Zeitschrift: IABSE reports of the working commissions = Rapports des commissions de travail AIPC = IVBH Berichte der Arbeitskommissionen

Band: 6 (1970)

Artikel: Die Grundlagen für die Berechnung der Folgen des Betonkriechens

Autor: Rüsch, H.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-7800

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: 12.12.2025

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

RAPPORT INTRODUCTIF / EINFÜHRUNGSBERICHT / INTRODUCTORY REPORT

Die Grundlagen für die Berechnung der Folgen des Betonkriechens

Basic Principles for the Calculation of the Effects of Concrete Creep

Les bases du calcul des effets du fluage

H. RÜSCH
München, Deutschland

Für die Berechnung der Auswirkungen des Kriechens sind drei Punkte von besonderer Bedeutung:

1. Die Kenntnis der Fälle, in denen das Kriechen in den Berechnungen berücksichtigt werden muß,
2. Die Entwicklung zuverlässiger Hilfsmittel zur Abschätzung der Größe des Kriechens, und
3. Die Verwendung wirklichkeitsnaher und möglichst einfacher Berechnungsverfahren.

In den folgenden Ausführungen wird versucht, die Probleme dieser drei Teilgebiete darzustellen.

1. Wann beeinflußt das Kriechen des Betons den Spannungs- und Verformungszustand

1.1 Der Unterschied zwischen Lastspannung, Zwangspannung und Eigenspannung

Um die vom Kriechen ausgelösten Folgen verstehen zu können, ist es zweckmäßig, die in einer Konstruktion entstehenden Spannungen nach ihren Ursachen in Lastspannungen, Zwangspannungen und Eigenspannungen zu unterteilen. Wenn diese Unterscheidung manchmal auch nicht eindeutig möglich ist, trägt sie trotzdem sehr zum Verständnis bei.

L a s t s p a n n u n g e n sind die Folge der an dem Tragwerk angreifenden Lasten. Ihr wesentlichstes Charakteristikum ist, daß sie zum Gleichgewicht notwendig sind. Bei statisch unbestimmt gelagerten Bauteilen müssen sie neben der Gleichgewichtsbedingung auch noch den Verträglichkeitsbedingungen genügen. Lastspannungen lassen sich für einen Querschnitt stabförmiger Tragwerke zu Schnittgrößen zusammenfassen.

Z w a n g s p a n n u n g e n und E i g e n s p a n n u n g e n sind die Folge von Verformungen, die dem Tragwerk aufgezwungen werden. Diese können ungewollt sein, wie z.B. das Schwinden, Temperaturänderungen und Stützensenkung. Man kann sie aber auch mit der Absicht erzeugen, das Spannungsbild im günstigen Sinne zu verändern. Dies geschieht z.B. beim Vorspannen der Bewehrung und gelegentlich auch durch eine besondere Art des Bauvorganges. Man muß weiter zwischen Verformungen unterscheiden, deren Ursache innerhalb des Bauteils entstehen-

de Dehnungen sind (z.B. ungleichmäßiges Schwinden) und jenen, die durch von außen einwirkende Verschiebungen erzeugt werden (z.B. Fundamentsetzung).

Aufgezwungene Verformungen haben je nach ihrer Art verschiedene Auswirkungen. Bei Auflagerverschiebungen oder bei ebener Verteilung der im Querschnitt entstehenden Dehnungen (z.B. bei linearem Temperaturgefälle über die Trägerhöhe), führen sie im Falle der statisch bestimmten Lagerung nur zu einer spannungslosen Lageänderung des Tragwerkes; bei statisch unbestimmter Lagerung erzeugen sie aber Zwangspannungen als Folge der geometrischen Unverträglichkeit im statisch bestimmten Hauptsystem. Sind die aufgezwungenen inneren Dehnungen dagegen nicht linear über den Querschnitt verteilt, so entstehen Eigenspannungen.

Z w a n g s p a n n u n g e n können also nur bei statisch unbestimmten Systemen entstehen: sie beseitigen die durch die aufgezwungene Verschiebung erzeugte Störung der Verträglichkeitsbedingung. Aus diesem Grunde sind die Zwangschnittgrößen proportional der Stabsteifigkeit. Die Zwangspannungen nehmen also ab, wenn die Verformbarkeit des Tragwerkes wächst. Sie lassen sich zu Schnittgrößen zusammenfassen.

E i g e n s p a n n u n g e n entstehen dann, wenn aufgezwungene innere Dehnungen oder Verzerrungen nicht der Verträglichkeitsbedingung entsprechen. Bei Stabtragwerken verlangt die Verträglichkeit das Ebenbleiben der Querschnitte. Eigenspannungen lassen sich in Stabtragwerken nicht zu Schnittgrößen zusammenfassen; ihre Spannungssumme ist in jedem Querschnitt gleich Null. In diesem Sinne kann auch der durch Vorspannung in Spannbetonbauteilen erzeugte Spannungszustand als Eigenspannungszustand zwischen Beton und Spannstahl aufgefaßt werden.

1.2 Der Einfluß des Kriechens auf die Lastschnittgrößen

Wenn die Konstruktion ganz aus Beton einheitlicher Eigenschaften besteht, verändert das Kriechen die Lastspannungen nicht. Dies ist leicht zu erkennen, wenn man sich das Kriechen durch einen Abfall des Formänderungsmoduls ersetzt denkt.

Diese Aussage gilt allerdings nur, solange man die Biegemomente nach der Theorie I.Ordnung berechnen darf. Muß man, wie es bei der Berechnung der Knicksicherheit der Fall ist, die Momente nach der Theorie II.Ordnung unter Berücksichtigung der Stabauslenkung berechnen, darf der Einfluß des Kriechens auf die Schnittgrößen nicht mehr vernachlässigt werden. Dies gilt auch in den nachstehenden Fällen.

Anders liegen die Verhältnisse bei Tragwerken, in denen verschiedenartige Baustoffe zusammenwirken. Dies ist z.B. bei weitgespannten kontinuierlichen Brücken der Fall, wenn man im Stützenbereich Normalbeton und im Feld Leichtbeton verwendet. Wenn die beiden Betone verschieden kriechen, werden sich die Schnittgrößen umlagern. Dabei werden sich die Biegemomente im stärker kriechenden Teil verringern, im schwächer kriechenden Teil vergrößern. Der Unterschied der Kriechverformungen ist beim Zusammenwirken von Beton- und Stahlbauteilen noch größer (z.B. Betonbogen mit Stahlzugband). Da nur der Beton kriecht, der Stahl aber nicht, wird sich die Verteilung der Schnittgrös-

sen im Laufe der Zeit wesentlich ändern.

Auch der Stahlbeton beruht auf dem Zusammenwirken von zwei verschiedenen Baustoffen. Es ist aber trotzdem üblich, Bauteile aus Stahlbeton bei der Schnittkraftermittlung so zu behandeln, als ob sie aus einem einheitlichen Baustoff bestünden. Dazu ist man berechtigt, weil hier nicht nur das Kriechen des Betons, sondern auch der noch wesentlich bedeutendere Einfluß der Rissebildung eine annähernd gleichmäßige Veränderung der Verformungssteifigkeit hervorruft.

Beim Spannbeton ist der Bewehrungsanteil kleiner als beim Stahlbeton. Außerdem entfällt der Einfluß der Rissebildung. Man kann deshalb auch in diesem Fall den Einfluß des Kriechens auf die von Lasten hervorgerufenen Schnittgrößen vernachlässigen.

Die gleiche Vereinfachung ist dagegen bei Verbundkonstruktionen nicht mehr möglich. Dafür ist der Anteil des Stahles an der gesamten Querschnittsfläche zu groß und längs des Trägers zu ungleich verteilt.

1.3 Der Einfluß des Kriechens auf die Zwangschnittgrößen

Es wurde schon erwähnt, daß die Zwangschnittgrößen proportional der Stabsteifigkeit sind. Durch das Kriechen wird diese Steifigkeit bei allen Betonkonstruktionen verkleinert. Deshalb werden die Zwangschnittgrößen sowohl bei unbewehrtem Beton als auch bei Stahlbeton-, Spannbeton- und Verbundkonstruktionen im Laufe der Zeit abnehmen.

Dieser Abbau der Zwangspannungen kann sowohl nützlich als auch schädlich sein. Er ist fast immer erwünscht, wenn die auslösende Verschiebung einen ungewollten Zwang hervorruft, wie Schwinden, Temperaturänderung oder Setzungen des Untergrundes. Wenn sich z.B. der Erdboden unter der am stärksten befahrenen Spur einer Betonstraße mehr setzt als in den Randstreifen, sollte sich der Beton der Setzungsmulde wie ein weicher Teppich anpassen können. Man wünscht sich dann einen stark kriechenden Beton. Dagegen ist der Abbau unerwünscht, wenn man den Zwang absichtlich erzeugt hat, um das Spannungsbild günstig zu beeinflussen. Dieser Fall liegt oft beim Verbundbrückenbau vor. Da das Kriechen den durch Auflagerverschiebungen gezielt eingeleiteten Zwang im Laufe der Zeit abbaut, wünscht man sich einen nur wenig kriechenden Beton.

1.4 Der Einfluß des Kriechens auf die Eigenspannungen

Wie erwähnt, kommt den Eigenspannungen die Aufgabe zu, die innerhalb eines betrachteten Querschnittes auftretenden Dehnungen verträglich zu gestalten. Dazu muß in der Regel das Theorem vom Ebenbleiben der Querschnitte erfüllt sein. Das Kriechen kann die Eigenspannungen verschieden beeinflussen. Es kann nicht nur die von aufgezwungenen Dehnungen ausgelösten Eigenspannungen abbauen, sondern beim Zusammenwirken unterschiedlich kriechender Baustoffe auch selbst neue Eigenspannungen erzeugen.

Als Eigenspannungen auslösende Ursachen sind vor allem ungleichmäßige Volumenänderungen zu nennen, die schon beim Erhärten des Betons durch die Abbindewärme oder anschließend durch das von der Oberfläche nach innen fortschreitende Schwinden entstehen. Bei der Bemessung der Stabquerschnitte bleiben

diese Eigenspannungen fast immer unberücksichtigt. Sie sind meist nur zum Zeitpunkt ihres Entstehens gefährlich, da sie durch das Kriechen rasch und stark abgebaut werden Man muß also vor allem dafür sorgen, daß solche Eigenspannungen genügend langsam entstehen. Daher kommt der Forderung, daß der Beton im jungen Alter vor rascher Austrocknung und Abkühlung geschützt werden muß, besondere Bedeutung zu.

Gefährlicher sind die durch Sonneneinstrahlung hervorgerufenen Eigenspannungen. Nicht nur, daß sie bei einem alten und daher wenig verformungsfähigen Beton sehr groß werden; da sie nur kurzzeitig einwirken, kann auch kein nennenswerter Abbau durch Kriechen eintreten.

Die zweite Gruppe der durch das Kriechen selbst erzeugten Eigenspannungen tritt bei Verbundbaustoffen auf. Als Beispiel sei eine bewehrte Stahlbetonsäule genannt, bei der die durch das Kriechen hervorgerufenen Umlagerungen der Lastspannungen als Eigenspannungen des Stahlbetonkörpers aufgefaßt werden können. Die Betonspannungen nehmen im Laufe der Zeit ab und die Stahlspannungen zu, und zwar so stark, daß sie in extremen Fällen schon im Gebrauchszustand die Streckgrenze erreichen.

Bei der Bemessung von Stahlbetonbauteilen werden auch diese Eigenspannungen stets vernachlässigt, da sie keinen nennenswerten Einfluß auf die Tragfähigkeit haben, dazu sind die auslösenden Verformungen im Vergleich zur Verformungsfähigkeit der beteiligten Baustoffe im Bruchzustand im allgemeinen zu klein. Die erwähnte Spannungsumlagerung vermindert nur als Folge der stärkeren Beteiligung der Bewehrung an der Lastaufnahme die Kriechverformung des Tragwerkes.

Bei starker Vorspannung und bei Verbundträgern darf aber auf den Nachweis der durch das Kriechen erzeugten Eigenspannungszustände meist nicht verzichtet werden. Die Umlagerung der Spannungen zwischen Beton und Stahl kann nämlich das Verhalten unter Gebrauchslast erheblich beeinflussen.

1.5 Der Einfluß des Kriechens auf die Vorspannung

Die Vorspannung erzeugt bei im Verbund liegenden hochfesten Spanngliedern und statisch bestimmten Lagerung nur Eigenspannungen im Querschnitt. Bei statisch unbestimmter Lagerung können zusätzlich der Vorspannkraft proportionale Zwangspannungen entstehen, wenn die von der Vorspannung ausgelösten Verformungen nicht mit den geometrischen Stützbedingungen verträglich sind. Nur in diesem Falle erzeugt die Vorspannung Schnittgrößen.

Die durch die Vorspannung erzeugten Eigen- und Zwangspannungen werden durch das Kriechen verringert. Bei Vorspannung mit Hilfe von Spanngliedern aus hochfestem Stahl beträgt der Verlust je nach Bewehrungsgrad zwischen 5% und 30%.

Wird der Zwang nicht durch Zugglieder sondern durch Vorspannen gegen feste Widerlager erzeugt, so ist der Verlust erheblich größer.

1.6 Das Anwachsen der Verformung

Bei der Beurteilung des durch Kriechen ausgelösten Verformungszuwachses ist die Unterteilung in verschiedene Spannungsarten ebenfalls sehr nützlich.

Bei einer reinen Betonkonstruktion wächst nur der von den Lastspannungen ausgelöste Anteil der Verformung, während unter Zwang- und Eigenspannungen die Verformungen unverändert bleiben.

Wenn Bauteile aus Baustoffen unterschiedlichen Kriechverhaltens in einem Tragwerk zusammenwirken (z.B. Betonbogen mit Stahlzugband) treten sowohl unter Last als auch unter Zwang Kriechverformungen auf.

Bei Stahlbetontragwerken sind die Verhältnisse wesentlich komplizierter, da im gerissenen Bereich nur der Beton der Druckzone kriecht. Die Wirkung von Lastspannungen hat ein Absinken der neutralen Achse, eine Vergrößerung der Druckzone und eine Abnahme der kriecherzeugenden Lastspannungen zur Folge. Der durch Kriechen unter Last ausgelöste Verformungszuwachs ist deshalb bei Stahlbeton viel kleiner als bei unbewehrtem Beton. Dafür erhöht aber die Rißbildung die Durchbiegung erheblich.

Spannbeton verhält sich je nach dem Grad der Vorspannung ähnlich wie unbewehrter Beton oder ähnlich wie Stahlbeton. Es ist aber zusätzlich zu beachten, daß die Spannkraft unter der Wirkung des Kriechens abnimmt und damit die Durchbiegung indirekt beeinflußt wird.

Verbundkonstruktionen verhalten sich ähnlich wie besonders stark bewehrter Stahlbeton.

1.7 Zusammenstellung der zu erfassenden Auswirkungen

Wenn man als Maß für die Kriechverformung den Verhältniswert φ zwischen Kriechverformung und elastischer Verformung benutzt, kann man die vorstehenden Ergebnisse wie folgt zusammenfassen:

Bei unbewehrtem Beton

- Die unter dauernd wirkenden Lastspannungen entsthenden Verformungen wachsen im Laufe der Zeit auf den $(1 + \varphi)$-fachen Wert an.
- Die Lastschnittgrößen bleiben unverändert.
- Die Zwangschnittgrößen werden in grober Näherung auf etwa den $1/(2 \cdot \varphi)$-fachen Wert absinken.
- Für Eigenspannungen gilt das gleiche.

Bei Stahlbeton

- Die von den dauernd wirkenden Lastspannungen ausgelösten Verformungen wachsen etwa auf das $(1 + 0{,}3\ \varphi)$-fache an.
- Die Veränderung der Lastschnittgrößen braucht man nur bei dem nach der Theorie II.Ordnung zu führenden Nachweis der Knicksicherheit von sehr schlanken Stützen mit hohem Anteil der Dauerlast zu berücksichtigen.
- Die Zwangschnittgrößen sinken schon unter dem Einfluß der Rißbildung stark ab. Das Kriechen führt zu einer weiteren Abminderung, etwa auf den $1/(1 + 0{,}3\ \varphi)$-Wert.

- Eigenspannungen dürfen bei Stahlbeton in der Regel vernachlässigt werden. Soweit sie dauernd wirken, werden sie durch das Kriechen stark abgebaut.

Bei Spannbeton mit Spanngliedern aus hochfestem Stahl

- Die unter dauernd wirkenden Lastspannungen entstehenden Verformungen wachsen je nach dem Grad der Vorspannung auf den $(1 + 0{,}5\ \varphi)$-fachen bis $(1 + \varphi)$-fachen Wert an (teilweise bezw. beschränkte Vorspannung). Diesen Werten überlagern sich die von der Vorspannung erzeugten Durchbiegungen, die meist entgegengesetzt gerichtet sind. Ihr Anteil wächst unter der Wirkung des Kriechens im Mittel auf den $0{,}9\ (1 + 0{,}5\ \varphi)$-fachen bis $0{,}9\ (1 + \varphi)$-fachen Wert an.
- Die Lastspannungen bleiben unverändert, sofern man nicht nach der Theorie II.Ordnung rechnen muß.
- Für Zwangschnittgrößen und Zwangspannungen infolge von außen aufgezwungenen Verformungen verhält sich Spannbeton wie unbewehrter Beton. Die Zwangschnittgrößen infolge Vorspannung sinken dagegen als Folge der durch das Kriechen bedingten Verringerung der Vorspannung im Mittel nur auf das 0,9-fache ab.
- Der Eigenspannungszustand der Vorspannung sinkt im Mittel ebenfalls auf das 0,9-fache ab.

Bei Spannbeton mit Vorspannung gegen starre Widerlager

Der durch Vorspannung eingetragene Zwang wird gegenüber den vorstehenden, für Vorspannung mit hochfesten Stählen gemachten Angaben wesentlich stärker abgebaut. Der mittlere Reduktionskoeffizient 0,9 ist durch den Wert $(1/2\varphi)$ zu ersetzen.

Bei Verbundkonstruktionen

Verbundkonstruktionen unterscheiden sich von Stahlbeton nur durch den größeren Stahlanteil und durch seine ungleichmäßigere Verteilung. Deshalb besteht gegenüber dem Stahlbeton nur ein gradueller Unterschied:

- Die Verformungen wachsen weniger an als bei Stahlbeton.
- Der Einfluß des Kriechens auf die Verteilung der Lastschnittgrößen ist zu groß, um noch vernachlässigt werden zu können.
- Die Zwangschnittgrößen werden nicht so stark abgebaut wie beim Stahlbeton.
- Das gleiche gilt für Eigenspannungen.

2. Die Abschätzung der Größe und des zeitlichen Ablaufes der Kriechverformung

2.1 Allgemeines

Bisher liegen nur wenige ausgereifte Vorschläge zur Vorausbestimmung der in die Berechnung einzuführenden Kriechzahlen vor. Typische Beispiele sind die CEB-Empfehlungen (1), die eben in neuer Fassung erschienen sind und die russischen Vorschläge von Berg (2). Auch die bei diesem Symposium vorgelegten Beiträge enthalten einige Anregungen.

Sicherlich kann man dieses Problem auf verschiedenen Wegen angehen. Man wird aber solange nicht entscheiden können, welchem Vorschlag der Vorzug gebührt, als nicht zusätzlich zu Ergebnissen von Laboratoriumsversuchen so viele Beobachtungen über das Verhalten ausgeführter Bauwerke vorliegen, daß vergleichende Korrelationsanalysen durchgeführt werden können. Es ist dankbar zu begrüßen, daß auf diesem Kongreß der Versuch gemacht wurde, solche Beobachtungen zu sammeln.

Es lassen sich aber heute schon einige Grundsätze aufstellen, denen jeder Vorschlag für die Abschätzung des Kriechens genügen sollte. Diese werden im folgenden zusammengestellt.

2.2 Das Kriechen ist proportional der einwirkenden Spannung

Diese allgemein anerkannte Grundlage liefert bei Betonspannungen bis zu mindestens 1/3 der Bruchfestigkeit befriedigende Resultate. In der Nähe der Bruchlast wachsen die Kriechverformungen überproportional an. Glücklicherweise ist es aber nicht nötig, den Einfluß des Kriechens in diesem Gebiet zu untersuchen. Wie die vorstehenden Ausführungen gezeigt haben, ist der Einfluß des Kriechens auf die Lastschnittgrössen nur bei der Verbundbauweise bzw. bei Tragwerken aus Bauteilen unterschiedlichen Kriechverhaltens zu berücksichtigen, wobei in der Regel die den dauernd wirkenden Lasten entsprechenden Spannungen die oben angegebene Grenze nicht überschreiten. Die Zwangschnittgrößen und Eigenspannungen verschwinden im Bruchzustand fast völlig und die Deformationen interessieren nur im Gebrauchszustand.

2.3 Unterscheidung zwischen Fließen und verzögerter Elastizität

Unter dem Begriff Kriechen werden zwei völlig verschiedene Verformungsarten zusammengefaßt:

- Die verzögert eintretenden elastischen Verformungen
- Der plastische Verformungsanteil, also das Fließen.

---

(1) International Recommendations for the Design and Construction of Concrete Structures.

(2) O.J. Berg und E.N. Scerbakov: The Evaluation of the Creep of Concrete in the Design of Structures. (London Beton Symposium)

Der erste Anteil ist reversibel, der zweite nicht. Die verzögerten elastischen Verformungen sind nach mehreren Monaten abgeschlossen, die Fließverformung erst nach Jahren. Die verzögert-elastische Verformung liegt in der Größenordnung von etwa 3o % der rein elastischen Verformung und ist nur wenig von den für das Fließen maßgebenden Einflüssen abhängig; der Endwert des Fließens ist bei altem Beton etwa gleich groß, bei jungem Beton aber mehrfach größer als die verzögert-elastische Verformung. Da sich aber der erstgenannte Verformungsanteil schneller entwickelt, ist er meist zu Beginn der Dauerbelastung ausschlaggebend.

Die unterschiedliche Wirkungsweise der beiden Einflüsse kann man am leichtesten an Hand des McHenry'schen Superpositionsgesetzes verstehen. Man unterstellt dabei etwa vergröbernd, daß sowohl die verzögert-elastische Verformung als auch das Fließen unter vorgegebenen Bedingungen (Betonzusammensetzung, Klima, Abmessungen usw.) einheitlichen Gesetzen folgen (siehe Bild) und die Auswirkungen nur addiert werden müssen. Durch die beiden Kurven wird dann nicht nur der jedem beliebigen Alter des Betons entsprechende Anteil des Fließens festgelegt, sondern auch der zeitliche Ablauf dieser Verformungen.

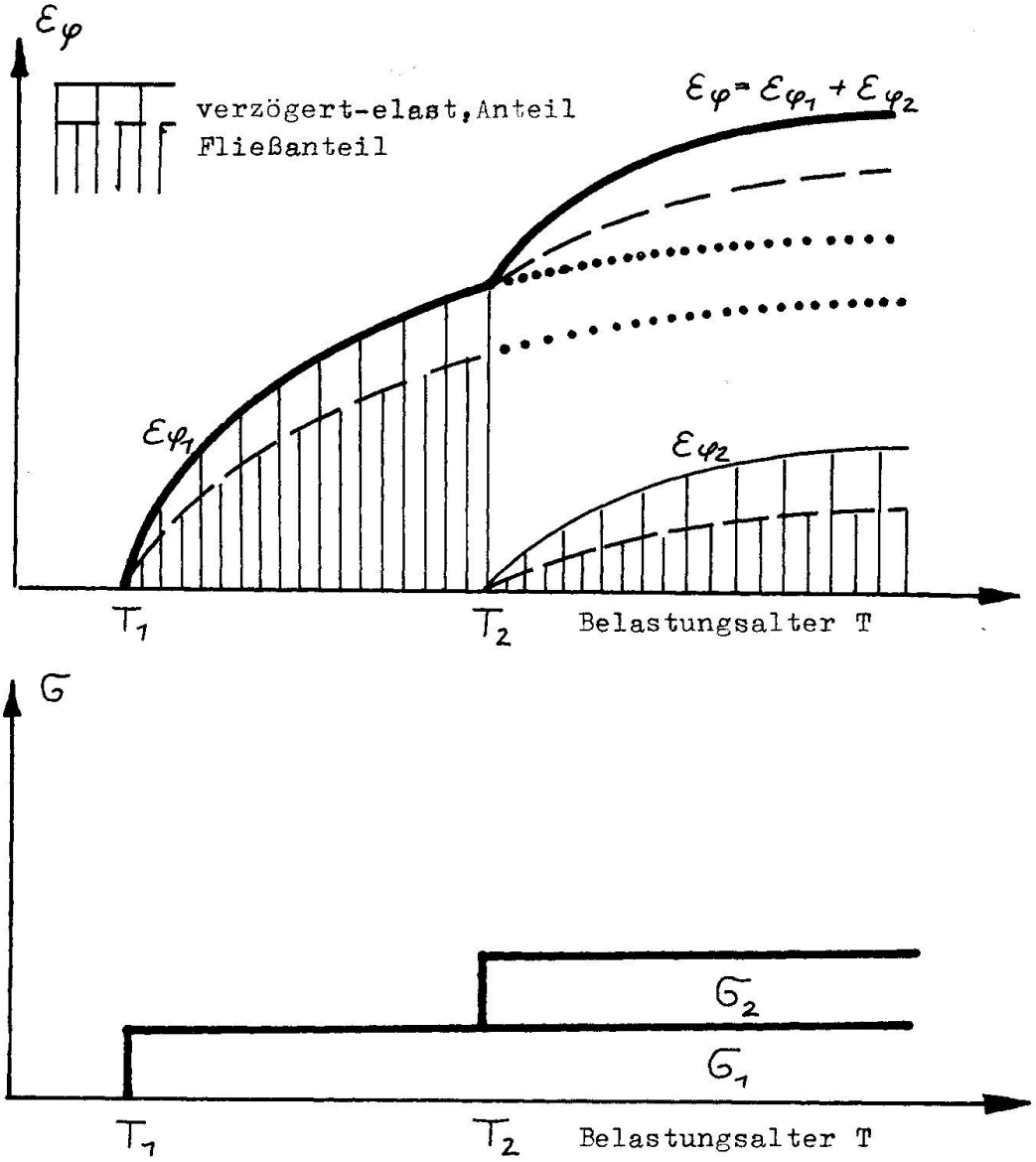
Es bereitet also keine prinzipiellen Schwierigkeiten, auf diesem Wege die für verschiedene Altersstufen bei konstanter Spannung zu erwartenden Kriechverformungen abzuschätzen. Sobald sich aber die kriecherzeugende Spannung ändert, und vor allem, wenn diese Spannung abnimmt, macht sich die reversible Charakteristik der verzögert elastischen Verformung entscheidend bemerkbar.

Solange noch keine befriedigenden mathematischen Lösungen für die getrennte Behandlung beider Verformungsarten vorliegen, muß man versuchen, durch zweckmäßige Wahl der für die Bestimmung der Kriechwerte verwendeten Faktoren den Weg für Näherungen vorzubereiten. Dies ist bei dem CEB-Verfahren auf Vorschlag des Verfassers dadurch geschehen, daß der für den Einfluß des Belastungsalters geltende Koeffizient immer den Einfluß der verzögerten Elastizität berücksichtigt, während der den zeitlichen Ablauf der Verformung bestimmende Faktor das mittlere Verhalten beschreibt. Da er vom Belastungsbeginn an zählt, trägt er dem Umstand Rechnung, daß in den ersten Monaten die verzögerte elastische Verformung von großem Einfluß ist.

Mit diesem zugegebenermaßen groben Näherungsverfahren kann man nur dann wirklichkeitsnahe Ergebnisse erhalten, wenn man jede Spannungsänderung als neue Last auffaßt, die dann im Falle einer Spannungsabnahme nicht nur die Fließverformung verringert, sondern auch den negativen Anteil der verzögerten Elastizität berücksichtigt. Bei Rechnung mit stark veränderlicher Spannung muß man das Kriechen in mehrere Stufen unterteilen und die Auswirkungen iterativ ermitteln. Das wird man allerdings nur dann tun, wenn durch das Kriechen die Spannung sehr stark abgebaut wird. Es ist aber meist einfacher, die von Trost (3) angegebenen Reduktionskoeffizienten zu verwenden, die auf der CEB-Grundlage aufbauen.

---

(3) Trost: "Auswirkungen des Superpositionsprinzips auf Kriech- und Relaxationsprobleme bei Beton und Spannbeton", Beton- und Stahlbetonbau 1967, S.67



2.4 Welche Einflüsse müssen bei der Vorausschätzung der Kriechwerte berücksichtigt werden

Man muß auf jeden Fall unterscheiden zwischen den Einflüssen, die von der Struktur des Betons abhängen, und jenen, welche die umgebende Atmosphäre ausübt. In groben Umrissen fällt diese Unterteilung auch mit der üblichen Einteilung in Grundkriechen und Trocknungskriechen zusammen.

Das Grundkriechen des Betons hängt vor allem ab:

- von der Zusammensetzung des Betons und von seinem Erhärtungszustand beim Aufbringen der Spannung.

Das Trocknungskriechen wird bestimmt:

- durch die klimatischen Bedingungen (Temperatur und relative Luftfeuchte) und
- durch die fiktive Dicke (doppelte Querschnittsfläche geteilt durch den austrockenden Querschnittsumfang des Baukörpers), welche die Austrocknungsgeschwindigkeit bestimmt.

Zudem benötigt man noch Angaben über den zeitlichen Ablauf des Kriechens, um auch die während der verschiedenen Bauphasen auftretenden Änderungen der Beanspruchung berücksichtigen zu können.

Auf der Suche nach Angaben zur Bestimmung der voraussichtlichen Größe des Kriechens wird man immer einen Kompromiß zwischen dem Wunsch nach möglichster Einfachheit und dem Streben nach Wirklichkeitsnähe schließen müssen. Man wird sich auch vor Augen halten müssen, daß nie mehr als eine begrenzte Annäherung an das wirkliche Verhalten erreicht werden kann. Selbst wenn man das Verhalten des Betons genau kennen würde, blieben immer noch die Unsicherheiten der Witterungsverhältnisse und des Alters des Betons beim Entstehen der Spannungen übrig.

Man kann aber heute schon als gesicherte Erkenntnis betrachten, daß es nicht genügt, die Größe und den Einfluß des Kriechens durch die Angabe eines reduzierten Formänderungsmoduls beschreiben zu wollen. Es ist wesentlich zweckmäßiger, mit der Kriechzahl zu arbeiten, welche die Kriechverformung als ein Vielfaches der elastischen Verformung beschreibt.

ZUSAMMENFASSUNG

Bei der praktischen Berechnung der Auswirkungen des Kriechens ist es zweckmässig, die Folgen nach der auslösenden Ursache - Spannungen infolge Lasten oder Spannungen infolge aufgezwungener Verformungen - zu unterscheiden. In den Berechnungsmethoden genügt es, für den Zusammenhang zwischen Spannung und Kriechverformung einen linearen Ansatz zu verwenden.

Die beiden grundsätzlich verschiedenen Erscheinungen des Fliessens und der verzögerten Elastizität müssen vorerst durch geeignete Näherungsverfahren erfasst werden, wobei es sich empfiehlt, beide Wirkungen durch die Kriechzahl φ als Verhältnis zwischen Kriechverformung und elastischer Verformung zu beschreiben. Bei den Abschätzungen der Kriechzahl sind mindestens folgende Einflüsse zu berücksichtigen: Betonzusammensetzung, Belastungsalter, klimatische Bedingungen und Geometrie des Bauteils.

SUMMARY

For the practical evaluation of creep behaviour, it is useful to differentiate creep effects according to their causes - stresses due to loadings, or stresses due to imposed deformations. A linear relation between stress and creep deformations is adequate for the calculations.

It is necessary to take into account the basically different phenomena of plastic flow and delayed elasticity, and it is advisable here to describe both effects using the creep coefficient φ, defined as the ratio of creep deformation to elastic deformation. In estimating the creep coefficient, the following effects must be taken into account: concrete constituents, age at time of loading, ambient conditions and geometry of the structural member.

RESUME

Dans le calcul pratique des effets du fluage, il est utile de distinguer ceux-ci selon leur provenance: contraintes dues aux charges ou contraintes provoquées par des déplacements d'appuis. Dans les méthodes de calcul, on utilise une relation linéaire entre les tensions et les déformations du fluage.

Ces deux phénomènes du fluage et de l'élasticité retardée, fondamentalement différents, doivent d'abord être analysés par des méthodes appropriées et simplifiées; il est avantageux de décrire ces deux effets par le coéfficient de fluage φ, rapport entre la déformation du fluage et la déformation élastique. Dans l'estimation du coefficient de fluage, il foudra au moins tenir compte des influences suivantes: composition du béton, âge lors de la mise en charge, conditions climatiques et géométrie de l'élément considéré.

Leere Seite
Blank page
Page vide