



Doctoral Thesis

## Die Wechselfestigkeit einiger Stähle bei tiefen Temperaturen

**Author(s):**

Hildesheimer, Herbert

**Publication Date:**

1959

**Permanent Link:**

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-000098695> →

**Rights / License:**

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#) →

This page was generated automatically upon download from the [ETH Zurich Research Collection](#). For more information please consult the [Terms of use](#).

Prom. Nr. 2783

# DIE WECHSELFESTIGKEIT EINIGER STÄHLE BEI TIEFEN TEMPERATUREN

Von der  
EIDGENÖSSISCHEN TECHNISCHEN HOCHSCHULE  
IN ZÜRICH

zur Erlangung der Würde eines Doktors  
der technischen Wissenschaften  
genehmigte

## PROMOTIONSARBEIT

Vorgelegt von  
HERBERT HILDESHEIMER  
dipl. Masch.-Ing. ETH  
von Köniz (Bern)

Referent: Herr Prof. Dr. P. Graßmann  
Korreferent: Herr Prof. Dr. E. Bickel

dings weder metallographisch noch modellmäßig verständlich, da doch der metastabile Zustand mit abnehmender Temperatur immer fester einfriert.

Eine Untersuchung der Proben auf ihre Permeabilität ergab, daß nur bei Zimmertemperatur beanspruchte Proben fast vollständig austenitisch waren, während die bei flüssiger Luft und bei flüssigem Helium beanspruchten Proben wesentlich größere Magnetisierbarkeit (ungefähr halbe Permeabilität eines ferritischen Stahles!) aufwiesen. Die Schlißbilder (15 a-c) lassen diese Umwandlung ebenfalls deutlich erkennen.

Eine denkbare Erklärung für diese Umwandlung wäre, daß das Gefüge durch die hohe Beanspruchung bei den tiefen Temperaturen stärker zerrüttet wird und so den Austenitzerfall bei Wiederaufwärmung auf Zimmertemperatur stark begünstigt.

Es ist vielleicht etwas verwegen, der Gefügeumwandlung die Schuld am Absinken der Ermüdungsfestigkeit bei Abnahme der Temperatur von  $84^{\circ}\text{K}$  auf  $4,2^{\circ}\text{K}$  zu geben, aber sie wird ganz sicher einen Einfluß haben.

#### 5. 4 Kerbwirkung bei tiefen Temperaturen

Die Messungen von *Hempel* und *Luce* [13] ergaben für glatt polierte Stäbe aus Stahl eine Zunahme der Wechselfestigkeit bei Abnahme der Temperatur, wie sie beispielsweise in Bild (13) dargestellt ist. Danach ergibt sich in Übereinstimmung mit den eigenen Messungen

(vgl. Tabelle 4) bei  $84^{\circ}\text{K}$  eine etwa doppelt so große Ermüdungsfestigkeit wie bei Raumtemperatur. Vergleicht man diese Zunahme mit derjenigen gekerbter Stähle, so muß man feststellen, daß die Kerbeinflußziffer ganz beträchtlich zunimmt. Diese Zunahme ist wohl zum großen Teil dem Anwachsen der Festigkeit des Stahles zuzuschreiben, denn es ist schon lange bekannt, daß die Stähle mit hoher Festigkeit wesentlich kerbempfindlicher sind [16].

Als Bestätigung der Erhöhung der Kerbwirkung mag noch folgendes Vorkommnis dienen: In den Vorversuchen trat bei einem Versuch an unlegiertem «Silberstahl» bei  $4,2^{\circ}\text{K}$  der Bruch am Grund des ersten Gewindenganges des M-4-Gewindes (Kerndurchmesser 3,2 mm) ein, obwohl der polierte Probeteil nur 1,6 mm Durchmesser hatte. (Dies bedeutet ein  $a_K$  von mindestens 4.)

Daß aber die vom Polieren herrührenden Kratzer an der Oberfläche der Probe trotz der erhöhten Kerbwirkung keinen Einfluß auf den Bruch hatten, zeigt Bild (16). Es zeigt die Anrißstelle einer nicht ganz durchgerissenen Probe. Daraus ist klar ersichtlich, daß die Oberflächenkratzer die Rißrichtung nicht beeinflussen.

Aus der Theorie von *Orowan* läßt sich auch dieses einigermaßen deuten: Solange die Kerbwirkung der Oberfläche kleiner ist als die der (Mikro)-Einschlüsse, ist kein Oberflächeneinfluß auf die Wechselfestigkeit feststellbar. Dies gibt eine physikalische Deutung der von *Siebel* und *Gaier* [3] gefundenen Grenzrauheit.

## 6. Zusammenfassung

Es wurde die Wechselfestigkeit von vier ferritischen (niedrig- oder unlegierten Kohlenstoff-) Stählen und von rostfreiem Stahl 18/8 bei  $4,2$ ;  $84$  und  $291^{\circ}\text{K}$  auf einer zu diesem Zweck entwickelten Prüfmaschine bestimmt. Die aus 4-mm-Stangenmaterial gedrehten Proben wiesen bei einer gesamten Länge von 46 mm einen zylindrischen polierten Probenteil von 1,2 mm Durchmesser und 7 mm Länge auf. Die Proben wurden einer reinen Zug-Druck-Beanspruchung mit einer Frequenz von ungefähr 500 Hz unterworfen.

Für die ferritischen Stähle ergab sich dabei eine monotone Zunahme der Wechselfestigkeit; bei der Siedetemperatur der flüssigen Luft ( $84^{\circ}\text{K}$ ) ist sie etwa 2mal, bei der des

flüssigen Heliums ( $4,2^{\circ}\text{K}$ ) etwa 2,5mal so groß wie bei Zimmertemperatur ( $291^{\circ}\text{K}$ ).

Wenn auch bei dem austenitischen Stahl die Festigkeitszunahme nicht monoton verläuft (Ursache dafür könnte eine irreversible Phasenumwandlung Austenit  $\rightarrow$  Martensit sein), sondern sich bei den tiefsten Temperaturen wieder eine leichte Abnahme zeigt, kann doch gesagt werden, daß Stahl bezüglich statischen und wechselnden Beanspruchungen bei tiefen Temperaturen widerstandsfähiger ist. Für ferritische Stähle ergibt sich dagegen eine stark erhöhte Schlagbruchgefahr und Kerbwirkung, die bei tiefen Temperaturen zu einem vollständig verformungsfreien Sprödbbruch führen kann.