

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 68 (1950)
Heft: 4

Artikel: Schwinden und Kriechen der Eisenbeton-Konstruktionen
Autor: Naef, R.A.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-57959>

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: 29.01.2026

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

Schwinden und Kriechen der Eisenbeton-Konstruktionen

Von Dipl. Ing. R. A. NAEF, Zürich

Der Einfluss des Kriechens auf die Stabilität der Eisenbeton-Konstruktionen wird erst seit einigen Jahren näher untersucht. Die mathematische Darstellung führt zu recht komplizierten Funktionen. Darauf ist es zurückzuführen, dass bis heute nicht einmal die Grundgleichungen für den unsymmetrisch armierten Eisenbeton-Querschnitt und exzentrischen Druck aufgestellt worden sind. Es schien dem Verfasser interessant, die Differential-Gleichungen für den allgemeinen Fall zu suchen. Für statisch bestimmte Auflagerung ergibt sich ein System von zwei simultanen Differential-Gleichungen. Bei symmetrischer Armierung zerfällt das System in zwei voneinander unabhängige Gleichungen. Als Variable wurde eingeführt

σ_{it} die Betonspannung in der Axe des ideellen Querschnittes
 $\varrho_t = \frac{\sigma_u - \sigma_o}{h} = \frac{M}{J_i}$ (wobei $+$ σ = Zug)

Die Gleichungen werden für konstanten Elastizitätsmodul E_b des Betons aufgestellt, im Gegensatz zu Dischinger, der auch die Zunahme dieses Wertes mit der Zeit berücksichtigt.

Hierauf wird der einseitig elastisch eingespannte Balken mit einseitiger Armierung untersucht und ein Beispiel zahlenmäßig durchgerechnet.

Das Schwinden ist eine Funktion der Zeit allein, das Kriechen eine Funktion von Spannung und Zeit.

Nach [3] *) ist die Verformungskurve gegen die Spannungsaxe gekrümmmt. Laut Bild 26 ist die Krümmung jedoch nicht sehr stark und wir können in guter Annäherung setzen:

(1) das Kriechmass $\varepsilon_k =$

$$= \left[\frac{t}{1+6,1t} - \frac{t_1}{1+6,1t_1} \right] 138,6 \cdot 10^{-6}$$

(2) das Schwindmass $\varepsilon_s = B \varepsilon_K = 12,7 \varepsilon_K$

Unter t verstehen wir dabei die Zeit in Jahren gerechnet vom Zeitpunkt der Herstellung des Betons an; unter t_1 die Zeit in Jahren gerechnet vom Zeitpunkt der Herstellung des Betons an bis zur Lasteintragung.

Formel (1) stimmt sehr gut mit den Formeln von Freudenthal [1] und Mörsch [8] überein, ebenso mit den Angaben von Haller [3] für $\sigma_B \geq 50 \text{ kg/cm}^2$, während Haller für $10 \leq \sigma_B \leq 20 \text{ kg/cm}^2$ grössere Werte erhält.

Wir wählen folgende

Bezeichnungen (Bild 1):

F_b = Betonquerschnitt

F_o = oberer Eisenquerschnitt

F_u = unterer Eisenquerschnitt

(3) $F_e = F_o + F_u$

(4) $F_i = F_b + \frac{E_e}{E_b} F_e$

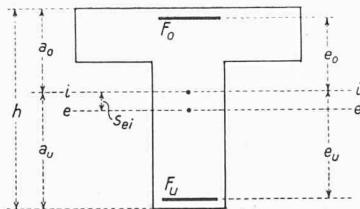


Bild 1

$i \div i$ = Schwerlinie des ideellen Querschnittes

$e \div e$ = Schwerlinie des Eisenquerschnittes

s_{ei} = Abstand zwischen $i \div i$ und $e \div e$

$$(5) \quad s_{ei} = \frac{F_u e_u - F_o e_o}{F_e}$$

$$(6) \quad J_{ei} = F_u e_u^2 + F_o e_o^2 = F_e i_{ei}^2$$

J_{ei} = Trägheitsmoment des ideellen Querschnitts in bezug auf seine Schwerlinie

A. Statisch bestimmte Konstruktionen

a) Schwinden (Bilder 2 und 3)

Wenn man sich die Haftspannung aufgehoben denkt, so verkürzt sich ein Balkenstück von der Länge ds während der Zeit dt um $ds d\epsilon_s$. Damit der Querschnitt eben bleibt, müssen die Eisen mit den Kräften $dD_u = -E_e F_u d\epsilon_s$ und $dD_o = -E_e F_o d\epsilon_s$ gedrückt werden. Das Gleichgewicht wird dadurch hergestellt, dass der ganze Querschnitt von den Kräften $dZ_u = -dD_u$ und $dZ_o = -dD_o$ gezogen wird, was folgende Spannungen ergibt:

*) Die Zahlen in eckigen Klammern beziehen sich auf das Literaturverzeichnis am Schluss des Aufsatzes.

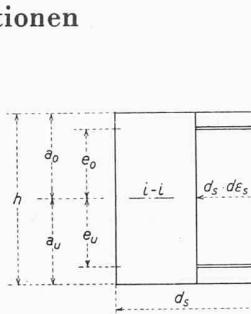


Bild 2

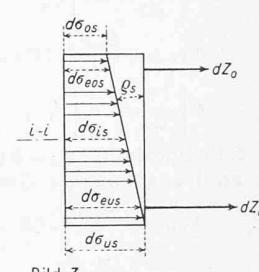


Bild 3

$$d\sigma'_{eus} = d\sigma'_{eos} = E_e d\epsilon_s$$

$$dN_s = dZ_u + dZ_o = E_e F_u d\epsilon_s + E_e F_o d\epsilon_s = E_e F_e d\epsilon_s$$

$$dM_s = dZ_u e_u - dZ_o e_o = E_e F_u d\epsilon_s e_u - E_e F_o d\epsilon_s e_o = E_e F_e d\epsilon_s e_i$$

$$d\sigma_{is} = \frac{dN_s}{F_i} = \frac{E_e F_e d\epsilon_s}{F_i} \quad (\text{Zug})$$

$$d\varrho_s = \frac{d\sigma_{us} - d\sigma_{os}}{h} = \frac{dM_s}{J_i} = \frac{E_e F_e d\epsilon_s s_{ei}}{J_i}$$

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\Delta s}{ds} \right) = - \frac{d\epsilon_s}{dt} + \frac{d\sigma_{is}}{dt}$$

Längenänderung des Elementes ds

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{d\tau}{ds} \right) = \frac{d\varrho_s}{E_b}$$

Winkeländerung des Elementes ds

b) Kriechen (Bilder 4 und 5)

Wir machen die gleiche Ueberlegung wie unter a), um die Druckkräfte $-dZ_u$ und $-dZ_o$ zu bestimmen.

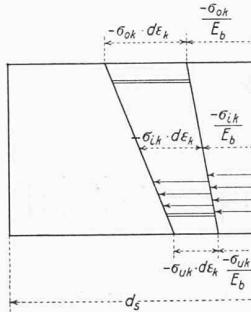


Bild 4

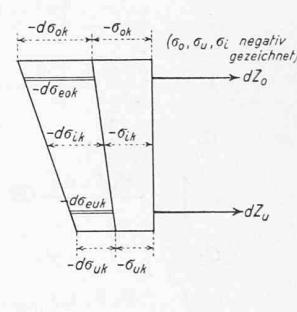


Bild 5

$$d\sigma'_{euk} = -(\sigma_{ik} + \varrho_k e_u) E_e d\epsilon_k$$

$$d\sigma'_{eok} = -(\sigma_{ik} - \varrho_k e_o) E_e d\epsilon_k$$

$$dZ_u = -E_e F_u d\epsilon_k (\sigma_{ik} + \varrho_k e_u)$$

$$dZ_o = -E_e F_o d\epsilon_k (\sigma_{ik} - \varrho_k e_o)$$

$$dN_k = dZ_u + dZ_o$$

$$dN_k = -E_e F_e d\epsilon_k [\sigma_{ik} + \varrho_k s_{ei}]$$

$$dM_k = dZ_u e_u - dZ_o e_o$$

$$dM_k = -E_e F_e d\epsilon_k [\sigma_{ik} s_{ei} + \varrho_k i_{ei}^2]$$

$$d\sigma_{ik} = \frac{dN_k}{F_i} = -\frac{E_e F_e d\epsilon_k}{F_i} [\sigma_{ik} + \varrho_k s_{ei}]$$

$$d\varrho_k = \frac{dM_k}{J_i} = -\frac{E_e F_e d\epsilon_k}{J_i} [\sigma_{ik} s_{ei} + \varrho_k i_{ei}^2]$$

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\Delta s}{ds} \right) = \frac{\sigma_{ik} d\epsilon_k}{dt} + \frac{d\sigma_{ik}}{E_b dt}$$

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{d\tau}{ds} \right) = \frac{\varrho_k d\epsilon_k}{dt} + \frac{d\varrho_k}{E_b dt}$$

c) Schwinden und Kriechen zusammen

$$\frac{E_e}{E_b} = n = \text{konstant}$$

$$d\sigma_{it} = \frac{E_e F_e}{F_i} [d\epsilon_s - d\epsilon_k (\sigma_{it} + \varrho_t s_{ei})]$$

$$d\varrho_t = \frac{E_e F_e}{J_i} [d\epsilon_s s_{ei} - d\epsilon_k (\sigma_{it} s_{ei} + \varrho_t i_{ei}^2)]$$

Wir setzen nach Mörsch [8] $\varepsilon_s = B \varepsilon_k$ und unterdrücken den Index k :

$$\begin{aligned} d\sigma_{it} &= \frac{E_e F_e}{F_i} [B - \sigma_{it} - \varrho_t s_{ei}] d\varepsilon \\ d\left[\frac{ds}{ds}\right] &= \left[\sigma_{it} + \frac{d\sigma_{it}}{E_b d\varepsilon} - B \right] d\varepsilon \\ d\varrho_t &= \frac{E_e F_e}{J_i} [B s_{ei} - \sigma_{it} s_{ei} - \varrho_t i_{ei}^2] d\varepsilon \\ d\left[\frac{\tau}{ds}\right] &= \left[\varrho_t + \frac{d\varrho_t}{E_b d\varepsilon} \right] d\varepsilon \end{aligned}$$

I. Im Spezialfall $s_{ei} = 0$ (symmetrische Armierung) erhalten wir zwei unabhängige Gleichungen

$$\begin{aligned} d\sigma_{it} &= \frac{E_e F_e}{F_i} [B - \sigma_{it}] d\varepsilon \\ d\varrho_t &= \frac{E_e F_e}{J_i} [-\varrho_t i_{ei}^2] d\varepsilon \end{aligned}$$

Durch Separation der Variablen erhalten wir¹⁾

$$\begin{aligned} \sigma_{it} &= B + (\sigma_{io} - B) \exp\left(-\frac{E_e F_e \varepsilon}{F_i}\right) \\ \varrho_t &= \varrho_o \exp\left(-\frac{E_e F_e i_{ei}^2 \varepsilon}{I_i}\right) \end{aligned}$$

Für $s_{ei} \neq 0$ ergibt sich

$$\begin{aligned} \varrho_t &= C_1 e^{\lambda_1 \varepsilon} + C_2 e^{\lambda_2 \varepsilon} \\ \sigma_{it} &= B - \frac{C_1 e^{\lambda_1 \varepsilon}}{s_{ei}} \left[\frac{J_i \lambda_1}{E_e F_e} + i_{ei}^2 \right] - \\ &- \frac{C_2 e^{\lambda_2 \varepsilon}}{s_{ei}} \left[\frac{J_i \lambda_2}{E_e F_e} + i_{ei}^2 \right] \end{aligned}$$

Mit

$$\begin{aligned} x &= \frac{E_e F_e}{I_i F_i} [I_i + F_i i_{ei}^2] \\ \psi &= \frac{E_e^2 F_e^2}{I_i F_i} [i_{ei}^2 - s_{ei}^2] \end{aligned}$$

erhalten wir

$$\begin{aligned} \lambda_1 &= \frac{-x - \sqrt{x^2 - 4\psi}}{2} \\ \lambda_2 &= \frac{-x + \sqrt{x^2 - 4\psi}}{2} \\ C_1 &= \frac{1}{\lambda_2 - \lambda_1} \times \\ &\times \left\{ -\frac{E_e F_e s_{ei}}{I_i} (B - \sigma_{io}) + \varrho_o \left[\lambda_2 + \frac{E_e F_e i_{ei}^2}{I_i} \right] \right\} \\ C_2 &= \frac{1}{\lambda_2 - \lambda_1} \times \\ &\times \left\{ +\frac{E_e F_e s_{ei}}{I_i} (B - \sigma_{io}) - \varrho_o \left[\lambda_1 + \frac{E_e F_e i_{ei}^2}{I_i} \right] \right\} \end{aligned}$$

Für einseitige Armierung ergibt sich

$$\begin{aligned} s_{ei} &= v = i_{ei} \quad \psi = 0 \quad \lambda_1 = -x \quad \lambda_2 = 0 \\ \varrho_t &= C_1 e^{-\varepsilon} + C_2 \\ \sigma_{it} &= B + C_1 e^{-\varepsilon} \left[\frac{J_i}{F_i v} \right] - C_2 v \\ C_1 &= \frac{F_i v}{I_i + F_i v^2} [\varrho_o v - (B - \sigma_{io})] \\ C_2 &= \frac{1}{I_i + F_i v^2} [\varrho_o I_i + F_i v (B - \sigma_{io})] \end{aligned}$$

Die Dehnungen $\frac{ds}{ds}$ und die Drehwinkel $\frac{\tau}{ds}$ erhalten wir wie folgt:

$$\begin{aligned} \frac{E_b \frac{ds}{ds}}{ds} &= \sigma_{io} a_1 - B a_2 + \frac{\varrho_o h}{2} a_3 \\ \frac{E_b \frac{\tau}{ds}}{ds} &= \frac{\sigma_{io}}{h} b_1 - \frac{2B}{h} b_2 + \varrho_o b_3 \\ a_1 &= 1 + \frac{1}{I_i + F_i v^2} \left[I_i \left(\frac{E_b}{x} - 1 \right) \left(1 - e^{-\varepsilon} \right) + F_i v^2 E_b \varepsilon \right] \\ a_2 &= \frac{1}{I_i + F_i v^2} \left[I_i \left(\frac{E_b}{x} - 1 \right) \left(1 - e^{-\varepsilon} \right) + F_i v^2 E_b \varepsilon \right] \end{aligned}$$

¹⁾ $\exp(a)$ ist die praktische Schreibweise für e^a .

$$a_3 = \frac{2v I_i}{h(I_i + F_i v^2)} \left[\left(\frac{E_b}{x} - 1 \right) \left(1 - e^{-\varepsilon} \right) - E_b \varepsilon \right]$$

$$b_1 = \frac{F_i v h}{I_i + F_i v^2} \left[\left(\frac{E_b}{x} - 1 \right) \left(1 - e^{-\varepsilon} \right) - E_b \varepsilon \right]$$

$$b_2 = \frac{F_i v h}{2(I_i + F_i v^2)} \left[\left(\frac{E_b}{x} - 1 \right) \left(1 - e^{-\varepsilon} \right) - E_b \varepsilon \right]$$

$$b_3 = 1 + \frac{1}{I_i + F_i v^2} \left[F_i v^2 \left(\frac{E_b}{x} - 1 \right) \left(1 - e^{-\varepsilon} \right) + I_i E_b \varepsilon \right]$$

Für den einseitig armierten Rechteckquerschnitt mit dem Armierungsprozentsatz μ und dem Randabstand der Armierung $a = 0,05h$ erhalten wir

$$v = \frac{0,45h}{1 + n\mu} \quad \frac{x}{E_b} = \frac{n\mu}{0,2915 + n\mu}$$

Für symmetrische Armierung ergibt sich

$$\frac{E_b \frac{ds}{ds}}{ds} = \sigma_{io} c_1 - B c_2$$

$$\frac{E_b \tau}{ds} = \varrho_o d$$

Die Koeffizienten a, b, c, d sind reine Zahlen. Sie werden im Bild 6 als Funktionen von μ dargestellt.

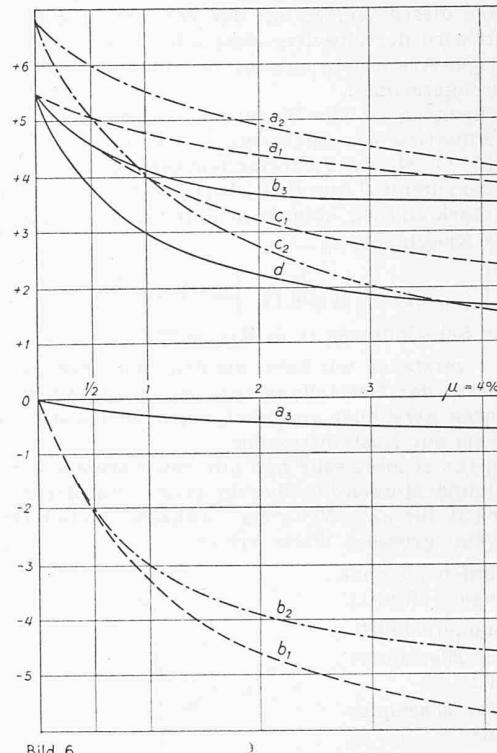


Bild 6

Wir setzen $n = 7,14$

Für a_2, b_2 und c_2 ist $t_1 = 0, \varepsilon E_b = 6,81, B = 12,7$; für die übrigen Kurven setzen wir $t_1 = \frac{1}{12}, \varepsilon E_b = 4,50$, d. h. die Last wird einen Monat nach dem Betonieren aufgebracht. Diese Kurven zeigen folgendes:

Unter Berücksichtigung des Kriechens erreichen die gesamten Dehnungen und Drehwinkel, also auch die Durchbiegung bei einseitig armierten Querschnitten rund das Vierfache der rein elastischen Werte. Der Einfluss des Kriechens variiert mit dem Armierungsgehalt. Starke symmetrische Armierung reduziert den Einfluss des Kriechens.

B. Statisch unbestimmte Konstruktionen

Das Kriechen bedingt auch eine Änderung der statisch unbestimmten Größen. Um diesen Einfluss abzuschätzen, behandeln wir einen gleichmäßig belasteten Balken, links längsverschieblich gelagert und rechts

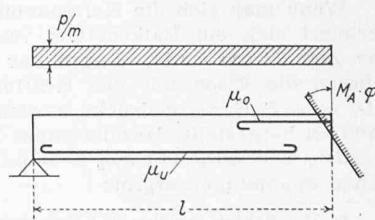


Bild 7

elastisch eingespannt. Der Drehwinkel der Einspannungsstelle ist proportional dem Einspannungsmoment (Bild 7).

Für $\varepsilon = 0$, $t = \frac{1}{12}$ erhalten wir

$$\frac{p l^3}{24 I_i E_b} - \frac{M_{A_0} l}{3 I_i E_b} - M_{A_0} \varphi = 0; M_{A_0} = \frac{p l^2}{8} \frac{1}{1 + \omega}$$

$$\omega = \frac{3 I_i E_b}{l} \varphi$$

Für beliebiges ε und $M_A = M_{A_0} + M_{A_\varepsilon}$ ergibt sich

$$\left[\frac{p l^3}{24 I_i} - \frac{M_{A_0} l}{3 I_i} - \frac{M_{A_\varepsilon} l}{3 I_i} \right] \frac{db_3(\varepsilon)}{E_b} -$$

$$- \left(\frac{l}{3 I_i E_b} + \varphi \right) d M_{A_\varepsilon} = 0$$

$$M_{A_\varepsilon} = \frac{p l^2}{8} \frac{\omega}{1 + \omega} \left[1 - \exp \frac{1 - b_3(\varepsilon)}{1 + \omega} \right]$$

$$M_A = \frac{p l^2}{8} \left[1 - \frac{\omega}{1 + \omega} \exp \frac{1 - b_3(\varepsilon)}{1 + \omega} \right]$$

für $\omega = 1$ $b_3(\varepsilon) = 3,88$ $M_{A_0} = \frac{p l^2}{8} 0,500$

$$M_A = \frac{p l^2}{8} \left[1 - \frac{1}{2} \exp(-1,44) \right] =$$

$$= \frac{p l^2}{8} [1 - 0,118] = \frac{p l^2}{8} 0,882$$

Infolge Kriechen erreicht das Einspannungsmoment 88 % des Momentes für volle Einspannung.

Literaturverzeichnis

- [1] Dr. Ing. Alfred Freudenthal: Die Änderung des Spannungszustandes weitgespannter, flacher Eisenbetonbogen durch die plastische Dauerdeformierung des Betons, «Beton und Eisen» 1935, Heft 11, Seite 176.
- [2] Dr. Ing. Alfred Freudenthal: Plastische Dauerdeformierung des versteiften Stabbogens, «Beton und Eisen» 1936, Heft 2, Seite 206.
- [3] Dipl. Ing. P. Haller: Schwinden und Kriechen von Mörtel und Beton, «E. M. P. A. Zürich», Diskussionsbericht Nr. 124, 1940.
- [4] R. L. Hermite: La déformation plastique des bétons, «Annales des Ponts et Chaussées» 1940, Bd. II, Seite 6.
- [5] Leopold Herzka: Schwindspannungen in Trägern aus Eisenbeton, Leipzig 1925.
- [6] Prof. Dr. Ing. Fr. Dischinger: Untersuchungen über die Knicksicherheit, die elastische Verformung und das Kriechen des Betons bei Bogenbrücken, «Bauingenieur» 1937, Heft 33/34, Seite 487.
- [7] Prof. Dr. Ing. Fr. Dischinger: Elastische und plastische Verformungen der Eisenbetontragwerke und insbesondere der Bogenbrücken, «Bauingenieur» 1939, Heft 5/6, Seite 52.
- [8] Prof. Dr. Ing. E. Mörsch: Der Eisenbetonbau, II. Bd., 3. Teil, Stuttgart 1941.

Schachtlotung mit Setzmikroskop

DK 627.82.0014

Von Dipl. Ing. M. R. ROŠ, Zürich

Das Prinzip der Schachtlotung zur Bestimmung von Durchbiegungen wurde erstmals in der Schweiz von H. Juillard bei der Spitallammsperre verwendet¹⁾. In der Folge hat man es vielfach weiter gebraucht und verschiedene mechanische und optische Ablesemethoden entwickelt, darunter auch solche, welche eine fortlaufende mechanische oder photographische Registrierung gestatten²⁾.

Das auf Bild 1 gezeigte Setzmikroskop ist aus Erfahrungen entstanden, welche der Verfasser bei der Durchführung von Messungen an Talsperren gesammelt hat. Zur Messung wird ein Lot 1 (Bild 2) verwendet, das an einem mit der Staumauerkrone fest verbundenen Punkt 2 aufgehängt ist. In verschiedenen Höhenlagen bringt man nun an in die Staumauerwand fest eingemauerte Auflagerplatten das Setzmikroskop 3 an, stellt dessen Fadenkreuz genau auf den Draht ein und liest die Stellung der Axe des Tubus an einer Skala ab. Diese Messung wird sowohl bei belasteter als auch bei unbelasteter Staumauer durchgeführt. Die Differenz der Ablesungen Δx ergibt die relative Verschiebung des Aufhängepunktes gegenüber dem betreffenden Messpunkt.

In der Regel werden in jeder Höhenlage zwei senkrecht zueinander stehende Auflagerplatten eingemauert, so dass sowohl die Verschiebungen in Richtung der Staumaueraxe

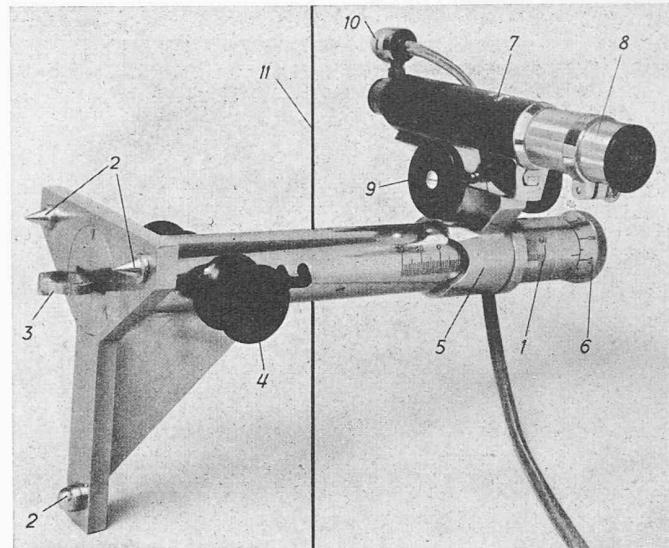


Bild 1. Setzmikroskop nach M. R. Roš.

- 1 Mikroskopträger mit Skala, Messbereich $+60/-20$ mm
- 2 Stativ bestimmt Dreipunktlagerung
- 3 Ring mit Feder zum Befestigen des Instrumentes auf der Grundplatte
- 4 Knopf zum Spannen der Befestigungsfeder
- 5 Mikroskopträger
- 6 Trommel zum Verschieben von 5, 1 Teilstrich = $1/100$ mm
- 7 Tubus
- 8 Mikroskop
- 9 Vortrieb des Tubus
- 10 Lämpchen zur Drahtbeleuchtung
- 11 Lot-Draht aus Invar oder rostfreiem Stahl

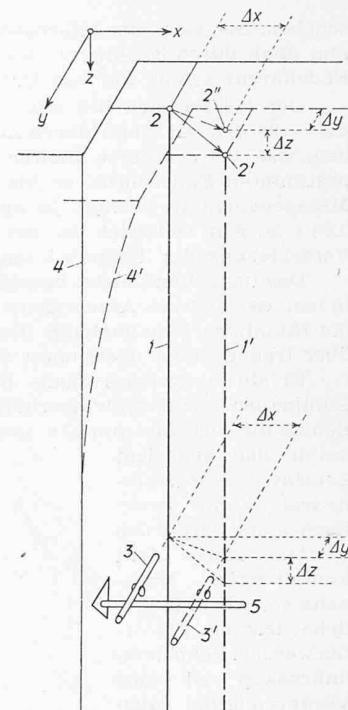


Bild 2 (rechts). Bestimmung der Verschiebungen der Lotaufhängung gegenüber der Messstation. Legende im Text

(Δx), als auch senkrecht dazu (Δy) gemessen werden können. Wird Invardraht für das Lot verwendet, an ihm an jeder Messtelle eine Marke angebracht und das Fadenkreuz im Mikroskop entsprechend ausgebildet, so kann auch die Höhenänderung (Δz) des Lotaufhängepunktes gegenüber der Messtelle bestimmt werden. Aus den Verschiebungen Δx , Δy und Δz an den verschiedenen Höhenlagen ergibt sich ein vollständiges Bild der Deformationen der Staumauer an der betreffenden Ordinate.

Das Instrument sitzt auf einem Arm 1, der an einem Fuss mit drei Auflagerstellen 2 (Bild 1) befestigt ist. Der Ring 3 wird in einen Haken an der eingemauerten Auflagerplatte eingehängt. Er ist mit einer Feder verbunden, deren Zugkraft am Knopf 4 den jeweiligen Bedürfnissen angepasst werden kann. Der Mikroskopträger 5 kann an der Trommel 6 auf dem Arm 1 verschoben werden, auf dem eine Skala angebracht ist, die eine genaue Ablesung der Stellung der Mikroskopaxe ermöglicht.

Auf dem Träger 5 ist ein Tubus 7 angebracht, dessen Axe genau senkrecht zu der des Armes 3 steht. Das im Tubus 7 geführte Mikroskop 8 kann mittels des Handräschens 9 im Tubus verschoben werden. Das Lämpchen 10 dient zum Anleuchten des Drahtes 11.

Zur Durchführung einer Messung wird das Instrument an der betreffenden Stelle auf die Grundplatte gesetzt, der Träger 5 durch Drehen an der Trommel 6 so lange ver-

¹⁾ Vgl. SBZ Bd. 107, S. 229*, 254*, 268* (Mai/Juni 1936).

²⁾ Näheres darüber siehe im Bericht von M. Mary: Méthodes de recherches et instruments pour mesurer les efforts et les déformations dans les barrages en terre et en béton (Rapport Général, Troisième Congrès des Grands Barrages, Stockholm 1948).