

Zur Drillbewehrung im Stahlbetonbau

Autor(en): **Rausch, Ernst**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **IABSE congress report = Rapport du congrès AIPC = IVBH
Kongressbericht**

Band (Jahr): **5 (1956)**

PDF erstellt am: **22.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-6012>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

V a 6

Zur Drillbewehrung im Stahlbetonbau

As armaduras de torsão nas construções de betão armado

Les armatures de torsion dans les constructions en béton armé

Torsion reinforcement bars in reinforced concrete structures

PROF. DR. - ING. ERNST RAUSCH
Kettwig (Ruhr)

Da die Auffassungen über die Bewehrung des Stahlbetons gegen Drillung (Torsion) noch nicht in allen Ländern einheitlich sind ^(1, 2, 3), dürften zur Klärung dieser Frage die folgenden Ausführungen von Interesse sein.

In dem auf Drillung (Torsion) beanspruchten Stab verlaufen die Haupt-Zugspannungen spiralförmig unter 45° , rechtwinklig dazu — ebenfalls spiralförmig — die Haupt-Druckspannungen (Abb. 1). Dem generellen Prinzip des Stahlbetons entsprechend hat die Drillbewehrung den Zweck, die Beton-Zugspannungen zu ersetzen. Wie im Falle der Biegung, so empfiehlt es sich auch im Falle der Drillung *alle* Zugspannungen durch Bewehrung zu ersetzen, also die Drillbewehrung für das *ganze* Drillmoment zu bemessen ⁽¹⁾ und nicht nur für einen Anteil, wie das stellenweise vorgeschlagen wurde ⁽²⁾. Hierfür sprechen folgende Gründe:

1. Der mit Hilfe von Beton-Zugspannungen aufnehmbare Anteil des Drillmoments ist geringfügig, seine Berücksichtigung bringt keine wesentliche Ersparnis.

2. Die Mitwirkung der Beton-Zugspannungen ist unsicher. Selbst wenn im Laboratorium eine gewisse Mitwir-

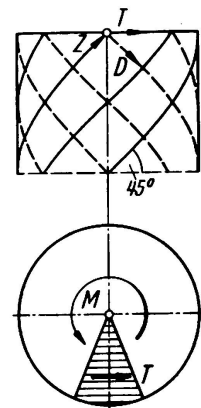


ABB. 1

⁽¹⁾ Rausch: Drillung (Torsion), Schub und Scheren im Stahlbetonbau, 3. Aufl. 1953, Im Vertrieb Deutscher Ing. - Verlag, Düsseldorf. (Erste Auflage 1929, Verlag Springer, Berlin).

⁽²⁾ Cowan & Armstrong: Stahlbeton unter Biegung und Verdrehung, 4. Kongress der Internationalen Vereinigung für Brückenbau u. Hochbau, Vorbericht 1952, S. 861.

⁽³⁾ Rausch & Cowan: Diskussion und Antwort zu (2), 4. Kongress der Internationalen Vereinigung für Brückenbau u. Hochbau, Schlussbericht 1953, S. 414.

kung festgestellt wird, so ist das auf der Baustelle unter den dort waltenden ungünstigeren Verhältnissen nicht mit Sicherheit zu erwarten.

3. Aus Gründen der Sicherheit wird auch bei der Biegung auf eine Mitwirkung der Beton-Zugspannungen verzichtet.

4. In der Praxis tritt reine Drillung kaum auf, sondern in der Regel mit anderen Beanspruchungsarten zusammen (mit Querkraft und Biegemoment, evt. auch Normalkraft). Hierbei ist es nicht zu überblicken, wie weit der Beton auf Zug noch mitwirkt.

5. Die Zuweisung eines Drillmoment-Anteils dem Beton verursacht eine Komplizierung der Bemessung, die besonders beim Zusammenwirken mehrerer Beanspruchungsarten (Regelfall) schwer zu überblicken ist und daher untragbar erscheint.

Aus diesen Gründen wird in Deutschland (m. W. auch in anderen europäischen Ländern einschliesslich England) die Drillbewehrung für das volle Drillmoment bemessen, wie das auch bei Achsialkraft, Biegung und Schub der Fall ist. Es wird nur bei geringfügigen Drillspannungen des Betons die Vergünstigung gewährt, dass in solchen Fällen ein rechnerischer Nachweis der Drillbewehrung entfallen kann, wie bei der Schubsicherung (4).

Es ist daher anzunehmen, dass im Betonstab an einer beliebigen Stelle der Mantelfläche infolge Versagens der Betonzugspannungen Risse entstehen, die unter 45° rechtwinklig zu den Haupt-Zugspannungen verlaufen, sodass der Beton nur durch Druckspiralen parallel zu den Rissen mitwirkt (Abb. 1). Die fehlenden Beton-Zugspannungen ersetzt man am wirksamsten durch eine in Richtung dieser Spannungen, also rechtwinklig zu den Rissen und den Druckspiralen

verlaufende *Spiralbewehrung* (voll ausgezogene Linien in Abb. 1), die also unter 45° zur Längsrichtung des Stabes und zum Stab-Querschnitt verläuft, wie die Schrägeisen bei der Schubsicherung. Es ist jedoch zweckmässig, die Bewehrung nicht in die Schwerlinie der spiralförmig verlaufenden Beton-Zugspannungen, sondern in die Nähe der Mantelfläche zu verlegen, da hierbei der erforderliche Eisenquerschnitt infolge des grösseren Hebelarmes der Bewehrung geringer wird, wie wir auch bei der Biegung die Bewehrung nicht in die Schwerlinie des zu ersetzenden Beton-Zugspannungskeils, sondern in die Nähe des gezogenen Querschnittsrandes verlegen.

In Abb. 2 ist der Querschnitt eines auf Drillung beanspruchten Stabes dargestellt; der Bewehrungszylinder (gestrichelte Linie) befindet sich in der Nähe des Querschnittsrandes. Es lässt sich für einen beliebigen

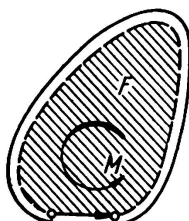


ABB. 2

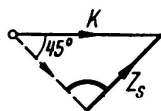


ABB. 3

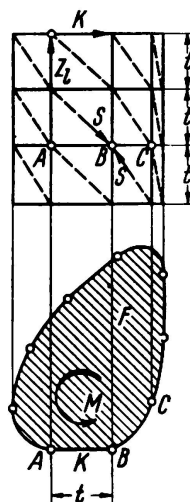


ABB. 4

(4) DIN 1045 — Bestimmungen für Ausführung von Bauwerken aus Stahlbeton § 21 und 29. Beuth-Vertrieb, Berlin W 15.

Stabquerschnitt ohne einspringende Ecken einfach nachweisen (1), dass die vom Drillmoment M auf einer Strecke t des Bewehrungszyinders verursachte Tangentialkraft an einer beliebigen Stelle des Zylinderumfanges gleich gross ist und

$$(1) \quad K = \frac{M t}{2 F}$$

beträgt, worin F die vom Bewehrungszyinder eingeschlossene in der Abb. schraffierte Querschnittsfläche bedeutet. Daraus ergibt sich durch Kraftzerlegung nach Abb. 3 die Zugkraft der zur Strecke t gehörigen Spiralbewehrung zu

$$(2) \quad Z_s = \frac{K}{\sqrt{2}} = \frac{M t}{2 \sqrt{2} F}$$

und mit der zulässigen Stahlspannung σ_e der erforderliche Betonstahl-Querschnitt zu

$$(3) \quad F_{cs} = \frac{Z_s}{\sigma_e} = \frac{M t}{2 \sqrt{2} \sigma_e F}$$

für die Längeneinheit des Zylinderumfanges:

$$(4) \quad f_{es} = \frac{F_{cs}}{t} = \frac{M}{2 \sqrt{2} \sigma_e F}$$

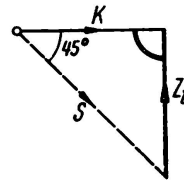


ABB. 5

Das Drillmoment kann man auch durch zwei sich kreuzende Bewehrungen: eine aus Längseisen und Bügeln (Ringe) bestehende Netzbewehrung aufnehmen (Abb. 4). Die zur Umfangsstrecke t gehörige Schubkraft K zerlegt sich hierbei nach Abb. 5 in die schräge Beton-Druckkraft S und die parallel zur Stabachse in der Längsrichtung verlaufende Zugkraft

$$(5) \quad Z_l = K = \frac{M t}{2 F}$$

Der erforderliche Betonstahl-Querschnitt der Längsbewehrung ist daraus

$$(6) \quad F_{el} = \frac{Z_l}{\sigma_e} = \frac{M t}{2 \sigma_e F}$$

für die Einheitslänge des Zylinderumfanges:

$$(7) \quad f_{el} = \frac{F_{el}}{t} = \frac{M}{2 \sigma_e F}$$

Die Umfangsbügel müssen die infolge Richtungsänderung der Beton-Druckspiralen nach aussen gerichteten Kräfte aufnehmen. In einer Querschnitts-Ebene wirkt hieraus an einer beliebigen Bügelecke B eine in die Winkelhalbierende fallende Radialkraft R , die nach dem darge-

stellten Kräfteplan der Abb. 6 aus den beiden Komponenten K der Schrägkräfte S entsteht. Die Radialkraft R verursacht nach demselben Kräfteplan eine Zugkraft K im Bügel (Ring), die am ganzen Umfang konstant ist, da an jeder Bugelecke dieselbe Überlegung angestellt werden kann. Der zu einer Stablänge t gehörige Bügelquerschnitt ist demnach

$$(8) \quad F_{eb} = \frac{K}{\sigma_e} = \frac{M t}{2 \sigma_e F} = F_{el}$$

und für die Längeneinheit des Stabes:

$$(9) \quad f_{eb} = \frac{F_{cb}}{t} = \frac{M}{2 \sigma_e F} = f_{el} .$$

Längsbewehrung und Querbewehrung (Bügel, Ringe) müssen also gleich stark sein und bilden eine *gleichmaschige Netzbewehrung*, deren Bemessung nach beiden Richtungen nach der einfachen Formel 7 oder 9 erfolgt.

Ebenso wie die Schubspannungs-Summen in den Querschnitts-Segmenten (T in Abb. 7), so sind auch die Tangentialkräfte des Bewehrungs-

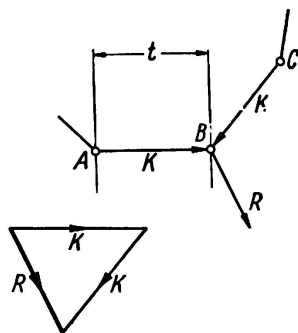


ABB. 6

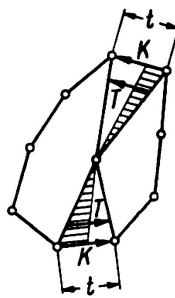


ABB. 7

zylinders (K in Abb. 7) bei gleicher Umfangsteilung t am ganzen Umfang gleich. Dementsprechend ist auch die Spiralbewehrung oder die Netzbewehrung am ganzen Umfang des Bewehrungszyinders gleich stark und gleich hoch beansprucht. Eine gegenteilige Behauptung⁽³⁾ trifft nicht zu, wovon man sich leicht überzeugen kann⁽¹⁾.

Obwohl die Spiralbewehrung wirksamer ist, als die Netzbewehrung, und auch weniger Betonstahl-Menge erfordert, kommt für Bau-

ausführungen praktisch nur die Netzbewehrung in Betracht aus folgenden Gründen:

1. Die Verlegung einer Spiralbewehrung ist in der Praxis mit fast unüberwindlichen Schwierigkeiten verbunden.

2. Die Netzbewehrung kann auch Drillmomente mit entgegengesetztem Drehsinn aufnehmen, während die Spiralbewehrung nur in einem Drehsinn wirken kann.

3. Der Vorteil zu 2. besteht auch dann, wenn Drillmomente mit entgegengesetztem Drehsinn nicht auftreten, indem man beim Verlegen der Bewehrung auf den Drehsinn nicht zu achten braucht. Bei Spiralbewehrung kann der Drehsinn der Spiralen auf der Baustelle leicht verwechselt werden, sodass dann die Bewehrung unwirksam wird.

Längseisen *allein* (ohne Bügel) können dem Drillmoment nicht das Gleichgewicht halten, da die Längseisen nur dann in der Lage sind,

Zugkräfte im Sinne der Abb. 4 aufzunehmen, wenn durch die Umfangsbügel gleichzeitig die Radialkräfte der Beton-Druckstreben nach Abb. 6 aufgenommen werden. Dass die Längseisen auch nicht durch den Schubwiderstand ihrer Querschnitte einen nennenswerten Beitrag zur Aufnahme des Drillmomentes liefern können, wie das behauptet wurde⁽²⁾, hat schon Mörsch theoretisch und durch Versuche eingehend bewiesen⁽⁵⁾. Ebenso sind die Bügel (Ringe) allein (ohne Längseisen) praktisch unwirksam.

ZUSAMMENFASSUNG

Die Ausführungen dienen zur Klärung der Bewehrung des Stahlbetons gegen Drillung (Torsion), da die Auffassungen hierüber noch nicht in allen Ländern einheitlich sind.

Es wird begründet, dass die Drillbewehrung (Torsionsbewehrung) bei Ausserachtlassung der Betonschubspannungen bzw. schrägen Betonzugspannungen für das ganze Drillmoment zu bemessen ist, wie das in Deutschland auch bei den übrigen Beanspruchungsarten (Zug, Biegung, Schub) der Fall ist. Es wird daher angenommen, dass in dem auf Drillung (Torsion) beanspruchten Betonstab infolge Versagens der Betonzugspannungen an einer beliebigen Stelle der Mantelfläche Risse entstehen, die unter 45° rechtwinklig zu den Hauptzugspannungen verlaufen, sodass der Beton nur durch Druckspiralen parallel zu diesen Rissen mitwirkt.

Die fehlenden Betonzugspannungen werden durch einen in der Nähe der Mantelfläche angeordneten zylindrischen Bewehrungskorb aufgenommen. Dieser Bewehrungskorb kann als Spiralbewehrung (Abb. 1) oder als gleichmaschige Netzbewehrung (Abb. 4) ausgebildet werden. Die Spiralbewehrung ist zwar wirksamer und verlangt eine geringere Bewehrungsmenge, ist jedoch für die praktische Anwendung ungeeignet, sodass für die Bauausführung nur die Netzbewehrung in Betracht kommt.

Es werden einfache Formeln für die Bemessung der Spiralbewehrung (Gleichung 4) und der Netzbewehrung (Gleichungen 7 und 9) angegeben. Wie die Schubspannungssummen der Querschnittssegmente (Abb. 7), so ist auch die Torsionsbewehrung am ganzen Umfang des Bewehrungszylinders gleich.

Parallel zur Stabachse verlaufende Längseisen allein oder Bügel (Ringe) allein sind zur Aufnahme des Drillmomentes (Torsionsmomentes) praktisch unwirksam.

RESUMO

O autor expõe o problema das armaduras de torção no betão armado, para as quais não há acordo entre as Normas dos diversos países.

Admite-se inicialmente, como se fez na Alemanha para os restantes casos de carga (flexão, tracção, corte), que as armaduras de torção se têm de calcular para o valor total do momento de torção, desprezando a resistência do betão ao corte ou às tracções oblíquas. Admite-se

(⁵) Mörsch: Der Eisenbetonbau, 6. Aufl. I. Bd. 2. Hälfte, 1929 Verlag Wittwer, Stuttgart, S. 319.

portanto que, num prisma de betão submetido à torsão, surgem num dado ponto, pelo facto de não resistir à tracção, fissuras inclinadas a 45° sobre a direcção das tensões principais, actuando então o betão em espirais comprimidas paralelas às fissuras.

A tracção no betão é absorvida por armaduras circulares, colocadas na vizinhança da superfície lateral, que podem formar uma rede de malha uniforme (Fig. 4) ou uma armadura em espiral (Fig. 1). Esta última apesar de ser a mais eficaz e de exigir menor quantidade de aço é de difícil realização prática, sendo portanto só de considerar a rede de malha uniforme.

O autor indica algumas fórmulas simples para o cálculo das armaduras em espiral (Eq. 4) e das armaduras em rede (Eq. 7 e 9). Sendo a repartição da tensão de corte uniforme numa secção (fig. 7), a armadura também é repartida uniformemente na periferia do prisma.

Varões ou estribos paralelos ao eixo do prisma de betão são ineficazes para resistir ao momento de torsão.

R É S U M É

L'auteur s'occupe du problème des armatures de torsion dans le béton armé sur lesquelles il ne semble guère y avoir accord dans les Réglements des différents pays.

L'on admet comme base, comme on le fait en Allemagne pour les autres cas de charge (flexion, traction, cisaillement) que les armatures de torsion doivent absorber la totalité du moment de torsion, en faisant abstraction de la résistance éventuelle du béton au cisaillement ou aux tractions obliques. En d'autres termes, l'on admet, par manque de résistance à la traction, l'apparition dans un prisme en béton, de fissures inclinées à 45° par rapport à la direction des contraintes principales, le le béton travaillant alors selon des spirales comprimées parallèles aux fissures.

La traction dans le béton est alors absorbée par des armatures circulaires placées aussi près que possible de la surface extérieure, affectant la forme d'un grillage cylindrique uniforme (Fig. 4) ou d'une spirale (Fig. 1). Cette dernière, bien qu'étant plus efficace et exigeant moins d'acier, est d'une réalisation pratique difficile. Seul, donc, le grillage uniforme est à considérer.

L'auteur donne quelques formules simples pour le calcul des armatures en spirale (Eq. 4) et des grillages (Eq. 7 et 9). La répartition des contraintes de cisaillement étant uniforme dans une section (Fig. 7), les armatures seront aussi uniformément réparties sur la périphérie du prisme.

Des barres ou étriers parallèles à l'axe du prisme sont complètement inefficaces pour absorber le moment de torsion.

S U M M A R Y

The author deals with the problem of torsion reinforcement in concrete, for which there seems to be no agreement between the Standards of different countries.

Basically, it is admitted, as is normal practice in Germany for the other types of efforts (bending, tensile, shear), that torsion reinforcement is determined to absorb the total torsion moment, the resistance of concrete to shear or oblique tensile stresses being negligible. This implies that in a concrete prism submitted to torsion, through lack of tensile resistance, cracks will appear, making an angle of 45° with the direction of the principal stresses, and that the concrete actuates along compressed spirals parallel to these cracks.

The tensile stresses in concrete are absorbed by circular reinforcement bars, placed near the outer surface, assuming the form of uniform grill systems (Fig. 4) or spiral networks (Fig. 1). The latter in spite of being the most effective and requiring a smaller amount of steel, is difficult to use in practice and only the first system is therefore considered.

The author gives some simple equations for the calculation of both spiral networks (Equ. 4) and grill systems (Equ. 7 and 9). As the shear stress repartition is uniform in each section (fig. 7) the reinforcement is also uniformly distributed along the outside surface of the prism.

Bars or rings parallel to the axis of the concrete prism are completely inefficient to absorb the torsion moment.

Leere Seite
Blank page
Page vide