

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 103/104 (1934)
Heft: 14: Sonderheft über Hochfrequenz-Technik

Artikel: Das Thyratón
Autor: Herzog, G.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-83304>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

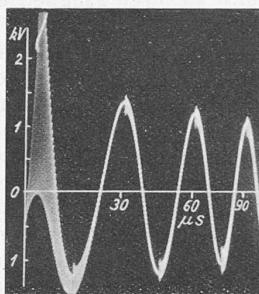
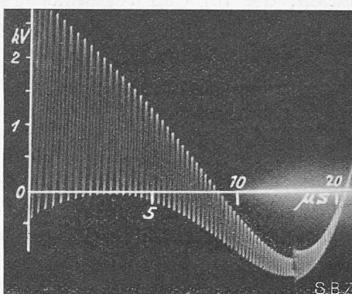
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 23.01.2026

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

Abb. 2a (links) und b (rechts) μs = Millionstel Sekunden.

Kathodenstrahl-Oszillogramme.

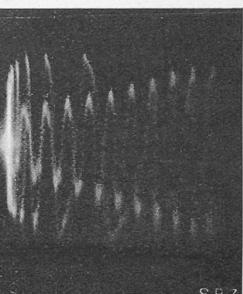


Abb. 3a (links) und b (rechts).

Bei ihm wird die Erzeugung des Elektronenstrahles durch die Erwärmung der Kathode erleichtert, sodass der Apparat mit niedrigeren Betriebsspannungen benutzt werden kann. Er eignet sich speziell für technische und Tonfrequenzen und wird, zusammen mit dem dazugehörigen Gleichrichter für Lichtnetz-Anschluss, tragbar ausgeführt. Der Apparat besitzt nicht die gleiche Einrichtung zur Erzeugung der Zeittaxe, wie der grosse Oszillograph. Die damit aufgenommenen Vorgänge können aber, soweit sie periodisch verlaufen, mit einer Zeitablenkung synchronisiert werden, sodass auf dem Fluoreszenzschirm stillstehende Bilder entstehen, die bequem zu beobachten und zu photographieren sind. Abb. 3a zeigt beispielsweise das Einschwingen eines RöhrenGenerators bei rd. 10000 Hz; Abb. 3b gibt (mit grösserer Schreibgeschwindigkeit) die erste Phase dieses Vorgangs wieder. Die Aufnahme dieses nichtperiodischen Vorganges wird durch periodische Unterbrechung ermöglicht, nach der sich das Einschwingen genau wie vorher wiederholt. Das Bild erscheint stillstehend und das Aufschaukeln der Schwingung kann bequem studiert werden.

Registrierung schneller Bewegungen.

Von W. MARTI, Dipl. Ing. bei Gebr. Sulzer A.-G., Winterthur.

Es sind zahlreiche Verfahren bekannt geworden, schnelle mechanische Vorgänge zu registrieren, indem man sie auf elektrischem Weg auf den Oszillographen überträgt. Auf dem Prüfstand einer Maschinenfabrik kommen jedoch nur solche Uebertragungsmethoden in Frage, welche die geringste Vorbereitung an der Maschine erfordern, gegen Erschütterungen und Verschmutzung unempfindlich sind und den zu messenden Vorgang nicht beeinflussen. Schnelle Bewegungen können nach dem Induktionsprinzip aufgezeichnet werden, doch ist ein Geschwindigkeits-Zeitdiagramm weniger anschaulich und umständlicher auszuwerten als ein Weg-Zeitdiagramm. Für Bewegungen in der Grösse von 0,1 bis 3 mm eignet sich am besten die Hochfrequenzmethode von Thomas¹⁾, die bisher erst wenig Beachtung gefunden hat. Die Schaltung kommt mit einer einzigen Elektronenröhre aus. Kapazität und Widerstand der Zuleitung von der Maschine bis zum Oszillographen (rd. 20 m) sind ohne Einfluss auf die Messung.

Ein Hochfrequenzgenerator, bestehend aus einer Elektronenröhre und einem Schwingungskreis nach Abb. 1 erzeugt die zur Registrierung erforderliche Hochfrequenzschwingung. Die Selbstinduktion besteht aus einer Spule von rund 30 mm Durchmesser mit 100 Windungen und Mittelanzapfung. Der Anodenstrom wird dem Gleichstromnetz entnommen und über eine Siebkette einem Glimmlichtstabilisator zugeführt zwecks weiterer Glättung und Konstanthaltung der Spannung.

Nähert man die Spule einer Metallwand, so werden nach Thomas in der Metallocberfläche Wirbelströme hervorgerufen; diese induzieren ihrerseits in der Spule wiederum Ströme, die vermöge ihrer Phasenverschiebung die Intensität der Hochfrequenzschwingung schwächen. Infolge dieser Wirbelstromverluste nimmt

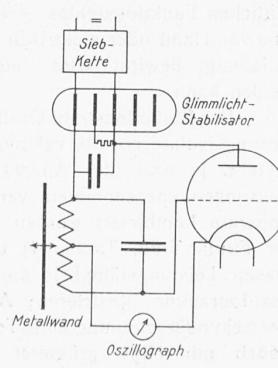


Abb. 1. Schaltungsprinzip des Hochfrequenzgenerators.

die Schwingungsamplitude mit zunehmender Annäherung der Spule an die Metallwand ab. Durch die zu registrierende Bewegung wird die Schwingungsamplitude moduliert und in der Elektronenröhre gleichgerichtet. Der Schleifenoszillograph folgt, da seine Eigenfrequenz 2000 bis 10000 Hz beträgt, nur dem momentanen Mittelwert, registriert also den Abstand der Spule von der Metallwand als Weg-Zeitkurve. Die Eichung erfolgt am einfachsten durch Verschieben der Spule mit einem Mikrometer. Die Wirbelstromverluste in der benachbarten Metallwand hängen von ihrer Leitfähigkeit ab, sodass für jedes Metall eine besondere Eichkurve gilt. Bis zu einem Abstand von rd. 3 mm besteht Proportionalität zwischen Strom und Weg, doch kann man einen Bereich von etwa 10 mm ausnutzen, wenn man auf eine lineare Skala verzichtet. Die Vergrösserung der Bewegung kann leicht bis auf das Hundertfache eingestellt werden.

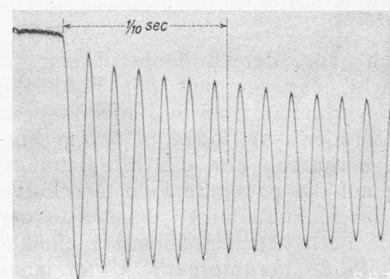


Abb. 2. Schwingung eines Stahlbandes.

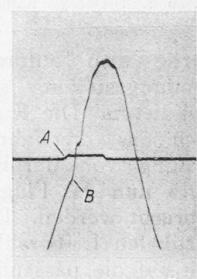


Abb. 3. Gleichzeitige Registrierung der Nadelbewegung und des Gasdrucks an einem Dieselmotor zur Bestimmung des Zündverzuges.

Abb. 2 zeigt die Schwingung eines freitragenden Stahlbandes ($100 \times 12 \times 0,8$ mm) in Form einer Weg-Zeitkurve. Da die Registrierung ohne Berührung der Stahlzunge erfolgt, eignet sich das Verfahren zur Untersuchung der inneren Reibung von Metallen durch Aufzeichnung ihrer Dämpfungscurve. Bei Untersuchungen an Dieselmotoren wurde mit diesem Verfahren der Nadelhub registriert (Abb. 3). Durch gleichzeitige Registrierung des Gasdrucks mit einem Piezokarzindikator und Röhrenvoltmeter erhält man den Zeitunterschied zwischen Öffnung des Brennstoffventils (A) und dem Druckanstieg (B).

Es bestehen keine Schwierigkeiten, mehrere Hochfrequenzgeneratoren aus dem selben Netzanschluss zu speisen, um mehrere Bewegungen gleichzeitig zu erfassen. Zum Beispiel können bei Erschütterungsmessungen mehrere Bewegungskomponenten synchron abgebildet werden, indem eine entsprechende Anzahl Spulen, die den Erschütterungen folgen, einem federnd aufgehängten Metallkörper gegenübergestellt werden.

Das Thyratron.

Von Priv.-Doz. Dr. G. HERZOG, London.

Unter einer Thyratronröhre wird eine Dreielektrodenröhre verstanden, deren mechanischer Aufbau sich nicht wesentlich von dem einer Triode (Radioröhre) unterscheidet. Der Glaskolben des Thytrons enthält eine Elektronen emittierende Kathode, ein Steuergitter und eine Anode. Während aber die gewöhnliche Triode auf höchstes Vakuum ausgepumpt wird, erhält das Thyratron eine Gasfüllung (Edelgase, meistens Quecksilberdampf), welche die völlig verschiedenen Eigenschaften des Thytrons gegenüber der Triode bedingt:

¹⁾ The Engineer 1925 Bd. 139, S. 102.

Die von der Kathode ausgesandten Elektronen werden durch die Anoden Spannung auf so hohe Geschwindigkeiten beschleunigt, dass sie Gasatome zu ionisieren vermögen. Die reine Elektronenentladung der Triode geht im Thyatron in eine Bogenentladung über.

Bei gegebener Anoden Spannung liegt in einer gasfreien Triode die negative Spannung am Steuergitter den durch die Röhre fließenden Strom eindeutig fest. Das Thyatron ist hier wesentlich im Nachteil. Die negativ geladenen Drähte des Gitters ziehen aus den im Gas reichlich vorhandenen Ionen soviele positive Teilchen an sich, dass jeder Draht mit einer Schicht positiver Ladung umgeben ist. Dadurch wird die Wirkung der negativen Gitterladung nach aussen hin neutralisiert und eine Gittersteuerung des Anodenstroms verunmöglich. Hat also einmal die Gasentladung von der Kathode zur Anode eingesetzt, so kann der Stromdurchgang in keiner Weise durch Anlegen von Gitterspannungen geändert oder gar auf Null gebracht werden. Der Anodenstrom ist nach oben hin begrenzt durch die Zahl der von der Kathode emittierten Elektronen.

In einer gasfreien Triode sind wegen der sich ausbreitenden negativen Raumladungen hohe Anoden Spannungen erforderlich, um grössere Ströme durch die Röhre zu treiben, sodass die Verluste (Strom mal Spannung) die Verwendung dieser Röhren zum Steuern grösserer Ströme unwirtschaftlich machen. Es bedarf z. B. bei einer Röhre mit 1 cm Abstand zwischen Anode und Kathode einer Leistung von einigen Kilowatt, um eine Stromdichte von einem Ampère pro cm^2 zu erzeugen. Insofern ist die Gasentladungs röhre der Triode wesentlich überlegen. Die positiven Ionen des Gases neutralisieren die negative Raumladungswolke der Elektronen, sodass der Elektronentransport von der Kathode zur Anode geringere Anoden Spannungen erfordert. Den Elektronen braucht nur die zur Ionisierung der Gasatome nötige Geschwindigkeit erteilt zu werden. Der Spannungsabfall für ein mit Quecksilberdampf arbeitendes Thyatron beträgt unabhängig von der Stromgrösse etwa 12 Volt, der Energieverbrauch pro Ampère demnach 12 Watt. Der Wirkungsgrad solcher Gleichrichter erreicht 95 bis 97 %.

Die Vorteile der Gasentladung werden schon lange in den Quecksilberdampfgleichrichtern verwendet. Der wesentlich neue Gedanke im Thyatron ist die Einführung des Steuergitters. Obwohl dieses bei eingesetzter Entladung den Anodenstrom nicht kontrollieren kann, so vermag mit ihm doch der im Mittel fließende Strom reguliert zu werden. Ist nämlich vor Einsetzen der Gasentladung das Steuergitter genügend stark negativ geladen, so können die von der Kathode emittierten Elektronen wegen des Gegenfeldes die zur Ionisierung nötigen Geschwindigkeiten nicht erreichen, und die Gasentladung beginnt nicht. Diese negative Gittersperrspannung muss umso grösser sein, je höher die positive Anoden Spannung ist.

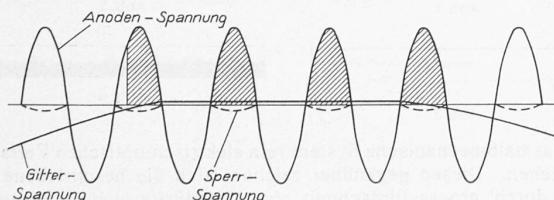


Abbildung 1.

Die Steuerung des mittleren Anodenstromes lässt sich jetzt leicht verstehen. An die Anode werde eine Wechselspannung angelegt. Die zu jedem Anoden Spannungswert notwendige Gittersperrspannung ist in Abb. 1 punktiert eingetragen. An das Gitter sei eine langsam veränderliche Gitterspannung angelegt. Wenn diese Spannung grösser als die Sperrspannung ist, so zündet das Thyatron; die Gasentladung würde von jetzt ab dauernd fortbestehen, wenn nicht die Anoden Spannung und damit der Anodenstrom auf Null sänke. Während der negativen Halbwelle der Anoden Spannung bleibt der Anodenstrom Null. Wird die Anoden Spannung wieder positiv, so hängt das Einsetzen des Stromes davon ab, ob die Gitterspannung über oder unter der Sperrspannung liegt. (Abb. 1; die schraffierte Flächen stellen das Strom-Zeit-Integral dar).

Eine feinere, stetige Variation des Anodenstromes wird durch die Phasenregulierung erreicht. Das Gitter erhält eine Wechselspannung gleicher Frequenz wie die Anode, deren Phase aber verschoben werden kann. (Veränderlicher Widerstand, Selbstinduktion oder Kapazität im Gitterkreis). Dieser Zustand ist in Abb. 2¹⁾ dar-

¹⁾ Der General Electric Review, Vol. 32, Juli 1929, entnommen.

gestellt. In Abb. 2c sind Gitter- und Anoden Spannung in Phase: Da während der positiven Anodenhalbwelle die Gitterspannung die Sperrspannung übersteigt, zündet die Röhre also jedesmal, wenn die Anoden Spannung positiv wird. Der mittlere Röhrenstrom ist in diesem Falle der maximal erreichbare. Wird die Phase der Gitterspannung verschoben (Abb. 2b), so setzt trotz positiver Anoden Spannung die Entladung erst ein, wenn die Gitterspannungskurve die Sperrkurve schneidet; der mittlere Röhrenstrom ist kleiner geworden. Bei einer Phasenverschiebung von 180° (Abb. 2a) verschwindet der Röhrenstrom dauernd.

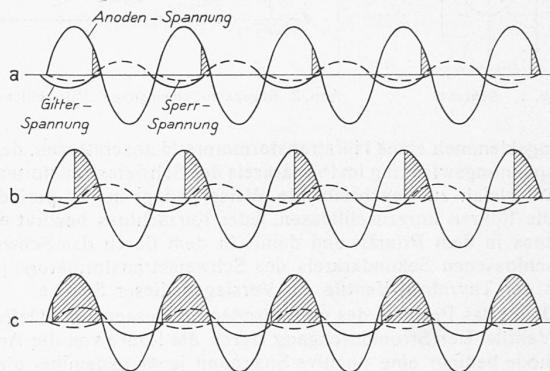


Abbildung 2.

Die für die Gittersteuerung aufgewandte Leistung ist, weil die Gitterströme verschwindend gering sind, vernachlässigbar klein. Mit diesem kleinen Aufwand können im Thyatron nach der Wechselstrommethode sehr grosse Leistungen gesteuert werden. Es wurden Röhren mit einer Leistung bis zu rund 1000 kW gebaut. In der äusserst geringen Reaktionszeit von weniger als 10^{-6} sec liegt ein weiterer wesentlicher Vorteil des Thyatrons. Seine Verwendung in der Technik ist dank den mannigfaltigen Schaltungsmöglichkeiten eine äusserst vielseitige²⁾: Gesteuerte Gleichrichtung von Wechselströmen; Umformung von Gleich- in Wechselstrom; Umformung von Wechselstrom einer Frequenz in eine andere. Diese einzelnen Operationen erfahren die verschiedensten Anwendungen. Besonders interessant ist die Kombination von Photozelle und Thyatron, z. B. in der Verkehrstechnik, bei der Sortierung verschiedener Güter, bei der exakten Justierung von Maschinen in der Massenfabrikation usw. Verschiedene grosse Theater haben ihre gesamte Beleuchtungsanlage auf Thyatronbetrieb umgestellt. Die alten grossen Regulierwiderstände können durch kleine Drehwiderstände und -kapazitäten wie im Radiobau ersetzt werden, sodass der Beleuchtungsmeister auf einem kleinen Schaltbrett die gesamte Beleuchtungsregulierung von Bühne und Zuschauerraum vor sich hat. — Die ausserordentlich vielseitige Anwendungsmöglichkeit des Thyatrons wird erst ausgenutzt sein, wenn seine Wirkungsweise einem weiten Kreise bekannt ist.³⁾

Thyatron-Steuerung des elektrischen Schweissvorganges.

Die namentlich für verschiedene Metalle aufgestellte Forderung, der Schweisse die nötige Hitze möglichst plötzlich zuzuführen und die einzelnen Schweissungen raschestens aufeinander folgen zu lassen, um der Oxydation und einem Abfluss der Wärme zuvorzukommen, hat zu Frequenzen von bis 1500 Schweissungen pro Minute geführt. Periodische Unterbrechungen des elektrischen Schweissstroms von solcher Häufigkeit bei der Nahtschweissung, bezw. Stromstöße von der gewünschten Kürze bei der Punktschweissung machen es notwendig, mechanische, d. h. träge und dem Abbrand unterworfen Kontakte durch präzisere und trägeheitsfreie Steuerorgane zu ersetzen. In von der British Thomson-Houston Co., Rugby, entwickelten Schweissapparaten versieht die Thyatron-Röhre, deren Prinzip Dr. Herzog vorstehend erläutert, diese Funktion.

Die Beschränktheit der von solchen Röhren ertragenen Ströme verbietet es, sie direkt (als periodisch wirkende Ventile) in den Primärkreis des Schweisstransformators S (Abb. 1) zu schalten. Statt dessen kann man zwei Thyatron-Röhren T_1 und T_2 an die Hoch-

²⁾ Siehe z. B. die Jahrgänge der General Electric Review von 1929 an.

³⁾ Vergl. auch unsere Mitteilung „Selbsterregung von Synchronmaschinen über Gleichrichter“ im laufenden Band, Seite 99, sowie die nachfolgende Notiz über die Thyatron-Steuerung des elektrischen Schweissvorgangs. Red.