Theorie und Praxis der Kerbschlagprobe

Autor(en): **Fillunger, Paul**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **81/82 (1923)**

Heft 21

PDF erstellt am: **04.06.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-39014

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: Theorie und Praxis der Kerbschlagprobe. — Holland und die Baukunst unserer Zeit. — Die Entwicklung der neuen Rheinschiffahrt nach Basel. — Schweizerische elektrotechnische und elektrometallurgische Industrie im Jahre 1922. — Miscellanea: Der „Deutsche Beton-Verein". Holland und die Baukunst unserer Zeit. Bahnhofvorplatz und Bahnhof Enge. Comité franco-suisse du Haut-Rhône. Ingenieurbauten in Griechenland. XIII. Internat. Schiffahrt-Kongress. Ausfuhr elektrischer Energie. Versuchsfeld für 1 000 000 Volt. Friedhofkunst-Ausstellung in St. Gallen. Centovalli-Bahn. — Nekrologie: Ch. F. Steinmetz. — Vereinsnachrichten: Z. I. A. V. S. T. S.

Band 82. Nachdruck von Text oder Abbildungen ist nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit genauer Quellenangabe gestattet. Nr. 21.

Theorie und Praxis der Kerbschlagprobe.[1])

Von Baurat Prof. Dr. *Paul Fillunger* in Wien.

Eine Materialprüfungsmethode kann erst dann allgemeine Verbreitung finden, wenn man genau weiss, unter welchen Bedingungen man für das gleiche Material immer wieder die gleichen ziffernmässigen Ergebnisse erhalten kann. Zwar kann man diese Voraussetzung durch Einführung einer strengen Normalisierung immer erzwingen, fraglich bleibt dann aber, ob man die strengen Bedingungen in der Praxis auch immer einhalten kann und welchen Einfluss kleine Abweichungen von der Norm, zu denen man durch die besondern Verhältnisse gezwungen wird, auf die Ergebnisse der Probe haben mögen. Um Abweichungen von der Norm berücksichtigen zu können, müssen unbedingt theoretische Erwägungen herangezogen werden. Es folgt daraus, dass selbst die Anhänger einer strengen Normalisierung auf eine Theorie der Prüfungsmethoden niemals verzichten können.

Von einer „Theorie der Kerbschlagprobe" konnte man bisher kaum sprechen. Darin mag wohl die tiefere Ursache zu suchen sein, dass diese Materialprüfungsmethode nirgends dauernd festen Fuss in der metallverarbeitenden und metallverwendenden Praxis fassen konnte.

Bekanntlich pflegt man den Quotienten

$$\varepsilon = \frac{A}{bh} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1)$$

als eines der Gütemasse der Metalle anzusehen und zu ermitteln. Hier ist A die beim Schlagversuch verbrauchte Arbeit, b die Breite, h die Höhe des Bruchquerschnittes. Man nennt ε die „Kerbzähigkeit".

Diese spezifische Schlagarbeit ist von der Grösse der Probestäbe umso deutlicher abhängig, je zäher das Metall und je grösser der Halbmesser der Kerbe ist, selbst wenn man nur geometrisch ähnliche Kerbstäbe zum Vergleiche benützt. Nur darin, dass A mit b und h zunimmt und im allgemeinen nicht etwa abnimmt, könnte man eine theoretische Rechtfertigung von Gleichung (1) erblicken.

Die Ueberzeugung der Theoretiker neigt daher allgemein dahin, dass ein als „Aehnlichkeitsgesetz" bekannter Erfahrungssatz auch auf Kerbschlagproben anwendbar sein müsse. Er besagt, dass geometrisch ähnliche Körper aus gleichem Material zu geometrisch ähnlichen Formänderungen einen Arbeitsaufwand erfordern, der mit dem Volumen der Körper proportional ist. Dann müsste

$$\lambda = \frac{A}{V} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (2)$$

unter der Voraussetzung der geometrischen Aehnlichkeit und gleichen Materiales immer auf den selben Wert λ führen. Auch dies trifft in der Wirklichkeit nicht zu, und zwar umsoweniger, je spröder das Metall und je schärfer die Kerben. Man hat diesen Misserfolg der Theorie damit zu entschuldigen versucht, dass man behauptete, die Bedingungen der geometrischen Aehnlichkeit wären nicht strenge genug erfüllt gewesen. Ist sie überhaupt für den Bruch anwendbar? Ueber die Anwendbarkeit eines Erfahrungssatzes kann nur die Erfahrung selbst entscheiden und sie *verneint* ihn. Daher möge im folgenden eine Theorie der Kerbschlagprobe entwickelt werden, die sich nur auf die Prinzipien der Mechanik und unbestrittene Erfahrungstatsachen stützt.

Um die Uebersicht zu erleichtern, werde der ganze Stossvorgang in *vier* Stossperioden zerlegt:

1. Stossperiode. Sie umfasst die Zeit vom Auftreffen des Hammers bis zum Geschwindigkeitsausgleich zwischen Hammerschneide und Bruchquerschnitt. Der *Weg* in dieser Periode ist von Null wenig verschieden, der Arbeitsverbrauch A_1 besteht im Energieverlust durch Stoss, in dem auch die örtliche Deformationsarbeit an der Stosstelle enthalten ist.

2. Stossperiode. Der Probestab wird elastisch deformiert. Diese Periode ist zu Ende, wenn keine elastischen Formänderungen mehr stattfinden. Der Verbrauch an Arbeit sei A_2. Plastische Formänderungen, die an einzelnen Stellen schon in dieser Periode stattfinden, mögen nicht zu A_2 gerechnet werden.

3. Stossperiode. Sie umfasst alle plastischen Formänderungen bis zum Beginn der Trennung der Teilchen, der „eigentlichen" Bruchbildung. Der Verbrauch an Arbeit sei A_3.

4. Stossperiode. In dieser Periode entstehen neue freie Oberflächen, die *Bruchflächen*. Eine genauere Umschreibung der Vorgänge, die den Beitrag A_4 zum Arbeitsverbrauch liefern, wird erst im Verlaufe der Untersuchung gegeben werden.

Der Gesamtverbrauch an Arbeit A setzt sich aus allen vier Teilen zusammen,

$$A = A_1 + A_2 + A_3 + A_4 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (3)$$

Aus der Form, die dieser Ausdruck annimmt, wird sich sodann ergeben, was als „spezifische" Schlagarbeit, d. h. als konstante Grösse, die die Eigenschaften des Metalles angibt, anzusehen ist.

I. Erste Stossperiode.

Durch die Kerbe wird der Probestab in zwei verhältnismässig starre Balken und einen bedeutend weniger starren, kurzen Mittelteil zerlegt. Betrachtet man diesen als ein reibungsloses Gelenk, wie in Abbildung 1 angedeutet wird, so besteht die Bewegung in einer Drehung der beiden starren Balken um die Punkte I bezw. II. Dann kann man den Energieverlust durch Stoss genügend genau wie folgt berechnen.

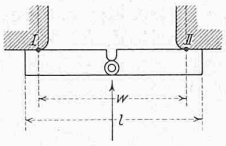

Abbildung 1.

Es seien G_1 das Gewicht des Probestabes, G_2 das Gewicht des Hammers, H die Fallhöhe, u die Geschwindigkeit des Hammers am Ende der ersten Stossperiode, J das Trägheitsmoment der beiden starren Balken, $p = \frac{w}{2}$ der Hebelarm der Stosskraft.

Dann ist der Energieverlust

$$A_1 = G_2 H - \frac{u^2}{2g}\left(G_2 + \frac{Jg}{p^2}\right).$$

Da aber

$$u = \frac{G_2 \sqrt{2gH}}{G_2 + \frac{Jg}{p^2}}$$

gesetzt werden kann, so folgt daraus

$$A_1 = \frac{G_2 H J g}{G_2 p^2 + Jg},$$

und wenn man J durch Gewicht, Länge und Stützweite des Probestabes ausdrückt, schliesslich

$$A_1 = G_1 H \frac{\frac{l^2}{3w^2} - \frac{l}{w} + 1}{1 + \frac{G_1}{G_2}\left(\frac{l^2}{3w^2} - \frac{l}{w} + 1\right)} \quad . \quad . \quad . \quad (4)$$

Aus Gleichung (4) lassen sich folgende Schlüsse ziehen:

1. Der Energieverlust in der ersten Stossperiode ist proportional dem Gewichte des Probekörpers und würde die Gültigkeit des durch die Gleichung (2) ausgedrückten

[1]) Nach einem Vortrage, gehalten im Werkstoffausschuss des Oesterreichischen Normenausschusses für Industrie und Gewerbe (Önig) am 27. November 1922 (Eingang des Manuskripts März 1923. *Red.*)

Aehnlichkeitsgesetzes nur dann beeinträchtigen, wenn H, $\frac{l}{w}$ und $\frac{G_1}{G_2}$ nicht immer den gleichen Wert hätten.

2. Die Einhaltung der Bedingung $\frac{G_1}{G_2}$ ist von geringer Wichtigkeit, weil dieser Quotient stets eine sehr kleine Zahl ist.

3. Die praktisch möglichen Grenzen für den Wert $\frac{l}{w}$ zeigen, dass auch diese Bedingung nicht von erheblicher Bedeutung ist.

4. Die Verwendung einer für alle Vergleichsversuche gleich bleibenden Fallhöhe H ist schon darum zu empfehlen, weil dann am ehesten die Gewähr besteht, dass die nachfolgenden Formänderungen annähernd mit gleicher Geschwindigkeit erfolgen.

5. Im allgemeinen fällt der Energieverlust durch Stoss im Gesamtverbrauch an Schlagarbeit nicht ins Gewicht.

II. Zweite und dritte Stossperiode.

Der Aufstellung eines Ausdruckes für A_2 und A_3 möge eine elastizitätstheoretische Untersuchung voran geschickt werden. Die Arbeit der Formänderung kann im elastischen Bereiche durch den Wert

$$A = \frac{1}{2E}\int_v \left[(\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \sigma_3^2) - \frac{2}{m}(\sigma_1\sigma_2 + \sigma_2\sigma_3 + \sigma_3\sigma_1)\right] dv,$$

angegeben werden, wenn σ_1, σ_2 und σ_3 die drei Hauptspannungen im Raumteil dv sind und die Integration über das ganze Volumen des Körpers ausgedehnt wird. Weil aber alle Formänderungen hauptsächlich in der Umgebung des Bruchquerschnittes auftreten und auch nur dort grosse Spannungen entstehen, so kann man, ohne eine nallzugrossen Fehler zu begehen, die Integration auf dieses Gebiet beschränken und braucht auch nur jene Spannungen zu berücksichtigen, die dort die vorherrschenden sind. Es sind dies die Spannungen σ_x in der Richtung der Stablänge. Dann ist näherungsweise

$$A = \frac{1}{2E}\int_v \sigma_x^2\, dv.$$

Wo die grössten Spannungen auftreten, wird die Streckgrenze zuerst überschritten. Das Integrationsgebiet werde daher so gewählt, wie es dem über Streckgrenze beanspruchten Raume nach den Versuchen von Prof. *F. Schüle* am besten entspricht und doch noch eine einfache analytische Behandlung gestattet (Abbildung 2).

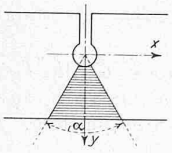

Abb. 2.

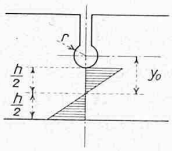

Abb. 3.

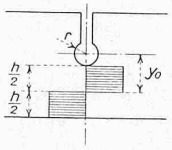

Abb. 4.

Die Grösse des Winkelraumes wird durch α, der Sehne im Abstande 1 vom Scheitel, gemessen. Dann ist

$$dv = \alpha\, y\, b\, dy,$$

wenn b die Breite des Stabes ist. Dies ist zulässig, wenn man unter σ_x *den Mittelwert* der Normalspannungen parallel zu x im Raumteil dv versteht. Zur Berechnung von A ist dann noch notwendig, σ_x als Funktion von y auszudrücken. Hierüber mögen zwei verschiedene Annahmen getroffen werden (Abbildungen 3 und 4). Nach der ersten wird ein lineares Verteilungsgesetz mit einer Nullaxe, die durch den Schwerpunkt der Bruchfläche geht, vorausgesetzt. Bedeutet σ_{max} den grössten Spannungswert, so ist

$$\sigma_x = \sigma_{max}\frac{2(y - y_0)}{h},$$

und man erhält

$$A = \left(\frac{\sigma^2_{max}\,\alpha}{6E}\right) b\, h\, y_0 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (5)$$

Nach der zweiten Annahme (Abbildung 4) wäre σ^2_x eine Konstante. Daher wird

$$A = \left(\frac{\sigma^2_{max}\,\alpha}{2E}\right) b\, h\, y_0 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (6)$$

Gleichung (5) kann als ein Näherungswert für die elastische Formänderungsarbeit A_2 aufgefasst werden, wenn r nicht zu klein ist [1]). Tritt aber am Kerbengrund noch etwas plastische Formänderung hinzu, bevor die Bruchgrenze erreicht wird, so ist die Annahme einer linearen Spannungsverteilung noch besser erfüllt und man kann dann die rechte Seite von Gleichung (5) der Summe $A_2 + A_3$ gleichsetzen.

Nicht mit gleichem Recht darf der *doppelte* Wert von A in Gleichung (6) als Ausdruck für die plastische Formänderungsarbeit A_3 angesehen werden, weil dann das Hooke'sche Gesetz nicht gilt; doch nähert sich die Spannungsverteilung über dem Bruchquerschnitt dem in Abbildung 4 gezeichneten Fall umso mehr, je weiter sich die plastischen Formänderungen gegen den Schwerpunkt der Bruchfläche ausdehnen. Dagegen kann das Aehnlichkeitsgesetz

$$A = \lambda V \qquad (\lambda = \text{konst.})$$

im Plastizitätsbereich für *geometrisch ähnliche* Körper herangezogen werden, wenn wir Trennung der Teile, also Bruch, der erst in der vierten Stossperiode einsetzt, hier ausschliessen. Unter dieser Einschränkung kann es als erwiesen und unbestritten gelten, denn es folgt dann aus der Annahme, *dass die spezifische Formänderung durch die Spannung eindeutig bestimmt ist.* Für Metalle mit grossem Plastizitätsbereich, bei welchen die plastische Deformationsarbeit alle anderen Anteile weit überwiegt, konnte Prof. *F. Schüle* auch zeigen, dass λ einer Konstanten sehr nahe kommt, wenn man unter V den über Streckgrenze beanspruchten Raumteil der Kerbschlagproben versteht. Dies gilt sogar, *und das ist das wichtigste Ergebnis,* wenn die mit einander verglichenen Stäbe von der geometrischen Aehnlichkeit in gewissen Grenzen abweichen. Nach Abbildung 2 ist das über Streckgrenze beanspruchte Volumen

$$V = \alpha\, b\, h\, y_0$$

zu setzen, wobei α eine Konstante ist, wie aus der der betreffenden Mitteilung Prof. *Schüles* entnommenen Abbildung 5 hervorgeht. Dann ist auch in

$$A = (\alpha\lambda)\, b\, h\, y_0 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (7)$$

der Klammerwert eine Materialkonstante. Die Klammerwerte in Gleichung (5) und (6) sind es ebenfalls, wenn σ_{max} die *Bruchgrenze*, d. h. diejenige Spannung bedeutet, die das Material eben noch erträgt, ohne zu reissen, und wenn α auch dort als Konstante angesehen werden darf.

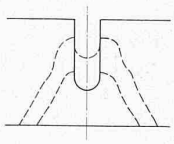
Abb. 5.

Fasst man diese Ergebnisse zusammen, so sieht man, dass sowohl für spröde wie für sehr plastische Metalle

$$A_2 + A_3 = \delta\, b\, h\, y_0 \quad . \quad . \quad (8)$$

gesetzt werden kann, wobei δ von der Beschaffenheit des Materiales abhängt, von der Form des Probestabes jedoch innerhalb bestimmter Grenzen unabhängig sein muss.

Somit führt die theoretische Untersuchung der zweiten und dritten Stossperiode nicht nur zu keiner Widerlegung des Aehnlichkeitsgesetzes, sondern sogar zu einer *Erweiterung* desselben, denn Gleichung (8) müsste auch anwendbar sein, wenn geometrische Aehnlichkeit nicht genau vorliegt. Diese Folgerung aus der Theorie wird durch das Experiment in der Tat auf folgende Weise teilweise bestätigt: Wie Gleichung (2) für sehr dehnbare Metalle besser anwendbar ist als Gleichung (1), so bekommt man auch nach Gleichung (8) für verschiedene Kerbformen besser übereinstimmende Werte für δ als nach Gleichung (1) für ε, wenn man stark plastische Metalle untersucht. Dies ändert jedoch nichts an der Tatsache, dass bei spröden Metallen genau das Gegenteil zutrifft. Man wird daher annehmen müssen, dass die Schlagarbeit aus *zwei verschiedenen Anteilen besteht,* von denen bald der eine, bald der andere überwiegenden Einfluss besitzt.

[1]) Siehe *A. Leon* «Kerbgrösse und Kerbwirkung», 10. Mitteilung aus dem mech.-techn. Laboratorium der k. k. Techn. Hochschule in Wien. 1910.

III. Vierte Stossperiode.

Die Ergebnisse des Experimentes sind unwiderlegbar. Und das Experiment zeigt, dass das Aehnlichkeitsgesetz bei Kerbschlagproben fast nie genau erfüllt wird, und zwar umso weniger, je spröder das Metall ist. Man hat das auf verschiedene Weise zu erklären gesucht. Nach der einen Meinung rührt es von Materialfehlern her, und die Wahrscheinlichkeit, dass ein Materialfehler gerade im Bruchquerschnitt vorhanden ist, wäre für grosse und kleine Probekörper nicht dieselbe. Dann müsste es gelingen, die Giltigkeit des Aehnlichkeitsgesetzes durch Vermehrung der Anzahl der Proben dennoch nachzuweisen. Nach der anderen Meinung trägt der Umstand Schuld, dass die Korngrösse mit der Verkleinerung des Probestabes nicht gleichen Schritt hält. Dann müsste man durch entsprechende Vergrösserung des Kornes der grossen Normalstäbe das Verhältnis zu den kleinen Stäben berichtigen können. Es wäre aber von einer Vergrösserung des Kornes der grossen Stäbe nur eine Verschlechterung zu erwarten, denn die grossen Stäbe bleiben ja schon bei gleichem Korn hinter den kleinern zurück, wenn man auf die Volumeneinheit bezieht.

Es ist daher mindestens ebenso berechtigt, wenn man von der Annahme ausgeht, dass auf die dritte Stossperiode noch eine *vierte* folgt, in der wesentlich andere Naturgesetze zur Geltung kommen. Die einfachste Annahme, die man machen kann, und die auch im Sinne aller Beobachtungen an Kerbschlagproben liegen würde, wäre, in die vierte Stossperiode *einen mit dem Flächeninhalte (b h) des Bruchquerschnittes proportionalen Arbeitsaufwand A_4 zu verlegen.*

$$A_4 = 2\,w\,b\,h \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (9)$$

Hier würde $2\,w$ eine neue Materialkonstante bedeuten. Man kann sich unter A_4 zum Beispiel die Oberflächen-Energie der in der vierten Periode entstehenden neuen freien Oberfläche $2\,b\,h$ vorstellen. Dann würde w die „spezifische Oberflächenspannung" der festen Körper vorstellen.

Eine andere, den wirklichen Verhältnissen besser Rechnung tragende Deutung der vierten Stossperiode wird in Abbildung 6 gezeigt. Die Trennung der Teilchen erfolgt an jeder Stelle des Bruchquerschnittes auf gleiche Weise, nämlich durch eine *Zugbeanspruchung*. Die in der zweiten und dritten Stossperiode gedrückten Stellen müssen zuerst entlastet werden, wobei sie potentielle Energie für die Vergrösserung des bereits entstandenen Spaltes zur Verfügung stellen. Diese *elastische* Energie tritt dem Betrage nach hinter der plastischen, nicht rückgewinnbaren Staucharbeit zurück. Auf die Entlastung folgt dann aber zuerst eine *elastische*, hierauf eine *bleibende* Dehnung in der unteren Hälfte des Bruchquerschnittes, an der sich jedoch *nur die dem Bruchquerschnitte zunächst liegenden Kristalle beteiligen*. In Abbildung 6 wurde das Gebiet, in dem die plastischen Formänderungen der dritten Periode nahezu unverändert erhalten bleiben, durch Schraffierung angedeutet. Das nicht schraffierte Gebiet, welches das erste in zwei Teile teilt, stellt den Raum vor, in dem sich die wichtigsten Vorgänge der sehr verwickelten vierten Stossperiode konzentrieren.

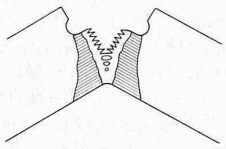

Abb. 6.

Man kann noch hinzufügen, dass der Bruch nicht gleichmässig über den ganzen Querschnitt fortschreitet, sodass einzelne Kristalle länger als ihre nächsten Nachbarn den Zusammenhang bewahren und wie Einkristalldrähte [1]) gedehnt werden. In Abbildung 6 ist dies ebenfalls angedeutet worden, indem einzelne Löcher dem fertigen Riss voraneilen.

IV. Der gesamte Arbeitsverbrauch.

Von Ausnahmefällen, die sich auf besonders spröde Stoffe beschränken, abgesehen, wird man den Stossverlust in der ersten Periode vernachlässigen können. Unter dieser Voraussetzung [1]) ist die verbrauchte Schlagarbeit

$$A = A_2 + A_3 + A_4 = \delta\,b\,h\,y + 2\,w\,b\,h. \quad . \quad (10)$$

(Da Verwechslungen nicht zu befürchten sind, soll von hier aus, der Einfachheit halber, statt y_0 nur y geschrieben werden).

Wendet man Gl. (10) auf geometrisch ähnliche Körper an, so spricht sie aus, dass die Schlagarbeit sich aus zwei Teilen susammensetzt, deren erster proportional mit dem *Volumen* und deren zweiter proportional mit dem *Bruchquerschnitt* ist. Eine dahingehende Vermutung wurde von *Charpy* schon 1912 ausgesprochen.

Je nachdem δ oder $2\,w$ überwiegt, erhält man beim Vergleich grosser oder kleiner Normalstäbe bessere Ergebnisse, wenn man das Aehnlichkeitsgesetz zu Grunde legt oder wenn man die Arbeit durch den Querschnitt der Bruchfläche dividiert.

Aus der Vorstellung über die Entstehung der Arbeit A_4, die an Abbildung 6 angeknüpft wurde, folgt, dass zähe Metalle einen höheren Wert für $2\,w$ aufweisen müssen als spröde, da $2\,w$ mit der Dehnbarkeit der einzelnen Kristalle zunimmt. Gleichzeitig wird aber auch die Formänderungs-Fähigkeit des Stabes als Ganzes für zähe Metalle grösser sein, als für spröde, sodass auch δ umso grösser ausfallen muss, je zäher das Metall. Diese Folgerung fand der Verfasser an zahlreichen Versuchen mit verschiedenen Metallen bestätigt.

Bringt man die Gleichung (10) durch Division mit $b\,h$ auf die Form

$$\frac{A}{b\,h} = \varepsilon = \delta\,y + 2\,w, \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (11)$$

so spricht sie folgendes Gesetz aus: Die *Kerbzähigkeit ε eines Metalles ist eine lineare Funktion der Exzentrizität y mit den beiden Parametern δ und $2\,w$.*

Die Aufgabe der Materialprüfung würde dann darin bestehen, diese zwei Parameter für jedes Metall zu bestimmen. Es kann nicht seltsam erscheinen, dass die Theorie der Kerbschlagprobe somit auf zwei Materialkonstante führt, die getrennt zu ermitteln sind, denn sie vereinigt schon in ihrem Namen zwei wesentlich verschiedene Gesichtspunkte: die *Kerbwirkung* und die *Schlagwirkung*. Viele Misserfolge in der Erforschung der Kerbschlagprobe könnten eine Erklärung finden, wenn sich zum Beispiel herausstellen würde, dass nur die eine von den beiden Materialkonstanten, etwa δ, von der Schlaggeschwindigkeit abhängig ist, und es liegen in der Tat Anzeichen vor, dass es sich so verhalte.

V. Fehlerquellen.

Schon wiederholt wurde darauf hingewiesen, dass bei Kerbschlagproben viele Umstände die Erzielung verlässlicher Mittelwerte erschweren. Insofern sie dem Zufall unterliegen, können sie nur durch eine hinreichende Zahl von Einzelproben ausgeschaltet werden. Auf diesem Wege ist der Einfluss solcher störenden Umstände aber auch mit Sicherheit behebbar, und es kommt nur darauf an, die Anzahl der Proben zu erraten, die dazu nötig sind.

Wichtiger sind jene Fehlerquellen, die gesetzmässig auftreten. Hierzu gehört zum Beispiel die von *Moser* [2]) gemachte Beobachtung, dass die Schlagarbeit bei manchen Stählen nur bis $b = 1{,}5\,h$, also für Bruchquerschnitte, deren Breite nicht grösser ist als die anderthalbfache Höhe, proportional mit der Breite zunimmt.

Es ist ferner von vorneherein klar, dass die Gleichungen (10) und (11) nur eine begrenzte Gültigkeit besitzen können. *Sehr flache* Kerben oder Kerben mit einem *sehr kleinen* Kerbradius, desgleichen Kerben mit ungenauer Ausführung, zum Beispiel schief gebohrte Kerben, müssen jedenfalls vermieden werden. Anderseits wäre aber die Verwendung *möglichst scharfer* und *möglichst flacher* Kerben, d. h. solcher mit sehr kleinem und sehr grossem Kerbradius wünschenswert, wie die folgende Betrachtung lehrt.

[1]) *H. Mark, M. Polanyi* und *E. Schmid:* Vorgänge bei der Dehnung von Zinkkristallen, „Zeitschrift für Physik", Bd. 12, Heft 1 u. 2, Berlin 1922.

[1]) Uebrigens kann A_1 stets leicht berücksichtigt werden, indem man in Gl. (10) $A - A_1$ statt A schreibt.

[2]) „Stahl und Eisen", 1922, Seite 90.

Es seien zwei Probestäbe mit den Abmessungen $b_1, h_1, y_1 = \frac{h_1}{2} + r_1$ und $b_2, h_2, y_2 = \frac{h_2}{2} + r_2$ am Pendelhammer geprüft worden und hätten die Schlagarbeiten A_1 und A_2 ergeben. Dann ist

$$\frac{A_1}{b_1 h_1} = \varepsilon_1 \text{ und } \frac{A_2}{b_2 h_2} = \varepsilon_2$$

die Kerbzähigkeit der beiden Stäbe. Sind sie aus gleichem Material, so ist

$$\varepsilon_1 = \delta y_1 + 2w \text{ und } \varepsilon_2 = \delta y_2 + 2w,$$

woraus man die Materialkonstanten bestimmen kann.

$$\left.\begin{aligned} \delta &= \frac{\varepsilon_1 - \varepsilon_2}{y_1 - y_2}, \\ 2w = \varepsilon_1 - \delta y_1 &= \frac{\varepsilon_2 y_1 - \varepsilon_1 y_2}{y_1 - y_2}. \end{aligned}\right\} \quad . \quad . \quad (12)$$

Es sind also mindestens zwei verschiedene Probestäbe erforderlich, um δ und $2w$ zu berechnen. Hinreichend genaue Werte kann man aber nur dann erhalten, wenn y_1 und y_2 voneinander genügend stark verschieden sind. Nach Versuchen des Verfassers soll $y_1 : y_2$ sicher nicht unter 2 : 1 fallen. Je grösser der Unterschied, desto verlässlicher das Ergebnis.

In der Wahl von h ist man an gewisse Grenzen gebunden, nach oben durch die Konstruktion des Pendelhammers, nach unten durch die Einhaltung der Forderung, dass $b \leq 1,5h$ sein soll. Würde man h zu klein wählen, dieser Forderung aber genügen wollen, so würde man zu so kleinen Querschnitten gelangen, dass die Pendelhämmer keine genaue Ablesung mehr gestatten würden. Daher ist man darauf angewiesen, die notwendige Verschiedenheit von γ_1 und γ_2 durch möglichst verschieden gross gewählte Kerbradien hervorzubringen.

Eine andere, bisher wenig beachtete Fehlerquelle ist die Reibung der Stäbe an den Backen des Pendelhammer-Gestelles. Um zu erfahren, wie gross dieser Verlust durch Reibungsarbeit sein kann, liess Verfasser aus einem naturharten Federblatt 20 gleiche Probestäbe anfertigen. Durch Abfeilen des der gewalzten Kerbe (Nut) gegenüberliegenden halbkreisförmigen Grates konnten auf einfachste Weise sehr gleichmässige Proben erhalten werden (Abb. 7, oben links: Ansicht der Proben, rechts daneben ist der Querschnitt der Bruchfläche dargestellt. Unten links die Ansicht der Proben nach dem Bruch). Die Proben wurden so, wie sie aus dem Federblatt entnommen wurden, fortlaufend numeriert. Alle Proben mit ungerader Nummer erfuhren noch eine weitere Bearbeitung durch *Polieren* an den Auflagerflächen. Zur Verminderung der Reibung beim Kerbschlagversuch erfolgte ausserdem eine gute *Schmierung* der in Berührung stehenden Flächen, die sich sowohl auf die Proben wie auch auf die Backen des Pendelhammers erstreckte. Die andere Hälfte der Stäbe wurde ohne Polierung und ohne Schmierung dem Kerbschlagversuche zugeführt.

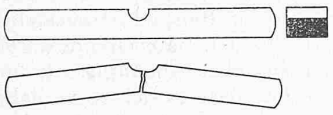

Abbildung 7.

Der Verbrauch der geschmierten und polierten Proben an Schlagarbeit erwies sich um 7% geringer, als der der ungeschmierten.

Man wird dieses Ergebnis umso auffälliger finden, wenn man beachtet, dass die Biegung der Proben vor Eintritt des Bruches nur etwa $12^1/_2{}^0$ betrug, wie aus Abbildung 7 ersichtlich ist. Bei weniger spröden Metallen kommen bedeutend grössere Biegewinkel zustande, bevor der Bruch eintritt. Dann ist auch die Reibung an den Backen grösser. Es gibt kaum ein Mittel, sie genau zu bestimmen, weshalb sie eines der *grössten Hindernisse* ist, das der rein experimentellen Erforschung der Kerbschlagprobe begegnet. Umso grösseres Gewicht ist auf die theoretische Erforschung zu legen. Es wird darum die Aufgabe einer wohlüberlegten Normierung sein, diese Unsicherheit aus der Welt zu schaffen, die den Ergebnissen der Kerbschlagprobe heute noch anhaftet. (Schluss folgt.)

Holland und die Baukunst unserer Zeit.[1])

(Schluss von Seite 243)

IV. Stadtbau.

Wie weit hinter uns liegen die Zeiten, da man in der gemütlichen Diligence sitzend zum Stadttor hineinfuhr und sich kurz darauf auf einem behaglichen Marktplatz absetzen liess! Damals standen die Städte in der Landschaft als dicht zusammengedrängte Häusergruppen. Eine Stadtmauer mit Festungstürmen und Wassergräben schnürte das Ganze recht eigentlich zusammen und verstärkte das Bild der Geschlossenheit — damals war jedes Städtchen eine kleine Welt für sich, abgeschlossen von dem, was ausserhalb seiner Mauern lag.

Später musste diese Schlichtheit den grössern Ansprüchen der Regierungsgewalt, des Absolutismus das Feld räumen. Mochten erst nur die Rathäuser eine ihrer Bedeutung entsprechende Stellung fordern, so entstanden bald grössere Stadtanlagen von stark monumentalem Ausdruck, Machtwillen und Reichtum der Erbauer repräsentativ verkündend.

Die Pläne für Städte und Prachtgärten trugen den Stempel einer grossen Selbsteingenommenheit, die nicht nur die Obrigkeit, sondern ebenso sehr die ganze Bevölkerung mit Einschluss der schaffenden Künstler erfüllte. So entstand Versailles, so entstand noch in den letzten Jahren der Bebauungsplan von Chicago. Palastähnliche Regierungsgebäude bilden die Hauptmotive, die Höhepunkte der Komposition; von ihnen ist der Städtebau ausgegangen, von hier aus hat er seine Strassen gelegt, sie waren für ihn der Anfang und das Ende. — Aber dieser Geist ist für uns unwahr geworden. Wir haben andere Werte kennen gelernt; der Absolutismus hat abgedankt, ein breiteres Allgemeingefühl leitet uns, noch tastend vielleicht in vielerlei Versuchen, aber dennoch als schöpfende, organisierende Kraft der Zukunft.

Die mittelalterliche Stadt entstand als ein natürliches, im einzelnen oft willkürliches Zusammenscharen von Wohnhäusern. Geometrisch strenge Planmässigkeit finden wir nur ausnahmsweise. Die Individualität des Einzelnen bestimmte das Bild, das Allgemeine suchte man kaum bewusst auszudrücken. So wurde die Stadt eine Vielheit von Wohnstätten, der Verkehr wand sich hindurch, wo ihm ein wenig Raum blieb. Bildete auf diese Weise im Mittelalter die sachlichen Bedürfnisse des Wohnens den lebendigsten Faktor für die Formung der holländischen Stadt, so erkennen wir im Barock ein starkes Bedürfnis nach Repräsentation, ein Unterstreichen des Besondern, eine Konzentration der Aufmerksamkeit auf die herrschenden Gewalten. Man lernte die Strassen als Räume auffassen und opferte ihnen den Ausdruck von Wohnstätten.[2]) Die Strassenräume wurden das neue Material für die architektonischen Schöpfungen des Städtebauers. Als Begrenzung dieser Räume, der Strassen und Plätze, entstanden die Fassaden — und hinter den Fassaden wurden die Häuser gebaut. So erscheinen uns diese Städte nicht aus dem Leben entstanden, aus der Betriebsamkeit des menschlichen Alltags erwachsen; man hatte sie in einen Galarock, manchmal auch nur in Bedienten-Livree gesteckt.

Im Laufe des letzten Jahrhunderts erfuhren die ökonomischen und sozialen Verhältnisse eine derartige Umgestaltung, dass neue Probleme auch im Städtebau ihre

[1]) Es ist in Nr. 19 übersehen worden, dass die Erläuterungen zu den beiden Abbildungen 24 und 26, Wohnungsbau «Dageraad», verwechselt sind; das der Strasse folgende Bewegungsmotiv liegt in der Anordnung der Balkone in Abb. 24. Sodann bitten wir bei der Unterschrift zu Abb. 25 zu korrigieren: verkehrs*freien* (statt verkehrsreichen) Innenplatz. — Die Abbildungen 33 und 34 in Nr. 19 sind der holländischen Architekturzeitschrift «Wendingen», die Zeichnungen des Amsterdamer Bootshauses (Abb. 35 bis 38) dem «Bouwkundig Weekblad» entnommen bezw. nachgezeichnet. *Red.*

[2]) Vgl. die Bilder aus „Eine deutsche Stadt" von Dr. Karl Gruber, zum Gedächtnis an Fr. Ostendorf (mit Text von H. Bernoulli) in Bd. 65, S. 192, (24. April 1915). *Red.*