

Reaktionszeittests unter Hochspannungsfeldern

Autor(en): **Wiesinger, J. / Utmischi, D.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association Suisse des Electriciens, de l'Association des Entreprises électriques suisses**

Band (Jahr): **66 (1975)**

Heft 14

PDF erstellt am: **22.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-915301>

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.

Reaktionszeittests unter Hochspannungsfeldern

Von J. Wiesinger und D. Utmischi

621.315.1.027.3 : 537.212 : 612.014.42

Im Hinblick auf die in vielen Ländern geplanten oder bereits begonnenen biomedizinischen Untersuchungen über den möglichen Einfluss von elektrischen Feldern, die in der Umgebung von Hochspannungsfreileitungen auftreten, wird eine Elektrodenanordnung angegeben, mit der die Freileitungsfelder im Hochspannungslaboratorium so simuliert werden können, dass die in den Menschen eindringenden Verschiebungsströme, die für mögliche physiologische Wirkungen verantwortlich sein werden, weitgehend identisch sind. Weiterhin wird eine elektronische Schaltung eines vollautomatischen Zeitmessgerätes aufgezeigt, das schon seit mehreren Jahren mit Erfolg zur Überprüfung des Einflusses elektrischer Hochspannungsfelder auf das Reaktionsvermögen von Personen eingesetzt wird.

En vue des investigations en biomédecine, prévues ou déjà commencées dans de nombreux pays, au sujet de l'influence possible de champs électriques dans l'entourage de lignes aériennes à haute tension, les auteurs indiquent une disposition d'électrodes qui permet de simuler ces champs en laboratoire, de façon que les courants de déplacement pénétrant dans les personnes, et qui peuvent éventuellement avoir des effets physiologiques, soient sensiblement identiques. Description d'un montage électronique d'indicateur de durée entièrement automatique, utilisé déjà depuis plusieurs années pour le contrôle de l'influence de champs électriques à haute tension sur le pouvoir de réaction de personnes.

1. Einführung

Seit einigen Jahren wird immer wieder die Frage aufgeworfen nach möglichen biologischen Beeinflussungen von Menschen, auf die längere Zeit elektrische Felder einwirken, die in der Umgebung von Hochspannungsfreileitungen und in Freileitungsschaltanlagen entstehen. Diese Problematik, die insbesondere im Hinblick auf zukünftige ultrahohe Übertragungsspannungen zu sehen ist, wurde präzisiert durch Diskussionen der Studienkomitees 23 und 31 während der CIGRE 1972 [1; 2]¹⁾. Hierbei wurde deutlich, dass die anstehenden Fragen nur dann befriedigend beantwortet werden können, wenn die elektrischen Feldbeanspruchungen am Boden unter Hochspannungsfreileitungen genau definiert, berechnet und gemessen werden. Diese technischen Grundlagen, die als Voraussetzung für alle biomedizinischen Untersuchungen angesehen werden müssen, liefert ein auf der CIGRE 1974 in der Gruppe 36 vorgelegter Bericht [3].

Ausgehend von den in [3] zusammengestellten, gemessenen und berechneten Feldbeanspruchungen, denen Personen unter Freileitungen ausgesetzt sind, wird in dem vorliegenden Aufsatz nunmehr eine Hochspannungsanordnung zur Simulation von elektrischen Freileitungsfeldern im Laboratorium beschrieben, die im wesentlichen aus einer 9 m² grossen Platten-elektrode in etwa 3 m Höhe besteht, an die eine 50-Hz-Wechselspannung bis etwa 100 kV gelegt wird. Weiterhin wird dann die Schaltung eines Testgerätes erläutert, mit dem die Reaktionszeiten von Personen, die sich unter der Hochspannungselektrode befinden, vollautomatisch erfasst werden können, wobei jede Einflussnahme des Testleiters auf den Programmablauf ausgeschlossen ist. Dieses Reaktionszeittestgerät, das nach umfangreichen Versuchstestserien endgültig konzipiert wurde, wird nun schon seit einigen Jahren von der Forschungsstelle für Elektropathologie in Freiburg eingesetzt, um eventuelle Beeinflussungen des Reaktionsvermögens durch Hochspannungsfelder festzustellen [4].

2. Anordnung zur Simulation von elektrischen Freileitungsfeldern im Hochspannungslaboratorium

Wie die Berechnungen und Messungen von Feldern unter Freileitungen gezeigt haben, sind bei 110-, 220- und 380-kV-Leitungen Bodenfeldstärken bis zu einigen kV/m zu erwarten. Bei Leitungen im 700-kV-Bereich oder gar im MV-Bereich muss dagegen mit Werten bis über 10 kV/m gerechnet werden [3; 5].

¹⁾ Siehe Literatur am Schluss des Aufsatzes.

Da an einem Menschen mit einem relativ niedrigem Widerstand das äussere elektrische 50-Hz-Feld wie an einem Metallkörper zusammenbricht und nur der Verschiebungsstrom den Körper als Folge der Feldeinwirkung durchdringt, sind für mögliche biologische Wirkungen wohl insbesondere der gesamte über den Menschen zur Erde abfliessende Verschiebungsstrom und die maximale Dichte des Verschiebungsstromes am Kopf als massgebend anzusehen. Aus Experimenten und Berechnungen konnte eine konstante Beziehung zwischen diesen Strömen und dem ungestörten elektrischen Bodenfeld unter Freileitungen und in Schaltanlagen gefunden werden. Der auf die ungestörte 50-Hz-Bodenfeldstärke bezogene, über eine stehende Person zur Erde abfliessende Verschiebungsstrom wurde zu $14 \frac{\mu\text{A}}{\text{kV/m}}$ ermittelt; dieser Wert ist unabhängig von der Leitungsgeometrie, der Reihenspannung und dem Standort der Person. Etwa $\frac{1}{3}$ dieses Verschiebungsstromes dringt in den Kopf ein [3]. Die maximale Verschiebungsstromdichte am Kopf eines stehenden Menschen beträgt, wiederum bezogen auf die ungestörte Bodenfeldstärke, $4,8 \frac{\text{nA/cm}^2}{\text{kV/m}}$. Es kann nunmehr davon ausgegangen werden, dass die in einem Hochspannungslaboratorium simulierten elektrischen Felder hinsichtlich der Wirkungen im Körper dann den Feldern unter Freileitungen entsprechen, wenn die in den Körper eindringenden Verschiebungsströme im Labor und unter den Freileitungen gleich sind, wobei aus den möglichen Stromkennwerten der gesamte Verschiebungsstrom und die maximale Verschiebungsstromdichte am Kopf ausgewählt werden sollen.

Da im Laboratorium Abstände der hochspannungsführenden Elektroden vom Boden entsprechend den Freileitungshöhen von 10 m und mehr in der Regel wohl nicht realisierbar sind, war zu überlegen, wie bei relativ kleinen Elektrodenhöhen die Feldverhältnisse unter Freileitungen richtig nachgebildet werden können. Fig. 1 zeigt eine Hochspannungsanordnung in einem gegen äussere elektrische Felder geschirmten Laboratorium. Wird an die quadratische Platten-Hochspannungselektrode mit einer Fläche von 9 m² und einer Höhe über dem Boden von 2,9 m eine Spannung von 1 kV angelegt, so ergibt sich auf dem Boden unter der Elektrodenmitte eine Feldstärke von 0,135 kV/m. Diese Feldstärke kann beispielsweise mit einer kapazitiven Sonde mit einer Fläche von 50 cm² gemessen werden, deren Aufbau aus Fig. 2 hervorgeht und die in [3] eingehend beschrieben ist. Mit der vorliegenden Elektrodenanordnung konnte bei Koronafreiheit eine maximale Bodenfeldstärke von etwa 13 kV/m realisiert werden.

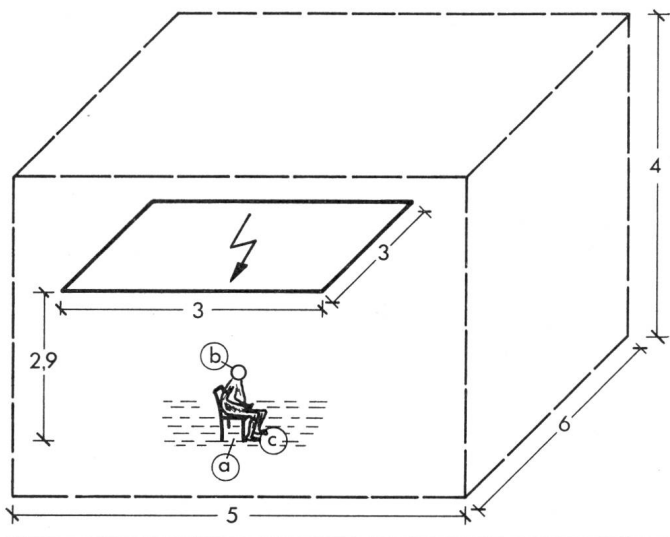


Fig. 1 Elektrodenanordnung im Hochspannungslaboratorium zur Simulation elektrischer Felder unter Freileitungen
 a Meßstelle für das elektrische Bodenfeld
 b Meßstelle für die Verschiebungsstromdichte am Kopf
 c Meßstelle für den gesamten Verschiebungsstrom
 Masse in m

Unter diese Elektrode wurde nun eine Person gesetzt, die mit einer Folie gegen Erde isoliert war. Mit einem Ampèremeter, das zwischen die Füße und die Laborerde geschaltet war, wurde ein auf die ungestörte Bodenfeldstärke bezogener Verschiebungsstrom von $12,5 \frac{\mu\text{A}}{\text{kV/m}}$ als Mittelwert aus Messungen an mehreren Personen ermittelt. Dieser Wert liegt ca. 10 % tiefer als bei stehenden Personen unter Freileitungen. Weiterhin wurde eine auf die ungestörte Bodenfeldstärke bezogene Verschiebungsstromdichte am Kopf von $5,3 \frac{\text{nA/cm}^2}{\text{kV/m}}$ als mittlerer Wert festgestellt. Da zwischen der örtlichen Feldstärke und der örtlichen Verschiebungsstromdichte ein linearer Zusammenhang besteht [3], konnte auch diese Messung mit der Feldsonde nach Fig. 2 erfolgen. Die im Laboratorium gemessene Kopfstromdichte liegt somit um ca. 10 % höher als bei stehenden Personen unter Freileitungen. Die Messungen zeigen also, dass sich bei einem unter der beschriebenen, etwa 3 m hohen Hochspannungselektrode *sitzenden* Menschen etwa die gleichen Strombeanspruchungen ergeben wie bei *stehenden* Menschen unter Freileitungen. Somit kann die beschriebene Elektrodenanordnung als geeignet angesehen werden, um in

der Umgebung von sitzenden Personen die Freileitungsfelder nachzubilden mit dem Ziel, mögliche Feldeinwirkungen untersuchen zu können.

3. Gerät zur Reaktionszeitmessung unter Hochspannungsfeldern

Ergebnisse von Reaktionszeittests werden als Anhaltspunkt für mögliche biologische Beeinflussungen von Menschen unter Hochspannungsfeldern angesehen, wenn die Reaktionszeiten einmal mit und einmal ohne Feldbeanspruchung gemessen werden; die Beobachtungszeit kann sich über mehrere Stunden erstrecken [4]. Aus einer Vielzahl von Testreihen hat sich nunmehr ein Standard-Testprogramm herauskristallisiert, bei dem in fünfminütigem Zyklus je 5 unmittelbar hintereinander folgende Reaktionszeittests durchgeführt werden. Bei jedem Test betätigt eine Testperson dann schnellstmöglich eine Taste, wenn – in Anlehnung an die im Strassenverkehr gegebenen Verhältnisse – ein Lichtsignal von grün auf rot wechselt.

Da nun bereits umfangreiches Material von diesen Reaktionszeittests vorliegt, wäre es sicherlich sinnvoll, für weitere Tests im Hinblick auf eine Vergleichbarkeit den gleichen Zyklus ablaufen zu lassen, wobei dann auch die gleiche Testschaltung eingesetzt werden sollte, da sich gezeigt hat, dass der Signalablauf einen Einfluss auf die gemessenen Reaktionszeiten hat. Insbesondere ist darauf zu achten, dass der Testleiter keinen Einfluss auf die Signalfolge hat, und dass die Zeit zwischen dem Erscheinen des Grünsignals und dem Wechsel auf Rotsignal statistisch streut.

Im folgenden werden nun zunächst drei elektronische Bausteine der Testschaltung behandelt, um anschliessend die gesamte Schaltung erläutern zu können.

3.1 Elektronische Bausteine

a) Fig. 3 zeigt ein Verzögerungsglied (VG), das aus zwei rückgekoppelten monostabilen Kippstufen mit einem statischen bzw. dynamischen Eingang besteht. Bei einem «1»-Signal am Eingang E erscheint am Ausgang A für 50 ms ein «1»-Signal, verzögert um die Zeit Δt .

b) Der in Fig. 4 dargestellte Zähler (Z) besteht aus einem Dualzähler und einem Codierungsgatter. Wenn am Eingang E 1 sechs «1»-Signale erschienen sind, wird am Ausgang A ein «1»-Signal abgegeben. Durch ein «1»-Signal am Eingang E 2 wird der Zähler zurückgestellt.

c) Fig. 5 zeigt ein statistisches Verzögerungsglied (SVG). Es beinhaltet einen Taktgenerator TG mit einer Taktfrequenz

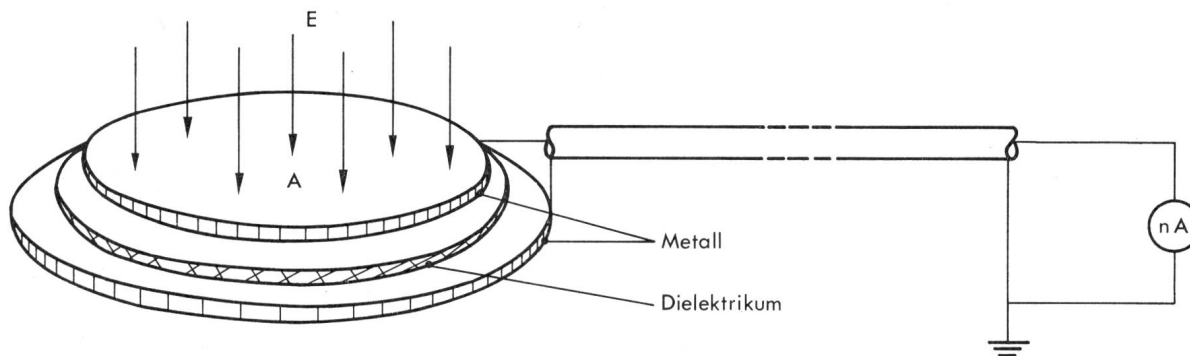


Fig. 2 Kapazitive Sonde zur Messung örtlicher elektrischer Feldstärken und Verschiebungsstromdichten
 A wirksame Sondenfläche
 E elektrische Feldstärke
 nA Nanoampèremeter

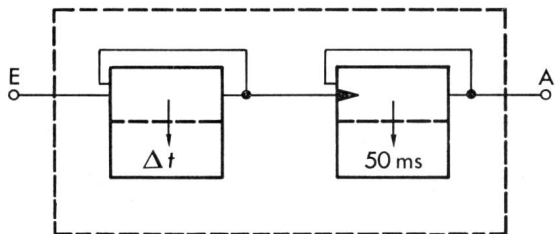


Fig. 3 Logische Schaltung des Verzögerungsgliedes VG

E Eingang
A Ausgang
 Δt Signalverzögerung

im MHz-Bereich, einen Dualzähler, ein Codierungsgatter, acht VGs mit jeweiligem Δt von 2 bis 9 s (siehe Fig. 3) und ein Oder-Gatter. TG taktet, solange am Eingang E 2 ein «1»-Signal ansteht; nach dem Wechsel auf «0»-Signal bleibt der Dualzähler in irgendeiner beliebigen Stellung stehen. Wird auf den Eingang E 1 ein «1»-Signal gegeben, so erscheint am Eingang eines VG ein «1»-Signal und nach einer Verzögerungszeit von fallweise 2 bis 9 s am Ausgang A für 50 ms ein «1»-Signal.

3.2 Schaltungsaufbau

Die logische Schaltung des Reaktionszeitmessgerätes zeigt Fig. 6. Der Testleiter kann mit dem Start/Stop-Schalter (ST) die Schaltung in bzw. ausser Betrieb setzen. 5 min nach dem Einschalten wird die Testperson durch einen 2 s dauernden Summton auf den Beginn der ersten Testserie aufmerksam gemacht, die aus 5 Einzeltests besteht. Am Ende der Testserie ertönt wieder für 2 s ein Summton. Die Testserie wiederholt sich alle 5 min. Bei jedem Einzeltest wird zunächst nach einer Wartezeit von 5 s Grünlicht im Blickfeld der Testperson eingeschaltet, das nach einer beliebig variierenden Zeit von 2 bis

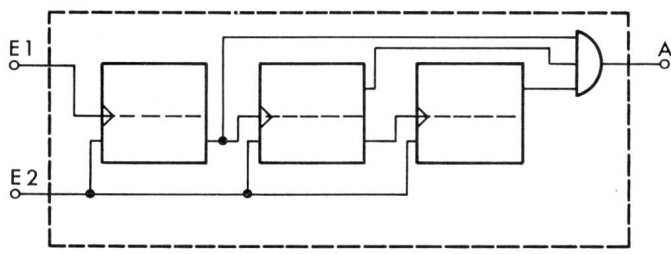


Fig. 4 Logische Schaltung des Zählers Z

E1 Zähl Eingang
E2 Rückstelleingang
A codierter Ausgang

9 s auf Rotlicht wechselt. Die Testperson hat nach diesem Wechsel möglichst rasch die Reaktionstaste RT zu betätigen.

Wie aus Fig. 6 ersichtlich ist, besteht die Schaltung des Reaktionszeitmessgerätes neben den besprochenen elektronischen Bausteinen VG, Z und SVG aus monostabilen und bistabilen Kippstufen, Verstärkern, Gattern, Eingängen für den Schalter ST und die Taste RT und Ausgängen für einen Summer, eine Grün- und eine Rotlampe sowie für einen elektronischen Zeitnehmer ZN mit angeschlossenem Drucker D.

Das VG ① arbeitet als Taktgeber, der nach jeweils 5 min eine neue Testserie einleitet. Die bistabile Kippstufe ② ist ein Gedächtnis, das für die Dauer einer Testserie gesetzt ist. Der Zähler Z ③ stellt nach Ablauf einer Testserie das Element ② zurück. Die monostabile Kippstufe ④ ist ein Signalformer für das Reaktionssignal von RT. Durch das VG ⑤ wird eine Pau-

senzeit von 5 s nach jeder Reaktion bis zum erneuten Erscheinen des Grünlichtes festgelegt. Die bistabile Kippstufe ⑥ ist während der Grünlicht-Phase gesetzt. Das SVG ⑦, mit dem das Eingangssignal um eine in Sekundenschritten von 2 bis 9 beliebig variierende Zeit verzögert wird, legt die Zeit zwischen dem Erscheinen des Grünlichtes und dem Erscheinen des Rotlichtes fest. Die bistabile Kippstufe ⑧, die während der Rotlichtphase gesetzt ist – diese Zeit ist identisch mit der Zeit zwischen dem Erscheinen des Rotlichtes und der Reaktion der Testperson, also der Reaktionszeit – gibt ihr Ausgangssignal an den Zeitnehmer ZN ab, dessen Messung mit dem Drucker D festgehalten wird. Die monostabilen Kippstufen ⑨ und ⑩ schalten vor und nach jeder Testserie den Summer S für 2 s ein.

Beim Einschalten der Netzversorgung des Gerätes nehmen die bistabilen Kippstufen ②, ⑥ und ⑧ Vorzugslagen ein, so dass sie an A 1 bzw. A «0»-Signal abgeben. Sobald der Testleiter den Schalter ST einschaltet, erscheint an E von ① «1»-Signal. Nach 5 min Verzögerung wird an A von ① für 50 ms «1»-Signal abgegeben. Mit diesem Signal wird ② gesetzt und ④ angesteuert, so dass an A von ④ für 50 ms «1»-Signal erscheint.

Das «1»-Signal von ④ liegt an E von ⑤, so dass nach einer Verzögerung von 5 s das Ausgangssignal an A von ⑤ für 50 ms von «0»- auf «1»-Signal wechselt, womit wiederum die Und-Bedingungen an E 1 von ⑥ gegeben ist. Mit dem «1»-Signal an A 1 von ⑥ wird der Verstärker ⑪ angesteuert, die grüne Lampe brennt. Damit ist der erste Einzeltest der ersten Testreihe eingeleitet.

Gleichzeitig wird ⑦ über E 1 angesteuert. Nach einer beliebigen Verzögerungszeit von 2 bis 9 s erscheint an A von ⑦ für 50 ms «1»-Signal, damit wird ⑧ über E 1 gesetzt. Das «1»-Signal an A von ⑧ steuert den Verstärker ⑫ an, die rote Lampe

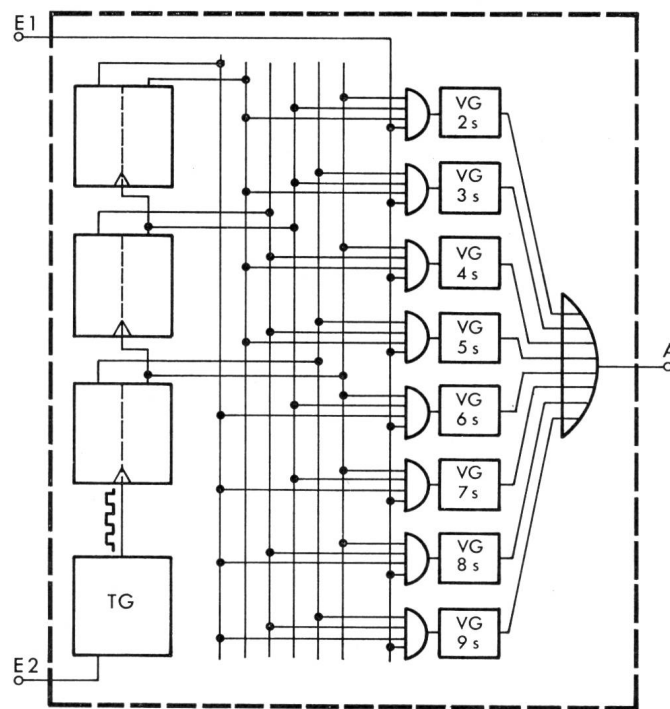


Fig. 5 Logische Schaltung des statistischen Verzögerungsgliedes SVG

E1 Eingang zur Ansteuerung der Verzögerungsglieder (VG)
E2 Freigabe des Taktgenerators (TG)
A Ausgang

Die bei den VG-s angegebenen Zeiten bedeuten die Signalverzögerung

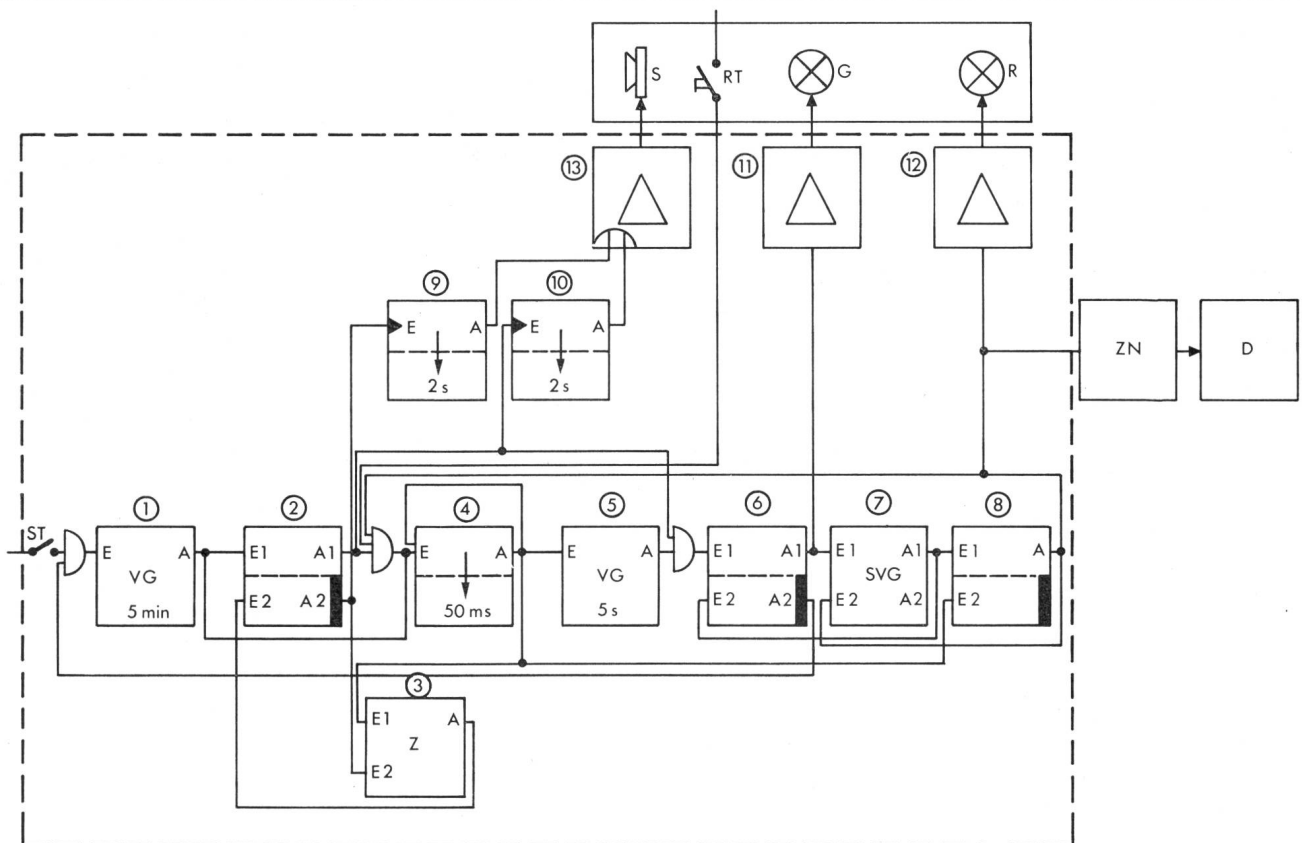


Fig. 6 Logische Schaltung des Reaktionszeitmessgerätes

Die bei den VG-s angegebenen Zeiten bedeuten die Signalverzögerung, die bei den monostabilen Kippstufen angegebenen Zeiten die Signaldauer.

<i>E, E1, E2</i>	Eingang	<i>S</i>	Summer
<i>A, A1, A2</i>	Ausgang	<i>ST</i>	Start/Stop-Schalter, betätigt durch Testleiter
<i>D</i>	Drucker	<i>SVG</i>	statistisches Verzögerungsglied
<i>G</i>	grüne Lampe	<i>VG</i>	Verzögerungsglied
<i>R</i>	rote Lampe	<i>Z</i>	Zähler für die Anzahl der Einzeltests
<i>RT</i>	Reaktionstaste, betätigt durch Testperson	<i>ZN</i>	elektrische Zeitnehmer

Weitere Bezeichnungen siehe im Text

brennt; somit beginnt die Reaktionszeit. Zum gleichen Zeitpunkt wird ⑥ über E 2 von dem «1»-Signal an A des Elementes ⑦ gelöscht; als Folge wird die grüne Lampe abgeschaltet und ① mit dem «1»-Signal an A 2 von ⑥ erneut gesetzt.

Nach der Reaktion der Testperson auf den Lichtsignalwechsel ist die Und-Bedingung an E von ④ erfüllt, an A von ④ erscheint «1»-Signal. Damit wird ⑧ über E 2 gelöscht: Das Gedächtnis für die Reaktionszeit ist damit zurückgestellt. Die Zeit, während der ⑧ gesetzt ist, wird mit ZN gemessen.

Nach einer Pause von 5 s wird an A von ⑤ wiederum für 50 ms «1»-Signal abgegeben, damit wird ⑥ über E 1 angesteuert, die grüne Lampe brennt wieder und der zweite Einzeltest ist eingeleitet.

Der Zähler Z ③ erhält seine Zählimpulse von A des Elementes ④; der Zählimpuls an E 1 erscheint jeweils vor dem Beginn eines Einzeltests und zwar 5 s vor dem Einschalten der grünen Lampe. Wenn Z so geschaltet ist (vgl. Fig. 4), dass nach 6 Zählimpulsen, entsprechend fünf bereits durchgeführten Einzeltests, an A «1»-Signal erscheint, wird ② über E 2 gelöscht und die Testserie abgebrochen. Durch das «1»-Signal an A 2 von ② wird Z nun über E 2 zurückgestellt, der Zählerstand ist Null.

Die monostabilen Kippstufen ⑨ und ⑩ werden über die dynamischen Eingänge immer dann angesteuert, wenn ② ge-

setzt oder gelöscht wird, also zu Beginn und Ende der Testserie. ⑨ und ⑩ schalten dann für jeweils 2 s über den Verstärker ⑬ einen Summer ein.

Nach Beendigung einer Testserie wird nach der durch ① festgelegten Pausenzeit von 5 min unter der Voraussetzung des geschlossenen Schalters ST wieder ein «1»-Signal für 50 ms an A von ① abgegeben und eine neue Testserie von 5 Einzeltests beginnt.

Der gesamte Test wird durch Ausschalten von ST durch den Testleiter nach vollendetem Ablauf einer Testserie unterbrochen.

Im folgenden sei nun beschrieben, wie eine willkürliche Verzögerungszeit des SVG ⑦ von 2...9 s erreicht wird. An E 2 von ⑦ liegt «1»-Signal, solange das Element ⑧ gesetzt ist, also während der Reaktionszeit. Diese Zeit, die um 0,2 s beträgt und, wie die Auswertungen gezeigt haben, statisch bei jeder Testperson streut, bestimmt also den Zeitraum, während dem TG in ⑦ läuft (vgl. Fig. 5) und damit den Dualzähler in ⑦ um 10^6 mal weiterschaltet. Nach Verschwinden des «1»-Signals an E 2 bleibt der dreistufige Dualzähler auf einer beliebigen Zahl stehen und somit wird eine der acht VGs in ⑦, deren Signalverzögerung auf 2...9 s eingestellt ist, angesteuert, sobald an E 1 von ⑦ «1»-Signal aus A 1 von ⑥ auftritt. Somit ist die Zeit von fallweise 2...9 s zwischen dem Erscheinen des grünen Lich-



Fig. 7 Laboraufbau für die Reaktionszeitmessung

tes und dem Erscheinen des roten Lichtes in einem Einzeltest jeweils durch die Reaktionszeit des vorhergehenden Einzeltestes festgelegt. Diese willkürlich lange Grünphase erwies sich aufgrund von Vorversuchen als notwendig, um jeden Lernprozess der Testperson bei fester Grünlichtdauer oder bei einer varia-

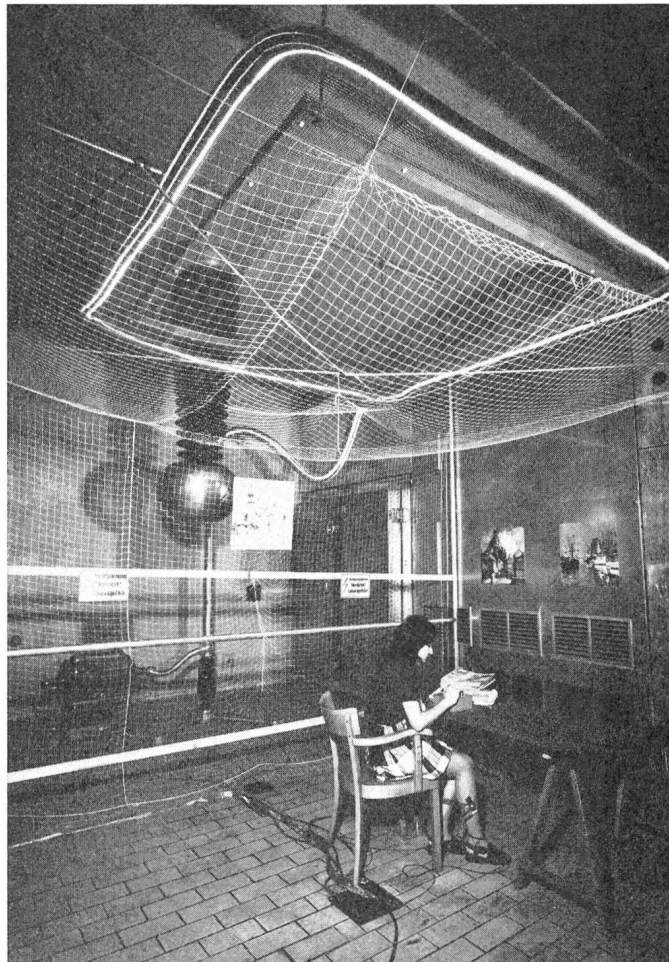


Fig. 9 Testperson vor der Testeinheit unter der Hochspannungselektrode

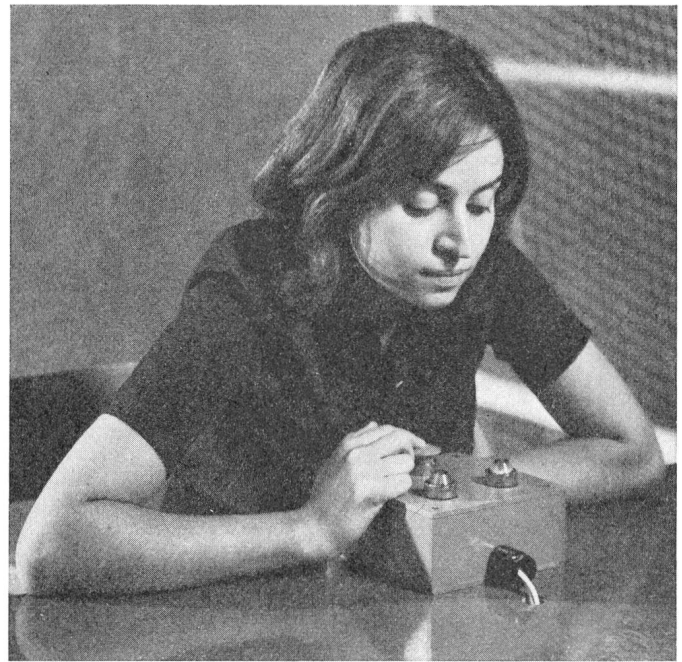


Fig. 8 Testperson mit Testeinheit für Reaktionszeitmessung

blen Dauer nach einem vorgegebenen Programm auszuschliessen.

Zur Veranschaulichung des Laboraufbaus ist abschliessend in Fig. 7 im Vordergrund das Reaktionszeitmessgerät zu sehen, im Hintergrund das geschirmte und klimatisierte Hochspannungslaboratorium mit der Testperson. In Fig. 8 wird die Testperson mit der vor ihr befindlichen Testeinheit gezeigt, die eine grüne und eine rote Lampe, einen Summer und die Reaktions-taste enthält. In Fig. 9 ist eine Testperson vor der Testeinheit unter der Hochspannungselektrode zu sehen; unter die Elektrode wurde aus Sicherheitsgründen ein Perlonnetz gehängt. Im Hintergrund ist der Hochspannungserzeuger, getrennt vom Testraum, sichtbar.

4. Schlussbemerkung

Die Elektrodenanordnung zur labormässigen Simulation von elektrischen Feldern unter Freileitungen und das Reaktionszeitmessgerät wurden am Institut für Hochspannungs- und Anlagentechnik der Technischen Universität München entwickelt. Die Verfasser danken Ing. grad. *Dieter Röder* und Ing. grad. *Franz Feßl*, die in ihren Studienarbeiten im Rahmen des Berufsschullehrerstudiums das Reaktionszeitmessgerät aufgebaut und erprobt haben.

Literatur:

- [1] *V. P. Korobkova* e. a.: Influence du champ électrique dans les postes à 500 et 750 kV sur les équipes d'entretien et les moyens de leur protection. Rapport CIGRE N° 23-06, 1972.
- [2] Contribution de discussion au groupe 23, Rapport CIGRE N° 23-06, 1972, p. 25...30.
- [3] *K. H. Schneider* e. a.: Courants de déplacement vers le corps humain causés par le champs diélectrique sous les lignes de transport d'énergie. Rapport CIGRE N° 36-04, 1974.
- [4] *R. Hauf* and *J. Wiesinger*: Biological effects of technical electric and electromagnetic VLF fields. International Journal of Biometeorology 17(1973)3, p. 213...215.
- [5] *G. Jakob*, *H. Steinbigler* und *J. Wiesinger*: Das elektrische Feld unter Hochspannungs-Freileitungen. Bull. SEV 63(1972)24, S. 1428...1432.

Adresse der Autoren:

Priv. Doz. Dr.-Ing. *Johannes Wiesinger*, Wissenschaftlicher Rat, und Dipl.-Ing. *Djafar Utmishi*, Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Hochspannungs- und Anlagentechnik der Technischen Universität München, Arcisstrasse 21, D-8000 München 2.