

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 125/126 (1945)
Heft: 14

Artikel: Metall-Trockengleichrichter
Autor: Troller, P.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-83638>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 16.05.2025

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

als wertvolles Kompensationsobjekt nicht zuletzt im Austausch gegen Kohle gewesen sei. Endlich aber konnte Dir. Aeschmann darauf hinweisen, dass eine Reihe von grossen Kraftwerken der Schweiz ohne die Möglichkeit einer Energieausfuhr seinerzeit gar nicht hätte erstellt werden können, sodass das Land ohne eine derartige Exportpraxis in der Vorkriegszeit heute selber nicht über die entsprechenden Energiemengen verfügen würde.

Zum Schluss betonte auch dieser Redner, dessen Unternehmungen im vergangenen Herbst die Zentrale Lucendro wenigstens provisorisch in Betrieb nehmen konnte, die Notwendigkeit des baldigen Baues neuer Grossakkumulierwerke, die neben einer immer besseren Bewirtschaftung bereits erschlossener Energiequellen dem Lande allein die Energiemengen verschaffen können, deren die sich ständig mehr auf elektrischen Betrieb einstellende schweizerische Volkswirtschaft dringend bedarf.

Der Schweiz. Energie-Konsumenten-Verband zur schweizerischen Energiepolitik

[Gerne haben wir das 25. Jubiläum der Gründung des Schweiz. Energiekonsumenten-Verbandes zum Anlass genommen, im letzten und in diesem Heft über seine Generalversammlung noch ausführlicher, als es sonst der Fall war, zu berichten. Auch freuen wir uns, dem Verband und seinem verdienten spiritus rector Ing. Dr. E. Steiner unseren Glückwunsch auszusprechen zur vollbrachten Leistung im Dienste unserer Energieversorgung aus einheimischen Quellen. Wir verbinden damit den Wunsch für gedeihliche Entwicklung des E. K. V. im kommenden Vierteljahrhundert! Red.]

Die Notwendigkeit einer immer besseren Erschliessung unseres wichtigsten Naturgutes, der einheimischen Wasserkraft, im Interesse der schweizerischen Unabhängigkeit ist in diesen Kriegsjahren durch den Rückgang der Brenn- und Treibstoffimporte immer heller beleuchtet worden und hat gerade in den letzten Monaten durch das praktisch völlige Aufhören der Kohlenzufuhr einen neuen Akzent erhalten. Dabei macht aber der Bau neuer Grosskraftwerke mit Speichermöglichkeit für Winterenergie nur höchst ungenügende und langsame Fortschritte, und in jüngster Zeit musste infolge Zementmangels — und damit mittelbar infolge des Ausbleibens von Kohle — sogar der Bau zweier bereits vor der Verwirklichung stehender Kraftwerke von erheblicher Leistungsfähigkeit, Rossens und Julia, unterbrochen bzw. zurückgestellt werden. Im Zeichen dieser unbefriedigenden, ja bedrohlichen Lage der Energiewirtschaft unseres Landes hielt am 20. März der Schweizerische Energiekonsumenten-Verband seine 25. Generalversammlung unter dem Vorsitz seines Präsidenten, Dr. h. c. Hermann Sieber (Attisholz), ab (s. S. 146 lfd. Bds.). Wir entnehmen seiner Ansprache die folgenden Abschnitte.

«Die 25. Ordentliche Generalversammlung wäre eigentlich ein Anlass, unseren Mitgliedern mit einer besonderen Feier einen Rückblick auf unsere bisherige Tätigkeit zu geben. Ich glaube, Sie, meine Herren, sind damit einverstanden, dass wir keine Feste feiern wollen, wenn die ganze Welt rings um unser schönes Schweizerland leidet, schrecklich leidet. Für uns alle, die wir mitten in der Wirtschaft stehen, haben oft die Tage zu wenig Stunden und die Wochen zu wenig Tage, um allen Anforderungen gerecht zu werden, wenn unsere Fabriken in Betrieb gehalten werden sollen. Uns interessiert heute vielmehr die Frage «was bringt die Zukunft?» als «was war in den letzten 25 Jahren?». Ob wir für die mangelnden Kohlen einen Ersatz durch elektrischen Strom erhalten, ist viel wichtiger zu wissen, als «was haben wir seinerzeit für Eingaben nach Bern gemacht und wie viele Jahre liegen sie schon mit vielen andern sorgfältig aufbewahrt in den Schubladen der Amtsstuben?».

Die katastrophalen Einschränkungen im Gasverbrauch werden manchem Eidgenossen die Augen geöffnet haben, was für ein Segen es wäre, wenn unser Land rechtzeitig für vermehrte Erzeugung von hydroelektrischer Kraft und deren vermehrte Verwendung im Haushalt und in der Industrie gesorgt hätte. Wir dürfen mit Befriedigung konstatieren, dass von unserem Verband aus von Anfang an diesem Problem immer volle Aufmerksamkeit geschenkt wurde. Die Einwände der Gegner neuer Kraftwerke und ganz speziell der notwendigen Stauseen erscheinen heute unverständlich; sie sind mit an der heutigen Misere schuldig.

Ich möchte da an die Ausführungen von Herrn Bundesrat Celio erinnern, die er am 19. Juni 1941 einer Delegation unseres Verbandes machte und die uns bewiesen, wie wenig weitsichtig er damals beraten wurde. Auf unser eindringliches Ersuchen, von höchster Stelle des Landes aus alles zu tun, damit unverzüglich neue Kraftwerke gebaut würden, antwortete er, dass er

uns für unseren Optimismus ganz besonders danke. Wir seien die erste Delegation, die bei ihm vorspreche, die nicht zur Vorsicht mahne, sondern die Erstellung neuer Kraftwerke fordere. Bis jetzt sei ihm immer gepredigt worden, nach dem Kriege gäbe es eine Schwemme von elektrischer Energie und neue Kraftwerke kämen wegen dem Absatz ihrer Energie in grosse Schwierigkeiten. Seine Berater hätten ihm bis jetzt immer das Gegenteil unserer Wünsche empfohlen. Er würde unsere Eingabe prüfen. — Dabei ist es leider geblieben!

Die grossen Werke mit Stauseen zur Erzeugung von so dringend notwendiger Winterenergie sind von «massgebenden» Herren verhindert worden. Wir alle bedauern das ausserordentlich. Wir sind daher allen jenen andern Männern sehr dankbar, die rechtzeitig das in ihrer Macht Liegende getan haben — wenn auch manchmal gegen den Willen von zahlreichen Gegnern — und mit dem Bau neuer Kraftwerke begonnen oder solche glücklich fertiggestellt haben. Wie gut waren die Regierungen der Kantone Aargau, Tessin, Wallis, Bern, Genf und andere beraten, als sie rechtzeitig und grosszügig die Konzession zum Bau erteilten oder wie der Kanton Freiburg selber bauten. Sie haben damit nicht nur sich eine finanzielle Quelle erschlossen, sondern auch der übrigen Schweiz bestens gedient. Sie sind nicht wie der Finanzminister des grossen Kantons Graubünden bei jeder Gelegenheit bei den übrigen Eidgenossen um Subventionen und finanziellen Beistand betteln gegangen, sondern haben sich selbst geholfen. Hoffentlich gehen den Bündner Miteidgenossen bald die Augen auf, wie schlecht ihre Regierung beraten ist.

Wir Schweizerischen Energiekonsumenten und ganz besonders die Industrie sind über unsere Zukunft sehr beunruhigt. Mitten in einem durch den Krieg gänzlich verarmten Europa! Umgeben von Ländern, deren Bewohner jahrelang ungeheure Ungerechtigkeiten und Schlechtigkeiten am eigenen Leib zu spüren bekamen. Inmitten von Ländern, deren Bewohner uns als reich betrachten und uns um unseren Wohlstand beneiden, müssen wir arbeiten und unsere Erzeugnisse exportieren, wenn wir leben und nicht hungern wollen.

Billig und gut arbeiten können wir nur, wenn unsere Fabriken voll arbeiten auch während des Winters mit seiner Wasserarmut. Die elektrische Kraft zum Antrieb der Motoren und der Heizung der Apparate und Fabriken darf dann nicht fehlen. Auf die ausländischen Kohlen, die sicherlich jahrelang nur sehr teuer und in ungenügender Menge geliefert werden, dürfen wir nicht sicher rechnen. Deshalb: Neue Kraftwerke mit billigstem Strom! Ausbau der Leitungen zur Uebertragung der letzten kWh, wo sie auch erzeugt werde, im ganzen Schweizerland, damit sie dort zur Verfügung steht, wo sie dringend gebraucht wird. Kein Stromexport, solange wir Mangel an Strom im Land haben! Wir Konsumenten aber müssen mithelfen, dass der Strom auch abgenommen wird und dass die Kraftwerke kein Wasser unbenutzt über die Wehre laufen lassen müssen, sondern hundertprozentig ausnützen können.»

Im Jahresbericht schilderte Vizepräsident Ing. Dr. E. Steiner, Zürich, zunächst die augenblickliche Situation der schweizerischen Elektrizitätsversorgung, die vor allem infolge aussergewöhnlich günstiger Niederschlagsverhältnisse im vergangenen Spätherbst und Winter die uneingeschränkte Belieferung der Energieverbraucher erlaubt. Dann erinnerte er an die ungeklärten Verhältnisse mit Bezug auf den Bau der drei grossen Hochdruck-Speicherwerke Rheinwald, Urseren und Blenio, wobei er die Hoffnung aussprach, dass der Bundesrat alles tun werde, damit die Verwirklichung eines der drei Werke in naher Zukunft an die Hand genommen werden könne. Im übrigen gab er Rechenschaft über die vielseitige Tätigkeit des Verbandes (dessen Mitglieder einen sehr namhaften Teil aller in der Schweiz verbrauchten Energie beziehen) während des abgelaufenen Jahres, wobei auch die Bedeutung des Kraftwerkbaues für die Arbeitsbeschaffung in der kommenden Nachkriegszeit zum Ausdruck kam.

Im Anschluss an die geschäftlichen Verhandlungen hörte die Versammlung Referate (siehe S. 162 letzter, sowie 170 vorliegender Nummer) über ein die Energiekonsumenten heute besonders interessierendes Thema der schweizerischen Elektrizitätswirtschaft und setzte damit die Tradition des EKV fort, seine Jahresversammlung jeweils der Abklärung eines gerade aktuellen Problems unserer Energieversorgung zu widmen.

Metall-Trockengleichrichter

Die beiden wichtigsten heute in der technischen Praxis verwendeten Metall-Trockengleichrichter sind der Kupfer-Oxydul-Gleichrichter und der Selen-Gleichrichter. Es ist interessant, dass beide Bauarten heute gut entwickelt sind, obwohl die genaue Art und Weise, wie die Gleichrichtung in der aktiven Schicht

vor sich geht und wie sich diese Schicht aufbaut, noch unbekannt ist. Die Erweiterung der physikalischen Kenntnisse über dieses Gebiet bringt vielleicht auch die Möglichkeit, diese heute schon guten Apparate noch weiter zu verbessern. Ad. Christeler befasst sich in einer mit 133 Literaturnachweisen und 14 Abb. dokumentierten Abhandlung in Nr. 4/1944 der «Techn. Mitteilungen PTT» mit der geschichtlichen Entwicklung, der Herstellung der aktiven Elemente, der Konstruktion und den elektrischen und photoelektrischen Eigenschaften der Metall-Trockengleichrichter. Entsprechend der in dieser Zeitschrift der PTT üblichen Art ist der Bericht gleichzeitig nebeneinander in deutscher und französischer Sprache gedruckt, was dem sprachlich interessierten Leser die Möglichkeit bietet, sich insbesondere die in den Nachschlagewerken oft nicht leicht feststellbaren Fachausdrücke in der andern Sprache auf angenehme Weise anzueignen.

Beide Trockengleichrichter beruhen auf der Erscheinung, dass die verwendeten Stoffe beim Durchgang des elektrischen Stromes in der einen Richtung einen sehr kleinen, in der andern Richtung dagegen einen sehr grossen Widerstand aufweisen. Merkwürdig ist, dass die ersten Entdeckungen auf diesem Gebiete bereits in den Jahren 1878 bis 1883 gemacht worden sind, aber keine grosse Beachtung fanden, weil beim damaligen Stand der Technik kein Bedarf für solche Einrichtungen vorhanden war. Die Einführung der beiden Bauarten von Metall-Trockengleichrichtern in die technische Praxis erfolgte in Europa im Jahre 1927. Die Anordnung ist bei beiden Bauarten grundsätzlich die gleiche, indem zwischen einer Gegenelektrode und einer Metallunterlage der wirksame Teil, im einen Falle das Selen, im andern Falle das Kupferoxydul, eingebettet ist (Abb. 1). Beim Selengleichrichter erfolgt der Stromdurchgang mit kleinem Widerstand in der Richtung Metallunterlage-Selen-Gegenelektrode, beim Kupferoxydulgleichrichter dagegen in der Richtung Gegenelektrode-Kupferoxydul-Kupfer, während die andere Richtung einen so grossen Widerstand (rd. 250 mal mehr) aufweist, dass von einer eigentlichen Sperrung gesprochen werden kann.

Die Herstellung der aktiven Teile der Gleichrichter ist schwierig und erfordert viele Vorsichtsmassnahmen sowohl schon bei der Auswahl der Rohstoffe wie auch bei vielen unscheinbaren Einzelheiten des Herstellungsverfahrens, damit ein gleichmässiges, den engen Toleranzen der Reihenfertigung entsprechendes Erzeugnis entsteht. Beim Selen beeinflusst z. B. 0,02% Schwefelgehalt sowohl den Sperr- wie auch den Durchgangswiderstand. Das für Kupferoxydul-Gleichrichter verwendete Kupfer muss vor der Herstellung der Platten einen Sauerstoffgehalt von 0,03% aufweisen, weil absolut sauerstoffreies Kupfer keine brauchbaren Gleichrichterplatten ergibt. Diese Schwierigkeiten sind wohl auch ein Grund dafür, dass verschiedene Firmen, die Trockengleichrichter als betriebsbereite Apparate herstellen, die aktiven Teile von Spezialfirmen beziehen.

Der Sperr- und Durchgangswiderstand der Trockengleichrichter ist von der angelegten Spannung, der Temperatur und der Betriebszeit (Alterung) abhängig. Widerstandscharakteristiken von Gleichrichtern müssen also Angaben über die Verhältnisse bei der Aufnahme der Kurven enthalten. Für die Erklärung der Vorgänge in den Trockengleichrichtern wird allgemein die Existenz einer Sperrschicht angenommen, die am besten mit der Elektronentheorie erklärt werden kann. Als sicher erscheint, dass auf Grund von umfangreichen Messungen bei allen Gleichrichtern der hier betrachteten Bauart mit dem Vorhandensein eines dünnen, isolierenden Films gerechnet werden muss, der, wie durch Kapazitätsmessungen festgestellt worden ist, eine Dicke von weniger als ein Tausendstelmillimeter hat.

Abb. 2 zeigt den konstruktiven Aufbau eines Selen-Gleichrichter-Elements in Graetzschaltung für Einphasen-Wechselstrom. Der Anschluss der Wechselstromquelle erfolgt an den beiden mit einem $\sim$ bezeichneten Stellen, die Abnahme des Gleichstroms an den mit + und - bezeichneten Klemmen.

Interessant ist, dass sowohl Selen- wie Kupferoxydul-Gleichrichter als Sperrschicht-

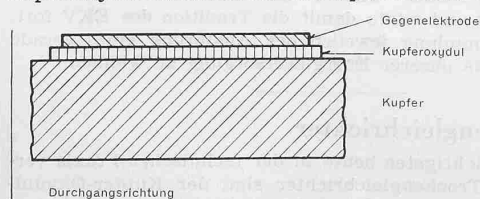


Abb. 1. Schematischer Schnitt einer Kupferoxydul-Gleichrichterzelle

Photozellen verwendet werden können, wobei der konstruktive Aufbau so gegliedert sein muss, dass das Licht auf die aktive Schicht Zutritt hat. Das geschieht dadurch, dass die Gegenelektrode z. B. von einer mit einer durchsichtigen Platinschicht versehenen Glasplatte gebildet wird. Die Photozellen aus Selen oder Kupferoxydul haben ohne Hilfsstromquelle bei gleicher Grösse der belichteten Oberfläche den grössten photoelektrischen Effekt aller bekannten Photoelemente. Die erreichbaren Spannungen sind aber absolut sehr klein und betragen z. B. nur 1,5 Mikrovolt pro Lux für eine Selenzelle von 67 mm Ø. Photozellen werden verwendet für Sortierzwecke, Lichtschranken, Zählrichtungen usw.

P. Troller

MITTEILUNGEN

Das neue Forschungslaboratorium von Gebrüder Sulzer. Im Sonderheft der «Technischen Rundschau Sulzer» 1945/No. 1, das der Eröffnung des zentralen Forschungslaboratoriums gewidmet ist, wird auch das Laboratoriumsgebäude mit seinen Einrichtungen eingehend beschrieben und im Bilde dargestellt. Keller- und Erdgeschoss dienen der Materialprüfung, die mit modernsten Prüfmaschinen und -Instrumenten für jegliche Untersuchungsmethode, insbesondere auch bei Höchst- und Tiefsttemperaturen und für Dauerversuche eingerichtet sind. Die Tätigkeit des im 1. Obergeschoss untergebrachten physikalischen Laboratoriums umfasst das weite Gebiet der technischen Physik und Messtechnik, soweit es für die Forschungsarbeit der Firma in Frage kommt, so insbesondere oszillographische, spektrographische und thermoelektrische Ausrüstungen neuester Bauarten. Die chemischen Untersuchungsräume, ein analytisches, ein organisches, ein physikalisch-chemisches und elektrolytisches und verbrennungsschemisches Laboratorium umfassend, füllen zusammen mit dem metallurgischen Laboratorium das 2. Obergeschoss des mit allen Feinheiten heutiger Technik ausgestatteten Neubaus. In einem Altbau in unmittelbarer Nähe sind dann noch ein strömungstechnisches Versuchslokal mit Wind- und Wasserkanal und einem gesonderten Verdichterversuchslokal, und schliesslich das wärmetechnische Laboratorium untergebracht. Dieses dient der Entwicklung auf den Gebieten der Dampferzeugung, der Wärmeverwertung und des Reglerbaues. Die ausführliche Beschreibung lässt erkennen, welche enorme Bedeutung heute der industriellen Forschungs- und Entwicklungsarbeit beigemessen wird und dass dabei ein enger Kontakt mit den produzierenden Abteilungen allein die fruchtbringende Gemeinschaftsleistung sichert.

Normung auf dem Gebiete des Schweisens. Trotz unbegrenzter konstruktiver Mannigfaltigkeit bietet das Schweiessen reichliche Gelegenheiten zur Normung. In der Schweiz befasst sich eine Kommission des VSM mit dieser Aufgabe, über deren bisherige Leistungen und Ziele R. Wilhelm in der «STZ» 1945 Nr. 5 berichtet. Die Normung soll erfassen: die zeichnerische Darstellung, die Schweißbarkeit verschiedener Materialien, die Schweißverbindungen und die Vorbereitung der Schweißfuge, die Prüfung von Schweiesser und Schweißung, die Berechnungsgrundlagen, sowie konstruktive Normen. Um die Konstrukteure mit den Anforderungen an eine eindeutige Werkstattzeichnung und mit den Richtlinien für die Wahl des Schweißverfahrens vertraut zu machen, werden Musterzeichnungen vorgeschlagen. Ueber die Anwendung der Schweißung entscheidet nicht allein die Schweißbarkeit des Materials, sondern auch die Anwendung in starrer oder elastischer Konstruktion und bestimmte Vor- und Nachbehandlungen. Für dickere Bleche ist man von der ursprünglichen V-Form der Fuge zur X-Naht, zur Tulpennaht und Doppeltulpennaht übergegangen, um das grosse Fugenvolumen, das durch Schweißmaterial aufgefüllt werden muss, zu vermindern. Bei der Prüfung stellen sich die Fragen nach dem Was und Wie, nach der Gestalt der Probestäbe und den Anforderungen an sie. Für die Prüfung der Schweiesser eignet sich am besten die Röntgenprüfung der Schweißnähte, die Prüfbedingungen sollen vom Besteller und der Ueberwachungsbehörde anerkannt wer-

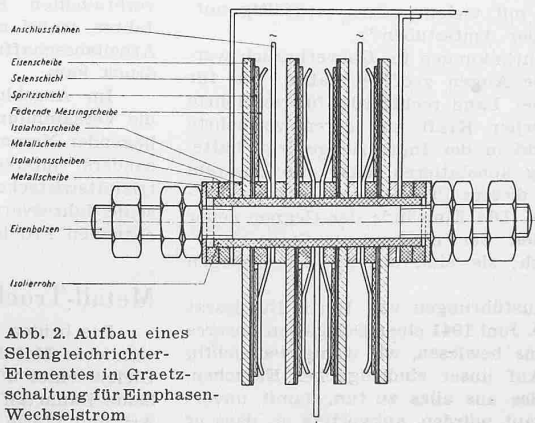


Abb. 2. Aufbau eines Selengleichrichter-Elementes in Graetzschaltung für Einphasen-Wechselstrom