



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



Veröffentlichungsnummer: **0 451 798 A2**

12

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

21 Anmeldenummer: **91105623.2**

51 Int. Cl.⁵: **E04C 5/03**

22 Anmeldetag: **09.04.91**

30 Priorität: **09.04.90 DE 4011486**

43 Veröffentlichungstag der Anmeldung:
16.10.91 Patentblatt 91/42

54 Benannte Vertragsstaaten:
AT BE CH DE DK FR GB IT LI LU NL SE

71 Anmelder: **INSTITUT FÜR STAHLBETON
BEWEHRUNG E.V.**
Landsberger Strasse 408
W-8000 München 60(DE)

72 Erfinder: **Russwurm, Dieter, Dr.-Ing., Inst. für
Stahlbeton**
Bewehrung E.V., Landsberger Strasse 408
W-8000 München 60(DE)
Erfinder: **Martin, Horst, Dr.-Ing., Inst. für
Stahlbeton**
Bewehrung E.V., Landsberger Strasse 408
W-8000 München 60(DE)

74 Vertreter: **Blumbach Weser Bergen Kramer**
Zwirner Hoffmann Patentanwälte
Radeckestrasse 43
W-8000 München 60(DE)

54 **Betonrippenstahl mit kaltgewalzten Schrägrippen und dessen Verwendung.**

57 Bei einem Betonrippenstahl mit einem Kohlenstoffgehalt von 0,05 bis 0,24 Gewichts-% und einem Mangan-gehalt von 0,2 bis 1,2 Gewichts-%, der kaltgewalzte Schrägrippen aufweist, die ohne die Ausbildung einer Längsrippe in Form von wenigstens zwei in Richtung der Stablängsachse verlaufenden Rippenreihen angeordnet sind, werden durch die Rippengeometrie die Gleichmaßdehnung, das Streckgrenzenverhältnis und der Verbund so gestaltet, daß er sowohl bei linearen Bemessungen als auch bei nicht linearen Bemessungsverfahren eingesetzt werden kann.

EP 0 451 798 A2

Die Erfindung betrifft einen Betonrippenstahl mit einem Kohlenstoffgehalt von 0,05 bis 0,24 Gewichts-% und einem Mangangehalt von 0,2 bis 1,2 Gewichts-%, der kaltgewalzte Schrägrippen aufweist, die ohne die Ausbildung einer Längsrippe in Form von wenigstens zwei, in Richtung der Stablängsachse verlaufenden Rippenreihen angeordnet sind.

5 Die bisher üblichen gerippten Betonstähle (Betonrippenstähle, DIN 488) haben als wesentliche Gebrauchseigenschaften neben der Streckgrenze die Bruchdehnung A_{10} oder A_5 sowie eine Rippengeometrie die einen ausreichenden Verbund mit dem Beton sicherstellt.

In der Bundesrepublik Deutschland ist die Bemessung durch DIN 1045 festgelegt. Danach darf nur nach linearem Bemessungsverfahren gearbeitet werden. Lediglich in Sonderfällen ist eine sogenannte Momentenumlagerung bis zu maximal 15 % zulässig.

10 Im Rahmen der europäischen Harmonisierungsbestrebungen werden nunmehr Regelwerke für die Bemessung von Stahlbeton (Eurocode 2), für seismische Beanspruchung (Eurocode 9) und für Betonstähle EN 10080 erarbeitet bzw. liegen im Vorentwurf vor.

Bei den Bemessungsverfahren gestattet man neben den rein linearen Verfahren zusätzlich auch 15 Verfahren, die mit erhöhter Momentenumlagerung oder gar weitgehender Plastizität arbeiten. Ein Maß für die Momentenumlagerung ist die "Gelenkrotation" plastischer Gelenke, die durch den Rotationswinkel θ erfaßt wird (Literaturhinweis: Langer "Verdrehfähigkeit plastifizierter Tragwerksbereiche im Stahlbetonbau", Mitteilungen 1987/1, Institut für Werkstoffe im Bauwesen, Universität Stuttgart).

Wird im Bereich eines großen Momentes, z. B. an der Momentenspitze unter einer Einzellast oder über 20 der Zwischenstütze eines Durchlaufträgers, die Fließgrenze im Stahl der Zuggurtbewehrung erreicht, dann nimmt die Krümmung bei steigender Last dort örtlich über eine kurze Länge bei fast gleichbleibendem Moment rasch zu. Es bildet sich ein plastisches Gelenk. Die Durchbiegung infolge der Gelenkrotation wird durch den Rotationswinkel im Bereich des plastischen Gelenkes erfaßt. Dieser Rotationswinkel, das heißt die Verdrehung an dieser Stelle setzt sich zusammen aus einer elastischen Verdrehung und einer 25 plastischen Verdrehung. In Anlehnung an den CEB-Vorschlag (Literaturhinweis: Eurocode No. 2 "Design of Concrete Structure" Part 1, Final Draft (December 1988)) werden die Verdrehungsanteile wie folgt definiert:

Gesamtverdrehung θ

30 Die Gesamtverdrehung entspricht den über die Trägerlänge aufsummierten Krümmungen im Bruchzustand und damit den in Versuchen am Einfeldträger gemessenen Verdrehungen der Endquerschnitte.

Elastische Verdrehung θ_{el}

35 Der Träger wird bis zum Streckgrenzmoment belastet und die Krümmungen über die Trägerlänge aufsummiert.

Plastische Verdrehung θ_{pl}

40 Die plastische Verdrehung umfaßt die zusätzlichen Krümmungen, die nach Überschreiten des Streckgrenzenmomentes bis zum Bruch des Trägers auftreten.

Bemessungsverfahren bei denen örtlich plastische Verformungen der Bewehrung, das heißt eine Gelenkrotation ausgenutzt werden, benötigen Gebrauchseigenschaften des Betonstahls die von den bisherigen Konzepten für lineare Bemessungsverfahren abweichen. Die Gebrauchsfähigkeit von Betonstählen bei 45 denen örtlich plastische Verformungen in die Bemessung einbezogen werden, ist im wesentlichen bestimmt durch

- die Gleichmaßdehnung A_g
- das Streckgrenzenverhältnis R_m/R_e und
- den Verbund.

50 In Fig. 1 ist der Einfluß der Gleichmaßdehnung A_g auf die Verdrehfähigkeit dargestellt. Auf der X-Achse ist die Länge eines an den Enden aufliegenden Trägers und auf der Y-Achse die Krümmung aufgetragen. Die gestrichelte Kurve stellt die Verhältnisse für einen Stahl 1 mit einer Gleichmaßdehnung A_g von 2 % und die ausgezogene Linie die Verhältnisse für einen Stahl 2 mit einer Gleichmaßdehnung A_g von 5 % dar. Es ist ersichtlich, daß bei einer Vergrößerung der Gleichmaßdehnung die Verdrehfähigkeit wesentlich erhöht 55 wird. In das Diagramm sind auch die Rotationswinkel θ der Gelenkrotation für die beiden Fälle eingetragen.

Fig. 2 stellt den Einfluß der Stahlkennlinie auf mögliche Momentenumlagerungen in Abhängigkeit vom Verhältnis Zugfestigkeit/Streckgrenze dar. Auch hier ist ersichtlich, daß bei einer Vergrößerung dieses Verhältnisses die Summe aus Verkehrs- und Eigenlast wesentlich vergrößert werden kann.

In Fig. 3 ist die Dehnung ϵ eines Betonrippenstahls an einem Betonriß in Abhängigkeit vom Verbund dargestellt. Die ausgezogene Linie charakterisiert einen harten Verbund, wie er bei hohen Rippen, die nahezu senkrecht zur Stabachse verlaufen und einen großen Abstand voneinander aufweisen, vorliegt, wobei das Dehnvermögen des Betonrippenstahls auf den Bereich des Risses begrenzt ist; die punktierte

5 Linie charakterisiert einen weichen Verbund, bei dem sich das Dehnvermögen und die Verformung des Betonstahls nicht auf den Bereich des Risses beschränkt, da sich bei Erhöhung der Spannung an den beiden Rißufern der Beton leichter vom Stahl löst. Hierdurch wird eine größere freie Dehnlänge geschaffen.

Das Verbundverhalten von Betonstählen wird üblicherweise durch die Festlegung eines Wertes für die bezogene Rippenfläche f_R beschrieben. Dieser Wert erfaßt das Verbundverhalten nur für den elastischen

10 Bereich der Spannungs-Dehnungslinie des Stahles. Hierbei wird der Einfluß von Rippenhöhe und Rippenabstand auf die Sprengwirkung, d.h. auf ein frühzeitiges Verbundversagen aufgrund auftretender Verschiebungen zwischen Stahl und Beton nicht berücksichtigt.

Bei einer Bemessung des Bewehrungselementes unter Ausnutzung örtlicher plastischer Verformungen können die Relativverschiebungen zwischen Stahl und Beton nicht mehr unberücksichtigt bleiben. Die

15 Rippengeometrie muß im Hinblick auf das Verbundverhalten im plastischen Bereich der Spannungs-Dehnungslinie des Stahles so ausgebildet werden, daß unter Vermeidung einer Sprengwirkung möglichst große Relativverschiebungen zwischen Stahl und Beton auftreten können.

Aufgabe der Erfindung ist es, einen Betonrippenstahl verfügbar zu machen, der sich gegenüber bekannten kaltgerippten Betonstählen durch eine höhere Gleichmaßdehnung, ein größeres Verhältnis

20 Zugfestigkeit/Streckgrenze und einen weicheren Verbund auszeichnet. Es soll auch bei den größeren Relativverschiebungen die bei nicht linearen Bemessungsverfahren unter Ausnutzung plastischer Verformungen der Bewehrung zwischen Beton und Stahl auftreten können, ein Absprengen des Betons vermieden werden. Die Richtfähigkeit des Stabes mittels Richtrollen soll verbessert werden.

Der erfindungsgemäße Betonrippenstahl ist durch die Merkmale des Anspruches 1 gekennzeichnet.

25 Vorteilhafte Ausgestaltungen dieses Betonrippenstahls sind den Unteransprüchen zu entnehmen.

Der erfindungsgemäße Rippenstahl ist insbesondere als Bewehrungselement für Stahlbetonbauteile geeignet, die unter Ausnutzung örtlicher plastischer Verformungen (Gelenkrotation Θ) der Bewehrung bemessen sind.

Bei dem erfindungsgemäßen Betonrippenstahl sind im Vergleich zu bekannten kaltgewalzten Betonrippenstählen die Rippenabstände c und der Neigungswinkel β der Rippen gegenüber der Stabachse

30 verkleinert. Hierdurch wird der Materialfluß beim Aufbringen der Rippen durch Kaltverformung begünstigt, so daß der Verformungsaufwand für die Erzeugung des Endquerschnittes reduziert werden kann. Die Folge ist eine Verbesserung des Dehnvermögens und des Verhältnisses Zugfestigkeit/Streckgrenze. Außerdem wird aufgrund dieser Rippengeometrie ein weicherer Verbund erzielt und es läßt sich eine maximale

35 Relativverschiebung zwischen Stahl und Beton ohne Absprengen des Betons erreichen.

Betonrippenstähle, die mit 2,3 oder mehr Rippenreihen gemäß dieser Rippengeometrie ausgebildet sind, weisen eine nahezu kreisförmige Einhüllende auf, wodurch sich der bei kaltgewalzten Stählen übliche Richtvorgang vereinfacht und auch der mit dem Richten verbundene Geräuschpegel erheblich herabgesetzt werden kann.

40 Bildet man die Rippenreihen schraubenförmig aus, so erhält man einen über Muffen stoßbaren Stahl.

Vorzugsweise werden die erfindungsgemäßen Betonrippenstähle als Stäbe oder Drähte von Betonstahlmatten eingesetzt.

Die Erfindung wird durch Ausführungsbeispiele anhand von 8 Figuren näher erläutert. Es zeigen

- 45 Fig. 1 den Verlauf der Krümmungen infolge Biegung bei einem Balken mit einer Einzellast in Feldmitte für zwei unterschiedliche Werte der Gleichmaßdehnung,
- Fig. 2 die Summe aus Verkehrs- und Eigenlast in Abhängigkeit vom Verhältnis Zugspannung/Streckgrenze,
- Fig. 3 ein Schaubild zur Veranschaulichung des Einflusses des Verbunds,
- Fig. 4 einen Abschnitt eines erfindungsgemäßen Betonrippenstahles in einer Draufsicht,
- 50 Fig. 5 den Schnitt V-V von Fig. 4,
- Fig. 6 in einer vergrößerten Darstellung den Schnitt VI-VI von Fig. 4,
- Fig. 7 in schematischer Darstellung die Abwicklungen eines bekannten und eines erfindungsgemäßen Betonrippenstahls,
- Fig. 8 die Maximalwerte von $\Delta H/\Delta F_R$ in Abhängigkeit vom Neigungswinkel β für verschiedene
- 55 Reibungswerte $\tan \rho$.

Der in den Figuren 4 bis 6 dargestellte kaltgerippte Betonstahl 1 weist einen in Fig. 5 schraffiert dargestellten etwa kreisförmigen Kernquerschnitt 2, sowie 3 am Umfang verteilt angeordnete Reihen von Rippen 3, 4 und 5 auf, die Teile eines Gewindes zum Aufschrauben eines mit einem Gegengewinde

versehenen Verankerungs- bzw. Verbindungskörper bilden. Die in gleicher Weise ausgebildeten Rippen 3, 4 und 5 erstrecken sich, wie Fig. 5 zeigt, in voller Höhe jeweils nahezu über ein Drittel des Stabumfangs. Die Rippenreihen verlaufen parallel zur Stabachse 6.

Zur Kennzeichnung der Rippenform und der Rippenanordnung dienen die folgenden in den Figuren 4 bis 6 eingetragenen Größen:

- b = Fußbreite der Rippe
- d_s = Nenndurchmesser des Betonstahls
- h = Rippenhöhe
- R = Ausrundungsradius am Rippenfuß in Millimetern
- α = Neigungswinkel der Rippenflanke in Altgrad
- β = Neigungswinkel der Rippe gegenüber der Längsachse 6 des Betonrippenstahls in Altgrad
- c = Abstand der Rippen, gemessen in Längsrichtung des Betonrippenstahls.

Für ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel betragen die geometrischen Größen der Rippen für Betonrippenstäbe eines Nenndurchmessers von 4 bis 16 mm:

d_s	c	c/ d_s	h	c/h	Winkel β	f_R
4	4,0	1,0	0,25	16	30° bis 40°	0,038
5	4,0	0,8	0,30	13,3	30° bis 40°	0,043
6	4,0	0,67	0,31	12,9	30° bis 40°	0,048
7	4,0	0,57	0,34	11,8	30° bis 40°	0,051
8	4,1	0,513	0,38	10,8	30° bis 40°	0,055
8,5	4,3	0,505	0,40	10,75	30° bis 40°	0,056
10	5,1	0,51	0,51	10,0	30° bis 40°	0,060
11	5,0	0,455	0,53	9,43	30° bis 40°	0,063
12	5,5	0,458	0,60	9,17	30° bis 40°	0,065
14	6,0	0,43	0,65	9,23	30° bis 40°	0,065
16	6,6	0,41	0,71	9,3	30° bis 40°	0,065

c/ d_s = auf den Stabdurchmesser bezogener Rippenabstand

c/h = auf die Rippenhöhe in Rippenmitte bezogener Rippenabstand

f_R = bezogene Rippenfläche.

Der Neigungswinkel α der Rippenflanken in Altgrad liegt vorzugsweise im Bereich von $40^\circ < \alpha < 60^\circ$, das Verhältnis Fußbreite b der Rippen zu Rippenhöhe h sollte im Bereich $1,5 \leq b/h \leq 3,3$ liegen.

In Fig. 7 sind schematisch jeweils die Abwicklungen eines bekannten und eines erfindungsgemäßen Betonrippenstahls für jeweils eine Rippenreihe dargestellt. Bei dem bekannten Rippenstahl auf der linken Seite ist ein Neigungswinkel β von 50° und ein auf den Stabdurchmesser bezogener Rippenabstand von c/ d_s von etwa 1,00 zugrundegelegt. Bei dem anmeldungsgemäßen Stahl auf der rechten Seite von Fig. 7 betragen die Werte $\beta = 35^\circ$ und c/ $d_s = 0,5$. Die Eignung für das Richten des Stabes ist umso größer, je mehr sich dessen Außenkontur der eines zylindrischen Körpers nähert. Wird mit 1 die Rippenlänge bezogen auf die Längsrichtung des Stabes, d.h. bezogen auf die Richtung in der der Richtvorgang abläuft, bezeichnet, dann kann die Eignung für das Richten durch das Verhältnis

Rippenlänge 1 / Rippenabstand c

näherungsweise beschrieben werden. Je größer dieses Verhältnis ist, umso mehr wird als Anlagefläche für die Richtrollen die Form eines Rundstabes angenähert. Der Sachverhalt kann wie folgt erfaßt werden

$$\frac{1}{c} = \frac{\pi \cdot d_s}{3} \cdot \frac{1}{\tan \beta} \cdot \frac{1}{c}$$

Diese Gleichung ist unmittelbar aus der Skizze nach Fig. 7 ableitbar. Das Verhältnis $1/c$ liegt für Stähle gemäß DIN 488 sowie Stähle gemäß vorliegender Erfindung innerhalb der folgenden Bereiche:

	c	β	$1/c$
Stahl gem. DIN 488	(0,7 bis 1,0) · d_s	40° bis 60°	0,6 bis 1,8
Stahl gem. Erfindung	(0,4 bis 1,0) · d_s	30° bis 40°	1,25 bis 4,5

Es ist ersichtlich, daß die Werte für $1/c$ bei dem erfindungsgemäßen Stahl im Mittel deutlich höher liegen als bei dem bekannten Stahl gemäß DIN 488.

Es ist bereits daraufhingewiesen worden, daß bei einer Bemessung des Bewehrungselements unter Ausnutzung örtlicher plastischer Verformungen örtlich größere Relativverschiebungen zwischen Stahl und Beton auftreten können, als bei einer linearen Bemessung. Trotzdem muß die Gefahr einer Sprengwirkung, die zu einem Verbundversagen führt, vermieden werden. Die Rippengeometrie des erfindungsgemäßen Stahls ist im Hinblick auf diese Forderung optimal ausgebildet, und zwar durch einen Neigungswinkel der Schrägrippen zur Stabachse im Bereich zwischen 30° und 40°. Ferner auch durch Verringerung der Rippenhöhe h und des Rippenabstandes c gegenüber bekannten kaltgewalzten Stählen.

Der Einfluß des Neigungswinkel β läßt sich formelmäßig wie folgt darstellen:

$$\frac{\Delta H}{\Delta F_R} \approx \cot (90 - \beta) \cdot \tan (90 - \beta - \varrho)$$

wobei

ΔH : Umfangskraft, die für Relativverschiebungen maßgeblich ist

ΔF_R : Kraftanteil einer schrägen Rippe

$\tan \varrho$: Werkstoffgröße, Reibungsbeiwert

β : Neigungswinkel der Schrägrippen gegenüber der Stabachse

In Fig. 8 sind für verschiedene vorgegebene Reibungsbeiwerte die Maximalwerte von $\Delta H/\Delta F_R$, die ein Maß für die zulässige Verschiebung darstellen, eingezeichnet. Es ist ersichtlich, daß bei üblichen Reibungswerten diese Maximalwerte, d.h. die maximal zulässigen Verschiebungen, im Bereich von 30° und 40° des Neigungswinkels β liegen.

Im folgenden sind die chemische Analyse, Verfahrensparameter der Herstellung und die für die vorliegende Erfindung wesentlichen Festigkeitskennwerte dreier Ausführungsformen der Erfindung angegeben.

1.) Rippenstahl mit einem Nenndurchmesser von 5 mm

Walzdraht

Istquerschnitt = 24,98 mm²

Zugfestigkeit R_m = 432 N/mm²

Chemische Analyse:	C	Si	Mn	P	S
	0,06	0,20	0,56	0,021	0,037

Gerippter Betonstahl
mechanisch entspannt

gerichtet
gealtert 100°, 60 min.

	Endquerschnitt	= 19,75 mm ²
5	Querschnittsabnahme	= 20,9 %
	Streckgrenze R_e	= 576 N/mm ²
	R_m/R_e	= 1,076
	Gleichmaßdehnung A_g	= 3,62 %
	c/d_s	= 0,76
10	c/h	= 13,5

Die angegebenen Zahlen sind Mittelwerte aus 5 Einzelmessungen.

2. Rippenstahl mit einem Nenndurchmesser von 8 mm

15 Walzdraht

	Istquerschnitt	= 63,62 mm ²
	Zugfestigkeit R_m	= 451 N/mm ²

20

Chemische Analyse:	C	Si	Mn	P	S	N
	0,05	0,14	0,47	0,014	0,028	0,008

25

Gerippter Betonstahl
mechanisch entspannt
gerichtet
gealtert 110°, 30 min.

30

	Endquerschnitt	= 50,14 mm ²
	Querschnittsabnahme	= 21,2 %
	Streckgrenze R_e	= 575 N/mm ²
	R_m/R_e	= 1,061
35	Gleichmaßdehnung A_g	= 2,8 %
	c/d_s	= 0,5
	c/h	= 11

Die angegebenen Zahlen sind Mittelwerte aus 5 Einzelmessungen.

40 3. Rippenstahl mit einem Nenndurchmesser von 12 mm

Walzdraht

	Istquerschnitt	= 145,90 mm ²
45	Zugfestigkeit R_m	= 431 N/mm ²

Chemische Analyse:	C	Si	Mn	P	S	N
	0,08	0,11	0,50	0,016	0,044	0,007

50

Gerippter Betonstahl
mechanisch entspannt
gerichtet
gealtert 100°, 60 min.

	Endquerschnitt	= 111,78 mm ²
--	----------------	--------------------------

Querschnittsabnahme	= 23,4 %
Streckgrenze R_e	= 575N/mm ²
R_m/R_e	= 1,078
Gleichmaßdehnung A_g	= 3,25 %
5 c/d_s	= 0,49
c/h	= 9,2

Die angegebenen Zahlen sind Mittelwerte aus 5 Einzelmessungen.

Die Stähle weisen ein Streckgrenzenverhältnis R_m/R_e von 1,06 bis 1,08 auf, die Gleichmaßdehnung A_g liegt zwischen 2,8 und 3,6 %.

10

Patentansprüche

1. Betonrippenstahl mit einem Kohlenstoffgehalt von 0,05 bis 0,24 Gewichts-% und einem Mangangehalt von 0,2 bis 1,2 Gewichts-%, der kaltgewalzte Schrägrippen aufweist, die ohne die Ausbildung einer Längsrippe in Form von wenigstens zwei in Richtung der Stablängsachse verlaufenden Rippenreihen (3, 4, 5) angeordnet sind, und die folgende Geometrie aufweisen:

15

a) Neigungswinkel β der Schrägrippen gegenüber der Stabachse (6)

$$30^\circ \leq \beta \leq 40^\circ$$

20

b) auf den Stabnennndurchmesser d_s bezogener Rippenabstand c benachbarter Schrägrippen einer Reihe

$$0,4 \leq c/d_s \leq 1,0$$

25

c) auf die Rippenhöhe h in Rippenmitte bezogener Rippenabstand c

$$9,0 \leq c/h \leq 16.$$

2. Betonrippenstahl nach Anspruch 1, dadurch **gekennzeichnet**, daß das Verhältnis c/d_s abhängig vom Stabnennndurchmesser d_s in Millimetern, die folgende Werte aufweist:

30

d_s	c/d_s
4 bis 5,5	0,75 bis 1,0
6 bis 10,5	0,45 bis 0,75
11 bis 16	0,4 bis 0,65

35

3. Betonrippenstahl nach Anspruch 1 oder 2, dadurch **gekennzeichnet**, daß das Verhältnis c/h abhängig vom Stabnennndurchmesser d_s in Millimetern die folgenden Werte aufweist:

40

d_s	c/h
4 bis 5,5	13 bis 16
6 bis 7,5	11 bis 13
8 bis 10,5	10 bis 11
11 bis 16	9 bis 10

45

50

4. Betonrippenstahl nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch **gekennzeichnet**, daß der Neigungswinkel α der Rippenflanken in Altgrad der Bedingung

55

$$40^\circ < \alpha < 60^\circ$$

genügt.

5. Betonrippenstahl nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch **gekennzeichnet**, daß das Verhältnis Fußbreite b der Rippen zu Rippenhöhe h der Bedingung

$$1,5 \leq b/h \leq 3,3$$

5

genügt.

6. Betonrippenstahl nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch **gekennzeichnet**, daß er drei Schrägrippenreihen (3, 4, 5) aufweist.

10

7. Betonrippenstahl nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch **gekennzeichnet**, daß der Stahl einen Gehalt von

$$\begin{aligned} 0,05 &\leq C \leq 0,12 \\ 0,35 &\leq Mn \leq 0,65 \\ 0,05 &\leq Si \leq 0,35 \\ &Cu \leq 0,45 \\ &P \leq 0,04 \\ &S \leq 0,05 \end{aligned}$$

15

Rest Eisen aufweist.

20

8. Betonrippenstahl nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch **gekennzeichnet**, daß die Rippen längs einer ein- oder mehrgängigen Schraubenlinie angeordnet sind.

9. Verwendung eines Betonrippenstahls nach einem der Ansprüche 1 bis 8 als Bewehrungselement für Stahlbetonbauteile, die unter Ausnutzung örtlicher plastischer Verformungen (Gelenkrotation Θ) der Bewehrung bemessen sind.

25

10. Stahlbetonbauteil mit einem Betonrippenstahl nach einem der Ansprüche 1 bis 8 als Bewehrungselement, dadurch **gekennzeichnet**, daß die Bewehrung unter Einbeziehung einer plastischen Verdrehung von $\Theta_{pl} > 0,02$ rad bemessen ist.

30

35

40

45

50

55

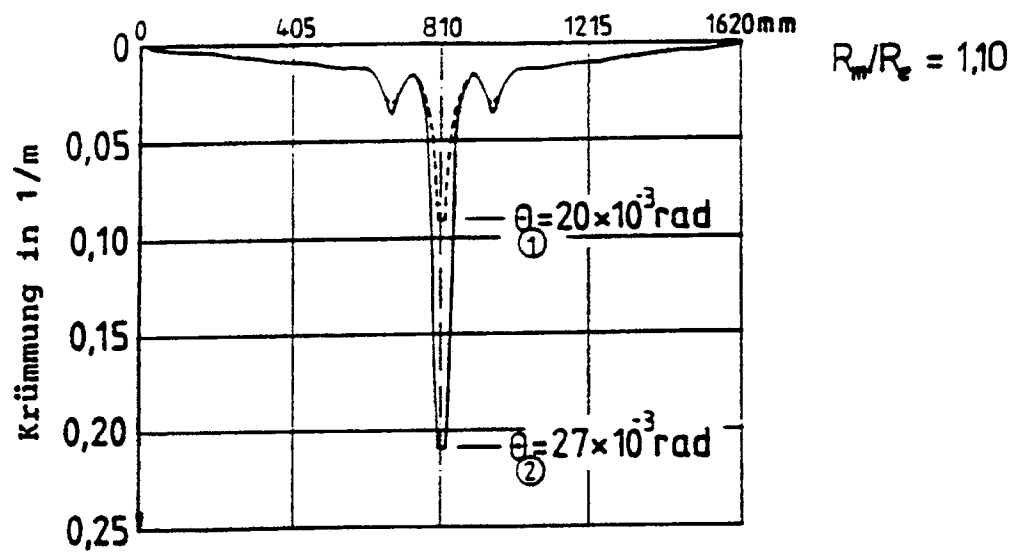


FIG. 1

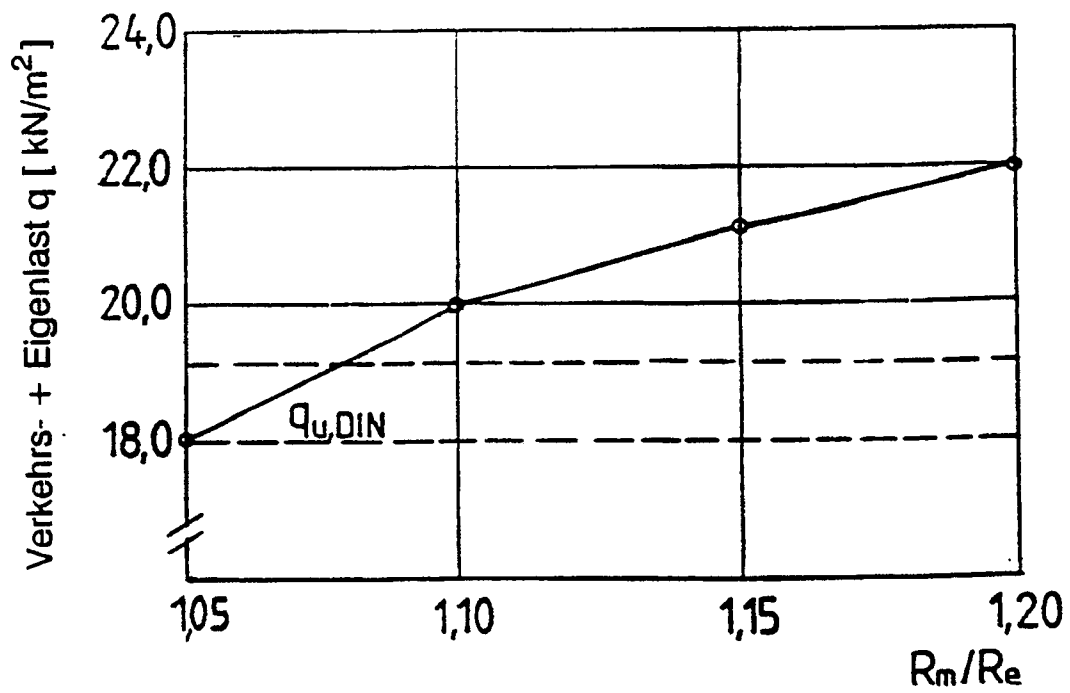


FIG. 2

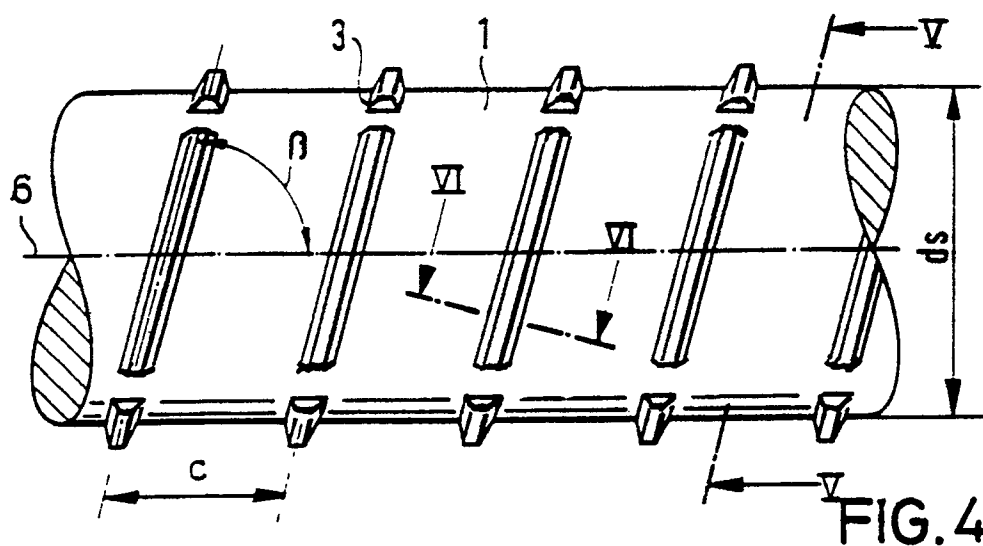


FIG. 5

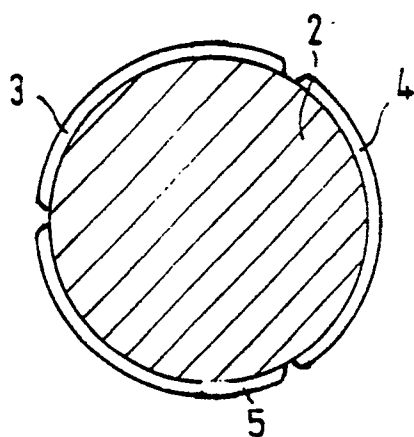
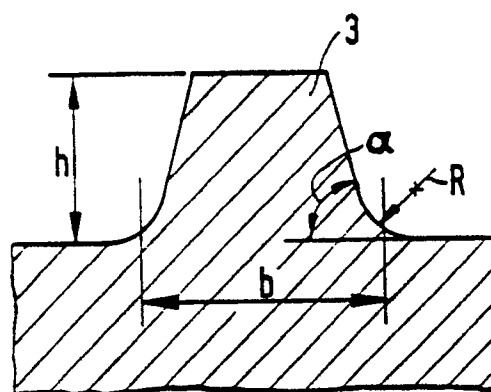


FIG. 6



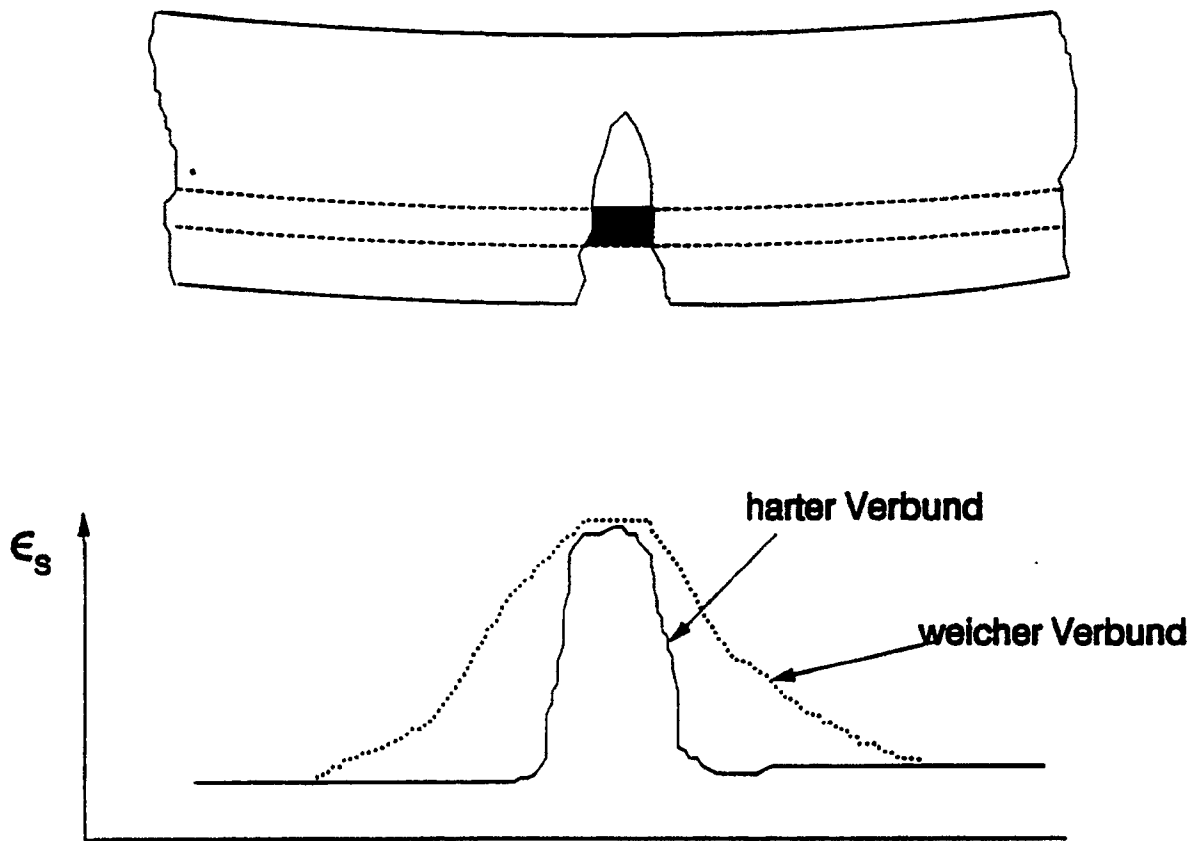


FIG. 3

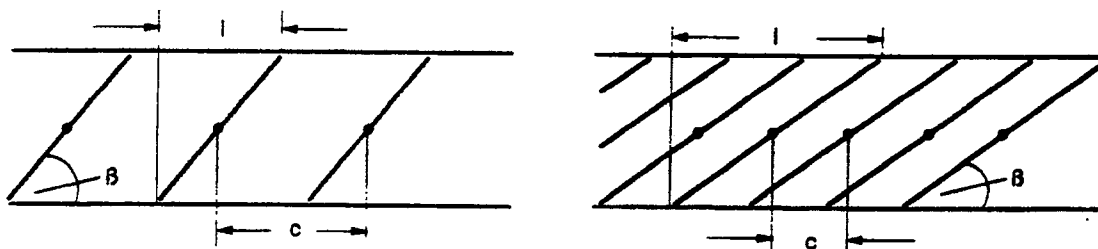


FIG. 7

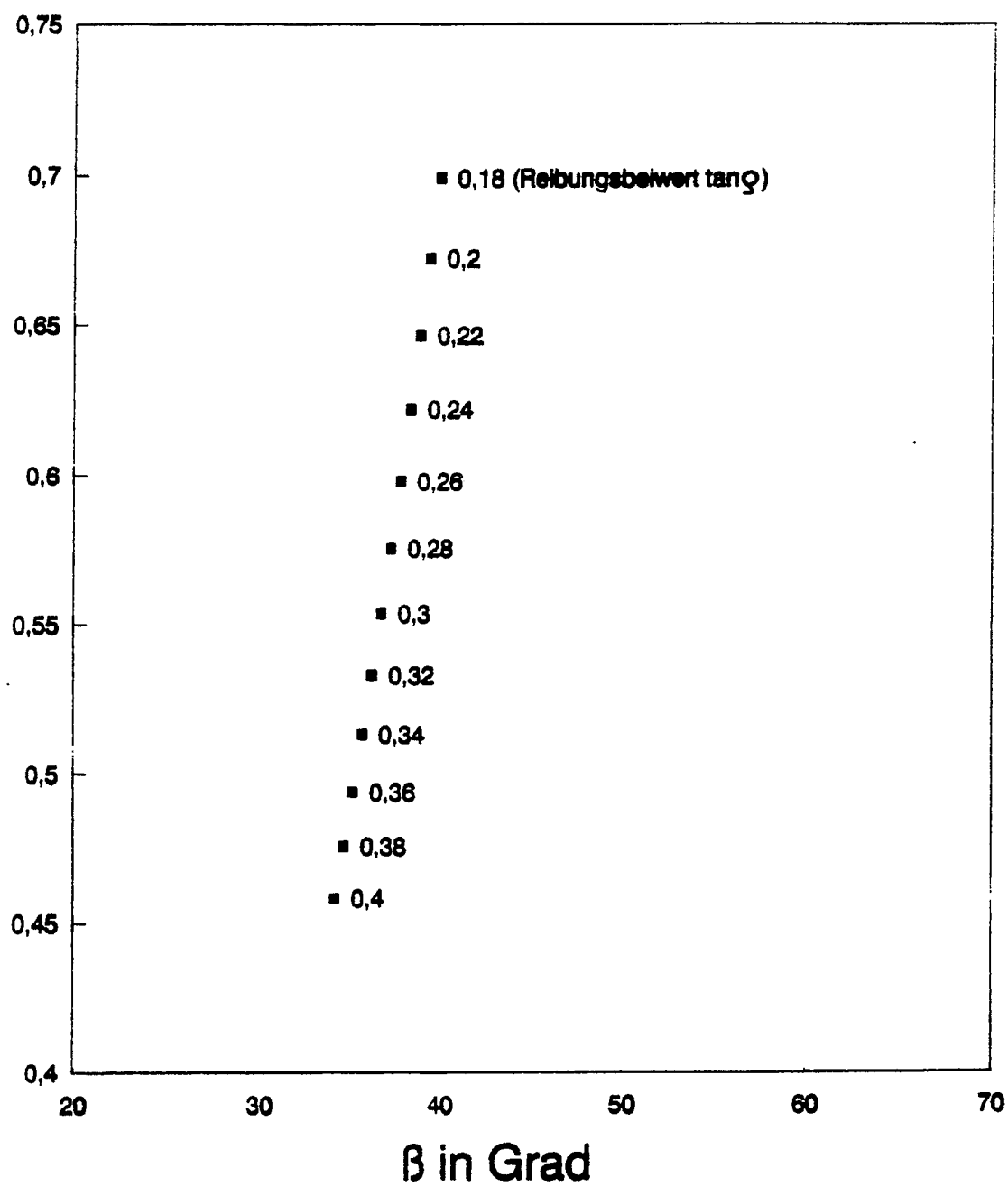
$\Delta H / \Delta F_R$ 

FIG. 8