Zeitschrift: IABSE publications = Mémoires AIPC = IVBH Abhandlungen

Band: 18 (1958)

Artikel: Zur Berechnung von Spannbetonbauteilen nach der Verformungstheorie: ein Beitrag zum "Dischinger-Effekt"

Autor: Kordina, Karl

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-16508

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 11.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Zur Berechnung von Spannbetonbauteilen nach der Verformungstheorie
(Ein Beitrag zum «Dischinger-Effekt»)

Calculation of Prestressed Concrete Members According to the Strain Theory

Calcul des éléments en béton précontraint d'après la théorie des déformations

Dr. Ing. Karl Kordina, Technische Hochschule München

In den «Abhandlungen 1956» der «Internationalen Vereinigung für Brücken- und Hochbau» hat Dimitrov [1] über «Einflüsse der Verformungstheorie bei der Vorspannung — Dischinger-Effekt» berichtet. Diese Arbeit enthält sehr interessante Gedankengänge und Ergebnisse zur Theorie II. Ordnung bei Betonbauwerken. Ihre Gültigkeit für die Berechnung der Schnittkräfte aus Vorspannung ist aber auf den Fall der Vorspannung *ohne* Verbund bei *frei* geführtem Spannglied beschränkt.

Diese wichtige Einschränkung wird in der Arbeit Dimitrovs [1] nicht entsprechend hervorgehoben; auch wird die Anwendung der allgemein gewonnenen Ergebnisse in [1] an 3 praktischen Beispielen gezeigt, bei denen die Spannglieder in vollem Verbund liegen. Diese Anwendungsbeispiele sind somit für die vorliegende Aufgabenstellung ungeeignet und könnten daher beim unvoreingenommenen Leser zu falschen Vorstellungen führen.

Es soll nun hier versucht werden, die Darstellungen Dimitrovs zu ergänzen und so zu einer Klärung der gegebenen Probleme beizutragen.

1. Zunächst sei der Sachverhalt kurz angedeutet: Dimitrov untersucht Systeme, die sich unter der Einwirkung von Biegemomenten und Längskräften verformen, so daß die Längskräfte infolge dieser Verformungen zusätzliche Momente liefern. Diese Zusatzmomente bedingen wieder stärkere Ausbiegungen, so daß der Beitrag der Längskräfte zum Moment erneut vergrößert wird. Es ergibt sich die bekannte Rückkopplungserscheinung.

In Fig. 1 ist ein einfaches System der beschriebenen Art dargestellt. Infolge der Querbelastung q ergeben sich die Momente M_0 und die Durchbiegungen w_0.

Die in ihrer Richtung unverändert gebliebenen Längskräfte H rufen Zusatzmomente $\Delta M = H w$ hervor, wobei $w - w_0$ die insgesamt infolge der Längskräfte H entstandene Durchbiegungsvergrößerung darstellt.

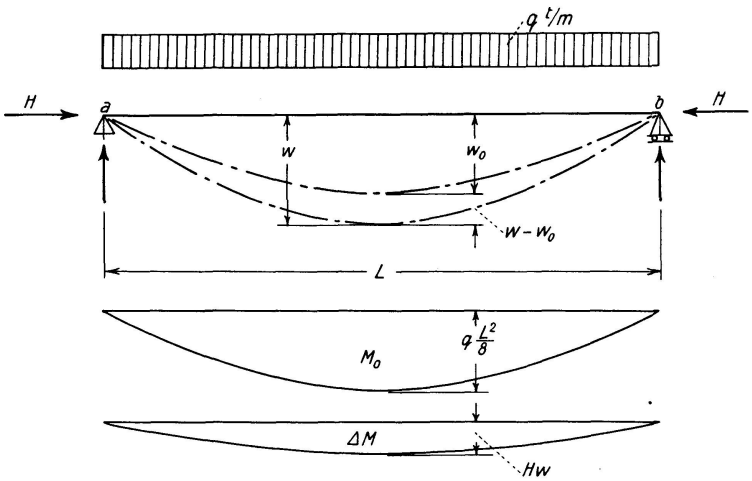

Fig. 1. Balken unter der Wirkung von Längskräften und Querbelastung. Durchbiegungen, Haupt- und Zusatzmomente.

Jene Zusatzmomente ΔM werden um so größer ausfallen, je weicher der Balken ist — je mehr er sich unter der Wirkung der Biegungsmomente und Längskräfte verformt. Für den unendlich steifen Balken gibt es keine Verformungen infolge q und keine Zusatzmomente ΔM.

Beschränken wir unsere Betrachtung zunächst auf rein elastische Baustoffe, so ist klar, daß H stets kleiner als die Eulersche Knicklast des Balkens a—b bleiben muß, weil andernfalls die Durchbiegungen sofort unendlich groß würden und kein Gleichgewichtszustand mehr eintreten könnte. Es liegt daher nahe, das Maß der Steifigkeit des Balkens durch das Verhältnis $\nu = \frac{H_k}{H}$ auszudrücken, wobei $H_k = \pi^2 E \frac{J}{L_k^2}$ gesetzt ist. Die Größe ν ergibt sich im übrigen auch bei der unmittelbaren Berechnung der Zusatzmomente ΔM.

Die endgültige Größe des Momentes M kann mit Hilfe des Ausdruckes

$$M = M_0 + M_0 \frac{1+\delta}{\nu - 1} = M_0 \frac{\nu + \delta}{\nu - 1} \tag{1}$$

abgeschätzt werden, dessen Ableitung Dischinger in [2] gibt.

Der Zahlenwert δ berücksichtigt die im allgemeinen mangelnde Affinität zwischen der Biegelinie infolge q und der Form der Knickwelle und ist von der Belastung, Lage des untersuchten Querschnittes und der Art des Tragwerkes abhängig. δ kann in Gl. (1) oft gegenüber ν vernachlässigt werden.

Für den Fall, daß der Balken a—b aus Beton besteht, wird das untersuchte Druckglied auch Kriechverformungen, also plastische Verformungen,

zeigen, woraus sich weitere, erhebliche Vergrößerungen dieser Zusatzmomente ΔM ergeben. Dies rührt zunächst daher, daß die Durchbiegungen — und damit die Ausmittigkeiten der Längskraft H — ansteigen, wodurch die Zusatzmomente an sich schon anwachsen. Man kann diesen Vorgang dadurch veranschaulichen, daß man sich die Kriechverformungen durch ein langsames Absinken des Elastizitätsmoduls des Betons hervorgerufen denkt. Der Betonbalken wird «weicher» und biegt sich daher mehr durch. Diese so vergrößerten Zusatzmomente erhöhen ihrerseits die Randspannungen, wodurch aber wieder die Kriechverformungen vergrößert werden. Es zeigt sich ein ähnlicher Rückkopplungsvorgang wie bei rein elastischen Verformungen, nur erheblich verstärkt.

Dischinger [2] hat diese Erscheinungen unter Annahme eines linearen Spannungs-Dehnungsgesetzes ($E_b = \text{const.}$) sowie spannungsproportionalen Kriechens übersichtlich beschrieben und Lösungen angegeben, die allerdings wegen dieser Annahmen nur für den Gebrauchszustand der untersuchten Tragwerke gelten. Aussagen über ihr Verhalten im Bruchzustand sind hieraus nicht möglich.

Um die großen Verdienste Dischingers zu würdigen, schlägt nun Dimitrov vor, die durch plastische Verformungen bedingte Vergrößerung der Zusatzmomente ΔM als «Dischinger-Effekt» zu bezeichnen.

Dimitrov zeigt ferner an einem Beispiel, daß die von Dischinger [2] entwickelte Lösung durch sein neu aufgestelltes Näherungsverfahren [3] mit hinreichender Genauigkeit ersetzt werden kann. Er verwendet dabei den Ansatz

$$M_t = M_0 \frac{\nu + \delta}{\nu - 1} (e)^{\frac{\varphi_t(\nu+\delta)}{\nu(\nu-1)}}. \tag{2}$$

Um die Annäherung an die Wirklichkeit noch weiterzutreiben, führt Dimitrov die mit dem Altern des Betons verknüpfte Erhöhung des E-Moduls in die Betrachtung ein und gibt schließlich in einer Reihe von Tabellen Rechenwerte $\frac{M_t}{M_0}$ an, die es gestatten, auch für abschnittsweise veränderliche Dauerlasten die Momente nach der Verformungstheorie auf einfachste Weise abzuschätzen.

All diesen Untersuchungen liegt — wie schon erwähnt — die Voraussetzung zu Grunde, daß sich das Tragwerk gegenüber der Wirkungslinie der Längskräfte (Stützlinie bei Bogenbrücken!) verschieben kann. Diese Annahme allein läßt ja überhaupt erst das Entstehen zusätzlicher Momente ΔM zu und bildet die Voraussetzung für die Anwendung der Verformungstheorie!

Obwohl Dimitrov in [1] zunächst von den gleichen Voraussetzungen ausgeht, vertritt er die Auffassung, die Verformungstheorie auch auf Spannbetonbauteile anwenden zu müssen, um deren Spannungszustand *beim Eintritt plastischer Verformungen im Beton* (Kriechen) zutreffend erfassen zu können. Als Längskraft im Sinne der Fig. 1 führt er dabei die Vorspannkraft ein,

obwohl die Spannglieder in den von ihm behandelten 3 Beispielen im Verbund liegen und keine gegenseitigen Verschiebungen zwischen Betondruckglied und Spannglied möglich sind.

Um Mißverständnisse auszuschließen sei ausdrücklich hervorgehoben, daß DIMITROV hierbei weder Spannungsumlagerungen zwischen Stahl und Beton zu berechnen sucht noch die Einwirkung äußerer Längskräfte auf das Spannbetontragwerk berücksichtigen will — auch nicht solcher Längskräfte, die als statisch unbestimmte Stützkräfte infolge der Vorspannung entstehen können.

Gegenüber dieser Auffassung, die in [1] nicht näher bewiesen wird, müssen Bedenken geltend gemacht werden. Sie werden in den folgenden Ausführungen begründet:

2. Betrachten wir einen Rechteckrahmen mit Zugband, der äußerlich statisch bestimmt gelagert und durch lotrechte Lasten beansprucht sein möge. Das biegeweiche Zugband sei durch starre, aber gelenkig angeschlossene Hängestangen mit dem Rahmenriegel verbunden. Sind diese Aufhängungen relativ dicht angeordnet, müssen Rahmenriegel und Zugband in jedem Querschnitt die gleichen lotrechten Durchbiegungen ausführen. Bei größeren Abständen zwischen den Aufhängungen wird man dies nur für jene Querschnitte behaupten können, in deren Nähe solche Hängestangen angeordnet sind (Fig. 2).

Für die Berechnung der Riegelmomente nach Theorie I. Ordnung spielen diese Verbindungen zwischen Riegel und Zugband keine Rolle — wir rechnen ja am unverformten System. Untersucht man aber das verformte System, so sieht man, daß den im Bereich 1—1 nach abwärts gerichteten Umlenkkräften im Riegel stets gleich große, nach oben gerichtete Kräfte aus der Zugband-

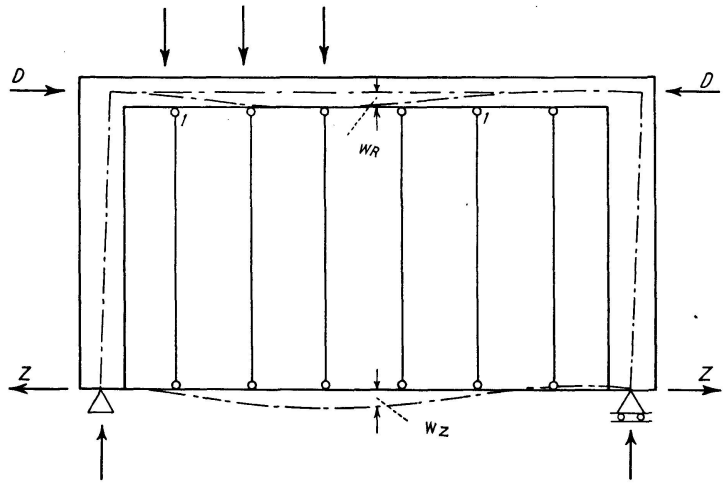

Fig. 2. Äußerlich statisch bestimmt gelagerter Rechteckrahmen mit Zugband und starren, aber gelenkig angeschlossenen Hängestangen.

verformung gegenüberstehen. Die in den Rahmenstielen auftretenden zusätzlichen Verformungsmomente werden als vernachlässigbar klein vorausgesetzt; sie sind im übrigen für die folgenden Betrachtungen unwesentlich. Da bei der vorausgesetzten lotrechten Belastung aus Gleichgewichtsgründen die Druckkraft im Riegel entgegengesetzt gleich der Zugkraft im Zugband sein muß, können die Riegelmomente nach folgender Gleichung angeschrieben werden:

$$M = M_0 + D\,w_R + Z\,w_z\,; \qquad D = -Z\,, \tag{3 a, b}$$

wobei hier $w_R = w_z$ zu setzen ist, so daß sich die beiden letzten Glieder gegenseitig aufheben. Unter M_0 verstehen wir wieder die Momente nach Theorie I. Ordnung. Die absolute Größe von $w_R = w_z$ spielt dabei keine Rolle; die «stützenden» Schnittkräfte stehen im indifferenten Gleichgewicht mit den «verformenden» Schnittkräften. Die lotrechten Durchbiegungen des Riegels sind lediglich eine Folge der Momente M_0.

Zusatzmomente $\Delta M = D\,w_R$ können nur dann auftreten, wenn $w_z = 0$ wird, was aber dem Rahmen ohne Hängestangen entspräche. In diesem Falle müßte der Riegel die infolge der Verformung w_R auftretenden zusätzlichen Biegemomente ebenfalls durch seine Biegesteifigkeit aufnehmen. Stützende Kräfte aus der Zugbandverformung stünden nicht zur Verfügung.

Treten in einem Rahmen nach Fig. 2 plastische Verformungen im Riegel auf, werden sich zwar die Ausbiegungen $w_R = w_z$ vergrößern, doch tritt keine Änderung im Kräftespiel ein. Nach wie vor liefert das Zugband Stützkräfte, die zu seiner Verformung proportional sind und verhindert dadurch die Entstehung von Zusatzmomenten im Riegel. Es wurde bereits gezeigt, daß lotrechte Verbiegungen des Riegels nur aus den Momenten M_0 herrühren können. Das Kriechen läßt diese Ausbiegungen anwachsen, so, als ob der E-Modul im Riegel langsam absinken würde.

Man kann sich nun diesen Rahmen ersetzt denken durch einen vorgespannten Balken, dessen Spannglieder in Spannkanälen reibungsfrei, aber ohne seitliches Spiel, geführt sind. Liegen die Spannglieder ausmittig, wird sich der Balken zwar beim Spannen verbiegen, doch ist in jedem Querschnitt die auf den Beton wirkende Druckkraft durch die Lage der Spannglieder unverschieblich festgelegt. Die Spannglieder müssen die gleichen Ausbiegungen durchführen wie das Betondruckglied, und es kann nach Gl. (3) zu keinen Zusatzmomenten aus der Verformung des Balkens kommen — auch nicht im Falle zusätzlicher plastischer Verformungen des Betons, weil hierdurch keine Änderung im Spiel der äußeren Kräfte entsteht. Es genügt, sich diese Kriechverformungen wieder durch ein langsames Absinken des E-Moduls des Betons entstanden zu denken und man wird eindeutig erkennen, daß hieraus kein Erfordernis für die Einführung der Verformungstheorie abgeleitet werden kann.

Kehren wir nun zum Rahmen der Fig. 2 zurück und nehmen wir an, daß die Hängestangen biegesteif am Rahmenriegel angeschlossen wären, um so den

Vergleich mit einem Spannbetonbalken *mit* Verbund zu ermöglichen. Bei Belastung des Riegels kann die Kraft im biegeweich vorausgesetzten Zugband nicht mehr auf die ganze Länge konstant sein. Sie wird sich an den Angriffspunkten der Hängestangen sprungartig ändern, trotzdem aber in jedem Querschnitt gleich der Druckkraft im Riegel sein. Die Längskraftänderungen in Riegel und Zugband werden ja durch die in jeder Hängestange konstanten Querkräfte erzeugt. Auch hier gilt Gl. (3), gleichgültig ob plastische Verformungsanteile auftreten oder nicht.

Mit diesen Ausführungen dürfte der Sachverhalt hinlänglich geklärt sein.

3. Dimitrov hat zweifellos recht, wenn er zwischen den hier unter Punkt 1 behandelten Systemen und vorgespannten Bauteilen Analogien feststellt. Diese Analogien sind aber nur dort gegeben, wo zwischen Betonkörper und Spannglied Verschiebungen w möglich sind, wie dies in Fig. 3 angedeutet ist.

Dies ist aber in der Regel nicht einmal bei Vorspannung *ohne* Verbund der Fall, weil man auch dort die Achse des Spanngliedes zumindest an einigen Punkten gegenüber der Druckgliedachse unverschieblich festlegen wird. Es entsteht dann ein System, das dem unterspannten (Langerschen) Balken ähnelt (Fig. 4). Bei solch einem System kann die Theorie II. Ordnung sehr wohl für die Ermittlung der maßgebenden Schnittkräfte erforderlich werden. Wendet man Gl. (1) an, so ist für H zwar Z_v einzuführen, doch ist als Knicklänge nicht die Balkenlänge L, sondern sind immer nur die Teillängen L_1, L_2 und L_3 zur Bestimmung von $\nu = \frac{H_k}{H}$ einzuführen, wodurch sich naturgemäß

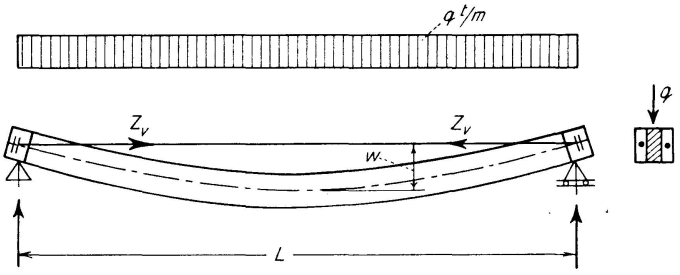

Fig. 3. Balken mit Vorspannung ohne Verbund, Spanngliedachse gegenüber Balkenachse verschiebbar.

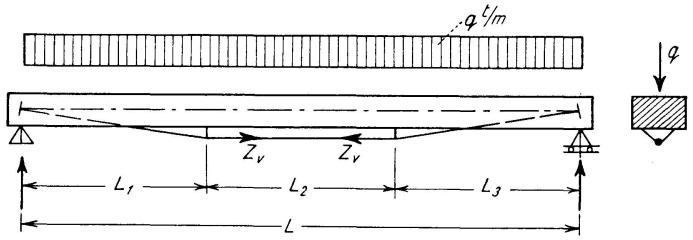

Fig. 4. Balken mit Vorspannung ohne Verbund, Spanngliedachse gegenüber Balkenachse stellenweise festgelegt.

viel größere Werte ν ergeben und die Zusatzmomente ΔM gegenüber einem vollkommen frei geführten Druckglied nach Fig. 3 wesentlich vermindert werden. Denkt man sich das Spannglied an unendlich vielen Stellen mit dem Betonbalken verbunden, so wird die Knicklänge unendlich klein, und dieser Grenzübergang zeigt erneut, daß nun keinerlei Zusatzmomente mehr auftreten können, auch nicht bei zusätzlicher plastischer Verformung des Betons. Zum gleichen Ergebnis kamen wir in Abschnitt 2 bei Betrachtung des Rahmens mit Zugband.

Schließlich sei an die bekannte Tatsache erinnert, daß sich ein bogenförmig betoniertes Bauteil mit zentrisch geführtem Spannglied unter Vorspannung nur verkürzt, aber nicht verbiegt, weil die Vorspannkraft keineswegs in der Bogensehne als äußere Kraft wirkt, sondern im Inneren des Betongliedes — und auch hier stets Gleichgewicht zwischen den Umlenkkräften im Spannglied und jenen im Beton herrscht (Fig. 5), — Prinzip des Bowdenzuges!

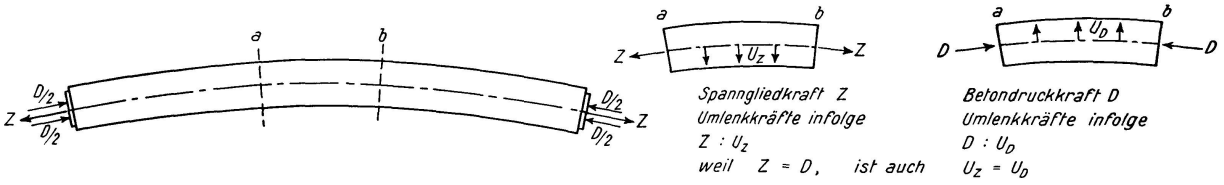

Fig. 5. Längs- und Umlenkkräfte in einem bogenförmigen Bauteil bei zentrischer Vorspannung.

Dies bleibt auch dann unverändert gültig, wenn Verbiegungen durch zusätzliche *äußere* Kräfte hervorgerufen werden. Wäre dem nicht so, müßten zumindest sämtliche sog. «vorgespannten Betonbretter» wegen ihres hohen Schlankheitsgrades unter der Wirkung der Vorspannkräfte sofort ausknicken.

4. Die in [1] gezeigten 3 Anwendungsbeispiele sind nun deswegen unzweckmäßig gewählt, weil in keinem der Fälle gegenseitige Verschiebungen w nach Fig. 3 entstehen können. Das spricht jedoch nicht gegen die Ergebnisse DIMITROVS an sich, deren praktische Bedeutung auf der Hand liegt. Neue Anwendungsbeispiele für Tragwerke und Lastfälle entsprechend Fig. 1 wären sehr erwünscht, um die von DIMITROV erarbeiteten einfachen Anwendungsverfahren der Verformungstheorie aufzuzeigen.

Das kennzeichnendste 3. Beispiel aus [1] sei hier kurz gestreift: Untersucht werden die Verformungen von Spannbeton-Fertigteilen, die im Spannbett gespannt wurden und vollen Verbund aufweisen. Zur Kennzeichnung wird B 450 mit $E_b = 400\,000$ kg/cm², $J_i = 3635$ cm⁴ und $\sigma_{ev} = 9900$ kg/cm² angegeben. Die Fertigteile haben 7 Jahre lang auf der Seite gelegen, so daß ihr Spannungszustand praktisch nur von den Vorspannkräften bestimmt war. Sie verkrümmten sich allmählich und zeigten schließlich einen Stich von rund 7 cm bei 7,0 m Balkenlänge. Die Vergrößerung des Stiches mit der Zeit erklärt

DIMITROV mit Hilfe der Verformungstheorie in Verbindung mit plastischen Verformungen des Betons, wobei er die ausmittig wirkenden Vorspannkräfte als äußere, an den Balkenenden angreifende Längskräfte auffaßt und die Vergrößerung des Stiches aus den Gl. (1) und (2) ableitet. Dieser Betrachtungsweise wird hier widersprochen.

DIMITROV gibt für den Zeitpunkt $t=0$ ein über die Balkenlänge konstantes Moment $M_v = 37{,}4$ cmt aus den Vorspannkräften an. Hieraus ergibt sich eine max. Durchbiegung = Stich bei Beginn der Lagerung für Stadium I von

$$w_0 = \frac{M_v L^2}{8 E_b J_i} = \frac{37400 \cdot 700^2}{8 \cdot 400000 \cdot 3635} = 1{,}58 \text{ cm}. \tag{4}$$

Unter der Annahme spannungsproportionalen Kriechens kann die Vergrößerung des Stiches mit der Zeit genau genug mit dem Ausdruck

$$w_{t\infty} = w_0 (1 + k\varphi)\, 0{,}80, \tag{5}$$

abgeschätzt werden[1]), wobei k und φ gem. DIN 4227 zu wählen sind und der Faktor 0,80 den Abfall der Spannkraft infolge der Kriechverkürzung des Betons berücksichtigen soll. Es muß sich hier um Bauteile gehandelt haben, bei denen die Überleitung der Vorspannkräfte schon in sehr frühem Alter erfolgte und die klimatischen Lagerungsbedingungen das Kriechen förderten, so daß mindestens $k\varphi = 1{,}5 \cdot 2{,}8 = 4{,}2$ zu setzen ist Damit wird

$$w_{t\infty} = 1{,}58\,(1 + 4{,}2)\, 0{,}80 = 6{,}6 \text{ cm},$$

was die beobachtete Erscheinung hinlänglich erklärt.

Literaturverzeichnis

1. DIMITROV, NIK., «Einflüsse der Verformungstheorie bei Vorspannung — Dischinger-Effekt». IVBH, Abhandlungen Bd. 16, Zürich 1956.
2. DISCHINGER, FR., «Untersuchungen über die Knicksicherheit von Bogenbrücken . . .». «Elastische und plastische Verformungen der Bogenbrücken . . .». Der Bauingenieur 1937 und 1939.
3. DIMITROV, NIK., «Beiträge zur Verformungstheorie». Diss. TH Karlsruhe 1949.

Zusammenfassung

Der vorliegende Aufsatz knüpft an eine Veröffentlichung DIMITROVs [1] an, erörtert kurz die Voraussetzungen der Verformungstheorie (Theorie II. Ordnung) sowie bekannte Näherungslösungen für die Bestimmung der Zusatz-

---

[1]) Nach Stadium I. Erfolgt ein Übergang nach Stadium II, ergeben sich noch größere Ausbiegungen $w_{t\infty}$.

momente aus der Systemverformung und versucht jene Gebiete abzugrenzen, wo diese Theorie und damit auch die in [1] vorgelegten Ergebnisse zutreffen. Im Gegensatz zu der in [1] vertretenen Auffassung wird hier gezeigt, daß die Verformungstheorie bei vorgespannten Konstruktionen nur in Ausnahmefällen anwendbar ist. Auch plastische Verformungen des Betons (Kriechen) rechtfertigen nicht die Einführung der Theorie II. Ordnung. Der Einfluß der Vorspannung auf den Spannungs- und Verformungszustand wird an charakteristischen Bauwerken erläutert. Ein Beispiel aus der Praxis, das auch in [1] zitiert ist, wird nachgerechnet und es wird gezeigt, daß sich die dort beobachteten Kriechverformungen in einfacher Weise erklären lassen und nicht aus Zusatzmomenten der Theorie II. Ordnung herrühren.

Summary

This paper is connected with a study by Dimitrov [1]; it discusses briefly the hypotheses of the strain theory (theory of the Second Order), together with the known approximate solutions for the determination of the additional moments from the deformation of the system; the author endeavours to define the fields in which this theory may be applied, as well as to the results presented in this study [1].

Contrary to the conception put forward in [1], it is shown in this paper that in prestressed structures the strain theory can only be applied in exceptional cases. The plastic deformations of the concrete (flow) do not themselves justify the introduction of the theory of the Second Order. The effect of the prestressing upon the state of stress and of deformation is explained with reference to characteristic structures. A practical example, which is also mentioned in [1], is made the subject of a fresh calculation and the author demonstrates that the deformations due to flow, which were observed on this structure, may be explained in a simple manner and are not due to additional moments corresponding to the theory of the Second Order.

Résumé

Ce mémoire se rattache à une étude de Dimitrov [1]; elle commente brièvement les hypothèses de la théorie des déformations (théorie du Deuxième Ordre), ainsi que les solutions approchées connues pour la détermination des moments additionnels par suite de la déformation du système; l'auteur s'efforce de délimiter les domaines dans lesquels peut être appliquée cette théorie, ainsi que les résultats présentés dans l'étude [1].

Contrairement à la conception mentionnée dans [1], il est ici montré que dans les ouvrages précontraints, la théorie des déformations ne peut être appli-

quée que dans des cas exceptionnels. Les déformations plastiques du béton elles-mêmes (écoulement) ne justifient pas l'introduction de la théorie du Deuxième Ordre. L'influence de la précontrainte sur l'état de contrainte et de déformation est exposée sur des ouvrages caractéristiques. Un exemple pratique, qui est également mentionné dans [1], fait l'objet d'un nouveau calcul et l'auteur montre que les déformations par écoulement qui ont été observées sur cet ouvrage peuvent être expliquées d'une manière simple et ne sont pas dues à des moments additionnels correspondant à la théorie du Deuxième Ordre.