Zeitschrift: IABSE reports = Rapports AIPC = IVBH Berichte
Band: 37 (1982)

Artikel: Bemessung von Kranbahnen aus Stahlbeton
Autor: König, Gerd / Gerhardt, Hans-Christian
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-28923

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: 07.12.2025

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

Bemessung von Kranbahnen aus Stahlbeton

Design of Reinforced Concrete Crane Runway Girders

Dimensionnement des ponts roulants en béton armé

GERD KÖNIG
Prof. Dr. -Ing.
Technische Hochschule
Darmstadt, BRD

HANS-CHRISTIAN GERHARDT
Dipl. -Ing.
Technische Hochschule
Darmstadt, BRD

ZUSAMMENFASSUNG
Die theoretischen Grundlagen des Betriebsfestigkeitsnachweises gemäss DIN 4212 werden erläutert. Mit Hilfe der Palmgren-Miner-Hypothese wird ein einfach zu handhabendes Bemessungskonzept entwickelt, das durch eine sicherheitstheoretische Untersuchung ergänzt wird.

SUMMARY
The theoretical background of the design requirements concerning the fatigue life of reinforced concrete crane runways according to DIN 4212 is presented. On the basis of the Palmgren-Miner hypothesis a design approach is developed which is easy to apply. Probabilistic methods are used to allow for the scatter of test results.

RESUME
Les bases théoriques des essais de fatigue selon la norme DIN 4212 sont rappelées. A l'aide de l'hypothèse de Palmgren-Miner un concept de dimensionnement, d'un emploi aisé, est développé et complété par une méthode théorique probabiliste.

1. EINLEITUNG

Kranbahnen sind wegen des relativ hohen und ständig wechselnden Verkehrslastanteils den Bauteilen mit nicht vorwiegend ruhender Belastung zuzuordnen. Sowohl aus Gründen der Wirtschaftlichkeit als auch aus Gründen der Sicherheit ist daher dem Nachweis der Betriebsfestigkeit besondere Aufmerksamkeit zu schenken. Um den Aufwand bei der praktischen Durchführung des Betriebsfestigkeitsnachweises in Grenzen zu halten, wurde bei der Erarbeitung der Festlegungen von DIN 4212 Kranbahnen aus Stahlbeton und Spannbeton ein möglichst einfach zu handhabendes Bemessungskonzept angestrebt. Zu diesem Zweck wurden die in [1] dargelegten Ansätze im Hinblick auf eine wirklichkeitsnähere Erfassung der Zusammenhänge für den Werkstoff Beton erweitert und durch sicherheitstheoretische Überlegungen ergänzt.

Aufgabe des vorliegenden Beitrages ist es, die Grundlagen des erarbeiteten Bemessungskonzeptes zu erläutern. Eine ausführliche Darstellung findet sich in [2].

2. VORAUSSETZUNGEN

Der Nachweis der Betriebsfestigkeit gemäß DIN 4212 wird als Spannungsnachweis unter Gebrauchslast getrennt für den Bewehrungsstahl und den Beton geführt.

Die Veränderlichkeit der Beanspruchungsamplituden, ausgedrückt durch die Schwingbreite der Spannungen $2\sigma_a$, wird durch die Kollektivformen S0, S1, S2 und S3 entsprechend Bild 1 bzw. durch die zugehörigen Verteilungsdichten der Schwingbreite erfaßt, die DIN 15018 entnommen wurden.

Zur Bestimmung der schädigenden Wirkung aller bis zu einem bestimmten Zeitpunkt aufgetretenen Spannungsspiele (Schadenakkumulation) wird die Palmgren-Miner-Hypothese verwendet:

$$D = \Sigma \frac{n_i}{N_i} \qquad (1)$$

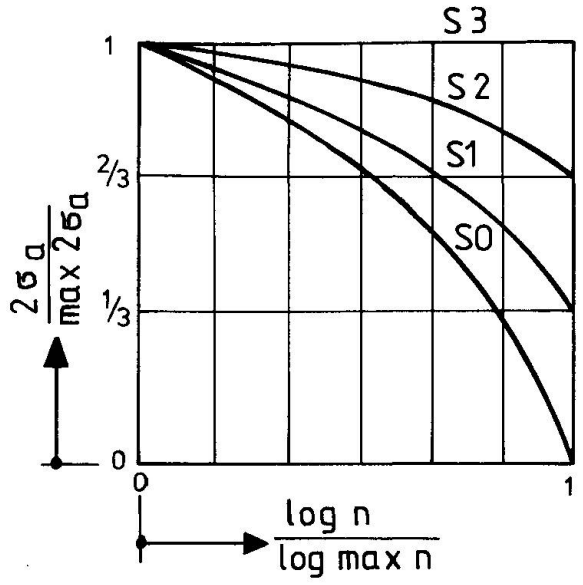


Bild 1 Kollektivformen

3. ALLGEMEINE GRUNDLAGEN

3.1 Palmgren-Miner-Hypothese bei kontinuierlichem Verlauf des Kollektivs

Für die weiteren Ableitungen wird angenommen, daß die Beanspruchung durch die Verteilungsdichte $f_s(2\sigma_a)$ der Spannungsschwingbreiten gegeben ist. Daraus ergibt sich ein kontinuierlicher Verlauf des Kollektivs, wie z.B. in Bild 1 dargestellt. Die für stufenförmige Kollektive geltende Gl.(1) nimmt dann die Form

$$D = \int_0^{\max n} \frac{dn(2\sigma_a)}{N(2\sigma_a)} \tag{2}$$

an.

Die Wöhlerlinie sei durch den Ansatz

$$N(2\sigma_a) = \frac{C}{g(2\sigma_a)} \tag{3}$$

beschrieben.

C bezeichnet hierin eine Konstante, $g(2\sigma_a)$ ist eine Funktion der Schwingbreite. Diese Beziehung soll für alle $2\sigma_a \geq 0$ gelten, d.h. auf die Berücksichtigung einer Dauerfestigkeit wird verzichtet. Gemäß der Palmgren-Miner-Hypothese tritt kein Bruch auf, wenn

$$D \leq 1 \tag{4}$$

ist. Nachfolgend sollen zwei mögliche Interpretationen dieser Bedingung dargestellt werden.

3.2 Berechnung von Betriebsfestigkeitslinien

Eine Möglichkeit, aus der Palmgren-Miner-Hypothese Bemessungshilfen abzuleiten, besteht in der Ermittlung desjenigen Kollektivumfangs max N, der für eine bestimmte Kollektivform zum Bruch führt.

Für den Bruchzustand gilt

$$\frac{\max n\ (\max 2\sigma_a)}{C} \int_{-\infty}^{\infty} g(2\sigma_a)\ f_s(2\sigma_a)\ d2\sigma_a = 1 \tag{5}$$

Mit dem Mittelwert der Funktion $g(2\sigma_a)$

$$\overline{g(2\sigma_a)} = \int_{-\infty}^{\infty} g(2\sigma_a)\ f_s(2\sigma_a)\ d2\sigma_a \tag{6}$$

kann die Gleichung der Betriebsfestigkeitslinie in Analogie zu Gl.(3) angegeben werden:

$$\max N\ (\max 2\sigma_a) = \frac{C}{\overline{g(2\sigma_a)}} \tag{7}$$

3.3 Berechnung von Ersatzkollektiven

Eine zweite Möglichkeit für ein Bemessungskonzept besteht in der Berechnung eines dem gegebenen Kollektiv gleichwertigen einstufigen Ersatzkollektivs. Als gleichwertig ist ein Ersatzkollektiv anzusehen, das die gleiche Schädigung verursacht wie das gegebene Kollektiv. Die durch dieses Kollektiv verursachte

Schädigung D_K beträgt

$$D_K = \int_0^{\max n} \frac{dn(2\sigma_a)}{N(2\sigma_a)} \; . \tag{8}$$

Für das einstufige Ersatzkollektiv mit dem Umfang n^* gemäß Bild 2 gilt dementsprechend

$$D_E = \frac{n^*}{N(ers2\sigma_a)} \; . \tag{9}$$

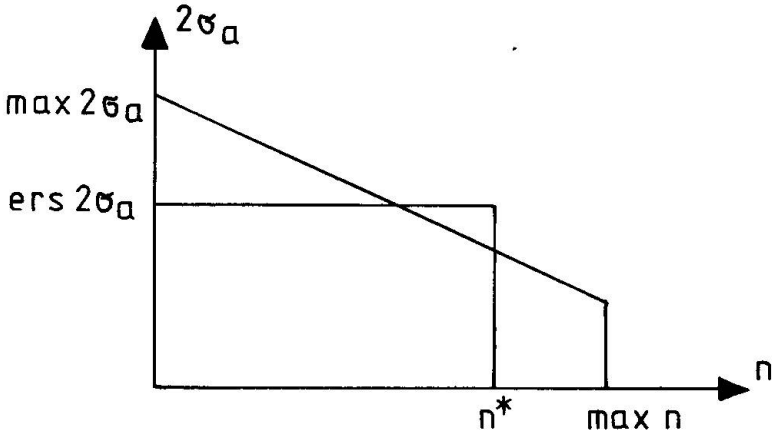


Bild 2 Ersatzkollektiv mit Umfang n^*

Aus der Forderung $D_E = D_K$ ergibt sich

$$\frac{n^*}{C} \; g(ers2\sigma_a) = \frac{\max n}{C} \; \overline{g(2\sigma_a)} \; . \tag{10}$$

Da $g(2\sigma_a)$ eine monoton wachsende Funktion für $2\sigma_a \geq 0$ sein muß (vergl. Gl.(3)), besteht ein umkehrbar eindeutiger Zusammenhang zwischen Argument und Funktionswert. Daher erhält man die Ordinate des Ersatzkollektivs durch Bilden der zu $g(2\sigma_a)$ inversen Funktion:

$$ers2\sigma_a = g^{-1} \left[\frac{\max n}{n^*} \; \overline{g(2\sigma_a)}\right]. \tag{11}$$

Für die praktische Anwendung empfiehlt es sich, für vorgegebene Kollektivformen den Umrechnungsfaktor

$$\alpha_p = \frac{ers2\sigma_a}{max2\sigma_a} \tag{12}$$

vorab zu bestimmen und zu tabulieren oder in Form von Diagrammen darzustellen. Der Betriebsfestigkeitsnachweis kann nun formal als Dauerfestigkeitsnachweis geführt werden, wenn $n^* = 2 \cdot 10^6$ gesetzt wird.

4. ANWENDUNG DER ALLGEMEINEN GRUNDLAGEN AUF DIE WERKSTOFFE STAHL UND BETON

4.1 Umrechnungsfaktoren für Stahl

Für den Werkstoff Stahl läßt sich die Wöhlerlinie als Gerade im doppeltlogarithmischen Maßstab darstellen. Gl.(3) nimmt daher die spezielle Form

$$N(2\sigma_a) = \frac{N' \ \sigma_D^k}{(2\sigma_a)^k} \tag{13}$$

mit den Konstanten

$N' = 2 \cdot 10^6$

σ_D = Dauerfestigkeit und

k = Neigungskoeffizient

an.

Für den Umrechnungsfaktor erhält man damit

$$\alpha_p = \frac{ers2\sigma_a}{max2\sigma_a} = \sqrt[k]{\frac{maxn}{n} \ \overline{\left(\frac{2\sigma_a}{max2\sigma_a}\right)^k}} \tag{14}$$

4.2 Betriebsfestigkeitslinien für Beton

Die Wöhlerlinien des Werkstoffs Beton bilden sich im einfachlogarithmischen

Maßstab als Geraden ab und lassen sich daher durch

$$N(2\sigma_a) = \frac{10^a}{10^{b \cdot 2\sigma_a}} \tag{15}$$

mit den Konstanten

a = Achsabschnitt
b = Neigungskoeffizient

darstellen.

Die Gleichung der Betriebsfestigkeitslinien lauten daher

$$\max N\ (\max 2\sigma_a) = \frac{10^a}{10^{b \cdot 2\sigma_a}} \tag{16}$$

5. ERFASSUNG DER KRANBAHNKOLLEKTIVE

5.1 Umrechnungsfaktoren für Stahl

Mit der Verteilungsdichte der Schwingbreiten gemäß DIN 15018 ergibt sich aus Gl.(14)

$$\alpha_p = \sqrt[k]{\frac{\max n}{n} \; \frac{\sum_{i=0}^{k} \binom{k}{i} \left[\, 0{,}217(1-p)\right]^{k-i} \cdot p^i \cdot 2^{\left(\frac{k-i+1}{2}\right)} \cdot \Gamma\left(\frac{k-i+1}{2}\right)}{\sqrt{2\pi}}} \tag{17}$$

mit der Gammafunktion $\Gamma(\ )$ und $p = \min 2\sigma_a / \max 2\sigma_a$, wenn k eine natürliche Zahl ist. Das Ergebnis gilt auch für $p = 0$, wenn $0^0 = 1$ gesetzt wird.

5.2 Betriebsfestigkeitslinien für Beton

Mit Hilfe der Abkürzungen

$$\alpha = \frac{1}{2 \cdot 0{,}217^2 (1-p)^2} \tag{18}$$

und

$$\beta = -\frac{b \max 2\sigma_a \ln 10 + 2\alpha p}{2} \tag{18}$$

läßt sich der Mittelwert nach Gl.(17) bestimmen:

$$\overline{10^{b2\sigma_a}} = \exp\left(\frac{\beta^2-\alpha^2 p^2}{\alpha}\right)\left[\operatorname{erf}\left(\sqrt{\alpha}+\frac{\beta}{\sqrt{\alpha}}\right)-\operatorname{erf}\left(p\sqrt{\alpha}+\frac{\beta}{\sqrt{\alpha}}\right)\right] \qquad (19)$$

6. ERGEBNISSE

Um den Streuungen der einzelnen Einflüsse in gebührender Weise Rechnung zu tragen, wurden die Gln.(20) und (22) unter Beachtung der in [3] festgelegten Grundlagen ausgewertet. Die Ergebnisse sind in den Bildern 3 und 4 dargestellt.

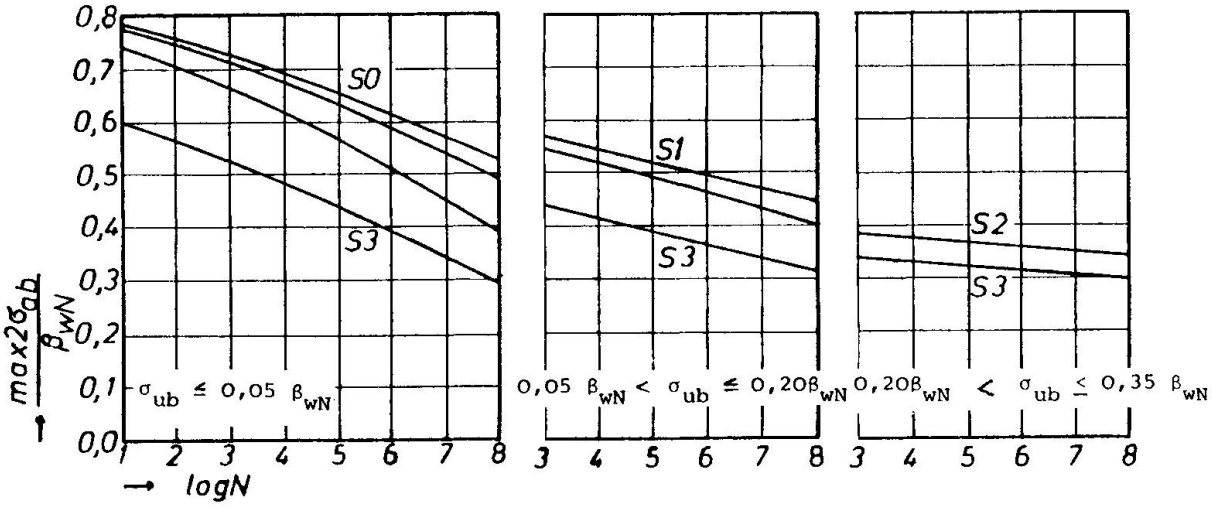
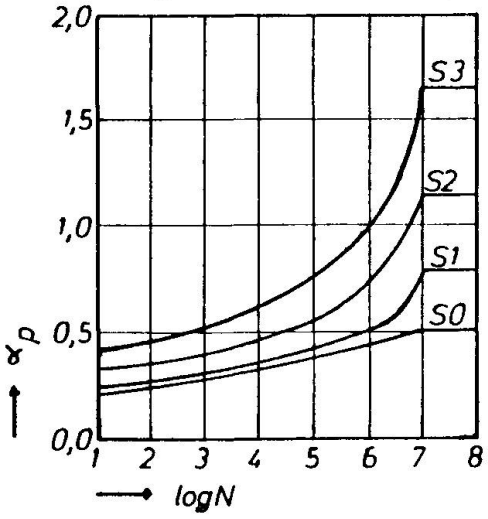


Bild 3 Zulässige Werte für die Schwingbreite der Betonspannungen $2\sigma_{ab}$

Bild 4 Umrechnungsfaktoren α_p für Stahl



[1] König, G. und Gerhardt, H.-Chr.: Zum Nachweis ausreichender Betriebsfestigkeit am Beispiel von Kranbahnen aus Stahlbeton, Studentenwerk Darmst.1978.
[2] König, G. und Gerhardt, H.-Chr.: Nachweis der Betriebsfestigkeit gemäß DIN 4212 Kranbahnen aus Stahlbeton und Spannbeton, Berechnung und Ausführung. Erscheint 1982 in Beton- und Stahlbetonbau.
[3] Grundlagen zur Festlegung von Sicherheitsanforderungen für bauliche Anlagen, Entwurf 1980. NABau-Arbeitsausschuß "Sicherheit von Bauwerken".