

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

Artikel: Thyraton-Steuerung des elektrischen Schweissvorganges
Autor: [s.n.]
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-83305>

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: 29.01.2026

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

Die von der Kathode ausgesandten Elektronen werden durch die Anodenspannung 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 Anodenspannung legt 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 sowie 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 verunmöglicht. 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 ausbildenden negativen Raumladungen hohe Anodenspannungen 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 Gasentladungsröhre der Triode wesentlich überlegen. Die positiven Ionen des Gases neutralisieren die negative Raumladungswolke der Elektronen, sodass der Elektronentransport von der Kathode zur Anode geringere Anodenspannungen 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. Obschon 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 Anodenspannung ist.

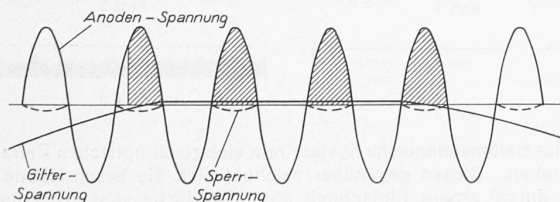


Abbildung 1.

Die Steuerung des mittleren Anodenstromes lässt sich jetzt leicht verstehen. An die Anode werde eine *Wechselspannung* angelegt. Die zu jedem Anodenspannungswert 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 Anodenspannung und damit der Anodenstrom auf Null säne. Während der negativen Halbwelle der Anodenspannung bleibt der Anodenstrom Null. Wird die Anodenspannung wieder positiv, so hängt das Einsetzen des Stromes davon ab, ob die Gitterspannung über oder unter der Sperrspannung liegt. (Abb. 1; die schraffierten 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-

gestellt. In Abb. 2c sind Gitter- und Anodenspannung in Phase: Da während der positiven Anodenhalbwelle die Gitterspannung die Sperrspannung übersteigt, zündet die Röhre also jedesmal, wenn die Anodenspannung positiv wird. Der mittlere Röhrenstrom ist in diesem Falle der maximal erreichbare. Wird die Phase der Gitterspannung verschoben (Abb. 2b), so setzt trotz positiver Anodenspannung 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.

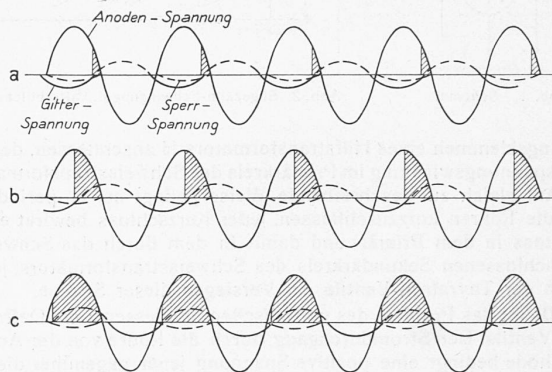


Abbildung 2.

Die für die Gittersteuerung aufgewendete 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 ausgenützt sein, wenn seine Wirkungsweise einem weiten Kreise bekannt ist.³⁾

Thyatron-Steuerung des elektrischen Schweissvorganges.

Die namentlich für verschiedenartige 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 Schweisstroms von solcher Häufigkeit bei der Nahtschweissung, bzw. Stromstösse von der gewünschten Kürze bei der Punktschweissung machen es notwendig, mechanische, d. h. träge und dem Abbrand unterworfenen Kontakte durch präzisere und trägheitsfreie 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 Schweissstroms S (Abb. 1) zu schalten. Statt dessen kann man zwei Thyatron-Röhren T_1 und T_2 an die Hoch-

¹⁾ Siehe z. B. die Jahrgänge der General Electric Review von 1929 an.

²⁾ Vergl. auch unsere Mitteilung „Selbsterregung von Synchronmaschinen über Gleichrichter“ im laufenden Band, Seite 99, sowie die nachfolgende Notiz über die Thyatron-Steuerung des elektrischen Schweissvorganges. Red.

³⁾ Der General Electric Review, Vol. 32, Juli 1929, entnommen.

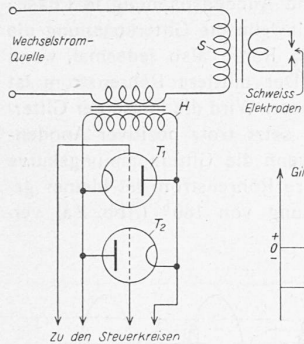


Abb. 1. Schema.

THYRATRON-STEUERUNG DES ELEKTRISCHEN SCHWEISSVORGANGES.

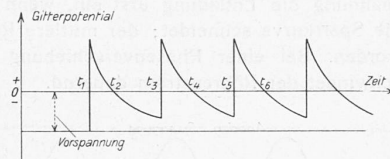


Abb. 2. Sägezahn-Schwingung d. Gitterpotentials.

spannungsklemmen eines Hilfstransformators H anschliessen, dessen Niederspannungswicklung im Primärkreis des Schweisstransformators liegt. Auf gleich zu beschreibende Weise gelingt es, H periodisch durch die Röhren kurzzuschliessen. Jeder Kurzschluss bewirkt einen Stromstoss in dem Primär- und damit in dem durch das Schweissgut geschlossenen Sekundärkreis des Schweisstransformators, jedes Öffnen der Thyatron-Ventile ein Versiegen dieser Ströme.

Bleibt das Problem des periodischen Schliessens und Öffnens dieses Ventils. Der Stromdurchgang durch die Röhre von der Anode zur Kathode bedingt eine positive Spannung jener gegenüber dieser. Da die Klemmenspannungen von H (Abb. 1) ihr Vorzeichen periodisch wechseln, bedarf es also zum dauernden Kurzschluss von H zweier parallel geschalteter Ventile mit entgegengesetzt angeschlossenen Anoden, deren eines dem Strom immer dann geöffnet ist, wenn ihm das andere den Durchgang verwehrt. In jeder Röhre setzt der Strom während einer Halbperiode aus; erst in der darauffolgenden Halbperiode kann er wieder fliessen — sofern ihn nicht eine negative Gitterspannung von genügend hohem Betrag daran hindert. Negative Gitterpotentiale sind das Mittel zum Unterbrechen des durch T_1 und T_2 bewerkstelligten Kurzschlusses. Indem man den Gittern der beiden Röhren periodisch Sperrspannungen aufträgt, erzielt man die eingangs besprochenen periodischen Unterbrechungen des Schweissvorgangs. Es gelingt z. B., dem Potential des Gitters einer Röhre gegenüber der Kathode die in Abb. 2 skizzierte Schwingung zu erteilen. Vereinfachend angenommen, die Gitter-Sperrspannung habe den konstanten Wert null, ist dann die Röhre zwischen t_1 und t_2 , t_3 und t_4 usw. in der einen Richtung leitend, zwischen t_2 und t_3 , t_4 und t_5 u. s. f. nicht.

Die sägezahnförmige Schwingung von Abb. 2 kommt dadurch zustande, dass ein mit dem Gitter verbundener Widerstand R periodisch von dem Ladestrom eines immer wieder kurzgeschlossenen Kondensators C durchflossen wird. Der negativen Gittervorspannung überlagert sich dann eine Spannungsspitze, die exponentiell abklingt, bis C sich entlädt und, entladen, einen neuen Stromstoss empfängt. Die Grössen der erwähnten Sperr- und Strom-Zeitabschnitte von Abb. 2 sind durch die Wahl von C, R und der negativen Vorspannung regulierbar. Bei der (aus einer Reihe von Punktschweissungen bestehenden) Nahtschweissung wird die periodische Entladung des Kondensators unabhängig vom Schweissvorgang durch ein ihn überbrückendes Hilfs-Thyatron gesteuert, bei der Punktschweissung durch einen beim Öffnen der Schweißelektroden betätigten mechanischen Kontakt (7, Abb. 3). Näheres in „BTH Activities“, Nov./Dez. 1933 (Vol. 9, No. 6), welcher Zeitschrift die Abbildungen entnommen sind. Die in Abb. 3 dargestellte (Pedal-gesteuerte) Apparatur dient zur Punkt-Schweissung von Lampen- und Röhrenteilen.

Photoelektrisches Grammophon. Die physikalisch-technischen Voraussetzungen zur Herstellung lichtelektrischer Grammophone sind längstens erfüllt, wie z. B. der Tonfilm beweist. In der „Wireless World“ vom 2. Februar 1934 beschreibt L. J. Bernaert eine aussichtsreiche Ausführungsform, bei der die Tonaufzeichnung elektromechanisch und die Wiedergabe lichtelektrisch erfolgt. Ein 16 mm breiter und 5/100 mm starker, schwarzer Film läuft, wie in Abb. 1 veranschaulicht, an einem Magnetgerät M vorbei. Dieses drückt einen Diamantstift gegen den Film und schneidet ihn bei Abwesenheit von Schwingungen in zwei *geradlinig* begrenzte Streifen halber Breite. Sobald Schallwellen über ein Mikrophon auf den Magnetapparat wirken, bewegt sich der Diamantstift quer zum Film und schneidet ihn *wellenförmig* entzwei, wie in Abb. 2 dargestellt. Trotz der geringen Stärke soll das Filmband völlig undurchsichtig sein. Die Wiedergabe erfolgt dadurch, dass die eine der beiden erhaltenen Bandhälften zwischen einer Lichtquelle L und einer Photozelle P durchgezogen wird (Abb. 3). Ein sehr schmales Lichtbündel wird durch die wellige Begrenzung des Films mehr oder weniger abgeblendet; der modulierte Lichtstrom erzeugt in der Photozelle ent-

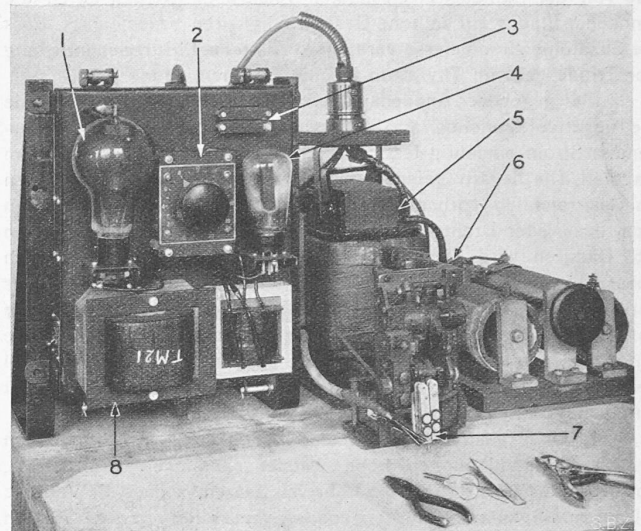
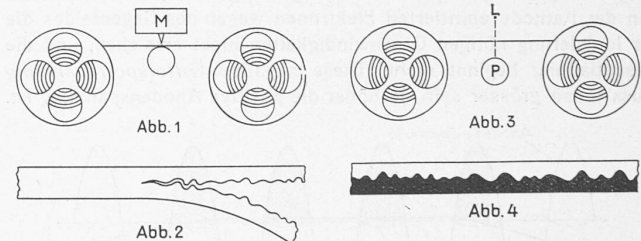


Abb. 3. Thyatron-Apparatur für Punktschweissung (1 kVA), Deckel abgehoben.
1 Thyatron, 2 Gitterspannungsregler, 3 Kondensatoren, 4 Gleichrichter,
5 Schweisstransformator, 6 Schweißer, 7 Kontrollkontakte, 8 Hilfstransformator.

sprechende elektrische Stromänderungen. Der Strom wird verstärkt und speist einen Lautsprecher.

Die Höchstamplitude der geschnittenen Wellenlinie beträgt bei einer technischen Ausführung nur etwa $\frac{1}{10}$ mm. Das abtastende Lichtbündel misst quer zum Film auch nur soviel. Auf diese Weise werden möglichst starke Schwankungen erhalten. Vorteilhaft ist bei dem Verfahren, dass die absorbierende Masse ganz undurchlässig und die nicht absorbierende Hälfte (Luft) praktisch vollkommen durchlässig ist. Im Gegensatz zu Photofilmen, bei denen Unregelmässigkeiten in der Emulsion Nebengeräusche bedingen, können solche Nachteile bei dem beschriebenen Verfahren vermieden werden. Die Aufzeichnungs- bzw. Abtastgeschwindigkeit soll so gewählt werden können, dass höhere Frequenzen als bei Grammophonplatten zur Geltung kommen. Bei dem neuen Verfahren dürfte es möglich sein, 8000 Hertz oder mehr zu erreichen und damit die Klangfarbe bei der Wiedergabe gegenüber den Platten zu verbessern. Freilich



wird das halbmechanische System rein elektrisch-optischen Verfahren nachstehen. Diesen gegenüber zeichnet sich die beschriebene Methode durch grosse Einfachheit aus. Sie dürfte sich insbesondere für die Selbstaufnahme im Heim eignen. Die mechanisch geschnittenen Filme können unter Vergrösserung der Amplitude photographisch vervielfältigt werden (vergl. Abb. 4). Dr. A. St.

Mit unserer Uebersicht über das neue Technikgebiet der Hochfrequenz und Röhrentechnik müssen wir für heute hier abbrechen; es fehlt der Raum, um das ganze Programm in einem Heft unterzubringen. Wir verschieben deshalb einige weitere Beiträge, die vorwiegend das Gebiet des Rundfunks betreffen, auf die nächste Woche; damit bringen wir dann diese zusammenfassende Orientierung zum Abschluss, um späterhin wieder in bisheriger Weise gelegentlich zu berichten.

Ergänzend verweisen wir noch auf zwei kürzliche Publikationen der Schweiz. Bauzeitung aus diesem Gebiet: den Aufsatz von Dr. A. Stäger über das Fernsehen mit Kathodenstrahlen und die Schilderung des Studio-Neubaus des „Radio-Zürich“ von O. Dürr, beide in Nr. 4 des laufenden Bandes (am 28. Juli 1934) erschienen.

Red.

Für den Text-Teil verantwortlich die REDAKTION:

CARL JEGHER, WERNER JEGHER, K. H. GROSSMANN.

Zuschriften: An die Redaktion der S B Z, Zürich, Dianastrasse 5 (Telephon 34507).