

**Zeitschrift:** Schweizerische Bauzeitung  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 81/82 (1923)  
**Heft:** 20

## Inhaltsverzeichnis

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **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. [Voir Informations légales.](#)

### **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. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 29.01.2025

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

INHALT: Die Bruchgefahr bei mechanischer und bei elektrischer Beanspruchung fester Körper. — Die Entwicklung der neuen Rheinschiffahrt nach Basel. — Von der Generalversammlung der G. E. P. in Zürich. — Nekrologie: Hans Conrad Schellenberg, Fritz Jenny-Dürst. — Miscellanea: Das Tyssekraftwerk in Norwegen.

Eidgenössische Technische Hochschule. Bahnhof Enge. World Power Conference 1924. Schweizer Linoleum. Neubau des Bezirkspitals Aarberg. Der Ausbau der Schöllenenbahn. — Konkurrenzen: Ersparniskasse in Langenthal. — Literatur. — Vereinsnachrichten: Sektion Bern des S. I. A. S. T. S.

Band 82.

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

Nr. 20.

### Die Bruchgefahr bei mechanischer und bei elektrischer Beanspruchung fester Körper.

Von Professor Dr. W. Kummer, Ingenieur, Zürich.

Die mechanische Festigkeitslehre ist einstweilen noch nicht befähigt, allgemein gültig die Bedingungen, unter denen ein fester Körper bricht oder ein Bauwerk unsicher wird, klar und einwandfrei anzugeben. Da aber die bauende Technik ein unabweisbares Bedürfnis nach glaubwürdigen Sicherheitszahlen bekundet, so ist seitens der Vertreter der Festigkeitslehre das Mass für die Bruchgefahr wiederholt festzusetzen versucht worden. Dabei ist entweder die grösste Hauptzugspannung, oder es ist die grösste Differenz von zwei Hauptspannungen im gleichen Punkte, oder es ist die grösste Dehnung zu Grunde gelegt worden. Je nach der Art des Materials oder der Beanspruchung scheint bald die eine, bald die andere Grundlage besser zu befriedigen, insofern als es sich um die praktische Bewährung handelt. In grundsätzlicher Hinsicht ist jedoch dieser Standpunkts-Wechsel höchst unbefriedigend; es erscheint deshalb naheliegend, auf dem verwandten Gebiete der elektrischen Festigkeitslehre nach der daselbst benutzten Grundlage der Sicherheits-Bewertung Umschau zu halten. Die Umschau auf dem elektrischen Gebiete liegt deshalb besonders nahe, weil die Verteilung der in einem festen Körper elektrisch aufrecht zu haltenden Spannung, ebenso wie die Verteilung der in einem festen Körper mechanisch aufrecht zu haltenden Spannung, sich vollständig aus dem Prinzip der Erhaltung der Energie und aus dem Prinzip der Nahewirkung beschreiben lassen.

#### 1. Die Bruchgefahr elektrischer Beanspruchung im einaxigen Spannungszustand.

Der einaxige Spannungszustand, der sowohl für die mechanischen, als auch für die elektrischen Beanspruchungen die einfachsten Verhältnisse kennzeichnet und dabei auch die geeignetste Grundlage der Materialprüfung darstellt, wird auf elektrischem Gebiete durch den Plattenkondensator verwirklicht. Der elektrische Durchschlag des zwischen den metallischen, ebenen Elektroden dieses Kondensators liegenden festen Isolierstoffs ist der typische Vorgang der Ueberwindung der sog. elektrischen Festigkeit und erscheint als Folge einer unzulässigen Wärmewirkung bei entsprechender Vermehrung der Potentialdifferenz von Elektrode zu Elektrode. Bei genügend tief liegendem Betrage dieser Potentialdifferenz, bzw. der an die Elektroden angelegten Spannung  $V_z$  ist die Spannungsverteilung durch den Isolierstoff eine rein elektrostatische und gilt für das Spannungsgefälle  $F_z$  in der Richtung  $x$  und im Abstand  $a$  von Elektrode zu Elektrode, d. h. in der Axe der Spannungsbeanspruchung, nach dem elektrostatischen Fluxgesetz die Beziehung:

$$F_z = \frac{aV_z}{dx} = \frac{Q}{\frac{\epsilon}{4\pi} f} = \frac{V_z}{a}$$

wobei  $Q$  die, die Elektroden von der Oberfläche  $f$  ladende Elektrizitätsmenge und  $\epsilon$  die sog. Dielektrizitätskonstante bedeuten. Da eine solche elektrostatische Spannungshaltung im normalen Betrieb des Isolators bestehen soll, so sind hier das bezügliche Spannungsgefälle und die bezügliche Spannung mit dem Index  $z$  (von „zulässig“) bezeichnet worden. Unmittelbar vor und beim Durchschlag oder „Bruch“ wird die angelegte Spannung  $V_b$  nicht mehr elektrostatisch, sondern nur noch nach Massgabe des Leitungsstroms  $J$  gehalten und gilt die Beziehung:

$$F_b = \frac{dV_b}{dx} = \frac{J}{g_b f} = \frac{V_b}{a}$$

wobei nun mit  $g_b$  die galvanische Leitfähigkeit des Isolators eingeführt ist. Bei der Betriebsspannung  $V_z$  hatte diese Leitfähigkeit den äusserst kleinen Wert  $g_z$ , der mit  $\epsilon$  und mit der sog. Relaxationszeit  $T$  durch die Beziehung:

$$\frac{\epsilon}{4\pi} = g_z T$$

verknüpft ist. Mit wachsender Spannung geht  $g_z$  in  $g_b$  über und  $V_z$  in  $V_b$ , wie Abbildung 1 zeigt, wobei der Endwert  $g_b$  beim Bruchpunkte  $B$  liegt, während  $g_z$  über verschiedene Anfangsspannungen hinweg konstant bleibt.<sup>1)</sup>

Die als Mass für die Bruchgefahr dienende Sicherheitszahl  $S_e$  ist nun festgelegt durch die Beziehung:

$$S_e = \frac{F_b}{F_z} = \frac{V_b}{V_z} = \frac{JT}{Q} \frac{g_z}{g_b}$$

Es möge noch ausdrücklich betont werden, dass die Spannung  $V$  als Gleichstromspannung verstanden ist, und dass sowohl die Elektroden als auch das zwischen ihnen liegende Isoliermaterial von Punkt zu Punkt keine Temperaturunterschiede aufweisen sollen.

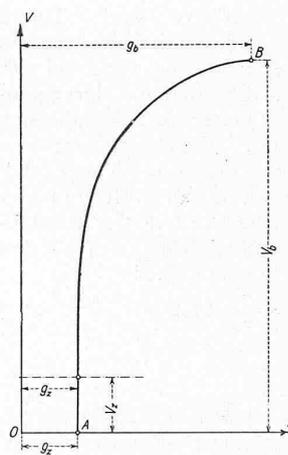


Abbildung 1.

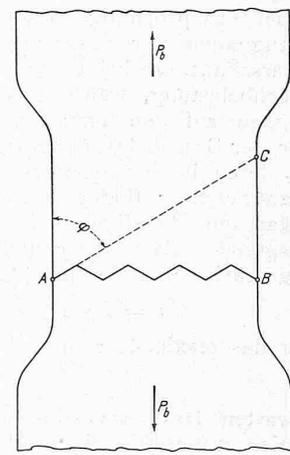


Abbildung 2.

#### 2. Die Bruchgefahr mechanischer Beanspruchung im einaxigen Spannungszustand.

Der wichtigste, einer einaxigen mechanischen Materialprüfung zu Grunde gelegte Spannungszustand ist zweifellos derjenige des ZerreiBversuchs an einem prismatischen oder zylindrischen Stabe vom ursprünglichen Querschnitt  $f_0$ . Im Bereiche der zulässigen Beanspruchung gilt für die beanspruchende Kraft  $P_z$  die Beziehung:

$$P_z = f_0 \sigma_z$$

wobei mit  $\sigma_z$  die zulässige Spannung eingeführt ist. Bei Steigerung der Kraft auf den Bruchbetrag  $P_b$  setzt man:

$$P_b = f_0 \sigma_b$$

und definiert üblicherweise als Sicherheitszahl:

$$S_m = \frac{P_b}{P_z} = \frac{\sigma_b}{\sigma_z}$$

Nun bleibt aber  $f_0$  an der Bruchstelle nicht konstant, sondern reduziert sich beim Bruch auf  $f_b$ , entsprechend der Einschnürung, die die Abbildung 2 für die Bruchstelle  $AB$  und für ihre Nachbarschaft erkennen lässt<sup>2)</sup>;

<sup>1)</sup> Das physikalische Verhalten fester Isolierstoffe bei elektrischer Beanspruchung über der Durchschlags-Spannung hat kürzlich K. W. Wagner mittels geeigneten Messvorrichtungen untersucht, wobei auch weitere, den Durchschlags-Vorgang abklärende Tatsachen festgestellt werden konnten, wie im Sitzungsbericht der Berliner Akademie vom 16. November 1922, Seite 438, nachzulesen ist.

<sup>2)</sup> Auch im Falle einer rein lokalen Einschnürung, wobei dann der Punkt  $C$  nicht am Rande, sondern im Innern der Deformationsstelle auf der Geraden  $BC \perp AB$  liegt, bleiben die aus Abb. 2 hervorgehenden Beziehungen richtig.