

# Konstruktive Massnahmen zur Verringerung schädlicher Einflüsse von Kriechen, Schwinden und Temperatur

Autor(en): **Leonhardt, Fritz**

Objektyp: **Article**

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

Band (Jahr): **5 (1970)**

PDF erstellt am: **12.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-6917>

## **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.

## **Konstruktive Massnahmen zur Verringerung schädlicher Einflüsse von Kriechen, Schwinden und Temperatur**

Constructive Measures for Reducing Detrimental Effects due to Creep, Shrinkage and Temperature

Mesures constructives visant à la réduction d'effets nuisibles dus au fluage, au retrait et à la température

FRITZ LEONHARDT  
Stuttgart

### 1. Arten der schädlichen Einflüsse

1.1 Verformungen: Kriechen und Schwinden des Betons können zu störenden Verformungen führen, z.B. zu übermäßigen Durchbiegungen schlanker Deckenträger oder Aufbiegungen von Spannbetonträgern durch zu hohe Druckspannungen im vorgedrückten Zuggurt. Sie können Schäden hervorrufen, z.B. Risse in Trennwänden auf Decken oder Bruch von Glasscheiben unter Balken. Nachträgliche Durchbiegungen können auch zum Knicken schlanker Stützen führen, wenn diese biegesteif mit dem Balken verbunden sind.

Auch Verkürzungen von Bauteilen durch Kriechen, Schwinden oder Temperatur können zu Schäden führen, wenn die Längenänderungen behindert werden. Schließlich können unterschiedliche Verkürzungen stützender Elemente vor allem bei Hochhäusern Schäden an biegesteifen Decken oder Scheiben verursachen.

1.2 Rißbildung: Risse entstehen im Beton viel häufiger durch den Einfluß von Temperaturänderungen als allgemein vermutet wird; Schwinden und Kriechen sind daran weniger beteiligt. In dicken Bauteilen gefährdet die Hydratationswärme des Zementes den noch jungen und entsprechend noch wenig zugfesten Beton durch Eigenspannungen besonders stark. In innerlich oder äußerlich statisch unbestimmten Tragwerken verursachen Temperaturänderungen zusätzlich Zwangskräfte durch Behinderung der Temperaturverformungen. Als Beispiele seien Decken für Flachdächer oder Hohlkasten für Brücken erwähnt. In einigen Fällen haben Risse, die vorwiegend durch Temperatur hervorgerufen waren, Brücken fast zum Einsturz gebracht [1].

1.3 Umlagerung von Schnittkräften: Bei statisch unbestimmt gelagerten Tragwerken ergeben die Verformungen infolge von Schwinden und Kriechen eine Umlagerung der Schnittkräfte, die zu Rissen führen kann und oft zusätzliche Stahleinlagen bedingt. Diese Umlagerung entsteht durch Abbau von Zwangkräften und kann klein gehalten werden, wenn man von vornherein so entwirft, daß die Zwangskräfte klein sind. Eine Umlagerung von Spannungen entsteht bei schubfester Verbindung von Betonteilen verschiedenen Alters, z.B. von vorgefertig-

ten Balken mit Ortbetonplatten. Die Umlagerung wirkt sich hier meist nicht schädlich aus, wenn das fertige Tragwerk für den Endzustand die nötige Biege- und Schubbruchsicherheit aufweist und wenn im Bauzustand am vorgefertigten Bauteil keine unzulässigen Spannungen auftreten.

## 2. Maßnahmen zur Verringerung der schädlichen Einflüsse

### 2.1 Verringerung des Kriechens und Schwindens

**2.1.1 Durch betontechnologische Maßnahmen.** Schwinden und Kriechen des Betons werden vorwiegend durch den lange Zeit dauernden Aushärtungsprozeß des Zementes und durch das Heraustrocknen des chemisch nicht gebundenen Anmachwassers hervorgerufen. Demnach kann man die Schwind- und Kriechmaße durch weniger Zementzugabe vermindern. Der für eine bestimmte Festigkeit des Betons erforderliche Zementgehalt richtet sich nach der Summe der Oberflächen der Zuschlagstoffe, die miteinander zu verleimen sind, und nach den Hohlräumen, die zwischen den Zuschlagstoffen auszufüllen sind. Beide Größen können klein gehalten werden, wenn möglichst viel grobes Korn verwendet wird. Es ist zwar seit langem bekannt, daß man dies am besten mit Ausfallkörnungen erreicht (Bild 1) [2], dennoch wird hiervon in der Praxis

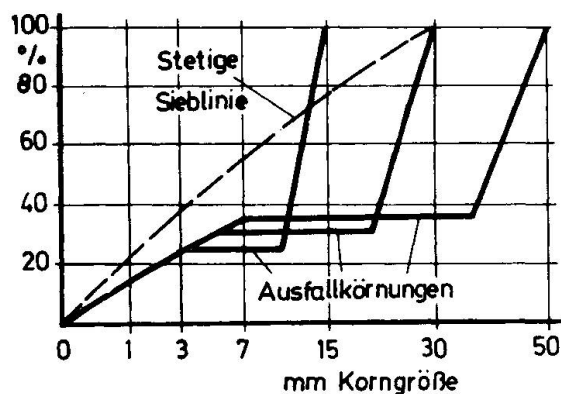
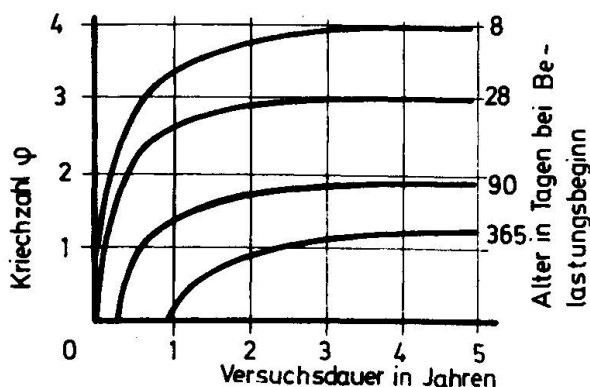


Bild 1. Ausfallkörnung zur Reduktion der nötigen Zementmenge

noch viel zu wenig Gebrauch gemacht. Anwendungen haben bewiesen, daß man nach Eignungsprüfung nicht nur höhere Festigkeiten, sondern auch gute Verarbeitbarkeit erzielt, wobei die hierfür nötige Menge an Mehlkorn nicht unbedingt aus Zement bestehen muß, sondern durch Quarzmehl oder dergl. ergänzt werden kann. Die Mörtelmenge (Körnung 0 bis 7 mm) kann von 55 % auf 30 bis 35 % vermindert, der Zementgehalt von rd. 350 bis 400 kg/m<sup>3</sup> herabgesetzt werden. Man darf erwarten, daß Kriechen und Schwinden fast proportional zum Zementgehalt zurückgehen.

Es ist weiter bekannt, daß ein niedriger Wasserzementfaktor das Schwinden und Kriechen vermindert. Er kann bis auf 0,40 gesenkt werden, wenn man durch kräftige Schalungen dafür sorgt, daß wirkungsvolle Innen- bzw. Außenrüttler zur Verdichtung des Betons eingesetzt werden können.

**2.1.2 Durch Nachbehandlung:** Kriechen und Schwinden wird stark vermindert, wenn der Beton einen hohen "Reifegrad" der chemischen Aushärtung erreicht hat, bevor er den Einflüssen ausgesetzt wird, die Kriechen und Schwinden auslösen (Bild 2). Der Reife-



prozeß erfordert Zeit und Wärme, die erforderliche Zeit kann durch höhere Temperatur abgekürzt werden (Dampfhärtung). In gemäßigttem

Bild 2. Einfluß des Alters bei Belastungsbeginn auf den Kriechverlauf (nach Rös).

Klima ist zu beachten, daß der Reifeprozess durch Temperaturen unter  $+ 18^{\circ}\text{C}$  verlangsamt wird und bei Temperaturen unter  $+ 5^{\circ}\text{C}$  fast aufhört. Zum Reifen ist Feuchthalten des Betons nötig; es genügt, die Verdunstung des überschüssigen Anmachwassers zu verhüten, indem man nach dem Erstarren des Betons, bzw. direkt nach dem Ausschalen die Betonflächen mit einem geprüften Sperrmittel bespritzt (Dampfsperre) [3] [4]. Auch das Abdecken mit feuchtem Jutegewebe ist geeignet. Das früher übliche Bespritzen des Betons mit kaltem Wasser sollte möglichst unterbleiben, um die schädlichen Wirkungen der Abkühlung zu vermeiden (siehe Abschnitt 2.2).

### 2.1.3 Durch Verminderung der schwind- und kriecherzeugenden Einflüsse:

Beim Schwinden und Kriechen ist es schwierig, die wesentliche Ursache, nämlich die Trockenheit der das Tragwerk umgebenden Luft, zu beeinflussen. Bei Bauwerken im Freien ist die relative Feuchtigkeit dieser Luft klimabedingt und kann künstlich nicht verändert werden. In Hochbauten, die beheizt werden, ist das Schwind- und Kriechmaß während der ersten Winter besonders groß, weil die Luft durch die üblichen hohen Heizkörpertemperaturen besonders trocken wird. Eine ausreichende Befeuchtung der Luft bis 60 % rLf wäre hier erwünscht und auch der Gesundheit der Menschen zuträglich.

## 2.2 Verringerung der Temperatureinflüsse

2.2.1 Durch Wärmedämmung: Die größten Temperaturdifferenzen erhalten wir zwischen direkter Sonnenbestrahlung im Sommer und der Strahlungskälte in klaren Winternächten. Die Temperatur von Betonoberflächen kann durch Sonne  $+ 60^{\circ}\text{C}$ , bei dunkler Farbe bis zu  $+ 70^{\circ}\text{C}$  erreichen, während sie im Winter je nach geographischer Lage und Höhe auch in Mitteleuropa bis auf  $- 30^{\circ}\text{C}$  absinken kann. Viele Bauwerke, wie z.B. Brücken und Türme wird man für die Einflüsse solcher Temperaturen berechnen und bemessen müssen. Bedenkliche Spannungen entstehen, wenn an einem Bauteil große Temperaturdifferenzen zwischen außen und innen auftreten. Dies ist z.B. bei allen Sichtbetonbalken von im Winter beheizten Hochbauten der Fall, in denen Randbalken an Fenstern durch Heizkörper innen  $+ 30^{\circ}$  bis  $+ 40^{\circ}\text{C}$  warm sein können, während die Außenflächen  $- 20^{\circ}\text{C}$  aufweisen. Temperaturrisse sind hier unvermeidlich. Im Inneren entsteht andererseits an unterkühlten Flächen Schwitzwasser oder gar Eis. Solche schädlichen Einflüsse lassen sich im Hochbau nur dadurch vermeiden, daß das tragende Stahlbetonskelett von außen durch eine Wärmedämmschicht geschützt wird. Auch bei Behältern oder Silos, die warmes oder heißes Füllgut aufzunehmen haben, ist eine äußere Wärmedämmschicht eine sinnvolle konstruktive Maßnahme, um schädliche Spannungen zu verhüten.

2.2.2 Durch Verminderung der Hydratationswärme: Durch Hydratationswärme des Zementes können besonders in dicken Bauteilen hohe Temperaturen entstehen, wobei man schon von 50 cm Dicke ab vorsichtig sein muß. Diese Temperaturen können durch geeignete Wahl der Zementart und durch Kühlung des Betons beeinflusst werden. Frühhochfeste Portlandzemente entwickeln ihre Hydratationswärme rascher und ergeben damit höhere Temperaturen als grob gemahlene Hochofenzemente. Die gesamte Wärmemenge ist allerdings für beide etwa gleich, d.h. der Hochofenzement entwickelt seine Wärme langsam über einen langen Zeitraum. Eine Verringerung der Zementmenge reduziert natürlich auch die Abbinde-temperatur (s. 2.1.1). Kühlung der Zuschlagstoffe oder des Anmachwassers sollte nur in heißen Zonen in Betracht gezogen werden. Beim Anschluß von frischem Beton an erhärtete Bau -

teile kann man das alte Bauteil erwärmen, um Risse durch Temperaturunterschiede im neuen Betonteil zu vermeiden.

### 2.3 Konstruktive Maßnahmen gegen Schäden durch Verformungen

2.3.1 Gegen schädliche Biegeverformungen: In erster Linie sollte man eine reichliche Bauhöhe wählen, d.h. übertriebene Schlankheit vermeiden und den Druckgurt so bemessen, daß die kriecherzeugenden Druckspannungen nicht zu hoch sind. Können hohe Betondruckspannungen nicht vermieden werden, so kann man die Kriechverformung durch Druckbewehrung fast beliebig reduzieren. Schließlich kann durch eine leichte Vorspannung erreicht werden, daß der Querschnitt für die ständig wirkenden Lasten im Zustand I bleibt, so daß die starke Zunahme der Durchbiegung durch das Reißen der Betonzugzone vermieden wird.

Bei Spannbetonträgern muß meist die negative Durchbiegung bzw. das Hochwölben infolge zu hoher Druckspannungen im vorgedrückten Zuggurt verhütet werden. Solches Hochwölben wurde oftmals bei den im Hochbau beliebten  $\pi$ -Trägern und bei vorgefertigten Brückenbalken beobachtet, wenn die sehr hohen zulässigen Druckspannungen im Zuggurt für Eigengewicht ausgenützt wurden, um dort Zugspannungen bei Vollast zu vermeiden (volle Vorspannung). Dieses Ziel ist bestimmt nicht sinnvoll, wenn die Vollast im Leben des Tragwerkes selten oder nur wenige Tausend Mal vorkommt, aber sich nicht millionenfach wiederholt. Die Sicherheit des Tragwerkes wird nicht verringert, wenn unter seltener Vollast Haarrisse im Zuggurt entstehen, die sich durch die Vorspannung bei Dauerlast sofort wieder schließen. Die richtige konstruktive Maßnahme ist hier also die Herabsetzung des Vorspanngrades bzw. die Anwendung beschränkter oder mäßiger Vorspannung mit der Bedingung, daß unter häufig vorkommender Last noch keine Zugspannung im Beton des Zuggurtes auftritt. Dabei spielt die Größe der Zugspannung bzw. Zugdehnung unter Vollast keine Rolle, wenn neben den Spanngliedern ausreichend schlaife Bewehrung zur Sicherung kleiner Rißbreiten (z.B. 0,1 mm) eingelegt wird, die für die Bruchsicherheit angerechnet werden kann. Als günstige Nebenwirkung entstehen kleinere Spannkraftverluste durch vermindertes Kriechen. Es ist dringend erwünscht, daß diese Vorteile der beschränkten Vorspannung (Klasse 2 und 3 der CEB-FIP-Empfehlungen) mehr erkannt und genützt werden.

Genügt die Herabsetzung des Vorspanngrades nicht, dann muß der Betonquerschnitt im Zuggurt vergrößert werden, z.B. durch Anfügen eines Flansches. Schließlich kann man schädliche Biegeverformungen von Spannbetonträgern auch durch negative Momente an den Auflagern mit Hilfe der Kontinuität zu Nachbaröffnungen oder zu Rahmenstützen vermindern.

2.3.2 Gegen schädliche Normalkraftverformung: Bei Hochhäusern hat man häufig den Unterschied zwischen den Kriech- und Schwindverformungen hochbeanspruchter Stützen und tragender Wände, der sogenannten Kerne, zu beachten. Sie werden am einfachsten durch verstärkte Bewehrung der Stützen ausgeglichen.

Bei der statisch unbestimmten Stützung aller im Verhältnis zur Stützweite nicht schlanken Tragwerke muß man unterschiedliche Verkürzungen der Stützen durch Kriechen, Schwinden oder Temperatur beachten, weil sie die Verteilung der Schnittkräfte im Tragwerk erheblich beeinflussen können. Mehmel hat in [5] aufgezeigt, daß dieser Einfluß selbst für die Stützung von Plattenbrücken beachtlich groß werden kann. Besonders stark sind mehrfeld-



rige wandartige Träger davon betroffen. Für die Längenänderungen von Balken oder Platten werden meist bewegliche Lager oder elastisch verformbare Stützen vorgesehen. Bei Spannbetontragwerken muß besonders die Verkürzung mit realistischen Schwind- und Kriechmaßen berechnet werden. Die Erfahrung lehrt, daß man hierbei einen Sicherheitsfaktor von mindestens 1,3 ansetzen sollte. Bei guter Ausbildung der beweglichen Lager ist der fugenlosen Länge von Spannbetonträgern fast keine Grenze gesetzt. Im Brückenbau wurden schon rund 1000 m lange, über viele Öffnungen durchlaufende Spannbetonbalken fugenlos ausgeführt. Die Summe der Bewegungswiderstände aller beweglichen Lager muß bei der Bemessung des festen Lagers, mit einem Sicherheitsfaktor versehen, angesetzt werden.

Unterschiedliche Verformungen spielen auch bei mehrschichtigen Wandtafeln (Sandwich-Bauart) eine Rolle; sie sind hier wegen unterschiedlicher Temperaturen und verschiedenem Schwind- und Kriechverhalten der Schichten meist nicht vermeidbar. Es gibt nur zwei brauchbare Lösungen:

- 1.) möglichst freie Beweglichkeit der einzelnen Schichten gegeneinander.
- 2.) die Schichten werden an den Rändern schubfest miteinander verbunden; diese Verbindung muß aber für die vollen Zwangkräfte bemessen werden, die bei Behinderung der unterschiedlicher Verformungen entstehen.

Diese zweite Lösung scheidet meist aus, weil dabei die Funktion, z.B. Wärmedämmung, am Rand zu sehr gestört wird.

### 3. Konstruktive Maßnahmen gegen Rißbildung

3.1 Verhütung von Rissen: Risse im Beton können nur dann verhütet werden, wenn die Zugspannungen im Beton aus der Summe aller gleichzeitig möglichen Ursachen unter der unteren Grenze der Zugfestigkeit des Betons bleiben. Zu den möglichen Ursachen gehören neben den Lasten vor allem Temperatur, Schwinden und äußerer oder innerer Zwang. Durch Bewehrung kann man keine Risse verhüten, sondern nur den Rißabstand und damit die Rißbreite verkleinern.

#### Maßnahmen zur Verhütung von Rissen:

1.) Abmessungen der Bauteile klein halten. Unter den Einflüssen mitteleuropäischen Klimas bleiben z.B. Platten nur bei 2 bis 5 m Längenabmessungen (je nach Betongüte) bis höchstens 50 cm Dicke rissfrei, wenn nicht äußere Lasten Zugspannungen  $\sigma_{bZ} > 0,85 \beta_{bZ}$  erzeugen. Risse können demnach durch Dehnungsfugen in Abständen von 2 bis 5 m verhütet werden. Bei Herstellung unter hohen Sommertemperaturen genügen Schwindfugen, die nur Verkürzung und keine Verlängerung zulassen. So kleine Fugenabstände sind in der Praxis unbeliebt, bei größeren Abständen nimmt man aber Risse in Kauf, es sei denn, daß größere Temperaturänderungen ferngehalten werden können, z.B. bei eingeschütteten Behälterwänden. Dabei muß man die Temperatur des Betons besonders während der ersten Tage nach der Herstellung unter Kontrolle halten, solange die Betonzugfestigkeit noch niedrig ist. Gefährlich ist die Abkühlung durch kalte Nachtluft oder durch Regen nach warmen Tagen.

2.) Die beste Maßnahme zur Verhütung von Rissen ist die Vorspannung, mit der im Beton ausreichend hohe Druckspannungen erzeugt werden. Die Größe der nötigen Vorspannkraft hängt von der Größe der die Zugspannungen erzeugenden Kräfte ab. Je nach dem Zweck des Bauwerkes genügt es, wenn über die ganze Dicke durchgehende Risse verhütet werden, während Biegerisse oder Netzrisse aus Eigenspannungen, die nur eine geringe Tiefe haben, nicht scha-

den und z.B. die Dichtheit einer Behälterwand nicht beeinträchtigen. Um durchgehende Risse zu verhüten, genügt meist eine Vorspannkraft, die eine mittlere Druckspannung von 5 bis 15  $\text{kp}/\text{cm}^2$  erzeugt. Als beachtenswertes Beispiel sei das eingeschüttete Maschinenhaus des Pumpspeicherkraftwerkes Glems bei Stuttgart erwähnt (Bild 3). Die sehr dicken Betonkörper wurden

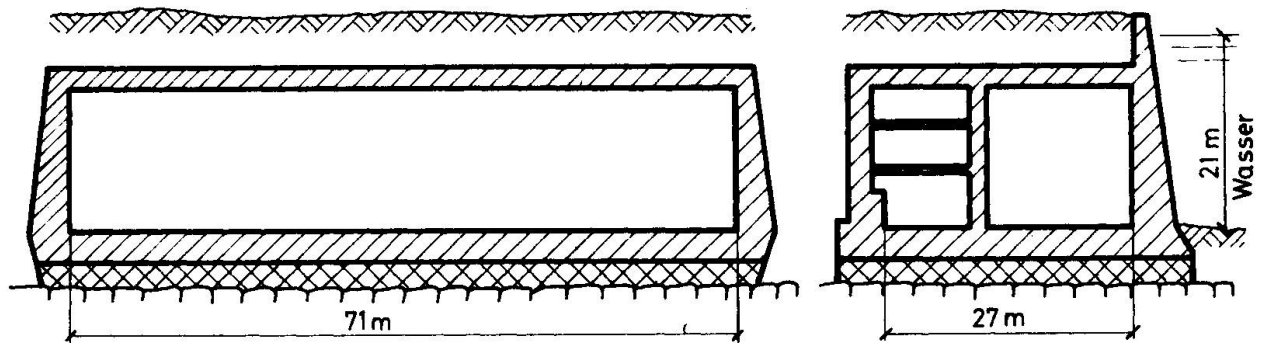


Bild 3 Maschinenhaus des Pumpspeicherwerkes Glems b. Stuttgart

auf rund 80 m Länge fugenlos ausgeführt und direkt auf fast felsartig festen Mergel aufbetoniert (E-Modul bei horizontaler Zusammendrückung = 30 000  $\text{kp}/\text{cm}^2$ ). Das ganze Bauwerk wurde längs, quer und lotrecht für eine mittlere Druckspannung im Beton von 8 bis 10  $\text{kp}/\text{cm}^2$  vorgespannt, wobei nur etwa 18 % der Vorspannkraft in Längsrichtung in den Untergrund abwanderten. Die Wände sind selbst nach mehreren harten Wintern dicht und damit von durchgehenden Rissen freigeblieben, obwohl die Außenwand ungeschützt den Einwirkungen des Wetters und der täglich wechselnden Wasserhöhen des unteren Beckens bei bis zu 21 m Wasserdruck ausgesetzt ist. <sup>+</sup>)

Von solcher Möglichkeit einer nur konstruktiven Vorspannung zur Verhütung von Rissen sollte viel mehr Gebrauch gemacht werden als bisher.

Risse entstehen besonders gerne in dünnen Bauteilen, die an dicke anschließen (Bild 4). Das dünne Bauteil ist einem raschen Schwinden und raschen Temperaturwechseln unterworfen, während beides im dicken Bauteil viel langsamer vor sich geht. Risse lassen sich in solch dünnen Bauteilen fast nicht vermeiden, es sei denn,

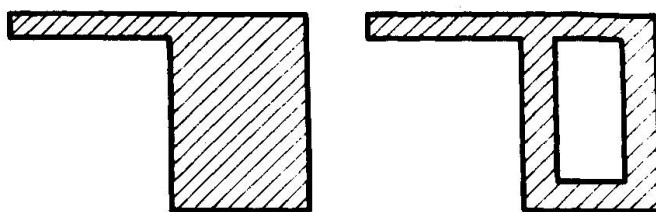


Bild 4

daß man den gesamten Querschnitt stark vorspannt. Konstruktive Abhilfen bestehen in der Anordnung eines Hohlraumes im dicken Bauteil oder in einer engen Bewehrung nach Falkner (s. 3.2) im dünnen Bauteil.

struktive Abhilfen bestehen in der Anordnung eines Hohlraumes im dicken Bauteil oder in einer engen Bewehrung nach Falkner (s. 3.2) im dünnen Bauteil.

<sup>+</sup>) Die fugenlose Bauart dieses Krafthauses wurde von F. Leonhardt angegeben, nachdem die Wanddicken zuvor nach anderen Gesichtspunkten festgelegt waren. Durch konsequente Anwendung der Vorspannung hätte man die Wanddicken und damit die erforderliche Vorspannkraft stark vermindern können. Als Masse gegen Turbinenschwingungen kann dabei der felsige Baugrund durch vorgespannte Bodenanker herangezogen werden.

An Brücken sind mehrfach grobe Risse durch Zwang aufgetreten, z.B. an Hohlkasten mit sehr unterschiedlichen Wanddicken (Bild 5). Der gezeigte

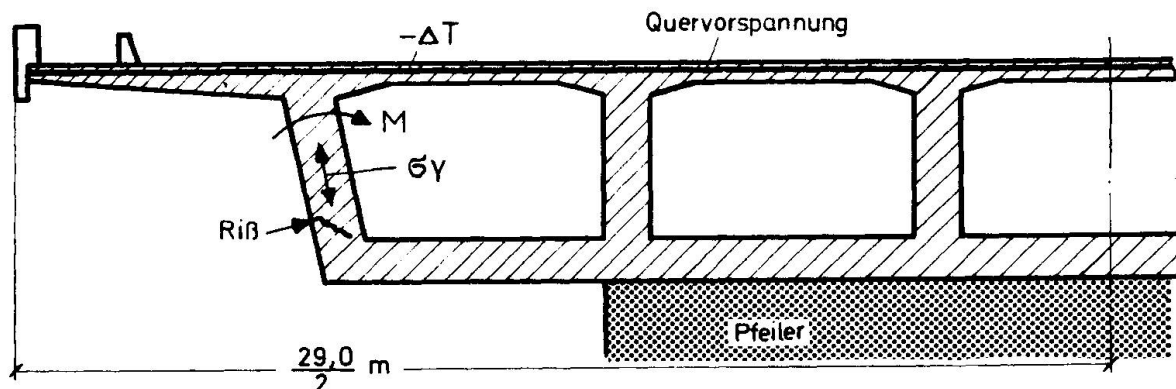


Bild 5

Riß entstand durch das Zusammenwirken der elastischen Verkürzung der quervorgespannten, sehr breiten Fahrbahnplatte, der Temperaturverkürzung bei Abkühlung der oberen Fahrbahnplatte im Winter und der lotrechten Zugspannungen im Steg infolge indirekter Lagerung. Die beste konstruktive Maßnahme zur Verhütung solcher Schäden ist die vertikale Stegvorspannung. Als Variante kommt eine ausreichend kräftige und enge vertikale Stegbewehrung insbesondere an der äußeren Stegfläche in Betracht.

**3.2 Maßnahmen zur Beschränkung der Rißbreiten:** Meist werden die Zwang- und Eigenspannungen im Beton, die durch Temperatur oder Schwinden hervorgerufen werden, einfach nicht beachtet, nicht berechnet und unterschätzt, obwohl an unseren Bauwerken häufig grobe Risse aus solchen Wirkungen auftreten. Viele Ingenieure der Praxis glauben noch, daß eine leichte "Schwindbewehrung" gegen solche Risse genüge. H. Rüschi hat in [6] theoretisch aufgezeigt, daß man eine starke Bewehrung (mind. 1 %) braucht, um zu verhüten,

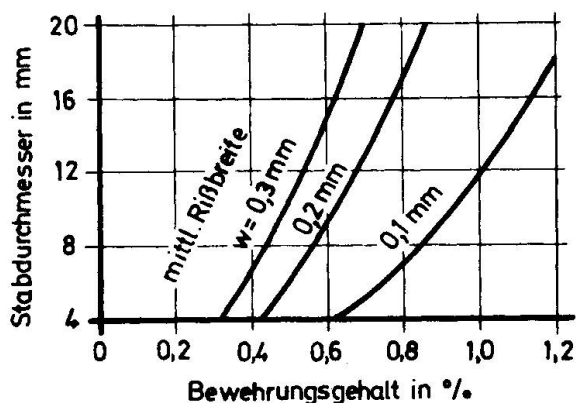


Bild 6. Erforderl. Bewehrungsgehalt zur Beschränkung der Rißbreite auf  $w$  bei mittigem Zwang für gerippten Betonstahl mit  $\beta_S \leq 40 \text{ kp/mm}^2$  (nach H. Falkner [7])

daß beim Entstehen des ersten Risses aus Zwang gleich die Streckgrenze der schwachen Bewehrung überschritten wird und damit ein breiter Riß entsteht. 1969 konnte H. Falkner [7] theoretisch und experimentell nachweisen, daß die für mittigen Zwang im Diagramm (Bild 6) angegebenen Bewehrungsprozentsätze zur Beschränkung der Rißbreite auf die genannten Maße genügen. J. Eibl kam zu den gleichen theoretischen Ergebnissen [8]. Falkner gibt auch die Abnahme der Dehnsteifigkeit in Abhängigkeit von der Zahl der Risse je Längeneinheit an, so daß künftig die Größe der Zwangskraft für eine bestimmte Längenänderung aus Schwinden und Tem-



peratur wirklichkeitsnah berechnet werden kann. Wesentlich ist, daß gerippte Stäbe kleinen Durchmessers aus hochfestem Stahl mit kleinem Abstand gewählt werden müssen, um die Rißbreiten wirkungsvoll zu beschränken.

Beim Abkühlen von Betonkörpern sind durchgehende Risse nur bis zu Dicken von etwa 100 cm zu befürchten. Bei dickeren Bauteilen entstehen Netzrisse an der Oberfläche mit kleiner Rißtiefe, deren Abstand und Rißbreite nur mit einer feinmaschigen Hautbewehrung bei höchster Verbundgüte beeinflusst werden können. Die Rißbreiten bleiben jedoch auch ohne Bewehrung klein. Jedenfalls sind die in der Praxis häufig angewandten Bewehrungsnetze aus dicken Stäben an dicken Betonkörpern gegen solche Oberflächenrisse wertlos.

### Schrifttum

- [1] Leonhardt, Fritz; Kolbe, Georg und Peter, Jörg: Temperaturunterschiede gefährden Spannbetonbrücke. Beton- und Stahlbetonbau, 60 (1965), H. 7, S. 157 - 163
- [2] Ullrich, Ernst: Vorteile von Ausfallkörnungen, Bauwirtschaft 19 (1965), H. 28 und 29
- [3] Krenkler, Karl: Gütesteigerung des Betons durch Überzüge. Straßen- und Tiefbau, 14 (1960) H. 7/8
- [4] Hilsdorf, Hubert und Finsterwalder, Klemens: Untersuchungen über den Einfluß einer Nachverdichtung und eines Anstriches auf Festigkeit, Kriechen und Schwinden von Beton. Schriftenreihe D.A.f.St., H.184, Berlin 1966
- [5] Mehmel, Alfred und Weise, Hans: Modellstatische Untersuchung punktförmig gestützter schiefwinkliger Platten unter besonderer Berücksichtigung der elastischen Nachgiebigkeit. Schriftenreihe D.A.f.St., Heft 161, Berlin 1964
- [6] Rüschi, Hubert: Die wirklichkeitsnahe Bemessung für lastunabhängige Spannungen. Vorträge Betontag 1965, Verlag Deutscher Beton-Verein, Wiesbaden, S. 277 - 304
- [7] Falkner, Horst: Zur Frage der Rißbildung durch Eigen- und Zwängspannungen infolge Temperatur in Stahlbetonbauteilen. Schriftenreihe D.A.f.St., Heft 208, Berlin 1969
- [8] Eibl, Josef: Zwängung und Rißbildung von Stahlbetonstäben bei Behinderung der Längsverformung. Die Bautechnik, 46 (1969), H. 11, S. 373 - 379 .

### Zusammenfassung

Schädliche Einflüsse von Kriechen, Schwinden und Temperatur an Betonbauteilen äußern sich durch störende Verformungen, Rißbildung und bei statisch unbestimmten Tragwerken durch Zwängkräfte und Umlagerung von Schnittkräften. Zur Abhilfe sollten primär betontechnologische Maßnahmen zur Reduktion der Schwind- und Kriechmaße ergriffen werden, wie Ausfallkörnung mit kleinem Zementgehalt, wirksame Nachbehandlung des Betons zur Erzielung eines hohen Reifegrades vor Beginn der Belastung und Schutz vor

Abkühlung vor ausreichender Erhärtung. Konstruktive Maßnahmen betreffen günstige Wahl der Querschnitte, keine hohen Vorspanngrade und als Notlösung die Anordnung von Druckbewehrung. Die Verhütung von Rissen gelingt meist nur durch leichte Vorspannung. Für Beschränkung der Rißbreite bei Rissen durch Zwang werden neue Regeln für die Bewehrung mitgeteilt. Verschiedene Gefahren durch Temperatureinflüsse werden besonders hervorgehoben.

### S u m m a r y

The detrimental effects of creep, shrinkage and temperature on concrete structural elements manifest themselves through **excessive deformations**, cracking and in statically indeterminate structures also through the development of forces and moments due to constraint and through a redistribution of inner forces. Remedial measures should primarily regard concrete technology with the aim of reducing creep and shrinkage coefficients, such as the use of gap grading with small cement content, efficient curing of the concrete attempting to achieve a high degree of maturity before loading and finally protection against cooling prior to sufficient hardening. Measures regarding design should include the choice of favorably behaving cross sections, abstention from high degrees of prestressing and, at the very end of the line, the use of compression reinforcement. Prevention of cracking, in most cases, will be successfully achieved only by light prestressing. New rules are given for the reinforcement necessary to restrict crack widths of cracks caused by constraint. Various dangers through temperature effects are dealt with particular emphasis.

### R é s u m é

Des influences nuisibles dues au fluage, au retrait et à la température sur des éléments en béton se manifestent par des déformations gênantes, par des fissurations, et, pour des structures hyperstatiques, par des effets secondaires dus à l'empêchement des déformations, enfin par la redistribution des réactions de coupe. Pour y remédier on devrait commencer par prendre des mesures concernant la technologie du béton en vue de la réduction de l'amplitude du retrait et du fluage; soit dit par exemple une granulométrie discontinue avec un faible dosage en ciment; un traitement efficace du béton pour l'obtention d'un durcissement élevé avant la première mise en charge; une protection contre le refroidissement avant qu'un certain degré de durcissement soit atteint. Puis comme mesures constructives sont envisageables, un choix judicieux des sections, une précontrainte modérée, et, en cas extrême, la disposition d'une armature de compression. Le plus souvent, seule une faible précontrainte permet d'éviter les fissures. Pour la limitation de l'ouverture des fissures dues aux effets secondaires, de nouvelles règles concernant l'armature sont indiquées. Certains dangers causés par les influences de la température sont spécialement mis en évidence.

Leere Seite  
Blank page  
Page vide