

circonférence, à noter, en outre le franchissement plus facile des obstacles. Comme on n'a que de vagues notions sur l'importance de la différence des résistances à l'avancement des pneumatiques de 16" et de 20", des mesures sur des chemins agraires intéressants ont été relevées sur une remorque chaussée d'une part de pneumatiques de 170x20 AW et d'autre part de pneumatiques de 7,00x16 AW. Les différences se sont situées en dessous des chiffres présumés jusqu'ici. Sur des sols secs à peu près solides, les deux pneumatiques comparés ont donné des chiffres pratiquement identiques. Les élévations maxima de 10 et de 13 % de la résistance à l'avancement des pneumatiques les plus petits sont intervenues sur un terrain glissant et mouillé et dans les marécages. Sur les autres pistes, des différences minimes ont été constatées. Il n'a pas pu être procédé à des mesures sur des terrains extrêmement mouillés et glissants. Des mesures doivent être relevées en automne prochain, si le temps le permet, sur des terres lourdes, en vue des régions de culture betteravières, et sur des sols encore plus désavantageux que ceux qui ont été étudiés jusqu'ici. — Comme les résultats ont été obtenus avec une remorque tirée par un tracteur, ils ne sont valables que pour un avancement dans la voie tracée par le tracteur. Probablement des résistances plus grandes à l'avancement des pneumatiques de 16 et de 20" se présenteront avec une voiture tirée par des chevaux, et les différences dans les résistances à l'avancement des pneumatiques de 16 et 20" seront plus importantes, car dans ce cas, les roues du premier essieu ne trouveront aucune trace. Il n'est donc pas justifié de renoncer catégoriquement à des pneumatiques de 7x16 pour des remorques de 3 t.

Ingeniero diplomado G. Bock: «Investigación de las resistencias a la tracción en un remolque agrícola con neumáticos de 16" y de 20".»

La decisión en cuanto al empleo de neumáticos de 16" ó de 20" en un remolque agrícola es de bastante importancia para la resistencia a la tracción. Hablan a favor del neumático de 16" las razones siguientes: Precio más reducido, menos altura de la plataforma, construcción más sencilla del caballete de suspensión del eje y, si acaso, la posibilidad del cambio con las ruedas delanteras de un tractor. El neumático de 20", en cambio, tiene las ventajas siguientes: Trabajo más racional en consecuencia de la menor resistencia a la tracción, vida más larga de la cubierta en relación a la circunferencia mayor y más facilidad en vencer obstáculos. Como las apreciaciones en cuanto a la importancia de la diferencia en la resistencia a la tracción de neumáticos de 16" y de 20" son muy vagas, se hicieron mediciones en terrenos de distintas condiciones, todos de interés para la agricultura, con neumáticos 170-20 AW, v. gr. 7,00-16 AW. Las diferencias, sin embargo, resultaron no ser tan grandes como se suponía. En terreno seco y relativamente firme los dos neumáticos comparados dieron resultados prácticamente iguales. Las resistencias a la tracción más grandes se registraron, para el neumático más pequeño, en terreno mojado resbaladizo y pantanoso, subiendo la diferencia al 10, v. gr. 13 %. En las demás superficies las diferencias son de menos importancia. No fué posible hacer ensayos en terreno extremadamente resbaladizo y mojado. En vista del terreno pesado en distritos remolacheros, se procurará seguir las investigaciones en el otoño venidero, si el tiempo lo permite, en terrenos aun más desfavorables que los tratados hasta ahora. — Como las pruebas se hicieron con un remolque enganchado en un tractor, los resultados solo se refieren a la condición de que se siga la huella marcada por éste. Es de suponer que con arrastre caballar las resistencias a la tracción serán algo mayores, aumentando al mismo tiempo la diferencia entre las resistencias, empleándose neumáticos de 16" y de 20", ya que las ruedas del eje delantero no encontrarán la pista preparada. De ahí que no haya razón de rechazar, como regla general, el empleo de neumáticos 7,00-16 AW para remolques agrícolas de 3 to.

Dr.-Ing. H. Jäger und Dipl.-Phys. H. H. Krone:

Zum Entwicklungsstand der Elektrozaungeräte

Institut für Landtechnische Grundlagenforschung, Braunschweig-Völkenrode

Die nach dem zweiten Weltkrieg sprunghaft anwachsende Erzeugung von Elektrozaungeräten machte eine Begrenzung der von diesen Geräten abgegebenen Impulsenergie notwendig. Diese Begrenzung wurde nach oben durch die Sicherheitsvorschriften VDE 0667/52 und 0668/53 und nach unten durch die Gebrauchswertprüfungen der DLG geschaffen. Heute scheint ein vorläufiger Abschluß der technischen Entwicklung erreicht zu sein. Im Interesse aller beteiligten Kreise ist zu hoffen, daß die Typenzahl weiter verringert wird, damit größere Fertigungszahlen rationellere Herstellungsverfahren erlauben.

Völlig neue Entwicklungstendenzen kann man aber nur von einer Vertiefung der Grundlagenforschung erwarten. Hierher gehören vor allem Tierversuche, um Klarheit über die untere Reizschwelle und die tödliche Dosis für die Wirkung elektrischer Ströme zu erhalten. Der Einfluß elektrischer Spannungen, Ströme, Strommengen, Stromenergie, Frequenzen und der Einwirkungsdauer auf die physiologische und psychologische Reaktion am Lebewesen ist bisher nicht ausreichend bekannt. An solchen Versuchen ist nicht nur die Elektrozauntechnik interessiert, sondern auch die Humanmedizin, die Tiermedizin und die Gerichtsmedizin. Es ist dies also eine gemeinsame Aufgabe für Industrie, Landwirtschaft, Berufsgenossenschaften, Sachversicherer und Behörden. Die Forderung nach solchen Tierversuchen wird von all diesen Kreisen seit langem erhoben. Es ist zu hoffen, daß auch die Finanzierung einmal möglich wird.

Ohne eine Vertiefung der Grundlagenkenntnisse und der Meßtechnik ist in den nächsten Jahren mit einem Stillstand der Elektrozauntechnik zu rechnen. Es scheint deshalb berechtigt, hier in großen Zügen einen Überblick über den derzeitigen Stand der Technik zu geben. Dabei werden in erster Linie die seit 1950 gesammelten Ergebnisse der technischen Gebrauchswertprüfungen berücksichtigt.

Typische Merkmale heutiger Elektrozaungeräte

Die heute auf dem Markt vorhandenen Elektrozaungeräte lassen sich nach folgendem Schema ordnen:

1. Netzgeräte

- Wechselstromgeräte
- Kondensatorgeräte
- Sammelgeräte
- induktive Geräte

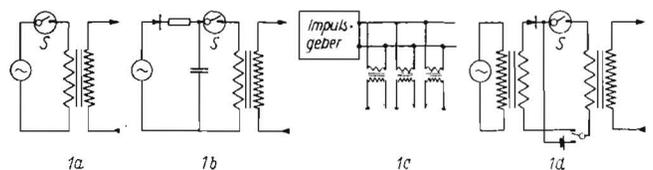


Abb. 1: Prinzipschaltungen für Netzgeräte

2. Batteriegeräte

- induktive Geräte
- Kondensatorgeräte
- selbstausslösende Geräte

In den Abbildungen 1 und 2 sind die Prinzipschaltungen der gebräuchlichen Geräte unter Fortlassung aller Einzelheiten, insbesondere der oft schwierigen Mittel zur Rundfunkentstörung dargestellt.

Alle Geräte benutzen auf der Ausgangsseite einen Hochspannungstransformator. Er hat heute durchweg einen geschlossenen Kern mit kleinem Luftspalt. Der früher oft verwendete offene Kern nach dem Prinzip der Zündspule ist fast völlig vom Markt verschwunden, weil er sich wegen der damit erzeugten steilen Impulsflanke und seinem schlechten Wirkungsgrad für die Elektrozauntechnik nicht bewährt hat. Über die Primärseite der Hochspannungstransformatoren wird etwa jede Sekunde durch kurzes Schließen des Schalters „S“ ein Stromstoß geschickt. Bei den Geräten nach 1a) und 2a) wird dieser Stromstoß unmittelbar der Stromquelle entnommen. Die Geräte 1b), 2b) und 2c) entnehmen den Primärimpuls einem während der Impulspause aufgeladenen Kondensator. Unter induktiven Netzgeräten (1d) sollen solche verstanden werden, die zunächst mit einem Transformator die Netzspannung auf 6 bis 24 Volt herabsetzen, danach gleichrichten und dann erst der Primärwicklung des Hoch-

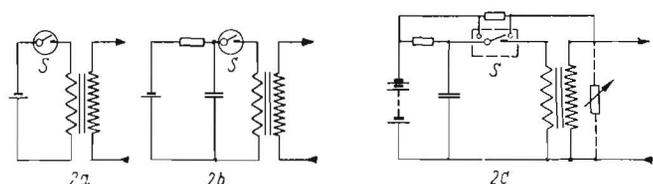


Abb. 2: Prinzipschaltungen für Batteriegeräte

spannungstransformators impulsweise zuführen. Bis vor einigen Jahren waren diese Geräte beliebt, weil sie durch einen Umschalter auf der Niederspannungsseite wahlweise für Netz- oder Batteriebetrieb benutzt werden konnten. Diese sogenannten „kombinierten Geräte“ haben sich aber in der landwirtschaftlichen Praxis nicht durchsetzen können, weil der Vorteil der Umschaltbarkeit doch nur selten ohne andere große Nachteile ausgenutzt wird. Die Sammelgeräte (1c) stehen noch vor ihrer Bewährung in der Praxis. Ihr Grundgedanke ist, von einem „Muttergerät“ über eine Speiseleitung jede Sekunde einen Spannungstoß von ca. 60 Volt auf ein örtliches Verteilernetz zu geben, an das dann mehrere Zäune über getrennte Hochspannungstransformatoren angeschlossen werden können. Störungen an einem Zaun haben dabei kaum einen Einfluß auf die anderen Zäune. Das Prinzip hat einige Vorzüge, wenn die einzelnen Hochspannungstransformatoren ganz erheblich billiger sind als die heutigen Geräte. Das „Muttergerät“ muß aber von hervorragender Betriebssicherheit sein. Außerdem muß das örtliche Niederspannungs-Impulsnetz sorgfältig aufgebaut und verlustfrei sein, weil es für die Betriebssicherheit aller angeschlossenen Zäune verantwortlich ist und mit verhältnismäßig hohen Impulsströmen belastet wird. Die Betriebssicherheit des „Muttergerätes“ und des Verteilernetzes werden in erster Linie die Zukunft der Sammelgeräte für Gemeinschaftsanlagen bestimmen. Das Prinzip der Sammelgeräte zeigt aber einen der technisch möglichen Wege, wie man in weitverbreiteten Elektrozaunanlagen Störungen an einer Stelle des Zaunes vom übrigen Zaun fernhalten kann.

Die unter 2c) genannten selbstauslösenden Geräte sind seit einem Jahr in drei verschiedenen Ausführungen auf dem Markt. Ihre Konstruktion geht auf folgende Überlegung zurück. In einer Weideperiode von sechs Monaten werden vom Elektrozaungerät ca. 18 Mill. Impulse erzeugt. Nach Eingewöhnung der Tiere werden aber nur noch sehr wenige Impulse tatsächlich zur Abschreckung ausgenutzt. Wenn man die Zahl der erzeugten Impulse auf die Zahl der wirklich benötigten herabsetzen könnte, ergäbe sich dadurch ein großer Gewinn an Energie, die aus der Stromquelle entnommen werden muß. Diese Energiebetrachtung ist natürlich nur für Batteriegeräte von Bedeutung. Der Wunsch, ohne Batteriewartung mit kleinen, billigen Trockenbatterien eine volle Weideperiode arbeiten zu können, stand also Pate bei der Entwicklung der selbstauslösenden Geräte. Sie werden sich nur dann durchsetzen können, wenn bei großer Betriebssicherheit die Kosten für die Trockenbatterien in einer Weideperiode entscheidend herabgesetzt werden. Das ist zur Zeit noch nicht der Fall. Die bisherigen selbstauslösenden Geräte sprechen auf Widerstandsniedrigungen oder auf Widerstandsänderungen zwischen Zaun und Erde an. Das Gerät kann aber noch nicht unterscheiden, ob diese Widerstandsänderung durch Regen, Bewuchs oder ein Tier entstand. Außerdem muß zur Erzielung der Widerstandsänderung das Tier den Zaun tatsächlich berühren, während bei dem üblichen Verfahren durch die jede Sekunde vorhandene Hochspannung auch ohne unmittelbare Berührung ein Funke den Impulsstrom zum Tier führen kann. Ob Tiere durch ihr Haarkleid auch ohne Funken Schlag ein Empfindungsvermögen für Hochspannungsfelder haben, ist unbekannt, aber nicht ausgeschlossen. Ein Vorteil der selbstauslösenden Batteriegeräte gegenüber den üblichen Batteriegeräten besteht darin, daß auch beim Betrieb des Gerätes aus Trockenbatterien die abgegebenen Impulse sehr viel kräftiger sein können als bei normalen Batteriegeräten. Die noch ungelösten technischen Schwierigkeiten der selbstauslösenden Geräte (Unterscheidung Tier oder Bewuchs, Impulsauslösung ohne Zaunberührung) können gegebenenfalls gelöst werden, wenn außer der Ableitung des Zaunes noch seine andere wesentliche Kenngröße, die Kapazität gegen Erde, zur Auslösung der Impulse herangezogen wird. Die Kapazitätsänderung eines Zaunes bei Annäherung eines Tieres läßt sich ebenso wie die Widerstandsänderung zur Auslösung der Impulse verwerten. Selbstauslösende Geräte setzen jedoch immer hohe und konstante Zaunisolations voraus. Die Frage der Ökonomie der Elektro-

zaungeräte ist wichtig genug, um gründliche Entwicklungsarbeiten zu rechtfertigen. Der durchschnittliche Wirkungsgrad der Batteriegeräte ist seit 1950 von etwa 10 % auf mehr als 50 % durch sorgfältiges Studium der Verluste bei gleichzeitiger Steigerung der Ausgangsleistung erhöht worden.

In den Abbildungen 1 und 2 ist „S“ ein Schalter, der etwa jede Sekunde, bei den selbstauslösenden Geräten durch Widerstandsänderungen am Zaun betätigt wird. An diese Schalter werden hohe Anforderungen in bezug auf Betriebssicherheit über lange Zeiten gestellt. An den Schaltern entstehen überdies oft Rundfunkstörungen, deren Beseitigung schwierig werden kann. Als Ersatz für offene Metallkontakte haben sich in den letzten Jahren immer stärker Quecksilberschaltröhren durchgesetzt. Diese Quecksilberschalter werden entweder selbst bewegt, oder sie enthalten ein eingebautes bewegliches Eisenteil, das von außen bei stillstehender Schaltröhre durch rotierende oder schwingende Permanentmagnete betätigt wird. Für Wechselstromgeräte nach dem Typ 1a) kommen aus Sicherheitsgründen nur sogenannte Wischkontaktrohre in Frage, die so gebaut sind, daß unter keinen Umständen ein Dauerkontakt entstehen kann. — Neben diesen mechanisch bewegten Schaltern werden schließlich auch trägheitsfreie Schalter, wie Gasentladungsröhren, Thyratrons (gittergesteuerte Gasentladungsröhren) und Hochvakuumröhren verwendet. Die Funktion der selbstauslösenden Geräte setzt natürlich trägheitsfreie Schaltelemente voraus.

Zur Betätigung der mechanisch bewegten Schalter wird in Netzgeräten heute ein pausenlos laufender Synchron- oder Asynchron-Uhrenmotor bevorzugt, weil er bei geringem Eigenstromverbrauch in Verbindung mit einer Untersetzung bequem den Sekundentakt erzeugt. Andere Geräte arbeiten zur Erzeugung des Sekundentaktes und zur Betätigung der Schalter „S“ mit rotierenden oder schwingenden Permanentmagneten, oder mit Relais in Arbeits- oder Ruhestromschaltung. Batteriegeräte benutzen zur Energieeinsparung fast immer das magnetische Streufeld am Luftspalt des Hochspannungstransformators zur Schalterbetätigung. Dabei wird oft im Moment der Kontaktgabe ein Drehpendel mit 1 sek. Schwingungsdauer angestoßen. Bei ungeschaltetem Gerät kann dieser Kontakt geschlossen oder offen sein. Im letzteren Fall muß er zur Inbetriebnahme des Gerätes mechanisch angestoßen werden, um den ersten Stromstoß und damit die erste Pendelbewegung einzuleiten. Dies hat den Vorteil, daß bei nachlassender Batteriespannung das Gerät schließlich bei offenem Schalter stehen bleibt, was zur Schonung der Batterien wesentlich sein kann.

Kombiniert man die denkbaren Schalterarten mit den hier aufgezählten Möglichkeiten zur Betätigung der Schalter, so ergibt sich eine recht beachtliche Anzahl von Fabrikationsmöglichkeiten. Die Wirksamkeit der Geräte hängt aber weniger vom Mechanismus der Schalter als vom Bau des Hochspannungstransformators und der in ihm umgesetzten elektrischen Energie ab. Form, Größe und Dauer der Hochspannungsimpulse bestimmen letzten Endes die Wirksamkeit der Geräte.

Elektrische Eigenschaften der Zäune

Bevor die Hochspannungsimpulse eingehender besprochen werden, kann an dieser Stelle eine allgemeine Betrachtung über die elektrischen Merkmale der Elektrozaune eingefügt werden. Die beste Ausnutzung der vom Gerät gelieferten Hochspannungsimpulse hängt nämlich wesentlich von den Merkmalen des Zaunes ab. Das Gerät mit dem angeschlossenen Zaun bildet zwei gekoppelte Schwingungskreise

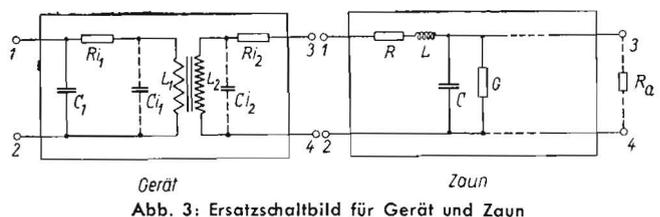


Abb. 3: Ersatzschaltbild für Gerät und Zaun

(Abb. 3). Dabei unterliegt der Zaun den Gesetzen einer Leitung. Elektrisch wird er also bestimmt durch:

1. R = Widerstand der Leitung in Ohm/km
2. \mathcal{L} = Induktivität in Henry/km
3. C = Kapazität in Farad/km
($10^{-9} \text{ F} = 1 \text{ nF} = 1 \text{ Nano Farad}$)
4. G = Ableitung in Siemens/km (1 Siemens = $\frac{1}{1 \text{ Ohm}}$).

Der Widerstand R setzt sich im Falle einer Berührung des Zaunes durch das Tier aus folgenden Teilwiderständen zusammen (Abb. 4):

$$R = R_D + R_T + R_{ü_1} + R_E + R_{ü_2}$$

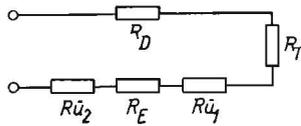


Abb. 4: Die Ohm'schen Widerstände im Zaunstromkreis

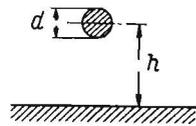


Abb. 5: Einadrige Leitung über Erde

Hierin bedeutet:

1. R_D = Drahtwiderstand
2. R_T = Tierwiderstand
3. $R_{ü_1}$ = Übergangswiderstand Tier/Erde
4. R_E = Erdwiderstand
5. $R_{ü_2}$ = Übergangswiderstand Erde/Erdungspfad.

Die Selbstinduktion \mathcal{L} und die Kapazität C des Zaunes sind gleichmäßig über die Zaunlänge verteilt. Die Ableitung G erfolgt an den mehr oder weniger guten Isolatoren. Es ist

$$G = \text{Ableitung} = \frac{1}{\text{Isolationswiderstand}}$$

für einen parallel zur Erde ausgespannten Draht vom Durchmesser d_{cm} und der Höhe h_{cm} über dem Boden (Abb. 5) ergibt sich mit für unsere Betrachtungen ausreichender Genauigkeit:

$$C = \frac{24,2}{\log \frac{4h}{d}} \text{ nF/km}, \quad \mathcal{L} = 0,46 \log \frac{4h}{d} \text{ mH/km}$$

(h und d in cm).

Der Ausbreitung von Wellen auf der Leitung wirkt der Wellenwiderstand entgegen. Er berechnet sich als

$$Z = \sqrt{\frac{R + j\omega\mathcal{L}}{G + j\omega C}}$$

für den Sonderfall, daß R und G vernachlässigbar klein sind, kann man schreiben:

$$Z = \sqrt{\frac{\mathcal{L}}{C}}$$

Mit den obengenannten Ausdrücken für C und \mathcal{L} wird dann

$$Z = 137 \cdot \log \frac{4h}{d} \text{ Ohm } (h \text{ und } d \text{ in cm}).$$

Liegt Dämpfung auf der Leitung (R und G nicht vernachlässigbar), so muß man unterscheiden zwischen Leerlauf, Kurzschluß und Abschluß der Leitung mit dem Wellenwiderstand Z . Praktisch wichtig ist hier in erster Linie die Berührung des Zaunes durch ein Tier mit dem Widerstand R_a . Bei $R_a = Z$, d. h. bei Anpassung des Wellenwiderstandes von Zaun und Tier, wird im Tier die gesamte zum Abschlußwiderstand (Tier) laufende Energie absorbiert. Unter den vereinfachten Annahmen $R = 0$ und $G = 0$ liegen die Werte für Z etwa bei 450 Ohm. Der Tierwiderstand wird nach dem Spannungsdurchbruch durch die Haut im allgemeinen mit 500 Ohm angenommen, so daß damit bei den praktisch vorkommenden Zäunen Anpassung vorliegen wird.

Tabelle 1: Werte für C , \mathcal{L} und Z an Elektrozäunen

h_{cm}	$C_{nF/km}$	$\mathcal{L}_{mH/km}$	Z_{Ohm} bei $R=0$ $G=0$
10	10,5	1,06	358
20	9,3	1,195	399
40	8,8	1,33	442
60	7,88	1,41	466
80	7,55	1,47	483
100	7,33	1,52	496

In Tabelle 1 sind für einen Zaundraht vom Durchmesser 2 mm und Höhen h von 10 cm bis 1 m die Werte für C , \mathcal{L} und Z angegeben. Bei der Berechnung wurde die Permeabilität des Eisens nicht berücksichtigt. Die Tabelle zeigt, daß für die Kapazität eines Zaunes von 1 km Länge der oft angenommene Wert von 10 nF/km zu hoch gegriffen ist. Trotzdem empfiehlt es sich, für Überschlagrechnungen auch weiterhin mit diesem Wert zu arbeiten.

Die praktisch vorkommenden Werte für R liegen bei Eisendraht zwischen 80 und 150 Ohm/km. Die kupferdurchflichtene „Hüteschnur“ hat ca. 120 Ohm/km. Die Isolationswerte der Zäune schwanken zwischen $2 \cdot 10^3$ Ohm bis $2 \cdot 10^6$ Ohm am gleichen Zaun, je nach der Beseitigung des Bewuchses. Hieraus ergeben sich für die Ableitung G Werte zwischen $0,5 \cdot 10^{-3}$ bis $0,5 \cdot 10^{-6}$ Siemens. Der Übergangswiderstand verschiedener Tiere zum Boden ist noch unbekannt, der Übergangswiderstand zum Erdungspfad wird nur selten unter 20 Ohm, oft sogar über 200 Ohm liegen.

Zur Größe der Ausgangswerte von Elektrozaengeräten

Während die Sicherheitsbestimmungen der VDE-Vorschriften die Ausgangswerte der Impulse nach oben begrenzen, fordern die Gebrauchswertprüfungen die Erreichung von Mindestwerten.

Lange Zäune, d. h. große Kapazitäten, dämpfen hochfrequente und steile Impulse stärker als niederfrequente. Die Impulse der Wechselstromgeräte bestehen aus sinusförmigen 50 Hz-Schwingungen. Diese Frequenzen sind gegen die kapazitive Belastung an langen Zäunen fast unempfindlich. Bei guter Zaunisolierung sind Wechselstromgeräte daher an beliebig langen Zäunen verwendbar. Bei Isolationswerten am Zaun unter 50 KOhm, d. h. bei großen Ableitungen, ist der Einfluß der Zaunkapazität auf den Spannungsabfall nur noch gering. Als Anhalt für den zulässigen Spannungsabfall durch kapazitive Belastung am Zaun mag dienen, daß bei einer Vorbelastung des Gerätes durch 1 MegOhm die Spitzenspannung an 100 nF noch 75 % der Spitzenspannung an 10 nF betragen soll.

Für den Abfall der Spitzenspannung mit R lassen sich aus den VDE-Vorschriften zwei Werte entnehmen.

1. An 1 MegOhm + 10 nF darf die Spitzenspannung 5 KVolt betragen.
2. An 500 Ohm darf der Spitzenstrom 300 mAmp betragen, d. h. die Spitzenspannung an 500 Ohm beträgt dann $0,3 \times 500 = 150$ Volt.

Über die Leerlaufspannung der Geräte bestimmt die VDE-Vorschrift nichts. Sie sollte jedoch mit Rücksicht auf die Ansprüche an die Isolatoren und zur besseren Bemessung von Blitzschutzmitteln am Zaun immer niedriger als 10 KVolt sein.

Faßt man diese Ergebnisse zusammen, läßt sich für die Abhängigkeit der Spitzenspannung (U_{max}) der Impulse von der Belastung mit R und C folgendes Entwicklungsziel angeben:

$$\begin{aligned} U_{max} \text{ bei Leerlauf} &< 10 \text{ KVolt} \\ U_{max} \text{ an } 1 \text{ MegOhm} + 10 \text{ nF} &= 5 \text{ KVolt} \\ U_{max} \text{ an } 500 \text{ Ohm} &= 150 \text{ Volt} \\ U_{max} \text{ an } 1 \text{ MegOhm} + 100 \text{ nF} &> 0,75 \times U_{max} \text{ an } 1 \text{ MOhm} \\ &\quad + 10 \text{ nF} \end{aligned}$$

Gute Geräte erfüllen diese Bedingungen praktisch schon heute bei angemessenen Preisen. Die Festsetzung solcher

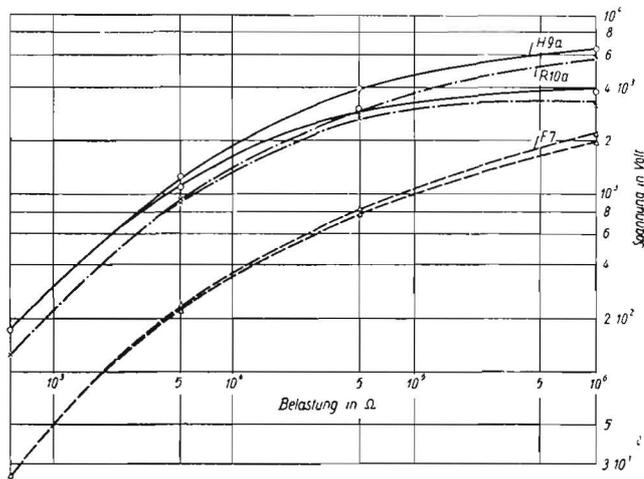


Abb. 6: Spannungsabfall von Netzgeräten mit R und C

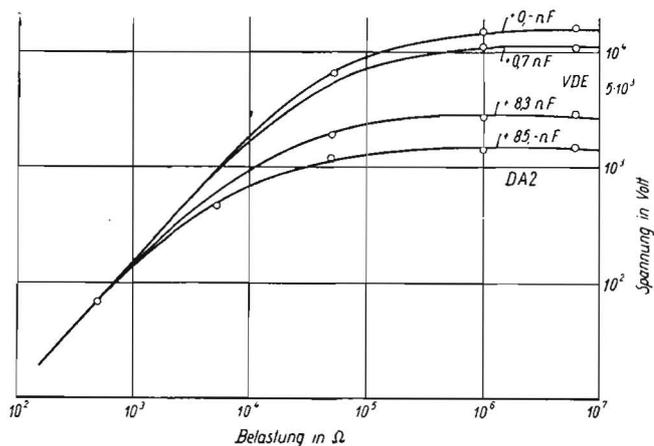


Abb. 7: Spannungsabfall eines Batteriegerätes mit R und C

Grenzwerte wird die Beurteilung des Gebrauchswertes der Zaunimpulse und die Entwicklung billiger Meßverfahren erleichtern.

Die Abbildungen 6 und 7 zeigen den Spannungsabfall einiger Geräte mit R und C im doppelt logarithmischen Maßstab.

Man erkennt, daß die Spitzenspannung beim Gerät F 7 (Wechselstromgerät) zwar unabhängig von der C-Belastung ist, aber mit der R-Belastung (Zaunisolation) stark abfällt. Die Geräte H 9a und R 10a erreichen praktisch die vom VDE zugelassenen Werte auch bei großer R-Belastung. Die Spannungsabhängigkeit von der Zaunlänge ist größer als bei F 7, aber noch tragbar.

Abbildung 7 zeigt den Spannungsabfall eines Batteriegerätes mit R und C. Hier ist der Abfall mit der Zaunlänge unzulässig hoch.

Für die Strommenge, Spitzenstromstärke und Impulsdauer schreibt der VDE vor:

1. Strommenge/Impuls an 500 Ohm \cong 2,5 m Ampsec.
2. Spitzenstromstärke an 500 Ohm \cong 300 mAmp.
3. Impulsdauer \cong 0,1 sec., dabei gilt der Impuls als beendet, wenn die Spitzenstromstärke auf 5 mAmp. gefallen ist und diesen Wert nicht wieder überschreitet.

Um eine Vorstellung von der Dauer und Grundfrequenz der Impulse unter den obigen Grenzbedingungen zu bekommen, sollen diese beiden Werte für vier verschieden stark gedämpfte Schwingungen angenähert berechnet werden. Abbildung 8 zeigt die zu behandelnden Fälle. Als vorgegeben wird der Flächeninhalt der Impulse mit 2,5 m Ampsec. angenommen. Die Spitzenstromstärke betrage 300 mAmp., die auswertbare Mindeststromstärke sei 5 mAmp. Gesucht sei die

Grundfrequenz n des Impulses unter der vereinfachenden Annahme sinusförmigen Verlaufes trotz der zum Teil sehr starken Dämpfung. Außerdem soll die Impulsdauer t berechnet werden, in der 2,5 mAmpsec. geliefert wurden.

Die Integration von $J = A \sin \omega t$ ergibt

$$F_1 = \int_{t=0}^{t=t_1} A \sin \omega t dt = -A \frac{1}{\omega} \cos \omega t \Big|_{t=0}^{t=t_1} \text{ hierin ist } \omega = 2\pi n \text{ und } t_1 \cdot \omega = \pi$$

$$\text{oder } F_1 = \frac{2A}{\omega}$$

Für $F_1 = 2,5$ mAmpsec. und $A_1 = 300$ mAmp wird $\omega_1 = 240/\text{sec}$. Nach diesem Rechenverfahren ergibt sich für

- | | |
|---------------------|----------------------------------|
| 8a) $n_1 = 38,2$ Hz | $t_1 = 13$ msec |
| 8b) $n_2 = 38,8$ Hz | $t_{2\text{ges.}} = 25,8$ msec |
| 8c) $n_3 = 51,2$ Hz | $t_{3\text{ges.}} \cong 39$ msec |

Das Ergebnis dieser Übersichtsrechnung und die praktischen Erfahrungen beweisen, daß die Elektrozauntechnik mit Impulsfrequenzen unter etwa 100 Hz auskommt.

Hieraus ergibt sich vielleicht ein Weg, wie man den sehr zahlreichen Schäden an Elektrozaungeräten durch Blitzschläge auf den isolierten Zaundraht Herr werden kann. Es ist anzunehmen, daß die durch Gewitter erzeugten Stoßladungen sehr steile Impulsfronten, d. h. hohe Frequenzen haben. Die großen Schwierigkeiten eines brauchbaren Überspannungsschutzes an Elektrozaunanlagen lassen sich dann aber überwinden durch geeignete Frequenzweichen, die die niederfrequenten Elektrozaunimpulse von den hochfrequenten Blitzentladungen trennen.

Für den Fall 8d) eines Wechselstromgerätes mit der Netzfrequenz von 50 Hz kann man nach dem gleichen Verfahren ausrechnen, wieviel Halbwellen als Zaunimpuls ausgesandt werden dürfen, wenn bei einer gesamten Strommenge/Impuls von 2,5 mAmpsec die Spitzenstromstärke 300 mAmp betragen soll.

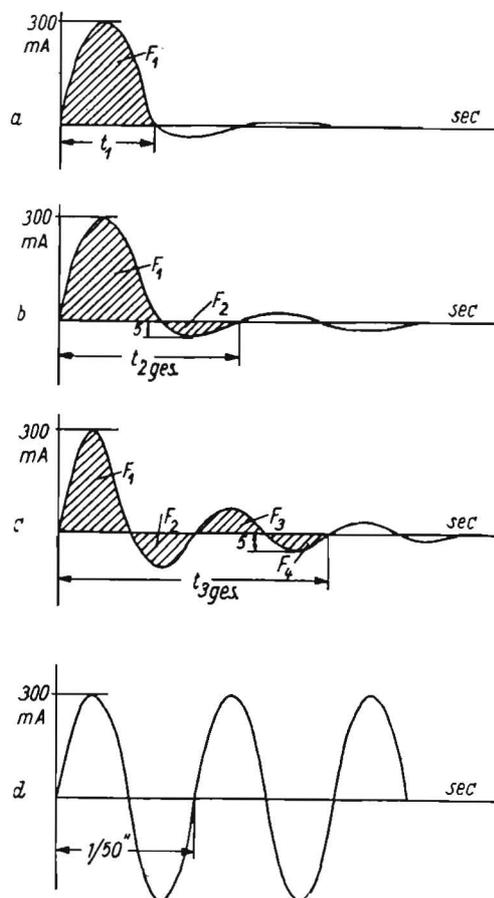


Abb. 8: Impulse bei verschiedener Dämpfung

Es ist: $2,5 \text{ mAmpsec} = x \cdot \frac{2 A}{\omega} = x \cdot \frac{2 \cdot 300}{2 \pi \cdot 50}$ hieraus er-

gibt sich $x = 1,3$, d. h. der zulässige Zaunimpuls an 50 Hz muß nach 1,3 Halbwellen beendet sein.

Praktisch bedeutet dies, daß die Wischkontaktröhre der Wechselstromgeräte sicher und reproduzierbar nach 0,01 sec abgeschaltet haben muß, wenn man auf der Ausgangsseite an 500 Ohm 300 mAmp Spitzenstromstärke erreichen will. Solche kurzen Schaltzeiten sind mit mechanisch bewegten Quecksilberschaltern zur Zeit nicht sicher zu beherrschen. Man nimmt deshalb längere Schaltzeiten bis zu 0,1 sec in Kauf, muß dann natürlich mit der Spitzenstromstärke weit unter 300 mAmp an 500 Ohm bleiben. Solange die VDE-Begrenzung von 2,5 mAmpsec für die gesamte Strommenge der Impulse eingehalten werden muß, wird man also bei Wechselstromgeräten an 500 Ohm bei den heutigen Spitzenstromstärken von 30 bis 60 mAmp stehen bleiben müssen. Das bedeutet aber, daß diese Geräte vorläufig noch empfindlich gegen Bewuchs und verminderte Zaunisolatation sind. Die Wechselstromgeräte benutzen also bei Impulszeiten über 0,01 sec mehrere Halbwellen des ungedämpften Wechselstromes. Hierauf geht der Ausdruck „Mehrfachschreck“ zurück. In diesem Sinne sind natürlich auch Geräte mit gedämpften Schwingungen Geräte mit „Mehrfachschreck“.

Praktisch vorkommende Impulsformen

In Abbildung 9 sind einige Kathodenstrahloszillogramme von Impulsen wiedergegeben.

Die am Rande gedruckten Zahlen und Buchstaben wurden als Leuchtziffern fotografiert. Sie stellen damit das Versuchsprotokoll dar, um bei mehreren Hundert derartiger Aufnahmen keine Verwechslungen entstehen zu lassen.

Die Zahlen links auf den Bildern bedeuten von oben nach unten:

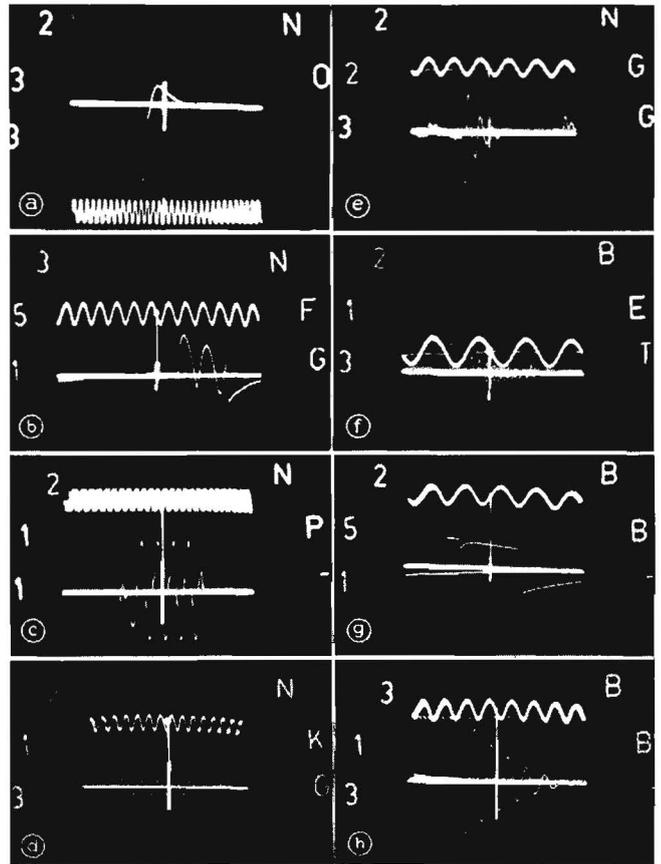


Abb. 9: Kathodenstrahloszillogramme von Elektrozaunimpulsen

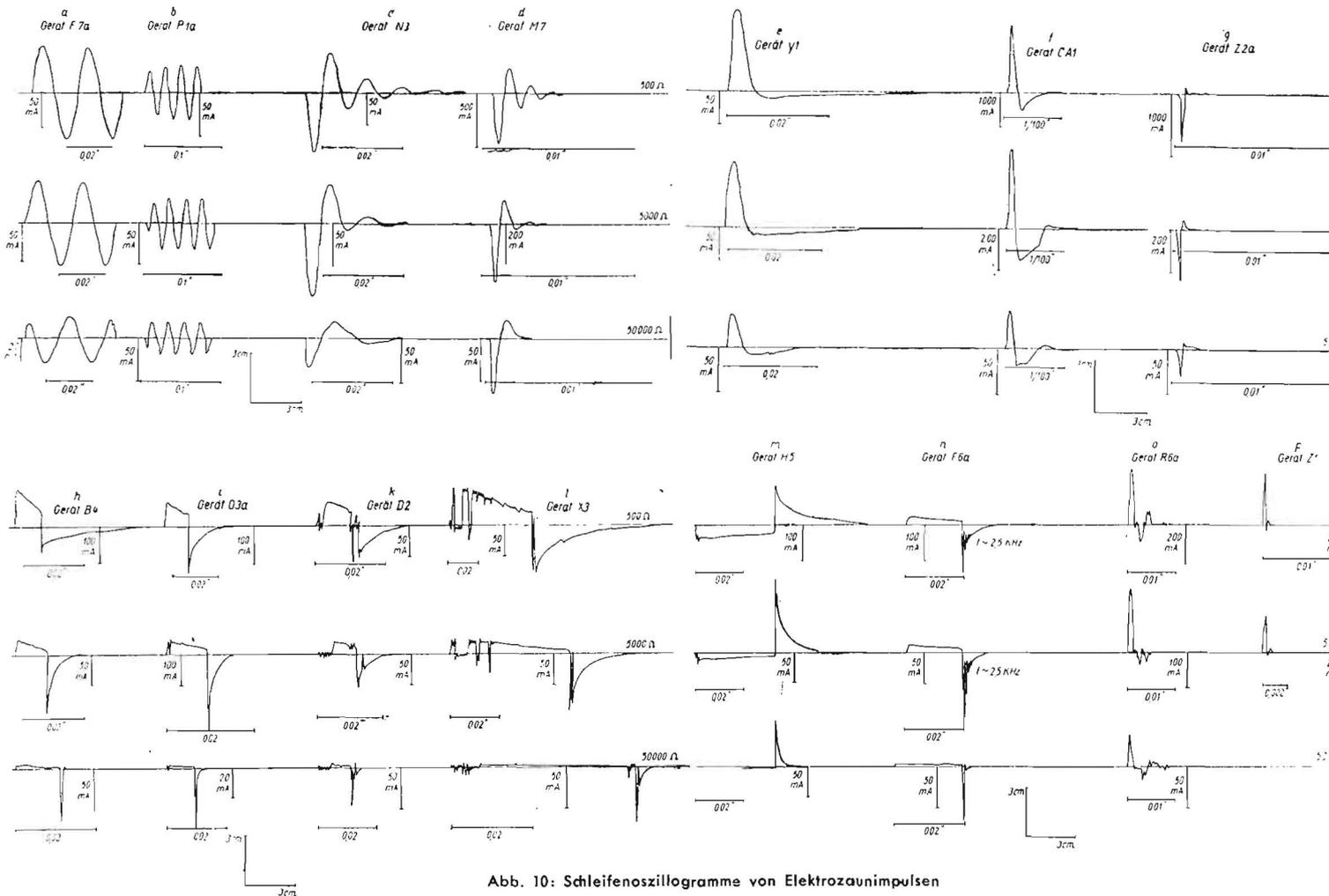


Abb. 10: Schleifenoszillogramme von Elektrozaunimpulsen

1. C-Belastung,
2. R-Belastung,
3. Eichspannung.

Die Buchstaben rechts auf den Bildern bedeuten von oben nach unten:

1. Betriebsart (Netz oder Batterie),
2. Fabrikat,
3. Schalterstellung oder dgl. am Gerät.

Die Eichfrequenz über den Impulsen beträgt 100 Hz. Steht sie unter den Impulsen, so betrug sie 1000 Hz. Sie wurde mittels Elektronenschalter gleichzeitig mit den Impulsen geschrieben. Der starke senkrechte Strich in der Mitte jedes Bildes gibt die Größe der Eichspannung an. Die Impulsform ändert sich zum Teil stark mit dem Gerät und der Belastung. Beispielsweise wird beim Gerät „B“ aus der Impulsform des Bildes 9g die Form des Bildes 9h durch Erhöhung der dem Gerät parallel geschalteten Belastungskapazität von 8,2 nF auf 51 nF. Gleichzeitig wurde die R-Belastung von 500 Ohm bei 9g auf 5,2 MegOhm bei 9h verringert.

Aus praktischen Gründen wurden in letzter Zeit nur noch Schleifenoszillogramme bei je drei Belastungen (500, 5000 und 50 000 Ohm) aufgenommen. Bei ausreichend hoher Eigenfrequenz der Meßschleife erhält man Bilder, die denen am Kathodenstrahloszillographen gleich sind, aber wegen ihrer Größe bequem und genau planimetriert werden können. Abbildung 10 gibt die Kopien von Schleifenoszillogrammen bei den Belastungen 500, 5000 und 50 000 Ohm wieder. Eichmarken für die Stromstärke, Frequenz und den Verkleinerungsmaßstab vervollständigen die Oszillogramme. 10a und 10b zeigen die für Wechselstromgeräte typischen Bilder der in kurzen Intervallen transformierten 50 Hz Netzfrequenz. Für Kondensatorgeräte ist der gedämpfte Schwingungszug der Bilder 10c und 10d charakteristisch. Das Gerät Y1 (Abb. 10e) erzeugt die Sekundenintervalle mittels Hochvakuumröhren und entlädt einen Kondensator mittels Thyatron auf die Primärseite des Hochspannungstransformators. In den Abbildungen 10f und 10g sind besonders kurze Impulse von Netzgeräten dargestellt. Diese beiden Geräte sind an langen Zäunen unbrauchbar. Für Batteriegeräte sind die dann folgenden Bilder kennzeichnend. Die Impulse 10h und 10i gehören zu zwei bewährten Batteriegeräten mit besonders gutem Wirkungsgrad für die Umsetzung der Batterieenergie in Zaunimpulsenergie. Sie sind frei von Prellungen an den Kontakten. Sehr starke Kontaktprellungen zeigen dagegen die Bilder 10k und 10l. Der Wirkungsgrad dieser Geräte war schlecht. Das Bild 10m zeigt noch einmal deut-

lich die steile Impulsfront einzelner Batteriegeräte, durch die ihre Verwendung an langen Zäunen unmöglich wird. Im Bild 10n folgt auf den steilen Stromanstieg eine oszillierende Stromabnahme. Die Oszillogramme 10o und 10p stammen von zwei selbstauslösenden Geräten. Ihr wirksamer erster Impulsanteil ist sehr kurz, ihre Amplitude für Batteriegeräte groß.

In all diesen Schleifenoszillogrammen bleiben die Veränderungen durch eine C-Belastung unberücksichtigt. Die ausführliche Kritik der Oszillogramme würde über den Rahmen dieser Mitteilung hinausgehen. Hier sollten nur einige typische Merkmale aufgezeigt werden.

Meßergebnisse und Versuche am Menschen

Es mag von Interesse sein, daß sich bisher aus den Beobachtungen in der Praxis noch keine sicheren Zusammenhänge zwischen der Impulsform und der Schockwirkung beim Tier ergeben haben, weil in der Praxis die Zaunbedingungen häufig wechseln. Es gibt beispielsweise gute Netzgeräte, die nur 0,8 mAmpsec/Impuls liefern. Es kann also durchaus sein, daß die Schockwirkung auch mit weniger als 2,5 mAmpsec erreicht werden kann. Bevor jedoch sorgfältige Tierversuche angestellt worden sind, läßt sich darüber nichts Bestimmtes aussagen. Die physiologische Wirksamkeit der Impulse wurde am Menschen bei langsam steigender Impulsstärke untersucht. Hierzu wurden der Versuchsperson zwei Elektroden am Unterarm angeschnallt. Dann wurde ein zu den Elektrozaungeräten parallel liegender Belastungswiderstand stufenweise vergrößert, so daß vom ersten fühlbaren Reiz bis zum stark zuckenden Unterarm alle Bedingungen verfolgt werden konnten. Während der Versuche wurde ein Schleifenoszillogramm aufgenommen, um die Strommenge/Impuls und die Spitzenstromstärke zu messen, außerdem wurde mit einem Kathodenstrahloszillographen gleichzeitig die Spitzenspannung an den Elektroden beobachtet. Es ergab sich, daß für die physiologische Wirkung und den psychologischen Eindruck die Spitzenstromstärke ein besseres Maß ist als Strommenge, Impulsdauer und Spitzenspannung. Ob dieses Ergebnis aber auf Tiere übertragen werden darf, die überraschend vom elektrischen Impuls getroffen werden, ist unbekannt.

Als Abschluß soll Tabelle 2 noch die wichtigsten Ausgangswerte einiger Elektrozaungeräte aus den Jahren 1952 und 1953 zusammenstellen. Die Fabrikate sind durch Kode bezeichnet. Die Tabelle enthält nicht alle gemessenen Werte oder Angaben zur Gebrauchswertprüfung der betreffenden Geräte, sie soll nur den Überblick über den technischen Stand heutiger Geräte erleichtern.

Tabelle 2: Die wichtigsten Ausgangswerte einiger Elektrozaungeräte

Gerät Kode	Betrieb N=Netz B=Batt.	Belastung Ω nF	Energieaufnahme bei N in : Wh/h bei B in : mWs/Imp.			Energieabgabe mWsec/Imp.			Wirkungsgrad %			J _{max} mA			Strommenge mAmp sec/Imp.			U _{max} K-Volt					
			500	5 K	50 K	500	5 K	50 K	500	5 K	50 K	500	5 K	50 K	500	5 K	50 K	500	50 K	1 M	1 M		
			—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	8,3
H 9a	N	—	—	—	52,6	270	332	—	—	—	334	260	76	0,9	0,6	0,27	0,11	3,8	6,1	3,1			
H 14	N	—	—	—	171	113	22	—	—	—	308	228	65,5	0,39	0,27	0,12	0,04	2,6	4,2	2,0			
R 10b	N	—	—	—	71	220	212	—	—	—	244	196	56	1,0	0,8	0,21	0,08	2,7	5,2	3,3			
M 9b	N	—	—	—	46	160	135	—	—	—	285	220	61,5	0,7	—	—	0,08	3,28	4,5	1,9			
F 7a	N	—	—	—	26,6	205	58,3	—	—	—	51	48	16,7	1,3	1,2	0,38	0,025	1,25	2,7	2,5			
O 3a	B	130	107	136	26,6	62,5	43	20	59	32	125	119	39,5	0,8	0,3	0,03	0,018	4,85	2,6	1,1			
B 5	B	140	110	100	34,8	53,4	50,7	25	48,5	50	105	90,1	56,6	1,4	0,4	0,05	0,056	2,5	2,5	1,4			
H 10a	B	242	177	174	35,6	88,6	86,5	14,5	50	49,5	100	96	66	1,8	0,79	0,11	0,08	2,2	3,7	1,6			
DA 2	B	255	204	153	—	17,4	12,1	—	8,5	7,9	95	110	69	1,28	0,43	0,06	0,07	7	2,9	1,5			
*R 14a	B	103	101	102	8,15	26,1	36,1	7,9	26,0	35,6	226	168	42,2	0,536	0,28	0,089	0,05	1,06	1,88	0,87			
*M 11b	B	700	700	745	31,8	46	24,5	4,5	6,6	3,3	620	227	35	0,92	0,43	0,10	0,085	1,0	250 KOhm	2,8	1,8		

* Selbstauslösend

Résumé :

Dr.-Ing. H. Jäger und Dipl.-Phys. H. H. Krone: „Zum Entwicklungsstand der Elektrozaungeräte.“

Die Prinzipschaltungen und Schaltelemente der heute gebräuchlichen Elektrozaungeräte werden besprochen und für ihre Anpassung an Elektrozaune die vereinfachten Formeln zur Berechnung der Kapazität, Selbstinduktion und des Wellenwiderstandes einzelner, gegen Erde isolierter Drähte mitgeteilt. Aus Sicherheitsgründen sollen die Ausgangswerte der Impulse unterhalb bestimmter Grenzwerte liegen, trotzdem muß jedoch ein Optimum an Wirksamkeit erreicht werden. In Ermangelung von Tierversuchen wird aus eigenen Messungen am Menschen geschlossen, daß die Wirksamkeit der Impulse vor allem von ihrer Spitzenstromstärke abhängt. Es kommt also darauf an, den Spannungsabfall der Geräte so zu bemessen, daß auch bei ungünstigen Isolations- und Kapazitätsbedingungen am Zaun noch ausreichende Stromstärken am Tier entstehen. Für verschiedene Belastungen der Geräte werden deshalb Ausgangsspannungen vorgeschlagen und die zweckmäßigste Grundfrequenz der Impulse berechnet. Eine Anzahl typischer Impulsformen und eine Tabelle der Ausgangswerte von elf Geräten geben einen Überblick über den derzeitigen Entwicklungsstand. Danach erreichen moderne Netzgeräte an Belastungswiderständen von 500 Ohm, Spitzenstromstärken von 250 bis 300 mAmp, Batteriegeräte nur 80 bis 120 mAmp. — Die aus Batterien entnommene elektrische Energie kostet 100 bis 200 mal so viel wie Netzenergie. Für den Gebrauchswert der Batteriegeräte kommt es deshalb entscheidend darauf an, einen wirksamen Impuls mit möglichst geringem Aufwand an Batterieenergie zu erzeugen. Ein Wirkungsgrad von 50 % gilt zur Zeit als gut. Weitere Anstrengungen in dieser Richtung sind aber notwendig.

Dr.-Ing. H. Jäger and Dipl.-Phys. H. H. Krone: "The Present Development of Electrical Fences."

Wiring diagrams and components for use with electrical fences are discussed and simple formulae given for the calculation of the capacity, self-induction and pulse resistance of single wires insulated from earth. The output value of the impulses should, for reasons of safety, be below certain definite limits, nevertheless, a certain optimum efficacy must be obtained. A paucity of results obtained from experiments with animals caused the Author to make some tests with human beings, from which it was determined that the efficacy of the impulses depends mainly on their peak current values. It is therefore necessary to determine the voltage drop of fences so that a sufficiently strong current reaches the animal, even under unfavourable insulation and capacity conditions. Output voltages for various electrical loads are suggested and the most efficient basic frequency of the impulses calculated. The inclusion of a number of typical impulse-forms and a table of output values of eleven different types of fences enables a survey of present-day developments of electrical fences to be made. From this it will be seen that, with a modern installation having a resistance of 500 ohms, peak current values of 250 to 300 mAmps are obtained, whilst battery installations only give values of 80 to 100 mAmps. — Electrical energy derived from batteries is from 100 to 200 times as expensive as that obtained from a power line. The utility value of a battery installation, therefore, definitely depends upon the possibility of obtaining an effective impulse with a minimum demand on the battery. An efficiency of 50 % is considered as being very good under present-day conditions. However, further efforts in this direction are very necessary.

Dr.-Ing. H. Jäger et Dipl.-Phys. H. H. Krone :

«Etat actuel d'évolution des appareils servant à électriser les clôtures.»

Les principes et les organes de couplage des appareils servant à électriser les clôtures, actuellement en usage, sont mentionnés et les formules simplifiées, établies en vue de calculer la capacité, l'autoinduction et l'impédance caractéristique de fils séparés, isolés par rapport à la terre, sont indiquées. Par raison de sécurité, les tensions de sortie des impulsions doivent se situer au-dessous de valeurs limites déterminées, malgré que l'on doit atteindre l'optimum d'efficacité. Faute d'essais effectués sur les animaux, on déduit des essais entrepris sur l'homme lui-même que l'efficacité des impulsions dépend surtout des tensions en pointe. Il faut donc tenir compte de la chute de tension provenant des appareils de sorte qu'une tension suffisante, agissant sur l'animal soit produite, également au cas que les conditions d'isolement et de capacité des clôtures soient désavantageuses. Pour les différentes charges des appareils, on a donc proposé des tensions de sortie et on a calculé la fréquence de base des impulsions la plus favorable. Un nombre de formes typiques d'impulsions mentionné et un tableau des tensions de sortie de onze appareils donnent un aperçu sur l'état actuel d'évolution dans ce domaine. On peut en déduire que les appareils modernes branchés sur réseau atteignent des résistivités de 500 ohms, et des tensions en pointe de 250 à 300 mAmp. et que les appareils alimentés sur batterie n'en atteignent que 80 à 120 mAmp. — Le prix de l'énergie électrique prise des batteries est 100 à 200 fois delui de l'énergie du réseau. Pour les appareils alimentés sur batterie, il est donc important de produire une impulsion efficace avec un minimum d'énergie. On considère actuellement un degré d'efficacité de 50 % comme satisfaisant. Cependant, d'autres efforts doivent être entrepris dans cette direction.

Dr.-Ing. H. Jäger y Dipl.-Phys. H. H. Krone :

«El desarrollo actual de los dispositivos para alambradas eléctricas.»

Se trata aquí de los principios de conmutación y de los elementos de distribución hoy en uso en los dispositivos para alambradas con carga de corriente eléctrica, dándose al mismo tiempo las fórmulas simplificadas para el cálculo de la capacidad, autoinducción y de la resistencia a las ondas, de alambres sueltos aislados contra tierra, aplicables a las alambradas eléctricas. Por razones de seguridad los valores iniciales de los impulsos no deben pasar de un límite determinado, consiguiéndose sin embargo un efecto óptimo. A falta de pruebas con animales, se saca la deducción de las mediciones hechas en personas que el efecto de los impulsos depende en primer lugar de la tensión de cresta. Se trata que de disponer la pérdida de tensión de los dispositivos de forma que queden tensiones suficientes que obren sobre el animal, aún cuando las condiciones de aislamiento y de capacidad sean desfavorables. Se proponen varias tensiones de salida para las cargas diferentes de los dispositivos, calculándose la frecuencia más favorable de los impulsos. Unas formas típicas de impulsos y una tabla de valores de salida de once dispositivos dan una impresión del desarrollo actual, resultando que con dispositivos conectados a la red se consiguen tensiones de cresta de 250 a 300 mA en resistencias de 500 Ω , mientras que con baterías sólo se consiguen de 80 a 120 mA. — La energía tomada de baterías viene a costar de 100 a 200 veces más que la energía sacada de la red, siendo pues decisivo para el valor práctico de los dispositivos alimentados por baterías, producir un impulso eficiente con un consumo mínimo de energía. Actualmente una eficiencia del 50 % se considera como buena, pero es preciso hacer esfuerzos que tiendan a mejorarla.

Prof. Dr.-Ing. K. Gallwitz:

Untersuchung an Naßfutterbereitern und Trockenzerkleinerern

Landmaschinen-Institut der Universität Göttingen

Die Apparate zur Musfutterbereitung haben sich in den letzten Jahren mit großer Schnelligkeit verbreitet. Ihnen wird von Hersteller- und Händlerseite nachgerühmt, daß sie eine von Hand nie erreichbare gleichmäßige Durchmischung der verschiedenen Futterbestandteile in kürzester Zeit bewirken, daß sie die Futterstoffe dadurch „aufschließen“, das heißt verdaulicher machen und daß hierdurch das Dämpfen des Futters erspart werden könne.

Eine Untersuchung dieser Geräte wird sich in zwei Richtungen bewegen müssen: Man wird sowohl Fütterungsversuche mit dem von diesen Geräten gelieferten Futter vornehmen, und man wird untersuchen, mit welchem technischen Aufwand der Erfolg, das heißt hier die Musherstellung erreicht wird.

Mit den Fragen der Fütterung hat sich Prof. Richter ausführlich befaßt^{*)}. Der hier folgende Bericht befaßt sich lediglich mit den mechanisch-technischen Fragen. Es wurde untersucht, mit welchem Leistungsaufwand und in welcher Zeit ein Futter eines bestimmten Zerkleinerungsgrades von einem Gerät hergestellt werden kann und welche Mengenleistung dabei erzielt wird. Außerdem wurde untersucht, welche Lebensdauer die bewegten Teile etwa erwarten lassen.

Um den von den verschiedenen Naßfutterbereitern erreichten Zerkleinerungsgrad vergleichen zu können, wurde ein Verfahren zur Kennzeichnung des Zerkleinerungsgrades ausgearbeitet.

Auf Grund ihrer Arbeits- und Bauweise sind zwei Gerätegruppen zu unterscheiden: Die Naßfutterbereiter und die Trockenzerkleinerer. Fünf Geräte der ersten und drei der zweiten Gruppe wurden in die Untersuchungen einbezogen.

Naßfutterbereiter

Das Kennzeichen der Arbeit von Naßfutterbereitern ist, daß sie für die Zerkleinerungsarbeit Zusatz von Flüssigkeit benötigen und dadurch ein suppigtes Futter herstellen. Dieser Flüssigkeitszusatz hat die Aufgabe, einen Kreislauf der Masse im Behälter des Futterbereiters zu ermöglichen. Dieser Kreislauf erfolgt in der Weise, daß die Flüssigkeit — durch die Messer in schnelle Rotation versetzt — unter der Wirkung der Zentrifugalkräfte an der Behälterwand hochsteigt und so einen Hohlkegel ausbildet, an dessen Innenfläche die Flüssigkeit zurückfließt, wonach der Kreislauf wieder von vorn anfängt. Von diesem Grundtyp gibt es Abwandlungen. Ein Fabrikat verwendet z. B. zusätzlich eine Förderschnecke

^{*)} Mitt. d. DLG 67 (1953) H. 31.