

**Zeitschrift:** Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins  
**Herausgeber:** Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke  
**Band:** 58 (1967)  
**Heft:** 12  
  
**Rubrik:** Mitteilungen SEV

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **Terms of use**

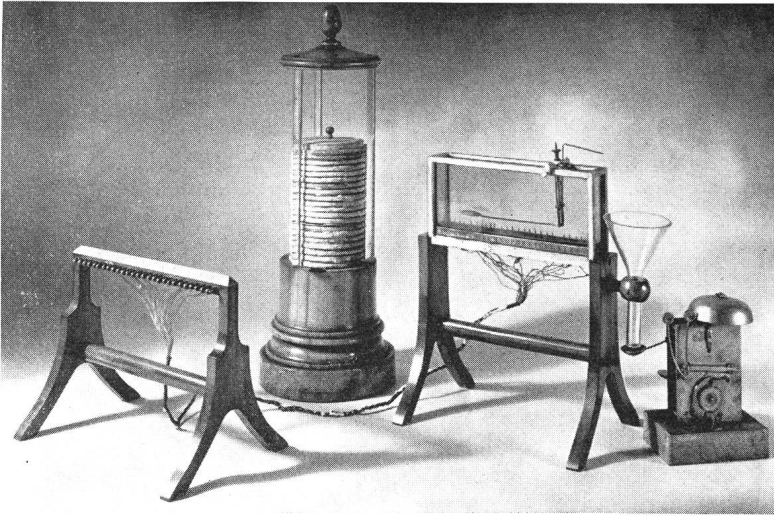
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 17.03.2025

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

# EIN BLICK ZURÜCK

## Der Telegraph von Sömmerring 1809



Deutsches Museum, München

Der erste elektrische Telegraph, welcher durch eine galvanische Batterie (damals noch eine Voltasche Säule) betrieben wurde, war der elektrochemische Telegraph des Anatomen *Sömmerring* im Jahre 1809. Es war dies die Zeit der Napoleonischen Kriege. Die Österreicher waren in das damals mit Frankreich verbündete Bayern eingefallen und hatten München erobert. *Napoleon* kam rascher; als Freund und Feind angenommen hatten, und verjagte den Feind. Schuld daran war der von *Chappe*<sup>1)</sup> erfundene optische Telegraph, welcher *Napoleon* in kürzester Zeit von dem Einfall der Österreicher in Kenntnis setzte.

Der damals allmächtige bayerische Minister *Montgelas* forderte infolgedessen die Mitglieder der bayerischen Akademie auf, einen brauchbaren Telegraphen zu bauen. Das Ergebnis war der

elektrochemische Telegraph *Sömmerrings*. Der Elektromagnetismus war noch nicht bekannt, so benutzte *Sömmerring* die bei der elektrischen Zersetzung von Wasser aufsteigenden Gasblasen zur Zeichengebung. Allerdings brauchte er für jedes Zeichen einen besonderen Draht. Das war der Grund, weshalb der Telegraph zwar gebaut, aber nicht eingeführt wurde.

In ein längliches mit Wasser gefülltes Glasgefäß (s. Bild) wurden die Enden der Drähte eingeführt. Die anderen Enden der Drähte waren isoliert an einem Holzgestell befestigt. Alle Drahtenden waren mit Buchstaben und Zeichen versehen. Mit Hilfe einer Voltaschen Säule war es möglich, im Empfänger am gewünschten Buchstaben Gasblasen aufsteigen zu lassen. Man konnte gleichzeitig zwei Zeichen geben, da das Wasserstoff-Volumen doppelt so gross war, wie das des Sauerstoffes. Der Beginn einer Depesche wurde durch einen Wecker angezeigt, welcher durch eine fallende Kugel ausgelöst wurde. Diese Kugel war auf einen beweglichen Draht lose aufgesteckt, welcher sich bei aufsteigenden Gasblasen so weit neigte, dass sie abglitt und durch einen Trichter auf den Auslöser des Weckers fiel. Als man gelegentlich eines Besuches *Napoleon* den Telegraphen vorführte, nannte er diesen «une idée germanique». Immerhin, später machte der Balte *Schilling von Cannstatt* mit diesem Telegraphen, gemeinsam mit *Sömmerring*, Versuche. Den ersteren hatte die Idee eines elektrischen Telegraphen so gepackt, dass sie ihn nicht mehr losliess. Er erfand einen Nadeltelegraphen, den er in Heidelberg vorführte. Dort sah ihn *Cooke*, der kurz danach mit dem Physiker *Wheatstone* das englische Telegraphenwesen begründete.

<sup>1)</sup> s. Bull. SEV 55(1964)5, S. 222.

A. Wissner

## Nachrichten und Hochfrequenztechnik — Télécommunications et haute fréquence

### Der Sekundärdurchbruch bei Transistoren

621.382.3

[Nach *H. A. Schafft* und *J. C. French*: A survey of second breakdown. IEEE Transactions on Electron Devices. Vol. ED-13, 8/9(1966), S. 613...618]

*Thornton* und *Simmons* berichteten 1958 erstmals über einen Effekt bei Transistoren, der sich durch eine abrupte Abnahme der Emitter-Kollektorspannung  $V_{CE}$  bei hohen Strömen äussert, und meistens zur Zerstörung des Halbleiters führt. Das katastrophale Resultat, ein Kurzschluss der Emitter-Kollektorstrecke, wurde damals konstruktiven Defekten des Halbleiters zugeschrieben, und zur Unterscheidung zum ersten, primären Spannungsdurchbruch, sekundärer Durchbruch genannt (Fig. 1).

Seither sind Jahre intensiver Forschung über diese Erscheinung vergangen, doch hat sich das Problem mit der Entwicklung der Halbleiter zu höheren Frequenzen und Leistungen keineswegs verringert, sondern bildet noch heute ernsthafte Schwierigkeiten bei der Konzeption zuverlässiger Halbleitergeräte.

Immerhin konnten einige Erscheinungen geklärt werden, und die charakteristischen Eigenschaften des Sekundärdurchbruchs, im Gegensatz zum thermischen «runaway», sind genau abgegrenzt worden.

Verschiedene Forschungsarbeiten aus den USA, Japan, Deutschland und auch aus der Schweiz geben vom Sekundärdurchbruch folgendes Bild:

a) Der Zusammenhang zwischen Durchbruchstrom und Basisstrom entspricht nicht dem gewohnten Verlauf, was in Fig. 2 deutlich zum Ausdruck kommt. Ein Basisstrom in Rückwärts-

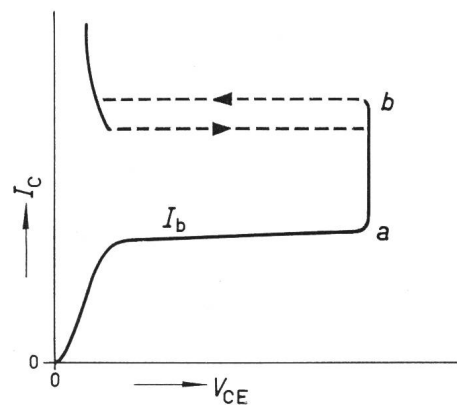


Fig. 1

Kennlinie eines vorwärts durchgesteuerten Transistors

$I_C$  Kollektorstrom;  $V_{CE}$  Kollektor-Emitterspannung  
a Primär-, b Sekundärdurchbruch bei Durchsteuerung mit einer Sinus-halbwellen auf Ohmsche Last

richtung führt beim Sekundärdurchbruch zu einem kleineren Durchbruchstrom und kleinerer Spannung  $V_{CE}$ , als kein Basisstrom, oder einer, der den Transistor in einen leitenden Arbeitspunkt aussteuert.

b) Steuert man einen Transistor in ein Gebiet, wo Sekundärdurchbruch eintreten kann, so vergeht zwischen Erreichen dieses Arbeitspunktes und Eintreten des Durchbruchs immer eine gewisse Zeit, die Verzögerungszeit. Diese ist abhängig von der Kristalltemperatur und der Verlustleistung im Arbeitspunkt.

c) Aufgrund dieser Beobachtung durfte man annehmen, dass eine gewisse Energie zur Erzeugung des Durchbruches nötig ist, die man Triggerenergie nennt. Sie ist abhängig vom Produkt aus Verzögerungszeit und Verlustleistung.

d) Verschiedene Theorien versuchten den Zusammenhang zwischen dieser Triggerenergie und den beobachteten heißen Durchbruchzonen (hot spots) herzustellen. Man weiss, dass der Kollektorstrom zu einzelnen hoch belasteten Stromfäden kontrahiert, die eine lokale unzulässige Temperaturerhöhung, eben den «hot spot», zur Folge haben.

e) Man kennt auch konstruktive Massnahmen, die zur Erhöhung der Triggerenergie, also zum unempfindlich machen gegen Sekundärdurchbruch befolgt werden müssen: Besonders bei den grossflächigen Kristallen der Leistungstransistoren, ist auf möglichst homogene Wärmeabfuhr und Basisdicke zu achten. Zonen niedriger Spannungsfestigkeit sind ebenfalls anfällig auf Sekundärdurchbruch.

f) Da der Sekundärdurchbruch erwiesenermassen ein thermisches Phänomen darstellt, das auch bei anderen Halbleitern ( $n^+n^+$ -Übergänge, Dioden etc.) beobachtet werden kann, sollte der Effekt besser mit thermischem Durchbruch bezeichnet werden, obschon dessen genauer Mechanismus bis heute noch nicht restlos abgeklärt ist.

Der Ingenieur wird sich noch eine ganze Weile dem Problem widmen müssen. Die von den meisten Transistorherstellern gelieferten Unterlagen geben ihm das Arbeitsgebiet ohne Durchbruchgefahr an. Dieses erscheint im  $I_C/V_{CE}$ -Kennlinienfeld als begrenzte Fläche und ist meist für Ohmsche und induktive Last mit Begrenzerdiode spezifiziert. Die Aufenthaltsdauer des Arbeitspunktes in einem potentiellen Durchbruchgebiet wird angegeben, und ist natürlich stets kürzer als die Verzögerungszeit (Fig. 3).

**Bemerkung des Referenten:**

Fig. 1 und 3 wurden zur Illustration beigelegt. Sie sind im Originalaufsatz nicht enthalten. Fig. 3 bezieht sich auf den letzten Abschnitt des Referates, und soll den Konstrukteur elektronischer Geräte zu vermehrtem Gebrauch dieser nun von den meisten Herstellern gelieferten Unterlagen animieren, da deren Missachtung immer wieder kostspielige Ausfälle zur Folge hat. Andererseits werden Halbleiter aus «Sicherheitsgründen» überspezifiziert, was zu unnötigen Verteuerungen bei oftmals nicht gesteigerter Sicherheit führt.

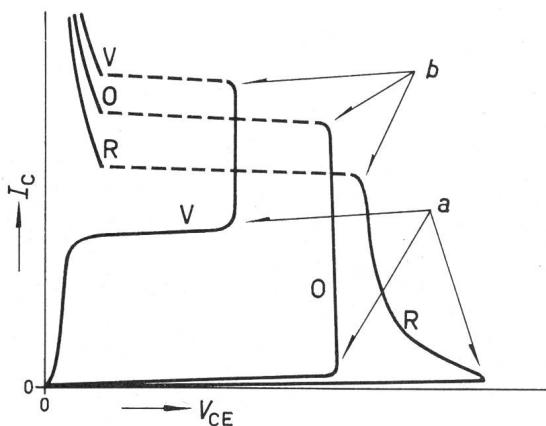


Fig. 2  
Kennlinienfeld eines Transistors mit verschiedenen Basisströmen  
V vorwärts; R rückwärts; O Basisstrom = 0  
Durchsteuerung mit 1/4 Sinuswelle auf Ohmsche Last

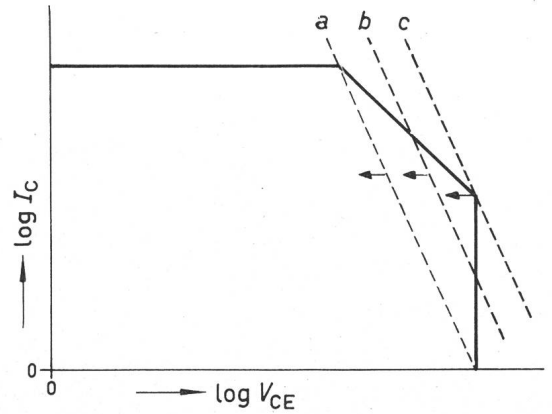


Fig. 3  
Beispiel für die Spezifikation durchbruchssicherer Arbeitsgebiete  
a die Verlustleistung ist alleine massgebend, keine Durchbruchgefahr  
b teilweise sicheres Arbeitsgebiet. Aufenthaltsdauer des Arbeitspunktes in dieser Zone muss zeitlich begrenzt werden  
c keine Garantie, Sekundärdurchbruch möglich

Für den besonders kritischen Fall einer induktiven Last ohne Diode sind Unterlagen kaum erhältlich. Die beim Abschalten freiwerdende Spulenergie hängt in ihrer Wirkung auf den Transistor spezifisch von den Schaltungsdaten ab. M. S. Buser

**Präzisions-Widerstandsmessbrücke mit Stromwandlern**

621.317.733

[Nach B. Rogal und J. S. Johnston: Precision resistance-comparison bridge using current transformers PROC. IEE 114(1967)2, S. 290...296]

Es ist bekannt, dass bei Widerstandsmessbrücken hoher Genauigkeit durch die Zuleitungen der Widerstände, durch Temperaturschwankungen sowie durch Änderungen der Widerstandswerte von Widerstandspulen und Kontaktwiderständen Schwierigkeiten bei der Einhaltung der Messgenauigkeit auftreten. Um dem abzuwehren, hat man bereits zur Isolierung der Messbrücken gegenüber Erde die Messbrücken mit Spannungswandlern ausgerüstet. Die Speisung solcher Messbrücken und ihr Abgleich erfolgt dann unter Verwendung von Frequenzen im Niederfrequenzgebiet. Bei der Messung mit solchen Frequenzen gehen aber Wirbelstrom- und dielektrische Verluste störend in das Messergebnis ein. Um diesen Einfluss zu eliminieren, nimmt man mehrere Messungen bei unterschiedlichen Frequenzen vor. Die Messungen sind dadurch verhältnismässig zeitaufwendig.

Diesbezüglich lassen sich Verbesserungen erreichen, wenn man eine Messbrücke mit Stromwandleranordnungen verwendet. Jeder der beiden Stromwandleranordnungen wird ein 1-kHz-Wechselstrom zugeführt, der mit einer 5-Hz-Rechteckschwingung moduliert ist. An die Sekundärwicklungen der Stromwandleranordnungen ist jeweils ein aus Dioden bestehender Brückengleichrichter angeschlossen. In der Ausgangsdiagonalen der Gleichrichter ist immer einer der beiden miteinander zu vergleichenden Widerstände angebracht. Jeweils ein Anschluss dieser Widerstände wird an einen Detektor mit nachgeordnetem Nullinstrument angeschlossen; die anderen Anschlüsse der Widerstände sind dagegen direkt miteinander verbunden.

Der Detektor besteht aus einem Wechselspannungsverstärker mit nachgeschaltetem, für die 5-Hz-Schwingung phasempfindlichen Demodulator. Durch zusätzliche Schaltungsmassnahmen im Detektor ist dafür gesorgt, dass nur die 5-Hz-Schwingung zum Brückenabgleich herangezogen wird. Das Messergebnis ist daher von Einflüssen frequenzabhängiger Blindwiderstände so gut wie unabhängig.

Der Abgleich der Messbrücke erfolgt durch Änderung des Übersetzungsverhältnisses einer der beiden Stromwandleranordnungen.

Dem Aufbau der Stromwandler kommt bei der angestrebten Messgenauigkeit (0,001 % im Messbereich von 0,1 bis 500  $\Omega$ ) grosse Bedeutung zu.

Die Messbrücke ist besonders zur genauen Temperaturmessung mit Widerständen geeignet. D. Krause