

NEUE HILFSMITTEL ZUR BEMESSUNG VON SCHLANKEN STAHLBETONSTÜTZEN

Quast, U. (1), Galgoul, N. S. (2), Pinto, A. F. (3)

KURZBESCHREIBUNG

Bemessungshilfe für schlanke Stahlbetonstütze nach Eurocode 2
Es werden die Grundlagen neuer Bemessungshilfen erläutert, welche eine wesentlich grössere Genauigkeit ergeben als die bisher weit benutzten Kordina-Diagrammen, die im wohlbekanntem Heft 220 des DAfSb entstanden sind. Ein zusätzlicher Vorteil dieser Diagrammen, die nach Eurocode 2 entwickelt wurden, wäre ihre Anwendung für die Bemessung von Stahlbetonquerschnitten.

New Design Charts for Slender Reinforced Concrete Columns Based on Eurocode 2

The basis for the development of new design charts are presented, which are considerably more accurate than the so far widely employed Kordina Diagrams, published in the well known DAfSb Volume 220. An additional advantage of these charts, developed according to the Eurocode 2, is their usefulness for cross-sectional design.

Nouvelle Chartes pour le Calcul de Piles Minces en Béton Armé selon l'Eurocode 2

Ils sont présentées les bases pour le développement de nouvelles chartes, considérablement plus exactes que celles habituellement employées jusqu'au présent et bien connues comme les "chartes de Kordina", publiées au DAfSb Volume 220. Une avantage additionnelle présentée par ces chartes, développées selon l'Eurocode 2, est son utilisation aussi pour le calcul des sections en béton armé.

1.0 - EINLEITUNG

Der Aufbau von Diagrammen für die Bemessung von schlanken Stahlbetonstützen stellt sich, wegen der großen Zahl der beeinflussenden Parameter, als ein

schwieriges Problem dar. Solche Bemessungshilfe sind, infolgedessen, in der entsprechenden Fachliteratur nur wenige, die, außerdem, nur näherungsweise Lösungen beinhalten.

Der erste große Beitrag zur Herstellung von Bemessungsdiagrammen dieser Art hat Windels /1/ geliefert, in dem er den Ersatz des üblichen senkrechten Achsensystems vorgeschlagen hat, durch eins wo die entsprechenden horizontalen Achsen auf einen Punkt konvergieren. Mit der Anwendung eines Korrekturmaßstabes für Punkte mit anderen Schlankheiten hat er dadurch das erste wirklichkeitsnahe Bemessungsdiagramm für schlanken Stahlbetonstützen eingeführt.

Kordina /2, 3/ hat den Wert des Windels-Vorschlags anerkannt und versucht, durch verschiedenen Verbesserungen des Korrekturmaßstabes, die Genauigkeit dieses Nomogramms zu erhöhen. Trotz wesentlichen Verbesserungen, welche das Kordina - Nomogramms wohlbekannt gemacht haben, immernoch war seine Genauigkeit unzufriedend.

Infolge der obengenannten Ungenauigkeit Haro und Quast /4/ haben, vor kurzem, auf anderen Grundlagen, ein neues Bemessungsdiagramm entwickelt, welche in diesem Hinsicht zufrieden ist.

Parallel zu der Arbeit von Haro und Quast wurde in Brasilien an der Universidade Federal Fluminense (Bundes Universität Fluminense) /5/, als eine gemeinsame Entwicklung mit der TU Hamburg-Harborg, auch ein neues Bemessungsdiagramm vorbereitet, daß, aber, die Windels/Kordina Ideen noch behaltet. Der Ziel dieser Forschungsauftrag war nicht nur ein genaueres Knicknomogramm zu liefern aber auch eins welche gleichzeitig für die Querschnittsbemessung verwendet werden könnte.

Die Beschreibung des Aufbaus dieses Nomogramms, gezeigt beispielweise in Bild 1, ist der Zweck dieses Beitrags.

2.0 - GRUNDLAGEN UND PARAMETER DES NOMOGRAMMS

Es wird in folgender Beschreibung angenommen, daß ein Rechenprogramm für die "strenge" Lösung des Knickproblems (nach Eurocode 2) vorhanden ist. Anders gesagt dies bedeutet, daß für eine Stütze mit bekannte Bewehrungsmenge und -verteilung und durch vorgegebene Normalkraft und eine allgemeine Querkraft beansprucht, den Höchstwert dieser allgemeine Querkraft, mit der

Berücksichtigung der Nichtlinearitäten des Problems (Geometrie und Baustoffeigenschaften), bestimmt werden kann.

Das beispielweise gegebene Nomogramm gilt für die übliche, durch exzentrische Normalkraft belastete, Kragstütze, wessen entsprechendes Moment als allgemeine Querkraft gilt. Die Hauptparameter verwendet zum Aufbau eines adimensionales Nomogramms sind:

ω - mechanischer Bewehrungsgrad;

v - bezogene Normalkraft;

μ - bezogenes Biegemoment;

λ - Schlankheit bezogen auf das Trägheitsradius.

3.0 - AUFBAU DES NOMOGRAMMS

Das vorgeschlagene Nomogramm wird in zwei ziemlich unabhängigen Teilen aufgebaut:

- auf der linken Seite gibt es ein Nomogramm, welche das übliche Querschnittsbemessungsdiagramm entspricht, wovon es sich unterscheidet, aber, weil die Familie der Geraden mit konstantem Moment auf einem Punkt an der Normalkraftachse konvergiert, und auch weil der Maßstab für die Normalkraftachse exponential gewählt wurde;

- auf der rechten Seite wird ein Diagramm mit zwei Familien von Korrekturkurven aufgebaut, welche zunächst geklärt werden:

1. Familie: Schlankheitskurven

Eingetragen werden Kurven mit konstanter

Schlankheit in Abhängigkeit von der Normalkraft. Alle Kurven konvergieren auf den gleichen Punkt des Normalkraftachses des Diagramms der linken Seite als werden die geraden mit konstanten Momenten. Dieser Punkt gilt für die rechte Seite als der Punkt mit Normalkraft null, worauf konvergieren alle Schlankheitskurven weil es dafür keine korrektion infolge

Theorie II Ordnung gibt;

2. Familie: Normalkraftkurven

Kurven mit konstanter Normalkraft werden in Abhängigkeit von der Schlankheit aufgezeichnet. Alle Kurven konvergieren, in gleicher Weise, auf dem selben Punkt, da es auch keine Korrektur gibt wenn die Schlankheit null ist.

Demnächst werden die Schritte zum Aufbau des Nomogramms angegeben:

1. Schritt: Berechnung des Punktes des Nomogramms

Das obengenannte Rechenprogramm wird, für verschiedene

Parameter-Kombinationen, für die Bestimmung der kritischen Querbemessung verwendet. Beispielweise sind, für den Aufbau des im Bild 1 gegebenen Nomogramms, folgende Parameterwerte benützt worden:

$\lambda = 0, 40, 80, 120, 160$ und 200 ;

$\omega = 0, 0.3, 0.6, 0.9, 1.2$ und 1.5 ;

$v = 0, -0.2, -0.4, -0.6, -0.8, -1.0$ und -1.2 .

2. Schritt: Aufbau des Diagramms auf der linken Seite

Diese Seite des Nomogramms wird mit den im ersten Schritt berechneten Werten zusammengestellt, allerdings nur für die Werte mit Schlankheit null.

Ein Punkt, durch " v ", " μ " und " ω " bestimmt, wird auf das

Diagramm in folgenderweise eingeführt:

- die Werte " μ " und " v " werden beziehungsweise auf der Momenten- und Normalkraftachse eintragen;

- mit einer gerade, der Punkt " μ " auf der Momentenachse und ein vorgewählter Punkt auf der Normalkraftachse (z. B. 50% höher als der größte berücksichtigte Wert) verbinden;

- die intersection dieser gerade mit einer anderen senkrecht zum Punkt " v " auf der Normalkraftachse bestimmt den Punkt " v ", " μ ", " ω ".

Diese Sequenz wird für alle Punkte der Parameterkombinationen mit $\lambda = 0$ wiederholt. Verbindet man, danach, alle Punkte mit gleichem " ω " so erhielt man die entsprechende Kurven. Die Kurven mit konstanter Normalkraft sind eingetragen nur um die Lesbarkeit des Nomogramms zu erleichtern.

Es muß noch betont werden, daß diese Seite des Nomogramms ist "exact" (selbstverständlich so "exact" wie die Berechnungsannahmen die für Stahlbeton verwendet werden).

(1) Prof. Dr.-Ing. TU Hamburg/Harborg

(2) Prof. Dr.-Ing. U. F. Fluminense/U. F. Rio de Janeiro

(3) Eng. MSc. U. F. Fluminense

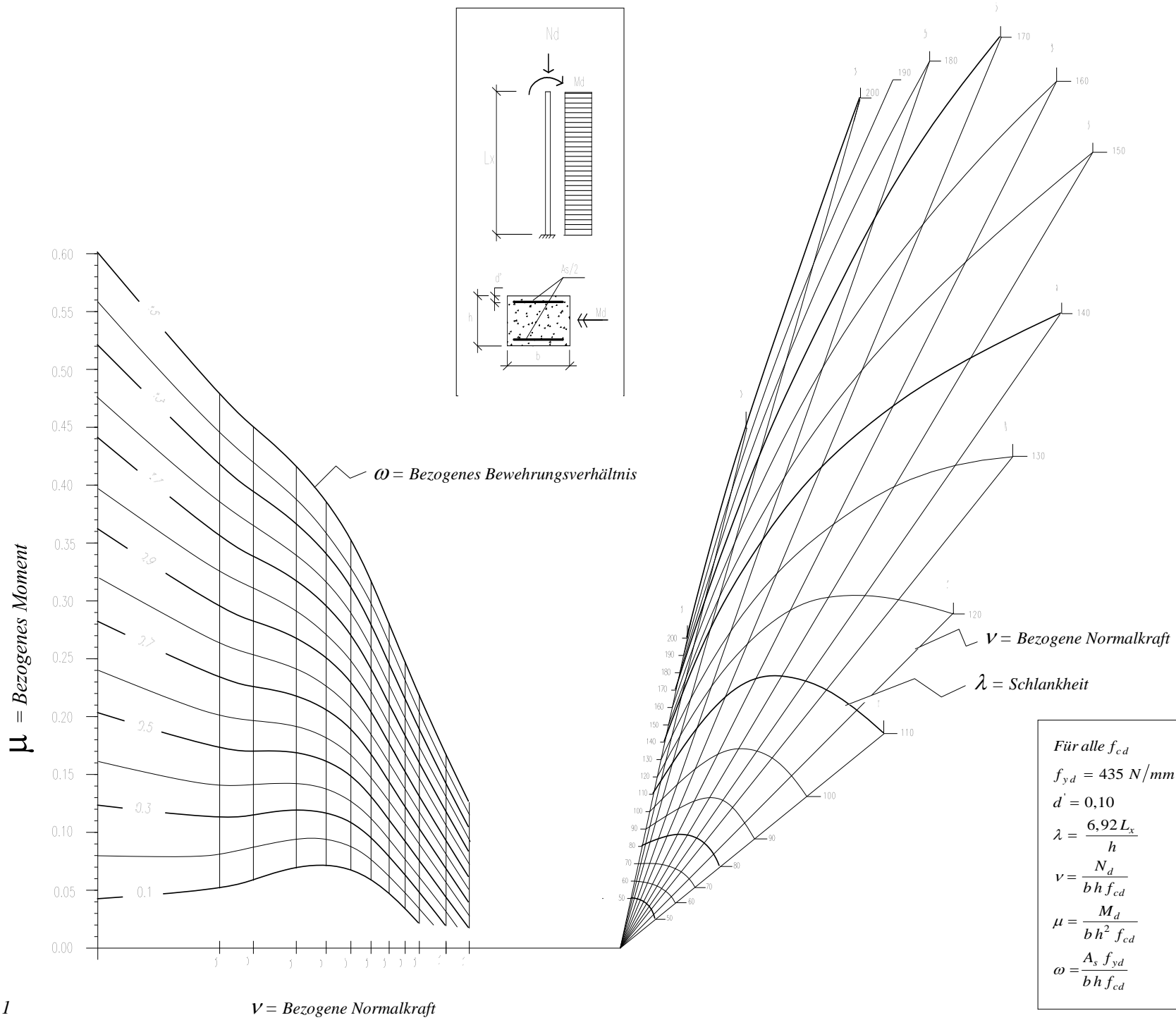


Bild 1

v = Bezogene Normalkraft

3. Schritt: Aufbau der Korrekturkurven

Es wird auf Bild 2 beispielweise gezeigt wie eine Korrekturkurve, ohne weiteres, anhand nur zwei Kurven mit konstantem Bewehrungsgrad auf der linken Seite, berechnet werden kann.

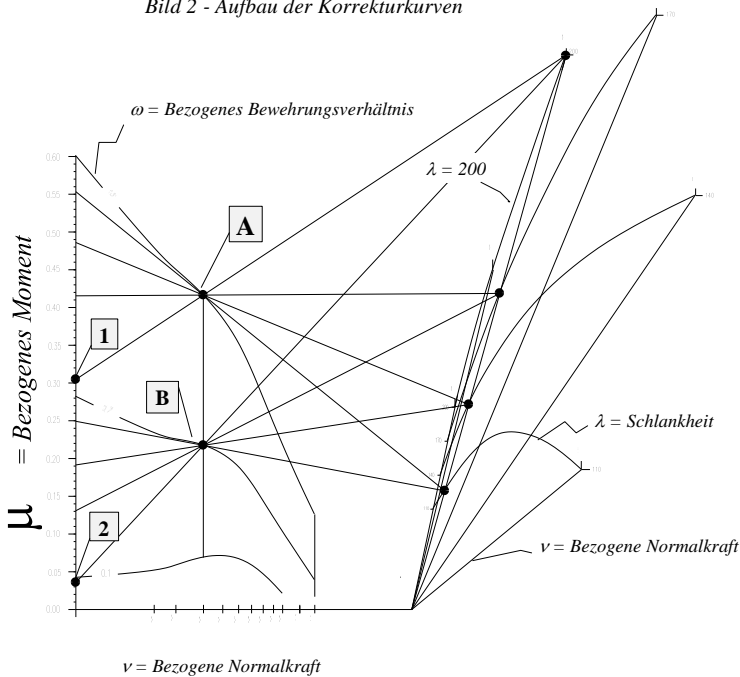
Seien, zum Beispiel, die gewählte Kurven $\omega = 0.7$ und $\omega = 1.5$. Seien, noch die in Bild 2 gekennzeichneten Punkte A und B, welche der Normalkraft $v = -0.2$ entsprechen.

Die Punkte 1 und 2, auch in Bild 2, sind die höchste tragbare Momente der Stütze mit Schlankheit 200 beziehungsweise für die zwei berücksichtigten Bewehrungsgrade.

Die Intersection der Geraden 1-A und 2-B liefert den Punkt der Korrekturkurven für $\lambda = 200$ und $v = -0.2$. Die Bestimmung anderen Punkten für andere Werte der Parameter "v" und "λ" führt zu den zwei obengenannten Kurvenfamilien. Da die Verbindung dieser Punkte keine schöne Kurve aufweist wurde dies mit angepaßten Splinekurven gemacht [6].

Der exponentiale Mastab der Normalkraftachse ($x = v^n$) wurde verwendet um die Höhe des Diagramms auf der rechten Seite zu kontrollieren. Der Exponent "n" wurde gewählt sodaß beide Diagrammen ungefähr die gleiche Höhe darstellen. Werte für "n" zwischen 0.3 und 0.9 würden verwendet für andere Betondeckungen und andere Lastfälle.

Bild 2 - Aufbau der Korrekturkurven



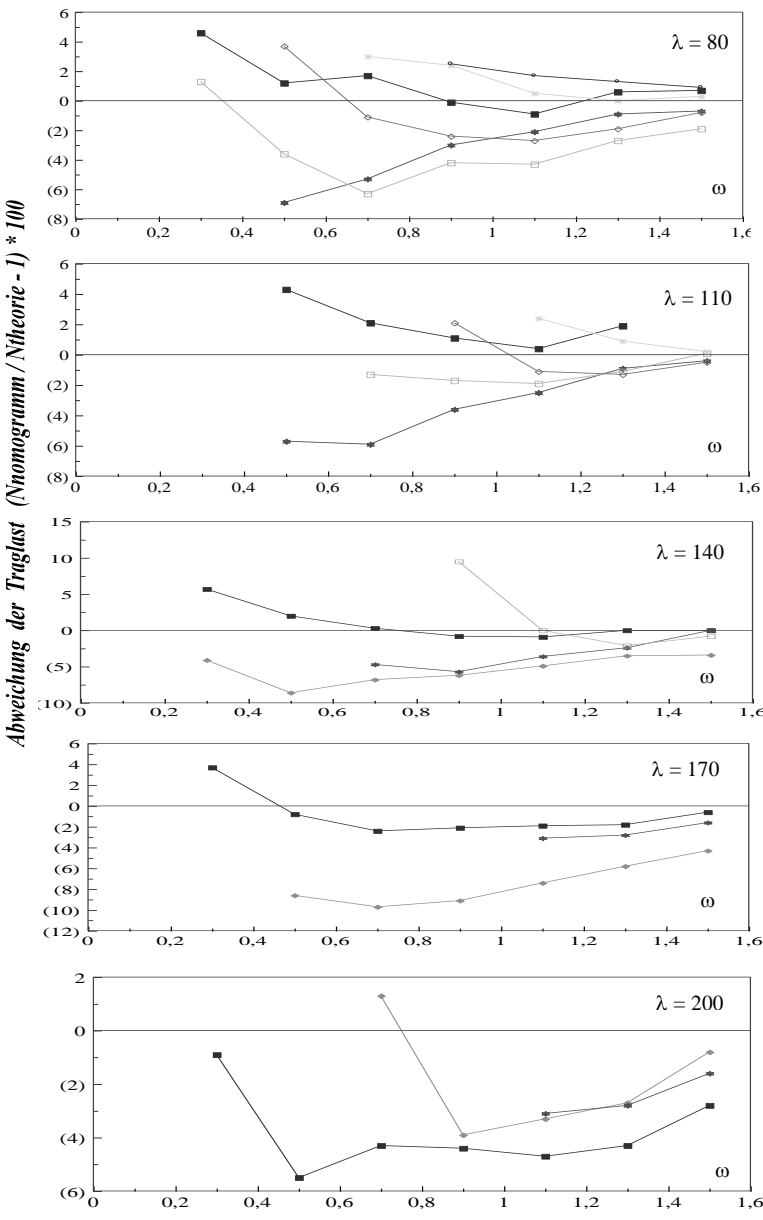
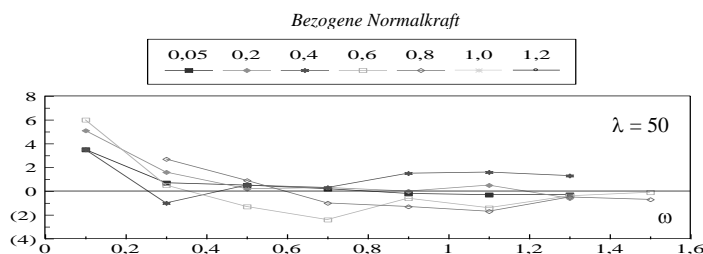
4.0 - GENAUIGKEIT DES NOMOGRAMMS

Die Genauigkeit des gegebenen Nomogramms wurde für viele Kombinationen der Schlankheit, der Normalkraft und des Bewehrungsgrades geprüft. Bild 3 zeigt die Abweichung der verglichene Werteder Traglast (Normalkraft für gleiche exzentrizität) für die obengenannten Kombinationen. Der Mittelwert, für 148 berücksichtigten Fälle, war 0,985 mit einer Streuung von 3,1%.

$$\text{Streuung } \bar{s} = \sqrt{\frac{\sum(\epsilon - \bar{\epsilon})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{14164}{147}} = 3,1\%$$

$$\text{Fehler } \bar{\epsilon} = -1,5\%$$

Bild 3



5.0 - ZUSAMMENFASSUNG

Es wurde gezeigt daß die wohlbekanntes Kordina-Diagrammen, für die Bemessung von schlanken Stahlbetonstützen, viel größere Genauigkeit aufweisen können, wenn sie aufgrund anderen Korrekturparametern hergestellt werden.

Die Einführung dieser neuen Parameter und der Aufbau neuer Korrekturkurven wurde hier beschrieben.

Die neu eingefürten Bemessungshilfe sind außerdem auch für die Querschnittsbemessung andwendbar.

6.0 - LITERATUR

- /1/ Windels, R.: Graphische Hilfsmittel zur Bemessung von Stahlbetonstützen bei Knickgefahr, Beton- und Stahlbetonbau 63 (1968) H.5, S.102-110;
- /2/ Kordina, K., Quast, U.: Bemessung von Beton und Stahlbetonbauteilen nach - DIN 1045, Nachweis der Knicksicherheit . Deutscher Ausschuss für Stahlbeton, Heft;
- /3/ Kordina, K.: Beton-Kalender, Ernst & John - Berlin 1971, 1975, 1979,1993;
- /4/ Haro, C. Eduardo: Neuartige Hilfsmittel zur Stützenbemessung nach Eurocode 2, Beton-und Stahlbetonbau 89, heft 8, 1994.
- /5/ Pinto, A. Figueira: Otimização de Recursos Gráficos para Dimensionamento Prático de Colunas Esbeltas de Concreto Armado, U.F.F. - RJ, 1994;
- /6/ Foley, VanDan, Huhes, Feiner: Computer Graphics Principles and Practice, Adclisson, Wsley Publishing Co., 1992