

**Zeitschrift:** Schweizerische Bauzeitung  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 69/70 (1917)  
**Heft:** 2

**Artikel:** Quecksilberdampf-Gleichrichter, Bauart Brown, Boveri & Cie.  
**Autor:** [s.n.]  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-33819>

### **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:** 05.02.2025

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

für die je drei, an den Seitenwänden angebrachten Orientierungstafeln und für die drei Türen an der rückliegenden Wand dem Eingang gegenüber als Gehäuse und Rahmen seine Verwendung gefunden hat. Ueber dieser Wandarchitektur für die Tafeln hat Maler Mülli sechs Medaillons mit stilisierten Tieren auf Goldgrund als Symbolen dreier Laster und dreier Tugenden — Elster, Schlange, Panther; Pelikan, Eule, Hund — mit gutem Gelingen geschaffen (Tafel 8). Drei vergoldete Medusenhäupter über den Türen sind Arbeiten P. Osswalds. Zwei blankpolierte schwarze Steinbänke setzen links und rechts im Vestibül gegen die Treppenaufgänge hin wundervolle dunkle Akzente. Als Kontrast dazu die zwei schimmernden Marmorfiguren Hermann Hallers, die am Fuss der Treppe links und rechts zwischen die roten Pfeiler sich einfügen. Eine Justitia und eine Hilfesuchende, leidenschaftlich Flehende, gibt der Künstler, diese in der Bewegung des lebhaften Schreitens, der nackte Körper in reicher Silhouette entfaltet; jene sicher stehend, Wage und Schwert, mehr angedeutet als ausgeführt, in das Gewandstück über dem rechten Bein einbezogen — beides bedeutsame Arbeiten von einfach-grosser Formgebung (Tafel 5).

Die Anlage des Treppenhauses in seiner aus dem armierten Beton streng herausgewachsenen und in seiner konstruktiven Folgerichtigkeit klar und unverhüllt entwickelten Gestaltung und die von ihm aus nach beiden Seiten hin weit sich erstreckenden Prospekte der Gänge mit den kräftigen Profilen der schwarzen Türrahmen, dem Rot der Wände, dem Weiss der Decke, — sie gehören recht eigentlich zu den architektonischen Genüssen des Baus; hier ist aus der klaren Zweckmässigkeit und ehrlichen Einfachheit ein echtes Schönheitselement gewonnen; das ist *Werkbundgedanke* in schönster Durchführung! Am Schluss der Gänge stösst das Auge jeweilen auf eine der durch künstlerische Umrahmung ausgezeichneten Türen (Tafel 6). Mit ganz einfachen Mitteln hat hier Eduard Stiefel ganz Ausgezeichnetes geleistet. In einzelnen übereinander angeordneten Figuren, welche beiderseits die Vertikale der Türe begleiten, und in einem Schlusstück über dem Türsturz ist hier ein wahrhaft origineller Schmuck entstanden, in Schwarz-Weiss-Rot auf den Verputz gemalt. Ueber hundert Figuren sind es, in denen Stiefel an diesen verschiedenen Türen Vertreter verschiedener Stände, Repräsentanten des braven bürgerlichen und ländlichen Lebens, aber auch des auf die Bahn des Lasters und Verbrechens abirrenden und mit der Hermandad in weitere und engere Beziehung tretenden menschlichen Treibens charakterisiert hat, in einem holzschnittmässigen, nur das Wesentliche gebenden Stil von erstaunlicher Beweglichkeit und Treffsicherheit. Man möchte ein Album mit diesen Wandmalereien wünschen; erst dann würde man ganz würdigen können, was von beziehungsreicher Erfindung, von guter Laune, von Satire in diesen Gestalten steckt.“ (Schluss folgt.)

### Quecksilberdampf-Gleichrichter,

Bauart Brown, Boveri & Cie.

Die Grundlage des Quecksilberdampf-Gleichrichters, der sich während der letzten Jahre vom Laboratoriums- und medizinischen Apparat zum Wechselstrom-Gleichstrom-Umformer für Leistungen von mehreren hundert Kilowatt entwickelt hat, bildet, wie bekannt, die im Jahre 1902 von Cooper Hewitt entdeckte Ventilwirkung des Quecksilber-Lichtbogens. Diese beruht darauf, dass in einem luftleeren Behälter zwischen einer stark erhitzten Quecksilber-Elektrode und einer ihr gegenüberstehenden kalten Elektrode aus Eisen oder Graphit nur dann ein Lichtbogen entsteht, wenn die erhitzte, also die Quecksilber-Elektrode negativ, d. h. Kathode, und die kalte Elektrode Anode ist. Legt man somit an die beiden Elektroden eine Spannung wechselnder Richtung, so erhält man einen sogen. zerhackten Gleichstrom, da nur die in einer Richtung gehen-

den Halbwellen, z. B. die positiven, durchgelassen, die negativen hingegen sämtlich abgeschnitten werden.

Die erste Bedingung für ein richtiges Arbeiten des Gleichrichters ist aber ein weit genug getriebenes Vakuum (0,1 bis 0,01 mm Quecksilberdruck), damit nicht ein Lichtbogen nach beiden Richtungen, und dadurch ein Kurzschluss, entstehen kann. Ausserdem muss dafür gesorgt werden, dass die Quecksilber-Elektrode dauernd auf Weissglut erhalten werde, die andere sich dagegen nicht über Rotglut hinaus erwärme. Dieser Forderung ist im Vakuum leicht zu genügen, da der Lichtbogen erfahrungsgemäss die Kathode mit einer sehr grossen Stromdichte verlässt, die Anode dagegen nur glimmartig bedeckt. Ist nur eine Anode vorhanden, so muss zur Aufrechterhaltung des Glühzustandes auf der Kathodenoberfläche zwischen dieser und einer Hilfsanode ein besonderer, durch Gleichstrom gespeister Hilfslichtbogen vorgesehen werden. Diese Massnahme wird aber überflüssig, wenn durch Anwendung mehrerer, an verschiedenen Phasen einer Mehrphasenstromleitung angeschlossenen Anoden dafür gesorgt wird, dass der von der Kathode abfliessende Strom nie unter 3 bis 5 Ampère sinkt.

Quecksilberdampf-Umformer in Glasgefässen wurden in Amerika schon vor etwa 14 Jahren gebaut, und zwar für Stromstärken von 5 bis 40 Ampère pro Glaskolben und Spannungen von 30 bis 100 Volt. Versuche, den gleichen Grundsatz auch für die Umformung grösserer Leistungen nutzbar zu machen, wurden u. a. im Jahre 1909 von B. Schäfer gemeinsam mit der Hartmann & Braun A.-G. in Frankfurt am Main begonnen und sodann von der 1913 durch Brown, Boveri & Cie. in Baden und die genannte Firma gegründeten „Gleichrichter A.-G.“ in Glarus fortgesetzt. Sie haben zu einer auch für grössere Leistungen brauchbaren Konstruktion geführt, über die hier unter Benützung der in den „B.B.C.-Mitteilungen“ enthaltenen ausführlichen Beschreibung dieser Apparate das Wesentliche mitgeteilt werden soll.

Den Querschnitt eines Gleichrichters nach Bauart Brown, Boveri zeigt Abbildung 1. Das Vakuumgefäss besteht aus zwei zylindrischen Hohlkörpern aus geschweisstem Stahlblech, mit horizontal anschliessenden dicken, ebenen Stahlplatten. Die entsprechend ausgehöhlte Bodenplatte C dient zur Aufnahme der flüssigen Elektrode, der Kathode K, während der obere Abschluss des sogenannten Arbeitszylinders A zur Aufnahme von sechs Hauptanoden E und zwei Nebenanoden G dient. Innerhalb des Anodenkranzes ragt der sogen. Kühlzylinder B auf, der die von der Kathode aufsteigenden Metalldämpfe kondensieren soll. Das kondensierte Quecksilber gelangt dann über den Quecksilberfänger U zur Kathode zurück. Der Deckel des Kühlzylinders trägt die Aufhängeöse und das zum Anlassen benützte Zündsolenoid J, das um einen gasdicht mit dem obersten Deckel verbundenen Porzellankörper gewickelt ist. Aus der Abbildung ist zu erkennen, dass der ringförmige Anoden-träger D mittels Schrauben gegen den untern Arbeitszylinder gepresst wird, sodass er zur Vornahme allfälliger notwendiger Reparaturen von diesem bequem abgehoben werden kann.

Entladungen zwischen den Anoden und dem unter Spannung stehenden Gehäuse werden dadurch verhindert, dass sowohl die Stromeinführung, als auch der Lichtbogen durch Führungskanäle aus Isoliermaterial sorgfältig geschützt sind. Die aus den Leitrohren heraustretenden Lichtbogen münden in einen isolierenden Trichter M, der mit seiner untern Oeffnung in einem Abstand von einigen Millimetern der Kathodenoberfläche gegenübersteht.

Das zuvor erwähnte Zündsolenoid J ermöglicht das Heben und Senken eines im Innern des Solenoids angebrachten zylindrischen Eisenkörpers, der seinerseits mit einem durch den ganzen Vakuumbehälter hindurchragenden Eisenstab verbunden ist. Am untern Ende dieses Eisenstabes befindet sich die Zündanode H etwa 10 mm oberhalb der Quecksilberoberfläche. Der Anlass-Vorgang besteht darin, dass die Zündanode, die über einen Widerstand mit

dem positiven Pol einer Gleichstromquelle in Verbindung steht, vorübergehend mit der Kathode in Berührung gebracht wird, worauf nach erfolgter Trennung ein kleiner Lichtbogen entsteht, der das Einsetzen der Haupt- oder Arbeitslichtbogen veranlasst. In Fällen, in denen mit einer starken

Lichtbogens dient. Nach erfolgter Inbetriebsetzung kann der Zündlichtbogen abgeschaltet werden. Bei einigermaßen konstanter Belastung ist die dauernde Kathoden-erregung entbehrlich.

Sowohl die Abdichtung des Anodenträgers gegen den Arbeitszylinder, als auch die Abdichtung der Starkstrom-Elektroden-Einführung erfolgt durch sogenannte Quecksilber-Dichtungen, bei denen die gegeneinander abzudichtenden Teile zunächst mit einer flexiblen Dichtung aus Asbest oder dergleichen gegeneinander abgedichtet werden und dann zur Herstellung einer auch für Hochvakuum brauchbaren Abschlusssicherung vor die flexible Dichtung eine Flüssigkeitsdichtung in Form von Quecksilber gelagert wird. Die Erfahrung hat gezeigt, dass derartige Dichtungen selbst bei sehr ausgedehnter Anwendung einen vollständig gasdichten Abschluss ergeben. Im Uebrigen sind alle Gefässesteile aus Stahl oder Eisen und sorgfältig mit einander verschweisst.

Zur Kühlung der Wandungen des Apparats ist eine Schwerkraft-Wasserkirkulation vorgesehen. Das Kühlwasser gelangt durch das Fallrohr *O* zunächst in den Kathodenkühler *L* und fliesst von dort in den Kühlmantel *S* des Arbeitsraums, dann über den äusseren Kühlkanal *Q* und den inneren Kühlkanal des Anodenträgers in den Kühlmantel *T* des Kondensationsraums, aus dem es durch die Steigleitung *P* entweicht. Die Anoden werden mit oder ohne Wasserkühlung verwendet. Bei gekühlten Anoden, wie in Abbildung 1, steht der Anoden-Hohlraum *F* mit einem mit Wasser gefüllten zylindrischen Wellblechkasten in Verbindung, der an Grösse ausreicht, um an der Abdichtungsstelle die Temperatur unterhalb  $60^{\circ}$  zu erhalten. Auch bei den Anoden ohne Wasserkühlung ist durch ausgiebige Kühlung des Anodenträgers mittels der erwähnten Kanäle *R* und *Q* die Temperatur auf nahezu Zimmertemperatur gehalten und somit einer Verdampfung des Dichtungs-Quecksilbers vorgebeugt.

Die Entlüftung der Zylinder durch die Vakuumleitung *V* erfolgt mittels rotierender Oelluftpumpen, die ein Vakuum von  $0,005 \text{ mm}$  Quecksilber erzeugen. Nach einigen Monaten Betriebsdauer bedarf es der Mitarbeit der Vakuumpumpen nicht mehr, es können dann vielmehr die Zylinder abgeschlossen und sich selbst überlassen werden. Die gasabsorbierende Wirkung des Arbeitslichtbogens vermag des weitern das erforderliche Vakuum selbst zu erhalten. Hierfür ist allerdings Voraussetzung, dass die Vakuumbehälter, wie es bei dieser Konstruktion der Fall ist, tatsächlich gasdicht abschliessen. Verschiedene Sicherungseinrichtungen elektrischer und mechanischer Natur gestatten den aufsichtslosen Betrieb der Luftpumpe, und namentlich ist gegen das Heraustreten von Oel bei unbeabsichtigter Stillsetzung der Pumpen ausgiebig gesorgt. Durch das Austreten von Oel und das Nachdringen von Luft könnte bei ungenügendem Schutz der Betrieb des Gleichrichters gefährdet werden. Zur Messung des Vakuums bedient man sich am besten einer elektrischen Methode, wie Messung des elektrischen Widerstands eines dem Vakuum ausgesetzten Metalldrahts oder Kontrolle des Quecksilberdampfes in Abhängigkeit des Vakuums mittels eines Voltmeters.

Die zulässige Belastung des kleinern Modells beträgt  $200 \text{ A}$ , jene des grössern  $500 \text{ A}$ . Durch Parallelschaltung mehrerer derartiger Einheiten können beliebig grosse Stromstärken erzielt werden. Die üblichen Spannungen betragen  $110$  bis  $700 \text{ V}$  Gleichstrom, doch ist beabsichtigt, die vom Gleichrichter gelieferte Spannung bis auf  $5000 \text{ V}$  auszudehnen. Als kleinste Leistung ergibt sich bei  $110 \text{ V}$   $22 \text{ kW}$ , als grösste bei  $700 \text{ V}$   $350 \text{ kW}$  pro Zylinder. Durch Anordnung von vier Zylindern des grösseren Typs, die gemeinsam angelassen und betrieben werden, auf einem gemeinsamen, schmiedeisernen Sockel, ergibt sich eine Einheit von  $1400 \text{ kW}$ . Die zum Parallelschalten der einzelnen Zylinder dienenden Drosselspulen nebst Anodentrennschalter finden in dem erwähnten Sockel Platz, der auch sämtliche Verbindungsleitungen aufnimmt. Es ist

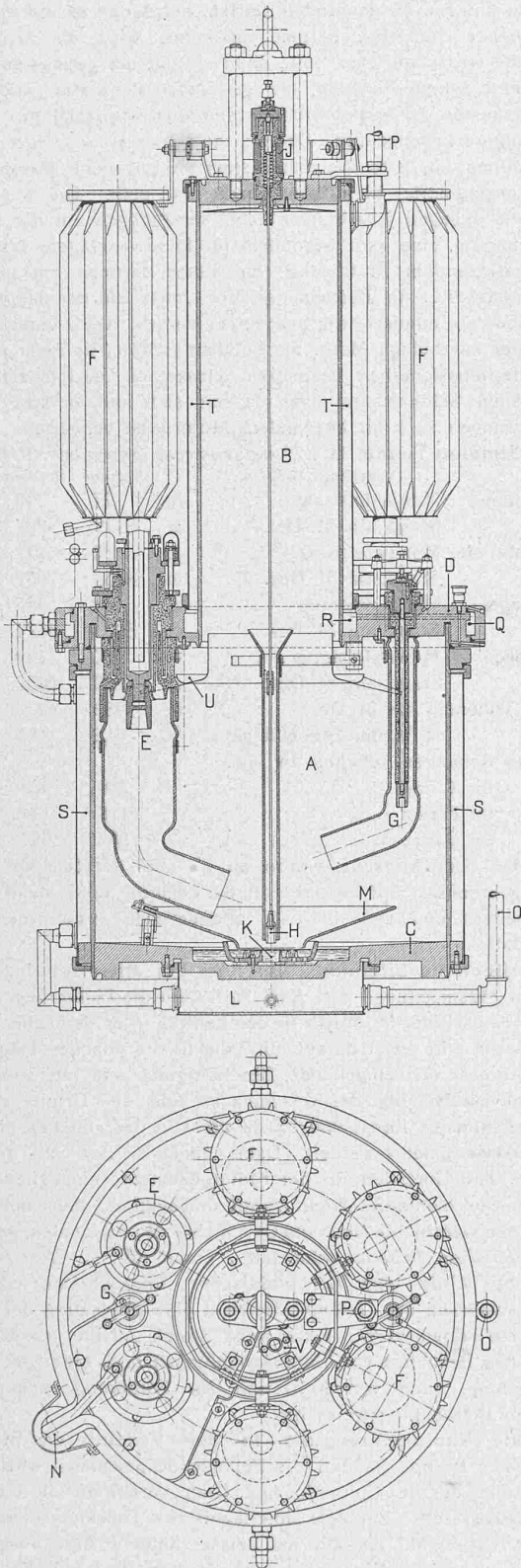


Abb. 1. Quecksilberdampf-Gleichrichter mit gekühlten Anoden, für max.  $500 \text{ Amp}$ . — Querschnitt und Grundriss. — 1:15.

Schwankung des Nutzstromes zu rechnen ist, kommt eine der ebenfalls durch den Anodenträger eingeführten Hilfs- oder Erreger-Anoden *G* zur Verwendung, indem diese zur Aufrechterhaltung eines etwa  $5 \text{ A}$  verbrauchenden Erreger-

ohne weiteres möglich, mehrere Gleichrichtersätze ebenfalls mittels Drosselspulen parallel zu schalten, woraus hervorgeht, dass der Leistung einer Gleichrichteranlage eigentlich keine Grenzen gezogen sind.

Eine Regulierung der abgegebenen Spannung ist nur durch Veränderung der zugeführten Wechselspannung möglich. Dies kann entweder mittels Induktionsregler oder Regulier-Transformator mit Stufenschalter oder aber auch durch die weniger kostspielige Vorschaltung von Regulier-Drosselspulen erreicht werden. Diese letzten sind jedoch nur in solchen Fällen anwendbar, in dem es sich weniger um die Einstellung einer festen Spannung handelt, als in erster Linie um die beliebige Einstellung der Belastungs-Stromstärke. Dieser Fall liegt zum Beispiel vor beim Laden von Akkumulatoren-Batterien oder bei Gleichrichtern für elektrolytische Zwecke. Wird der Gleichrichter mit einer Hilfs- oder Nebenelektrode fremd erregt (unter Erregung sei die dauernde Heizung der Kathode mittels eines Hilfs-Lichtbogens verstanden), so ist es möglich, sowohl die Belastungsstromstärke als auch die abgegebene Spannung zwischen Null und Maximum zu verändern.

Als besondere Vorteile des Quecksilber-Umformers sind das geringe Gewicht, das Fehlen rotierender Teile, die minimale Wartung und die Geräuschlosigkeit zu nennen. Der Verlust im Apparat ist proportional der Stromstärke und dem im Lichtbogen auftretenden Spannungsabfall, welcher letzterer mit der Verbrauchsspannung nur zwischen 13 und 20 V variiert, in bemerkenswerter Weise vom Belastungsstrom unabhängig ist und mit zunehmender Entfernung der Elektroden nur in geringem Masse zunimmt. Bei hohen Gleichspannungen ist daher der Wirkungsgrad des Gleichrichters aussergewöhnlich günstig, und behält seinen Wert bis zu den kleinsten Belastungen. Sein Leistungsfaktor beträgt bei sachgemässer Ausführung 0,8 bis 0,95, je nach der Belastung.

Die Schaltung des Gleichrichters erfolgt nach Abbildung 2. An die beiden Anoden werden die beiden Pole der Wechselstromquelle angeschlossen, deren Spannungsmittelpunkt den Minus-Pol des Gleichstromkreises bildet, während die Kathode als Plus-Pol dient. Zur Herabsetzung der sonst erheblichen Strompulsation empfiehlt es sich, sowohl vor die einzelnen Anoden, als auch in den Gleichstromkreis Drosselspulen zu schalten. Die den Anoden vorgeschalteten Drosselspulen ermöglichen gleichzeitig das Parallelschalten des Gleichrichters mit andern Stromerzeugern.

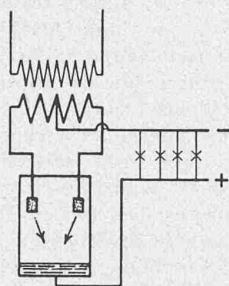


Abb. 2.

Als erste Gross-Gleichrichter-Anlage wurde im Jahre 1911 in einer Eisengiesserei in Frankfurt eine solche für 80 kW Leistung in Betrieb gesetzt. Seither sind einige weitere Stationen gefolgt, von denen als grösste jene des Gusstahlwerkes Döhlen und des Elektrizitätswerkes Deuben mit je 400 kW bei 520 V, sowie jene des Elektrizitätswerkes Pforzheim mit 300 kW bei 220 V zu nennen sind. In der Schweiz besitzt seit Herbst 1914 der Kinderspital Zürich einen Ladegleichrichter von 20 kW bei 110 bis 175 V, der gegenüber der früher dort aufgestellten Sauggasanlage infolge des bessern Wirkungsgrades wesentliche Ersparnisse ermöglicht. Seit Ende 1914 steht auch in der Fabrik Brown, Boveri in Baden ein Gleichrichter von 115 kW, 220 V, in Betrieb, der den Motor eines grösseren Luftkompressors speist. Endlich gelangte im Herbst 1915 in der Umformer-Zentrale der Limmattal-Strassenbahn in Schlieren eine Gleichrichter-Anlage von 160 kW 650 V zur Aufstellung. Ueber diese letzte Anlage sowie die ebenfalls zur Speisung einer Strassenbahnlinie dienende Gleichrichter-Umformerstation in Deuben, die die ersten Anlagen ihrer Art sind, soll in der nächsten Nummer eingehender berichtet werden. (Schluss folgt.)

## Miscellanea.

**Langhüblige oder kurzhüblige Dieselmotoren?** Die Frage, für welche Betriebe der langhüblige, und für welche der kurzhüblige Dieselmotor am wirtschaftlichsten sei, wird in der „Z. d. V. D. I.“ von W. Stremme eingehend untersucht und wie folgt beantwortet: Für alle Anlagen für dauernden Betrieb, bei denen es auf möglichst weitgehende Betriebssicherheit ankommt, wird die langhüblige Maschine wirtschaftlicher sein, denn sie hat die geringsten Brennstoff- und Schmierölkosten, die geringsten Reparatur- und Unterhaltungskosten, ist betriebssicherer und überlastungsfähiger und hat eine längere Lebensdauer. Obwohl sie schwerer und teurer in der Anschaffung ist, wird sie daher stets die gegebene Maschine für die Grossindustrie, Elektrizitätswerke usw. sein. Die kurzhüblige Maschine dagegen ist wirtschaftlicher für Anlagen mit nur kleinem Anlagekapital, also ganz besonders für Reserveanlagen, für solche mit aussetzendem Kraftbedarf, für kleine Betriebe mit geringem Leistungsfaktor. Als Betriebsmaschine muss sie der langhübligen gegenüber als minderwertig bezeichnet werden. Ganz verschwinden sollte der kurzhüblige Motor als Schiffsmaschine, da hier seine geringe Betriebssicherheit besonders schwer ins Gewicht fällt. Die gefundenen Schlussfolgerungen lassen sich mit entsprechenden Abänderungen auch für alle andern Motorarten verwerten.

### Simplon-Tunnel II. Monatsausweis Dezember 1916.

	Tunnellänge 19 825 m	Südseite	Nordseite	Total
Firststollen:	Monatsleistung . . . . . m	77	248	325
	Stand am 31. Dez. . . . . m	8172	7207	15379
Vollausbruch:	Monatsleistung . . . . . m	83	212	295
	Stand am 31. Dez. . . . . m	8053	7092	15145
Widerlager:	Monatsleistung . . . . . m	104	198	302
	Stand am 31. Dez. . . . . m	8003	6874	14877
Gewölbe:	Monatsleistung . . . . . m	80	216	296
	Stand am 31. Dez. . . . . m	8032	6830	14862
Tunnel vollendet am 31. Dez. . . . . m	7982	6830	14812	
In % der Tunnellänge . . . . . %	40,2	34,5	74,7	
Mittlerer Schichten-Aufwand im Tag:				
	Im Tunnel . . . . .	269	403	672
	Im Freien . . . . .	118	194	312
	Im Ganzen . . . . .	387	597	984

Auf der Nordseite wurde an 27, auf der Südseite an 28 Tagen gearbeitet. Auf letzterer litt die Leistung unter dem Mangel an Arbeitern und dem 14 Tage andauernden ausserordentlichen Schneefall.

**Allgemein bildende Fächer an der Mittelschule.** In der „Allgem. Musikzeitung“ tritt Karl Storck für die Einführung der bildenden Kunst und der Musik in den Lehrplan der deutschen Mittelschulen ein. Er weist darauf hin, wie in literarischen Dingen die Schule durch die eingehende Beschäftigung mit Literaturwerken eine gewisse Bildung des Geschmacks und des Urteils erreicht, während bildende Kunst und Musik nicht in der gleichen eindringlichen Weise gelehrt werden. Dabei denkt er sich alle drei Disziplinen dem Unterricht in der Kulturgeschichte eingegliedert und will den Geschichts-Unterricht derart umgestalten, dass neben der politischen Geschichte auch die Geschichte des nationalen, geistigen und seelischen Lebens behandelt werden könne. Der Zeichenunterricht würde eine Art praktischer Stilgeschichte vorführen können, während der Gesangsunterricht eine Ergänzung der Musikgeschichte bilden würde. Dazu weist Storck auf die grosse Wichtigkeit des Besuches von Bildersammlungen und, unter geeigneter Vorbereitung, auch von Konzerten zur Förderung einer künstlerischen Betrachtungsweise hin.

**Die Radiumerzeugung in den Vereinigten Staaten.** Während in Europa Radium aus Pechblende gewonnen wird, dient in Amerika der in Colorado und Utah vorkommende Carnotite als Ausgangsstoff. Bei dem amerikanischen Gewinnungsverfahren wird nach „E. u. M.“ das Erz mit heisser Salpetersäure ausgelaugt, wodurch man einen Niederschlag von Radium-Barium-Sulfat erhält. Dieser wird mit Kohle zu Sulfid reduziert und dann mit Salzsäure in Radium-Barium-Chlorid umgewandelt. Durch fraktionierte Destillation wird schliesslich das Bariumchlorid ausgeschieden.

Welche Schwierigkeiten mit der Erzeugung von Radium verbunden sind, kann man daraus entnehmen, dass ein Gewichtsteil Radium aus 200 Millionen Gewichtsteilen Erz gewonnen wird. Die vom U. S. Bureau of Mines und dem National Radium Institute ge-