Statistische Auswertung der Messergebnisse von Durchschlag-Untersuchungen

Autor(en): **Rasquin, W.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins : gemeinsames Publikationsorgan des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins (SEV) und des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätswerke (VSE)**

Band (Jahr): **63 (1972)**

Heft 5

PDF erstellt am: **29.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-915672

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

Statistische Auswertung der Messergebnisse von Durchschlag-Untersuchungen

Von *W. Rasquin*, Köln

621.317.333.8:519.24

Messergebnisse unterschiedlicher Kurzzeit-Beanspruchungen werden daraufhin untersucht, ob sie sich statistisch auswerten lassen. Dabei zeigt sich, dass bei Stoßspannungs-Beanspruchungen die üblicherweise benutzten Auswertverfahren nicht in allen Fällen anwendbar sind. Es wird ein Vorschlag gemacht, wie auch in diesen Fällen eine statistische Auswertung vorgenommen werden kann.

On étudie les résultats des mesures de brèves charges différenciées du point de vue de leur possibilité d'évaluation statistique. On constate alors, que les procédés d'évaluation généralement appliqués ne peuvent pas être utilisés dans tous les cas de tensions de choc. Une proposition est présentée en vue de pouvoir, dans ce cas également, procéder à l'évaluation statistique.

1. Einleitung

Die Höhe der Durchschlagspannungen von Isolierstoffen wird durch viele Grössen, so auch durch die Form der beanspruchenden Spannung, beeinflusst. Aus diesem Grunde werden Proben der Isolierstoffe mit unterschiedlichen Spannungsarten geprüft. Bei jeder einzelnen Beanspruchungsart weichen die an den Proben ermittelten Durchschlagspannungen mehr oder weniger stark voneinander ab, da die Probeneigenschaften zufälligen Schwankungen unterworfen sind. Die bei derartigen Untersuchungen erhaltenen Messergebnisse können in Tabellen oder Diagrammen wiedergegeben werden. Um die Messergebnisse jedoch leichter überschaubar zu machen, werden meist nur zwei Kenngrössen aufgeführt, die aus den Messergebnissen abgeleitet werden. Die erste Kenngrösse ist der Mittelwert aller gemessenen Durchschlagspannungen, während die zweite Kenngrösse ein Mass für die festgestellten Abweichungen der gemessenen Durchschlagspannungen von diesem Mittelwert darstellt. Zur Bestimmung der genannten Kenngrössen werden Auswertverfahren der Statistik herangezogen.

Nachdem in [1][1]) und [2] bereits darauf hingewiesen worden ist, dass bei Stoßspannungs-Beanspruchungen nicht in allen Fällen die üblicherweise benutzten statistischen Auswertverfahren anwendbar sind, soll im folgenden untersucht werden, bei welchen Beanspruchungsarten die bislang eingesetzten Auswertverfahren nicht verwendet werden können. Weiterhin soll nach einem Weg gesucht werden, wie auch in diesen Fällen eine statistische Auswertung möglich wird.

2. Auswertverfahren

Wie bereits erwähnt, ist eine der wichtigsten Aufgaben der Statistik die Bestimmung des Mittelwertes aus den Messergebnissen einer Versuchsreihe sowie die Ermittlung einer Grösse, die ein Mass für die Streuung der Messergebnisse darstellt. In den meisten Fällen wird als Mittelwert der arithmetische Mittelwert angegeben. Um das Berechnungsverfahren für die beiden Kenngrössen zu erläutern, werden als Beispiel die Momentanwerte der Durchschlagspannungen herangezogen. Aus den gemessenen Momentanwerten der Durchschlagspannungen u_{Di} wird der arithmetische Mittelwert $\bar{u}_D$ wie folgt berechnet:

$$\bar{u}_D = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} u_{Di} \qquad (1)$$

[1]) Siehe Literatur am Schluss des Aufsatzes.

Ein Mass für die Streuung der Messergebnisse ist die Standardabweichung

$$s_{u_D} = \left| \sqrt[2]{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^{n} (u_{Di} - \bar{u}_D)^2} \right| \qquad (2)$$

In den Gl. (1) und (2) bedeuten:

$\bar{u}_D$ arithmetischer Mittelwert der Momentanwerte der Durchschlagspannungen;

n Anzahl der Versuchsergebnisse;

u_{Di} gemessene Momentanwerte der Durchschlagspannungen

s_{u_D} Standardabweichung der gemessenen Momentanwerte der Durchschlagspannungen.

Der nach Gl. (1) bestimmte Mittelwert kann von dem wahren Mittelwert, der bei unendlich vielen Messungen gefunden würde, noch mehr oder weniger weit abweichen. Es ist aber möglich, je eine Grenze oberhalb und unterhalb des ermittelten Mittelwertes anzugeben, zwischen denen der wahre Mittelwert mit einer zuvor zu wählenden Aussagewahrscheinlichkeit P zu erwarten ist. Sind die Messergebnisse normal verteilt [3], dann lassen sich diese Grenzen, die Vertrauensgrenzen, wie folgt bestimmen:

Obere Vertrauensgrenze: $$\bar{u}_{D0} = \bar{u}_D + \frac{d}{\sqrt{n}} s_{u_D} \qquad (3)$$

Untere Vertrauensgrenze: $$\bar{u}_{Du} = \bar{u}_D - \frac{d}{\sqrt{n}} s_{u_D} \qquad (4)$$

In den Gl. (3) und (4) ist d ein Faktor, der sowohl von der gewählten Aussagewahrscheinlichkeit P als auch von der Anzahl n der Messergebnisse abhängt. (Siehe dazu die aus [4] entnommene Tabelle I.)

Tabelle I

n	d	
	$P = 95\,\%$	$P = 99\,\%$
4	3,18	5,84
6	2,57	4.03
8	2,37	3,50
10	2,26	3,25
20	2,09	2,86
30	2,05	2,76
50	2,01	2,68
100	1,98	2,63
200	1,97	2,60
∞	1,96	2,58

Um die oben angegebenen Berechnungen durchführen zu können, muss also zunächst überprüft werden, ob die Messergebnisse durch eine Normalverteilung beschrieben werden. Dies geschieht am leichtesten durch einen zeichnerischen Test. Dazu wird zuerst festgestellt, mit welcher Häufigkeit H ein Ereignis in bestimmte vorzugebende Merkmal- oder Zufallsbereiche [3] fällt. Bei Messungen von Durchschlagspannungen bedeutet dies: Es muss ermittelt werden, mit welcher Häufigkeit H_D das Ereignis des elektrischen Durchschlages in bestimmte Spannungsbereiche fällt. Wird die Durchschlaghäufigkeit H_D auf die Anzahl n der Versuchsergebnisse bezogen, dann ergibt sich die relative Durchschlaghäufigkeit $h_D = H_D/n$. Werden diese relativen Durchschlaghäufigkeiten h_D über den Merkmalbereichen aufgetragen und durch eine Kennlinie miteinander verbunden, so folgt daraus ein Bild der Häufigkeitsverteilung. Als Beispiel einer solchen Häufigkeitsverteilung kann die Kennlinie in Fig. 1b angesehen werden, auf die erst später eingegangen wird.

Durch schrittweises Aufsummieren aller relativen Häufigkeiten h vom ersten Merkmalbereich an ergeben sich relative Summenhäufigkeiten Σh. Werden diese über den Merkmalbereichen aufgetragen und durch eine Kennlinie miteinander verbunden, dann folgt daraus ein Bild der Verteilungsfunktion. Eine Verteilungsfunktion gibt also an, welcher Anteil aller Versuche einer Versuchsreihe bis zu einem bestimmten Merkmalbereich zu dem gewünschten Ereignis geführt hat. Bezüglich der Messung von Durchschlagspannungen bedeutet dies beispielsweise: Die Verteilungsfunktion gibt an, welcher Anteil Σh_D aller Versuche einer Versuchsreihe bis zu einer bestimmten Spannung u_D zum Durchschlag geführt hat. Als Beispiel einer solchen Verteilungsfunktion kann die Kennlinie in Fig. 1c angesehen werden, auf die ebenfalls erst später eingegangen wird.

Wird diese Verteilungsfunktion in ein Diagramm eingetragen, dessen Ordinate so geteilt ist, dass eine Normalverteilung als Gerade abgebildet wird (oft wird dieses Diagramm Wahrscheinlichkeitspapier genannt), dann lässt sich leicht überprüfen, ob die ermittelte Verteilungsfunktion durch eine Normalverteilung beschrieben wird. Für diesen Fall muss die Verteilungsfunktion in dem Diagramm eine Gerade ergeben.

Aus dieser Geraden lassen sich auch unmittelbar der Mittelwert $\bar{u}_D$ und die Standardabweichung s_{u_D} ermitteln, da folgende Zusammenhänge bei einer Normalverteilung bestehen:

$$\sum h_D = 16\,\% \rightarrow \bar{u}_D - s_{u_D} \tag{5}$$

$$\sum h_D = 50\,\% \rightarrow \bar{u}_D \tag{6}$$

$$\sum h_D = 84\,\% \rightarrow \bar{u}_D + s_{u_D} \tag{7}$$

Die Vertrauensgrenzen für den Mittelwert $\bar{u}_D$ können mit den Gl. (3) und (4) berechnet und ebenfalls in das Diagramm übernommen werden. Der Bereich zwischen den Vertrauensgrenzen ist der Vertrauensbereich. Er stellt in dem Diagramm eine Strecke dar, die parallel zur Merkmalachse durch den Punkt $\Sigma h_D = 50\,\%$ der Verteilungsfunktion läuft (siehe dazu Fig. 1c).

Aufgabe der nachfolgenden Betrachtungen ist es, herauszustellen, dass diese bislang fast ausschliesslich angewendete zeichnerische Bestimmung des Mittelwertes und der Standardabweichung von Durchschlagspannungen nicht bei allen Beanspruchungsarten der Hochspannungstechnik vorgenommen werden kann. Dazu werden die einzelnen Beanspruchungsarten nacheinander in getrennten Abschnitten behandelt.

3. Beanspruchungsarten und ihre statistische Auswertung

Die einfachste Art der elektrischen Beanspruchung ist die Beanspruchung mit einer Gleichspannung. Im allgemeinen wird unter einer Gleichspannung eine Spannung verstanden, die hinreichend lange vor dem zu betrachtenden Zeitbereich eingeschaltet worden ist und von dann an bis zum Ende des zu betrachtenden Zeitbereiches gleich gross bleibt. Um die Ausführungen aber nicht zu sehr auszudehnen, sollen in der vorliegenden Arbeit nur Kurzzeit-Beanspruchungen betrachtet werden. Aus diesem Grunde scheidet die Gleichspannung aus dem Kreis der zu behandelnden Beanspruchungsarten aus.

3.1 Beanspruchungen mit Keilspannungen

Eine Keilspannung ist eine Spannung, die ohne Überlagerungen linear mit der Zeit ansteigt (Siehe dazu Fig. 1a). Entsprechend dieser Festlegung steigt eine Keilspannung so lange an, bis durch irgendein Ereignis dem Anstieg ein Ende gesetzt wird. Bei der Bestimmung von Durchschlagspannungen wird der Durchschlag der Proben dieses begrenzende Ereignis sein.

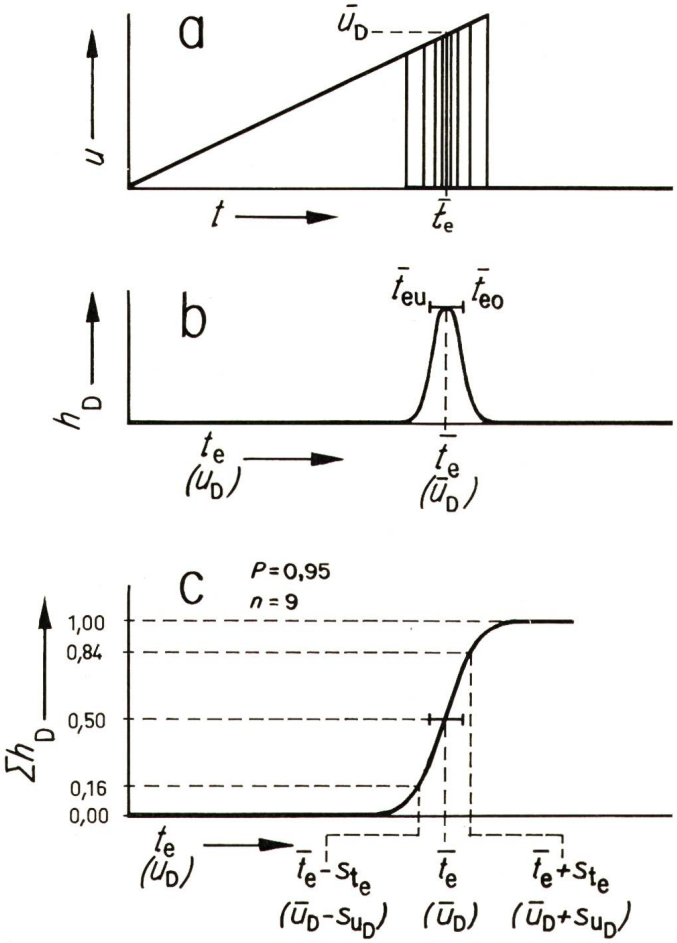

Fig. 1
Beanspruchungen einer gasisolierten Platte—Platte-Funkenstrecke mit Keilspannungen

a Zeitlinienbild einer Keilspannung mit Durchschlägen;
b relative Durchschlaghäufigkeit h_D über der Einwirkzeit t_e und der Durchschlagspannung $u_D = k\ t_e$
$\bar{t}_{eu}$ ist die untere und $\bar{t}_{eo}$ die obere Grenze des Vertrauensbereiches für die mittlere Einwirkzeit $\bar{t}_e$;
c Summenhäufigkeit Σh_D über der Einwirkzeit t_e und der Durchschlagspannung $u_D = k\ t_e$

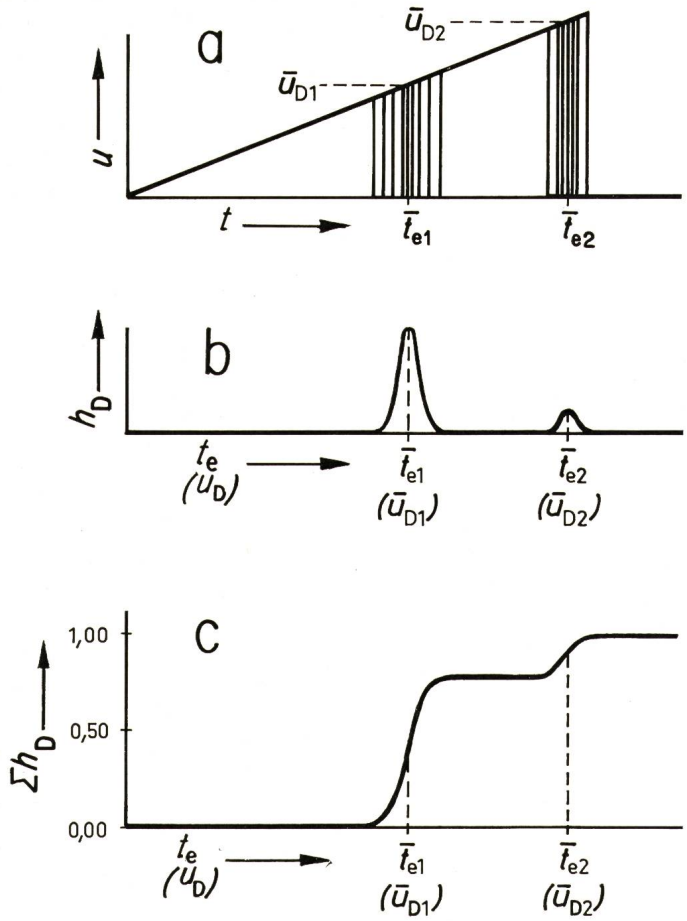

Fig. 2
Wie Fig. 1, jedoch für eine gasisolierte koaxiale Zylinder-Funkenstrecke
Bezeichnungen siehe Fig. 1

Somit ist bei der Keilspannungs-Beanspruchung der Durchschlag ein sicheres Ereignis. Bei welchem Momentanwert der Keilspannung der Durchschlag der jeweiligen Probe erfolgt, hängt dagegen vom Zufall ab. Dazu muss allerdings sichergestellt sein, dass alle beeinflussbaren Versuchsbedingungen von Beanspruchung zu Beanspruchung unverändert beibehalten werden. Unter diesen Voraussetzungen lassen sich die Momentanwerte der Durchschlagspannungen u_D (das sind die Momentanwerte der Keilspannung), die bei Beginn des Durchschlages an der Probe liegen, ohne Einschränkungen statistisch auswerten. Da bei Keilspannungen Spannung und Zeit nur über eine Proportionalitätskonstante miteinander verknüpft sind, gelten dieselben Überlegungen auch für die Einwirkzeiten t_e, das sind die Zeiten, die vom Beginn der Keilspannung bis zum Durchschlag vergehen.

Eine statistische Auswertung ist aber erst dann sinnvoll, wenn genügend viele Versuchsergebnisse vorliegen. Dazu müssen mehrfach Beanspruchungen mit ein und derselben Spannung durchgeführt worden sein. Eine derartige Reihe von Beanspruchungen soll im folgenden Wiederholungs-Beanspruchung genannt werden.

In Fig. 1 sind die Verhältnisse wiedergegeben, die bei Wiederholungs-Beanspruchungen einer gasisolierten Platte—Platte-Funkenstrecke mit Keilspannungen beobachtet werden können. Fig. 1a zeigt die Keilspannungs-Oszillogramme einer Versuchsreihe, wie sie sich auf dem Bildschirm eines Speicheroszillographen darstellen würden, wenn jede Beanspruchung gespeichert würde. In Fig. 1b sind die relativen Durchschlaghäufigkeiten h_D über der Zufallsgrösse Einwirkzeit t_e aufgetragen. Da bei Keilspannungen die Spannung proportional der Zeit ist, gilt die Darstellung in Fig. 1b auch für die Abhängigkeit der relativen Durchschlaghäufigkeiten h_D von der Zufallsgrösse Durchschlagspannung $u_D = k\ t_e$. In Fig. 1c ist die entsprechende Verteilungsfunktion eingezeichnet.

Für das in Fig. 1 dargestellte Beispiel wurde vorausgesetzt, dass die gefundene Verteilungsfunktion der Annahme einer Normalverteilung nicht widerspricht. Aus diesem Grunde können die eine Normalverteilung kennzeichnenden Grössen wie Mittelwert ($\bar{t}_e$ und $\bar{u}_D$) und Standardabweichung (s_{t_e} und s_{u_D}) entsprechend den Gl. (5) bis (7) unmittelbar aus Fig. 1c entnommen werden.

Da bei Wiederholungs-Beanspruchungen mit Keilspannungen keine Versuchsbedingung geändert wird, sind die Messergebnisse der Keilspannungs-Beanspruchungen, wie schon oben erwähnt, uneingeschränkt statistisch auswertbar. Dies gilt dann auch, wenn die Messergebnisse der Annahme einer Normalverteilung widersprechen oder wenn Mischverteilungen vorliegen. Sind die Messergebnisse nicht normalverteilt, müssen andere als die erwähnten Auswertverfahren angewendet werden, auf die aber hier nicht eingegangen wird. Um aber zu veranschaulichen, was unter Mischverteilungen zu verstehen ist, sind in Fig. 2 die Verhältnisse dargestellt, die sich bei Wiederholungs-Beanspruchungen einer gasisolierten koaxialen Zylinder-Anordnung mit Keilspannungen ergeben haben [5]. Die Darstellungsart entspricht derjenigen aus Fig. 1. Aus Fig. 2 ist zu entnehmen, dass es bei Mischverteilungen nicht sinnvoll ist, nur einen Mittelwert und eine Standardabweichung anzugeben.

3.2 Beanspruchungen mit abgeschnittenen Keilspannungen

3.2.1 Abgeschnittene Keilspannungen gleichbleibender Steilheit

Die Verteilungsfunktionen in den Fig. 1 und 2 sind aus den gemessenen relativen Durchschlaghäufigkeiten h_D berechnet worden. Sie können aber auch unmittelbar messtechnisch ermittelt werden. Dazu müssen, wie weiter unten gezeigt wird, abgeschnittene Keilspannungen eingesetzt werden. Es wird bei den folgenden Überlegungen vorausgesetzt, dass die zu betrachtenden abgeschnittenen Keilspannungen mit derselben Steilheit du/dt ansteigen, wie die zuvor betrachteten Keilspannungen. In Abänderung zu den bisherigen Versuchsbedingungen soll die Keilspannung aber spätestens bei Erreichen einer vorzugebenden Grenzzeit t_g oder Grenzspannung u_g rasch auf Null zurückgehen (Fig. 3).

Wird die Grenzzeit t_g (Grenzspannung u_g) hinreichend klein gewählt, dann führt nicht mehr jede Beanspruchung zum Durchschlag der Probe. Die Messergebnisse jeder Versuchsreihe mit gleichbleibender Grenzzeit t_g (Grenzspannung u_g) sind daher in zweierlei Richtungen statistisch auswertbar. Es kann erstens gefragt werden, wie sich das Ereignis des elektrischen Durchschlages auf die Zufallsgrösse Einwirkzeit t_e (Durchschlagspannung u_D) verteilt, und im Gegensatz zu den bisherigen Beanspruchungen kann zweitens gefragt werden, welcher Anteil der Beanspruchungen zum Durchschlag führt.

Dieser einer Grenzzeit t_g (Grenzspannung u_g) zugeordnete Durchschlaganteil stellt aber nicht etwa die relative Durchschlaghäufigkeit h_D dar, er ist vielmehr bereits die Summenhäufigkeit Σh_D, da in dem gemessenen Durchschlaganteil alle relativen Durchschlaghäufigkeiten h_D kleinerer Grenzzeiten

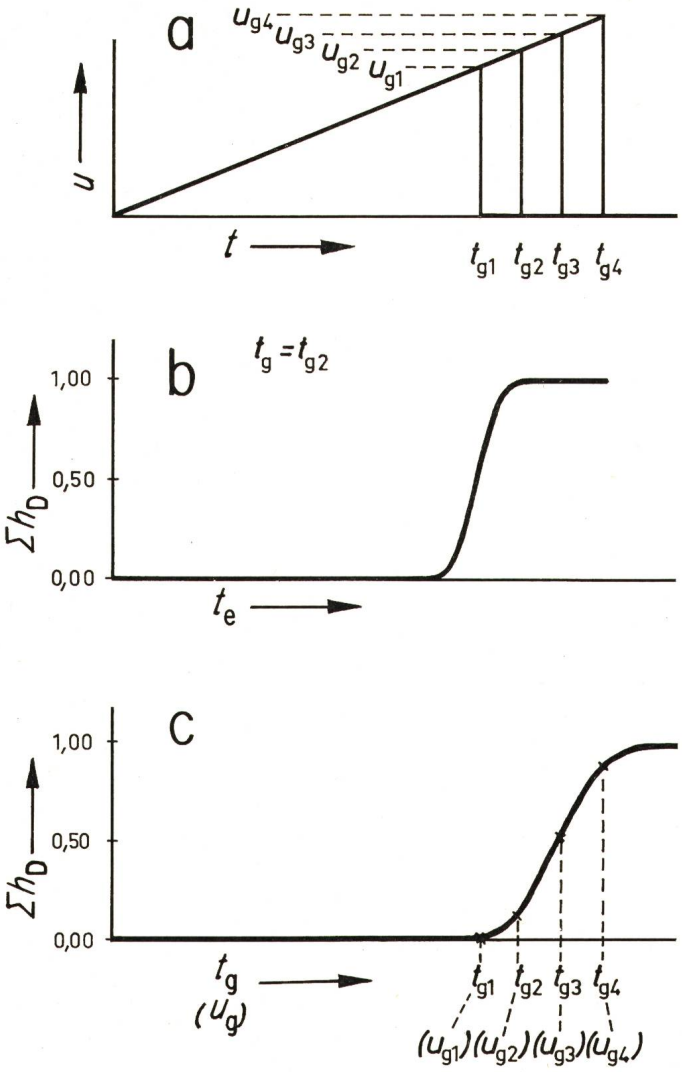

Fig. 3
Beanspruchungen einer gasisolierten Platte—Platte-Funkenstrecke mit abgeschnittenen Keilspannungen gleichbleibender Steilheit

a Zeitlinienbilder der Keilspannungen
b Summenhäufigkeit Σh_D über der Einwirkzeit t_e bei der Grenzzeit t_{g2}
c Summenhäufigkeit Σh_D über der Grenzzeit t_g und über der Grenzspannung u_g

(Grenzspannungen) eingeschlossen sind. Dies gilt selbstverständlich nur dann, wenn beim Übergang von einer zur anderen Versuchsreihe nur die Grenzzeit t_g (Grenzspannung u_g), sonst aber keine weitere Versuchsbedingung, vor allem nicht die Steilheit des Spannungsanstieges, geändert wird.

Sind für genügend viele Grenzzeiten t_g (Grenzspannungen u_g) die Summenhäufigkeiten aufgenommen worden, dann lassen sich unmittelbar die Verteilungsfunktionen zeichnen.

Da sich die eigentlichen Beanspruchungs-Bedingungen nicht ändern, sind die Versuchsergebnisse dieser Beanspruchungsart uneingeschränkt statistisch auswertbar.

3.2.2 Abgeschnittene Keilspannungen unterschiedlicher Steilheit

Wird in Abwandlung zu den vorangegangenen Beanspruchungsarten die Grenzzeit der Keilspannung in allen Versuchsreihen gleich gehalten, dann können unterschiedliche Beanspruchungen nur dadurch erzielt werden, dass die Steilheit des Spannungsanstieges geändert wird (Fig. 4). Wird nicht die Grenzzeit t_g, sondern die Grenzspannung u_g gleich gehalten, dann ergeben sich ebenfalls unterschiedliche Beanspruchungen nur, wenn die Steilheit des Spannungsanstieges geändert wird (Fig. 5).

Mit der Änderung der Steilheit des Spannungsanstieges wird aber im Gegensatz zu den Verhältnissen des vorigen Abschnittes tatsächlich eine Versuchsbedingung geändert. Es erhebt sich also die Frage, inwieweit die Versuchsergebnisse solcher Beanspruchungen statistisch ausgewertet werden können. Um dies zu überprüfen, muss festgelegt werden, wie die Versuche durchgeführt werden sollen. Es gibt dafür zwei Möglichkeiten:

a) Mit gleichbleibenden Parametern werden wie bei einer Wiederholungsbeanspruchung hintereinander mehrere Beanspruchungen ausgeführt, und daran anschliessend wird ein Parameter um einen bestimmten Betrag geändert, um dann in der zweiten Folge wiederum genauso viele Wiederholungs-Beanspruchungen anzuwenden wie bei der ersten Folge und so fort. Eine derartige Beanspruchungsart soll von nun an Folgen-Beanspruchung genannt werden.

b) Nach jeder einzelnen Beanspruchung wird der zu verändernde Parameter um einen bestimmten Betrag abgewandelt, bis der Durchschlag erreicht ist. Danach beginnt die Beanspruchung erneut mit einer vorgegebenen Ausgangs-Beanspruchung. Diese Art der Beanspruchung soll im folgenden Steigerungs-Beanspruchung genannt werden.

3.2.2.1 Folgen-Beanspruchung. Wie aus den obigen Ausführungen zu entnehmen ist, sind die Versuchsergebnisse jeder einzelnen Folge für sich uneingeschränkt statistisch auswertbar,

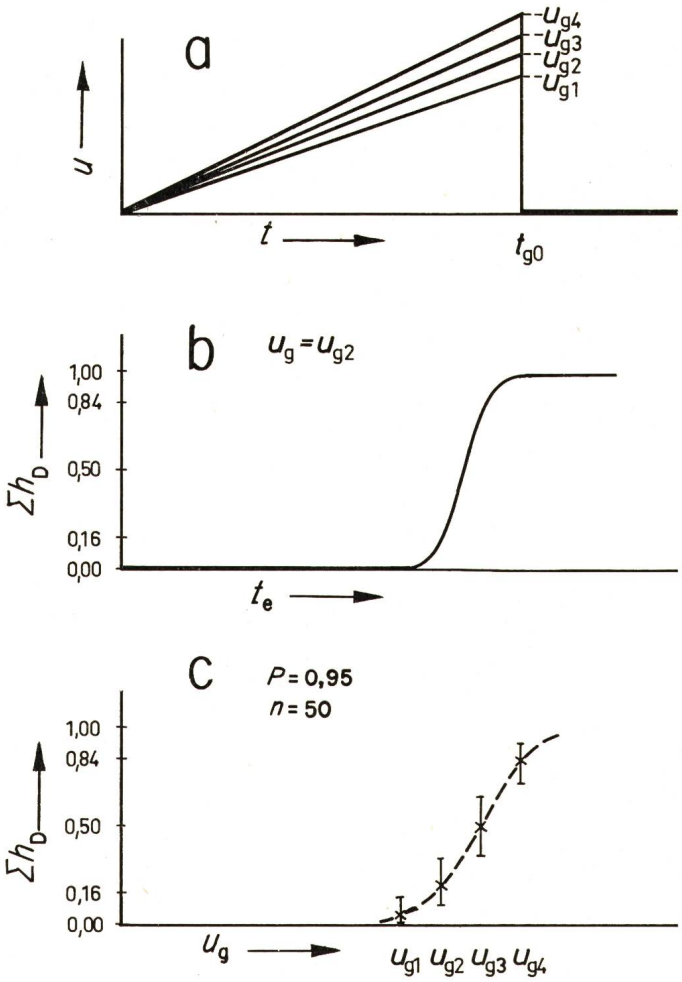

Fig. 4
Beanspruchungen mit abgeschnittenen Keilspannungen gleichbleibender Grenzzeit t_{g0}

a Zeitlinienbilder der Keilspannungen
b Summenhäufigkeit Σh_D über der Einwirkzeit t_e bei gleichbleibender Grenzspannung u_{g2}
c Summenhäufigkeit Σh_D über der Grenzspannung u_g mit Vertrauensbereichen

da es sich um Wiederholungs-Beanspruchungen handelt. Von ganz besonderem Interesse für die folgenden Ausführungen sind die Durchschlagsanteile der einzelnen Folgen. Die Durchschlagsanteile jeder Folge sind, wie bereits im vorigen Abschnitt begründet, nicht relative Durchschlaghäufigkeiten, sondern Summenhäufigkeiten, da sie auch alle Durchschlaganteile kleinerer Grenzzeiten (Grenzspannungen) mit umfassen.

Bei jeder Beanspruchung mit einer abgeschnittenen Keilspannung fällt die Entscheidung, ob ein Durchschlag eintritt oder nicht. Damit unterliegt die Summenhäufigkeit jeder einzelnen Folge einer Binomialverteilung. (Siehe dazu beispielsweise [4].) Mit zunehmender Anzahl n der Beanspruchungen innerhalb einer Folge nähert sich die gemessene Summenhäufigkeit immer mehr der Durchschlagwahrscheinlichkeit w_D. Das ist die Summenhäufigkeit, die bei unendlich vielen Beanspruchungen in einer Folge gefunden würde. Für jede endliche Anzahl n der Beanspruchungen innerhalb einer Folge kann bei Wahl einer Aussagewahrscheinlichkeit P für alle gemessenen Summenhäufigkeiten der Vertrauensbereich mittels Tafeln für Binomialverteilungen angegeben werden. Der Vertrauensbereich ist der Bereich der Summenhäufigkeiten, in den mit der gewählten Aussagewahrscheinlichkeit P die Durchschlagwahrscheinlichkeit w_D fallen muss, wenn n Beanspruchungen in einer Folge durchgeführt worden sind und dabei die Summenhäufigkeit Σh_D gemessen worden ist.

In Fig. 4c sind für einige Grenzspannungen und in Fig. 5b für einige Grenzzeiten durch schräg gestellte Kreuze gemessene Summenhäufigkeiten angegeben, während die Vertrauensbereiche durch senkrechte Strecken gekennzeichnet sind. Die gestrichelten Verbindungslinien der schräg gestellten Kreuze in den Fig. 4c und 5b sollen in Anlehnung an [1] Verhaltenskennlinien genannt werden.

Die Verhaltenskennlinien in den Fig. 4c und 5b haben grosse Ähnlichkeit mit Verteilungsfunktionen. Nach *Hochrainer* [1] unterscheiden sich aber Verhaltenskennlinien und Verteilungsfunktionen ganz grundlegend voneinander: Bei der Verhaltenskennlinie sind die Summenhäufigkeiten jeweils einer fest vorgegebenen, vom Zufall also unabhängigen Grösse zugeordnet. In Fig. 4c sind dies die willkürlich gewählten Grenzspannungen u_g, in Fig. 5b die willkürlich gewählten Grenzzeiten t_g. Bei der Verteilungsfunktion sind die Summenhäufigkeiten, wie bereits erwähnt, Funktionen von Zufallsgrössen.

Dieser Unterschied zeigt sich beispielsweise auch bei der Angabe von Vertrauensbereichen. Die Vertrauensbereiche der Verhaltenskennlinie werden, wie dies in den Fig. 4c und 5b zu sehen ist, durch Parallele zur Ordinate gekennzeichnet, während die Vertrauensbereiche von Verteilungsfunktionen durch Parallele zur Abszisse wiedergegeben werden (Fig. 1c).

Da die Summenhäufigkeiten einer Verhaltenskennlinie keine Funktion von Zufallsgrössen sind, ist eine entscheidende Voraussetzung für eine statistische Auswertung nicht erfüllt. Eine Verhaltenskennlinie kann daher nicht statistisch ausgewertet werden, es sei denn, die Verhaltenskennlinie genügt einer bestimmten Bedingung, die am Beispiel elektrischer Beanspruchungen erläutert werden soll.

Würde durch die Änderung der in Frage kommenden Versuchsbedingung, hier also der Steilheit des Spannungsanstieges, das Durchschlagverhalten der Proben nicht beeinflusst, dann ginge die Verhaltenskennlinie in eine Verteilungsfunktion über. Nach *Hochrainer* [1] bedeutet dies, dass eine lineare

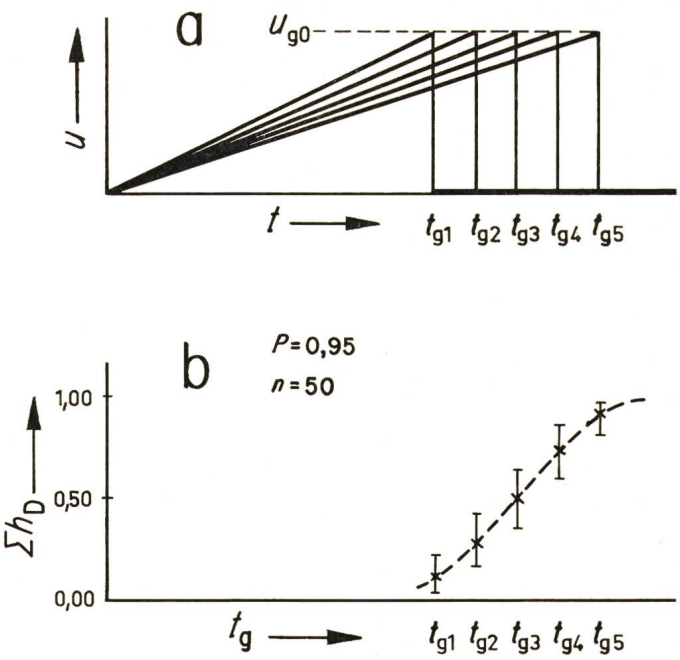

Fig. 5
Beanspruchungen mit abgeschnittenen Keilspannungen gleichbleibender Grenzspannung u_{g0}
a Zeitlinienbilder der Keilspannungen
b Summenhäufigkeit Σh_D über der Grenzzeit t_g mit Vertrauensbereichen

innere Wirkungsfunktion den Zusammenhang zwischen Verhaltenskennlinie und Verteilungsfunktion herstellt. Für einen solchen Fall kann die Verhaltenskennlinie wie eine Verteilungsfunktion statistisch ausgewertet werden.

Die Versuchsergebnisse von Folgen-Beanspruchungen sind daher bezüglich ihres veränderlichen Parameters nur auswertbar, wenn eine lineare innere Wirkungsfunktion vorliegt. In diesem Fall widerspricht die Verhaltenskennlinie nicht der Annahme einer Verteilungsfunktion, die nicht unbedingt eine Normalverteilung sein muss. Diese Bedingung muss also vor jeder Auswertung von Folgen-Beanspruchungen überprüft werden. Dass Verhaltenskennlinien gefunden werden können, die aufgrund nichtlinearer innerer Wirkungsfunktionen statistisch nicht auswertbar sind, wird in dem Abschnitt gezeigt, der sich mit den Messergebnissen von Stoßspannungs-Beanspruchungen auseinandersetzt.

3.2.2.2 Steigerungs-Beanspruchung. Gemäss obiger Festlegungen zu dieser Beanspruchungsart ist der Durchschlag bei einer Steigerungs-Beanspruchung ein sicheres Ereignis. Dagegen unterliegt es dem Zufall, bei welcher Parametergrösse der Durchschlag erfolgt. Bezogen auf die hier zu betrachtenden Keilspannungs-Beanspruchungen heisst dies: Es kann ermittelt werden, mit welcher relativen Häufigkeit h_D der Durchschlag in bestimmte Grenzspannungsbereiche oder Grenzzeitbereiche fällt. Daraus lassen sich dann wiederum die entsprechenden Verteilungsfunktionen berechnen.

Versuchsergebnisse von Steigerungs-Beanspruchungen sind uneingeschränkt statistisch auswertbar.

3.3 Beanspruchungen mit Stoßspannungen

Nach [6] ist eine Stoßspannung eine einzelne, kurze Zeit bestehende Spannung einheitlicher Polarität, die ohne wesentliche Schwingungen rasch auf einen Höchstwert ansteigt und dann auf Null abfällt. Sie wird durch ihren Scheitelwert $\hat{u}_s$,

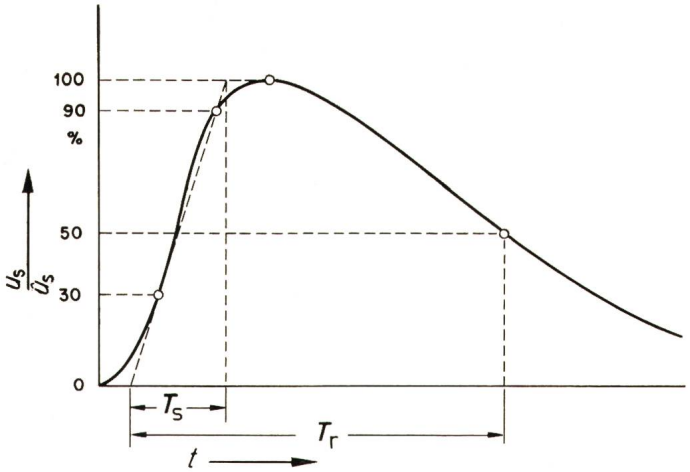

Fig. 6
Zeitlinienbild einer Stoßspannung mit der Festlegung der Kenngrössen
T_s Stirnzeit; T_r Rückenhalbwertzeit

ihre Polarität und ihre Zeitkennwerte Stirnzeit T_s und Rückenhalbwertzeit T_r gekennzeichnet (Siehe dazu Fig. 6). Die in dieser Figur wiedergegebenen Festlegungen der Zeitkennwerte sollen in der vorliegenden Arbeit auch bei Stoßspannungen mit grossen Zeitkennwerten zutreffen.

Im Gegensatz zu allen bisher betrachteten Beanspruchungen ändert sich bei Stoßspannungs-Beanspruchungen während ihrer gesamten Einwirkzeit die Steilheit des Spannungsanstieges, wodurch das Durchschlagverhalten und daher auch die Auswertung der Messergebnisse ausserordentlich verwickelt sein kann. Dies soll an einem Beispiel erläutert werden.

Eine koaxiale Zylinder-Anordnung, Durchmesser des Innenzylinders $d_i = 7{,}5$ mm und lichter Durchmesser des Aussenzylinders $d_a = 90$ mm, wird in Luft mit Stoßspannungen beansprucht, deren Stirnzeit $T_s = 190$ µs und deren Rückenhalbwertzeit $T_r = 18\,600$ µs beträgt [5]. Die Stossspannung gibt dem Innenzylinder während ihrer Einwirkzeit ein positives Potential gegenüber dem Aussenzylinder. Je Scheitelwert $\hat{u}_s$ der Stoßspannung, der frei gewählt wird und demnach nicht dem Zufall unterworfen ist, sind unmittelbar hintereinander $n = 120$ Versuche durchgeführt worden. Diese Beanspruchungsart ist im Sinne obiger Vereinbarungen eine Folgen-Beanspruchung mit $n = 120$ Beanspruchungen pro Folge und mit dem Stoßspannungs-Scheitelwert $\hat{u}_s$ als veränderlichem Parameter.

Die Versuchsergebnisse jeder einzelnen Folge lassen sich hinsichtlich der Einwirkzeiten (das sind die Zeiten, die vom Beginn der Stoßspannung bis zum Durchschlag vergehen) und hinsichtlich der Momentanwerte der Durchschlagspannungen unbegrenzt statistisch auswerten. Darauf soll jedoch nicht näher eingegangen werden, da es für die weiteren Überlegungen nicht von Bedeutung ist.

Die für die weiteren Betrachtungen besonders wichtigen Durchschlaghäufigkeiten h_D der einzelnen Folgen sind in Fig. 7b durch schräg gestellte Kreuze gekennzeichnet. Da bei jeder einzelnen Beanspruchung die Entscheidung zwischen den sich gegenseitig ausschliessenden Ergebnissen Durchschlag oder kein Durchschlag fallen muss, unterliegen die Durchschlaghäufigkeiten einer Binominalverteilung. Daher kann zu jeder Durchschlaghäufigkeit h_D unmittelbar der Vertrauensbereich mittels geeigneter Tabellen [4] angegeben werden. Die parallel zur Ordinate von Fig. 7b gezeichneten Strecken sind die Vertrauensbereiche, in die für $n = 120$ mit einer Aussagewahrscheinlichkeit von 95 % die Durchschlagwahrscheinlichkeit w_D fallen muss. Der stark gezeichnete Geradenzug ist die aus [5] entnommene Verhaltenskennlinie.

Bemerkenswerterweise sinken die Durchschlaghäufigkeiten mit steigendem Scheitelwert $\hat{u}_s$ der Stoßspannung nach Überschreiten eines Höchstwertes sogar auf Null und wachsen erst danach auf eins an. Aus dieser Tatsache lässt sich unmittelbar entnehmen, dass die in einer Folge mit höherem Scheitelwert der Stoßspannung gemessene Durchschlaghäufigkeit nicht die Durchschlaghäufigkeiten mit einschliessen kann, die bei niedrigeren Scheitelwerten der Stoßspannung aufgenommen worden sind. Daraus muss geschlossen werden, dass sich mit der Erhöhung des Scheitelwertes der Stoßspannung der Durchschlagmechanismus der Anordnung ändert und dass die gemessenen Durchschlaghäufigkeiten tatsächlich nur Durchschlaghäufigkeiten und keine Summenhäufigkeiten sind. Die in Fig. 7b wiedergegebene Verhaltenskennlinie kann also keine Verteilungsfunktion sein und ist damit auch nicht statistisch auswertbar.

Wird dagegen keine Folgen-, sondern eine Steigerungs-Beanspruchung gewählt, dann ändern sich die Verhältnisse grundlegend. Unter einer Steigerungs-Beanspruchung soll gemäss der obigen Vereinbarungen die nachstehende Versuchsdurchführung verstanden werden:

Beginnend mit einer Stoßspannung mit hinreichend kleinem Scheitelwert $\hat{u}_s$ wird nach jeder einzelnen Stoßspannungs-Be-

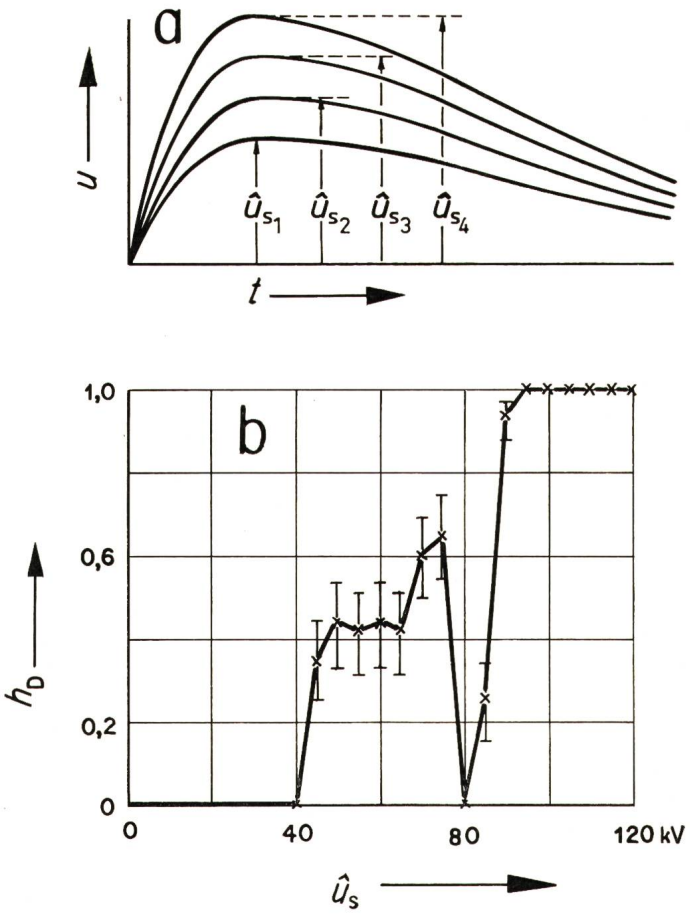

Fig. 7
Stoßspannungs-Beanspruchungen als Folgen-Beanspruchung einer gasisolierten koaxialen Zylinder-Funkenstrecke
a Zeitlinienbilder der Stoßspannungen
b Verhaltenskennlinie mit Vertrauensbereichen

$\hat{u}_s$ / kV →

N ↓	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	$\hat{u}_{sD}$ / kV
1			+			+	+	+			+	+	+	50
2		+		+	+			+			+	+	+	45
3		+	+		+	+	+				+	+	+	45
4			+	+		+	+	+		+	+	+	+	50
5								+				+	+	75
6		+			+		+	+			+	+	+	45
7				+	+	+				+	+	+	+	55
8		+	+	+			+				+	+	+	45
9					+		+	+		+	+	+	+	60
10		+				+					+	+	+	45
11			+	+				+				+	+	50
12					+	+	+				+	+	+	60
13			+								+	+	+	50
14		+		+	+		+				+	+	+	45
15			+					+		+	+	+	+	50
16			+	+	+	+	+				+	+	+	50
17						+	+	+			+	+	+	65
18		+		+	+		+				+	+	+	45
19							+	+			+	+	+	70
20								+			+	+	+	75
h_D	0,0	0,35	0,40	0,40	0,45	0,40	0,60	0,55	0,0	0,20	0,90	1,00	1,00	

Fig. 8
Ausschnitt aus der Tabelle der Versuchsergebnisse zu Fig. 7
Jedes Kreuz bedeutet einen Durchschlag
z laufende Nummer der einzelnen Beanspruchung innerhalb einer Folge;
$\hat{u}_s$ Scheitelwert der Stoßspannung

anspruchung der Scheitelwert $\hat{u}_s$ der Stoßspannung um einen gleichbleibenden Betrag vergrössert. Dies wird so lange fortgesetzt, bis der Durchschlag eintritt. Sodann wird wieder eine neue Steigerungs-Beanspruchung begonnen. Jede einzelne Steigerungs-Beanspruchung führt also mit Sicherheit zum Durchschlag, bei welchem Scheitelwert $\hat{u}_s$ der Durchschlag aber erfolgt, unterliegt einzig und allein dem Zufall. Der dem Durchschlag zugeordnete Scheitelwert wird somit zur Zufallsgrösse. Die Messergebnisse einer solchen Steigerungs-Beanspruchung sind also hinsichtlich des Durchschlag-Scheitelwertes uneingeschränkt statistisch auswertbar.

Um den Unterschied zwischen Folgen- und Steigerungs-Beanspruchungen noch etwas zu erläutern, ist in Fig. 8 ein Ausschnitt aus der Tabelle herausgenommen worden, die die Verhaltenskennlinie von Fig. 7b lieferte. Von den 120 Beanspruchungen jeder Folge, die die Durchschlaghäufigkeiten von Fig. 7b ergaben, wurden in die Tabelle von Fig. 8 nur jeweils die ersten 20 übernommen. Die laufende Nummer der einzelnen Beanspruchung innerhalb einer Folge ist *z*. Jedes Kreuz in der Tabelle bedeutet einen Durchschlag.

Wird die Tabelle, wie dies bei Folgen-Beanspruchungen üblich ist, von oben nach unten ausgewertet, so ergeben sich die Durchschlaghäufigkeiten jeder einzelnen Folge. (Siehe dazu die Angaben in der unten angefügten Zusatzzeile von Fig. 8.) Diese Durchschlaghäufigkeiten werden in Fig. 9b durch eine gestrichelte Kennlinie miteinander verbunden. Diese gestrichelte Verhaltenskennlinie stimmt wegen der geringen Anzahl an Versuchen nur ungefähr mit der Verhaltenskennlinie nach Fig. 7b überein.

Wird dagegen die Tabelle von links nach rechts ausgewertet, was eine Steigerungs-Beanspruchung entsprechen würde, dann gibt die Zusatzspalte auf der rechten Seite der Tabelle von Fig. 8 an, bei welchem Scheitelwert $\hat{u}_s$ der *erste* Durchschlag in den einzelnen Zeilen gefunden wird. Aus dieser Spalte lässt sich ermitteln, wie sich die Durchschläge auf die Stoßspannungs-Scheitelwerte verteilen. Daraus kann wiederum die Verteilungsfunktion, d. h. die Summe der bis zu dem jeweiligen Scheitelwert der Stoßspannung erzielten relativen Durchschlaghäufigkeiten berechnet werden. Diese Verteilungsfunktion wird in Fig. 9b als durchgezogene Kennlinie dargestellt.

Folgen-Beanspruchungen mit Stoßspannungen sind also nicht in allen Fällen statistisch auswertbar. Werden die Stossspannungs-Beanspruchungen als Steigerungs-Beanspruchungen durchgeführt, oder werden die Messergebnisse von Folgen-Beanspruchungen so behandelt, als wenn sie von Steigerungs-Beanspruchungen stammen würden, dann sind die Messergebnisse immer unbegrenzt statistisch auswertbar. Ob derartige Auswertungen jedoch sinnvolle Kenngrössen liefern, sollte stets kritisch überprüft werden.

3.4 Beanspruchungen mit Wechselspannungen

Da die meisten Anlagen der Hochspannungstechnik mit Wechselspannung betrieben werden, ist die Prüfung der Isolierstoffe mit Wechselspannungen von hervorragender Bedeutung. Im allgemeinen wird unter einer Wechselspannung eine Spannung verstanden, die bei gleichbleibender Schwingungsbreite in stets gleichen Zeitabständen durch Null schwingt. Eine derartige Spannung kann jedoch nicht als Kurzzeit-Beanspruchung angesehen werden. Im folgenden soll daher unter einer Wechselspannung eine Spannung verstanden werden, die zwar nach gleichbleibenden Zeitabständen durch Null schwingt, deren Scheitelwert aber linear mit der Zeit ansteigt (Fig. 10).

Diese Beanspruchungsart lässt sich als Steigerungs-Beanspruchung deuten, bei der einzelne Stoßspannungen mit ab-

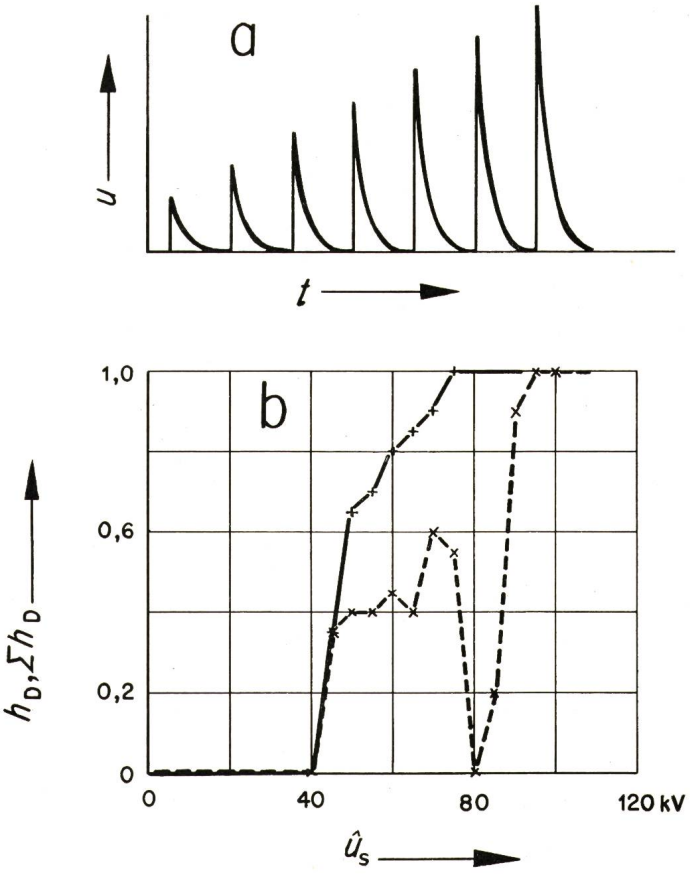

Fig. 9
Stoßspannungs-Beanspruchungen als Steigerungs-Beanspruchung einer gasisolierten koaxialen Zylinder-Funkenstrecke
a Zeitlinienbild einer Steigerungs-Beanspruchung
b Verhaltenskennlinie – – –, und Verteilungsfunktion ——

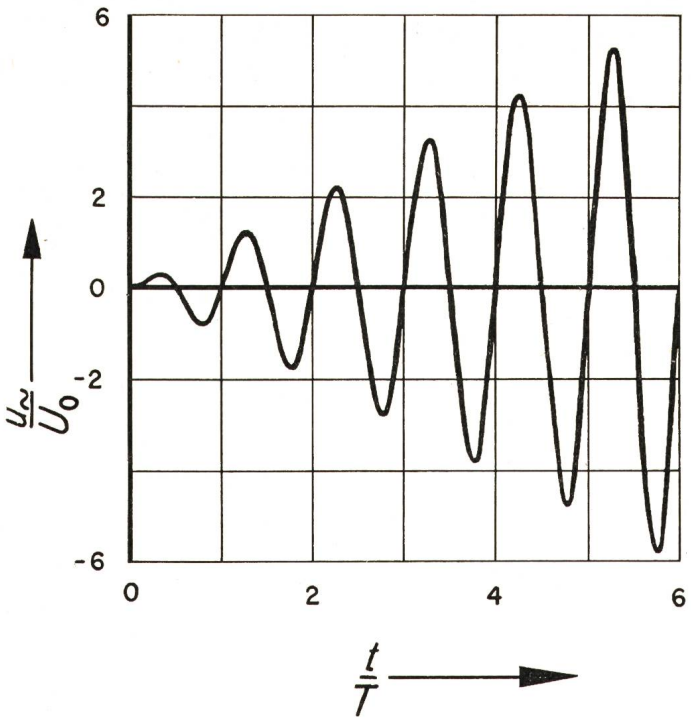

Fig. 10
Zeitlinienbild einer Wechselspannung mit steigendem Scheitelwert

wechselnder Polarität und stufenförmig gesteigerten Scheitelwerten aufeinanderfolgen. Damit können alle Schlussfolgerungen, die bislang zu den Steigerungs-Beanspruchungen gemacht worden sind, auf die Wechselspannungs-Beanspruchungen übertragen werden. Die Versuchsergebnisse sind also als Versuchsergebnisse von Steigerungs-Beanspruchungen uneingeschränkt statistisch auswertbar. Die Auswertung kann sowohl bezüglich der Scheitelwerte als auch der Beträge der Momentanwerte der Durchschlagspannungen sowie bezüglich der Einwirkzeiten vorgenommen werden. Da wegen der andauernden Polaritätswechsel ausserordentlich verwickelte Verteilungsfunktionen auftreten können, sollte aber stets gefragt werden, ob mit der Bestimmung weniger Kenngrössen, wie z. B. einem Mittelwert und einer Standardabweichung, nicht zu viele Eigenarten des Durchschlagverhaltens übergangen werden.

Um dies zu verdeutlichen, sei auf Fig. 11 verwiesen. Wird eine koaxiale Zylinder-Anordnung in Luft, Durchmesser des Innenzylinders $d_i = 3$ mm und lichter Durchmesser des Aussenzylinders $d_a = 90$ mm, mit der in Fig. 11a dargestellten Wechselspannung beansprucht, dann kann der Durchschlag entweder in der Nähe der Anfangspannung oder aber erst bei einer sehr viel grösseren Spannung erfolgen [5]. Während der Durchschlag in der Nähe der Anfangspannung aus einer Halbschwingung heraus eintritt, die dem Innenzylinder ein positives Potential gegenüber dem Aussenzylinder gibt, erfolgt der Durchschlag bei den höheren Spannungen aus Halbschwingungen der entgegengesetzten Polarität heraus. Ausserdem können die Einwirkzeiten nicht stetig verteilt sein, da die Durchschläge immer wenigstens durch eine Halbschwingung voneinander getrennt sind. (Siehe dazu Fig. 11b und 11c.) Ähnliche Verteilungsfunktionen ergeben sich für die Durchschlags-Scheitelwerte $\hat{u}_{\sim D}$. Die statistische Auswertung dieser Verteilungsfunktionen ist zwar möglich, die Angabe von einigen wenigen Kenngrössen würde aber dem verwickelten Durchschlagverhalten in keiner Weise gerecht.

4. Schlussfolgerungen

Aus den bisherigen Ausführungen ist zu entnehmen, dass die Kurzzeit-Beanspruchungen in drei Gruppen unterteilt werden können:

a) *Wiederholungs-Beanspruchungen,* das sind Beanspruchungen, die unter stets gleichen Versuchsbedingungen n-mal wiederholt werden;

b) *Folgen-Beanspruchungen,* das sind Beanspruchungen, bei denen nach jeder Folge von n gleichen Beanspruchungen ein Parameter der Beanspruchung geändert wird, um wieder n Beanspruchungen folgen zu lassen;

c) *Steigerungs-Beanspruchungen,* das sind Beanspruchungen, bei denen nach jeder einzelnen Beanspruchung ein Parameter in gleichbleibenden Schritten bis zum Durchschlag gesteigert wird. Diese Beanspruchungsreihe wird n-mal wiederholt.

Aus den dargelegten Beispielen ergibt sich unmittelbar, dass die Versuchsergebnisse von Wiederholungs-Beanspruchungen uneingeschränkt statistisch auswertbar sind.

Bei den Steigerungs-Beanspruchungen wird zwar von jeder Teilbeanspruchung zur nächstfolgenden ein Parameter geändert, bei der notwendigen Wiederholung der Steigerungs-Beanspruchungen werden aber alle Versuchsbedingungen beibehalten, so dass Steigerungs-Beanspruchungen als Wiederholungs-Beanspruchungen angesehen werden können. Die

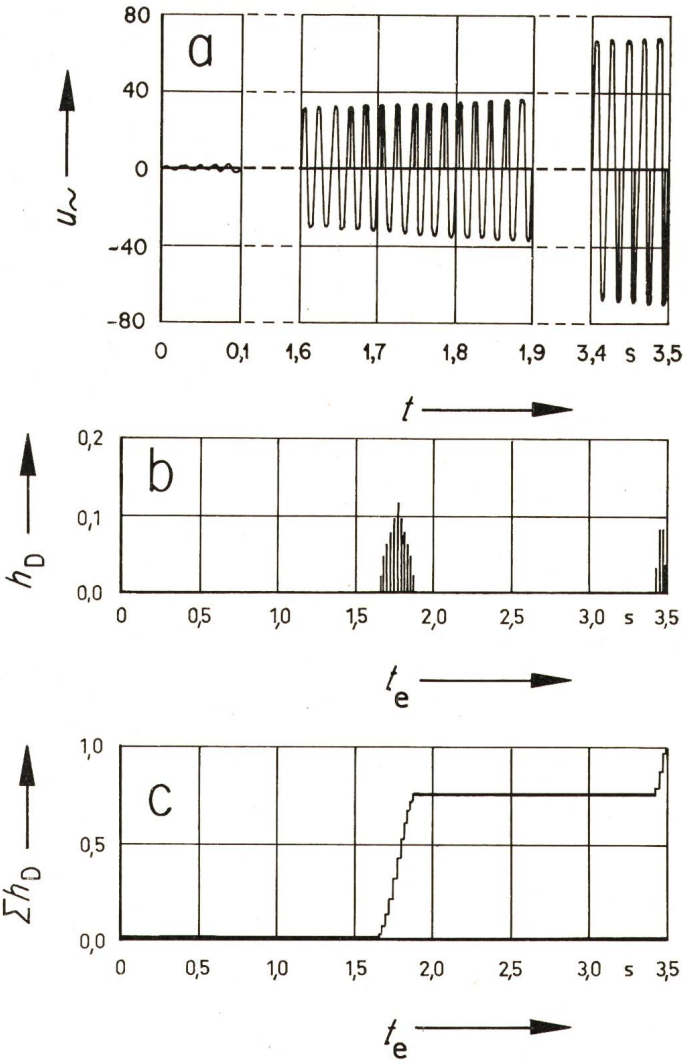

Fig. 11
Beanspruchung einer gasisolierten koaxialen Zylinder-Funkenstrecke durch eine Wechselspannung mit zeitlich ansteigendem Scheitelwert
a Zeitlinienbild der Wechselspannung mit Durchschlägen
b relative Durchschlaghäufigkeit h_D über der Einwirkzeit t_e
c Summenhäufigkeit Σh_D über der Einwirkzeit t_e

Versuchsergebnisse von Steigerungs-Beanspruchungen sind also ebenfalls uneingeschränkt statistisch auswertbar.

Nur bei Folgen-Beanspruchungen ist nicht sichergestellt, dass die Messergebnisse statistisch auswertbar sind, da beim Übergang von einer Folge zur anderen die Versuchsbedingungen geändert werden. Diese Schwierigkeit kann umgangen werden, indem entweder die Folgen-Beanspruchung durch eine Steigerungs-Beanspruchung ersetzt wird oder die Auswertung der Versuchsergebnisse von Folgen-Beanspruchungen so vorgenommen werden, als seien sie Versuchsergebnisse von Steigerungs-Beanspruchungen. Um die gefundenen Kenngrössen richtig werten zu können, müsste stets das Auswertverfahren angegeben werden.

Literatur

[1] *A. Hochrainer:* Verhaltensfunktionen und Summenhäufigkeitskurven. ETZ-A 90(1969)2, S. 25...29.

[2] *W. Rasquin:* Auswertverfahren bei Messungen mit Schaltspannungen. ETZ-A 90(1969)2, S. 29...33.

[3] *R. Storm:* Wahrscheinlichkeitsrechnung, mathematische Statistik, statistische Qualitätskontrolle. 2. Auflage. Leipzig, VEB Fachbuchverlag, 1967.

[4] *E. Kreyszig:* Statistische Methoden und ihre Anwendungen. 2. Auflage. Göttingen, Vandenhoeck und Ruprecht, 1967.

[5] *W. Rasquin:* Elektrische Entladungen bei Mischspannungs-Beanspruchungen. Habilitationsschrift Technische Hochschule Aachen 1970.

[6] Erzeugung und Messung von Hochspannungen. Teil 3 Bestimmungen für die Erzeugung und Anwendung von Stoßspannungen und Stoßströmen für Prüfzwecke VDE Vorschrift 0433 Teil 33/4.66.

Adresse des Autors:

PD, Dr.-Ing. *W. Rasquin,* wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Versuchsanstalt für Starkstromtechnik der Felten und Guilleaume Kabelwerke AG, Schanzenstrasse, D-5 Köln 80.

Commission Electrotechnique Internationale (CEI)

Séance du CE 71, Matériel électrique utilisé dans les mines à ciel ouvert, tenue à Paris du 16 au 19 novembre 1971.

Le Comité d'Etudes 71 a tenu sa première séance du 16 au 19 novembre 1971 à Paris, sous la présidence de M. Thielen (Allemagne), le secrétariat étant tenu par M. Bunting (Australie). La Suisse y a délégué le soussigné.

Après l'approbation de l'ordre du jour, le secrétaire et le président rappelèrent que le CE 71 a été créé lors de la réunion du Comité d'Action en mai 1970, à Washington, à la suite des propositions faites simultanément par les délégations allemandes et australiennes.

Les délégués passèrent ensuite à l'étude du document *71(Secrétariat)3,* contenant des propositions relatives au titre et au domaine d'activité du nouveau Comité d'Etudes. Les décisions suivantes furent prises à ce sujet. Le CE 71 aura pour titre: «Installations électriques pour emplacements extérieurs soumis à des conditions sévères». Quant à son domaine d'activité, il consistera à «établir des recommandations pour l'installation et l'utilisation des appareils et des systèmes électriques qui peuvent être sujets à des modifications fréquentes d'emplacements, à des extensions de leur aire de travail et à des conditions particulières de l'environnement». Il sera aussi précisé que «ces conditions se rencontrent par exemple dans les mines à ciel ouvert, les carrières, les chantiers de terrassement, les entrepôts en plein air, etc. «Enfin, il sera fait mention dans le procès-verbal de la séance que l'activité du CE 71 pourra s'étendre à un stade ultérieur et si la nécessité s'en fait sentir à des installations similaires utilisées notamment dans l'industrie métallurgique et chimique. Nous renvoyons à ce sujet au rapport 02(CE 71)1, de décembre 1971, du CE 71 au Comité d'Action sur les résultats de la présente séance.

Il est important de signaler encore que le CE 71 a été pleinement conscient du fait que son activité devra tenir étroitement compte des travaux d'autres Comités d'Etudes, en particulier de ceux du CE 64, Installations électriques des bâtiments.

Les délégués passèrent ensuite à l'examen du document *71(Secrétariat)1* qui traite de la ligne générale à adopter pour la future recommandation relative au matériel électrique utilisé dans les mines à ciel ouvert, les carrières et chantiers analogues. Il a été précisé que cette recommandation s'appliquera à l'installation et au fonctionnement du matériel utilisé notamment pour les engins d'extractions, les machines de concassage et de traitement, les machines de reprises et de rejet, les transporteurs, les lignes de chemin de fer, fixes ou amovibles, destinées uniquement à l'exploitation des chantiers, les installations de pompage, celles de production d'énergie ainsi qu'à diverses catégories de système de commande, de signalisation et de communication, à faible ou à fort courant. En ce qui concerne les définitions, le CE 71 a décidé d'adopter, sans changement, celles qui ont été élaborées par le CE 64 pour les termes ou expressions utilisés dans les documents issus de ces deux comités. Il s'agit pour l'instant de la définition des expression suivantes: Installation électrique, matériel électrique, partie active, masse, élément conducteur étranger, conducteur de protection, conducteur neutre, ainsi que protection contre les contacts directs, respectivement indirects.

Le prochain point de l'ordre du jour a été l'étude du document *71(Secrétariat)2,* Projet de recommandation concernant la section 3.3 — Système de transport. Les discussions soulevées par l'étude des mesures de protection contre les contacts directs et indirects ont conduit les délégués à constituer un Groupe de Travail No. 1 qui aura pour tâche d'étudier les recommandations élaborées dans ce domaine par le CE 64 pour les installations basse tension situées dans des bâtiments et de les adapter aux besoins du CE 71 qui doit tenir compte également d'installations à haute tensions. Ce Groupe de Travail aura en particulier pour tâche d'étudier tous les commentaires nationaux concernant les chiffres 3.3.1.1 jusqu'à et y compris 3.3.1.6 du document 71(Secrétariat)2. En ce qui concerne les câbles d'alimentation des systèmes de transport, chiffre 3.3.4, cette question sera revue par le secrétariat qui prendra au préalable contact avec le secrétariat du CE 20, Câbles électriques, dans le but d'harmoniser les travaux de ces deux Comités d'Etudes.

Sur la base des décisions prises à Paris, le secrétariat élaborera de nouveaux documents qui seront discutés à la prochaine séance du CE 71. Il est prévu de tenir celle-ci en mars 1973, en un lieu qui reste encore à déterminer. *Ch. Ammann*