**Zeitschrift:** Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins

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

**Band:** 56 (1965)

**Heft:** 2

**Artikel:** Eigensicherheit elektrischer Stromkreise

**Autor:** Wehrli, P.

**DOI:** https://doi.org/10.5169/seals-916330

**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:** 07.01.2026

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

## Literatur

[1] *General Electric:* Transistor Manual. 1960.

[2] *Texas Instruments Incorporated:* Transistor Circuit Design. McGraw-Hill New York 1963.

[3] *G. Lohrmann:* Zenerdioden-Referenzelemente mit TK≅0. Schweiz. Techn. Z. 60(1963), S. 49...54.

[4] *G. B. B. Chaplin* und *A. R. Owens:* Some Transistor Input Stages for High-Gain D. C. Amplifiers. Proc. IEE 105 B(1958), S. 249...257.

[5] *S. W. Holcomb:* Dual Transistors in Low Level Circuits. Texas Instruments Applications Note Nr. 224, Juli 1963.

[6] *E. Baldinger* und *W. Czaja:* Über stabilisierte Netzgeräte mit Transistoren. Z. angew. Math. Physik. 9(1958), S. 1...25.



**Adresse des Autors:**

*Roland Best,* dipl. Elektroingenieur ETH, Pharmazeutische Forschungslaboratorien, Sandoz AG, 4000 Basel 13.


# Eigensicherheit elektrischer Stromkreise


Von *P. Wehrli,* Basel



621.316.36 : 621-213.44


## 1. Einleitung

Eigensicher ist ein Stromkreis mit so einem kleinen Energieinhalt, dass die Zündung explosionsfähiger Gas-Luft- oder Dampf-Luft-Gemische weder durch Funken bei Kurzschluss oder Stromunterbrechung noch durch andere Wärmeentwicklung eintreten kann.

Da bis zum heutigen Zeitpunkt in der Schweiz keine Vorschriften für Eigensicherheit bestehen, hat man Versuche über die Eigensicherheit elektrischer Stromkreise durchgeführt.

Zu diesem Zweck wurde in der physikalischen Abteilung der F. Hoffmann-La Roche & Co. AG. in Basel eine Prüfkammer hergestellt, die in ihren wesentlichen Teilen mit der von der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt, Braunschweig, empfohlenen Prüfkammer TA 1 identisch ist.

Das Prüfgerät besteht aus einem Kontaktmechanismus in einer Explosionskammer, die mit dem zu prüfenden Gas-Luft-Gemisch gefüllt wird. Mit dem Kontaktmechanismus wird der zu prüfende Stromkreis geschlossen oder unterbrochen und dabei festgestellt, ob die entstandenen Schaltfunken das Prüfgas entzünden. Der Aufbau der Kammer ist aus Fig. 1 ersichtlich.

Um die Verbrennung eines explosionsfähigen Gemisches durch elektrische Funken einzuleiten, ist die Zuführung eines bestimmten Energieinhaltes im Zündfunken erforderlich. Die Grösse dieser Zündenergie ist unter anderem von der Art des brennbaren Stoffes und seinem Mischungsverhältnis mit Luft abhängig. Bei sonst gleichen Bedingungen können z. B. in einem Aethyläther-Luft-Gemisch wesentlich grössere Ströme geschaltet werden als in einem Wasserstoff-Luft-Gemisch, ohne dass es durch den Schaltfunken zur Zündung kommt. Die Wahrscheinlichkeit einer Zündung von explosionsfähigen Gemischen durch elektrische Funken hängt — gleiche Verhältnisse vorausgesetzt — stark von den Kontaktmaterialien und von der Ausbildung der Elektroden ab, an denen die Funken erzeugt werden. Bei der Prüfkammer gemäss Fig. 1 wurden als Kontaktmaterialien Wolfram und Cadmium verwendet. Treten zwischen diesen beiden Kontaktmaterialien elektrische Funken auf, so ist die Zündwahrscheinlichkeit von explosiven Gas-Luft-Gemischen sehr gross.

## 2. Mindestzündenergie und Eigensicherheit

### *2.1 Mindestzündenergie*

Als Mindestzündenergie wird die kleinstmöglichste Energie eines aufgeladenen Kondensators bezeichnet, die das zündwilligste Gas-Luft-Gemisch bei einem Ausgangsdruck von 760 Torr und einer Gemischtemperatur von 20 °C gerade noch zu zünden vermag.

Die Energie eines aufgeladenen Kondensators kann mit folgender Gleichung bestimmt werden:

$$W = {}^1/_2\, CU^2$$

$C$ Kapazität [F]; $U$ Spannung [V]; $W$ Energie [Ws]

Aus Tabelle I können die Mindestzündenergien für einige Gas-Luft-Gemische bei der jeweils zündwilligsten Gemischkonzentration entnommen werden. Es ist jedoch besonders zu vermerken, dass die angegebenen Mindestzündenergien mit kleinen Kapazitäten (ca. 10 pF) und sehr grossen Spannungen

33'309-321

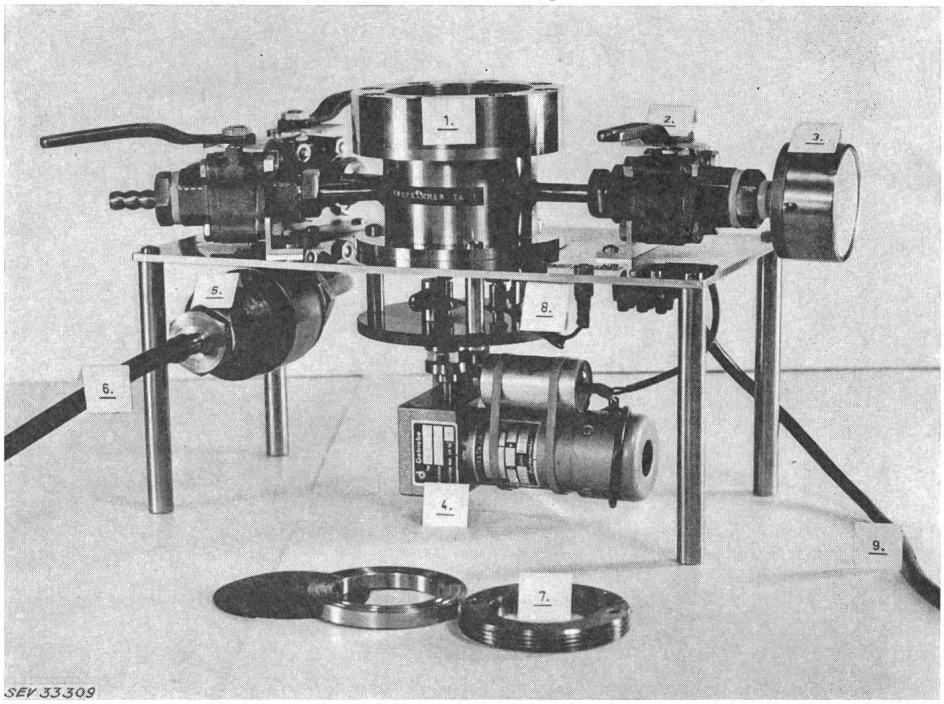


Fig. 1
**Prüfkammer TA 1**

*1* Prüfkammer aus rostfreiem Stahl; *2* 3 Worcester R-1-Hähne; *3* Manometer, 0...0,3 kp/cm², überdrucksicher; *4* Motor mit Getriebe; *5* AGA-Sintermetall-Sicherung FR/3800; *6* Zuleitung von Gasflasche; *7* Gummi-Membran und Druckringe; *8* Anschluss für Teststromkreis; *9* Netzkabel

*Mindestzündenergien mit Angabe der Gemischkonzentration, der Kapazität und Spannung sowie der berechneten Ladungsmenge*
Ausgangszustand der zündwilligsten Gas-Luft- oder Dampf-Luft-Gemische: 760 Torr und 20 °C [1] [1])

Tabelle I

| Stoff | Mindestzündenergie mWs | | Gemischkonzentration Vol.-% | | Kapazität pF | Spannung kV | Berechnete Ladung µAs |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | a | b | a | b | a | a | a |
| Butanon-2 | | 0,29 | | 5,2 | | | |
| Methan | 0,28 | | 8,5 | | 9 | 7,9 | 0,7 |
| n-Pentan | | 0,28 | | 3,3 | | | |
| Propan | 0,26 | 0,25 | ≈ 5,3 | 5,2 | 10 | 7,2 | 0,7 |
| Aethan | 0,25 | | 6,5 | | 10 | 7,1 | 0,7 |
| n-Butan | 0,25 | | 4,7 | | | | |
| n-Hexan | 0,24 | | 3,8 | | | | |
| n-Heptan | 0,24 | | 3,4 | | | | |
| Cyclohexan | 0,22 | | 3,8 | | 7...4 | 8...10 | 0,6...0,4 |
| Benzol | 0,20 | | 4,7 | | | | |
| Aethyläther | 0,19 | | 5,1 | | | | |
| Cyclopropan | 0,17 | 0,23 | 6,3 | 4,9 | | | |
| Propylenoxyd | | 0,13 | | 7,5 | | | |
| Butadien-1,3 | | 0,13 | | 5,2 | | | |
| Propin | | 0,11 | | 7,0 | | | |
| Aethylenoxyd | | 0,065 | | 10,8 | | | |
| Acetylen | | 0,019 | | 7,7 | | | |
| Wasserstoff | 0,019 | 0,019 | 28 | 24 | 4 | 3,1 | 0,012 |
| Schwefelkohlenstoff | | 0,009 | 7,8 | | | | |

a: Werte von *B. Lewis* und *G. v. Elbe;* Combustion, Flames and Explosions of gases: Academic Press Inc., Publishers, New York 1951 und 1961.

b: Werte von *H. F. Calcote, C. A. Gregory, G. M. Barnett, R. B. Gilmer;* Industr. Eng. Chem. 44(1952)2656.

(bis 24 kV–) bestimmt werden. Bei diesen hohen Spannungen entsteht die Funkenbildung durch reine Stossionisation. Man darf deshalb den in der Tabelle I aufgeführten Mindestzündenergien nur eine relative Bedeutung zumessen.

Die Mindestzündenergien von gesättigten Kohlenwasserstoffen und ihren Derivaten liegen gemäss Tabelle I etwa in der Grössenordnung von 0,2 mWs, sinken jedoch bei Kohlenwasserstoffen mit Doppel- und Dreifachbindungen bis auf Werte von 0,02 mWs. Ferner sind Wasserstoff (0,019 mWs) — mit der hohen Zündtemperatur von 560 °C — und Schwefelkohlenstoff (0,009 mWs) — mit der niedrigen Zündtemperatur von 102 °C —durch elektrische Funken sehr leicht entzündbar.

## *2.2 Eigensicherheit*

### 2.2.1 Messungen mit der Prüfkammer TA 1

Mit der Prüfkammer TA 1 wurden Explosionsversuche mit folgenden Gas-Luft-Gemischen durchgeführt:

Wasserstoff-Luft-Gemisch
Acetylen-Luft-Gemisch
Schwefelkohlenstoff-Luft-Gemisch

Um sich zu vergewissern, dass die Explosionsversuche mit den zündwilligsten Gemischkonzentrationen durchgeführt wurden, ist zuerst die günstigste Gas-Luft-Mischung bestimmt worden (Fig. 2, 3, 4).

### 2.2.2 Versuche mit 20...23 % Wasserstoff-Luft-Gemisch

Um das zündwilligste Gemisch herzustellen, wird die Prüfkammer mit Wasserstoff auf 0,17 kp/cm² Überdruck gebracht. Mit diesem Gemisch wurden Explosionsversuche an induktiven, kapazitiven und rein ohmschen Stromkreisen durchgeführt.

*2.2.2.1 Induktive Stromkreise (Fig. 5 und 6)*

Die Versuchsanordung zeigt Fig. 5. Es wurden zwei verschiedene Induktivitäten verwendet, mit folgenden Angaben:

[1]) Siehe Literatur am Schluss des Aufsatzes

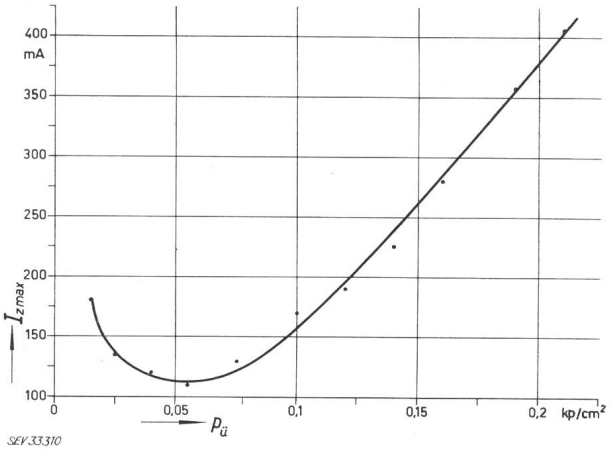


Fig. 2
**Maximaler Zündstrom $I_{zmax}$ in Funktion des Überdruckes $p_ü$ für Acetylen-Luft-Gemische**

Prüfkammer TA 1; Schaltspannung 50 V–; Umgebungstemperatur 20 °C; Messgenauigkeit ± 10 %; Partialdruck der Luft 1 kp/cm²

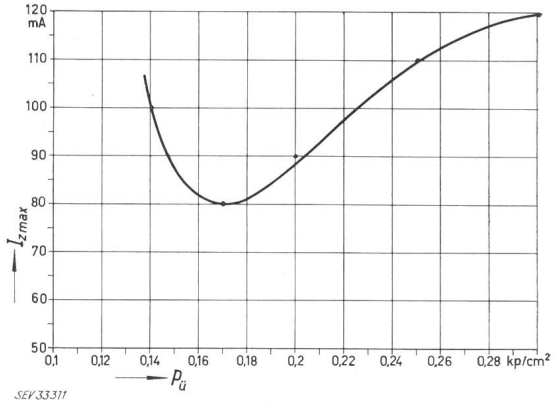


Fig. 3
**Wie Fig. 2, aber für Wasserstoff-Luft-Gemische**

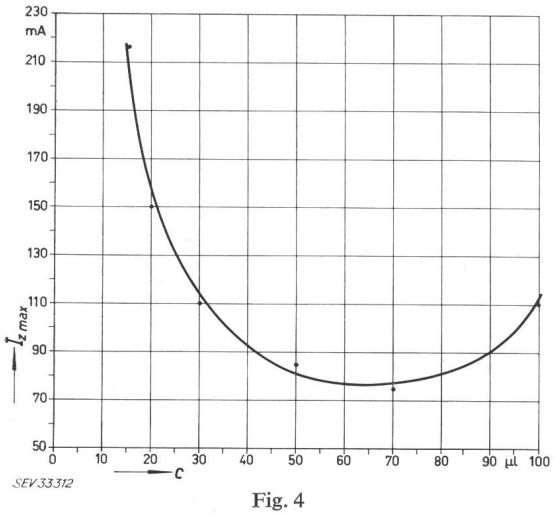


Fig. 4

**Wie Fig. 2, aber für Schwefelkohlenstoff-Luft-Gemische**

*c* Konzentration des Schwefelkohlenstoffes
Weitere Angaben siehe Fig. 2

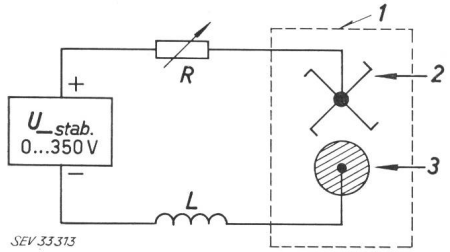


Fig. 5

**Versuchsanordnung für induktive Stromkreise**

*L* Induktivität; *R* Ladewiderstand; $U_{-stab.}$ stabilisierte Gleichspannung; *1* Prüfkammer; *2* Wolframdrähte 0,2 mm $\phi$; *3* Cadmiumscheibe

$L = 1{,}6\ mH$
Luftspule:
R = 0,63 Ω, 240 Windungen, 6 Wicklungslagen
Mittlerer Spulendurchmesser: 5 cm
Cu-Draht mit Baumwollisolation: 1,2 mm Durchmesser

$L = 39{,}3\ mH$
Luftspule:
R = 12,22 Ω, 1200 Windungen, 15 Wicklungslagen
Mittlerer Spulendurchmesser: 5 cm
Cu-Lackdraht: 0,7 mm Durchmesser

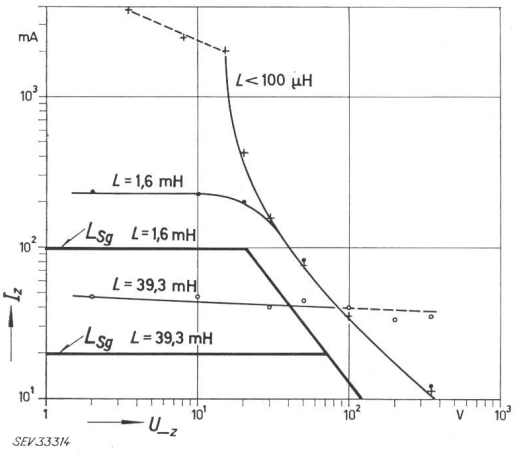


Fig. 6

**Zündung von Wasserstoff-Luft-Gemischen mit induktiven Stromkreisen**

$I_z$ Zündstrom; $U_{-z}$ Zündspannung; $L_{Sg}$ Sicherheitsgrenze; Prüfkammer TA 1; Umgebungstemperatur 20 °C; Messgenauigkeit ± 10 %; Überdruck 0,17 kp/cm²

Die Resultate der Messungen zeigt Fig. 6. Dazu ist folgendes zu bemerken:

a) Die Kurve für $L < 100\ \mu H$ entspricht der Kurve für rein Ohmsche Stromkreise.

b) Die Messresultate für Induktivitäten von 1,6 mH und 39,3 mH sind für Spannungen $\leqq$ 100 V gut reproduzierbar.

c) Der horizontale Verlauf der Kurven für $L = 1{,}6$ mH und $L = 39{,}3$ mH wird durch die beim Öffnen des Stromkreises an den Induktivitäten erzeugte Induktionsspannung bedingt. Die Grösse der Induktionsspannung ist nur von der Induktivität, dem Strom und der Geschwindigkeit der Kontakttrennung abhängig. Es ist deshalb nicht verwunderlich, dass die Grösse der Speisegleichspannung beim horizontalen Teil der Kurve praktisch keinen Einfluss auf die Zündgrenze hat. Ist die Speisegleichspannung gleich gross oder sogar grösser als die Induktionsspannung, so wird dann ein zündfähiger Funken in erster Linie durch die Gleichspannung erzeugt. Die Kurve für induktive Stromkreise sollte dann in die Kurve für Ohmsche Stromkreise einbiegen.

d) Eine eindeutige Erklärung, weshalb die Kurve für die Induktivität von 39,3 mH bei Spannungen > 100 V nicht in die Ohmsche Kurve einbiegt, kann nicht gegeben werden.

*2.2.2.2 Kapazitive Stromkreise (Fig. 7 und 8)*

Die Versuchanordnung zeigt Fig. 7. Bei den Versuchsmessungen wurden folgende Kapazitäten *C* verwendet:

bis 0,1 µF: Heathkit-Decade-Condenser Mod. DC-1
1 µF: Philips-Kondensator C 296 AA/A 1 M
10 µF: Bosch-Kondensator KO/ML 16/10 G 63/3

Die Resultate der Messungen zeigt Fig. 8, wobei dazu folgendes bemerkt sei:

a) Der Ladewiderstand *R* wurde so gewählt, dass sich der Kondensator *C* zwischen 2 Entladungen auf die eingestellte Gleichspannung aufladen kann. Die Zeitkonstante $\tau = RC$ wurde zu diesem Zweck zu $6 \cdot 10^{-3}$ s gewählt.

b) Für Kapazitätswerte $> 5 \cdot 10^{-9}$ F sind die Versuche gut reproduzierbar.

c) Die aus $^1/_2 CU^2$ berechnete Mindestzündenergie für die gewählten Kontaktmaterialien und den Zündmechanismus geht aus Tabelle II hervor.

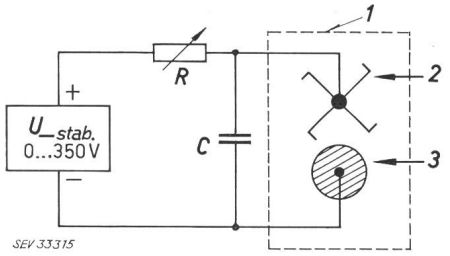


Fig. 7

**Versuchsanordnung für kapazitive Stromkreise**

*C* Kapazität
Weitere Bezeichnungen siehe Fig. 5

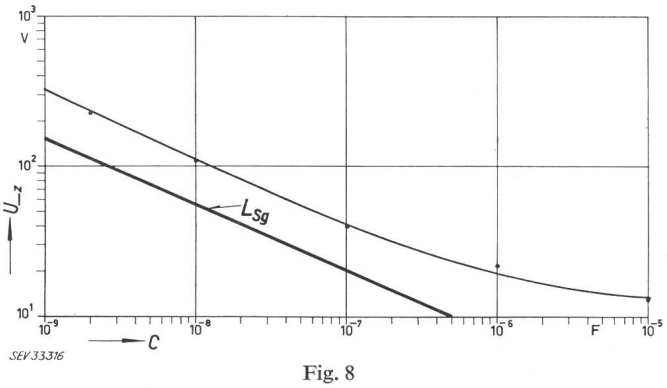


Fig. 8

**Zündung von Wasserstoff-Luft-Gemischen mit kapazitiven Stromkreisen**

Zeitkonstante $\tau = RC \leqq 6 \cdot 10^{-3}$ s
Weitere Bezeichnungen siehe Fig. 6

*2.2.2.3 Ohmsche Stromkreise (Fig. 9 und 10)*

Die Versuchsanordnung zeigt Fig. 9. Dazu sei folgendes bemerkt:

a) Die gesamte Kreisinduktivität war bei allen Versuchen $\leqq$ 100 µH.

b) Für Spannungen unter 15 V (Schaltspannung) findet eine Entzündung des Gas-Luft-Gemisches wahrscheinlich nicht mehr durch Stossionisation, sondern ausschliesslich durch Glühzündungen statt, deshalb stellt man einen Knick der Strom-Spannungscharakteristik bei ca. 15 V– fest.

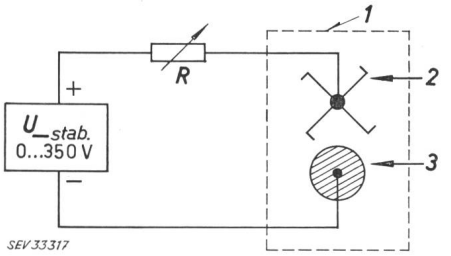


Fig. 9
**Versuchsanordnung für Ohmsche Stromkreise**
(Induktivität < 100 µH)
Bezeichnungen siehe Fig. 5

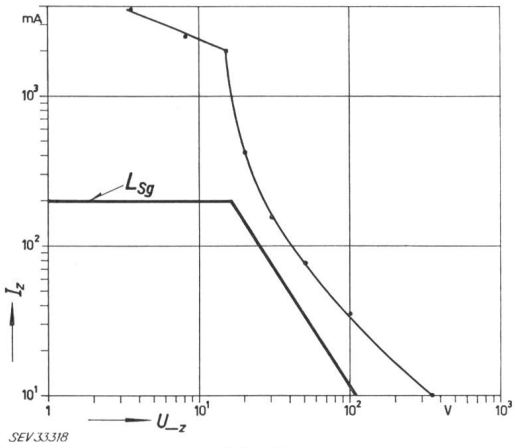


Fig. 10
**Zündung von Wasserstoff-Luft-Gemischen mit Ohmschen Stromkreisen**
(Induktivität < 100 µH)
Bezeichnungen siehe Fig. 6

### 2.2.3 Versuche mit ca. 8 % Acetylen-Luft-Gemisch

Um das zündwilligste Gemisch herzustellen, wurde die Prüfkammer mit Acetylen auf 0,05 kp/cm² Überdruck gebracht. Da das zündwilligste Acetylen-Luft-Gemisch praktisch die gleiche Mindestzündenergie besitzt wie das zündwilligste Wasserstoff-Luft-Gemisch, wurden nur Versuche mit Ohmschen Stromkreisen (Fig. 11) gemacht.

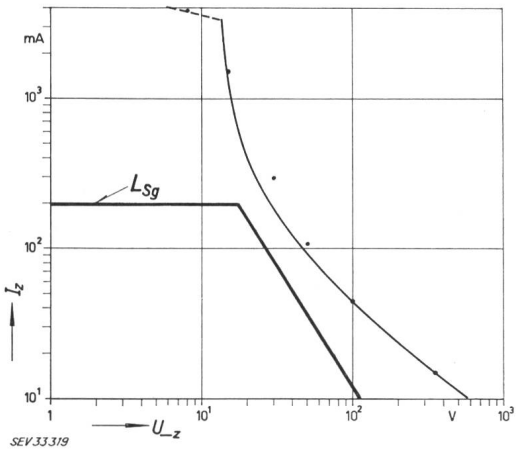


Fig. 11
**Zündung von Acetylen-Luft-Gemischen mit Ohmschen Stromkreisen**
(Induktivität < 100 µH)
Überdruck 0,05 kp/cm²
Weitere Bezeichnungen siehe Fig. 6

Die Versuchsanordnung war die gleiche wie beim Wasserstoff-Luft-Gemisch für ohmsche Stromkreise (Fig. 9).

### 2.2.4 Versuche mit ca. 8 % Schwefelkohlenstoff-Luft-Gemisch

Mit Schwefelkohlenstoff lässt sich das durch elektrische Funken am leichtesten entzündbare Gemisch herstellen. Um die zündwilligste Mischung zu erhalten, wird die Prüfkammer zuerst mit einer Edwards-Vakuumpumpe evakuiert. Anschliessend werden 60 µl Schwefelkohlenstoff mit Hilfe einer 10-µl-Hamilton-Spritze an verschiedenen Orten der Gummimembrane in die Prüfkammer eingespritzt. Nach ca. 1 min wird die Prüfkammer mit einem Entlüftungshahn unter Atmosphärendruck gesetzt.

Die Versuche wurden durchgeführt mit

a) Ohmschen Stromkreisen (Fig. 12)
b) kapazitiven Stromkreisen (Fig. 13)

Die Versuchsanordnung war die gleiche wie bei den Versuchen mit Wasserstoff-Luft-Gemischen (Fig. 7 und 9).

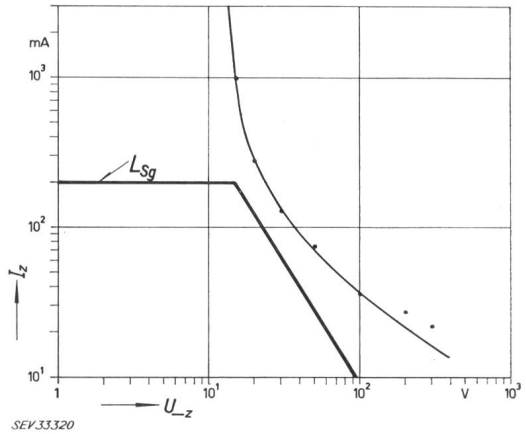


Fig. 12
**Zündung von Schwefelkohlenstoff-Luft-Gemischen mit Ohmschen Stromkreisen**
(Induktivität < 100 µH)
Schwefelkohlenstoff 60 µl
Weitere Bezeichnungen siehe Fig. 6

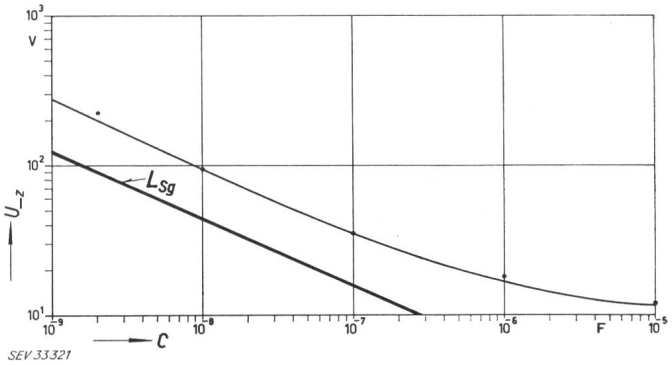


Fig. 13
**Wie Fig. 12, aber für kapazitive Stromkreise**
*C* Kapazität
Weitere Angaben siehe Fig. 12

## 3. Vergleich der Messungen mit Literaturwerten

Die erhaltenen Messresultate in kapazitiven Stromkreisen und der zündwilligsten Wasserstoff-Luft-Mischung werden in Tabelle II mit Messungen verglichen, die in der Literatur zu

finden sind. Leider lassen sich in der Literatur keine vergleichbaren Messwerte finden, die sich auf Acetylen-Luft-Gemische oder auf Schwefelkohlenstoff-Luft-Gemische beziehen.

*Vergleich der Mindestzündenergien für Wasserstoff-Luft-Gemische verschiedener Laboratorien*

Tabelle II

| Kapazität | Berechnete Mindestzündenergien | | |
|---|---|---|---|
| | Autor | Nabert und Schön [1][1)] | VDE [2] |
| µF | mWs | mWs | mWs |
| 0,001 | 0,045 | 0,045 | 0,045 |
| 0,01 | 0,06 | 0,04 | 0,05 |
| 0,1 | 0,08 | 0,08 | 0,07 |
| 1 | 0,18 | 0,165 | 0,165 |
| 10 | 0,85 | 0,85 | 0,7 |

Wie aus der Tabelle II ersichtlich ist, stimmen die mit dem Prüfgerät TA 1 bestimmten Mindestzündenergien mit den Werten in der Literatur, die unter ähnlichen Versuchsbedingungen entstanden, überein. Es sei hier nochmals darauf hingewiesen, dass die vom Autor bestimmten Mindestzündenergien höher liegen als die z. T. in der Literatur publizierten [3; 4], die bei hohen Spannungen (welche aber für die Praxis nicht von Bedeutung sind) gemessen wurden.

### 4. Einfluss der Kabel auf die Eigensicherheit

Da die Eigensicherheit von elektrischen Stromkreisen durch äussere elektrische und magnetische Einflüsse aufgehoben werden kann, ist den Kabeln, die eigensichere Stromkreise führen, besondere Beachtung zu schenken. Wie aus den vorliegenden Messungen mit der Prüfkammer TA 1 ersichtlich wird, hat die Induktivität und die Kapazität einen entscheidenden Einfluss auf die Eigensicherheit elektrischer Stromkreise. Aus diesem Grunde ist es empfehlenswert, Kabel zu verwenden, die eine möglichst kleine Induktivität und Kapazität aufweisen. Im Gegensatz zur Kapazität kann die Induktivität eines Kabels durch Verdrillen der beiden Leiter (Stromzu- und Stromrückführung) stark vermindert werden. Die Kapazität eines Kabels dagegen wird in erster Linie durch die Dimension und durch den Abstand der Leiter gegeben, und ist deshalb nur schwer beeinflussbar. Das Verdrillen der beiden Leiter bringt weiterhin den Vorteil, dass durch äussere elektrische Störungen nur kleine Störspannungen in den Leitern induziert werden, was für das einwandfreie Arbeiten der elektronischen Steuerungen sehr wichtig ist.

Um Aufschluss über die Induktivität und Kapazität von Kabeln zu erhalten, wurden die entsprechenden Werte an einem Tdc-Kabel ($2 \times 1{,}5$ mm²) und an einem G 51-Telephonkabel ($2 \times 0{,}6$ mm ⌀) gemessen:

Es ergaben sich dabei folgende Messresultate:

| | |
|---|---|
| Tdc-Kabel: | Induktivität $L \approx 0{,}15$ mH/100 m |
| | Kapazität $C \approx 10000$ pF/100 m |
| G 51-Kabel: | Induktivität $L \approx 40$ µH/100 m |
| (verdrillte Leiter) | Kapazität $C \approx 8000$ pF/100 m |

Der Einfluss der Induktivität und besonders der Kapazität auf die Eigensicherheit elektrischer Stromkreise kann den Fig. 6 und 8 entnommen werden.

### 5. Beurteilung und Prüfung eigensicherer Stromkreise und Anlagen

Eigensichere Stromkreise werden meistens von Netztransformatoren, Gleichrichtern oder Batterien gespiesen, an deren Ausgangsklemmen im Falle eines Kurzschlusses zündfähige Funken auftreten können. Durch geeignete Massnahmen, z. B. durch Strombegrenzungswiderstände, wird es möglich, den Kurzschlußstrom auf einen ungefährlichen Wert zu begrenzen. Der gesamte Stromkreis besteht demnach aus einem eigensicheren und aus einem nicht eigensicheren Teil. Der eigensichere Teil beginnt im angeführten Beispiel hinter dem Strombegrenzungswiderstand.

Falls ein Stromkreis auf seine Eigensicherheit untersucht werden soll, genügt eine Prüfung des eigensicheren Teiles alleine nicht, da durch Veränderungen im nicht eigensicheren Teil — z. B. Kurzschluss eines Kondensators, Überbrückung des Begrenzungswiderstandes — die Eigensicherheit aufgehoben werden kann.

Bei den im Betrieb eingesetzten Steuer- und Regelanlagen ist es zweckmässig, die transistorisierten, logischen Einheiten, die nur zum Teil eigensicher sind, in fremdbelüfteten Schaltschränken zu installieren. Damit müssen meistens nur die Steuerleitungen, die in den Schaltschrank geführt werden, auf ihre Eigensicherheit untersucht werden.

### 6. Vorschläge für Baubestimmungen

Zuletzt seien einige Bestimmungen vorgeschlagen, die der Autor für die Wahrung der Eigensicherheit als wichtig erachtet.

6.1 Für Bauelemente, die die Eigensicherheit bestimmen, gilt:

a) Die Eigensicherheit muss jeweils durch mindestens 2 gleichwertige Bauelemente gewährleistet werden (z. B. zwei Kondensatoren in Serie schalten);

b) Sie sind so zu befestigen, dass sie durch Stösse und Vibrationen beim Transport und im Betrieb nicht beschädigt und ihre Anschlüsse nicht unterbrochen oder kurzgeschlossen werden können;

c) Kondensatoren dürfen höchstens mit ⅓ ihrer Nennspannung betrieben werden. Ihre Prüfspannung muss mindestens 1500 V– betragen;

d) Die Verwendung von Elektrolyt-Kondensatoren ist unzulässig;

e) Es dürfen nur hochwertige, tropensichere Bauelemente verwendet werden;

6.2 Mit einem Ausfall der Bauelemente braucht nicht gerechnet werden bei:

a) Transformatoren zwischen eigensicheren und nicht eigensicheren Stromkreisen. Sie müssen unbedingt kurzschlussfest oder gegen unzulässige Erwärmung geschützt sein. Die Wicklungen sind sicher voneinander zu trennen;

b) Drahtwiderständen mit Drähten von mindestens 0,2 mm ⌀, die mit einer Glasur umhüllt oder in Giessharz eingebettet sind. Sie dürfen nur mit der halben Nennleistung betrieben werden;

c) Widerständen zur Strombegrenzung (z. B. Schichtwiderstände oder Drahtwiderstände, deren Wicklung gegen Ablaufen bei Drahtbruch gesichert ist).

6.3 Es genügt *ein* Bauelement zur Strom- oder Spannungsbegrenzung, wenn auch nach Ausfall dieses Bauelementes bei der Explosionsprüfung mit der Prüfkammer TA 1 ohne Berücksichtigung des Sicherheitsfaktors (siehe Ziff. 6.11) keine zündfähigen Funken auftreten.

6.4 Anschlussklemmen von eigensicheren und nicht eigensicheren Stromkreisen sind möglichst in getrennten Anschlussräumen unterzubringen. Sind sie in einem gemeinsamen Anschlussraum untergebracht, so müssen sie mindestens 50 mm voneinander entfernt, oder durch eine widerstandsfähige Wand getrennt sein.

6.5 Anschlussklemmen für eigensichere Stromkreise müssen deutlich bezeichnet werden (z. B. durch selbstklebende Schilder).

6.6 Bei eigensicheren Stromkreisen ist eine nicht isolierte Leitungsführung unzulässig.

6.7 Die Isolationen von Leitungen müssen auf der nicht eigensicheren Seite eine Prüfspannung von 2000 V, auf der eigensicheren Seite eine solche von 800 V aushalten.

6.8 Leitungen von eigensicheren Stromkreisen und Leitungen von nicht eigensicheren Stromkreisen sind, sofern sie nicht gegeneinander abgeschirmt sind, örtlich getrennt zu verlegen.

6.9 Kabel und Leitungen von eigensicheren Anlagen müssen gekennzeichnet sein.

6.10 Eigensichere Anlagen sollen im allgemeinen nicht, oder höchstens an einem Punkte geerdet werden.

6.11 Der Sicherheitsfaktor soll, bezogen auf die mit dem Prüfgerät TA 1 bestimmte Mindestzündenergie, mindestens 4 betragen. Die Stromstärke darf jedoch 200 mA nicht überschreiten.

6.12 Die Prüfung eines elektrischen Stromkreises auf seine Eigensicherheit soll sicherstellen, dass keine zündfähigen Funken entstehen können. Der Stromkreis muss auf seine Eigensicherheit geprüft werden bei:

a) normalem Betrieb
b) gestörtem Betrieb

Bei gestörtem Betrieb müssen eventuell mögliche Unterbrüche, Kurzschlüsse und Erdschlüsse berücksichtigt werden.

6.13 Zur Prüfung eines eigensicheren Stromkreises ist als Prüfgas prinzipiell immer das zündwilligste Wasserstoff-Luft-Gemisch zu verwenden.

6.14 Bei der experimentellen Prüfung hat man sich zu vergewissern, dass die in den Fig. 6, 8 und 10 dargestellten Kennlinien eingehalten werden.

6.15 Da eine experimentelle Prüfung nur in Ausnahmefällen im Betrieb durchgeführt werden kann, ist es gestattet, die fraglichen Stromkreise an einem Analogiemodell auf ihre Eigensicherheit zu prüfen. Die die Eigensicherheit beeinflussenden Grössen, wie die Induktivität, die Kapazität und die Widerstände, können mit einer *RLC*-Messbrücke bestimmt werden.

### Literatur


[1] *K. Nabert* und *G. Schön:* Sicherheitstechnische Kennzahlen brennbarer Gase und Dämpfe (2. Auflage), Dtsch. Eichverlag GmbH.

[2] *Arbeitskreis CEI / CE 31 G, Deutschland* (VDE): Vorschriften-Entwurf über die Eigensicherheit.

[3] *B. Lewis* und *G. v. Elbe:* Combustion, Flames and Explosions of Gases (Academic Press Inc. New York, 1951 and 1961).

[4] *H. F. Calcote, C. A. Gregory, G. M. Barnett, R. B. Gilmer:* Indust. Eng. Chemistry *44*(1952), Seite 2656.

[5] *G. Frey:* Die Eigensicherheit elektrischer Anlagen in schlagwetter- und explosionsgefährdeten Betrieben (Dtsch. Elektrotechnik, Heft 10(1958), S. 352—358).

[6] *R. Wilke:* Eigensicherheit (ETZ-A 75(1954) Heft 5, S. 128—131).

[7] *W. S. Krawtschenko:* Die Zündfähigkeit el. Entladungen beim Öffnen von Stromkreisen bei normaler, erhöhter und hoher Frequenz (Dtsch. Elektrotechnik 8(1954) Heft 12, S. 435—436).

[8] *K.-H. Gehm:* Über den Bau und die Verwendung von explosionsgeschützten Mess- und Regelgeräten (Regelungstechnik (1957) Heft 11, S. 421—424).

[9] *W. S. Krawtschenko:* Zündfähigkeit elektr. Funken (Dtsch. Elektrotechnik 7(1953), S. 153—158).

[10] *J. Martens* und *A. Zieger:* Vorschriften und Hilfsmittel für Planung und Betrieb von Mess- und Regelanlagen (Buch: Messen und Regeln in der Chemischen Technik, J. Hengenstenberg, Springer-Verlag).

[11] *British Standards*
No. 1259 (1958): Intrinsically Safe Electrical Apparatus
No. 2031 (1953): Notal Rectifiers
No. 1975 (1957): Primary Cells and Batteries
No. 1538 (1956): Transformers
No. 2733 (1956): Magneto-Call Telephones

[12] *ISA-RP-12.2*
Intrinsically safe and non-incendive electrical instruments.

[13] *VDE-Vorschriften*
0170 / 2.61: Vorschriften über schlagwettergeschützte Betriebsmittel
0171 / 2.61: Vorschriften für explosions-geschützte Betriebsmittel

[14] *Publ. 1015.1959 des SEV:* Vorschriften für explosionssichere elektrische Installationsmaterialien und Apparate.

[15] *M. Zürcher:* Einführung in die Regeln für schwadensicheres Material (Bull. SEV 48(1957)19, S. 841...843).

[16] *CEI*
Publication 79-2(1962) Matériel électrique pour
Publication 79-3(1963) atmosphères explosives

[17] *K. Müller:* Eigensichere Stromkreise (ETZ-A, 78. Jahrgang, Heft 5, S. 177—182).

[18] *E. Bitterli:* Gefahren der statischen Elektrizität (SUVA, Luzern).



**Adresse des Autors:**

*P. Wehrli,* Elektrotechniker, F. Hoffmann-La Roche & Co., Postfach, 4002 Basel.


# Commission internationale de réglementation en vue de l'approbation de l'Equipement Electrique (CEE)

## Sitzung des Technischen Komitees für Industrie-Steckvorrichtungen (CT 232) am 9. und 10. November 1964 in Bruxelles

Das Technische Komitee für Industrie-Steckvorrichtungen behandelte unter dem Vorsitz seines Präsidenten, J. P. J. Smoes (Belgien), Abänderungs- und Ergänzungsanträge zu der CEE-Publikation 17, Steckvorrichtungen für industrielle Zwecke.

Es lagen eine ganze Reihe Länderbemerkungen vor, insbesondere zum Dokument *CEE (232) D 116/64* (Standard Sheets I bis VII).

Die deutsche Delegation verteilte zu Beginn der Sitzung neue Normblätter, in denen verschiedene Abänderungsanträge bereits berücksichtigt waren.

Hinsichtlich der Verriegelung (Verhinderung des Steckens und Ziehens der Stecker unter Last) wurde nach längerer Aussprache eine Disposition gemäss Tabelle I getroffen.

Tabelle I

| Nennstromstärke | Wechselstrom | | | | Gleichstrom | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A | 42 V | 380 V | 500 V | 750 V | 250 V | 500 V | 750 V |
| 16 | o | o | o | M | o | M | M |
| 32 | o | o | o | M | M | M | M |
| 63 | — | P | P | P | P | (P) | (P) |
| 125 | — | P | P | P | P | (P) | (P) |

o ohne Verriegelung
M mechanische Verriegelung
P elektrische Verriegelung (Pilotkontakt)
(P) wird noch abgeklärt

Von verschiedenen Seiten wurden Bedenken hinsichtlich der elektrischen Verriegelung geäussert. Es wird befürchtet, dass beim raschen Trennen der Steckvorrichtung das Schaltschütz den Stromkreis nicht rasch genug öffnet, so dass in der Steckvorrichtung ein Unterbrechungslichtbogen entsteht, der den Bedienenden gefährden kann. In den Niederlanden, in Deutschland und in Frankreich werden diesbezüglich noch Versuche durchgeführt.

An den 16-A-Steckdosen wurden die Kontaktbuchsen etwas tiefer gesetzt, damit Haushaltstecker nach CEE-Publikation 7, die 2,5-A-Stecker für Apparate der Klasse II inbegriffen, nicht bis zur Kontaktgabe eingeführt werden können. Auf Antrag der Schweiz soll geprüft werden, ob die jetzt 19 mm langen Stifte für Haushaltstecker in Zukunft nicht kürzer gewählt werden könnten, damit eine Kontaktgabe in den 16-A-Industriesteckdosen mit Sicherheit verhindert wird.

Das einpolige Stecken soll durch einen zusätzlichen Rand am Schutzkragen der Industriesteckdosen verhindert werden.

In der Schweiz muss noch abgeklärt werden, ob die vorgeschlagenen neuen Industriesteckvorrichtungen zusammen mit den verschiedenen in der Schweiz genormten Steckvorrichtungen keine Kombinationen erlauben, die sicherheitstechnisch nicht verantwortbar sind.

Die französische Delegation wünschte eine merkliche Verlängerung der Klappdeckel an den Steckdosen. Der Antrag stiess aber auf keine grosse Gegenliebe, und da selbst nach langer Diskussion eine Einigung nicht erzielt werden konnte, wurde der Entscheid auf später verschoben. Unter anderem wies auch die schweizerische Delegation darauf hin, dass die Verlängerung der Klappdeckel eine unerwünschte Vergrösserung der Anbaulänge von Anbausteckern zur Folge hätte.

Die am 16-A-Typ mit Gehäusen aus elastischen Isolierstoffen befürchtete, eher etwas knappe Nockensperrung konnte durch Masskorrekturen verbessert werden. Für die Kontrolle der Sperrung sind Lehren vorgesehen.

Die Stellung der Sperrnocken für die verschiedenen Nennspannungen und Stromarten ist im Normblatt V festgelegt (Position in Stunden ausgedrückt, z. B. 6 h, 7 h, 8 h usw.). Für Sonderwünsche in den einzelnen Ländern sollen Halbstundenposi-