literatur zu Schwierigkeiten führen.

3.4 Parameterstudie zur Überprüfung der Verfahren

Um die Genauigkeit und die Anwendungsgrenzen der beiden Näherungsverfahren zu überprüfen, wurde eine Parameterstudie an einem einfachen Tragsystem (Einhüftiger Rahmen mit Pendelstiel) durchgeführt (siehe Diagramm).

Folgende Parameter wurden variiert:

1. Dimensionen des Riegels: IPE 300, IPE 450 und IPE 600
2. Höhe des Rahmens: $h = 4,00$ m und $h = 8,00$ m
3. Verhältnis zwischen Vertikallast P und planmäßiger Horizontallast H : $H/P = 0,1$ und $H/P = 0,01$

Zu jedem einzelnen System wurden die Lasten ermittelt, bei denen die Nachweise nach den beiden Näherungsverfahren gerade noch erfüllt sind, und mit diesen Werten die Nachweise geführt.

Das System wurde absichtlich mit einer hohen, in der Praxis meistens vorhandenen Riegelquerkraft untersucht, um vor allem die Gleichung (30) der Normvorlage zu überprüfen. In dieser Gleichung wird der Einfluß der Theorie II. Ordnung auf die Tragfähigkeit von längskraftfreien Tragwerksteilen berücksichtigt.

Die Ergebnisse der Näherungsverfahren wurden an den Ergebnissen der "genauen" Elastizitätstheorie II. Ordnung gemessen. Hierzu wurden jeweils die bei den Nachweisen erreichten Werte miteinander verglichen.

3.4.1 Vereinfachte Berechnung nach Elastizitätstheorie

II. Ordnung

Die Ergebnisse nach diesem Verfahren lagen gegenüber der genauen Elastizitätstheorie II. Ordnung grundsätzlich auf der sicheren Seite. Es zeigte sich eine eindeutige Abhängigkeit von der Zahl η_r , die als Maß für die lastbezogene Stockwerkssteifigkeit dient (Diagramm 1).

Für $\eta_r > 2,4$ sind die Abweichungen gegenüber der "genauen" Theorie II. Ordnung kleiner als 4%. Für $\eta_r < 1,5$ liegen die Ergebnisse zwischen 25% und 50% auf der sicheren, also unwirtschaftlichen Seite. Dies liegt vor allem daran, daß durch den Faktor 1,2, mit dem die Durchbiegung der aussteifenden Stiele gegenüber der Stabsehne berücksichtigt werden soll, auch die Längskräfte der Pendelstiele erhöht werden, die jedoch an der Durchbiegung der aussteifenden Stiele keine Arbeit leisten.

Der Einfluß der Theorie II. Ordnung ist bei gleichbleibenden Stielen umso größer, je tragfähiger der Riegel wird, da die Tragfähigkeit des Gesamtsystems größer wird und der Stiel eine höhere Last erhält. Daher waren die Abweichungen zwischen dem Näherungsverfahren und der "genauen" Berechnung umso größer, je steifer der Riegel gewählt wurde.

Für die längeren Stiele wurden ebenfalls größere Abweichungen zwischen dem Näherungsverfahren und dem "genauen" Verfahren festgestellt als für die jeweils kürzeren Stiele. Auch hier ist der größere Einfluß der Theorie II. Ordnung ausschlaggebend.

Ebenso ist der Einfluß der Theorie II. Ordnung umso größer, je kleiner die planmäßigen Querlasten sind. Deshalb werden in der Regel die Abweichungen zwischen der Näherungstheorie und der "genauen" Theorie für die jeweils kleinere planmäßige Querlast größer.

3.4.2 Vereinfachte Berechnung nach dem Ersatzstabverfahren

Die Ergebnisse nach dem Ersatzstabverfahren lagen grundsätzlich gegenüber der "genauen" Theorie II. Ordnung auf der sicheren Seite. (Diagramm 2). Die Abweichungen waren jedoch sehr groß. Sie lagen zwischen 4% und über 200%. Eine Abhängigkeit von der Zahl η_r ist ebenfalls vorhanden, die Streuung ist jedoch wesentlich größer als beim vereinfachten Berechnungsverfahren nach Theorie II. Ordnung (Diagramm 1).

Die Abweichungen betragen auch bei Zahlen $\eta_r \approx 3$ noch ca. 20%. Dies gilt vor allem für die Rahmen mit kurzem Stiel (= Einfluß Theorie II. Ordnung gering). Bei den Rahmen mit längerem Stiel treten größere Abweichungen erst bei Zahlen $\eta_r \leq 2$ auf.

Wie bei den Ergebnissen aus der vereinfachten Berechnung nach Theorie II. Ordnung sind die Abweichungen bei kleinen Querkraftlasten und tragfähigeren Riegeln größer als bei höheren Querkraftlasten und schwächeren Riegeln.

Die hohen Abweichungen sind vor allem durch die Anwendung von Gleichung (30) der Normvorlage begründet, die für längskraftfreie Stäbe gilt und im Nachweis das 1,4-fache Verhältnis von vorhandener Längskraft zur idealen Knicklast der angrenzenden Stabteile berücksichtigt.

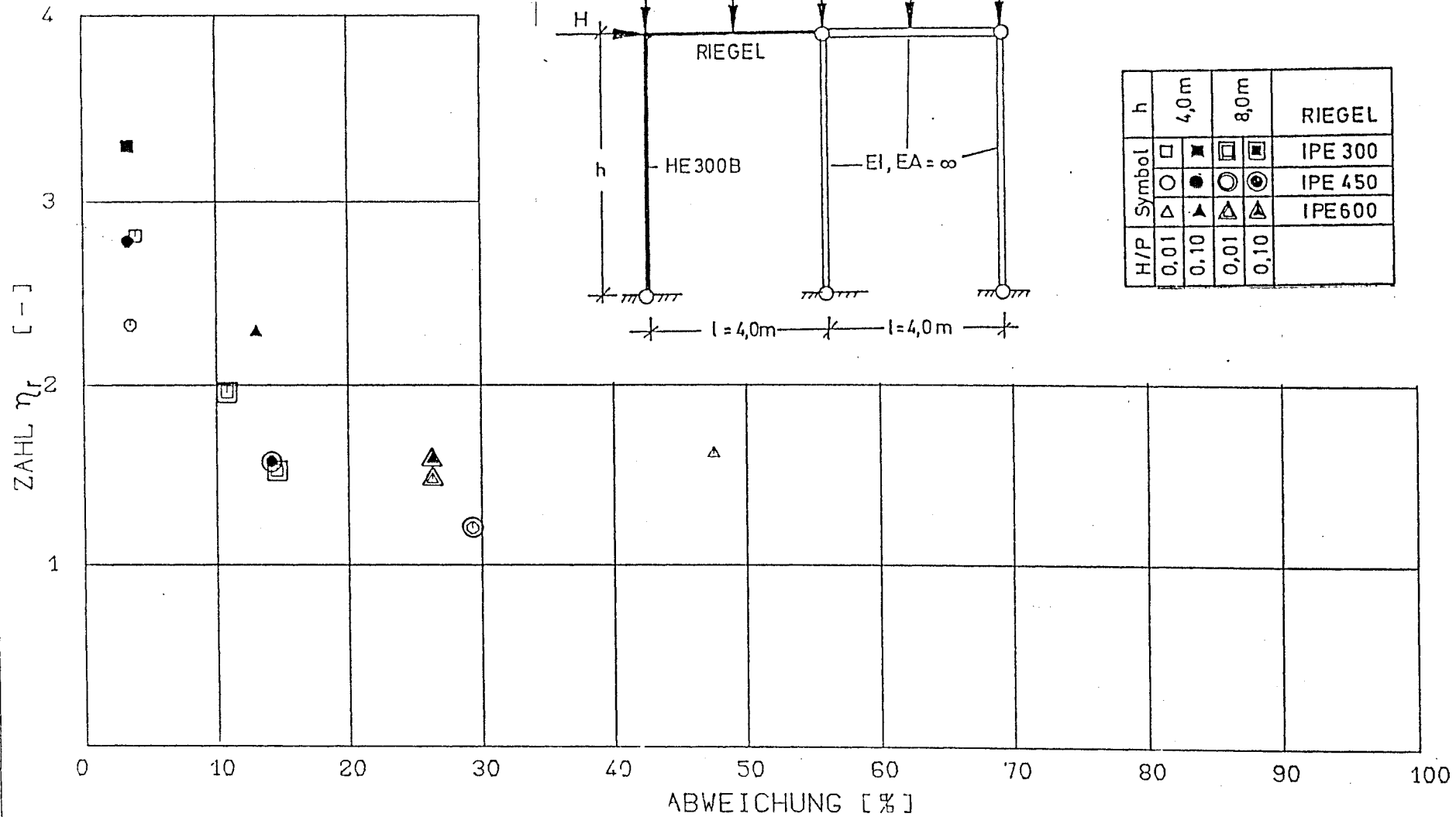
3.5 Zusammenfassung

Die beiden im Entwurf zur DIN 18800 Teil 2 vorgesehenen Näherungsverfahren für die Berechnung von verschieblichen Rahmen wurden anhand einer Beispielberechnung hinsichtlich ihrer Aufwendigkeit und ihrer Verständlichkeit sowie anhand einer Parameterstudie hinsichtlich ihrer Zuverlässigkeit untersucht.

In Bezug auf ihre Aufwendigkeit sind beide Verfahren dann gleich zu bewerten, wenn für das Ersatzstabverfahren Grundlösungen des Systems zur Ermittlung der kleinsten Verzweigungslast bekannt sind. Wenn diese Lösungen nicht bekannt sind, führt die vereinfachte Berechnung nach Theorie II. Ordnung schneller zum Ziel.

In Bezug auf die Verständlichkeit wurde festgestellt, daß die Regelungen beider Abschnitte nicht in allen Punkten eindeutig formuliert sind und Anlaß zu Mißverständnissen geben können. Hier sind einige Änderungen und Ergänzungen zu empfehlen.

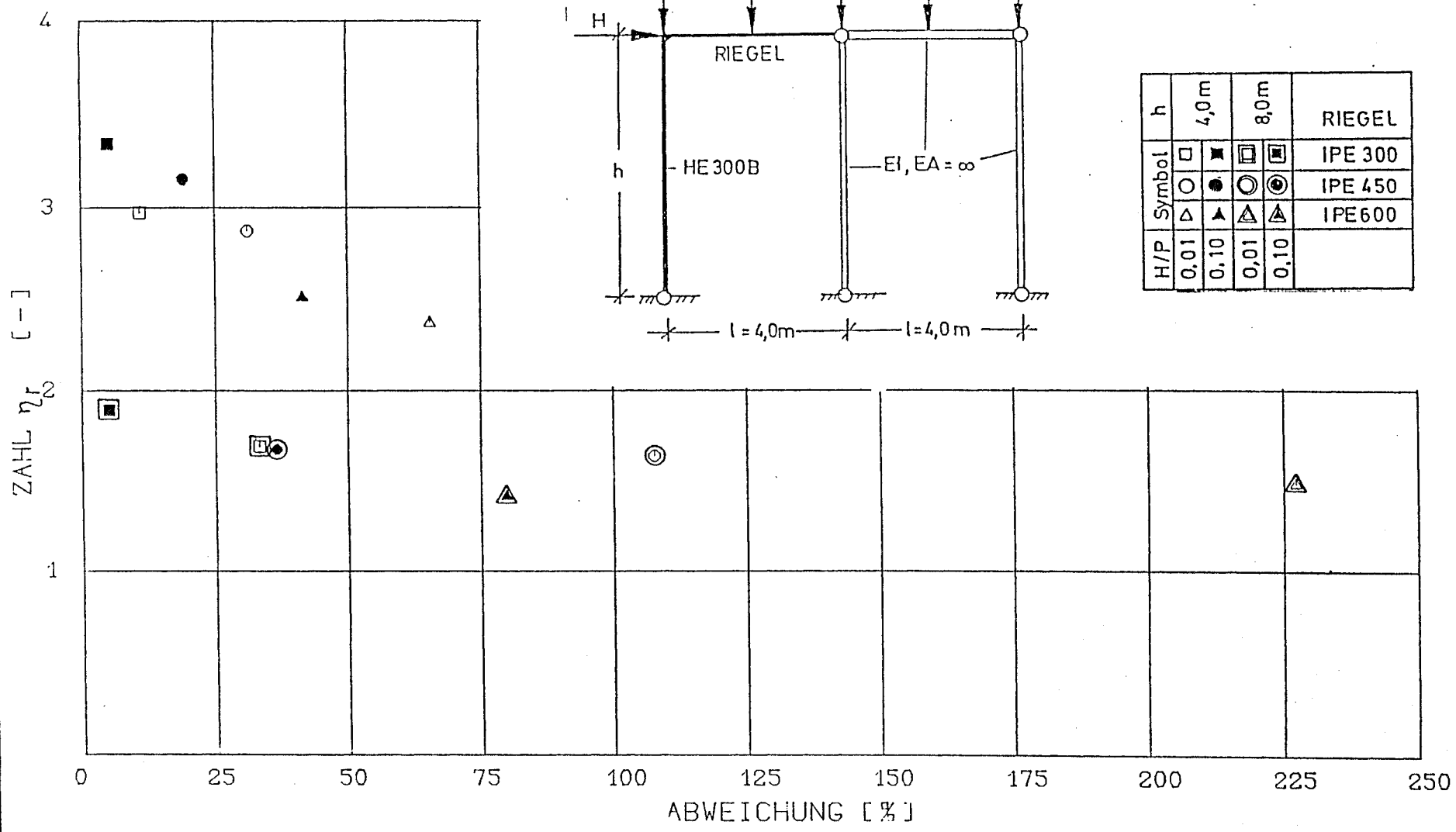
Zur Zuverlässigkeit der Verfahren wird festgestellt, daß beide Verfahren grundsätzlich auf der sicheren Seite liegen. Es sollte klar zum Ausdruck gebracht werden, daß die Ergebnisse für kleine Zahlen η_r weit auf der sicheren (unwirtschaftlichen) Seite liegen können und daß beim Ersatzstabverfahren die ermittelten Schnittgrößen von den realen Schnittgrößen z.T. erheblich abweichen.



THD JUNGBLUTH
HAHN

VEREINF. BERECHNUNG NACH THEORIE II. ORDNUNG
ABWEICHUNG GEGENUEBER DER "GENAUEN" THEORIE II. ORDNUNG

DIAGRAMM 1



4. Kurzfassung

Zum Schlußbericht des Forschungsvorhabens:

"Abschließende Auswertung nationaler und internationaler Forschungsergebnisse auf dem Gebiet der Stabilität im Stahlbau und darauf aufbauende Ausarbeitung von Bemessungsvorschlägen für die Normen DIN 18800 Teil 2, Teil 3 und Teil 4".

Kurztitel: Stabilität im Stahlbau, Teil IV

Forschungsleiter: Prof. Dr.-Ing. Otto Jungbluth

Sachbearbeiter: Dipl.-Ing. U. Fritzsche u.a.

Durchgeführte Arbeiten

Im Rahmen des Forschungsvorhabens wurden folgende Arbeiten durchgeführt:

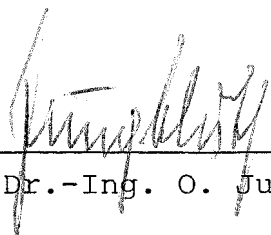
- Vorbereitung und Teilnahme an den Sitzungen des NABau-Arbeitsausschusses "Stabilität im Stahlbau"
- Bearbeitung der Einsprüche zum Gelbdruck von DIN 18800 Teil 2
- Vorbereitung und Teilnahme an Sitzungen im kleinen Kreis in Karlsruhe und Darmstadt
- Erstellung der Arbeitspapiere für alle Sitzungen
- redaktionelle Überarbeitung des gesamten Gelbdrucks von DIN 18800 Teil 2
- Vergleich verschiedener Näherungsverfahren

Zweck des Forschungsvorhabens

Unterstützung des NABau-Arbeitsausschusses DIN 18800 bei der Neufassung der deutschen Stabilitätsnorm DIN 18800 durch Ausarbeitung von Vorentwürfen für einzelne Normteile. Bearbeitung der Einsprüche zum Gelbdruck von DIN 18800 Teil 2.

Darmstadt, 1.3.1984

Forschungsleiter
Prof.Dr.-Ing. O. Jungbluth



Prof.Dr.-Ing. O. Jungbluth

Literatur

- /1/ Lindner, J./Gietzelt, R.
"Vergleich verschiedener Bemessungskonzepte
für das Biegedrillknicken bei zweiachsiger
Biegung mit Längskraft"
Forschungsbericht Nr. 2041, TU Berlin
- /2/ Roik, K./Kindmann, R.
"Das Ersatzstabverfahren - Eine Nachweisform
für den einfeldrigen Stab bei planmäßig ein-
achsiger Biegung mit Druckkraft"
Stahlbau 50, 1981, Heft 12, S. 353 ff.
- /3/ Roik, K./Kindmann, R.
"Das Ersatzstabverfahren - Tragsicherheitsnach-
weise für Stabwerke bei einachsiger Biegung und
Normalkraft"
Stahlbau 51, 1982, Heft 5, S. 137 ff.
- /4/ Arbeitspapier 1/XXV/DIN 18800
(vgl. Anlage 1)

Anlagen

- Anlage 1 Arbeitspapiere der 22.-25. Sitzung
des NABau-Arbeitsausschusses
"Stabilität im Stahlbau"
- Anlage 2 Einsprüche zum Gelbdruck von DIN 18800
Teil 2
- Anlage 3 Dr. J. Hahn:
Vergleichende Untersuchung über
"Vereinfachte Berechnung nach Elastizi-
tätstheorie II. Ordnung"
und
"Vereinfachte Berechnung nach dem
Ersatzstabverfahren".

"Anlagen 1, 2 und 3" befinden sich beim Institut für
Bautechnik, Berlin.

1.8.84 ut