

Die Koronaeinsatzspannung von Gitterelektroden

Autor(en): **Singer, H.**

Objektyp: **Article**

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

Band (Jahr): **61 (1970)**

Heft 9

PDF erstellt am: **12.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-915937>

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.

BULLETIN

DES SCHWEIZERISCHEN ELEKTROTECHNISCHEN VEREINS

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

Die Koronaeinsatzspannung von Gitterelektroden

Von H. Singer, München

703-709

621.3.032.24:621.3.018.782.3

Am Beispiel von ebenen Gittern, Gitterzylindern und Gitterkugeln wird die Berechnung und die Messung der Einsatzspannung von Gitterelektroden dargestellt. Die Berechnung der Einsatzfeldstärke erfolgt mit Hilfe der Townsendschen Theorie und ergibt Werte, die etwa 5...10 % unter den Werten von Einzeldrähten liegen. Die Einsatzspannungen, die damit erhalten werden, erreichen fast die Grösse der Einsatzspannungen von unvergitterten Elektroden. Durch die Messung der Anfangsspannung, die eine gute Übereinstimmung mit den Rechenergebnissen zeigt, wird eine starke Abhängigkeit von der Oberflächenbeschaffenheit deutlich. Die Messung lässt weiterhin erkennen, dass im Bereich der untersuchten Drahtdurchmesser wie bei Einzeldrähten der Einsatz bei positiver Gleichspannung etwas früher erfolgt als bei negativer Polarität und dass der Einsatz bei Wechselfeldspannung etwa dem bei positiver Gleichspannung entspricht.

Le calcul et la mesure de la tension d'effet de couronne des électrodes à grilles sont illustrés par l'exemple des grilles planes, cylindriques et sphériques. Le calcul de l'intensité de champ d'effet de couronne est effectué à l'aide de la théorie de Townsend et fournit des valeurs de 5...10 % inférieures aux valeurs des fils individuels. Les tensions d'effet de couronne ainsi obtenues atteignent presque l'ordre de grandeur des tensions d'effet de couronne des électrodes dépourvues de grilles. La mesure de la tension initiale, qui indique une excellente concordance avec les résultats des calculs, présente distinctement une forte dépendance de la structure de la surface. Cette mesure décèle en outre, que l'effet de couronne se produit dans le domaine des fils examinés, de même que dans les fils individuels un peu plus tôt à la tension continue positive qu'à la polarité négative, et que l'effet de couronne à la tension alternative correspond approximativement à celui de la tension positive continue.

1. Einleitung

Zur Berechnung der Koronaeinsatzspannung sind als entscheidende Grössen die Geometrie der Elektrodenanordnung und die Einsatzfeldstärke E_d erforderlich. Aus der Geometrie ergeben sich der Elektrodenabstand a und der Schwaigersche Ausnutzungsfaktor η . Mit diesen drei Grössen lässt sich die Koronaeinsatzspannung U_d nach der Formel

$$U_d = E_d a \eta \quad (1)$$

berechnen. Die Ausnutzungsfaktoren, deren Berechnung in einem anderen Aufsatz [1]¹⁾ gezeigt wird, liegen in der Grössenordnung von 20...30 %. In dem vorliegenden Beitrag soll die Ermittlung der Einsatzfeldstärke und der Einsatzspannung beschrieben werden.

2. Berechnung der Einsatzfeldstärke

Zur Berechnung der Einsatzfeldstärke mit Luft als Dielektrikum wird die Townsendsche Theorie herangezogen. Wenn vorausgesetzt wird, dass jedes negative Teilchen auf seinem Weg zwischen den Elektroden pro cm Weglänge α neue positive und α neue negative Teilchen ionisiert, setzt nach dieser Theorie die selbständige Entladung dann ein, wenn jedes negative Teilchen eine bestimmte Anzahl K neuer Teilchen ionisiert. In Gleichungsform angeschrieben lautet dieser Satz

$$\int_{a-s}^a \alpha dz = K \quad (2)$$

wenn die Geometrie von Fig. 1 zugrundegelegt wird, wo sich als Elektroden eine leitende Ebene auf der Höhe $z = 0$ und ein Gitter im Abstand a gegenüberstehen. Die Integration

¹⁾ Siehe Literatur am Schluss des Aufsatzes.

Gegenüberstellung von Konstanten verschiedener Autoren

Tabelle I

Autor	$\frac{1}{A}$ in $\frac{(\text{kV})^2}{\text{cm}}$	B in $\frac{\text{kV}}{\text{cm}}$
Schumann	47,6	24,5
Lau	42,64	24,4
Schröder	45,16	24,36

erfolgt dabei entlang der kürzesten Feldlinie, sie beginnt auf $z = a - s$, der Grenze der Ionisierungszone, und endet auf einem Gitterdraht in der Höhe $z = a$. Die Ionisierungszahl α , die von der Feldstärke abhängig ist, kann durch Messung der Durchbruchfeldstärke E_d im Homogenfeld gewonnen werden, woraus Schumann [2] den Ansatz

$$\frac{\alpha}{K} = A(E - B)^2 \quad (3)$$

erhielt. A und B bezeichnen die Konstanten und E die Feldstärke. Damit wird die Entladebedingung:

$$\int_{a-s}^a (E - B)^2 dz = \frac{1}{A} \quad (4)$$

Mit den Werten von Lau [3] und Schröder [4], die die Durchschlagspannung bzw. -feldstärke des Homogenfeldes in Abhängigkeit des Elektrodenabstandes angegeben haben, sowie den Werten von Schumann ergeben sich für Luft mit Normalbedingungen (20 °C, 760 Torr) die in Tabelle I gegenübergestellten Grössen.

Die Werte von E_d , die mit diesen drei voneinander verschiedenen Wertepaaren erhalten werden, differieren im Durchschnitt um knapp 3 %. Da die Ergebnisse mit den Konstanten A und B nach Schröder in der Mitte liegen, sollen diese Konstanten zur Berechnung herangezogen werden.

Unter Zugrundelegung des beschriebenen Rechenganges zeigt sich, dass die Einsatzfeldstärken in entscheidendem Mass vom Drahtdurchmesser des Gitters abhängen. Eine geringere Abhängigkeit ergibt sich bei einer Veränderung der Gittermaschenweite. E_d wird umso kleiner, je mehr die Maschenweite abnimmt, und hat für sehr grosse Maschenweiten den Wert eines Einzeldrahtes desselben Durchmessers. Für ein Zweiebenengitter nach Fig. 1 mit dem Drahtdurchmesser von 1 mm erhält man in Abhängigkeit der Maschen-

Einsatzfeldstärken von Gittern

Tabelle II

Drahtdurchmesser mm	Maschenweite mm	Einsatzfeldstärke kV/cm
1	5	60,7
	10	70,9
	20	72,5
	30	73,0
	50	73,6
	100	74,0

weite die in der Tabelle II zusammengestellten Einsatzfeldstärken.

Eine Abhängigkeit der Einsatzfeldstärke vom Abstand zwischen Gitter und Ebene ist nicht feststellbar.

Wird die Berechnung der Einsatzfeldstärke auch für andere Drahtdurchmesser durchgeführt, so zeigt sich, dass die prozentuale Abweichung vom Wert der Einsatzfeldstärke eines Einzeldrahtes umso grössere Werte erreicht, je dünner der Draht wird, und im Mittel 5...10 % beträgt. Dieses Verhalten ist in Fig. 2 dargestellt. Dabei wurden für Einzeldrähte Einsatzfeldstärken gemäss Tabelle III vorausgesetzt.

3. Berechnung der Einsatzspannung

Die Berechnung der Einsatzspannung erfolgt nach Gl. (1). Obwohl die Ausnutzungsfaktoren nur 20...30 % erreichen, liegen die Anfangsspannungen in der Grössenordnung der Anfangsspannung von Plattenelektroden, da im Fall der Gitter die Einsatzfeldstärken beträchtlich höher liegen. Einen Vergleich der Einsatzspannungen von Gittern und Plattenelektroden zeigt Fig. 3, wo die Einsatzspannung von Gittern auf die von Plattenelektroden bezogen ist.

Zu dieser Figur soll kurz ein Rechenbeispiel angeführt werden. Dafür sei ein Gitter mit der Maschenweite 15,8 mm und der Drahtstärke 1,25 mm herausgegriffen und dessen

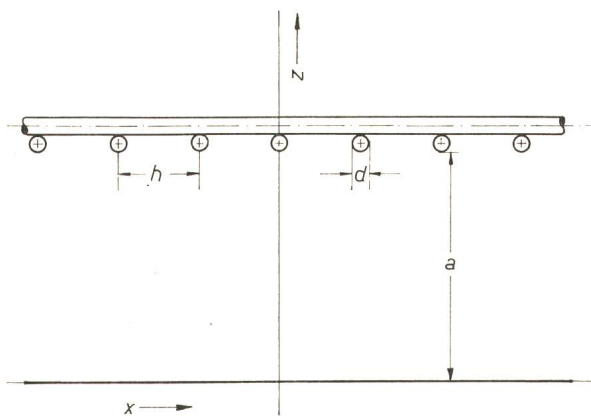


Fig. 1

Zweiebenengitter gegen Ebene

d Drahtdurchmesser; h Maschenweite; a Abstand

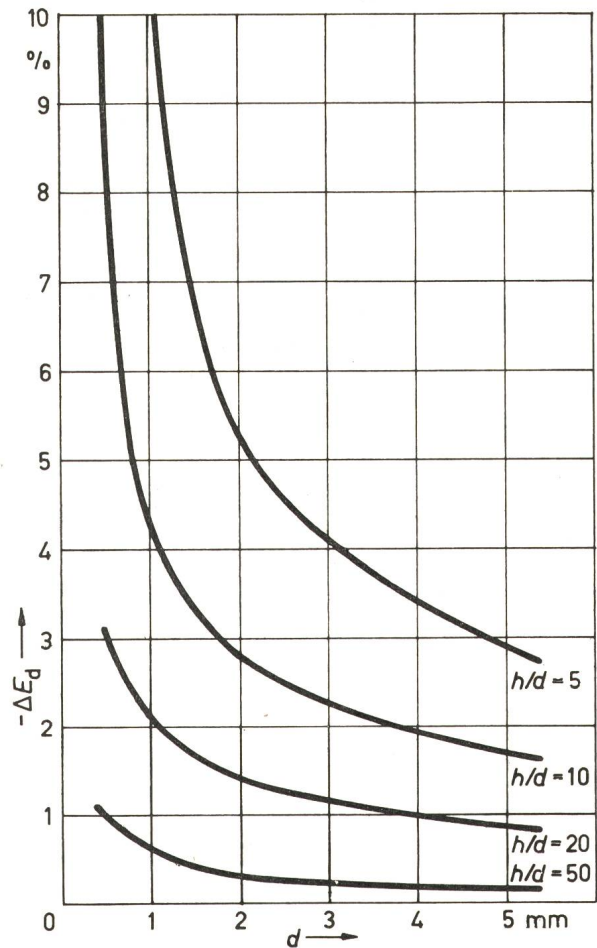


Fig. 2

Prozentuale Abweichung ΔE_d der Einsatzfeldstärken vom Wert eines Einzeldrahtes in Abhängigkeit vom Drahtdurchmesser d mit der bezogenen Maschenweite h als Parameter

Ergebnisse in Tabelle IV den Werten einer Plattenelektrode gegenübergestellt.

Bei gekrümmten Gittern, etwa Gitterzylindern oder Gitterkugeln, kann die Anfangsspannung auch mit Hilfe eines Näherungsansatzes bestimmt werden, der schon in [1] beschrieben wurde. Dieser Ansatz lautet:

$$U_d = E_d a \eta \approx E_d a \eta_G \eta_A \quad (5)$$

Darin bezeichnen η_A den Ausnutzungsfaktor der entsprechenden Anordnung nicht vergitterter Elektroden und η_G den Ausnutzungsfaktor des ebenen Gitters. Dieser An-

Einsatzfeldstärken von Einzeldrähten

Tabelle III

Drahtdurchmesser mm	Einsatzfeldstärke kV/cm
0,5	89,7
1	74,1
2	62,4
3	57,0
5	51,3

satz kann immer Verwendung finden, wenn der Krümmungsradius q der zu berechnenden Gitterelektrode gegenüber der Maschenweite h nicht zu klein wird, wofür etwa gilt: $q/h > 10$. Da der Krümmungsradius sehr gross ist im Vergleich zum Drahtdurchmesser, kann die Einsatzfeldstärke von ebenen Gittern übernommen werden, wie einige Berechnungen mit verschiedenen Beispielen bestätigen.

4. Messung der Koronaanfangsspannung

Eine Kontrolle der errechneten Zahlenwerte liefert das Experiment. Für die Versuche, die dazu durchgeführt wurden, stand ein Hochspannungslaboratorium mit einem 400-kV-Transformator und einer 500-kV-Gleichspannungsanlage zur Verfügung. Zur Messung der Einsatzspannung wurden folgende Möglichkeiten benutzt:

a) Akustische Bestimmung ohne weitere Hilfsmittel.

b) Da mit rein akustischer Ermittlung kleinste Entladungen, die an sehr feinen Spitzen und infolge Staub und Schmutz auftreten, nicht entdeckt werden konnten, wurde die Messung ausserdem mit Widerstandsankopplung und Störspannungsmessgerät vorgenommen. Der Ankopplungswiderstand wurde bei Wechselspannung über einen Koppelkondensator (1 nF) an den Prüflingskreis angeschlossen, bei Gleichspannung wurde er in die Erdleitung des Prüflings gelegt.

c) Daneben kamen verschiedene Oszillographen zum Einsatz, die ebenfalls über einen Widerstand angekoppelt wurden. Bei dieser Messmethode konnte aus der Form der Impulse auf dem Oszillographenschirm beurteilt werden, ob es sich um Entladungen an feinen Spitzen handelte, die durch Unregelmässigkeiten der Elektrodenoberfläche auftraten, oder ob die Spannung bereits bis zu dem Punkt gesteigert war, bei dem auch an sauberer Oberfläche die Entladungen begannen.

Ein Photomultiplier konnte bei den hier beschriebenen Untersuchungen nicht eingesetzt werden; einmal, da wegen der Art der Elektroden von vornherein nicht feststand, an welcher Stelle die ersten Entladungen auftraten; ausserdem, weil oft wegen der Schwäche der Entladungen auch bei völlig abgedunkeltem Laboratorium Störlicht die Messungen verfälschte. Koronaerfassung mit blossem Auge schied wegen der Schwäche der Entladungen ebenfalls aus. Im Gegensatz zu [5], wo für optische Erfassung eine untere Ladungsgrenze

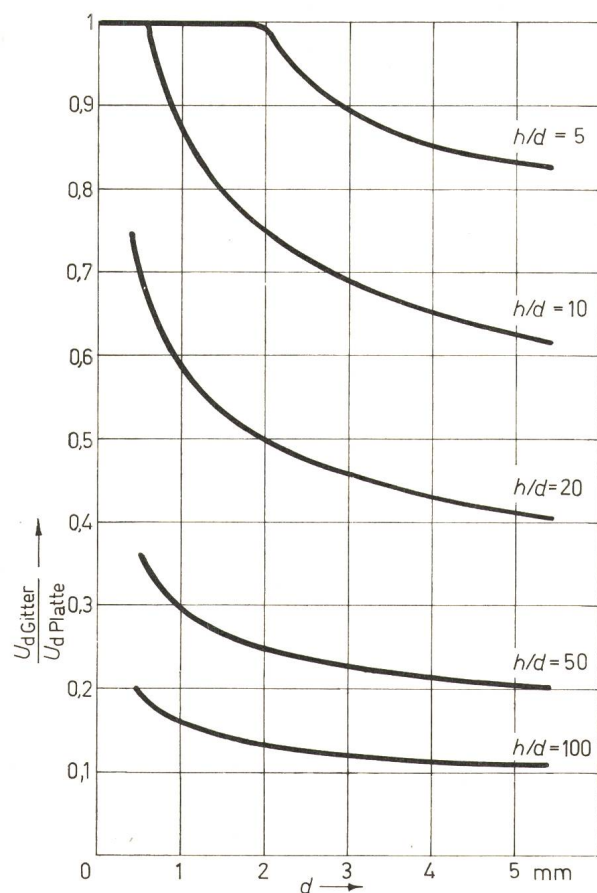


Fig. 3

Vergleich der Einsatzspannungen von Gittern und Plattenelektroden in Abhängigkeit des Drahtdurchmessers d mit der bezogenen Maschenweite h als Parameter

Gegenüberstellung der Angaben eines Gitters und einer Plattenelektrode

Tabelle IV

	Abstand zu einer Ebene mm	Ausnutzungsfaktor %	Einsatzfeldstärke kV/cm	Anfangsspannung kV
Gitter	70	27,31	67,9	129,8
	100	27,04	67,9	183,6
Plattenelektrode	70	100	26,9	188,3
	100	100	26,5	264,9

von 10 pC und für akustische eine Grenze von 40 pC angegeben wird, konnte bei den hier beschriebenen Arbeiten mit blossem Ohr eine Entladung festgestellt werden auch dort, wo dies optisch nicht gelang.

Um die zeitliche Verzögerung der Entladungen auszu-schalten, wurde der Feldraum zwischen den Elektroden mit UV-Licht (3650 Å) bestrahlt. Damit liess sich der Verzögerungseffekt, der bei Gleichspannung wirksamer war als bei Wechselspannung, sowohl bei Gleich- als auch bei Wechselspannung weitgehend unterbinden.

Die Versuche wurden mit verschiedenen Gitterarten durchgeführt. Für die Herstellung von ebenen Gittern kamen handelsübliche Eisengitter mit quadratischen Gittermaschen zum Einsatz, und zwar sowohl geflochtene als auch punktgeschweisste Gitter, deren Drähte an allen Kreuzungspunkten miteinander verschweisst waren. Beide Gitterarten sind feuerverzinkt erhältlich und wurden in dieser Ausführung verwendet. Nach ebenen Gittern wurden Gitterzylinder und Gitterkugeln untersucht. Um solche Elektroden herzustellen, wurden Messingdrähte von 1...3 mm Durchmesser entsprechend gebogen und miteinander verlötet. Eine weitere Differenzierung im Aussehen der Gitter bildet die Form der Gitterstäbe. Im Handel sind erhältlich: Gitterroste mit kantigen Stäben, Gitter aus gewellten Drähten mit Kreisquerschnitt und Gitter aus geraden, zylindrischen Drähten mit Kreisquerschnitt. Von diesen Formen schied die erste für die hier beschriebenen hochspannungstechnischen Versuche wegen der Kanten von vornherein aus. Auch die zweite Art erscheint für die Verwendung als Hochspannungselektrode nicht besonders geeignet, so dass auch darauf verzichtet wurde. Deshalb wurden hier nur Gitter aus geraden, zylindrischen Drähten mit Kreisquerschnitt eingesetzt.

Wie die Messungen zeigten, hat die Oberflächenbeschaffenheit der Gitterelektroden einen starken Einfluss auf die Grösse der Einsatzspannung. Treten Oberflächenverunreinigungen auf, so sinkt die Anfangsspannung weit unter den Wert, den sie bei sauberer, glatter Oberfläche erreicht. Um Verschmutzungen und Unregelmässigkeiten der Gitteroberfläche, etwa sehr feine Spitzen und Grate, auszuschalten, die bei der Herstellung der Gitter durch Verschweissen und Feuerverzinken entstehen, mussten die Gitter für die Messung der Einsatzspannung entsprechend vorbereitet werden. Dazu wurden sie mit Schlichtfeile, Schmirgelleinen und Bürsten bearbeitet, mit Trichloräthylen oder Alkohol abwaschen und schliesslich mit einem trockenen, sauberen Leder poliert. Auf diese Weise wurde die Oberfläche der Drähte weitgehend geglättet. Bei Gittern mit kleinen Maschenweiten h und kleinen Drahtdurchmessern d ($h < 10$ mm und $d < 1$ mm) gelang es damit allerdings nicht, ganz glatte Drähte zu erhalten. In diesem Fall waren auch nach sorgfältigster Vorbehandlung unterhalb der errechneten Anfangsspannung, Entladungen, die wahrscheinlich von feinsten Spitzen aus-

gingen, mit dem Oszillographen nachweisbar, wenn auch ein Sprung in der Intensität der Entladungen etwa bei der errechneten Anfangsspannung auftrat. Bei nicht bearbeiteten, nicht gereinigten Gittern wurden im Verlauf der Untersuchungen durch Grate und Schrammen Absenkungen der Koronaanfangsspannung bis auf 58 % der Anfangsspannung des gleichen, polierten Gitters festgestellt. Im Durchschnitt lag der Oberflächenfaktor bei 70 %.

Am deutlichsten hängt der Einsatz bei negativer Gleichspannung von der Beschaffenheit der Oberfläche ab. Drähte an Wechselspannung reagieren nicht so sehr auf Ungleichmässigkeiten. Am unempfindlichsten für Verunreinigungen und Oberflächeninhomogenitäten waren Gitter an positiver Gleichspannung.

Als Anfangsspannung wurde bei positiver Gleichspannung das erste Auftreten der intermittierenden Ausbruchskorona (burst pulse corona) genommen, deren Einsatz allerdings nur schwach ausgeprägt erschien. Die Amplitude dieser Impulse betrug 20...50 μA , die Impulsdauer etwa 100 μs . Ausgehend von der Anfangsspannung durfte die angelegte Spannung bei ebenen Gittern höchstens um 5 % erhöht werden, um einen Überschlag zu vermeiden. Im Gegensatz zur positiven Gleichspannung erschien bei negativer Polarität ein deutlicher, starker Einsatz der Entladungen, die als Trichelimpulse bezeichnet werden [6; 7]. Die Zeit zwischen dem

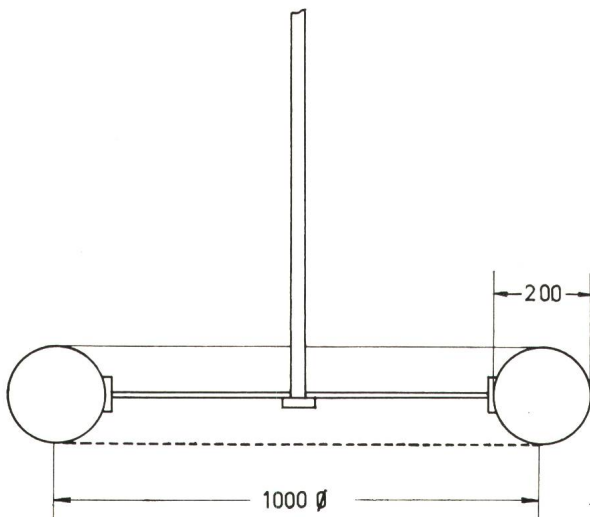


Fig. 4
Ebenes Gitter mit Abschirmring

Auftreten zweier Impulse lag zwischen 10 und 100 μs . Der Wechselspannungseinsatz entsprach ziemlich genau dem Einsatz bei positiver Gleichspannung. Die ersten Entladungen zeigten sich im positiven Scheitel der Spannung und hatten dieselbe Form wie bei positiver Gleichspannung. Wenn die ersten Entladungen im negativen Scheitel auftraten, so waren sie auf Unregelmässigkeiten der Oberfläche zurückzuführen. Diese Impulse unterschieden sich deutlich von den Trichelimpulsen der negativen Gleichspannung durch ihr unregelmässiges Auftreten und ihre kleinere Amplitude.

Die Leuchterscheinungen beim Koronaeinsatz waren sehr schwach. An den meisten Gittern traten nur einzelne, schwache Leuchtstellen auf. Nur bei weitmaschigen Gittern kleiner Drahtstärke (Maschenweite ≈ 20 mm, Drahtstärke ≈ 1 mm) konnten Entladungen auf der gesamten Länge der Gitterdrähte beobachtet werden.

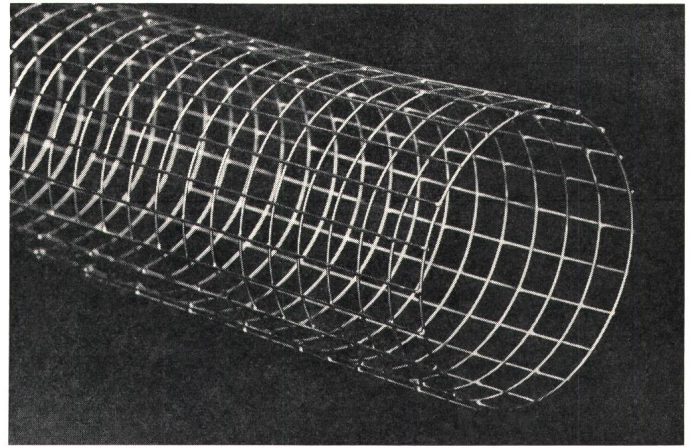


Fig. 5
Gitterzylinder

5. Daten der verwendeten Elektroden und Messergebnisse

Wie bereits angedeutet, erstreckten sich die Untersuchungen auf ebene Gitter, Gitterzylinder und Gitterkugeln.

5.1 Ebene Gitter

Für ebene Gitterelektroden wurden Gitter mit Drahtdurchmessern von 0,9 bis 2,45 mm und Maschenweiten von 9,5 bis 22,9 mm verwendet. Diese Gitter wurden aus handelsüblichen Rollen ausgeschnitten und an der Unterseite eines Ringes befestigt, der aus einem flexiblen Aluminiumschlauch gebogen war und als Abschirmung diente (Fig. 4). Die so hergestellten Gitterelektroden wurden über einer geerdeten Aluminiumplatte aufgehängt. Der Abstand wurde nicht grösser als 150 mm gewählt, um die Messergebnisse nicht durch Zuleitung oder Randfeld zu verfälschen. Durch das elektrostatische Feld erfuhr das Gitter eine Anziehungskraft zur geerdeten Platte hin und wurde deshalb leicht durchgebogen. Da die Durchbiegung nur maximal 2 mm betrug, wurde die Abweichung von der ebenen Form vernachlässigt. Allerdings wurde bei der Spannung, bei der der Einsatz erfolgte, der Abstand an der Stelle der grössten Durchbiegung optisch vermessen und genau nachgestellt.

Für das Gitter des angeführten Rechenbeispiels wurde die Einsatzspannung gemessen. Die Ergebnisse sind in Tabelle V dargestellt, wobei die Werte der Einsatzspannung mit Hilfe des aus der Literatur [8; 9] bekannten Luftdichtekorrekturfaktors δ' auf die Einsatzspannung bei Normalbedingungen (20 °C 760 Torr) bezogen wurde. Diese Werte decken sich mit den entsprechenden Rechenwerten bis auf eine maximale Ungenauigkeit von 2,2 %.

Wie Tabelle V zeigt, unterscheiden sich die gemessenen Einsatzspannungen bei den drei Spannungsarten etwas von

Messwerte der Einsatzspannung eines Gitters mit einer Maschenweite von 15,8 mm und einem Drahtdurchmesser von 1,25 mm

Tabelle V

Spannungsart	Abstand zur geerdeten Platte mm	Einsatzspannung (Scheitelwert) kV	Luftdichte- Korrekturfaktor	Einsatzspannung bezogen auf 760 Torr und 20 °C kV
~	70	122,6	0,952	128,8
	100	172,2	0,952	180,9
+	70	122,0	0,952	128,2
	100	171,0	0,952	179,6
-	70	122,5	0,952	128,7
	100	174,0	0,952	182,8

einander, wie auch Einzeldrähte mit Durchmessern dieser Grösse unterschiedliche positive und negative Einsatzspannungen erwarten lassen [8; 10; 11]. Im Durchschnitt lag bei den hier untersuchten Gittern der Entladungsbeginn bei positiver Gleichspannung etwa 2 % unter dem bei negativer Polarität.

Eine besondere Untersuchung galt der Herstellungsart der Gitter, wobei punktgeschweisste und geflochtene Gitter miteinander verglichen wurden. Nach Umrechnung auf gleiche Drahtstärke und gleiche Maschenweite traten nur unbedeutende Differenzen in der Anfangsspannung auf: Im Mittel kam der Einsatz an geflochtenen Gittern etwa 2,5 % früher. Bei Gittern mit sehr kleinen Maschenweiten wird dieser Unterschied grösser.

5.2 Gitterzylinder

Die Untersuchungen erstreckten sich nach ebenen Gittern auch auf Gitterzylinder (Fig. 5), die mit Drahtstärken von 1 bis 2 mm, Zylinderdurchmessern bis 180 mm und Längen bis 2 m hergestellt wurden. Die Enden dieser Zylinder bekamen Abschlüsse mit Kugeln, um das Randfeld abzuschirmen. Die Gitterzylinder wurden konzentrisch in unvergitterte Aussenzylinder mit trichterförmigen, abgeschirmten Rändern gebracht, oder sie wurden gegen Plattenelektroden mit Rogowski-Randprofil angeordnet. Die Messergebnisse deckten sich ebenfalls gut mit den Werten der Rechnung, sowohl denen der Näherungsrechnung nach Gl. (5) als auch denen der genauen Rechnung.

5.3 Gitterkugeln

Als dritte Form wurden schliesslich Gitterkugeln untersucht. Wie aus den Fig. 6 und 7 ersichtlich ist, gibt es verschiedene Arten von Gitterkugeln, die sich im Aufbau der Drahringe durch zwei bzw. vier ausgeprägte Pole unterscheiden. Bei der Anordnung der Kugeln wurde darauf geachtet, dass die ersten Entladungen immer an einer Masche mit der grössten Weite auftraten, die in jedem Fall quadratisch war.

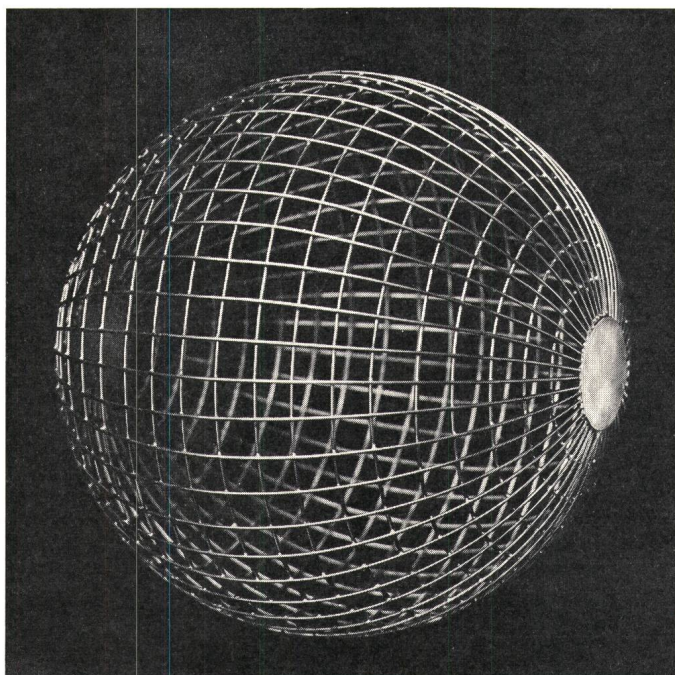


Fig. 6
Gitterkugel mit zwei ausgeprägten Polen

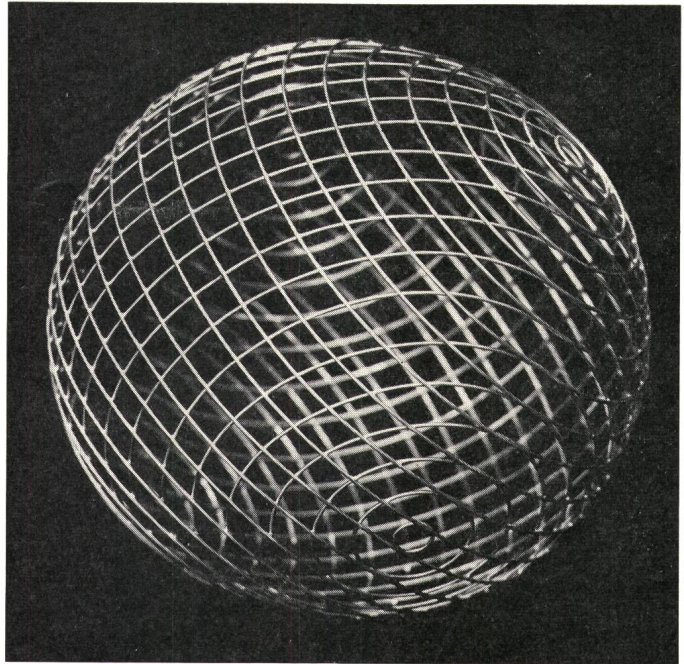


Fig. 7
Gitterkugel mit vier ausgeprägten Polen

Die Gitterkugeln kamen an Spannung oder waren geerdet. Sofern sie an Spannung lagen, hingen sie im Abstand von 100 bis 200 mm über der Gegenelektrode, für die verschiedene Formen (Platte, ebenes Gitter, Kugel, Gitterkugel) gewählt wurden. Die verwendeten Gitterkugeln hatten Durchmesser von 300 und 500 mm, ihre Drahtstärke variierte von 1 bis 3 mm, die Maschenweiten von 20 bis 50 mm. Aus den Ergebnissen der Messung liess sich eine gute Übereinstimmung mit der Näherungsrechnung nach Gl. (5) erkennen. Die verschiedenen Messungen machten ausserdem deutlich, dass wie bei der Näherungsrechnung der Einfluss des Gitters (Drahtdurchmesser, Maschenweite) deutlich vom Einfluss der Geometrie der Anordnung (Kugeldurchmesser, Abstand) getrennt werden kann. Der Vergleich der Messergebnisse der beiden Kugelarten zeigte nur geringe Abweichungen, die innerhalb der Messfehlergrenzen lagen.

Die Untersuchungen wurden von der Deutschen Forschungsgemeinschaft entscheidend gefördert.

Literatur

- [1] H. Singer: Das elektrische Feld von Gitterelektroden. ETZ-A 90(1969)25, S. 682...685.
- [2] W. O. Schumann: Über das Minimum der Durchbruchfeldstärke bei Kugelelektroden. Arch. Elektrotechn. 12(1923)-, S. 593...608.
- [3] H. Lau: Durchbruchspannungen in Gasen. In: Landolt-Börnstein: Zahlenwerte und Funktionen aus Physik, Chemie, Astronomie, Geophysik und Technik. 6. Auflage. 4. Band: Technik. Teil 3: Elektrotechnik, Lichttechnik, Röntgentechnik. Berlin/Göttingen/Heidelberg, Springer, 1957. S. 105...203.
- [4] G.-A. Schröder: Messung der statischen Durchbruchfeldstärke in Raumluft in einem homogenen Feld bei Abständen von 2 bis 9 cm. Z. angew. Physik 13(1961)6, S. 296...303.
- [5] J. H. Mason: Discharge detection and measurements. Proc. IEE 112(1965)7, p. 1407...1423.
- [6] G. W. Trichel: The mechanism of the negative point to plane corona near onset. Physical Rev. 54(1938)12, p. 1078...1084.
- [7] M. R. Amin: Fast time analysis of intermittent point-to-plane corona in air. III: The negative point Trichel pulse corona. J. applied Physics 25(1954)5, p. 627...633.
- [8] H. Prinz: Die Gleichspannungskorona. Dissertation Technische Hochschule München, 1935.
- [9] B. Gänger: Der elektrische Durchschlag von Gasen. Berlin, Springer, 1953.
- [10] W. O. Schumann: Elektrische Durchbruchfeldstärke von Gasen. Berlin, Springer, 1923.
- [11] F. W. Peek: Dielectric phenomena in high-voltage engineering. New York McGraw-Hill, 1929.

Adresse des Autors:

Dr.-Ing. H. Singer, wissenschaftlicher Assistent am Institut für Hochspannungs- und Anlagentechnik der Technischen Hochschule München, Arcisstrasse 21, D-8 München 2.