

Zur Theorie der Dauerfestigkeit

Autor(en): **Stüssi, F.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **IABSE congress report = Rapport du congrès AIPC = IVBH
Kongressbericht**

Band (Jahr): **5 (1956)**

PDF erstellt am: **13.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-6085>

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.

Ib5

Zur Theorie der Dauerfestigkeit

Teoria da resistência à fadiga

Théorie de la résistance à la fatigue

Theory of the fatigue strength

PROF. DR. F. STÜSSI

E. T. H.

Zürich

1. Die heutigen Erkenntnisse über den Mechanismus des Dauerbruches erlauben noch nicht, eine umfassende Theorie der Dauerfestigkeit auf Grund der physikalischen Zusammenhänge aufzustellen, trotzdem es, von der Bemessungspraxis aus gesehen, dringlich ist, die allgemein beschreibende oder qualitative Formulierung des Wöhler'schen Gesetzes quantitativ zu ergänzen. Wir sind deshalb gezwungen, so vorzugehen, dass wir versuchen, das komplexe Problem der Dauerfestigkeit in einzelne möglichst einfache Teilfragen aufzuteilen, die sich durch den entsprechenden Versuch direkt beantworten lassen und so, Schritt für Schritt, das Verhalten von Material und Bauelementen durch eine möglichst kleine Zahl von Kennwerten zahlenmässig zu erfassen. Nachstehend werden die drei grundsätzlichen Zusammenhänge für die Dauerfestigkeit von Zugstäben aus Stahl festgehalten, wie sie sich aus einer eingehenden Beschäftigung mit der Auswertung von Dauerversuchen ergeben haben ⁽¹⁾.

2. Für einen glatten Zugstab kann eine erste Teilfrage wie folgt gestellt werden: welches sind die Spannungsgrenzwerte σ_{\max} und σ_{\min} , die bei gegebener Lastwechselzahl n den Bruch herbeiführen? Setzen wir

$$\sigma_m = \frac{\sigma_{\max} + \sigma_{\min}}{2}, \quad \Delta \sigma = \frac{\sigma_{\max} - \sigma_{\min}}{2}.$$

⁽¹⁾ F. Stüssi — Die Theorie der Dauerfestigkeit und die Versuche von August Wöhler. Mitteilungen TKVSB, Nr. 13, Zürich 1955.

durch den Schnitt mit einer analogen, von der Druckfestigkeit aus charakterisierten Druckkurve. Figur 1b zeigt die gleichen Verhältnisse noch in der Darstellung mit $\sigma_{\max} = \sigma_m + \Delta\sigma$ bzw. $\sigma_{\min} = \sigma_m - \Delta\sigma$ als Koordinaten.

3. Da durch Gleichung 1 alle Spannungsverhältnisse, die bei einer bestimmten Lastwechselzahl n den Bruch herbeiführen, auf die Wechselfestigkeit σ_w (und die Zugfestigkeit σ_z) zurückgeführt sind, bleibt als vereinfachte zweite Frage diejenige nach dem Zusammenhang zwischen der Wechselfestigkeit σ_w und der Lastwechselzahl $n = 10^i$. Dieser

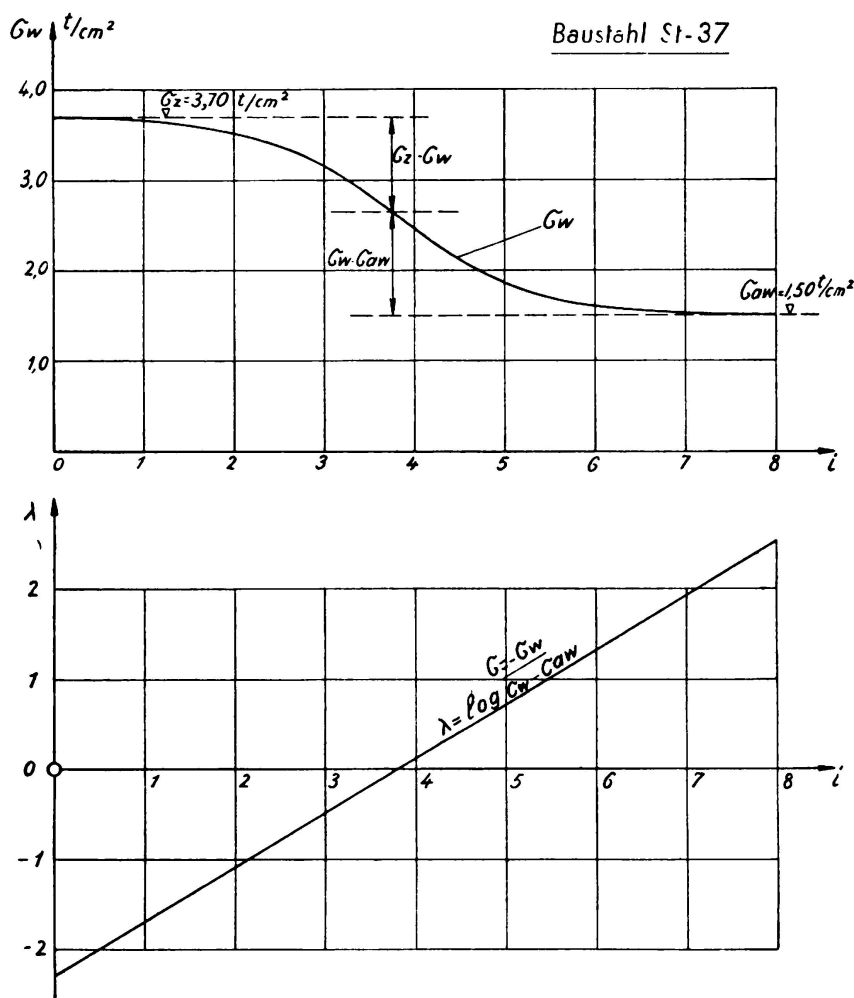


FIG. 2

Zusammenhang wird als *Wöhlerkurve* der Wechselfestigkeit bezeichnet; es ist bequem, als Abszissen nicht die Lastwechselzahl $n = 10^i$ selber, sondern ihren Logarithmus i zu verwenden (Fig 2). Bei der Aufstellung einer Beziehung $\sigma_w - n$ bzw. $\sigma_w - i$ ist davon auszugehen, dass einerseits für verschwindende Lastwechselzahl die Wechselfestigkeit σ_w den Wert der Zugfestigkeit σ_z annehmen und andererseits für unbegrenzt wachsende

Lastwechselzahl sich asymptotisch dem Endwert σ_{aw} nähern muss. Auch diese Forderungen können durch verschiedene Ansätze befriedigt werden; nach meinen Untersuchungen stimmt der Ansatz

$$\sigma_w = \frac{\sigma_z + c_w \cdot n^p \cdot \sigma_{aw}}{1 + c_w \cdot n^p} \quad (2a)$$

am besten mit den Versuchsergebnissen überein. Dieser Ansatz erlaubt in der Form

$$\sigma_z - \sigma_w = c_w \cdot n^p \cdot (\sigma_w - \sigma_{aw}) \quad (2b)$$

auch eine anschauliche Deutung, während er sich durch Logarithmieren in der Form

$$\lambda = \log \frac{\sigma_z - \sigma_w}{\sigma_w - \sigma_{aw}} = \log c_w \cdot n^p = \log c_w + p \cdot i$$

linearisieren lässt (Fig. 2).

Die Verbindung der Gleichungen 1 und 2 erlaubt die Erfassung des ganzen Dauerfestigkeitsbereiches für einen glatten Zugstab aus den vier Kennwerten σ_z , σ_{aw} , c_w und p .

4. Für die Beurteilung der Festigkeit von *gekerbten oder gelochten Probestäben* ist charakteristisch, dass die Spannungsverteilung im Bruchquerschnitt im elastischen Bereich nicht mehr gleichmässig ist wie beim glatten Probestab, sondern eine ausgesprochene Spannungsspitze aufweist. Unter statischer Dauerbelastung kann sich bei zähen Baustoffen vor dem Bruch ein weitgehender Spannungsausgleich einstellen, sodass für den statischen Bruch die durchschnittliche Spannung massgebend wird und sich damit annähernd die gleiche Festigkeit σ_z ergibt wie für den glatten Stab. Für die Dauerfestigkeit dagegen spielt die Ungleichmässigkeit der Spannungsverteilung, d. h. die Kerbwirkung, eine entscheidende Rolle; die durchschnittliche Bruchspannung $\sigma_{k \max}$ des Kerbstabes wird wesentlich unter der entsprechenden Spannung σ_{\max} des glatten Stabes liegen.

Es zeigt nun aus zahlreichen überprüften Versuchsergebnissen, dass das Verhältnis φ ,

$$\varphi = \frac{\sigma_{k \max}}{\sigma_{\max}},$$

annähernd linear mit der Mittelspannung σ_m variiert, wenn σ_{\max} und $\sigma_{k \max}$ die der gleichen Mittelspannung zugeordneten Festigkeitswerte bedeuten. In Figur 3 sind Teilergebnisse von Versuchen aufgetragen, die G. Wällgren an glatten und gelochten Probestäben aus der Aluminiumlegierung 24 S-T durchgeführt hat. (2). Die vermittelnde Kurve $\sigma_{k \max}$ zeigt den bekannten, für Kerbstäbe charakteristischen Verlauf, der

(2) G. WÄLLGREN — Direct fatigue tests with tensile and compressive mean stresses on 24 S-T Aluminium plain specimens and specimens notched by a drilled hole. FFA, Meddelande Nr. 48, Stockholm 1953.

in seiner Form vom Verlauf der Kurven nach Gleichung 1 für glatte Stäbe grundsätzlich abweicht. Die Verhältniszahl φ kann leicht aus dem für Wechselbeanspruchung massgebenden Wert φ_w ,

$$\varphi = \frac{\varphi_w \cdot \sigma_z + (1 - \varphi_w) \cdot \sigma_m}{\sigma_z} \quad (3)$$

bestimmt werden. Die Versuche von G. Wällgren sind deshalb besonders aufschlussreich, weil sie sich weit in den Druckbereich hinein erstrecken; sie bestätigen damit auch die Gültigkeit von Gleichung 1 und die Existenz

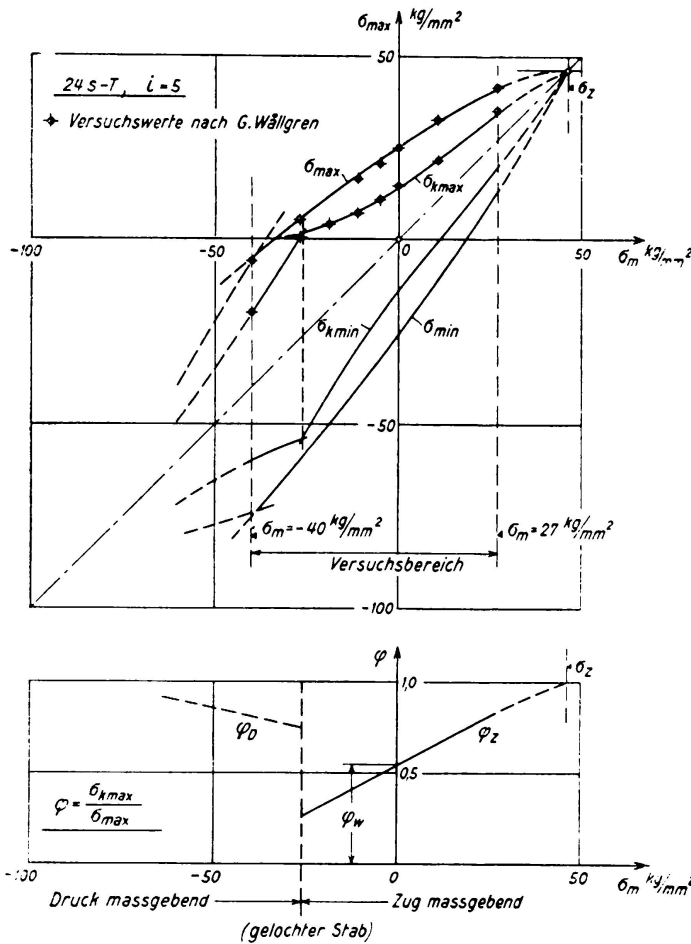


FIG. 3

einer Gültigkeitsgrenze zwischen Zug- und Druckbereich entsprechend Figur 1. Die Kerbzahl φ_w hängt selbstverständlich von der Form der Kerbe, aber auch von der Materialart und von der Lastwechselzahl n ab; für verschwindende Lastwechselzahl wird sich φ_w dem Wert $\varphi_w = 1$ annähern.

5. Die vorstehend skizzierten Grundzüge einer Theorie der Dauerfestigkeit werden durch zukünftige Versuche eingehend und systematisch

überprüft werden müssen. Sie bilden aber auch die Grundlage zur Abklärung weiterer, bisher noch unbeantworteter Fragen, wie etwa der Dauerfestigkeit bei mehraxigen Beanspruchungen, bei veränderlichen Spannungsverhältnissen («cumulative damage in fatigue») oder den Einfluss der Lastwechselgeschwindigkeit, von Erholungspausen sowie von hohen und tiefen Temperaturen.

ZUSAMMENFASSUNG

Es werden die Grundzüge einer Theorie der Dauerfestigkeit für einaxige Beanspruchung eines nichtkriechenden Materials dargestellt. Diese Theorie zerfällt in drei Teilaussagen:

- a) Spannungsverhältnisse $\sigma_{\max} - \sigma_{\min}$ bzw. $\Delta\sigma - \sigma_m$ bei gegebener Lastwechselzahl,
- b) Wöhlerkurve der Wechselfestigkeit,
- c) Einfluss von Kerbwirkungen.

RESUMO

O autor expõe os fundamentos de uma teoria da resistência a solicitações à fadiga de um material sem fluência submetido a cargas monoaxiais. Esta teoria divide-se em três partes:

- a) Relação de tensões $\sigma_{\max} - \sigma_{\min}$ ou $\Delta\sigma - \sigma_m$ para um dado número de alternâncias da solicitação,
- b) Curva de Wöhler de resistência a esforços alternados,
- c) Influência do efeito de entalhe.

RÉSUMÉ

L'auteur expose le fondement d'une théorie de la résistance à la fatigue d'un matériau sans fluage soumis à des charges monoaxiales. Cette théorie peut se diviser en trois parties.

- a) Rapport des contraintes $\sigma_{\max} - \sigma_{\min}$ ou $\Delta\sigma - \sigma_m$ pour un nombre d'alternances de charge donné,
- b) Courbe de Wöhler de la résistance aux efforts alternés,
- c) Influence de l'effet d'entaille.

SUMMARY

The author describes the base of a theory on the fatigue strength of a creepless material under mono-axial loading. This theory can be divided into three parts:

- a) Ratio of $\sigma_{\max} - \sigma_{\min}$ or $\Delta\sigma - \sigma_m$ stresses for a given number of alternate loadings,
- b) Wöhler's curve for the resistance to alternate loads,
- c) Influence of notch effect.