

# Mitteilungen SEV

Objektyp: **Group**

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

Band (Jahr): **58 (1967)**

Heft 5

PDF erstellt am: **17.09.2024**

## **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.

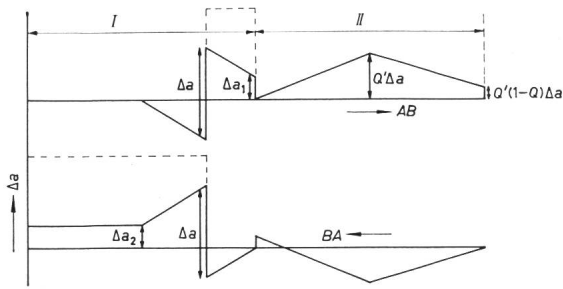


Fig. 11  
Pegelverlauf in zwei Übertragungsabschnitten (I und II) beim Auftreten eines örtlichen Fehlers in beiden Übertragungsrichtungen AB und BA  
Korrekturanordnung nach Fig. 9  
Weitere Bezeichnungen siehe Fig. 10

nung oder ihrer Wirksamkeit durchgeführt werden. Die Einfachheit der Anordnung bezieht sich nicht auf die einzelne Fernspeiseschleife, sondern auf ein ganzes Trägerfrequenzsystem.

Die Korrekturanordnung nach Abschnitt 2.1 ist von allen Anordnungen die einfachste, denn alle Fernspeiseschleifen ohne Ausnahme werden in gleicher Weise von den zugehörigen Pilotreglern korrigierend beeinflusst. Diese völlige Symmetrie bedeutet, dass bei der Montage des Systems keinerlei Überlegungen angestellt werden müssen, ob diese oder jene Fernspeiseschleife beeinflusst oder nicht beeinflusst wird. Diese Korrekturanordnung ist auch sehr wirksam, weil alle Abschnitte in beiden Übertragungsrichtungen in gleichem Masse korrigiert und insbesondere systematische Fehler stark reduziert werden. Wegen der Verkopplung der beiden Übertragungsrichtungen kann allerdings der Faktor  $Q$  nicht beliebig gross und die Korrektur nicht beliebig gut gemacht werden.

Die Korrekturanordnungen nach Abschnitt 2.2 und 2.3 sind in der Handhabung komplizierter, denn sie verlangen vor der Montage eine genaue Überlegung darüber, welche Fernspeiseschleifen eine Korrektur erhalten.

Die Anordnung nach Abschnitt 2.2 hat zwar den Vorteil, dass eine Verkopplung beider Übertragungsrichtungen zu einer Schleife vermieden wird. Aber dies kann nicht zur Verbesserung ihrer Wirksamkeit ausgenutzt werden, denn trotz einer Vergrößerung des Faktors  $Q$  können systematische

Fehler, wie es sich leicht nachweisen lässt, nicht um mehr als die Hälfte verringert werden.

Die Korrekturanordnung nach Abschnitt 2.3 ist von allen drei Anordnungen die wirksamste, denn sie erlaubt ohne Rücksicht auf die Verkopplung der beiden Übertragungsrichtungen, eine solche Wahl der Faktoren  $Q$  und  $Q'$ , dass die systematischen Fehler sehr stark reduziert werden.

Es empfiehlt sich also bei Systemen mit normalen Betriebsbedingungen die Anordnung nach Abschnitt 2.1 zu verwenden. Bei Systemen mit extrem erschwerten Betriebsbedingungen (z. B. sehr viel Kabel in Luft verlegt) kann die

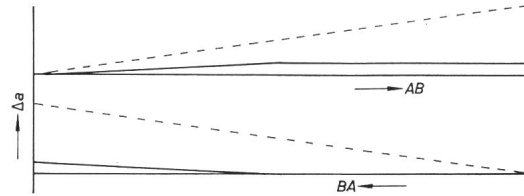


Fig. 12  
Pegelverlauf zwischen zwei Speiseämtern beim Auftreten systematischer Pegelfehler  
Korrekturanordnung nach Fig. 9  
Bezeichnungen siehe Fig. 10

Verwendung der Korrekturanordnung nach Abschnitt 2.3 vorteilhaft sein. Die Anordnung nach Abschnitt 2.2 ist für die Anwendung weniger interessant.

#### Literatur

- [1] J. Korn: Eine digitale Leitungsregelung für Trägerfrequenz-Weitverkehrsnetze NTZ 17(1964)10, S. 521...526.
- [2] J. Dezoteux: Système transistorisé à 1,3 MHz fournissant 300 voies sur paires coaxiales de 1,2/4,4 mm". Câbles et Transmission 16(1962)1, S. 41...50.
- [3] A. Jeschko: Temperaturmessungen an der Koaxialkabelleitung Bern-Neuenburg. Techn. Mitt. PTT 41(1963)2, S. 29...33.
- [4] L. Becker: Ein neuartiges 300-Kanal-Trägerfrequenzsystem für den Einsatz auf dünnen Koaxialleitungen (Zwertuben). SEL-Nachrichten 7(1959)1, S. 1...6.
- [5] H. Kemter und G. Mieg: Streckenausrüstung des Trägerfrequenzsystems V 300. Telefunken-Ztg. 38(1965)2, S. 156...165.
- [6] J. Korn: Regulierung des Leitungspiegels bei langen Trägerfrequenzverbindungen. Telefunken-Ztg. 38(1965)2, S. 165...172.
- [7] J. Korn: Temperaturkompensation indirekt geheizter Heissleiter. Internat. Elektron. Rdsch. 20(1966)2, S. 105...113.

#### Adresse des Autors:

Dr. J. Korn, AEG-Telefunken, Gerberstrasse 34, D - 7150 Backnang/Württ.

## Technische Mitteilungen — Communications de nature technique

### Die erste 400-kV-Freileitung in Mexiko

621.315.1 (72)

[Nach P. Cathelat: Das Wasserkraftwerk von El Infiernillo und die 400-kV-Leitung El Infiernillo—Mexiko der Comisión Federal de Electricidad in Mexiko. Techn. Informationsblatt des Franz. Generalkonsulates, Zürich, Nr. 7-8, 1966, S. 1...7]

Um die im Kraftwerk El Infiernillo am Rio Balsas erzeugte Energie auf wirtschaftliche Weise nach der Hauptstadt Mexiko transportieren zu können, wurde zum ersten Mal in der Geschichte des Landes 400 kV als Übertragungsspannung gewählt. Zwei praktisch parallel zueinander verlaufende Drehstromleitungen von 325 km Länge verbinden das Kraftwerk, welches eine installierte Leistung von 672 MW aufweist, mit der Unterstation Nopala bei Mexiko-City. Mit Rücksicht auf eine geringe Radiostörspannung wurden Zweileiterbündel gewählt mit einem Leiterabstand von 45 cm. Die Stahl-Aluminiumseile besitzen einen Aussendurchmesser von 32 mm und die Entfernung der Abstandhalter beträgt höchstens 70 m. Angesichts der grossen Höhenlage der Leitung und der starken Gewitterhäufigkeit sind

die Leitungen über die ganze Länge durch zwei auf den Mastspitzen verlegte Erdseile geschützt. Die ausserordentlich günstige Gelegenheit an zwei in nur 100 m Abstand verlaufenden 400-kV-Leitungen Vergleiche zwischen Glas- und Porzellanisolatoren anzustellen, hat der Auftraggeber dazu benützt, um die nördliche Leitung mit Isolatoren aus gehärtetem Glas und die südliche mit Porzellanisolatoren auszurüsten.

Beim Verlegen der Leiter wurde ein Verfahren benützt, welches neue, von der Sté Générale d'Entreprise in Paris entwickelte Geräte zum Abspulen umfasste:

- a) Ein Zugerät mit automatischer Aufwicklung des Hilfsseiles;
- b) Ein Abwickelgerät für die Leiterseile mit einer regulierbaren Bremse an der Seiltrommel.

Das Hilfsseil — ein biegsames Stahlseil — wird auf dem Boden ausgelegt, wozu infolge der topographischen Verhältnisse auf zwei Dritteln der Länge Menschenkraft erforderlich war. Dann wird es bis zu den Mastbalken angehoben und in die

Lauffrollen eingeschert. Das Zugerät wird in der benötigten Entfernung aufgestellt und die Wickeltrommel für das Hilfseil in Arbeitsstellung gebracht. Das Abspulgerät befindet sich in der Achse der Leitung am Ende des bereits ausgelegten Leiterseils. Das Problem besteht dann darin, das Leiterseil unter einer Zugspannung von 3000 bis 4000 kg abzuspuhlen, ohne dass das Seil beim Durchlauf durch das Abspulgerät eine Verformung erfährt. Dies Ziel ist mit gutem Erfolg erreicht worden, wobei in der Ebene Höchstleistungen von 13 km abgespulter Seile in einem Achtstundentag erzielt wurden. Der mittlere Tagesfortschritt für die fertige Doppelleitung zu 6 Seilen lag bei 485 m. Am 19. November 1964 ist das Kraftwerk El Infiernillo vom mexikanischen Staatsoberhaupt eingeweiht worden und seither steht die 400-kV-Leitung unter Spannung.  
A. Baumgartner

### Frequenzgänge der Synchronmaschine

621.313.32 : 621.3.018.41

[Nach L. Hannakam und M. Stiebler: Frequenzgänge der Synchronmaschine. Regelungstechn. 14(1966)8, S. 368...372]

Für die in Fig. 1 dargestellte Anordnung einer Synchronmaschine, gekuppelt mit einer Antriebs- bzw. Belastungsmaschine, werden die Frequenzgänge des die Welle beanspruchenden Maschinenmomentes und des Schlupfes bei aufgedrückten Drehmomentschwankungen für kleine Abweichungen von der stationären Nullage berechnet. Für die Aufstellung der Systemgleichungen wird mit Vorteil die in Fig. 2 dargestellte, transformierte Anordnung verwendet, wobei der Stator der Synchronmaschine durch einen Gleichstromanker ersetzt wird. Bei Verwendung dimensionsloser, auf Nenndaten bezogener Größen, beschreiben die Spannungs- und Bewegungsmatrix jeden beliebigen Betriebszustand. Durch die Einführung kleiner Abweichungen ( $\Delta$ ) von der stationären Nullage (Anschluss der Synchronmaschine an ein Drehstromnetz konstanter Spannungsamplitude, Erregerspannung und Gegenmoment) wird dieses Gleichungssystem linearisiert. Für die Berechnung der Frequenzgänge können, nach Abzug des stationären Systemanteils, für die Abweichungen zeitlich sinusförmige, veränderliche komplexe Größen einer auf die Nennfrequenz bezogenen, dimensionslosen Frequenz eingesetzt werden. Es ergeben sich die gesuchten Frequenzgänge der Ströme und des

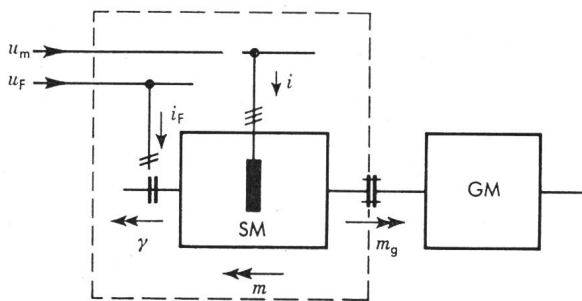


Fig. 1

#### System der Synchronmaschine und Gegenmaschine

SM Synchronmaschine; GM Antriebs- bzw. Belastungsmaschine;  $m$  Synchronmaschinendrehmoment;  $m_g$  Gegenmoment;  $u_m$  Drehstrom-Spannungsamplitude;  $u_F$  Erregerspannung;  $\gamma$  Stellungswinkel des Polrades

Polradwinkels, wobei in der Praxis die Antwort der Maschine auf aufgedrückte Drehmomentschwankungen interessieren.

Die auf einem Digitalrechner durchgeführte numerische Auswertung für einen vierpoligen 800-kW-Synchronmotor zeigte Resonanzüberhöhungen des Maschinendrehmomentes wie des Pendelschlupfes in Abhängigkeit des Lastzustandes.

Für die Entwicklung von Näherungslösungen werden die Veränderlichen der Störfunktionen vorzugsweise auf deren stationäre Werte in der Form von Nenndaten wie Spannung, Wirklast und Blindlast (bzw. Strombetrag und Phasenwinkel) bezogen. Das komplexe Pendelmoment lässt sich dann in Abhängigkeit des komplexen Polradwinkels, unter Verwendung der den stationären Belastungszustand charakterisierenden Größen, ausdrücken. Wird der Widerstand der Feldwicklung vernachlässigt und werden die Operatorreaktanzen der Synchronmaschine unter Vernachlässigung Glieder höherer Ordnung um den Punkt der Eigenfre-

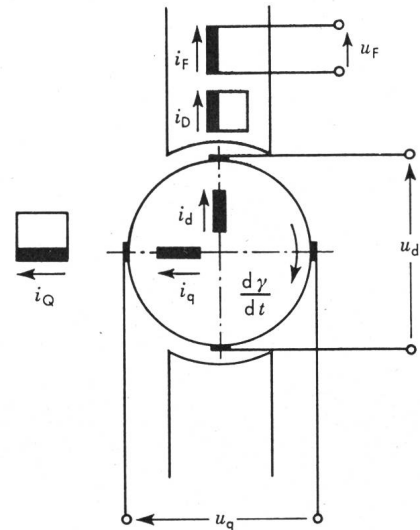


Fig. 2

#### Transformiertes System der Synchronmaschine

Der Stator ist ersetzt durch den Gleichstromanker mit den Wicklungen  $d$  und  $q$   
 $D, Q$  Dämpferkäfig;  $F$  Erregerwicklung

quenz entwickelt, ergibt sich eine brauchbare Näherungslösung im Bereich 0,7...1,4 der Eigenresonanz, deren Fehler bei Wirklast im allgemeinen unter 10 % liegt.  
H. Baumann

### Teilentladungen und Lebensdauer von Kondensator-Dielektrikum

621.319.4

[Nach G. S. Kutchinsky, D. A. Kaplan, Y. S. Pital, I. S. Pereselenyev, S. K. Medvedev, G. T. Messerman und A. K. Mann; CIGRE-Bericht Nr. 137/1966]

In den letzten Jahren wird bei der Dimensionierung von Dielektrika den Ionisations-Vorgängen immer mehr Bedeutung beigemessen, die oft — insbesondere bei Höchstspannungsgeräten — mehr durch die Dauerbeanspruchung mit der Betriebsspannung als durch Überspannungen bestimmt sind.

Es werden Untersuchungen über Teilentladungen bei Wechselspannungsbeanspruchung in Versuchsmustern aus Kondensator- und Kabelpapier behandelt, die unter normalen Fabrikationsbedingungen mit Mineralöl imprägniert worden sind. Folgende Ionisationscharakteristiken werden unterschieden:

**Die Initialspannung der Teilentladungen  $U_i$ .** Die bei dieser Spannung entstehenden Teilentladungen haben nur geringe Intensität. Sie rufen keine wesentliche Schädigung des Dielektrikums oder eine Herabsetzung der Ionisations-Einsatzspannung bei Kurzzeitprüfungen hervor.

**Die kritische Spannung der Teilentladungen  $U_{cr}$ .** Bei dieser Spannung entstehen Teilentladungen grosser Intensität, die auch bei Kurzzeitprüfungen das Dielektrikum beträchtlich schädigen können, so dass daraus eine Herabsetzung der Ionisations-Einsatzspannung resultiert<sup>1)</sup>.

Die Verwendung von Messgeräten hoher Empfindlichkeit für die Registrierung von Teilentladungen (Empfindlichkeit bis zu  $5 \cdot 10^{-15}$  C) erlaubt die Feststellung, dass Teilentladungen ( $10^{-14}$  C) an den Elektrodenkanten im Kondensatordielektrikum beim Betrieb mit Industriefrequenz und bei heute praktisch angewendeten Betriebsgradienten entstehen.

Die Abhängigkeit der Lebensdauer  $\tau$  vom Gradienten  $E$  des elektrischen Feldes wird bestimmt durch die Initialleistung  $P_i$  des Teilimpulses (mittlerer Entladestrom) in Funktion des Gradienten. Ist  $P_i = A E^a$ , so beträgt  $\tau = A' E^{-a}$ . Nach den Versuchsergebnissen bei Wechselspannung der Industriefrequenz beträgt  $a \approx 5 \dots 6$ .

Die zulässigen Betriebsgradienten müssen nach dem Wert des zulässigen Stromes der Teilentladungen für eine gegebene Lebensdauer bestimmt werden. Nimmt man eine mittlere Lebensdauer von 30...50 Jahren an, so wird der mittlere Entladungsstrom etwa  $10^{-18}$  A pro cm der Elektroden-Kantenlänge betragen dürfen.

Die zulässigen Prüfgradienten  $E_t$  müssen so angesetzt werden, dass keine kritischen Teilentladungen in der Isolation entstehen können, wobei die statistische Streuung des Wertes  $E_{cr}$ , gegeben

<sup>1)</sup> Vergl. auch Referate im Bull. SEV: 52(1961)12, S. 461...462 und 56(1965)14, S. 567...568.

durch die Standardabweichung  $\sigma_{cr}$ , zu berücksichtigen ist. Für die hier untersuchten Typen der Kondensatoren- und Geräte-Isolation betrug der Wert von  $\sigma_{cr}/E_{cr} = 0,07...0,08$ ; es ist also  $E_t = 0,7 E_{cr}$  zu wählen.

Die bestehenden Normen und Methoden für die dielektrische Festigkeitsprüfung der Isolationen schreiben eine übertrieben lange Anwendung zu hoher Spannungen für die innere Isolation vor. Auf Grund der durchgeführten Untersuchungen wird das nachfolgende Prüfprogramm vorgeschlagen, dessen Bedingungen den tatsächlichen Betriebsverhältnissen möglichst nahekommen:

a) Kontrolle der Ionisations-Charakteristiken des Dielektrikums bei Spannungen, die den 1,4- bis 1,6fachen Wert der Betriebsspannung betragen.

b) Prüfung der Durchschlagsfestigkeit mit Impulsbeanspruchungen entsprechend den atmosphärischen und den Schalt-Überspannungen. Impulse von 200...300 Hz mit einem Schwingungsdekrement von 1,5 dürften den Schaltüberspannungen äquivalent sein.

Der Einsatzgradient kritischer Teilentladungen hängt in weitgehendem Masse von dem angewendeten Restdruck bei dem Trocknungs- und Imprägnierungs-Prozess ab. Einer Herabsetzung des Restdruckes von 0,3 auf 0,01 mm Hg entspricht eine Erhöhung des Einsatzgradienten kritischer Teilentladungen um 15 %.

**Bemerkung des Referenten:**

Zu welchen immerhin recht peinlichen Missverständnissen die Nichteinhaltung international genormter Buchstabensymbole für Einheiten führen kann, liefert der vorliegende CIGRE-Bericht ein sprechendes Beispiel.

In dem von den Verfassern eingereichten Manuskript (das dem Referenten als Mitglied des entsprechenden Studienkomitees der CIGRE zugänglich war) wurde der bei Teilentladungen im Dielektrikum fließende Strom in Einheiten von Coulomb/Sekunde angegeben. Die international genormte Einheiten-Bezeichnung wäre: C/s, im Manuskript wurde aber die Bezeichnung: c/sec benützt. Dies hat man bei der Drucklegung des Berichtes mit cycles/sec gedeutet und dann in die international genormte Bezeichnung Hz umgewandelt. So enthält der gedruckte CIGRE-Bericht zur Verwunderung des aufmerksamen Lesers an 9 Stellen Stromangaben, die statt A oder C/s die Dimension Hz tragen.

G. von Boletzky

**Fortschritte bei der Erdungsmessung**

621.317.331 : 621.316.993

[Nach A. Haug: Verfahren und Fortschritte bei der Erdungsmessung, ATM, 10(1966)9, S. 209...212]

Um die exakte Grösse des Übergangswiderstandes zwischen einer Erdelektrode und einer «idealen Erde» zu bestimmen, müssen bekanntlich 2 Hilfserden als zusätzliche Hilfsmittel verwendet werden. Der gesuchte Übergangswiderstand kann nach verschiedenen Messmethoden ermittelt werden. So findet man unter den bekannteren:

a) Dreipunktmessung nach Nippold (Die drei Einzelwiderstände zwischen den Elektroden werden gemessen und die gesuchte Grösse daraus berechnet).

b) Brückenverfahren nach Wiechert (zwei Messungen mit nachheriger Berechnung der gesuchten Grösse).

c) Kompensationsverfahren mit Kompensationsschaltung nach Behrend (eine Messung; die gesuchte Grösse kann an einem Potentiometer mit linearer Skala direkt abgelesen werden) (Fig. 1).

Das unter c) aufgeführte Verfahren ist wohl das bekannteste und am häufigsten verwendete.

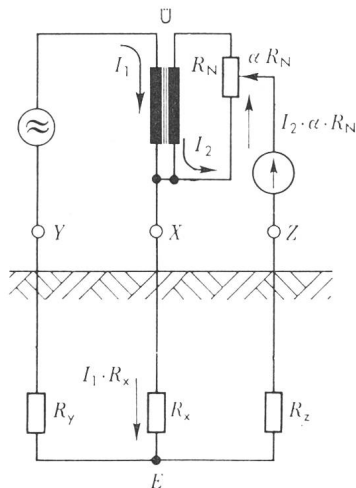


Fig. 1

**Kompensationsschaltung nach Behrend**

$R_N$  Abgleichwiderstand (Potentiometer) mit Schleiferstellung  $\alpha$ ;  $R_X$  zu messende Erde;  $R_Y, R_Z$  Hilfserden

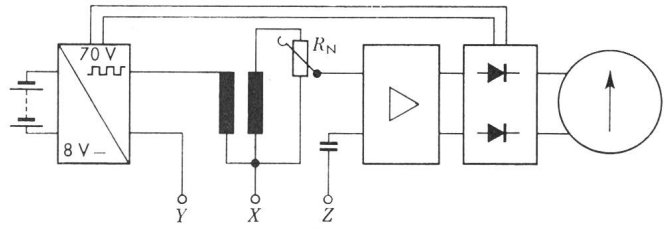


Fig. 2

**Blockschaltbild eines modernen Erdungsmessgerätes nach dem Behrend-Verfahren**

A. Haug entwickelte ein modernes transistorisiertes Erdungsmessgerät unter Beibehaltung der Grundschaltung nach Behrend (Fig. 2). Anstelle des Kurbelgenerators tritt ein Transistor-Gegentaktzerhacker mit einer rechteckförmigen Betriebsspannung. Durch diese Rechteckspannung wird die Beanspruchung der Erde auch bei der Messung einer solchen angenähert, wie sie etwa bei einem Blitzschlag auftreten kann.

Ein wesentlicher Unterschied besteht jedoch im Abgleich und in der Ableseung des Messresultates. In den bisher bekannten Geräten diente als Vergleichswiderstand  $R_N$  meist ein Potentiometer mit linearer Skala. Beim hier beschriebenen Gerät wird mittels Stufenwiderständen abgeglichen und als Messresultat eine dreistellige digitale Zahl angezeigt. (Werte von 0,1 bis 100  $\Omega$ ). Die ersten beiden Stellen werden geschaltet (Grob-einstellung) und mit der letzten Stelle, die als Potentiometer ausgerüstet ist, erfolgt der Nullabgleich des Galvanometers. Das ganze Gerät wird von einer Taschenlampenbatterie gespeist, deren Energie für viele Messungen ausreicht. Zusätzlich zur Erdungsmessung sind auch Bodenuntersuchungen wie etwa nach dem Verfahren von Wenner möglich.

Chr. Rogenmoser

**Moderner Korrosionsschutz**

620.197

[Nach W. Seiter: Der moderne Korrosionsschutz und die Konservierung von Stahlkonstruktionen in den Anlagen der EVU. Elektrizitätswirtschaft 65(1966)20, S. 618...628]

Wenig Zeitaufwand, gute Schutzwirkung und lange Haltbarkeit sind die Grundforderungen, die an den modernen Korrosionsschutz gestellt werden. Dank neuer Kunstharz-Schutz-

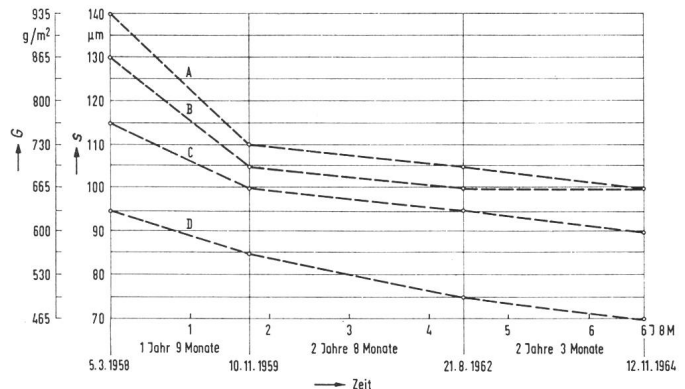


Fig. 1

**Abbau von Zinkschichten durch atmosphärische Korrosion in Luft an feuerverzinkten Stützen einer Freiluftanlage**  
G Gewicht; s Dicke

anstriche können die hohen Kosten des Korrosionsschutzes, bedingt vor allem durch den laufend erforderlichen Unterhalt, verringert werden. In den letzten zehn Jahren konnten einige Verfahren als wirtschaftlich und empfehlenswert herausgestellt werden, welche für die Erstaussführung des Korrosionsschutzes eine mehr oder weniger breite Anwendung fanden. Es sind dies:

1. Feuerverzinken mit dickschichtigem Deckanstrich. Die Feuerverzinkung allein ergibt keine beständige Schutzschicht (Fig. 1). Die ständig fortschreitende Verunreinigung der Atmosphäre durch das Anreichern der Luft mit Schwefeldioxyd und anderen schädlichen Abgasen setzt die Schutzdauer der Feuerverzinkung herab. Durch ein Abdecken bzw. Überstreichen mit Deckanstrichen wird das Abtragen der Zinkschichten verhindert und die Lebensdauer der Schicht verlängert. Anstriche, welche direkt auf der reinen, verzinkten Oberfläche aufgetragen werden,



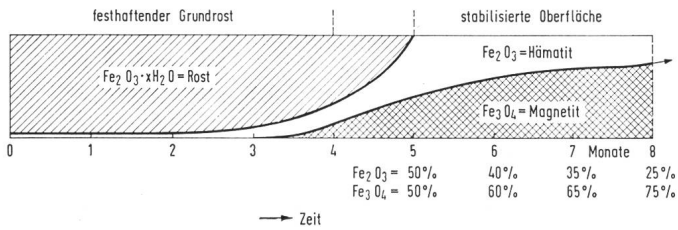


Fig. 2

Umwandlung des festhaftenden Grundrostes durch einen Roststabilisator in Magnetit und Hämatit bei 20 °C

enthalten ein Pigment aus 60...80 % Calciumplumbat mit ölmofiziertem Kunstharz als Bindemittel. Es ist möglich, in einem Arbeitstgang eine Trockenfilmdicke von 80 µm aufzutragen, was für den Schutz der Feuerverzinkung ausreicht. Bei dieser Art des Korrosionsschutzes kann eine Haltbarkeit ohne Nachbehandlung von 30...35 Jahren erwartet werden.

2. Sandstrahlen mit nachfolgenden Zinkstaubgrundierungen und einem dickschichtigen Deckanstrich. Hier übernehmen die Zinkstaubanstriche den Korrosionsschutz, welche, auf metallisch blankem Untergrund aufgetragen, sich gut bewährt haben. Es gibt Zinkstaubanstriche mit organischen und anorganischen Bindemitteln, wobei gute Ergebnisse mit Einkomponenten-Anstrichen erzielt wurden. Nach dem Sandstrahlen des zu schützenden Gegenstandes wird ein System mit drei Zinkstaubanstrichen aufgetragen, was eine Trockenfilmdicke von 250 µm ergibt. Die Haltbarkeit solcher Korrosionsschutzanstriche beträgt 20...25 Jahre, ohne jegliche Nachbehandlung.

3. Verarbeiten der roh angelieferten Konstruktion durch Handentrostung und Streichen mit einem Roststabilisator sowie das Auflegen eines dickschichtigen Deckanstriches. Sollte die Feuerverzinkung bzw. das Sandstrahlen durch zu hohe Nebenkosten als unwirtschaftlich erscheinen, so hat man die Möglichkeit, durch Anwendung eines «Roststabilisators» einen Korrosionsschutz zu erhalten. Der verbleibende Restrost nach der Handentrostung wird stabilisiert durch Überführen der Eisenhydroxyde in Eisenoxydverbindungen, wobei das Eisenhydroxyd in Magnetit und Hämatit verwandelt wird. Dies beansprucht mehrere Monate (Fig. 2). Nach Aufbringen des normalen Stabilisierungsgrundanstriches folgt eine dickschichtige Stabilisierungsgrundierung, worauf der dickschichtige Deckanstrich gestrichen wird. Dieses System ergibt eine Trockenfilmdicke von ca. 280 µm, wobei die Haltbarkeit ohne Nachbehandlung bei 18...22 Jahren liegt.

Die Dickschichtanstriche auf dem Korrosionsschutzsektor werden als «lohnkostensparende» Anstrichsysteme bezeichnet, was durch entsprechende Kostenaufstellungen deutlich zum Vorschein kommt.

B. G. Eissler

### Unfallverminderung durch gute Strassenbeleuchtung

628.971.6 : 656.08

[Nach Joint Committee of the Institute of Traffic Engineers and the Illuminating Engineering Society: Public Lightings Needs, Illum. Engng. 61(1966)9, S. 585...602]

Im Jahre 1964 wurden in den USA bei Verkehrsunfällen 47 800 Personen getötet, 1,7 Millionen erlitten schwere Körperverletzungen. Der dadurch bewirkte Verlust im Nationaleinkommen wird mit über 8 Billionen US-Dollars veranschlagt. Etwa 53 % der Unfälle ereigneten sich in der Nacht. Bezogen auf die gefahrene Strecke betragen die Nachtunfälle das 2,5fache der Tagesunfälle. Trotz niedrigerer Verkehrsdichte ist der Nachtanteil neben verschiedenen anderen möglichen Faktoren vor allem den durch die Dunkelheit wesentlich reduzierten Sehverhältnissen zuzuschreiben. Die fahrzeugeigene Beleuchtung ist nicht ausreichend zur Schaffung der im Hinblick auf die Sicherheit erforderlichen und an die Tageslichtverhältnisse angelegenen Sehverhältnisse, vor allem im Hinblick auf die erforderliche Blendungsbegrenzung.

Im Auftrage des amerikanischen Senates und Repräsentantenhauses wurde eine Analyse von 114 000 Verkehrsunfällen in verschiedenen nordamerikanischen Städten und auf verschiedenen Strassenarten durchgeführt. Es ergab sich bei gut beleuchteten Strassen gegenüber unbeluchteten eine Verringerung der tödlichen

Unfälle in der Größenordnung von 30...80 % (Fig. 1), um 10...44 % für alle Arten von Nachtunfällen und um 10...87 % sank die Strassenkriminalität.

Die heute noch gebräuchlichste lichttechnische Angabe für eine Strassenbeleuchtung ist die horizontale Beleuchtungsstärke, die im englischen Sprachraum meist in footcandle angeführt wird [1 footcandle (fc.) ≈ 10,8 lx]. Die mittleren Beleuchtungsstärkewerte der amerikanischen Empfehlungen liegen zwischen 0,2...2 fc., je nach Strassenart.

Durch Erhöhung des Beleuchtungsniveaus konnte eine wesentliche Senkung der Unfallquote in den Städten erreicht werden.

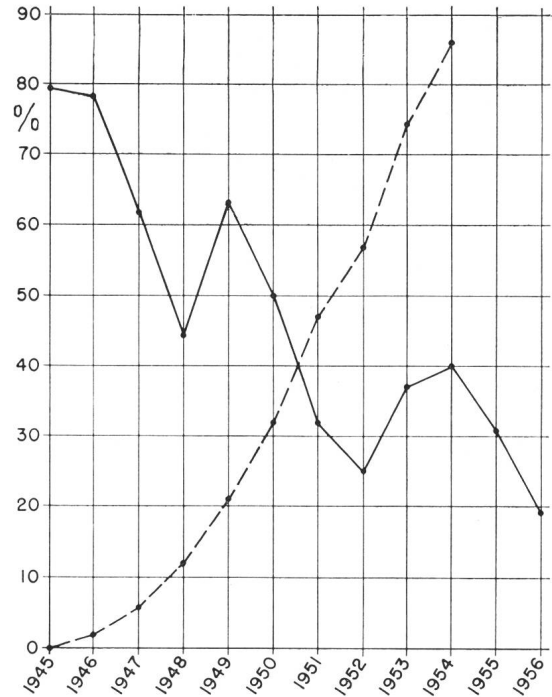


Fig. 1

Rückgang der tödlichen Nachtunfälle von Fussgängern infolge Verbesserung der Strassenbeleuchtung

— tödliche Fussgänger-Unfälle bei Nacht  
 - - - Verbesserung der Strassenbeleuchtung

Entscheidende Bedeutung kommt selbstverständlich den Hintergrundsleuchtdichten zu, der Gleichmässigkeit der Ausleuchtung und der Blendungsfreiheit. Abgesehen von den rein menschlichen Verlusten, die sich durch Unfälle ergeben, kann durch Wirtschaftlichkeitsberechnungen bewiesen werden, dass die Installationskosten und jährlichen Unterhaltskosten einer guten Strassenbeleuchtung mehr als zehnfach gedeckt werden durch die dadurch vermiedenen materiellen und wirtschaftlichen Verluste durch Unfälle.

Forschung und Laboratorium haben noch ein weites Arbeitsfeld für wissenschaftliche Untersuchungen der Zusammenhänge zwischen Beleuchtung, Unfall und Kriminalität auf der Strasse und den darauf ausgerichteten Kriterien zwischen Licht und Sehen vor sich. Interessant in diesem Zusammenhang sind auch die Ergebnisse einer Arbeit, nach der die Sehtüchtigkeit für kleine Details, die Geschwindigkeit des Erkennens und die Anpassungsfähigkeit an Helligkeitskontraste mit steigendem Alter wesentlich reduziert wird.

H. Hauck

### Funktionsgenerator mit Potentiometer

681.335.8

[Nach V. J. Phillips und M. H. Lee: Design of tapped-potentiometer function generators. Proc. IEE, 114(1967)1, S. 79...84]

Es sind eine ganze Anzahl von Anordnungen bekannt, mittels derer Spannungen mit einer beispielsweise von dem Drehwinkel eines Einstellgliedes abhängiger Amplitude, also Spannungsfunktionen, erzeugt werden können. Am einfachsten herstellbar und daher am häufigsten benützt sind Anordnungen, die aus einem Potentiometer und einer Gleichspannungsquelle bestehen. Wird ein gleichmässig aufgebautes Potentiometer verwendet, dann lässt sich mit einer derartigen Anordnung eine

lineare Spannungsfunktion gewinnen. Soll dagegen eine verhältnismässig komplizierte Abhängigkeit zwischen der Spannung und beispielsweise dem Drehwinkel eines Einstellgliedes erzielt werden, dann benützt man Potentiometer aus Draht veränderlichen Querschnittes oder veränderlichen spezifischen Widerstandes.

Erheblich billiger lassen sich auch sehr komplizierte Funktionen mittels eines Potentiometers mit einem Draht desselben Durchmessers und desselben spezifischen Widerstandes gewinnen, wenn ein Potentiometer mit mehreren festen Abgriffen benützt wird, die zusätzlich zu dem variablen Abgriff am Potentiometer vorhanden sind. Die festen Abgriffe sind über zusätzliche Widerstände direkt mit der Gleichspannungsquelle verbunden oder im Falle der Verwendung zusätzlicher Spannungsquellen unmittelbar an diese angeschlossen.

Die Schwierigkeiten, mit einem so ausgerüsteten Potentiometer eine mathematisch vorgegebene Funktion zu erzeugen, bestehen in der Festlegung der festen Abgriffe am Potentiometer sowie in der geeigneten Dimensionierung der zusätzlichen Widerstände bzw. Spannungsquellen. Diese Schwierigkeiten lassen sich überwinden, wenn man sich vergegenwärtigt, dass sich jede Funktion mittels eines Potentiometers grundsätzlich durch Einspeisung bzw. Entnahme von Strömen an den festen Abgriffen — bei entsprechender Anordnung derselben — erzielen lässt. Ausgehend von dieser Erkenntnis kann rechnerisch (bei komplizierteren Funktionen vorzugsweise mittels Computers) oder graphisch zu einer vorgegebenen Funktion die Lage der festen Abgriffe am Potentiometer sowie die Grösse der zusätzlichen Widerstände ermittelt werden.

Anhand von Beispielen lässt sich zeigen, dass im Falle verhältnismässig einfacher Funktionen die graphische Methode in verhältnismässig einfacher Weise die zur Dimensionierung des Potentiometers und der zusätzlichen Widerstände erforderlichen

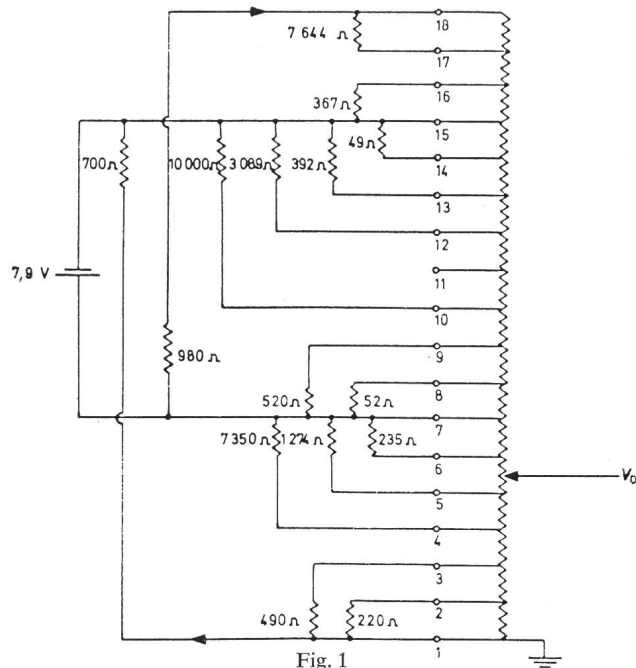


Fig. 1  
Schaltung zur Erzeugung einer Besselfunktion  $J_2(x)$

Daten liefert. Die zur Erzeugung von Funktionen höherer Ordnung, z. B. Besselfunktionen, erforderliche Potentiometerschaltung hingegen lässt sich kaum mehr auf graphischem oder herkömmlich rechnerischem Wege bestimmen; hier ist der Einsatz eines digitalen Computers angeraten. *D. Krause*

## Nachrichten- und Hochfrequenztechnik — Télécommunications et haute fréquence

### Die andere Seite des Lasers

621.375.029.6 : 535.2

Mit der Entwicklung des Lasers ist eine neue Gefahrenquelle entstanden. Durch die Eigenschaften des Lasers, die es z. B. ermöglichen ein sehr nützliches Gerät für den Augenarzt zu sein, kann es für jenen, der damit unsachgemäss umgeht, ein sehr gefährliches Instrument werden. Die Laser-Strahlung, die auf die Retina des Auges fällt, kann durch den gleichen Prozess heilen oder beschädigen: Koagulation der Retina. Die grosse Wirksamkeit der Laser-Retina-Koagulation in der medizinischen Technik liegt in der Schnelligkeit des Vorganges. Es geht alles so schnell vor sich, dass der Patient keinerlei Schmerzen verspürt. Da kein wesentlicher Unterschied zwischen einem Laser für medizinische Zwecke und sonstigen elektronischen Experimenten besteht, kann der gleiche Effekt Schäden hervorrufen, ohne dass der Experimentator etwas merkt. Gepulste oder kontinuierliche Laser-Strahlen sind genügend intensiv, um Zerstörungen hervorzurufen. Daher wurden Sicherheitsgläser und Laser-Dosimeter speziell für Arbeiten an diesen Geräten geschaffen; aber diese einfache Vorsicht darf nicht nur zufällig angewendet werden.

Würde die ganze Energie eines Rubin-Lasers mit einer Ausgangsleistung von 1 J und einer Strahlbreite von  $\frac{1}{2}^\circ$  auf das Auge fallen, so würde eine Energie-Dichte erzeugt werden, die 10 000mal grösser ist als dies zur Koagulation notwendig wäre. Würde der Laser-Impuls nur eine halbe Millisekunde andauern, so wäre die erzeugte Energie 47 000mal grösser als die im gleichen Zeitraum von der Sonne erzeugte Energie. Gleich anderen Formen des Lichtes kann der intensive Strahl auch von allen Oberflächen reflektiert werden und damit Augenschäden hervorrufen. Aber ähnlich einer intensiven Sonnenstrahlung kann der Laser-Strahl auch Hautverbrennungen verursachen. Die Mediziner sind sich noch nicht klar, ob nicht hiebei bei ständigem Umgang mit Lasern Schäden der Haut, der inneren Organe oder des Knochenmarks eintreten können. Alle

diese Gefahren aber sollen nicht von den weiteren Forschungs- und Experimentier-Arbeiten abschrecken, genauso wenig die Auto- und Flugzeugunfälle die Weiterentwicklung dieser Apparate verhindern können. *G. Gibas*

### Kristall-Laser

621.375.029.6 : 535.2

[Nach: Z. J. Kiss und R. J. Pressly: Crystalline Solid Lasers. Proc. of the IEEE, 54(1966)10, S. 1236...1248]

Der Kristall-Laser verwendet als aktives Medium Oxyd-, Fluorid-, Wolfram-, Molybd- oder Niobat-Kristalle, in welche als Verunreinigungen zwei- oder dreiwertige Ionen der Seltenen Erden oder der Übergangsmetalle eingebaut werden. Der Wirkungsgrad der Kristall-Laser konnte verbessert werden, indem eine zweite Ionensorte in den Kristall eingebaut und eine neue Bogenlampe verwendet wurde. Diese Lampen liefern eine spektrale Verteilung, die dem Absorptionsspektrum des Pumpüberganges entspricht. Auch die Anzahl der Fremdionen wurde erhöht, besonders bei 4-Niveaux-Lasern. Resonatoren, welche die Pumpenergie besser auf den Kristall konzentrieren und kleine Auskopplungsverluste bei der Signalfrequenz haben verbessern ebenfalls den Wirkungsgrad.

Auf diese Weise konnten der Wirkungsgrad und die maximale Dauerstrichleistung bei zwei verschiedenen Lasern auf 5 % bzw. 200 W gesteigert werden, während die konventionellen Werte bei 0,2 % bzw. 10 W liegen. Bei den Kristall-Lasern, welche im Impulsbetrieb arbeiten, wurde die Q-Switching-Technik verbessert, sodass man Spitzenausgangsleistungen von 1 GW bei einer Impulsdauer von 12 ns durch einen Rubin-Laser erreichte.

Trotz vieler Fortschritte gibt es immer noch keinen 4-Niveaux-Laser, welcher bei Zimmertemperatur sichtbares Licht abstrahlt sowie einen wirksamen UV-Laser. Durch die Materialforschung können wohl der Wirkungsgrad und damit die Ausgangsleistung sowie die Lebensdauer der Laser noch verbessert werden.

Der Kristall-Laser wurde bei der Untersuchung der Raman-, Brillouin- und Rayleigh-Streuung, nichtlinearer optischer Effekte

(Erzeugung von höheren Harmonischen, Mischung) sowie in der optischen Spektroskopie, bei der Messung von Zeiten und Längen, beim optischen Radar und bei der Informationsübertragung- und Verarbeitung — zum Teil versuchsweise — eingesetzt. Laser zum Schneiden, Bohren und Schweißen spezieller Materialien werden kommerziell hergestellt.

Die Kristall-Laser eignen sich besonders zur Erzeugung hochenergetischer Impulse, liefern aber i. a. eine kleinere maximale Dauerstrichleistung als die Halbleiter-Laser und die Monochromasie ihrer Strahlung ist meist geringer als bei Gas-Lasern.

H. Kramer

### Schmitt — wenig anders, aber besser!

621.375.444

[Nach J. Gaon: Diode and resistor increase input resistance of Schmitt. Electronics 39(1966)12, S. 110 und 111]

Die Untugend der konventionellen Schmitt-Trigger nach Fig. 1 ist hinlänglich bekannt: Geht der Transistor  $Q_1$  in den leitenden Zustand über, so sinkt sein Eingangswiderstand auf einen sehr kleinen Wert und begrenzt dadurch das Eingangssignal. Es können

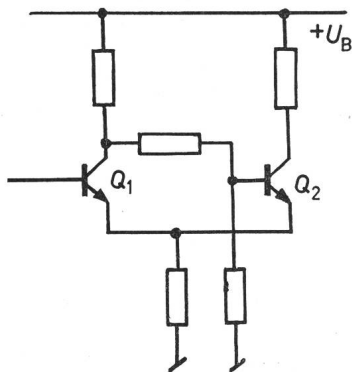


Fig. 1

Konventioneller Schmitt-Trigger

$+U_B$  Speisespannung gegen Masse;  $Q_1, Q_2$  Transistoren

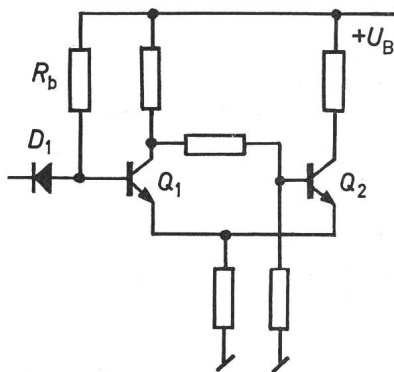


Fig. 2

Verbesserter Schmitt-Trigger

$R_b$  Widerstand für den Basissättigungsstrom von  $Q_1$ ;  $D_1$  Koppeldiode  
Weitere Bezeichnungen siehe Fig. 1

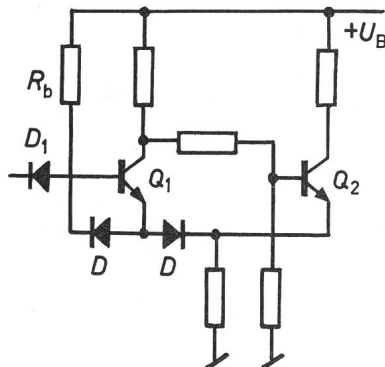


Fig. 3

Durch Dioden  $D$  vor Emitter-Basis-Durchbruch geschützter Trigger  
Bezeichnungen siehe Fig. 1 und 2

deshalb nicht mehrere dieser Trigger mit verschiedenen Schaltungsniveaux an derselben Steuerstufe betrieben werden.

Durch Hinzufügen von  $R_b$  und  $D_1$  (Fig. 2) wird nicht nur dieser Nachteil behoben, sondern allgemein die Belastung der Steuerstufe herabgesetzt.  $R_b$  wird so gewählt, dass  $Q_1$  ohne Eingangssignal gesättigt wird. Für diesen Schaltzustand des Triggers bildet der hohe Sperrwiderstand der Diode die einzige Last für eine vorgeschaltete Steuerstufe. Für den entgegengesetzten Schaltzustand,  $Q_1$  sperrend, setzt sich die von der Steuerstufe hergesehene Last aus dem kleinen Basis-Leckstrom von  $Q_1$  und dem relativ grossen Widerstand  $R_b$  zusammen.

Mit zwei weiteren Dioden (Fig. 3) kann der Triggerpunkt auf ein beliebiges Spannungsniveau gelegt werden, ohne dass ein Emitter-Basis-Durchbruch befürchtet werden muss. M. Buser

### Neue Methode für Gehirnoperationen:

#### Zerstörung krankhafter Teile durch Induktionsheizung

616.831 - 089 : 621.365.5

[Nach C. V. Burton u. a.: Induction Thermocoagulation of the Brain: A New Neurosurgical Tool. IEEE Transactions on Bio-Medical Engng, BME-13(1966)3, S. 114...119]

In den letzten Jahren wurden in der Gehirnchirurgie grosse Anstrengungen unternommen, um ein wirksames und sicheres Mittel zu finden, welches ermöglicht, krankhafte Hirnteile in kontrollierbarem Ausmass zu schädigen. Dadurch können verschiedene Krebsarten, Gefässmissbildungen, Bewegungsschwierigkeiten und gewisse Arten von Epilepsie behandelt werden. Verschiedene Methoden wurden entwickelt, aber keine davon konnte ganz befriedigen. Meistens musste von aussen eine Elektrode mit dem Herd im innern während längerer Zeit verbunden werden. Die Gefahr von Infektionen war gross. Bei Verwendung von gebündeltem Ultraschall oder Protonenstrahlen wurde nicht nur der Krankheitsherd zerstört, sondern auch das umliegende Gewebe geschädigt.

Die neue Methode verwendet das Prinzip der Induktionsheizung. In einem im Gehirn eingebrachten Metallstück werden durch ein elektromagnetisches Feld Wirbelströme induziert, welche das Metall erhitzen. Dadurch wird das umliegende Gewebe zerstört. Die Einbringung des Metallstückes ins Gehirn ist eine einfache und sicher ausführbare Operation. Sie wird unter Lokalanästhetik durchgeführt. Durch die Schädeldecke wird ein Loch gebohrt und eine Spezialnadel bis zur gewünschten Stelle eingeführt. Das zylinderförmige Metallstück (8 mm lang, von 1,6 mm Durchmesser) wird durch die Hohlneedle an die gewünschte Stelle gebracht.

Das Metallstück muss aus einem durch Induktionsströme gut erheizbaren Metall bestehen. Es darf weder mit dem Gehirngewebe reagieren, noch Reaktionen hervorrufen. Es wurde nach vielen Versuchen dafür eine spezielle Sorte rostfreien Stahls verwendet. Der Kopf wird nun in ein elektromagnetisches Feld gebracht. Zu dessen Erzeugung wurde ein HF-Generator von 23 kW, 300...400 kHz verwendet. Leider ist hier im Gegensatz zu industriellen Anwendungen die Kopplung zwischen HF-Spule und Metallstück sehr schlecht, so dass der Wirkungsgrad nur  $10^{-7}$ ... $10^{-8}$  % beträgt.

Es wurden lange Testreihen durchgeführt um zu beweisen, dass das starke HF-Feld auf das normale Gehirn keinen schädigenden Einfluss hat. Ausserdem wurde der Zusammenhang zwischen Abstand, Lage, Zeit und Feldstärke zur Erzeugung einer bestimmten Temperatur im eingepflanzten Metall untersucht. Kontakttemperaturen über  $50^\circ\text{C}$  zerstören die Gehirneuronen. Das Metallstück muss so stark erwärmt werden, dass die Zellen zerstört, Eiweiss zum Gerinnen gebracht wird, aber eine Verflüssigung des Gehirngewebes noch nicht einsetzt. Es ist schwierig, Form und Grösse der erzeugten Veränderung vorauszusagen. Sie muss deshalb ständig überprüft werden. Durch langsame Vergrösserung der Veränderung wird die gewünschte Wirkung erzielt. Sollte später eine nochmalige Vergrösserung der abgestorbenen Region nötig sein, so kann das im Gegensatz zu den anderen Methoden, ohne Operation sehr einfach vorgenommen werden.

Die Methode wurde bei Katzen, Hunden und Affen ausprobiert. Später wurden damit verschiedene Patienten erfolgreich behandelt.

H. von Ow