

**Zeitschrift:** Bauen, Wohnen, Leben  
**Herausgeber:** Bauen, Wohnen, Leben  
**Band:** - (1960)  
**Heft:** 40

**Artikel:** Metallbearbeitung für Elektronenstrahlen  
**Autor:** Theimer, Walter  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-651096>

### **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:** 07.02.2026

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



# Metallbearbeitung mit Elektronenstrahlen

## Neue Methoden im Schmelzen, Fräsen und Schweißen

Wie man im Brennglas den Lichtstrahl zur Wärmeerzeugung am Punkt des Auftreffens verwenden kann, so kann man auch die Elektronenstrahlen, die man im Elektronenmikroskop durch magnetische und elektrische Linsen zu bündeln gelernt hat, als Wärmequelle einsetzen. Die unter 80 000 bis 150 000 Volt Spannung dahinsausenden Elektronen sind sehr energiereich und erzeugen dort, wo sie auftreffen, sehr hohe Temperaturen. Damit kann man Metalle mit hohem Schmelzpunkt, die auf gewöhnliche Weise schwer zu schmelzen sind, im Hochvakuum leicht zum Schmelzen bringen. Solche Metalle werden in der Technik immer wichtiger. Unter anderem braucht man sie für Atomreaktoren. Wolfram schmilzt erst bei 3400 Grad, andere Metalle dieser Art, wie Zirkon, Titan, Tantal, Molybdän und Niobium haben Schmelzpunkte von 1800 Grad aufwärts.

Im Laboratorium hat man schon seit einiger Zeit solche Metalle mit Hilfe des Elektronenstrahls schmelzen können; die Übertragung ins Technische ist aber erst in jüngster Zeit gelungen. Zu den daran beteiligten Industriefirmen gehört die Apparatefabrik Heraeus in Hanau, in der Nähe von Frankfurt. Eine von ihr im Vorjahr gebaute Elektronenstrahl-Schmelzanlage hat sich im Forschungsinstitut für Edelmetalle und Metallchemie in Schwäbisch-Gmünd so bewährt, daß nun mehrere führende Zentren der Atom- und Metallforschung ähnliche Anlagen in Hanau bestellt haben. Anlagen dieser Art füllen ein Zimmer aus und arbeiten mit einigen hundert Kilowatt.

Im Elektronenstrahl geschmolzene Metalle sind von hochgradiger Reinheit

Im Hochvakuum gehen Verunreinigungen und im Metall eingeschlossene Gase - viele Metalle nehmen Gase aus der Luft auf - von selbst weg. Bei den ersten Versuchen mit Elektronenstrahl-Schmelzung störte es, daß in dem zugehörigen elektrischen Feld, ähnlich wie in der Leuchtstoffröhre, Glimmentladungen auftraten. Es entstanden elektrisch geladene Atome der Metalle und besonders ihrer Verunreinigungen. Diese «Ionen» wanderten im Feld und bildeten einen leuchtenden, energieverzehrenden Dampf, der das Schmelzen behinderte.

Bei Heraeus fand man eine ingenieus Lösung: der Raum zur Erzeugung des Elektronenstrahls mit seinem Feld wurde vom Schmelzraum getrennt. Er steht mit diesen nur durch eine sehr enge Lochblende in Verbindung, durch die wohl der

Elektronenstrahl, nicht aber die Feldlinien durchdringen. Der Schmelzraum ist also feldfrei, es kann zu keiner Glimmentladung kommen. Die aus einer «Elektronenkanone» kommenden Elektronen können auch nichtmetallische Objekte schmelzen, wie keramische Stoffe und die zur Herstellung von Transistoren verwendeten Halbleiter. So können einerseits hochgereinigte Materialien gewonnen, andererseits etwa gewünschte Zusätze zur Schmelze hinzugefügt werden. Die Schmelze sammelt sich in einem wassergekühlten Tiegel. - Elektronenstrahl-Schmelzanlagen baut auch die «Degussa», die Deutsche Gold- und Silber-Scheideanstalt, die schon lange ganz andere Dinge macht, als nur Gold und Silber zu scheiden, wozu sie einst gegründet worden ist. Die Degussa bedient sich des amerikanischen Temescal-Systems. Hier werden die Ionen durch eigens konstruierte Felder abgesaugt; ihre Neigung, im elektrischen Feld zu wandern, wird also benützt, um sie abzuleiten. Die Degussa hat Öfen von 30 bis 1200 Kilowatt. Mit 480 Kilowatt kann man Metallblöcke bis zu 25 Zentimetern Dicke schmelzen.

## Feinstbearbeitung mit Elektronenstrahlen

Mit der Metallbearbeitung durch Elektronenstrahlen, also dem Bohren, Fräsen und Schweißen, beschäftigt sich die Firma Carl Zeiß in Oberkochen (Württemberg), die aus den nach dem Westen geretteten Teilen der weltbekannten Zeißwerke in Jena hervorgegangen ist. Elektronenstrahlen treffen mit kürzesten Impulsen, die nur eine Hunderttausendstel-Sekunde dauern dürfen, auf das Metallstück. Sie bringen etwas Metall zum Verdampfen, wirken also materialabhebend. Die Leistungsdichte eines solchen Impulses beträgt einige hunderttausend Kilowatt je Quadratzentimeter. Da läßt sich selbst das widerspenstigste Metall zum Verdampfen bewegen. Geordnetes Abheben von Metallschichten ist aber nichts anderes als Metallbearbeitung.

Ein Bohr- und Fräsgesetz dieser Art sieht von außen einem Elektronenmikroskop ähnlich. Der Elektronenstrahl kommt hauptsächlich für Feinstbearbeitung in Frage. Man kann ihn so dünn machen, wie dies

bei keinem spanabhebenden, mechanischen Präzisionswerkzeug möglich ist; er kann, schwerelos, mittels magnetischer Ablenkung ungeheuer schnell und mit ungeheurer Präzision über kleinste Flächen gesteuert werden. Die Bearbeitungspunkte sind Flächen von nur Tausendstel-Millimeter Durchmesser. Den Strahl lenkt eine elektronische Programmsteueranlage, in welche die Bearbeitungsdaten eingegeben werden. In Edelstahl von einem halben Millimeter Dicke kann man Schlitzlöcher von 40 Tausendstel-Millimeter Breite auf fünf Prozent genau bohren. Im Bruchteil einer Sekunde schneidet der Elektronenstrahl, ohne daß eine Menschenhand auch nur in die Nähe kommt, ein ganzes System von Schlitzlöchern.

Solche Schlitzsysteme braucht man zum Beispiel für die Widerstände elektronischer Systeme, wie überhaupt die Herstellung elektronischer Bauelemente eines der wichtigsten Anwendungsgebiete der neuen Vakuum-Metallurgie ist. Elektronen machen elektronische Bauteile und werden dabei elektronisch gesteuert. Ähnlich werden Transistoren hergestellt, ferner feinste Blenden, Filter und Spinddüsen. Die ersten Typen der Zeiß-Elektronenstrahl-Fräsmaschinen haben sich schon im Betrieb bewährt.

Für feine wie auch grobe Schweißungen läßt sich die Zeiß-Elektronenstrahl-Schweißmaschine verwenden. Zwölf Jahre hat man bei Zeiß an der Entwicklung all dieser Maschinen gearbeitet. Der Elektronenstrahl bohrt sich zwischen die zu verschweißenden Flächen. Er erhitzt sie schnell in ihrer ganzen Tiefe, wobei die Erhitzung auf einen Fünftel- und Zwanzigstel des sonst miterhitzten Raumes beschränkt bleibt. Die Temperaturbeanspruchung des Werkstücks wird entsprechend vermindert. Der Elektronenstrahl schweißt auch an ungünstigen Stellen, etwa in der Tiefe eines Schlitzes oder sogar durch Blech hindurch. Es können auch große Stücke geschweißt werden. Zeiß hat eine Anlage gebaut, die acht Meter lange Stücke im Vakuum schweißt, wobei man durch ein Fernsehgerät zusieht und den Vorgang fernsteuert. Bei nur zwei Kilowatt Kraftbedarf kann hier Edelstahl von zwei Zentimeter Dicke geschweißt werden.

Walter Theimer (DK.)

## Der «Thor» und die Raumfahrt

Der «Thor» hat seine Zuverlässigkeit als Amerika bevorzugter Antrieb für Raumfahrtunternehmen bewiesen, trotzdem er ursprünglich von der Douglas Aircraft Company als militärisches

Mittel für die amerikanische Luftfahrt entwickelt wurde. Der «Thor» lieferte den Antrieb für die erste Stufe bei 12 von 22 amerikanischen Raumfahrtunternehmen. Die übrigen 10 erfolgreichen Satelliten und Sonden wurden an-

getrieben von Jupiter-C- oder Juno-Raketen (6), Vanguard (8) und Atlas (1).

Mit Beginn am 11. März 1960 stand der «Thor» am Anfang des neuesten Schusses von Amerika aus ins Weltall, indem er den Pioneer V auf eine Sonnenlaufbahn brachte. Wertvolle Angaben aus dem weiteren All wurden von diesem Satelliten zur Erde übermittelt, der das erste interplanetarische Übermittlungssystem der Welt mit sich führt.

Am 1. April wurde der meteorologische Satellit Tiros 1 auf eine Bahn um die Erde gebracht durch ein Dreistufensystem, bei welchem der «Thor» die Anfangsbewegung vermittelte.

Der Transit 1-B, ein Satellit der amerikanischen Flotte für Navigationshilfe, wurde 12 Tage später von Cape Canaveral abgeschossen, und wiederum verursachte der «Thor» die Anfangszündung.

Am 15. April schließlich wurde, wiederum mit einem «Thor» als erste Stufe, der Satellit Discoverer XI auf eine polare Laufbahn gebracht und damit ein neuer Versuch unternommen, eine Kapsel aus dem Weltall zurückzubringen und im Gebiete des mittleren Pazifiks aufzufangen.

Dies war eine der intensivsten Abschlußperioden für den «Thor» seit dem letzten August, als acht «Thors» während eines Zeitraumes von 25 Tagen von Abschlußrampen in Cape Canaveral und der Luftwaffenbasis Vandenberg abgeschossen wurden. Bei dieser Serie waren Versuchsabschüsse für Satelliten, militärische Zwecke und wiederaufzufangende Kapseln eingeschlossen.

Bei insgesamt 90 Abschüssen (62 militärischen und 28 für Raumfahrt) hat der «Thor» einen eindrucksvollen Grad von Zuverlässigkeit und Zweckmäßigkeit bewiesen.

Der erste «Thor»-Abschluß fand im Januar 1957 statt, nachdem diese Fernlenkwaaffe von Douglas an die Air Force Ballistic Missile Division in der Rekordzeit von 9 1/2 Monaten nach der Unterzeichnung des Vertrages abgeliefert worden war.

Der «Thor» bewies seine vielseitige Verwendungsmöglichkeit bei den verschiedenartigsten Aufgaben für Raumfahrt. Dabei sind 15 wissenschaftliche Projekte für erdumkreisende Satelliten, 4 Sonden in die Tiefe des Weltalls und 9 Versuchsabschüsse zur Wiedergewinnung der Kapsel inbegriffen.

In jedem einzelnen Falle wurde der «Thor» durch Techniker der Douglas und besonders geschultes Personal abgeändert, um eine Zusammenstellung mit Stufen der Typen «Able» oder «Agena» zu ermöglichen. Dreistufige Kombinationen «Thor-Able» brachten den Explorer VI und Tiros auf die Umwaller entwickelt wurde.

Die Statistiken sind eindrucksvoll:

Der «Thor» hat, gemessen an der Nutzlast, die Anfangszündung für 88 Prozent des von den Vereinigten Staaten ins All beförderten nützlichen Gewichtes geliefert.

Der «Thor» hat in 24 von 28 Einsätzen als erste Stufe für Raumfahrtunternehmen reibungslos funktioniert.

laufbahn und schossen den Pioneer I und Pioneer V ins All hinaus; zweistufige «Thor-Agena»-Raketen brachten sieben Discoverers in Umlauf, und der zweistufige «Thor-Able-Star» vollbrachte dieselbe Leistung.

Alle drei Stufen des Tiros wurden durch Douglas konstruiert, hergestellt und zusammengebaut.

Es ist vorgesehen, dem «Thor» als nächste große Aufgabe auch die Delta-Serie von Satelliten und Raumsonden anzuvertrauen.

Douglas ist der Hauptvertragspartner für das National-Aeronautics- und Space-Administration-Programm und verantwortlich für Konstruktion, Bau und Abschluß aller drei Stufen der «Douglas-Delta»-Raketen.

## Neue, verstärkte Betonrohre

Eine neue Art von verstärkten Betonleitungsrohren, die von der schwedischen AB Tryckrör, Malmö, entwickelt worden sind, erobert sich gegenwärtig einen weltumspannenden Markt.

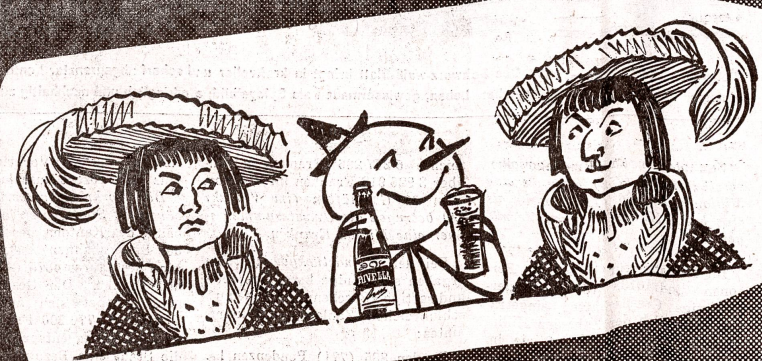
Das schwedische Unternehmen verkauft seine Methode unter Lizenz, hilft bei der Planung und beim Bau von Fabriken und liefert Maschinen sowie Arbeitsmethodik an die Lizenznehmer. Japan und die Sowjetunion haben erst kürzlich Lizenzverträge unterschrieben.

Die neuen Leitungsrohre verbinden die Kapazität des Eisens im Widerstand gegen Längsdruck mit einer ausgesprochenen Leistungsfähigkeit im Widerstand gegen Druckspannungen. Sie sind leicht im Gewicht und können leicht verbunden werden. Das Aneinanderkoppeln geschieht mit Hilfe von Gummiringen nach einer ganz neuen Methode, die von Trellborgs Gummifabrik entwickelt worden ist.

Die Betonrohre sind aus der ursprünglichen Idee der französischen Bonna-Rohre weiterentwickelt worden, die aus einem an der Innen- und Außenseite mit Beton verkleideten Stahlrohr bestehen. Das neue System jedoch, das aus einem verstärkten Eisendrahtgeflecht mit einem Betonguß besteht, der unter besonders hohem Druck getrocknet wird, gibt den Rohren die Homogenität und die Dichtheit von Eisenrohren und gewährleistet auch eine fast vollkommene Widerstandsfähigkeit gegen Beschädigungen.


Bereits arbeiten Fabriken in Holland, Deutschland, Belgien, Australien und Südafrika mit dieser Lizenz. Eine französische Fabrik, die soeben in Betrieb genommen wurde, wird das Rhonebewässerungsprojekt mit Wasserleitungsrohren versorgen. Sie hat eine Anfangskapazität von ungefähr 40 000 Meter Rohren im Gewicht von 15 000 Tonnen pro Jahr.

TPD



Anders als alle andern

Ein Getränk mit Charakter, passt zu jedem Menu. Löst im Nu den größten Durst. Hilft verteilten.



**RIVELLA**