Das Kriechen der Metalle

Autor(en): **Honegger, E. / Tapsell, H.J.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **97/98 (1931)**

Heft 10

PDF erstellt am: **24.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-44743

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.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

INHALT: Das Kriechen der Metalle. — Baukontrolle im Beton und Eisenbeton. — Wettbewerb für eine reformierte Kirche an der Mülhauser- und Metzerstrasse in Basel. — Mitteilungen: Die neue Walenseestrasse. Die Veränderung der Härte von Metallen durch magnetische Behandlung. Entwicklung der elektrischen Anlagen in Italien. Ein neues Ford-Werk in London. Messung von Flugstaub. Unterseeboot mit Bordflugzeug. Ready Mixed concrete. — Wettbewerbe: „Ruf"-Urlaubs- und Ferienhäuser. Neubau eines Verwaltungsgebäudes der Städt. Werke Baden. — Literatur. — Mitteilungen der Vereine.

Band 98

Der S. I. A. ist für den Inhalt des redaktionellen Teils seiner Vereinsorgane nicht verantwortlich.
Nachdruck von Text oder Abbildungen ist nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit genauer Quellenangabe gestattet.

Nr. 10

Das Kriechen der Metalle.

In der Darstellung von H. J. TAPSELL[1]), National Physical Laboratory, Teddington, England.

Dem Verhalten der Metalle bei hohen Temperaturen ist im Programm des bevorstehenden ersten Kongresses des „Neuen Internationalen Verbandes für Materialprüfungen" ein ansehnlicher Raum reserviert worden: führende ausländische Forscher werden ihre Kenntnisse über diese heute so sehr beachtete Frage vorlegen; voraussichtlich wird sich eine lebhafte Diskussion anschliessen. Es erscheint daher doppelt begründet, das soeben erschienene Buch „Creep of Metals" von H. J. Tapsell, der selbst am Kongress referieren wird, hier einer etwas eingehenderen Besprechung zu unterziehen.

Es ist als sprechendes Zeichen für die heutige Entwicklungstufe der technischen Wissenschaften zu werten, dass über ein so spezielles Thema, wie das Kriechen der Metalle, ein 280 Seiten umfassendes Buch geschrieben wird, — ein Buch, das jede Aussicht hat, grösstes Interesse zu finden. Tapsell verdient unsere Bewunderung und unsern Dank schon dafür, dass er es in der jetzigen Periode, in der die intensive Forschung auf diesem Gebiete scheinbar kaum recht eingesetzt hat, gewagt hat, die schon errungenen Erfahrungen und Kenntnisse in einem Werke zusammenzufassen. Sein Werk zeigt nicht nur die grossen Schwierigkeiten, die der vollständigen Lösung des Problems entgegenstehen, und die zahlreichen noch offenen Fragen, sondern kann auch schon auf viele wertvolle Feststellungen hinweisen, die unmittelbare praktische Anwendung gestatten. — Durch den Ueberblick, den es vermittelt, erscheint dieses Werk ferner berufen, befruchtend auf die weitere Erforschung des Kriechens der Metalle zu wirken.

Während bei gewöhnlicher Temperatur das Ergebnis einer Zerreissprobe aus Stahl oder Eisen gar nicht, aus andern Matallen kaum oder wenig von der Geschwindigkeit abhängt, mit der die Probe durchgeführt wird, spielt die Zeit bei hohen Temperaturen eine ausschlaggebende Rolle. Die hohe Temperatur schafft eine vorwiegend plastische, zum Teil vielleicht auch viskose Beweglichkeit, deren Wirkung erst nach langer Dauer messbare Grösse annimmt. Für diese langsame Bewegung des beanspruchten Metalls hat sich der Ausdruck „Kriechen" eingebürgert. Die Tatsache, dass alle Metalle, insbesondere auch Stahl und Eisen, bei hohen Temperaturen zum Kriechen neigen, zwingt dazu, in diesen Temperaturgebieten die gewöhnlichen Materialproben durch Versuche langer Dauer zu ergänzen.

Das Kriechen kann begleitet sein von einer Härtesteigerung und entsprechenden Verfestigung des Metalls durch die auftretende Formänderung, — oder von einer Erweichung des Metalles, falls die Glühwirkung der hohen Temperatur die Reckwirkung übertönt, — sie kann schliesslich ohne Aenderung der Härte vor sich gehen, wenn die beiden Einflüsse sich die Waage halten. Die Härtesteigerung ist anfänglich am stärksten, weshalb der erste Teil der Kriechbewegung mit abnehmender Geschwindigkeit vor sich geht. — Oft folgt bei hohen Temperaturen (bei Eisen bei 600° und 700°) auf die anfängliche Härtesteigerung eine spätere Wiedererweichung, die bis auf die ursprüngliche Härte oder selbst unter diese führen kann. — Temperaturen bis 440° tragen selbst noch zur Steigerung der Reckhärte des Eisens bei. — Erscheint allgemein die Festigkeit als veränderliche Funktion der drei Variabeln: Reckung, Temperatur und Zeit, so kann in besondern Fällen als weitere Komplikation eine durch die Wärme veranlasste Strukturänderung des Metalles hinzutreten, begleitet von Aenderungen des mechanischen Verhaltens. Auch dieser Umstand kann von der Zeit in hohem Masse abhängig sein. Gelegentlich kann parallel mit der Reckung des Metalles dessen Rekristallisation einhergehen.

Die Härtesteigerung und Verfestigung des Materials, die mit dem anfänglichen verzögerten Kriechen parallel verläuft, kann so weit gehen, dass die Kriechgeschwindigkeit schliesslich ganz verschwindet; die höchste Spannung, bei der Stillstand noch eintritt, wird als Kriechgrenze (oder Dauerstandfestigkeit) bezeichnet.[1]) — Ist die wirkende Beanspruchung höher als die Kriechgrenze, so nimmt die Kriechgeschwindigkeit anfänglich trotzdem ab, steigt aber später, nach Ueberschreitung eines Minimums, wieder beschleunigt an. Wahrscheinlich hängt der Geschwindigkeitsanstieg mit der Ausbildung einer Einschnürung zusammen; in jedem Fall führt er schliesslich zum Bruch. — Der entsprechende typische Verlauf der Kriech- und Kriechgeschwindigkeitskurve ist in Abb. 1 dargestellt.

Der Wendepunkt der Kriechkurve wird oft erst nach langer Einwirkung von Belastung und Temperatur erreicht; je nach Umständen können Wochen oder Monate verstreichen, bevor die Kriechgeschwindigkeit ihren kleinsten Wert erreicht hat. Dieses Minimum kann sehr tief liegen, so dass die Kriechbewegung scheinbar ganz aussetzt, — aber nur vorübergehend, bis erneutes Kriechen, nunmehr beschleunigt, einsetzt und zum Bruch führt. Interessant ist, dass die Bruchdehnung sehr vieler Metalle dabei gleich gross ausfällt, wie bei gewöhnlichen, bei gleichen Temperaturen durchgeführten Zerreissproben.

Kommt die Kriechbewegung nicht zum vollständigen Stillstand, so geht sie, wie aus dem Gesagten folgt, mit stets sich ändernder Geschwindigkeit vor sich. Eine Berechnung des Kriechweges unter Annahme einer bestimmten Kriechgeschwindigkeit kann somit günstigstenfalls zu einem angenäherten Resultat führen; jedenfalls ist es nicht möglich, eine konstruktive Bemessung auf Grund einer unveränderlichen Kriechgeschwindigkeit vorzunehmen.

Dieses Verhalten der Metalle bei hohen Temperaturen macht es notwendig, für die Ermittlung der Kriechgrenze Versuche von langer Dauer vorzunehmen, da aus dem anfänglichen Abklingen der Kriechgeschwindigkeit über das spätere Verhalten noch nichts geschlossen werden kann. Trotzdem sind von verschiedenen Stellen Normen für „Kurzversuche" zur Ermittlung der Kriechgrenze aufgestellt worden, in der Absicht, den grossen Zeitaufwand für Versuche langer Dauer zu vermeiden. Derartige „Kurzversuche", die immerhin noch einen oder einige Tage dauern, können zu brauchbaren Resultaten führen, falls ihre Anwendung auf Legierungen beschränkt wird, deren prinzipielles Verhalten aus Versuchen langer Dauer schon bekannt ist. — Tapsell selbst lehnt Kurzversuche sozusagen in jedem Falle ab; als „praktische" Kriechgrenze bei einer bestimmten Temperatur bezeichnet er die Spannung, die nach 30 bis 40 Tagen Belastungsdauer eine Kriechgeschwindigkeit von höchstens 0,001 % in 24 Stunden erzeugt.

Für technische Untersuchungen erscheint auch diese „praktische Kriechgrenze" reichlich unbequem, weshalb die

[1]) H. J. Tapsell, „Creep of Metals", Oxford University Press, London, Humphrey Milford. 1931.

[1]) In Uebereinstimmung mit zahlreichen Forschern wird hier angenommen, dass eine Kriechgrenze für eine gegebene Temperatur tatsächlich vorhanden sei. Es sei aber erwähnt, dass nach einer andern Theorie eine solche Grenze nicht vorkommt, sondern nur die Kriechgeschwindigkeit unter Umständen so klein werden kann, dass sie unseren Messmethoden entgeht. In ihrer praktischen Auswirkung dürften die beiden Auffassungen nicht spürbar voneinander abweichen.

für die Konstruktion notwendigen Zahlen oft auf Grund von Kurzversuchen bestimmt werden. Tapsell führt verschiedene in dieser Weise gewonnene Ergebnisse an, die mit seinen eigenen, auf Grund von Versuchen langer Dauer festgestellten Zahlen gut übereinstimmen.

Die Vorbehandlung eines Stahls hat auf seine Kriechgrenze nur bei Temperaturen bis etwa 450° einen gewissen Einfluss; so zeigt in diesem Bereich normalisierter Stahl eine höhere Kriechgrenze, als vergüteter Stahl gleicher Legierung. Die Verfestigung und Härtesteigerung durch Kaltreckung geht schon bei 400° verloren.

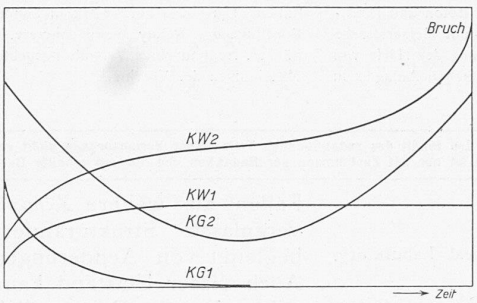

Abb. 1. Schematische Darstellung des Zusammenhanges zwischen Kriechweg (KW) und Kriechgeschwindigkeit (KG) für zwei verschiedene Fälle.

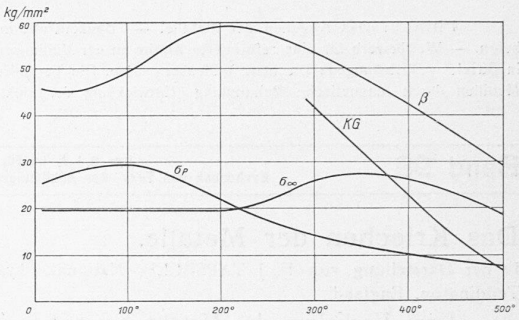

Abb. 2. Zerreissfestigkeit β, Proportionalitätsgrenze σP, Kriechgrenze K und Ermüdnngsfestigkeit σ_∞ eines Stahls mit 0,17% C, in Funktion der Temperatur, nach Tapsell.

Im Gegensatz zum starken Abfall der Kriechgrenze mit steigender Temperatur zeigt die Widerstandsfähigkeit des Stahls gegen rasch wechselnde Spannungen bis 500° nicht nur keinen Abfall, sondern zwischen 300 und 500° geradezu einen Anstieg, sodass bei hohen Temperaturen die Ermüdungsfestigkeit über die Kriechgrenze zu liegen kommt (Abb. 2). Ist einer konstanten Spannung eine Wechselspannung überlagert, so kann in der Wärme Bruch durch Kriechen eintreten.

Besonders wichtig für den praktisch tätigen Ingenieur ist es, in Tapsell's Buch auch Angaben über die bei hohen Temperaturen zulässigen Spannungen zu finden. Hiebei wird mit zwei verschiedenen Sicherheitsgraden zu rechnen sein:

1. Gegen Spannung, wobei die Einhaltung eines vorgeschriebenen Verhältnisses der zugelassenen Spannung zur Kriechgrenze bei der betreffenden Temperatur verlangt wird;

2. Gegen Temperatur: die Konstruktion soll durch eine gelegentlich auftretende Uebertemperatur in gewissen Grenzen nicht gefährdet sein. Die Grösse dieser Temperaturmarge wird den Betriebsbedingungen der Konstruktion angemessen sein müssen.

Der erste angeführte Sicherheitsfaktor entspricht dem allgemein üblichen; über seine Grösse wird noch etwas zu sagen sein. Grösste Bedeutung ist der Temperatur-Sicherheitsmarge zuzuschreiben, wie dies ohne weiteres aus dem steilen Abfall der Kriechgrenze mit steigender Temperatur (Abb. 2) folgt. Dabei ist zu bedenken, dass im allgemeinen eine gelegentlich auftretende Uebertemperatur durch eine entsprechende Untertemperatur in ihrer Wirkung auf das Kriechen nicht kompensiert wird, weil die Kriechgeschwindigkeit mit der Temperatur sehr rasch ansteigt. In der Berechnung sind daher die höchsten überhaupt vorkommenden Temperaturen zu berücksichtigen.

Was den Sicherheitsfaktor gegen Spannung anbetrifft, so schlägt Tapsell dafür im Temperaturbereich von 350 bis 550° für gewöhnliche Stahle den Wert 3 vor, wodurch auch eine angemessene Sicherheitsmarge gegen Temperatur gewährleistet werde. Andere von Tapsell angeführte Autoren begnügen sich mit wesentlich geringern Sicherheitsfaktoren gegen Kriechgrenze, mit 2 und sogar mit $^3/_2$.

Nach Auffassung des Berichterstatters mag der von Tapsell verlangte Sicherheitsfaktor für Temperaturen von 350 bis gegen 450° angemessen sein, da in diesem Bereich die Kriechgrenze weit über der Proportionalitätsgrenze liegt und erst nach bedeutenden, meist unzulässig grossen Deformationen erreicht wird. — Bei höheren Temperaturen ist dies nicht mehr der Fall, weil die beiden Grenzen dort zusammenfallen oder ihre Reihenfolge vertauschen; die Kriechdeformationen bleiben daher immer klein, falls das Kriechen überhaupt zum Stillstand kommt. Ein Sicherheitsfaktor von 2 oder $^3/_2$ dürfte somit in den meisten Fällen ausreichen, wenn nicht besondere Gründe für einen grössern Wert sprechen. Diese Reduktion des Sicherheitsfaktors erscheint bei hohen Temperaturen oft unumgänglich, soll bei der tiefen Lage der Kriechgrenze die zulässige Spannung einen Wert aufweisen, der zu praktisch möglichen Konstruktionen führt. — Der Sicherheitsfaktor hat bei hohen Temperaturen eine andere Bedeutung, als bei gewöhnlichen Wärmegraden, weil das Material ein ganz verschiedenes Verhalten zeigt, worauf zur Begründung der vorgeschlagenen niedrigen Sicherheitsfaktoren noch hingewiesen sei. Stoss- und Wechselbeanspruchungen werden bei hohen Temperaturen für Eisen und Stahl verhältnismässig weniger gefährlich, während lang einwirkende konstante Beanspruchungen mehr zu befürchten sind. Dieser Unterschied kommt deutlich in der bei Versuchen langer Dauer gegenüber gewöhnlichen Versuchen beobachteten Festigkeitsverminderung zum Ausdruck. Dementsprechend hat der Sicherheitsfaktor gegenüber Kriechgrenze lediglich die Gewähr zu leisten, dass kein dauerndes Kriechen auftrete und die bleibenden Deformationen vorgeschriebene Grenzen einhalten. Diese Bedingungen führen zu so geringen zugelassenen Spannungen, dass meistens eine Gefährdung durch momentane zusätzliche Beanspruchungen kaum zu befürchten sein wird, zumal diesen gegenüber das Material viel tragfähiger ist.

In einer grossen Anzahl von Diagrammen und Tabellen gibt das Buch Tapsell's die Ergebnisse der wichtigsten bisher in Europa und Amerika vorgenommenen Untersuchungen über die Kriechfestigkeit in konzentrierter Form wieder. Es kann daher auch vorteilhaft als Nachschlagewerk benutzt werden, was durch ein Sach- und Autorenregister sowie ein Literaturverzeichnis erleichtert wird.

Dr. Ing. E. Honegger.

Baukontrolle im Beton und Eisenbeton.

Von Ing. J. BOLOMEY, Professor an der Ingenieurschule Lausanne.

(Schluss von Seite 107)

Die vorangehenden, für jeden Mörtel und Beton gültigen Betrachtungen bilden die Grundlage der zweckmässigen Anordnung der Kontrollversuche auf den Bauplätzen.

A. VORVERSUCHE.

Es sind dies die wichtigsten, weil sie ermöglichen, Materialien, Dosierungen, Konsistenz und Art des Einbringens so festzulegen, dass der entstehende Beton genau die gewünschten Eigenschaften aufweist. Sie umfassen folgende Punkte:

a) Prüfung des Zementes. Auf kleinen und mittlern Bauplätzen wird es genügen, bezüglich Beginn und Dauer des Abbindens, sowie bezüglich der Festigkeit bei den Normalversuchen sich an die Angaben der Hersteller zu halten. Diese ermöglichen eine angenäherte Bestimmung der Koeffizienten *A* (vergl S. 107); wogegen auf grossen Bauplätzen *A* direkt, wie an genannter Stelle ebenfalls angegeben, ermittelt werden sollte.

b) Prüfung der Zuschlagstoffe. Sie müssen sauber und frei von erdigen, lehmigen oder organischen Beimengungen sein. Sie müssen aus hartem, gesundem, nicht eisklüftigem Gestein stammen; schiefrige, glimmerige oder talkige Materialien sind auch mittelmässig wegen ihrer