**Zeitschrift:** Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins

**Herausgeber:** Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke

**Band:** 63 (1972)

**Heft:** 18

**Artikel:** Zur numerischen Berechnung von induzierten Schleifspannungen in der Umgebung von Blitzableitern

**Autor:** Müller, E. / Steinbigler, H. / Wiesinger, J.

**DOI:** https://doi.org/10.5169/seals-915730

**Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

**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. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

**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. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

**Download PDF:** 24.12.2025

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

# BULLETIN

DES SCHWEIZERISCHEN ELEKTROTECHNISCHEN VEREINS

Gemeinsames Publikationsorgan des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins (SEV) und des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätswerke (VSE)

## Zur numerischen Berechnung von induzierten Schleifenspannungen in der Umgebung von Blitzableitern [1])

Von *E. Müller, H. Steinbigler, J. Wiesinger*

621.316.933 : 621.3.015.12

*In der Umgebung von Blitzableitern werden in metallischen Installationsschleifen Spannungen induziert, deren Kenntnis für die optimale Gestaltung einer Blitzschutzanlage notwendig erscheint. Als Mass für die Grösse des induzierenden magnetischen Flusses dient eine geometrische Charakteristik G, die mit einem vorgestellten Rechenprogramm für Digitalrechner für beliebig geführte Blitzableitungen und ebene Schleifen berechnet werden kann. Anhand einer Reihe von praxisbezogenen Beispielen werden die Möglichkeiten des angegebenen Rechenverfahrens dargelegt und die Ergebnisse hinsichtlich der einzuhaltenden überschlagsicheren Abstände diskutiert.*

*Aux alentours d'installations de protection contre la foudre, des tensions sont induites dans des boucles métalliques d'installation, de sorte qu'il importe de les connaître, afin de pouvoir aménager d'une facon optimale d'installation de protection contre la foudre. Pour la grandeur du flux magnétique inducteur, on peut se baser sur une caractéristique géométrique G, qui, selon un programme de calcul préétabli pour calculateur numérique, peut être calculée pour des organes capteurs ou descentes quelconques et des boucles planes. A l'aide d'une série d'exemples tirés de la pratique, on examine les possibilités du procédé de calcul indiqué et les résultats obtenus, en ce qui concerne les distances à observer pour éviter sûrement des claquages.*

### 1. Einführung

Für viele Aufgaben der Blitzschutztechnik ist es von Bedeutung, die Höhe der Spannungen zu kennen, die in der Umgebung von Blitzableitern in metallischen Installationsschleifen induziert werden. Dies ist sowohl Voraussetzung für die Festlegung von überschlagsicheren Abständen – d. h. von zulässigen Näherungen — zwischen Blitzableitungen und Installationsteilen als auch für die Entwicklung von Überspannungsschutzmassnahmen für elektronische Geräte, wie Antennenverstärker, Rundfunk- und Fernsehempfänger und Steuergeräte für Nachtstromspeicherheizungen. In diesen Geräten werden in zunehmendem Umfang elektronische Halbleiterbauelemente eingesetzt, die in besonderem Masse überspannungsempfindlich sind, was in einer Zunahme der Schadenshäufigkeit infolge Blitzeinwirkungen in den letzten Jahren zum Ausdruck kommt.

### 2. Grundlagen der Berechnung

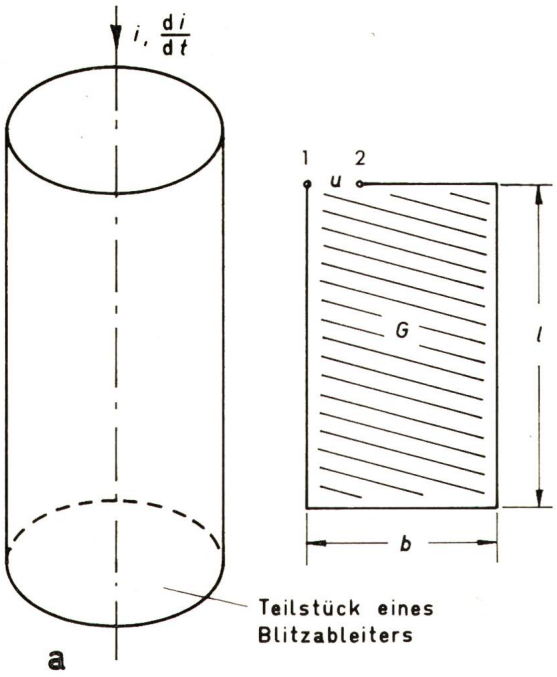
Zur näheren Erläuterung des Problems seien zwei grundsätzliche Schleifenanordnungen der Fig. 1 herangezogen. In Fig. 1a ist eine von dem Blitzableiter galvanisch getrennte, offene Schleife dargestellt. Die zwischen den Punkten *1* und *2* auftretende Spannung $u$ ergibt sich allein auf Grund der magnetischen Flussänderung in der Schleife, hervorgerufen durch die Stromänderung $di/dt$ im Blitzableiter. Als Mass für die Grösse des Flusses kann eine geometrische Charakteristik $G$ angesetzt werden [1; 2] [2]).

Bei einer mit dem Blitzableiter verbundenen Schleife nach Fig. 1b setzt sich die zwischen den Punkten *1* und *2* auftretende Spannung $u$ aus zwei Summanden zusammen: Den ersten Summanden bildet wiederum die infolge der Flussänderung induzierte Spannung, analog wie bei der Anordnung der Fig. 1a, der zweite Summand ist der Ohmsche Spannungsfall längs der Mantellinie des Blitzableiters, der gleich ist dem Produkt aus der Stromdichte $J_0$ an der Leiteroberfläche, dem spezifischen Widerstand $\varrho$ des Ableiters und der Leiterlänge $l$. Die Stromdichte $J_0$ unterscheidet sich infolge des Skineffektes, der bei den rasch veränderlichen Blitzströmen berücksichtigt werden muss, von der mittleren Stromdichte.

Die maximalen induzierten Spannungen sind bei den negativen multiplen Wolke—Erde-Blitzen zu erwarten. Bei den der ersten Entladung folgenden Blitzen steigt der Strom fast geradlinig von Null bis zum Scheitelwert an [3]. Auf Grund einer statistischen Auswertung von Messergebnissen von [3] kann aus [4] für die maximale Stirnstromsteilheit der Folgeblitze ein Wert von 80 kA/µs entnommen werden, der nur von 5 % der Blitze überschritten wird. Dieser lineare Stromanstieg von 80 kA/µs liegt den weiteren Betrachtungen zugrunde.

[1]) Wesentlich erweiterte Fassung eines Referates zur 11. Internationalen Blitzschutzkonferenz 1971 in München.

[2]) Siehe Literatur am Schluss des Aufsatzes.



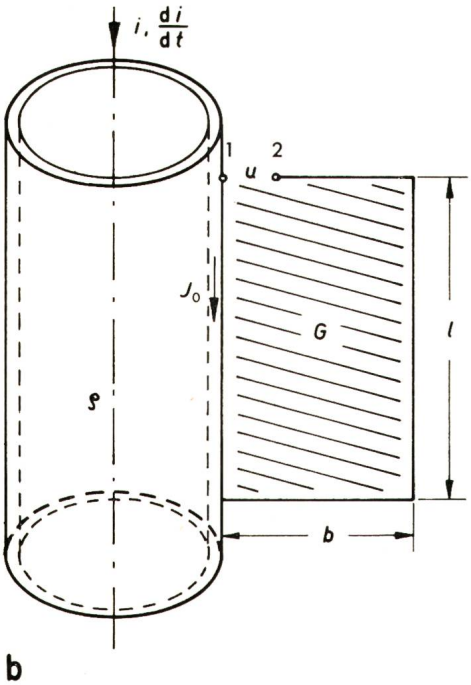




Fig. 1
**Prinzipielle Schleifenanordnungen**

| | |
|---|---|
| $b$ | Schleifenbreite |
| $l$ | Schleifenlänge |
| $\varrho$ | spezifischer Widerstand des Blitzableiters |
| $G$ | geometrische Charakteristik |
| $i$ | Blitzstrom |
| $\frac{di}{dt}$ | Blitzstromänderung |
| $u$ | Schleifenspannung |
| $J_0$ | Stromdichte an der Leiteroberfläche |

Zunächst ist es sicherlich von Interesse, den Anteil an der Spannung $u$ zwischen den Punkten *1* und *2* der Fig. 1b, der durch das Produkt aus $J_0$, $\varrho$ und $l$ gegeben ist, in Relation zu setzen zu dem durch $G$ bestimmten Spannungsanteil. Während des Stromanstieges innerhalb etwa einer Mikrosekunde kann eine den spezifischen Widerstand $\varrho$ merklich

*Ohmsche Spannungsfälle längs der Mantellinie bei zylindrischen Kupferleitern*

Tabelle I

| Leiterquerschnitt mm² | 10 | 25 | 50 | 100 |
|---|---|---|---|---|
| Spannung $\varrho \cdot J_0$ kV/m | 1,23 | 0,77 | 0,54 | 0,38 |

$\varrho$ spezifischer Widerstand (für Cu bei 20 °C ist $\varrho = 0{,}0178\ \Omega\text{mm}^2/\text{m}$)
$J_0$ Stromdichte an der Leiteroberfläche

erhöhende Erwärmung des Blitzableiters ausgeschlossen werden, so dass für $\varrho$ der Wert bei Umgebungstemperatur angesetzt werden kann.

Mit einer digitalen Berechnungsmethode, die einer späteren Veröffentlichung vorbehalten sein soll, wurden für Kupferableiter mit Querschnitten von 10, 25, 50 und 100 mm² die zeitlichen Verläufe von $J_0$ bei einem Blitzstromanstieg auf 80 kA innerhalb einer Mikrosekunde berechnet und in Fig. 2 aufgetragen. Somit ergeben sich beim Erreichen des Stromscheitelwertes nach einer Mikrosekunde die in der Tabelle I zusammengestellten maximalen Spannungen für die einzelnen Leiterquerschnitte.

Da die Ohmschen Spannungen längs der Mantellinie des Blitzableiters in der Grössenordnung von einem kV pro Meter Länge liegen, können sie gegenüber den induzierten Spannungen während des Blitzstromanstieges in der Grössenordnung von 100 kV pro Quadratmeter Schleifenfläche in der Regel vernachlässigt werden. Deshalb wird bei den weiteren Betrachtungen nur noch die infolge der Flussänderung in den Schleifen induzierte und durch $G$ charakterisierte Spannung berücksichtigt.

Der Maximalwert dieser Schleifenspannung errechnet sich, wie in [1] und [2] näher ausgeführt ist, nach folgender Beziehung:

$$(U_s)_{max} = \zeta \cdot 0{,}1\, G \left(\frac{di}{dt}\right)_{max} \quad \text{(kV)} \qquad (1)$$

wobei die geometrische Charakteristik $G$ in m und die maximale Stromänderung $(di/dt)_{max}$ in kA/µs einzusetzen sind.

$\zeta$ ist ein Faktor, der die Reflexionsverhältnisse am Erdeinführungspunkt berücksichtigt [2]. Er kann Werte zwischen 1 und 2 annehmen: Der Wert 1 würde sich bei einem Erdungswiderstand gleich dem Wanderwellenwiderstand der Blitzableitung ergeben, der Wert 2 bei einem Erdungswiderstand gleich Null.

Für den ungünstigsten Fall mit $\zeta = 2$ und für 80 kA/µs geht die Gl. (1) in Gl. (2) über:

$$(U_s)_{max} = 16\, G \quad \text{(kV)} \qquad (2)$$

Eine Berechnung der geometrischen Charakteristik $G$ der Gl. (2) in geschlossener Form ist nur für einige einfache Anordnungen möglich [1], während für beliebig geführte Blitzableitungen und Schleifen auf numerische Näherungsverfahren zurückgegriffen werden muss. Aus diesem Grunde wurde ein Rechenprogramm für Digitalrechner erstellt, mit dem für ebene und offene Schleifen sowie beliebig geführte Blitzableitungen die geometrischen Charakteristiken $G$ bestimmt werden können. Zur Berechnung der maximalen induzierten Spannungen muss neben der geometrischen Charakteristik auch die Blitzstromaufteilung auf die einzelnen

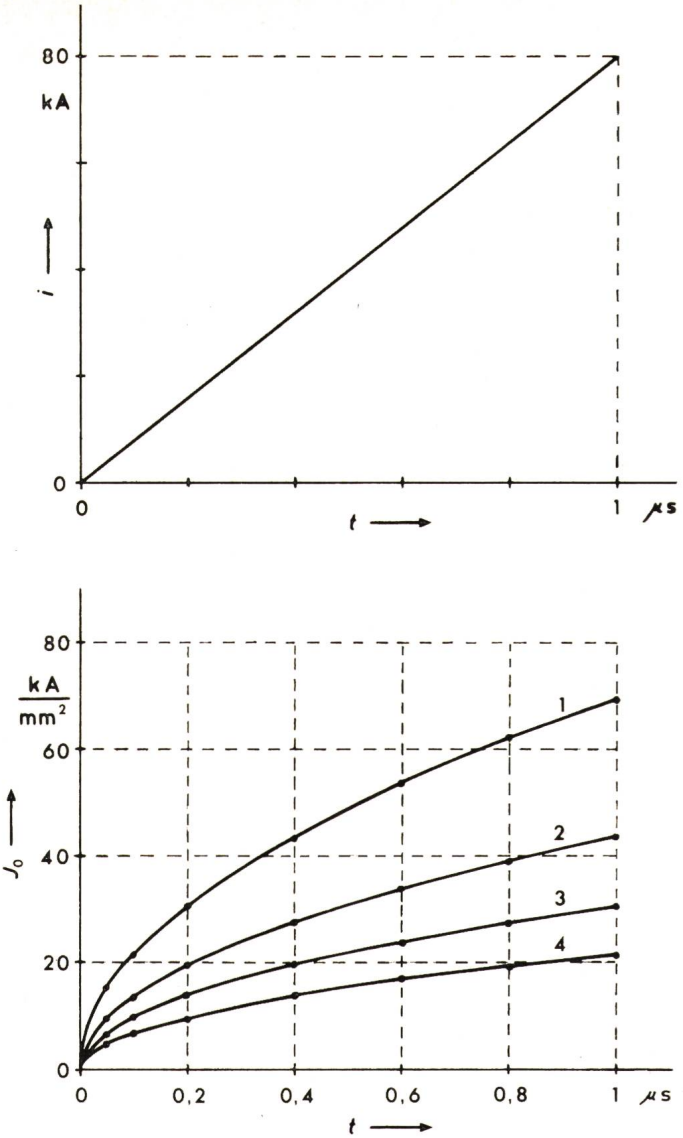



Fig. 2
**Zeitlicher Verlauf des Blitzstromes und der Stromdichte an der Leiteroberfläche**

Leiterquerschnitte:
*1* 10 mm²
*2* 25 mm²
*3* 50 mm²
*4* 100 mm²
*t* Zeit

Weitere Bezeichnungen siehe Fig. 1

Ableitungen bekannt sein; sie lässt sich bei symmetrischer Ableiterführung — wie sie in der Praxis in vielen Fällen gegeben ist — einfach ermitteln.

Für die Berechnung der in einer ebenen, offenen Schleife nach Fig. 3 induzierten Spannung müssen folgende Vorbereitungen getroffen werden:

Zunächst ist die Schleife als Polygonzug darzustellen, und die stromführenden Ableitungen sind in geradlinige Teilstücke zu zerlegen. Weiterhin ist die Stromaufteilung und damit die anteilige Stromsteilheit $di/dt$ auf die einzelnen Ableitungen festzulegen. Eingabedaten für das Rechenprogramm sind die Koordinaten der einzelnen Eckpunkte der Schleife und der Ableitungen. Hierzu muss ein Koordinatensystem eingeführt werden, das zweckmässigerweise so gewählt wird, dass die betrachtete Schleife in der $x$—$y$-Ebene liegt.

*Induzierte Spannungen in der Anordnung von Fig. 5*

Tabelle II

| Schleife | $(U_s)_{max}$ kV | $a$ cm |
|---|---|---|
| 1 | 1330 | 88,7 |
| 2 | 1560 | 104 |
| 3 | 1820 | 121 |
| 4 | 2050 | 137 |

$(U_s)_{max}$ maximale induzierte Spannung
$a$ zulässige Näherung

Wie aus dem in Fig. 4 dargestellten Flussdiagramm hervorgeht, werden die geometrischen Charakteristiken der einzelnen Ableitungen bezüglich der betrachteten Schleife berechnet. Zusammen mit den entsprechenden anteiligen Stromsteilheiten in den einzelnen Ableitungen lassen sich die jeweils induzierten Spannungen ermitteln; durch Superposition erhält man schliesslich die maximale induzierte Schleifenspannung.

Auf eine weitergehende Erläuterung des Rechenverfahrens soll hier verzichtet werden; es erscheint sinnvoller, einige praxisbezogene Beispiele vorzustellen und zu diskutieren.

## 3. Beispiele

Um den Einfluss des stromführenden Blitzkanals annähernd zu erfassen, wird er bei allen Berechnungen durch ein 50 m langes Leiterstück idealisiert nachgebildet.

Zur Abschätzung der einzuhaltenden Sicherheitsabstände in Luft, die aus den induzierten Spannungen resultieren,

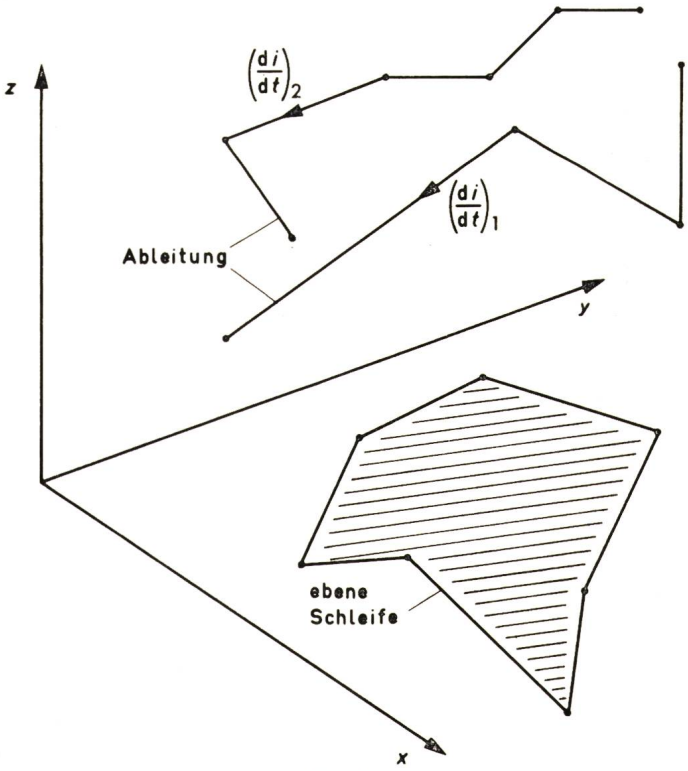



Fig. 3
**Zur Berechnung der induzierten Spannung in einer ebenen Schleife**

$x$, $y$, $z$ Koordinaten

$\left(\frac{di}{dt}\right)_1$ und $\left(\frac{di}{dt}\right)_2$ anteilige Blitzstromsteilheiten

wird eine Durchschlagfestigkeit der Luftstrecken von 15 kV/cm als Anhaltswert angenommen.

### *3.1 Erstes Beispiel*

In Fig. 5 wird eine Anordnung gezeigt, die als eine Firstleitung mit 2 senkrechten Ableitungen aufgefasst werden kann. Die Abmessungen betragen 20 m für die Firstleitung und je 10 m für die beiden Ableitungen. Der Blitzstrom teilt sich auf die beiden Ableitungen gleichmässig auf.

Berechnet wurde die in der schraffierten Schleife induzierte Spannung, wobei die Schleifenbreite von 2,50 m bis 10 m variiert wurde. Die für die einzelnen Schleifenkonfi-

**Vorbereitung:**

1. Zerlegen der ebenen Schleife in einen Polygonzug. Festlegung der $x$, $y$-Koordinaten der Polygoneckpunkte.
2. Festlegen der Stromaufteilung auf die $M$ einzelnen Teilleiter mit der Ordnungszahl $P$.
3. Zerlegen der einzelnen Teilleiter $P$ in $N$ geradlinige Abschnitte mit der Ordnungszahl $K$. Festlegen der $x$, $y$, $z$-Koordinaten der Teilleiter-Eckpunkte.

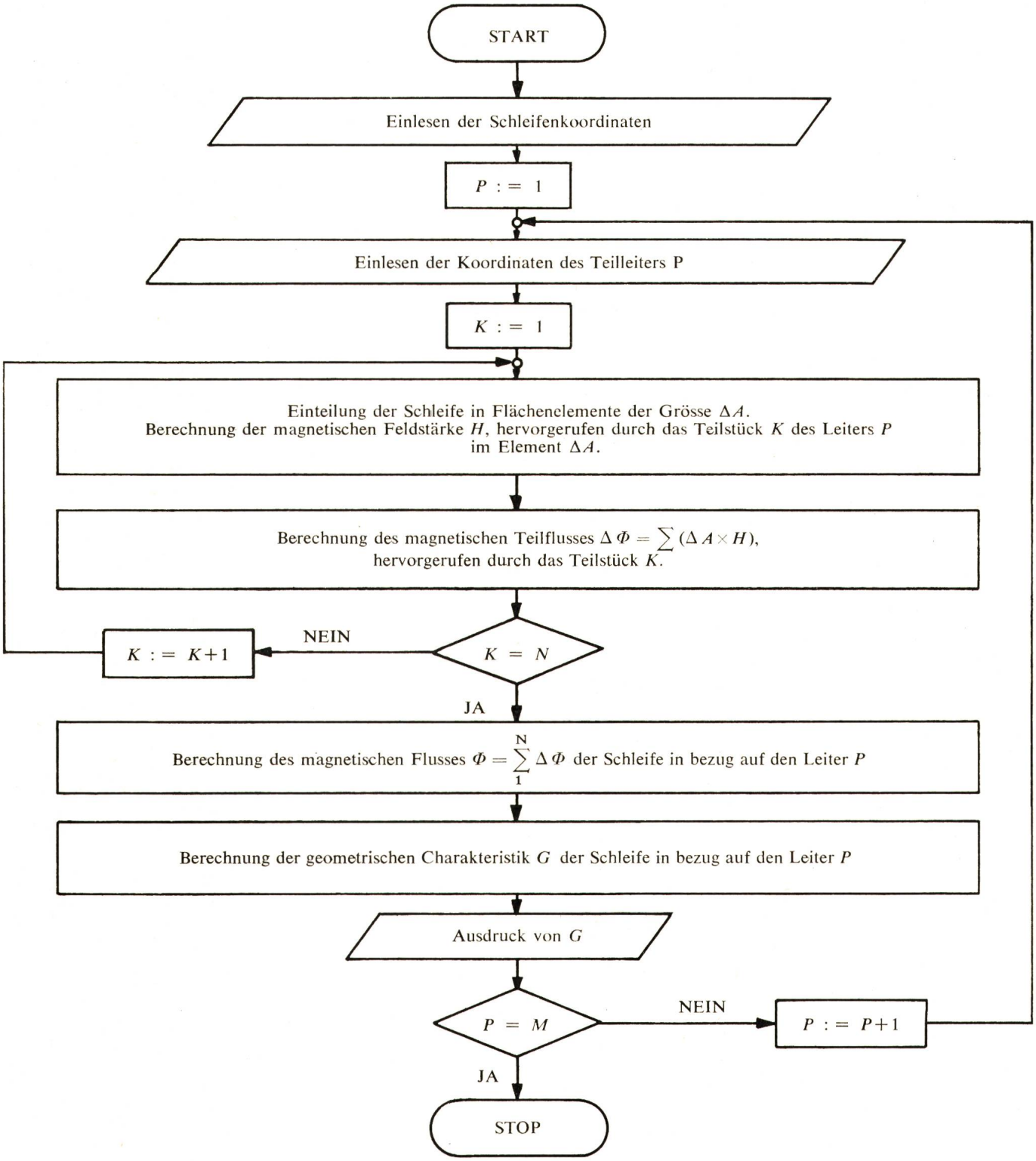



Fig. 4
**Flussdiagramm**

*Induzierte Spannungen in der Anordnung der Fig. 8*

Tabelle III

| Zahl der Ableitungen | $(U_s)_{max}$ kV | $a$ cm |
|---|---|---|
| 1 | 7840 | 523 |
| 2 | 3360 | 224 |
| 4 | 1380 | 92,0 |
| 8 | 512 | 34,1 |

$(U_s)_{max}$ maximale induzierte Spannung
$a$ zulässige Näherung

gurationen bestimmten Spannungen sind in der Tabelle II aufgeführt, zusammen mit dem notwendigen Sicherheitsabstand $a$ in Luft. Man erkennt, dass sich je Quadratmeter Schleifenfläche induzierte Spannungen von 20,5 kV (Schleife 4) bis 53,3 kV (Schleife 1) ergeben.

### *3.2 Zweites Beispiel*

Es wird nunmehr ein Gebäudeblitzableiter nach Fig. 6 betrachtet. Aus der Figur gehen die geometrischen Abmessungen und die Stromaufteilung auf die symmetrisch angeordneten Ableitungen hervor. Die Erdeinführung des Blitzstromes wird durch zwei 8 m lange Stromfäden im Boden angenähert. Für die betrachtete, schraffierte Schleife erhält man eine maximale Schleifenspannung $(U_s)_{max}$ von 1490 kV entsprechend einer Spannung von 29,8 kV pro Quadratmeter Schleifenfläche und einen notwendigen Sicherheitsabstand $a$ von 99,3 cm.

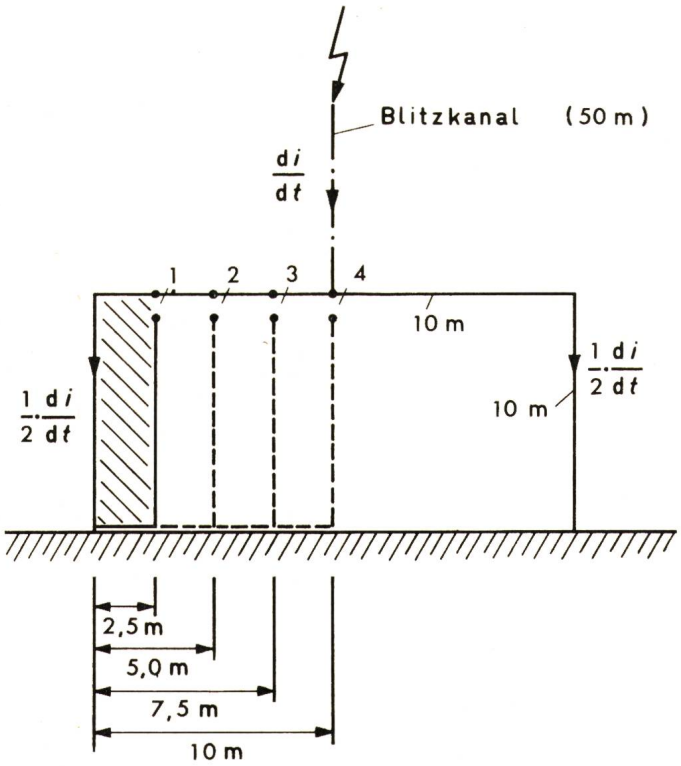



Fig. 5
**Erstes Beispiel**

$\frac{di}{dt}$ Blitzstromsteilheit

Leiterquerschnitt = 50 mm²

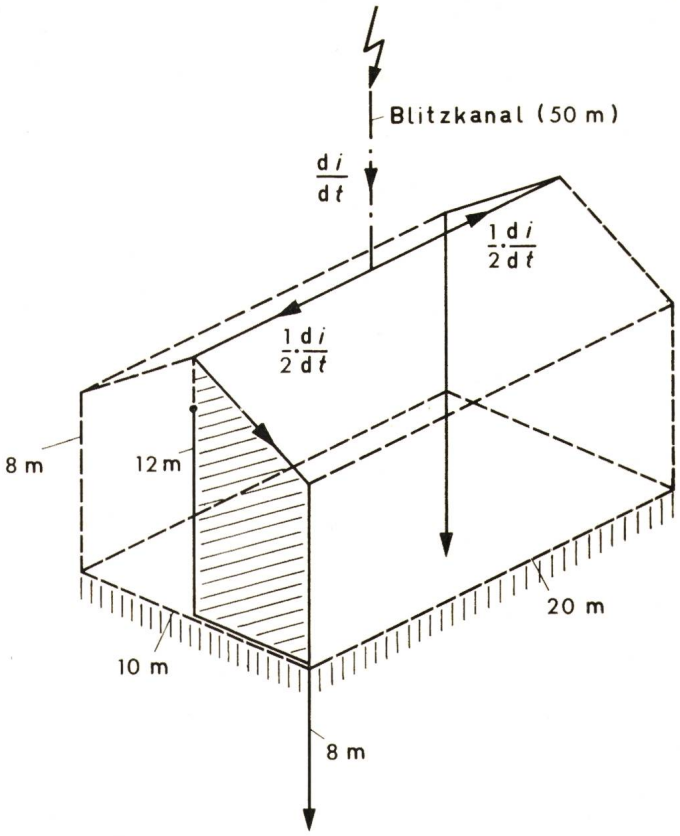



Fig. 6
**Zweites Beispiel**

Bezeichnungen siehe Fig. 5

### *3.3 Drittes Beispiel*

Ein Campingzelt sei gemäss der Fig. 7 aufgebaut, aus der die geometrischen Abmessungen und die Blitzstromaufteilung hervorgehen. Die Blitzstromableitung in den Boden wird durch vier konzentriert angenommene Stromfäden simuliert. Für die betrachtete, schraffierte Schleife — die beispielsweise durch eine im Zelteingang stehende Person gebildet werden kann — errechnet sich eine maximale induzierte Spannung $(U_s)_{max}$ von 133 kV, entsprechend 36,2 kV pro Quadratmeter Schleifenfläche. Soll ein Überschlag vermieden werden, so muss ein Sicherheitsabstand von etwa 9 cm eingehalten werden.

### *3.4 Viertes Beispiel*

An einem Beispiel nach Fig. 8, in der ein Turm mit verschieden vielen Ableitungen betrachtet wird, soll gezeigt werden, wie sich die Höhe der induzierten Spannung und damit der notwendige Sicherheitsabstand mit zunehmender Parallelschaltung der Ableitungen erniedrigt. Die Erdeinführung des Blitzstromes wird durch einen 6 m langen Stromfaden simuliert. In Tabelle III sind die in der eingezeichneten Schleife berechneten Spannungen bei 1, 2, 4 und 8 Ableitungen aufgeführt. Die Ergebnisse der Tabelle III lassen erkennen, dass bei einer Verdoppelung der Anzahl der Ableitungen die induzierten Spannungen und damit auch die notwendigen Sicherheitsabstände um mehr als die Hälfte zurückgehen. Bei der vorliegenden Anordnung ergeben sich pro Quadratmeter Schleifenfläche Spannungen von 52,3 kV bei einer Ableitung und von 3,41 kV bei 8 Ableitungen.

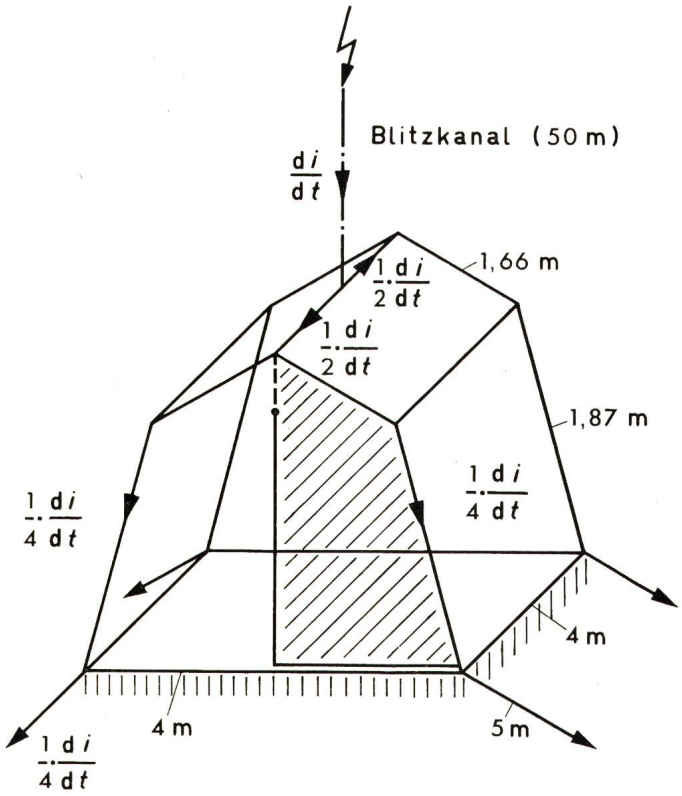



Fig. 7
**Drittes Beispiel**
Gestängedurchmesser = 2 cm
Bezeichnungen siehe Fig. 5

### *3.5 Fünftes Beispiel*

Um das Wetterradar von Flugzeugen gegen Blitzeinschläge zu schützen, werden üblicherweise auf dem elektrisch nicht leitenden Radom metallische Blitzschutzstreifen angebracht, die mit dem Rumpf des Flugzeuges gemäss Fig. 9 leitend verbunden sind. Bei einem Einschlag in einen Blitzschutzstreifen muss sichergestellt sein, dass zwischen dem Blitzschutzstreifen und dem stabförmigen Feedhorn des Radars ein so grosser Sicherheitsabstand realisiert ist, dass ein Überschlag infolge induzierter Spannung ausgeschlossen werden kann. In Fig. 10 ist eine vereinfachte Nachbildung eines Blitzschutzstreifens und des Radarsystems angegeben. Der Blitzkanal wird durch einen 50 m langen Stromfaden simuliert. Die maximale in der schraffierten Fläche induzierte Spannung, die an der Näherungsstrecke auftritt, errechnet sich nach Gl. (1), wenn der Faktor $\zeta$ gleich 1 gesetzt wird.

*Induzierte Spannungen zwischen Feedhorn und Blitzschutzstreifen der Anordnung in Fig. 10*

Tabelle IV

| | Stromverteilung nach Fig. 11A | | Stromverteilung nach Fig. 11B | |
|---|---|---|---|---|
| | $(U_S)_{max}$ kV | $a$ cm | $(U_S)_{max}$ kV | $a$ cm |
| Schleife $a$ | 68,5 | 4,56 | 85,6 | 5,71 |
| Schleife $b$ | 78,8 | 5,25 | 62,6 | 4,17 |

$(U_S)_{max}$ maximale induzierte Spannung
$a$ zulässige Näherung

Da es sich bei den Blitzschutzstreifen um rechteckförmige Leiter handelt, treten unterschiedliche induzierte Spannungen auf, je nachdem, ob die Schleife entlang der Aussenkante des Streifens oder durch die Streifenmitte geführt wird. Um den Einfluss der verschiedenen Schleifenführungen und auch den Einfluss der Stromverteilung im Blitzableiterstreifen infolge des Skineffektes auf die induzierte Spannung zu bestimmen, werden einige Extremfälle den Berechnungen zugrunde gelegt.

Für eine erste Stromverteilung wird von der Annahme ausgegangen, dass sich der Strom wie bei einer Gleichstrombeanspruchung gleichmässig über den Leiterquerschnitt verteilt. Wie aus Fig. 11A ersichtlich ist, wird eine Diskretisierung der in Wirklichkeit gleichmässigen Stromverteilung derartig vorgenommen, dass sich 21 Stromfäden in einem Abstand von 1 mm in dem 20,8 mm breiten und 0,8 mm dicken Leiter befinden.

Bei einer zweiten Stromverteilung wird angenommen, dass infolge einer extremen Stromverdrängung der Strom nur in den äussersten Kanten fliesst. Gemäss Fig. 11B wird bei dieser Stromverteilung der Strom in zwei Stromfäden im Abstand von 20 mm fliessend angenommen.

Mit diesen beiden Konfigurationen werden sicherlich alle möglichen Stromverteilungen überstrichen.

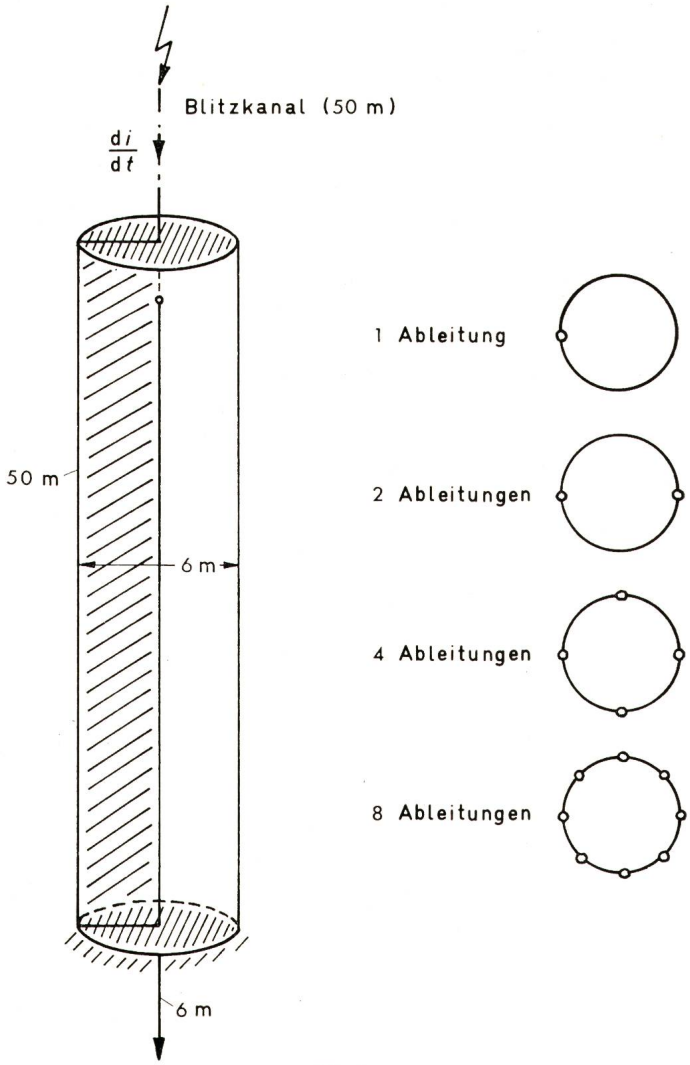



Fig. 8
**Viertes Beispiel**
Bezeichnungen siehe Fig. 5

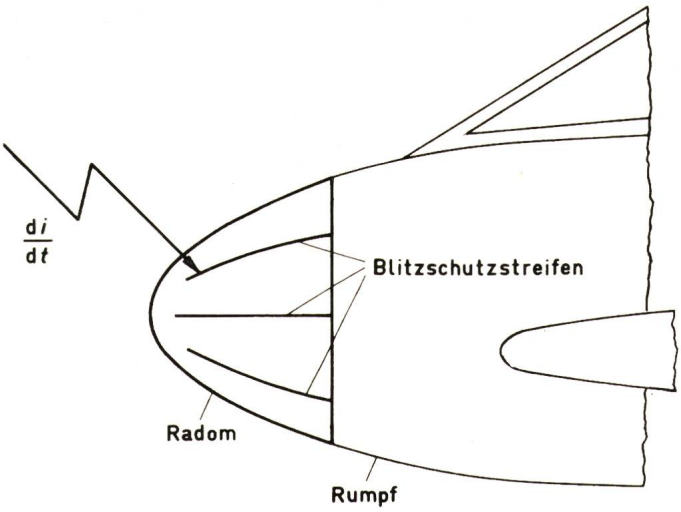



Fig. 9
**Blitzschutzstreifen auf dem Radom eines Flugzeuges**
Bezeichnungen siehe Fig. 5

Die in der Fig. 10 definierte Schleife wird einmal so geführt, dass sie entlang einer Kante des Blitzschutzstreifens verläuft (Schleife *a* in Fig. 11), zum anderen wird sie in die Mitte des Streifens gelegt (Schleife *b* in Fig. 11). Die Induktionsschleife wird durch die innenliegende Oberfläche des Blitzschutzstreifens begrenzt.

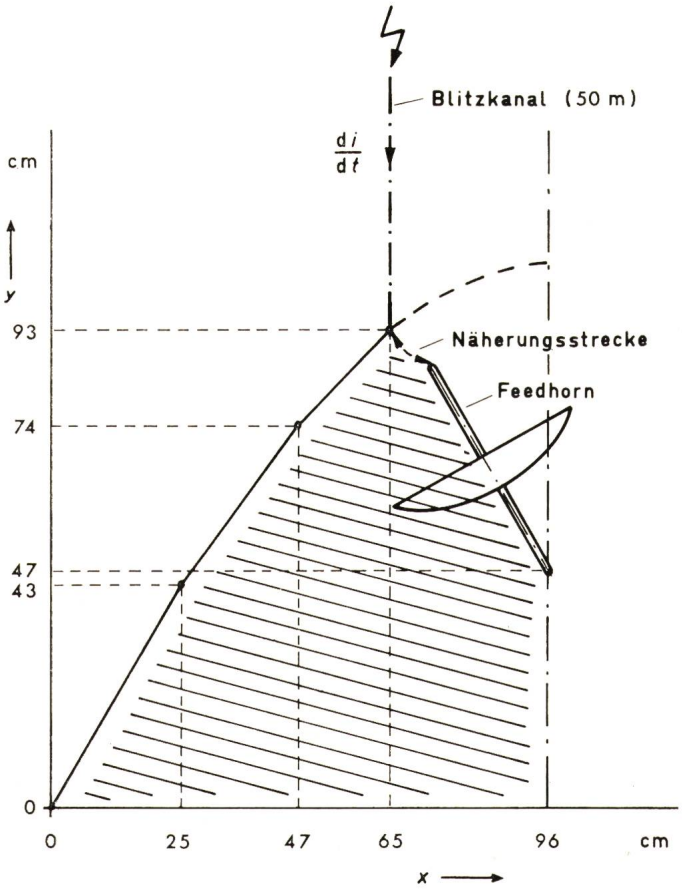



Fig. 10
**Vereinfachte Schleife, gebildet durch Feedhorn, Blitzschutzstreifen und Rumpf**
*x, y* Koordinaten
Weitere Bezeichnungen siehe Fig. 5

Die induzierten Spannungen, die sich für die 4 Extremfälle errechnen, sind in Tabelle IV zusammengestellt. Die niedrigste Spannung ergibt sich bei extremer Stromverdrängung und der Schleifenführung *b*, die höchste bei extremer Stromverdrängung und der Schleifenführung *a*. Bei einem Sicherheitsabstand von 5,7 cm wird damit ein Überschlag vom Blitzschutzstreifen zum Feedhorn vermieden.

## 4. Schlussbetrachtungen

In den Blitzschutzbestimmungen der verschiedenen Länder sind die einzuhaltenden Sicherheitsabstände (zulässige Näherungen) zwischen der Blitzableitung und metallischen Teilen durch Faustformeln festgelegt. Die Näherung bestimmt sich hiernach zu $^1/_{10}$ bis $^1/_{20}$ der Blitzableiterlänge, die der jeweiligen Schleife zuzuordnen ist, welche

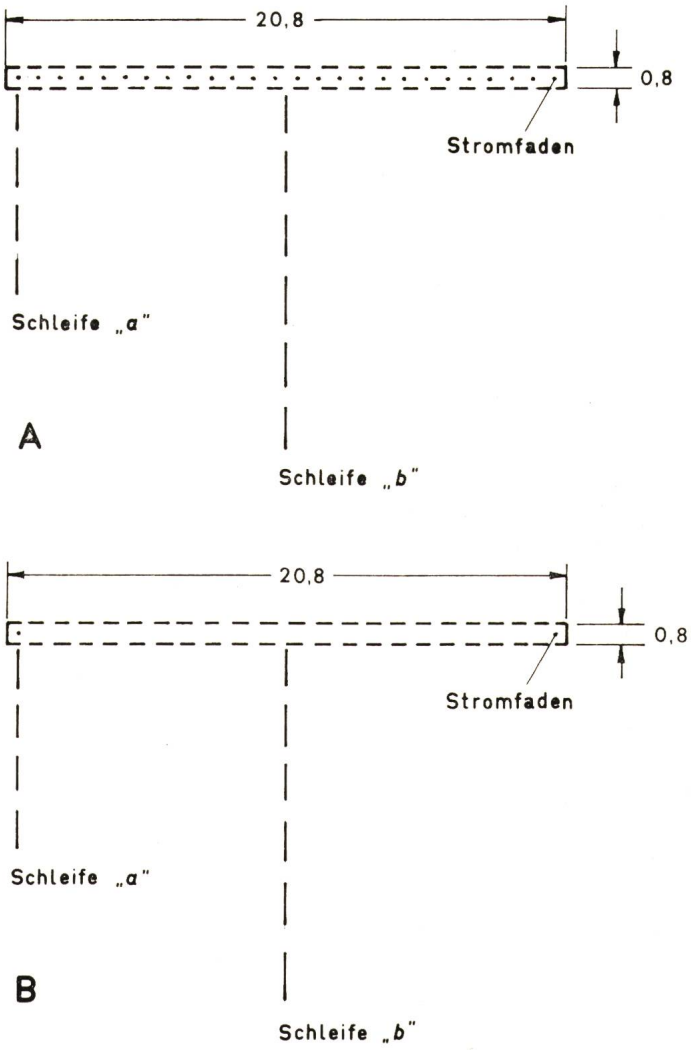



Fig. 11
**Zur Berechnung der induzierten Spannungen bei rechteckförmigen Leitern**

zusammen mit den metallischen Teilen gebildet wird (s. z. B. [5]). Diese Richtwerte können sicherlich für viele praktische Fälle einen Anhaltswert geben. Die Berechnungen für eine Reihe von praktischen Anordnungen haben allerdings gezeigt, dass entweder der empfohlene Sicherheitsabstand nicht voll ausreichend ist oder dieser Abstand gefahrlos reduziert werden könnte. Es erscheint deshalb sinnvoll, für typische

Blitzableiterführungen die induzierten Spannungen mit dem vorliegenden Programm zu berechnen und hieraus Richtwerte für den einzuhaltenden Sicherheitsabstand herzuleiten.

Bei unkonventionellen zu schützenden Objekten sollte man in jedem Falle für eine gesicherte Dimensionierung auf das Rechenprogramm zurückgreifen.

### Literatur


[1] *J. Wiesinger:* Bestimmung der induzierten Spannungen in der Umgebung von Blitzableitern und hieraus abgeleitete Dimensionierungsrichtlinien. Bull. SEV 61(1970)15, S. 669...676.

[2] *J. Wiesinger:* Ersatzschaltungen für Blitzableiter. Bull. SEV 62(1971)19, S. 936...941.

[3] *K. Berger* und *E. Vogelsanger:* Messungen und Resultate der Blitzforschung der Jahre 1955...1963 auf dem Monte San Salvatore. Bull. SEV 56(1965)1, S. 2...22.

[4] *J. Wiesinger:* Blitzgeschützte Campingzelte. Blitz und Erde, Mitteilungen aus dem Hause Dehn 1(1970)1, S. 4...17.

[5] Blitzschutz und allgemeine Blitzschutz-Bestimmungen. Bearbeitet und herausgegeben vom Ausschuss für Blitzableiterbau e. V. (ABB). 8. Auflage. Berlin, VDE-Verlag GmbH, 1968.



**Adresse der Autoren:**

Dipl. Ing. *E. Müller,* Wissenschaftlicher Mitarbeiter, Dr.-Ing. *H. Steinbigler,* Akademischer Oberrat, Priv. Doz., Dr.-Ing. *J. Wiesinger,* Wissenschaftlicher Rat, Institut für Hochspannungs- und Anlagentechnik der Technischen Universität München, Arcisstrasse 21, D-8000 München 2.


# HUBERT CECIL BOOTH

**1871 – 1955**

BVC Ltd.

Am 4. Juli 1871 kam Hubert Cecil Booth als sechstes Kind des Holzhändlers Abraham in Gloucester zur Welt. Er studierte Bauingenieur, arbeitete in einer Schiffbauanstalt und kam dann zu einer Firma, die Riesenräder baute, darunter auch das heute noch in Wien bestehende. Booth wandte dabei zum ersten Mal eine Berechnungsmethode an, bei der er eine gewisse Verformung zuliess. Kurz nachdem er ein eigenes Ingenieurbureau eröffnet hatte, bekam er den Auftrag, die Montagearbeiten einer grossen Brücke über Loch Etive in Schottland zu überwachen.

Im Jahre 1901 wohnte Booth in der St. Pancras Station in London der Vorführung eines Amerikaners bei, der eine Maschine zeigte, mit der Eisenbahnpersonenwagen gereinigt werden sollten, indem durch eine Düse Pressluft durchgeblasen wurde. Booth gefiel dieses «Staubaufwirbeln» nicht und sagte dem Erfinder, ob es nicht besser wäre, den Staub zu saugen. Dieser erwiderte, er habe es versucht, aber es sei nicht gegangen. Zu Hause kniete Booth auf den Teppich, breitete sein Taschentuch aus und sog an dessen Oberseite. Zu seiner grossen Befriedigung sah er, dass das Taschentuch auf der Unterseite vom Staub dunkel geworden war. Am folgenden Tag machte er sich ans Entwerfen. Noch im gleichen Jahr erhielt er das Patent für einen Staubsauger, bei dem der Staub in einem Stoffsack zurückgehalten wurde.

Zwar hatte Booth sein Versuchsmodell mit einem Elektromotor angetrieben, doch war zu jener Zeit ein Haus mit einem Elektrizitätsanschluss eine grosse Seltenheit. Booth wusste einen Ausweg. Die von ihm gegründete British Vacuum Company (BVC) baute fahrbare «Vakuum-Reiniger», anfänglich von Pferden gezogene Wagen, auf denen eine von einem Benzinmotor angetriebene Vakuumpumpe installiert war. Die fünfköpfige Bedienungsmannschaft rückte auf Bestellung wie die Feuerwehr aus und holte über aussen an den Häusern und durch die Fenster hochgezogene Schläuche den Staub aus Wohnungen und Kontoren. Die Zahl dieser Staubsaugerfahrzeuge – später waren es Automobile – wurde mit der Zeit stark vermehrt.

Auch für die Krönungsfeierlichkeiten König Eduards VI in der Westminsterabtei zu London wurde Booths Staubsaugerequipe aufgeboten. Das machte sein Unternehmen so bekannt, dass er ab und zu bei Teegesellschaften eine Staubsaugerdemonstration durchzuführen hatte. Im Buckinghampalast sowie im Schloss Windsor musste die BVC ortsfeste Staubsaugeanlagen einrichten.

Das Unternehmen unterhielt aber nicht nur den Reinigungsdienst. 1904 baute es den ersten tragbaren Staubsauger, einen mechanisch angetriebenen, bei dem eine Magd mit Hilfe einer Handkurbel die Vakuumpumpe anzutreiben hatte, während eine zweite Magd mit dem düsenbehafteten Saugschlauch arbeitete.

Der Ruf des Boothschen Staubsaugers stieg beträchtlich, als eines Tages ein Reinigungstrupp von der Polizei angehalten und in die staatliche Münzstätte zurückbeordert wurde. Dort hatte er nämlich Reinigungsarbeiten besorgt, und nach der Wegfahrt hatte man festgestellt, dass selbst der Goldstaub aufgesogen worden war. Daher mussten die Leute den Inhalt der Staubsäcke zurückbringen!

Booth bezeichnete seine Haushaltstaubsauger als lustige Spielzeuge. Das hatte wohl auch seine Berechtigung, bis um 1923 der elektrische Haushaltstaubsauger seinen Eroberungsfeldzug antrat.

Booth besass die bemerkenswerte Gabe, dass er jedes technische Problem, das er anpackte, auch einer Lösung zuführte. In allem war er peinlich genau, weshalb seine Konstruktionen reif waren. Seine Rechtschaffenheit und sein Charme trugen dazu bei, dass er überall beliebt und geachtet wurde.

Booth heiratete 1903. Sein Ingenieurbüro betrieb er bis 1941, und die Leitung der BVC behielt er sogar bis 1952. Zuletzt wohnte er in Croydon, wo er, betrauert von zwei Söhnen, am 14. Januar 1955 starb.

*H. Wüger*